

378 Biedermann, Sekundärelektromotorische Erscheinungen an Muskeln u. Nerven.

(Urodelen) Wirbeltiere ist jetzt eine vollständige geworden, ebenso diejenige zwischen Tarsus und Carpus der Säugetiere incl. des Menschen.

Wir erhalten nämlich folgende Vergleichung:

	Carpus		Tarsus	
		niedere Säuger	höhere Säuger	}
Naviculare (z. größten Teil)	— Radiale, Tibiale	— Tibiale	tibialer (vord.) Teil des	
Lunatum	— Intermedium	— Intermedium s. Trigonum	fibularer (hint.) Teil des ¹⁾	
Triquetrum	— Ulnare, Fibulare	— Calcaneus (excl. Tuberositas)		
Pisiforme	— 6. Strahl	— Tuberositas calcanei		
Teil d. Naviculare.	— Centrale	— Naviculare.		

Aus der Thatsache, dass die elf aus Amerika stammenden Arten mit einer zweifelhaften Ausnahme sämtlich das Intermedium besitzen, ferner alle fünfzig sind und eine Wirbelsäulenlänge (von Atlas bis zum hinteren Beckenende) von höchstens 32 cm haben, ist Verf. geneigt, den Schluss zu ziehen, dass nicht Australien oder Asien, sondern Amerika die Heimat der Beuteltiere und der Säugetiere überhaupt ist. In Australien finden sich die großen Formen der Beutler mit reduziertem Metatarsus und ohne knöchernes Intermedium.

Karl Bardeleben (Jena).

Einiges neuere über sekundär-elektromotorische Erscheinungen an Muskeln und Nerven.

E. Hering, Ueber Veränderungen des elektromotorischen Verhaltens der Muskeln infolge elektrischer Reizung. (Nach Untersuchungen von Dr. E. Hering und Dr. W. Biedermann.) Wiener akadem. Sitzungsber. III. Abt. Nov.-Heft Jahrg. 1883. — E. Hering, Ueber du Bois-Reymond's Untersuchung der sekundär-elektromotorischen Erscheinungen am Muskel. Wiener akadem. Sitzungsber. III. Abt. Nov.-Heft. Jahrg. 1883. — L. Herman, Ueber sogenannte sekundär-elektromotorische Erscheinungen an Muskeln und Nerven. Pflüger's Archiv Bd. XXXIII.

Seit dem Erscheinen von du Bois-Reymond's Abhandlung über die sekundär-elektromotorischen Erscheinungen an Muskeln, Nerven und elektrischen Organen, welche in dieser Zeitschrift bereits Besprechung fand ²⁾, sind mehrere Arbeiten publiziert worden, die eine gänzlich verschiedene Auffassung der diesbezüglichen Thatsachen anbahnen und für die Untersuchung der elektrischen Erregungsgesetze neue Wege eröffnen. Du Bois-Reymond kam bekanntlich aufgrund seiner Versuche zu dem Schlusse, dass die ganze von einem

1) event. (Varietät) getrennt bleibendes Trigonum s. Intermedium.

2) III. Bd. 1883. Nr. 17.

elektrischen Strom durchflossene Muskel- oder Nervenstrecke in einen veränderten Zustand gerät d. i. polarisiert wird. Dementsprechend soll nach Oeffnung des Stromes jeder beliebige Teil der interpolaren Strecke, welcher zwischen zwei mit der Bussole verbundenen Elektroden liegt, einen Polarisationsstrom zeigen, der je nach der Dichte und Dauer des primären Stromes diesem bald entgegengesetzt (negativ), bald gleichgerichtet (positiv) ist. Bleibt die Länge der abgeleiteten Strecke dieselbe, so ist es nach du Bois gleichgiltig, von welchem Teil der interpolaren Strecke man den Polarisationsstrom ableitet und würde sich derselbe demnach, ob er nun positiv oder negativ ist, im allgemeinen analog den negativen Polarisationsströmen eines mit verdünnter Schwefelsäure getränkten Kohlezylinders verhalten, weshalb auch du Bois Reymond eine „innere Polarisation“ der ganzen interpolaren Strecke annimmt. Gleichwohl bestehen, selbst wenn man von der positiven Polarisierbarkeit der Muskeln, Nerven und elektrischen Organe absieht, zwischen der negativen Polarisation dieser tierischen Teile, wie sie du Bois aufgrund seiner Versuche annimmt, und rein physikalischer innerer Polarisation wesentliche Unterschiede.

Hering zeigte nun, dass von einer innern positiven oder negativen Polarisation längsdurchströmter Muskeln im Sinne du Bois' zunächst überhaupt nicht die Rede sein könne, indem der wesentliche Sitz der durch den Reizstrom bedingten elektromotorischen Veränderungen diejenigen Stellen der kontraktilen Substanz sind, an welchen der Strom ein- oder austritt, so dass die nahe Beziehung, welche, wie später zu erörtern sein wird, zwischen diesen Erscheinungen und der polaren Erregung durch den Strom besteht, unverkennbar hervortritt.

Es kann gegenwärtig als über jeden Zweifel sichergestellt betrachtet werden, dass sowohl die Schließungs- wie auch die Oeffnungserregung von Muskeln und Nerven ausschließlich polare Wirkungen des Stromes sind, dass dieser demnach seine Angriffspunkte auf die irritable Substanz nur an den Ein- und Austrittsstellen hat. Wenn dem aber so ist und wenn andererseits, was ebenso feststeht, jede Veränderung der chemischen Thätigkeit in irgend einem Teile der Muskel- oder Nervenfasern (sei sie nun durch Absterben, Erregung oder sonst irgendwie verursacht), die allgemeine Bedingung für das Auftreten elektromotorischer Wirkungen ist, so lässt sich von vornherein erwarten, dass bei Längsdurchströmung eines parallelfaserigen Muskels die an der physiologischen Kathode und Anode voraussichtlich eintretende Alterierung des Chemismus der kontraktilen Substanz zu Entstehung elektrischer Spannungsdifferenzen führen dürfte, welche sich verraten müssten, wenn das eine oder andere alterierte Muskelende mit einer Stelle der im übrigen unverändert gebliebenen Muskeloberfläche ableitend verbunden würde. Die Resultate, zu welchen

Hering durch derartige Versuche am *M. sartorius* des Frosches gelangte, entsprachen in der That durchaus dieser Voraussetzung.

Wird dieser Muskel bei mäßiger Spannung fixiert und von den beiderseits belassenen Knochenstümpfen her durchströmt, so zeigt sich bei Ableitung von dem einen oder andern Sehnenende und einem Punkte der Längsoberfläche der vor der Durchströmung gemessene Muskelstrom nach der Oeffnung des Reizstromes wesentlich verändert und je nach der Richtung, Stärke und Dauer des letztern und Stärke und Richtung des anfänglichen Muskelstromes vermehrt, vermindert, ganz verschwunden oder umgekehrt. „Hat man den Muskelstrom zuvor kompensiert, so erhält man den positiven oder negativen Zuwächsen des Muskelstromes entsprechende „Polarisationsströme“, welche positiv oder negativ d. i. dem Reizstrom gleich oder entgegengesetzt gerichtet sein können.“ Da dieselben ihre wesentliche Quelle an den anodischen und kathodischen Stellen der Muskelsubstanz haben, so unterscheidet Hering eine anodische und kathodische Polarisation. Die erstere kann je nach Stärke und Dauer des Reizstromes sowohl positiv als negativ sein, die letztere ist am Muskel stets negativ. Sehr schwache Ströme geben am frischen Muskel, soferne sich nur das anodische Sehnenende und ein etwa der Mitte entsprechender Punkt der Längsoberfläche im Bussolkreise befinden, bei kurzer Schließungsdauer stets einen negativen Polarisationsstrom. Mit stärkeren Reizströmen erhält man dagegen bei nicht allzu kurzer Schließungsdauer immer nur positive Polarisation, die um so stärker wird, je stärkere Ströme man anwendet und schließlich selbst die stärkste negativ anodische Polarisation bei weitem übertrifft. Sehr starke Ströme geben selbst bei möglichst kurzer Schließungszeit sofort positive Polarisation, während schwächere bei kurzer Schließungszeit noch negative oder doppelsinnige (erst negativ, dann positiv) Polarisation und erst nach längerem Geschlossenbleiben rein positive Polarisation geben. Ganz analog den starken Strömen bei kürzester Schließungsdauer verhalten sich auch Induktionsströme, indem sie nur positive, anodische Polarisation geben.

Alle diese Polarisationserscheinungen fehlen vollständig oder treten nur spurweise auf, wenn beide ableitende Bussolelektroden der Längsoberfläche des Muskels anliegen, ohne dem einen oder andern Muskelende zu nahe zu kommen.

Da, wie Herman gezeigt hat, die erregte Muskelsubstanz sich in bezug auf die ruhende negativ verhält, so kann es, wenn man die Bedingungen und das Verhalten der Oeffnungserregung des Muskels berücksichtigt, nicht zweifelhaft sein, dass die positiv anodische Polarisation als Ausdruck derselben zu gelten hat, indem „der durch die Veränderungen der anodischen Stellen der kontraktilen Substanz bedingte positive Polarisationsstrom ein

sogenannter Aktionsstrom ist, erzeugt durch eine von der Anode ausgehende Oeffnungserregung, ein Aktionsstrom, der sich allerdings wesentlich anders verhält, als die nach Momentanreizen auftretenden Aktionsströme.“

In dieser Beziehung ist insbesondere die lange Dauer der Negativität der anodischen Stellen bemerkenswert, die sich jedoch leicht aus dem Umstande erklärt, dass die Oeffnung eines Kettenstromes grade wie die Schließung unter Umständen zu einer lang andauernden Erregung (Oeffnungsdauerkontraktion) des Muskels führt. Dieselbe klingt allmählich ab, indem sie sich mehr und mehr auf die anodischen Stellen des Muskels zurückzieht. Aber auch dann, wenn es, wie bei Anwendung schwächerer oder kurz dauernder stärkerer Ströme, nicht zu einer sichtbaren Oeffnungsdauerkontraktion oder nicht einmal zu einer Oeffnungszuckung kommt, steht nichts im Wege, den beobachteten positiven Polarisationsstrom als den Ausdruck einer einige Zeit andauernden Oeffnungserregung anzusehen, da sich ein geringer Grad von Kontraktion überhaupt nur schwer oder gar nicht nachweisen lässt, insbesondere wenn sich dieselbe auf die unmittelbare Nähe der anodischen oder kathodischen Muskelstellen beschränkt.

Hermann weicht in seiner Auffassung der positiv anodischen Polarisation insoferne von Hering's Anschauung ab, als er ausgehend von der Annahme eines interpolaren Elektrotonus den Oeffnungsaktionsstrom in der ganzen anelektrotonischen Muskelstrecke, die sich unter Umständen bis in die Nähe der Kathode erstrecken könne, entstehen lässt. Dementsprechend gibt Hermann auch an, dass am Nerven, wo bei Anwendung starker Ströme der Anelektrotonus fast bis an die Kathode reicht, die positive Polarisation stets und gleich stark hervortrete, mochte die Ableitung (der interpolaren Strecke) möglichst nahe der Anode oder möglichst nahe der Kathode stattfinden.

Wenden wir uns nun zur kathodischen Polarisation, so wurde schon oben erwähnt, dass dieselbe am quergestreiften Muskel bisher immer nur negativ gefunden wurde. Sie wird bei Ableitung des durchströmten Sartorius vom kathodischen Sehnenende und der Muskelmitte und bei Anwendung sehr schwacher Ströme erst nach einer Schließungszeit von mehreren Sekunden merklich und nimmt stetig zu bei Steigerung der Stromstärke und Schließungszeit. Vergleicht man sie mit den positiv anodischen Polarisationen, welche man bei derselben Stärke des Reizstromes und derselben Stromesdauer ebenfalls am gleichen Muskelende erhält, so sieht man die letzteren bald viel stärker werden als die ersteren. „Bei sehr starken Strömen und langer Schließungsdauer kann die negative kathodische Polarisation so stark werden, wie beiläufig der ebenfalls abterminale Muskelstrom, welcher sich zeigt, wenn man bei unveränderter Lage der Busssolektroden das betreffende Ende des Muskels abgetötet hat. Induktionsströme gaben ebenfalls nur negative kathodische Polarisation, welche

aber wesentlich schwächer war, als die positive anodische Polarisierung, wie sie von gleich starken Induktionsströmen an demselben Muskelende bewirkt wurde.“ „Das allgemeine Ergebnis ist also, dass mit wachsender Stärke und Dauer des Reizstromes die kathodische Muskelgegend zunehmend negativer im Vergleich mit der Muskelmitte wird.“ Würde es sich diesfalls um eine der physikalischen inneren Polarisierung gleichwertige Erscheinung handeln, so müsste, wie schon früher erwähnt wurde, der negative Polarisationsstrom bei beliebiger Ableitung innerhalb der interpolaren Strecke in annähernd gleicher Stärke hervortreten, was jedoch, wie Hering zeigte, niemals der Fall ist. Vielmehr wurde, wenn die beiden Busssolektroden an der Grenze zwischen dem oberen und mittleren und zwischen dem mittleren und unteren Drittel des Sartorius angelegt worden waren, während der Reizstrom wie früher durch die Knochen zugeleitet wurde, entweder gar kein Polarisationsstrom beobachtet oder es war im Vergleich zu der anodischen und kathodischen Polarisierung so geringfügig, dass man ihn füglich vernachlässigen durfte. Die relativ schwachen Wirkungen, welche man auf der interpolaren Strecke bei Anwendung sehr starker Ströme und langer Schließungszeit zu beobachten Gelegenheit hat, lassen sich hinreichend bei Berücksichtigung des Umstandes erklären, dass die polaren Stellen des Muskels niemals ausschließlich auf die Muskelenden beschränkt sind, was unter anderem schon dadurch bedingt wird, dass der Sartorius nicht selten kurze Fasern enthält, die im Verlauf des Muskels endigen beziehungsweise beginnen. Andererseits bedingt selbstverständlich das Auftreten der Schließungs- und Öffnungsdauerkontraktion Ungleichartigkeit der einzelnen Teile der interpolaren Strecke. Es liegt daher vorläufig kein genügender Anlass vor, eine innere Polarisierung der kontraktilen Substanz im Sinne du Bois' anzunehmen.

In schlagendster Weise wird endlich die Thatsache, dass die sekundärelektromotorischen Erscheinungen rein polare Wirkungen des Stromes darstellen, durch den Umstand bewiesen, dass Abtötung der anodischen beziehungsweise kathodischen Muskelstellen, das Zustandekommen sowohl positiv anodischer, wie auch negativ kathodischer Polarisierung in ganz gleicher Weise zu hindern vermag, wie nach den Beobachtungen des Ref.¹⁾ die Öffnungs- und Schließungserregung. Der negative und insbesondere der positive Polarisationsstrom ist also geknüpft an die Integrität der kathodischen beziehungsweise anodischen Stellen der erregbaren Substanz.

Hermann hebt dies nur mit Rücksicht auf den positiv anodischen Polarisationsstrom an Muskeln und Nerven hervor und bezeichnet denselben daher allein als „irritativen Nachstrom“ im Gegensatz zu dem „von wirklicher Polarisierung herrührenden“ negativen Nachstrom. Er lässt den letztern auf der ganzen interpolaren Strecke und

nach partieller Durchströmung auch in den extrapolaren Strecken infolge einer Polarisation entstehen, die er für gleichwertig hält mit jenen Polarisationsercheinungen, welche man an einem von einem Elektrolyten umhüllten polarisierbaren Draht beobachtet, dessen Hülle ein Strom zugeleitet wird. Er findet die Erscheinungen an derartigen (Kernleiter-) Modellen in Uebereinstimmung mit den an Muskeln und Nerven sowohl interpolär als auch extrapolär zu beobachtenden Polarisationsercheinungen, indem der „polarisatorische Nachstrom“ ersternfalls dem polarisierenden Strome gegensinnig, letzternfalls aber gleichsinnig sei.

Dass du Bois-Reymond bei seinen Versuchen zu gänzlich abweichenden Resultaten gelangte, ist wohl hauptsächlich dem Umstande zuzuschreiben, dass er sich zweier Muskeln bediente, deren einer gänzlich, der andere wenigstens teilweise von einer sehnigen Inskription durchsetzt wird. Leitet man hier von 2 Punkten der interpolären Strecke ab, so werden in der Regel zahlreiche anodische und kathodische Stellen zwischen den Fußpunkten des ableitenden Bogens gelegen sein, am meisten natürlich dann, wenn die sehnige noch dazu sehr schief zur Muskelachse verlaufende Scheidewand, welche jeden der beiden Muskeln so durchtrennt, dass er gleichsam aus zwei hintereinander liegenden Sondermuskeln besteht, ganz zwischen den beiden Busssolektroden liegt. Vor der Inskription tritt der Strom aus den Fasern des einen Sondermuskels aus, um hinter derselben wieder in die Fasern des zweiten Sondermuskels einzutreten. Auf der einen Seite der Inskription liegen also unzählige kathodische, auf der andern gleichviel anodische Stellen, und die einen wie die anderen sind Sitz einer polaren Veränderung.“

Biedermann (Prag).

Von Mering, Ueber die Wirkung des Ferricyankaliums auf Blut.

Zeitschrift für physiolog. Chemie VIII. Bd. H. 3.

Jaederholm hat zuerst die Beobachtung gemacht, dass eine Hämoglobinlösung auf Zusatz von Ferricyankalium unter Bildung von Methämoglobin eine braune Farbe annimmt. Als v. M. aber zu frischem Blut konzentrierte Lösungen von Ferricyankalium setzte, trat keine Veränderung der Farbe ein und spektroskopisch ließ sich nur unverändertes Oxyhämoglobin nachweisen. Wurde dagegen das Blut vor dem Zusatz mit Wasser verdünnt oder statt einer konzentrierten Ferricyankaliumlösung eine verdünnte benützt, so zeigte sich wiederum das charakteristische Absorptionsband des Methämoglobins, welches aber ausblieb, wenn das Blut mit einer Lösung von schwefelsaurem Natron oder Kochsalz (welche die roten Blutkörperchen nicht auflöst) behandelt wurde. In

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1884-1885

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Biedermann Wilhelm

Artikel/Article: [Einiges neuere über sekundär-elektromotorische Erscheinungen an Muskeln und Nerven. 378-383](#)