

LE
PHYSIOLOGISTE RUSSE

RÉDIGÉ PAR

M. LÉON MOROKHOWETZ,

Professeur de physiologie à l'Université Impériale.

MOSCOU.

VOL. I.

12 JANVIER 1899.

N^os 8—11.

**Ueber die Wiedergabe der Inductionsströme durch das
Capillarelectrometer.**

Von Dr. med. **A. Samojloff.**

Priv.-Docent d. Physiologie und I Assistent am physiologischen Institute der Kaiserlichen Universität Moskau.

Die Möglichkeit die Ausschläge des Capillarelectrometers auf einer lichtempfindlichen beweglichen Platte zu registriren hat in der letzten Zeit einerseits zu einer häufigeren Anwendung des Electrometers speciell zur Lösung electrophysiologischer Fragen, anderseits zur Aufklärung der Leistungsfähigkeit und mancher Eigenthümlichkeiten des Instrumentes selbst geführt. Was den letzteren Punct anbetriift, so enthalten die eingehenden Untersuchungen von Burch, Einthoven, Kries u. A. sehr wertvolle Thatsachen, die für die staunenswerthe Exactheit des Instrumentes sprechen, zugleich aber auch manche Mängel des Electrometers aufdecken. Der Vorzug des Capillarelectrometers besteht ja hauptsächlich, was seine Anwendung in der Physiologie anbetriift, in der äusserst kurzen Einstellungszeit, und die ganze Frage dreht sich um den Punct, wie viel Glauben man einer electrometrischen Curve schenken darf, und ob es nicht möglich wäre aus einer untreu wiedergegebenen Curve die richtige durch Calcül zu construiren.

Dass das Capillarelectrometer zu falschen Resultaten führen kann, wurde schon von E. von Fleischl ¹⁾ beobachtet. In einem bekannten Aufsätze dieses Autors findet sich eine diesbezügliche Angabe, die, wie es scheint, wenig Be-

¹⁾ E. Fleischl. Ueber die Construction und die Eigenschaft des Capillarelectrometers. Gesammelte Abhandlungen, 1893, p. 481.

achtung gefunden hat, aber nichtsdestoweniger vollständig richtig und nicht ohne Interesse ist. Es handelt sich um die Wiedergabe der Inductionsströme durch das Electrometer. Fleischl hat ohne Zuhilfenahme der photographischen Registration, blos durch Beobachtung der Ausschläge des Quecksilberfadens die merkwürdige Thatsache festgestellt, dass der Schliessungsinductionsschlag durch das Capillarelectrometer als der stärkere im Vergleich zum Oeffnungsschlage angegeben wird, während doch bekanntlich das Maximum der electromotorischen Kraft beim Oeffnungsschlage grösser ist, als beim Schliessungsschlage. Es erweist sich somit das physiologische Rheoskop, das Telephon und das mit IK-Lösung befeuchtete Stärkepapier ¹⁾ in diesem Falle dem Capillarelectrometer überlegen.

Andere Resultate bekam M. Marey ²⁾. In seiner Physiologie experimentale sind Copien von photographischen Aufnahmen angeführt, aus denen hervorgeht, dass das Capillarelectrometer in der discutirten Frage keine Ausnahme macht und dass der Oeffnungsinductionsstrom einen stärkeren Ausschlag bewirkt als der Schliessungsstrom. Ich muss hier bemerken, dass es mir kein einziges Mal gelungen ist die Angaben von Marey zu bestätigen.

In einer neueren Arbeit von Schenk ³⁾ wird diese Frage gelegentlich berührt. Es wurde auf einer sehr langsam sich bewegenden Platte photographirt und deshalb erscheinen die Ausschläge als haarscharfe Linien; die Ausschläge, die dem Oeffnungs- und Schliessungsinductionsstromen entsprechen, erscheinen gleich gross.

Um etwas Genaueres über die Art, wie das Capillarelectrometer den Verlauf der Potentialänderung der inducirten Ströme wiedergibt, zu erfahren, versuchte ich die Ausschläge des Quecksilberfadens auf schnell beweglichen Platten zu photographiren. Es war von vornherein nicht unwahrscheinlich, dass man aus dem Verlaufe der Curven Anhaltspuncte für das eigenthümliche Verhalten des Capillarelectrometers bezüglich der Wiedergabe der Inductionsströme wird finden können.

Das von mir benutzte Capillarelectrometer war im ganzen und grossen dem von L. Morochowetz ⁴⁾ construirten, sehr leicht zu handhabenden Apparate nachgebildet, mit dem unwesentlichen Unterschiede, dass die Spitze der Capillare wie gewöhnlich nach unten gerichtet war. Das Electrometer mit dem Mikroskope und die Bogenlichtlampe befanden sich in einem Zimmer, die bewegliche Platte in einem anderen; beide Zimmer waren durch ein lichtdichte, mit einer Oeffnung versehene Wand getrennt ⁵⁾. Zur Bewegung der Platte wurde eine Einrichtung nach Art des Federmyographions verwendet; die Bewegung selbst wurde durch die spannende Kraft einer elastischen Schnur ausgelöst. Dicht vor der Platte befand sich eine 0,3 mm. breite Spalte. Zwischen der Spalte und dem Electrometer, sehr nahe der Spalte, war ein in den

¹⁾ Grützner, Arch. f. d. g. Physiol. Bd. 41, p. 256.

²⁾ Marey, Physiologie experimentale, III année, 1877, p. 33.

³⁾ Schenk, Ueber den Einfluss der Spannung auf die negative Schwankung des Muskelstromes. Arch. f. d. g. Phys., 1896, Bd. 63, p. 317.

⁴⁾ Morochowetz, Appareils et instruments a l'usage des physiologistes. Moscou, 1893, p. 27.

⁵⁾ Genaueres über die Einrichtung des Dunkelzimmers in dem physiologischen Institute zu Moskau s. A. Samojloff. Internationale photographische Monatsschrift, 1897, Band IV, Heft 2.

Kreis einer electromagnetisch getriebenen Stimmgabel von 100 Schwingungen in der Secunde eingeschalteter Chronograph aufgestellt.

Fig. 1 ist nach einem Photogramm ¹⁾, welches die Ausschläge beim Schliessen eines constanten Stromes darstellt, gezeichnet. Der helle Theil entspricht dem mit H_2SO_4 , der dunkle dem mit Hg gefüllten Abschnitt der Capillare. Die obere, dunkle, wellenförmige Linie entspricht dem schwingenden Schattenbild der Feder des Chronographen; jede ganze Periode dauert 0,01 Sec. Aus der gleichen Länge der Perioden lässt sich entnehmen, dass die Bewegung der Platte mit genügender Gleichmässigkeit geschah. An der Curve lassen sich keine Erschütterungsooscillationen bemerken; die Einstellungszeit des Electrometers dauert 0,06 - 0,07 Sec.

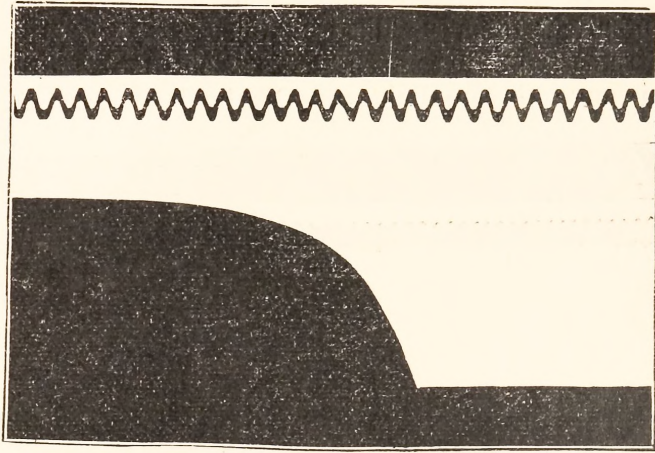


Fig. 1.

In den Versuchen mit Inductionsströmen wurde ein gewöhnlicher Schlittenapparat gebraucht, dessen secundäre Spirale mit den Polen des Electrometers verbunden war. Das Schliessen und Oeffnen des primären Kreises bewirkte die Platte selbst bei ihrer Bewegung. Da der Schliessungs- und Oeffnungsinductionsstrom entgegengesetzte Richtungen haben, so muss der Meniscus ein Mal in der einen, das andere Mal in der anderen Richtung sich bewegen, was selbstverständlich die Beurtheilung der Curven complicirt, denn es ist ja bekannt, dass ein und derselbe Potentialunterschied Ausschläge von ver-

schiedener Grösse bewirkt, je nachdem das Hg zur Capillarspitze, oder von derselben sich bewegt. Um diese Complication zu beseitigen und beide Ausschläge auf einer Platte in einer und derselben Richtung zu erhalten wurde auf dem Wege zwischen der Capillare c und dem Inductorium eine Wippe W mit Kreuz (Fig. 2) eingeschaltet. Der Rahmen, an welchem die photographische Platte befestigt war, trug einen vorspringenden festen Stab, der bei der Bewegung der Platte zuerst den primären Strom

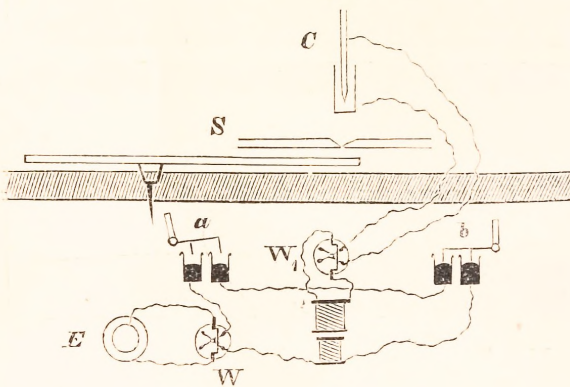


Fig. 2.

durch Eintauchen der Platindrähte in die Quecksilbernäpfchen bei a schloss, dann die Wippe umwarf und schliesslich den Strom bei b öffnete. Wiederholt

¹⁾ Die Figuren sind nach den Photogrammen in natürlicher Grösse gezeichnet.

man nun den Versuch noch ein Mal nachdem man die in den primären Kreis eingeschaltete Wippe *W* mit Kreuz umgelegt hat, so erhält man wiederum zwei nach der anderen Seite gleichgerichtete Ausschläge.

In den Fig. 3 und 4 sieht man je zwei Ausschläge: der eine (*a* resp. *c*) entspricht dem Schliessen, der andere (*b* resp. *d*) dem Oeffnen des primären Stromes; in Fig. 4 bewegte sich der Meniscus zur Capillarspitze, in Fig. 3 in umgekehrter Richtung. Die beiden Ausschläge *a* und *b* sind kleiner, als die

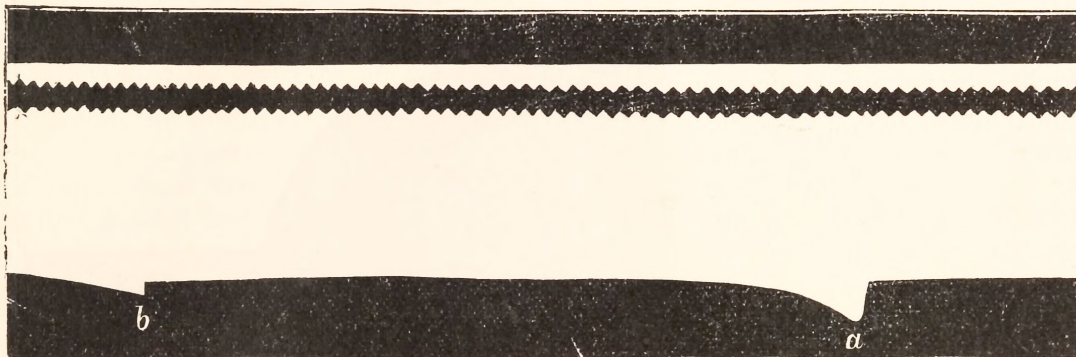


Fig. 3.

entsprechenden *c* und *d*, was sich aus der verschiedenen Richtung in der Bewegung des Meniscus erklärt. Die Schliessungsschläge geben grössere Ausschläge (*a* und *c*) als die Oeffnungsschläge (*b* und *d*), wie es auch Fleisch beobachtet hat. Es muss hier aber auf folgenden Umstand hingewiesen werden. Betrachtet man den Fall des Schliessens und Oeffnens des primären Stromes bei einfacher Verbindung der secundären Rolle mit dem Capillarelectrometer, so erhält man ein Mal die zwei entgegengesetzten Ausschläge *c* und *b*, das andere Mal—*a* und *d*; die Differenz zwischen *c* und *b* ist grösser,

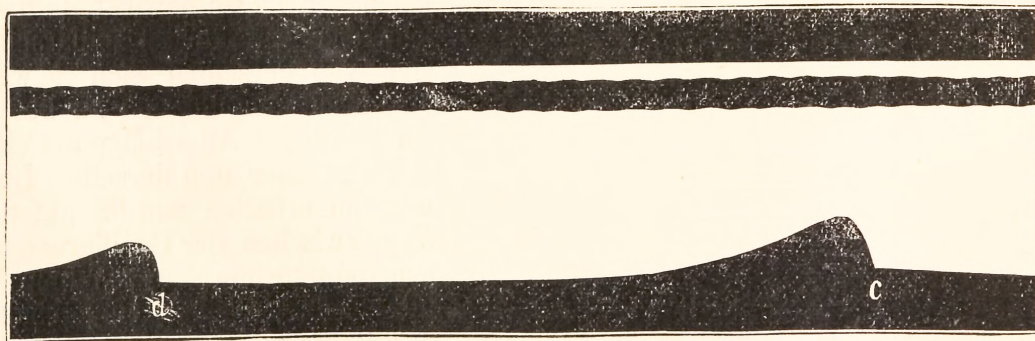


Fig. 4.

ser, als die zwischen *a* und *d*. Dieses verschiedene Verhalten lässt sich folgendermassen erklären. Im ersten Falle ist *c* grösser als *b*, erstens weil der Schliessungsschlag einen höheren Ausschlag giebt als der Oeffnungsschlag und zweitens, weil der Ausschlag *c* in der Richtung zur Capillarspitze geschieht, während bei *b* der Meniscus sich in entgegengesetzter Richtung bewegt. Zwei

Umstände, die die Verschiedenheit der Grösse der Ausschläge bewirken, summiren sich in diesem Falle. Es ist ohne Weiteres zu ersehen, dass in der combinirten Curve mit den Ausschlägen *a* und *b*, die beiden Wirkungen sich subtrahiren müssen, weshalb auch die Differenz zwischen *a* und *d* kaum angedeutet ist.

Betrachtet man genauer die Fig. 3 und 4, so bemerkt man, dass die Ausschläge beim Schliessen und Oeffnen sich nicht nur der Grösse nach, sondern auch dem zeitlichen Verlaufe nach unterscheiden. Dieses Verhalten tritt

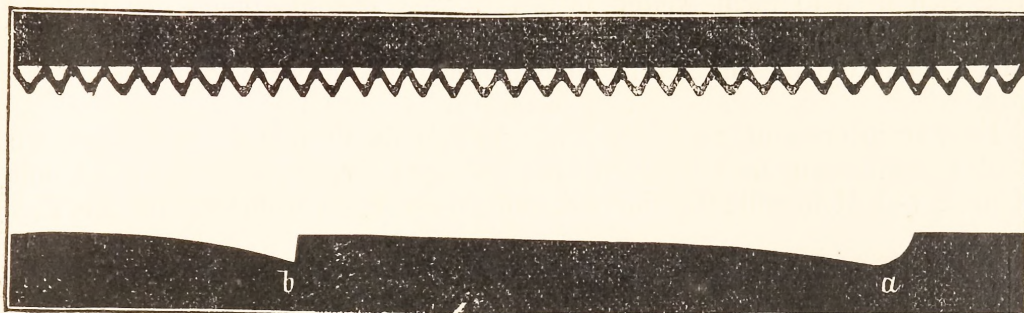


Fig. 5.

noch bedeutend deutlicher in den Fig. 5 und 6 hervor, in welchen dagegen die Differenz der Ausschlaggrösse *a—b* und *c—d* nur sehr gering ist. Die Curven *a* und *c*, die dem Schliessen entsprechen, weisen einen langsamen Anstieg und eine gedehnte Kuppe auf, während *d* und ganz besonders *b* äusserst rasch, fast vertical, ansteigen und unter scharfem Winkel abfallen. Der Winkel, der zwischen der Abscisse und der Tangente zur Curve im Punkte ihres

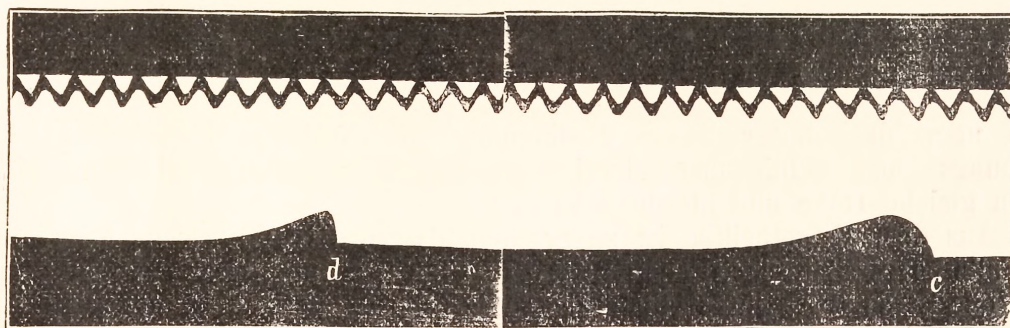


Fig 8.

Beginnes eingeschlossen ist, ist bei *a* ein stumpfer, bei *b* dagegen fast ein rechter.

Die geschilderten Unterschiede des Verlaufes der Curven beim Schliessen und Oeffnen des primären Stromes geben den Schlüssel zum Verständniss der untreuen Wiedergabe durch das Capillarelectrometer der Grössenverhältnisse der Ausschläge bei Inductionsschlägen. Das Maximum der Potentialdifferenz, welches sich im Verlaufe des Oeffnungsschlages entwickelt, ist grösser als das

des Schliessungsschlages, dagegen ist die Zeit des ganzen Vorganges im ersten Falle kürzer und das Maximum wird schneller erreicht als im zweiten Falle. Die Zeit des Verlaufes der Inductionsströme ist zu gering im Vergleich zur Einstellungszeit des Capillarelectrometers, welches den raschen Aenderungen der Potentialdifferenz zu folgen nicht im Stande ist. Da aber der Schliessungsinductionsstrom länger dauert als der Oeffnungsstrom, so wird für die Bewegung des Quecksilberfadens im ersten Falle nicht so viel verloren, wie im zweiten. Es ist sehr einleuchtend, dass z. B. in *b* der Fig. 5 der rasche Anstieg sich deshalb nicht weiter fortsetzt, weil das Maximum der Potentialdifferenz des Oeffnungsschlages schon zu einer Zeit vorbei ist, wo der Meniscus noch nicht die diesem Maximum entsprechende Ausschlagsgrösse erreichen konnte.

Es war interessant zu versuchen, wie sich die Verhältnisse gestalten, wenn man das Schliessen und Oeffnen des primären Kreises nach dem bekannten Verfahren von Helmholtz in einer Nebenschliessung vornimmt. In der Fig. 7

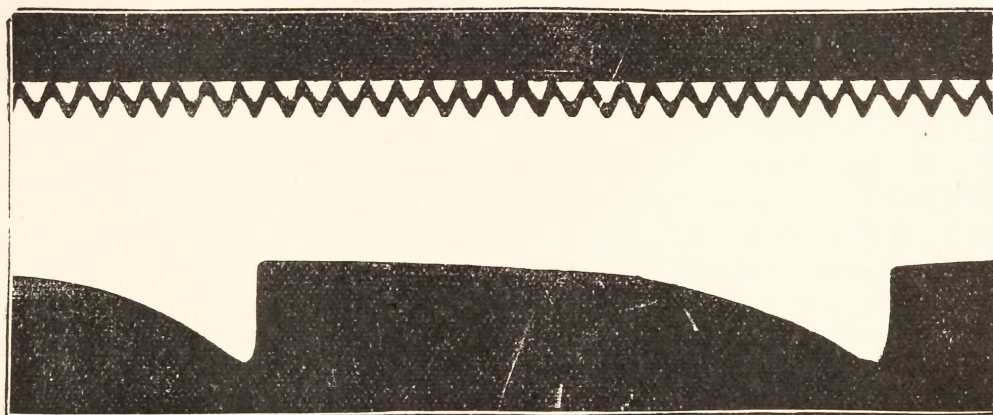


Fig. 7.

sieht man, dass unter diesen Bedingungen die früheren Unterschiede des Oeffnungs- und Schliessungsinductions ausschlags schwinden, die Ausschläge haben gleiche Höhe und gleichen Verlauf.

Aus dem Mitgetheilten ist zu ersehen, dass das Capillarelectrometer auch im Falle so rascher electricischer Vorgänge, wie die Inductionsströme sind, Curven liefert, die trotz ihres entstellten Aussehens Andeutungen der charakteristischen Momente der betreffenden Vorgänge aufweisen. Die Ungenauigkeit der Wiedergabe der Inductionsströme hängt nicht von irgend einer specifischen Eigenschaft des Instrumentes, sondern einzig von dem Umstande ab, dass das Instrument eine bestimmte Zeit für seine Einstellung braucht und überhaupt für sehr rasche Vorgänge untreue Bilder liefert. Es ist eine Frage für sich, wie genau man vermittelst des von Burch und Einthoven angegebenen Correctionsverfahrens die wahre Gestalt der Curven reconstruiren kann. Das ist aber klar, dass wenn man von dem mühsamen Correctionsverfahren absieht und sich auf die Photogramme verlässt, man doch Gefahr läuft zu irrthümlichen Schlüssen zu gelangen. Der gedehnte Verlauf des absteigenden Theils

unserer Curven könnte z. B. zu Vermuthungen über irgend welche Nachwirkung führen, während die Curven thatsächlich einen fast momentanen Vorgang reproduciren.

Noch ein Umstand sei hier erwähnt. Einthoven ¹⁾ berichtet über Photogramme, die beweisen, dass der Hg—faden eminent rasche Schwingungen zu vollziehen im Stande ist. Eine Stimmgabel von 1920 Schwingungen in der Secunde war in den primären Kreis eines Inductoriums eingeschaltet; ein in den secundären Kreis eingeschaltetes Capillarelectrometer lieferte Photogramme, an denen man 3840 Schwingungen in d. Sec. zählen konnte. Einthoven sieht darin den Beweis einer äusserst raschen Einstellungsfähigkeit des Meniscus, während eigentlich ein solcher Beweis nicht zwingend ist; anderseits hatte auch thatsächlich die Capillare von Einthoven, soweit man dem citirten Aufsatze entnehmen kann, eine durchaus nicht allzukurze Einstellungszeit, nicht weniger als 0,5 Sec. Die getreue Wiedergabe der grossen Schwingungszahl lässt sich dadurch erklären, dass das Capillarelectrometer in den secundären Kreis eingeschaltet war. Aus Fig. 5 ist zu ersehen, dass ein Meniscus, welcher wie beim Oeffnungsinductionsschlag bei *b* fast vertical ansteigt und unter spitzem Winkel sinkt, äusserst rasche Schwingungen mitmachen kann. Hätte man aber nicht mit Inductionsströmen, die einen raschen Verlauf haben und fortwährend ihre Richtung ändern, zu thun gehabt, hätte man einen constanten Strom über 1000 Mal in d. Sec. unterbrochen, so hätte ein in diesen Kreis eingeschaltetes Electrometer die raschen Oscillationen nicht mitgemacht, denn dazu wäre ein sehr rascher Anstieg der Curve bei jedem Schliessen, d. h. eine sehr hohe Potentialdifferenz erforderlich gewesen. Unter diesen Bedingungen würde aber schon das erste Schliessen des constanten Stromes die H_2SO_4 zersetzt haben.

Einige Thatsachen zur Frage über die genetische Beziehung zwischen Amitose und Mitose.

Von W. Rudnew.

(Aus dem histologischen Laboratorium der Universität Moskau).

Die Frage über die Beziehung beider Formen der Zellteilung zu einander ist bis jetzt noch wenig bearbeitet. Einige Autoren suchen Uebergangsformen zwischen Amitose und Mitose unter den Pflanzenzellen, andere unter den Protozoen, noch andere unter den Gewebezellen. Meinerseits erlaube ich mir zu Gunsten dieser genetischen Beziehung beider Formen der Zellteilung

¹⁾ Einthoven, Arch. f. d. g. Physiol., 1894, 56, p. 528.