Quellung der Epithelzellen sowohl in den Lieberkühn'schen Drüsen, als in dem Oberflächenepithel. Die Becherzellen waren nicht merklich vermehrt und nur spärliche Mitosen vorhanden. Das Darmstück der zweiten Fistel war ganz normal, es fiel jedoch die sehr grosse Zahl der Mitosen im Epithel der Drüsenschläuche auf.

Zum Schluss sei es mir gestattet, Herrn Geheimrath Prof. Dr. Hermann für seine freundliche Anregung, sowie Herrn Prof. Dr. Langendorff für sein freundliches Entgegenkommen meinen wärmsten Dank auszusprechen.

(Aus dem physiologischen Institut zu Königsberg i. Pr.)

Ueber graphische Darstellung der Actionsströme des Muskels.

Von

Dr. **F. Matthias**, Assistent.

(Hierzu Tafel III.)

Die Untersuchungen, über welche in den folgenden Blättern berichtet werden soll, sind nach einem Verfahren angestellt, dessen Principien von Herrn Geheimrath Hermann vor etwa einem Jahre in seiner Abhandlung „Ueber Rheotachygraphie“¹⁾ bereits auseinander gesetzt worden sind. Die damals in Aussicht gestellte genauere Beschreibung des Apparats, welcher unterdess etwas vollkommener ausgeführt worden ist, soll hier zunächst gegeben werden.

Wie bekannt, ist der Apparat, dessen Benutzung mir von Herrn Geheimrath Hermann in liebenswürdigster Weise überlassen wurde, im Wesentlichen nichts anderes als das Bernstein'sche Rheotom in der Form, die ihm von Hermann seiner Zeit gegeben wurde²⁾, nur sind noch zur Bewerkstelligung einer con-

1) Dies Archiv Bd. 49, S. 539 ff.

2) Dies Archiv Bd. 31, S. 600, Taf. VII. Das benutzte Rheotom ist von F. Meyer in Zürich, die Zuthaten vom hiesigen Mechaniker Wiprecht ausgeführt.

tinuirlichen Verschiebung des Boussolcontacts eine Anzahl Aenderungen vorgenommen. Fig. 1, Tafel III stellt den Apparat von oben gesehen, Fig. 2 im Profil dar; in ein Drittel der natürlichen Grösse.

Auf die untere Fläche der Ebonitscheibe ist ein Zahnkranz K aus Messing aufgeschraubt und diese so in ein Zahnrad verwandelt. Der Fuss F des Rheotoms trägt einen mit zwei Schrauben befestigten, etwas nach oben gerichteten Arm A_1 , durch dessen Ende in verticaler Richtung die Axe des Triebes T_1 gesteckt ist; diese wird durch den Kopf einer von unten in sie eingelassenen Schraube in ihrem Achsloch gehalten. Der Trieb greift in den Zahnkranz K ein; auf das obere Ende seiner Axe ist eine Schnurscheibe S_1 gesteckt und mit 2 kleinen Schrauben befestigt. Diese Schnurscheibe kann mit einer grösseren S_2 oder dem Zahnrade Z vertauscht werden. An Arm A_1 kann ein zweiter A_2 ebenfalls mit 2 Schrauben befestigt werden, der wieder einen Trieb T_2 in das Zahnrad Z eingreifend trägt. Auf diesem zweiten Trieb können wiederum die Schnurscheiben S_1 und S_2 mit kleinen Schrauben befestigt werden.

Contactrad und Ebonitscheibe des Rheotoms werden durch ein einfaches und bequemes, vom Mechaniker Herrn Wipprecht nach den Angaben des Herrn Geheimrath Hermann construirtes Vorgelege in Gang gesetzt. Der T-förmige aus Gusseisen bestehende Fuss $aaaa$ desselben wird mit mehreren Schrauben, welche durch die mit a in der Abbildung bezeichneten Löcher gesteckt werden, so auf dem Experimentirtisch befestigt, dass das freie Ende seines längeren Schenkels über den Tischrand hinausragt. Im Schnittpunkt der beiden Schenkel des Fusses erhebt sich eine Säule b von 2 cm Dicke, deren oberer, etwas dünnerer Theil als Axe für eine hölzerne Stufenscheibe c und ein gusseisernes Rad d , beide auf ein Messingfutter e aufgesetzt, dient. Stufenscheibe und Rad sind mit Nuthen versehen, ein Gleiten derselben auf der Axe wird durch eine in letztere von oben eingelassene Schraube mit breitem Kopf verhindert. Auf einer der drei Speichen des Rades ist ein Knopf k angebracht, welcher als Handhabe bei der Drehung des Vorgeleges dient. Das Rad setzt durch eine dünne Lederpese p das Contactrad des Rheotoms, der kleinste Schnurlauf der Stufenscheibe (durch Pese p_1) das Getriebe der Ebonitscheibe in Bewegung; die zwischen beiden liegenden Schnurläufe sind für den Fall angebracht,

dass die Verwendung eines Motors zum Betriebe des Apparats gewählt werden sollte¹⁾.

Die Festlegung der gegenseitigen Stellung von Rheotom und Vorgelege ist folgendermaassen bewerkstelligt. Der lange Schenkel des T-förmigen Fusses ist an seinem freien Ende verbreitert und mit einem rechteckigen Schlitz versehen; in diesen ist ein cylindrisches Eisenstück g eingesetzt, das nach oben in die Scheibe f übergeht, das ganze wird durch eine starke Schraube h mit Unterscheibe von unten her in dem Schlitz fixirt. Drei durch die Scheibe f gehende Schrauben mit versenkten Köpfen greifen in die Eisenplatte des Rheotomfusses ein und drücken diese gegen die Scheibe f . Mit dieser Einrichtung kann das Rheotom in jeder beliebigen Stellung fixirt und die Spannung der Lederpesen nach Bedarf variirt werden, es liegt darin für eine Reihe von Fällen eine grosse Bequemlichkeit. Soll zum Beispiel während des Versuchs von einer gewissen Verlangsamung zu einer andern übergegangen werden, so wird, nachdem die Pesen abgenommen und die entsprechenden Räder am Getriebe gewechselt sind, die Schraube h gelockert, die wieder aufgelegten Pesen durch Drehung des Rheotoms um seine verticale Axe und Verschieben in dem Schlitz gespannt, und die Schraube angezogen. Soll ferner die untere Pese einmal gekreuzt, im nächsten Versuch ungekreuzt aufgelegt werden, wie es zur Aufnahme des Vorganges direct und in zeitlicher Umkehrung²⁾ nothwendig wird, so kann wieder durch Drehung des Rheotoms um die Schraube h die Spannung der Pese ohne grossen Zeitverlust erfolgen.

Der eben beschriebene Apparat gestattet bei Benutzung einer oder beider Uebersetzungen und der Schnurscheibe S_1 und S_2 Verlangsamungen des Ablaufes des untersuchten Vorganges im Verhältniss von 1 zu 230, 347, 1242 und 2006³⁾.

1) Bekanntlich ist die Drehgeschwindigkeit ohne Einfluss auf das Resultat, so dass die Drehung mit der Hand völlig genügt; vgl. Hermann, dies Archiv Bd. 49, S. 547.

2) Vgl. Bd. 49, S. 545.

3) Die von Hermann a. a. O. mitgetheilten Zahlen beziehen sich auf das damals benutzte hölzerne Vorgelege (vgl. a. a. O. S. 546).

Versuche am Froschgastrocnemius.

Einem in bekannter Weise mit seinem Nerven präparirten Froschgastrocnemius, der mit Nadeln auf einer Korkplatte ausgespannt ist, werden an der Achillessehne und in der Nähe des nervösen Aequators unpolarisirbare Röhrenelectroden der Hermann'schen Modification¹⁾ angelegt. Muskel und Electroden befinden sich in einem Kreise, welcher ausser dem Boussolecontact des Rheotoms, einen geraden Compensator und die 4 Spiralen eines Spiegelgalvanometers mit äusserst leichtem aperiodischem Magneten²⁾ enthält; in die Leitung zum Galvanometer ist ein du Bois'scher Vorreiberschlüssel als Nebenschliessung eingeschaltet. Der Reizcontact ist mit 2 Daniell'schen Elementen in den primären Kreis eines Inductionsapparats eingeschaltet, die secundäre Spirale des letzteren mit Vorreiberschlüssel als Nebenschliessung ist zu zwei Zinkelectroden abgeleitet, auf welche der Nerv mit einem möglichst fern vom Muskel liegenden Theil aufgelegt wird. Das Präparat befindet sich mit seinen Electroden in einer feuchten Kammer.

In einer Anzahl von Versuchen, bei welchen die Magnetbewegungen mit Fernrohr und Scala abgelesen wurden, zeigte es sich, dass für die phasischen Actionsströme des Froschgastrocnemius die Verlangsamung von 347 (an dem beschriebenen Apparat durch Aufsetzen der Schnurscheibe S_2 auf T_1 erreichbar) von den mir zu Gebote stehenden die geeignetste war. Bei geringerer Verlangsamung lagen die den Magneten treffenden einzelnen Impulse zu weit auseinander, um zu einer einheitlichen Wirkung verschmolzen zu werden, bei grösserer wurde die Dauer des Versuchs so verlängert, dass der Muskel bereits vor Beendigung desselben bei der ziemlich hohen Frequenz der Reizung, 8—12 Reize pro Secunde, vollständig erschöpft war.

Nach längeren Bemühungen gelang es mir, trotz der sich in unerwarteter Weise häufenden Schwierigkeiten brauchbare Beobachtungen am Fernrohr zu machen. Bei Verwendung kräftiger, nicht ermüdeter Muskeln machte der Magnet zuerst eine langsame ziemlich ausgiebige Bewegung im Sinne eines absteigenden Stromes, dann eine umgekehrte weniger grosse, um schliesslich mit geringen Abweichungen zum Nullpunkt zurückzukehren.

1) Vgl. dies Archiv Bd. 42, S. 79.

2) Vgl. ebendasselbst S. 77.

Ich schritt nun zur graphischen Registrirung der Magnetbewegungen und bediente mich dazu des von Hermann für seine phonophotographischen Untersuchungen¹⁾ erfundenen Verfahrens. Die zur Beleuchtung des verticalen Spalts dienende Siemens'sche Flachdecklampe stellte ich in möglichst grosser Entfernung von der Boussole auf, um etwaige Wirkungen ihrer regulirenden Electromagneten auf den Boussolmagneten auszuschliessen oder doch möglichst abzuschwächen. Andere, nicht electriche Lichtquellen²⁾, mit denen ich zahlreiche Versuche anstellte, erwiesen sich theils als zu schwach, theils waren sie so schwierig in ihrer Handhabung und so unzuverlässig, dass sie die ohnehin recht complicirten Versuche fast bis zur Unausführbarkeit erschwerten. Bei einer Entfernung von sechs Metern zwischen Boussole und Lampe habe ich niemals irgend welche Störungen wahrgenommen. Ferner fand ich für meine Versuche das weniger empfindliche Eastman'sche Bromsilberpapier vortheilhafter, als die hochempfindlichen Papiersorten von Dr. Stolze, die bei der langsamen Bewegung des zeichnenden Lichtpunktes nur schwer eine scharfe Zeichnung zu Stande kommen liessen.

Um die zur Entwerfung eines scharfen Bildes des beleuchteten Spalts nothwendigen Linsen möglichst nahe am Boussolspiegel in den Weg der Lichtstrahlen einzuschalten, nahm ich die den Spiegel vor Luftströmungen schützende Messingkappe ab und ersetzte sie durch ein kleines cylindrisches Pappgehäuse, in dessen an einer Seite abgeplatteten Mantel die betreffenden Linsen eingekittet waren.

Zur Verzeichnung von Zeitmarken auf den Curven wurde eine einfache Vorkehrung getroffen. Vor der electriche Laterne wurde ein Baltzar'scher Zeitmarkirer so angebracht, dass sein Schreibhebel mit einem von ihm getragenen, sehr leichten und mit Russ geschwärzten Glimmerfähnchen vertical vor den Spalt zu stehen kam und diesen gerade noch verdeckte, wenn der Anker nicht von dem Electromagneten angezogen war. Es wurde nun der Zeitmarkirer in einen Kreis eingeschaltet, der ausser einer Stromquelle eine Baltzar'sche Contactuhr enthielt. Bei jeder

1) Dies Archiv Bd. 45, S. 582 ff.

2) Gas- und Magnesiumlicht in Duboscq'scher Laterne, Auer'sches Glühlicht etc.

von der Contactuhr bewirkten Oeffnung des Kreises verdeckte also das Glimmerfächchen den Spalt, und die auf dem lichtempfindlichen Papier verzeichnete Curve erfuhr eine Unterbrechung. In meinen Versuchen stellte ich die Contactuhr stets so, dass alle zwei Secunden eine Unterbrechung eintrat.

Der Versuch gestaltete sich nun in folgender Weise. Nachdem das Bild des verticalen Spalts genau auf den Cylindermantel des auf mittlere Geschwindigkeit gestellten Kymographions und die markirte Mitte des horizontalen Spalts (s. oben S. 12) eingestellt, das Papier mit zwei Gummiringen auf den Cylinder gespannt und gegen Nebenlicht gehörig gesichert war, wurde das Präparat angefertigt, in die feuchte Kammer gebracht, und Reiz- und Ableitungselektroden angelegt. Während ich dann das Spaltbild im Auge behielt, schloss ein Assistent den Boussolcontact, räumte die Nebenschliessung zur Boussole weg und handhabte den Compensator nach meinem Commando zur Beseitigung von Ablenkungen durch etwa vorhandene Ruhestrome. Hatte das Spaltbild seine Ruhestellung erreicht, so setzte der Assistent mit der einen Hand das Rheotom in Bewegung und öffnete mit der andern die Nebenschliessung des Reizapparats; zugleich löste ich die Arretirung des Kymographionuhrwerks. Bei gelungenen Versuchen konnte ich stets eine Bewegung des Spaltbildes zuerst in der dem absteigenden Strom, dann in der dem aufsteigenden entsprechenden Richtung wahrnehmen; die letztere war vermindert oder fehlte, wenn der Muskel bereits längere Zeit gereizt war. D. h. es bestätigte sich einfach die Angabe Hermann's¹⁾, welcher zuerst 1877 bei indirecter Reizung den doppelsinnigen Actionsstrom beobachtete, unmittelbar darauf auch am menschlichen Muskel²⁾, und endlich auch am Nerven³⁾. Kurz vorher hatte du Bois-Reymond auf das Bestimmteste behauptet, er habe „niemals andere als absolut negative Schwankung gesehen“⁴⁾ (d. h. nur die erste Phase des Actionsstroms). Wie es kam, dass einem so hervorragenden Experimentator eine so prägnante Erscheinung gänzlich entging, hat Hermann⁵⁾ vollständig aufgeklärt.

1) Dies Archiv Bd. 16, S. 238 ff.

2) Ebenda Bd. 16, S. 410 etc.

3) Ebenda Bd. 24, S. 246 etc.

4) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1873. S. 588.

5) A. a. O. Bd. 16, S. 243.

Der Versuch wurde nun so oft wiederholt, als die Grösse des aufgespannten Papierstreifens es gestattete, alsdann die Gasflamme, welche das im übrigen verdunkelte Zimmer schwach erleuchtete, ausgelöscht, und bei rothem Licht mit dem Eisenoxalatentwickler die Zeichnung hervorgerufen. Das erschienene Bild belehrte sofort über etwa nöthig gewordene Regulirungen der Lichtintensität, der Spaltbreite und über den Zustand des Präparats. Es ist mir bei der grossen Anzahl von Versuchen, die ich im Laufe der Untersuchung angestellt habe, nie ein Muskel vorgekommen, der mehr als drei vollständige Curven geliefert hätte; in dem vierten Versuch fehlte die zweite Phase des Vorganges entweder ganz, oder war nur noch mit Mühe zu erkennen. Auf Tafel III ist in Nr. 1—5 und 11 eine Auswahl gelungener Curven wiedergegeben; sie zeigen sämmtlich eine doppelsinnige Schwankung des Magneten entsprechend den beiden Phasen des Actionsstromes. Dass der Magnet dem verlangsamten Vorgänge mit grosser Treue folgte, zeigen sehr schön die Curven Nr. 9 und 10. Sie sind beide unmittelbar nach einander an demselben Präparat aufgenommen, Nr. 9 bei natürlichem, Nr. 10 bei verkehrtem Ablauf des Vorgangs, d. h. bei umgekehrter Rotation der Ebonitscheibe. Auch hier bei Nr. 10 ist die zweite Phase vorhanden und die erste, die ihr in der Zeichnung folgt, die grössere, Umstände, welche jedenfalls den Verdacht ausschliessen, es könne sich hier um Einflüsse gehandelt haben, deren Ursache ausserhalb des Muskels lägen.

An sämmtlichen Curven fällt auf den ersten Blick der Unterschied der Grösse beider Phasen auf; der Grund dafür ist, wie schon durch die angeführten Untersuchungen Hermann's über die Actionsströme des Muskels und Nerven bekannt ist, in einer Interferenz der Galvanometerwirkungen beider Phasen durch theilweise Superposition derselben zu suchen. Die Erregung hat eben die obere Ableitungsstelle noch nicht vollständig passirt, wenn sie an der unteren bereits anlangt. In den Curven 6—8 findet diese Thatsache eine weitere Bestätigung. Es fehlt, wie man sieht, in allen dreien die zweite Phase; bei ihrer Aufnahme, sie stammen der Reihe nach von denselben Präparaten, wie die Curven 1—3, war der Versuch an demselben Muskel bereits mehrmals wiederholt, sodass in Folge von Ermüdung die Erregung die untere Ableitungsstelle nur noch mit sehr geringer Intensität erreichte und

die der letzteren angehörende Phase des Actionsstromes nicht mehr zu Stande kam, oder der durch die Electroden abgeleitete Antheil derselben zu schwach war, um auf die Boussole zu wirken. Die jetzt allein verzeichnete erste Phase zieht sich jedoch in allen drei Fällen länger hin als in den Beispielen 1—3, auch ist ihre Amplitude grösser. Ich zeichnete nun eine Curve mit beiden Phasen und eine solche mit der ersten allein, die an demselben Präparat kurz nach einander aufgenommen waren, auf derselben Abscissenaxe übereinander und construirte durch Ausmessen der Ordinaten die zweite Phase in ihrer wahren Form. Als Beispiele solcher Reductionen mögen die Curven 12 und 12a dienen. Es zeigt sich hier, dass die zweite Phase wohl etwas kleiner ist als die erste, was auf das Decrement der Erregung zu beziehen ist, im Wesentlichen sich aber von ihr nicht unterscheidet und dass die Form der Curve 1, welche der Reduction zu Grunde gelegt ist, wie vorher gesagt, durch das zeitliche Zusammenfallen der Phasen bedingt ist.

Um die Zulässigkeit des geschilderten Verfahrens zu prüfen stellte ich auf den Rath des Herrn Geheimrath Hermann folgenden Versuch an. Bekanntlich kann man die zweite Phase durch Herstellung eines künstlichen Querschnitts am distalen Muskelende vollständig beseitigen¹⁾. Nachdem nun an einem Muskel der Vorgang einmal vollständig aufgenommen war, wurde die untere Ableitungsstelle mit Silbernitrat in Substanz geätzt; nach Compensation des Demarcationsstromes wurde dann der Versuch wiederholt. Die gewonnenen, nunmehr einphasischen Curven wurden in derselben Weise wie Nr. 1 und 6 der Tafel III in Nr. 12 übereinander gezeichnet und die zweite Phase construiert. Nr. 15 und 16 stammen von solchen Versuchen her. Sie zeigen in der Hauptsache dasselbe wie Nr. 12 und bestätigen nur die an dieser Curve gemachten Beobachtungen; es erscheint jedoch bei beiden das Maximum der zweiten Phase noch kleiner im Verhältniss zu dem der ersten, als dies bei Nr. 12 der Fall war. Es hat dies seinen Grund wieder in dem Decrement der Erregung, welches gerade bei den hier verwendeten Muskeln besonders gross war, da die Frösche, mit denen gearbeitet wurde, schon lange Zeit in der Gefangenschaft und ohne Nahrung gelebt, ihre Muskeln also an Widerstandsfähigkeit beträchtlich eingeüsst hatten.

Aus dem zeitlichen Abstände beider Phasen kann man die

1) Vergl. Hermann, dies Archiv Bd. 16, S. 236.

Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Muskel zu ermitteln suchen, wie es zuerst B e r n s t e i n bei directer, H e r m a n n am Menschen bei indirecter Reizung gethan hat. Aber es ist klar, dass es nicht richtig ist, den Zeitabstand der scheinbaren Maxima beider Phasen mit der Zeit zu identificiren, welche die Erregung braucht um die Strecke zwischen beiden Ableitungsstellen zu durchlaufen. Denn wegen der schon oben erwähnten Interferenz ist das Maximum der zweiten Phase nicht blos vermindert, sondern auch zeitlich hinausgeschoben, wie Hermann bereits hervorgehoben hat (cit. oben S. 75). Aber durch das hier mitgetheilte Verfahren lässt sich der wahre Verlauf des zweiten, abterminalen Actionstroms leicht feststellen. Nach Aufzeichnung des doppelsinnigen Stromes wird die zweite Phase durch Aetzung beseitigt, und die nunmehr ungestörte erste, atterminale Phase für sich aufgeschrieben. Durch Auftragung der zweiten Curve auf die erste lässt sich durch Ordinatensubtraction die zweite Phase vollständig ermitteln. Man kann dies Verfahren die Separation beider Phasen nennen.

An einer Anzahl so reducirter Curven habe ich Bestimmungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit vorgenommen. Die absolute Zeit ist, wie oben (S. 75) angegeben, durch Unterbrechungen im Abstände von je 2 Secunden markirt, die Länge des abgeleiteten Muskelstücks wurde nach jedem Versuch bestimmt. In der folgenden kleinen Tabelle sind einige Beispiele solcher Bestimmungen mitgetheilt.

Nr.	der Zeitmarken mm	A b s t a n d		Länge der abgeleiteten Muskelstrecke mm	Verlangsamungs- coëfficient	Fortpflanzungsgeschw. der Erregung m
		der Curvenmaxima in mm	Secunden			
1.	5,0	4,5	1,8	17	347	3,27
2.	5,0	3,0	1,2	22	347	6,36
3.	5,0	4,0	1,6	20	347	4,34
4.	7,5	7,5	2,0	25	347	4,33

In dem Controllversuch Nr. 15 fällt sofort die lange Dauer der zweiten Phase auf. Die Erregung nimmt also nicht allein an Intensität ab, sie pflanzt sich gegen das Faserende auch mit geringerer Geschwindigkeit fort, um so mehr, je grösser das Decre-

ment ist. Es werden schon deshalb alle Bestimmungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung an ausgeschnittenen Muskeln zu kleine Werthe ergeben, um so mehr zu klein, je grösser das Decrement.

Hieraus erklären sich die sehr verschiedenen Werthe der obigen Tabelle. Bei Nr. 2 war das Decrement sehr gering (siehe Nr. 12a d. Taf. III) im Gegensatz zu Nr. 1 (siehe Nr. 12 Taf. III).

Im Verlauf der Untersuchung erschien es wünschenswerth, ausser der Zeit auch den Reizmoment auf der Curve zu verzeichnen, d. h. durch temporäre Spaltung diejenigen Schliessungen des Reizcontactes, welche auf die Schlusszeit des Boussolcontactes fielen, auf der photographirten Linie durch Unterbrechungen zu markiren.

Zu diesem Zweck schaltete ich in den die Zeit markirenden Kreis den Contact eines polarisirten Telegraphenrelais, welches mir von der hiesigen Oberpostdirection bereitwilligst zur Verfügung gestellt wurde, ein. Die Klemmenpaare von Reiz- und Boussolcontact wurden symmetrisch mit den seitlichen Klemmen zweier Pohl'scher Wippen ohne Kreuz verbunden, deren Bügel so an eine Holzleiste gebunden waren, dass beide Wippen mit einem Griff umgelegt werden konnten. Von je zwei Klemmen der einen Seite dieser Doppelwippe wurde dann zum Reizapparat und Boussolkreise abgeleitet, sodass beide Kreise von einander isolirt geschlossen werden konnten. Von den vier Klemmen der andern Seite wurden zwei, verschiedenen Wippen angehörige, mit einander verbunden, die beiden noch übrigen führten zu einem Kreise, welcher ein Leclanché-Element und die magnetisirende Spirale des Relais enthielt. Wurde die Wippe nach dieser Seite gelegt, so befanden sich also Reiz- und Boussolcontact mit dem Relais in einem Kreise, bei gleichzeitigem Schluss beider Contacte wurde der Anker des Relais angezogen und der in den zeitmarkirenden Kreis eingeschaltete Contact desselben geöffnet, in diesem Moment liess der Baltzar'sche Zeitmarkirer seinen Anker los und das Glimmerfähnchen verdeckte für kurze Zeit den beleuchteten Spalt.

Der Versuch musste nun in der Weise modificirt werden, dass nach vollendeter Compensation die Doppelwippe nach der Relaisseite gelegt, das Kymographion und dann das Rheotom in Gang gesetzt wurden. Zur Zeit der gleichzeitigen Contactschlüsse macht das Glimmerfähnchen zitternde Bewegungen, waren diese

vorüber, so wurde die Wippe schnell umgelegt und der eigentliche Versuch begann. Die Nebenschliessung des Reizapparats blieb hier beständig geöffnet. Die Curven 2, 3, 6, 8 sind mit Markirung des Reizmoments aufgenommen, derselbe stellt sich als eine Reihe kurzer Unterbrechungen (auf den Curven mit r bezeichnet) dar, die um so länger ist, je grösser die Dauer der einzelnen Boussolschlüsse war. Dieses Verfahren kann zur Bestimmung eines Minimalwerthes der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Nerven benutzt werden. Der Abstand zwischen Beginn des Reizmoments und der ersten Phase des Actionsstromes muss auf die Zeit verrechnet werden, welche die Erregung brauchte, um von der Reizstelle bis zum Muskel zu gelangen. Dieser Zeitwerth enthält aber zugleich die Latenzzeit des Nervenendorgans, er muss deshalb für die Berechnung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Nerven aus der Differenz der Zeiten und dem Abstände der Reizstelle vom nervösen Aequator nothwendig zu gross und der erhaltene Werth t zu klein werden, wie das aus einer Anzahl solcher Berechnungen gefundene Mittel 11,488 Meter beweist. Durch demnächst anzustellende graphische Versuche über die Actionsströme des Nerven hoffe ich auch für diese Grösse genaue Werthe festzustellen.

Versuche an der Vorderarmmuskulatur des Menschen.

Im Anfange meiner Untersuchungen bot mir die von Hermann¹⁾ gemachte Erfahrung, dass der Vorderarm des lebenden Menschen für Versuche über die phasischen Actionsströme ein besonders günstiges Object ist, einen willkommenen Ausweg aus der Verlegenheit, die mir die Schwierigkeit der Versuche an sich und die Unzulänglichkeit des Materials (die vorhandenen Frösche waren bereits vor langer Zeit gefangen und frische wegen der vorgerückten Jahreszeit schwer zu erhalten) bereiteten.

Die Versuche, die ich am menschlichen Vorderarm bei einer Verlangsamung des Vorganges von 1400 anstellte, sowohl mit Beobachtung am Fernrohr, als auch mit graphischer Darstellung, führten zu den ersten mit dem graphischen Verfahren erzielten Erfolgen.

1) Dies Archiv Bd. 16, S. 410.

Die Versuche wurden im Uebrigen in derselben Weise angestellt, wie die von Hermann a. a. O. mitgetheilten, nur wurde stets mit vollkommen aufgeschobener secundärer Spirale und fünf kleinen Grove'schen Elementen gereizt. Die Reizelectroden ferner wurden auf einem zur besseren Isolirung mit Paraffin gekochten breiten Kork befestigt und mit einem Riemen an Schulter oder Oberarm der Versuchsperson anbandagirt, je nachdem sie höher oder tiefer auf den Nerven aufgesetzt werden sollten. Es war so die Lage der Reizelectroden eine viel festere und sicherere, als wenn sie von der Versuchsperson mit einer Handhabe auf den Plexus brachialis gedrückt wurden.

Einige Beispiele am Fernrohr gemachter Beobachtungen sind in der untenstehenden Tabelle mitgetheilt. Nach einer Verschiebung der Scala im Sinne eines aufsteigenden Stromes, des Secretionsstromes, von wechselnder Grösse und Schnelligkeit, rückte diese 25 bis 50 Theilstriche nach der einem absteigenden Strom entsprechenden Seite, um dann über den Nullpunkt annähernd ebenso weit nach der andern Seite zu gehen, schliesslich kehrte sie mit abnehmender Geschwindigkeit gegen den Nullpunkt zurück.

Nr.	Nullpunkt	Maximum		Nullpunkt bei fort- dauernder Reizung
		der ab- steigenden	der auf- steigenden	
		Phase		
1.	415	455	375	405
2.	476	515	440	475
3.	510	545	480	510
4.	525	560	500	520
5.	510	535	490	510
6.	510	537	492	510
7.	377	400	345	362
8.	371	405	443	363
9.	372	416	325	365
10.	455	475	435	455

Der Umstand, dass in der Mehrzahl der Versuche der Nullpunkt nicht wieder erreicht wurde und die zweite Phase grösser erschien als die erste, ist durch die Einnischung des allmählich zu seiner vollen Intensität ansteigenden Secretionsstromes zu erklären. In den Versuchen 3, 5, 6 und 10, welche angestellt wurden,

indem schon einige Zeit vor Beginn der Ableitung der Actionsströme gereizt war, hatte der Secretionsstrom schon im Anfange des eigentlichen Versuchs seine volle Höhe erreicht, so dass sein Ansteigen nicht mehr störend eingreifen konnte.

Versuche mit graphischer Darstellung bestätigten die am Fernrohr gemachten Beobachtungen. Die Curven 13 und 14 mögen als Beispiele dienen. Bei Curve 13 begann die Reizung gleichzeitig mit dem eigentlichen Versuch, bei 14 schon längere Zeit vorher. Die geringe Grösse der Amplituden in diesen Curven erklärt sich aus der geringen Entfernung des Kymographioncylinders von dem Boussolspiegel und der damit verbundenen geringen Vergrösserung der Magnetbewegungen. Es fehlen an diesen Curven noch die Markirung des Reizmoments und der Zeit, Dinge, zu deren Ausführung ich erst im Verlauf der Untersuchungen an Froschmuskeln gelangte. Bei einer Wiederholung der Versuche am Menschen, die ich in nächster Zeit vorzunehmen gedenke, soll dies nachgeholt werden; ich hoffe dann vollkommenere Curven zu liefern, die auch zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Muskel mehr geeignet sind als die vorliegenden; Bestimmungen der letzteren, die ich auf Grund einer grösseren Anzahl solcher Curven vornahm, ergaben Werthe von 10,7 bis 12,7 m pro Secunde, fast genau übereinstimmend mit den Ergebnissen Hermann's.