Über Membranänderung und Fleischl-Effekt.

Von
U. Ebbecke.

(Aus dem Physiologischen Institut in Göttingen.)

(Eingegangen am 13. März 1922.)

Über die Membranen tierischer Zellen kann das Mikroskop nichts aussagen, so daß wir auf indirekte Methoden angewiesen sind. Diese semipermeablen, kolloidalen, vermutlich aus einem Mosaik von Eiweißen und Lipoiden bestehenden Plasmahäute oder Grenzsichten sind durch ihre Durchlässigkeit oder Undurchlässigkeit entscheidend für Aufnahme und Abgabe von Stoffen; die Narkose, die Elektrolytwirkung der Natrium-, Kalium- und Calciumionen steht in Beziehung zur Zellmembran; äußere Reize greifen in erster Linie die Zelloberflächen an. Es ist auch schon bekannt, daß das Verhalten dieser Membranen veränderlich ist, abhängig von äußeren Einflüssen und auch vom inneren Zustand der Zelle. Eizellen bei der Furchung, Pflanzenzellen bei der Belichtung, Drüsenzellen bei der Sekretion vermehren die Durchlässigkeit ihrer Membranen. So ist aus vielen Gründen wichtig, Näheres über deren Eigenschaften zu erfahren. Hier hilft die plasmolytische Methode, die aus Volumänderungen der Zelle auf das Eindringen bestimmter Stoffe schließt, die Färbmethode, die aus Farbänderungen das Austreten intracellulärer, das Eintreten extracellulärer Farbstoffe beurteilt, die Messung der Phosphorsäureausscheidung (*Embden*) und die elektrische Methode, welche Leitfähigkeitsänderungen auf Membranänderungen zurückführt. Mit dem Ausbau der letzteren Methode beschäftigen sich meine Versuche.

In einer früheren Arbeit¹⁾ war gezeigt, daß der hohe Widerstand der menschlichen Haut gegenüber Gleichstrom durch irgendeine lokale mechanische, chemische oder elektrische Reizung erheblich herabgesetzt wird. Der Befund war, in Analogie zu der psychogalvanischen Reaktion, als eine Abnahme des durch Polarisierung entstehenden Gegenstromes gedeutet worden; die Membranen der Epithelzellen werden bei der Reizung der Haut durchlässiger und weniger polarisierbar.

¹⁾ U. Ebbecke, Die lokale galvanische Reaktion der Haut. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **190**, 230. 1921.

Mit der Methode läßt sich eine Zellreizung messen und in ihrem Ablauf verfolgen, wie es sonst nur für Muskel- oder Nervenreizung möglich war. Freilich war die Deutung nicht ohne weiteres einleuchtend, da die früheren Erklärungen des Hautwiderstandes aus dem Grad der Hautdurchfeuchtung oder Hautdurchblutung fester eingewurzelt waren, und es war erwünscht, weitere Stützen für diese Ansicht zu finden.

Im Mittelpunkt der hier in Betracht kommenden physikalischen Überlegungen steht die Polarisation. An einer Polarisationszelle, etwa zwei Platinspitzen, die in verdünnte Säure tauchen, zeigt sich, wie bekannt, die Wirkung der an den Elektroden stattfindenden elektrolitischen Zersetzung darin, daß im Ausgleich der Konzentrationsdifferenzen ein entgegengesetzter Strom entsteht, der sich nach Öffnung des polarisierenden Stromes als Polarisationsnachstrom verrät, aber auch schon vorher dem polarisierenden Strom entgegenwirkt und ihn schwächt, ganz als ob der Widerstand der Polarisationszelle zugenommen hatte. Nur wenn die Zeit, während deren der polarisierende Strom fließt, zu klein ist, als daß sich Polarisationsprodukte abscheiden könnten, oder der Wechsel in der Richtung des durchfließenden Stroms so rasch erfolgt, daß innerhalb der Polarisationszelle jedesmal die Ionenbewegung in der einen Richtung durch die folgende Bewegung in der anderen Richtung ausgeglichen wird, zeigt sich der kleinere, wahre Widerstand. Gegenüber dem Gleichstrom folgt also die Stromstärke nicht dem *Ohmschen* Gesetz, sondern der modifizierten Formel

$i = \frac{e - \varepsilon}{w}$, wobei ε die elektromotorische Gegenspannung bedeutet.

Aus dieser Formel geht ohne weiteres ein für polarisierbare Gebilde charakteristisches Verhalten hervor: Ist einmal das Polarisationsmaximum erreicht, so wächst bei weiterer Zunahme der angelegten Spannung die Stromstärke schneller als die Spannung, indem allmählich die polarisatorische Gegenspannung zahlenmäßig hinter der angelegten Spannung verschwindet; für einen höher gespannten Strom erscheint der Widerstand kleiner als für einen Strom von niedrigerer Spannung.

Aus schon länger bekannten Tatsachen geht hervor, daß alle diese Umstände auf die Haut zutreffen. Ein Polarisationsstrom läßt sich unmittelbar nach dem Durchgang eines konstanten Stroms von den beiden durchflossenen Hautstellen abfangen, wie *Peltier* und *du Bois-Reymond* sahen. Der Widerstand der Haut ist sehr hoch für Gleichstrom, erheblich kleiner für Induktionsströme und Kondensatorentladungen und am kleinsten, wenn, wie *Gildemeister* zeigte, die Frequenz des Wechselstroms genügend rasch ist; er scheint für Gleichstrom um so geringer, je höher die angelegte Spannung ist. Ohne Zweifel ist die Haut stark und rasch polarisierbar. Da eine Abscheidung von

Ionen an Berührungsflächen von Metall und Flüssigkeit wie bei den gewöhnlichen Polarisationszellen innerhalb des Körpers nicht in Frage kommt, wir aber durch *Ostwald* wissen, daß semipermeable Membranen bei Stromdurchgang polarisiert werden, so ist die Beziehung zwischen Membran und Polarisation hergestellt. Statt an den metallischen Elektroden tritt der Potentialsprung, die elektrische Doppelschicht, zu beiden Seiten der Zellmembranen auf. Die entgegengesetzt geladenen Ionen suchen sich auszugleichen, können das aber durch die Membran hindurch um so weniger, je undurchlässiger diese ist. Daß auch Grenzflächen zwischen zwei Flüssigkeiten, innerhalb deren die Ionen verschiedene Löslichkeit und verschiedene Wanderungsgeschwindigkeit haben, ähnlich wie strukturierte Membranen wirken, sei nur erwähnt.

Nachdem zuerst die Abnahme des Gleichstromwiderstands bei unverändertem Wechselstromwiderstand zur Demonstration der Polarisierbarkeitsänderung gedient hatte, soll hier das Charakteristikum verwendet werden, daß der scheinbare Widerstand eines polarisierbaren Gebildes bei höherer Spannung geringer ist. Ändert sich auch dieses Merkmal nach Hautreizung? Die Frage konnte um so eher in Angriff genommen werden, als sie keine großen Hilfsmittel erfordert — der gewöhnliche *du Bois-Reymondsche* Schlittenapparat und ein empfindliches Galvanometer können genügen — und ein wichtiger Befund in Gestalt des „Fleischl-Effekts“ bereits vorliegt.

Wie verschieden infolge der Selbstinduktion in der primären Spule die von der sekundären Spule abgeleiteten Stromzacken bei Schließung und Öffnung des primären Kreises aussehen, zeigt jedes physikalische Lehrbuch. Zwar die Strommenge, die im Schließungsinduktionsstoß und Öffnungsinduktionsstoß durch den sekundären Kreis fließt, das Zeitintegral $\int i \cdot dt$, ist gleich und ein in den Kreis geschalteter Galvanometerzeiger macht gleich große nur entgegengesetzt gerichtete Ausschläge. Aber, wenn man von dem kurvenförmigen Verlauf des Anstiegs und Abstiegs absieht, so kann man schematisch sagen, daß diese Strommenge beim Öffnungsschlag durch einen etwa fünffach höher gespannten, in etwa fünffach kürzerer Zeit fließenden Strom zustande kommt, als beim Schließungsschlag.

Wird aber ein Nerv [*v. Fleischl*¹⁾] oder die Haut [*Gärtner*²⁾] in den sekundären Kreis geschaltet, so zeigt das Galvanometer ein Überwiegen des Öffnungsschlags an. Es liegt nahe, besonders nach den vorangegangenen Erörterungen, dies auf die relativ stärkere Polarisation

¹⁾ *v. Fleischl*, Untersuchungen über die Gesetze der Nervenirregung. 4. Abh. Wiener Akad. Sitzungsber. 76. 1876.

²⁾ *G. Gärtner*, Über den elektrischen Widerstand des menschlichen Körpers gegenüber Induktionsströmen. Wien. med. Jahrb. 1888, S. 509.

beim Schließungsschlag zurückzuführen, wie es auch schon von *Fleischl* vermutet und *Waller*¹⁾ vertreten hat. Aber neben dieser Erklärung sind mehrere andere möglich und von verschiedenen Autoren ausgesprochen. So bezeichnet *Hermann*²⁾ die erste Erklärung als „sehr gekünstelt“ und „leicht zu widerlegen“ und nimmt eine Verstärkung des Öffnungsschlags durch einen gleichgerichteten Aktionsstrom an; *Hoorweg*³⁾ vergleicht mit Kondensatorwirkung, *Cremer*⁴⁾, auf dessen zusammenfassende Übersicht besonders verwiesen sei⁵⁾, schreibt einer thermischen Komponente einen wesentlichen Anteil zu; auch die Möglichkeit, daß beim Öffnungsschlag mikroskopische Fünkchen schlecht-leitende Schichten durchsetzen, ist erörtert. *Gildemeister* und *Schükri*⁶⁾ weisen darauf hin, daß ein jedes System, bei dem Spannung und Widerstand nicht in gleichem Verhältnis wachsen, einen positiven oder negativen Fleischl-Effekt ergeben muß, was eine formale Erklärung des Effekts gibt.

Unsere Frage ist nun: Ändert sich der Fleischl-Effekt der Haut nach Hautreizung? Wenn der Effekt auf Polarisation beruht und wenn die Hautreizung die Membranen und ihre Polarisierbarkeit ändert, so muß eine Änderung des Effekts eintreten. Es könnte sein, daß der Effekt nicht von Polarisation abhängt. Es könnte auch sein, daß Hautreizung die Membranen nicht beeinflusst. Findet sich aber eine Änderung, so spricht das für die Richtigkeit der Prämissen.

Für die experimentelle Prüfung wurden die Induktionsstöße mittels der in einer früheren Arbeit⁷⁾ beschriebenen Flüssigkeitselektroden durch den Unterarm geleitet, wobei ein langsam schwingendes Zeigergalvanometer ($1^\circ = 10^{-7}A$) ballistisch die relative Strommenge anzeigte. Die an verschiedenen Versuchspersonen innerhalb mehrerer Monate durchgeführten Messungen hatten übereinstimmendes Ergebnis, so daß hier zwei Beispiele genügen können.

I.				
	R. A.	N.	R ₁	R ₂
70	S	1	9	14
	Ö	14	19	19
50	S	3	11	25
	Ö	24	30	33

¹⁾ *A. D. Waller*, Influence of polarisation on the electrical resistance of nerve. Proc. phys. soc., Journ. of physiol. **23**. 1898.

²⁾ *Hermann*, Handbuch der Physiologie, **2**, 167.

³⁾ *Hoorweg*, Dtsch. Arch. f. klin. Med. **52**, 546. 1894.

⁴⁾ *Cremer*, Zeitschr. f. Biol., **45**, 298 u. 511; **46**, 77.

⁵⁾ *Nagels* Handb. d. Physiol. **4**, 919—922.

⁶⁾ *Gildemeister* und *Schükri*, Biochem. Zeitschr. 1911.

⁷⁾ *Ebbecke*, Über elektrische Hautreizung. Pflügers. Arch. f. d. ges. Physiol. **195**, 300. 1922.

		II.	
R. A.		N.	R.
100	S	0	3,5
	Ö	$\frac{1}{4}$	5,5
80	S	Spur	10,5
	Ö	2,5	13
70	S	$\frac{1}{4}$	14
	Ö	5	18
50	S	1	—
	Ö	13,5	—
30	S	$2\frac{1}{4}$	37
	Ö	22	45
0	S	6	54
	Ö	30	59

In den Tabellen bedeutet R. A. den Rollenabstand in mm, S Schließungsschlag, Ö Öffnungsschlag. Unter N stehen die Werte für die normale Haut, unter R die für die geriebene Haut. R₁ heißt einmalige Reizung, R₂ wiederholte Reizung.

Der Erfolg ist derselbe, ob nun die Reizung der Haut mechanisch durch Reiben, elektrisch durch einen stärkeren galvanischen Strom oder chemisch durch eine differente Flüssigkeit (auf die Haut gebrachte Lauge) ausgeführt wird. Immer wird *der Unterschied zwischen Öffnungs- und Schließungsschlag durch die Reizung verringert*, ja in einigen Fällen wurden die Ausschläge für beide ganz gleich. Sowohl Öffnungs- wie Schließungsschlag werden nach der Reizung besser geleitet als vorher, *die Zunahme des Schließungsschlages ist aber stärker als die des Öffnungsschlages*. Beispielsweise wird in Tabelle II bei Rollenabstand 30 durch die Reizung der Schließungsschlag mehr als verzehnfacht, der Öffnungsschlag nur verdoppelt; die absolute Zunahme beträgt bei dem einen 35, bei dem anderen 25, das Verhältnis von Schließungs- zum Öffnungsschlag ist vor der Reizung 1 : 10, nach der Reizung 7 : 9, die Differenz vor der Reizung 20, nach der Reizung 8. Als Leitfähigkeitsänderung infolge vermehrter Durchfeuchtung oder Durchblutung ist das Resultat nicht zu erklären, als Polarisierbarkeitsänderung wird es gut verständlich.

Ein schematisiertes Zahlenbeispiel kann zur Erläuterung dienen. Setzen wir, indem wir die Kurven der Stromzacken in Rechtecke umformen, die Spannung des Schließungsschlages mit 10 Volt, die des Öffnungsschlages mit 50 Volt, die Gegenspannung in der Haut mit 5 Volt an, rechnen als wahren Widerstand der durchflossenen Körperstrecke 500 Ohm und nehmen an, daß der Schließungsschlag fünfmal länger fließe als der Öffnungsschlag! Durch die Reizung werde infolge der größeren Membrandurchlässigkeit die polarisatorische Gegenspannung von 5 auf 2 Volt herabgesetzt. Die den Körper durch-

fließende Strommenge $\frac{e - \varepsilon}{w} \cdot t$, kann dann, da der wahre Widerstand gleich bleibt, den Wert $(e - \varepsilon) \cdot t$ proportional gesetzt werden, und es ergeben sich die Werte:

N	R
S $(10-5) \cdot 5 = 25$	$(10-2) \cdot 5 = 40$
Ö $(50-5) \cdot 1 = 45$	$(50-2) \cdot 1 = 48$

Die Verschiebung der Zahlen entspricht dem Verhalten im Experiment. Je geringer die Gegenspannung wird, um so mehr nähert sich der Schließungsschlag dem Öffnungsschlag und nähert sich der scheinbare Widerstand dem wahren Widerstand.

Wenn der Unterschied zwischen Schließungs- und Öffnungsschlag, wie schon *Gürtner* sah, normalerweise am kleinsten an der Haut der Innenhand und an der Gesichtshaut ausfällt, so erklärt sich nun, weshalb die dicksten und die dünnsten Hautstellen in dieser Beziehung übereinstimmen. An der Handinnenfläche ist die Polarisierung verhältnismäßig klein, weil bei der Dicke der schlecht leitenden Hornschicht und der großen Zahl der Schweißdrüsen der Strom zum größten Teil auf dem Wege der Drüsengänge und der nur aus einer Zellenlage bestehenden Schweißdrüsen geleitet wird, an der Gesichtshaut deshalb, weil hier die Zahl der übereinandergelagerten Epidermiszellschichten, in denen sich die an den einzelnen Zellen entstehenden Gegenspannungen summieren, auch nur klein ist.

Obgleich die hier angewandte Methode an dem physikalischen Fehler leidet, daß selbst bei genügender Konstanz des verwendeten Trockenelements die Stromzacken infolge Ungleichmäßigkeiten im Öffnen und Schließen des primären Stroms nicht völlig gleich ausfallen, und weder Spannung noch Zeitdauer der Induktionsstöße genau bekannt sind, so ist doch, sofern es sich nicht darum handelt, die Größe der polarisatorischen Gegenkraft zu messen, die einfache, leicht zur Verfügung stehende Apparatur durchaus hinreichend.

Es ist kaum nötig zu bemerken, daß die so gemessenen Membranänderungen ebenso wie bei der L. G. R. reversibel sind. *Die Ergebnisse unterstützen somit die Auffassung des Fleischl-Effekts als einer Polarisationswirkung und die Auffassung der L. G. R. als einer Membranänderung.*

Der Fleischl-Effekt wurde entdeckt und fast ausschließlich untersucht am Nerven, der ja der Physiologie näher lag als die Haut. Es ist daher zu erörtern, wie die für die Haut entwickelten Vorstellungen auf den Nerven anwendbar sind, da ja eine Erklärung für beide Organe zutreffen muß. Im ganzen scheint der Nerv (Ischiadikuspräparat vom

Frosch) für die Untersuchung weniger geeignet, da bei ihm der Unterschied zwischen Schließungs- und Öffnungsschlag geringer ausfällt als bei der Haut und erst bei ziemlich hohen, für den Nerven nicht gleichgültigen Stromstärken deutlich wird. Für Einzelschläge erhielt ich, obwohl die einzelnen Nerven sich verschieden verhalten, eine ausgesprochene Wirkung meist erst, wenn, mit einem einzelligen Akkumulator als Stromquelle, die Spulen ziemlich dicht gekoppelt waren; für tetanisierenden Strom (dauernder Ausschlag im Sinne der Öffnungsschläge) liegt die „Schwelle“ zwar niedriger¹⁾, aber doch immer noch über der zur Erzielung von Muskelkontraktion zu überschreitenden Schwelle. Während die Haut nach dem Hindurchschicken eines Induktionsstoßes nahezu unverändert zurückbleibt, sind solche Ströme für den Nerven ein starker Reiz, der unmittelbar den Zustand des Nerven verändert, aber auch eine, sich in Erregbarkeitsänderungen und Nachströmen äußernde Nachwirkung oder Schädigung hinterläßt. Der Vergleich des Fleischl-Effekts am ungereizten und gereizten Objekt ist daher am Nerven nicht wie an der Haut möglich. Aus den zahlreichen Versuchen, die ich anstellte, sei hier nur der Befund hervorgehoben, daß der Fleischl-Effekt, der zunächst beispielsweise bei 100 mm Rollenabstand auftrat, nach Behandlung des Nerven mit 80 oder 50 mm Rollenabstand, nun bei 100 mm nicht mehr positiv ausfällt, daß also *die Schwelle des Fleischl-Effekts sich nach längerer oder stärkerer Nervenreizung erhöht*. Man kann dabei an ein beginnendes Absterben des Nerven denken, hat aber zu berücksichtigen, daß diese Schwellenerhöhung im Anfang durch Einschieben einer längeren Erholungspause, wenn auch beim ausgeschnittenen Nerven nicht mehr vollkommen, rückgängig zu machen ist.

Dafür, daß auch andere Einflüsse in ähnlichem Sinn den Fleischl-Effekt verändern, läßt sich ein Beispiel aus der Literatur heranziehen. *Waller*²⁾, der den elektrischen Widerstand des Nerven mit der *Wheatstoneschen* Methode mißt, findet ihn am größten für Gleichstrom, kleiner für den Schließungsschlag und am kleinsten für den Öffnungsschlag eines Induktoriums und erwähnt dabei, daß durch Äther und Chloroform der Widerstand vermindert werde, am meisten für den Gleichstrom, weniger für den Schließungsschlag und am wenigsten für

¹⁾ Bei Verwendung eines Trockenelements etwa bei 100 mm Rollenabstand. Zur Vermeidung der Störung durch negative Schwankung eines Demarkationsstromes empfiehlt es sich, die beiden unpolarisierbaren Pinselelektroden an gegenüber einander stromlosen Stellen eines an beiden Seiten durchschnittenen Ischiadicus anzulegen. Verminderung des Längswiderstandes (geringer Abstand der zuführenden Elektroden) läßt den Erfolg früher eintreten. Zur Strommessung diene bei den Nervenversuchen statt des Zeigergalvanometers ein Deprez-d'Arsonvalsches Spiegelgalvanometer mit subjektiver Fernrohrablesung.

²⁾ *Waller*, Journ. of physiol. **23**, 11.

den Öffnungsschlag, ohne weitere Folgerungen aus dem Befund zu ziehen. Nun ist zwar die erste Wirkung einer Narkose auf die Zellmembran noch strittig, die starke Wirkung aber ist, wie jede Ätherhämolyse zeigt, eine Lockerung der Plasmahaut, und als eine Durchlässigkeitszunahme und Polarisationsabnahme ist der Befund ganz wie an der Haut erklärbar.

Es ist nicht verwunderlich, wenn die Übereinstimmung im Verhalten der Haut und Nerven nicht bis in die Einzelheiten geht. Das, worin Haut und Nerven aber übereinstimmen, ist ihre Polarisierbarkeit. An der Haut findet eine Querpolarisation der in mehreren Schichten übereinanderliegenden Epidermiszellen statt, am Nerven eine Längspolarisation, für welche seit *Matteucci* und *Hermann* der Kernleiter ein anschauliches Modell gibt. Was den Nerven vom Kernleiter unterscheidet, ist die Unbeständigkeit seiner Polarisierbarkeit, die aus dem Verhalten des galvanischen Elektrotonus am deutlichsten hervorgeht und wofür auch der Fleischl-Effekt hier ein Beispiel liefert. Wenn auch der zerhackte Nerv, wie schon *v. Fleischl* sah, und der sicher tote Formalinnerv, wie *Cremer* findet, für sehr starke Ströme noch den Effekt ergeben und erst der mit destilliertem Wasser gewaschene und *geriebene* Nerv ganz versagt, so spricht das nicht gegen die Polarisation, da Versuche an der Leiche zeigen, daß selbst in toter Haut, zumal bei Einwirkung von fixierenden Flüssigkeiten, noch polarisierbare Membranreste erhalten sein können, die erst durch Reiben zerstört werden. Lassen sich doch auch am Formalinnerven bei Durchleitung eines stärkeren Gleichstroms noch Spuren eines galvanischen Elektrotonus entdecken.

Ein Punkt erfordert noch besondere Besprechung. Bei einem bestimmten Rollenabstand findet sich am Nerven für tetanisierende Ströme schon ein positiver Fleischl-Effekt, für Einzelschläge aber noch nicht. Ebenso sah ich nach Hautreizung den Effekt für Einzelschläge zwar deutlich vermindert, für tetanisierende Ströme aber im Gegenteil häufig vermehrt. Nachdem ich lange Zeit vergeblich nach einer Erklärung dieses Widerspruchs gesucht hatte, indem ich auch für Einzelschläge den primären Strom durch den, mechanisch gehemmten, *Wagnerschen* Hammer schickte oder den Hammer durch ein Metronompendel ersetzte, glaube ich nun folgende Erklärung geben zu können. Bei genügend rascher Aufeinanderfolge der Stromstöße kommt zu der Wirkung jedes einzelnen Stoßes die Nachwirkung des vorhergehenden Stoßes in Form des Polarisationsrückstandes hinzu, der sich infolge seiner Flüchtigkeit bei getrennten Einzelschlägen schon längst ausgeglichen hat. Dieser Polarisationsnachstrom hat die entgegengesetzte Richtung wie der vorhergehende, ihn hervorrufende Stromstoß, also die gleiche Richtung wie der folgende Stoß, den er verstärkt. Die Wir-

kung der Nachströme würde sich aufheben, wenn sie sich nur in ihrer Richtung unterschieden. Nun ist aber der länger fließende Schließungsstoß der stärker polarisierende. Das zeigt der Befund *v. Fleischls*, wonach die elektrotonisierende Wirkung der Schließungsinduktionsströme stärker ist als die der Öffnungsinduktionsströme und der Wechselstrom des Induktionsapparats in bezug auf den abgeleiteten Elektrotonus so wirkt, als wenn ein konstanter Strom von der Richtung der Schließungsströme flosse. Infolgedessen erfährt der Öffnungsstoß durch den Polarisationsstrom des Schließungsstoßes eine größere Unterstützung als umgekehrt, und die schon für sich überwiegenden Öffnungsstöße erscheinen bei tetanisierenden Strömen noch weiter verstärkt. So wird der Fleischl-Effekt unter Umständen verschieden ausfallen, je nachdem man ihn mit Einzelschlägen oder mit tetanisierenden Strömen untersucht.

Rückblickend auf die Untersuchungen können wir sagen, daß sich der Fleischl-Effekt für Haut und Nerven in gleicher Weise erklärt, und gerade die hierin sich äußernde Gemeinsamkeit legt es nahe, die Durchlässigkeits- und Polarisierbarkeitsänderungen der Membranen wie an der Haut so auch am Nerven entsprechend der Membrantheorie der Erregung weiter zu verfolgen, womit sich eine weitere Arbeit beschäftigen soll.

Zusammenfassung.

Durch Reiben der Haut und ebenso durch galvanische und chemische Einwirkungen wird der Hautwiderstand wie für Gleichstrom so auch für die Stromstöße eines Induktionsapparats herabgesetzt. Dabei erfährt aber die Leitfähigkeit für den Schließungsschlag einen größeren Zuwachs als für den Öffnungsschlag, so daß das anfängliche Überwiegen des Öffnungsschlags gegenüber dem Schließungsschlag (Fleischl-Effekt) zurücktritt.

Der Befund erklärt sich durch die Voraussetzung, daß bei der Hautreizung die durch Polarisation an Membranen entstehende Gegenspannung abnimmt; er spricht für die Auffassung des Fleischl-Effekts als einer Polarisationserscheinung und für die Auffassung der Widerstandsänderung als eines Membranvorgangs.

An einem durch starke Reizung beeinträchtigten Nerven ist die Schwelle für den Fleischl-Effekt höher als am frischen Nerven, was sich ebenfalls durch eine Zustandsänderung (Permeabilitätszunahme) von Membranen erklärt.