1. Der erste und zweite Satz des auf den constanten electrischen Strom und auf den Nerven sich beziehenden, — aber durch Bezold auch auf den Muskel ausgedehnten, — Pflüger'schen Zuckungsgesetzes ist auch auf den Inductionsstrom giltig;

a) Bei schwachem Inductionsstrome, — so wie im Falle der Verminderung der Muskelerregbarkeit auch bei verhältnissmässig stärkeren Strömen, — entsteht die Erregung nur an der Kathode.

b) Bei stärkeren Inductionsströmen ist die Reizung doppelt; es wird sowohl bei der Anode als bei der Kathode eine Erregung erzeugt; und wenn die Muskelerregbarkeit erhöht ist, wirken schon verhältnissmässig schwache Ströme als Doppelreiz.

2. Sowohl die kathodische als die anodische Reizwirkung des Oeffnungsinductionsstromes ist grösser, als die entsprechenden Phasen des Schliessungsinductionsstromes; es ist sogar die anodische Reizwirkung des Oeffnungsinductionsstromes grösser als die kathodische des Schliessungsinductionsstromes.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität zu Budapest.)

Die scheinbare Latenzperiode der Erregung bei directer Muskelreizung.

Von

Dr. Emerich Nagy v. Regéczy,

a. o. Professor an der Universität zu Budapest.

Hierzu Tafel V.

Helmholtz¹⁾ bemerkte schon bei den ersten Versuchen, welche er mittelst der Pouillet'schen Methode in Betreff der Zusammenziehung des Muskels anstellte, dass die Zuckung scheinbar nicht augenblicklich im Momente der Reizung, sondern nur nach einer gewissen messbaren Zeit anfängt; diese Zeit, welche vom Momente

1) Müller's Archiv f. Anatomie u. Physiol. 1880. 308.

der Reizung an bis zum Anfange der Zuckung vergeht, nannte er die Latenzperiode der Erregung.

Das myographische Verfahren war damals noch nicht genügend ausgebildet, um das Vorhandensein dieser Latenzperiode aufzuweisen und ihre Dauer bestimmen zu können; später jedoch gelang es auch auf dem graphischen Wege die Latenzperiode aufzuweisen, und so konnten auch jene Umstände eingehender untersucht werden, welche die Dauer der Latenzperiode zu beeinflussen schienen, und welche dieselbe im Allgemeinen bedingen.

Helmholtz erwähnt in seiner auf dem Gebiete der Myographie bahnbrechenden Arbeit jene Erfahrung, dass die Latenzperiode keine beständige Grösse sei, sondern von der kleineren oder grösseren Belastung —, von der Ueberlastung —, von der Verschiedenheit der Intensität der Reizwirkung —, von dem Zustande der Reizbarkeit —, und vom verschiedenen Stadium der Ermüdung oder des Absterbens beeinflusst wäre. Zu diesen Veränderungen hervorrufenden Factoren reiht sich noch laut den Erfahrungen Bernstein's ¹⁾ die Temperaturverschiedenheit an, welche jedoch nur die Dauer der Zusammenziehung wesentlich beeinflussen würde; und laut den Untersuchungen Biedermann's ²⁾ bei einem mit dem constanten electrischen Strome gereizten, ungleich dicken Muskel die Richtung des Stromes im Muskel; die Stromdichte ist nämlich an dem dünneren Ende des Muskels grösser, und dementsprechend soll daselbst der Strom auch eine grössere Wirkung haben, als an dem dickeren Ende. — Dieser letztere Fall gehört, der Erklärung gemäss, eigentlich in den Bereich des die Verschiedenheit der Reizstärke behandelnden Kapitels. Jene Aenderung, welche von der Verschiedenheit der die Erregung bewirkenden äusseren Reize herrührt, ist auch auf die Verschiedenheit der Reizstärke oder auf deren Intensitätsänderung zurückzuführen, während die Wirkung der Gifte in der hervorgerufenen Veränderung der Reizbarkeit zu liegen scheint.

Es sind, auf die Ergebnisse der in weitem Kreise angestellten myographischen Versuche gegründet, dreierlei Meinungen zur Erklärung jener Erscheinung geäussert worden, dass der Anfang der Zuckung vom Reizungsmomente verspätet erscheint.

1) Untersuch. üb. d. Erregungsvorgang etc. S. 87.

2) Wiener akad. Sitzungsberichte. Bd. 79, III. Abth., S. 289.

Der ersten Meinung von Helmholtz¹⁾ gemäss ist die Latenzperiode dadurch bedingt, „dass erst eine Zeit nach der Reizung vergeht, ehe die Energie des Muskels überhaupt zu steigen anfängt“. — Diese Verspätung der Erregung von dem Momente der Reizung, welche gewisse im Muskel bestehende, aber unbekannte Factoren bedingen würden, ist so allgemein als Thatsache anerkannt, dass darüber auch bei jenen Forschern kein Zweifel zu bestehen scheint, welche durch ihre späteren Erfahrungen auch den Einfluss anderer Factoren erkannten.

Eine andere Meinung hat Gad²⁾ publicirt. Laut seiner Auffassung soll der zuckende Muskel den mit seinem Ende verbundenen Zeichenhebel und das daran hängende Gewicht zufolge der Trägheit der Masse nicht sogleich in Bewegung bringen können, sondern nur nach Ablauf einer gewissen Zeit; während dieser Zeit müssen sich dann die noch nicht in Contraction begriffenen Theile des Muskels dehnen: „Der belastete Muskel übt, so lange er bei der Contraction der Last eine Beschleunigung nach oben ertheilt, einen stärkeren Zug auf seinen Aufhängepunkt aus als in der Ruhe. Die noch nicht in Contraction begriffenen Theile des Muskels (auch Sehnen) erleiden aus diesem Grunde eine merkliche Dehnung.“

Nach einer dritten Meinung soll — ohne auf eine Dehnung des Muskels Bedacht zu nehmen — jene Energiequantität, welche die Zusammenziehung einer oder mehrerer elementaren Muskelscheiben zu Stande bringt, ungentügend sein, dem Zeichenhebel eine Bewegung zu verleihen, dazu müssen die Energien vieler Schichten summirt werden. Experimentell hat diese Meinung Tigerstedt³⁾ bestätigt, der seine Erfahrung folgendermaassen kund gibt: „immer müssen ausserordentlich viele Muskelemente thätig sein, bevor eine äusserlich sichtbare mechanische Wirkung auftritt“.

Die in den letzten zwei Meinungen begriffenen Umstände, als den Gang der Muskelzusammenziehung verunstaltende Factoren, in solchem zusammenhängenden Verhältnisse wie sie zu einander stehen, und woraus jene nicht herausgehoben und einzeln betrachtet

1) loc. cit.

2) Du Bois-Reymond's Arch. f. Anat. u. Phys. 1879. Suppl. 268.

3) Du Bois-Reymond's Archiv 1885, Suppl. S. 204.

werden können, nachdem der eine den andern bedingt, waren schon früher in der die Muskelzuckung analysirenden Arbeit Jendrásik's¹⁾ aufgeführt, wo — aus jenem Anlasse, dass während bei den Zuckungscurven die thatsächlichen Werthe der Verkürzungen und die durch Berechnung nach den festgestellten Formeln erhaltenen Werthe im grössten Theile der steigenden Hälfte der Curve sehr gut mit einander stimmten, dieselben am Anfangstheile der Curve unter einander auffallend verschieden waren, — jene Factoren besprochen wurden, welche den zeitlichen Ablauf der Muskelverkürzung während einer Zuckung theilweise verunstalten können, und denselben anders erscheinen lassen, als wenn die Zuckung der Wellentheorie gemäss ohne jene Factoren ablief.

Mendelssohn²⁾ leugnet den Einfluss der Elasticität des Muskels auf die Latenzperiode, d. h. das aus der Dehnung des Muskels entspringende verspätete Erscheinen des Anfangs der Zuckung; dieser Gegensatz erhält dadurch eine grössere Bedeutung, dass die als Grundlage dienenden Versuche im Marey'schen Laboratorium angestellt wurden.

Der Einfluss der von der Elasticität des Muskels herrührenden Verspätung auf die Dauer der Latenzperiode schien mir ausser Zweifel gestellt; ich stellte mir somit diese Frage als Aufgabe einiger Versuche auf und trachtete ein solches Verfahren zu finden,

1) Reichert's und Du Bois-Reymond's Archiv 1874, 595—596: „Nun erleidet aber der dehnbare Muskel, sobald die Contractionswelle sich einstellt, eine Dehnung, weil zu der durch die gesammte Last bedingten Spannung nun auch noch jene Spannung hinzutritt, welche durch die Contraction des bereits von der Zuckungswelle ergriffenen Abschnittes bedingt ist; in Folge dieser beiden nach entgegengesetzten Richtungen hin wirkenden Spannungen muss also die, von der Welle noch nicht ergriffene Muskelstrecke eine Dehnung erleiden es ist leicht einzusehen, dass die Dehnung des Muskels anfangs seine Hubhöhe nicht nur vermindern, sondern so lange auch gänzlich wird unterdrücken können, als nicht in Folge der noch weiter entwickelten Contractionswelle die Hubfähigkeit des Muskels so stark angewachsen ist, dass die erlittene Dehnung nicht mehr genügt, die auf der Strecke der bereits anwesenden Contractionswelle stattfindende Verkürzung auszugleichen. So kann also in der Wirklichkeit die Zuckungscurve erst später, als die Contractionswelle im Muskel sich eingestellt hat, ihren Anfang nehmen.“

2) *Physiol. expérimentale. Travaux du laboratoire de M. Marey.* IV. 1880. 115.

wodurch jener Einfluss festgestellt werden könnte. Es ist mir auch gelungen, ein solches Verfahren zu finden, und ich hoffe, dass das Ergebniss meiner Untersuchungen kein werthloser Beitrag zur Bestimmung der bedingenden Factoren der latenten Periode sein wird.

Bevor ich aber auf meine eigenen Versuche übergehe, will ich hier das von dem Einfluss der Elasticität des Muskels Gesagte einer kritischen Besprechung unterziehen.

Die aus der Energieübertragung des elastischen Körpers entspringende Verspätung. Gad's Versuch.

Gad¹⁾ sagt: „Hält man einen genügend langen Kautschukfaden in der Hand, an dem ein Gewicht hängt, und bewegt die Hand plötzlich nach oben, so wird der Kautschukfaden zunächst gedehnt und es vergeht eine deutlich wahrnehmbare Zeit, bis das Gewicht in merkbliche Bewegung geräth.“ — Mendelssohn leugnet die vorausgehende Dehnung des zwischengeschalteten elastischen Körpers, wie das aus dem folgenden Citate ersichtlich ist: „M. Gad interprète l'allongement préalable du muscle excité, en comparant ce muscle à un fil élastique, auquel est suspendu un poids et qui, au moment de soulever ce poids, s'allonge avant de se raccourcir. — J'ai cherché à vérifier l'existence de ce phénomène à l'aide de la methode graphique, comme étant le plus sûre. Un poids suspendu par un fil élastique tenu à la main parfaitement immobilisée, reposait sur un tambour à levier qui transmettait le mouvement de ce poids à l'aide d'un tube de caoutchouc à un autre tambour à levier inscrivant les mouvements sur un cylindre animé d'une rotation lente. A un certain moment da la rotation du cylindre, je soulevais le poids et alors le levier inscripteur s'élevait au-dessus de l'abscisse et traçait une ligne perpendiculaire à celle-ci. Or jamais je n'observais que cette ligne exprimant le mouvement du fil élastique au moment du soulèvement du poids descendit, avant de s'élever. — En répétant cette expérience un grand nombre de fois, je suis arrivé à conclure, que le fil élastique, au moment de soulèvement du poids, ne s'allonge pas préalablement, mais se raccourcit dès le début.“

1) loc. cit. S. 266.

Mendelssohn's Versuch war keineswegs dazu verwendbar, um die vorausgehende Dehnung des eingeschalteten elastischen Körpers und das Zurückbleiben des Gewichtes sichtlich aufzuweisen. Wenn wir bedenken, dass ein Tiefersinken des an dem Ende des elastischen Fadens aufgehängten Gewichtes als Folge des heftigen Anziehens, und somit im Momente der Bewegung gar nicht zu erwarten sei, so kann eine der Bewegung des Gewichtes vorausgehende Dehnung des Fadens nur in der Verspätung dieser Bewegung vom Momente der Handbewegung ihre Bestätigung finden; Mendelssohn liess aber die Bewegung des Gewichtes auf einen langsam sich umdrehenden Cylinder aufzeichnen, und nachdem er den Moment des Anziehens des oberen Endes des elastischen Fadens nicht bezeichnete, so ist ihm auch diese Verspätung der Bewegung des Gewichtes unbemerkt geblieben.

Nachdem mir kein solcher correct ausgeführter Versuch bekannt ist, welcher die Verspätung der durch die Vermittelung eines elastischen Körpers hervorgebrachten mechanischen Wirkung vom Momente der Energieentwicklung überzeugend beweisen würde; und jene von Gad verfolgte Methode, die Beobachtung einfach mit den Augen, das Zurückbleiben des Gewichtes nicht ausser allem Zweifel beweist, da der elastische Faden auch dann ausgedehnt werden könnte, wenn die Bewegung des Gewichtes zwar im Momente der Handbewegung, aber mit kleinerer Geschwindigkeit anfangen würde: so fühle ich mich veranlasst, das Ergebniss eines orientirenden Versuches hier einzuschalten ¹⁾.

Die Aufzeichnung ist folgendermaassen veranstaltet worden (Fig. 1, Taf. V.): Ein auf dem Ende einer Spiralfeder aufge-

1) Dieser Versuch diente auch als Vorversuch zu jenen Studien, welche durch die Untersuchungen des Hrn. Prof. Jendrassik veranlasst wurden, der während der Erörterungen über die zwischen den elastischen und nicht-elastischen Körpern obwaltenden Energieverhältnisse auch den jetzt in Rede stehenden Gegenstand analysirte und feststellte, dass in jedem Falle, wo irgend ein Körper durch Vermittelung eines elastischen Mediums auf einen andern Körper Energie überführt, die Bewegung dieses letzteren Körpers verspätet erscheint. Mit Einwilligung des Hrn. Prof. Jendrassik kann ich hier jene Factoren im Voraus erwähnen, welche auf die Zeitdauer der Verspätung von Einfluss gefunden worden sind; diese sind: die Grösse des Gewichtes, die Elasticität des die Energieüberführung bewirkenden Körpers, und die Geschwindigkeit der bewegungsbewirkenden Energieentwicklung.

hängtes und gegen Seitenschwingungen vollkommen gesichertes Gewicht mit einer Zeichenspitze versehen, steht bewegungslos bei einem sich schnell herumdrehenden Cylinder, darüber eine gerade Abscisse zeichnend; jetzt ziehe ich das obere Ende der Spirale heftig an, welches Moment, sowie die Dauer der Handbewegung ein Depréz'sches Chronograph, dessen Strom durch eine Stimmgabel von 100 Schwingungen unterbrochen wird, gleichfalls auf den Cylinder aufzeichnet; auf diese Weise lässt sich die Verspätung der Hebung des Gewichtes sehr bequem bestätigen, zugleich ist auch der Zeitwerth der Verspätung bestimmt. Beiliegende Zeichnung zeigt eine Verspätung von 0,05 Secunden an.

Bei dem belasteten Muskel bewies Gad experimentell die der Zuckung vorangehende anfängliche Dehnung folgendermaassen: Durch die Mitte des aufgehängten und mit beiläufig 50 gr Gewicht belasteten Muskels war ein leichter, aus Schilfrohr gemachter Hebel durchgestochen, dessen zeichnendes Ende die Platte des Du Bois'schen Federmyographiums berührte. — Die Reizung geschah unter der Stelle des Durchstechens an dem unteren Ende des Muskels durch einen Oeffnungsinductionsstrom; es ergab sich ohne Ausnahme, dass der Hebung des Zeichenhebels bei dieser Einrichtung ein Heruntersinken vorangeht; dieses Heruntersinken beweist die anfängliche Dehnung der oberen Hälfte des Muskels. Mendelsohn spricht diesem Versuche keine Beweiskraft zu, und meint, dass dieses an den von Gad erzielten Myogrammen sichtbare anfängliche Heruntersinken aus einem Fehler des Aufzeichnens herrührt.

Gad hat meines Wissens diesen Gegenstand nicht weiter untersucht; und doch ist das von ihm erhaltene Myogramm ein treues Bild der im Muskel sich abspielenden Vorgänge. Wenn der Zeichenhebel mit der Mitte des bei seinem oberen Ende fest aufgehängten Muskels in Verbindung steht, und die Erregung d. i. die Verkürzung von dem unteren Ende des Muskels ausgeht: so kann der Hebel nicht eher gehoben werden, als der Contractionsvorgang bis zur Mitte des Muskels vorangeschritten ist, und wenn derselbe eine Senkung machte, so konnte diese nur durch die Dehnung der oberen Muskelhälfte bedingt werden. Die Richtigkeit dieser Auffassung zeigen die folgenden Myogramme an, welche ich mittelst einer im Sinne der Gad'schen Versuche, aber anders eingerichteten Versuchsanordnung erzielte. Die Einrichtung zeigt die 2. Figur, Taf. V.

Das obere Ende des Muskels war in einer feststehenden und mit Electroden montirten Pincette festgehalten; auf dessen unterem war eine durch Hrn. Prof. Jendrassik construirte, für das untere Knochenende des *M. adductor magnus* bestimmte Pincette, ebenfalls mit Electroden und mit dem belastenden Gewichte versehen, angebracht. Die Drahtführung reichte von diesem unteren Electrodenpaar in auf dem Muskelhalter des Jendrassik'schen Fallmyographiums angebrachte und mit Quecksilber gefüllte Glasrohre, wovon sich die electriche Leitung über einen Commutator ohne Kreuz zur secundären Spirale des Schlittenapparates fortsetzte; mittelst des Commutators war die Reizung des Muskels abwechselnd an dem oberen und an dem unteren Ende zu bewerkstelligen. Ich bohrte durch die Mitte des Muskels den oberen Arm eines im Vierecke gebogenen und unten mit einem Ringe versehenen Drahtes durch; dieser Draht diente zur Vermittelung zwischen dem Muskel und dem Zeichenhebel des Myographiums.

In den Myogrammen der 3. Figur, Taf. V ist ersichtlich, dass je nachdem die Reizung des Muskels an dem oberen oder an dem unteren Muskelende geschah, der Verkürzung abwechselnd eine Verlängerung vorangeht, oder es fängt die Verkürzung ohne die vorangehende Verlängerung an. Aus einer solchen Vergleichung der Myogramme leuchtet hervor, dass die vorangehende Verlängerung zweifellos nicht dem Fehler des Schreibverfahrens zuzuschreiben sei, sondern aus der Dehnung des Muskels herrührt.

Die Dehnung des Muskels kann aber — obgleich dieselbe nicht in einer Verlängerung sich kund gibt, wenn die Erregung von dem oberen Ende ausgeht — auch in diesem Falle, wie dieses das Beispiel der Spiralfeder anzeigt, nicht ausbleiben; nur zeigt sich dieselbe dann in solcher Weise an, dass die Bewegung des Zeichenhebels verspätet vom Anfange der Muskelzusammenziehung erscheint, d. h. die Dehnung der noch nicht in Erregung begriffenen Muskelstrecke geht der Bewegung des mit dem Muskel in Verbindung gesetzten Zeichenhebels voraus.

Der Einfluss der Reizstelle auf die Latenzperiode.

Nachdem ich von dem Einflusse der Elasticität des Muskels überzeugt wurde, tauchte in mir bei der Bestimmung der latenten

Periode die Nothwendigkeit der Untersuchung eines solchen beachtungswürdigen Umstandes auf, welcher aus der Reihe der vorher erwähnten und allgemein anerkannten verändernden Umstände fehlt; die Forscher haben nämlich bei einem belasteten Muskel auf die Stelle der Reizung bisher im Allgemeinen wenig Aufmerksamkeit gerichtet, und die Stellung der Electroden war bei myographischen Versuchen grösstentheils nur eine Frage der Bequemlichkeit.

Es würde — um der verspätungsverursachenden Wirkung der Muskeldehnung möglichst auszuweichen — eine solche Einrichtung zu finden am vortheilhaftesten sein, bei welcher die Erregung in der ganzen Länge des Muskels gleichzeitig entstände, weil in diesem Falle der ganze Muskel von Anfang an eine positive Rolle bekäme; dies ist aber nicht zu erreichen, nachdem, ob wir uns eines constanten oder eines inducirten Stromes als Reizmittel bedienen, die Erregung doch nur an den Polen zu Stande kommt; und der Unterschied besteht nur darin, dass bei der Schliessung oder Oeffnung eines constanten Stromes die Reizung immer nur an einer der Pole, — hingegen bei genügend starkem Inductionsstrome, wie dies in einer anderen Abhandlung¹⁾ publicirt wurde, an beiden Polen geschieht, und dass die kathodische wie die anodische Reizwirkung des Entstehens und des Verschwindens der kurzandauernden inducirten Ströme so zu sagen gleichzeitig ist.

Wenn die Verkürzungswelle im Muskel nur von einer Stelle ausgeht, dann spielen die noch nicht in Erregung begriffenen Theile des Muskels anfänglich nur die Rolle einfacher passiver elastischer Körper; in diesem Falle muss auch die Stelle, wovon die Erregung ausgeht, eine Verschiedenheit im Ablaufe der gesammten Verkürzung verursachen. Kommt die Erregung von dem oberen Ende des Muskels her, so wird das mit dem unteren Ende verbundene Gewicht nicht sogleich gehoben werden können, da die Spannung der zwischen dem Gewichte und dem schon in Erregung gerathenen Muskeltheile liegenden und noch in der Ruhe verweilenden Strecke das Gewicht nur zu halten vermag; dass das Gewicht sich mit Geschwindigkeit hinaufwärts bewege, muss erst die Spannung auch der passiven Muskelstrecke gesteigert

1) Die Bestimmung der Entstehungsstelle der Erregung im Muskel etc. Pflüger's Archiv Bd. XLIII, S. 533.

werden, und das wird nur durch eine Dehnung erreicht. Die bei dem Entstehen der Erregung sich zeigende erste mechanische Wirkung ist somit das Dehnen und Anspannen des dazwischenliegenden Muskeltheiles, und erfolgt erst hernach das Heben des aufgehängten Gewichtes.

Die Latenzperiode kann, wenn die Erregung nur von einer Stelle des Muskels ausgeht, dann am kürzesten ausfallen, wenn das untere Ende des Muskels die Ausgangsstelle ist, da in diesem Falle die sich contrahirende Muskelpartie direct auf das belastende Gewicht wirkt; es konnte somit erwartet werden, dass in der Länge der Latenzperiode, von der Stelle der Reizung abhängig, ein Unterschied aufzuweisen sein wird; und das Ergebniss der Versuche entsprach der Erwartung.

Ich muss hier noch der Untersuchungen von Bezold und Tigerstedt gedenken, deren Einrichtung zugibt und sogar beansprucht, dass die Ergebnisse beachtet werden.

Bezold¹⁾ untersuchte — die Electroden an beiden Enden des Muskels angebracht — ob sich ein Unterschied in der Dauer der Latenzperiode bei der Anwendung eines constanten oder eines inducirten Stromes beobachten lässt. Die Resultate seiner Untersuchungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Nummer des Versuches	Stärke des Reizstromes	Länge der Latenzperiode in mm :		
		Oeffnungs- inductionsstrom	aufsteig. constanter Strom	absteig.
I	1 Grove + 200 cm Draht Nebenschliessung	9	28	> 24
II	1 Grove + 400 cm (Ne- benschliessung)	10	19	< 22
III	2 Grove + 400 cm (Rh.)	11,5	23	= 23
IV	2 Grove	11,5	18,5	> 15,5
V	3 Grove	11,5	14,5	< 15,0
VI	12 Grove	11,5	11,5	= 11,5

1) Unters. über die electr. Erregung der Nerven und Muskeln. 1861 199—201.

Aus diesen Versuchen kann auf den Einfluss der Stelle der Reizung gar nichts gefolgert werden. Jener Umstand, dass das Abmessen eine schwere Aufgabe ist, hat vielleicht einen grossen Antheil daran, dass das Resultat sich als ein derartig unregelmässiges hinstellte.

Die Untersuchungen Biedermann's können zur Beleuchtung dieser Frage nicht aufgeführt werden, nachdem sein Versuchsvorfahren (mittelst des Hering'schen Doppelmyographiums) und seine Versuchsergebnisse keine andere Deutung, als welche er denen gab, zulassen. — Diese Versuche sind nach der Beschreibung so überzeugend, dass die Richtigkeit der Folgerungen keinen Zweifel erleidet. Biedermann fand nämlich, dass die Zuckungen immer in der dünneren Hälfte des Muskels früher auftraten, und wenn während der Präparirung Theile der benachbarten Muskeln an der dünneren Muskelhälfte haften blieben, wodurch sich der Unterschied der Stromdichte ausglich, so war auch der in dem Auftreten der Zuckung sonst sich zeigende Zeitunterschied ausgeblieben.

Das Entgegengesetzte wurde aber schon früher durch Aeby, und dann durch Tigerstedt gefunden, und auch durch meine eigenen Versuche bestätigt; es könnte das Entgegengesetzte sogar schon im Wege der theoretischen Folgerung erwartet werden, da an dem dickeren Ende des Muskels der Reiz auf mehr Muskelfasern einwirkt als an dem dünneren Ende, und dadurch soll die aufsteigende Phase des Myogramms, besonders dessen Anfangstheil steiler werden, selbst dann, wenn das dünnere Ende auch ein etwas stärkerer Reiz trifft; in dem letzteren Falle wird die Höhe des ganzen Myogramms vielleicht vergrössert, der Anfangstheil der Erhebung aber nicht wesentlich geändert, während die gleichzeitige Zusammenziehung einer grösseren Anzahl von Muskelfasern gerade die schnellere Erhebung im Anfange der Zuckung nach sich ziehen soll.

Ich erwähne somit diese Versuche von Biedermann hier nur deshalb, weil Tigerstedt bei der Erklärung seiner Versuchsergebnisse sich Biedermann anschliesst, obwohl er eine ganz verschiedene Versuchsanordnung verwendete, und damit auch ganz verschiedene Resultate erzielte.

Tigerstedt befestigte den Muskel, ähnlicher Weise wie Be-

1) loc. cit. S. 188—204.

zold, in hängender Stellung an dessen oberem Ende, und brachte die Electroden an den beiden Enden des Muskels an. Er findet seine Versuchsergebnisse vollkommen mit denen von Bezold und Biedermann übereinstimmend. Dieselben sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Versuch	Mittelwerth der Latenzperiode	
	Schliessung eines aufsteigenden Stromes	Schliessung eines absteigenden Stromes
85	0,0084 Sec.	< 0,0091 Sec.
91	0,0083 »	< 0,0085 »
93	0,0091 »	= 0,0091 »
94	0,0084 »	< 0,0091 »
95	0,0132 »	< 0,0144 »
102	0,1012 »	> 0,0180 »
104	0,0090 »	< 0,0134 »
105	0,0518 »	> 0,0142 »

Nachdem Tigerstedt seine Versuche mit dem M. gastrocnemius anstellte, bei welchem ein sehr grosser Unterschied zwischen der Dicke beider Enden obwaltet, so ist es auffallend, dass die Latenzperiode der Schliessungszuckung grösstentheils bei dem aufsteigenden Strome kürzer erscheint — im Gegensatze zu der Erklärung Biedermann's — wobei die Erregung an dem oberen dickeren Muskelende zu Stande kam, und wo eben wegen der grösseren Dicke des Muskels die Dichte des Stromes geringer war.

Ich stellte meine Versuche mittelst des Jendrassik'schen Fallmyographions an¹⁾.

Die myographische Curve hält man zwar im Allgemeinen nicht für gut verwendbar zur Bestimmung der Dauer der Latenzperiode wegen der Schwierigkeit der Abmessung; es hängt jedoch alles davon ab, wie das Myogramm eben ist, und auf welche Weise die Abmessung vorgenommen wird. An den mittelst des Fallmyographiums geschriebenen Curven ist unter dem Mikroskope eine so pünktliche Abmessung zu bewerkstelligen möglich — wie ich mich davon durch mehrere nach einander angestellte Abmessungen überzeugt habe — dass diese auch das Pouillet'sche

1) Carl's Repertorium für Experimentalphysik etc. Bd. IX, S. 313. Mit Tafel XXIII—XXV.

Verfahren, so wie das durch Tigerstedt angewendete Verfahren nach ähnlicher Einstellung übertrifft; die Schliessung des Stromes ist nämlich bei diesen beiden Verfahren nur durch eine Ueberlastung des Muskels möglich, und sei nun die Ueberlastung wie immer gering, sie wird doch die Latenzperiode verlängern.

Gegen das aus der Abmessung myographischer Curven gewonnene Resultat kann nur in dem Falle eine Einwendung zugelassen, und dasselbe hinter ein anderes, durch andere Verfahren Erzieltes gestellt werden, wenn die Abmessungen eine längere Latenzperiode ergeben, als jene andere Verfahren; wenn aber im Gegentheile mittelst solcher Abmessungen bewiesen werden kann — wie aus den folgenden Versuchsergebnissen hervorleuchtet — dass die Latenzperiode kürzer sei, als dieselbe mittelst anderer Verfahren im Allgemeinen vorgestellt wird: so muss offenbar gesagt werden, dass diese kürzere Dauer der Wahrheit näher kommt. — Wegen der Schwierigkeit der Abmessung der Curven kann die Latenzperiode nur in dem Sinne fehlerhaft sein, dass diese länger erscheint, als sie in der That lang ist; kürzer kann sie gar nicht erscheinen; es darf sogar als sicher betrachtet werden, dass der wahrhaftige Werth noch geringer sein muss, als der durch Abmessung bestimmte, nachdem der Anfangstheil der Curve durch die Abscisse verdeckt wird.

Es diente bei meinen Versuchen als Muskelhalter eine Elfenbeinpincette, zwischen deren beiden Platten ich das obere Ende des Muskels einfasste; an diesen beiden Platten war zugleich das eine Electrodenpaar angebracht; der Strom passirte den Muskel grösstentheils quer durch. Das untere Ende des Muskels war mit dem Zeichenhebel des Myographiums mittelst einer anderen kleinen Pincette verbunden, worin das andere Electrodenpaar sich befand, dem Muskel ähnlich wie an dem oberen Ende grösstentheils von beiden Seiten angelegt; diese Electroden reichten hinunter in zwei mit Quecksilber gefüllte Glasröhren, und von diesen letzteren ist die Leitung weiter geführt worden, so dass die Leitungsdrähte die Zusammenziehung des Muskels nicht hinderten. Um das Austrocknen zu verhindern, war der Muskelhalter mit einer Feuchtkammer bedeckt.

Ich verwendete zur Reizung des Muskels in der ersten Versuchsreihe den Schliessungsinductionsstrom mittelst des gewöhnlichen Reizcontactes des Myographiums, und eines Jendrassik-

schen Quecksilberschlüssels¹⁾ ausgelöst, welcher letztere behufs der Gleichmässigkeit der Stromschliessung eingeschaltet wurde. Ich steigerte die Stromstärke immer bis zur Erreichung maximaler Zuckungen, welche jedoch in der ersten Versuchsreihe verhältnissmässig schwach ausfielen, da zu den Versuchen seit mehreren Monaten hungernde Frösche genommen wurden. Als Versuchsmuskel nahm ich grösstentheils sartorius und rectus internus major und minor, welche am regelmässigsten geformt erscheinen, obgleich auch diese nicht cylindrisch sind, sondern ein bedeutend dünneres Ende haben; ich verwendete jedoch auch den Gastrocnemius bei einigen Versuchen. Der M. rectus internus ist zu diesen Versuchen besonders günstig gebaut; zufolge des die Faser verbindenden Inscriptio tendinea bildet derselbe nämlich zwei der Länge nach an einander geheftete Muskel.

Die Erregung wurde immer abwechselnd an dem oberen und an dem unteren Ende des Muskels mittelst eines in den Stromkreis eingeschalteten Commutators ohne Kreuz ausgelöst; die Zuckungen sind auf der Platte des Myographiums neben einander angereiht aufgezeichnet worden, 14—24 Curven auf eine Glasfläche.

Die Abmessung der latenten Periode bewerkstelligte ich mittelst der Jendrassik'schen Messvorrichtung²⁾ unter dem Mikroskope bei 0,1 mm Pünktlichkeit.

Das Ergebniss der Abmessungen befindet sich in der nebenstehenden Tabelle; die Zahlen beziehen sich auf den Millimeterstab der Messvorrichtung.

Es beginnt laut dieser Messungen die Steigung der Muskelcurve im Allgemeinen früher, wenn die Erregung von dem unteren, als wenn dieselbe von dem oberen Muskelende ausgeht. Die Unterschiede sind bei demselben Muskel während einer Reihe von Zuckungen ungleich; das rührt aber wahrscheinlich davon her, dass die Ruhezeit zwischen den einzelnen Zuckungen ungleich war, und die Reizbarkeit des Muskels sich nach einer jeden Zuckung veränderte. — Wie gross der Einfluss dieses Umstandes auf das Resultat ist, das lässt sich aus den Aufzeichnungen des Jendrassik-

1) Jendrassik, A magától sorakoztató eső-myographium etc. Budapest 1881, S. 38.

2) Reichert's u. Du Bois-Reymond's Archiv 1874, S. 583.

schen Registrirmyographiums¹⁾ ersehen, wobei die zwischen den einzelnen Zuckungen abgelaufenen Ruhezeiten immer gleich blieben.

1	2	3	4	5	6	7	8	9 ²⁾	10	11	
Add. m. Cu- rara	Sart. curara	Sart. wenig be- lastet	Sart. wenig be- lastet	Sart. umge- kehrt	•	Sart. wenig be- lastet	Sart. stark be- lastet	Sart. wenig be- lastet	rectus int. min.	rectus int. min. umge- kehrt	Reizstelle
38,2	43,1	43,8	48,8	42,6	40,5	51,9	45,9	43,8	39,9	50,1	oben
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
36,3	41,9	45,8	46,9	38,2	35,9	49,6	45,0	40,0	40,8	45,7	unten
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
.	43,8	43,2	49,1	41,9	41,1	52,7	44,0	44,7	40,0	50,3	oben
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
.	42,4	42,6	47,1	41,1	40,7	51,7	43,1	40,0	41,0	46,2	unten
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
40,0	43,2	42,7	48,5	40,6	41,8	52,5	42,6	44,8	40,7	50,6	oben
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
38,0	42,2	42,4	48,1	41,4	40,5	51,6	43,0	41,1	41,8	46,4	unten
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
38,6	42,9	42,3	51,5	42,6	.	56,7	43,8	44,2	38,6	47,4	oben
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
38,2	42,4	42,8	46,9	41,0	40,6	51,9	43,0	40,5	40,9	45,1	unten
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
38,7	43,0	42,3	48,6	42,5	40,1	54,7	43,3	43,7	40,5	46,1	oben
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
38,4	41,4	42,5	47,7	41,6	39,4	51,8	42,9	39,2	41,9	45,8	unten
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
39,1	45,1	42,7	48,6	42,8	40,4	56,8	43,6	44,0	41,7	53,0	oben
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
38,9	40,0	41,6	47,1	41,5	39,7	51,8	43,5	39,5	44,2	46,3	unten
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
39,6	40,1	42,1	48,2	41,7	.	58,8	43,6	43,5	40,7	56,6	oben
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
38,7	39,4	41,9	41,9	41,9	.	53,1	43,2	38,5	43,8	41,5	unten
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
38,7	40,7	42,3	50,2	.	.	57,3	43,4	43,2	43,2	53,0	oben
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
38,9	40,6	42,0	46,8	.	.	52,7	44,0	39,0	42,8	44,0	unten

Die folgende Reihe bezieht sich auf Zuckungen des M. sartorius in 4 Sekunden Intervallen einander folgend; die Auslösung der Reize geschah fünferweise abwechselnd an dem oberen und unteren Ende. Die Zahlen beziehen sich auf den Millimeterstab der Messvorrichtung.

1) A magától sorakoztató eső-myographium. Mit 6 Tafeln von Eug. Jendrassik, Ausg. d. ungar. Akad. Budapest 1881.

2) Die Oeffnungsstelle des Reizcontactes am Myographium fällt auf 23,4 mm.

Curvenanfänge			Curvenanfänge		
unten	gereizt:	oben	unten	gereizt:	oben
	Mittel:			Mittel:	
29,1	29,2	$\left\{ \begin{array}{l} 29,7 \\ 29,9 \\ 30,0 \\ 29,8 \\ 29,9 \end{array} \right.$	29,2	29,3	$\left\{ \begin{array}{l} 29,3 \\ 29,4 \\ 30,0 \\ 30,2 \\ 30,3 \end{array} \right.$
—			29,2		
29,2			29,1		
—			29,3		
29,3	↑		29,5	↑	
	29,9			30,0	
29,3	↓		29,4	↓	
29,2	29,3		29,4	29,4	
29,4			29,3		
29,3			29,5		
29,5			29,5		
	↑	30,1		↑	30,4
	30,1	—		30,4	30,4
		30,2			30,3
		30,0			30,4
29,1	↓		29,2	↓	
29,2	29,2		29,3	29,2	
29,4			29,2		
29,2			—		
29,2			—		
	↑	30,2		↑	30,2
	30,2	30,0		30,2	30,2
		30,2			30,2
		30,3			30,2
		30,3			30,4
29,3	↓		29,4	↓	
29,4	29,3		29,3	29,3	
29,3			29,3		
—			29,2		
—			29,3		
	↑	30,2		↑	30,3
	30,2	30,3		30,3	30,2
		30,2			30,2
		30,3			30,3
		30,2			30,3
29,2	↓		29,2	↓	
29,2	29,3		29,3	29,2	
29,3			29,2		
29,4			29,4		
29,3			—		
	↑	30,0			
	30,0	30,2			
		29,9			
		30,0			
	↓	—			

Diese Curvenreihe liegt auch in photographischer Aufnahme bei (Tafel V).

Es ist die Frage aufzuwerfen, wie viel wir bei der Werthbestimmung der latenten Periode fehlen können, wenn wir die Stellung der Electroden ausser Acht lassen.

In den aufgeführten Versuchen betrug die Fallgeschwindigkeit der Myographiumplatte 840mm in einer Sekunde d. h. 1mm der Abscissenaxe bedeutete 0,00119 Secunden. Die ersten Zuckungs-

paare zeigen einen Unterschied von 1—4,6mm in der Länge der Latenzperiode, was 0,0012—0,0054 Secunden entspricht und somit weit bedeutender ist, als dass davon bei der Bestimmung der Dauer der Latenzperiode abgesehen werden könnte.

Diese Versuche sind nicht gemacht worden, um den absoluten Werth der latenten Periode zu bestimmen, sondern nur um den Einfluss der Stelle der Reizung auf die latente Periode beobachten zu können; es sollen jedoch zur besseren Vorstellung des Unterschiedes hier auch ein paar Werthbestimmungen aufgeführt werden.

In der 9. Reihe	oben und unten	
gereizt, der Anfang der ersten Paar Zuckungen liegt bei	43,8	40,0
Oeffnungsstelle des Reizcontactes am Myographium . .	23,4	23,4
Die gesammte scheinbare Latenz	20,4	16,6
Die Verspätung der Auslösung der Erregung wegen dem Quecksilberschlüssel.	12,2	12,2
Länge der Latenzperiode	8,2 mm	4,4 mm
Dauer der Latenzperiode	0,0097 Sec.	0,0052 Sec.
In gleicher Weise aus den Anfängen des letzten Zuckungspaares der 9. Reihe die Dauer der Latenzperiode		
	0,0090 Sec.	0,0040 Sec.

Die 9. Reihe diente deshalb als Grundlage bei der Berechnung, weil nur bei dieser die Oeffnungsstelle des Reizcontactes am Myographium im voraus bezeichnet wurde; es konnte aber von dieser Marke an die Länge der Latenzperiode einfach nicht gemessen werden, weil die Auslösung der Erregung, wegen des noch ausserdem eingeschalteten Quecksilberschlüssels, — welcher durch ein Electromagnet geöffnet oder geschlossen wird, — eine Verspätung erleidet, und der Zeitwerth dieser Verspätung war nicht leicht zu bestimmen. Desshalb liess ich auch bei den anderen Curvenreihen die Bezeichnung der Stelle des Reizcontactes weg. — Später bestimmte ich jedoch die Verspätung mittelst eines Deprèz'schen Chronographs, und so konnte auch die obige Berechnung über die Dauer der Latenzperiode gemacht werden.

Nachdem aber ein Electromagnet, besonders nach länger andauernder Benutzung, ungleichmässig arbeitet, und ich doch auch von der thatsächlichen Dauer der Latenzperiode durch eigene Untersuchungen belehrt werden wollte, liess ich den Quecksilberschlüssel weg, und beschränkte mich allein auf den Reizcontact des Myographiums, wobei es zwar — wie bei allen festen Metall-

contacten — nicht zu erwarten stand, dass die Reizgrösse immer beständig gleich bleiben wird; da ich mich aber bei diesen Untersuchungen nur des Anfangstheiles der Myogramme bedienen wollte, d. h. da ich nur die Länge der Latenzperiode abzumessen hatte, so schien jener einfache Reizcontact auch genügend zu sein.

Die Dauer der Latenzperiode der Erregung bei directer Muskelreizung.

Die Versuche waren bei kleinerer und grösserer Belastung des Muskels veranstaltet; zur Reizung diente der Oeffnungsinductionsstrom, abwechselnd an dem oberen und an dem unteren Muskelende angewandt, wie bei den vorigen Versuchen.

1. M. sartorius mit 23 gr belastet. Das Moment der Reizung liegt bei 29,6 mm an der Maassschiene. Die Anfänge der Zuckungscurven befinden sich bei Reizung des Muskels an dem oberen und an dem unteren Ende, bei:

unten gereizt	oben gereizt	Unterschied
40,4	—	—
39,6	39,3	+ 0,3 mm
39,1	39,6	— 0,5 »
39,1	39,6	— 0,5 »
39,3	39,7	— 0,4 »
<hr/>		
im Mittel: 39,3	39,6	— 0,3 mm

2. Fortsetzung mit 18 gr Belastung. Das Reizungsmoment liegt bei 28,2 mm an der Maassschiene. Die Anfänge der Zuckungscurven:

unten gereizt	oben gereizt	Unterschied
36,2	38,0	— 1,8 mm
35,1	38,5	— 3,4 »
37,5	37,9	— 0,4 »
36,3	41,2	— 4,9 »
35,8	40,0	— 4,2 »
37,4	—	?
<hr/>		
im Mittel: 36,4	39,1	— 2,7 mm

3. Fortsetzung mit 23 gr Belastung. Das Reizungsmoment liegt bei 27,2 mm. — Die Curvenanfänge:

unten gereizt	oben gereizt	Unterschied
35,1	—	?
33,8	—	?
32,7	39,8	—7,1 mm
35,9	38,9	—3,0 »
35,8	38,0	—2,2 »
<hr/>		
im Mittel: 34,6	38,9	—4,3 mm

4. M. Sartorius der anderen Seite desselben Frosches i verkehrter Lage aufgehängt und mit 23gr belastet. — Das Reizungsmoment liegt bei 28,5 mm. Die Curvenanfänge:

unten gereizt	oben gereizt	Unterschied
36,2	37,4	—1,2 mm
37,4	38,0	—0,6 »
37,0	38,9	—1,9 »
35,9	40,1	—4,2 »
39,1	40,5	—1,4 »
<hr/>		
im Mittel: 37,1	38,9	—1,8 mm

5. Fortsetzung mit 18gr Belastung. Das Reizungsmoment liegt bei 29,2 mm. Die Curvenanfänge:

unten gereizt	oben gereizt	Unterschied
35,0	36,9	—1,9 mm
37,3	40,4	—3,1 »
38,5	39,3	—0,8 »
36,5	37,6	—1,1 »
37,3	39,0	—1,7 »
<hr/>		
im Mittel: 36,9	38,6	—1,7 mm

6. M. rectus internus major (Ecker) mit 18gr Belastung. Das Reizungsmoment liegt bei 33,9 mm. Die Curvenanfänge:

unten gereizt	oben gereizt	Unterschied
40,3	42,8	—2,5 mm
40,1	41,8	—1,7 »
37,7	41,9	—4,1 »
41,1	41,1	0
38,7	40,5	—1,8 »
38,4	42,1	—3,7 »
<hr/>		
im Mittel: 39,4	41,7	—2,3 mm

7. Fortsetzung mit 33gr Belastung. Das Reizungsmoment liegt bei 32,4 mm. Die Curvenanfänge:

unten gereizt	oben gereizt	Unterschied
37,2	41,6	—4,4 mm
37,7	37,7	0
36,6	37,7	—1,1 »
36,5	40,7	—4,2 »
36,0	40,6	—4,6 »
36,4	37,6	—1,2 »
<hr/>		
im Mittel: 36,7	39,3	—2,6 mm

8. Fortsetzung mit 18 gr Belastung. Das Reizungsmoment liegt bei 32,8 mm. Die Curvenanfänge.

unten gereizt	oben gereizt	Unterschied
38,4	38,6	—0,2 mm
38,0	42,5	—4,5 »
39,5	39,2	+0,3 »
39,0	42,0	—3,0 »
39,4	41,5	—2,1 »
36,3	43,0	—6,7 »
38,2	38,8	—0,6 »
38,5	41,0	—2,5 »
39,5	41,4	—1,9 »
40,0	40,6	—0,6 »
39,8	41,5	—1,7 »
<hr/>		
im Mittel: 38,9	40,9	—2,0 mm

9. Musc. rectus internus major verkehrt aufgehängt. Die Hälfte des Muskels abgespalten und mit 18 gr belastet. Das Reizungsmoment liegt bei 34,1 mm. Die Curvenanfänge:

unten gereizt	oben gereizt	Unterschied
43,7	45,0	—1,3 mm
44,7	46,2	—2,5 »
45,7	45,7	0
46,4	49,0	—2,6 »
45,2	48,8	—3,6 »
47,0	44,5	+2,5 »
46,8	47,5	—0,7 »
45,8	49,2	—3,4 »
43,0	46,1	—3,1 »
42,0	46,9	—4,9 »
<hr/>		
im Mittel: 45,0	46,9	—1,9 mm

10. M. gastrocnemius in verkehrter Stellung und mit 18 gr belastet. Das Reizungsmoment liegt bei 32,4 mm. Die Curvenanfänge:

unten gereizt	oben gereizt	Unterschied
37,1	40,9	—3,8 mm
36,6	38,9	—2,3 »
35,0	39,2	—4,2 »
36,3	37,3	—1,0 »
36,2	38,9	—2,7 »
34,4	40,0	—5,6 »
—	40,0	?
37,2	36,2	+1,0 »
35,6	38,0	—2,4 »
36,9	38,7	—1,8 »
35,5	37,8	—2,3 »
im Mittel: 36,0	38,7	—2,3 mm

Das Ergebniss der Versuche ist in folgender Tabelle zusammengestellt:

Versuchs- Nummer	Länge der Latenzperiode		Un- ter- schied	Klein- ster Werth	Mittelwerth der Latenzperiode		Kleinste Dauer der Latenz- periode	
	oben	unten			oben	unten		
	gereizt mm	gereizt mm			gereizt Sec.	gereizt Sec.		
Sartorius	1	10,0	9,7	−0,3	9,5	0,0119	0,0115	0,0113
	2	10,9	8,2	−2,7	6,9	0,0129	0,0097	0,0082
	3	11,7	7,4	−4,3	6,6	0,0139	0,0088	0,0078
	4	10,4	8,6	−1,8	7,4	0,0123	0,0102	0,0088
	5	9,4	7,7	−1,7	5,8	0,0111	0,0103	0,0069
rectus int. maj.	6	7,8	5,5	−2,3	3,8	0,0092	0,0065	0,0045
	7	6,9	4,3	−2,6	3,6	0,0082	0,0051	0,0042
	8	8,1	6,1	−2,0	3,5	0,0096	0,0072	0,0041
gastrocn.	9	12,8	10,9	−1,9	7,9	0,0152	0,0129	0,0094
	10	6,3	3,6	−2,7	2,0	0,0075	0,0038	0,0023

Es zeigte sich, wie bei den vorigen Versuchen, so auch in dieser Reihe die Latenzperiode dann kürzer, wenn der Reiz auf das untere Ende des Muskels wirkte; der Unterschied ist meist ein bedeutender.

Die Dauer der Latenzperiode ist — von den drei Muskeln, welche zu den Versuchen genommen worden sind — am längsten bei dem M. sartorius, kürzer bei dem M. rectus internus, und am kürzesten bei dem M. gastrocnemius. Diese Verschiedenheit ist aber natürlich nicht als Folge specieller Eigenschaften der betref-

fenden Muskeln anzusehen, sondern sie ist mit der Dicke des Muskels in ursächliche Verbindung zu bringen. Wo ich nämlich von dem *M. rectus internus maj.* durch Abspalten einen Theil — beiläufig die Hälfte des Muskels — entfernte, verlängerte sich auch die Dauer der Latenzperiode. (Vers. 9.)

Die verschiedene Länge der Muskelfaser hat auch einen Einfluss auf die Dauer der Latenzperiode; je kürzer nämlich der Muskel ist, desto kürzer ist auch die vor den Zeichenhebel eingeschaltete Masse. — Um dieses Verhältniss zu beweisen, führe ich hier eine Tabelle vor, welche das Ergebniss einiger an anderer Stelle veröffentlichter¹⁾ Versuche in sich fasst. Zum Versuch diente der *M. rectus intern. maj.* in der Hälfte seiner Länge auf jene Weise in eine Elfenbeinpincette eingefasst, dass der Zeichenhebel des Myographiums nur der Bewegung der unteren Muskelhälfte folgte. Die Reizelectroden waren an der fixirten Stelle angebracht; die secundäre Spirale war ganz auf die primäre aufgeschoben. Die ganze Reihe bezieht sich auf einen und denselben Muskel, und es ist somit auch der Einfluss der Ermüdung ersichtlich. Die Belastung betrug ungeändert 18 gr.

Curvenreihe	Zahl der Zuckungen	Mittellänge der Latenzperiode mm	Kleinste Länge mm	Mitteldauer der Latenzperiode Sec.	Kleinste Dauer Sec.
1	16	3,5	2,5	0,0041	0,0029
2	14	2,8	2,1	0,0033	0,0025
3	24	4,3	2,8	0,0051	0,0033
4	19	4,1	2,4	0,0048	0,0028
5	19	4,8	3,5	0,0057	0,0041
6	17	4,7	4,2	0,0056	0,0050
7	20	7,6	5,5	0,0090	0,0065

Ein ähnlicher Versuch mit einem curarisirten Muskel.

1	20	6,7	4,4	0,0079	0,0052
2	16	3,0	2,5	0,0035	0,0029
3	17	4,5	3,2	0,0053	0,0038

Es zeigt sich bei den Muskeln, welche in ihrer ganzen Länge zum Curvenzeichnen verwendet worden sind, eine Latenzperiode

1) Regéczy, Die Bestimmung der Entstehungsstelle der Erregung im Muskel etc. Pflüger's Archiv 1888.

— im Mittel aus den Versuchsreihen — von 0,0082—0,0096 Secunden bei der Reizung an dem oberen Muskelende, während bei der Zusammenziehung des halben Muskels dieselbe kürzer, nur 0,0033—0,0051 Secunden erschien bei den ersten 73 Zuckungen. Die erhaltenen Minimalwerthe waren bei dem ganzen Muskel 0,0041—0,0045 Sec., während bei dem halben Muskel nur 0,0025—0,0033 Secunden. Bei dem curarisirten halben Muskel waren die Mittelwerthe der ersten 53 Zuckungen 0,0035—0,0079 Secunden, und minimale Werthe betrugen 0,0029—0,0052 Secunden.

Wir sahen früher, dass die Dauer der Latenzperiode im verkehrten Verhältnisse zur Dicke des Muskels steht, weil je dicker der Muskel ist, umsomehr Fasern gerathen auf einmal in Erregung, und desto höher wird auch das Myogramm — somit auch um so steiler deren aufsteigende Phase.

Dieses Verhältniss weckte in mir den Gedanken, dass die Latenzperiode vielleicht ganz verschwinden würde, wenn die Steigung des Myogrammes noch steiler gemacht werden könnte; d. h. es könnte erwartet werden, dass die Verkürzung im Momente selbst der Reizung anfinke, und dass die Latenzzeit nur eine scheinbare sei, nur dadurch verursacht, dass eine gewisse vorgeschrittene Phase der Zusammenziehung gefordert wird, um im Allgemeinen erkenntlich zu werden; wie ich diese Möglichkeit durch Hrn. Prof. Jendrassik in seinen Vorträgen schon vor langer Zeit erwähnen hörte, von der Thatsache ausgehend, dass die negative Schwankung keine Verspätung von dem Reizmomente an erleidet. Jene unbedeutende Verspätung, von 0,001 Sekunde und noch weniger, welche bei den Rheotomversuchen sich kundgibt, rührt offenbar davon her, dass die allerersten Werthe der negativen Stromänderung wegen des zu geringen Umschlages der Galvanometernadel nicht zu erkennen sind. — Die negative Schwankung selbst ist nichts anderes, als ein Zeichen der Erregung; davon kann auch der Anfang des Contractionsvorganges nicht zurückbleiben. Diese Möglichkeit ist auch schon von Helmholtz¹⁾ erwähnt worden.

1) loc. cit. S. 313: „Es wäre sogar möglich, dass die Energie gleich vom Augenblicke der Reizung an stiege, aber so langsam, dass sie z. B. in der Reihe I während des ersten Zeitraumes von 0,0093 Secunden sich nur

Ich setzte also meine Versuche in der Weise fort, dass ich die Erregungswelle gleichzeitig in beiden Richtungen durch den Muskel schickte. Um dieses zu erreichen, brachte ich die Electroden des inducirten Stromes abwechselnd einmal auf beide Enden, ein andermal an der Mitte des Muskels an. Diese letztere Einrichtung entspricht auch dem Falle, wenn die Reizung vom Nerven aus geschieht, da die Nervenendigungen sich grösstentheils in der mittleren Gegend der Fasern, oder wenigstens in der Continuität der Fasern vorfinden und nicht an deren Enden.

Behufs Vergleichung bestimmte ich die Länge der Latenzperiode gleichzeitig auch nach der an dem oberen und an dem unteren Ende des Muskels ausgelösten Erregung. Die Verwechslung der benützten Electrodenpaare geschah nach einer jeden Zuckung in der aufgezeichneten Reihe; die Zuckungen erfolgten in Zeitintervallen von 15 Secunden und die Myogramme reihten sich einander auf der Glasplatte des Myographiums an.

11. *M. rectus internus major curarisirt.* Die Belastung beträgt 33gr. Das Reizungsmoment liegt an der Maassschiene bei 30,8mm. Die Curvenanfänge befinden sich bei:

Reizstelle am Muskel:	Curvenanfänge:				Mittel:	
oben:	37,4	36,1	35,7	42,1	= 37,8	
an der Mitte:	33,4	34,0	33,7	33,6	= 33,6	I
unten:	36,2	35,3	41,0	34,1	= 36,6	II
beide Enden {	↑:	35,6	35,4	38,5	41,9	= 36,8
	↓:	34,5	36,5	42,0	40,6	= 38,4
Die kleinste Latenzperiode: 33,4 = 2,6 mm = 0,0030 Sec.						
Kleinstes Mittel: 33,6 = 2,8 » = 0,0033 »						

12. Fortsetzung mit 18 gr Belastung. Das Reizungsmoment liegt bei 34,0mm. Die Curvenanfänge:

oben gereizt:	38,4	38,5	39,5	37,2	= 38,4	
an der Mitte » :	37,8	36,4	37,6	36,0	= 36,9	I
unten » :	37,4	39,1	38,5	37,2	= 38,0	II
beide Enden {	↑ » :	?	?	39,8	38,5	= 39,1
	↓ » :	40,2	37,4	39,0	39,4	= 39,0
Die kleinste Latenzperiode: 36,0 = 2 mm = 0,0023 Sec.						
Kleinstes Mittel: 36,9 = 2,9 » = 0,0034 »						

um etwa 1 gr vermehrt hätte. Jedenfalls würde diese Ansteigung ganz unbeträchtlich sein im Vergleich zu der von 40 gr in den folgenden 0,0036 Secunden.“

13. *M. gastrocnemius* curarisirt, mit 18gr belastet, in verkehrter Lage aufgehängt. Das Reizungsmoment liegt bei 32,2mm. Die Curvenanfänge befinden sich:

	oben gereizt:	37,1	40,5	40,6	36,9 = 38,7	
	an der Mitte	» :	36,2	36,0	37,1	37,9 = 36,7
	unten	» :	34,6	36,8	36,4	36,6 = 36,1 I
beide Enden	} ↑	» :	35,3	39,3	38,1	36,7 = 37,3
		↓	» :	35,7	36,9	36,9
Die kleinste Latenzperiode: 34,6 = 2,4 mm = 0,0028 Sec.						
Kleinstes Mittel: 36,1 = 3,9 » = 0,0046 »						

14. *M. rectus internus major* mit 18gr Belastung. Das Reizungsmoment liegt bei 38,7mm. Die Curvenanfänge:

oben gereizt:	43,6	46,2	44,9	45,0	=	44,9	
an der Mitte	»	:	42,2	41,4	43,5	41,5	= 42,1 I
unten	»	:	42,7	42,2	44,1	43,4	= 43,1 II
beide Enden	}	↑	»	:	44,4	44,1	43,1 44,5 = 44,0
		↓	»	:	43,0	42,6	44,1 43,5 = 43,3
Die kleinste Latenzperiode: 41,4 - 2,7 mm = 0,0032 Sec.							
Kleinstes Mittel: 42,1 - 3,4 » = 0,0040 »							

15. Fortsetzung mit 23gr Belastung. Das Reizungsmoment liegt bei 30,8mm. Die Curvenanfänge:

	oben gereizt:	36,2	36,5	?	= 36,3	
	an der Mitte	»	:	34,1	34,0	33,4 = 33,8 I
	unten	»	:	34,8	38,4	35,1 = 36,1
beide Enden	}	↑	»	:	36,0	38,5 36,1 = 36,8
		↓	»	:	34,6	36,0 33,5 = 34,7 II
Die kleinste Latenzperiode: 33,4 - 2,6 mm = 0,0030 Sec.						
Kleinstes Mittel: 33,8 - 3,0 » = 0,0036 »						

16. Fortsetzung mit 18gr Belastung. Das Reizungsmoment liegt bei 27,8mm. Die Curvenanfänge:

	oben gereizt:	31,0	33,4	33,4 = 32,6	
	an der Mitte	» :	30,3	29,6	30,8 = 30,2 I
	unten	» :	31,9	?	33,3 = 31,7
beide Enden	} ↑	» :	32,3	30,1	30,5 = 30,9 II
		↓	» :	31,8	30,1
Die kleinste Latenzperiode: 29,6 - 1,8 mm = 0,0021 Sec.					
Kleinstes Mittel: 30,2 = 2,4 » = 0,0028 »					

17. *M. gastrocnemius* mit 18gr belastet in verkehrter Lage aufgehängt. Das Reizungsmoment liegt bei 35,7mm. Die Curvenanfänge:

	oben gereizt:	41,4	39,2	39,0	= 39,8
an der Mitte	» :	38,0	37,7	37,5	= 37,7
unten	» :	38,2	37,3	37,9	= 37,8
beide Enden	↑ » :	37,5	38,1	39,1	= 38,2
	↓ » :	39,0	38,1	39,4	= 38,8
Die kleinste Latenzperiode: 37,3 = 1,6 mm = 0,0019 Sec.					
Kleinstes Mittel: 37,7 = 2,0 » = 0,0023 »					

Diese letztere Reihe von Versuchen entsprach der vorausgesetzten Erwartung, und ergab, dass die Dauer der Latenzperiode durch Anhäufung der Contractionswellen verkürzt wird.

Die Latenzperiode war, mit Ausnahme eines einzigen Falles, immer dann am kürzesten, wenn die Reizung an der Mitte des Muskels geschah, wenn also die Erregungswelle in beiden Richtungen gegen die Enden des Muskels voranschritt. Jene einzige Ausnahme findet bei dem in verkehrter Stellung aufgehängten *M. gastrocnemius* statt (13), wo sich die Latenzperiode bei der Reizung des unteren dicken Endes am kürzesten erwies.

Es war auch in jenen Fällen eine Wellenanhäufung vorhanden, wo die Electroden an beiden Enden des Muskels angebracht waren, und der Reiz des Stromentstehens bei der Kathode, der Reiz des Stromverschwindens hingegen bei der Anode je eine Erregungswelle erzeugten, welche den Muskel in entgegengesetzter Richtung durchliefen. Hierbei zeigt sich die Latenzperiode dennoch grösstentheils länger als bei Reizung der Muskelmitte, was aus zweierlei Gründen natürlich erscheinen muss; es vermindert sich nämlich die Stromstärke zufolge des grösseren Widerstandes, welcher durch die Einschaltung des ganzen Muskels in den Stromkreis eingesetzt wird; es kommen weiter die aus der Ruhelage herausgeschwungenen elementaren Muskelschichten längs des ganzen Muskels unter dem Einflusse eines einfachen Reizes in Bewegung, während der Reiz an der Muskelmitte doppelt wirkte — obgleich in sehr kurzen, der Dauer des Inductionsstromes entsprechenden Intervallen — und es pflanzte sich somit eine Doppelerregung im Muskel weiter gegen die beiden Richtungen fort. In der Hinsicht des einen Umstandes ist die Reizung an beiden Enden des Muskels sogar zur Reizung des unteren Endes allein im Nachtheile, da im letzteren Falle der Strom stärker ist; überdies ist da auch die Dehnung des Muskels — wie wir gesehen haben — am geringsten; es kann uns somit gar nicht befremden, wenn bei alleiniger Reizung

des unteren Endes des Muskels die Latenzperiode kürzer als bei auf- oder absteigender Stromrichtung erscheint.

Am längsten ist die Latenzperiode meistens bei der Reizung des oberen Muskelendes.

Die Wirkung des aufsteigenden und des absteigenden Stromes steht einander sehr nahe, was ich wieder ganz gut erklärlich finde, da die Wirkungen beider d. i. der kathodischen und der anodischen Reize bei völlig aufgeschobener secundärer Spirale gleich, nämlich maximal ist. — Es ist jedoch diese Wirkung nicht vollkommen gleich, was wahrscheinlich als Folge der electrotonischen Erregbarkeitsänderung anzusehen ist. Die Latenzperiode zeigte sich auch in den Versuchen von Tigerstedt nahe gleich bei der Reizung mit auf- oder absteigendem inducirten Strome.

Zur leichteren Uebersicht der minimalen Werthe diene die folgende Zusammenstellung der Ergebnisse:

	Kleinster Mittelwerth der Latenzperiode:	Die kleinste Latenzperiode:
11.	0,0033 Sec.	0,0030 Sec.
12.	0,0034 »	0,0023 »
13.	0,0046 »	0,0028 »
14.	0,0040 »	0,0032 »
15.	0,0036 »	0,0030 »
16.	0,0028 »	0,0021 »
17.	0,0023 »	0,0019 »

Ich habe endlich eine weitere Reducirung der Latenzdauer auf jene Weise versucht, dass ich einen dicken Muskel an mehreren Stellen gleichzeitig reizte. — Ich glaubte die gleichzeitige Reizung oben unten und in der Mitte durch Verzweigung des Stromes gegen drei Paar Electroden, welche an den bezeichneten Stellen des Muskels angelegt wurden, bewerkstelligen zu können. Es ist zwar nicht sicher anzugeben, ob bei dieser Einrichtung eine Wellenanhäufung der Erwartung gemäss thatsächlich erfolgte, da die Reizung sich möglicherweise auch allein auf eine Stelle, nämlich auf die dünnste Stelle des Muskels beschränken könnte, nachdem die Electroden an dem Muskel von den beiden entgegengesetzten Seiten angebracht wurden; ich führe jedoch auch diese Versuche vor, da sie angestellt wurden, und ihr Ergebniss jedenfalls beachtet werden muss.

18. *M. rectus internus major* entzwei gebogen und mit 18 gr belastet. Das Reizungsmoment liegt bei 30,4 mm. Die Curvenanfänge befinden sich bei: 32,4; 35,0; 35,0; 32,8; 33,1; 32,7; 34,0; 33,1; 32,7; 35,0; 33,6; 35,0; 34,8; 34,8; 34,8; 34,4; 34,1 mm im Mittel bei **33,9** mm.

Mittelwerth der Latenzperiode = 3,5 mm = 0,0041 Sec.

Kleinste Latenzperiode . . . = 2,0 » = 0,0023 »

19. Fortsetzung bei derselben Belastung. Das Reizungsmoment liegt bei 32,3 mm. Die Curvenanfänge befinden sich bei: 35,5; 35,8; 35,3; 35,1; 34,2; 36,0; 36,0; 35,6; 36,5; 34,3; 33,9; 36,4; 35,2; 35,0; 37,5; 37,1; 36,5; 35,5 mm; im Mittel bei 35,6 mm,

Mittelwerth der Latenzperiode = 3,3 mm = 0,0039 Sec.

Kleinste Latenzperiode . . . = 1,6 » = 0,0019 »

20. Beide *M. recti interni maj.* neben einander gelegt, und so aufgehängt, dass der Zeichenhebel des Myographiums die Bewegung des $\frac{2}{3}$ Theiles des Muskels aufzeichnet. Die Belastung beträgt 18 gr. Das Reizungsmoment liegt bei 29,6 mm. Die Curvenanfänge liegen bei: 33,0; 33,3; 34,8; 32,8; 32,5; 32,8; 35,0; **30,1**; 32,8; 32,5; 31,5; 33,1; 32,5; 32,9; im Mittel = **32,9** (den bezeichneten kleinsten Werth ausser Acht gelassen).

Mittelwerth der Latenzperiode = 3,3 mm = 0,0039 Sec.

Kleinste Latenzperiode . . . = 1,9 » = 0,0022 »

Die Latenzperiode bei der einen

bezeichneten Zuckungscurve = 0,5 » = 0,0006 »

Es ergab sich somit, dass die Latenzperiode zufolge einer Wellenanhäufung bedeutend kürzer wurde, als dieselbe sich bei den vorigen Versuchen, nach einfacher Reizung, von den Muskelenden aus erwies; und doch dürfte die thatsächliche Latenzperiode der Erregung — wenn eine solche existiren würde — durch eine Wellenanhäufung nicht abgekürzt werden; diese letztere kann nur auf das scheinbare Zurückbleiben des Anfangs der Zuckung, welche durch die Dehnung des Muskels verursacht wird, von Einfluss sein. Es darf daraus vielleicht schon gefolgert werden, dass die Latenzperiode der Erregung nur scheinbar vorhanden ist; da es mir gelang bei gleichbleibender Temperatur von 14—16° C. des Versuchslocals dieselbe in einem solchen Grade verkürzt aufzuweisen, wie es bisher noch keinem Forscher, bei Zuhülfenahme welcher immer Versuchseinrichtung, glückte, das erweckt von der einen Seite jene Hoffnung, dieselbe entsprechender Weise noch

weiter abkürzen zu können, und beweist von der anderen Seite überzeugend die Empfindlichkeit des myographischen Verfahrens. Es ist aber nothwendig, dass die Myogramme mittelst möglichst fein gespitztem Zeichenhebel geschrieben werden, und dass sie unter dem Mikroskope abgemessen werden können. Es ist weiter unumgänglich, dass der Ruhestand des Zeichenhebels durch eine unter dem Myogramme sich befindliche Abscisse aufgezeichnet werde, und dass das Myogramm sich aus dieser Abscisse hervorhebe; kleine Erhebungen, wie z. B. ein Theil der Dicke der gezogenen Linie, sind nur in diesem Falle zu erkennen. Wenn das Myogramm sich nicht pünktlich aus der Abscisse erhebt, so ist die Abmessung der Länge der latenten Periode schon sehr erschwert, und zwar um so mehr, je weiter das Myogramm von der Abscisse abwärts steht; wenn letztere fehlt, so ist die Bestimmung des Anfangs der Curve ganz unmöglich.

Von den neueren Abhandlungen erwähne ich hier nur jene von Biedermann¹⁾ und Rosenthal²⁾, welche auch Myogrammabbildungen enthalten.

Biedermann arbeitete mit dem Hering'schen Doppelmyographium; seine Myogramme haben keine Abscissen. An den publicirten Myogrammen sind die vermeinten Curvenanfänge zwar bezeichnet, diese Bezeichnungen stimmen aber an vielen Stellen nicht mit den scheinbaren Anfängen der Myogramme; z. B., um nur einige auffallendere Fälle zu citiren, in der 2., 3. und 4. Figur. Eine Verlängerung der Grundlinie ist sehr unsicher; es ist zwar nicht unmöglich, dass die Originalmyogramme den publicirten Figuren unähnlich waren, das ist aber in der Abhandlung nicht erwähnt.

Rosenthal bemerkt, dass: „freilich sind bei der doppelten Copirung Irrungen nicht ausgeschlossen; und kommt als drittes noch die Wiedergabe durch den Xylographen hinzu, so liegt die Gefahr nahe, dass man schliesslich ein sehr ungetreues Bild des Originals erhält. Aber dennoch kann man durch genügende Sorgfalt diese Irrungen auf ein möglichst geringes Maass beschränken.“ — Die in der Abhandlung Rosenthals befindlichen Myogramme sind jedenfalls mit der nöthigen Sorgfalt hergestellt worden, und doch

1) loc. cit.

2) Du Bois-Reymond's Archiv 1883, Suppl. 260.

fallen die scheinbaren Anfänge der Zuckungen nicht mit dem Zeichen zusammen z. B. in den Figuren 6 B, 7 und 8, sondern scheinen auf einer bedeutend weiter vorwärts liegenden Stelle zu sein.

Davon habe auch ich mich überzeugen können, dass auf dem Papiere schon die photographischen Bilder keine so gute Abmessung ermöglichen, wie jene auf der Glasplatte sich befindenden Originalmyogramme bei durchfallendem Lichte.

Die Deutung des Einflusses der die Dauer der latenten Periode verändernden Umstände.

Aus den früheren Abschnitten leuchtet der bedeutende Einfluss der Elasticität des Muskels d. h. der Einfluss der aus der Elasticität entspringenden Verlängerung auf die Länge der Latenzperiode der Erregung genügend hervor; ich glaube sogar, dass diese Versuche auch eine genügende Grundlage dazu bieten, um das Vorhandensein der Latenzperiode des Muskels als einzig nur aus der anfänglichen Dehnung des Muskels herstammend zu betrachten, und zu supponiren, dass ohne diese anfängliche Dehnung des Muskels keine Latenzperiode der Erregung existiren, und die Zuckung sogleich im Momente der directen Reizung anfangen würde.

Wenn wir weiter jene Umstände betrachten, welche in Folge der ausgedehnten Forschungen als solche sich herausstellten, welche in dem Zeitwerthe der Latenzperiode eine Veränderung herbeizuführen fähig sind, so finden wir darunter keinen einzigen, von welchem wir voraussetzen könnten, dass derselbe die Verspätung des Entstehens der Erregung bewirkt; es wird im Gegentheil der Einfluss aller verändernder Umstände bei Anerkennung der Dehnung des Muskels verständlich.

Unter dem Einflusse der Belastung wächst die Länge der scheinbaren Latenzperiode. Helmholtz hat diese seine Erfahrung nicht erklärt, er hielt sogar seine Versuche ungenügend zur sicheren Feststellung dieses Satzes; man nimmt aber jetzt schon allgemein diesen Satz als genügend festgestellt an und zieht bei dem myographischen Verfahren einen leichten Zeichenhebel vor weil der Muskel diesen eher aus seiner Ruhestellung herauszu-

schleudern vermag als einen schwereren; jener soll auch den Ablauf der Zuckung treuer aufzeichnen.

Die Verspätung erzeugende Wirkung der Belastung kann so gedeutet werden, dass es bei einer grösseren Last mehr Zeit bedarf, bis in dem Muskel aus der sich weiter fortpflanzenden Zusammenziehung der elementaren Muskelschichten durch Summierung die zum Heben der Last nothwendige Energie aufgehäuft wird.

Mendelssohn machte über den Einfluss der Art der Belastung eine interessante und wichtige Erfahrung, als er das belastende Gewicht einmal unmittelbar an das Ende des Muskels aufhängte, und ein andermal zwischen das Gewicht und das Ende des Muskels eine dehnbare Schnur einschaltete. Er erfuhr nämlich, dass die Latenzperiode bei der unmittelbaren Belastung des Muskels schon von 5gr an zu wachsen anfing; hingegen bei Einschaltung einer dehnbaren Schnur nur bei Anwendung grösserer Gewichte 30—50gr eine Verlängerung beobachtet wird. Als Erklärung sagt Mendelssohn folgendes: *Évidemment le fil élastique compense jusqu'à une certaine limite l'inertie des poids, et ce n'est qu'à partir de la limite de l'élasticité que la période latente commence à être influencée par des charges croissantes. Au contraire, quand les charges agissent sur le muscle sans l'intermédiaire d'un fil élastique, l'inertie des poids devient considérable, et une charge des 5 grammes exerce déjà son action sur la durée de l'excitation latente.*“ Dieser Satz ist sehr unklar, und ungeeignet dazu, dass daraus eine reine Vorstellung über die Erscheinung gebildet werden könne. „Die Trägheit des Gewichtes wird offenbar durch die dehnbare Schnur auf eine gewisse Grenze kompensirt“ ; auf welche andere Weise könnte dieselbe die Compensation bewirken, als dass die Schnur — während das Gewicht, zufolge seiner (um mich desselben Ausdruckes, welchen der Verfasser verwendete, zu bedienen) Trägheit zurückbleibt — ausgedehnt wird, und dadurch die Zusammenziehung des Muskels ohne das sofortige Heben des Gewichtes ermöglicht? Mendelssohn leugnet aber die Dehnung der Schnur, worin soll also die kompensirende Wirkung der dehnbaren Schnur begründet sein? — „die steigenden Gewichte äussern nur von der Elasticitätsgrenze an einen Einfluss auf die latente Periode“ was soll diese Elasticitätsgrenze bedeuten? wenn wir darunter den Grad der Dehnung verstehen, bei welchem der elastische Körper nach Auf-

hören der Dehnung die zufolge der Dehnung angenommene neue Gestalt behält, und die Fähigkeit seine frühere Gestalt wieder einzunehmen verliert: so ist diese Grenze bei dem *M. gastrocnemius* und bei der Belastung mit 30gr noch weit nicht erreicht; und auf welche Weise könnte die Elasticitätsgrenze durch jenen Umstand geändert werden, dass das Gewicht auf das Ende des Muskels unmittelbar, oder mittelbar lastet? — „wenn das Gewicht ohne Zwischenschaltung einer dehnbaren Schnur auf den Muskel wirkt, so wird die Trägheit bedeutend, und ein Gewicht von 5gr ändert schon die Dauer der latenten Periode.“ — Wenn die Trägheit als eine Eigenschaft der Masse angesehen werden soll, so kann sie davon nicht getrennt werden, und die Trägheit einer Masse kann nicht dadurch vermindert werden, dass dieselbe auf einer dehnbaren Schnur aufgehängt wird.

Die Erscheinung ist folgendermaassen zu erklären: Wenn das Gewicht auf das Ende des Muskels durch Einschaltung einer solchen dehnbaren Schnur aufgehängt wird, welche dehnbarer als der Muskel ist, so kann das Muskelende auf Rechnung der Dehnung der Schnur sich eher hinauf zu bewegen, als wenn dasselbe durch das Gewicht unmittelbar belastet ist; somit wird der mit dem Muskelende direct verbundene Zeichenhebel früher gehoben.

Die Verspätung verursachende Wirkung der Ueberlastung ist natürlich wegen der Dehnung des Muskels; der Muskel kann den Zeichenhebel nicht eher bewegen — obgleich der Contractionsvorgang sich schon eingestellt hat — als bis seine elastischen Elemente die der Belastung entsprechende Dehnung schon erlitten haben; die Verkürzung, welche anfangs nach Auslösung der Erregung durch die sich zusammenziehenden Elemente bedingt würde, wird somit durch die Dehnung der sich noch in Ruhe befindenden Muskelstrecke compensirt, und die thatsächliche Verkürzung kann um so später erfolgen, je grösser die Ueberlastung war.

Der Einfluss der Reizintensität ist auf die latente Periode daraus erklärbar, dass je stärker die Reizung war, um so grösser auch die Energie der Schwingung der elementaren Muskelschichten sein wird, und durch Summirung von grösseren Energielaten jene zur Hebung des Gewichtes erforderliche Energie sich während einer kürzeren Zeit ansammelt. Diese Summirung wird durch die Ausdehnung und Spannung des Muskels ermöglicht; jene

Grenze aber, wo das Heben des Gewichtes schon eine geringere Energie benöthigt, als eine weitere Ausdehnung des Muskels, wird in dem Muskel früher erreicht, wenn die in den elementaren Schichten ausgelösten Energieraten grösser sind. Thatsächlich findet man die scheinbare latente Periode der Erregung bei gleicher Belastung um so kürzer, je stärker die Zuckung ist d. h. durch einen je stärkeren Reiz die Erregung ausgelöst wurde.

Der Einfluss der grösseren Erregbarkeit kann ähnlich gedeutet werden, was daraus erhellt, dass die latente Periode bei jenen, durch den gleichen Reiz ausgelösten Zuckungen kürzer erscheint, welche höher sind.

Die Erhöhung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit bewirkt auch ein schnelleres Anwachsen der kinetischen Energie, und somit die Verkürzung der scheinbaren latenten Periode.

Diese zuletzt erwähnten zwei Factoren werden durch die Ermüdung, durch das Absterben, und in Folge der Temperaturänderungen, sowie durch Vergiftungen modificirt, wie dies durch die anderweitigen Aenderungen in dem übrigen Theile der Myogramme gezeigt wird; nachdem nun eine Veränderung der latenten Periode durch die erwähnten Umstände hinlänglich erklärt ist, so ist es nicht begründet, eine unerklärliche Verspätung der Erregung von dem Momente der Reizung als thatsächlich existirend zu betrachten.

Fig. 1.

Fig. 4.

Fig. 2.

Fig. 5.

Fig. 3.