

Die
M u s k e l i r r i t a b i l i t ä t .

Von

Dr. E. Harless,

Privatdocenten an der k. Ludwig-Maximilians-Universität
zu München.



Die Muskelirritabilität.

Von

Dr. E. Harless,

Privatdocenten an der k. Ludwig-Maximilians-Universität
zu München.

Die Frage, um welche es sich hier handelt, ist die: „Kann Zusammenziehung willkürlicher Muskeln nur auf Anlass der in ihnen sich verzweigenden Nerven eintreten, oder können Contractionen in ihnen direct auch von anderen Reizen hervorgerufen werden ohne Vermittlung der Nerven?“ Bei der Beantwortung physiologischer Fragen sollte man nie die Erwägung an die Spitze stellen, was durch diese oder jene Lösung des Problems theoretisch gewonnen wird; gleichwohl kann ich nicht umhin, gerade hier diesen Grundsatz aufzugeben und vor Allem zu untersuchen, welche Vortheile für die Theorie der Lebenserscheinungen aus der einen und aus der entgegengesetzten Beantwortung jener Frage entspringen. Es wird dies gerechtfertigt erscheinen, wenn man bedenkt, dass bis jetzt schlagende Beweise für die Entscheidung gefehlt haben, dass die Beleuchtung dieses Problems stets mehr theoretisch als experimentell versucht wurde. Hat es auch nicht an Experimenten gefehlt, so wurde ihre Stichhaltigkeit entweder von der Kritik oder den Experimentatoren selbst in Zweifel gezogen, so dass bis jetzt an eine definitive Lösung der Frage nicht zu denken war. Die Frage selbst

hat aber neben dem physiologischen zugleich ein historisches Interesse, denn sie wurde zuerst von dem unsterblichen Haller angeregt, welcher den Muskeln neben „der todten und der nervigten“ noch eine „angeborene“ ihnen eigenthümliche Kraft, die „Irritabilität“ zugeschrieben hat. Haller sah in dem spät nach dem Tode noch auftretenden Zucken der Muskeln, in den rhythmischen Pulsationen des ausgeschnittenen Herzens, in den fortdauernden peristaltischen Bewegungen des aus dem Thiere entfernten Darmes, in den Bewegungen nervenloser Pflanzentheile die Beweise für jene eigenthümliche Contractionskraft, die unabhängig vom Willen, unabhängig von der Thätigkeit der Nerven schien.

Als die genauere mikroskopische Analyse der Muskeln überall, selbst in den feinsten Fibrillen noch Nervenprimitivfasern auffand, als man einsah, dass es unmöglich ist, von jeder Nervenfaser die Muskelbündelchen zu befreien und auf sie allein Reize wirken lassen zu können, welche nicht zugleich auch jene trafen, zweifelte man an der Existenz einer Muskelirritabilität im Sinne Haller's und traute der Muskel-Substanz an sich nicht mehr die Eigenschaft zu, sich ohne Vermittlung der Nerven auf äussere Reize zu contrahiren. Da alle Experimente, welche man darüber anstellte, weder unumstösslich beweisen konnten, dass eine Muskelirritabilität besteht, noch dass sie nicht besteht, so mussten für oder gegen ihre Annahme theoretische Gründe vorhanden seyn.

Prüfen wir zuerst, welche theoretische Vorthelle ihre Annahme und dann ihre Verwerfung für die allgemeine Anschauungsweise der Lebensprozesse bietet.

Je weniger wir von dem Nervenagens wissen, je geheimnissvoller die Wirkungen dieser allenthalben sich ausbreitenden Fasern sind, je dunkler die letzte Verzweigung und der endliche Verlauf

derselben innerhalb der verschiedenen Organe, um so grösser dünkt uns der Spielraum der Kräfte, welche in ihnen wirken, um so mehr glauben wir ihnen zutrauen zu dürfen, um Effecte hervorzurufen, welche ohne sie unmöglich scheinen. Gordische Knoten, welche durch die Verwicklung organischer Processe geschürzt sind, glauben wir mit einem Schwertschlag gelöst zu haben, wenn wir sie auf Rechnung der Nervenkraft zu bringen wissen. Leider, dass wir dabei eine unbekannte Grösse mit einer zweiten in eine Gleichung bringen, welche vor der andern nichts voraus hat, als eine etwas elegantere Form, aufgeputzt mit dem vielsagenden Wort dynamisch oder specifisch, animalisch und dergl. Wie eine plötzliche Verückung der feinsten Elemente eines Muskels, wie ihre Aneinanderlagerung mit einemmal eine ganz andere werden könne, sobald eine Einwirkung sie trifft, welche alle anderen Gewebe oder alle Körper der todten Natur nicht auf irgend wahrnehmbare Weise aus ihrer Ruhe stören kann, scheint ohne Vermittlung ganz eigenthümlicher Kräfte nicht glaublich, und wem könnte man diese Funktion besser zutrauen, als den in ihnen sich verbreitenden Nerven, die man sogar geschickt genug hält, die Gedanken an ihre allmächtige Kraft zu produciren. Fragt man freilich nach dem „Wie“, so wird das ganze Phänomen nicht erklärlicher, als wenn man ihre Vermittlung nicht beansprucht. Niemand hat noch Molekularbewegung in den Nerven gefunden, Niemand hat noch Bewegungen in ihnen bei ihrer heftigsten Erregung nachweisen können: also durch ruhende Körper wird ein beweglicher in Bewegung gebracht. Die Analogie, welche man zwischen Nervenagens und Elektrizität lange Zeit festhielt, half über diese Schwierigkeiten der Erklärung hinweg, nur fehlte der Beweis der Analogie, und könnte er geführt werden, so müsste man, je stringenter er ausfiel, um so mehr überzeugt seyn, dass Elektrizität eben auch unmittelbar Muskelcontractionen hervorrufen kann, wenn sie die Rolle ihrer analogen Nervenkraft übernimmt. Glauben wir daher, dass die Fähigkeit der Muskeln eine Eigen-

schaft ihrer Substanz ist, welche sich äussert, wenn die Bedingungen zu ihrer Aeusserung überhaupt gegeben sind, und dass solcher Bedingungen mehrere seyn können, sowohl Nerveneinfluss, als Elektrizität, als Wärme etc., so haben wir den Vorthail bei der Beurtheilung des ganzen Phänomens, dass wir dasselbe als Resultat zweier Prämissen betrachten können, die logisch zu jeder Hervorrufung eines Effects gefordert werden. Das eine ist die Irritabilität der Muskeln, das andere der Reiz, welcher von den Nerven ausgehen kann, aber nicht muss, sondern welcher von andern Agentien ebenso gut ersetzt werden kann. Wir ersparen dadurch eine sonst nothwendige Erklärung; nämlich die, dass der Nerv durch seine Thätigkeit erst die Fähigkeit der Muskeln: sich zusammenziehen, erzeugt, und gewinnen damit einen Anhaltspunkt für die Untersuchung der Nervenaction, wenn wir sie hiebei in Eine Kategorie mit bekannteren physikalischen Kräften treten sehen. So scheinen wir jedoch die Schwierigkeit der Erklärung von dem Nerven weggewälzt zu haben, um sie der Irritabilitätslehre aufzubürden; denn wenn wir die selbstständige Contractilität der Muskeln als eine Lebeenseigenschaft derselben hinstellen, so sind wir der Einsicht in den ganzen Process der Bewegung noch um keinen Schritt näher. Wir hätten jetzt, anstatt zu beweisen, wie die Muskeln durch die Nerven contractil werden, darzuthun, wie das Leben ihnen diese Eigenschaft verleihen kann; und wenig scheint gewonnen, wenn wir statt der Nervenkraft jetzt die Lebenskraft als Expediens bei der Erklärung figuriren lassen. Gleichwohl dünkt uns die Aufgabe dadurch etwas einfacher geworden. Unter der Lebenskraft verstehen wir den idealen weiter nicht mehr zu verfolgenden Grund der Verkettung verschiedener auf einander mit ihren ein für allemal in sie gelegten Gesetzen wirkender Substanzen, in deren Folge die Lebenserscheinungen auftreten.

So wird durch denselben Grund der anatomischen Anordnung

gewisser Elemente ein Mechanismus hergestellt, welcher, so lange er im Verband aller der weiteren Bedingungen, welche im lebenden Organismus stattfinden, bleibt, als Effect die Zusammenziehung in Folge äusserer Reize besitzt. So ist denn die Muskelcontraction, welche in Folge der Nerveneinwirkung auftritt, nicht mehr ein isolirt dastehendes Factum, sondern kann parallelisirt werden mit der, welche auf Application der Elektroden entsteht oder der, welche andere physikalische bekanntere Kräfte hervorrufen, und wir sind dadurch der Lösung des Räthsels um einen Schritt näher; denn „in den Naturwissenschaften bestehen Räthsel nur so lange, als es uns nicht gelingt, sie einer Klasse von Erscheinungen anzureihen, die wir bereits kennen“ (Bischoff)*). Dass dadurch gleichzeitig die Nervenkraft einen Theil ihres geheimnissvollen Wesens verliert, können wir für keinen Nachtheil halten, denn wenn sich dadurch beweisen lässt, dass sie eben auch mechanisch auf einen Mechanismus wirkt, so liegt darin nur ein weiterer Beweis der Harmonie der Weltordnung, in welcher, ohne neue sonst nirgends geltende Kräfte ins Spiel zu setzen, die überall herrschenden im Organismus ebenfalls in Anwendung gebracht sind, um Effecte zu erzielen, welche sonst nicht auftreten, und die nur durch die weiseste Berechnung aller gegen einander abgewogenen Substanzen und deren Eigenschaften hervorzurufen waren.

Statuiren wir nun, auf dieses Raisonnement fussend, eine den Muskeln eigene, von den Nerven nicht mehr als von anderen physikalischen Bedingungen abhängige Contractilität, so haben wir noch einem teleologischen Einwand zu begegnen, welcher neuerdings mündlich von E. Weber gegen diese Ansicht erhoben wurde.

Dieser Einwand besteht darin, dass man es für unwahrschein-

*) Müller's Archiv 1847, pag. 426.

lich und für den Zweck der Muskelbewegung gefährlich erachtet, dass eine so wichtige Function durch beliebige Einflüsse hervorgerufen werden könnte, dass sie also nicht ausschliesslich im Dienst der Nerven stehen sollte. Ich glaube nicht ohne einiges Recht darauf antworten zu dürfen, dass ein ähnliches Verhältniss sich bei vielen anderen Organen nachweisen lässt. Die Retina z. B. ist dazu bestimmt Lichteindrücke aufzunehmen und so Lichtempfindung zu vermitteln. Das Licht ist für sie der adäquate Reiz wie für den Muskel der Nerv. Gleichwohl entstehen Lichteindrücke durch alle möglichen anderen Reize, welche die Retina treffen. Wäre Lichtempfindung zu vermitteln ihr ausschliesslicher Zweck und zwar so, dass diese wirklich nur äussere Lichteindrücke dem Sensorium zuführen sollte, so müssten Vorkehrungen getroffen seyn, dass die Retina eben von weiter nichts als von Licht afficirt werden könnte. Dass diess im normalen Zustand auch wirklich blos geschehe, dafür sind allerdings die zweckmässigsten Anstalten getroffen, nicht aber im Bau der Netzhaut oder in der Leitungsfähigkeit des Opticus, sondern in der Anordnung der umgebenden Apparate.

Ebenso verhält es sich bei den Muskeln, um sie anderen als von den Nerven herrührenden Einflüssen möglichst zu entziehen. Um zu verhüten, dass sie von verschiedenen äusseren Einflüssen zum Schaden des Organismus afficirt werden, sind sie möglichst verwahrt durch luftdicht schliessende, die Elektrizität schlecht leitende Häute, durch Fettpolster, durch eigene Elasticität, wodurch sie von mechanischen Einwirkungen geschützt werden.

Wir haben demnach keinen Grund anzunehmen, dass die Muskeln mit ihrer Reizbarkeit vor der Erregung durch mannichfache äussere Einflüsse mehr oder anders geschützt seyn sollten, als die Nerven mit ihrer Erregbarkeit. Dass sie im normalen Zustand und für gewöhnlich allerdings fast ausschliesslich unter den regulirenden

Einflüssen des Nervensystems stehen, und dass dabei andere störende Einwirkungen möglichst eliminirt sind, dafür ist nicht durch die unzertrennliche Verkettung von Contractilität und Nervenkraft, sondern durch weitere mechanische Anordnung gesorgt, nach deren Zerstörung verschiedene andere Einflüsse ebenso gut wie die Nerven-thätigkeit Zuckungen hervorrufen können.

Verwerfen wir a priori die Irritabilität, so haben wir die ganze Last des Beweises auf uns, wie die Contractionsfähigkeit in den Muskeln durch die Nervenkraft erzeugt werden kann, und wir gewinnen nichts, als dass wir den Nerven eine weitere geheimnissvolle Wirkung zutrauen, deren Art und Grund wir anzugeben bis jetzt noch schuldig bleiben müssen. Zugestehen können wir immerhin, dass für den lebenden Organismus die Nervenkraft für die Contractilität der Muskeln nothwendig ist, nicht aber deswegen, weil jene diese unmittelbar erzeugt, sondern weil sie zu den allgemeinen Lebensbedingungen der Muskeln gehört, nach deren Entziehung die Muskelsubstanz so verändert wird, dass sie zu Contraktionen unfähig ist. Kann diese Entziehung rasch genug geschehen, so ist es möglich die Existenz einer Irritabilität nachzuweisen, welche an sich auch ohne die Nerven noch bestehen wird, wie so manche andere Function des Organismus, bei welcher ebenfalls nicht alle Bedingungen ihres Eintritts gleichzeitig, sondern nur theilweise abgeschnitten sind.

Ehe ich an die Mittheilung der Experimente gehe, welche definitiv jene an die Spitze gestellte Frage zu lösen im Stande sind, will ich noch einige Beobachtungen anführen, welche zuerst mich auf die Annahme einer Irritabilität gebracht haben. Diese Beobachtungen haben mehr den Zweck, auf eine interessante Erscheinung aufmerksam zu machen und zu weiteren Untersuchungen aufzufor-

dern, als zum directen Beweis der Existenz einer Irritabilität zu dienen.

Durch die Berichte über die Cholera in Prag 1836 auf die länger nach dem Tode andauernde Beweglichkeit der Iris aufmerksam gemacht, unternahm ich an einer grossen Anzahl von Leichen Messungen ihrer Pupillen zu verschiedenen Zeiten nach dem Tode. Sämmtliche Untersuchungen wurden im Winter 1845 angestellt, wobei sich die Leichen in einem Gewölbe bei ziemlich gleichbleibender Temperatur befanden.

Von den vielen Beobachtungen führe ich hier nur solche an, welche am entschiedensten waren, und die grössten Durchmesser-
verschiedenheiten der Pupillaröffnung vor und nach den Versuchen zeigten, wo also am wenigsten eine Irrung bei der an sich schwierigen Messung der Pupille durch die Cornea hindurch im Spiel seyn konnte.

1) An einem 48jährigen an *Morbus Brightii* früh 5 Uhr gestorbenen Mann.

Das linke Auge war geschlossen, das rechte offen.

Um 7 Uhr Morg. mass die Pupille d. rechten 3, die d. linken 3 Mill.

„ 8 $\frac{3}{4}$	„	„	„	„	4 $\frac{1}{2}$	„	5 $\frac{3}{4}$ „
„ 11 $\frac{1}{4}$	„	„	„	„	4 $\frac{1}{4}$	„	5 $\frac{1}{4}$ „
„ 1 $\frac{3}{4}$ Uhr Nachmittag	„	„	„	„	4 $\frac{1}{4}$	„	5 $\frac{1}{4}$ „
„ 8 „ d. andern Tags	„	„	„	„	2	„	4 $\frac{1}{4}$ „

2) An einer 26jährigen an *Peritonitis puerperalis* früh 5 Uhr verstorbenen Frau.

Das linke Auge war mit einem Heftpflasterstreifen offen gehalten, das rechte geschlossen.

Um 8 Uhr früh mass d. Pupille d. rechten 6, die d. link. Aug. 6 Mill.

„ 10	„	„	„	„	6	„	„	6	„
„ 11 $\frac{1}{4}$	„	„	„	„	6 $\frac{1}{4}$	„	„	5	„
„ 12 $\frac{3}{4}$	„	„	„	„	6 $\frac{1}{4}$	„	„	3 $\frac{3}{4}$	„

Nun wurde das linke Auge geschlossen und das rechte offen gehalten.

Um 2 $\frac{1}{2}$ Nachm. mass d. Pupille rechts 5, d. Pup. links 5 $\frac{1}{4}$ Mill.

„ 5 $\frac{1}{4}$	„	„	„	„	4	„	„	5	„
-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

3) An einem 30jährigen an *Peritonitis* um 3 Uhr früh verstorbenen weiblichen Individuum.

Das linke Auge war geschlossen, das rechte offen.

Um 8 Uhr früh mass die Pup. rechts 7, die Pup. links 7 Mill.

„ 9 $\frac{1}{4}$	„	„	„	„	6	„	„	7	„
„ 6 Uhr Nachmittag	„	„	„	„	5	„	„	7 $\frac{1}{4}$	„
„ 8 „ des andern Morg.	„	„	„	„	4 $\frac{3}{4}$	„	„	7 $\frac{1}{4}$	„
„ 9 $\frac{1}{2}$ „	„	„	„	„	4 $\frac{1}{2}$	„	„	6 $\frac{1}{4}$	„

Zwischen 8 und 9 Uhr war der Leichnam in den helleren Sectionssaal gebracht.

So waren also Veränderungen der Durchmesser an den Pupillen noch 30 Stunden nach dem Tode bemerkbar, die offenbar mit Lichtwirkungen auf das Gewebe der Iris im Zusammenhang standen. An eine Wirkung der Nerven konnte nicht mehr gedacht werden,

was indessen experimentell ebenfalls an frisch extirpirten Augäpfeln des Schweins nachgewiesen wurde. Die Beweglichkeit der Iris im Leben rührt bekanntlich von einer Reflexwirkung der gereizten Retina auf die motorischen Irisnerven her. Reflexbewegungen sind aber ohne Gegenwart eines Centralorganes undenkbar. Wenn nun nach dessen Entfernung gleichwohl Verengerungen und Erweiterungen der Pupille auf Lichtreize eintreffen, so können diese nur durch unmittelbare Einwirkung auf die contractilen Fasern oder auf deren Nerven direct hervorgerufen werden. Erregbarkeit der Nerven wird man nach 20 Stunden wohl schwerlich mehr bei warmblütigen Thieren oder dem Menschen statuiren wollen, und so kommt die Erscheinung allein auf Rechnung der durch das Licht sich zusammenziehenden Fasern der Iris. Dass die ganze Erscheinung nicht von etwaiger Verdunstung abhängig war, lässt sich aus folgender Versuchsreihe ersehen.

Vier ganz frisch extirpirte Schweinsaugen hatten einen Pupillendurchmesser von 11 Mill., welchen sie bis 5 Uhr Abends beibehielten, bis um welche Zeit sie im Dunkeln standen. Nun wurden sie sämmtlich unter Glasglocken gebracht, die mit Wasserdampf erfüllt waren:

Die Beleuchtung war künstliches sehr intensives Licht.	Das I. unter eine weisse Glocke, das Centrum war im Focus einer Linse.	Das II. unter eine blaue.	Das III. unter eine weisse.	Das IV. unter eine rothe Gl.
	um 8 U. Abends 10 Mill.	11 1/2 Mill.	11 Mill.	9 Mill.
	9 „ 9 „	12 „	12 „	9 „
	8 U. früh 5 „	10 „	10 „	5 1/2 Mill.
	11 „ 5 „	10 „	7 „	4 „
	5 U. Nachm. 4 „	8 „	6 „	3 „

Ohne auf die andern Resultate ein Gewicht zu legen, welche bei diesem Experiment noch unklar blieben, beweist dasselbe nur,

dass die Verengung der Pupille in keinem Zusammenhange mit der Verdampfung steht, welche bei allen 4 Augen gleich, nämlich Null war.

J. Müller machte mir, als ich ihm diese Versuche mittheilte, die Bemerkung, dass es ihm habe scheinen wollen, als zuckten manchmal die bloßgelegten Muskeln eines Frosches sehr lebhaft, wenn plötzlich ein Sonnenstrahl auf sie fiel, und veranlasste mich, die Wirkung eines intensiven Lichtes auf die Muskeln zu untersuchen. Ich stellte die Versuche bei künstlicher Beleuchtung an und brauchte die Vorsicht, das Präparat hinter einer ganz dünnen Schicht Frauenglas zu fixiren, um die Effecte der Wärme fern zu halten. Bis jetzt konnte ich jedoch bei den willkürlichen Muskeln zu keinem entscheidenden Versuch kommen, obgleich ich sehr empfindliche Apparate construirte, welche mir die kleinsten Contractionen hätten zeigen müssen.

Es scheint also bis jetzt das Gewebe der Iris allein für Licht- einflüsse empfindlich. Die Reaction dieses Gebildes ist aber im lebenden Zustande eine ganz andere als nach dem Tode. Im ersten Fall nämlich tritt sie plötzlich ein und geht parallel den verschiedensten Schwankungen der Lichtintensität, im zweiten Fall zeigt sich ein merklicher Unterschied im Durchmesser der Pupille im besten Fall erst nach $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Stunde. Es ist denkbar, dass bei langanhaltendem intensivem Licht die selbstständige Zusammenziehung der Iris die Thätigkeit der Nerven ablöst und dadurch an Sicherheit in der Accommodation des Diaphragma's in Beziehung auf die Intensität der Lichtquelle gewonnen wird.

War ich durch diese Versuche auch ziemlich überzeugt, dass das Gewebe der Iris eine Contractilität besitzt, welche es auch ohne Vermittlung der Nerven äussern kann, wenn es wie in diesem

Fall von einem Lichtreiz getroffen wird, so konnte ich darauf hin nicht unmittelbar auf ein gleiches Verhalten der anderen muskulösen Gebilde schliessen. Experimente, welche ich bei der Untersuchung der Wirkung der Schwefelätherinhalation anstellte, mussten mich zu der Annahme führen, dass die Muskeln überhaupt auch ohne Nerven-einfluss durch andere Reize, z. B. elektrische Ströme, zu Contractionen bestimmt werden können. Ehe ich zur Beschreibung dieser und meiner neueren Versuche übergehe, eine historische Erinnerung, wie die Sache vor der Veröffentlichung meiner Experimente lag. Drei Vertheidiger der Muskelirritabilität sind im Jahre 1841 aufgetreten und haben Untersuchungen bekannt gemacht, durch welche sie zu beweisen suchten, dass nach dem Tod der Nerven in den noch lebendigen Muskeln Contractionen durch fremde Reize hervorgerufen werden können. Es waren dies Stannius, Reid und Longet*). Die Versuche gehen darauf hinaus, dass Nervenstämme durchschnitten, die Schnittländer zur Verhütung der Regeneration von einander entfernt gehalten werden, worauf die Nerven absterben und nun die Muskelsubstanz so gleichsam von ihren Nerven isolirt verschiedenen Reizen ausgesetzt werden kann. Bei diesen Versuchen werden zunächst bloss die grösseren Stämme in ihrem Zusammenhang gestört, sie allein trifft hier die mechanische Schädlichkeit; gleichzeitig aber werden viele sympathische Fasern durchschnitten, welche die normale Ernährung der Muskeln unterhalten.

Es ist nun durch Versuche bewiesen, dass bei durchschnittenen Nerven der Tod derselben allmählig von den Stämmen aus gegen die Peripherie hin fortschreitet; wann er aber in den letzten mikroskopischen Endigungen der Nerven eingetreten ist, diesen Zeitpunkt kann man niemals mit Bestimmtheit angeben, und darauf kommt

*) Froriep's Notizen 1841, Nr. 418 p. 337, Valentin's Repertorium 1832. p. 416 ff.

doch alles an, wenn die Experimente Beweiskraft haben sollen. Diese Einwürfe wurden von Valentin*) und Bischoff**) gegen Stannius erhoben und können auch durch dessen kürzlich mitgetheilte weitere Versuche nicht beseitigt erscheinen.

Da ich diese Zweifel gegen die Beweiskraft jener Experimente theilte, so freute es mich bei den Untersuchungen über die Wirkung des Schwefeläthers von Resultaten überrascht worden zu seyn, welche die Frage auf genügende Weise zu lösen schienen. Da aber gegen meine Beweisführung, ja selbst gegen die Richtigkeit der Beobachtung von namhaften Autoritäten (R. Wagner, Stannius, mündlichen Nachrichten zufolge Henle) Bedenken erhoben wurde, so musste mir vor allem daran liegen, mich selbst zu überzeugen, ob ich mich nicht getäuscht hatte, und zweitens womöglich mit Experimenten den theoretischen Einwürfen zu begegnen, um so die ob-schwebende Frage zur definitiven Lösung zu bringen.

Zuerst stellte ich die Versuche ganz auf dieselbe Weise an, wie früher. Hatte ich damals sachverständige Augenzeugen genng, welche die Resultate bestätigen konnten, so stellte ich diesmal die Versuche sehr häufig in Gegenwart meiner Zuhörer und mehrer Collegen an, so dass über die Richtigkeit der Beobachtung nicht der geringste Zweifel seyn kann.

Es wurden die Thiere in grössere oder kleinere Kästen gebracht, welche entweder ganz von Glas oder mit einer Glasthüre verschlossen waren. In der einen Wand befand sich eine Oeffnung, in die der Hals einer Retorte einpasste, welche halb mit Aether ge-

*) Valentin's Repertor. 1842. p. 416.

**) Müller's Archiv 1842. p. XCIV.

folgt war. Unter das Niveau des Aethers ragte durch den Tubulus der Retorte ein gekrümmtes Bleirohr, das mit einem Blasbalg in Verbindung stand, durch welchen atmosphärische Luft in den Kasten durch den Aether hindurch gebracht werden konnte, wobei also eine Mischung der Luft mit Aetherdampf den Thieren zur Athmung geboten wurde. Aus einer Oeffnung in der gegenüberstehenden Wand konnten die ausgeathmete $\ddot{C}$ und der überflüssige Aetherdampf entweichen, so dass die Thiere eine stets erneuerte mit Aetherdampf geschwängerte Luft athmeten.

Je nach der Gattungs- oder individuellen Verschiedenheit der Thiere tritt nach einer gewissen Zeit Sopor ein, welcher sich so weit steigern lässt, dass auch nicht die geringste Spur einer Reflexbewegung, z. B. bei Fröschen auf Reizung der Schwimmbaut mit Essigsäure, mehr eintritt, oder dass wie bei Säugthieren ein sehr heftiger Inductionsstrom quer durch den Kopf geleitet nicht die geringsten Zuckungen in den oberen oder unteren Extremitäten hervorzurufen im Stande ist. Dieser Zeitpunkt muss abgewartet werden, wenn die jetzt zu erwähnenden Erscheinungen eintreten sollen. Geschieht dies nicht, so bekommt man freilich ganz abweichende Resultate. Im andern Falle kann man aber sehr starke Ströme durch das Rückenmark oder durch blosgelegte isolirte Nervenplexus leiten, ohne dass in den von ihnen versorgten Muskeln auch nur die geringste Zuckung auftritt, die sogleich äusserst heftig wird, wenn man die Pole an die Muskelsubstanz selbst applicirt. Ich habe zahlreiche Versuche an Säugthieren, Vögeln und Amphibien gemacht und stets dieselben Resultate erhalten. Es wurde der *plexus brachialis* blosgelegt, isolirt und mit den stärksten Strömen gereizt: es entstand nicht die geringste Zuckung in einer der Muskeln der abgebalgten oberen Extremitäten. Es wurde ebenso an dem isolirten *plexus ischiaticus* operirt, ohne dass ein Muskelbündelchen der unteren Extremitäten sich zusammenzog. Immer

aber zeigten sich heftige, jedoch stets local bleibende Zuckungen in den Muskeln, wenn ihre Substanz zwischen die beiden Pole gebracht wurde. Die chemische Natur des Schwefeläthers liess mich mit Bestimmtheit vermuthen, dass die peripherischen Nervenendigungen ebenso ihre Erregbarkeit verloren haben, wie die Stämme. Denn der Aether besitzt bei seiner grossen Verwandtschaft zum Fett wie zum Wasser die Fähigkeit, alle Gewebe des thierischen Körpers mit der grössten Leichtigkeit zu durchdringen. So gelangt er von der Lungenoberfläche aus in die Circulation und im Blut zu allen Organen, in deren Parenchym er aus den Gefässwandungen auf exosmotischem Weg ungehindert eindringt; in dem Parenchym der Muskeln verzweigen sich aber die feinsten Nervenendigungen entblösst von allen Scheiden, also am meisten der Einwirkung des Aethers ausgesetzt. Wenn mir nun von einer namhaften Autorität*) der Einwurf gemacht worden ist, dass diese Versuche über die Muskelirritabilität nicht völlig entscheidend seyen, weil „nach neueren Untersuchungen die feinsten Nervenfasern in das Innere der feinsten Muskelelemente eindringen, wohin keine Blutgefässe mehr reichen; es könnten daher diese letzten Nervenverzweigungen auch vor der unmittelbaren Einwirkung des Aethers geschützt bleiben“, so habe ich hierauf zu erwiedern, dass der Aether, um überall in das Parenchym der Organe zu dringen, der Blutgefässbahn gar nicht bedarf, wie ich mit vielen Experimenten bewiesen habe und neuerdings bestätigt fand. Ich habe viele Frösche decapitirt und ihnen das Herz ausgeschnitten, gewartet bis alle Circulation in der Schwimmhaut aufgehört hatte, und sie dann erst in den Aetherapparat gebracht und alle Zeichen der Narkose ebenso gut hervorgerufen wie an unverletzten Thieren; ich habe die verschiedensten Theile

*) Nr. 334 in der Beilage zur allgemeinen Zeitung vom 10. Dec. 1847: „die Wirkung des Schwefeläthers in chemischer und physiologischer Beziehung etc.“

der Thiere einzeln losgetrennt von dem Organismus, den Aetherdämpfen exponirt und einzeln für sich narkotisiren können, wofür sich in meiner Schrift über die Aetherwirkung viele Belege finden*). Ich habe Mittel gefunden, einzelne Theile eines Organs vor der Einwirkung des Aethers zu schützen, und gleichzeitig andere ihr auszusetzen; kurz durch die mannigfachsten Modificationen dieser Versuche dargethan, dass der Aether nicht erst in die Circulation aufgenommen zu werden braucht, um überall hinzudringen, sondern dass er vermöge seiner chemischen Eigenschaften von der Oberfläche jedes beliebigen Organes aus die ganze Substanz desselben zu durchdringen vermag, ohne dabei an die Bahn der Capillarnetze gebunden zu seyn. Trifft daher der Aetherdampf auf Muskelsubstanz, so ist es ganz einerlei, in welchem Verhältniss die Capillaren zu den letzten Nervenendigungen stehen, denn ihre Gegenwart ist durchaus nicht nothwendig, um den Aether erst durch die in ihnen bestehende Blutcirculation bis zu den letzten Nervenendigungen hinzubringen.

Die Anwendung des Aethers hat daher vor der anderen von Stannius eingeschlagenen Methode unbedingt den Vorzug deshalb, weil wir dadurch sämtliche Partien des Nervensystems zu gleicher Zeit der gleichen Schädlichkeit aussetzen können, während bei Durchschneidung eines Nervenstammes die Alteration zuerst nur die kleine Durchschnitsstelle in Folge des mechanischen Eingriffs trifft. Die darauf folgende Veränderung und Entmischung der Nervensubstanz rührt von dem aufgehobenen Zusammenhang mit dem Centralorgan her, welche ganz allmählig gegen die Peripherie hin fortschreitet. Wie lange dort noch durch die fortgehende Ernährung die Nerventhätigkeit erhalten bleibt, wann sie in den feinsten

*) Die Wirkung des Schwefeläthers etc. von Bibra und Harless p. 74, 75 — 80.

Nervenendigungen erloschen ist, sind wir vollständig unvernünftig anzugeben; denn Stannius giebt selbst zu, dass er der isolirten Beobachtung einer desorganisirten Nervenprimitivfaser in einem einzelnen Muskelbündelchen, die er geronnen fand, wenig Gewicht beilegen könne. Noch schwieriger dürfte der Beweis seyn, dass die Muskelsubstanz durch die Durchschneidung der Nerven nicht sollte alterirt worden seyn. Wir wissen, welche mannigfache Ansichten über den Bau der normalen Muskelfasern geherrscht haben und noch herrschen, wir wissen, wie delicat die Untersuchung dieser Gebilde ist, und dass gerade jene für die willkürlichen Muskeln als charakteristisch geschilderte Querstreifung der Muskelfaser als solcher gar nicht angehört, sondern ihrer Umhüllung*), durch welche eben die Einsicht in normale oder alterirte Formen der eigentlichen Muskelfaser so sehr erschwert wird. Es können also doch in den Versuchen von Stannius Veränderungen in den Muskeln durch die gestörte Ernährung eingeleitet worden seyn, ohne dass sie bemerkbar gewesen wären, und es ist wahrscheinlich, dass sie eingetreten sind, wenn wir Magendie's Versuchen über die Durchschneidung des Trigemini Vertrauen schenken wollen; denn bei Durchschneidung des *N. ischiaticus* mussten sympathische Fasern nothwendig mit verletzt werden, deren Einfluss auf die Ernährung bekannt genug ist. Allerdings kommt dies hier weniger in Betracht, wo eben das Eintreten von Contractionen den Beweis abgab, dass die Veränderung in den Muskeln noch nicht so weit vorgeschritten war, um die Contraction dadurch unmöglich zu machen, als bei den Versuchen, in welchen man die Irritabilität der Muskeln durch Unterbindung von Gefässen beweisen wollte, durch deren Resultate man sich zu dem Schluss berechtigt glaubte, die Fähigkeit der Muskeln, sich zusammenzuziehen, sey weniger von den Nerven als von dem Blut bedingt. Hierbei kommt jedoch in Betracht, dass man durch diese Operation nicht

*) R. Wagner's Handwörterbuch III. Bd. Abthlg. 2 p. 65 ff.

allein den Muskeln, sondern ebenso gut den Nerven ihre Lebensquelle abschnitt und den Beweis schuldig blieb, dass die Nerven, welche jetzt keine Zuckungen durch ihre Erregung mehr hervorrufen konnten, noch vollkommen normal functionirend waren.

Der Schwefeläther ist nun eine Substanz, welche durch ihre chemische Eigenschaft der Zusammensetzung der Nervenmasse viel gefährlicher ist, als der der Muskeln. Ganz abgesehen von allen chemischen quantitativen Analysen, auf welche ich die Theorie der Aetherwirkung in unserer citirten Schrift basirt habe, kann man sich von der Einwirkung des Aethers auf die Nerven unter dem Mikroskop ganz leicht überzeugen, ja man kennt die durch ihn hervorrufbaren Veränderungen schon längst. Wird nur so viel Aether in Substanz, nicht in Dampfform, in den Körper gebracht, dass alle Gewebe von ihm vollkommen durchtränkt werden, so wird man sicher zugeben, dass auch die feinsten Nervenfasern, ja diese leichter noch als jene, durch ihr Neurilem etwas mehr geschützten grösseren Nervenstämme so verändert werden, dass sie Reize aufzunehmen und zu leiten vollkommen unfähig werden.

In diesem Sinne wurden nun mehrere Experimente zu wiederholten Malen angestellt. Es wurden die beiden Schenkel eines decapitirten Frosches vom Rumpfe getrennt, ihre *nerv. ischiat.* frei heraus präparirt und mit den Unterschenkeln in Verbindung gelassen, während alle übrigen Theile des Oberschenkels entfernt waren. Der eine so präparirte von seiner Haut befreite Unterschenkel kam in ein kleines Porzellan-Schälchen, an dessen Rand ein Glasröhrchen angekittet war, welches immer mit Wasser angefeuchtet wurde, während das Schälchen mit Oel gefüllt war. Die Muskeln des Unterschenkels wurden in dem letzteren unter das Oel gebracht und durch ein in Oel getränktes Löschpapier verhindert, sich über die Oberfläche zu erheben. Der Nerv dagegen kam in das angefeuchtete

Glasröhrchen, welches gerade der Mündung der Aetherretorte in dem Apparat gegenüber aufgestellt wurde.

Das zweite Präparat wurde auf eine durchbohrte Korkplatte gelegt, die in einer flachen Schale auf Oel schwamm. Durch das Loch der dünnen Korkplatte hing der Nerv in das Oel herab.

So war dort die Muskelsubstanz und die peripherische Nervenverzweigung, hier der Nervenstamm vor der Einwirkung des Aetherdampfes geschützt.

Nun wurde gegen $\frac{1}{4}$ Stunde Aetherdampf durch den kleinen Apparat über die beiden Präparate getrieben. Als sie heraus genommen wurden, konnten die stärksten Ströme eines sehr kräftig wirkenden Inductionsapparates nicht die geringsten Zuckungen hervorrufen, wenn sie durch den einen oder andern Nervenstamm geleitet wurden.

Bei dem einen auf dem Oel schwimmenden Präparat, dessen peripherische Nerven jedenfalls von dem Aether paralysirt waren, wurde eine tiefere Muskelschicht blosgelegt und ein zu ihr tretender Nervenzweig heraus präparirt, allein auch von ihm aus konnten keine Zuckungen durch galvanische Ströme erzeugt werden, ein Beweis, dass der Aether die ganze Masse des Schenkels durchdrungen hatte. Da er aber nur von der Oberfläche aus gegen die Mitte hin sich in dem Organ verbreiten konnte, so musste er nothwendig gerade jene mehr an der Oberfläche gelegenen letzten Endigungen der Nerven zuerst getroffen haben und diese mussten doch wohl paralysirt seyn, wenn der unter einer 2''' dicken Muskelschicht in seinem Neurilem eingehüllte Zweig in der Tiefe bereits vollkommen gelähmt war. Gleichwohl zuckten die Muskeln, wenn sie zwischen die Pole gebracht wurden, äusserst heftig.

Fernere Experimente hatten denselben Beweis zum Zweck.

Es wurde nämlich der Frosch durch einen Schlag auf den Kopf betäubt, dann das Herz blosgelegt, dessen Spitze abgeschnitten und eine Canule eingeführt, hierauf wurde der *N. ischiaticus* blosgelegt, sorgfältig in seinem ganzen Verlauf bis zum Kniegelenk hin von den benachbarten Gefässen getrennt, bei seinem Austritt aus der Beckenhöhle abgeschnitten und so auf eine kleine trockene Glasrinne gebracht, welche etwas geneigt gestellt wurde. Dadurch blieb der Nervenstamm vollkommen verwahrt vor dem Aether, welcher nur durch die Canule in das Herz und von da aus durch die Arterien mit Leichtigkeit in alle Gefässe konnte gespritzt werden. Langsam wurden $2\frac{1}{2}$ Cubikcentimeter Aether durch die Gefässe getrieben, welche natürlich bei dem Druck des Stempels in der Spritze um so leichter durch die Wandungen der Capillaren in die Muskelmasse eindrang. Während dies geschah, wurde fortwährend der isolirte Nerv mit einem einfachen Plattenelement gereizt. Beantworteten die Muskeln diesen Reiz im ersten Augenblick mit sehr starken Contractionen, so waren sie in der 2ten Secunde schon ganz schwach, nur wenig deutlicher bei Anwendung stärkerer Ströme, bis nach 5 — 6 Secunden auch die intensivsten vom Nerven aus keine Spur von Zuckungen in den Muskeln mehr hervorrufen konnten, welche jedoch ungemein stark waren, wenn die Pole auf die Muskelsubstanz selbst applicirt wurden. Hier war gewiss, wenn man der Endosmose bei Athmung von Aetherdämpfen nicht zumuthen will, dass sie dieselben gleichmässig im ganzen Parenchym vertheilt, die Durchtränkung der Muskeln mit flüssigem Aether durch den mechanischen Druck ganz sicher und zuversichtlich die ganze peripherische Verbreitung der Nerven in Folge der Berührung mit Aether paralytirt. Gleichwohl aber zuckten die Muskeln noch, wenn sie unmittelbar mit den Polen des Apparates berührt wurden.

Dass die Muskelsubstanz von dem Aether nach und nach, aber viel später, ebenfalls so verändert wird, dass sie sich auf äussere Reize nicht mehr zusammenzieht, habe ich in meiner oben citirten Schrift (p. 77) bereits erwähnt und auch bei diesen Versuchen bestätigt gefunden, indem keine Contractionen mehr eintraten, wenn 4 — 5 Cubikcentimeter Aether nach und nach durch das Gefässsystem getrieben worden waren.

Man könnte nun wiederum einwenden, es wäre der Zeitpunkt nicht genau anzugeben, in welchem die Paralyse der feinsten Nerven bereits eingetreten ist, während die Mittelfasern noch vollkommen lebendig sind. Allein es giebt dennoch ein Mittel, mit Bestimmtheit zu beweisen, wann die Nerven ihre Leitungsfähigkeit verloren haben, während die Muskeln ihre Irritabilität noch besitzen, und das beruht auf der Beobachtung des Eintretens oder Ausbleibens der Reflexbewegungen.

Wenn nämlich eine gewisse Zeit die Frösche dem Aetherdampf ausgesetzt waren, so konnte auf Reizung der Schwimmbaut keine Reflexbewegung in den untern Extremitäten dadurch erzeugt werden, wohl aber sehr heftige in den oberen; die sensitiven leiteten also wohl noch die äusseren Eindrücke zu dem Centralorgan fort, allein es konnte keine Zuckung in den unteren Extremitäten mehr reflectirt dadurch hervorgerufen werden. Es ist diess jedoch durch zweierlei Umstände möglich: entweder die motorischen Nerven haben ihre Leitungsfähigkeit verloren, oder die motorischen Centra sind ihrer normalen Kraft verlustig geworden, centripetal zugeführte Erregung centrifugal fortzupflanzen. Um zu ermitteln, welche von beiden Ursachen hier die allein in Rechnung zu bringende ist, wurden andere Experimente angestellt, wobei zugleich versucht wurde, ob sich die Aetherwirkung nicht durch ein anderes auf die Nerven vorzüglich wirkendes Agens ersetzen liesse. Als solches betrachtete

ich die Elektrizität, wie sie sich mittelst der stärksten Inductionsströme im extremsten Maasse anwenden lässt.

Zuerst wurde also versucht, ob solche heftige Ströme dasselbe bewirken können, was der Aether vermag, nämlich Tod der Nerven ohne Aufheben der Muskelirritabilität.

1) Die Frösche wurden so präparirt (ich wiederholte den Versuch gegen 12mal mit stets gleichem Erfolg), dass alle Theile, mit Ausnahme des *Plexus ischiaticus*, von den Schenkeln entfernt waren; hierauf wurde ein sehr starker Strom durch den isolirten *plexus* geleitet. Die dadurch erzeugten tetanischen Krämpfe waren in dem Schenkel sehr heftig, hörten aber allmählig auf, so zwar, dass sich zuletzt ein blosses mit der Loupe eben noch wahrnehmbares Zittern in den feinsten Muskelbündelchen zeigte. Während so noch der starke Strom durch den *plexus* ging, wurde der *nervus ischiaticus* blosgelegt und von einem zweiten Strom gereizt: es erfolgte nicht die geringste Zuckung in den von ihm versehenen Muskeln, welche sofort in sehr bedeutendem Grade eintrat, als die letzteren selbst dem gleichen oder einem um das 20fache schwächeren Strome ausgesetzt wurden. So verhielt es sich an allen weiteren noch leicht zu isolirenden Zweigen des Nerven und deren zugehörigen Muskeln.

2) Nun wurde ein Präparat angefertigt, bei dem die Schenkel durch ihre *plexus* mit dem unversehrten Rückenmark in Verbindung gelassen wurden. Die Reizung des isolirten einen *plexus* hatte heftige tetanische Zuckungen in beiden Schenkeln zur Folge, welche zuerst in derselben Weise, wie in den eben erwähnten Versuchen in dem Schenkel, aufhörten, dessen motorische Nerven direct gereizt wurden. Nachdem man sich vergewissert hatte, dass von keinem grösseren Nervenstamm oder dessen Zweigen aus

Zuckungen in den von ihnen versorgten Muskeln erregt werden konnten, während man sie wieder sehr lebhaft bei unmittelbarer Application der Pole an die Muskelsubstanz auftreten sah, wurden die reflectirten Zuckungen ins Auge gefasst, welche am andern Schenkel bei Reizung der Haut des ersteren eintraten. Wir nennen diesen ersteren A, den zweiten B. Als die Schwimnhaut von A mit einem sehr starken Strom gereizt wurde, welcher bei anderen frischen Präparaten die ausgedehntesten Reflexbewegungen in dem zweiten Schenkel verursachte, entstand hier bei B keine Spur einer Zuckung. Als der Wadennerv von A gereizt wurde, zuckten die Zehen von B etwas; als der Schenkelnerv von A zwischen die Pole gebracht wurde, zuckten einige Muskeln in B beträchtlich; als endlich der *plexus ischiaticus* von A gereizt wurde, entstanden heftige Reflexbewegungen in dem Schenkel B. Natürlich war stets durch Isolation in möglichst nahe Aneinanderbringung der Poldrähte dafür gesorgt, dass ein Ueberspringen der Elektrizität von A auf B unmöglich war.

3) Der letzte entscheidende Versuch war endlich folgender: Es wurde ein Frosch so präparirt, dass seine Schenkel nur durch die *Plexus ischiatici* mit dem Rückenmark in Zusammenhang blieben. Alle andern Organe waren entfernt. Nun wurde der Rückenmarkskanal von vorn erbrochen, alle motorischen Wurzeln des Schenkels A an ihrer Ursprungsquelle abgeschnitten und isolirt den heftigsten Inductionsströmen ausgesetzt. Natürlich traten nur in A tetanische Zuckungen ein, B blieb in seiner gebeugten Stellung ganz ruhig. Als nun in A bei fortgesetzter Reizung seiner motorischen Wurzeln keine Zuckungen mehr entstanden, wurde die Schwimnhaut von A mit Essigsäure gereizt; es entstanden keine Reflexbewegungen in B; ebenso wenig als die Zehenspitzen den stärksten Inductionsströmen ausgesetzt wurden. Reizung des Schenkelnervs rief aber stets reflectirte Bewegungen in dem Schenkel B hervor,

die sehr heftig wurden, als der *Plexus ischiaticus* von A gereizt wurde.

Diese letzten Versuche veranlassen uns zu folgenden Schlussfolgerungen. Durch so intensive elektrische Ströme werden die Nervenfasern des gereizten Stammes oder Plexus sämtlich der gleichen Wirkung ausgesetzt, und dass diese Wirkung sich fortpflanzt bis zu den feinsten Verzweigungen, sehen wir an dem zuletzt auftretenden kaum noch bemerklichen Zittern der kleinsten Muskelfibrillen. Nun weiss man wohl, dass wenn man mit einem einfachen Plattenpaar einen isolirten Nerv eine Zeitlang gereizt hat, von diesem Punkt aus keine Muskelcontractionen mehr dadurch können hervorgerufen werden; dass diess aber möglich ist, wenn man entweder die Pole umgekehrt applicirt, oder durch eine etwas tiefer gelegene Stelle desselben Nervenstammes die Kette schliesst. Dies gilt aber nicht von den heftigen Inductionsströmen, welche durch das ausserordentlich häufige Oeffnen und Schliessen der Kette bekanntlich eine viel intensivere Wirkung auf die Nerven äussern und deren Kraft viel schneller erschöpfen als einfache galvanische Ströme. Nach sehr kurzer Zeit konnte daher auch beim Wechseln der Applicationsstelle am Nerven keine Zuckung der Muskeln mehr erzeugt werden. Bei dem von R. Wagner entdeckten Verhältniss der letzten Nervenendigungen zu den feinsten Muskelbündeln, dem zufolge jene in diese unverfolgbar übergehen, hat es etwas Unerklärliches, dass die Elektrizität von den Stämmen aus geleitet in die letzten Endigungen in der Nervenbahn isolirt bleiben und nicht von dort aus in die Muskelsubstanz überspringen sollte. Wenn wir daher nach der offenbaren Paralyse der Nervenstämme noch Zuckungen in den Muskeln erhalten, wenn wir mit ihnen die Kette schliessen, so ist nur zweierlei möglich: entweder es sind die letzten Nervenendigungen eben doch noch nicht vollkommen paralysirt, oder die Elektrizität vermag wohl die Nervenregbarkeit, nicht

aber, oder wenigstens erst viel später, die Muskelirritabilität aufzuheben, wenn sie auch in der Form dieser ausserordentlich starken Ströme angewendet wird. Es scheint das letztere stattzufinden; denn wenn man die zwei Schenkel eines Frosches so präparirt, dass man beide ihrer Haut entblösst, den *plexus ischiaticus* des einen in Verbindung mit der zugehörigen Muskulatur lässt, hierauf diesen *plexus* so auf den *musculus cruralis* des andern Schenkels legt, dass er als Leiter allein beide Schenkel mit einander verbindet, und nun einen Strom von den Zehen des einen durch dessen ganze Muskulatur zu der Mitte des *plexus ischiaticus* des andern gehen lässt, so wird gleichzeitig durch denselben Strom blos der Nerv des einen, bei dem andern dagegen die ganze Muskelmasse gereizt. Die Contraktionen hören in diesem Experiment früher in dem ersteren als in dem letzteren auf; nach längerer Einwirkung der Elektrizität natürlich auch in diesem.

So konnten also diese Experimente noch immer nicht stringent die Entbehrlichkeit der Nerven bei dem Zustandekommen von Muskelcontraktionen in Folge elektrischer Reize beweisen. Deshalb wurden die Experimente (sub 2) angestellt, bei welchen der physiologische Vorgang folgender war.

Sensitive und motorische Nerven des einen Schenkels wurden durch den Inductionsstrom gleichzeitig direct gereizt. Von jenen aus gieng die Erregung centripetal zu dem Rückenmark und sprang dort auf die motorischen Nerven des andern Schenkels über, in welchem daher ebenfalls heftige Bewegungen, aber reflectirt, entstanden.

Aus Ch. Bell's Versuchen wissen wir nun, dass eine motorische Wurzel niemals die Erregung eines Punktes centripetal fortpflanzt, ebenso nie eine sensitive dieselbe in centrifugaler Richtung. Erst

der Vermittlung eines Centralorganes, das in Zusammenhang mit beiderlei Wurzeln steht, bedarf es, um eine centripetal gehende Erregung in eine centrifugale umschlagen zu lassen. Ob also überhaupt und in welcher Ausdehnung solche Reflexbewegungen zu Stande kommen, hängt von der Integrität des Centrums und der leitenden motorischen Bahn ab. Lässt man nun durch sehr heftige elektrische Ströme von den sensitiven Nerven aus bedeutende Erregung in die Centralorgane und von da in die motorischen Nerven sich fortpflanzen, so kann die erste Folge die seyn, dass die Centralorgane unfähig werden, die Erregung überzutragen, so dass dann, wie in unseren Experimenten, auf Reizung der Schwimnhaut A und B keine Reflexbewegung mehr auftritt. Träte sie eben so wenig mehr auf, wenn der Waden- oder Schenkelnerv gereizt wird, so möchte die Störung in den Centralorganen sehr wahrscheinlich werden; da sie aber eintritt, wenn diess geschieht, so wird diese Annahme wieder unwahrscheinlicher, dagegen wird es glaublicher, dass die Paralyse der letzten Endigungen der sensitiven Nerven an dem Ausbleiben der Reflexbewegungen in B Schuld ist, welche nach den angeführten Versuchen früher ausser Function treten, als ihre Stämme.

Wollen wir uns hievon noch mehr überzeugen, so haben wir die Wirkung der elektrischen Reizung vom Centralorgan möglichst fern zu halten, und das geschah in unseren Versuchen Nr. 3. Indem hier die motorischen Wurzeln allein gereizt wurden, konnte sich von der gereizten Stelle aus unmittelbar keine Erregung zum Rückenmark fortpflanzen und dieses mit der Zeit überreizen. Die Erregung ging zuerst primär entlang der motorischen Bahn, die nach und nach vollkommen gelähmt wurde. Gleichwohl traten dieselben Erscheinungen am Schenkel B auf, wenn verschiedene Nervenpartien in A gereizt wurden, wie im vorigen Versuch. So war es also gewiss geworden: nicht Paralyse des Rückenmarks, sondern

Paralyse der letzten Endigungen der sensitiven Nerven ist die Ursache, dass auf Reizung der Schwimnhaut des einen Schenkels in dem andern keine reflectirte Bewegung mehr erfolgt. Wie soll aber diese Paralyse der sensitiven Nervenendigungen zu Stande kommen, wenn doch wie im zweiten Fall bloß die motorischen Wurzeln dem Reize ausgesetzt werden, oder auch wie im ersten Fall, wo der Reiz die in dem *Plexus* eingeschlossenen sensitiven Stämme trifft und dem Bell'schen Gesetze zufolge die Erregung in den sensitiven Nerven nicht centrifugal fortgeleitet werden kann? Wir haben hiefür keine andere Erklärung, als dass in Folge der heftigen Krämpfe, welche in den Muskeln entstehen, die Quelle neuer mechanischer Reize liegt, die auf die sensitiven Nerven wirken und diese paralisieren. Wir wissen, dass Muskelbewegungen von dem Gefühl der Bewegung begleitet sind, dass heftige Krämpfe heftige Schmerzen verursachen, dass somit Erregung sensitiver Nerven mit Muskelcontraction eng verbunden ist, mag nun diese Erregung in eigenen sensitiven Muskel- oder Hautnerven entstehen. Wissen wir nun aus andern Experimenten mit dem Schwefeläther, dass die Erregbarkeit der sensitiven Nerven die der motorischen unter gleichen Umständen überdauert, so werden wir in dem Fall, wo die sensitiven paralysirt erscheinen, wohl mit Recht annehmen, dass dasselbe auch in den motorischen der Fall ist. Wir fanden aber Paralyse der letzten Endigungen der sensitiven Fasern und glauben somit auch mit Recht schliessen zu dürfen, dass die motorischen letzten Endigungen ebenfalls gelähmt sind. Ist dies aber der Fall und wir können gleichwohl noch Contractionen in den Muskeln hervorrufen, wenn wir mit ihrer Substanz die galvanische Kette schliessen, so dürften die letzten Einwendungen gegen die Annahme einer Muskelirritabilität beseitigt scheinen. Gleichzeitig erfahren wir aus unseren Experimenten (Nr. 2 und 3), dass wenn eine gleiche Schädlichkeit die Nerven in ihrem ganzen Verlauf trifft, zuerst die letzten Endigungen und dann erst die Stämme

absterben. Dass bei Anwendung des Aethers in Dampfform oder noch mehr in Substanz, wie wir es hier gethan haben, wirklich eine solche gleichzeitige Einwirkung desselben auf die ganze Bahn stattfindet, bedarf jetzt wohl keines weiteren Beweises mehr, und so erachten wir die Lehre von der Muskelirritabilität hiedurch zu einem genügenden Abschluss gebracht und die an die Spitze gestellte Frage gelöst, nämlich so: dass die Zusammenziehung willkürlicher Muskeln auch ohne Vermittlung der Nerven direct durch Reize, besonders Elektrizität, zu Stande kommen kann, so lange ihre Mischung und Textur erhalten geblieben ist.
