

Seite
217
225
226
229
232
238
242
244
247
248
255
259
260
261
263
265
269
271
272
274
274
276
278
280
283
289
290
291
294
295
297
297
298
302
304
306
307
308
308
309
311
312
312
314
316
317
318
321
322
323
329
331
332
333
333
335
335
336

Nervensystem.

Allgemeines.

Wir haben uns jetzt mit der Physiologie des Nervensystems zu beschäftigen. Ehe wir darauf eingehen, müssen wir uns zuerst näher mit den Formbestandtheilen des letzteren bekannt machen. Man theilt die Elemente des Nervensystems ein in zellige und in faserige.

Man kann das Nervensystem vergleichen mit dem Telegraphensysteme eines Staates, wo dann die zelligen Elemente die aufgestellten Apparate vorstellen, während die faserigen, die Nervenfasern, die Drahtleitungen vorstellen, auf welchen die Impulse, einerseits vom Centrum gegen die Peripherie, andererseits von der Peripherie nach dem Centrum befördert werden. Man muss dann das Gehirn und Rückenmark ansehen als die grosse Telegraphenstation der Hauptstadt und die in den verschiedenen Theilen des Körpers zerstreuten Ganglien als die Stationen der kleineren Orte. Wie wir später sehen werden, lässt sich dieser Vergleich nicht im Einzelnen durchführen und aufrechterhalten, im Grossen und Ganzen kann man ihn aber gelten lassen.

Wenn an einer Nervenfasern Alles, was daran vorhanden sein kann, vorkommt, so besteht sie aus der Scheide, einer membranösen, röhri gen Hülle, aus dem Marke und aus dem Axencylinder, nach seinem Entdecker Purkinje, der Purkinje'sche Axencylinder genannt. Er wird auch bezeichnet mit dem Namen des Remak'schen Bandes. Der Axencylinder ist nur ausnahmsweise an der frischen Nervenfasern zu sehen, bisweilen dadurch, dass er an abgerissenen Enden heraushängt; meist muss man sich künstlicher Mittel bedienen, um ihn sichtbar zu machen. Das Nervenmark besteht theils aus Eiweisskörpern, theils aus Cerebrin, Lecithin, Cholesterin und aus Fett, also aus Körpern, von denen ein grosser Theil in Alkohol löslich ist. Man nimmt ein Nervenbündel und kocht es in Alkohol aus. Nachdem dies geschehen, zerfasert man es. Das Nervenmark ist nun krümelich geworden und man sieht in demselben den Axencylinder als einen centralen Strang verlaufen. Er ist aber durch das Auskochen mit Alkohol stark geschrumpft, auf die Hälfte oder ein Dritteltheil seines wahren Durchmessers. Häufig gelingt es auch beim Zer-

reissen der Nervenfasern den Axencylinder eine kürzere oder längere Strecke lang aus der Scheide und den darin befindlichen Resten des Markes heraushängen zu sehen. Ein anderes Hilfsmittel, das von Pflüger angegeben ist, besteht darin, dass man ein Stück eines ganz frischen Nervenstammes, ohne Wasser hinzuzufügen, auf dem Objectträger zerzupft und dann einen Tropfen Collodiumlösung darauf setzt; dann infiltrirt sich die Nervenfasern mit Collodium und nun sieht man im Innern derselben den Axencylinder verlaufen. Noch viel besser kann man den Axencylinder sehen an gehärteten und gefärbten Präparaten. Man nimmt ein Stück von einem Nerven oder ein Stück des Rückenmarks und legt es in Chromsäure, worin es sich soweit erhärtet, dass man es in dünne Schnitte zerlegen kann. Diese dünnen Schnitte bringt man in eine ammoniakalische Karminlösung. Dann färbt sich zuerst der Axencylinder; das Nervenmark nimmt die Färbung schwierig an, so dass zu einer Zeit, wo der Axencylinder schon tief roth gefärbt ist, das Nervenmark noch völlig weiss ist. Dann sieht man auf Längsschnitten den gefärbten Axencylinder durchschimmern und auf Querschnitten sieht man im Centrum den schön roth gefärbten Axencylinder, rundum das Mark und nach aussen davon einen Contour, welcher die Scheide der Nervenfasern darstellt. So schön diese Bilder sind, so sind sie indessen, wie Fleisch nachgewiesen hat, doch in hohem Grade unwahr. Man hat hier nur das geschrumpfte Gerinnsel des eigentlichen Axencylinders, wie er im Leben existirt, vor sich. Des letzteren Consistenz ist wahrscheinlich so gering, dass man sich, wie dies ja bei lebenden Gebilden öfter der Fall ist, schwer entscheiden kann, ob man ihn fest oder flüssig nennen soll. Wenn man Stücke eines und desselben Nerven oder eines und desselben Rückenmarks in Chromsäure, in Alkohol und in Ueberosmiumsäure härtet, so ist der Axencylinder in den in den beiden letzteren Flüssigkeiten gehärteten Präparaten immer viel dicker im Verhältnisse zum Mark, und an Längsschnitten von Chromsäurepräparaten sieht man oft statt des geraden Stranges, den der Axencylinder darstellen soll, einen vielfach angeschwollenen, ja ganz unregelmässigen, mit einer Menge von seitlichen, hernienartigen Ausstülpungen, die sich weit in das Mark hinein erstrecken, versehenen. Besser conservirt der Axencylinder seine Gestalt in sehr verdünnter Ueberosmiumsäure, man kann ihn auch hier auf Querschnitten sehr schön erkennen, wenn man die Säure so lange einwirken lässt, dass sich das Mark dunkel färbt, nicht aber der Axencylinder.

Der Axencylinder zerfällt häufig an seinem peripherischen Ende in sehr feine Fäden. Diese Theilung in feine Fäden kann sich auch, eine kürzere oder längere Strecke weit, in den Axencylinder hinauf fortsetzen. Wenn aber in neuerer Zeit angegeben worden ist, dass der Axencylinder überall aus einer grossen Menge von ausserordentlich feinen Fäden bestehe, welche sich sogar durch die Ganglienzellen, aus denen der Axencylinder, wie wir später sehen werden, entspringt, hindurch fortsetzen sollen, so ist dies etwas, wofür der Beweis vorläufig noch mangelt.

Es ist überhaupt schwer, etwas Bestimmteres über die Structur des Axencylinders auszusagen, weil wir so wenig Gelegenheit haben ihn im lebenden, im ganz frischen und unveränderten Zustande zu untersuchen.

Der Axencylinder ist offenbar der wesentliche Theil der Nervenfasern, in welchem die Fortleitung der Nervenerregungen stattfindet, denn

alle
muss
aus
Mar
lang
perip
Axe
der
servi

das
dünn
thüm
ände
unre
brech
Sche
sehr
Cont
erha
Ner

des
und
geno
faser
tropf
stelle
nenn
Ner

dopp
auch
sie a
wird,
chara
eine
form

komm
tricus
Organ
einer
dicho
sehr
sie v
Name
in de
dicke
stran

alle andern Theile der Nervenfasern können fehlen, nur der Axencylinder muss vorhanden sein. Eine Nervenfasern kann als nackter Axencylinder aus einer Ganglienkugel entspringen, dieser kann dann nachher erst eine Markscheide und eine Hülle bekommen, er kann mit dieser eine Strecke lang verlaufen als markhaltige Nervenfasern, und dann kann er gegen sein peripherisches Ende wiederum die Markscheide verlieren, es kann der Axencylinder allein sich fortsetzen, so dass wir deutlich sehen, dass es der Axencylinder ist, der als wesentlicher Theil der Nervenfasern conservirt wird.

Wenn die Nervenfasern aus dem Körper herausgenommen und unter das Mikroskop gebracht wird, besonders wenn man Wasser oder verdünnte Kochsalzlösung hinzusetzt, so geht das Nervenmark eine eigenthümliche Veränderung, eine Art Gerinnung ein, und bei dieser Veränderung geschieht es, dass sich am Rande zwei mehr oder weniger unregelmässige Contouren neben einander bilden, indem das stark lichtbrechende Mark sich nicht nur nach aussen gegen die membranöse Scheide, sondern auch nach innen gegen den noch nicht geschrumpften, sehr schwach lichtbrechenden Axencylinder absetzt. Wegen dieser doppelten Contouren, welche diese markhaltigen Nervenfasern unterm Mikroskope erhalten, bezeichnet man sie mit dem Namen der doppelrandigen Nervenfasern.

Eine andere Art von Fasern kommt vor in der weissen Substanz des Gehirns, dann im Stamme des Nervus olfactorius, dann im Opticus und im Acusticus. Diese verhalten sich, wenn sie aus dem Körper herausgenommen werden, anders als die eben besprochenen doppelrandigen Nervenfasern. Sie verändern sich so, dass das gerinnende Mark sich in einzelne tropfenförmige Klumpen zusammenballt, die gewissermassen Perlen darstellen, welche auf den Axencylinder aufgezogen sind, und diese Fasern nennt man die markhaltigen perlschnurförmigen oder die varicösen Nervenfasern.

Also die doppelrandigen Nervenfasern sind nicht im lebenden Körper doppelrandig und die markhaltigen varicösen sind im lebenden Körper auch nicht varicös: beide Arten von Nervenfasern sind glattrandig, wenn sie aber aus dem Körper herauskommen, besonders wenn Wasser zugesetzt wird, so verändern sie sich in dieser Weise, und weil diese Veränderungen charakteristisch und leicht wieder zu erkennen sind, so nennt man die eine Art die doppelrandigen, die andere die varicösen oder perlschnurförmigen Fasern.

Die Nervenfasern haben eine sehr verschiedene Dicke. Die dicksten kommen bei den Fischen vor. So hat der Zitterwels, *Malapterurus electricus*, zu jeder Seite eine einzige Nervenfasern für das ganze elektrische Organ. Diese entspringt als ein sehr dicker Axencylinder, der sich mit einer ebenso dicken Scheide umgibt und sich nun nach und nach so lange dichotomisch theilt, bis er das ganze Organ versorgt hat. Eine andere sehr dicke Fasern liegt bei den Fischen jederseits im Rückenmarke, in dem sie von oben nach abwärts verläuft. Diese Fasern hat man auch mit dem Namen der colossalen Fasern bezeichnet. Von den Nervenfasern, welche in den Nervenstämmen verlaufen, sind im Allgemeinen die motorischen dicker, als die sensiblen; vorherrschend dünne Fasern verlaufen im Grenzstrange des Sympathicus.

Ausser diesen markhaltigen Nervenfasern gibt es nun noch marklose, also Fasern, die aus einem Axencylinder, mit oder ohne eine umgebende Scheide, bestehen. Als Remak diese marklosen Fasern zuerst im Sympathicus auffand, da war man geneigt, sie für eine eigene Art von Nervenfasern zu halten, und man bezeichnete sie mit dem Namen der grauen Fasern, im Gegensatze zu den gewöhnlichen oder markhaltigen Fasern. Die markhaltigen Fasern sind weiss wegen des stark lichtbrechenden Markes, welches in ihnen enthalten ist und wegen der starken Reflexion, die dieses Mark bedingt. Deshalb ist die weisse Substanz des Gehirns weiss und die weisse Substanz des Rückenmarkes weiss. Die graue Substanz des Gehirns und Rückenmarkes ist deshalb dunkler gefärbt, weil sie eben diese markhaltigen Fasern nicht enthält, sondern weil sie aus zelligen Elementen und aus marklosen Fasern, Blutgefässen u. s. w. besteht. So erschienen nun auch diese marklosen Fasern, da wo sie in grösserer Masse zusammenliegen, dem blossen oder nur mit der Loupe bewaffneten Auge grau, im Verhältnisse zu den entschieden weissen markhaltigen Fasern, und deshalb hat man ihnen den Namen der grauen Fasern gegeben. Man hat aber später eingesehen, dass dies überhaupt keine eigene Art von Nervenfasern ist, und dass man die Nervenfasern im Allgemeinen nicht eintheilen kann in markhaltige und marklose Fasern, weil ein und dieselbe Nervenfasern marklos entspringen kann, nämlich als nackter Axencylinder, dann markhaltig wird, indem sie sich mit einer Markscheide umgibt und endlich in ihrer peripherischen Ausbreitung wiederum marklos wird, weil sie die äussere Scheide verliert und der Axencylinder sich noch weiter verzweigt. Ja, manche Arten von Nervenfasern sind selbst im Extrauterinleben, in der Kindheit, noch marklos, während sie sich doch in einer späteren Zeit mit einer Markscheide umgeben.

Von den marklosen Nervenfasern gibt es wiederum verschiedene Formen. Erstens gibt es solche, welche entweder rundlich oder etwas bandartig plattgedrückt sind und auf welchen man von Stelle zu Stelle längliche Kerne findet. Das ist die erste Form von allen embryonalen Nervenfasern und zugleich kommen sie, wie gesagt, selbst im Extrauterinleben an Stellen vor, wo man später markhaltige findet. Wenn man den harten Gaumen eines neugeborenen Kindes untersucht, so findet man dort eine grosse Menge von Fasern mit länglichen Kernen, so dass man bei dem ersten Anblicke glaubt, man hätte es mit glatten Muskelfasern zu thun. Verfolgt man diese aber weiter, so sieht man, dass sie in Stämmchen zusammenlaufen und den Charakter der Nerven an sich tragen. Vergleicht man damit den Gaumen eines Erwachsenen, so findet man an ihrer Stelle markhaltige Nervenfasern, indem sie später eine Markscheide erhalten haben.

Andere Arten von Nervenfasern, die man mit dem Namen der marklosen varicösen Fasern bezeichnet, gleichen einem dünnen Faden, der von Stelle zu Stelle kernartige Anschwellungen hat. Noch andere sind mehr oder weniger drehrund oder abgeplattet, bald gröbere und bald feinere Fäden, die entweder parallel nebeneinanderlaufen oder sich dichotomisch verzweigen. Man sieht also, dass diese Arten von Nervenfasern nichts Charakteristisches haben. Man kann also auch einer solchen marklosen Nervenfasern unter dem Mikroskope nicht ansehen, ob sie eine Nervenfasern ist oder ob sie keine Nervenfasern ist. Ganz anders verhält es sich.

wie wir gesehen, mit den markhaltigen. Diese kann man durchaus mit keinem andern Gewebelemente verwechseln; und wenn man deshalb unter dem Mikroskope Fasern hat, von welchen man Verdacht schöpft, dass sie marklose Nervenfasern seien, so kann man die Gewissheit hierüber nur dadurch erlangen, dass man sie zu verfolgen sucht bis zu ihren Verbindungen mit einer markhaltigen Faser. Es ist dies nicht zu allen Zeiten hinreichend beachtet worden und man hat deshalb manche Untersuchungen über Verbreitung von Nervenfasern oder angeblichen Nervenfasern in Organen veröffentlicht, die nicht denjenigen Grad von Sicherheit haben, welchen dergleichen Untersuchungen haben sollten.

Diese marklosen Nervenfasern sind eben äusserst blass und äusserst schwer in den Geweben zu sehen und man hat deshalb verschiedene künstliche Hilfsmittel angewendet, um sie in den Geweben noch sichtbar zu machen. Nun hat man gefunden, dass sich mittelst Goldchlorid die Nerven eigenthümlich violett färben lassen, und man hat deshalb diese violette Färbung in den Organen vielfältig benützt, um in denselben noch Nervenverbreitungen sichtbar zu machen, die man ohne weitere Präparation nicht mehr sehen kann. Da diese Färbung mit Goldchlorid auf einem Reductionsprocesse beruht, und nicht blos Nervenfasern, sondern auch andere Gebilde sich färben, so kann man den Satz, dass sich Nervenfasern mit Goldchlorid färben, nicht ohne Weiteres umkehren und nicht sagen, das, was sich mit Goldchlorid färbt, ist Nervenfaser; sondern man muss immer suchen, die Nervenfasern nach rückwärts zu verfolgen und ihre Verbindungen mit markhaltigen Fasern nachzuweisen: erst dann hat man die Ueberzeugung, dass man es mit marklosen Nervenfasern und nicht mit andern Gewebelementen zu thun habe.

Man war früher der Meinung, dass die Nervenfasern ungetheilt von ihrem Anfange bis zu ihrem Ende verlaufen. Das kam daher, dass man die Theilungen im Verlaufe der Stämme suchte. Da befinden sie sich aber nicht, sondern immer in der Nähe der peripherischen Enden der Nerven. Nachdem Schwann schon früher einmal eine getheilte Nervenfaser im Schwanz einer Froschlarve gesehen hatte, wurden später in den Augenmuskeln Theilungen von Nervenfasern aufgefunden. Nachdem die Nerven in die Muskeln eingetreten sind, theilen sie sich mehrfach dichotomisch, um dann erst zu endigen. Später hat Reichert ein noch geeigneteres Object an einem kleinen Muskel gefunden, der seitlich vom Brustbein der Frösche zur Haut geht. An diesem lassen sich sehr schön eine grosse Menge von Theilungen beobachten. Noch viel zahlreicher sind die Theilungen der motorischen Nerven an den Gliederthieren, z. B. bei den Krebsen, wo sich die Nervenfasern förmlich baumartig verzweigen, ehe sie sich an die einzelnen Muskelfasern vertheilen. Auch andere Nervenfasern als die motorischen verzweigen sich. Am zahlreichsten kommt dies bei den electrischen Nerven vor, besonders bei den Nerven von *Malapterurus electricus*. Auch die sensiblen Nervenfasern verzweigen sich, theils so lange sie noch markhaltig sind, theils nachdem sie ihr Mark verloren. Wenn sich eine markhaltige Nervenfaser verzweigt, so geschieht dies in der Weise, dass an dem Marke und der Scheide eine kleine Einschnürung entsteht und von dieser Einschnürungsstelle aus zwei oder manchmal drei Nervenfasern abgehen, indem sich der Axencylinder dem entsprechend in eben so viele neue Fäden theilt. Dergleichen Verzweigungen können mehrmals hintereinander statt-

finden. Die Theilungen marklos gewordener Fasern gehen so vor sich, dass sie in feine Fäden zerfallen, die complicirte Strickwerke und Plexus bilden können, wie solches namentlich von den Nerven der Hornhaut bekannt ist.

Es fragt sich nun, wie entspringen die Nervenfasern? Die Nervenfasern entspringen im Centralorgane, im Gehirn- und Rückenmark und in den Ganglien, von eigenthümlichen Zellen, welche man mit dem Namen der Ganglienzellen oder Ganglienkugeln belegt hat. Man fand sie zuerst, indem man Ganglien unter dem Mikroskope im Wasser zerzupfte. Da riss man die Ursprünge der Nervenfasern von den betreffenden Zellen ab. Diese waren im Wasser zu sphäroidischen Massen aufgequollen, stellten also Kugeln dar, und daher rührt der Name Ganglienkugeln. Heutzutage, wo man die Sachen besser in situ und an gehärteten Präparaten studiren kann, da weiss man, dass von diesen Zellen wohl keine einzige eine wirkliche Kugel ist, sondern dass sie eine sehr unregelmässige Gestalt haben; weshalb auch von Manchen der Name Ganglienkugeln vermieden wird, so dass sie als Ganglienzellen, als Ganglienkörper oder auch schlechtweg als Nervenzellen bezeichnet werden. Jede dieser Ganglienkugeln besteht aus einem Protoplasmaleibe, zu dem noch eine äussere Hülle hinzukommen kann, und aus einem Kerne. In diesem Kerne befindet sich wieder ein Kernkörperchen, und in einigen Ganglienkugeln hat Mauthner in diesem Kernkörperchen noch ein Kernkernkörperchen gefunden, welches er mit dem Namen Nucleololus bezeichnet. Gewöhnlich sieht man den Kern in dem körnigen Protoplasma der Ganglienzelle als eine runde oder mehr oder weniger unregelmässige, aber doch immer scharf begrenzte Masse liegen und in ihm das Kernkörperchen. Es scheint aber als ob im Leben der Kern nicht immer so streng von dem übrigen Protoplasma geschieden wäre, es scheint, dass er mit ihm in einem näheren Zusammenhange ist. Wenigstens muss man dies aus Bildern schliessen, welche E. Fleischl bekommen hat, indem er ganz frische, lebende Ganglienkugeln in Borsäurelösung hineinbrachte, wo sich dann der Kern gewissermassen nach und nach aus dem Protoplasma losschälte, mit dem seine Masse offenbar in einer innigeren Verbindung war, als man sie an den bereits abgestorbenen Ganglienkugeln wahrnimmt.

Die Ganglienkugeln theilt man ein in apolare, d. h. in solche, die keine Fortsätze haben, sondern blos aus einem runden Protoplasmaleibe mit oder ohne Hülle bestehen, in welcher ein Kern mit Kernkörperchen liegt. Zweitens in unipolare, d. h. in solche, von denen ein Fortsatz ausgeht, der dann in eine Nervenfasern übergeht. Oder in bipolare, die mit zwei Nervenfasern in Verbindung stehen, die gewöhnlich nach entgegengesetzter Richtung abgehen, so dass die Ganglienkugel in den Verlauf der Nervenfasern eingeschaltet erscheint. Endlich in multipolare, bei denen drei oder mehrere Fortsätze vorhanden sind, von denen wenigstens einer in eine Nervenfasern übergeht. Diese Fortsätze an den multipolaren Ganglienzellen gehen nämlich keineswegs alle in Nervenfasern über, wenigstens nicht direct, sondern die meisten von ihnen verzweigen sich in immer feinere Aeste, und diese dringen zwischen die umgebenden Gewebstheile ein, so dass die Ganglienkugel durch diese Fortsätze gewissermassen wie durch Wurzeln und Würzelchen in dem umgebenden Gewebe befestigt ist: dies sind die s. g. Protoplasmafortsätze.

Es ist behauptet worden, dass von jeder solchen Ganglienkugel nur immer ein Fortsatz direct in eine Nervenfasern übergehe. Es ist aber der Beweis, dass eine solche Ganglienkugel nur einen Fortsatz hat, welcher in eine Nervenfasern übergeht, in den meisten Fällen sehr schwer zu führen. Wenn wir die Ganglienkugeln durch Zerzupfen isoliren, so reissen wir sehr leicht einen oder den andern Fortsatz ab und erkennen dann hinterher die Stellen nicht mehr, an denen diese Fortsätze abgerissen sind. Daher rührt es auch, dass man in neuerer Zeit, wo man bessere Untersuchungsmethoden hat, lange nicht mehr so viel apolare Ganglienkugeln findet, als früher, wo man Alles durch Zerzupfen darstellte. Früher erschienen bei weitem die meisten Ganglienkugeln apolar, weil man ihre Fortsätze abgerissen hatte, und nur ausnahmsweise gelang es die eine oder andere zu finden, die noch mit einer Nervenfasern in Verbindung stand. Auf Durchschnitten von gehärteten Präparaten sieht man wiederum nur die Fortsätze, welche in der Ebene des Schnittes liegen, und man ist also nicht sicher alle Fortsätze einer solchen Ganglienkugel zu haben. Das Beste ist es noch, um die Fortsätze einer Ganglienkugel möglichst vollständig zu haben, dass man erst härtet und dann zerzupft, weil dann die Fortsätze eine grössere Consistenz haben und weil, wenn man sie abreisst, man wenigstens die Stellen, an denen ein Fortsatz abgerissen ist, da Alles geronnen ist, leichter erkennt, als wenn man die Gebilde frisch zerzupft. Wir werden später im Rückenmarke grosse Ganglienzellen kennen lernen, aus denen die Bewegungsnerve ihren Ursprung nehmen. An diesen ist allerdings immer ein Nervenfasernfortsatz als solcher ausgezeichnet: er tritt direct und ungetheilt in die motorische Wurzel über. Die übrigen, verzweigten, sogenannten Protoplasmafortsätze sollen nach Gerlach indirect durch ein nervöses Netzwerk mit centripetalen Bahnen in Verbindung stehen, vielleicht auch mit solchen, die zum Gehirn führen.

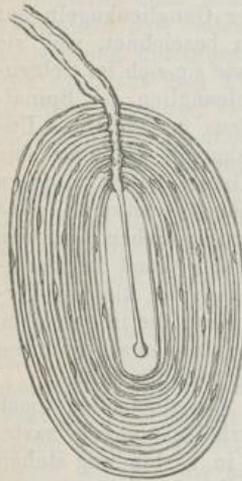
Diese bisher besprochenen Ganglienzellen oder Ganglienkugeln hat man auch mit dem Namen der Grossganglienkugeln bezeichnet, weil sie verhältnissmässig grosse Gewebelemente sind, so wie sie sich im Gehirn und Rückenmark und sowie sie sich in den Wurzelganglien der Spinalnerven und in den grösseren Ganglien des Sympathicus finden. Diese Unterscheidung der Ganglienkugeln als Grossganglienkugeln ist aber eine unglückliche, weil sie keineswegs eine bestimmte Grösse haben, sondern auch kleinere Gewebelemente vorkommen, die ihnen functionell ganz gleich stehen. Wenn man auf die kleineren, mikroskopischen Ganglien des Sympathicus übergeht, z. B. auf die Ganglien in der Wand des Darmkanals und in der Wand der Harnblase, so findet man viel kleinere derartige Gebilde, die im Uebrigen ganz so beschaffen sind, die in derselben Weise mit Nervenfasern in Verbindung stehen, welche also den sogenannten Grossganglienkugeln voraussichtlich functionell gleichwerthig sind.

Im Centralorgane findet man ausser diesen Ganglienzellen noch andere Arten von zelligen Gebilden. Zunächst verhältnissmässig zarte, blasse Zellen, welche mit den weissen Gehirnfasern in Verbindung stehen und die man daher unzweifelhaft auch als Nervenzellen bezeichnen muss. Ausserdem findet man kleinere Zellen, bei welchen der Protoplasmaleib im Verhältnisse zur Grösse des Kernes klein ist, und endlich solche, bei denen der Protoplasmaleib so klein geworden ist, dass da, wo sie in Masse

zusammenliegen, nur ein Kern neben dem andern zu liegen scheint. Dies sind die s. g. Nuclearformationen, wie sie im Gehirne und in der Retina vorkommen. Nach der Constanz, mit der sie immer in bestimmten Theilen des Centralorganes und der Retina vorkommen, und da sie eben in anderen nicht nervösen Theilen kein Analogon finden, kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass auch diese Elemente functionell zum Nervensysteme gehören.

Ausserdem findet sich im Centralorgane eine nicht unbeträchtliche Menge von Zellen und von Fasern, von denen man nicht mehr mit Bestimmtheit weiss, ob man sie functionell noch zum Nervensysteme rechnen oder ob man sie als Formationen betrachten soll, die mehr dem Bindegewebe angehören und welche zum Stützen und Zusammenhalten der Nervelemente dienen. Daher rührt es auch, dass seit langer Zeit ein bis jetzt noch unentschiedener Streit darüber geführt wird, was im Centralorgane Nervelemente, und was sogenanntes Bindegewebe sei. Eigentliches Bindegewebe kommt übrigens im Rückenmarke verhältnissmässig wenig vor. Das eigentliche Bindegewebe löst sich nämlich in einem Gemische von Salpetersäure und chlorsaurem Kali auf. Das wird schon seit lange von Budge und Anderen angewendet, um das Bindegewebe in den Organen zu zerstören und in das Bindegewebe eingelagerte Theile, Muskel, Drüsen u. s. w. zu isoliren. Wenn man nun einen Rückenmarkschnitt in dieses Gemisch einlegt, so findet man, dass nichts zerstört wird, als die Pia mater mit den Fortsätzen, die sie in das Rückenmark hineinschickt. Die übrigen Gewebe sind also offenbar kein wirkliches Bindegewebe. Da aber nichtsdestoweniger Vieles darunter ist, was man nicht mit Fug und Recht zum Nervensysteme zählen kann, so hat Kölliker hiefür den Namen Stützgewebe vorgeschlagen und dieser ist allgemein angenommen worden.

Fig. 1.



Eine weitere Frage ist die, wie endigen die Nervenfasern? Indem man sich die Fortleitung der Impulse in den Nervenfasern in ähnlicher Weise dachte, wie in Drahtleitungen, welche man zur Fortleitung electricischer Ströme braucht, so glaubte man gefunden zu haben, dass die Nerven in Schlingen endigen. In der That kann man auch in den Muskeln und an anderen Orten nicht selten Schlingen finden, aber das sind keine Endschlingen, sondern die Nerven verlaufen noch weiter, verzweigen sich dichotomisch, um dann in anderer Weise, die wir bald kennen lernen werden, zu endigen. Man weiss jetzt, dass von allen Nerven, deren Endigungsweise wir kennen, kein einziger in Schlingenform endigt.

Diejenigen Nervenendigungen, welche man zuerst kennen lernte, waren die in den s. g. Vater'schen oder Pacini'schen Körperchen (Figur 1). Der deutsche Anatom Vater fand, dass unter der Haut im Bindegewebe in der Vola manus und der Planta pedis eigenthümliche Körper liegen, welche wie eiförmige Beeren, an den Endigungen der Nerven hängen. Diese Entdeckung ist wieder in

Verg
und
Vater

eiförm
eine
aus
sehr
ihr M
inner
einer
Axen
man
Ausz
so d
Aeste

zu b
da n
zunä
Pacir
Idee
nicht
unter
an ei
und
auch
kann

teriu
dann
neber
dem
Beim
man
Da li
beere
Pacir
wach
dass
so ka
finde

deckt
Name
Wen
mach
lich
Papil
pillen

Vergessenheit gerathen, bis später Pacini diese Körperchen wieder fand und sie mikroskopisch untersuchte. Sie führen deshalb den Namen der Vater'schen oder Pacini'schen Körperchen.

Denkt man sich eine markhaltige Nervenfasern, so tritt diese in ein eiförmiges Gebilde und verliert nach und nach ihr Mark, während sie eine Reihe von bindegewebigen, membranösen Schichten durchbohrt, aus welchen das Pacini'sche Körperchen besteht. Diese Schichten sind sehr zahlreich, und nachdem die Nervenfasern sie alle durchbohrt und ihr Mark verloren hat, tritt endlich der nackte Axencylinder in einen inneren, mit einer durchsichtigen Substanz gefüllten Raum, wo er mit einer knopfförmigen Anschwellung endigt. Bisweilen theilt sich dieser Axencylinder so, dass er mit zwei Knöpfchen endigt, niemals aber sieht man eine Schlinge. Bisweilen ist auch der Axencylinder in grösserer Ausdehnung getheilt, und bisweilen ist das ganze Körperchen getheilt, so dass es einen Zwilling darstellt und die Nervenfasern sich in zwei Aeste theilt, deren jeder, in derselben Weise wie eine ungetheilte endigt.

Es fragt sich, was dies für Nerven sind, und was diese Körperchen zu bedeuten haben? Motorische Nerven können es offenbar nicht sein, da nichts vorhanden ist, was sie bewegen könnten. Man hat sie deshalb zunächst für Tastnerven gehalten. Als man aber die Verbreitung der Pacini'schen Körperchen näher kennen gelernt, musste man von dieser Idee zurückkommen. Denn erstens liegen sie in der *Vola manus* durchaus nicht günstig für das Tasten. Sie liegen in der Tiefe, im Bindegewebe unter der *Cutis*. Man hat sie aber auch später an Orten gefunden, wo an ein Tasten noch weniger zu denken ist, so im Mesenterium der Katzen und beim Menschen im Bindegewebe hinter dem Pankreas. Wenn man sie auch im Allgemeinen als Endigungen von Empfindungsnerven ansehen kann, so kann man sie doch nicht als Tastorgane deuten.

Das beste Object diese Körperchen zu untersuchen bietet das Mesenterium der Katze. Dieses braucht man nur gegen das Licht zu halten, dann sieht man die Körperchen an den Aesten der Nerven hängen, die neben den grossen Gefässen des Mesenteriums verlaufen. Man sieht sie in dem umgebenden Fette als kleine, helle, durchsichtige Punkte liegen. Beim Menschen findet man sie am leichtesten, indem man einen Durchschnitt durch die Fingerbeere macht. Da liegen sie unter der Haut, im Bindegewebe der Fingerbeere, und da beim neugeborenen Kinde ebensoviele Pacini'sche Körperchen vorhanden sind als beim Erwachsenen, die Fingerbeere aber viel kleiner ist, so dass sie auf einen kleineren Raum beschränkt sind; so kann man sie hier am leichtesten und reichlichsten finden.

Die wahren Tastkörperchen sind von Meissner entdeckt worden, und man bezeichnet sie deshalb mit dem Namen der Meissner'schen Tastkörperchen (Fig. 2). Wenn man einen Durchschnitt durch die Fingerbeere macht, so findet man, dass die Hautpapillen nicht sämmtlich gleiche Länge haben, sondern dass zwischen verhältnissmässig langen Papillen, kürzere und dickere Papillen vorkommen. In den langen Papillen gehen die Gefässschlingen ganz hinauf bis an die Spitze, in diesen

Fig. 2.

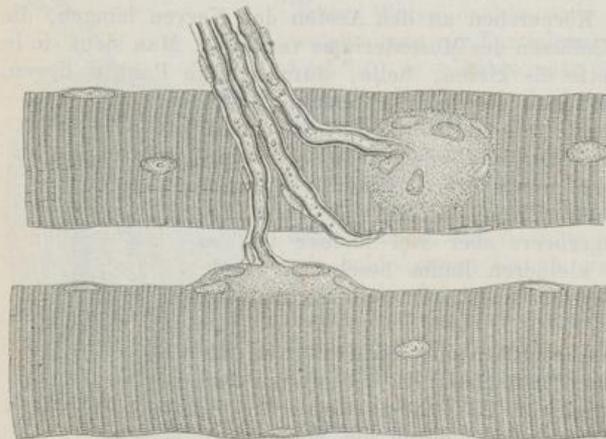


kurzen Papillen aber liegt nur eine Gefässschlinge im unteren Theile derselben, und dafür liegt im oberen Theile ein längliches, eiförmiges oder, wie man gesagt hat, tannenzapfenartiges Gebilde, in welches hinein sich ein oder mehrere doppelrandige markhaltige Nervenfasern verfolgen lassen. Diese sieht man sich darin noch scheinbar theilen. Nach den von G. Thin im hiesigen pathologischen Institute ausgeführten Untersuchungen enthält jedes Tastkörperchen so viele von einer Kapsel umschlossene Einzelkörper als Nervenfasern eintreten, die in den Einzelkörpern endigen sollen, ohne sich zu theilen. Es gibt darnach Einlinge, Zwillinge und Drillinge. Jedes Einzelkörperchen ist hiernach das Endgebilde einer und nur einer Nervenfaser. Das ganze Körperchen ist mit Querstreifen bedeckt, als ob es aus einem oder mehreren fadenförmigen Gebilden zusammengeknäult wäre. Die Art und Weise, wie die Nervenfasern in diesem Gebilde endigen, kennt man nicht genau; man weiss nur, dass diese Körperchen wahre Endgebilde sind, und da sie gerade an denjenigen Theilen gefunden werden, mit denen wir vorzugsweise tasten, so ist der Schluss berechtigt, dass diese Körperchen wahre Tastkörperchen seien.

Noch an anderen Stellen des Körpers hat man unmittelbar unter der Oberfläche kolbenartige Gebilde gefunden, in welche offenbar sensible Nerven hineingehen. Man würde aber irren, wenn man daraus schliessen wollte, dass die sensiblen Nerven immer und überall mit kolbenartigen Endgebilden endigen müssen.

In neuerer Zeit hat Cohnheim die Nerven der Hornhaut näher untersucht und mit Hilfe der Vergoldungsmethode gefunden, dass die Nerven der Cornea, in der Nähe der Oberfläche derselben, ein reiches Netzwerk von marklosen Fasern, einen wahren Plexus bilden, und dass von diesem Plexus aus wieder kleine Fäden hinauf gehen, an die Ober-

Fig. 3.



fläche und zwischen den Epithelzellen blind endigen.

Von den motorischen Nerven kennt man bis jetzt nur die Endigungen in den Skelettmuskeln mit Sicherheit. Die Endigungen der motorischen Nerven in den unwillkürlichen Muskeln sind nicht mit Bestimmtheit bekannt. Die ersten derartigen Endigungen hat Doyère beobachtet, und zwar bei Gliederthieren, bei Tardigraden. Er beobachtete, dass das Sarkolemma der Muskelfaser sich in einen Hügel erhebt und dann sich unmittelbar fortsetzt in die Scheide

einer
contra
der D
dass d
Glieder
Die m
Muske
über
conve
lappte
der e
nannt
zusam
zwei
je ein
der S

muske
bei de
Kern
und a
nach
einzel
einem
der co
ander
die Sa
ist,
Subst
contra
mehre
knosp

unter
zuletz
die E
ist d
verlie
dass
den P
der M
Muske
contra
an de
oder
man
mit d
zusam
weise
knosp

einer Nervenfasern, die in diesem Hügel endigt. Dieser Hügel liegt der contractilen Substanz äusserlich auf und er heisst nach seinem Entdecker der Doyère'sche Nerven hügel. Kühne hat später nachgewiesen, dass dies eine ganz allgemeine Art der Endigung ist, nicht nur bei andern Gliederthieren, sondern auch bei den Wirbelthieren und beim Menschen. Die markhaltige Nervenfasern verliert, wenn sie im Begriffe ist in die Muskelfasern einzutreten, ihr Mark, die Scheide geht in das Sarkolemma über und bildet einen Doyère'schen Hügel, der bald flacher, bald mehr convex ist. Der Axencylinder der Nervenfasern breitet sich in eine gelappte Platte aus, die, in einer körnigen, gelatinösen Masse eingebettet, der contractilen Substanz aufliegt. Diese gelappte Platte, die sogenannte Endplatte mit dieser körnigen gelatinösen Substanz, bilden zusammen den Inhalt des Doyère'schen Nerven hügels. Figur 3 zeigt zwei Muskelfasern eines Meerschweinchens (nach Engelmann) mit je einem Nerven hügel, den einen von oben gesehen, den andern von der Seite

So endigen die motorischen Nerven in allen denjenigen Skelettmuskeln, die nach dem Typus der menschlichen Skelettmuskeln gebaut sind, bei denen also auf dem Querschnitte jedesmal nur ein wandständiger Kern sich vorfindet. Wir wissen aber, dass bei den nackten Amphibien und auch in gewissen Muskeln der Vögel Muskelfasern vorkommen, die nach einem andern Typus gebaut sind, in welchem gewissermassen mehrere einzelne Fasern zusammengefasst sind, so dass mehrere Kerne auf einem und demselben Querschnitte gefunden werden, die dann innerhalb der contractilen Substanz vertheilt sind. Solche Muskeln haben auch eine andere Art der Nervenendigung. So bildet bei den Fröschen, nachdem die Scheide des Nerven in das Sarkolemma der Muskelfasern übergegangen ist, der Axencylinder keine zwischen Sarkolemma und contractiler Substanz liegende Endplatte, sondern er dringt in das Innere der contractilen Substanz ein, verzweigt sich darin und endigt dann in mehreren kernhaltigen Gebilden, die Kühne mit dem Namen der Endknospen bezeichnet.

Dass wir diese Nervenendigungen so gut und so vollständig haben untersuchen können, hat darin seinen Grund, dass die Nervenfasern bis zuletzt ihr Mark behalten, und der Grund, dass wir nichts Sicheres über die Endigungen der Nervenfasern in den organischen Muskeln wissen, ist der, dass bei diesen die Nervenfasern ihr Mark verhältnissmässig früh verlieren, und dass es dann sehr schwer ist, sie zu verfolgen. Man glaubt, dass die feinen Fäden, in welche sich zunächst die Nerven vertheilen, mit den Protoplasmaresten in Verbindung stehen, welche sich um den Kern der Muskelfasern herum befinden. Es ist bekannt, dass, wenn sich eine Muskelfasern ausbildet, die Umwandlung des embryonalen Protoplasmas in contractile Substanz im Allgemeinen von der Peripherie beginnt und dass an dem Kerne jederseits eine bald grössere, bald kleinere Menge nicht oder anders metamorphosirten Protoplasmas zurückbleibt. An diesem hat man nun feine Fäden hängen gesehen, von welchen man glaubt, dass sie mit den letzten Fäden, die man wiederum an den Nerven beobachtet hat, zusammenhängen. Es hat dies die Analogie für sich mit der Endigungsweise der Nervenfasern in den Froschmuskeln, in den sogenannten Endknospen.

Nachdem wir uns nun mit den Elementen des Nervensystems in morphologischer Beziehung im Grossen und Ganzen bekannt gemacht haben, wollen wir näher eingehen auf die physiologischen Eigenschaften der Nerven.

Wir haben früher gesehen, dass sich das Nervensystem im Grossen und Ganzen mit einem ausgebreiteten Telegraphensysteme vergleichen lasse, aber dabei bemerkt, dass dieser Vergleich im Einzelnen nicht durchführbar sei. Die Nerven sind in Rücksicht auf die Art, wie sie leiten, auf die Geschwindigkeit, mit welcher sie leiten, und in Rücksicht auf ihr Leitungsvermögen überhaupt, in hohem Grade verschieden von den metallischen Leitungen, welcher wir uns zum Fortleiten electricischer Ströme bedienen. Zunächst haben sie für die electricischen Ströme einen ausserordentlich grösseren Leitungswiderstand als Metalleitungen. Nach den Untersuchungen von Weber ist der Leitungswiderstand der Nervensubstanz ungefähr fünfzigmillionenmal so gross, als der des Kupfers.

Aber auch die Geschwindigkeit, mit der die Nervenfasern ihre eigenen Impulse leiten, ist verhältnissmässig sehr gering im Vergleiche mit der Geschwindigkeit, mit der sich die electricischen Erregungen fortpflanzen. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Erregungen in den Nerven fortpflanzen, ist zuerst durch Helmholtz nach zwei verschiedenen Methoden gemessen worden.

Er benutzte bei der ersten Methode das Myographion, das dazu dient, den zeitlichen Verlauf der Muskelcontraction in einer Curve darzustellen. Dabei beobachtet man zuerst ein Stadium der latenten Reizung, hierauf erfolgt die Contraction des Muskels, erreicht ihr Maximum, dann erschlafft die Muskelfaser und kommt endlich nach einigen Schwingungen in ihrer Gleichgewichtslage zur Ruhe. Wenn man nun z. B. den Nerven des Gastrocnemius des Frosches, welcher am Myographion arbeitet, lang herauspräparirt hat und einmal den Inductionsschlag, mit dem gereizt wird, dicht am Muskel durchgehen lässt, während man ihn ein anderes Mal in beträchtlicher Entfernung vom Muskel hindurchsendet, so erhält man zwei Zuckungscurven, die dann nicht zusammenfallen, sondern um ein Stück gegeneinander verschoben sind. Nimmt man nun zwei correspondirende Punkte der beiden Curven, z. B. die beiden Gipfel, und misst die horizontale Entfernung zwischen ihnen, so erhält man das Stück, um welches die zweite Curve gegen die erste verschoben ist, und, wenn man die Geschwindigkeit kennt, mit der der Cylinder, auf dem der Stift schreibt, rotirte, so kann man daraus die Zeit berechnen, die verbraucht wurde, damit die Erregung von der höheren Reizstelle bis zur tieferen fortpflanzt wurde.

Die zweite Methode mittelst der Helmholtz die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenirregungen bestimmte, beruht auf einer Methode von Pouillet, die derselbe angegeben, um überhaupt sehr kleine Zeiträume zu messen. Wenn durch eine Tangentenboussole ein electricischer Strom eine sehr kurze Zeit hindurch geht, so lenkt er die Magnetnadel ab; er lenkt sie aber natürlich nicht zu dem ganzen Ausschlage ab, welcher erzielt worden wäre, wenn der Strom längere Zeit hindurchgegangen wäre. Wenn man nun die constante Ablenkung kennt, welche die Magnetnadel dieser Boussole erhalten würde, wenn der Strom von derselben Stärke dauernd durch dieselbe hindurchginge, und die Schwin-

gung
wäre
Ablen
consta
Stärke
Ablen
Zeit h
rechne

dass e
einen
in der
er ein
Dann
der M
an ein
wenn
herun
lich v
als de
unterf
nicht
tiplica
wo de
Nun v
ven g
einand
die Z
der ol
Versu
würdi
als Mi
der z
langsa
keit,
Zahlen
hat n
Rücke

sehen
bestim
stämm
so das
werde
seits
ander
Weise
digkei
seine
hatte

ungsdauer der Magnetonadel; so kann man daraus die Zeit berechnen, während welcher der Strom hindurchgegangen ist, um eben diese geringere Ablenkung, die man beobachtet hat, hervorzurufen. Nachdem man also die constante Ablenkung der Boussole durch einen Strom von bestimmter Stärke experimentell ermittelt hat, dient das blosser Ablesen der kleinen Ablenkung, welche dadurch erzielt wird, dass der Strom eine sehr kurze Zeit hindurchgeht, dazu eben die Dauer dieser sehr kurzen Zeit zu berechnen.

Dieses Verfahrens hat sich nun Helmholtz in der Weise bedient, dass er einen Muskel vom Nerven aus einmal dicht am Muskel durch einen Inductionsschlag reizte. Gleichzeitig mit dem Reize trat der Strom in den Multiplicatorkreis ein. Wenn der Muskel sich zusammenzog, hob er eine Platinspitze von einer Platte ab und öffnete dadurch diesen Kreis. Dann hörte also der Strom im Multiplicator auf. Unmittelbar darauf hob der Muskel auch noch eine Spitze aus Quecksilber und öffnete so den Kreis an einer zweiten Stelle. Das Quecksilberniveau war so eingerichtet, dass, wenn die Metallspitze einmal herausgehoben war und dann auch wieder herunterfiel, sie das Quecksilberniveau nicht mehr berührte. Es war nämlich vorher ein Quecksilbertropfen aufgezogen worden, so dass, so lange als der Contact dauerte, die Leitung stattfand: so wie aber durch Herunterfallen des Tropfens der Contact unterbrochen worden, stellte er sich nicht mehr her. Auf diese Weise war also der Strom durch den Multiplicator gegangen von der Zeit an, wo der Reiz erfolgte, bis zur Zeit, wo der Muskel sich so weit contrahirte, dass er die Platinspitze abhob. Nun wurde derselbe Versuch so angestellt, dass am oberen Ende des Nerven gereizt wurde, und man erhielt so zwei Zeitwerthe, die man von einander subtrahirte, und die Differenz, welche man erhielt, war offenbar die Zeit, welche verbraucht worden war, damit die Erregung sich von der oberen bis zur unteren Reizstelle fortpflanze. Die Mittelwerthe der Versuche, die nach diesen beiden Methoden angestellt waren, haben merkwürdig übereinstimmende Resultate ergeben. Helmholtz erhielt nämlich als Mittelwerth bei der ersten Methode 27.25 Meter in der Secunde, nach der zweiten 26.40. Man sieht aus diesen Zahlen, wie ausserordentlich langsam diese Leitung vor sich geht, im Vergleiche mit der Geschwindigkeit, mit welcher sich electrische Vorgänge fortpflanzen. Auch diese Zahlen gelten nur für die Leitung in den Nervenstämmen. S. Exner hat nachgewiesen, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Gehirn und Rückenmarke des Frosches noch geringer ist.

Helmholtz hat nun auch versucht am Körper des lebenden Menschen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den motorischen Nerven zu bestimmen. Wir wissen, dass man durch feuchte Stromgeber die Nervenstämmen in der Tiefe an verschiedenen Orten ihres Verlaufes erregen kann, so dass die von ihnen innervirten Muskeln in Zusammenziehung versetzt werden. So kann man Muskeln, die die Hand und Finger bewegen, einerseits in Zusammenziehung versetzen von Erregungsstellen am Unterarme, andererseits von Erregungsstellen hoch oben am Oberarme. In dieser Weise hat Helmholtz Versuche angestellt über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Nerven des lebenden Menschen. Aber Anfangs stimmten seine Versuche und die anderer Beobachter sehr wenig überein. Nun hatte sich bei den Versuchen an Fröschen schon gezeigt, dass, wenn die

Frösche vorher erkältet worden sind, die Leitung in den Nerven bedeutend verlangsamt ist, und als Helmholtz im Vereine mit Baxt diese Versuche von Neuem aufnahm, richtete er seine Aufmerksamkeit darauf, ob nicht vielleicht die Temperatur eine wesentliche Ursache der abweichenden Resultate sei.

In der That fanden die beiden Beobachter, dass die Werthe sehr verschieden ausfielen, je nachdem sie den Arm, an dem sie experimentirten, künstlich erwärmten oder erkälteten, und zwar war die Geschwindigkeit immer grösser, wenn sie vorher erwärmt hatten, und geringer, wenn sie früher erkältet hatten. Sie erhielten dabei Werthe, von denen der eine gegen den andern beiläufig um das Doppelte verschieden war. Es war aber nicht allein die Temperatur, sondern auch die Länge der durchlaufenen Strecke, die in Betracht kam. Wenn sie an zwei Stellen des Unterarms reizten und dann die Geschwindigkeit berechneten, mit der sich die Erregung fortpflanzte, so bekamen sie einen geringeren Werth als wenn sie das eine Mal hoch oben am Oberarm, das andere Mal unten am Unterarm reizten. Auf solche Weise, durch Temperaturveränderungen und durch Veränderungen in der Länge der durchlaufenen Strecke konnte an einem und demselben Individuum einmal eine Geschwindigkeit von $36\frac{1}{2}$ Meter in der Secunde, das andere Mal eine Geschwindigkeit von $89\frac{1}{2}$ Meter in der Secunde erzielt werden. Für die Fortpflanzung motorischer Impulse im menschlichen Rückenmark fand S. Exner 11 bis 12 Meter in der Secunde.

Behufs der Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Empfindungsnerven erregt man zwei Stellen, die verschieden weit vom Gehirn entfernt sind und lässt das Individuum, wenn es die Erregung fühlt ein Zeichen geben. Auf diese Weise bekommt man auch wieder zwei Zeiten, die man von einander subtrahiren kann und die Differenz entspricht im Allgemeinen der Zeit, die die Erregung brauchte, um von der entfernter liegenden Reizstelle bis zur Höhe der näher liegenden sich fortzupflanzen. Man schätzt nach diesen Versuchen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Empfindungsnerven ungefähr so gross, wie in den Bewegungsnerven. Für die Fortpflanzung in sensibeln Bahnen des menschlichen Rückenmarkes fand S. Exner 8 Meter in der Secunde.

Wir haben eben gesehen, dass die Versuchsergebnisse verschieden ausfielen, je nachdem man eine kürzere oder längere Strecke der motorischen Nerven benützte, um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in derselben zu messen. Es führt uns dies zu einer andern merkwürdigen Eigenthümlichkeit der Nerven, durch die sie sich auch wieder ganz von den electrischen Leitungen entfernen. Wenn man den Nerven eines Muskels lang herauspräparirt und abschneidet und nun den geringsten Reiz, den schwächsten Stromstoss sucht, der, wenn man nahe am Ende reizt, noch Muskelcontraction hervorruft, so zeigt sich, wie Pflüger fand, dieser Stromstoss unwirksam, wenn man ihn in der Nähe des Muskels durch den Nerven sendet, mit anderen Worten, die Reizbarkeit des Nerven nimmt vom Muskel gegen das abgeschnittene Ende hin zu, und zwar in sehr auffallender Weise. Heidenhain fand später, dass auch in der Nähe des Muskels die Reizbarkeit wächst, wenn man den Nerven verkürzt. Bei jedem Stück Nerv, das man abschneidet, erhöht sich die Reizbarkeit von Stufe zu Stufe und erreicht ihr Maximum, wenn die

Elect
prüfen
benüt
immer
selben
Millim
Erfolg
kurz

dass s
zwar
welch
Ström

die Bä
er auf
mit se
berüh
Längs
rade s
Nerve
und z
von d
Strom
stück
der Q
bei de
Worte
schwä
motori
nicht

gelern
die M
finden
Stroms
der R
fortpfl
gequet
negativ
electri
Frösch
auch s
dender
Schwa
Er zei
28 Me
derjeni
fortpfl
er, da

Electroden dicht am Schnittende liegen. Man muss deshalb die stromprüfenden Froschschenkel, d. h. die Nervmuskelpräparate, welche man benützt um schwache und kurzdauernde Stromstösse zu signalisiren, immer so mit den Electroden in Verbindung bringen, dass die eine derselben ganz nahe am Nervenende liegt. Die andere kann man einige Millimeter davon gleichfalls an den Nervenstamm legen, oder mit gutem Erfolge auch an den enthäuteten Muskel, wenn der Nerv hinreichend kurz ist um keinen zu grossen Leitungswiderstand zu machen.

Eine andere wichtige Eigenthümlichkeit der Nervenfasern ist die, dass sie nach du Bois' Entdeckung selbst electromotorisch wirken und zwar in ganz ähnlicher Weise wie die Muskeln, nur dass die Ströme, welche sich von den Nerven ableiten lassen, viel schwächer sind als die Ströme, die man von den Muskeln erhält.

Denken wir uns wieder die Zuleitungsgefässe, den Multiplicator und die Bäusche, und stellen wir uns vor, dass ein Nerv so aufgelegt wäre, dass er auf der einen Seite mit dem natürlichen Längsschnitte, d. h. also mit seiner natürlichen Oberfläche, auf der andern mit dem Querschnitte berührt, so erhalten wir einen Strom im Multiplicatordrahte, der vom Längsschnitte des Nerven zum Querschnitte desselben gerichtet ist, gerade so wie wir dies bei den Muskeln gesehen haben. Legen wir den Nerven so auf, dass er auf beiden Seiten mit dem Längsschnitte berührt und zwar mit symmetrischen Punkten, d. h. Punkten, die gleichweit von den Enden des Nervenstückes entfernt sind, so erhalten wir keinen Strom, und ebensowenig erhalten wir einen Strom, wenn wir ein Nervenstück so mit den Bäuschen in Verbindung bringen, dass auf beiden Seiten der Querschnitt berührt. Es wiederholt sich hier also Alles, was wir bei den Muskeln kennen gelernt haben, wir brauchen nur statt des Wortes Muskelfaser das Wort Nervenfasern zu setzen. Die Ströme sind schwächer, aber nur wegen des grösseren Widerstandes. Die electromotorische Kraft ist nach du Bois so gross, wie bei den Muskeln, wenn nicht grösser.

Wir haben in den Muskeln eine negative Stromschwankung kennen gelernt, welche eintritt, wenn wir durch intermittirende electriche Ströme die Muskeln zur Zusammenziehung reizen. Die analogen Erscheinungen finden sich auch bei den Nerven. Auch hier haben wir eine negative Stromschwankung, die von du Bois entdeckt ist. Er fand, dass sie an der Reizstelle beginnt und sich von hier nach beiden Seiten des Nerven fortpflanzt, dass sie mit der Stärke des Reizes wächst und durch eine gequetschte oder durchgeschnittene Stelle nicht hindurchgeht. Um die negative Schwankung wahrzunehmen ist es nicht nöthig, den Nerven electriche zu erregen. Du Bois hat sie auch an Nerven lebender Frösche beobachtet, die durch Strychnin in Tetanus versetzt wurden, wie auch am herabhängenden Nerven eines Froschbeines, welches mit siedender Kochsalzlösung verbrüht wurde. In neuerer Zeit ist die negative Schwankung von Bernstein mit grossem Scharfsinne studirt worden. Er zeigte, dass sie sich jederseits mit einer Geschwindigkeit von etwa 28 Meter in der Secunde fortpflanzt, einer Geschwindigkeit also, die von derjenigen, mit der sich die motorischen Impulse in den Froschnerven fortpflanzen, voraussichtlich nicht wesentlich verschieden ist. Auch zeigte er, dass sie so weit gesteigert werden kann, dass nicht nur in dem

Augenblicke der negativen Stromschwankung der ursprüngliche Nervenstrom gänzlich verschwindet, sondern dass er sich auch umkehrt, ja, dass der Strom in der entgegengesetzten Richtung den ursprünglichen Strom um das Mehrfache übertrifft. Er hat ferner gefunden, dass diese durch einen Strom verschwindender Dauer erzeugte negative Stromschwankung keine unmessbar kleine Zeit dauert, sondern dass sich die Zeit ihrer Dauer bestimmen lässt, und zwar fand er, dass die Dauer einer solchen negativen Schwankung 0,00065 Secunden beträgt. Da nun dies die Dauer einer einzigen Schwankung ist, und dieselbe sich mit der Geschwindigkeit von 28 Meter in der Secunde fortpflanzt, so ergibt sich daraus, dass die Stromschwankung sich in Gestalt einer Welle längs des Nerven fortpflanzt, die eine Länge von 18 Millimetern hat, d. h. wenn der Nerv an irgend einer Stelle erregt wird, so beträgt die Strecke, innerhalb welcher die electromotorischen Eigenschaften desselben so verändert sind, dass der Nervenstrom nicht in seiner ursprünglichen Stärke existirt, dass er entweder geringer oder sogar entgegengesetzt gerichtet ist, 18 Millimeter.

Man kann sich dies unter dem Bilde vorstellen, als ob bei jedem Stromstosse ein Strom in entgegengesetzter Richtung in die betreffende Nervenstrecke hineinbräche und erst den Nervenstrom compensirte, endlich einen Strom in entgegengesetzter Richtung hervorbrächte und dann allmählig wieder aufhörte. Richtiger stellt man sich die Sache vor, wenn man sich denkt, dass im Nerven selbst eine molekulare Veränderung vor sich geht, vermöge welcher zuerst der ursprüngliche Nervenstrom abnimmt, dann Null wird, und endlich, indem die molekulare Veränderung noch weiter fortschreitet, durch die veränderte Anordnung nunmehr ein Strom in entgegengesetzter Richtung hervorgebracht wird, bis dann die Moleküle in ihre ursprüngliche Lage zurückfallen und so wiederum der ursprüngliche Nervenstrom in seine alten Rechte eintritt. Wenn ein aufgelegter Nerv durch die gewöhnlichen tetanisirenden Vorrichtungen erregt wird, so zeigt die Multiplicatornadel beim Tetanisiren des Nerven, trotz der momentanen Umkehrung des Stromes, wie dies schon du Bois wusste, niemals einen umgekehrten Strom an, sondern immer nur eine Stromabnahme. Das rührt daher, dass jede dieser negativen Stromschwankungen nur eine sehr kurze Zeit dauert und dazwischen sich immer die reizfreien Zeiten einschieben, in welchen der ursprüngliche Nervenstrom wieder hervortritt. Die Nadel folgt bei der Trägheit ihrer Bewegungen nicht dem einzelnen Stromstosse, sondern den summirten Wirkungen der negativen Stromschwankungen und der zwischen denselben wieder hervortretenden ursprünglichen Nervenströme.

Eine andere auffallende Veränderung in dem Strömungsvorgange bringt es hervor, wenn man einen constanten Strom durch den Nerven hindurchleitet. Denkt man sich einen Nerven auf der einen Seite mit dem Längsschnitte, auf der anderen mit dem Querschnitte aufgelegt, so nennt man die Strecke, welche mit den feuchten Multiplicatorenden in Berührung ist, die abgeleitete Strecke, und die Strecke, durch welche man den constanten Strom hindurchsendet, die erregte Strecke. Nun gibt es zweierlei Möglichkeiten. Es kann der Strom in der erregten Strecke gleichgerichtet sein mit dem Strome, der im Nerven in der abgeleiteten Strecke fließt. In diesem Falle nimmt die Ablenkung der

Magne
Wenn
zurück
venstre
etabli
ein Ne
consta
Elect
I
herein
compen
führen
leitete
mit ih
Strom
feuchte
also di
man es
nicht d
zwischen
jede W
herein
selben
welche
Ende d
auch a
treten
dem er
Strecke
Magnet
Ablenk
mässig
natürlic
den ele
hängt
durchfl
Streck
tonus z
Strecke
M
vorgebr
hang. N
Ischiad
Nerven
in Verb
und Oe
gesetzt,
Frosche
mit ein
wenn ic
Bräc

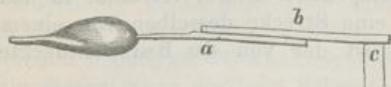
Magnetnadel zu, der Nervenstrom ist also in seiner Intensität erhöht. Wenn man dagegen den constanten Strom umkehrt, so geht die Nadel zurück, man erhält eine geringere Ablenkung, es ist also jetzt der Nervenstrom vermindert, es ist als ob sich ein entgegengesetzter Strom etablirt hätte, der den Nervenstrom compensirt. Dieser Zustand, in den ein Nerv dadurch versetzt wird, dass eine Strecke desselben von einem constanten Strome durchflossen wird, ist der von du Bois entdeckte Electrotonus.

Du Bois hat auch nachgewiesen, dass man es hier keineswegs mit hereinbrechenden Stromschleifen zu thun habe, welche den Nervenstrom compensiren oder verstärken könnten. Der Beweis hiefür ist leicht zu führen. Man durchschneidet den Nerven zwischen erregter und abgeleiteter Strecke und legt die Enden wieder so aneinander, dass sie sich mit ihren feuchten Flächen berühren. Dies kann für den electricischen Strom kein Hinderniss abgeben: der electricische Strom geht durch eine feuchte Schichte ebenso hindurch, wie durch einen Nerven. Es müsste also dieses Nervenstück auch dann in Electrotonus zu versetzen sein, falls man es in der That nur mit Stromschleifen zu thun hätte. Dies ist aber nicht der Fall. Ja, wenn man den Nerven mit einem nassen Faden zwischen der abgeleiteten und durchflossenen Strecke umschnürt, hört jede Wirkung auf, obwohl dies doch durchaus kein Hinderniss für eine hereinbrechende Stromschleife abgibt. Der Electrotonus setzt sich in derselben Weise nach beiden Seiten fort, wie die negative Stromschwankung, welche einem momentanen Stromstosse folgt. Wenn man an dem andern Ende des Nerven einen zweiten Multiplicator anbringt, so dass der Nerv auch am andern Ende mit Längsschnitt und Querschnitt berührt, so treten auch am zweiten Multiplicator dieselben Erscheinungen, wie an dem ersten auf. Jedesmal wird, wenn der Strom in der abgeleiteten Strecke gleichgerichtet ist mit dem in der erregten, die Ablenkung der Magnetnadel zunehmen, wenn das Umgekehrte der Fall ist, wird die Ablenkung der Magnetnadel abnehmen. Also auch hier wird ganz gleichmässig nach beiden Seiten hin, nach aufwärts und abwärts nach der natürlichen Lage des Nerven, die Veränderung fortgepflanzt, die durch den electricischen Strom hervorgebracht wird. Die Stärke des Electrotonus hängt wesentlich von zwei Momenten ab. Erstens von der Stärke des durchfließenden Stromes und zweitens von der Länge der durchflossenen Strecke, so dass er mit dieser zunimmt. Die Erscheinungen des Electrotonus zeigen sich ferner am stärksten in der Nähe der durchflossenen Strecke und nehmen von da an mit zunehmender Entfernung ab.

Mit diesen Veränderungen, die durch den electricischen Strom hervorgebracht werden, steht ein sehr merkwürdiger Versuch im Zusammenhang. Nimmt man einen vorsichtig herauspräparirten Nerven, z. B. den Ischiadicus eines Frosches, und legt neben ihn und an ihn einen zweiten Nerven, welcher noch mit einem Muskel oder mit einem ganzen Schenkel in Verbindung steht, und reizt das erste Nervenstück durch Schliessen und Oeffnen eines electricischen Stromes, so tritt Zuckung ein, vorausgesetzt, dass die Präparate hinreichend frisch und einem empfindlichen Frosche entnommen sind. Obgleich nun diese beiden Nerven gar nicht mit einander in organischer Verbindung stehen, zuckt doch der Muskel, wenn ich den ersten Nerven reize. Der Nerv, an dem noch der Muskel

hängt (Figur 4, *a*) schliesst, indem er an den andern (Figur 4, *b*), angelegt ist, einen Stromkreis, durch den der Nervenstrom eben dieses anderen circulirt. Dieser Strom durchfliesst also den Nerven, der noch

Fig. 4.



mit dem Muskel in Verbindung ist, er ist durch denselben abgeleitet. Die Schwankung, die man durch den etwa in *c* angebrachten electrischen Strom in dem einen Nerven hervorruft, erstreckt sich auf dessen ganze Länge, somit auch auf die abgeleitete Strecke desselben, und durch die Schwankung, welche so in dem den anderen Nerven durchfliessenden Nervenstromen entsteht, wird ein Reiz erzeugt, vermöge welches sich der Muskel zusammen zieht. Man kann diesen Versuch auch noch in anderer Weise anstellen. Man nimmt zwei Nerven in ihrer natürlichen Zusammenlagerung. Ein Nervenstamm spaltet sich in zwei Aeste; man präparirt den einen Ast eine Strecke lang heraus und lässt den andern in Verbindung mit seinem Muskel. Nun schiebt man durch das herauspräparirte Ende einen electrischen Strom. Da zuckt der Muskel, wenn der Strom hinreichend stark ist, obgleich man doch anscheinend keinen Nerven gereizt hat, der mit diesem Muskel in directer Verbindung steht. Das kommt wiederum daher, dass der Strom des einen Nerven durch den anderen Nerven abgeleitet, für ihn ein Stromkreis geschlossen wird. Der in diesem Kreise circulirende Nervenstrom wird durch den hindurchgesendeten Strom in Schwankung versetzt, und diese Schwankung ruft die Zuckung im Muskel hervor. In dieser Gestalt pflegt man den Versuch mit dem Namen der paradoxen Zuckung zu bezeichnen.

Diese paradoxen Zuckungen können zu einer Quelle der Täuschung für den experimentirenden Physiologen werden. Wir müssen, wenn wir einen Nerven electrisch reizen, dem unmittelbar anliegend andere Nerven verlaufen, stets besorgt sein, dass auch diese gegen unsere Absicht gereizt werden. Man muss deshalb, wenn man sich electrischer Reize bedient, die schwächsten nehmen, mit denen man überhaupt auskommen kann, weil man dann am wenigsten zu fürchten hat, solche Stromschwankungen hervorzurufen, durch welche in benachbarten Nervenbündeln Erregungen hervorgerufen und somit paradoxe Zuckungen erzeugt werden können.

Um diesen Befürchtungen und überdies denen vor hereinbrechenden Stromschleifen ganz zu entgehen, hat man in neuerer Zeit in der speciellen Nervenphysiologie wieder mehr die mechanische Reizung in Gebrauch gezogen. Die mechanischen Reize haben aber, wenn man sie auf die gewöhnliche Weise durch Zwickeln mit einer Pincette anwendet, den Nachtheil, dass dadurch die Nervenfasern theilweise verbraucht wird, und nur noch die Theile derselben gereizt werden können, die weiter nach aufwärts liegen bei sensiblen, oder weiter nach abwärts liegen bei motorischen Nerven. Um nun an einer und derselben Stelle mehrmals mechanisch reizen zu können, und auch um an einer und derselben Stelle sehr rasch hintereinander mechanische Reize anbringen zu können, hat Heidenhain ein Instrument construirt, das er mit dem Namen des Tetanomotors belegt.

Er befestigt an dem Hammer eines Neef'schen Magnetelectromotors einen Stab mit einem kleinen über den Magneten hinaus liegenden Häm-

merci
der v
werd
geleg
eben
geruf
mit d
es of
Heid
ein e
wegu
mit
Weise
Stelle

Nerve
muss
wesen
von a
und d
hingel
wegu
lungel
Nerve
nerven
der E
vorden
Wurze
Fortse
motori
einem
der R
deshal
hinter
der H
Wege
wesen
setzes
thieren
klarere
J. Mü
Wurze
mitäte
komme
hat, b
durchs
die zu
hinter

merchen. Darunter stellt er eine Rinne, welche auf einem Stabe steht, der wiederum in einer Hülse mittelst einer Schraube auf und ab bewegt werden kann. In diese Rinne wird der zu reizende Nerv hineingelegt und nun wird er so weit in die Höhe gebracht, dass er gerade eben von dem Hammer leicht getroffen, dadurch eine Reizung hervorgerufen, der Nerv aber nicht zerquetscht wird. Da dieses Hämmerchen mit dem Hammer des Neef'schen Magnetelectromotors verbunden ist, hat es oft Schwierigkeiten zu dem zu reizenden Nerven hinzukommen. Heidenhain hat deshalb einen andern Tetanomotor construirt, bei dem ein eben solches Hämmerchen, durch eine Kurbel und Zahnräder in Bewegung gesetzt wird, ähnlich wie die Zahnärzte den Bohrer bewegen, mit welchem sie innerhalb des Mundes Zähne ausbohren. Auf diese Weise kann er den mechanischen Tetanomotor mit Leichtigkeit an die Stellen hinbringen, welche er reizen will.

Functionelle Verschiedenheiten der Nerven.

Es tritt die Frage an uns heran, was für verschiedene Arten von Nerven es gibt und wie sich dieselben von einander unterscheiden. Es muss schon bei oberflächlicher Betrachtung auffallen, dass es zwei sehr wesentlich verschiedene Thätigkeiten gibt, die eine, bei der Eindrücke von aussen aufgenommen werden, die uns Empfindungen verursachen, und die andere, bei der Erregungen vom Centralorgane zu den Muskeln hingehen, durch die letztere zur Contraction bestimmt, durch die Bewegungen ausgelöst werden. Erst durch die fast gleichzeitigen Bemühungen von Charles Bell und Magendie hat man die eine Art der Nerven, die Bewegungsnerven, von der andern Art, den Empfindungsnerven, unterscheiden gelernt. Bell fand nämlich zuerst auf dem Wege der Beobachtung und Induction, dass diejenigen Hirnnerven, welche vorderen Rückenmarkswurzeln entsprechen, indem sie wie diese ohne ein Wurzelganglion entspringen und aus Theilen hervorgehen, welche als Fortsetzungen der vorderen grauen Substanz des Rückenmarks erscheinen, motorische Nerven sind; dass dagegen diejenigen Hirnnerven, die mit einem Wurzelganglion entspringen und sich analog den hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven verhalten, sensible Nerven sind, und er schloss deshalb auch, dass die vorderen Rückenmarkswurzeln motorische und die hinteren Rückenmarkswurzeln sensible Wurzeln der Nerven seien. In der Hauptsache zu demselben Resultate gelangte Magendie auf dem Wege des directen Versuchs. Aber auch Johannes Müller hat noch wesentlich mit zur Begründung und Befestigung des Bell'schen Gesetzes beigetragen, indem er die Versuche, die Magendie an Säugethieren angestellt hatte, zuerst an Fröschen anstellte, wo sie ein viel klareres und unzweifelhafteres Resultat ergaben als bei den Säugethieren. J. Müller durchschneidet auf einer Seite die sämtlichen hinteren Wurzeln derjenigen Rückenmarksnerven, welche zu den unteren Extremitäten des Frosches gehen. Dann ist die betroffene Extremität vollkommen empfindungslos. Sobald aber das Thier sich ein wenig erholt hat, bewegt es diese Extremität wieder ebenso wie die andern. Er durchschneidet nun auf der andern Seite von den sämtlichen Nerven, die zur hinteren Extremität gehen, die vorderen Wurzeln und lässt die hinteren unversehrt. Dann ist dieses Bein vollständig gelähmt aber es