

(Aus dem Physiologischen Institut der Innsbrucker Universität.)
Vorstand: Prof. Dr. Ferd. Scheminzky.

Nachweis interpolarer Veränderungen am Nerven bei elektrischer Durchströmung¹⁾.

Von

Bruno Miller, Innsbruck.

Mit 1 Textabbildung.

Die unmittelbare Reizwirkung eines Stromstoßes hängt mit der Ionenstauung an den Grenzflächen biologischer Objekte zusammen; die dafür maßgebenden Gesetze sind, wie bekannt, in erster Linie von *Nernst* dargestellt worden. Eine solche Reizwirkung übt auch der galvanische Strom im Augenblick des Einschaltens aus; neben dieser kommen auch *Dauerwirkungen* zustande, so zum Beispiel die elektrotonischen Erregbarkeitsveränderungen am peripheren Nerven, das Ausreten einer Galvanonarkose bei absteigender oder eines galvanischen Krampfes bei aufsteigender Durchströmung eines ganzen Tieres oder Menschen, ferner polare Änderungen der Durchlässigkeit von Zellen usw. In allen diesen Fällen spielen neben der bloßen Ionenstauung noch andere polare physikalisch-chemische Vorgänge eine Rolle. Es ist wahrscheinlich, daß es sich bei solchen Dauerwirkungen unter anderem um Erscheinungen ähnlich wie am Eiweißzylinder von *Du Bois-Reymond*²⁾ handelt, an welchem gewöhnlich kathodische Quellung bzw. anodische Entquellung eintreten. Allerdings liegen bei den elektrotonischen Erscheinungen am peripheren Nerven oder bei den Dauerwirkungen des galvanischen Stromes am Zentralnervensystem andere Durchströmungsverhältnisse vor als bei den Modellversuchen von *Du Bois-Reymond*, da die Stromzuleitung in den erstgenannten

¹⁾ Nichtveröffentlichte Dissertation aus dem Institut vom Jahre 1944.

²⁾ Literatur über diese Stromwirkungen bei *Fe.* u. *Fr. Scheminzky* und *F. Bukatsch*, Tab. biol. period. 19, 1941.

Fällen über eine Kochsalzlösung — sei es über die Tonpfröpfe unpolarisierbarer Elektroden oder über die Flüssigkeit in den Spalträumen des Gewebes — erfolgt, im Gegensatz zur Stromzuleitung über polarisierbare Elektroden oder Kupfersulfatschneiden wie bei *Du Bois-Reymond*. Für solche Fälle (Stromzuleitung ohne äußere Polarisation) hat bereits *Habenicht*¹⁾ gezeigt, daß sich die polaren Veränderungen am Modell des Eiweißzylinders in umgekehrter Reihenfolge wie bei *Du Bois-Reymond* entwickeln; es kommt im Bereich der Kathode zur Schrumpfung, im Bereich der Anode zur Aufquellung, wobei das Kathodengebiet wasserärmer, das Anodengebiet wasserreicher wird. Bemerkenswert ist, daß sich die Veränderungen in den Versuchen von *Habenicht* (l. c.) nach Stromwendung wieder zurückbilden können, wenn sie noch nicht hochgradig entwickelt waren.

Bei der Suche nach jenen polaren physikalisch-chemischen Vorgängen, welche sich an den Nervenzellen bei den Erregbarkeitsveränderungen im galvanisch durchströmten Zentralnervensystem ausbilden müssen, war es erwünscht, zunächst einmal die polaren Wirkungen des galvanischen Stromes auf den peripheren Nerven zu verfolgen und zugleich nach Methoden zu suchen, mit denen diese am frischen, nicht weiter behandelten Nerven unmittelbar nach der Durchströmung gut dargestellt werden können. Da die polaren Stromwirkungen mit Änderungen im Wassergehalt verbunden sind, war es naheliegend, sie vor allem auf photographischem Weg durch Anwendung langwelliger beziehungsweise kurzwelliger Strahlen (Infrarot- oder Ultraviolettphotographie) zu erfassen. Aufgabe vorliegender Untersuchungen war es daher, Froschnerven galvanisch zu durchströmen und die Darstellbarkeit zustande gekommener Veränderungen mit den verschiedenen Verfahren der Photographie zu prüfen.

Methodik.

Die *galvanische Durchströmung des Froschnerven* erfolgte mit einer Akkumulatorenbatterie von 40 Volt, von welcher mit Hilfe eines als Spannungsteiler geschalteten Widerstandes ein Zweigstrom in einen Nebenkreis mit Milliampere-meter und den beiden unpolarisierbaren Elektroden geleitet wurde. Zur möglichst punktförmigen Berührung des Nerven war in die mit Froschinger angefertigten Tonpfröpfe der Elektroden je eine Schneide aus doppelt

¹⁾ *Habenicht, W.*: Protoplasma 22, 321, 1934.

gefaltetem Filtrierpapier eingeführt, gleichfalls mit Froschringer getränkt. Die Elektroden waren durch eine Haltevorrichtung aus Fiber in einem für alle Versuche gleichen Abstand (11 mm zwischen den Filtrierpapierschnitten) befestigt. Der Träger ruhte auf vier je 2 mm hohen Füßchen, um das Aufsetzen der Elektrodenschnitten auf den Nerven *von obenher* zu ermöglichen. Der frisch präparierte Froschischiadicus lag auf einer Glasplatte, an seinen beiden Enden mit je einem Faden versehen, mit denen er an zwei seitlich an der Platte angebrachten Knöpfen angebunden und unter leichter Spannung gehalten wurde. Neben den Versuchsnerven war zum späteren Vergleich auch der mitpräparierte Nerv der anderen Seite auf die Platte gelegt. Um die Austrocknung der Nerven während der Durchströmung zu verhindern, war die gesamte Anordnung in einer feuchten Kammer untergebracht.

Die Stromstärken lagen zwischen 0,2—0,9 mA, die Durchströmungszeiten zwischen 15 min bis 1 Stunde. Je nach dem Versuch betrug das Stromstärke-Zeitprodukt 6, 9, 12 und 18 Milliampere-Minuten. Nach Beendigung der Durchströmung erfolgte die Beobachtung und Protokollierung der am Versuchsnerven schon mit freiem Auge erkennbaren Veränderungen. Hierauf wurden photographische Aufnahmen bei Dunkelfeldbeleuchtung im sichtbaren Licht, mit infraroten Strahlen, im ultravioletten Licht sowie als Fluoreszenzbild angefertigt. Versuchs- und Kontrollnerv wurden hierzu auf der zur Durchströmung verwendeten Glasplatte belassen, auf welcher sich außerdem in 11 mm Entfernung — entsprechend dem Abstand der Elektroden —, die Buchstaben A und K (Anode bzw. Kathode) befanden.

Die *photographische Aufnahmetechnik* bestand im Auflegen der Glasplatte mit den beiden Nerven auf einen rahmenartigen Träger, so daß das Beleuchtungslicht von unten schräg nach oben einfallen konnte. Die Einfallsrichtung wurde so gewählt, daß das Lichtbündel noch seitlich an dem oberhalb der beiden Nerven befindlichen Objektiv der Kamera vorbeiging (*Durchlicht-Dunkelfeld*). Die Aufnahmen erfolgten mit der Contax auf Platten 3×4,5 cm unter Benützung des Plattenadapters und des Spezial-Reproduktionsgerätes, mit welchem durch Einschalten von Zwischenringen ein Abbildungsmaßstab von 1:1 auf den Negativen erreicht wurde. Die kleinen Platten von 3×4,5 cm wurden aus Platten des Formates 9×12 cm mittels der *Zeiss-Ikon*-Schneidelehre zugeschnitten. Zur Aufnahme wurde das Sonnar 1:2/5 cm mit Ablendung auf 1:8 verwendet. Die Scharfeinstellung erfolgte mit Mattscheibenadapter und Lupe. Die Entwicklung, Fixierung und Wässerung der Platten wurde in einem Glastrog mit Hilfe eines aus Mipolam zusammengeklebten Trägers für 6 Platten durchgeführt. Zur Entwicklung wurde Atomal-Feinkornentwickler benützt, die Fixierung erfolgte in einem Bad üblicher Zusammensetzung.

Bei den *Aufnahmen im gewöhnlichen Licht* wurde eine Niedervolt-Mikroskopierlampe mit Kollektor und annähernd parallel gebündelten Lichtstrahlen verwendet. Die Aufnahmen erfolgten auf Agfa-Isochrom-Platten bei einer durchschnittlichen Belichtungszeit von $\frac{1}{2}$ sec.

Bei den *Aufnahmen mit infraroten Strahlen* wurde die gleiche Beleuchtungstechnik benützt, das sichtbare Licht jedoch durch ein Rotfilter bzw. ein

Schwarzfilter vor dem Aufnahmeobjekt (Agfa-Filter Nr. 82 und Nr. 84) abgehalten. Als Aufnahmeschicht kamen Agfa-Infrarot-Platten „Rapid 800 B“ zur Verwendung. Die Belichtungszeit lag bei Benützung des Filters Nr. 82 im Mittel bei 5 sec., beim Filter Nr. 84 zwischen 5 und 10 sec. Zum Ausgleich der Focusdifferenz für die langwellige Strahlung wurde — entsprechend dem Vorgang von *Scheminzky*¹⁾ —, die Gegenstandsweite nach der Scharfeinstellung im sichtbaren Licht um 1 mm vergrößert.

Bei den *Aufnahmen im ultravioletten Licht* erfolgte die Beleuchtung mit der *Hanauer-Kleinanalysenlampe S 100*, die bereits mit einem Schwarzfilter zur Abhaltung des sichtbaren Lichtes versehen ist und vorwiegend eine Strahlung mit der Wellenlänge $366 \mu\mu$ liefert. Um das Licht der Lampe zu bündeln, wurde ein zweilinsiger Kondensator vorgebaut. Zur Fernhaltung der letzten Reste sichtbarer Strahlung und des am Nerven selbst entstehenden Fluoreszenzlichtes von der photographischen Schicht wurde das Objektiv mit einem nur für Ultraviolett durchlässigen Sperrfilter (UG 1 von *Schott & Gen.*, Jena) versehen. Die Aufnahmen erfolgten auf Agfa-Isochrom-Platten, die Belichtungszeit lag im Mittel bei 10 sec.

Bei den *Fluoreszenzaufnahmen* wurde die gleiche Beleuchtungslampe verwendet. Da es hier allein auf das sichtbare Fluoreszenzbild ankam, wurde das vom Nerven gestreute ultraviolette Licht durch ein Ultraviolett-Sperrfilter vor dem Objektiv der Kamera (GG 4 von *Schott & Gen.*, Jena) von der photographischen Schicht abgehalten. Die Aufnahmen erfolgten gleichfalls auf Agfa-Isochrom-Platten, die Belichtungszeit lag im Mittel bei 8 min.

Ergebnisse.

1. Die morphologischen Veränderungen am durchströmten Nerven.

Unmittelbar nach einer galvanischen Durchströmung zeigt der Nerv bestimmte morphologische Veränderungen, die, wie im Versuch von Abb. 1, betreffen: 1. die Formänderungen des ursprünglich rein zylindrischen Nerven; 2. die Änderungen der Transparenz; 3. die Dickenabnahme des Mittelstückes der interpolaren Strecke.

Die Formänderungen des Nervenzylinders bestehen zunächst, wie Abb. 1 erkennen läßt, aus leichten ringförmigen Einschnürungen α und ϵ , die mit den Auflagestellen der Elektroden zusammenfallen. Neben jeder dieser Einschnürungen liegt weiter gegen die interpolare Strecke zu je eine beulenförmige Auftreibung (β und δ), die gewöhnlich auf der *Anodenseite* (β) ausgeprägter als auf der *Kathodenseite* (δ) ist.

¹⁾ *Scheminzky, F.*: Photographie und Forschung 3, 179, 1941.

Die *Transparenz des Nerven* ist sowohl im Bereich der genannten Einschnürungen als auch innerhalb der gesamten interpolaren Strecke verändert. Die Einschnürungen (α und ϵ) selbst erscheinen, im auffallenden Licht betrachtet, weißlicher und machen den Eindruck einer Verdichtung der Nervensubstanz. Jenseits der Einschnürungen und über die ganze interpolare Strecke hinweg erweist sich der Nerv dagegen als gelatinöser und durchscheinender. Wird die Beleuchtung mit Durchlicht-Dunkelfeldan-

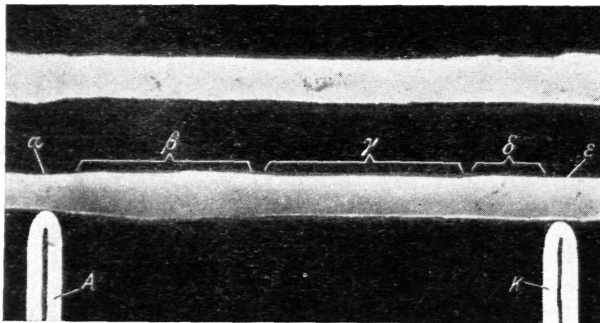


Abb. 1. Ultraviolett-Durchlicht-Dunkelfeld-Photographie eines galvanisch durchströmten Froschnerven (unten) bzw. eines nichtdurchströmten Kontrollnerven (oben). Agfa-Isochrom-Platte, Bel.-Zeit 6 sec.

A und K (Anode und Kathode): die als Elektroden dienenden doppelt gefalteten Filtrierpapierschneiden (schematisch); α und ϵ : die ringförmigen Einschnürungen im Elektrodenbereich; β und δ : die gegen die interpolare Strecke auftretenden beulenförmigen Auftreibungen; γ Mittelteil der interpolaren Strecke. Stromstärke: 0,9 mA; Stromflußzeit: 30 min. In der Ultraviolett-Aufnahme erscheint die Nervensubstanz um so dunkler, je transparenter (je lichtstreuender) sie ist.

ordnung durchgeführt, also wie bei der Aufnahme von Abb. 1 mit schräg von unten einfallendem Licht, dann erfolgt im Bereich der stärker transparenten interpolaren Zone ($\beta + \gamma + \delta$) eine weniger starke Streuung des einfallenden Lichtes, so daß sich diese dunkler vom Untergrund abhebt.

Die *Dickenabnahme des Mittelstückes in der interpolaren Zone* (γ) macht sich nur bei stärkeren Strömen bzw. bei längerer Stromflußzeit deutlich bemerkbar. Sie ist auch in Abb. 1 beim Vergleich mit dem oben befindlichen Kontrollnerven deutlich zu erkennen.

Im allgemeinen nehmen die oben beschriebenen morphologischen Veränderungen mit dem Produkt von Stromstärke und Stromflußzeit, also mit der durch den Nerven hindurch gegangenen Elektrizitätsmenge zu, wobei jedoch Vergrößerung der Stromstärke anscheinend einen deutlicheren Einfluß ausübt, als Verlängerung der Stromflußzeit. Bei geringerer Stromstärke, bzw. kürzerer Stromflußzeit sind also die beschriebenen Erscheinungen weniger stark ausgeprägt. Gelegentlich können die polaren Veränderungen an der Kathode fehlen, an der Anode sind sie aber immer zu erkennen, wenn die angewandte Elektrizitätsmenge groß genug war, überhaupt eine Veränderung am Nerven hervorzubringen. Eine strenge Gesetzmäßigkeit zwischen dem Ausmaß der morphologischen Veränderungen und der Stromstärke bzw. Stromflußzeit hat sich nicht feststellen lassen; die Reaktionsfähigkeit der einzelnen Nerven erwies sich recht unterschiedlich in dem Sinn, daß z. B. an einem Präparat ausgeprägte Veränderungen schon bei einem Stromstärke-Zeit-Produkt von 9 Milliampere-Minuten nachzuweisen waren, während bei einem anderen ein größeres Stromstärke-Zeit-Produkt bloß geringere Veränderungen hervorbrachte. Diese Erscheinung hängt zweifellos mit dem Zustand der Versuchstiere zusammen und ist von anderen Untersuchern für Froschnerven bereits wiederholt beobachtet und beschrieben worden. Es scheint vor allem maßgebend zu sein, ob frisch gefangene Tiere zur Untersuchung kommen oder solche, die bereits längere Zeit im Laboratorium unter Hungerbedingungen gehalten wurden. Die Schwierigkeiten in der Beschaffung des Tiermaterials haben es unmöglich gemacht, ausschließlich frisch gefangene Tiere für die vorliegende Durchströmung heranzuziehen.

Bevor auf die beschriebenen Veränderungen weiter eingegangen wird, soll jedoch die zweckmäßigste Art der photographischen Darstellung besprochen werden.

2. Die zweckmäßigste Art zur photographischen Darstellung der Durchströmungsveränderungen am Froschnerven.

Wie schon in der Methodik erwähnt, wurden die durchströmten Nerven sowohl im gewöhnlichen Licht als auch mit infraroten bzw. ultravioletten Strahlen und schließlich im Fluoreszenzlicht unter Strahleneinfall für Durchlicht-Dunkelfeld photographiert. Beim Vergleich der einzelnen Aufnahmen zeigte sich, daß vor allem im Fluoreszenzlicht keine wesentlichen Einzelheiten sichtbar werden, was damit zusammenhängt, daß die Nervensubstanz an sich nur eine sehr schwache Fluoreszenz zeigt und sich diese anscheinend mit den morphologischen und physikalisch-chemischen Veränderungen im Nerven während der Durchströmung nicht ändert. Fluoreszenzaufnahmen bieten daher zur unmittelbaren Darstellung von Durchströmungswirkungen keinen Vorteil.

Dies steht mit den Ergebnissen von *v. Muralt*¹⁾ nicht in Widerspruch, der gerade durch die Fluoreszenzphotographie die Polarisationsbilder von *v. Bethe*²⁾ gut darstellen konnte. Zu diesem Zweck hat *v. Muralt* aber die durchströmten Nerven vor der Fluoreszenzaufnahme in geeigneter Weise *vorbehandelt*, was bei uns nicht der Fall war, da es auf die unmittelbare Darstellung der polaren Veränderungen an sonst unveränderten Nerven ankam.

Im gewöhnlichen Licht und mittels infraroter Strahlen sind dagegen die Zustandsänderungen am Nerven darstellbar, doch bietet die Infrarotphotographie gegenüber der Aufnahme im gewöhnlichen Licht nicht mehr und hat daher keine Vorteile.

Nur die Ultraviolett-Aufnahme läßt *mehr* als die beiden letztgenannten Aufnahmeverfahren erkennen. Es ist möglich, daß sich dieser Vorteil nur bei der Durchlicht-Dunkelfeld-Beleuchtung ergibt, bei der zum Aufnahmeobjekt hin nur im Präparat gestreutes Licht gelangt. Da die kurzwellige Strahlung eine größere Streuung in trüben Medien, zu denen auch der Nerv gehört, erleidet, so müssen sich Dichteänderungen im Präparat gerade im Ultraviolett-Durchlicht-Dunkelfeld besonders bemerkbar machen. So erkennt man in Abb. 1 nicht nur alle morphologischen Einzelheiten, sondern auch die im interpolaren Gebiet auftretenden Transparenzänderungen heben sich klarer und kontrastreicher ab als bei den Aufnahmen im gewöhnlichen und infraroten Licht. Zur Darstellung der polaren Veränderungen im Gewebe ist also die Ultraviolettphotographie, zu mindestens bei Durchlicht-Dunkelfeldanordnung, unbedingt vorzuziehen.

Besprechung der Versuchsergebnisse.

Es wurde früher erwähnt, daß bei Durchströmung eines Zylinders aus koaguliertem Hühnereiweiß mit einer unpolarisierbaren Anordnung und Stromzuleitung mit NaCl-Lösung sich nach *Habenicht* (l. c.) polare Veränderungen entwickeln, die in einer kathodischen Schrumpfung bzw. in einer anodischen Aufquellung bestehen; das Mittelstück des Eiweißzylinders, die interpolare Strecke, zeigte weder morphologische Veränderungen noch eine wesentliche Verschiebung im Wassergehalt. Von diesem einfachen Modell unterscheidet sich nun der Froschnerv in grundsätzlicher Weise: die polaren Veränderungen bestehen sowohl in einer

1) *v. Muralt, A.*: Pflügers Archiv 247, 1, 1943.

2) *v. Bethe, A.*: Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems. Leipzig, Verlag Thieme, 1903; ferner: Pflügers Archiv 183, 289, 1920.

Schrumpfung (Einschnürung an der Elektrodenberührungsstelle α und ε in Abb. 1, als auch in einer *Aufquellung* (beulenförmige Auftreibung β und δ neben der Einschnürung in Abb. 1), in Richtung gegen das interpolare Gebiet, wobei eine geringere Stromwirkung vorwiegend Veränderungen nur im Bereich der Anode herbeiführt; außerdem zeigt aber auch das Mittelstück der interpolaren Strecke selbst (γ in Abb. 1) physikalisch-chemische Änderungen, indem sie dünner wird und an Transparenz gewinnt.

Schrumpfung der Nervenfasern unmittelbar unter der Anode haben bereits *Munk*¹⁾, *Bethe*²⁾ sowie *Tomozawa*³⁾ u. a. festgestellt; die neben Kathode und Anode am Beginn der interpolaren Strecke auftretende Aufquellung scheint bisher nicht beobachtet worden zu sein, wofür möglicherweise die hier angewandten größeren Elektrizitätsmengen verantwortlich sind. Daß bei geringer Stromwirkung vorwiegend nur Veränderungen an der Anode auftreten und die kathodischen Beeinflussungen erst bei größeren Stromwirkungen sichtbar werden, ist gleichfalls schon bekannt; so haben u. a. *Verworn*⁴⁾ und *Carlgren*⁵⁾ in Versuchen an Protozoen gleiche Verhältnisse gefunden.

Der erwähnte Unterschied zwischen dem einfachen Modell des Eiweißzylinders und dem Nerven ist zweifellos auf das Vorhandensein von Membranen beim letzteren zurückzuführen, außerdem aber auch darauf, daß die Stromzuleitung beim Nerven durch seitlich angelegte Elektrodenschneiden erfolgte; der Stromein- und -Austritt mußte beim Nerven daher unter allen Umständen *quer* durch die Membranen erfolgen, während er beim Eiweißzylinder am offenen Querschnitt vor sich ging. An diesen Membranen muß es durch Änderung der Wanderungsgeschwindigkeit, der Löslichkeit der Ionen usw. zu Reaktionsverschiebungen und Beeinflussungen des Wassergehaltes kommen, welche zweifellos die Ursache der beschriebenen morphologischen sowie der¹ Transparenz-Änderungen sind. Die Frage, wie sich diese einzelnen Veränderungen entwickeln, würde eine Reihe weiterer Untersuchungen erfordern;

¹⁾ *Munk, H.*: Arch. Anat. und Physiol. und wissenschaftliche Medizin 1866, 368.

²⁾ *v. Bethe, A.*: Allgemeine Anat. und Physiol. des Nervensystems, Leipzig, Verlag Thieme, 1903.

³⁾ *Tomozawa, N.*: Okayama-Igakkai-Zasshi 40, 395, 1928.

⁴⁾ *Verworn, M.*: Pflügers Arch. 45, 1, 1889.

⁵⁾ *Carlgren, O.*: Arch. Anat. und Physiol., Physiolog. Abt. 1900, 49.

diese Feststellungen fielen daher außerhalb des Rahmens der vorliegenden Untersuchung.

Von den hier beschriebenen Befunden kommt die größte Bedeutung der Tatsache zu, daß der galvanische Strom nicht bloß an den Berührungsstellen mit den Elektroden bezw. in deren unmittelbarer Nachbarschaft, sondern auch *in der ganzen interpolaren Strecke* eine Veränderung herbeiführt, die sich nicht bloß in der Dickenabnahme, sondern auch — besonders deutlich darstellbar in der Ultraviolett-Durchlicht-Dunkelfeld-Aufnahme —, in einer zunehmenden Transparenz, vermutlich durch erhöhten Quellungs-zustand, anzeigt. Schon *Munk*¹⁾ hat solche interpolare Veränderungen am Nerven beschrieben, es sind diese bis jetzt aber unbeachtet geblieben. Man hat zwar bei elektrischen Durchströmungen eines Gewebes zwischen den *äußeren* physikalischen, und den *inneren*, den sog. physiologischen Elektroden unterschieden, wobei unter den letzteren die Ein- und Austrittsorte der Stromlinien an den Grenzflächen der beeinflussbaren Elemente des Gewebes zu verstehen sind. Bei der vorliegenden Durchströmungsanordnung, bei der die Elektroden dem frei präparierten Nerven unmittelbar angelegt werden konnten, fallen physikalische und physiologische Elektroden praktisch zusammen, da sie nur durch die dünne Schicht der äußeren bindegewebigen Nervenhiüllen voneinander getrennt sind; bei Durchströmung des Nerven *in situ* oder eines unversehrten Ganztieres liegen die physikalischen Elektroden aber außen, die physiologischen im Gewebe an den Ein- und Austrittsstellen der Stromlinien in die Nerven und Zellen, oder an Orten, an denen sich die Leitungsbedingungen sprunghaft ändern. Da der Strom viele Nervenfasern und Zellen durchsetzt, so entstehen im Gegensatz zu dem *einen* Paar der angelegten physikalischen Elektroden natürlich *unzählig viele* physiologische Elektrodenpaare im Gewebe. Man war bis jetzt nun der Ansicht, daß nur die physiologischen Elektroden der Sitz der Stromwirkung sind. Wie die vorliegenden Untersuchungen zeigen, muß aber künftighin auch beachtet werden, daß sich *zwischen den physiologischen* Elektroden, also in der *interpolaren* Strecke, gleichfalls Veränderungen ausbilden, die für die Deutung jeder Stromwirkung im Gewebe nicht gleichgültig sein können.

¹⁾ *Munk, H.*: Arch. Anat. und Physiol. und wissenschaftliche Medizin 1866, 368.

Zusammenfassung.

Ein freipräparierter und ausgeschnittener Froschnerv wurde der Länge nach über unpolarisierbare Elektroden mit Filtrierpapierschneiden galvanisch durchströmt; zur Darstellung der aufgetretenen Veränderungen bewährte sich besonders die Ultraviolett-Durchlicht-Dunkelfeld-Photographie, da sie die Transparenzänderungen — als Zeichen physikalisch-chemischer Umstellungen im Nerven —, am deutlichsten sichtbar werden läßt und auch die äußeren morphologischen Wandlungen gut zur Darstellung bringt.

Im Vergleich zu im Schrifttum bereits bekannten Durchströmungsergebnissen an einfachen Modellen, z. B. an Zylindern aus koaguliertem Hühnereiweiß, sind die Verhältnisse beim Nerven wesentlich verwickelter, was vermutlich auf das Vorhandensein von Membranen zurückzuführen ist. Es treten sowohl im Bereich der Anode — bei geringer Stromwirkung ausschließlich dort —, als auch im Bereich der Kathode Schrumpfungen und daneben, gegen die interpolare Strecke zu, auch Quellungen auf. Von wesentlichster Bedeutung ist jedoch der Befund, daß auch im Mittelteil der interpolaren Strecke physikalisch-chemische Zustandsänderungen im galvanisch durchströmten Nerven hervorgerufen werden, die sich sowohl in einer Dickenabnahme als auch in Transparenzänderungen anzeigen. Damit wird ein alter Befund von *Munk* bestätigt, der bis jetzt allerdings keine weitere Beachtung gefunden hat. Grundsätzlich wichtig ist diese Feststellung deshalb, weil bisher angenommen wurde, daß sich die physikalisch-chemischen Stromeswirkungen ausschließlich auf das Bereich der sog. physiologischen Elektroden im Gewebe erstrecken. Nach meinen Befunden kommen solche aber auch *zwischen* den physiologischen Elektroden, also in der *interpolaren* Strecke, vor und müssen daher bei der Deutung von Stromwirkungen im Gewebe beachtet werden, da auch sie biologische Reaktionen hervorbringen müssen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichische Zoologische Zeitschrift](#)

Jahr/Year: 1948

Band/Volume: [01](#)

Autor(en)/Author(s): Miller Bruno

Artikel/Article: [Nachweis interpolarer Veränderungen am Nerven bei elektrischer Durchströmung. 364-373](#)