

sie am obern oder untern Ende des Nerven anstellt; die Fortpflanzung der Reizwelle hat damit gar nichts zu thun. Ferner haben mein Versuche gezeigt und eine sorgfältige Wiederholung derselben wird Jeden davon überzeugen, dass wenn man dicht am positiven Pol der Kette den Nerven reizt und auf der Seite des positiven Poles zum Galvanometer ableitet, die negative Schwankung verschwindet oder kleiner wird, wenn man schwache Reize anwendet, aber stärker erscheint als im unpolarisirten Zustande, wenn man starke Reize anwendet. Dies erklärt sich nur daraus, dass die Auslösung von Spannkraft am positiven Pol direct erschwert ist. Es entsteht bei schwacher Reizung am positiven Pol eben gar keine Reizwelle. Das Entgegengesetzte gilt für den negativen Pol, was keiner weiteren Auseinandersetzung bedarf. Weiter will ich zunächst auf die Hermann'schen Ansichten nicht eingehen, da ich die Erklärung der negativen Schwankung nach denselben noch erst abwarten möchte.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Halle a. S.)

Ueber Wirkung des electrischen Stromes in verschiedener Richtung gegen die Längsachse des Nerven und Muskels.

Von

Dr. med. **Bernheim,**

Assistent am physiologischen Institut in Halle a. S.

(Nebst Taf. II B.)

Es ist eine schon von Galvani beobachtete und nach ihm von vielen Anderen bestätigte Thatsache, dass ein in senkrechter Richtung gegen die Längsachse eines Nerven geleiteter Strom denselben gar nicht, oder doch nur in sehr geringem Maasse zu erregen im Stande ist, während sofort Wirkungen eintreten, wenn man die Richtung des Stromes zu jener Achse in irgend einer Weise verändert.

Du Bois-Reymond ¹⁾ erklärt diese Erscheinung ausführlich auf Grund des Verhaltens der electrischen Molekeln im Nervenprimitivrohr.

1) Unters. über thier. Electr. B. II. 534.

Wenn man nun einen Nerven in der Art reizt, dass man einen Strom in immer zunehmender Winkelrichtung gegen die Längsachse desselben leitend, so bemerkt man, dass mit dem Wachsen jenes Winkels immer grössere Stromintensitäten erforderlich werden, um eine wahrnehmbare Wirkung hervorzubringen, bis endlich, wenn Strom und Nerv einander senkrecht schneiden, dieselbe ganz ausbleibt. Ebenso nehmen die zur Erregung des Nerven nöthigen Stromstärken continuirlich ab, wenn man den umgekehrten Weg einschlägt.

Dieselben Vorgänge kommen auch am Muskel zur Beobachtung.

Es liegt nun die Annahme nicht fern, dass zwischen den verschiedenen Winkeln, unter denen ein Strom den Nerven oder Muskel schneidet und den Stromintensitäten, welche jedesmal eine wahrnehmbare Wirkung hervorbringen, ein constantes Verhältniss Statt haben müsse. Die folgenden Versuche, die ich auf Veranlassung des Herrn Prof. Bernstein anstellte, sollen diese Annahme bestätigen.

Es verhalten sich nämlich die Stromintensitäten, welche in einem nacheinander in verschiedener Winkelrichtung gegen seine Längsachse von einem electrischen Strom durchflossenen Nerven eine gleiche Wirkung verursachen, umgekehrt proportional dem Cosinus jener Winkel. — Nennt man also die Stromstärke, welche einen im Winkel α_1 vom Strom durchflossenen Nerven erregt $= J_1$, dieselbe bei einem Winkel $\alpha_2 = J_2$, so ist:

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{\cos \alpha_2}{\cos \alpha_1}.$$

Zu diesem Resultate gelangen wir auch durch ein mathematisch-physikalisches Raisonement.

Man kann einen in beliebiger Winkelrichtung gegen den Längsverlauf eines Nerven geleiteten Strom nach dem Parallelogramm der Kräfte in zwei Componenten zerlegen, von denen die eine der Längsfaserung des Nerven entspricht, während die andere rechtwinklig gegen dieselbe gerichtet ist. Da die letztere, wie durch die Versuche von Galvani, du Bois-Reymond und Anderen festgestellt, unwirksam ist, so kommt nur die erstere als einzige auf den Nerven wirkende Kraft in Betracht. In Figur I bezeichne die Linie a b den einen Nerven im Winkel α schnei-

denden Strom, $a c$ die wirksame, $c b$ die unwirksame Componente desselben. Es wird nun mit dem Wachsen des Winkels α die Linie $a c$ immer kleiner werden und, wenn $\alpha = 90^\circ$ ist, $= 0$ sein; umgekehrt wird, wenn Winkel α kleiner wird, $a c$ wachsen und schliesslich mit $a b$ zusammenfallen, d. h. der Strom wird seine volle Wirkung auf den Nerven ausüben. Soll nun, trotz Steigens und Sinkens des Werthes von Winkel α , die durch den Strom veranlasste Wirkung stets dieselbe sein, so wird auch $a c$ eine constante Länge besitzen müssen. Kennt man aber $a c$ und Winkel α , so ist es leicht, $c b$ und $a b$ zu construiren; es ist dann im Dreieck $a b c$:

$$a c = a b \cdot \cos \alpha_1$$

und in dem Dreieck $a_1 c_1 b_1$:

$$a_1 c_1 = a_1 b_1 \cdot \cos \alpha_2.$$

Da aber $a c = a_1 c_1$, so ist:

$$a b \cdot \cos \alpha_1 = a_1 b_1 \cdot \cos \alpha_2,$$

oder, da $a b$ und $a_1 b_1$ die gegen den Nerven geleiteten Ströme J_1 und J_2 repräsentiren:

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{\cos \alpha_2}{\cos \alpha_1}.$$

Die unten folgenden Versuche werden die Richtigkeit dieses Satzes sowohl für den Inductions- als auch constanten Strom nachweisen.

Vorher noch einige Worte über die Art, in welcher die Reizung des Nerven resp. Muskels während der Versuche vorgenommen wurde.

Galvani und nach ihm du Bois-Reymond bedienten sich dabei eines feuchten, auf einer isolirenden Unterlage ausgespannten Seidenfadens als Stromleiters, über welchen der Nerv gelegt wurde; indem sie denselben auf diese Weise in möglichst geringer Ausdehnung reizten, glaubten sie am besten das Vorkommen von Nebenströmen zu vermeiden. Dies ist jedoch nicht der Fall. Dieser Methode entgegen haben wir stets eine möglichst grosse, aber im Verlaufe eines jeden Versuches constante Strecke des Nerven resp. den ganzen Muskel der Einwirkung des Stromes ausgesetzt. Wir bedienten uns dabei für alle unten angeführten Versuche folgender Vorrichtung. Auf einer isolirenden Unterlage befand sich eine in allen ihren Theilen gleichmässig dicke rechtwinklige Thonplatte, 7 Cm. lang und breit, welche mit einpro-

centiger Kochsalzlösung durchtränkt war; an zwei gegenüberliegende Ränder derselben wurden Zinkstreifen angelegt, die in Bäusche von Fliesspapier, mit Zinkvitriollösung durchfeuchtet, eingebettet lagen. Von den Zinkstreifen führten Drähte zu den stromleitenden und strombereitenden Apparaten, deren Anordnung bei einer jeden Versuchsreihe ausführlich beschrieben werden soll. Auf der Thonplatte selbst befand sich eine genaue, durch feine Striche angedeutete Winkleintheilung von $0-90^{\circ}$, so zwar, dass die den Winkel 90° bezeichnende Linie sich senkrecht zur Richtung des Stromes in der Platte verhielt, also den beiden seitlich angelegten Zinkstreifen parallel war. So konnte man leicht bei jeder Reizung die zwischen Nerv und Strom bestehende Winkelrichtung ablesen. Als Präparat diente bei den Versuchen der *N. ischiadicus* mit dem Unterschenkel resp. dem *M. sartorius* vom Frosche.

Der im Verlaufe eines jeden Versuches abnehmenden Erregbarkeit des Nerven und Muskels wurde dadurch Rechnung getragen, dass die Reizung in jeder betreffenden Lage mehrere Male abwechselnd vorgenommen, und aus der Summe der zur Erregung nöthigen Stromstärken und der Anzahl der Reizungen die mittlere Stromstärke bestimmt wurde. Trotzdem wird das Resultat nur immer ein annäherndes sein können, zumal da die Beurtheilung des Grades der jedesmal ausgelösten Zuckung Schwierigkeiten bietet.

Versuche, angestellt mit dem tetanisirenden Inductionsstrom.

Der Apparat ist folgender: Stromerreger ist ein Daniell'sches Element; von da führt die Leitung durch die primäre Spirale eines du Bois'schen Schlittens, während in den Kreis der secundären Spirale ein Sauerwald'sches Rheochord eingeschaltet ist, von welchem ein Zweigstrom, welcher durch einen Schlüssel geöffnet und geschlossen werden kann, zu der oben beschriebenen Thonplatte abgeleitet wird. Zur Bestimmung der Stromstärken dient allein das Rheochord, während die secundäre Spirale eine beliebige, aber constante Entfernung von der primären einzunehmen hat.

Versuch I. Die Reizung geschieht unter einer Winkelrichtung des Nerven gegen den Strom von 70° und 40°. Die unter J₁ geschriebenen Zahlen bezeichnen die bei ben verschiedenen Reizungen des Nerven in ersterer Lage zur Hervorbringung einer wahrnehmbaren Erregung nöthigen Stromstärken; die unter J₂ für die zweite Lage.

J ₁ (70°)	J ₂ (40°)
4500	2000
9000	4000
10000	4700
12000	6450
<hr/>	<hr/>
35500	12750.

Die mittleren Stromstärken M₁ und M₂ erhält man durch Division der beiden Summen mit 4. Also M₁ = 8625 M₂ = 3187.

Es ist nun:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{\cos 40^\circ}{\cos 70^\circ} \quad \text{oder:}$$

$$\log \cos 70^\circ + \log 8625 = \log \cos 40^\circ + \log 3187.$$

$$\log \cos 70^\circ = 0,53405 - 1 \quad \log \cos 40^\circ = 0,88425 - 1$$

$$\log 8625 = 3,90576 \quad \log 3187 = 3,50338$$

$$\begin{array}{rcl} \text{n. l. } 3,46981 & & \text{n. l. } 3,38765 \\ = 2223 & & = 2182 \end{array}$$

Gleiche Resultate erzielt man durch Einschaltung des Rheochords in den Kreis der primären Spirale. Nur werden die zur Erregung nöthigen Stromstärken hierbei durch kleinere Zahlen repräsentirt sein, was auf der verschiedenen Vertheilung der Widerstände im leitenden Apparat und Nerven beruht. Offenbar hat der Strom im Rheochord und Nerven die beiden hauptsächlichsten Widerstände zu überwinden. Befindet sich das Rheochord nun im Kreise der secundären Spirale, so wird, da der Strom vermöge des grossen Widerstandes, welchen er in demselben findet, eine bedeutende Abschwächung erfährt, ein grosser Theil desselben abgeleitet werden müssen, um den Widerstand im Nerven zu besiegen. Ist aber das Rheochord zwischen Stromerregter und primärer Spirale eingeschaltet, so wird man durch Ableitung eines geringeren Theiles vom Strome dasselbe erzielen, weil derselbe, indem er beim Durchkreisen der secundären Spirale bedeutend an Intensität gewinnt, den Widerstand im Nerven ebenso überwindet.

Versuch II. Angestellt bei der eben beschriebenen Anordnung der Apparate. Reizung bei 30° und 50°.

J ₁ (30°)	J ₂ (50°)
195	290
210	510
<hr/>	<hr/>
405	800

$$\begin{array}{rcl}
 M_1 = 202,5 & M_2 = 400 & \\
 \log \cos 30^\circ + \log 202,5 = \log \cos 50^\circ + \log 400 & & \\
 \log \cos 30^\circ = 0,93753 - 1 & \log \cos 50^\circ = 0,80807 - 1 & \\
 \log 202 = 2,30103 & \log 400 = 2,60206 & \\
 \hline
 \text{n. l. } 2,23856 & \text{n. l. } 2,41013 & \\
 = 167,8 & = 175,4 &
 \end{array}$$

Versuch III. Bei diesem Versuche bedienten wir uns bei sonst gleicher Anordnung statt des Rheochords eines Apparates, bestehend aus einem über einer nach Millimetern eingetheilten Scala ausgespannten Platindrahte, welcher zu gleicher Zeit auf einem über jener Scala verschiebbaren Schlitten ruhte. An den beiden Enden dieses Drahtes trat der vom Stromerregender kommende Strom ein und aus. Von den beiden Drähten für den abgeleiteten Strom war der eine ebenfalls an dem einen Ende des ausgespannten Platindrahtes durch eine Klemmschraube befestigt, während der andere mit dem verschiebbaren Schlitten in Verbindung stand. Die Scala diente zur Bestimmung der Stromstärken. Wir wollen diesen Apparat künftig, um ihn vom Rheochord kurz zu unterscheiden, Rheostat nennen. Der Vortheil des letzteren Instrumentes vor dem ersteren ist mit Hilfe der Figuren III und IV, von denen 1 das Rheochord, 2 das von uns so genannte Rheostat im Allgemeinen wiedergibt, erkennbar. In III wird durch Verschiebung von cd die Stärke des abgeleiteten Stromes $befacd$ bestimmt, dadurch aber zugleich auch der Widerstand im Schliessungsbogen $zkbdc a$ vermehrt oder vermindert, und so die Stärke des Stromes in demselben mannigfach variirt. Deshalb wird die Bestimmung der Intensität des abgeleiteten Stromes nur annähernd richtig sein. In IV jedoch bleibt im Schliessungsbogen $z k \beta a$ der Widerstand und mithin auch die Stromintensität constant; der abgeleitete Strom aber wird daher stets einen absoluten Bruchtheil des wirklich im Element erzeugten Stromes darstellen. Uebrigens ist der durch Anwendung des Rheochords entstehende Fehler zu klein, um das Resultat der Versuche wesentlich oder auch nur merklich zu beeinflussen.

Reizung bei 20° und 60° .

$$\begin{array}{rcl}
 J_1 (20^\circ) & J_1 (60^\circ) & \\
 37 & 157 & \\
 48 & 169 & \\
 55 & 171 & \\
 65 & 195 & \\
 80 & 210 & \\
 \hline
 285 & 902 & \\
 M_1 = 57 & M_2 = 180 & \\
 \log \cos 20^\circ + \log 57 = \log \cos 60^\circ + \log 180 & & \\
 \log \cos 20^\circ = 0,97299 - 1 & \log \cos 60^\circ = 0,69897 - 1 & \\
 \log 57 = 1,75587 & \log 180 = 2,25527 & \\
 \hline
 \text{n. l. } 1,72886 & \text{n. l. } 1,85414 & \\
 = 14,89 & = 15,32 &
 \end{array}$$

Versuche mit dem nicht tetanisirenden Inductionstrom (Oeffnungs- und Schliessungszuckung).

Bei diesen Versuchen, wie bei den später aufzuführenden mit dem constanten Strom, dient als Präparat der *M. gastrocn.*

des Frosches, welcher in einen Zuckungstelegraphen ausgespannt wird, um eine einmalige und geringe Zuckung für das Auge bequem wahrnehmbar zu machen; der N. ischiadicus liegt, wie bei den früheren Versuchen auf der feuchten vom Strom durchflossenen Thonplatte. Die Aufstellung der Apparate bleibt dieselbe wie vorher; nur tritt an Stelle des du Bois'schen Schlittens ein einfacher Inductionsschlag.

Versuch I. Schliessungszuckung. Reizung bei 70° und 50°.

J ₁ (70°)	J ₂ (50°)
325	155
420	190
430	210
460	253
<hr/>	<hr/>
1655	808
M ₁ = 414	M ₂ = 202
$\log \cos 70^\circ + \log 414 = \log \cos 50^\circ + \log 202.$	
$\log \cos 70^\circ = 0,53405 - 1$	$\log \cos 50^\circ = 0,80807 - 1$
$\log 414 = 2,61700$	$\log 202 = 2,30535$
<hr/>	<hr/>
n. l. 2,14105	n. l. 2,11342
= 163,7	= 162,9

Versuch II. Oeffnungszuckung. Reizung bei 60° und 30°.

J ₁ (60°)	J ₂ (30°)
165	85
182	87
185	90
192	93
197	98
<hr/>	<hr/>
921	453
M ₁ = 184	M ₂ = 82
$\log \cos 60^\circ + \log 184 = \log \cos 30^\circ + \log 82.$	
$\log \cos 60^\circ = 0,69897 - 1$	$\log \cos 30^\circ = 0,93753 - 1$
$\log 184 = 2,26482$	$\log 82 = 1,91381$
<hr/>	<hr/>
n. l. 1,96379	n. l. 1,85114
= 15,72	= 15,32

Versuche bei constantem Strom (Oeffnungs- u. Schliessungszuckung bei auf- und absteigender Richtung desselben).

Die Apparate sind folgendermassen angeordnet: Der Strom wird erzeugt in einer Batterie von 6 Daniell'schen Elementen, durchfliesst alsdann das Rheochord, während ein Theil desselben zu einem Stromwender und von da durch die feuchte Thonplatte geleitet wird; zwischen Rheochord und Stromwender ist eine Wippe behufs Oeffnung und Schliessung des Stromes eingeschaltet.

Versuch I. Reizung durch Schliessung des aufsteigenden Stromes bei 80° und 70°.

J_1 (80°)	J_2 (70°)
635	360
810	440
<hr/>	<hr/>
1445	800
$M_1 = 722$	$M_2 = 400$
$\log \cos 80^\circ + \log 722 = \log \cos 70^\circ + \log 400$	
$\log \cos 80^\circ = 0,23967 - 1$	$\log \cos 70^\circ = 0,53405 - 1$
$\log 722 = 2,85854$	$\log 400 = 2,60206$
<hr/>	<hr/>
n. l. 2,09821	n. l. 2,16611
= 162,1	= 164,7

Versuch II. Reizung durch Oeffnung des aufsteigenden Stromes bei 60° und 50°.

J_1 (60°)	J_2 (50°)
122	97
145	101
155	109
192	127
211	137
<hr/>	<hr/>
825	571
$M_1 = 165$	$M_2 = 112$
$\log \cos 60^\circ + \log 165 = \log \cos 50^\circ + \log 112$	
$\log \cos 60^\circ = 0,68897 - 1$	$\log \cos 50^\circ = 0,80807 - 1$
$\log 165 = 2,21748$	$\log 112 = 2,04922$
<hr/>	<hr/>
n. l. 1,90645	n. l. 1,85729
= 15,51	= 15,34

Versuch III. Reizung durch Schliessung des absteigenden Stromes bei 80° und 40°.

J_1 (80°)	J_2 (40°)
146	30
236	66
300	120
375	125
<hr/>	<hr/>
1067	341
$M_1 = 287$	$M_2 = 81$
$\log \cos 80^\circ + \log 287 = \log \cos 40^\circ + \log 81$	
$\log \cos 80^\circ = 0,23967 - 1$	$\log \cos 40^\circ = 0,88425 - 1$
$\log 287 = 2,45788$	$\log 81 = 1,90849$
<hr/>	<hr/>
n. l. 1,69755	n. l. 1,79274
= 14,78	= 15,11

Versuch IV. Reizung durch Oeffnung des absteigenden Stromes bei 70° und 30°.

J_1 (70°)	J_2 (30°)
60	26
130	50
136	52
<hr/>	<hr/>
326	128
$M_1 = 109$	$M_2 = 43$
$\log \cos 70^\circ + \log 109 = \log \cos 30^\circ + \log 43$	
$\log \cos 70^\circ = 0,53405 - 1$	$\log \cos 30^\circ = 0,93753 - 1$
$\log 109 = 2,03743$	$\log 43 = 1,63347$
<hr/>	<hr/>
n. l. 1,57148	n. l. 1,57100
= 14,36	= 14,36

Für die Versuche V—VIII tritt die Modification in der Anordnung der Apparate ein, dass das Rheochord durch das oben beschriebene Rheostat ersetzt wird, welches zwischen Stromwender und Thonplatte eingeschaltet wird, so dass nun der Strom von der Batterie durch die Wippe, den Stromwender und das Rheostat fliesst, von wo aus ein Theil desselben zur Thonplatte abgeleitet wird.

Versuch V. Reizung durch Schliessung des aufsteigenden Stromes bei 60° und 20°.

J_1 (60°)	J_2 (20°)
266	182
322	225
355	245
445	270
<hr/>	<hr/>
1388	912
$M_1 = 347$	$M_2 = 225$
$\log \cos 60^\circ + \log 347 = \log \cos 20^\circ + \log 225.$	
$\log \cos 60^\circ = 0,69897 - 1$	$\log \cos 20^\circ = 0,93753 - 1$
$\log 347 = 2,54033$	$\log 225 = 2,35218$
<hr/>	<hr/>
n. l. 2,54033	n. l. 2,28971
$= 167,5$	$= 169,4$

Versuch VI. Reizung durch Oeffnung des aufsteigenden Stromes bei 30° und 10°.

J_1 (30°)	J_2 (10°)
400	345
434	376
490	444
<hr/>	<hr/>
1324	1161
$M_1 = 441$	$M_2 = 387$
$\log \cos 30^\circ + \log 441 = \log \cos 10^\circ + \log 387.$	
$\log \cos 30^\circ = 0,93753 - 1$	$\log \cos 10^\circ = 0,99335 - 1$
$\log 441 = 2,64444$	$\log 387 = 2,58771$
<hr/>	<hr/>
n. l. 2,58197	n. l. 2,58106
$= 181,2$	$= 181,2$

Versuch VII. Reizung durch Schliessung des absteigenden Stromes bei 40° und 10°.

J_1 (40°)	J_2 (10°)
418	340
445	375
475	385
500	405
<hr/>	<hr/>
1838	1505
$M_1 = 459$	$M_2 = 376$
$\log \cos 40^\circ + \log 459 = \log \cos 10^\circ + \log 376$	
$\log \cos 40^\circ = 0,88425 - 1$	$\log \cos 10^\circ = 0,99335 - 1$
$\log 459 = 2,66181$	$\log 376 = 2,57519$
<hr/>	<hr/>
n. l. 2,54606	n. l. 2,56844
$= 179,8$	$= 180,6$

Versuch VIII. Reizung durch Oeffnung des absteigenden Stromes bei 50° und 20°.

J_1 (50°)	J_2 (20°)
92	34
110	50
125	65
143	80
<hr/>	<hr/>
470	229
$M_1 = 117$	$M_2 = 57$
$\log \cos 50^\circ + \log 117 = \log \cos 20^\circ + \log 57.$	
$\log \cos 50^\circ = 0,80807 - 1$	$\log \cos 20^\circ = 0,97299 - 1$
$\log 117 = 2,06819$	$\log 57 = 1,75587$
<hr/>	<hr/>
n. l. 1,87626	n. l. 1,72886
= 15,40	= 14,85

Für die Anstellung dieser Versuche am Muskel erweist sich die bisher beobachtete Methode als weniger brauchbar. Es wird nämlich der auf der feuchten Thonplatte gelagerte Muskel, in Folge der Adhäsion an dieselbe, nicht im Stande sein, sich nach einer jeden Contraction wieder bis zu seiner natürlichen Länge auszudehnen; es müsste also nach einer jeden Reizung die Lagerung des Muskels von Neuem vorgenommen werden, eine zeitraubende und daher auch die Resultate trübende Manipulation. Es würde sich vielleicht empfehlen, den in einen Zuckungstelegraphen eingespannten parallelfasrigen Muskel durch einen über ihn gelegten feuchten Seidenfaden als Stromleiter, dessen Winkelrichtung gegen den Muskel man beliebig verändern kann, zu reizen.

Dennoch haben wir Versuche auf die erstere Weise angestellt und lasse ich zwei der gelungenen folgen. Als Präparat diene der an seinen beiden Insertionen ausgeschnittene *M. sartorius* des Frosches. Die Reizung geschieht durch den tetanisirenden Inductionsstrom. Die Aufstellung der Apparate ist folgende: Stromerreger ist ein Daniell'sches Element; von da geht der Strom durch ein Rheochord (Sauerwald), während ein Theil desselben durch einen du Bois'schen Schlitten fliesst; der Strom der secundären Spirale wird durch einen Schlüssel zu der Thonplatte geleitet.

Versuch I. Reizung bei einer Winkelrichtung des Stromes gegen den Muskel von 60° und 80°.

J_1 (60°)	J_2 (80°)
330	820
495	780
<hr/>	<hr/>
825	1300

$M_1 = 412$	$M_2 = 650$
$\log \cos 60^\circ + \log 412 = \log \cos 80^\circ + \log 650.$	
$\log \cos 60^\circ = 0,69897 - 1$	$\log \cos 80^\circ = 0,23967 - 1$
$\log 412 = 2,61490$	$\log 650 = 2,81291$
<hr/>	<hr/>
n. l. 2,31387	n. l. 2,06258
= 171,0	= 160,8
Versuch II. Reizung unter den Winkeln 50° und 30° .	
$J_1 (50^\circ)$	$J_2 (30^\circ)$
600	310
610	350
790	490
<hr/>	<hr/>
2000	1150
$M_1 = 666$	$M_2 = 383$
$\log \cos 50^\circ + \log 666 = \log \cos 30^\circ + \log 383$	
$\log \cos 50^\circ = 0,80807 - 1$	$\log \cos 30^\circ = 0,93753 - 1$
$\log 666 = 2,82347$	$\log 383 = 2,58320$
<hr/>	<hr/>
n. l. 2,63254	n. l. 2,52073
= 183,3	= 178,7.

Schliesslich noch wenige Worte über den wissenschaftlichen Zweck vorstehender Versuche. Derselbe besteht wohl im Wesentlichen darin, dass diese Untersuchungen einen Beitrag zur Lösung der Streitfrage zu liefern im Stande sind, ob der Vorgang der Erregung im Nerven rein chemischer oder zu gleicher Zeit physikalischer Natur sei. Wäre ersteres der Fall, so ist nicht einzusehen, warum diese chemischen Vorgänge von dem Winkel abhängig sein sollten, unter welchem der erregende electricische Strom dem Nerven zugeleitet wird; wenigstens würde man sich vergeblich bemühen, ein Analogon zu dieser Thatsache aufzufinden. Vollkommen unerklärlich wäre aber der Umstand, dass der den Nerven senkrecht treffende Strom, selbst bei seiner grössten Intensität, ganz wirkungslos bleibt. Für diesen letzteren Vorgang hat du Bois-Reymond auf Grund der von ihm aufgestellten molekularen Theorie der Nerven-erregung eine genügende Erklärung gegeben, auf welche schon zu Anfang dieser Arbeit hingewiesen wurde. Auch die von uns angestellten Versuche dürften eine hinreichende Erklärung finden, wenn wir das Vorhandensein von Molekeln annehmen, deren Verhalten in der Längsachse des Nervenprimitivrohrs ein anderes ist, als in der Querachse desselben.

Ein Versuch, die von uns beobachteten Erscheinungen nach Hermann's Theorie zu erklären, möchte wohl kaum gelingen.

