

MYOLOGISCHE  
UNTERSUCHUNGEN

VON

DR. WILLIE KÜHNE.

---



---

LEIPZIG.  
VERLAG VON VEIT UND COMP.

1860.



HERRN OBERMEDICINALRATH

F. WÖHLER,

SEINEM HOCHVEREHRTEN LEHRER,

IN AUFRICHTIGER DANKBARKEIT

GEWIDMET

VOM

VERFASSER.



Die nachstehenden Untersuchungen, welche ich hier im Zusammenhange der Oeffentlichkeit übergebe, sind als Vorarbeiten einer physiologisch-chemischen Arbeit zu betrachten, welche sich die Aufgabe stellt, den durch die Muskelbewegung bewirkten Stoffwechsel in seiner Beziehung zur Leistung des Thierleibes näher zu erforschen. Die feste Ueberzeugung, dass zur gedeihlichen Entwicklung der Physiologie die chemische Untersuchung mit dem physiologischen Experimente Hand in Hand gehen müsse, legte die Anforderung nahe, vor allen Dingen das Gebiet der Reizversuche nach einer Richtung auszudehnen, in welcher sie dem Chemiker als wirkliche Handhabe dienen können. Mehr beanspruchen die folgenden Mittheilungen nicht.

Wenn es mir vergönnt war, durch eigene Arbeiten an dem Fortschritte der Nerven- und Muskelphysiologie Theil zu nehmen, so danke ich dies vorzugsweise den beiden ausgezeichneten Männern, welche ich meine Lehrer nennen darf. Es sei mir darum gestattet, bei dieser Gelegenheit Herrn Claude Bernard in Paris und Herrn E. du Bois-Reymond in Berlin, nochmals meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Paris, im December 1859.

**W. Kühne.**



## INHALT.

---

	Seite
I. Ueber directe und indirecte Muskelreizung mittelst chemischer Agentien . . . . .	1
II. Ueber Muskelzuckungen ohne Betheiligung der Nerven . .	42
III. Untersuchungen über Bewegungen und Veränderungen der contractilen Substanzen.	
I. Ueber die Endigungsweise der Nerven in den Muskeln .	61
II. Ueber das doppelsinnige Leitungsvermögen der intramusculären Nerven . . . . .	91
III. Ueber die sogenannte idiomusculäre Contraction. . . .	100
IV. Die Veränderungen der contractilen Substanzen nach dem Tode.	
1. Die Todtenstarre . . . . .	136
2. Die Wärmestarre . . . . .	173
V. Ueber das Vorkommen von Muskeln bei den niedersten Thieren . . . . .	205

---



## I.

# Ueber directe und indirecte Muskelreizung mittelst chemischer Agentien.

Ein Beitrag

zur Lehre von der selbständigen Reizbarkeit der Muskelfaser.

---

Die in dem Folgenden mitgetheilten Versuche wurden ursprünglich in der Absicht begonnen, einige Beiträge zu der in letzterer Zeit so eifrig discutirten Frage über die Irritabilität der Muskeln zu liefern. Ich ging nämlich von der Ansicht aus, dass es sich mit Hülfe der chemischen Reizung würde entscheiden lassen, ob die motorischen Nerven mit Curara vergifteter Thiere wirklich bis zu ihren letzten intramuscularen Enden gelähmt, oder nur auf einem Theile ihrer im Muskel liegenden Bahn der Leitungsfähigkeit beraubt seien. Wie Jeder leicht übersehen wird, gewährt die Reizung der Muskeln und Nerven mit Anwendung chemisch differenter Körper den ausserordentlichen Vortheil, dass wir dabei nicht blos auf quantitativ verschiedene Reize beschränkt bleiben, wie bei der elektrischen, thermischen oder mechanischen Reizung, sondern in jedem wirksamen chemischen Körper auch einen qualitativ verschiedenen Erreger besitzen. Bei den ersten Versuchen über die Erfolge der directen und indirecten Muskelreizung zeigte sich indessen sehr bald, dass auch bei ganz gesunden und unvergifteten Thieren die Muskeln und Nerven sehr verschieden gegen dieselben chemischen Körper reagiren, und dass ein grosser Unterschied zwischen beiden Organen in Beziehung auf ihre Reizbarkeit

besteht. Die Angaben über diesen Gegenstand, welche man in der physiologischen Literatur aufgeführt findet, stehen leider bis jetzt sehr vereinzelt da, ja die Untersuchung von Eckhard ist die einzige und erste genauere Bearbeitung des Einflusses chemischer Reize überhaupt. Nur Humboldt und Job. Müller erwähnen bereits, dass es sehr viel leichter gelinge, einen Muskel durch directe Application chemischer Agentien in Contraktionen zu versetzen, als wenn man dieselben auf den zu dem Muskel gehörigen Nerven einwirken lasse, ein Satz, der indessen nur für specielle Fälle richtig ist. Eckhard dagegen zog die directe Einwirkung der von ihm angewendeten chemischen Verbindungen auf die Muskeln gar nicht in das Gebiet seiner Untersuchung, sondern begnügte sich damit, dieselben nur auf den Nerven einwirken zu lassen, indem er für eine Anzahl verschiedener Körper genau den zur Wirksamkeit nothwendigen Procentgehalt seiner Lösungen bestimmte.

Die Anwendung der chemischen Reizung bietet bei den Nerven gar keine Schwierigkeiten; man taucht, will man den Einfluss auf den unverletzten Nerven studiren, eine Schlinge des in sich selbst zurückgebogenen Stranges in die auf irgend welche Art hergestellte Lösung des zu untersuchenden Reizmittels, will man die Einwirkung auf den Nervenquerschnitt studiren, so braucht man nur das vom Centrum quer abgeschnittene Ende in die Flüssigkeit einzusenken. Beim Muskel ist es indessen nöthig, ein anderes Verfahren einzuschlagen, und zwar deshalb, weil viele chemische Körper der Art auf ihn wirken, dass der durch die Berührung eingeleitete chemische Process, häufig bei gänzlicher Zerstörung des contractilen Gewebes, mannichfache Volumveränderungen desselben erzeugt, die dann in vielen Fällen mit der wahren Muskelcontraction verwechselt werden können. Dies tritt namentlich dann ein, wenn man zu dem Versuche den natürlichen Längsschnitt des Muskels wählt, wogegen sich dieser Uebelstand leicht vermeiden lässt, wenn man sich eines frischen, künstlichen Muskel-Querschnitts als Applicationsstelle für den Erreger bedient. In den meisten der folgenden Ver-

suche habe ich daher vorzugsweise dieses letztere Verfahren eingeschlagen, das vor der Hand immerhin einige Resultate zu liefern versprach.

Auf den Rath meines hochverehrten Lehrers, des Herrn Professor du Bois-Reymond, in dessen Laboratorium ich diese Untersuchung anstellte, und welchem ich für die Freundlichkeit, mit welcher mir derselbe sein Laboratorium zur Verfügung stellte, hiermit meinen aufrichtigen Dank sage, bediente ich mich bei fast allen Versuchen des *Musc. sartorius* (*Sous-ilio-tibial Dug.* oder *Couturier Cuv.*) des Frosches, der in folgender Weise zur Anstellung der Experimente hergerichtet wurde. Mit einer Pincette wurde ein Stück der vorderen lateralen Fläche der sehnigen Massen des Kniegelenkes gefasst, mit der Scheere von unten her abgetrennt, von hier aus der Muskel bis zu seinem Ursprunge vom Darmbeine isolirt, und dort durch einen senkrecht auf die Richtung der Muskelfasern gerichteten raschen Scheerenschnitt abgetrennt. Beim Lospräpariren des Muskels hat man darauf zu achten, dass derselbe niemals unnötig gezerrt werde, und dass der natürliche Längsschnitt desselben überall vor Verletzung sorgfältig geschützt werde, was sonst ein sehr rasches Absterben des ganzen Muskels zur Folge haben würde. Ist derselbe ohne derartige Fehler abpräparirt, so kann man ihn nun ohne Weiteres zu Versuchen benutzen, und zwar am bequemsten, wenn man ihn mittelst einer von einem Stativ senkrecht herabhängenden Klemmpincette so aufhängt, dass diese nur das untere sehnige Ende fasst. Versäumt man die Vorsicht, das sehnige Ende lang genug zu nehmen, so ist es oft unmöglich, das Präparat mit der Pincette zu befestigen, ohne dass diese ein kurzes Stück des Muskels selbst kneift, wodurch Zuckungen hervorgerufen werden, welche zu den unangenehmsten Störungen Anlass geben können.

Der so herabhängende Muskel stellt nun die Vereinigung einer Anzahl von fast parallel neben einander verlaufenden Primitivbündeln dar, deren untere Querschnitte alle gleichzeitig durch dasselbe Mittel gereizt werden können. Zudem

gewährt das Präparat denselben Vortheil, wie der bekannte Reichert'sche Hautmuskel des Frosches, den nämlich, dass die Vertheilung der darin liegenden motorischen Nerven ohne Schwierigkeiten erkannt und übersehen werden kann. Der Nerv tritt nämlich etwa im ersten Drittheil am unteren medianen Rande in den Muskel ein, und verzweigt sich, wie man mit dem Mikroskop an solchen von sehr kleinen nur 1 bis 2 Centimeter messenden Fröschen genommenen Muskeln sehr leicht beobachten kann, indem er den Muskelfasern parallel laufende Fäden nach oben und unten abgiebt. Selbst bei sehr durchsichtigen und ganz unbeschädigten Präparaten sieht man niemals eine Nervenfasern schlingenförmig umkehren, sondern stets bis zu ihren nicht mehr verfolgbar Enden nach zwei entgegengesetzten Richtungen verschwinden, und zwar so, dass die beiden äussersten Enden des Muskels auf einer Strecke von einigen Millimetern gar keine Nervenfasern mehr zu enthalten scheinen. Reizt man also das bei dem Präparat nach unten hängende (eigentlich das obere) Stück, so ist man sicher, falls die angewandte Substanz den Nerven ebenfalls erregen sollte, dass diese Erregung nur diejenigen Nerven trifft, welche mit dem über der Eintrittsstelle des Nervenstammes gelegenen Muskelpartien in gar keiner Beziehung stehen. Soviel über die Methode, deren ich mich bediente, und welche überall da angewendet wurde, wo keiner anderen Erwähnung geschehen wird; ich gehe zu den Versuchen selbst über.

Aus Allem, was bis jetzt durch die Anwendung der chemischen Reizung ermittelt werden konnte, geht hervor, dass ein chemischer Körper, um wirksam zu sein, d. h. Zuckung zu erregen, auch in dem damit in Berührung gebrachten erregbaren Organe irgend einen chemischen Process, irgend eine Veränderung unter den chemischen Bestandtheilen desselben einleiten müsse. Demzufolge sollte man also bei chemischen Reizversuchen von der chemischen Natur des Muskels oder des Nerven ausgehen, und darnach Substanzen wählen, welche nach bekannten Gesetzen die Constitution der in diesen Organen enthaltenen chemischen Verbindungen

zu ändern vermöchten. Dieser Weg ist uns indessen leider verschlossen, da die chemische Analyse uns aus oft erörterten Gründen in Hinsicht auf die Zusammensetzung des lebenden Muskels oder Nerven fast ganz im Stiche lässt; man muss daher beinahe durchgängig zu Körpern greifen, von denen man aus schwer zu rechtfertigenden Gründen voraussetzt, dass sie irgend welchen der gewünschten Einflüsse auf die lebenden Organe ausüben. Ich habe daher fast das nämliche Verfahren, wie Eckhard bei seinen Reizversuchen an den Nerven, eingeschlagen, theils weil mir durch diese bereits vorliegende Arbeit, die Vergleichung der sogenannten directen und indirecten Muskelreizung leichter wurde, theils weil man bei dem angedeuteten Stande unserer chemischen Kenntnisse, wirklich nicht mehr thun kann, als dass man die Säuren, die Basen, einige scheinbar unschuldige Salze, und eine Anzahl ätzender oder auf die albuminösen Substanzen nachweisbar wirkender unorganischer und organischer Verbindungen probirt. Das Feld, das man hier vor sich sieht, ist bei Berücksichtigung des Heeres chemischer Körper überhaupt, ein sehr grosses, und es wird daher Niemand auf Vollständigkeit und Abschluss des Gegenstandes Anspruch machen, so lange man genöthigt ist, bei der chemischen Reizung den breiten Weg des Probirens zu betreten.

#### Die Wirkung der Säuren.

Die Angabe Eckhard's, dass alle Säuren verhältnissmässig sehr concentrirt sein müssen, wenn sie auf den Nerven applicirt, Zuckungen im Muskel bewirken sollen, kann ich durchaus bestätigen, und ich schliesse mich seinen Angaben an, dass zunächst die Salzsäure einer Concentration bis zu 19 und 20 pCt. bedarf, um den Nerven zu erregen. Ist die Säure verdünnter, so sieht man nach Eckhard häufig auch noch Zuckungen eintreten, namentlich wenn man nicht weiter als bis zu 11 pCt. verdünnt, der Erfolg ist indessen unsicher. Nähert man dagegen ein Glas mit concentrirter HCl langsam gegen den frischen Querschnitt eines in der beschriebenen Weise hergerichteten *M. sartorius* des Fro-

sches, so sieht man denselben, bei der ersten Berührung mit der Säure, sofort in heftige Zuckungen gerathen, und wie ich sogleich bemerkte, können diese Zuckungen noch erzeugt werden, wenn man eine sehr verdünnte Säure, solche, welche auf den Nerven gar nicht mehr wirkt, anwendet. Es ist bekannt, dass der in den Muskeln enthaltene eiweissartige Körper, das Syntonin, sich mit der grössten Leichtigkeit, wie Liebig gefunden, in einer höchst verdünnten  $\text{HCl}$  auflöst, und es ist ferner bekannt, dass der noch zuckungsfähige Muskel nicht sauer reagirt, wie man früher angenommen, sondern nach einer in die Lehrbücher der Physiologie übergegangenen Mittheilung von du Bois-Reymond alkalische oder neutrale Reaction besitzt, zwei Dinge, welche für die Wirkung der Säuren einen Anhaltspunkt geben konnten. Um das Syntonin zu lösen, bedarf es einer Flüssigkeit, welche auf 1000 Theile Wasser nur 5, ja selbst nur 1 Theil  $\text{HCl}$  enthält, und eine solche Flüssigkeit, in welcher wir durch unsere Geschmacksorgane kaum die Anwesenheit einer Säure zu spüren vermögen, erzeugt, auf den Querschnitt des Muskels applicirt, wie ich zu meiner grössten Ueberraschung beobachtete, Zuckungen, welche den mit einer concentrirten Säure erhaltenen gleichkommen. Für Diejenigen, welche diesen höchst einfachen und auffälligen Versuch zu wiederholen gedenken, bemerke ich, dass es jeder Zeit gelingt, durch eine Salzsäure von 5 pro Mille in der beschriebenen Weise, den Muskel zum Zucken zu bringen, dass dagegen eine Säure von nur 2 oder 1 pro Mille nur bei sehr sorgfältig präparirten und grossen höchst kräftigen Fröschen entnommenen Muskeln wirkt. Man kann den Versuch aber 5—6 Mal an einem und demselben Muskel wiederholen, wenn man Sorge trägt, dass die Flüssigkeit gerade nur den Querschnitt berührt, und wenn man dann rasch nach beendigter Zuckung das von der Säure benetzte Stück durch einen raschen Scheerenschnitt abschneidet. In dieser Weise lässt sich, wie gesagt, der Versuch so oft wiederholen, als man will, und so lange noch ein zur Beobachtung hinreichendes Stück des Muskels übrig bleibt, ausgenommen, wenn die Säure durch Im-

bibition höher gelegene Theile des Muskels erreicht hatte, wie das leicht geschieht, wenn man sie nach Berührung des Querschnitts nicht sofort wieder entfernt. Hingegen ist es mir nicht gelungen, von einem einmal benetzten Querschnitt aus von Neuem Zuckungen zu erhalten. Taucht man den ganzen Muskel selbst in eine so verdünnte Säure ein, so scheint er in tetanischer Zusammenziehung zu verharren; der Zustand ist indessen kaum von dem eintretenden Verluste der contractilen Eigenschaften, von dem sogenannten Muskelode, und der nachfolgenden Todtenstarre durch den blossen Augenschein zu unterscheiden. Nicht mehr reizbare Muskeln zeigen indessen diese Erscheinung nicht, sie tritt dagegen ein bei allen zuckungsfähigen Muskeln, selbst wenn diese an keiner Stelle vorher verletzt, und die Anlegung künstlicher Querschnitte ganz vermieden wurde, ein Beweis einerseits, dass das Phänomen ursprünglich einer Contraction wie jeder anderen lebendigen gleichkommt, und dass die angewendete Säure auch durch das Sarkolemm hindurch auf die contractile Substanz wirkt. Das völlige Eintauchen der Muskeln in die Flüssigkeit, deren Wirkungen man untersuchen will, bleibt indessen immer ein sehr schlechtes Mittel, da die Erscheinungen der völligen Zerstörung des Organes äusserlich sich meist nicht von der eigentlichen Contraction unterscheiden lassen, ein Vorwurf, der hingegen bei der nur den Querschnitt treffenden Reizung ganz wegfällt.

Die auffallende Wirkung einer so schwachen Säure kann vielleicht auf zweierlei Weise erklärt werden, wobei wir indessen einstweilen von der Frage über die Muskelirritabilität ganz absehen wollen. Möglicher Weise löst nämlich die Säure schon bei der plötzlichen Berührung einen Theil des im Muskel enthaltenen Syntonins, und dies wäre der erste Fall, welcher die Reizung erklären könnte, oder die Reaction des Querschnittes schlägt plötzlich aus der neutralen oder alkalischen in die saure um, was ebenfalls mit einer merklichen chemischen Alteration der contractilen Substanz ganz gleichbedeutend wäre. Obgleich man nun meinen sollte, dass vorzugsweise die Veränderung, welche am geschwindesten

eintreten kann, die Reizung bedingt, was in diesem Falle ohne Zweifel die Aenderung der Reaction sein würde, so lässt sich doch nachweisen, dass gerade die verdünnte Salzsäure nicht hierdurch wirkt, sondern, wie man nicht anders annehmen kann, eben nur, weil sie einen Theil des Syntonins augenblicklich löst. Wie ich unten zeigen werde, giebt es Körper, welche ebenfalls die Reaction des Muskelsaftes augenblicklich verändern, welche aber trotzdem nicht erregend auf den Muskel wirken, es kann also das blosses Umschlagen aus der alkalischen in die saure Reaction die Muskelzuckung nicht bedingen, sondern es muss noch etwas anderes hinzukommen, wofür man in diesem Falle gewiss die Löslichkeit des Syntonins in der reizenden Flüssigkeit beanspruchen darf, um so mehr, als sich in der That in jener, nachdem sie zu circa 50 Versuchen verwendet worden war, durch vorsichtiges Zusetzen einer äusserst verdünnten Lösung von  $\text{Na O } \ominus \text{O}^2$  ein wenn auch sehr geringer flockiger weisser Niederschlag erkennen liess, welcher sich bei weiterem Zusatze des  $\text{Na O } \ominus \text{O}^2$  wieder auflöste.

Die hier gegebene Erklärung mag nun der Natur entsprechen oder nicht, vor der Hand bleibt sie jedenfalls die einfachste, und es scheint mir wichtiger, den Versuch von einer anderen Seite her zu sichern. Derselbe zeigt nämlich eine ausserordentliche Verschiedenheit zwischen Muskel und Nerv in ihrem Verhalten gegen chemische Agentien, eine Differenz, welche vor einiger Zeit schon von v. Wittich geltend gemacht wurde, der die bei Wasserinjectionen durch die Gefässe der Frösche entstehenden Muskelzuckungen aus einer nur auf den Muskel, nicht auf den Nerven, wirkenden Eigenschaft des destillirten Wassers herzuleiten suchte. Ich werde in dem Folgenden auf diesen Gegenstand zurückkommen, hier sei nur ein Versuch erwähnt, zu welchem die Untersuchung von v. Wittich Veranlassung gab. Da nämlich eine scheinbar so indifferente Flüssigkeit, wie eine  $\text{HCl}$  von 1 pro Mille sich als kräftiger Muskelreiz erwies, so konnte man wohl auch voraussetzen, dass reines destillirtes Wasser denselben Erfolg haben würde. Es ist mir aber niemals ge-

lungen, durch Berührung des Muskelquerschnittes mit reinem destillirten Wasser von einer zwischen 20 und 30° C. schwankenden Temperatur überhaupt Zuckungen zu erhalten, wohl aber, wenn ich den Muskel in grösserer Ausdehnung längere Zeit darin verweilen liess, eine Erscheinung, welche indessen später besprochen werden soll.

Die vorliegende Mittheilung macht auf Vollständigkeit keinen Anspruch, sie soll vielmehr nur einige Thatsachen umfassen, welche für die Lehre von der directen und indirecten Muskelreizung nicht ohne Interesse sind, und in diesem Sinne habe ich hier noch Einiges über die Wirkung anderer Säuren hinzuzufügen. Die Schwefelsäure habe ich vor allen Dingen gemieden, weil, wie auch Eckhard angiebt, ihre Wirkungen auf den Nerven von dem Einflusse thermischer Erregungen schwer zu trennen sind; sie bietet also keine Anhaltspunkte zur Vergleichung dar. Hingegen lässt sich von der Salpetersäure ganz dasselbe, wie von der Salzsäure sagen. Nur bei einer beträchtlichen Concentration vermittelt der eingetauchte Nerv Zuckungen, was ebenfalls geschieht, wenn sie auf den Muskel direct applicirt wird. Wird die Säure aber über 15 pCt. hinaus mit Wasser verdünnt, so hört ihre erregende Wirkung für den Nerven auf, nicht aber für den Muskel, der selbst noch durch eine Säure von nur 5 pro Mille und darunter von seinem Querschnitte aus zum Zucken gebracht werden kann. Letzteres erklärt sich auch bei dieser Säure wiederum durch die Eigenthümlichkeit, in solcher Verdünnung noch das Syntonin zu lösen; jedenfalls muss aber auch ihre ausserordentliche Fähigkeit alle ausser dem Syntonin im Muskel vorhandenen Eiweisskörper zu coaguliren, mit in Betracht gezogen werden, eine Wirkung, welche sich in dem folgenden Versuche sehr deutlich zeigen lässt.

Man tauche zwei *M. sartorii* von demselben Frosch gleichzeitig, den einen in destillirtes Wasser, den anderen in  $\text{NO}^{\circ}$  von 1 pro Mille. Beide Muskeln sterben ziemlich rasch in den Flüssigkeiten ab, man muss sich daher bei dem Versuche etwas beeilen. Nach einigen Minuten findet man in-

dessen, wenn man beide Muskeln den Strömen der secundären Rolle des du Bois'schen Schlittenapparates aussetzt, dass der in  $\text{NO}^s$  gelegene Muskel eine grössere Erregbarkeit besitzt, als der andere. Man findet, dass die secundäre Spirale der primären des Apparates mehr genähert werden muss, um den in Wasser gelegenen Muskel zu erregen, als bei dem, welcher in der  $\text{NO}^s$  verweilt, eine Differenz, welche nicht durch das bessere Leistungsvermögen der  $\text{NO}^s$  gegenüber dem destillirten  $\text{HO}$  erklärt werden kann, da nach einiger Zeit der mit  $\text{HO}$  imprägnirte Muskel seine Erregbarkeit schon ganz verloren hat, schon völlig todtenstarr ist, wenn der andere noch mehrere Minuten lang auf die Ströme des Apparates reagirt. Ohne Zweifel coagulirt die verdünnte  $\text{NO}^s$  das Eiweiss, sowie sie den Muskel benetzt, und das Coagulum schützt sodann den Muskel während kurzer Zeit vor dem rascheren Eindringen der Säure. Ausser der  $\text{NO}^s$  habe ich noch einige Versuche mit  $\text{PO}^s$ ,  $\text{Ac}$  und  $\text{CrO}^s$  angestellt. Letztere wirkt selbst ganz concentrirt in völlig gesättigter Lösung nicht der Art auf den Nerven, dass Zuckungen in den davon versorgten Muskeln entstehen, wogegen man die Lösung ziemlich bedeutend verdünnen kann, ohne dass sie ihre reizenden Eigenschaften für den Muskelquerschnitt einbüsst.  $\text{PO}^s$  und  $\text{Ac}$  können ebenfalls noch in ziemlicher Verdünnung als Muskelreger benutzt werden, die Dämpfe der concentrirten  $\text{Ac}$  haben sogar denselben Erfolg. Will man dagegen durch Application dieser beiden Säuren auf den Nerven die Muskeln zucken sehen, so ist es nöthig, sie in der grösstmöglichen Concentration anzuwenden.

#### Die Wirkung der Alkalien.

Seltsamer Weise existirt bei den Alkalien kein so grosser Unterschied wie bei den Säuren in Hinsicht auf ihre Fähigkeit von Nerven aus, oder direct auf den Muskel angewendet, Zuckungen zu bewirken.

Eckhard giebt an, dass Lösungen von Aetzkali oder Natron, um mit Sicherheit erregend auf den Nerven zu wirken, einer Concentration von 1,8 pCt. bedürfen, dass indes-

sen auch Lösungen bis zu 0,8 pCt. sich bei sehr reizbaren Froschschenkeln noch als wirksam erweisen. Bei der Wiederholung der Eckhard'schen Versuche bediente ich mich ebenfalls des nach du Bois' Methode präparirten Froschschenkels, jedoch mit der Vorsicht, dass ich stets das möglichst hoch genommene Stück des höchst erregbaren Plexus ischiadicus mit seinem Querschnitte in die zu untersuchende Lösung eintauchte. Die Versuche wurden ferner im Sommer an sehr grossen kräftigen Wasserfröschen angestellt, und daher mag es kommen, dass ich ganz constant bei der von Eckhard angegebenen Grenze (0,8 pCt.) die Schenkelmuskeln zucken sah, und dass dies in der Regel auch noch der Fall war, wenn die Lösung nur 0,1 pCt. enthielt. Hiermit kann ich zugleich einer ähnlichen Angabe von Schiff beitreten, welche ich später in dessen neu erschienenem Lehrbuche der Physiologie verzeichnet fand. Die Resultate sind indessen nicht ganz constant, obgleich sich angeben lässt, dass die Zuckungen beim Eintauchen des Querschnittes der Nerven fast immer eintreten, was beim Eintauchen einer Nervenschlinge, also des natürlichen Längsschnittes, nicht stets der Fall ist. Letzteres kann indessen, abgesehen von dem langsameren Eindringen der Flüssigkeiten durch das Neurilemm und sämtliche Markscheiden, auch darin seinen Grund haben, dass man bei dem Formen der Schlinge stets genöthigt ist, eine tiefer gelegene Nervenstrecke anzuwenden, welche nach Pflüger's und Rosenthal's Untersuchungen über die Curve der Erregbarkeit, auch in der That weniger erregbar ist, als der höher gelegene Plexus ischiadicus. Ganz im Gegensatze nun zu den Säuren verhalten sich die beiden genannten Alkalien gegen den frischen Muskelquerschnitt. Concentrirte Lösungen bringen ebenfalls auch hier Zuckungen hervor, und dasselbe lässt sich auch noch erreichen, wenn man verdünnte Lösungen anwendet, selbst bis zu 0,3 und 0,2 pCt. hinab. Bei so schwachen Lösungen ist indessen das Resultat eben so wenig ganz constant wie bei den Nerven, und wenn man Lösungen von 0,1 pCt. anwendet, blei-

ben die Zuckungen in der Regel ganz aus. In Hinsicht auf ihre Erregbarkeit durch Kali oder Natron stehen also die Muskeln und Nerven ziemlich gleich, und vielleicht sprechen die Verhältnisse, wenigstens für den erregbarsten Theil des Nerven, den Plexus ischiadicus, selbst zu Gunsten des letzteren, da eine Lösung von 0,1 pCt. hier meist noch wirksam ist.

Taucht man Froschmuskeln (am geeignetsten immer den *M. sartorius* oder die *MM. adductores*) ganz in die Lösung selbst bis zu 0,1 pCt. verdünnter Alkalien ein, so ziehen sie sich scheinbar tetanisch zusammen, verlieren aber dann fast augenblicklich ihre Erregbarkeit selbst für die stärksten Ströme des Inductionsapparates, und es ist auch hier nicht zu entscheiden, ob der Muskel vor seinem Tode den Zustand der activen Contraction durchmachte.

Die dritte ätzende Base, welche die Chemie den beiden Alkalien anreihet, das aus aller chemischer Regelmässigkeit heraustretende Ammoniak, verhält sich auch zu den animalen Organen ganz anders als jene. Wie bekannt, verspüren die Geruchsorgane ein Gefäss mit concentrirtem Ammoniak schon aus einer beträchtlichen Entfernung, und merkwürdiger Weise scheint ein senkrecht mit seinem entblösten Querschnitt herabhängender *Sartorius* des Frosches in dieser Beziehung unserer Nase nicht nachzustehen. Sowie man nämlich bei der Ausführung von Reizversuchen mit  $\text{NH}_3$  in der Nähe des Muskels den stechenden Geruch wahrzunehmen beginnt, verfällt das Präparat auch bereits in Zuckungen, welche bis zum vollständigen Tetanus gesteigert werden können, wenn man das Gefäss mit dem Ammoniak dem Muskel von unten her immer mehr nähert. Hat man die Dämpfe des  $\text{NH}_3$  mit einiger Schonung angewendet, so lässt sich der Versuch, selbst ohne Anlegung eines neuen Querschnittes, 5 bis 6 Mal hintereinander wiederholen, sobald man nur jedesmal dem Muskel Zeit lässt, nach den Zuckungen zur Ruhe und seiner ursprünglichen Länge wieder zurückzukehren. Die Empfindlichkeit des Muskels für das Ammoniak ist so

gross,<sup>1)</sup> dass seine Zuckungen fast eben so gut wie die Salmiaknebel mit Salzsäure die Gegenwart desselben anzeigen können, aus welchem Grunde es mir auch unmöglich war, den Grad der Verdünnung zu bestimmen, bei welchem das Ammoniak noch Zuckungen erzeugt, indem der Muskel selbst bei einer wässrigen Auflösung, die kaum nach  $\text{NH}_3$  roch, schon vor der Berührung mit der Oberfläche zu zucken begann.

Es ist nun gewiss im höchsten Grade auffallend, dass ein Körper, der wie gezeigt so heftig erregend auf das Muskelgewebe selbst wirkt, an keiner Stelle des Nerven, in keinem Concentrationszustande denselben so zu verändern vermag, dass Zuckungen in den davon versorgten Muskeln entstehen. Ich muss Eckhard in dieser Angabe völlig beistimmen: niemals gelingt es, selbst mit höchst concentrirtem  $\text{NH}_3$ , auf den Nerven erregend zu wirken, niemals treten Muskelzuckungen ein, wenn nur die Nerven dem Ammoniak ausgesetzt werden. Die entgegenstehenden Angaben von Funke und Anderen, welche behaupten, nach dem Betupfen des Nerven dennoch Zuckungen gesehen zu haben, glaube ich einfach daraus erklären zu dürfen, dass man bei Anstellung der Versuche die Muskeln selbst nicht gehörig vor dem sehr flüchtigen Ammoniak geschützt hat. Bedient man sich z. B. statt des blossen Unterschenkels des Galvani'schen Präparates, so wird man fast jedesmal die Schenkel zucken sehen, aber einfach deshalb, weil bei diesem Präparat nackte Muskelquerschnitte unvermeidlich sind; gerathen aber die Muskeln des Oberschenkels einmal in Zuckungen, so werden diese auch in der Wade und den Zehen nicht lange ausbleiben, in Folge der nothwendig eintretenden secundären Zuckung, hervorgebracht durch die negative Stromschwankung bei der Contraction der direct gereizten Muskeln, welche den zwischen ihnen ge-

---

1) Es giebt indessen auch noch andere flüchtige Körper, welche denselben erregenden Einfluss ausüben, z. B. die empyreumatischen Producte im Tabacksrauch, was hier nur erwähnt sein mag, um vor dem Rauchen bei Anstellung derartiger Versuche zu warnen.

betteten nach dem Unterschenkel verlaufenden Nerven in den Zustand der Erregung mit Nothwendigkeit versetzen muss. Bedient man sich dagegen des nach du Bois hergerichteten Unterschenkels, so hat man eine directe Muskelreizung weniger zu fürchten, weil einerseits keine Muskelquerschnitte zu Tage liegen, andererseits aber auch die grösseren Muskeln des Unterschenkels mit dickeren Bindegewebsüberzügen bekleidet sind. Will man dagegen den Versuch ganz rein von allen Vorwürfen anstellen, so muss man dennoch den Nerven des Präparats allein dem Ammoniak aussetzen, was sehr leicht dadurch zu erreichen ist, dass man ihn durch das enge Loch einer Glasscheibe zieht, die Zwischenräume mit wenig Fett verkittet, und nun das Ammoniak so damit in Berührung bringt, dass die Muskeln selbst durch die Glasscheibe vollständig vor den schädlichen Dämpfen geschützt werden. So oft ich den Versuch in dieser Form auch wiederholte, niemals sah ich weder beim Eintauchen, noch beim längeren Verweilen des Quer- oder Längsschnittes des Nerven in dem  $\text{NH}^3$  Zuckungen erfolgen, obgleich meist sehr erregbare Nerven zu den Versuchen genommen wurden. Das  $\text{NH}^3$  bringt also nur Zuckungen hervor, wenn die contractile Substanz selbst damit in Berührung geräth.

Ausser dem Ammoniak habe ich noch eine vierte Base in's Bereich dieser Versuche gezogen, nämlich den Kalk, bei welchem indessen quantitative Bestimmungen ebenfalls unterbleiben mussten wegen der technischen Schwierigkeiten, welche sich den Versuchen entgegengestellt hätten, da die Einflüsse der Atmosphäre (der  $\text{CO}^2$ ) hätten entfernt werden müssen. Zudem enthält das Kalkwasser so wenig von der Base in Lösung, dass dasselbe als untere Grenze der Concentration bereits genügen konnte, um so mehr, als die ersten Versuche auch schon zeigten, dass der Nerv durch Kalkwasser seiner Erregbarkeit bald verlustig wird, dass die Einwirkung aber niemals der Art ist, dass Zuckungen in dem von ihm versorgten Muskel entstehen. Umgekehrt ist es bei dem Muskel. Wird ein Muskelquerschnitt auf die Oberfläche des Kalkwassers gebracht, so entsteht sofort mei-

stens eine Zuckung, welche an Heftigkeit indessen den durch Kali oder  $\text{NH}_2$  erzeugten sehr nachsteht. Hingegen kann man, was mit den Alkalien z. B. und auch mit den Säuren nicht gelingt, ein und denselben Querschnitt wiederholt durch Kalkwasser reizen, und auf diese Weise 6 bis 8 Mal hinter einander Zuckungen hervorbringen. Taucht man den ganzen Muskel in die Flüssigkeit ein, so erfolgt, wie bei den übrigen bisher beschriebenen Reizmitteln, sehr rasch völlige Starre.

#### Die Wirkung der Metallsalze.

Die Metallsalze sind trotz ihrer energischen Einwirkungen auf Albuminlösungen dennoch, wie Eckhard gefunden, fast alle keine Erreger für die Nerven. Sie tödten denselben in mehr oder minder kurzer Frist, erregen aber niemals Muskelzuckungen. Nur beim salpetersauren Silberoxyd fand Eckhard eine Ausnahme, welche er indessen, seinem Ausspruch zu Liebe, dass alle Metallsalze unwirksam seien, auf eine ganz besondere Art zu erklären sucht, nämlich so, dass bei dem Eintauchen des Nerven in Höllensteinlösungen das Salz zersetzt, und  $\text{NO}^5$  frei werde, welche letztere in diesem Falle als Erreger wirke. Obgleich ich in allen übrigen Theilen die Angaben Eckhard's vollkommen bestätigen kann, so glaube ich doch hervorheben zu müssen, dass es mir mindestens willkürlich erscheint, zu einer solchen Annahme zu greifen, namentlich bei einem Gegenstande, dessen Complicirtheit durchaus nicht geeignet ist, Hypothesen hervorzurufen, wo man mit einfachen Versuchen einen Ausweg finden kann.

Zunächst möchte ich gegen die Eckhard'sche Annahme von der Wirkungsweise des  $\text{Ag O NO}^5$  einwenden, dass das Erste, was zweifelsohne geschieht, wenn der Nerv damit in Berührung kommt, die Entstehung von  $\text{Ag Cl}$  und  $\text{Na ONO}^5$  ist, durch welchen Process niemals  $\text{NO}^5$  frei werden kann. Was bei der Einwirkung des Höllensteines auf die übrigen organischen Substanzen des Nerven geschieht, wissen wir nicht, sicher ist nur, dass, falls schwarzes Silber ausgeschie-

den wird, auch die dazu gehörige Säure ausgeschieden werden muss. Jedenfalls würde aber, wenn dieser Fall auch wirklich stattfände, die so zersetzte Lösung des  $\text{Ag O NO}^5$  immer noch eine so ausserordentlich verdünnte  $\text{NO}^5$  vorstellen, dass sie nach Eckhard's eigenen Angaben gar nicht erregend wirken könnte, da hierzu, wie bereits erwähnt, eine beträchtlich concentrirte Säure nothwendig ist. Der directe Versuch widerlegt zudem die Eckhard'sche Erklärungsweise. Man tauche einen Nerven in eine ganz neutrale Lösung von  $\text{Ag O NO}^5$ . Es entstehen sofort sehr heftige aber rasch vorübergehende Zuckungen in dem dazu gehörigen Unterschenkel. Jetzt ziehe man den Nerven aus der Lösung heraus, und man wird finden, dass er nicht im Mindesten geschwärzt erscheint. Auf einen Streifen blaues Lackmuspapier geworfen, und darauf zerquetscht, wird man ihn niemals die blaube Farbe in Roth verwandeln sehen. Die Zuckung war also bereits hervorgerufen, ohne die von Eckhard für nöthig erachtete Zersetzungsweise des angewendeten Salzes.

Alle übrigen Angaben Eckhard's über die Wirkung der Metallsalze kann ich dagegen bestätigen. Sie tödten die Nerven rasch und vollständig ohne Zuckungen hervorzubringen, und ich bin sicher, dass jeder, der die Versuche häufig angestellt, zu demselben Resultate kommen wird. Damit ist indessen nicht gesagt, dass es sich nicht unter vielen Fällen bisweilen ereignen kann, dass der Schenkel zu zucken beginnt in dem Augenblicke, wo der Nerv die Salzlösungen berührt, vielmehr wird man bei sehr reizbaren Präparaten dergleichen öfter beobachten. Dasselbe geschieht aber dann auch, wenn man den Nerven sonst irgendwie berührt, oder mit kaltem Wasser benetzt, eine Erscheinung, welche übrigens jeder Physiologe bereits kennt.

Ausser den von Eckhard untersuchten Salzen habe ich noch das Eisenchlorid, das neutrale und das basisch essigsaure Bleioxyd geprüft, welche ebenfalls für den Nerven unwirksam sind, ohne Ausnahme aber auf den Querschnitt des Muskels gebracht kräftige Zuckungen veranlassen. Eine genauere Untersuchung des zur Wirksamkeit nothwendigen