Molekuläre Vorgänge

in der

Nervensubstanz.

II. Abhandlung.

Voruntersuchungen.

Von

Prof. Dr. Emil Harless.

Molekuläre Vorgänge
in der
Nervensubstanz.

Von
Prof. Dr. Emil Harless.

Der letzte Erfolg eines Reizes, welcher einen Nerv trifft, hängt von der Natur des Reizes in qualitativer und quantitativer Beziehung, und von dem Zustand des Nerven ab, in welchem sich dieser befindet, wenn ihn der Reiz trifft. Ausserdem muss die Rückwirkung der Nerventhätigkeit auf das Organ, wenn nach dessen Zustandsänderung die Nervenerregung beurtheilt werden soll, in Betracht gezogen werden.

Intensität und Form eines Erregungsmittels können wir willkührlich verändern und das Maass der Veränderung bestimmen, so weit es von der Anordnung unserer Apparate abhängt, und gegen einen Punkt gerichtet gedacht wird, dessen Widerstandskraft wir ebenfalls messbar reguliren können.

Dann ist der schliessliche Effekt eine berechenbare Resultante aus dem Conflikt der gemessenen Kräfte.

Die Nerven sind aus verschiedenen Substanzen und Gewebselementen zusammengesetzt, welche offenbar nicht in gleichem Maass an

dem sich betheiligen, was man Nervenwirkung nennt. Die Veränderungen, welche man an ihnen hervorbringt, wenn man sie in toto einem Einfluss aussetzt, können auf zweierlei Weise die Widerstandskraft gegen einen bestimmten Reiz verändern: einmal nämlich rein physikalisch, zum Zweiten physiologisch, wenn man diese Bezeichnungen als solche gelten lassen will, um auszudrücken dass einerseits durch die Zustandsänderung des Nerv der Complex der physikalischen Bedingungen geändert wird, welcher ihn erregen soll, und dass andererseits die physiologische Leistung, also der schliessliche Effekt in dem mit dem Nerv zusammenhängenden Organ eine Aenderung erfährt.

Denn es ist begreiflich, dass der Nerv in Zustände übergeführt werden kann, in welchen das Maass der Intensität eines Reizes nur scheinbar das gleiche bleibt. Durch Quellung der Scheide z. B. kann die physikalische Eigenschaft dieses Gewebes dahin geändert werden, dass ein Gewicht, welches von einer gewissen Höhe auf den Nerv auffällt, einen geringeren physiologischen Effekt erzeugt, als wenn es eben so hoch auf einen Nerv fällt, dessen Scheide nicht der Quellung ausgesetzt war. Darum braucht nicht die physiologische Leistungsfähigkeit des Nerv verringert zu seyn, sondern die Intensität des physikalischen Reizes hat durch die Aenderung in der Nervenscheide einen anderen Werth bekommen. Aehnlich bei der galvanischen Reizung. Durch die Veränderung des elektrischen Leitungsvermögens der Nervensubstanz kann die Stromstärke und durch die Veränderung ihrer Querschnitte die Stromdichte sehr wechselnde Grössen erhalten, während scheinbar immer derselbe äussere Reiz gewirkt hatte. In Folge dessen könnte man die Aenderung der physikalischen Bedingungen für die Nervenerregung mit der der physiologischen Leistungsfähigkeit verwechseln.

Bei quantitativ angestellten Reizversuchen kann die Absicht nur seyn: entweder die Form und Intensität des Reizes in seiner Wirkung

auf Nerven zu prüfen, deren Zustände, so weit dies je zu erreichen ist, bei den miteinander verglichenen Versuchen gleich erhalten worden sind; oder die Zustände der Nerven irgend wie messbar zu verändern, und die Wirkung ein und desselben Reizes auf den Nerv in dem herbeigeführten neuen Zustand zu untersuchen.

Die Zustandsänderung eines Nerv innerhalb der Grenzen überhaupt noch erhaltener Leistungsfähigkeit an sich der Beobachtung zugänglich zu machen: dazu haben wir nur sehr wenig Hülfsmittel; und auch diese geben nur über ganz allgemeine molekuläre Vorgänge Aufschluss.

Dahin zählen Du Bois's ausgedehnte Untersuchungen über Richtung und Intensität der aus den Nerven abgeleiteten Zweigströme, welche an dem astatischen Nadelpaar, um welches sie in den Windungen grosser Multiplicatoren kreisen, bestimmte Ablenkungen hervorrufen.

Je nachdem der Nerv nicht erregt oder Strecken weit dem Einfluss eines constanten oder eines „tetanisirenden" Stromes ausgesetzt ist, je nachdem der Nerv noch funktionsfähig oder abgestorben ist, je nachdem ändern sich die Ergebnisse der Galvanometer-Beobachtungen. Auf seine Erfahrungen gestützt hat Du Bois mit grosser Vorsicht eine Theorie der elektrischen Wirkungen im Nerv gegründet, welche in ganz allgemeiner Form den Wechsel der molekulären Zustände im Nerv mit seinem jeweiligen elektrischen Verhalten parallelisirt.

Nicht unter allen Umständen müssen die dahin gehörigen Erscheinungen als Folgewirkungen gewisser Processe betrachtet werden, welche unter dem Namen der chemischen zusammenzufassen sind. Obwohl nämlich durch G. Liebigs Untersuchungen erwiesen ist, dass bei sehr gesteigerter Reizung der Nerven nachweisbare Zersetzungsprodukte gebildet werden, so bleibt doch noch die Frage offen, ob diese Art chemischer Processe nicht ausschliesslich solchen Eingriffen auf die Nerven

angehören, welche der Zerstörung vorausgehen, oder nur ein gewisses Maass der Kraftleistungen begleiten, welches den Nerven zugemuthet wird. Möglicher Weise sind es andere Vorgänge, welche den gewöhnlichen physiologischen Leistungen und überhaupt schwächeren Wirkungen des Nerv zu Grunde liegen.

Eine Erscheinung nämlich die der Restauration der Nerven nach dem Verlust der Leistungsfähigkeit durch Erregungen, welche ein gewisses Maass nicht überschritten hatten, wird dann nur höchst gezwungen aus einem Stoffersatz abgeleitet, wenn der Nerv ganz isolirt der Beobachtung unterworfen wird; wenn man dabei auf die kaum mikroskopisch nachzuweisende Menge Blut Rücksicht nehmen will, welche noch in den Capillaren des Stammes vorfindlich ist.

Man könnte aber sagen: nicht das Blut in dem Nervenstamm, sondern das Blut in dem Muskel ist es, welches dabei die wichtige Rolle spielt. Denn in der Erschöpfung bliebe die Zuckung aus, weil innerhalb des Muskelbereiches der Stoffverlust bis zu einer gewissen Gränze angewachsen sei, welcher dort allmählich unter Gegenwart des Blutes so weit gedeckt werde, dass zuletzt wieder Zuckungen zu erzielen wären, wenn nicht Du Bois für den isolirten Nerv nachgewiesen hätte*), dass die negative Stromschwankung ähnlich wie die Zuckung je nach Erschöpfung und Restauration ganz gleiche Phasen durchläuft.

Die Thatsache, dass sich ein überreizter Nerv nach einiger Zeit wieder zu erholen im Stande ist, kann meiner Ansicht nach nur aus der Veränderung im Aggregatzustand erklärt werden, welcher sich mit einer gewissen Elasticität unter Voraussetzung nicht allzu heftiger Eingriffe und bei der Gegenwart einer gewissen Summe von Bedingungen

---

*) Du Bois Reymond thierische Electricität II p. 563 (8).

immer wieder herzustellen sucht, sobald die Ursache seiner Veränderung beseitigt ist. Ebenso wie bei verschiedenen Körpern die physikalischen Eigenschaften wechseln mit den Temperaturgraden, welchen wir sie aussetzen und dergl. Ich erinnere hier an ein Beispiel. Der gewöhnliche Kautschuk verändert, wie Jeder weiss, mit der Temperatur seine Elasticität. Ist ein Kautschukröhrchen durch den Einfluss der Kälte einmal steif geworden, so reicht eine geringe Erwärmung hin, es wieder im hohen Grad biegsam zu machen. Ist diess geschehen, so bleiben hinterher beträchtliche Temperaturschwankungen gegen die Minus-Seite hin ganz erfolglos; das Röhrchen bleibt biegsam. Lässt man es nun längere Zeit auch in der Zimmerluft liegen, so wird es ganz allmählich wieder starr. Ein einmaliges Erwärmen reicht dann hin, es aufs Neue längere Zeit biegsam zu erhalten.

Ich glaube nicht, dass zur Erklärung dieser Erscheinungen der Aus- und Wiedereintritt chemischer Bestandtheile nothwendig angenommen werden muss.

Bekannt ist, dass dieselbe Substanz, wenn sie einmal etwas zu hohen Wärmegraden ausgesetzt war, für immer ihre elastischen Eigenschaften verloren hat, dass sie dann klebrig bleibt.

Weit entfernt dadurch irgendwie eine strengere Parallele mit dem Vorgang bei der Nervenreizung ziehen zu wollen, war es nur meine Absicht auf die Möglichkeit hinzuweisen, dass in gewissen Fällen eine Thätigkeitsäusserung der Nerven, oder allgemeiner ausgedrückt eine Veränderung ihres physikalischen und speziell elektrischen Verhaltens in der Form negativer Stromschwankung denkbar ist, ohne die Annahme eines auch dabei vor sich gehenden Zersetzungsprocesses.

Wird aber ein solcher für *alle* Fälle der Nervenerregung als ausnahmslos vorhanden angenommen, so haben alle Erfahrungen in der

Chemie ergeben, dass nur dreierlei Arten von Kräften dabei entwickelt werden können, welche als Bewegungsmomente nach aussen übertragbar sind: erstens durch Veränderungen im Volum der in die Verbindung ein- oder austretenden Stoffe, zweitens durch Licht oder strahlende Wärme, drittens durch Binden oder Freimachen von Elektricitäten.

Bei der Thätigkeitsäusserung der Nerven tritt keine Volumveränderung ein. Helmholz*) hat nachgewiesen, dass die Wärmeentwicklung in tetanisirten Nerven entweder gar nicht vorhanden, oder wenigstens verschwindend klein gegen die in contrahirten Muskeln ist.

Ebenso wenig konnte bis jetzt eine direkte Licht-Entwicklung wahrgenommen werden, und wenn auch Kölliker**) das Leuchten der Lampyris von der Nerventhätigkeit ableitet, so thut er dies nur unter der Voraussetzung einer mit Licht-Entwicklung verbundenen und von den Nerven angeregten chemischen Zersetzung eines Eiweisskörpers im Leuchtorgan.

Da nur die bewegenden Einflüsse auf das astatische Nadelpaar als nach aussen übertragbare Kräfte bis jetzt der Beobachtung zugänglich gemacht werden konnten, so wurde es als wahrscheinlich hingestellt, dass die Kräfte, welche durch den chemischen Process in den Nerven frei werden, elektrische seyn mögen (Ludwig) ***).

In dieser Beziehung zeigt Nerv und Muskel bis auf einen Punkt eine auffallende Aehnlichkeit, in den Zuständen ihrer Ruhe nicht weniger, als in den Zuständen ihrer Erregung. Ihr elektromotorisches Ver-

---

*) Müllers Archiv 1848 p. 158 ff.

**) Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg Sitzung vom 27. Juni 1857.

***) Lehrbuch der Physiologie des Menschen Bd. I p. 120.

halten in dem Gegensatz von Längs- und Querschnitt ausgesprochen, die negative Stromschwankung, das Verschwinden der elektrischen Gegensätze mit dem Tod — alles diess sind beiden Gebilden gemeinsame Eigenthümlichkeiten, und nur der Elektrotonus, welchen die Nerven unter dem Einfluss constanter galvanischer Ströme zeigen, bleibt bei den Muskeln auf eine kaum merkbare Spur beschränkt.

Die Ablenkungen der astatischen Nadeln sind der Index für molekuläre Vorgänge in den Nerven, wie immer sie gedeutet werden mögen: diess steht fest. Wird der Nerv tetanisirenden Strömen ausgesetzt, so erfährt er in seinem Inneren eine Lage oder Stellungsveränderung der kleinsten Theile; aber gewiss nicht *aller* seiner Theilchen.

Es ist eine durch die Natur der Sache gebotene Fiction, deren man sich als solcher stets bewusst bleiben muss, wenn man den Nerv als einen homogenen Körper betrachtet. Es muss diess vorläufig nur willkührlich, und entgegen dem wahren Sachverhalt angenommen werden, so lange die Unmöglichkeit besteht, die histologischen Elemente des Nerv einzeln zu prüfen. Vielleicht gelingt es doch noch, wenn auch nur per exclusionem das wesentlich wirksame Gewebselement von dem untergeordneteren in der Vorstellung zu trennen.

Von diesem Gesichtspunkt aus wird eine Fragestellung gerechtfertigt erscheinen, welche mich veranlasst hat, eine ausgedehnte Reihe von Versuchen anzustellen.

Im Ganzen kann man jeden Nerv in zwei Substanzen zerlegbar denken: in einen cohärenten elastischen Theil, und in eine Flüssigkeit, zäh in der Markscheide und serumartig wie die Parenchym-Flüssigkeit anderer Gewebe, seine Gesammtsumme durchdringend. Dass in dem flüssigen Theil der Schauplatz der chemischen Processe ist, kann nicht bezweifelt werden; dass von da aus die festen Massen der Muskelsubstanz

unter Form- und Cohäsionsveränderung in den Process hineingezogen werden, ist erwiesen. Findet etwas Aehnliches bei den Nerven statt? Die Stromschwankung ist bei dem Muskel mit einer Verminderung seiner Cohäsion verbunden; der verkürzte Muskel wird weicher. Der einfachste mechanische Ausdruck für eine Erschütterung der Moleküle ist die Veränderung des inneren Zusammenhanges der Theile, welche an der elastischen Kraft messbar wird.

Weil man bei einzelnen molekulären Vorgängen in unorganischen Körpern wie beim Magnetisiren des weichen Eisens u. s. w. kleine Veränderung der elastischen Kräfte als Folgezustände jener hat nachweisen können*), so erscheint für unseren Fall die Frage auch desswegen nicht müssig, weil bei ihrer Bejahung der Forschung eine bestimmtere Richtung gegeben werden könnte. Denn dadurch wäre bewiesen, dass sich die festen Stoffe bei dem Innervationsvorgang betheiligen. Muss die Frage verneint werden, so bleibt natürlich trotzdem die Möglichkeit sich zu denken, dass die elastischen Bestandtheile eine Rolle dabei spielen, was durch anderweitige Erfahrung in hohem Grade wahrscheinlich ist.

Man weiss, wie sehr der Druck auf den Nerv dessen Leistungsfähigkeit verändert; ich habe durch viele Versuche ermittelt, dass die Reizbarkeit der Nerven unter dem Einfluss von Gewichten im hohen Grad verändert wird, worüber ich später noch ausführliche Mittheilungen zu machen habe. Hier sei nur erwähnt, dass Angesichts dieser experimentellen Thatsachen eine Erfahrung Werth gewinnt, welche ich im verflossenen Jahr gemacht habe.

Ich fand im Sommer 1857, dass man aus dem galvanischen Froschpräparat die Nerven mit grosser Leichtigkeit fast so vollständig herausziehen kann, dass die Muskeläste mit ihren feinsten Verzweigungen, ja

*) Wertheim. Ann. de chem. et de phys. Sér. III. T. XII, pg. 610 ff.

selbst häufig mit Theilungen der Primitivfasern vollkommen unverletzt und in die zierlichsten Präparate entfaltbar zu Tage kommen.

Nur wenig Vorsicht ist dabei anzuwenden. Man nimmt das Endglied der mittleren Zehe des Froschschenkels zwischen die Finger der einen Hand, mit den Nägeln zweier Finger der anderen hält man den Nerv an seinem Austritt aus dem Becken fest, und spannt in wagrechter Richtung das ganze Präparat mit sehr langsam wachsender Stärke an. Bald tritt ein Zittern in allen Schenkelmuskeln ein, und plötzlich vermindert sich der Widerstand, welchen man bis dorthin bei dem Ziehen an dem Nerv gefühlt hatte. Jetzt ist die äussere Nervenscheide vor der Stelle, an welcher man ihn festgehalten, ringsum gerissen und zwar bald näher, bald entfernter von jener Stelle. Vollkommen widerstandslos, denn das Gewicht des Schenkels vermag es allein, zieht man von da an den ganzen Nerv mit fast allen seinen Verzweigungen durch den Rest der äusseren Scheide heraus.

Nicht minder lohnend ist für Demonstrationen eine derartige Präparation der Nervenwurzeln, bei welcher sonst in so hohem Grade die Umhüllung der Spinalganglien durch das Pigment der Scheide störend und verzögernd wirkt.

Hält man die Wirbelsäule des Thieres fest, und zieht an den einzelnen Strängen des plexus ischiadicus in der Richtung seines Verlaufes vorsichtig mit wachsender Kraft, so gelingt es leicht, die motorische und sensitive Wurzel vollkommen rein, an der letzteren das kleine citronengelbe Ganglienhäufchen unversehrt hängend aus dem Wirbelcanal hervorzuziehen.

Leider gewinnt man immer nur sehr kleine Bruchstücke von Fasern aus dem Rückenmark selbst. Was mir und Herrn Professor Bischoff, welchem ich die Versuche zum Oeftesten zeigte, bei dem Heraus-

ziehen der Wurzeln auffiel, war folgendes: Wenn schon die Scheide eingerissen und ein gutes Stück Nerv hervorgezogen ist — erst dann treten bei fortgesetztem Zug Reflexbewegungen in der anderen Extremität ein.

Anfänglich glaubte ich, es gehöre ein gewisser Grad der Maceration dazu, diese Manipulation ausführbar zu machen, überzeugte mich aber bald, dass *im Sommer* der Versuch fast immer gleich gut, auch an eben geschlachteten Thieren gelingt.

Worauf es beruht, ist leicht zu sagen. Die äussere Scheide ist brüchiger als die eigentliche Nervensubstanz; letztere besitzt also eine vollkommenere Elasticität. Die gleiche Gewalt trennt hier die Continuität des einen Gewebes, ohne die des anderen zugleich aufzuheben, ähnlich wie man die mittlere Arterienhaut durch eine Ligatur, welche um die ganze Arterie gelegt und zugezogen wird, durchschneiden kann, ohne dass die äusseren Lagen gleichfalls getrennt würden (künstliche Aneurysmen-Bildung).

Ich wollte im Winter die Versuche wiederholen, aber sie misslangen fast vollkommen. Wenn es sich im Sommer in 12 Versuchen zweimal ereignete, dass der Versuch misslang, so gelang es im Winter unter zwölfen zweimal. Ist es die Jahreszeit oder die Dauer der Gefangenschaft, das weiss ich nicht; thatsächlich aber war jenes Verhältniss zwischen den elastischen Kräften der äusseren Scheide und der eigentlichen Nervensubstanz, man darf sagen, umgekehrt. Soll im Winter der Versuch gelingen, so muss man wenigstens so lange warten, bis die Reizbarkeit vollkommen erloschen und durch einen gewissen Grad der Maceration die Bedingung wieder hergestellt ist, welche zu der Zeit durch organische Processe gegen früher geändert worden. Auch kann man des Erfolges sicherer seyn, wenn man das obere Stück des freien

Nervenstammes an der Luft etwas trocknen oder seine Scheide durch saure Dämpfe hat schrumpfen und resistenter werden lassen.

Wenn ich mich auch vorläufig jeder weiter eingehenden Schlussfolgerung enthalte, so ist wenigstens so viel gewiss, dass diese Unterschiede auf tief eingreifenden Veränderungen der Ernährungsverhältnisse beruhen müssen, und auffallend genug trifft damit auch der so enorme Wechsel in der Reizbarkeit der Nerven zeitlich zusammen. Ob diess zufällige Coincidenz oder ein causaler Zusammenhang ist, bleibt vorläufig noch unentschieden.

Was grössere Zeitperioden für Durchschnittswerthe grösserer Reihen hiebei Unterscheidendes zeigen, kehrt auch bei der Vergleichung verschiedener Individuen aus den gleichen Perioden wieder. Auch hier stösst man unter vielen reizbaren Thieren oft ganz unerwartet auf ein sehr torpides, und umgekehrt, wenn auch die äusseren allgemeinen Lebensverhältnisse und Umstände bei dem Experiment anscheinend noch so gleich waren.

Nicht minder sind die Festigkeitsmoduli der Nerven grossen Schwankungen unterworfen, wie man sich aus der nachstehenden Tabelle überzeugen kann, welche die Versuche hierüber aus den Monaten November und December 1857 zusammengestellt enthält. Eingeklammert sind immer die beiden zu *einem* Thiere gehörigen Nerven.

Versuchs-Nummer.	*Querschnitte* in Quadrat-Millim.	*Rissgewicht* in Grammen.	*Festigkeitsmodulus.*
I	0,4652	50	0,1075
II	0,3972	60	0,1515
III	0,4543	60	0,1321
IV	0,4655	85	0,1826
V	0,3917	92	0,2093
VI	0,3653	67,5	0,1847
VII	0,3958	90	0,2274
VIII	0,3655	70	0,2177
IX	0,3456	69	0,1999
X	0,3913	50	0,1277
XI	0,5202	77,5	0,1471
XII	0,50204	50	0,09959
XIII	0,31617	54	0,17079
XIV	0,47675	65	0,13844
XV	0,5026	67,54	0,1343
XVI	0,3632	49	0,1349
XVII	0,5077	52,5	0,1034
XVIII	0,4851	91	0,1876
XIX	0,4778	90	0,1884
XX	0,3719	75	0,2016
XXI	0,3757	70	0,1862

Der mittlere aus dem Vergleich der extremen Werthe genommene Festigkeitsmodulus ist für diese Nerven 0,16349; dabei aber verhalten sich jene wie 1 : 2,2.

Hat es also sehr den Anschein, als wenn die Functionsfähigkeit der Nerven in einem näheren Zusammenhang mit ihren Cohäsionskräften

stünde, so ist die Untersuchung noch dringender geboten zu entscheiden, ob sich zwischen den letzteren und der Function des Nerv eine Relation mit unseren mechanischen Hülfsmitteln nachweisen lassen könne.

Ich habe diese Frage auf sehr verschiedene Weise zu lösen gesucht.

Man musste darauf gefasst seyn, dass, wenn überhaupt nicht die muthmassliche Cohäsionsänderung in den wesentlich bei der Innervation betheiligten Gewebmassen durch die bleibenden Zustände in den unwesentlichen verdeckt wird, die Wirkung tetanisirender Einflüsse nur äusserst geringe Ausschläge auch an den empfindlichsten Instrumenten geben müsse.

Alle denkbaren Methoden konnten nur auf die Erwartung von Unterschieden in der Wirkung kleinerer oder grösserer Gewichte, überhaupt auf die Untersuchung des Widerstandes gerichtet seyn, welchen der Nerv in der Ruhe und Erregtheit äusseren mechanischen Kräften entgegenstellt. Der einfachste Weg schien, an den Nerv ein passendes Gewicht aufzuhängen, den Grad der Dehnung zu bestimmen, ihn hierauf zu tetanisiren und zu beobachten, ob unter diesem Einfluss die Verlängerung des Nerv durch das Gewicht wächst. Wo es sich aber wie hier jedenfalls nur um sehr kleine Differenzen handeln konnte, greift die lange fortgehende elastische Nachwirkung, welche schon bei sehr kleinen Gewichten eintritt, störend auf.

Es dürfte einiges Interesse haben, den Gang dieser Nachwirkung genauer kennen zu lernen, schon um desswillen, weil er zeigt, wie schwer es seyn dürfte, für diese so weichen Körper den Elasticitätsmodulus richtig zu ermitteln.

Meine Methode beruht auf Folgendem: Der Schenkelnerv wird an der Seite des Kniees, wo er bereits in zwei Hauptäste gespalten ist,

aufgesucht, in eine Klemme gebracht und durchgeschnitten. Dann wird der Plexus ischiadicus in der Bauchhöhle von hinten blosgelegt, ebenfalls in eine Klemme gebracht und durchgeschnitten. Ist diess geschehen, so präparirt man sorgfältig mit Vermeidung jeglicher Dehnung den Nerv seiner ganzen Länge nach von unten nach oben, und hängt ihn in einer oben geschlossenen, unten nur in der Mitte offenen, durch feuchtes Fliesspapier mit Wasserdampf gefüllten Glasröhre auf. In die untere Klemme wird ein leichtes Drahthäckchen eingeführt, dessen unteres Ende in den kurzen Arm eines genau balancirten Fühlhebels eingreift. An demselben Ort hängt ein kleines Gewicht (1—2 Gramm.). Der lange Arm des Fühlhebels, durch welchen der Ausschlag am unteren Aufhängepunkt des Nerv 26 mal vergrössert erscheint, trägt eine zarte Borste. Diese schreibt auf dem berusten Cylinder des Kymographion die Curve der elastischen Nachwirkung ohne alle Reibung auf. Selbstverständlich muss jede Erschütterung der gesammten Vorrichtung auf das Sorgfältigste vermieden seyn.

Die Curvenstücke von drei gleichweit aus einander liegenden Abschnitten des Cylinder-Mantels genommen, und in Fig. 1 ABC der Taf. abgebildet, geben einen Begriff von der Regelmässigkeit dieser Curve, welche ganz allmählich und vollkommen geradlinig mit sehr allmählich abnehmender Geschwindigkeit ansteigt. Acht Windungen sieht man hiebei der achtmaligen Umdrehung des Cylinders entsprechend über einander, und jede Umdrehung bedurfte 2 Minuten 27 Secunden Zeit. In 20 Minuten war also die elastische Nachwirkung noch nicht beendigt.

Eine zweite solche Curve sieht man in Fig. 2. Ihr allgemeines Gesetz ist ein ganz ähnliches, aber die absoluten Werthe und die relativen Zunahmen, welche die Entfernung der einzelnen Windungen von einander erfahren, sind nicht dieselben.

Das ist ein doppelter Grund, weshalb man weder an einem Nerv,

noch auch vergleichsweise an den gleichnamigen Nerven zweier Hälften desselben Thieres in dieser Beziehung die Wirkung tetanisirender Ströme prüfen kann. Denn bei dem einen Curvensystem 1 verhalten sich die Abstände der Windungen von einander wie die Zahlen:

1,30	
1,29030	
0,91080	
0,77165	mikrometrische Messung.
0,64515	
0,70840	
0,50500	

Bei dem zweiten Curvensystem (2 Fig.) wie die Zahlen

2,85
2,2
2,0
1,6
1,35
1,1
0,9

obwohl so sehr als möglich die gleichen Längen für beide Nerven zu erreichen angestrebt wurde.

Ich machte den Versuch mit Beibehaltung der eben beschriebenen Vorrichtung einen tetanisirenden Strom auf den Nerv wirken zu lassen, während sich die Curve aufzeichnete. Die Fig. 3 giebt bei α β, γ und δ die Punkte für den Aus- und Eintritt des Stromes an. Am oberen Ende der Glasröhre war nämlich deren Deckel doppelt durchbohrt, und es ragten daselbst die in Glasröhren gefassten Zuleitungsdrähte des Inductionsapparates hinein, um zwei Punkte des Nerv nahe seinem oberen

Ende zu berühren. Man erkennt aus der Copie der Curven, dass die Einführung des Stromes nicht die geringste Abweichung von der geradlinigen Richtung der Curven hervorrief, was hätte geschehen müssen, wenn sich an der Cohärenz des Nerv dadurch etwas geändert hätte.

Ehe ich diese Versuche anstellte, hatte ich mit einem Torsionsapparat gearbeitet, welcher nach dem Prinzip der Columb'schen Drehwage eingerichtet war, eine genau centrirte Aufhängeweise des Nerv gestattete, oben mit einem Torsionskreis von 5 Centim. Radius versehen war, und unten eine Vorrichtung besass, einen galvanischen Strom auf die dünne Magnetnadel wirken zu lassen, welche mit der unteren Klemme des vor dem Austrocknen vollkommen geschützten Nerv verbunden war.

So war es möglich, dem Nerv durch den Strom eine bestimmte Torsion zu ertheilen, nach der Tertienuhr den Rückschwung beginnen zu lassen, und zwar ohne allen Wechsel einer mechanischen Zwischenwirkung, und die Schwingungen zu zählen, welche die Nadel am Nerv in einer Zeiteinheit machte. Eine feine Nähnadel an dem Magnet befestigt, tauchte in concentrirte Salzlösung, und von hier aus konnte durch den ganzen Nerv ein Inductionsstrom geführt und verglichen werden, ob sich die Schwingungsmengen in diesem Fall, verglichen mit einem unmittelbar vorausgegangenen, in welchem kein Inductionsstrom durch den Nerv gieng, verkleinerten oder gleich blieben. Häufig trat das Erstere, öfter aber auch das Letztere ein. Ganz ähnliche Erfahrungen wurden gemacht, als ich den Torsionswinkel verglich, welcher zur Ablenkung der Nadel um bestimmte Grade nothwendig war, wenn die Gegenkraft der Torsion der Magnetismus der Erde oder eines der Nadel genäherten Magnetstabes war.

Auch hiebei spielte die elastische Nachwirkung eine Rolle, welche oft trügerischer Weise die Resultate der Voraussetzung entsprechen liess.

Ich musste von diesen Methoden abstehen, als ich sah, dass auch vollkommen reizlos gewordene Nerven ähnliche Unterschiede erkennen liessen.

Schliesslich suchte ich durch gegenseitige Compensation der elastischen Kräfte zweier Nerven die Frage zu erledigen. An einer sehr feinen chemischen Waage brachte ich Vorrichtungen an, durch welche die genau an denselben Stellen geklemmten Nerven an dem Balken aufgehängt werden konnten. Wenn sie nun durch ihre eigene Schwere herabhiengen, wurden ihnen zwei unten befestigte im Charnier gehende Klemmen genähert, deren Branchen auf beiden Seiten gleichweit von den oberen Klemmen abstanden. Damit wurden die unteren Nervenenden gepackt. Jetzt hatten also beide Nerven genau gleiche Länge und gleiche Spannung. Eine Schutzröhre wurde über beide zur Verhütung der Verdunstung hinaufgeschoben, und das Lager des Balkens gehoben. Irgend welche Ungleichheiten in der Spannung waren durch eine am Fuss der einen Klemme angebrachten Mikrometerschraube zu corrigiren.

Die Mitte des Balkens trug einen Spiegel, welcher das Bild einer entfernten Skala gegen die Oeffnung eines Fernrohres warf, dessen Ocular mit einem Fadenkreuz versehen war. Sofort wurde bald durch den einen, bald durch den anderen Nerv ein Inductionsstrom geschickt — nie aber konnte die geringste Bewegung des Skalabildes beobachtet werden, die anfängliche Spannung beider Nerven mochte schwach oder sehr stark seyn.

Ebenso erfolglos blieb ein ähnlicher mit dem Mikroskop angestellter Versuch.

Ich benützte ein dem Mikroskoptisch aufgepasstes Brettchen, welches in der Mitte von Glas unterbrochen war. Von da aus liefen nach

beiden Seiten hin Rinnen; rechts und links trug es ganz kleine, in Spitzen laufende Röllchen und hatte einen entsprechenden Deckel, welcher unter der Linse des Mikroskopes ebenfalls von Glas unterbrochen war. An einer äusserst feinen, an beiden Enden mit Häckchen versehenen Nadel war in der Mitte ringsum eine Marke gezogen.

Die beiden Häckchen wurden in der Kniegegend mit dem rechten und linken Nerv ein und desselben Frosches fest verbunden, zwei andere Häckchen oben an der Austrittstelle der Nerven aus dem Hüftloch befestigt. Sofort wurden die auf diese Weise gekuppelten Nerven auf die Vorrichtung gebracht, und an sie jederseits ein Häckchen gehängt, welches an einen feinen Faden gebunden war, der über die Röllchen rechts und links lief, und je ein Gramm trug. So war das ganze System freischwebend in der Rinne des Brettchens ausgespannt, der Deckel darüber gebracht, und die Marke der Nadel auf einen Theilstrich des Ocularmikrometers bei 90facher Vergrösserung eingestellt.

Feine Drähtchen, in das Innere der Rinne von aussen hereinragend, berührten je einen Nerv und gestatteten abwechselnd bald diesem, bald jenem den Inductionsstrom zuzuführen.

Die geringste Veränderung in der Cohärenz des Nerv auf der einen oder anderen Seite hätte die Marke unter der Theilung verschieben müssen, wie Controlversuche zeigten, in welchen die Befeuchtung des einen Nerv mit einem Tropfen Wasser schon sehr bald eine messbare Wanderung der Marke erkennen liess. Allein die Inductionsströme blieben durchaus erfolglos. Anderweitige Gegenversuche hatten gezeigt, dass weder der Zeitverlust bis zum Beginn des Versuches, noch die Grösse des angehängten Gewichtes die Reizbarkeit etwa so weit hätte vermindern können, dass der Nerv dabei nicht mehr tetanisirbar gewesen wäre.

Somit war bewiesen, dass sich in den Nerven während ihrer Thätigkeit keine irgend messbare Veränderung der Cohäsion oder Elasticität nachweisen lässt.

Damit ist, wie nochmal hervorgehoben werden muss, keineswegs die Wichtigkeit der festen Gewebselemente in den Nerven in Abrede gestellt, weil umgekehrt der Beweis geliefert werden kann, dass unter dem Einfluss äusserer mechanischer Kräfte die Reizbarkeit und Functionsfähigkeit des Nerv wesentliche Veränderungen erleidet.

Sucht man die experimentell nachweisbaren Zustandsänderungen, welche der Nerv unter willkührlich herbeigeführten Einflüssen erleidet, an seinem Gewebe oder seiner chemischen Zusammensetzung wieder zu erkennen, so sind in ersterer Beziehung nur sehr wenig Aufschlüsse, in letzterer viel zu ungenügende zu finden, als dass man aus ihnen auf eine tiefere Einsicht den Gesammtprocess schliessen könnte.

Es muss durchaus verneint werden, dass die sogenannte Gerinnung des Markes ein Zeichen des Todes der Nerven sei, wie schon Kölliker hervorgehoben hat; ja ich muss behaupten, dass ein grosser Theil des Nervenmarkes entfernt werden kann, ohne dass die Reizbarkeit verloren geht; ja dass sie sich in solchen Fällen vielmehr abnorm gesteigert zeigen kann, wie die Analyse der Nerven in jenem Stadium zeigt, in welchem sie durch Austrocknen das äusserste Maass der Reizbarkeit erlangt haben. Man erkennt dann an ihnen, dass ein grosser Theil des Markes in Folge des Schrumpfens ihrer Scheide herausgepresst ist; meist erscheinen sie dann aber wie glashelle Fäden, während bei ihrer Quellung das entgegengesetzte Bild entsteht.

Nicht minder muss behauptet werden, dass ein guter Theil der Salzlösung in ihnen verloren gehen könne, ohne dass damit die Möglichkeit

aufgehoben wäre, die verschiedensten Grade der Reizbarkeit wieder anzunehmen, wie aus den Mittheilungen in der ersten Abhandlung schon hervorgeht.

Vermuthungsweise muss ich aussprechen, dass es die eiweissartigen Bestandtheile sind, welche durch die Beweglichkeit ihrer Moleküle, d. h. durch die Leichtigkeit, mit welcher sie sich umsetzen, bei einem bestimmten physikalischen Zustand der festen Theile des Nerven das Spiel der lebendigen Kräfte in ihnen bedingen. Darauf werden wir theils durch Schlussfolgerungen per exclusionem, theils durch direkte Resultate der Versuche geführt, zu welchen ich zunächst übergehe.

Die zahllosen Experimente, welche bisher angestellt worden waren, um den Einfluss verschiedener chemischer Substanzen auf die Funktionsfähigkeit der Nerven zu studiren, konnten nur bei den eingreifendsten Präparaten: Säuren, Alkalien etc. zu übereinstimmenden Resultaten führen. Man kannte den Einfluss der Wasseraufnahme und Wasserentziehung nicht hinlänglich. Beides wurde meist weitaus unterschätzt. Es ist nicht möglich, ohne die äussersten Vorsichtsmassregeln die Einflüsse des dem Wasser beigemischten Stoffes von denen des Wassers selbst zu trennen.

Ich habe desshalb meine Untersuchungen nur auf drei anscheinend ganz indifferente Körper beschränkt, welche in Pulverform angewendet genau die gleichen äusseren Erscheinungen, auf Wasserentziehung beruhend, hervorrufen. Es sind Kochsalz, Zucker und Gummi.

Es wurde zuerst an die Lösungen dieser Körper die Anforderung gestellt, dass in ihnen liegende, abgeschnittene Nerven längere Zeit hindurch genau ihr Gewicht behaupteten. Von jenen drei Substanzen wurden sehr verschieden concentrirte Lösungen gemacht, und in jede derselben eine Parthie Schenkelnerven, welche vorher feucht und unter

Beobachtung aller der hier erforderlichen Cautelen gewogen worden waren, gelegt. Diese Nerven wurden von Zeit zu Zeit wieder gewogen.

Wie schwer es ist, die richtige Lösung zu treffen, möchte sich aus einem Beispiel ergeben, welches das Kochsalz betrifft. Es wurden davon fünf Lösungen gemacht. Die spezifischen Gewichte derselben waren:

für I = 1003,51
für II = 1002,54
für III = 1002,17
für IV = 1001,74
für V = 1001,17

Die Gewichte der in ihnen liegenden Nerven erhielten im Verlauf der Zeit nachstehende Werthe:

	I	II	III	IV	V
Gewicht der frischen Nerven .	0,0376	0,0386	0,0442	0,043	0,0436
Gewicht der Nerven, nachdem sie *eine* Stunde in der Lösung gelegen	0,034	0,0386	0,0420	0,044	0,0496
Gewicht der Nerven nach 15 Stunden	0,034	0,0386	0,0420	0,0476	0,05.

Hieraus ist ersichtlich, dass eine Differenz von 0,37 im spezifischen Gewicht der Lösung (Vergleich von II mit III) schon einen merklichen Unterschied in dem Stoffaustausch verursacht.

Nur in der Lösung II behielten die Nerven hinlänglich lange ihr ursprüngliches Gewicht bei, und diese wurde für die weiteren Versuche ausgewählt. In ähnlicher Weise suchte man nach solchen Gummi- und Zuckerlösungen, in welchen die Nerven wenigstens $1\frac{1}{2}$—2 Stunden ihr Gewicht nicht veränderten. Aus später zu entwickelnden Gründen kann

man keine Lösung dieser Körper finden, in welchen die Nerven 15 Stunden lang ihren ursprünglichen Gewichtswerth behaupten.

Nachdem man die gewünschten Flüssigkeiten gefunden hatte, wurden die Reizversuche an Fröschen angestellt, welche mit jenen, deren Nerven zu den eben erwähnten Voruntersuchungen gedient hatten, denselben äusseren Lebensbedingungen ausgesetzt gewesen waren.

Nach dem in der I. Abhandlung beschriebenen Schema wurden die Nerven des galvanischen Präparates statt dem Einfluss des reinen Wassers dem der aufgefundenen Lösungen ausgesetzt, und nach bestimmten Zeitintervallen die Widerstände im Rheostaten aufgesucht, welche zur Erzeugung der ersten regelmässigen Zuckungen erlaubt waren. Dass die Nerven auf den Platinschaufeln dabei aus der Lösung herausgehoben seyn mussten, versteht sich von selbst. Die adhärirenden Flüssigkeitsschichten waren entfernt.

Da die Durchmesser der Nerven in den Lösungen gleich blieben, kämen nur die wechselnden Leitungswiderstände der imbibirten Flüssigkeiten in Betracht, um die Werthe der Rheostatenstände auf den wahren Ausdruck der Reizbarkeitsgrade zu reduciren. Da aber jedenfalls die Imbibition eine sehr geringe Grösse erreichen konnte, weil die Lösungen so ausserordentlich verdünnt waren, da in den Nerven selbst schon solche vorhanden sind und ihr Leitungswiderstand so gross ist, so darf man auch hier die Rheostatenstände gewiss sehr annähernd als bezeichnend für den Reizbarkeitsgrad halten.

Ich will einige Beispiele aus dieser Versuchsreihe hier anführen:

I. Versuch mit Kochsalz- und Zucker-Lösungen.

Erster Nerv.		Zweiter Nerv.		Dritter Nerv.	
Zeit der Reizung 4^h 10′	Rheostatenstand in Cent. Wasser 120	Zeit der Reizung 4^h 15′	Rheostatenstand in Cent. Wasser 120	Zeit der Reizung 4^h 25′	Rheostatenstand in Cent. Wasser 50
Die Nerven tauchen in die Zuckerlösung ein.					
nach 15 Min.	45	nach 15 Min.	15	nach 7 Min.	9,5
nach 23 Min.	14	nach 20 Min.	14,5	nach 12 Min.	9,3
Die Nerven kommen alle in die Kochsalzlösung.					
nach 38 Min.	28	nach 35 Min.	21	nach 27 Min.	16
Die Nerven kommen in die Zuckerlösung.					
nach 49 Min.	18	nach 45 Min.	7,5	nach 37 Min.	10,5
Die Nerven kommen in die Kochsalzlösung.					
nach 60 Min.	21	nach 56 Min.	20,5	nach 48 Min.	19,5
Die Nerven kommen in die Zuckerlösung.					
nach 70 Min.	14	nach 66 Min.	10	nach 60 Min.	17
Die Nerven kommen in die Kochsalzlösung.					
nach 85 Min.	23	nach 80 Min.	7,5	nach 75 Min.	15
Die Nerven kommen in die Zuckerlösung.					
nach 95 Min.	4	nach 90 Min.	4	nach 85 Min.	9
Die Nerven kommen in die Kochsalzlösung.					
nach 107 Min.	24	nach 102 Min.	7	nach 125 Min.	11

Die Mittel aus diesen Versuchen ergeben nachstehende Reihe für die beiden Lösungen

Zuckerlösung	Kochsalzlösung
12,6	21,6
12	20,6
13,6	15,16
5,6	14,0

Eine ganz ähnliche Reihe bieten die Versuche, in welchen die Nerven abwechselnd in Gummi- und Kochsalzlösung eintauchen. Ich setze der Kürze wegen sogleich die Mittel aus vier Versuchen hieher.

II. Versuche mit Kochsalz- und Gummi-Lösung.

Fortlaufende Zeit in Minuten für den Moment der Reizung	Rheostatenstand in Cent. Wassersäule	Name der Flüssigkeit
10	32	Kochsalz-Lösung
20	20,5	Gummi „
30	16,5	Kochsalz „
40	4,8	Gummi „
50	11,3	Kochsalz „
60	2,5	Gummi „
70	7,35	Kochsalz „
80	1,75	Gummi „
90	4,25	Kochsalz „
100	1	Gummi „
105	2,65	Kochsalz „
110	1,25	Gummi „

Man sieht, dass während die Nerven im Verlauf der Zeit ihre Reizbarkeit allmählich einbüssen, regelmässig eine periodische Verzögerung

dieses Processes durch die indifferente Kochsalzlösung, und eine Beschleunigung durch die Zuckerlösung herbeigeführt wird.

Alles kommt aber, wie die Gewichtsbestimmungen schon vermuthen liessen, darauf an, dass man ganz genau die richtigen Lösungen trifft. Aendert man absichtlich nur sehr wenig an dem spezifischen Gewicht der Lösungen, so kommt man sofort gerade zum umgekehrten Resultat.

Was diese Versuche werthvoller macht, sind andere Umstände, welche man dabei zu beobachten Gelegenheit hat.

Lässt man die Nerven in der richtig gewählten Kochsalzlösung liegen, so bemerkt man nach 12 Stunden bei einer mittleren Temperatur von 12—15° Cels. keine Spur einer Trübung oder eines Sedimentes in der Flüssigkeit. Ganz anders bei der Zuckerlösung. Auch bei jener niedrigen Temperatur und in so kurzer Zeit findet man auf dem Boden des Gefässes eine trübe Masse. Unter dem Mikroskop erkennt man deutlich zerfallene Nervenelemente. In Berührung mit einer auch so ganz indifferent scheinenden Zuckerlösung und bei dem die Imbibition so erschwerenden Concentrationsgrad kommt es doch sehr rasch zu einer Gährung, welche zu einer Destruction der Nervenmasse führt. Schon bei geringen Gewichtsmengen lässt sich in kurzer Zeit die dabei gebildete Kohlensäure mit der Waage bestimmen, und der Gewichtsverlust der Nerven auch bei Benützung von wenigen Decigrammen Substanz nachweisen, wie ich mich mehrfach überzeugt habe.

Daher kommt es, dass, wie oben erwähnt, keine Zucker- oder Gummilösung gefunden werden kann, welche das ursprüngliche Gewicht der in ihnen liegenden Nerven etwa 10—15 Stunden lang unverändert liesse; denn entweder ist sie zu wenig concentrirt, dann ändert die Imbibition das Gewicht; oder sie enthält hinlänglich Zucker, um schon sehr bald einen Substanzverlust der Nerven herbeizuführen.

Auch für die mikroskopische Analyse der Centralorgane lässt sich diese Erfahrung verwerthen. Ich fand nämlich, dass Gehirn- und Rückenmark-Stückchen, in Zuckerlösungen von gewissem spezifischen Gewicht 24—36 Stunden gelegt, die an einzelnen Stellen oft sehr schwierig zu erkennenden Gangliengebilde auf das Klarste zu Tage treten lassen, wovon sich Mikroskopiker von Fach überzeugt haben. Es scheint die Grundsubstanz des Gehirns diejenige zu seyn, welche in gewissen Lösungen sehr leicht durch die Gährung zerstört wird, während die Nervenzellen und ihre Ausläufer länger widerstehen. Daher kommt es auch, dass R. Wagner zur Untersuchung des Gehirnes räth, einen gewissen Grad der Fäulniss abzuwarten. Die einzelnen Abschnitte der Centralorgane eines Thieres und dieselben bei verschiedenen Thieren verlangen, um in gleicher Weise und gleich schnell diese Veränderungen zu erfahren, je andere Concentrationsgrade. Ich unterlasse es, meine nur für einzelne Fälle geltenden Aufzeichnungen mitzutheilen. Es genügt die Thatsache, um die Reizversuche in Einklang mit den chemischen und mikroskopischen Untersuchungen gebracht zu haben.

Was erst bei längerer Einwirkung und bei grösseren Mengen angewendete Substanz durch die Waage nachgewiesen werden kann, jene mit dem Gährungsprocess verknüpfte Umlagerung der chemischen Molekule, diess giebt sich durch die Veränderung der Reizbarkeit an dem noch funktionsfähigen Nerv schon in wenigen Minuten zu erkennen. Es liegt nahe in jenen Reizversuchen an eine einfache Contactwirkung zu denken, welche durch die Kochsalzlösung eine gewisse Zeit lang immer wieder in ihren Folgen bis zu einem bestimmten Grad paralysirt werden kann, gleich wie bei dem Gährungsprocess im Grossen die Anwesenheit mancher Stoffe den Eintritt desselben verhüten, oder den eingeleiteten momentan zu sistiren im Stande ist.

Nach Allem zu schliessen, was wir über den Gährungsproces wissen,

dürfte angenommen werden, dass die verschiedenen Modificationen, in welche die in den Nerven enthaltenen eiweissartigen Körper gerathen, wesentlich mitbestimmend in diesen Versuchen für die Erzeugung bestimmter Reizbarkeitsgrade seyn mögen.

Ist dieser Schluss gerechtfertigt, so darf auch angenommen werden, dass überhaupt die jeweiligen Stufen der Umsetzung eben dieser Körper in den Nerven von wesentlichem Einfluss auf ihre Erregbarkeit sind. Und dass Umsetzungen dieser chemischen Stoffe im lebenden Körper, wo sie auch angetroffen werden mögen, vorauszusetzen sind, müssen wir unbedingt annehmen.

Welche Rolle spielen aber die Fette?

Um dieser Frage näher zu rücken, habe ich die nachstehenden Untersuchungen mit den Dämpfen verschiedener Substanzen gemacht, welche zu ihnen eine nähere Verwandtschaft haben. Ich habe aber die Dämpfe angewendet, um an dem wichtigen Factor des Wassergehaltes nichts zu ändern. Die Methode der Versuche war folgende:

Die Vorrichtung A auf der 1. Tafel der I. Abhandlung wird zuerst auf ein cylindrisches Gefäss gestellt, dessen Innenraum vollkommen mit Wasserdampf gesättigt ist und auf dem Rand einen feuchten Flanellring trägt. Nachdem der Rheostatenstand für den Minimalwerth der Erregung des frischen Nerv und die Zeit der Reizung notirt ist, wird der Teller mit dem Präparat und mit dem feuchten Ring abgehoben und auf ein zweites Gefäss gestellt. Dieses enthält auf dem Boden Wasser, und eine kleine Holzsäule, welche ihrer Seits eine kleine Uhrschale trägt. In sie ist die Flüssigkeit gegossen, deren Dampf auf den Nerv unmittelbar über ihr wirken soll. Flüssigkeitsmenge und Temperatur war für alle vergleichenden Versuche constant erhalten. Ebenso die Füllung des

Rheostaten und zwar mit 1 Theil concentrirter Lösung schwefelsauren Kupfers auf 189 Thl. Wasser.

Während so das Präparat dem Dampf ausgesetzt war, wurde in bestimmten Zeiträumen die Reizbarkeit des Präparates geprüft.

Wenn die Reizbarkeit so weit gesunken war, dass bei 0 Rheostatenstand keine Zuckung mehr erzielt werden konnte, so ward der Teller wieder abgehoben, auf das blos mit Luft und Wasserdampf erfüllte Gefäss gestellt, die Glocke über dem Präparat gewechselt, und beobachtet, ob und wann bei 0 Rheostatenstand wieder Zuckungen auftraten.

Die Versuche fallen in den Monat December vorigen Jahres und ich ordne sie erstens nach der Natur der Flüssigkeiten, gleichzeitig aber nach dem wichtigsten Unterschied im Resultat, ob nämlich die durch den Dampf verloren gegangene Reizbarkeit in der atmosphärischen Luft wieder zurückkehrt oder nicht.

I. Reihe. *Versuche mit Dämpfen von Alkohol- und Aetherarten.*

Zeit in Min.	*Chloroform*	*Amylen*		*Alkohol* (spez. Gewicht 837)		*Salzäther*		*Schwefeläther*	
	Rheostatenablesungen in Centim.								
	In atmosph. Luft	Zeit	In atmosph. Luft	Zeit	In atmosph. Luft	Zeit	In atmosph. Luft	Zeit	In atmosph. Luft
0	155	0	155	0	155	0	155	0	125
	Im Dampf		Im Dampf		Im Dampf		Im Dampf		Im Dampf
0,5		3	52	2	155	0,5	137,5	0,5	80
1	11	5	24	6	0 (keine Zuckg.)	1	129	1	0 (keine Zuckg.)
					In atmosph. Luft				In atmosph. Luft
1,25	0 (keine Zuckung mehr)	7	5	21	0 (Zuckung)	1,5	104	2	0 (Zuckungen)
		8	0 (keine Zuckg.)	26	12	2,5	101	7	45
			In atmosph. Luft						
				31	43	5	43,5	12	80
		13	0 (Zuckung)	36	95	5,5	24	17	122
		18	7	41	103	6	16	22	150
		23	4,5	46	98	7	8	27	155
		28	3,5	51	91	7,5	2	37	155
		33	2	56	98	8,5	1	47	155
		36	1	61	102,5	9,5	0 (keine Zuckg.)	62	105
							In atmosph. Luft		
		41	0,5	71	99	11,5	0 (Zuckung)	72	86
		48	0	81	94,5	12,5	5	92	64
		53	0	91	94,5	17	15,5	107	54
		50	0 (keine Zuckg.)	106	80,5	22	39,5	122	52
				116	79	27	34,5	206	52
				126	80	37	52	257	66
				141	80	47	59,5		
				151	83	57	98		
						67	104,5		
						79	109		
						87	125		
						97	128		
						107	130		
						117	139		

II. Reihe. *Versuche mit Dämpfen von ätherischen Oelen, in welchen die Reizbarkeit unwiederbringlich verloren geht.*

Oleum Bergamott.		*Ol. Menth. piperitae*		*Ol. Chamomillae*		*Ol. Melissae*		*Ol. Cinnamomi*		*Ol. Anisi*		*Ol. Caryophyll.*		*Ol. Juniperi*	
Zeit	in atmosph. Luft	Zeit	in atmosph. Luft	Zeit	in atmosph. Luft	Zeit	in atmosph. Luft	Zeit	in atmosph. Luft	Zeit	in atmosph. Luft	Zeit	in atmosph. Luft	Zeit	in atmosph. Luft
0	150	0	155	0	155	0	137	0	155	0	155	0	155	0	155
	Im Dampf		Im Dampf		Im Dampf		Im Dampf		Im Dampf		Im Dampf		Im Dampf		Im Dampf
11	84	5	155	2	155	6	136	5	109	1	155	1	155	5	125
14	47	10	150	7	95	11	125	10	88	4	84	5	155	8	109
17	26	15	78,5	12	63	16	119	15	76	5	76	8	138	13	95
20	7,5	20	52	17	42	21	107	20	72	7	69,5	12	116,5	18	82
28	0 k. Zuck.	25	32	22	34	26	85	25	66,5	11	52	19	74	23	80
		30	10	27	23	31	77	30	64,5	16	49,5	27	51	28	73
		33	7	32	10	36	60	35	62,5	23	38	32	47,5	33	67
		35	0 k. Zuck.	37	6	41	36	40	57	28	35,5	44	33	38	62,5
				42	3	46	35	45	54	33	32,5	57	12	43	56,5
				47	0 k. Zuck.	51	23	50	41,5	38	26	62	8	48	55
						56	16	55	30	48	21,5	67	5	53	50
						61	13	50	18	53	21,5	72	1	58	48
						66	2,5	65	4,5	68	13,5	84	0	63	48
						71	0 k. Zuck.	70	0	78	0 k. Zuck.	85	0 k. Zuck.	68	42
								72	0					73	42
								74	0 k. Zuck.					83	32
														93	0 k. Zuck.

III. Reihe. *Versuche mit Dämpfen von ätherischen Oelen, in welchen die Reizbarkeit nur zeitweise unterbrochen wird.*

Oleum Sinapis		*Ol. Amygdal. amar.*		*Ol. Cajeputi*		*Ol. Terebinthinae*	
Zeit	in atmosph. Luft	Zeit	in atmosph. Luft	Zeit	in atmosph. Luft	Zeit	in atmosph. Luft
0	155	0	155	0	155	0	155
	Im Dampf		Im Dampf		Im Dampf		Im Dampf
3	81	1	155	5	131	3	155
5	78	6	92	12	101	6	135
8	0 keine Zuckg.	8	57	18	80	12	126
	In atmosph. Luft						
14	0 Zuckung	10	40	23	52	18	115,5
16	9	12	23	28	34	28	110
18	15	14	13,5	33	27	38	9
19	22	16	2,5	38	16	41	8
21	32	18	0	43	9	44	8
26	38,5	28	0	48	8	49	5,5
30	52	30	0 keine Zuckg.	53	3	53	5,5
			In atmosph. Luft				
33	56	64	0 Zuckung	58	0 keine Zuckg.	58	0
					In atmosph. Luft		
39	62	71	6	63	0 Zuckung	58,5	0 keine Zuckg.
							In atmosph. Luft
45	68	76	9	68	0	61	0 Zuckung
56	42	81	9	73	0,5	62	24,5
59	41	86	14	78	5	70	0,5
64	25	91	14	83	10	75	0
69	7	96	16	(Versuch unter-		78	1
75	0 keine Zuckg.	102	15,5	brochen)		88	0 keine Zuckg.
		107	17,5				
		116	18				
		126	21				
		136	22				
		146	24				
		155	28				
		(Versuch unter-					
		brochen)					

Ein Blick auf diese drei Beobachtungsreihen lässt sofort als am meisten auffallend erkennen, dass die bei weitem grössere Zahl der ätherischen Oele die Reizbarkeit verhältnissmässig schnell und auf immer vernichtet, während nur wenige und gerade diejenigen, von welchen man es gewiss am wenigsten erwartet hätte, eine Restauration in der feuchten atmosphärischen Luft wieder zulassen.

Nicht minder unerwartet ist der Einfluss des Chloroform, welches auf die blosgelegten Nerven viel intensiver und in kurzer Zeit absolut tödtend einwirkt, während die Aetherarten die Restauration zulassen und unter ihnen der Schwefeläther selbst eine nachträgliche, beträchtliche Steigerung der Reizbarkeit hervorruft.

Aus der beigegebenen Curventafel übersicht man noch leichter die Unterschiede in der Wirkung dieser verschiedenen Dämpfe.

Ordnet man sie nach der Schnelligkeit, mit welcher in ihnen der Rheostatenstand 0 werden muss, wenn noch Zuckungen zu erzielen seyn sollen, so erhält man nachstehende Reihe:

1) Chloroform, Schwefeläther, Alkohol, Amylen, Salzäther;

2) Ol. Sinapis, Bergamott., Amygdal. amar., Menth. piper., Chamomill., Cajeput., Terebinth., Ol. Melissae, Cinnamom., Anisi; Caryophyll., Juniperi.

Am nächsten lag es zu denken, dass die Geschwindigkeit der Wirkung mit der Schnelligkeit der Verdampfung, also mit den Siedepunkten der Flüssigkeiten oder mit der Verwandtschaft dieser Stoffe zum Fett der Nerven in einer näheren Beziehung stünde. Allein weder das Letztere noch das Erstere lässt sich beweisen; denn wenn man jene Stoffe nach ihren Siedepunkten ordnet, erhält man eine ganz andere Reihe, nämlich:

1) Schwefeläther, Amylen, Chloroform, Alkohol, Salzäther.
35° 36 60 78,4 112

2) Ol. Caryophyll. (142—143°), Sinapis (148°), Terebinth. (159—163), Cajeput (173—175), Amygdal. (180), Ol. Bergamott. (183), Juniperi (205), Menth. piper. (208), Chamomill. (210), Cinnam. (220), Anisi (222).

Darunter sind wenigstens eben so viele, welche in obige Reihe passen, als solche, welche nicht hineinpassen.

Auch in Beziehung auf die fettauflösende Kraft zeigt sich die Stelle des Alkoholdampfes als der Erwartung durchaus nicht entsprechend, so dass ich es unterlassen habe, für die ätherischen Oele die bisher noch unbekannte Lösungskraft gegenüber dem Nervenfett näher zu bestimmen.

Fielen in dieser Richtung die beiden Reihen auch zusammen, so drängte sich immer wieder die Frage auf: wie kehrt das dadurch in Lösung versetzte Nervenfett innerhalb des feuchten Nerven nach Abdunsten des Lösungsmittels gerade wieder zu der Verbindung zurück, welche es in dem frischen Nerven mit den übrigen Stoffen gehabt hatte, wenn doch alle Bedingungen des Stoffersatzes und der normalen Regeneration fehlen, wie diess in dem isolirten Nerv des Präparates vorausgesetzt werden muss.

Angesichts der Thatsache, dass Nerven mit destruirter (geronnener) Markscheide noch reizbar sind, dass wie bei der Austrocknung nicht unbeträchtliche Mengen der fettigen Bestandtheile entfernt oder dislocirt werden können, ohne dass unter Umständen, welche aber nicht im Stande sind, wieder Fett in der ursprünglichen Weise einzuführen, die verschiedensten Reizbarkeitsgrade zu erzielen unmöglich geworden wäre — angesichts dieser Thatsachen kann dem Fett der Nerven zum mindesten

nur eine untergeordnete oder secundäre Einwirkung auf die Funktionsfähigkeit des *isolirten* Nerven zugeschrieben werden.

Hält man sich an die oben aufgeführten Beobachtungen der I. Reihe, so sagen ihre Resultate aus, dass wenn sie in Folge der chemischen Verwandtschaft jener Stoffe zum Fett auftreten, diese Verwandtschaft zur Erzeugung von Vorgängen benützt wird, welche nicht in Lösung der Fette bestehen, denn diese ist ohne Stoffwandel irreparabel, während doch die blosse Abdunstung jener Stoffe die alte Reizbarkeit wieder gewinnen lässt.

Dass jedenfalls neben der chemischen Verwandtschaft aller dieser Stoffe zu den Fetten noch ein anderer Process durch das Eindringen ihres Dampfes in den Nerven angeregt wird, leuchtet aus den grossen Unterschieden ein, welche bei gewiss nicht so differenter Lösungskraft in Beziehung auf das Erlöschen, oder blos momentane Unterdrücken der Reizbarkeit durch die Anwendung solcher Dämpfe erzielt werden können.

Denn auch in dieser Beziehung kann die Geschwindigkeit der Abdunstung nicht als absolut maassgebend in Betracht kommen.

Immerhin mag also wohl die Intensität der Einwirkung solcher Dämpfe auf ihrer chemischen Affinität zum Nervenfett beruhen; man hat sich aber noch nach einem anderen Agens umzusehen, welches in ihnen möglicher Weise zur Wirksamkeit kommen könnte, und das ist das Ozon.

Der Apparat, in welchem der Einfluss des Ozons auf die Reizbarkeit geprüft wurde, bestand in einem niedrigen cylindrischen Gefäss, dessen Boden mit Wasser bedeckt war, und welches Phosphorstückchen enthielt; darüber war ein sehr enges Rosshaarfilter ausgespannt, auf welchem sich in Natronlauge getränkte Baumwolle befand. So blieb der Apparat wohl verschlossen 24 Stunden bei 0 Temperatur stehen.

Sobald der Nerv präparirt war, wurde er über einem anderen mit atmosphärischer Luft und Wasserdampf erfüllten Gefäss auf seine Reizbarkeit geprüft, und dann entweder sofort in die Ozon-Atmosphäre gebracht, oder erst nachdem ein Sinken seiner Reizbarkeit abgewartet worden war. So wie die Wirkung des Ozon bemerklich und bis zu einer gewissen Grösse angewachsen war, wurde der Teller mit dem Präparat wieder zurück über das erste Gefäss gebracht, und die Glocke gewechselt wie bei den Versuchen mit den Dämpfen ätherischer Oele.

Ich setze ein paar Beispiele der immer mit gleichem Resultat wiederholten Versuche hieher.

Der Rheostat war mit einer Mischung von 1 Theil concentrirter Kupfervitriol-Lösung auf 300 Wasser gefüllt, der Strom im Nerven *aufsteigend.*

Zeit	Rheostatenstand in Centimetern.	Bemerkungen.
6h 26′	147,5	Ueber dem Gefäss mit atmosphär. Luft. Schliessungszuckung.
28′	Das Präparat kommt in die Ozon-Atmosphäre.	
33′	100	
38′	45,5	
43′	28	
48′	10	
53′	2,5	
58′	0	

II. Neues Präparat.

9h 53′	140	Ueber dem Gefäss mit atmosphär. Luft. Schliessungszuckung.
10h 3′	134	
13′	114	

Zeit	Rheostatenstand in Centimetern.	Bemerkungen.
14,5′	Das Präparat kommt in die Ozon-Atmosphäre.	
19,5′	116	Schliessungszuckung.
27′	42	Schliessungszuckung.
33′	33	Schliessungs- und Oeffnungszuckung.
34′	Das Präparat kommt in die gewöhnliche Atmosphäre.	
39′	53,8	Schliessungs- und Oeffnungszuckung.
51′	136	Schliessungszuckung.
53,5′	Das Präparat kommt in die Ozon-Atmosphäre.	
11ʰ 0′	140	intermittirende, stossweise Oeffnungszuckg.
15′	143	Oeffnungszuckung.
29′	105	Oeffnungszuckung.
44′	0	keine Zuckung.
46′	Das Präparat kommt in die gewöhnliche Atmosphäre.	
56′	13	Oeffnungszuckung.
12ʰ 6′	43	
16′	45	
2ʰ 10′	70	
11′	Das Präparat kommt in die Ozon-Atmosphäre.	
16′	70	
26′	78	
36′	29	
45′	1	

III. Der andere Schenkel desselben früh 9 Uhr 50 Minuten getödteten Frosches.

3ʰ 14′	21	In gewöhnlicher Atmosphäre. Schliessungszuckung.

Zeit	Rheostatenstand in Centimetern.	Bemerkungen.
15′	Es kommt das Präparat in die Ozon-Atmosphäre.	
25′	88	Schliessungszuckung.
27′	80	Oeffnungszuckung.
33′	72	Oeffnungszuckung.
38′	Es kommt das Präparat in die gewöhnliche Atmosphäre.	
4^h	140	

Die wesentlichen Ergebnisse dieser Versuche lassen sich in Folgendem zusammenfassen:

1) Ist die Reizbarkeit der Nerven in der gewöhnlichen Atmosphäre sehr gross, so ruft der Contact mit Ozon eine sofortige und zunehmende Verminderung derselben hervor.

2) Ist die Reizbarkeit in der atmosphärischen Luft schon im Abnehmen, so erhöht der Einfluss des Ozon's dieselbe im Anfang, um sie mit beschleunigter Geschwindigkeit zum Fallen zu bringen.

3) Werden Nerven, deren Reizbarkeit in Ozon sehr gesunken ist, in atmosphärische Luft zurückgebracht, so nimmt ihre Reizbarkeit wieder sehr beträchtlich zu; ja bei Nerven, welche schon lange von den Centralorganen getrennt in Ruhe gelegen, und bei der ersten Reizung geringe Erregbarkeit gezeigt hatten, kann die durch Ozon herabgedrückte in atmosphärischer Luft wieder gewonnene Reizbarkeit einen den ursprünglichen an Höhe weit übertreffenden Grad erreichen.

4) Der Modus der Erregbarkeit wird durch das Ozon dahin geändert, dass nach und nach die anfänglichen Schliessungszuckungen bei dem *aufsteigenden* Strom in Schliessungs- und Oeffnungszuckungen und endlich in letztere ausschliesslich übergehen.

Diese Veränderung *kann* aber höchstens bei dem ersten Wechsel in atmosphärischer Luft wieder rückgängig werden.

Man erkennt ohne Weiteres schon gewisse Aehnlichkeiten zwischen der Wirkung dieses Stoffes und mancher der oben aufgeführten, besonders der ersten Reihe. Auch dabei die Möglichkeit durch den Wechsel seines Contactes und des der atmosphärischen Luft mit dem Nerv, dessen Reizbarkeit zu steigern und wieder zu vermindern, ferner auch da so häufig die gleiche Veränderung in dem Modus der Erregbarkeit.

Nur in einer Beziehung gehen anscheinend die Wirkungen des Ozons und der damit verglichenen Dämpfe aus einander, nämlich darin, dass sich in jenem die Reizbarkeit anfänglich steigert, und dass die Geschwindigkeit, mit welcher dieselbe hierauf sinkt, beträchtlich geringer ist, als bei der Anwendung vieler Dämpfe.

Inzwischen ergiebt sich, dass man die anfängliche Steigerung auch durch letztere erzwingen kann, wenn man, wie diess bei dem Ozon auch der Fall ist, den geeigneten Reizbarkeitsgrad findet. In allen oben aufgeführten Beispielen war derselbe anfänglich sehr hoch, ein freiwilliges Sinken derselben wurde nicht abgewartet, ehe das Präparat in den Dampf kam — das sind Umstände, unter welchen die Steigerung der Reizbarkeit auch durch Ozon nicht erzielt werden kann.

Ich benützte die Einwirkung des Aethers, um die anfängliche Erhöhung der Reizbarkeit durch den Dampf des Terpentinöles bemerkbar zu machen.

Das Präparat wurde zuerst in atmosphärischer Luft auf seine Erregbarkeit geprüft, kam dann in Aetherdampf, bis der Rheostatenstand Null werden musste, um die Zuckung zu verhüten, wurde dann zurück in die atmosphärische Luft gebracht, bis die Reizbarkeit mässig ange-

wachsen war. Würde diese Steigerung durch die Dämpfe des Terpentinöles sofort sistirt und gar nicht unterstützt, so müsste die Erregbarkeit jetzt sehr schnell sinken. Was geschah, lässt der nachstehende Versuch übersehen:

Zeit	Rheostatenstand in Centim.	Bemerkung
4h 21′	111	Der Nerv befindet sich in atmosph. Luft.
28′	110	
30′		Das Präparat kommt über Aether.
31′	0	Keine Zuckung mehr.
		Das Präparat kommt in atmosph. Luft zurück.
33′	28	
35′	36	
38′	49	
39′		Das Präparat kommt in Terpentinöl-Dampf.
40′	52	
44′	60	
51′	74	
58′	60	sinkt von da ab.

Der Terpentinöldampf bewirkte also erst nach 19 Minuten ein Sinken der Reizbarkeit, während sie nachweisbar 12 Minuten lang im Steigen begriffen blieb. Bei unmittelbarer Anwendung desselben Dampfes war sie dagegen schon in den ersten drei Minuten gesunken (cf. obige Tabelle). Bedenkt man, dass das Ozon nicht vom Wasser absorbirt wird, dass in der Luft über Phosphor wenig von diesem Stoff ist, so wird es unter der Voraussetzung, dass bei dem Einfluss der Dämpfe ätherischer Oele und Aetherarten das Ozon eine Rolle spiele, begreiflich, dass wenn sie die Träger dieses Stoffes sind, die Einwirkung eine viel schnellere und heftigere seyn werde — eben wegen der chemischen

Verwandtschaft dieser Körper zu dem Nervenfett; denn dadurch wird dem Ozon gleichsam der Weg gebahnt, welchen es für sich in das Innere der Nervensubstanz nur schwieriger finden kann. Dass dann aber auch die Anfangsstadien der Ozonwirkung leichter verborgen bleiben müssen, indem ihre Erscheinungen von den darauffolgenden der verminderten Erregbarkeit überholt werden, hat nichts Befremdendes.

Vor Allem aber musste definitiv entschieden werden, ob in den angewendeten Oelen Ozon enthalten war, und ob wesentliche Unterschiede in der Wirkung ihrer Dämpfe entstehen, wenn dasselbe darin vernichtet worden.

Nach Schönbein's Vorschrift schüttelte ich verdünnte Lösung Indigotinctur mit den verschiedenen zu den Versuchen verwendeten Oelen. Ich hatte mir eine solche Lösung hergestellt, von welcher 50 Cubikcentimeter durch einen Tropfen von Schönbein ozonisirten Terpentinöles in 2 Minuten bei diffusem Tageslicht durch Schütteln entbläut wurden.

Es zeigte sich, dass alle angewandten Oele mehr oder weniger Ozon disponibel enthielten, ohne dass es jedoch möglich war, genau übereinstimmende Resultate in den relativen Mengenverhältnissen zu erhalten, was mit der Mangelhaftigkeit einer Methode zusammenhängt, welche bei dem Aufsuchen der Zeitdifferenzen die vollkommene Gleichmässigkeit und Gleichzeitigkeit des Schüttelns nicht herstellen liess, wie die meinige an diesen Fehlern litt.

Die nachstehende Beobachtung wird indessen entschuldigen, dass ich mir nicht die Mühe nahm, Apparate hiefür zu construiren, was keine Schwierigkeit hätte, und welche zulassen könnten, dass man durch einen Mechanismus unserer Sägemühlen im Kleinen ein ganzes Gestell mit Reagentiengläschen dem gleichen Licht ausgesetzt gleichmässig und gleichzeitig schüttelte.

Ich untersuchte nämlich vor Allem den Einfluss des Bergamottöles, dessen ozonisirender Eigenschaft bisher nicht besondere Erwähnung geschah, und welches unter allen Oelen der II. Reihe die Reizbarkeit des Präparates am schnellsten vernichtete.

Ich musste sehen, ob sich die Wirkung von Dampf desselben Oeles, welches ich früher angewendet hatte, verändere, wenn ich dieses Oel unmittelbar vor dem Versuch desozonisirte.

Nun hat es sein Missliches, Parallelversuche an zwei verschiedenen Nerven anzustellen, weil sich dieselben aus vorläufig noch unbekannten Gründen verschieden verhalten können, ohne dass diese Verschiedenheiten aus dem abgeleitet werden dürften, was man an den experimentellen Bedingungen willkührlich geändert hatte. Um den Täuschungen möglichst auszuweichen, wurden rechter und linker Nerv desselben Thieres genau an derselben Stelle abgeschnitten, und zudem der Versuch mit dem desozonisirten Oel später angestellt, nämlich zu einer Zeit, wo zu erwarten war, dass sich die Wirkung des natürlichen Absterbens zu der des Oeldampfes addiren würde. Bei nicht wesentlichem Unterschied in der Wirkung des Dampfes von ozon-haltigem und ozon-freiem Oel hätten unter solchen Umständen die Wirkungen in der vorausgesetzten Richtung gerade am Wenigsten auseinander gehen müssen.

Die Ergebnisse der Versuche waren folgende:

Der erste Schnitt ging durch den zweiten Wirbel des Frosches, der unmittelbar darauffolgende durch die Mitte des Plexus ischiadicus. Der eine Schenkel wurde enthäutet, sein Nerv wie gewöhnlich präparirt und am Austritt aus dem Hüftloch durchschnitten. Der andere Schenkel ward inzwischen im feuchten Raum aufbewahrt.

Um 2 Uhr 43′ wurde der Nerv des ersten Präparates gereizt. Die regelmässigen ersten Zuckungen verlangten den Rheostatenstand 109 Cent.

Dann wurde das Präparat in den Dampf des gewöhnlichen Bergamottöles gebracht, und seine Reizbarkeit von Zeit zu Zeit geprüft. Nachdem dieselbe beträchtlich gesunken war, kam das Präparat in Ozon aus Phosphor entwickelt in den oben beschriebenen Apparat. Ich wollte nämlich sehen, ob die durch den Oeldampf verminderte Reizbarkeit durch Ozon wieder gesteigert werden könne. Wäre dieses der Fall, so wäre unzweideutig dadurch widerlegt, dass das Ozon des Dampfes die Verminderung herbeigeführt hätte; denn wenn es im Dampf wirkend die Reizbarkeit einmal verkleinert hat, so kann es unmöglich, für sich angewendet, dieselbe wieder anwachsen lassen. Das gegentheilige Resultat berechtigt begreiflich aber auch an sich noch nicht zu dem Schluss, dass es im Oeldampf das Ozon ist, was die Erregbarkeit herabsetzt.

Um diess zu finden, wurde nach Beendigung des ersten Versuches der zweite Schenkel genau so präparirt wie der erste. Diess geschah aber eine Stunde 3 Minuten später. Die Reizbarkeit seines Nerv war in Rheostatenstand ausgedrückt, in dieser Zeit bis auf 60 gesunken. Es konnte angenommen werden, dass unter Anwendung des Dampfes von *demselben* Oel die Reizbarkeit viel schneller bis zu dem Nullpunkt (am Rheostat) sinken würde, wie die des zuerst untersuchten.

Es wurde wohl dasselbe Oel angewendet, aber der „aktive Sauerstoff“ wurde unmittelbar vorher durch kurzes Kochen des Oeles seiner Kraft beraubt.

Das im Dunkeln erkaltete Oel wurde auf der Uhrschale genau mit gleicher Oberfläche und in gleicher Entfernung im Apparat unter dem Nerv aufgestellt, welcher seinerseits die Platinschaufeln, so weit diess irgend zu erreichen möglich war, mit denselben anatomischen Punkten berührte.

Alle übrigen Verhältnisse, Temperatur, Schnelligkeit des Stromwechsels, Verhütung der Austrocknung etc., war wie bei all diesen Ver-

suchen mit möglichster Vorsicht constant erhalten. Nur das Licht wurde bei diesem Experiment sehr abgeschwächt.

Um beide Versuche leichter gegen einander halten zu können, habe ich den anfänglichen Rheostatenstand für beide Fälle = 1000 gesetzt und die Zeit (in Minuten) fortlaufend angegeben, von dem Moment an gerechnet, in welchem das Präparat dem Dampf des Oeles ausgesetzt wurde. Die Versuche sind vom 18. März 1857. Temperatur 15° N.

I. Versuch. Mit Dampf von ozonhaltigem Bergamottöl.		*II. Versuch.* Mit Dampf von ozonfreiem Bergamottöl.	
Fortlaufende Zeit in Minuten.	Rheostat.	Fortlaufende Zeit in Minuten.	Rheostat.
0	1000	0	1000
1,5	880,7	1,5	900
6	688,07	6,5	800
		9	683,3
14	275,22	12,5	533,3
		17,5	358,3
22	178,9	22,5	275
28	94,4	25,5	233,3
Das Präparat kommt über Phosphor-Ozon.			
29	68	30,5	166,6
32	0 (k. Zuckung)	38,5	133,3
		46,5	83,3
Die Reizbarkeit stellt sich auch in atmosph. Luft nicht wieder her.		50,5	71,7
		57	66,7
		66,5	41,6
		75	8,3
		78	0 (k. Zuckung.)

Aus diesem Parallelversuch geht mit Evidenz der Einfluss des Ozons in dem Dampf ätherischer Oele hervor. Nicht nur sehen wir dem nicht widersprechend keine momentane Steigerung der durch Oeldampf herabgedrückten Reizbarkeit als Folgewirkung des Contactes mit dem Phosphor-Ozon, sondern direkt beweist der Versuch den enormen Unterschied in der Wirkung des Dampfes von ozon-haltigem und ozon-freiem Oel.

Denn anstatt dass im zweiten Versuch der gleiche Rheostatenstand etwa 94,4 in viel kürzerer Zeit hätte erreicht werden sollen, weil das zweite Präparat um eine ganze Stunde später zum Versuch kam, ausserdem fast nur halb so reizbar bei dem Beginn in atmosphärischer Luft war — statt dessen wurde im ozonfreien Dampf dieses Stadium erst in 1,5 mal längerer Zeit erreicht. Im günstigsten Fall sah ich im ungekochten Bergamottöl die dem Nullpunkt des Rheostaten entsprechende Reizbarkeit in der 36. Minute erreicht, während dasselbe bei dem nur ein paarmal aufgekochten Oel erst in 78 Minuten eintrat.

Dem entsprechend muss ich die Wirkung der ätherischen Oele an sich wesentlich nur durch ihr eigenthümliches Verhalten zum Sauerstoff als so intensiv auf die Nerven wirkend halten, während ihre Beziehung zum Fett abgesehen hievon eine zum Mindesten nur untergeordnete Rolle spielen kann. Denn bei der kräftigen Verwandtschaft des Bergamottöles zum Fett wäre es undenkbar, dass ein schon so sehr geschwächter Nerv über eine Stunde reizbar bleiben könnte, wenn damit allein sein Einfluss erklärt werden sollte.

Schönbeins bahnbrechenden Untersuchungen zufolge spielen die Blutkörperchen eine äusserst wichtige Rolle bei der Zustandsänderung des Sauerstoffes. Es ist nicht möglich, den Nerv vollkommen frei von ihnen dem Dampf des desozonisirten Oeles auszusetzen — so kann es nicht anders kommen, als dass wir auch bei fern gehaltenem Licht doch zuletzt

immer wieder das Ozon auf den Nerv müssen wirken lassen, in Folge dessen er rascher abstirbt, wie in reiner atmosphärischer Luft.

Darum ist es auch überflüssig, mühsam erst den Ozongehalt der Dämpfe verschiedener ätherischer Oele vor ihrer Einwirkung auf den Nerv zu prüfen und ihre Wirkungen darnach zu überschlagen, denn im Moment ihres Contactes mit den Nerven muss sich derselbe auch bei unberechenbaren und nie gleich zu erhaltenden Mengen von Blutkörperchen sofort ändern.

Ich will nur bemerken, dass die obigen Reihen für die Oele gelten, wie man sie gewöhnlich aus den Apotheken zu beziehen Gelegenheit hat.

Dem rastlosen Forscher auf diesem Gebiet, dem Entdecker des Ozons, wird es auch überlassen bleiben müssen, aus den von ihm bereits angedeuteten Unterschieden, mit welchen Ozonbildung und Oxydation zeitlich auseinander treten, die Eigenthümlichkeiten der Dämpfe zu erklären, welche die Reizbarkeit bloss sistiren im Gegensatz zu jenen, welche sie unwiederbringlich vernichten.

Dass das Letztere gerade nicht von den chemisch am kräftigsten auf das Fett eindringenden Aetherarten gilt, bestärkt uns in der oben ausgesprochenen Annahme, dass es in chemischer Beziehung wesentlich die eiweissartigen Bestandtheile der Nervensubstanz sind, an deren innere Veränderung die äusserlich messbare Functionsfähigkeit der Nerven gebunden ist. Dass ich damit meine in einer früheren Arbeit ausgesprochene Ansicht reformirt habe, wird mir Niemand zum Vorwurf machen, und es wird auch dadurch Bibra's Resultaten nicht zu nahe getreten, denn es wird Niemand leugnen, dass das Nervenfett einen Zweck und einen sehr wichtigen Zweck habe, nur muss ich allen den hierüber gewonnenen Erfahrungen gemäss behaupten, dass er in etwas Anderem

zu suchen ist, als in der direkten Regulirung der die *Muskelzuckung bedingenden* Reizbarkeit, welche allein wir hier im Auge behalten haben.

Um wenigstens zu sehen, ob ozonhaltiger Aether ein grösseres Lösungsvermögen den Fetten gegenüber besitzt, als frisch ausgekochter, ozonfreier, habe ich einige Versuche mit reinem Schmalz gemacht, aus welchen sich wohl kleine Unterschiede, aber bald nach dieser bald nach jener Seite hin ergeben haben, nicht grösser als man dem Umfang der hiebei unvermeidlichen Fehlerquellen nach voraussetzen durfte, so dass ich hiernach wenigstens eine irgendwie bestimmt sich kundgebende grössere Lösungskraft dem ozonhaltigen Aether nicht zuschreiben kann.

Wenn man Substanzen auf die Nerven wirken lassen will, welche zu dem Eiweiss in ihnen eine sehr grosse Verwandtschaft haben, wie z. B. Dämpfe der rauchenden Salpetersäure, so werden die Bedingungen viel verwickelter und verlangen noch anderweitige Untersuchungen, auf welche ich sogleich kommen will.

Bekannt ist, mit welcher Schnelligkeit Substanz und Functionsfähigkeit der Nerven durch die flüssige Salpetersäure zerstört wird.

Auffallend muss es desshalb erscheinen, wenn man erfährt, dass sich die Nerven in dem Dampf dieser Säure so lange erhalten. Die Temperatur des Raumes, in welchem sich das Präparat befand, war 13° R. Die Art des Experimentes wie bei den Versuchen mit ätherischen Oelen; auch hier war durch gefaltetes, feuchtes Fliesspapier durch den fast tropfend nassen Flanellring unter dem Teller für das Maximum der Feuchtigkeit in dem Raum gesorgt. Der Rheostat war mit 1 Thl. concentrirter Kupfervitriollösung auf 500 Thle. Wasser gefüllt.

Ich stelle die Ergebnisse zweier Versuche voran, deren Resultate in Beziehung auf den Gang der Veränderungen vollkommen gleich

blieben und werde dann daran erst die weiteren Bemerkungen anknüpfen. Der Strom war ein im Nerv aufsteigender.

I.

Zeit	Rheostatenstand in Centim.	Bemerkungen.
10^h 33′	61	(Schliessungszuckung) in atmosph. Luft.
33,5′	kommt das Präparat in den Dampf.	
34,5′	59	Schliessungszuckung.
35′	59	
37,5′	54	
39′	48	
40,5′	48	
42,5′	38	
47,5′	32	Schliessungszuckung.
52′	32	
58′	32	
11^h 3′	19	
9′	16	
14′	16	
15′	16	Schliessungs- und Oeffnungszuckung.
16′	23	Schliessungs- und Oeffnungszuckung.
20′	29	Schliessungs- und Oeffnungszuckung, letztere vorwaltend.
21′	31	Oeffnungszuckung.
28′	35	
31′	40	Oeffnungszuckung.
36′	45,5	
42,5′	48	Oeffnungszuckung, dazwischen Schliessungs- und Oeffnungszuckung.

Zeit	Rheostatenstand in Centim.	Bemerkungen.
47′	53	Oeffnungszuckung.
55′	56	Oeffnungs- und Schliessungszuckung.
12h 2′	53	Vorwaltend Schliessungszuckung.

II.

2h 44′	51	Schliessungszuckung (in atmosph. Luft).
46′	117	Der Nerv war nahe der unteren Platinschaufel abgeschnitten worden, weil zu befürchten stand, es möchte sein unteres Ende in die flüssige Säure eintauchen. Er war anfänglich im Hüftloch abgeschnitten worden.
46,5′	kommt das Präparat in den Dampf.	
51′	126	Schliessungszuckungen.
56′	133	
3h 3′	145	
7,5′	133	
13,5′	85	
19′	50	
23′	45	
27′	33	Schliessungszuckungen, dazwischen einzelne Schliessungs- und Oeffnungszuckungen.
34′	20	Schliessungszuckungen.
46′	5	Schliessungszuckungen.
54′	25	Oeffnungszuckungen.
58′	29	Oeffnungszuckungen.
4h 5,5′	45	
12′	40	
19′	34	

Zeit	Rheostatenstand in Centim.	Bemerkungen.
5^h 7,5′	28	Oeffnungszuckungen.
22′	28	
42′	26	

Man sieht, dass im Ganzen bis zu einem Wendepunkt hin im Verlauf der Zeit die Rheostatenstände immer niedriger und niedriger gemacht werden müssen, um die Zuckung eben noch auftreten zu lassen; dass aber im günstigen Fall selbst nach einer vollen Stunde der Nullpunkt noch nicht erreicht ist. Die Steigerung des anfänglichen Werthes unmittelbar nach der Berührung des Dampfes im II. Fall kann höchstens nur als eine aus unmittelbar vorausgegangener Durchschneidung und Wirkung des Gases resultirende Erscheinung betrachtet werden, wie sich aus späteren Betrachtungen ergeben wird.

Die plötzliche Wendung des Rheostatenganges nach ungefähr einer Stunde muss am meisten frappiren. Sollte ein chemischer Process, welcher eine lange Zeit je mehr und mehr die Reizbarkeit sinken macht, plötzlich gerade die entgegengesetzte Wirkung hervorrufen? Das ist undenkbar. Man beobachte die Vorläufer dieser Erscheinung. Nahe dem Wendepunkt gehen die durch den aufsteigenden Strom erzeugten Schliessungszuckungen in Schliessungs- und Oeffnungszuckungen über, um bei einigermassen höher gewordenen Rheostatenständen ausschliesslichen Oeffnungszuckungen Platz zu machen. Wir sind dieser Erscheinung schon bei den Austrocknungs-Versuchen in der I. Abhandlung*) begegnet. Jeder Mikroskopiker kennt den Einfluss der Salpeter-Salz- und Essigsäure auf die Nervenscheide. Sie schrumpft im Contact mit jenen, und diese Schrumpfung, bis zu einer gewissen Erhärtung gesteigert, zeigte sich

*) Dort pag. 58 (371) bezieht sich die Bezeichnung „absteigend" auf das verkehrt aufgestellte Präparat; in Beziehung auf den anatomischen Ort war es aber stets der aufsteigende Strom.

auch an den über der Salpetersäure aufgehängten Nerven. Die vollkommenste Sättigung des Raumes mit Wasserdampf konnte sie nicht aufhalten. Es überwiegt vom Wendepunkt an eine Zeit lang diese mechanische Druckwirkung, in Folge deren ein höherer Rheostatenstand nothwendig wird, um die Zuckung auf ihrem Minimalwerth zu erhalten, bis dann alle Factoren sich vereinigen, den galvanischen Strom immer mehr und mehr unwirksam zu machen.

Es ist unmöglich, im Experiment die chemische Wirkung des sauren Dampfes ohne die gleichzeitige Druckwirkung in Folge des Schrumpfens der Scheide zur Beobachtung kommen zu lassen; umgekehrt aber lässt sich die Druckwirkung für sich ohne gleichzeitige Influenz irgend welches chemischen Stoffes studiren. Doch sei es gestattet, im Gegenhalt zu dem Einfluss der saueren Dämpfe die des Ammoniaks zu berühren, um den der ersteren besser würdigen zu können.

Die Methode des Experimentirens wurde in Nichts verändert. Zwei Beispiele genügen, auch hier die Wirkung des Ammoniakdampfes zu zeigen.

I.			II.		
Zeit	Rheostatenstand in Centim.	Bemerkung.	Zeit	Rheostatenstand in Centim.	Bemerkung.
3^h 15′	77	in atmosph. Luft.	3^h 53′	68	in atmosph. Luft.
15,5′		kommt das Präparat über Ammoniak.	55′		kommt das Präparat über Ammoniak.
16′	0	keine Zuckung mehr.	55,5′	0	keine Zuckung mehr.
17,5′		kommt das Präparat in atmosph. Luft.	56′		kommt das Präparat in atmosph. Luft.
24′	0	noch keine Zuckung.	5^h 7′	0	noch keine Zuckung.

Die Nerven verlieren in Ammoniakdampf gebracht, wie vom Blitz getroffen, ihre Reizbarkeit. Es entstehen dem vorausgehend niemals irgend welche spontane Zuckungen.

Wenn man überlegt, dass durch die Ammoniakdämpfe keineswegs etwa der Sauerstoff des Raumes, in welchem sich das Präparat befand, verdrängt war, dass bei der niedrigen Temperatur von 13° im Gegentheil nur sehr wenig Ammoniakdampf neben viel atmosphärischer Luft seyn konnte, so gewinnt es im Zusammenhalt mit dem, was man jetzt über den Einfluss von Sauerstoffgas, Stickoxydulgasdampf, der salpetrigen Säure und Ozon weiss, den Anschein, als sei der jeweilige Grad der Reizbarkeit von der Anwesenheit einer ganz bestimmten Menge von Zersetzungsprodukten abhängig, welche durch Ammoniak neutralisirbar sind. Doch bin ich weit entfernt, diesen Satz irgendwie anders als vermuthungsweise auszusprechen, und muss es Jedem überlassen, selbst zu überlegen, wie weit diess in Einklang mit Erschöpfung und Restauration, mit dem Wechsel der Reizbarkeit durch Verminderung und Vermehrung des Wassergehaltes zu bringen wäre.

Es genügt mir, durch alle voranstehenden Versuche die Wichtigkeit der flüssigen Bestandtheile als Vermittler von Umsetzungen nachgewiesen zu haben, deren verschiedene Stufen, wenn auch nicht durch chemische Formeln, doch durch die zeitliche Succession ihrer Wirkung trennbar, wesentlich die jeweiligen Reizbarkeitsgrade der Nerven bestimmen.

Ich wende mich jetzt zu den festen Theilen der Nerven, d. h. zu Angriffen auf deren Cohäsion, um zu untersuchen, wie dadurch der letzte Effect ihrer Reizung, die Muskelzuckung, in ihrem Eintritt gehemmt oder gefördert werden könne.

Einestheils nämlich liegt uns daran, die Wirkung des Druckes ohne gleichzeitige chemische Eingriffe zu studiren, wie oben angedeutet wurde, andererseits muss die experimentelle Untersuchung die mikroskopische zu unterstützen suchen, welche in Beziehung auf Existenz und Function des Axencylinders noch nicht definitive Entscheide hat bieten können;

endlich müssen die Gesetze, nach welchen sich die Leitungsfähigkeit und Leistung der Nerven unter dem Einfluss äusserer mechanischer Kräfte bei dem galvanischen Reiz ändern, bekannt seyn, ehe man es unternehmen kann, die Gesetze der *mechanischen Reizung* näher zu prüfen.

Die Dehnung der Nerven in der Längsrichtung lässt wohl die genauesten Maassbestimmungen in Beziehung auf Gewicht und Verlängerung zu, allein die galvanische Reizung hat dabei mit Schwierigkeiten zu kämpfen, welche erst erkannt werden können, wenn man die in ziemlich kurzer Zeit fortschreitenden Veränderungen der Reizbarkeit längs der einzelnen Abschnitte und die Complication der Bedingungen erkannt hat, welche auf das Resultat der Reizung längerer Nervenstrecken influiren. Meine Beobachtungen hierüber müssen einem späteren Abschnitt vorbehalten bleiben, dagegen sind die über die Druckwirkung hier am Ort, zu deren Mittheilung ich jetzt übergehe.

Der Apparat, dessen ich mich bediene, ist folgender:

In dem Glasgefäss *A* Fig. 9 befindet sich wie gewöhnlich Wasser und gefaltetes feuchtes Fliesspapier. Auf dem geschliffenen Rand des Gefässes liegt der Glasteller *B B*, welcher, wie in *A* Tab. I. der ersten Abhandlung abgebildet worden, die von einander isolirten Zuleitungsdrähte *a b* und deren Platinschaufeln durch seine eine Oeffnung in den Raum des Glasgefässes gelangen lässt, während durch ein zweites Loch in der Mitte der Nerv des Präparates herabhängt. Die Stelle des Klotzes *g* vertritt aber hier ein starker Messingring, an welchem zur Sicherheit seiner Stellung unten eine durchbohrte Scheibe *d d* aus dem gleichen Metall angelöthet ist.

Der Ring *c c*, 15 Millim. hoch und 8 Mill. dick, dient einerseits zur Befestigung des Präparates, andererseits als Träger der Klemmvorrichtung.

Diese beiden Theile des Apparates befinden sich in zwei rechtwinklig zu einander gestellten Durchschnittsebenen des Ringes.

Fig. 10 ist der Träger des Präparates abgebildet, welcher, nachdem dieses angespiesst ist, sehr leicht an den Messingring *c c* in Fig. 9 angefügt werden kann. An dem kleinen Widerlager *P* ist nämlich ein starker, gekrümmter und spitzer Stahldraht befestigt *S*, welcher jenseits des Widerlagers von *Z* an mit einem Schraubengewind versehen ist. Dieser Theil *Z* lässt sich in einen Einschnitt in der Wand *c c* Fig. 9 des Messingringes legen; durch die Schraubenmutter *M* wird das Widerlager *P* gegen die Innenfläche jenes Ringes angedrückt, und damit das Präparat über der darunter befindlichen Klemmvorrichtung fixirt. Damit während des Umdrehens der Mutter *M* das Widerlager *P* unbewegt bleibe, ist es in *Q* mit einer kleinen Handhabe versehen, an welcher man es halten kann, bis die Mutter *M* vollkommen angezogen hat.

Die Klemmvorrichtung besteht aus einem feststehenden Theil (Fig. 9 *f*) und einem beweglichen. Der feststehende ist aus einem an die Wand des Ringes *c c* angenieteten, gekröpften Messingstück gebildet, welches an seinem freien Ende eine kleine Elfenbeinplatte von 5 Mill. Höhe trägt; der bewegliche Theil *g* besteht aus einem kleinen Winkelhebel, dessen Hypomochlion in *v* liegt. Sein unterer Arm (10,5 Mill. lang) steht, durch ein Charnier mit dem zweiten Elfenbeinplättchen in Verbindung welches gegen das erstere gepresst werden soll. Sein oberer Arm (4 Mill. lang) hat ein Charnier zur Aufnahme der Stange *st*, welche die pressenden Gewichte tragen soll. Mit möglichst wenig Reibung hat die Stange ihre obere Führung in dem Deckel der Glasglocke *G*, in welcher der Schenkel auf die gewöhnliche Weise vor Wasserverlust geschützt ist. Die Waagschale *W* wird auf die Stange vermittelst einer an ihrer unteren Fläche angelötheten Büchse aufgesteckt und durch die Klemmschraube *kl* daran befestigt. Alle Metallflächen, mit welchen irgend

ein Theil des Präparates in Berührung kommen könnte, sind dick mit Lack überzogen. Die Waagschale hängt an einem Waagbalken, in dessen zweiter Schale die Gewichte aufgelegt werden, welche die Stange *st* zu balanciren haben und durch deren Beschwerung jeden Augenblick der Nerv von dem Druck der in *W* aufgelegten Gewichte befreit werden kann.

Die Methode der Versuche ist folgende: So wie das Präparat wie gewöhnlich hergestellt ist, wird es an den Stachel *S* der Vorrichtung Fig. 10 gespiesst und auf dem Ring *c c* Fig. 9 so befestigt, dass der Nerv zwischen den auf ihrer Innenfläche mit Blut befeuchteten Elfenbeinplättchen frei herabhängt, und den unmittelbar darunter befindlichen Platinschaufeln Fig. 9 *a b* anliegt. Die Stange *st* wird vorläufig in die Höhe gezogen festgehalten, dass der Nerv nicht gepresst werden kann; dann wird die Glasglocke *G* über das Präparat herübergestürzt, der bewegliche durchbohrte Deckel über die Stange *st* geschoben, und in den Hals der Glasglocke eingefügt. Dann wird die Schale *W* herabgezogen, ihre Büchse mit der Klemmschraube *k l* an der Stange befestigt, und die letztere sofort freigelassen. Noch ist ihr Gewicht durch die Dara auf der zweiten Waagschale balancirt, und den Nerv trifft noch kein Druck.

Der Rheostatenstand, welcher jetzt erforderlich ist, um jede Zuckung eben zu verhindern, wird notirt, und darauf die Waagschale *W* belastet, während *W'* niedergehalten ist. Ganz allmählich lässt man diese Schale frei, damit den Nerv kein Stoss, sondern nur ein von der Belastung abhängiger Druck treffe.

Man beobachtet jetzt aufs Neue den Rheostatenstand, entfernt das Gewicht und untersucht wieder die Reizbarkeit des Nerv bei aufgehobenem Druck. So wechselt man mit Druck und Entlastung, bis man

an die äusserste Gränze gekommen ist, bei welcher die Fortleitung der Erregung durch die comprimirte Stelle unmöglich geworden.

Ich will zunächst nur ein Beispiel anführen, in welchem an dem angegebenen Gewichte die durch Reibung und Längenverhältnisse der Hebelarme geforderten Reductionen bereits vorgenommen worden sind.

Die Füllung des Rheostaten bestand aus 1 Thl. concentrirter Kupfervitriollösung auf 500 Thle. Wasser, die Zahlen beziehen sich auf Centimeter Höhe der Flüssigkeitssäule.

Belastung.		Rheostatenstand.
0		60,9
19	Gramm.	62,5
0	„	59,5
38	„	61,6
0	„	61,2
76	„	64,8
0	„	71,5
190	„	71,6
0	„	75,3
267	„	75,8
0	„	80,5
428	„	57,5
0	„	62,9
19	„	55,8
0	„	61,6
38	„	35
0	„	45,6
76	„	33,3

Belastung.		Rheostatenstand.	
0	„	35,4	
190	„	0	(keine Zuckung mehr zu erzielen.)
0	„	0	(keine Zuckung mehr zu erzielen.)

Aus diesem einen Beispiel schon ersieht man die Folgen der Compression in ihren verschiedenen in einander übergehenden Phasen sowohl in Beziehung auf die Veränderung, welche die Leitungsgüte (physiologische) *während* des Druckes als unmittelbar *hinterher* erfährt. Es hängen diese Erfolge jedenfalls mit dem Grade zusammen, in welchem je die Elasticitätsgränze des Nervengewebes durch den Druck überschritten worden. Im Ganzen aber vermag die Druckwirkung bis zu einer bedeutenden Gränze hin die Entstehung der Zuckung zu begünstigen, was wiederum mit den Folgen in Einklang steht, welche die Schrumpfung der Scheide mit und ohne Wasserverlust herbeiführt.

In welch hohem Grad die Elasticitätsgränze im obigen Fall gewiss schon bei der Belastung des Nerv mit 428 Gramm. überschritten war, lässt sich aus den Resultaten der mikrometrischen Messung ersehen, welche unmittelbar nach dem Versuch angestellt wurde.

Ich maass in dem vor Verdunstung gesicherten Raum die Durchmesser des Nerv an der gequetschten Stelle und an mehreren unmittelbar davor und dahinter gelegenen nicht gequetschten. Die Messungen ergaben ein Verhältniss jener zu diesen wie

58,5 : 70,6.

Mit diesem allgemeinen Bild der Druckwirkung von einem individuellen Fall abgeleitet, soll noch keineswegs irgendwie das gesetzliche Verhältniss von bestimmten Druckgewichten und physiologischer Leitungsgüte namhaft gemacht seyn, noch darauf jetzt schon irgend welche

Theorie gebaut werden; aber es genügt, mit Evidenz gezeigt zu haben, dass von dem Zustand der festen Theile des Nerv wesentlich und auch in den feineren Zügen die Leistungsfähigkeit desselben abhängt, und nicht bloss in den groben Verhältnissen, wie man es bisher in Folge von Umschnürung und Unterbindung gekannt hatte. Und diess war zu beweisen, um den obigen Ausspruch pag. 27 (557) zu rechtfertigen.

Jetzt betrachten wir den Nerv als Complex von Fasern, welche in physiologischer Beziehung verschiedene Functionen haben.

Alle Zustandsänderungen der Nerven machen sich am Leichtesten messbar, und mit den feinsten Abstufungen an ihrem Einfluss auf die Muskeln geltend; denn an fremden Organismen lässt sich mit den sensiblen Nerven nur in höchst unvollkommener Weise experimentiren. Da man also an die Muskelzuckung als Index für die Nerventhätigkeit ausschliesslich gebunden ist, so kann man nicht sorgfältig genug das Verhältniss beider, der Muskeln und Nerven, zu einander studiren, was einerseits an dem Muskel selbst, andererseits an der Nervenbahn, und endlich an dem Centralorgan in seinem Zusammenhang mit Nerv und Muskel geschehen muss.

Es sei gestattet, zuerst ganz allgemein die Modificationen aufzuzählen, welche die Erfolge der Nervenreizung mit den schwächsten aufsteigenden Strömen, als Muskelzuckungen beobachtet, in den Versuchen gehabt haben, deren Zahl sich auf Tausende notirter Resultate beläuft. 1) Die Zuckung erfolgt entweder mit Schliessung oder mit Oeffnung der Kette allein, oder in beiden Momenten. 2) Die Zuckung erfolgt mit einer sehr grossen Leichtigkeit und Präcision bei jedem Pendelschlag und dabei sehr schwach, wenn überhaupt nur der Widerstand im Schliessungsbogen den eben zulässigen Maximalwerth hat. 3) Die Zuckung erfolgt schwieriger, es bedarf zwei-, drei- und mehrmaliger Schwankungen des Stromes, bis wieder eine Zuckung zu Stande kommt; aber

dann ist sie auch sogleich schnellend, heftig, und es lässt sich gar kein Rheostatenstand finden, bei welchem sie mit der Feinheit und Schwäche zur Erscheinung zu bringen wäre wie im zweiten Fall. Als abbrevirten Ausdruck möchte ich vorschlagen: „der Muskel spricht schwer an.“ 4) Die Gestalt, welche der Muskel bei seiner Verkürzung annimmt, ist, so oft er sich contrahirt, die gleiche. 5) Diese Gestalt wechselt bei den einzelnen Contractionen. 6) Die Heftigkeit der Contraction wächst mit der Verminderung der Widerstände im Schliessungsbogen, und nimmt ab mit deren Vergrösserung. 7) Der Wechsel der Widerstände bleibt ohne merkbaren Einfluss auf die Heftigkeit der Contraction. 8) Bei verschiedenen unter einander verglichenen Nerven ist der erlaubte Maximalwerth der Widerstände im Rheostaten sehr verschieden.

Von mehreren dieser Modificationen ist in der I. Abhandlung bereits nachgewiesen, dass sie von bestimmten Zuständen in den Nerven herrühren, welche sich theils aus den veranlassenden Ursachen, theils aus den Galvanometer-Versuchen erschliessen lassen. Andere müssen erst jetzt näher beleuchtet werden. Ich gehe zuerst zu den Punkten 4 und 5 der eben gemachten Aufzählung über, welche Studien über allgemeinere Verhältnisse der Muskelcontraction enthalten.

Der mechanische Zweck einer Muskelcontraction kann nur seyn, die räumliche Beziehung seiner beiden Endpunkte zu ändern. Dadurch ist der Muskel im Stande, die mit ihm verbundenen beweglichen Theile einander zu nähern, dadurch zugleich auch möglicher Weise andere von einander zu entfernen. Dieser Zweck *muss* aber nicht mit absoluter Nothwendigkeit immer erfüllt werden, wenn sich der Muskel contrahirt: denn es giebt Verkürzungen der Muskeln, bei welchen sich die Endpunkte derselben nicht näher rücken. Jede Verkürzung ist mit Dickenzunahme verbunden und das letztere findet statt, auch wenn die Entfernung beider Endpunkte von einander die ursprüngliche bleibt.

Diese anscheinend paradoxe Behauptung bewahrheitet sich nicht nur in vielen pathologischen Fällen, in welchen vorübergehende tonische Krämpfe einzelne Muskeln sehr stark im Relief vorspringen machen, ohne dass die von ihnen regierten Glieder in ihren Gelenken bewegt würden. Man sieht dasselbe häufig bei dem sogenannten Faradairisiren, am besten aber bei einem gewissen Kunststück einzelner Akrobaten, welches sie mit dem Namen „Muskeltanz" belegen, wobei sie bei unverrückt erhaltener Einstellung der Gelenke nach dem Takt der Musik bald diesen bald jenen Muskel anschwellend vorspringen lassen.

Da es nun unmöglich ist, dass sich der Muskel stellenweise verdicke, während andere Parthien desselben ihr ursprüngliches Volum beibehalten, so bleibt keine andere Annahme als die, dass bei gleichbleibender Entfernung beider Endpunkte und gleichzeitiger Verkürzung und Verdickung eines Muskelabschnittes ein anderer entsprechend gedehnt werde. Können diese Zustände in einem Muskel wechseln, so heisst das: es kann unter dem Willenseinfluss bald da, bald dort ein Contractionscentrum gebildet werden, in Folge dessen die übrige Muskelmasse bei Behinderung der Bewegung ihres Endpunktes eine Verlängerung durch Dehnung erfahren muss. Ich habe darauf schon früher [1]) mein Augenmerk gerichtet, und finde, dass Schiff [2]) zu ganz ähnlichen Folgerungen gekommen ist.

Die Wanderung solcher Contractionscentra und damit die Aenderung in der ganzen Gestalt des contrahirten Muskels lässt sich sehr häufig am gastrocnemius des Frosches beobachten, wenn man den Schenkelnerv in nahezu concentrirte Kochsalzlösung taucht. Ich habe die extremen Stadien zu fixiren gesucht und sie bildlich in den Figuren *A B C D* (Fig. 4) wiedergegeben. Der Muskel hat immer die gleiche Länge, das

1) Gelehrte Anzeigen 1853 p. 253 ff. 2) Lehrbuch der Physiologie p. 26.

Maximum seiner Anschwellung wechselt aber den Ort, und damit zugleich die Runzlung des Sarkolemma am oberen Ende der am meisten gedehnten Faserparthie.

Die Beobachtungen am gastrocnemius erlauben vorläufig nur den Schluss, dass nicht mit absoluter Nothwendigkeit die zu einem Muskel gehenden Nerven eine gleichzeitige Contraction der gesammten Fasermasse herbeiführen müssen, dass vielmehr bald da, bald dort Verkürzung und Verdickung entstehen könne, während die anderen Parthien des Muskels in die entgegengesetzten Zustände gerathen. Ob längs einer Faser diese beiden gleichzeitig vorhanden seyn können, ist bei dem schiefen Verlauf der Muskelbündel gegen die Sehnenfläche hin am gastrocnemius schwer zu entscheiden. Die früher *) vorgeschlagene Methode habe ich bis jetzt noch nicht von allen den Fehlern befreien können, welche ihre Resultate unsicherer machen, als gestattet werden darf.

Es ist inzwischen schon wichtig zu wissen, dass innerhalb *eines* Muskels bei scheinbar ganz gleichmässiger Reizung aller seiner Nerven, wie bei dessen Eintauchen in Kochsalzlösung, bei sehr schwachen Stössen eines galvanischen Stromes ohne alle Veränderung seiner Ein-. und Austrittstellen, so wie auch in Folge willkührlicher Uebung abwechselnd bald die eine, bald die andere Stelle des Muskels in Contraction gerathen kann.

Dem ganz entsprechend kann man bei unseren Reizversuchen auch beobachten, wie von der Gesammtmuskulatur des Unterschenkels bald dieser bald jener Muskel allein oder zuerst in Zuckung geräth, wenn man den jeweilig höchsten Rheostatenstand aufsucht, während doch die Applicationsstelle der Poldrähte in allen Versuchen genau die gleiche bleibt.

---

*) Gelehrte Anzeigen l. c.

Hieraus folgt, dass von der ganzen Summe der zu einem Nerv gehörigen Primitivfasern in der gleichen Zeit erstens nicht immer alle und zweitens nicht immer dieselben unter den gleichen äusseren Bedingungen in demselben Maass dem Reiz zugänglich sind, und dass jede Primitivfaser (oder jedes Primitivbündel?) in dieser Beziehung Fluctuationen unterworfen ist, was eben, wie es scheint, die Gegenwart mehrerer Nervenfasern auch auf beschränkteren Muskelgebieten nothwendig macht, um den jeweilig geforderten Effekt mit der wünschenswerthen Präcision zu jeder Zeit hervortreten zu lassen.

Der achte Punkt obiger Aufzählung verlangt eine tiefer eingehende Untersuchung; denn wenn bei vergleichenden Versuchen über den Gang der nothwendigen Aenderung der Rheostatenstände behufs der Erzielung gleicher Effekte nur die relativen zeitlichen Unterschiede von Interesse waren, so können absolute Bestimmungen der Reizbarkeitsgrade nur unter gewissen Einschränkungen oder nach Beseitigung von Einflüssen auf experimentellem oder mathematischem Wege versucht werden, welche jenen Bestimmungen nur unter speziellen und bekannten Voraussetzungen ihr Recht lassen.

Es muss ermittelt werden, unter welchem Vorbehalt die an dem galvanischen Präparat gewonnenen Erfahrungen eine Anwendung auf die Nerven des unversehrten Organismus gestatten.

Alle vorsichtigen Experimentatoren machten auf die Wichtigkeit der Präparationsmethode, auf Vermeidung von Druck, Zerrung und dergleichen im Allgemeinen schon oft genug aufmerksam, wenn gewisse von ihnen beobachtete Erscheinungen wiederholt sollten hervorgerufen werden. Das ganze Heer von Widersprüchen, welches sich bei unterschiedlichen Reizversuchen geltend machte, wurde einerseits auf Rechnung der sehr verschiedenen Reizbarkeitsgrade, andererseits auf Rechnung der

grösseren oder geringeren Vorsicht bei der Präparation der Nerven gebracht.

Ich läugne es durchaus nicht, dass das Gelingen sehr vieler Reizversuche von diesen beiden Momenten abhänge; allein die wesentliche Ursache vielfacher Differenzen bei scheinbar ganz gleich angestellten Experimenten liegt in einer bisher ganz unbekannten Complication von Bedingungen, von welchen die Leichtigkeit des Eintrittes einer Zuckung unter Anwendung ganz schwacher galvanischer Ströme überhaupt abhängt.

Die Wichtigkeit der Sache verlangt es, dass ich Schritt für Schritt den Gang der Untersuchung verfolge, welchen ich eingeschlagen habe.

Es war aufgefallen, dass eine Zeit lang unsere Präparate zur Erzeugung der Muskelzuckung eines viel niedrigeren Rheostatenstandes bedurften als kurz vorher, und ich vermuthete, dass die Nerven bei dem Präpariren irgendwie misshandelt worden — ich präparirte sie mit grösster Vorsicht, aber der Erfolg blieb derselbe. Um in's Reine zu kommen, ob die Verhältnisse sich anders gestalten würden, wenn man den Nerv durchaus vor jeder Verletzung schützte, wurde bei dem lebenden festgebundenen Thier auf der Rückseite des Oberschenkels nur ein kleiner Hautschnitt gemacht, die Muskulatur mit Schonung der Schenkelarterie etwas auseinander gezogen, und die beiden Poldrähte der Kette in Form zweier nahe beisammliegender, aber von einander vollkommen isolirter Häckchen unter den Nervenstamm geschoben.

Statt dass aber jetzt der Widerstand im Schliessungsbogen hätte vergrössert werden dürfen, musste er vielmehr bedeutend verkleinert werden, um Zuckungen zu erhalten.

Wenn man jetzt nahe dem oberen Poldraht den Nerv durchschnitt, und die Nervenbrücke mit sammt den Häckchen etwas emporhob, so

musste sofort der Widerstand im Schliessungsbogen erhöht werden, und zwar in bedeutendem Maass, wie die nachfolgenden Aufzeichnungen beweisen:

von	1	auf	98	Centim.	von	26	auf	150	Centim.
„	1,2	„	25	„	„	0	„	98	„
„	3,2	„	27,6	„	„	15,5	„	49	„
„	6,5	„	111	„	„	25	„	160	„
„	0	„	88,6	„	„	66	„	155	„
					„	85	„	163	„
					„	28	„	145	„ u. s. w.

Diese Veränderungen in den geforderten Rheostatenständen durfte man aber durchaus nicht ohne Weiteres als Folgen erhöhter physiologischer Reizbarkeit betrachten; denn ausser der Durchschneidung war ja auch an den physikalischen Bedingungen etwas geändert.

Trotz der unter die Häckchen geschobenen Glimmerblättchen konnte es doch nicht anders seyn, als dass sich der Strom bei seinem Eintritt in den Nerv in zwei Arme spaltete, wovon der eine von einem Poldraht zu dem zweiten durch den Nerv, der andere von dort durch die unter dem Nerv und Glimmerblatt gelegenen Weichtheile ebenfalls zu dem zweiten Poldraht sich begab, so lange diesseits und jenseits der beiden Häckchen eine leitende Brücke (Nerv und ausserdem vielleicht noch etwas Feuchtigkeit auf der Oberfläche des Glimmers) sich befand, wie man aus Fig. 5 ersieht. In diesem Fall konnte also nur ein Bruchtheil des Gesammtstromes erregend den Nerv passiren, und der letztere musste durch Erniedrigung des Rheostatenstandes so weit verstärkt werden, bis jener Bruchtheil allein schon ausreichend war, Zuckung-erregend zu wirken.

Ich gestehe, dass ich anfänglich nicht gleich auf diese einfache Erklärung kam, weil ich bemerkte, dass die verschiedensten Rheostaten-

stände nothwendig wurden, je nachdem das abgeschnittene Ende des Nerv so oder so die unterliegende Muskulatur noch berührte, wobei scheinbar immer die gleichen Widerstände in der secundären Bahn herrschten. Ich will von den vielen Versuchen einige Beispiele anführen, nur weil sie zeigen, mit welcher Empfindlichkeit die Nerven auf solche Weise die Unterschiede der Stromstärken angeben, denen sie ausgesetzt werden.

Der erforderliche Rheostatenstand war für einen Nerv, nachdem er jenseits des Abganges der obersten Aeste abgeschnitten worden: 33,2.

Nun wurde das obere Ende des Nerv auf den Durchschnitt eines todten Muskels gelegt;

der erforderliche Rheostatenstand dabei war: 33,3.

Dasselbe Ende wurde auf die Oberfläche des todten Muskels gelegt;

Rheostatenstand = 44,9.

Das Nervenende auf einen frischen Längsschnitt desselben Muskels gelegt;

Rheostatenstand = 20,5.

Das Nervenende auf die Aussenfläche eines schiefen Bauchmuskels gelegt;

Rheostatenstand = 44.

Das Nervenende auf die Innenfläche desselben Muskels gelegt;

Rheostatenstand = 55.

Nun wurde ein platter Muskel unter das obere Ende des Nerv gelegt, und jener ganz allmählich weggezogen, bis der Nerv wieder zwischen der Muskulatur des Schenkels in seine natürliche Lage zurückgesunken war. Während diess geschah, musste der Rheostat in folgender Weise eingestellt werden:

23
24
20
21,5
17,5
11

Es möchte wohl nicht leicht gelingen, auf eine andere Weise die Unterschiede in den beiden Strombahnen erkennbar zu machen, von welchen eben allein die Nothwendigkeit abhieng, den Rheostatenstand zur Erzeugung der Zuckung zu ändern.

Ob die Veränderung der physikalischen Bedingungen ausschliessliche Veranlassung war, dass nach Trennung des Nerv von den Centralorganen ein höherer Rheostatenstand erforderlich wurde, konnte nur dadurch ermittelt werden, dass man diese Trennung vornahm, ohne dass man irgend etwas an dem Gang des Stromes änderte. Zu dem Zweck war es nöthig, die zuleitende Vorrichtung ganz genau und unverrückt an ihrem ursprünglichen Ort zu lassen, und an dem Lagerungsverhältniss aller Weichtheile zu ihr absolut nichts zu ändern.

Diess zu erreichen, musste eine besondere Vorrichtung (Fig. 6) construirt werden, bei deren Beschreibung ich kurz seyn kann, weil der eigentliche Träger *A* genau nach den Angaben von Du Bois construirt ist, nur befindet sich an dem viereckigen Messingklotz *k* noch eine Stellschraube *S*, um die Lage des Brettes, auf welchem der Frosch nach Du Bois's Angabe befestigt ist, vollkommen zu sichern.

Die Befestigungsweise musste nur an einer Stelle eine Abänderung erleiden, weil es nöthig war, dass der eine Unterschenkel, dessen Nerv auf seine Reizbarkeit geprüft werden sollte, frei beweglich blieb, um den Eintritt der leisesten Zuckungen erkennen zu lassen.

Desswegen befindet sich jenseits des unteren Brettausschnittes das gekröpfte Messingstück *L* an ein cylindrisches Stängchen *T* befestigt, welches um seine Axe drehbar und gleichzeitig nach auf- und abwärts verschiebbar ist. Die Stellschraube *S* gestattet, diesen Theil des Apparates in verschiedenen Lagen immer gleich sicher zu fixiren. Das gekröpfte Messingstück trägt bei *c* einen kurzen feststehenden Stachel von Stahl, gegen welchen in gleicher Linie mit ihm ein zweiter langer Stachel *r* durch Schraubendrehung bewegt werden kann. Die Entfernung der Linie, in welcher sich diese beiden Stacheln befinden, von der langen Innenfläche des doppelten Winkelstückes ist dem Halbmesser der oberen Kniehälfte der Frösche angemessen gewählt.

Wird die vordere Seite des Knie's an der Messingfläche angedrückt, so wird das Condylenstück des Oberschenkels bei dem Anziehen der Schraube *m* zwischen den beiden Stacheln angebohrt, und festgehalten, während die Beweglichkeit des Kniegelenkes nicht beeinträchtigt ist. Durch Abwärtsziehen des ganzen Kniehalters und Anziehen der Stellschraube *S* wird dem Oberschenkel zwischen diesem Befestigungspunkt und seinem zweiten, mit Schnüren über dem Becken hergestellten *b*, eine auch bei den heftigsten Bewegungen des Thieres unverrückbare Lage gegeben.

Die Schlingen der Schnüre über dem Becken habe ich so gelegt, dass der Nerv des zu prüfenden Schenkels und seine Gefässe vollkommen frei vom Druck blieben.

Die Strom-zuführende Vorrichtung musste natürlich anders construirt werden, als sie Du Bois zu seinen Zwecken gewählt hatte. Ich beschreibe zunächst die, welche ich anfänglich benützte. Sie ist in (Fig. 6) *C* abgebildet.

Der horizontale Arm *C* des Messingstatives *St* trägt einen treppenartig geformten Klotz *ke* von Mahagoni-Holz auf dem Arm *C* verschieb-

und drehbar und in beliebige Lage durch die Schraube *p* festzustellen. Die untere Stufe des Klotzes ist auf der einen Seite abgerundet, um einem entsprechend zugeschnittenen zweiten Klotz *k* Spielraum zur Bewegung in der Ebene jener ersten Stufenfläche zu geben, auf welcher beide Klötze einander berühren. Eine Holzschraube *r* hält beide Klötze fest aneinander, gestattet dabei aber dem dicken Theil des Klotzes *k* eine Drehung um seine Axe, wodurch jenes einen Viertelskreis mit einem Radius von c. $2\frac{1}{2}$ Centim. beschreiben kann. In solchem Umfang ist dadurch die Strom-zuführende Vorrichtung in der mit der unteren Fläche des Holzklotzes parallelen Ebene drehbar.

Jene besteht aus dem Träger der Häckchen *f* und aus den in Glasröhrchen gefassten Endstücken der Leitungsdrähte *r r*. Um diese drei Stücke aufzunehmen, ist der obere Holzklotz nahe seinem abgerundeten Ende von drei Löchern durchbohrt, welche in die Endpunkte eines kleinen gleichseitigen Dreieckes gestellt sind. In zweien dieser Löcher sind die ziemlich starken in Glasröhrchen eingekitteten circ. 9 Centim. langen Kupferdrähten *d d* befestigt, von welchen jeder oben und unten eine Klemme trägt, oben um die Poldrähte der Kette einzufügen, unten um die feinen Drähte aufzunehmen, welche in Häckchen umgebogen schliesslich mit dem Nerv in Berührung kommen sollen. Um diese Drähte zu wechseln, je nachdem man sie aus diesem oder jenem Metall braucht, oder um sie zu reinigen und frisch zu firnissen, müssen sie mit den Drähten *d d* bloss durch Klemmen verbunden seyn.

Durch das dritte Loch im Holzklotz geht ein Elfenbeinstäbchen *e* in jenem auf- und abschiebbar und durch die Klemmschraube *g* feststellbar. An dieses Stäbchen ist unten etwas schief ein schmales Elfenbeinplättchen *f* genietet, welches oben zwei Rinnen zur Aufnahme der Drähte hat, ein zweites mit Rinnen versehenes kleineres Plättchen *c* lässt sich durch eine Schraube mit jenem fest verbinden und dadurch die wohl gefirnissten und in Häcken gebogenen Drähte unverrückbar

festhalten. Nur an der tiefsten Stelle der hackenförmigen Krümmung ist der Firniss mit der Feile entfernt; dort allein also kann eine metallische Berührung mit irgend welchen Theilen des Thieres stattfinden.

War das Thier auf dem Brett befestigt, so wurde die Haut auf der Mitte der Rückseite des Schenkels aufgeschlitzt, der Nerv aufgesucht und ohne Verletzung der Arterie blosgelegt, sodann über die blanken Stellen der Häckchen gelegt, etwas emporgehoben und seine Reizbarkeit auf die gewöhnliche Weise geprüft. So wie der eben ausreichende Rheostatenstand gefunden war, unterbrach man die Leitung und durchschnitt den Nervenstamm im Hüftloch. War das geschehen, so wurde der inzwischen ganz hinaufgezogene Draht des Rheostaten herabgelassen, und untersucht, welcher Stand zur Erzielung der gleichen Wirkung jetzt erforderlich war. An den Stromwegen konnte sich unter solchen Umständen nichts geändert haben. Die Differenzen der geforderten Rheostatenstände waren folgende:

Vor der Durchschneidung.	Nach der Durchschneidung.	Vor der Durchschneidung.	Nach der Durchschneidung.
1 Centim.	115 Centim.	13 Centim.	62 Centim.
1,2 „	13,5 „	11,5 „	90 „
3,2 „	12 „	43,5 „	79 „
6,5 „	49,5 „	8 „	99,5 „
1 „	28 „	0,9 „	17,5 „
1 „	11 „	8 „	117 „
1 „	55,5 „	2 „	59 „
1 „	33 „	27 „	138 „
8 „	47 „	13,5 „	136,5 „
0 „	38 „	46 „	78,8 „
28 „	91,5 „	105 „	155 „
1 „	83 „	126 „	163 „
4,5 „	48 „	83,8 „	160 „

Die grossen Differenzen in der ersten Reihe rühren einerseits davon her, dass nicht immer die gleichen Füllungen des Rheostaten angewendet worden waren, andererseits von den Unterschieden in der Applicationsstelle der Häckchen, von ihrer gegenseitigen Entfernung, von den Dimensionen des zwischenliegenden Nervenstückes, von der Höhe, bis zu welcher der Nerv auf den Häckchen emporgehoben war. Alle diese verschiedenen Umstände durften unberücksichtigt bleiben, wenn sie nur vor und nach der Durchschneidung in dem einzelnen Fall genau die gleichen waren.

Man war zu dem allgemeinen Schluss berechtigt, dass als unmittelbare Folge der Nervendurchschneidung Erhöhung der Reizbarkeit auch noch an einer entfernten Stelle des Nerv bemerkbar angesehen werden muss. Sie steigert sich ebenfalls durch die Entleerung des Rückenmarkkanals und Zerstörung der Centraltheile.

Wenn es so den Anschein gewann, als befände sich die Reizbarkeit eines peripherischen Nervenstammes unter dem hemmenden Druck eines Einflusses, welcher von den Centralorganen ausgeht, so erhob sich als nächste Frage: Ist es gleichgiltig, in welcher Höhe man die Centralorgane abträgt?

Ich habe zur Lösung dieser Frage theils so experimentirt, dass ich den Wirbelcanal und Schädel von oben zuerst aufbrach, und mit einem feinen Scheerchen die Trennung des Markes successive von oben nach abwärts vornahm, in der Mehrzahl der Fälle aber so, dass ich den Canal geschlossen liess, und mit ihm das Mark von oben angefangen nach und nach in verschiedenen Höhen quer durchschnitt. Zur Erzielung scharfer Schnitte und Vermeidung von Splitterung, Zerrung und dergl. wandte ich eine kleine englische Baumscheere an, welche allen Anforderungen entsprach; die Schnitte durch Knorpel oder Knochen und Mark waren immer so rein, wie mit einem Rasirmesser hergestellt. Nach

Beendigung je eines Versuches wurde genau untersucht, wohin der Schnitt gefallen war, weil man diess nicht so scharf, als zu wünschen war, bei dem Schneiden selbst berechnen konnte. Diese Manipulation war es auch, welche die Gegenwart der Stellschraube *S* verlangte.

Ich setze ein Beispiel hieher:

Nummer des Schnittes.	Anatomischer Ort des Schnittes.	Rheostatenstand in Centim.
0	Unversehrtes Thier	8
I	Mitte der Vorderhirnlappen . . .	12
II	Zwischen Vorderhirnlappen und Zweihügeln	21
III	Vor der medulla oblongata . . .	34,5
IV	Hinter der Raufengrube	23,4
V	Eine Linie ober dem Austritt des Armgeflechtes	67
VI	Am Austritt des Armgeflechtes . .	82,8
VII	Zwischen VII. und VIII. Wirbel . .	17
	Gänzliche Entfernung des Wirbelcanales .	32
VIII	Durchschneidung des Nervenstammes im Hüftloch	47
IX	Durchschneidung des Nerv nach Abgang der obersten Hauptäste . . .	212,5

So schien es, als wenn die Durchschneidung und Entfernung von Centraltheilen an verschiedenen Punkten verschiedene und zwar entgegengesetzte Folgen haben könnte. Es drängte sich die weitere Frage auf: sind die Punkte, an welchen das Eine und das Andere erfolgt, constant?

Dieser Frage habe ich eine grosse Anzahl von Thieren geopfert; mit welchem Erfolg, mag aus der Zusammenstellung eines kleinen Theiles dieser Versuche ersehen werden.

Rheostatenstände in Centimeter.

Ort der Durchschneidung.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Reizung bei unversehrten Centralorganen	1	0		unter 0		0	8	unter 0	21	25
Durchschneidung in der Mitte der vorderen Hirnlappen				13	19,5	42,5	12	6	22	57,5
An der hinteren Gränze der Zweihügel .				16,5	15	38	21			15,5
Am hinteren Ende der Rautengrube . .		3					34,5			21,5
Zwischen II. und III. Wirbel	4,5	42,5		11			23,4		22	
In der Höhe des V. Wirbels	8,6	22,9			25	35	67	24,5	16	
In der Höhe des VI. Wirbels	27,9			14	7	27	82,8			
In der Höhe des VII. Wirbels	9	31		23		24			16	19
In der Höhe des VIII. Wirbels . . .	11		17		4		17	18	16	15,5
Gänzliche Entfernung des Rückenmarkes	22,1						32			24,5
Durchschneidung des oberen Anfanges des plexus ischiadicus	9,5				9	32				
Durchschneidung der Mitte des plexus ischiadicus		25		26,6	6		26,5	23	18,7	
Durchschneidung des Nervenstammes im Hüftloch	115	28	35	28	14	33	47	38		27
Durchschneidung des Nerv nach Abgang der oberen Schenkeläste				82	32	54		47	26,7	41,5
Durchschneidung des Nerv, 5 Millimeter oberhalb des oberen Poldrahtes . .					44	68			40,5	51

Wie in diesen wenigen Beispielen, so thürmten sich in noch vielen anderen Fällen der Erklärung oder Erkenntniss eines Gesetzes eine zahllose Menge von Widersprüchen entgegen, deren Bekämpfung um so schwieriger wurde, als oft in mehreren hinter einander angestellten Versuchen gewisse Erfolge eine Zeit lang constant blieben, um ohne Nachweis irgend welcher Gründe bei der nächsten Versuchsreihe wieder in die entgegengesetzten umzuschlagen.

Erst nach und nach war es möglich, den Knoten dieser Verwicklungen zu lösen. Es gelang durch folgende Ueberlegung.

Man erinnert sich, dass ich, um den Seitenstrom möglichst abzuschwächen, den Nerv auf den Häckchen etwas emporheben musste. Diess konnte zu Wasserverlusten während der Dauer einer Versuchsreihe führen, deren Folgen, wie man aus der I. Abhandlung weiss, in so rascher und umfangreicher Weise auf die erforderlichen Rheostatenstände influiren.

Ich liess desshalb den Nerv auf den Häckchen, änderte gar nichts an dem Präparat, und forschte von halber zu halber Minute nach den Aenderungen, welche sich im Rheostatenstand nothwendig machten. Aber ich musste mich überzeugen, dass durch den Wasserverlust allein nur Steigerungen desselben um 3—4 Centim. in 5—6 Minuten erforderlich wurden, während die Dauer des ganzen Versuches für sämmtliche Durchschneidungen höchstens $2\frac{1}{2}$ Minuten betrug.

Es kam aber noch etwas Anderes dazu: Die Furcht vor den Folgen des Wasserverlustes bestimmte mich häufig für die Zeit, welche zur Durchschneidung der Wirbelsäule nothwendig war, die Häckchen mit dem Nerv wieder in die Tiefe der Spalte zwischen den Muskeln zu versenken, und sie dann bei dem Reizversuch erst wieder herauszuheben. War ich auch sicher, dass immer die gleiche Nervenstrecke

zwischen den beiden Poldrähten blieb, so war es nicht möglich, die Hebung immer ganz genau bis zur alten Höhe zu wiederholen.

Was ich oben über die Spaltung des Stromes an seiner Eintrittsstelle in den Nerv erwähnt habe, liess voraussetzen, dass die Resultate durch die nicht gleich zu erhaltenden Differenzen der Widerstände auf der doppelten Strombahn getrübt werden müssten.

Ich machte desshalb einen Controlversuch, hob die Häckchen mit dem Nerv hoch empor, und bemerkte den dabei erforderlichen Rheostatenstand; dann senkte ich die stromzuführende Vorrichtung etwas herab — der Rheostatenstand blieb der gleiche. Ich liess den Strom mit seinen regelmässigen Unterbrechungen fort und fort durch den Nerv gehen, während ich ganz allmählich den Nerv herabsenkte, den Rheostat aber auf seinem Stand liess. Plötzlich zuckte der Schenkel nicht mehr — erst dann, als der Rheostatendraht um $\frac{1}{2}$ Centim. herabgeschoben worden war.

Um diess zu erklären, müssen wir das Schema Fig. 5 betrachten. Es sei M die Muskulatur; die Schleife $N\ N$ der Nerv auf den Häckchen $\alpha\ \beta$ der Poldrähte $+\ A$ und $-\ B$. Wie schon erwähnt, theilt sich der Strom in α, um einerseits direkt nach β durch den Nerv zwischen α und β zu gelangen, andererseits um auf dem Umweg $\alpha N M N \beta$ denselben Punkt zu erreichen.

Ist der Widerstand auf dem Umweg unendlich gross im Verhältniss zu dem auf dem direkten Weg, so geht auf dem letzteren der Gesammtstrom; ein um so grösserer Bruchtheil desselben, je grösser die Widerstände auf dem Umweg im Verhältniss zu denen sind, welche der Strom auf dem direkten Weg findet. Die endliche Grösse der Empfindlichkeit, welche der Nerv als Messinstrument der Stromunterschiede noch immer besitzt, macht es, dass schon die Widerstände auf dem Weg $\alpha N M N \beta$

unendlich sind, und von einer gewissen Gränze an das Mehr oder Minder derselben gegenüber dem relativ kleinen Widerstand auf dem Weg $\alpha\,\beta$ nicht mehr von dem Nerv angezeigt wird.

Nun sind aber auf dem Weg $\alpha\ N\ M\ N\ \beta$ die Widerstände am meisten gehäuft in den Strecken $\alpha\,N$ und $N\,\beta$ wegen der kleinen Querschnitte der Nerven gegenüber dem grossen Querschnitt der gesammten Schenkel-Muskulatur M. Es kommt also wesentlich auf die Verhältnisse der Widerstände in $\alpha\,\beta$ einerseits, und $\alpha N + N\beta$ andererseits an.

Blieb man nur über der in dem Versuch gefundenen Grösse der Unterschiede, bei welcher der Rheostatenstand eine Aenderung verlangte, so war es gleichgiltig, ob man die stromzuführende Vorrichtung in dem einen Fall etwas weniger oder mehr hob, als in dem anderen. Allein auch unter Berücksichtigung dieser Umstände wollten sich die Beobachtungen keinem allgemeinen Gesetz fügen.

Bei den vielen Versuchen, welche angestellt wurden, konnte es nicht entgehen, dass ein Unterschied auftrat, wenn die Reizung unmittelbar nach der Durchschneidung, oder etwas später vorgenommen wurde. Man sah: *die Zeit* spielt dabei einen wichtigen Factor; und in der That musste schon eine allgemeine Betrachtung darauf führen, dass Folgen der Durchschneidung als eines mechanischen Eingriffes und Folgen der durch den Schnitt herbeigeführten Entfernung von Theilen, welche auf den Gesammtnervenstamm bekannter Erscheinungen wegen als constant influirend zu betrachten sind, auseinander gehalten werden müssen. Wie aber sollte jener wichtige Factor in Rechnung gebracht werden, wenn die Furcht vor dem Vertrocknen des Nerv zu schleunigster Eile bei den Experimenten antrieb?

Ich sah ein, dass der bisher angewendete Apparat nicht ausreichen konnte, die Frage zu lösen.

Die oben mitgetheilten theoretischen Betrachtungen über die Verhältnisse der Widerstände auf den beiden Strombahnen gaben mir endlich ein Mittel an die Hand, beliebig lang die Wirkungen der Durchschneidung verfolgen zu können. Es war nur nöthig, den Nerv statt frei über die Häckchen zu brücken, ihn isolirt in einem Canal einzuschliessen, in welchem die Entfernung der Poldrähte von einander in einem solchen Verhältniss zu der Länge der beiden Hälften des Canales standen, in welchem bei dem oben angeführten Versuch Vergrösserung oder Verkleinerung der Nervenschleife ohne Einfluss auf den erforderlichen Rheostatenstand blieb.

In einem solchen Canal konnte dann der Nerv ohne alle Spannung in seine ursprüngliche Lage zwischen den Muskeln eingebettet werden, und diesseits wie jenseits des Canales dem Einfluss der Bluteirculation in normaler Weise ausgesetzt bleiben.

Selbstverständlich muss der Canal, da der Nerv nicht durchschnitten wird, aus zwei Hälften bestehen, welche sich mit Leichtigkeit über dem Nerv her zu einem Canal erst schliessen lassen. Ein Bildschnitzer verfertigte mir den kleinen Apparat, zu dessen Beschreibung ich jetzt übergehe, und welcher in natürlicher Grösse in Fig. 7 und 8 dargestellt ist.

Das wesentliche Stück besteht aus einer etwas dickeren Platte von Elfenbein *a*, welche nach unten schaufelförmig breiter wird und daselbst bis zu einer Dicke von 4,5 Millimeter anschwillt. In diese Verdickung ist eine Rinne eingeschnitten, welche sich in der Mitte hohlkugelförmig erweitert. In der Höhlung befinden sich die zwei Drahthäckchen *b′ c′*, deren grösste Concavität in einer Flucht mit dem Boden der Rinne liegt. Darunter ist die eine Hälfte des hohlkugelförmigen Raumes. Die beiden Drähte *b′ c′* durchbohren den Körper dieses Stückes und gelangen an

dessen schmalen Seitenflächen rechts und links nach aussen. Im Hals des Stückes ist ein Loch für die Schraube, deren Mutter sich in dem zweiten schmäleren Blättchen *e* befindet. Dieses ergänzt, auf das andere gelegt, genau die Rinne zu einem Canal von solcher Enge, dass der Nerv, ohne irgend gepresst zu werden, genau ihren Raum ausfüllt, wenn er in die Rinne des anderen Stückes gelegt und über die Drähte im Hohlraum des Halters frei herübergebrückt worden ist. Die Schraube *d* wird mit dem Schraubenzieher festgestellt, und presst dabei beide Stücke fest gegen einander. Die Berührungsflächen werden vorher mit etwas Palmöl bestrichen, so dass keine Spur Flüssigkeit durch Capillarattraction zwischen beide Platten oder in die Rinne gelangen kann, wenn später der Halter in das Fleisch des Schenkels versenkt wird.

Ausserhalb des Halters sind die Drähte rechtwinklig umgebogen, und in zwei kurze Glasröhrchen *g g* eingekittet, welche ihrerseits in einem unten schaufelartig abgeflachten, oben runden Elfenbeinstab *f* befestigt sind. Mit ein Paar Krümmungen begeben sie sich zu den unteren Klemmen der stromzuführenden Vorrichtung, woselbst auch wie früher der elfenbeinerne Stab auf- und abschiebbar und durch die Stellschraube *g* Fig. 6 zu befestigen ist.

Ich erwähne noch, dass ich einen ganz ähnlichen zweiten Nervenhalter besitze, um an den Nerven beider Schenkel gleichzeitig experimentiren zu können. Diesser liesse sich an einem zweiten Arm des Statives *St* Fig. 6 anbringen, befand sich in meinen Versuchen aber an einem besonderen mit Kugelgelenken versehenen, welches ich schon im Instrumentarium vorräthig hatte und dessen Construction keiner weiteren Beschreibung bedürfen wird.

Alles kommt auf die Länge des ganzen Kanales im Nervenhalter im Verhältniss der Entfernung beider Häckchen von einander in seiner

Höhlung an. Die letztere beträgt 2,5 Millimeter, die Länge des ganzen Canales minus jener Entfernung 9,1 Millimeter.

Die Manipulation mit diesem Apparat ist sehr einfach. Hat man auf der Rückseite des Oberschenkels in der Mitte seiner Länge die Haut aufgeschlitzt und die Muskelbinde getrennt, so macht man mit vollkommener Schonung der Arterie den Nerv frei. Die Kürze des Nervenhalters erlaubt, mit Ausnahme von ein Paar ganz kleinen Muskelästen, welche schnell zu bluten aufhören, die Arterien zu schonen und den Kreislauf im Schenkel ungestört zu erhalten. Nun nähert man den Nervenhalter dem Schenkel so weit als möglich, drückt mit stumpfen Hacken die Arterie und Muskulatur nieder, und schiebt den Halter unter den Nerven, hebt ihn, so wie er in der Rinne liegt, unmerklich empor, schlägt den Deckel des Halters herab, zieht die Schraube *d* an, während man den Halter in einer Klemmpincette fixirt hat, und versenkt ihn sofort mit sammt dem eingeschlossenen Nerven in die Tiefe des Muskelfleisches.

Blieb das Thier vollkommen ruhig, so konnte man viertelstundenlang beobachten, ohne an dem Rheostatenstand irgend etwas ändern zu müssen, wenn man von Minute zu Minute die Reizbarkeit prüfte.

Jetzt konnte man die früheren Versuche unter Berücksichtigung der Zeit wieder aufnehmen, und fand dadurch den Schlüssel zu den vielfachen scheinbaren Widersprüchen in den oben mitgetheilten Beobachtungen.

Für jedes der aufgefundenen Gesetze werde ich nun einige Belege beibringen, an welchen die genaueste Prüfung keine Störungen durch irgend welche entdeckbare Fehler oder Zufälligkeiten während des Experimentirens erkennen liess, und welche sich durch mehrfache Wiederholungen bei verschiedenen Gelegenheiten bestätigt haben. Als Störungen müssen

betrachtet werden: heftige, willkührliche Bewegungen, Zuckungen im Schenkel bei dem Schliessen des Nervenhalters in Folge von kleinen Zerrungen, starke Blutungen, länger andauernde Convulsionen bei einzelnen Schnitten durch das Mark, übereilte Verminderung der Widerstände im Rheostaten, ungünstige Wahl in der Füllung des Rheostaten, zufolge dessen die Unterschiede über oder unter das Maass der durch seine Dimensionen beschränkten Widerstände fällt, Lockerung irgend einer Stellschraube bei der gewaltsamen Durchschneidung der Wirbelsäule, in Folge dessen eine Verrückung des Halters oder Dehnung des Nerv entstanden seyn konnte — Fehlerquellen genug, denen zur Folge gar manche Versuchsreihen unbeendigt bleiben, oder verworfen werden mussten.

I.

Zeit der Reizung Stunde	Min.	Rheostatenstand in Centimeter	Natur der Zuckung bei aufsteigendem Strom.	Bemerkung
3	59	46	Centralorgane unversehrt.	
	59½		Schliessungszuckung.	I. Schädel mit Hirn in der Höhe der Mitte beider Zweihügel durchschnitten.
4	0	31,6		
	2	35,6		
	3,5	40,8		
	5	46		
	6,5		Schliessungszuckung.	II. Schnitt durch den hintersten Punkt der Rautengrube.
	7	36,6		
	9	44,5		
	10,5	50,7		
	13	61		
	15	70		
	16,5	75,5		
	18,5	83,4		

Zeit der Reizung Stunde Min.	Rheostatenstand in Centimeter	Natur der Zuckung	Bemerkung
19		Schliessungszuckung.	III. Schnitt durch das obere Ende des dritten Wirbels, unmittelbar unter dem Abgang des plexus brachialis.
19,5	83		
22,5	102,5		
24	108,4		
25,5	116,5		
26	96,3	Schliessungszuckung.	IV. Schnitt durch das obere Drittel des fünften Wirbels.
28	104		
30,5	103		
33,5	100		
34		Schliessungszuckung.	V. Schnitt durch das ligament. intervertebrale zwischen siebenten und achten Wirbel.
34	105		
34,5	113		
37,5	100		
38	119	Schliessungszuckung.	VI. Schnitt durch die Mitte des plexus ischiadicus.
41	108		
45	104		

Das einzige Beispiel reicht schon hin, zu erklären, warum in den früheren Versuchen, welche die Zeit nicht berücksichtigen konnten, bald eine Erhöhung, bald eine Verminderung der vorausgegangenen Reizbarkeit als Folge der Durchschneidung ein und derselben Stelle bei verschiedenen Thieren zum Vorschein kommen musste.

Betrachtet man die Ergebnisse bis zum dritten Schnitt (inclusive), so ergiebt sich als Gesetz: „Die Durchschneidung centraler Punkte vermindert als mechanischer Eingriff momentan die vorher bestandene Reizbarkeit, welche sich nachher wieder in Folge der durch den Schnitt herbeigeführten Entfernung höher oben gelegener centraler Punkte erhebt,

und zwar um so höher, je mehr von dem Centralorgan durch den Schnitt war entfernt worden. Vom IV. Schnitt an mischt sich die Wirkung eines anderen Gesetzes mit ein, welches bei dem VI. Schnitt rein hervortritt, und bei Betrachtung der nächsten Versuchsreihe namhaft gemacht werden soll.

II.

Zeit Stunde	Min.	Rheostatenstand in Centimeter	Bemerkungen
10	20	81	Nach Durchschneidung zwischen dem VIII. und IX. Wirbel.
	21	99	Durchschneidung des Nerv im Hüftloch.
	25	99	
	26,5		Durchschneidung des Nerv nach Abgang des oberen Hauptastes.
	27	108	
	27,5		Durchschneidung des Nerv am oberen Ende des Halters.
	28	142	
	33	122	
	37	115	
4	12,5	116	Nach Durchschneidung des Nerv hinter dem Abgang des oberen Hauptastes.
	13	148	Nach Durchschneidung des Nerv am oberen Ende des Halters.
	20	147,5	
	25	147,5	
	28,5	139	

Diese leicht zu wiederholenden Versuche lehren als zweites Gesetz: „Die Reizbarkeit der Nerven wird durch die Durchschneidung des

gemischten Nervenstammes oberhalb der Stelle, an welcher jene geprüft wird, momentan erhöht; bleibt bald kürzere, bald längere Zeit gesteigert, um dann allmählich wieder zu fallen. Man beobachtet also hier gerade das Umgekehrte wie bei Durchschneidung der Centralorgane; zugleich findet man, dass in der Regel die momentane Steigerung um so grösser ist, je näher der Ort der mechanischen Erschütterung durch den Schnitt an der Stelle liegt, an welcher die Reizbarkeit geprüft wird." Diess ergiebt die nachfolgende Zusammenstellung noch deutlicher. Der Rheostatenstand wurde dabei immer momentan nach der Durchschneidung aufgesucht.

Rheostatenstand vor der Durchschneidung an den neben angemerkten Orten *).	Nach der Durchschneidung Ort der Durchschneidung. Im Hüftloch.	Nach Abgang des obersten Astes.	In nächster Nähe (4—5 Millim.) vom oberen Poldraht.
7,2	12		
25,9	28		
11		40	
26,6	28	82	155
3	11		40
35,5	45	47,5	56,5
32	33	54	68
8,5	37	53	
26,5	47	212,5	
23	38	47	
41,5	45,5		55,5
54	64	101,5	
27,5	48		84

*) Die Rheostatenstände in dieser Vertikalcolumne differiren erstens, weil hier nicht in Betracht kommende Unterschiede in der Natur der Flüssigkeit vorhanden waren, welche zur Füllung des Rheostaten benützt wurden, zweitens weil mit dem Thier schon vorher verschiedenartige Experimente angestellt worden waren.

War es erwiesen, dass der gemischte Nervenstamm des ischiadicus den Grad seiner Reizbarkeit jedenfalls Zuständen der Centralorgane mit verdankt, so erhob sich als weitere Frage: Lässt sich die Quelle auffinden, woher die Nerven ihren bestimmten Reizbarkeitsgrad aus den Centralorganen schöpfen? Es giebt hiefür denkbarer Weise nur zwei Wege, nämlich durch die vorderen und hinteren Wurzeln.

Für die letzteren war die Voraussetzung sehr unwahrscheinlich, allein eben desshalb musste dieser Weg zuerst geprüft werden.

Die Methode ist aus den bisherigen Erfahrungen einfach abzuleiten. Sie verlangt, dass zwischen der auf ihre Reizbarkeit geprüften Stelle des gemischten Nerven und den Centralorganen als einzige Brücke die hinteren Wurzeln stehen bleiben. Wird dann die Reizbarkeit des gemischten Stammes in ähnlicher Weise in Folge der Eingriffe auf die Centralorgane geändert, wie in den Versuchen, wo vordere und hintere Wurzeln gleichzeitig erhalten sind, so ist der Beweis geliefert, dass auf dem Weg der letzteren überhaupt eine Beziehung zwischen Centralorgan und Reizbarkeit des peripherischen Nervenstammes hergestellt wird.

Dieses experimentum crucis verlangt die vollkommene Garantie, dass alle vorderen Wurzeln des einen Schenkels durchschnitten sind; zugleich müssen die hinteren noch vollkommen functioniren, und das Rückenmark muss unverletzt seyn. Hievon kann man sich auf rein experimentellem Weg ganz sicher überzeugen. Man öffnet den Wirbelcanal von vorn, nachdem die Eingeweide entfernt sind, nimmt die vorderen Wurzeln auf ein kleines Häckchen und durchschneidet sie; dann reizt man die Schwimmhaut des Schenkels mit Essigsäure, nad sieht, ob in keinem Muskel desselben Reflexbewegung entsteht, während solche an vielen anderen Orten des Körpers auftreten; dann reizt man die Vorderpfoten; es müssen jetzt Reflexbewegungen nur in dem einen Schenkel entstehen,

dessen vordere Wurzeln unversehrt sind; ausserdem dürfen bei den späteren Durchschneidungen des Markes nur Zuckungen in dem einen, nicht aber in dem anderen Schenkel entstehen, dessen vordere Wurzeln man sämmtlich durchschnitten haben will. Beispielsweise will ich einige Beobachtungen an so präparirten Thieren mittheilen.

I.

(Die Füllung des Rheostaten bestand in den Versuchen I—IV aus 1 Thl. concentrirter Kupfervitriol-Lösung auf 300 Thle. Wasser.)

	Rheostatenstand (in Centimetern)
Bei unversehrten Centralorganen	0
Nach Durchschneidung der vorderen Hirnlappen . .	1
Durchschneidung an der hinteren Gränze der Zweihügel	5
Durchschneidung in der Höhe des VII. Wirbels . .	4

II.

Das Thier wurde zuerst ätherisirt, dann die vorderen Wurzeln durchschnitten, endlich die Reizung vor vollkommenem Verschwinden der Narkose vorgenommen.

	Rheostatenstand
Bei unversehrtem Mark	4,5
Nach dem ersten Schnitt, durch die Mitte der vorderen Hirnlappen	7
Nach dem zweiten Schnitt, am hinteren Ende der Rautengrube	3
Nach dem dritten Schnitt zwischen dem VII. und VIII. Wirbel	4,5

III.

Das Thier war nicht ätherisirt worden; erst bei dem II. Schnitt wurde bemerkt, dass die metallische Leitung zufällig unterbrochen war.

	Rheostatenstand
Nach Durchschneidung in der Höhe des III. Wirbels .	109,5
Nach Durchschneidung des Markes über dem Abgang des plexus brachialis	36,5
Nach Durchschneidung in der Höhe des V. Wirbels .	55

IV.

Bei unversehrtem Mark	36
Nach Durchschneidung in der Mitte der vorderen Hirnlappen	14
Nach Durchschneidung im III. Wirbel	10
Nach Durchschneidung im V. Wirbel	12
Nach Durchschneidung im VII. Wirbel	21

V.

(Die Füllung des Rheostaten bestand aus 1 Thl. Kupfervitriol-Lösung auf 4 Thle. Wasser.)

	Rheostatenstand	Zeit der Reizung	
Bei unversehrtem Mark . . .	126	12^h	3′
1) Nach Durchschneidung in der Mitte der vorderen Hirnlappen . .	136		5′
2) Nach Durchschneidung des Markes in der Höhe des Atlas . .	129		6′
	136		7′
	152		9′
3) Nach Durchschneidung des Markes zwischen dem III. u. IV. Wirbel			12′
	137		13′
4) Nach Durchschneidung des Markes zwischen dem VI. u. VII. Wirbel			15,5′
	152		16′

So war erwiesen: Es besteht eine Vermittlung der Reizbarkeit des gemischten Nervenstammes mit den Zuständen der Centralorgane auf dem Weg der hinteren Rückenmarkswurzeln.

Um diese Thatsache aber vollkommen würdigen zu können, muss man den Begriff der Reizbarkeit, so wie hier überall das Wort gebraucht worden, näher feststellen. Ich bestimme sie nach der Grösse des Widerstandes im Schliessungsbogen der Kette, welcher gerade ausreicht, die Zuckung zu verhindern oder nur ihr kleinstes Maass auftreten zu lassen. Reizbarkeit in unserem Sinn ist also der Minimalwerth eines gegen den Nerv gerichteten äusseren Einflusses, durch welchen das Gleichgewicht der Kräfte in dem ruhenden Muskel so weit aufgehoben wird, dass eine sichtbare Bewegung in ihm entsteht.

In diesem Fall muss es nothwendig eben sowohl auf das gegenseitige Verhältniss der Kräfte in den Nerven als auf das in der Muskelsubstanz ankommen. Wenn aber als unzweifelhaft angenommen wird, dass die peripherischen Nervenfasern unter einander in keiner Wechselwirkung stehen, trotzdem aber zur Erzielung des gleichen Effektes der Einfluss auf den gemischten Nervenstamm verändert werden muss, wenn sich die Zustände der Centralorgane ändern, und nur die hinteren Wurzeln die Brücke zwischen diesen und den Muskeln bilden, so folgt daraus, dass gewisse Kräfte auf diesem Weg von den Centralorganen aus den Muskeln übertragen werden, wovon die *Leichtigkeit*, mit welcher eine gegen den Gesammtnerv gerichtete Kraft jenes Gleichgewicht zu stören im Stande ist, wesentlich abhängig seyn muss. Es folgt mit einem Wort daraus, dass auf dem Weg der hinteren Wurzeln von den Centralorganen aus in *centrifugaler Richtung* eine Kraft wirksam ist, deren physiologische Wirkung durch diese Experimente zuerst erkannt wurde, während das Gleiche bereits in physikalischer Beziehung von Du Bois festgestellt worden ist, welcher zeigte, dass sich die negative Strom-

schwankung auch in den sogenannten sensitiven Nerven nach abwärts ebenso wie nach aufwärts fortpflanzt.

Damit ist an dem Bell'schen Lehrsatz insoferne nichts geändert, als jedenfalls den hinteren Wurzeln die Vermittlung der Sensibiltät übertragen bleibt und durch ihre Reizung immer nur auf reflectorischem Weg eine Bewegung erzielt werden kann. Es muss nur behauptet werden, dass zu der bekannten noch eine bisher unbekannte Function hinzukommt, von welcher die Leichtigkeit des Eintritts einer auf dem Weg der vorderen Wurzeln angeregten Bewegung abhängt.

Alles kam jetzt darauf an, diese Function der hinteren Wurzeln im Vergleich zu der der vorderen näher kennen zu lernen.

Ich operirte zuerst an den Nerven beider Schenkel eines und desselben Thieres in der Weise, dass ich den Wirbelcanal halbseitig vorn, und auf der entgegengesetzten Seite zur Hälfte hinten aufbrach, dort alle vorderen Wurzeln des einen, hier alle hinteren Wurzeln des anderen Schenkelnerv durchschnitt. Dass jedesmal die genauesten Controlversuche durch Betupfen der Haut mit Essigsäure an verschiedenen Orten angestellt wurden, um sich zu überzeugen, dass keine Wurzel, welche man hatte durchschneiden wollen, unversehrt geblieben war, bedarf keiner Erwähnung.

Dabei zeigte sich, dass in der Mehrzahl der Fälle für den Nerv, dessen vordere Wurzeln durchschnitten waren, ein höherer Rheostatenstand gefordert wurde, als bei dem, dessen hintere Wurzeln durchschnitten worden. Da man dazu der beiden elfenbeinernen Nervenhalter bedurfte, so wurde, um etwaigen Ungleichheiten in ihnen zu begegnen, der eine bald für den Nerv mit durchschnittenen vorderen, bald für den Nerv mit durchschnittenen hinteren Wurzeln benützt. Dabei ergaben sich unter anderen folgende Resultate:

Rheostatenstand für den Nerv, dessen *vordere* Wurzeln durchschnitten waren.		Rheostatenstand für den Nerv, dessen *hintere* Wurzeln durchschnitten waren.
27,5	I. Thier.	13,5
8,5	II. Thier.	0,9
8	III. Thier.	2

Doch konnte man sich dabei nicht beruhigen; denn auch bei ganz unversehrtem Nervensystem zeigen die Nerven beider Schenkel manchmal Unterschiede, welche dann leicht auf Rechnung der Wurzel-Durchschneidung gebracht werden könnten, ohne dass sie wirklich davon abhängen. Es musste der Versuch an ein und demselben Nerv vor und nach der Durchschneidung der einen und anderen Wurzelgruppe angestellt werden. Zu dem Ende wurde der Wirbelcanal eines Thieres von hinten aufgebrochen, sämmtliche hinteren Wurzeln des einen Schenkelnerv auf ein feines Glashäckchen genommen, die Wunde mit feuchten Theilen eines vorher getödteten anderen Thieres bedeckt. Der Frosch wurde dann vorsichtig auf dem Apparat befestigt, der Schenkelnerv ohne Blutverlust in dem elfenbeinernen Halter eingeschlossen und mit ihm in die Tiefe der Schenkelmuskulatur versenkt. Die Erzeugung der schwächsten regelmässigen Zuckungen verlangte nachstehende Rheostatenwerthe.

Bei unversehrten Wurzeln . 37 Centim.

3^h 20′ wurden alle hinteren Wurzeln, auf dem Häckchen etwas emporgehoben, und mit einem Schnitt getrennt. Das Emporheben geschah so vorsichtig und die Durchschneidung so rasch, dass nicht die geringste Reflexbewegung entstand.

22′	Rheostatenstand	33	Centimeter.
23′	„	31	„
25′	„	28,5	„
28′	„	10	„

Das Thier machte jetzt einige heftige, willkührliche Bewegungen.

29′ Rheostatenstand 19 Centimeter

31′ „ 18 „

32′ Das Mark wird in der Mitte der Rautengrube durchschnitten, wobei einige Zuckungen entstehen.

35′ Rheostatenstand 16 Centimeter

37′ „ 19,5 „

39,5′ „ 9 „

Das Mark wird zwischen dem II. und III. Wirbel durchschnitten.

40′ Rheostatenstand 5,5 Centimeter

43,6′ „ 9 „

45′ „ 10 „

46,5′ „ 7 „

Das Mark wird zwischen dem III. und IV. Wirbel durchschnitten.

47,5′ Rheostatenstand 3 Centimeter

50,5′ „ 5 „

56′ Das Mark wird zwischen dem V. und VI. Wirbel durchschnitten.

57′ Rheostatenstand 2,5 Centimeter

58′ „ 4 „

Der Nervenstamm wird jenseits des Abganges seines oberen Hauptastes durchschnitten.

4^h 3,5′

4′ Rheostatenstand 33 Centimeter

5,5′ „ 7 „

8′ Der Nerv wird am oberen Ende seines Halters durchschnitten.

9′ Rheostatenstand 29 Centimeter

11′ „ 9 „

Hieraus ergiebt sich, dass in Folge der Durchschneidung der hinteren Wurzeln die Reizbarkeit des Nervenstammes sinkt, wie diess auch bei den Parallelversuchen an den beiden Schenkelnerven schon bemerkt

werden konnte. Was aber noch weiter auffiel und auch in den anderen Fällen beobachtet wurde, ist, dass es nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln sehr schwierig wird, ganz schwache Zuckungen zu erlangen. Der Muskel „spricht schwer an", wie ich mich oben ausdrückte, d. h. wenn man noch so vorsichtig den Draht im Rheostaten herabbewegt, erhält man mit einemmal heftigere, oft schleudernde Bewegungen, und wenn man ihn an einer Stelle stehen lässt, so gehen oft 3—4 Pendelschläge des Uhrwerkes, welches den Strom unterbricht, wirkungslos vorüber, bis mit einemmal, aber dann auch mit Heftigkeit, die Zuckungen in Gang gerathen.

Wenn nun auf dem Weg der hinteren Wurzeln von den Centralorganen eine Kraft ausgeht, welche die Leichtigkeit der Bewegung vermittelt, wie es darnach den Anschein hat, so fragt es sich, ob man den Einfluss, welchen das Rückenmark bei bestehender Continuität der Wurzeln ausübt, nicht anderweitig ersetzen kann, wenn die Wurzeln durchschnitten sind. Man hat sich zu denken, dass in den normalen Verhältnissen eine continuirliche Erregung gewisser Fasern der hinteren Wurzeln unterhalten wird, welche sich in centrifugular Richtung fortpflanzt. Man kann versuchen, statt dessen auf das peripherische Schnittende dieser Wurzeln einen anderen Reiz wirken zu lassen, darf aber dazu nicht elektrische Ströme benützen, um nicht „paradoxe Zuckungen" oder in Beziehung auf deren Ursachen ähnliche Uebertragungen auf anderweitige Fasern im gemischten Nerven hervorzurufen. Die Reize müssen chemischer Natur seyn. Ich wählte dazu das Kochsalz.

Der Versuch erfordert die äusserste Genauigkeit und Vorsicht. Die geringste Spur von Kochsalz, welche das entblöste Mark berührt, verändert sofort das ganze Resultat, verräth sich aber glücklicher Weise sogleich durch die heftigsten Schmerzbewegungen und Convulsionen.

Die Anordnung des Versuches bleibt im Wesentlichen die gleiche,

nur wird das Präparat mit dem Kopf nach abwärts, sehr schief geneigt, befestigt. Wieder liegen die hinteren Wurzeln zuerst auf dem Glashäckchen, müssen aber behufs der Reizung so hoch oben als möglich abgeschnitten werden.

Eine aus einer feinen Glasröhre zurechtgeschnittene kleine Rinne, in welcher Kochsalz mit einem Tröpfchen Speichel zu einem dicken Brei angemacht ist, wird in Bereitschaft gehalten, und zwar klebt unten an ihr ein mit möglichst viel Blut getränktes Stückchen Fliesspapier, welches zu verhüten hat, dass irgendwie das Kochsalz mit dem Mark oder der Haut des Thieres in Berührung komme.

6^h 29′ wurde der Schenkelnerv bei unversehrten Wurzeln gereizt: der erforderliche Rheostatenstand war: 83,8 Centim.

Wie im vorigen Fall wurden jetzt alle hinteren Wurzeln abgeschnitten, blieben aber auf dem Glashäckchen liegen
6^h 31′ Rheostatenstand 79.

Jetzt wurde die Rinne mit dem Salzbrei unter die mit dem Glashäckchen emporgehobenen Wurzeln geschoben, das Häckchen weggezogen — die Wurzeln lagen auf dem Salzbrei; das geschah 6^h 32′.

6^h 33′ war der erforderliche Rheostatenstand 87 Centimeter

34′	93	Centimeter	40′	110	Centimeter
35′	89	„	42,5′	103	„
36,5′	97,6	„	44′	99	„

Man konnte nicht deutlicher die fortschreitende Imbibition der Salzlösung und ihre Wirkung verfolgen. Man sieht die Reizbarkeit mehr und mehr steigen, der Muskel spricht wieder viel präciser an, bis nach 8—10 Minuten die Erregbarkeit durch den vernichtenden Einfluss der concentrirten Kochsalzlösung sinkt.

Das ist die zweite entscheidende Methode, um den physiologischen Effekt hinterer Wurzelfasern in seiner centrifugaler Richtung wahrzunehmen.

Die Folgen der Markdurchschneidung waren hier wie früher:

Nach Durchschneidung des hinteren Endes der Zweihügel:

6^h 45′ Rheostatenstand 137 Centimeter

Nach Durchschneidung des Markes schief durch den IV. Wirbel:

45,5′ Rheostatenstand 132 Centimeter

48′ „ 151 „

Nach Durchschneidung des Markes in der Höhe des VII. Wirbels (unterer Rand desselben).

48,5′ Rheostatenstand 137 Centimeter

50′ „ 149 „

Nach Durchschneidung des plexus ischiadicus:

50,5′ Rheostatenstand 160 Centimeter.

So auffallend diese Ergebnisse scheinen mögen, so stehen sie doch durchaus in keinem Widerspruch mit irgend einer der bekannten physikalischen, physiologischen oder pathologischen Erscheinung, wenn man sich eine Anwendung auf die Nerventhätigkeit höherer Wirbelthiere und des Menschen erlauben will.

Die Uebereinstimmung mit den physikalischen Ergebnissen, welche die Untersuchung tetanisirter Nerven in Beziehung auf ihr elektromotorisches Verhalten ergeben haben, ist schon hervorgehoben worden.

Man weiss ferner, dass Durchschneidung der hinteren Wurzeln mit einer Behinderung in der Beweglichkeit, mit einer Unsicherheit und Schwerfälligkeit der Bewegung verbunden ist, was man auf Rechnung des aufgehobenen Muskel-Gefühles, vermittelt durch die sensiblen Wurzeln, gebracht hat. Es mag diese Erklärung immerhin nebenbei ein

gewisses Recht behalten, wenn es, was zu bezweifeln ist, nicht gelingen wird, die rein sensiblen Fasern der Wurzeln von denen zu trennen, welche in der oben angegebenen Weise functioniren, um je an diesen beiden Gruppen für sich zu experimentiren.

Man kennt ferner pathologische Fälle bei Menschen, in welchen die Beweglichkeit der Glieder zwar nicht aufgehoben, aber sehr beeinträchtigt ist, in welchen sie dem Willen nur schwer gehorchen, und durch seinen Impuls oft viel heftiger bewegt werden, als beabsichtigt ist: jene eigenthümlichen, schleudernden Bewegungen, welche man in gewissen Stadien der tabes dorsalis besonders auffallend an den Beinen der Kranken beobachten kann. Auch dabei ist meist eine gleichzeitige Beeinträchtigung oder Vernichtung der Empfindung anzutreffen, was mit den Ergebnissen unserer Versuche in Einklang zu bringen, aber in etwas anderer Weise zu erklären ist.

Es blieb noch zu untersuchen, von welchen Erfolgen die Durchschneidung der vorderen Wurzeln begleitet ist.

Um diesen Versuch in ähnlicher Weise auszuführen wie an den hinteren Wurzeln, muss der Apparat anders aufgestellt werden, nämlich so, dass die stromzuführende Vorrichtung unten, das mit dem Rücken aufliegende Thier auf seinem Brett oben zu stehen kommt, weil man ausserdem nicht mit der gehörigen Sicherheit an den vorderen Wurzeln operiren könnte.

Sind die Eingeweide entfernt, die Wirbelkörper aufgebrochen, und ist das Glashäckchen unter die sämmtlichen motorischen Wurzeln des einen Schenkelnerv geschoben, so wird das Thier vorsichtig auf den Rücken gelegt befestigt, das Stativ umgekehrt aufgestellt, der Schenkelnerv wie gewöhnlich aufgesucht, freigelegt und in dem Halter eingeschlossen. Das Stativ wird hierauf wieder in seine alte Lage gebracht, wobei

aber, wie oben erwähnt, der Tisch mit dem Thiere oben, die stromzuführende Vorrichtung unten ist.

Man reizt zuerst, ehe die Wurzeln durchschnitten sind, dann nach der Durchschneidung, und beobachtet von Zeit zu Zeit die erforderlichen Rheostatenstände. Ich setze ein Beispiel hieher.

Bei unversehrten vorderen und hinteren Wurzeln

Zeit: 5^h 9′ Rheostatenstand: 105.

Nach Durchschneidung sämmtlicher vorderer Wurzeln

Zeit	Rheostatenstand	Zeit	Rheostatenstand
9,5′	141	18′	150
11′	148	20′	150
14′	148	23′	152
16′	150		

Man sieht, dass die Reizbarkeit des gemischten Nervenstammes nach Durchschneidung der vorderen Wurzeln steigt, und zwar zunehmend mit der Zeit, wie umgekehrt dieselbe mit der Zeit zunehmend fällt nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln.

So also sind es zwei entgegengesetzt gerichtete Kräfte, welche von den Centralorganen aus längs den Bahnen von Fasern der vorderen und hinteren Rückenmarkswurzeln auf die Muskeln wirken, um den Grad der Leichtigkeit zu bestimmen, mit welchem ein den gemischten Nervenstamm treffender Reiz das Gleichgewicht der Kräfte zu stören im Stande ist, welches herrscht, so lange der Muskel in Ruhe ist.

Man sieht aber, dass die Störung des Gleichgewichtes *erschwert* wird durch diejenige Kraft der Centralorgane, welche längs der *vorderen* Wurzeln wirkt, während diese Störung *erleichtert* wird durch eine entgegengesetzt wirkende Kraft, welche auf der Bahn der *hinteren* Wurzeln sich fortpflanzt. Denn im ersten Fall steigert sich der Effekt der

Reizung (wie wir uns jetzt auch ausdrücken können, wenn wir uns den Rheostatenstand immer gleich erhalten und die Kraft der Contraction des Muskels gemessen denken), so wie jene hemmende Kraft der Centralorgane entfernt ist; im anderen Fall mindert sich der Effekt der Reizung durch Beseitigung desjenigen Centralorganes, welches dem anderen im normalen Zustand das Gleichgewicht hält, oder wenn man sich lieber anders ausdrücken will, welches den Eintritt jener Gleichgewichts-Störung zu befördern sucht.

Auch dieses Bild der entgegenkämpfenden Wechselwirkungen der Nervenkräfte unter Vermittlung von Centralorganen ist an sich kein neues, sondern nur auf diesem Schauplatz unerwartet; denn unter wenig veränderter Form ist es uns bei der näheren Erkenntniss der Nerventhätigkeit im Herzen schon seit längerer Zeit geläufig geworden.

Wo die centralen Punkte zu suchen sind, in den Vorder- und Hintersträngen des Rückenmarkes oder wo sonst, möchte bei unseren kleinen Amphibien wohl schwer zu ermitteln seyn. Ich habe es schon desshalb unterlassen, darnach zu suchen, noch mehr aber, weil ich mich nicht zu weit von dem nächsten Ziel meiner Untersuchung entfernen wollte.

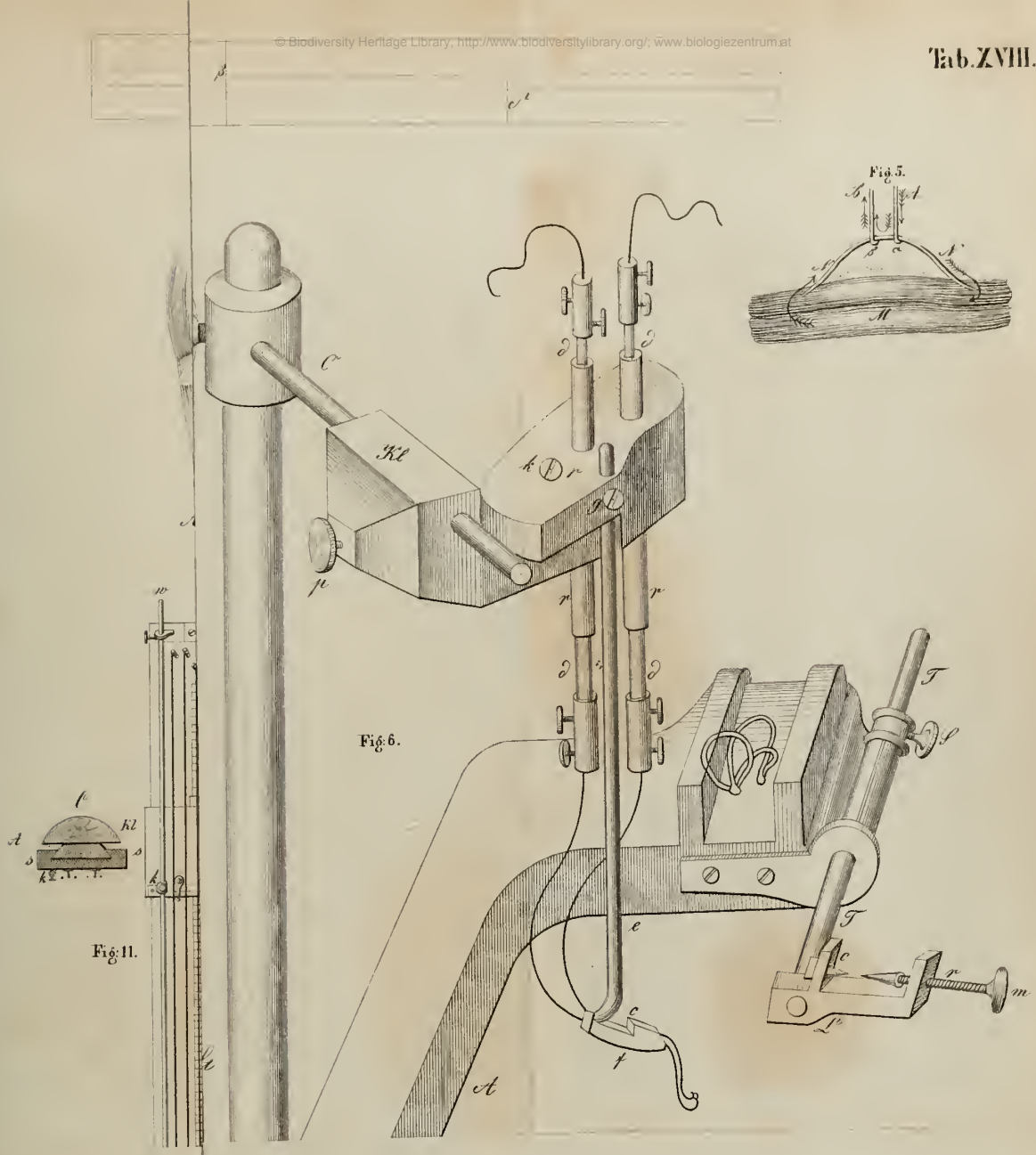
Bemerken muss ich noch, dass alle diese Versuche in den Monaten Februar und März angestellt wurden, und dass im Ganzen nicht weniger als 42 Thiere zu den aufgezeichneten Versuchen verwendet wurden. Das, was ich für die weitere Erforschung des einfachen Reizversuches am galvanischen Präparat wissen wollte, hatte ich erfahren, und damit meinen nächsten Zweck erreicht.

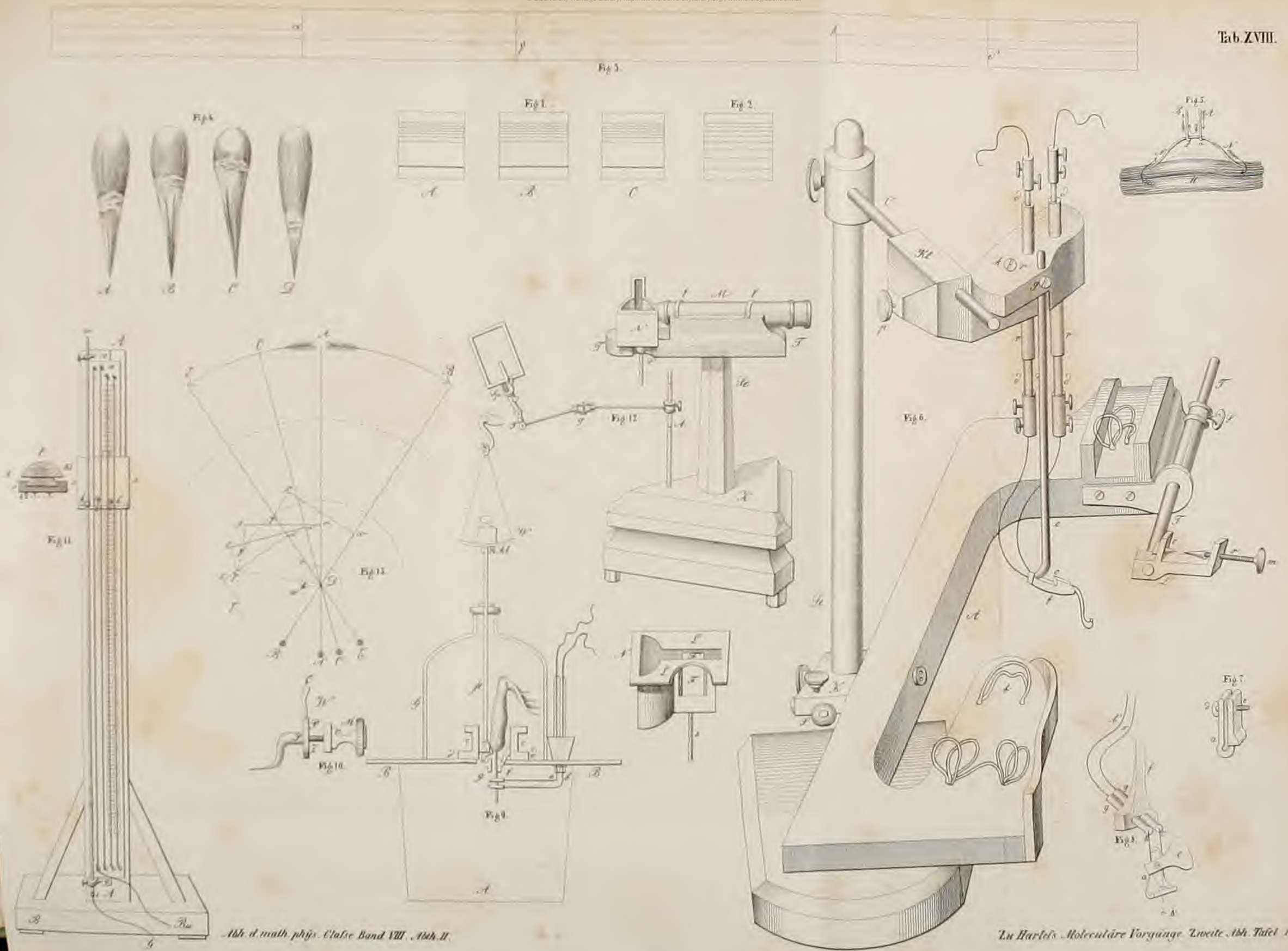
Freilich sehen wir jetzt das ganze Phänomen der Zuckung statt in der Zahl seiner Bedingungen vereinfacht, noch verwickelter geworden; aber wir haben auch einerseits Mittel gewonnen, uns von manchen Erscheinungen Rechenschaft zu geben, welche bisher in dem Chaos von

widersprechenden Thatsachen nicht enträthselt werden konnten, andererseits haben wir die Gränzen kennen gelernt, innerhalb welcher numerische Grundbestimmungen des galvanischen Fundamental-Versuches absolute Gültigkeit gewinnen können, und darüber musste man zuerst in's Klare kommen, wollte man nicht einem blinden Spiel von Zufälligkeiten ausgesetzt bleiben.

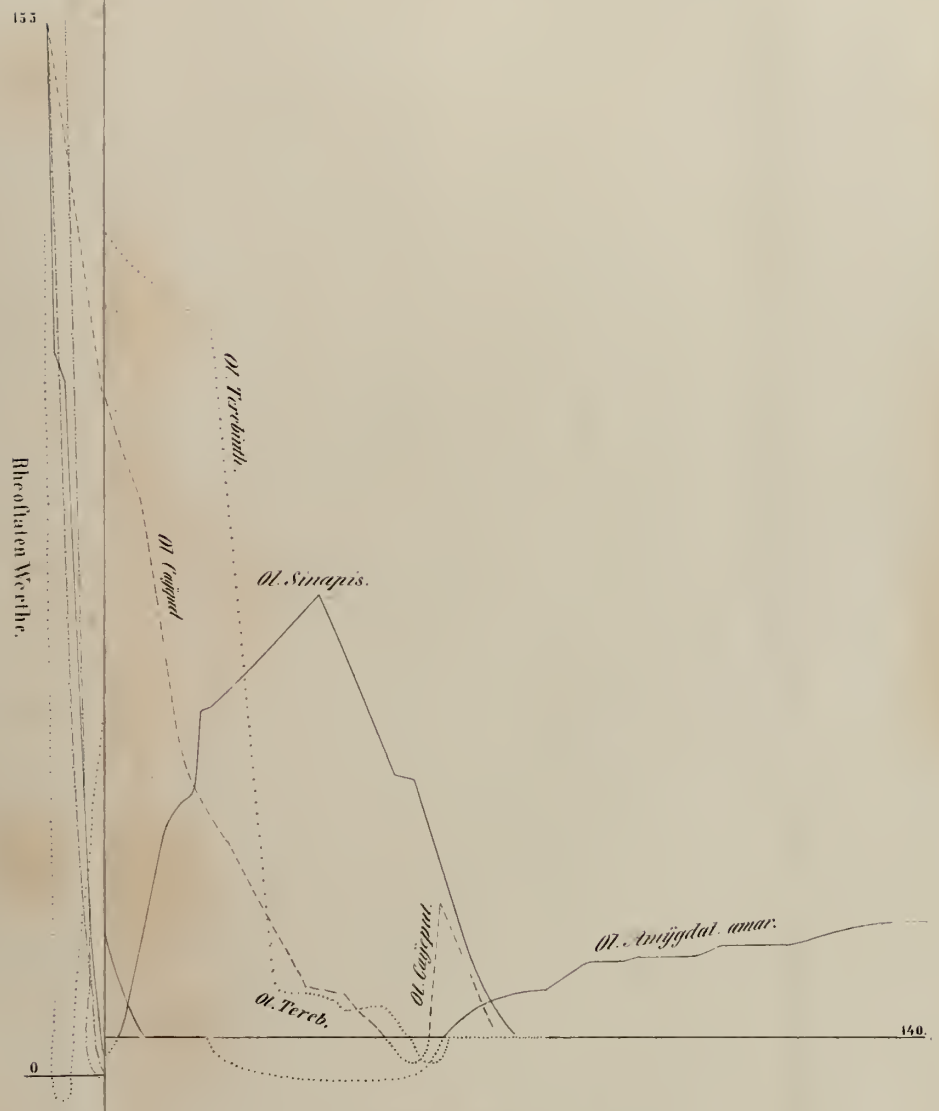
Wir wissen jetzt, dass wir den isolirten Nerv des galvanischen Präparates unter dem combinirten Einfluss sehr verwickelter Vorgänge in einem Zustand für die weitere Untersuchung zur Hand bekommen, welcher in zwei Fällen sicher nicht genau gleich ist. Es muss sich zeigen, ob es gelingt, für wenigstens je zwei Versuche diese Unterschiede auszugleichen, oder willkührlich eingeführten weiteren Bedingungen gegenüber verschwindend klein zu machen.

Mit der Erkenntniss der Differenz zwischen dem isolirten und dem mit dem Gesammt-Organismus noch zusammenhängenden Nerv kann die Untersuchung über die willkührlich variablen Bedingungen bei der galvanischen Reizung in seiner doppelten Beziehung, der physiologischen und physikalischen, begonnen werden, denn aus dem Maass der Compensation dieser beiden resultirt schliesslich das Maas des Effektes, welcher durch die Reizung herbeigeführt wird. Diess zu entwickeln, bleibe der nächsten Abhandlung vorbehalten.





Aether. Oele, deren Dämpfe die Reizbarkeit der Nerven schnell, aber nicht unwiederbringlich aufheben.



Zu Harless, Moleculäre Vorgänge. Zweite Abh. Tafel 2.

Abh. d

Aether. Oele, deren Dämpfe die Reizbarkeit der Nerven schnell für immer vernichten.

Aether. Oele, deren Dämpfe die Reizbarkeit der Nerven schnell, aber nicht unwiederbringlich, aufheben.