

körperchen in einer verdünnten Salzlösung von diesen mechanisch mitgeführt würde, so hätten alle Blutarten ein gleiches Verhalten zeigen müssen.

Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes in den motorischen Nerven des Menschen.

Von Dr. **T. Place,**

Assistent am physiol. Laboratorium in Leiden.

Die Frage nach der Geschwindigkeit, mit welcher die Reizung sich in den Nerven fortpflanzt, hat bereits viele Untersuchungen hervorgerufen. Zuerst wurde dieselbe von Helmholtz¹⁾ im Jahre 1850 für die Nerven des Frosches und für die des Menschen bestimmt.

Bei ersterem reizte er abwechselnd zwei Stellen eines Bewegungsnerven und registrierte die Zuckungcurve des Muskels mit Hilfe des Myographions. Aus dem Abstand der Curvenpaare wurde dann die Zeit berechnet, in welcher der Reiz die Nervenstrecke zwischen den Reizstellen durchlaufen hatte und so ergab sich für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ein Werth von 28 Meter in der Secunde. Bei den menschlichen Nerven waren weit grössere Schwierigkeiten zu überwinden, die Versuche an den motorischen Nerven anzustellen schien sich nicht ausführen zu lassen und deshalb wurden die sensibeln Nerven benutzt. Zwei Stellen der Haut in verschiedener Entfernung vom Gehirn wurden abwechselnd gereizt und auf den empfungenen Eindruck wurde stets in gleicher Weise, z. B. durch das Schliessen eines galvanischen Stroms, geantwortet. Die Differenz in den zwischen Reiz und Signal verfloßenen Zeiten ergab hier einen Werth von ungefähr 60 Meter in der Secunde.

Namentlich diese letzteren Experimente an den menschlichen Empfindungsnerven wurden vielfach wiederholt und obgleich manche Aenderungen in der Methode vorgenommen wurden, so waren dieselben doch unwesentlich. Die Versuche wurden stets nach demselben Princip angestellt und man mass immer die Zeit, welche ein bestimmter, bald in grösserer, bald in geringerer Entfernung

1) Archiv f. Anat. u. Physiol., 1850 u. 1852.

vom Gehirn applicirter Reiz braucht um ein gewisses Signal auszulösen und berechnete aus der Differenz der gefundenen Zeiten den fraglichen Werth.

Die Resultate waren jedoch keineswegs befriedigend. Die ermittelten Zahlen wichen zu sehr von einander ab. Freilich fanden die Meisten, Hirsch¹⁾, Schelske²⁾, Donders und de Jaager³⁾, für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Mittel ungefähr 30 Meter in der Secunde. Einzelne jedoch, Kohlrausch⁴⁾ und v. Wittich⁵⁾, fanden weit höhere Werthe und ausserdem kamen in fast allen Versuchsreihen so abweichende Zahlen vor, dass die Resultate unzuverlässig erscheinen mussten.

Man gewann immer mehr die Ueberzeugung, dass die zu Grunde gelegte Voraussetzung, als ob der äusserst complicirte Process, welcher mit der Reizung anfängt und mit dem Geben des Signales endigt, in beiden Fällen vollkommen identisch sein müsse, durchaus ungerechtfertigt sei und dass man also keinen Grund habe, die gefundenen Zeitunterschiede bloß der Entfernung der zwei Reizstellen zuzuschreiben.

Um zu mehr brauchbaren Resultaten zu gelangen war also eine andere Methode erforderlich und auch diese haben wir Helmholtz zu verdanken. Im Jahre 1867 theilte er eine Untersuchung⁶⁾ über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den motorischen Nerven des Menschen mit, wobei er eine von Marey angegebene Methode benutzte, welcher mittels einer »pince« die Anschwellung der Daumenmuskeln registrirt hatte. Diese kleinen Muskeln mit ihrem langen Nerven, dem Nerv. median., welcher an verschiedenen Stellen für Reize ziemlich leicht zugänglich ist, mussten offenbar dem Zweck gut entsprechen. Helmholtz benutzte wiederum das Myographion, dessen Schreibhebel rückwärts verlängert wurde und vermitteltst einem Stabe auf dem Daumenballen ruhte. Jede Anschwellung des Muskels brachte also den Hebel in Bewegung. Der Nerv. med. wurde durch einen Inductionsschlag abwechselnd an zwei Stellen gereizt und zwar neben dem Musc. coracobrach. und in der Nähe des

1) Moleschott's Unters., Bd. IX, S. 198.

2) Archiv f. Anat. u. Physiol., 1864.

3) De physiologische tyd by psychische processen. Utrecht, 1865.

4) Zeitschrift f. ration. Medicin, Bd. XXVIII, S. 212.

5) Ibid. Bd. XXXI, S. 87.

6) Heidelberger Jahrbücher, Dec. 1867.

Handgelenks. Weil ein Nervenstamm jedoch, namentlich bei einer höhern Reizung, mehr Muskeln in Wirkung setzt und alle Bewegungen des Arms und der Hand verhütet werden mussten, so wurde der ganze Vorderarm in einer genau schliessenden Gypsform unbeweglich befestigt. Der Arm lag bei schwacher Beugung, in Supinationsstellung, mit nach oben gewendeter Innenfläche und geschlossener Faust ganz fest in der Form und durch im Deckel angebrachte Oeffnungen konnten die Electroden auf dem Vorderarm und das Stäbchen des Schreibhebels auf dem Daumenballen angebracht werden.

Die Resultate dieser Untersuchung, welche Baxt unter Mitwirkung von Helmholtz ausführte, waren im Mittel 33.9 Meter in der Secunde. Im Ganzen wurden nur wenige Versuchsreihen gemacht. Eine Reihe, wobei das obere Electrodenpaar nicht neben dem *Musc. coracobrach.*, sondern im *Sulc. bicip. int.* dicht über dem Ellenbogen lag, ergab eine etwas grössere Fortpflanzungsgeschwindigkeit, deren Werth jedoch nicht angegeben ist. Helmholtz sah darin eine Uebereinstimmung mit der von Munk für Froschnerven gemachten Angabe, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Nerven nach dem Muskel zu wächst.

Im vorigen Jahre habe ich mit Herrn van West, Med. Cand., eine Untersuchung über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den motorischen Nerven unternommen, nachdem auch uns die Versuche an den sensibeln Nerven keine genügenden Resultate ergeben hatten. Auch die an den erstgenannten gewonnenen Resultate waren anfangs sehr unbefriedigend, es gelang jedoch bald, die Umstände ausfindig zu machen, welche das Resultat erheblich beeinflussten und allmählich gelangen die Versuche so gut, dass die befolgte Methode gewiss im Wesentlichen fehlerfrei genannt werden kann.

Der Hauptsache nach befolgte ich die Methode von Helmholtz, nur zog ich es vor, anstatt des Myographions den allgemeinen Registrirapparat¹⁾ zu benutzen. Der Cylinder wurde mit der Hand gedreht und die Zeit mit einer Stimmgabel von 1024 Einzelschwingungen in der Secunde bestimmt. Ich befestigte den Arm, sowie Helmholtz das gethan hatte, in einer genau passenden Gypsform und benutzte als Reiz den Oeffnungsschlag des Schlittenapparats.

1) Onderzoekingen gedaan in het physiol. laborat. der Leidsche hoogeschool 1869.

Besondere Sorgfalt verwendete ich darauf, sowohl den Moment der Reizung als den Anfang der Contraction mit grosser Genauigkeit zu registriren, da es gerade auf die richtige Ermittlung dieser zwei Punkte ankommt. Es liegt auf der Hand, dass der Anfang der Contraction nicht leicht abzulesen ist, weil die Curve sich sehr langsam von der Grundlinie abhebt, es wird aber total unmöglich, wenn die vor Beginn der Contraction verzeichnete Abscisse nicht eine vollkommen gerade Linie ist. Deshalb stellten wir den Cylinder und die registrirenden Apparate auf Consolen, welche an der Mauer des Gebäudes befestigt waren, wodurch alle störenden Erschütterungen vermieden wurden und die Abscisse nach Wunsch ausfiel.

Natürlich liegt auch dieser Untersuchung, jedoch hier mit mehr Recht als bei den sensibeln Nerven, die Voraussetzung zu Grunde, dass der Unterschied in den zwischen Reiz und Zuckung verflossenen Zeiten bei abwechselnder Irritation zweier Nervenstellen nur der grösseren Entfernung der einen Reizstelle vom Muskel zuzuschreiben ist. Dies kann jedoch nur erlaubt sein, wenn die zwei zu vergleichenden Zuckungscurven gleiche Höhe haben. Denn die Zeit, welche ein am Nerven applicirter Reiz braucht, um eine Zuckung hervorzurufen, entspricht nicht nur der Leitung im Nerven, sondern auch der Periode der latenten Reizung im Muskel. Wenn man also nach der befolgten Methode die Fortpflanzungsgeschwindigkeit finden will, so muss in beiden Fällen die Periode der latenten Reizung gleiche Dauer besitzen, was nur bei Contractionen von gleicher Intensität möglich ist. Eine kräftigere Contraction setzt nämlich eine stärkere Reizung voraus, die immer eine kürzere latente Periode mit sich führt.

Verschiedene Vorsichtsmassregeln durften also nicht ausser Acht gelassen werden. Der Inductionsschlag musste, bei unverändertem Rollenabstand stets gleiche Intensität besitzen, wozu eine durchaus gleichmässige Eröffnung des inducirenden Stromes erforderlich ist. Zu diesem Zweck wurden in den primären Stromkreis zwei Quecksilbernäpfchen eingeschaltet, welche durch einen Platinbogen verbunden waren. Dieser war an dem einen Arm eines leichten Hebels befestigt. Ein Gewicht, welches stets von gleicher Höhe herabfiel, schlug auf den anderen, kürzeren Hebelarm auf und hob dabei mit grosser Schnelligkeit den Platindraht aus dem Quecksilber empor. Eine feine am Ende des längeren Hebelarmes befestigte Stahlspitze zeichnete auf der Cylinderfläche.

Ausserdem musste jedoch auch der Funken, welcher beim schnellen Eröffnen des Stromes entsteht, vermieden werden, da derselbe die Induction verzögern muss. Beide Quecksilbernäpfchen wurden deshalb mit dem Condensator des Inductionsapparates von Ruhmkorff verbunden, so dass die Electricität, die an den freien Enden grosse Spannung besitzt, sofort abfliessen konnte. Bei dieser Einrichtung entsteht fast durchaus kein Funken mehr und das Abbrechen des primären Stromes geschieht also nicht nur immer mit derselben Geschwindigkeit, sondern auch so plötzlich als möglich.

Da der Platindraht indessen bis zu einer gewissen Tiefe ins Quecksilber taucht und die Oberfläche desselben erst verlässt, wenn das zeichnende Hebelende schon eine entsprechende Höhe erreicht hat, so kann nicht das Abweichen von der Abscisse der Eröffnung des Stroms entsprechen, sondern ein anderer im aufsteigenden Curventheil liegender Punkt, welcher empirisch gefunden werden muss. In der primären Kette wurde deshalb ein Galvanoscop als Nebenschliessung eingefügt, dessen Windungen nach dem Oeffnen eines Schlüssels vom galvanischen Strom durchflossen werden mussten. Beim Oeffnen des Schlüssels wich die Nadel natürlich stark ab und der Hebel wurde mit Hülfe einer feinen Schraube nun so weit erhoben, bis die Nadel auf 0 zurückging. Bei diesem Stand des Hebels wurde durch Drehung des Cylinders eine neue Abscisse gezogen und wo dieselbe die betreffenden Curventheile schneidet, liegt der Moment der Reizung. Hierbei lässt sich ein kleiner Fehler nicht umgehen. Der Platindraht wird nämlich bei dem raschen Emporschleudern einen Quecksilberfaden bis zu einer gewissen Höhe mitreissen, was bei dem langsamen Schrauben nicht stattfinden wird und folglich ist der nach dem soeben angegebenen Verfahren bestimmte Punkt nicht ganz richtig. Da jedoch die Bewegung des Hebels stets mit gleicher Schnelligkeit vor sich geht, so hat dieser überaus kleine Fehler immer nahezu dieselbe Grösse und thut also der Genauigkeit keinen Eintrag. Diese Gefahr ist um so geringer, weil der Hebel sich so rasch erhebt, dass einem Millim. Steigung nur etwa $\frac{1}{4}$ Schwingung oder etwa 0.0002 Sec. entspricht.

Die Anschwellung des Muskels wurde vermittels eines horizontalen, zweiarmigen Hebels registriert, welcher aus leichtem Holz gefertigt war und sehr wenig wog. Mit dem kürzeren Hebelarm war durch ein Gelenk ein leichtes, vertikales Stäbchen beweglich ver-

bunden, welches auf dem Daumenballen stand. Das Gelenk ermöglichte Bewegung in der Drehungsebene des Hebels, so dass das Stäbchen bei jedem Stand des Hebels im Loth bleiben konnte. Der andere Hebelarm trug an seinem Ende eine feine Stahlspitze, die auf dem Cylinder schrieb. Die Längen der Hebelarme verhielten sich wie 1 zu 10, so dass die Zusammenziehung zehnmal grösser registriert wurde.

Bei dem äusserst geringen Gewicht des Hebels musste sich jede Bewegung sofort kund geben, vermöge der Trägheit war der Ausschlag des Hebels aber jedesmal viel zu gross und die Höhe der Curven war folglich der Grösse der Contraction nicht proportional. Somit ging jedes Maass für die Zusammenziehung verloren, was nicht zulässig war, wenn nur gleich starke Zuckungen für die Bestimmung benutzt werden sollten. Wir brachten darum sehr nahe der Achse zwei entgegengesetzt wirkende Spiralfedern an, welche den Stand des Hebels bestimmten, und deren eine bei den Versuchen eine etwas grössere Spannung besass, sodass das vertikale Stäbchen mit geringer Kraft auf die Muskelmasse drückte. Weil beide Federn einander aber doch beinahe das Gleichgewicht hielten, so blieben die kleinsten Anschwellungen des Muskels sichtbar, bei ausgiebiger Bewegung des Hebels jedoch gewann die eine der Federn soviel Spannung als die andere verlor und wurde der Bewegung also ein rasch steigender Widerstand geboten, in Folge dessen machte der Hebel keine Wurfbewegung mehr und konnten die Höhen der Curven als Maass für die Zuckung gelten.

Die Electroden bestanden aus Messingdrähten, welche an ihren Enden kleine Knöpfchen trugen. Letztere wurden feucht gemacht und die Electroden kräftig auf die Haut gedrückt. Vom dem richtigen Stande derselben hängt natürlich das Gelingen des Versuchs ab und es stellte sich bald heraus, dass eine sehr beschränkte Hautstelle getroffen werden musste, um den betreffenden Nervenstamm zu reizen und dass eine nur geringe Verschiebung das Ausbleiben der Zuckung zur Folge hatte. Das Anlegen der Electroden kostete deshalb jedesmal viel Zeit. Die Enden werden trocken, wodurch der Reiz sehr viel an Kraft verliert und neues Befeuchten und erneutes Anlegen nöthig wird. Deshalb benutzten wir später Electroden mit durchbohrten knopfförmigen Enden, worin sich ein mit verdünnter Schwefelsäure befeuchteter Wollenfaden befand. Das Austrocknen

wird dadurch verzögert und eine ganze Versuchsreihe konnte beendet werden, ohne die Electroden entfernen zu müssen.

Wir wählten folgende Reizstellen: eine obere im Sulc. bicip. int., einige Centim. über dem Ellenbogen und eine andere in der Nähe des Handgelenks, wo der Nerv gewöhnlich an der Ulnarseite des Musc. flexor carp. rad. zu finden ist. Die Entfernung der Electrodenpaare betrug dann ungefähr 300 Mm.

Die Drahtenden der secundären Spirale waren mit einer Wippe verbunden, von wo aus zwei Drähte nach dem oberen, zwei andere nach dem unteren Electrodenpaar verliefen, so dass der Stand der Wippe den Ort der Reizung bestimmte. Zwischen der Wippe und der Inductionsrolle war als Nebenschliessung ein Schlüssel eingeschaltet, um den Schliessungsschlag abhalten zu können.

Die Versuche selbst wurden mit grösster Regelmässigkeit angestellt. Unmittelbar nacheinander wurde die Stimmgabel angeschlagen, das Gewicht ausgelöst und der Cylinder gedreht, und nach einiger Uebung wurde bald der geeignete Rhythmus aufgefunden, wobei das fallende Gewicht den Strom dann öffnete, wenn der Cylinder eine ziemlich gleichmässige Geschwindigkeit angenommen hatte. Nach Ablauf eines Versuchs wurde sogleich alles zum folgenden hergerichtet. Der Schlüssel wurde geschlossen, um den Schliessungsschlag vom Arm abzuhalten, das Gewicht auf seine frühere Höhe erhoben und der durch dasselbe umgeworfene Hebel, welcher durch ein federndes Häkchen am Zurückfallen verhindert war, in seine vorige Lage zurückgebracht, wodurch der primäre Strom also wieder geschlossen wurde. Die Wippe wurde dann umgelegt, um die Reizung am andern Electrodenpaar stattfinden zu lassen. Nach Eröffnung des Schlüssels konnte die folgende Zuckung hervorgerufen werden. Drei bis vier Contractionen wurden gewöhnlich auf einem Umgang registrirt. Am Ende desselben wurde nach Einschaltung des oben erwähnten Galvanoscops in den primären Stromkreis nach dem dort angegebenen Verfahren die zweite Abscisse aufgezeichnet, welche den zu jeder Curve gehörigen Moment der Reizung angab.

Ebenso wie bei der Untersuchung von Helmholtz stellte sich hier heraus, dass in der Nähe des Muskels eine stärkere Reizung nöthig war, um gleiche Contractionen zu erzielen. Während für die obere Reizstelle der Rollenabstand 9 Cent. betragen hatte,

musste derselbe für die untere bis auf 7 Cent. erniedrigt werden, ganz in Uebereinstimmung mit Pflüger's an Froschnerven gemachter Entdeckung, dass vom Muskel entferntere Stellen des Nerven schwächerer Reize bedürfen, um minimale Zuckungen hervorzurufen. Wahrscheinlich muss also auch in unserem Fall der sich fortpflanzende Zustand der Reizung des Nerven auf seinem Verlauf Aenderungen erleiden. Da bei unsern Versuchen der Nerv jedoch die Electroden nicht direct berührt, sondern die Leitung durch dazwischenliegende Theile verschiedener Dicke vermittelt wird, ist man zu vieler Täuschung ausgesetzt, um einen sicheren Schluss ziehen zu können.

Als wir unter den erwähnten Umständen die Versuche wiederholt anstellten, erhielten wir Zahlen, die doch noch nicht hinreichend übereinstimmten, fanden jedoch bald den Grund in der grossen Schnelligkeit, womit wir die einzelnen Zuckungen einander folgen liessen. Gewöhnlich hatten wir fast unmittelbar nach Ablauf einer Contraction auf's neue gereizt, so dass etwa 4 Contractionen in der Minute zu Stande kamen. Die auffallenden Differenzen in der Zeit, welche für dieselbe Reizstelle zwischen Reiz und Zuckung verfloss, wurden sofort geringer oder fielen ganz weg, nachdem wir zwischen den einzelnen Inductionsschlägen 1 bis 2 Minuten verlaufen liessen. Bei den früheren Versuchen war also der Nerv noch unter dem Einfluss des vorhergehenden Reizes als schon ein neuer kam. Nach jeder Reizung muss Nerv und Muskel sich vollständig erholen, wenn die Resultate befriedigend ausfallen sollen.

Immer blieb es aber schwierig, Zuckungen von genau gleicher Grösse zu erzeugen, da geringfügige, kaum bemerkbare Verschiebungen der Electroden, entweder durch Contraction der Armmuskeln oder durch geringe Bewegungen des ganzen Körpers veranlasst, die Grösse der Zuckung merklich beeinflussten. Viele Reihen wurden deshalb unbrauchbar und auch in denen, welche benutzt wurden, war vollkommene Gleichheit noch nicht erreicht.

Wir theilen hier einige Versuchsreihen ausführlich mit, von den anderen blos das Resultat. Die Zahlen drücken die Zeit in Stimmgabelschwingungen aus, welche zwischen Reiz und Zuckung verlief, während die Reihenfolge der einzelnen Versuche durch die beigegebenen Nummern angedeutet ist. Die eine Columne entspricht den von der oberen, die andere den von der unteren Reizstelle ausgelösten Zuckungen. Für beide Reizstellen, also für jede Columne,

ward das arithmetische Mittel und aus der Differenz beider die Zeit berechnet, in welcher die Reizung die zwischen den Electrodenpaaren liegende Nervenstrecke durchlaufen hatte.

Unmittelbar nach Ablauf einer Versuchsreihe wurde diese Entfernung jedesmal gemessen.

I. van West. Linker Arm. Entfernung der Reizstellen 325 Mm.							
Sulc. bicip. int. Handgelenk				Sulc. bicip. int. Handgelenk.			
1.	24	11.	19	6.	25	16.	18
2.	25	12.	18	7.	24	17.	17
3.	25	13.	18	8.	25	18.	19
4.	25	14.	18	9.	25	19.	18
5.	24	15.	19	10.	24	20.	17
				Mittel	24.6	Mittel	18.1

Differenz 6.5 Schwingung = 0.0063 Sec. Fortpflanzungsgeschwindigkeit = 51.2 Meter in 1 Sec.

II. Place. Rechter Arm. Entfernung der Reizstellen 320 Mm.							
Sulc. bicip. int. Handgelenk.				Sulc. bicip. int. Handgelenk.			
1.	24	2.	19	12.	25	13.	20
3.	25	4.	20	14.	26	15.	21
5.	27	6.	20	16.	25	17.	20
7.	25	8.	20	18.	26	19.	20
9.	26	10.	20	20.	26	21.	21
11.	25						
				Mittel	25.5	Mittel	20.1

Differenz 5.4 Schwingung = 0.0053 Sec. Fortpflanzungsgeschwindigkeit = 60.3 Meter in 1 Sec.

III.	Prof. Heynsius	52.3	Meter in 1 Sec.
IV.	»	53	» » » »
V.	van West	49.2	» » » »
VI.	»	55.3	» » » »
VII.	Place	48.4	» » » »
VIII.	»	54.2	» » » »
IX.	»	55.2	» » » »
X.	»	49.2	» » » »

Aus den erhaltenen Resultaten ergibt sich eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von ungefähr 53 Meter in 1 Sec. Diese Zahl weicht von den durch Helmholtz und Baxt gefundenen erheblich ab und steht dem ursprünglich von Helmholtz an den sensibeln Nerven gefundenen Werth sehr nahe. Die Maxima und Minima entfernen sich jedoch vom Mittelwerth nicht mehr, als sich bei einer solchen Untersuchung erwarten lässt. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit muss ja auch gewiss nicht als eine absolute Grösse betrachtet werden, sie unter-

liegt vielleicht nicht nur individuellen Schwankungen, sondern wird gewiss von verschiedenen Umständen beeinflusst, sodass man nie ganz gleiche Resultate erwarten darf.

Die Methode leidet jedoch noch an einigen Fehlern, denen man nicht allen Einfluss auf die Genauigkeit des Resultates absprechen kann. Es fällt sofort auf, dass die Periode der latenten Reizung sehr gross ist. Dieselbe beträgt ungefähr $\frac{1}{50}$ Sec., wie in den Fällen, wo unten gereizt wurde, ersichtlich ist. Man darf daraus schliessen, dass es nicht gelingt den wahren Anfang der Zuckung zu registriren, wenn dazu die Anschwellung des in seiner natürlichen Umhüllung liegenden Muskels benutzt werden soll. Ausserdem steht das Stäbchen vielleicht nicht immer genau an derselben Stelle und da der ganze Muskel nicht momentan in Zuckung gerathen kann, weil der Reiz allmählich in den Muskelfasern fortschreitet, so muss das Stäbchen in dem Fall bald etwas später, bald etwas früher durch die Anschwellung gehoben werden.

Die hierdurch verursachten Fehler sind übrigens sämmtlich von nur geringer Bedeutung, weil sie für beide Nervenstellen gleich sind und wir nur der Differenz der ermittelten Zeiten für unsere Berechnung bedürfen.

Beachtenswerther bleibt ein anderer Fehler, welcher durch die Ungleichheit der Zuckungen veranlasst wird. Da wir jedoch, wie schon bemerkt, bloss die Reihen, in welchen die einzelnen Zuckungen nur unbedeutende Unterschiede zeigten, benutzt haben, so ist auch dieser Fehler auf ein Minimum reducirt.

Uebrigens macht man, wenn man diesen Fehler vermeiden will, gleich einen neuen, da man, um die Zuckungen egal ausfallen zu lassen, Reize von verschiedener Intensität anwenden muss. Obgleich sich nicht deutlich herausstellte, dass für ungleich starke Reize der Werth der Fortpflanzungsgeschwindigkeit verschieden ist, so wäre es doch sehr möglich, dass namentlich auch die latente Periode im Nerven bei schwächerer Reizung eine längere Zeit in Anspruch nimmt. Jedenfalls aber macht man einen weit grösseren Fehler, wenn man nicht sorgt, dass die latente Periode im Muskel stets dieselbe Grösse hat und ausserdem wäre der Versuch, gleich starke Reize auf den Nerven wirken zu lassen, doch ein vergeblicher, weil man kein Maass für dieselben besitzt. Dass Inductionsschläge von gleicher Grösse noch keine gleiche Reizung bedingen, wird klar, wenn man bedenkt, dass der Nerv nicht direct auf den Electroden liegt und

sich an beiden Reizstellen Schichten von sehr verschiedener Dicke dazwischen befinden.

Bei unseren Versuchen lag die obere Reizstelle stets im Sulc. bicip. int. einige Cent. über dem Ellenbogen, während Helmholtz die oberen Electroden noch höher, neben dem Musc. coracobrach. angelegt hatte. Wurde eine tieferliegende Stelle gewählt, so änderte sich damit die Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Wir lesen in der Mittheilung von Helmholtz Folgendes: »Eine andere Versuchsreihe, wobei die obere gereizte Stelle dicht über dem Ellenbogen lag, schien eine etwas schnellere Fortpflanzung der Reizung in den Nerven des Vorderarms zu ergeben, den Angaben von Munk für Froschnerven entsprechend, doch war der Unterschied zu klein, um ihn bei der nicht sehr grossen Zahl gelungener Versuche schon als sicher zu betrachten.«

Wir glaubten hieraus schliessen zu müssen, dass der, wie es scheint, kleine Unterschied in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit uns kein Recht gäbe, den von uns gefundenen viel höheren Werth der verschiedenen Stellung der Electroden zuzuschreiben. Dennoch schien es wünschenswerth, dies experimentell zu untersuchen und wir stellten deshalb noch einige Reihen von Versuchen an, wobei die obere gereizte Stelle neben dem Musc. coracobrach. lag. Die Entfernung der Reizstellen betrug dann etwa 400 Mm. Dabei stellte sich Folgendes heraus:

I. Place	31.4 Meter in 1 Sec.	IV. Place	34.2 Meter in 1 Sec.
II. »	34 » » » »	V. »	40 » » » »
III. »	32.3 » » » »	VI. »	39.6 » » » »
		In Mittel 35.25 Meter in 1 Sec.	

Es befremdete uns in der That, hier eine weit geringere Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu finden, welche mit der von Helmholtz gefundenen recht gut stimmt.

Auch in diesen Reihen waren die grössten und die kleinsten Zahlen von den mittleren nur wenig verschieden, so dass man diesem Resultat denselben Werth beilegen muss als den früheren.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist also offenbar in dem Muskel näheren Abschnitten des Nerven nicht nur grösser, sondern die Differenz scheint sogar eine ansehnliche zu sein. Noch auffallender wird dies dann hervortreten, wenn man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in zwei kurzen Nervenabschnitten bestimmt, von welchem der eine in viel grösserer Nähe liegt als der

andere, denn aus dem Unterschied von fast 20 Meter geht hervor, dass die Leitung in dem oberen Theil des Nerven eine sehr langsame gewesen sein muss.

Wir suchten darum am Vorderarm noch eine Stelle, wo die Reizung des Nerven möglich ist und fanden dieselbe an der Ulnar-seite der Vorderfläche, reichlich ein Decim. über dem Handgelenk. Somit standen uns vier Reizstellen zur Verfügung, von denen zwei am Vorderarm, zwei am Oberarm lagen. Bei diesen Versuchen stellte sich heraus, dass bei der geringen Entfernung von 10 Ctm. an beiden Stellen der Reiz gleiche Stärke haben muss, um egale Zuckungen zu erzeugen. Manchmal war sogar gerade an der oberen Stelle ein etwas stärkerer Reiz erforderlich. Befremden kann uns das nicht, da der Unterschied in der Intensität der Reize, welche an beiden Stellen die gleiche Wirkung äussern, mit der Entfernung der letzteren abnehmen muss und eine geringe Differenz leicht verdeckt werden kann. Die Electroden berühren den Nerven nicht unmittelbar und je grösser der Abstand zwischen beiden ist, ein desto geringerer Theil der Electricität wird seinen Weg durch den Nerven nehmen, was schon aus der viel intensiveren Wirkung hervorgeht, wenn man die Electroden stark andrückt.

Das Resultat entsprach der gehegten Erwartung vollkommen. Am Vorderarm legte die Reizung die Entfernung von ± 100 Mm. viel schneller zurück als am Oberarm, wie aus folgenden Zahlen erhellt.

I.	Place Vorderarm	62	Meter in 1 Sec.
II.	»	52	» » » »
III.	» Oberarm	23.9	» » » »
IV.	»	12	» » » »
V.	»	17.2	» » » »

Das Steigen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit nach der Peripherie zu scheint hierin also einen neuen Beleg zu finden.

Lag die obere gereizte Stelle dicht über dem Ellenbogen, so betrug die Entfernung zwischen den Electroden 300 Mm., welche der Reiz in etwa 0.006 Sec. zurücklegte, lag dieselbe neben dem Musc. coracobrach., so betrug die Entfernung 400 Mm., wozu ungefähr 0.012 Sec. erforderlich war. Der Unterschied von 100 Mm. hatte also ungefähr 0.006 Sec. erfordert, was mit den direct gefundenen Zahlen recht gut stimmt.

Vielleicht könnte es befremden, dass die Versuche, wobei nur am Vorderarm gereizt wurde, nicht eine noch schnellere Leitung er-

geben haben. Die Anzahl dieser Versuche war jedoch nicht gross, da viele wegen Ungleichheit der Zuckungsgrössen unbrauchbar waren. Die einzelnen Reihen können natürlich nie gleiche Resultate ergeben und nur das Endergebniss vieler Reihen ist als sicher zu betrachten. Es war jedoch bloss unser Zweck, den Unterschied in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit für den Vorderarm und den Oberarm darzuthun und wir glauben denselben erreicht zu haben.

Wenn wir das Ergebniss unserer Untersuchung ins Auge fassen, so sehen wir zunächst, dass der anfangs so erheblich scheinende Unterschied zwischen den Angaben von Helmholtz und unsern Resultaten sich als unwesentlich herausgestellt hat. Derselbe war vielmehr durch die verschiedene Wahl der Reizstellen bedingt. Desto deutlicher trat aber der Unterschied in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit für die verschiedenen Abschnitte des Nerven hervor.

Ueber den Grad der Genauigkeit solcher Untersuchungen lässt sich nur schwer ein Urtheil fällen. Schon bei der Beschreibung der Methode haben wir auf einige Schwierigkeiten hingewiesen. Namentlich waren gleich starke Zuckungen fast unerreichbar und ausserdem liess sich der wahre Anfang derselben nicht mit Sicherheit registriren. Dazu kommt noch, dass bei der langsamen Erhebung der Contractionscurve von der Grundlinie der Anfangspunkt nicht leicht zu bestimmen ist.

Dies Alles muss Fehler verursachen, die sich nur durch eine sehr grosse Anzahl von Versuchen eliminiren lassen würden. Absolut richtige Resultate lassen sich nicht erreichen, aber wir glauben doch, dass die ziemlich bedeutende Zahl unserer Versuche, sowie die geringen Differenzen der einzelnen Resultate mit den daraus berechneten Mittelwerthen eine Genauigkeit verbürgen, wie sie billigerweise gefordert werden darf.

Nachschrift.

Als die vorstehende Arbeit schon dem Druck übergeben war, war mir die in den Berliner Monatsberichten veröffentlichte Mittheilung von Helmholtz der neuen durch Baxt angestellten Versuche noch nicht zu Gesicht gekommen.