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. Wir 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 Nervenfaser Alles, was daran vorhanden sein kann, vorkommt, so besteht sie aus der Scheide, einer membranösen, röhrigen 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 an der frischen Nervenfaser nur ausnahmsweise deutlich zu unterscheiden, meist muss man sich künstlicher Mittel bedienen, um ihn sichtbar zu machen. Das Nervenmark besteht theils aus Eiweisskörpern, theils aus Cerebrin, Lecithin (Protagon, s. Bd. I, S. 109), 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 krümlich 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 Dritttheil seines wahren Durchmessers. Häufig gelingt es auch, beim Zerreissen der Nervenfaser den Axencylinder eine kürzere oder längere Strecke lang aus der Scheide und den darin befindlichen Resten des Markes heraushängen zu sehen. Wenn man durch Auskochen mit Alkohol und Aether so vollständig als möglich erschöpft, so bleibt ein anscheinend gitterförmiger, mit der äusseren Hülle direct verbundener Rest der Markscheide zurück. Seine Substanz verhält sich gegen Reagentien

und Verdauungsflüssigkeiten ähnlich wie Hornsubstanz. W. Kühne nennt diese Substanz deshalb Neurokeratin. 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 Nervenfaser 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, nachdem man die Chromsäure mit Wasser wieder ausgewaschen hat, in eine ammoniakalische Carminlösung. 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 Nervenfaser darstellt. So schön diese Bilder sind, so sind sie indessen, wie v. Fleischl 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.

Aus den Untersuchungen von Remak, Babuchin, Max Schultze, S. Freud und Kupfer hat sich mit ziemlicher Sicherheit ergeben, dass der lebende Axencylinder aus feinen Fäden besteht, die nebeneinander wie die Drähte eines Kabels in einer Flüssigkeit liegen. Freilich kann man über die Consistenz, welche diese Fäden im Leben haben, noch nichts Sicheres aussagen, dass sie aber histologisch verschieden sind von der sie umgebenden Flüssigkeit, daran kann man wohl nicht mehr zweifeln; auch kann man sie nach den Bildern, welche sie im gefärbten Zustande auf Längs- und Querschnitten von mit Osmiumsäure gehärteten Nerven geben, nicht für zufällige fadenförmige Gerinnsel halten.

Der Axencylinder ist offenbar der wesentliche Theil der Nervenfaser, in welchem die Fortleitung der Nervenerregungen stattfindet, denn alle anderen Theile der Nervenfaser können fehlen, nur der Axencylinder

muss vorhanden sein. Eine Nervenfaser 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 Nervenfaser, 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 Nervenfaser conservirt wird.

Wenn die Nervenfaser 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 ein, sei es Gerinnung, sei es Quellung, oder beides zugleich, 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, sondern auch nach innen, das heisst gegen den noch nicht geschrumpften, schwächer 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 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 markhältigen 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 Nervenfaser 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 Faser liegt bei den Fischen jederseits im Rückenmarke, in dem sie von oben nach abwärts verläuft. Diese Faser hat man auch mit dem Namen der colossalen Faser 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 in einer marklosen Hülle 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 in geringerer Menge enthält, weil sie hauptsächlich aus zelligen Elementen und aus marklosen Fasern, Blutgefässen u. s. w. besteht. So erscheinen 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 Nervenfaser 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. 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.

Mit diesem Allen soll indessen keineswegs gesagt sein, dass es nicht Nervenfasern gebe, die das ganze Leben hindurch von ihrem Ursprunge an bis zu ihrer peripheren Endigung marklos bleiben. L. Königstein fand in den Aesten und in der Wurzel des N. trigeminus sehr feine marklose Fasern, die in ihrem Aussehen und in ihrem Verhalten ganz solchen glichen, wie er sie in den Hornhautästen aus der Theilung markhaltiger Nervenfasern hervorgehen sah, und doch liess es sich nicht wahrscheinlich machen, dass diese marklosen Fasern ausserhalb des Centralorgans irgendwo mit markhaltigen in Verbindung gestanden hätten. Es ist hiermit nicht gemeint, dass diese dünnen marklosen Fasern zur Cornea verlaufen. Eher kann man vermuthen, dass sie an irgend einem der Wurzel näher liegenden Orte endigen, denn nach Schwalbe sind im Allgemeinen die dickeren Fasern der Wurzeln für einen längeren Verlauf bestimmt, die dünneren für einen kürzeren.

Von den marklosen Nervenfasern gibt es wiederum verschiedene Formen. Erstens gibt es solche, welche entweder rundlich oder 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 neugebornen Kindes untersucht, so findet man dort eine grosse Menge von Fasern mit länglichen Kernen, so dass man bei dem ersten Anblicke glaubt, man habe 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 Nervenfaser unter dem Mikroskope nicht ansehen, ob sie eine Nervenfaser ist oder ob sie keine Nervenfaser ist. Ganz anders verhält es sich, wie wir gesehen, mit den markhaltigen. Diese kann man durchaus mit keinem andern Gewebselemente 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.

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 Imprägnation mit Goldlösung und nachfolgender Reduction 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 Gold färben, nicht ohne Weiteres umkehren und nicht sagen, das, was sich mit Gold 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 anderen Gewebselementen zu thun habe.

Man war früher der Meinung, dass die Nervenfasern ungetheilt von ihrem Anfange bis zu ihrem Ende verlaufen. Indessen hatte Schwann schon einmal eine getheilte Nervenfaser im Schwanze einer Froschlarve gesehen, als in den Vierzigerjahren dieses Jahrhunderts von Joh. Müller in den Augenmuskeln Theilungen von Nervenfasern aufgefunden wurden. 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 elektrischen 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 haben. 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 stattfinden. Solche Einschnürungen, wie sie an den Theilungsstellen der markhaltigen Nervenfasern regelmässig vorkommen, findet man auch sonst im Verlaufe der Nerven. Man nennt sie Ranvier'sche Schnürringe. 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. v. 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 Nervenfaser 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 Nervenfaser eingeschaltet erscheint. Endlich in multipolare, bei denen drei oder mehrere Fortsätze vorhanden sind, von denen wenigstens einer

in eine Nervenfaser 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 sogenannten Protoplasmafortsätze.

Der Nachweis, wie viel Fortsätze direct in Nervenfasern übergehen, wie viele indirect und wie viele gar nicht, ist in den einzelnen Fällen 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 Stelle nicht mehr, an denen diese Fortsätze abgerissen sind. Daher rührt es auch, dass man in neuerer Zeit, wo man bessere Untersuchungsmethoden hat, nicht mehr so viel apolare Ganglienkugeln findet wie 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 Nervenfaser 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 Bewegungsnerven ihren Ursprung nehmen. An diesen ist immer ein Nervenfaserfortsatz 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. Dass jede dieser Zellen eine oder mehrere Verbindungen mit dem Gehirn haben müsse, ist selbstverständlich; wir werden aber später sehen, dass auch innerhalb des Rückenmarks indirecte Verbindungen mit centripetalen Bahnen vorhanden sein müssen.

Die bisher besprochenen Ganglienzellen oder Ganglienkugeln hat man auch mit dem Namen der Grossganglienkugeln bezeichnet, weil sie verhältnissmässig grosse Gewebselemente sind, sowie 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 Gewebselemente 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 sogenannten Nuclearformationen, wie sie im Gehirne und in der Retina vorkommen. Nach der Constanz, mit der sie immer in bestimmten Theilen des Centralorganes und in 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 Nervenelemente dienen. Daher rührt es auch, dass seit langer Zeit ein bis jetzt noch unentschiedener Streit darüber geführt wird, was im Centralorgane Nervenelement und was sogenanntes Bindegewebe sei. Eigentliches Bindegewebe kommt übrigens im Rückenmarke verhältnissmässig wenig vor. Das eigentliche Bindegewebe löst sich in einem Gemische von Salpetersäure und chlorsaurem Kali auf. Das ward schon seit lange von Budge und Anderen angewendet, um das Bindegewebe in den Organen zu zerstören und in das Bindegewebe eingelagerte Theile, Muskeln, 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.

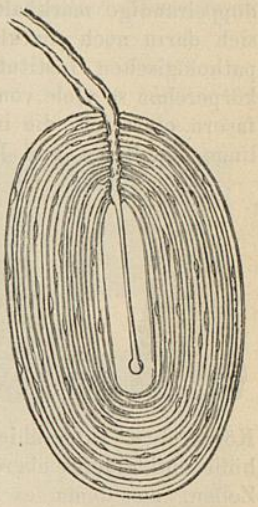
Eine weitere Frage ist die: wie endigen die Nervenfasern? Indem man sich die Fortleitung der Impulse in den Nervenfasern in ähnlicher Weise dachte wie in Drahtleitungen, welche man zur Fortleitung elektrischer Ströme braucht, so glaubte man gefunden zu haben, dass die Nerven in Schlingen endigen. In 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 sogenannten Vater'schen oder Pacinischen 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 Beerchen an den Endigungen der Nerven

hängen. Diese Entdeckung ist wieder in 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 Nervenfaser, 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 Nervenfaser 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 Nervenfaser sich in zwei Aeste theilt, deren jeder in derselben Weise wie eine ungetheilte endigt.

Fig. 1.



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 und auch in den Fingerbeeren 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.

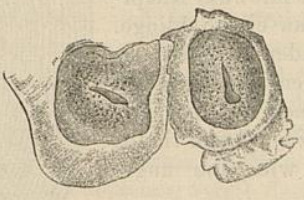
Das beste Object diese Körperchen zu untersuchen bietet das Mesenterium der Katze. Dieses braucht man nur gegen das Licht zu halten, dann sieht man die Körperchen an den Aesten der Nerven hängen, die neben den grossen Gefässen des Mesenteriums verlaufen. Man sieht sie in dem umgebenden Fette als kleine, 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 neugebornen Kinde ebensoviel Pacini'sche Körperchen vorhanden sind wie 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. 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 den 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 marklos 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. 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. Thatsächlich aber rühren diese Querstreifen von scheiben- oder schollenförmigen Zellen her, aus denen die ganzen Körperchen aufgeschichtet sind. Figur 2a zeigt ein der Bindegewebshülle entkleidetes oberes Stück eines Tastkörperchens, Figur 2b die platten Zellen, aus denen es aufgebaut ist, beides nach Mor. Kraus. Die Art und Weise, wie die Nervenfasern in diesem Gebilde endigen, kennt man nicht genau; man weiss nur, dass die Endäste der Nervenfaser sich zunächst in Furchen zwischen den einzelnen aufeinander geschichteten Zellen hineinlegen. Auch am rothen Theile der Lippen und an der Glans penis sind vereinzelt solche Körper gefunden worden.

Fig. 2a.

Fig. 2b.



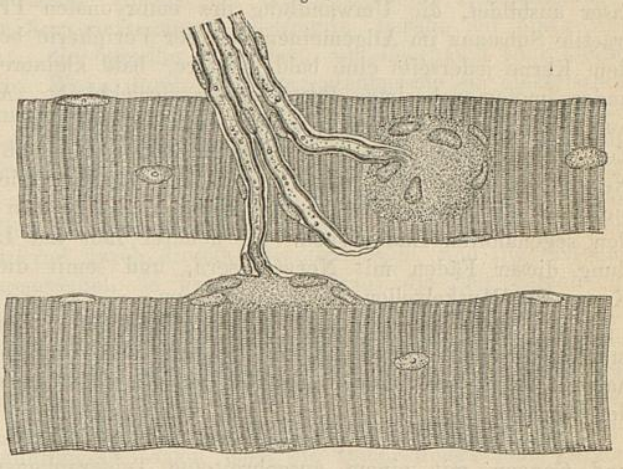
An anderen Stellen des Körpers hat man unmittelbar unter der Oberfläche kolbenartige Gebilde gefunden, in welche offenbar sensible Nerven hineingehen. Man würde aber irren, wenn man daraus schliessen wollte, dass die sensiblen Nerven immer und überall mit ähnlichen Endgebilden endigen müssen.

Cohnheim hat 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 hinaufgehen an die Oberfläche und zwischen den Epithelzellen blind endigen. Es ist dies nicht der einzige Fall, in welchem Nervenfasern zwischen Epithelialzellen eindringen und dort ohne besondere Endorgane endigen. Es sind auch in der Schnauze des Maulwurfs, in der Schnauze des Rindes und in den Papillen der Zunge mit voller Sicherheit intraepitheliale Nerven nachgewiesen worden. Es gehören auch die Zellen der Meissner'schen Tastkörperchen selbst ihrer ursprünglichen Anlage nach der Oberhaut an. Mor. Kraus hat dies vermuthungsweise ausgesprochen und später ist es durch directe embryologische Untersuchungen bestätigt worden.

Die ersten Endigungen motorischer Nerven 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 Nervenfaser, die in diesem Hügel endigt. Dieser Hügel liegt der contractilen Substanz äusserlich auf und er heisst nach seinem Entdecker der Doyère'sche Nervenhügel. Kühne hat später nachgewiesen, dass dies eine ganz allgemeine Art der Endigung ist, nicht nur bei anderen Gliederthieren, sondern auch bei den Wirbelthieren und beim Menschen. Die markhaltige Nervenfaser verliert, wenn sie im Begriffe ist in die Muskelfaser 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 Nervenfaser 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 Nervenhügels. Figur 3 zeigt zwei Muskelfasern eines Meerschweinchens (nach Engelmann) mit je einem Nervenhügel, den einen von oben gesehen, den andern von der Seite. Durch Goldfärbung hat Kühne in der gelappten Platte die vielästige, hirschgeweihartige Endigung der Nervenfaser sichtbar gemacht.

Fig. 3.



So endigen die motorischen Nerven in allen denjenigen Skeletmuskeln, die nach dem Typus der menschlichen Skeletmuskeln gebaut sind, bei denen also auf dem Querschnitte jedesmal nur ein wandständiger Kern sich vorfindet. Wir wissen aber, dass bei den 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 Muskelfaser 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 an frischen Präparaten

nichts Sicheres über die Endigungen der Nervenfasern in den organischen Muskeln sehen, ist der, dass bei diesen die Nervenfasern ihr Mark verhältnissmässig früh verlieren, und dass es dann sehr schwer ist, sie zu verfolgen. Nach Beobachtungen, die an Vergoldungspräparaten gemacht worden sind, stehen die feinen Fäden, in welche sich die Nerven theilen, mit den Protoplasmaresten in Verbindung, welche sich um den Kern der Muskelfaser herum befinden, und können in einzelnen Fällen bis zum Kern selbst verfolgt werden. Es ist bekannt, dass, wenn sich eine Muskelfaser 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 schon seit längerer Zeit glaubte, dass sie mit den letzten Fäden, die man wiederum an den Nerven beobachtet hat, zusammenhängen. Es hatte dies die Analogie für sich mit der Endigungsweise der Nervenfasern in den Froschmuskeln, in den sogenannten Endknospen. In neuerer Zeit hat Lustig die Verbindung dieser Fäden mit Nervenfasern, und somit diese selbst bis zum Kerne der Muskelzellen verfolgen können.

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 elektrischer Ströme bedienen. Zunächst haben sie für die elektrischen Ströme einen ausserordentlich viel grösseren Leitungswiderstand als Metallleitungen. 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 elektrischen 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 der Muskel und kommt endlich nach einigen Schwingungen um seine Gleichgewichtslage zur Ruhe. Wenn man nun z. B. den Nerven des Gastroknemius 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 nicht zusammenfallen, sondern um ein Stück gegeneinander verschoben sind. Nimmt man nun zwei correspondirende Punkte der beiden Curven 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 fortgepflanzt wurde.

Die zweite Methode, mittelst der Helmholtz die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregungen bestimmte, beruht auf einer Methode von Pouillet, die derselbe angegeben, um überhaupt sehr kleine Zeiträume zu messen. Wenn durch eine Tangentenbussole ein elektrischer Strom eine sehr kurze Zeit hindurchgeht, 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 Bussole erhalten würde, wenn der Strom von derselben Stärke dauernd durch dieselbe hindurchginge, und die Schwingungsdauer der Magnetnadel, 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 Bussole durch einen Strom von bestimmter Stärke experimentell ermittelt hat, dient das blosse Ablesen der kleinen Ablenkung, welche dadurch erzielt wird, dass derselbe 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 anfing sich zusammenzuziehen, 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, indem er sich weiter zusammenzog, 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 die Drahtwindungen 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 elektrische 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.

Auch an den Nerven lebender Menschen hat Helmholtz die ersten Versuche über Fortpflanzungsgeschwindigkeit angestellt, und zwar zunächst an sensiblen Nerven. Der Mensch, der zum Versuche dient, gibt ein Zeichen, wenn ein momentaner Reiz zum Centralorgan gelangt. Derselbe Reiz wird einmal an einer dem Centralorgane näheren, das andere Mal an einer vom Centralorgane entfernteren Stelle angebracht, z. B. einmal am Oberarm, das andere Mal am Unterarm; die gefundenen Zeiten werden von einander subtrahirt und aus der Differenz und aus dem Abstande der Reizstellen wird die Geschwindigkeit berechnet. 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 an Menschen von Neuem aufnahm und nun motorische Nerven untersuchte, 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 $36^1/_2$ Meter in der Secunde, das andere Mal eine Geschwindigkeit von $89^1/_2$ Meter in der Secunde erzielt werden. Alle diese Angaben gelten nur für die peripherischen Nerven von der Willkür unterworfenen Muskeln, und man darf aus ihnen nicht ohne Weiteres Schlüsse auf andere motorische Bahnen machen. Für die Fortpflanzung motorischer Impulse im menschlichen Rückenmark fand S. Exner 11 bis 12 Meter in der Secunde.

Man schätzt nach den bisher angestellten Versuchen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Empfindungsnerven ungefähr so gross wie in den Bewegungsnerven. Die Fortpflanzung in sensiblen Bahnen des menschlichen Rückenmarkes schätzt S. Exner nur auf 8 Meter in der Secunde.

Wir haben eben gesehen, dass die Versuchsresultate verschieden ausfielen, je nachdem man eine kürzere oder längere Strecke der moto-

rischen 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 elektrischen 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. Diese Thatsache ist von Bedeutung für den Experimentator, der, wie dies oft geschieht, einen Froschschenkel mit seinem Nerven als physiologisches Rheoskop, als sogenannten stromprüfenden Froschschenkel benützt, um kurzdauernde Stromschwankungen oder schwache Stromstösse zu beobachten. 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 Elektroden 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.

Aber nicht allein auf den Angriffspunkt des Stromstosses kommt es an, sondern auch auf die Richtung desselben. Helmholtz und ebenso L. Hermann bemerkten dies schon vor Jahren. In neuerer Zeit fand E. v. Fleischl, dass bei frei herauspräparirten, aber undurchschnittenen, noch mit dem Rückenmarke in Zusammenhang stehenden Nerven die Reizbarkeit allgemein oder innerhalb gewisser Strecken für absteigende Ströme mit der Entfernung vom Muskel wachse, für aufsteigende dagegen abnehme. Zwischen Rückenmark und Muskel befinden sich nach ihm irgendwo eine oder mehrere Stellen, an denen die Erregbarkeit für aufsteigende und absteigende Ströme gleich gross ist. Er nennt solche Stellen Aequatoren. Schneidet man den Nerven durch, so rückt während der nächsten Minuten der noch erhaltene Aequator vom Schnittende gegen den Muskel fort, oder, wenn man unterhalb sämmtlicher Aequatoren durchschnitten hat, so bildet sich zwischen ihm und dem Muskel ein neuer. Die dem Aequator zugerichteten Ströme sind immer die wirksameren, und die Ungleichheit in der Wirksamkeit nimmt um so mehr zu, je weiter man sich vom Aequator entfernt. Sind zwei Aequatoren vorhanden, so findet man zwischen ihnen einen Punkt, an dem aufsteigender und absteigender Strom plötzlich ihre Rolle vertauschen, der wirksamere der unwirksamere und der unwirksamere der wirksamere wird.

Eine wichtige Eigenthümlichkeit der Nervenfasern ist die, dass sie nach du Bois' Entdeckung selbst elektromotorisch wirken, und mit dieser hat man auch die eben berührten Erscheinungen in Zusammenhang gebracht. Sie wirken 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 Stück Nerv so aufgelegt wäre, dass es auf der einen Seite mit dem natürlichen Längsschnitte, d. h. also mit der 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 Nervenfaser zu setzen. Die Ströme sind schwächer, aber nur wegen des grösseren Widerstandes. Die elektromotorische 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 elektrische 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 durchschnittene Stelle nicht hindurchgeht. Um die negative Schwankung wahrzunehmen ist es nicht nöthig, den Nerven elektrisch zu erregen. Du Bois hat sie auch an Nerven lebender Frösche beobachtet, die durch Strychnin in Tetanus versetzt wurden, wie auch am heraushängenden Nerven eines Froschbeines, welches mit siedender Kochsalzlösung verbrüht wurde. Später 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 in dem Augenblicke der negativen Stromschwankung der ursprüngliche Nervenstrom nicht nur 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 von 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 fortpflanze, 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 elektromotorischen 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 allmälig 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.

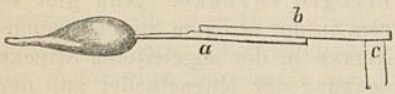
Eine andere auffallende Veränderung in dem Strömungsvorgange wird hervorgebracht, wenn man einen constanten Strom durch den Nerven hindurchleitet. Denkt man sich einen Nerven auf der einen Seite mit dem Längsschnitte, auf der anderen mit dem Querschnitte aufgelegt, so nennt man die Strecke, welche mit 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 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. Er 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 elektrischen Strom kein Hinderniss abgeben: der elektrische 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 elektrischen 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 elektrischen 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 elektrischen 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 andern circulirt. Dieser Strom durchfliesst also den Nerven, der noch mit dem Muskel in Verbindung ist, er ist durch denselben abgeleitet. Die Schwankung, die man durch den etwa in *c* angebrachten elektrischen 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 andern Nerven durchfliessenden Nervenstrome entsteht, wird ein Reiz erzeugt, vermöge welches sich der Muskel zusammenzieht. Man kann diesen Versuch auch noch in anderer Weise anstellen. Man nimmt zwei Nerven in ihrer natürlichen Zusammenlagerung. Ein Nervenstamm spalte sich in zwei Aeste; man präparirt den einen Ast eine Strecke lang heraus und lässt den andern in Verbindung mit seinem Muskel. Nun schickt man

Fig. 4.



durch das herauspräparirte Ende einen elektrischen 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 andern 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 elektrisch reizen, dem unmittelbar anliegend andere Nerven verlaufen, stets besorgt sein, dass auch diese gegen unsere Absicht gereizt werden. Man muss deshalb, wenn man sich elektrischer 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 Zwicken mit einer Pincette anwendet, den Nachtheil, dass dadurch die Nervenfaser 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 Magnetelektromotors einen Stab mit einem kleinen, über den Magneten hinausragenden Hämmerchen. 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 dieser 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 Magnetelektromotors 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 Stelle hinbringen, welche er reizen will. Andere Apparate für die mechanische Nervenreizung sind später von Tigerstedt und von Hällsten construirt worden. Es ist von ihnen wesentlich der Zweck verfolgt worden, die Stärke der Schläge, welche der Nerv erhält, möglichst genau auswerthen und graduiren zu können.

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 zwei sehr wesentlich verschiedene Thätigkeiten existiren, 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 Fortsetzung 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, 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 Versuches. 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 sämmtlichen 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 sämmtlichen Nerven, die zur hinteren Extremität gehen, die vorderen Wurzeln und lässt die hinteren unversehrt. Dann ist dieses Bein vollständig gelähmt, aber es hat noch seine Empfindung. Wenn man einen solchen Frosch an dem Beine kneipt, welchem die vorderen Wurzeln durchschnitten sind, so kann er dieses Bein nicht wegziehen, weil es gelähmt ist; aber er sucht mit den drei anderen Extremitäten zu entfliehen. Wenn man dagegen an dem andern Beine kneipt, dem die hinteren Wurzeln durchschnitten sind, so empfindet er hievon durchaus nichts, ja man kann ihm mit der Scheere stückweise von den Zehen angefangen diese Extremität abschneiden; wenn man nicht das ganze Thier dabei erschüttert, so empfindet es nichts davon und bleibt ganz ruhig sitzen.

Hiemit stimmen auch die Reizversuche vollkommen überein, indem J. Müller fand, dass, wenn er die centralen Stümpfe der durchschnittenen hinteren Wurzeln reizte, er dann lebhafte Schmerzensäusserungen von Seite der Thiere bekam, dass er dagegen, wenn er die centralen Enden der durchschnittenen vorderen Wurzeln reizte, keine Schmerzempfindung erhielt. Reizte er den peripherischen Stumpf der durchschnittenen vorderen

Wurzeln, bekam er Zuckungen in den betreffenden Muskeln, reizte er aber die peripherischen Stümpfe der durchschnittenen hinteren Wurzeln, bekam er keinerlei Zuckung.

Nicht so einfach und auf den ersten Anblick verständlich waren die Resultate, welche Magendie an Säugethieren erhalten hatte. Es muss zunächst bemerkt werden, dass, so einfach diese ganze Operation und diese Versuche an Fröschen sind, sie keineswegs so einfach und leicht an Säugethieren auszuführen sind. Es ist hier eine viel schwierigere Operation, das Rückenmark blosszulegen. Man hat mit der Blutung und der Erschöpfung des Thieres zu thun. Endlich verlaufen die Nervenwurzeln der Säugethiere nur eine verhältnissmässig kurze Strecke im Wirbelcanal, weil sie weniger schräg gegen die Richtung des Rückenmarks abtreten. Bei den Fröschen aber verlaufen sie in einer längeren Strecke zu beiden Seiten des Rückenmarks nach abwärts, so dass man sie hier an jedem Orte dieser Strecke durchschneiden und an den durchschnittenen Wurzeln experimentiren kann. Magendie fand nun, dass, wenn er bei Säugethieren die hinteren Wurzeln reizte, er dann allerdings Schmerzensäusserungen bekam; er fand aber auch, dass er Schmerzensempfindungen bekam, wenn er die vordere Wurzel reizte, und es fragt sich deshalb, woher diese Empfindlichkeit der vorderen Wurzel kommt. Hierüber haben in späterer Zeit namentlich Longet und Bernard gearbeitet. Dieser fand, dass erstens die unversehrten vorderen Wurzeln sich empfindlich erweisen, so lange die hinteren Wurzeln noch erhalten sind. Wenn man eben eine solche vordere Wurzel durchschneidet und dann den centralen Stumpf derselben reizt, so bekommt man dadurch keine Empfindung; diese tritt aber auf, wenn man das peripherische Stück der durchschnittenen vorderen Wurzel reizt. Hat man vorher die dazu gehörige hintere Wurzel durchschnitten, so bekommt man weder von der intacten vorderen Wurzel, noch von dem peripherischen Stumpfe, noch vom centralen Stumpfe der durchschnittenen vorderen Wurzel eine Empfindung. Alle diese Erscheinungen, so complicirt sie auf den ersten Anblick scheinen, erklären sich durch eine sehr einfache Annahme. Man nimmt nämlich an, dass Fasern, die aus den sensiblen Wurzeln stammen, nachdem sie in diesen fortgelaufen sind bis zur Vereinigung mit den motorischen Wurzeln, im Nervenstamme umbiegen und in der motorischen Wurzel wieder zurücklaufen. Unter dieser Annahme habe ich erstens Empfindlichkeit der vorderen Wurzel, so lange die hintere existirt. Dieselbe hört aber begreiflicherweise auf, wenn ich die hintere Wurzel durchschneide, weil dann die betreffenden Fasern nicht mehr mit dem Centralorgane in Verbindung stehen. Wenn ich die hintere Wurzel erhalte, dagegen die vordere durchschneide, so kann ich keine Empfindung mehr bekommen vom centralen Stumpfe der vorderen Wurzel, weil ich hier nur sensible Nervenfasern reize, die bereits zwischen der Reizungsstelle und dem Centralorgane durchschnitten sind. Wenn ich aber den peripherischen Stumpf der durchschnittenen vorderen Wurzel reize, so reize ich sensible Nervenfasern, die noch durch die hintere Wurzel mit dem Centralorgane in Verbindung stehen. Diese Empfindlichkeit des peripherischen Stumpfes muss aber aufhören, wenn ich die hintere Wurzel durchschneide, was auch in der That der Fall ist. Diese Art der Sensibilität bezeichnet man mit dem Namen der recurrirenden Sensibilität. Es ist klar, dass die recurrirende

Sensibilität durchaus nichts gegen die Allgemeingiltigkeit des Bell'schen Gesetzes beweist.

Es stellt sich weiter die Frage: wie soll man denn das Bell'sche Gesetz verstehen? Soll man sich denken, dass es zwei verschiedene Arten von Nerven gibt, die in ihrer Substanz, in ihrem Wesen so verschieden sind, dass die einen nur im Stande sind Impulse vom Centrum nach der Peripherie zu leiten, das würden die Fasern der vorderen Wurzeln sein, und eine andere Art, die nur im Stande ist Impulse von der Peripherie nach dem Centrum zu leiten, das würden die Fasern der hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven sein. Oder soll man sich denken, dass an und für sich jede Nervenfaser Impulse sowohl nach abwärts als nach aufwärts leiten könne, dass aber für die eine Art von Nervenfasern die Impulse immer vom Centrum herkommen, und für die andere Art von Nervenfasern die Impulse immer von der Peripherie herkommen? Man sieht leicht ein, dass dann die einen Fasern nur motorische Wirkungen ausüben können, obwohl sie doppelsinnig leiten, wenn sie nämlich an ihrem peripherischen Ende in Verbindung stehen mit Muskeln und an ihrem centralen Ende mit Ganglienkugeln, von welchen aus die Willensimpulse gehen, die die Muskeln in Zusammenziehung versetzen; während die anderen Nerven, die aus den hinteren Wurzeln entspringen, an und für sich möglicherweise auch doppelsinnig leiten können, aber begreiflicherweise deshalb keine Bewegung hervorbringen, weil sie an ihren peripherischen Enden nicht mit Muskeln, sondern mit empfindenden Theilen in Verbindung stehen, während umgekehrt ihre centralen Enden mit Nervenzellen in Verbindung stehen, welche uns eben diese Eindrücke als solche zum Bewusstsein bringen. In der That neigt man sich in neuerer Zeit dieser letzteren Vorstellung zu, nämlich der, dass an und für sich die Nerven insofern gleichwerthig seien, als beide Arten sowohl von der Peripherie nach dem Centrum als von dem Centrum nach der Peripherie leiten können, dass ihre functionelle Verschiedenheit nicht sowohl von ihrer eigenen Natur abhängt, als vielmehr von den Gebilden, mit denen sie einerseits im Centralorgan und andererseits an der Peripherie in Verbindung stehen. Es sind dafür verschiedene wichtige Gründe aufgebracht worden.

Erstens hat du Bois nachgewiesen, dass der Eloctrotonus und die negative Stromschwankung sich in jeder Art von Nerven ganz gleich nach aufwärts und nach abwärts fortpflanzen. Wenn man irgendwo durch einen Nerven einen Stromstoss durchleitet, so bekommt man jedesmal eine negative Schwankung, die sich mit gleichmässiger Geschwindigkeit nach beiden Seiten des Nerven hin fortsetzt. Aus den Versuchen von Bernstein geht, wie wir gesehen haben, hervor, dass die negative Schwankung mit gleicher Geschwindigkeit fortgesetzt wird wie die Nervenerregung. Man kann also kaum zweifeln, dass die Welle der negativen Stromschwankung auf demselben inneren Vorgange beruht mit der Reizwelle, die über die Nervenfaser abläuft, und es wird eben dadurch sehr wahrscheinlich, dass nach beiden Seiten hin die Reizwelle gleichmässig ablaufen kann.

Ferner hat Kühne einen Versuch, der für die doppelsinnige Leitung der Nerven in Anspruch genommen wird, angestellt. Kühne hängt den M. Sartorius vom Frosche frei auf. Im Sartorius des Frosches reichen die Nerven beiderseits nicht ganz bis zum Ende, namentlich an der einen

Seite befindet sich ein bedeutendes Stück nervenfreier Muskelsubstanz. Nun spaltet er den Sartorius durch dieses nervenfreie Stück bis hinauf in die nervenhaltige Substanz. Dann schneidet er mit einer Scheere den einen der so gebildeten Lappen stückweise ab. So lange er in der nervenfreien Substanz sich befindet, zuckt immer nur die Seite des Muskels, an welcher er schneidet. Wenn er aber über eine gewisse Grenze hinauskommt, und zwar in die nervenhaltige Substanz, so zuckt plötzlich bei einem Schnitte die zweite Seite des Muskels mit, ja der ganze andere Lappen verkürzt sich mit. Kühne erklärt diesen Versuch folgendermassen: Die Nerverfasern im Sartorius verzweigen sich vielfach dichotomisch. Nun kann es nicht fehlen, dass von einer solchen dichotomischen Theilung das eine oder das andere Mal ein Ast in den einen Lappen, der andere in den zweiten hineingeht. Wenn man so weit schneidet, dass der eine Ast einer solchen Nervenfaser angeschnitten wird, so reizt man ihn und dadurch wird der andere Ast, welcher in den andern Lappen geht, mitgereizt, und dieser andere Lappen mit in Zusammenziehung versetzt. Man sieht leicht ein, dass bei dieser Erklärung vorausgesetzt werden muss, dass in dem ersten Aste eine Leitung in umgekehrter Richtung, eine Leitung nach aufwärts in einer motorischen Nervenfaser stattfinde.

Endlich hat Babuchin für die doppelsinnige Leitung in den Nerven des elektrischen Organs der Zitterfische einen entscheidenden Versuch gemacht, indem es ihm beim Zitterwels, bei dem das Organ jeder Körperhälfte durch eine einzige sich vielfach theilende Nervenfaser von ungemeiner Dicke versorgt wird, gelang, in dieser Faser sich Reize in der der natürlichen entgegengesetzten Richtung, also centripetal, fortpflanzen zu lassen.

Wir haben bis jetzt nur von sensiblen und motorischen Nerven gesprochen. Es ist aber klar, dass vom Centrum nach der Peripherie auch andere Impulse fortgeleitet werden können, als solche, die eine Bewegung erzeugen. Es können zunächst Impulse fortgeleitet werden in Nerven, welche sich in Drüsen verzweigen, so dass das Anlangen dieser Impulse die letzteren zur secretorischen Thätigkeit anregt. Solche Nerven nennen wir Absonderungsnerven. Dann können bei den elektrischen Fischen Impulse fortgepflanzt werden in Nerven, welche zum elektrischen Organe gehen, Impulse, die, wenn sie eintreffen, die molekulare Anordnung dieses Organs so verändern, dass sie dasselbe plötzlich in eine kräftig wirkende Batterie verwandeln. Solche Nerven nennen wir elektrische Nerven; nicht, weil sie selbst elektrisch sind, sondern weil sie Impulse fortleiten zu den elektrischen Organen, oder vielmehr, weil sie diese Organe in Wirksamkeit versetzen. Wir unterscheiden endlich noch Hemmungsnerven. Diese sind solche, in deren Bahnen Impulse fortgeleitet werden, vermöge welcher eine Bewegung, die sonst eingetreten wäre, gehindert wird. Man hat diese Art von Nerven zuerst durch Eduard Weber kennen gelernt, der in den Bahnen des Vagus Fasern verlaufend fand, die zum Herzen gehen, und wenn sie erregt werden, nicht das Herz stärker schlagen, sondern in der Diastole still stehen machen und also die Contraction des Herzens verhindern.

Ausser diesen fünf Arten von Nerven hat man noch trophische Nerven unterschieden, d. h. Nerven, welche Impulse vom Centrum zur Peripherie bringen, vermöge welcher die Ernährung in den betreffenden Gebilden in regelmässigem Gange erhalten werden soll. Man hat nach der

Durchschneidung von Nerven Entzündungen, Geschwürsbildungen, Gangrän eintreten gesehen und diese Entzündungen mit dem Namen der neuroparalytischen Entzündungen belegt. Man hat ferner gewisse Hautausschläge genau dem Verbreitungsbezirke gewisser Nerven folgen gesehen und in einzelnen Fällen sogar die Erkrankung der Haut mit Verletzungen oder Erkrankungen an bestimmten Nerven in Zusammenhang bringen können. Endlich hat Lewaschew, der im Laboratorium von Botkin arbeitete, auch trophische Veränderungen an Hunden hervorgebracht durch andauernde Reizung von Nerven. Letztere bewirkte er dadurch, dass er mehrmals hintereinander Fäden einnähete, die in schwacher Schwefelsäure- oder in Kochsalzlösung getränkt waren. Alle diese Thatsachen haben dazu Veranlassung gegeben, eine eigene Art von Nerven, die sogenannten trophischen Nerven anzunehmen.

Von den Thatsachen, die hier erwähnt worden sind, subtrahirt sich freilich zunächst eine Reihe. Von manchen Erscheinungen, welche man als sogenannte neuroparalytische Entzündungen betrachtet hat, hat es sich später herausgestellt, dass sie nicht herrühren von der Durchschneidung der Nerven als solcher, von der Durchschneidung trophischer Nerven, die zu den Theilen hingingen, sondern vielmehr davon, dass die Theile unempfindlich waren, dass von den betreffenden Stellen keine Reflexe mehr ausgelöst wurden, dass deshalb die Theile Insulten und Schädlichkeiten ausgesetzt waren, die sie früher nicht zu erleiden hatten, und dass diese Insulte, nicht etwa die Durchschneidung des Nervenstammes als solche, die directe Ursache der Entzündung waren. Aber selbst wenn man diese Thatsachen abzieht, so bleiben noch Erscheinungen übrig, welche allerdings Veranlassung zu der Annahme von trophischen Nerven geben können. Ich glaube jedoch, dass man sich bei der Annahme in diesem unbestimmten Sinne nicht beruhigen darf, dass man suchen muss näher zu erörtern, welche Wirkungen man etwa von diesen trophischen Nerven erwarten könne. Man muss bedenken, dass die Bewegungsnerven nicht blos zu den willkürlichen Muskeln gehen, sondern auch zu den unwillkürlichen, also auch zu den Muskeln der Blutgefässe, und dass deshalb Blutgefässe und Circulation nach der Durchschneidung der Nerven sich anders verhalten als früher. Wahrscheinlich von noch grösserer Bedeutung für unseren Gegenstand ist ein anderer Punkt. Wir haben gesehen, dass beim Chamäleon die Pigmentzellen in der Haut unter dem Einflusse von motorischen Nerven stehen, wir haben dasselbe bei den Fröschen beobachtet. Bei letzteren hat Ehrmann auch die Nerven direct in die Pigmentzellen eintreten sehen, wie Leydig dies bereits früher an mehreren Reptilien beschrieben hatte, welche einen mehr oder weniger deutlichen Farbenwechsel zeigen. Kühne gibt ferner an, dass Zellen in der Hornhaut, die man mit dem Namen der Hornhautkörperchen bezeichnet, in ganz analoger Weise von den Hornhautnerven in der Art erregt werden können, dass sie ihre Fortsätze einziehen. Man muss sich sagen, dass es wahrscheinlich nur an der besseren Gelegenheit zur Beobachtung liegt, dass diese Abhängigkeit von in den Geweben verbreiteten Zellen vom Nervensysteme nur bei Pigmentzellen und bei den Zellen der durchsichtigen Hornhaut beobachtet worden ist. Man darf voraussetzen, dass es im Körper noch eine grosse Menge von anderen Zellen gibt, die ganz ähnlich unter dem Imperium des Nervensystems stehen, wie dies bei den Pigmentzellen der Frösche

und Chamäleonen und vieler anderer Thiere der Fall ist. Wenn man aber denkt, dass diesen Zellen ihre Nervenfasern durchschnitten oder andauernd gereizt werden, so kann man erwarten, dass dadurch auch Veränderungen, Abweichungen von der Norm entstehen, welche wir mit dem Namen der trophischen Störungen bezeichnen, und welche man bisher ohne nähere Bezeichnung auf die Lähmung oder Reizung der sogenannten trophischen Nerven zurückgeführt hat. In der That haben Landowsky, Maddox und Calberla Verbindungen von Nervenfasern mit sogenannten Bindegewebskörperchen beschrieben, und in neuerer Zeit hat E. F. Hoffmann hier im Laboratorium gleichfalls solche aufgefunden. Wir sehen ferner, dass die Absonderungsnerven der Drüsen, wenn sie erregt werden, die chemischen Vorgänge im Organe und den Zufluss von Flüssigkeit wesentlich verändern. Es ist also keineswegs unmöglich, dass auch zu anderen Organen Nerven gehen, welche einen wesentlichen Einfluss auf die chemischen Vorgänge und hiermit auch auf die Ernährung ausüben. Einen indirecten Einfluss auf die Ernährung der Muskeln üben schon ihre Bewegungsnerven dadurch aus, dass sie zur Contraction anregen, denn wir sehen sie mit der Zeit atrophiren, wenn der motorische Einfluss gehemmt ist. Aber auch Muskeln, die nie gelähmt waren, können in ihrer Entwickelung zurückbleiben, weil ihre Nerven irgendwie geschädigt wurden. Man sieht dies theils an der Abgrenzung der Muskelgruppe, die in ihrer Entwickelung zurückgeblieben ist, theils liegt auch die Schädlichkeit, die den Nervenstamm betroffen hat, offen zu Tage, indem Krämpfe vorhanden waren und Schmerzen an der peripherischen Ausbreitung der sensiblen Nerven, die in demselben Stamme verliefen. Wie die von den motorischen Nerven ausgelöste Muskelcontraction selbst in gewisser Beziehung ein chemischer Vorgang ist, so können mit den motorischen Nerven auch noch andere Nerven zu den Muskeln gehen, deren Erregung in ihnen wieder andere chemische Vorgänge bedingt. Um die Reihe der Arten von centrifugalleitenden Nerven vollständig zu machen, müssen wir, wenn wir nicht allein die Wirbelthiere im Auge behalten, sondern auch die wirbellosen berücksichtigen, noch die Leuchtnerven nennen, das heisst solche, die, zu bestimmten Organen gehend, diese, wenn sie erregt werden, zur Lichtentwickelung anregen. Das, was ich bei Gelegenheit der Lichtentwickelung durch lebende Thiere nach den Beobachtungen von Panceri über Phillorrhoe bucephala berichtet habe, und Aehnliches, was an anderen Seethieren beobachtet wurde, lässt sich kaum in einem anderen Sinne deuten. Man ist darauf angewiesen, anzunehmen, dass hier durch Nerveneinfluss ein Process, der mit Lichtentwicklung verbunden ist, direct angeregt wird.

Auch die Nerven, welche Impulse von der Peripherie zum Centrum bringen, können wir uns nicht blos als sensible Nerven denken. Wir müssen zunächst unter den sensiblen Nerven verschiedene Abtheilungen unterscheiden, je nach der Natur der Empfindungen, der Vorstellungen, welche durch sie hervorgerufen werden. Wir unterscheiden Nerven, welche die Gesichtsempfindungen vermitteln, Nerven, welche die Gehörsempfindungen vermitteln, Nerven, welche die Geruchsempfindungen vermitteln, Nerven, welche die Geschmacksempfindungen vermitteln, Nerven, welche die Tastempfindungen vermitteln, Nerven, mittelst deren wir warm empfinden, Nerven, mittelst deren wir kalt empfinden u. s. w. Wir sind mit

dem Theilen noch nicht vollständig zu Ende gekommen bei den verschiedenen empfindenden Nervenfasern. Wir wissen noch nicht im Einzelnen, inwieweit die verschiedenen Empfindungen in verschiedenen Arten der Nervenfasern oder in verschiedenen Erregungszuständen einer und derselben Art von Nervenfasern begründet sind.

Abgesehen von den Nervenfasern, welche Empfindungen erregen, gibt es solche, welche von der Peripherie zum Centrum fortleiten, dort ihre Erregungen auf andere Nervenelemente übertragen und einen neuen Act, wir wollen sagen zunächst eine Bewegung, veranlassen. Eine solche Bewegung, die entsteht, wenn eine Erregung von der Peripherie zum Centrum fortgeleitet wird und hier auf eine Ganglienkugel oder auf Ganglienkugeln übertragen wird, welche mit motorischen Nerven in Verbindung stehen, nennen wir eine Reflexbewegung. Unter Peripherie verstehen wir hier immer die äusseren oder inneren Oberflächen, beziehungsweise die Organe, in denen die Nerven endigen, unter Centrum das Rückenmark, die Medulla oblongata und den Hirnstamm, unter Umständen aber auch ein einzelnes Ganglion, in dem die Uebertragung der Erregung auf motorische Bahnen stattfindet. Die Leitung von den oberflächlichen Theilen des Gehirns, der Hirnrinde, zu den in der Tiefe liegenden und umgekehrt muss gesondert betrachtet werden, wenn man nicht die ganze Lehre von den Reflexbewegungen verwirren will. Wir betrachten die Reflexbewegungen im Gegensatze zu den willkürlichen. Auch diese sind ursprünglich durch centripetale Impulse bedingt; aber hier geht die Leitung durch Theile des Gehirns, die dem Bewusstsein, den Vorstellungen, dem Willen dienen. Der Begründer der Theorie der Reflexbewegungen ist Descartes, der ausdrücklich sagt, es würden Impulse von der Peripherie nach dem Centrum fortgeführt und in letzterem würden sie auf motorische Nerven reflectirt. Als der zweite muss Prohaska genannt werden. Später hat Marshall Hall diese Lehre in etwas anderer Weise aufgestellt und bedeutend erweitert. Die Uebertragung der Reflexe entsteht in der Regel im Rückenmarke oder im verlängerten Marke, oder in solchen Theilen des Gehirns, welche wir als directe Fortsetzungen des Rückenmarks und der Medulla oblongata ansehen können. Wir können aber nicht sagen, dass dies die einzigen Orte seien, an welchen Reflexe übertragen werden können. Wir werden Thatsachen kennen lernen, die dafür sprechen, dass auch in den Ganglien Reflexe übertragen werden können. Zur Uebertragung eines solchen mag ja an und für sich nichts gehören als eine Nervenfaser, welche im Stande ist einen Impuls in centripetaler Richtung fortzuleiten, eine Ganglienkugel, mit der diese Nervenfaser in Verbindung steht, und eine zweite Faser, welche den motorischen Impuls fortpflanzt und die, entweder direct, oder indirect durch eine andere Nervenzelle mit dieser Ganglienkugel verbunden ist. Eine solche Anordnung kann gerade so gut in einem Ganglion, wie im Rückenmarke und in der Medulla oblongata vorkommen.

Nerven, durch welche Reflexe ausgelöst werden, heissen Reflexnerven oder excitomotorische Nerven und ihre Thätigkeit ist für die Instandhaltung und für die ganzen Thätigkeitsäusserungen des Organismus von der grössten Wichtigkeit. Es fällt zunächst auf, dass eine Reihe von Acten, welche den Organismus schützen, Schädlichkeiten von demselben abhalten und aus demselben entfernen, auf reflectorischem Wege

ausgelöst werden. Wenn man z. B. die Conjunctiva des Auges berührt, so schliessen sich auf reflectorischem Wege die Augenlider. Wenn Staub oder andere kleine fremde Körper in die Nase gelangen, so entsteht auf reflectorischem Wege Niessen, um diese Körper hinauszuschaffen. Wenn ein fremder Körper in die Trachea einzudringen sucht, so tritt zuerst Verschluss der Stimmritze ein, wodurch das Hineintreten des Körpers verhindert wird, und dann tritt in Gestalt des Hustens eine Reihe heftiger Exspirationsbewegungen ein, welche dazu dienen, den fremden Körper aus den Luftwegen hinauszuwerfen. Wenn wir noch weiter in die Thätigkeiten des Körpers eingehen, so stossen wir überall auf Reflexbewegungen, wir sehen, dass das Schlingen, das Athmen, kurz viele der wichtigsten Thätigkeiten des Körpers mit Reflexbewegungen zusammenhängen oder auf dem Wege des Reflexes zu Stande kommen.

Es können aber in diesen excitomotorischen Nerven nicht nur Impulse fortgeleitet werden, welche Reflexbewegungen auslösen, sondern auch solche, welche Reflexabsonderungen hervorrufen. Ebensogut, wie die Erregung im Centralorgan auf einen motorischen Nerven übertragen wird, kann sie auch auf einen Absonderungsnerven und auf einen elektrischen Nerven übertragen werden. Wir unterscheiden deshalb Reflexabsonderungen, und wir werden bei den elektrischen Fischen sehen, dass die Thätigkeit ihrer elektrischen Organe durch Anregung der Nerven auf reflectorischem Wege hervorgerufen werden kann. Ja, es kann die Erregung im Centrum auch übertragen werden auf einen Hemmungsapparat, und dann haben wir diejenige Erscheinung, die wir mit dem Namen der Reflexhemmung bezeichnen.

Es fragt sich, sind die excitomotorischen Nerven und die sensiblen Nerven verschieden von einander oder sind es die gewöhnlichen sensiblen Nerven, in denen auch die Impulse fortgeleitet werden, welche Reflexbewegungen, Reflexabsonderungen und Reflexhemmungen auslösen. Wir kennen keine Thatsache, welche uns zwingt anzunehmen, dass in den gewöhnlichen sensiblen Bahnen nicht auch reflectorische Erregungen fortgepflanzt werden können: aber wir kennen umgekehrt eine Menge von Thatsachen, die uns zeigen, dass es centripetalleitende Bahnen gibt, in welchen Impulse fortgeleitet werden, die Reflexe erregen, ohne dass sie uns eine Empfindung verursachen. Man sieht leicht ein, dass dies nur in den centralen Verbindungen begründet ist, welche die centripetalleitenden Bahnen, von denen wir sprechen, eingehen. Sind die Verbindungen derart, dass die Erregungen in diejenigen Theile des Gehirns fortgepflanzt werden, die uns bewusste Empfindungen und Vorstellungen zubringen, so sagen wir, dass die Erregung dieser Nerven uns eine Empfindung verursache. Findet aber im Centralorgane die Uebertragung einfach auf eine centrifugale Bahn statt, ohne dass die Kette der Veränderungen durch solche Theile abläuft, in welchen für uns die Quelle bewusster Empfindungen zu suchen ist, so wird eine Reflexbewegung oder Reflexabsonderung erzeugt, ohne dass uns daraus eine bewusste Empfindung erwächst.

Es können im Centralorgane nicht nur Erregungen übertragen werden von centripetalen auf centrifugale Bahnen, sondern es können auch Erregungen übertragen werden auf andere Nervenelemente, welche mit anderen centripetalen Bahnen in Verbindung stehen. Da aber diese Erregungen ganz ähnliche Folgen haben, als wenn die centripetalen Bahnen, mit denen

diese Elemente in Verbindung stehen, erregt worden wären, so entsteht dadurch eine Empfindung, die anscheinend ihre Ursache an dem peripherischen Ende eben jener centripetalen Bahnen hat, und eine solche Empfindung bezeichnen wir mit dem Namen der Mitempfindung.

Im Ohre verzweigt sich ein kleiner Ast des Vagus, der Ramus auricularis nervi vagi. Von diesem gehen einige Fäden in den tiefsten Theil des äusseren Gehörganges. Wenn man mit einem Federbart oder einem zusammengedrehten Papiere immer tiefer und tiefer in den äusseren Gehörgang hineinbohrt, so spürt man endlich, wenn man an eine bestimmte Stelle kommt, ein Kitzeln im Kehlkopfe. Dann ist die Erregung auf Elemente im Centralorgane übertragen worden, die mit dem Nervus laryngeus superior, dem Empfindungsnerven des Kehlkopfes, in Verbindung stehen, und daher fühlt man das Kitzeln im Kehlkopfe. Es dauert aber nicht lange, so tritt auch Husten ein. Dieser ist eine Reflexbewegung. In unserer Vorstellung ist es so, als ob wir husten müssten, weil wir Kitzeln im Kehlkopfe fühlen, weil der gewöhnliche Angriffspunkt für die Reflexbewegung des Hustens in der Kehlkopfschleimhaut liegt: in der That ist aber die wahre Ursache der Reflexbewegung, die ausgelöst worden ist, hier die Erregung des Ramus auricularis nervi vagi. Diese hat uns eine Mitempfindung im Laryngeus superior verursacht und in zweiter Reihe, indem der Reiz auf Elemente übertragen worden, die mit motorischen Bahnen in Verbindung stehen, Husten als Reflexbewegung ausgelöst.

Es können endlich weiter, wenn Erregungen auf motorische Centren übertragen sind, diese sich in denselben ausbreiten, und es können dadurch Bewegungen, die wir nicht die Absicht haben hervorzurufen, entstehen. Wenn wir z. B. die Hand auf den Tisch legen und einen Finger nach dem andern aufzuheben suchen, so finden wir, das uns dies das erste Mal nicht ganz gut gelingt, dass wir den einen oder andern Finger, der nicht mitgehoben werden sollte, mitaufheben, bis einige Uebung uns nach und nach dazu bringt die Finger vollkommen isolirt zu bewegen. Dies ist eine Erfahrung, die bei allen Kindern gemacht wird, die Clavierspielen lernen, indem sie Schwierigkeiten haben die Bewegungen der Finger zu isoliren, es aber später ganz gut lernen. Dergleichen Bewegungen, deren Ursachen unwillkürlich von einem motorischen Centrum auf das andere übertragen worden sind, bezeichnet man mit dem Namen der Mitbewegungen.

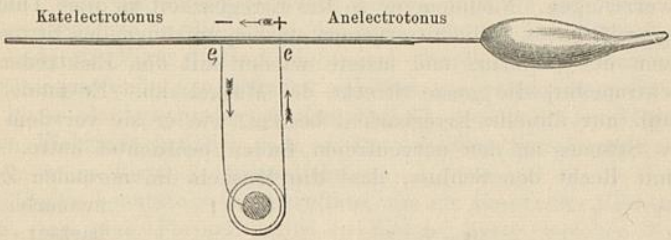
Motorische Nerven.

An den motorischen Nerven hat man mit besonderer Sorgfalt und mit dem Aufwande von sehr viel Arbeitskraft die Erregungen durch den elektrischen Strom untersucht. Bei den älteren Versuchen waren, je nachdem man stärkere oder schwächere Ströme anwandte, je nachdem man sie eine kürzere oder längere Zeit hindurchleitete, die Resultate so verschieden, dass man sich gar nicht aus diesem Gewirre herausarbeiten konnte. Erst durch die grosse Arbeit von Pflüger über den Electrotonus ist in diesen Gegenstand eine grössere Klarheit hineingekommen. Früher pflegte man die Versuche so anzustellen, dass man die Elektroden ohneweiters an den Nerven selbst anlegte. Nun wissen wir aber, dass die Producte der Zersetzung, die durch den elektrischen Strom hervorgebracht werden, sich am positiven und am negativen Pole ansammeln. Diese Pro-

ducte der Zersetzung können in doppelter Weise bei dem Versuche nachtheilig wirken: erstens insofern sie den Strömungsvorgang selbst verändern, denn sie bilden Kette in entgegengesetzter Richtung, und andererseits, indem sie an Ort und Stelle einen directen, einen chemischen Reiz auf die Nervensubstanz ausüben. Es war also ein wesentlicher Fortschritt, dass Pflüger zuerst die Nerven mit unpolarisirbaren Elektroden untersuchte. Er untersuchte nicht allein die Erregung, welche durch den elektrischen Strom, den man öffnet und schliesst, hervorgebracht wird, sondern seine wesentlichen Untersuchungen waren darauf gerichtet, die Veränderungen zu erforschen, welche in der Erregbarkeit des motorischen Nerven dadurch hervorgebracht werden, dass durch eine Strecke desselben ein elektrischer Strom hindurchgeleitet wird, mit anderen Worten, er untersuchte die Erregbarkeitsveränderungen im Electrotonus.

Denkt man sich den Gastroknemius eines Frosches, an dem der herauspräparirte Nerv hängt, und legt man an den Nerven eine Kette so an, dass der Strom aufsteigend (siehe Figur 5) durch den Nerven hindurch geht, so sagt Pflüger von derjenigen Strecke, die jenseits der positiven Elektrode liegt, die also stromaufwärts liegt, sie sei im Anelectrotonus, und von derjenigen Strecke, welche stromabwärts liegt, sagt er,

Fig. 5.

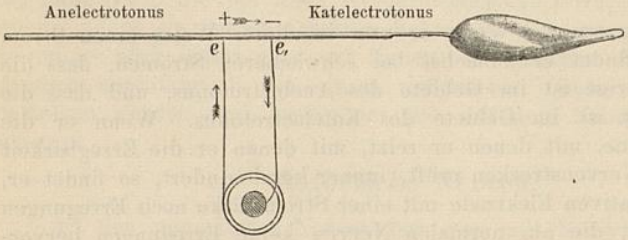


sie sei im Katelectrotonus. Wenn er nun in dieser Weise einen Strom hindurchleitet, so findet er zunächst bei schwächeren Strömen, dass die Erregbarkeit erniedrigt ist im Gebiete des Anelectrotonus, und dass die Erregbarkeit erhöht ist im Gebiete des Katelectrotonus. Wenn er die Intensität der Ströme, mit denen er reizt, mit denen er die Erregbarkeit der verschiedenen Nervenstrecken prüft, immer herabmindert, so findet er, dass er an der negativen Elektrode mit einer Stromstärke noch Erregungen hervorbringen kann, die am normalen Nerven keine Erregungen hervorgebracht hätte, dass er dagegen in der Region des Anelectrotonus eine beträchtlich grössere Stromstärke braucht, um dieselbe Wirkung hervorzurufen. Wenn er die Intensität des Stromes, der unseren Nerven von *e* bis *e*, durchfliesst, immer mehr steigert, so findet er, dass die Erregbarkeit in der Gegend des Katelectrotonus nicht fortwährend steigt, sondern nachdem sie ein Maximum erreicht hat, abnimmt und endlich unter die Norm herabsinkt. Das erklärt Pflüger so, dass zwar in der Gegend des Katelectrotonus an und für sich die Erregbarkeit nicht abnehme, dass aber die Beweglichkeit der Moleküle in der Strecke, welche sich im Anelectrotonus befindet, so herabgesetzt wird, dass schliesslich die Erregung, die an der Stelle, die sich im Katelectrotonus befindet, erzeugt wird, nicht mehr bis

zum Muskel fortgeleitet wird. In der That sinkt in der Gegend des Anelectrotonus die Erregbarkeit immer tiefer und tiefer und erstreckt sich nicht nur auf die Nervenstrecke bis zum Muskel hin, sondern auch auf die Verzweigungen des Nerven innerhalb des Muskels.

Wir haben auf diese Weise in dem aufsteigenden Strome ein werthvolles Mittel, um die Nervenfasern innerhalb des Muskels unempfindlich zu machen. Durch einen starken elektrischen Strom, den wir aufsteigend durch den Nerven hindurch schicken, können wir nicht nur diesen, sondern auch alle Verzweigungen desselben innerhalb des Muskels unerregbar machen. In der Zeit, als noch darüber gestritten wurde, ob die Muskeln eine selbstständige Erregbarkeit hätten, oder ob sie nur von ihren Nerven aus erregt werden könnten, hat Kühne dies benützt, um die selbstständige Erregbarkeit der Muskelsubstanz nachzuweisen. Der Versuch, den er machte, war folgender. Er bediente sich wieder des Sartorius des Frosches mit seinen nervenfreien Endstücken. Mit den Elektroden eines Magnetelektromotors tastete er den ganzen Muskel ab und fand, dass die Erregbarkeit für die Inductionsströme am grössten war an der Stelle, wo der Nerv in den Muskel eintritt, dass sie abnahm gegen das Ende des Muskels zu und am geringsten war in den nervenfreien Stücken. Wir haben schon früher gesehen, dass eben die Muskelsubstanz an sich gegen Inductionsströme viel unempfindlicher ist als die Nerven, die sich in den Muskeln verzweigen. Nachdem er so die Erregbarkeit an allen Theilen des Muskels geprüft hatte, schickte er einen starken aufsteigenden Strom durch den Nerven des Sartorius und tastete wieder mit den Elektroden seines Magnetelektromotors die ganze Strecke des Muskels ab. Er fand, dass er jetzt überall nur dieselbe Erregbarkeit besitze, wie er sie vor dem Durchleiten des Stromes an den nervenfreien Enden beobachtet hatte. Er zog hieraus mit Recht den Schluss, dass die Muskeln im normalen Zustande zweierlei Erregbarkeit haben, eine von den Nerven aus und eine, bei der die Muskelsubstanz direct erregt werde, und dass nur die letztere Art der Erregbarkeit übrig geblieben, nachdem er einen aufsteigenden Strom durch den Nerven des Sartorius hindurchgeleitet hatte.

Fig. 6.

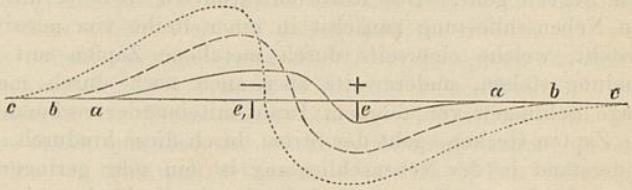


Wir senden nun den elektrotonisirenden Strom in entgegengesetzter Richtung durch den Nerven, so dass er, wie Figur 6 von e nach $e_{,}$, also absteigend fliesst. Dann befindet sich die Strecke nach dem Muskel zu im Katelectrotonus und die Strecke weiter aufwärts am Nerven im Anelectrotonus. Wenn man nun die Strecke in der Nähe des Muskels untersucht, so findet man sie bei schwachen und stärkeren elektrotonisirenden Strömen im Zustande der höheren Erregbarkeit. Untersucht man die andere Strecke, die im Anelectrotonus befindliche, so findet man sie durchweg im Zustande der erniedrigten Erregbarkeit. Hier hat man also die

Erscheinungen des Katelectrotonus und Anelectrotonus im reinen Zustande vor sich, nämlich durchweg erhöhte Erregbarkeit in der Strecke des Katelectrotonus und Verminderung derselben in der Strecke des Anelectrotonus.

Prüft man die intrapolare Strecke mittelst chemischer Reize, so verhält sie sich verschieden je nach der Stärke der elektrischen Ströme, die hindurchgeschickt werden. Bei schwächeren Strömen befindet sich die ganze Region um die negative Elektrode herum im Zustande der erhöhten Erregbarkeit, die Depression beginnt erst nahe an der positiven Elektrode. In Fig. 7 bedeutet die horizontale Linie die elektrotonisirte Nervenstrecke, *e* und e_1 sind die angelegten Elektroden, und die Curven folgen der Erhöhung der Erregbarkeit über das Niveau des Normalen und der Depression unter dasselbe, die Linie *aa* ist die Curve, welche der Wirkung schwacher elektrotonisirender Ströme entspricht. Bei Anwendung stärkerer Ströme tritt ein grösserer Theil der intrapolaren Strecke in die Phase der verminderten Erregbarkeit. Diesen Zustand zeigt in Figur 7 die Linie *bb* an. Endlich, wenn man noch stärkere Ströme anwendet, so befindet sich fast die ganze intrapolare Strecke in der Phase der verminderten Erregbarkeit, und nur die Stelle an der negativen Elektrode befindet sich in der erhöhten Erregbarkeit, wie dies die Curve *cc* in Figur 7 versinnlicht.

Fig. 7.



Pflüger benützte seine Resultate, um ein Gesetz der Zuckungen aufzustellen, um eine Formel dafür zu finden, unter welchen Umständen Zuckung entstehen muss, wenn man einen Strom aufsteigend oder absteigend durch den Nerven hindurchsendet. Er geht hiebei von der Idee aus, die er auch durch seine weiteren Resultate begründet hat, dass die Zuckung immer durch das Entstehen des Katelectrotonus und durch das Vergehen des Anelectrotonus entsteht, dass aber das Vergehen des Katelectrotonus und das Entstehen des Anelectrotonus keine Zuckung hervorrufen. Mit anderen Worten, da, wo plötzlich die Erregbarkeit erhöht wird, tritt Zuckung ein, wenn dieser Zustand wieder aufhört und zur Norm zurückkehrt, macht das keine Zuckung. Wenn eine Depression eintritt, so ist das an und für sich keine Ursache zu einer Zuckung, wenn aber dieser Zustand der Depression aufhört, wenn die Moleküle gegen ihre normale Lage zurückfallen, so verursacht dies Zuckung. Die Thatsachen stellen sich nun folgendermassen. Wenn ich mit den kleinsten Stromstärken anfange, so bekomme ich anfangs überhaupt keine Zuckung, weil die Erregung erst ein gewisses Maass erreichen muss, ehe sie eine Zuckung auslösen kann. Ist diese Grenze einmal mit wachsender Stromstärke erreicht, so erhalte ich zunächst nur eine Schliessungszuckung, gleichviel ob ich den Strom aufsteigend oder absteigend hindurchleite. Dieses Anfangen mit sehr schwachen Strömen und dieses Graduiren der Ströme, wie es Pflüger bei seinen Untersuchungen durchgeführt hat,

wurde ihm möglich durch eine Erfindung von du Bois, durch die Erfindung des Rheochords.

Wenn man die Leitung, welche von einer Kette ausgeht, in zwei Theile theilt, von denen der eine durch den Nerven und der andere durch einen andern Leiter geschlossen werden kann, so kann man den Stromantheil, der durch den Nerven hindurchgeht, beliebig klein machen dadurch, dass man mit einem guten Leiter schliesst. Man kann mit einem so guten Leiter schliessen, dass ein kaum merklicher Stromantheil durch den Nerven hindurchgeht. Je mehr Widerstände man aber in die Nebenschliessung einschaltet, um so grösser wird der Stromantheil, der durch den Nerven geht. Das Rheochord von du Bois beruht nun darauf, dass die Nebenschliessung zunächst in einer Reihe von massiven Metallstücken besteht, welche einerseits durch metallene Zapfen mit einander in Verbindung stehen, andererseits aber auch noch durch mehr oder weniger lange Schlingen von dünnem Draht miteinander verbunden sind. So lange die Zapfen stecken, geht der Strom durch diese hindurch, und der Leitungswiderstand in der Nebenschliessung ist ein sehr geringer. Wenn ich aber einen Zapfen ausziehe und dadurch die Verbindung unterbreche, welche er zwischen zwei benachbarten Metallstücken herstellte, so zwinge ich nun den Strom, von dem einen derselben zum andern durch die Schlinge von dünnem Draht hindurchzugehen, welche einen viel grösseren Widerstand darbietet. So kann ich also, indem ich die Zapfen einen nach dem andern ausziehe, den Widerstand in der Nebenschliessung und damit den Stromantheil, der durch den Nerven geht, stufenweise vergrössern. Um die Stromstärke noch feiner und ganz allmälig abstufen zu können, sind die beiden Branchen der ersten Drahtschlinge durch eine verschiebbare metallische Brücke mit einander verbunden, so dass man also die Strecke, welche der Strom in ihr durchlaufen muss, ganz nach Gutdünken verändern kann.

Die ersten Ströme, die überhaupt Zuckungen erregen, rufen also, wie gesagt, immer nur Schliessungszuckungen hervor, ob der Strom aufsteigend oder absteigend durch den Nerven hindurchgeschickt wird. Das heisst nichts Anderes, als dass das Entstehen des Katelectrotonus geeigneter ist Zuckungen zu erregen, als das Vergehen des dazu gehörenden Anelectrotonus. Beim jedesmaligen Schliessen und Oeffnen des Stromes entsteht einmal ein Katelectrotonus und vergeht einmal ein Anelectrotonus. So lange aber die Ströme schwach sind, ist es nur das Entstehen des Katelectrotonus, welches eine Zuckung erzeugt. Dies ist die sogenannte erste Reizstufe. Nimmt man stärkere Ströme, so bekommt man von einer gewissen Grenze an sowohl beim Schliessen als beim Oeffnen des Stromes Zuckung, gleichviel ob man den Strom aufsteigend oder absteigend hindurchschickt. Das ist die sogenannte zweite Reizstufe. Diese charakterisirt sich dadurch, dass jetzt auch das Vergehen des Anelectrotonus bereits ein hinreichender Reiz ist, um eine Muskelcontraction auszulösen. Die dritte Reizstufe charakterisirt sich dadurch, dass der Strom jetzt so stark ist, dass, wenn man denselben in aufsteigender Richtung schliesst, man gar keine Zuckung erhält, einfach deswegen, weil jetzt eine so starke Depression an der positiven Elektrode eingetreten ist, dass die Erregung, welche das Entstehen des Katelectrotonus hervorbringt, nicht mehr bis zum Muskel fortgepflanzt wird. Oeffnet man aber, so erhält man eine Oeffnungszuckung,

manchmal sogar, je nach der Stärke des Stromes und der Länge der Zeit, während welcher er geschlossen war, eine Reihe von Zuckungen, einen sogenannten Oeffnungstetanus, indem dann der Anelectrotonus eine gewisse Zeit braucht, um zur Norm abzufallen, und dadurch eine Reihe von Erregungen hervorbringt, die eine Reihe von Zuckungen im Muskel bewirken. Was geschieht, wenn ich diesen starken Strom, der aufsteigend keine Zuckung gab, absteigend schliesse? Dann erhalte ich eine starke Schliessungszuckung und darauf tritt Ruhe ein, und wenn ich nun öffne, so erhalte ich sehr verschiedene Resultate, je nach der durchlaufenen Strecke und je nachdem der Strom kürzere oder längere Zeit geschlossen war. War er nur kurze Zeit geschlossen, so erhalte ich eine relativ unbedeutende Oeffnungszuckung. Man erklärt sich das daher, dass die Strecke, die sich im Katelectrotonus befand, weniger geeignet ist, die Erregung, die durch das Vergehen des Anelectrotonus erzeugt wird, bis zum Muskel fortzupflanzen. War dagegen der Strom einige Zeit geschlossen gewesen und man öffnet dann, so erhält man eine viel stärkere Oeffnungszuckung, ja man kann dann eine Reihe von Oeffnungszuckungen, einen förmlichen Oeffnungstetanus, nach seinem Entdecker Ritter'scher Tetanus genannt, in ähnlicher Weise, wie früher, bekommen.

Diesen Oeffnungstetanus, der entsteht, nachdem der absteigende Strom geöffnet ist, hat Pflüger benützt, um die Richtigkeit seiner Annahme über die Ursache der Zuckungen zu erweisen. Er sagt nämlich: Wenn es richtig ist, dass das Vergehen des Anelectrotonus diesen Tetanus hervorbringt, dann muss er aufhören, wenn ich die Strecke, die sich im Anelectrotonus befindet, ausser Verbindung mit dem Muskel setze. Er durchschnitt deshalb beim Beginne des Oeffnungstetanus die intrapolare Strecke. Die Strecke des Katelectrotonus blieb dabei noch mit dem Muskel verbunden. Wenn also von dem Katelectrotonus die Zuckungen hergerührt hätten, so müsste der Muskel noch zucken; er hört aber auf zu zucken, zum Beweise, dass es der Anelectrotonus war, dessen Vergehen die Zuckungen hervorgebracht hatte. Dass dies in der That so ist, geht daraus hervor, dass diese Wirkung ausblieb, wenn er den Nerven so durchschnitt, dass ein Theil der Strecke, die sich im Anelectrotonus befand, mit dem Muskel noch im Zusammenhange blieb; dann hörte der Tetanus nicht auf.

Dieser Tetanus beim Oeffnen von constanten Strömen, die den Nerven längere Zeit durchflossen haben, zeigt, dass die Veränderung, die im Nerven hervorgebracht wird, nicht plötzlich aufhört, sondern dass er einige Zeit braucht, um zur Norm zurückzukehren. Dieser Oeffnungstetanus kann sofort aufgehoben werden, wenn ich den Strom wieder herstelle, weil dann die Ursache desselben aufgehoben ist, er wird aber gesteigert, sobald ich einen Strom in entgegengesetzter Richtung durchsende, weil dieser Strom die Anordnung der Moleküle umzukehren sucht und so die Ursache vermehrt, die die Erregung hervorrief. Nun ist aber das Stadium, in dem der Muskel zuckt, nur ein Theil des Stadiums, in welchem der Rückgang in den früheren Zustand stattfindet. Wenn der Muskel aufhört zu zucken, so ist der Nerv noch nicht zu seiner Norm zurückgekehrt, sondern die Veränderungen, die in ihm vorgehen, sind nur nicht stark genug, um eine Zuckung im Muskel hervorzurufen. Dass er dann noch im veränderten Zustande ist, zeigt sich, wenn man ihn mit auf- und absteigenden Strömen untersucht. Leitet man einen Strom in derselben Richtung

hindurch, in der der frühere circulirte, so zeigt sich der Nerv relativ unempfindlich, leitet man aber in entgegengesetzter Richtung von dem früheren einen Strom durch den Nerven, so zeigt er sich relativ empfindlich. Dies war eine wesentliche Quelle der paradoxen Erscheinungen, die man früher, ehe man diese Verhältnisse kannte, wahrgenommen und nicht zu erklären wusste.

Man muss den Satz Pflüger's, die Zuckung entstehe durch das Entstehen des Katelectrotonus und durch das Vergehen des Anelectrotonus, als die Auslegung eines schon früher von du Bois aufgestellten Gesetzes ansehen. Dieses sagt, dass nicht der ruhig fliessende Strom als solcher die Zuckung auslöst, sondern dass die Erregung beim Ansteigen und Abfallen des Stromes entsteht, und dass die Erregung um so stärker ist, ceteris paribus, je schneller der Strom ansteigt oder abfällt. Es entsteht also eine Erregung beim Schliessen und Oeffnen des Stromes, es entsteht aber auch eine Erregung, wenn während des Durchfliessens des Stromes dieser plötzlich zunimmt oder plötzlich abnimmt. Kurz, es entsteht eine Erregung unter denselben Umständen, unter welchen in einem benachbarten geschlossenen Leiter ein Inductionsstrom inducirt worden wäre. Diese Erregung entsteht, wie wir durch Pflüger's Versuche gelernt haben, dadurch, dass entweder irgendwo ein Katelectrotonus entsteht oder sich steigert, oder ein Anelectrotonus vergeht oder doch plötzlich auf einen viel geringeren Grad abfällt. Daraus, dass es der elektrische Strom nicht eigentlich als solcher ist, der unmittelbar die Muskelzusammenziehung hervorruft, sondern dass es der entstehende Katelectrotonus oder der vergehende Anelectrotonus ist, wird sich eine untere Grenze in Bezug auf die Stromdauer für das du Bois'sche Gesetz ergeben, d. h. wenn ein Strom eine allzu kurze Dauer hat, so wird er, wenn er auch plötzlich ansteigt und wieder abfällt, doch keine Zuckung hervorbringen, weil die Zeit für das Entstehen des Electrotonus nicht vorhanden ist. Man darf nicht sagen, weil die Zeit für die vollständige Entwickelung des Stromes nicht vorhanden, denn wir wissen, dass der Strom sich in Leitern von solchen Dimensionen, wie die sind, mit denen wir es zu thun haben, mit ganz ausserordentlicher Schnelligkeit entwickelt. Aber nicht mit gleicher Schnelligkeit entwickeln sich die Veränderungen, die der Strom im Nerven hervorruft und die wir mit dem Namen des Electrotonus bezeichnen. Diese Voraussetzung hat sich durch die Versuche von Fick vollständig bestätigt. Fick fand, dass, wenn man die Dauer eines Stromes, der noch stark genug ist, beim Schliessen und Oeffnen den Nerven zu reizen, immer mehr und mehr abkürzt, man endlich zu einer unteren Grenze gelangt, von der an der Stromstoss keine Zuckung mehr hervorbringt. Auf diese untere Grenze kommt man um so früher, je schwächer der Strom schon an und für sich ist, und zwar aus einem begreiflichen Grunde. Je stärker der Strom ist, um so rascher wird ein gewisser Grad von Electrotonus erzielt werden, um so kürzer wird also auch die Zeit sein können, während welcher dieser Strom wirksam zu sein braucht, um einen solchen Grad von Electrotonus hervorzurufen, dass dadurch eine Zuckung ausgelöst wird. Es hat sich auch ebenso gezeigt, dass, wenn ein Strom eine sehr kurze Unterbrechung erleidet, keine Zuckung eintritt, wenn die Unterbrechung zu kurz ist. Bei der Unterbrechung soll die Zuckung durch das Abfallen und durch das Sichwiederherstellen des Electrotonus entstehen. Wenn

aber die Zeit dafür, dass der Electrotonus wesentlich von seiner Höhe herabfallen kann, zu kurz ist, so kann weder das Herabfallen, noch das Sichwiederherstellen desselben einen solchen Reiz bedingen, dass dadurch der Muskel in Zusammenziehung versetzt wird. Auch hier zeigt sich wieder, dass je stärker der Strom ist, um so kürzer auch die Unterbrechungen sein können, die noch hinreichend sind, um einen Muskel in Zusammenziehung zu versetzen.

Wir müssen diese Thatsachen im Zusammenhang mit einer andern betrachten, mit der nämlich, dass, wie dies schon du Bois wusste und in seinem Gesetze aussprach, ein Muskel nicht in Zusammenziehung versetzt wird, wenn der Strom, den man durch seinen Nerven hindurchschickt, zu langsam ansteigt oder zu langsam abfällt. Der Strom muss mit einer gewissen Geschwindigkeit ansteigen oder abfallen, damit überhaupt eine Zuckung ausgelöst wird. Je steiler er ansteigt oder abfällt, um so kräftiger fällt die Zuckung aus. Wir haben gesehen, dass es nicht der Strom als solcher ist, welcher direct die Muskelzusammenziehung hervorbringt, sondern dass der Strom in den Nerven Veränderungen hervorruft, bei deren Entstehung die Erregungsursachen erzeugt werden, welche den Muskel in Contraction versetzen. Wenn diese Erregungsursachen beliebig lange fortbestehen, sich also fortwährend summiren könnten, so würden endlich, wenn ein Strom auch langsam ansteigt, so viel Erregungsursachen summirt werden, dass doch eine Muskelcontraction ausgelöst wird, vorausgesetzt, dass der Strom schliesslich zu einer hinreichenden Stärke ansteigt. Das ist aber nicht der Fall. Es zeigt sich, dass die Erregungsursachen, die hier erzeugt werden, wieder verschwinden, wenn sie nicht sofort zur Wirkung kommen, und unter dieser Annahme erklären sich alle weiteren Erscheinungen.

Steigt nämlich der Strom plötzlich an, so werden alle Erregungsursachen, die er bei seinem Ansteigen hervorbringt, in einer kürzeren Zeit erzeugt, können sich also vollständig summiren, und es entsteht eine Zuckung. Steigt er dagegen sehr langsam an, so verschwindet während seines weiteren Ansteigens ein Theil der Erregungsursachen. Es werden zwar neue erzeugt, dafür verschwinden aber immer andere, die schon früher erzeugt waren, so dass nie eine Summe erzielt wird, die hoch genug wäre, den Muskel in Zusammenziehung zu versetzen. Von diesem Standpunkte aus verstehen wir auch, warum ein Strom, wenn er immer schneller und schneller unterbrochen wird, schliesslich keinen Tetanus mehr erzeugt. Jeder einzelne Stromstoss ist zu kurz, um an und für sich eine Zusammenziehung hervorzubringen. Würden die Erregungsursachen permanent sein, so würden sie sich schliesslich aus einer Reihe von Stromstössen summiren, und es würde endlich doch eine Erregung zu Stande kommen. Nun sind aber diese Erregungsursachen nicht permanent, sondern verschwinden nach einer verhältnissmässig kurzen Zeit, wenn sie nicht sofort zur Wirkung kommen, und es können sich deshalb, wenn ein Strom in sehr kurzen Zeiten hintereinander unterbrochen wird, die kleinen Stromstösse in ihren Wirkungen nicht so weit summiren, dass dadurch eine Reizsumme entstünde, die hoch genug wäre, um den Muskel in Contraction zu versetzen.

Durch diese Betrachtungen und durch Combination der Thatsachen, die wir bisher kennen gelernt haben, lässt sich auch ein Band herstellen zwischen den Erscheinungen, die wir auf Reizungen an den Muskeln der

Frösche beobachtet, und den merkwürdigen, anscheinend ganz abweichenden Erscheinungen, die Fick vor längerer Zeit am Schliessmuskel der Bivalven beobachtet hat. Er fand, dass der Schliessmuskel der Bivalven sich noch auf einen Strom zusammenzieht, der so langsam ansteigt, dass es nicht mehr möglich wäre, durch diesen Strom einen Froschmuskel in Contraction zu versetzen. Andererseits fand er, dass gegen einen mit einer gewissen Geschwindigkeit unterbrochenen Strom, der einen Froschmuskel noch in Tetanus versetzte, der Muskel der Bivalve sich ebenso verhielt wie gegen einen constanten Strom, der geschlossen wird; dass nämlich der Schliessmuskel der Bivalve auf einen unterbrochenen Strom von gewisser Schlagfolge sich bis zu einer gewissen Grösse zusammenzog, dann stehen blieb und, wenn diese Schlagfolge unterbrochen wurde, wenn sie aufhörte, sich noch einmal zusammenzog, als ob ein constanter Strom geöffnet worden wäre. Alle diese Erscheinungen erklären sich aus der Langsamkeit, mit der die Veränderungen in dem Muschelpräparate erzeugt werden, und andererseits aus der Langsamkeit, mit der diese Veränderungen und somit auch die Erregungsursachen wieder vergehen. Ich habe diese Dinge in einer kleinen Abhandlung näher auseinandergesetzt, im 58. Bande zweiter Abtheilung der Sitzungsberichte unserer Akademie.

Ausser den elektrischen Reizen kommen für die motorischen Nerven noch die mechanischen, thermischen und chemischen Reize in Betracht. Unter thermischen Reizen versteht man die Erregungszustände, die dadurch hervorgebracht werden, dass der Nerv plötzlich einer sehr hohen oder einer sehr niedrigen Temperatur ausgesetzt wird. Eckard hat Untersuchungen über die motorischen Nerven in Rücksicht auf thermische Reize angestellt und bei seinen Versuchen gefunden, dass durch Temperaturen unter — 4^0 und über + 54^0 Zuckungen erregt werden können, dass aber die Temperaturen zwischen — 4^0 und + 54^0 unwirksam sind.

Die chemischen Reize wurden früher in der experimentellen Nervenphysiologie mehr angewendet als jetzt. Die ausführlichen Untersuchungen über dieselben sind von Kühne angestellt worden. Es hat sich aber bis jetzt kein bestimmtes Gesetz herausgestellt, nach dem man im Vorhinein aus der chemischen Constitution einer Substanz bestimmen könnte, ob sie einen Reiz für die motorischen Nerven abgeben werde oder nicht. Es wirken als Reize im Allgemeinen die concentrirten Mineralsäuren. Bei den Alkalien wirken Kali und Natron als Reizmittel, dagegen zeigt sich Ammoniak, auf den Nerven applicirt, unwirksam, obschon es ihn örtlich sogleich tödtet. Chlornatrium und concentrirte Chlorcalciumlösung zeigen sich wirksam, auch salpetersaures Silberoxyd, während eine Reihe von Salzen anderer schwerer Metalle sich als unwirksam erwiesen hat.

Da nicht alle Substanzen, die den Nerven chemisch reizen, auch den Muskel reizen, und umgekehrt Substanzen, die den Muskel chemisch reizen, sich unwirksam gegenüber den Nerven bewiesen haben; so hat Kühne seinerzeit die Verschiedenheit benützt, um den Beweis für die eigene Erregbarkeit, für die Irritabilität der Muskelsubstanz herzustellen. Dazu diente ihm in erster Reihe das Ammoniak. Er stellte folgenden Versuch an. Er brachte auf einem Gestell einen kleinen Metallschirm mit einem Loche an, durch das er den Nerven eines Gastrocnemius hindurchzog. Diesen Nerven legte er auf eine kleine Schale und brachte ihn mit Ammoniak in Berührung, ohne dass die Dämpfe des Ammoniaks an den

Muskel herankommen konnten, da der Muskel durch den Schirm geschützt war. Es zeigte sich, dass es nicht möglich war, vom Nerven aus eine Zusammenziehung des Muskels mittelst Ammoniak hervorzurufen. Wenn er dagegen eine offene Ammoniakflasche hinstellte und darüber den Muskel aufhing, so fing der Muskel zu zucken an und gerieth in immer lebhafter werdende Bewegungen in Folge der Erregung, welche das auf die Muskelsubstanz wirkende Ammoniak hervorbrachte.

Blicken wir noch einmal auf die Reize für die motorischen Nerven und ihre Wirkungen im Allgemeinen zurück, so müssen wir sagen, dass eine Veränderung, die entweder durch den elektrischen Strom, oder durch mechanische, thermische, chemische Reize erzeugt wird, sich den Nerven entlang fortpflanzt, bis sie endlich zu den Nervenendplatten gelangt, und dass sie von diesen aus diejenigen Muskelfasern jedesmal in Zusammenziehung versetzt, deren contractiler Substanz die betreffende Nervenendplatte aufliegt. Es gilt hiebei, soweit nicht die elektrischen Stromschwankungen in Betracht kommen, von denen wir früher gesprochen, durchweg das Gesetz der isolirten Leitung, d. h. es wird eine Erregung aus einer Nervenfaser niemals auf eine andere übertragen, sondern sie folgt immer den dichotomischen Verzweigungen dieser Nervenfaser und erzeugt deshalb auch nur Contractionen in denjenigen Muskelfasern, zu welchen diese Nervenfaser Endplatten gibt. Je grösser also die Menge der Nervenfasern ist, welche vom Centralorgane kommen, um so grösser ist das Vermögen der Isolation, um so mehr können einzelne Muskelpartien in Zusammenziehung versetzt werden. Wo aber ein solcher höherer Grad von Isolation nicht nothwendig ist, da kann auch eine verhältnissmässig geringe Anzahl von Nervenfasern grössere Muskelpartien versorgen, indem die einzelnen Fasern sich dichotomisch verzweigen und endlich eine grosse Anzahl von Muskelfasern mit Endplatten versorgen. Wenn man die Muskelnerven eines Krebses und die eines Wirbelthieres mit einander vergleicht, so findet man einen sehr auffallenden Unterschied. Bei den Wirbelthieren verlaufen die Muskelnerven einfach und ungetheilt im Stamme, und erst wenn sie in den Muskel eingetreten sind, verzweigen sie sich dichotomisch und bilden dann ihre Endplatten. Es wird in den Stämmen zu den einzelnen Muskeln eine verhältnissmässig grosse Anzahl von Nerven geschickt. Betrachtet man dagegen die motorischen Nerven eines Krebses, so findet man, dass sich die einzelnen Fasern förmlich baumartig verzweigen, und dass, nachdem sie eine grosse Menge von dichotomischen Theilungen eingegangen, sie zu den Muskelfasern hintreten und ihre Endplatten bilden. Das hängt offenbar mit der Verschiedenheit in dem Baue der Wirbelthiere einerseits und der Gliederthiere andererseits zusammen. Die Krebse mit ihrem äusseren Skelet und ihren vielen Charniergelenken können ohnehin nicht so zahlreiche Bewegungen ausführen, brauchen ohnehin keinen solchen Grad von Isolation in der Zusammenziehung der einzelnen Partien ihrer Muskeln, als dies bei den Wirbelthieren der Fall ist, und können sich deshalb mit einer geringeren Anzahl von Nervenfasern für ihre Muskeln begnügen, wenn diese sich hinreichend verzweigen, um alle Muskelfasern mit Endplatten zu versorgen. Johannes Gad hat durch Versuche gezeigt, dass man nur dann die volle Muskelcontraction erzielt, wenn man alle Endplatten erregt, d. h. wenn man alle Nerven reizt, die zu dem Muskel gehen. Erhält ein Muskel Nervenbündel aus zwei verschiedenen Wurzeln,

und man reizt erst die eine, dann die andere, so erlangt er nur solche Spannungen, dass die Summe derselben der Spannung gleich ist, welche er erlangt haben würde, wenn man beide gleichzeitig gereizt hätte. Auch ermüdet man durch wiederholte Reizung von einer Wurzel aus den Muskel nur für diese, nicht auch für die andere.

Elektrische Organe und ihre Nerven.

Von den Zitterfischen kennt man erstens den Zitteraal, Gymnotus, zweitens die verschiedenen Arten des Zitterwelses, Malapterurus, und drittens die Zitterrochen. Von den Zitterrochen kennt man eine Reihe von Genera, nämlich Narce, Narcine, Temera, Astrape, Discopyge, Torpedo. Ausserdem kommen beim Genus Gymnarchus und beim Genus Mormyrus ähnliche Organe vor. Das Organ von Mormyrus gibt nach den Zeugnissen von Babuchin und von Fritsch elektrische Schläge. Ferner zeigen auch die eigentlichen Rochen Raja und Myliobates Organe, welche man nach du Bois-Reymond und Fritsch als unvollkommene elektrische Organe bezeichnet. Ihre nahe Verwandtschaft mit denen der Zitterfische lässt sich nicht verkennen, aber sie weichen in ihrer Structur doch wesentlich von denselben ab.

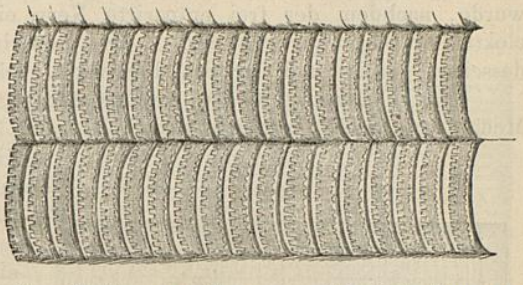
Die elektrischen Organe sind im Zustande der Ruhe wirkungslos, werden aber plötzlich durch Erregung der zu ihnen gehenden Nerven in kräftig wirkende elektrische Batterien verwandelt. Die elektrischen Ströme, die sie dann geben, unterscheiden sich in nichts von den Strömen, die man durch physikalische Hilfsmittel hervorruft. Man hat von diesen Strömen Funken erhalten, man hat mit ihnen chemische Zersetzungen vorgenommen, man hat die Magnetnadel abgelenkt, man hat Stahlnadeln magnetisirt, kurz alle möglichen Proben mit ihnen gemacht, um zu erweisen, dass sie wirklich eben solche Ströme sind wie die, welche unsere physikalischen Vorrichtungen geben.

Die Art, wie die elektrische Wirkung wachgerufen wird, bietet viel Analogie mit der Art und Weise, in der die motorischen Nerven die Muskelcontractionen auslösen. Erstens unterliegen sie dem Willen des Thieres. Das Thier gibt elektrische Schläge nach Willkür und bedient sich derselben, theils um sich gegen seine Feinde zu schützen, theils um seine Beute zu betäuben. Zweitens werden die Ströme durch directe Reizung der zu den elektrischen Organen gehenden Nerven ausgelöst. Drittens werden die Ströme auch auf reflectorischem Wege ausgelöst, und endlich zeigt sich das elektrische Organ in derselben Weise ermüdbar wie die Muskeln. Wenn das Thier eine Reihe von Schlägen abgegeben hat, werden dieselben schwächer und schwächer, gerade so, wie ein Muskel, nachdem er eine Reihe von Contractionen gemacht hat, nicht mehr im Stande ist, sich mit der früheren Kraft zusammenzuziehen.

Gymnotus electricus ist ein Süsswasserfisch Südamerikas, wo er namentlich in den Landseen von Surinam vorkommt. Aus diesen sind mehrere Exemplare nach Europa gebracht worden, so nach Neapel, ferner auch nach London, wo sie in der dortigen Adelaidengallerie gezeigt wurden. Wenn man die Haut des Zitteraales auf der Seite öffnet, so findet man, dass jederseits den ganzen Körper entlang das elektrische Organ gelagert ist, so dass es oben an die Muskeln der Wirbelsäule anstösst und unten

durch die Muskeln, welche die lange, die Mittellinie des Bauches entlang laufende Flosse bewegen, begrenzt wird. Wenn man das Organ näher betrachtet, so findet man an demselben eine Menge von Längsstreifen, die ebenso vielen Septis, ebenso vielen bindegewebigen Scheidewänden entsprechen. Auf diesen senkrecht und noch dichter gestellt, findet man zartere Querwände, so dass also das Ganze in lauter Kästchen (siehe Figur 8 *) getheilt ist. In jedem dieser Kästchen liegt eine gallertartige Platte, an die von rückwärts her ein Endast einer Nervenfaser herantritt und daselbst endigt, indem er in ein feines Netzwerk oder Gitterwerk übergeht. Diese Plättchen sind in der beistehenden Figur durch Punktirung kenntlich gemacht.

Fig. 8.



Wenn man die Wirkungen des Zitteraals untersucht, so findet man, dass der Strom in der Weise verläuft, dass er vom Kopfende zum Schwanzende des Thieres in dem umgebenden Leiter, im Wasser, geht. Das Kopfende wird also positiv, das Schwanzende negativ. Da das Thier einem Gebilde zu vergleichen ist, an welchem seitlich Reihen von Volta'schen Säulen angelegt sind, so wird auch die Seite des Elementes der Volta-schen Säule positiv sein, die dem Kopfende entspricht, und die Seite, die dem Schwanzende entspricht, wird negativ sein. Man hat beobachtet, dass der Zitteraal, wenn er einen Fisch erschlagen will, sich kreisförmig um denselben herumbeugt und nun eine Entladung durch ihn gehen lässt. Du Bois hat nachgewiesen, dass bei dieser Stellung des Fisches kein dichterer Strom durch sein Opfer hindurchgeht, als bei der zu den Enden des Organs symmetrischen ausserhalb des Kreises, und dass er also diese Stellung nicht annimmt, um seine Beute auf möglichst wirksame Weise zu treffen, sondern damit sie ihm nicht entrinne.

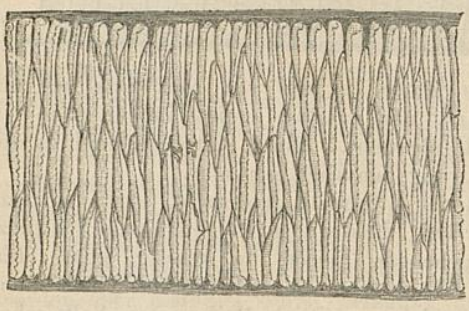
Der Zitterwels des Nils, Malapterurus electricus, wurde von Bilharz, der längere Zeit Professor der Anatomie und Physiologie in Cairo war, anatomisch genau und gründlich untersucht. Auch bei diesem liegt das elektrische Organ zu beiden Seiten des Körpers, als ein paariges Gebilde. Es ist aber hier mehr mantelförmig, so dass das Thier gewissermassen in dasselbe eingehüllt ist. Jederseits entspringt aus dem vorderen, an die Medulla oblongata grenzenden Theile des Rückenmarks eine colossale Nervenfaser als nackter Axencylinder von einer sehr grossen Ganglienkugel. Nach G. Fritsch entspringt er von derselben nicht einfach, wie der Deiters'sche oder Wurzelfaserfortsatz der motorischen Rückenmarks-Ganglienzellen, sondern aus einem reichen Geflechte von Protoplasmafortsätzen, welche die fragliche Zelle aussendet, indem eine grössere Anzahl von Fortsätzen zu einer Faser, der Stammfaser für das elektrische Organ, verschmilzt. Dieser Axencylinder tritt in eine Nervenscheide ein und geht als elektrischer Nerv zu dem Organe hin, vertheilt sich in demselben

*) Fig. 8, 9 und 10 nach Max Schultze.

dichotomisch, und zwar so lange, bis er alle Elemente desselben mit Endigungen versorgt hat. Hieraus erhellt, wie es Babuchin möglich wurde, Reize in umgekehrter Richtung ablaufen zu lassen und ihre Wirkung zu beobachten. Es wurde der Stamm des Nerven durchschnitten. Dann wurde, nachdem der frei präparirte Nerv eines Froschschenkels an das elektrische Organ angelegt war, ein frei präparirter peripherischer Nervenast desselben gereizt und der Froschschenkel zuckte.

Das elektrische Organ besteht hier wiederum aus einer grossen Menge von bindegewebigen Kästchen, ganz ähnlich, wie wir dies beim Zitteraale kennen gelernt haben, nur liegen hier die Kästchen nicht wie beim Zitteraale in Längsreihen, sondern alternirend (siehe Figur 9). In jedem einzelnen dieser Kästchen liegt wiederum eine Gallertscheibe, die elektrische Endplatte (sie ist in der Figur wieder durch Punktirung kenntlich gemacht), und zu dieser tritt jedesmal von hinten her der Endast einer Nervenfaser. Da bei den übrigen bekannten Zitterfischen die Seite der Platte, auf der sich die Nervenendigung befindet, negativ wird, so könnte man meinen, dass auch hier das Kopfende des Thieres positiv und das Schwanzende negativ werde. Ranzi hat aber nachgewiesen, dass umgekehrt das Schwanzende positiv und das Kopfende negativ wird. Max Schultze erklärte diesen scheinbaren Widerspruch in folgender Weise: Wenn man die elektrische Endplatte näher untersucht, so findet man, dass sie an ihrer vorderen Seite in der Mitte eine nabelförmige Hervorragung hat, und wenn man den Endast des Nerven verfolgt, so sieht man, dass dieser die Endplatte durchbohrt und nicht an ihrer hinteren Fläche, sondern vorn in dieser nabelförmigen Hervorragung endigt. Boll ist indessen dieser Auffassung entgegengetreten, indem er das, was Max Schultze als den durchbohrenden Nerven deutete, als einen stielartigen Fortsatz der Platte ansieht, in den der Nerv übergeht. Auch Zitterwelse sind nach Europa gekommen und ausführlich von du Bois untersucht worden, der mehrere Exemplare durch Goodsir erhielt und im Berliner Museum in einem Troge mit gewärmtem Wasser aufbewahrte, um alle ihre Gewohnheiten zu studiren.

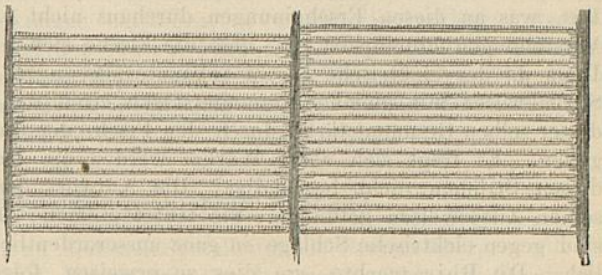
Fig. 9.



Die dritte Art der elektrischen Fische sind die Zitterrochen, von denen das Genus Torpedo in mehreren Species im Mittelmeere verbreitet ist und deshalb vielfach und frühzeitig untersucht wurde. Bei den Zitterrochen liegt das elektrische Organ zwischen dem Kiemengerüst des Thieres einerseits und der Brustflosse andererseits und nimmt ein ausgedehntes Areal ein, das sich an der Bauchseite schon durch die Haut hindurch auszeichnet, dadurch kenntlich, dass es in eine Menge kleiner sechseckiger Felder eingetheilt ist. Diese entsprechen ebenso vielen Säulen von elektrischen Elementen, die von der Bauchseite des Thieres nach der Rückenseite hindurchgehen. Wenn man sich also den Rochen der Quere nach

durchschnitten denkt, so liegt in der Mitte desselben der Körper, zu beiden Seiten die vorderen Extremitäten, und der Raum zwischen beiden ist durch die Säulen des elektrischen Organes erfüllt, deren sechseckige Basen man an der Bauchseite des Thieres sehen kann. Betrachtet man eine einzelne solche Säule, so findet man, dass sie der Quere nach durch lauter Septa getheilt ist, dass dadurch flache Kästchen (siehe Figur 10) entstehen, und in jedem dieser sich eine elektrische Platte in Gestalt einer gallertigen Scheibe befindet, zu der von unten her der Endast einer Nervenfaser herantritt und sich nach mehrfachen dichotomischen Theilungen mit einem feinen Endnetze, oder richtiger Endgitter, hier verzweigt. Die untere Seite wird hier also negativ, die obere positiv. Der Strom geht somit im Wasser von der Rückenseite um das Thier herum zur Bauchseite. Da die Säulen, die der Axe des Thieres näher liegen, höher sind und mehr Platten enthalten als die entfernter liegenden, so werden an der Rückseite die Partien in der Nähe des Rumpfes mehr positiv sein als die Partien in der Nähe der Brustflosse, und an der Bauchseite werden die Partien in der Nähe des Rumpfes mehr negativ sein als die in der Nähe der Flossen. An der Rückenseite des Thieres kann man also schwächere Ströme erhalten, welche von einem der Axe nähergelegenen zu einem dem Rande nähergelegenen Punkte verlaufen, und an der Bauchseite kann man Ströme erhalten von einem dem Rande nähergelegenen Theile des Organs zu einem Theile desselben, der der Axe des Körpers näher liegt. Die europäischen Zitterrochen sind kleinere und schwächere Thiere als die Zitteraale und die Zitterwelse, aber an der Westküste von Nordamerika kommt ein riesiger Zitterroche vor, Torpedo occidentalis, von dem ein Exemplar von 127 cm. Länge und 91 cm. Breite mit Sicherheit bekannt ist und der angeblich bis 152 cm. lang werden soll. Diese Art hat jederseits über tausend elektrische Säulen.

Fig. 10.



An jedem einzelnen Elemente eines elektrischen Organs sind nach Babuchin zwei verschiedene Theile zu unterscheiden, von denen er den einen den nervösen, den andern den metasarcoblastischen nennt. Babuchin hat nämlich die merkwürdige Entdeckung gemacht, dass sich jedes Element embryonal entwickelt wie ein Stück quergestreiften Muskels, das mit einem Nervenende in Verbindung steht. Das, was sich dann durch Metamorphose der muskelartigen Anlage entwickelt, ist der metasarcoblastische Theil.

Wenn es uns nun in Erstaunen setzen muss, dass durch die Impulse, die von einem Nerven ausgehen, ein anscheinend ganz harmloses Organ in eine kräftig wirkende elektrische Batterie verwandelt werden kann, so ist dies im Grunde doch nicht wunderbarer, als dass durch ähnliche Impulse in einem Muskel eine solche Veränderung eintreten kann, dass er

plötzlich einer ganz neuen Gleichgewichtsfigur zustrebt, und dass durch ähnliche Impulse in einer Drüse eine solche Veränderung eintreten kann, dass sie plötzlich aus der umgebenden Gewebsflüssigkeit und aus dem Blute eine grosse Menge von Flüssigkeit aufnimmt und ein Secret abzusondern anfängt, endlich dass durch solche Impulse eine Bewegung gehindert werden kann, welche sonst auf alle Fälle ausgelöst worden wäre. Das, was an diesen Erscheinungen durchaus nicht in den Kreis unserer Vorstellungen hineinpasst, ist, dass die Fische sich nicht selbst erschlagen. Denn da der elektrische Strom bekanntermassen in allen Abschnitten des Stromkreises mit gleicher Gesammtstärke circulirt, so muss er auch mit dieser selben Gesammtstärke durch den Fisch, der ihn hervorbringt, durchgehen. Es fragt sich also: Warum werden die elektrischen Fische von diesen Strömen nicht beschädigt? Die Antwort darauf hat du Bois an seinen Zitterwelsen gefunden. Sie lautet einfach: Die elektrischen Fische sind gegen elektrische Schläge in ganz ausserordentlicher Weise unempfindlich. Du Bois machte, um dies zu erweisen, folgenden einfachen Versuch, den er oft wiederholt hat. Er setzte in das Wasser, in dem seine Zitterwelse sich befanden, gewöhnliche Flussfische und ausserdem Frösche. Nun senkte er von beiden Seiten die Elektroden eines kräftig wirkenden Inductionsapparates in das Wasser hinein und liess Schläge desselben hindurchgehen. Die Flussfische verfielen in Tetanus, wendeten sich um und gingen nach kurzer Zeit zu Grunde. Aehnlich verhielten sich auch die Frösche. Die Zitterwelse aber schwammen zwischen den Sterbenden ganz munter herum, und man merkte ihnen nichts Anderes an, als dass sie sich, wenn sie in die Nähe der Elektroden kamen, von denselben abwendeten, dass sie umkehrten und sich ruhig weiter entfernten. Eine andere Frage, auf welche wir die Antwort nicht wissen, ist die: Wie ist es möglich, dass Thiere, die ganz nach dem Typus der anderen Wirbelthiere gebaut sind, deren Nerven, Gehirn und Rückenmark anscheinend aus denselben Formen und Materialien aufgebaut sind wie die der übrigen Thiere, sich einer solchen Immunität gegen elektrische Schläge erfreuen können? Diese Immunität der Zitterfische scheint nur eine relative, ein hoher Grad von Unterempfindlichkeit zu sein. Du Bois bemerkt, dass es gar nicht zweckmässig sein würde, wenn der Fisch den eigenen Schlag nicht fühlte, denn er würde dann nicht wissen, wann und wie stark er schlägt. Er führt auch an, dass sich Zitterwelse und Zitteraale durch Schläge gegen fremde Schläge wehren. Den Grad der Unterempfindlichkeit im Einzelnen zu bestimmen, hat grosse Schwierigkeit. Angaben, dass unter günstigen Umständen ein Thier durch den Schlag des anderen zuckte, sind von Steiner in Rücksicht auf die Zitterrochen, von Babuchin in Rücksicht auf die Zitterwelse gemacht worden.

Ich muss schliesslich noch anführen, dass mehrere Gelehrte, die sich in neuerer Zeit mit der mikroskopischen Untersuchung der elektrischen Organe und der motorischen Nervenendplatten beschäftigt haben, zu der Ansicht gelangt sind, dass eine sehr enge Analogie zwischen den Platten in den elektrischen Organen und den Kühne'schen Endplatten der motorischen Nerven an den Muskelfasern bestehe. Hiernach könnte man sich das elektrische Organ als einen Muskel denken, aus dem alle Muskelfasern herausgezogen und die Endplatten alle zusammengelegt wären, und andererseits könnte man sich wieder den Muskel als ein contractiles

Gebilde denken, auf dessen einzelnen Fasern elektrische Endplatten vertheilt wären, so dass nun die Impulse, welche zu diesen elektrischen Endplatten gelangen, sich auf die contractile Substanz übertragen und die Zusammenziehung derselben hervorrufen. Wenn man annimmt, dass die Reizung des Muskels vom Nerven aus immer eine elektrische sei, und wenn man annimmt, dass die elektrischen Wirkungen in den Endplatten nur bei Stromschwankungen entstehen, so würde dies erklären, weshalb der constante Strom auf den Muskel zwar direct, aber nicht vom Nerven aus wirkt. Es hat indessen diese von mehreren Seiten aufgestellte Hypothese die Experimentalkritik nicht ausgehalten, welche du Bois-Reymond an sie gelegt hat.

Centripetalleitende Nerven.

Gehen wir jetzt zu den centripetalleitenden Nerven über, so gilt für sie zunächst in derselben Weise, wie für die motorischen, das Gesetz der isolirten Leitung. Es können von einem Organe aus so viel getrennte Impulse zum Centrum geschickt werden, wie Nervenfasern dahin verlaufen, indem eben ein Impuls im Verlaufe der Nervenfasern niemals von der einen auf die andere überspringt. Dieses Gesetz der isolirten Leitung ist offenbar für die centripetalleitenden Nerven ebenso wichtig wie für die centrifugalleitenden. Denn es handelt sich beim Auslösen einer Reflexbewegung darum, dass die Erregungen im Centralorgane auf bestimmte Gruppen von Ganglienkugeln übertragen werden. Um dasselbe handelt es sich bei den Reflexabsonderungen, bei den Reflexhemmungen. Ebenso klar ist es, dass unser ganzes räumliches Unterscheidungsvermögen, welches uns mittelst der empfindenden Nerven zukommt, nur auf dem Gesetze der isolirten Leitung beruht, dass nur vermöge dieses Gesetzes getrennte sogenannte Localzeichen zum Centralorgane gelangen können, vermöge welcher wir uns in der Aussenwelt zurechtfinden, vermöge welcher wir uns durch unsere Tastnerven orientiren, vermöge welcher wir Bilder erhalten, indem die verschiedenen Nervenfasern des Opticus uns verschiedene Localzeichen zum Gehirne schicken.

Wenn aber die Impulse einmal im Centralorgane angelangt sind, so erleidet hier das Gesetz der isolirten Leitung, wie wir schon im Vorübergehen gesehen haben, gewisse Einschränkungen, indem dann die Impulse auf motorische Nerven, auf Absonderungsnerven übertragen werden können, um Reflex zu erzeugen, und auch auf die sensiblen Elemente übertragen werden können, wodurch dann Mitempfindungen entstehen. Wir haben schon gesehen, dass die Ursachen dieser Mitempfindungen nicht im Centralorgane vorgestellt werden, sondern an den Enden von empfindenden Nerven, welche mit den erregten Gebilden im Centralorgane in Verbindung stehen. Die Mechanik davon ist ganz einfach. Das, was uns die Vorstellung verursacht, ist die Erregung im Centralorgane. Da nun die Gruppe von Nervenzellen im Centralorgane gewöhnlich von den Enden gewisser peripherischer Nerven aus erregt wird; so ist es klar, dass jetzt, wo sie auf einem andern Wege erregt worden ist, ohne dass uns davon etwas Näheres in das Bewusstsein einging, wir uns wiederum vorstellen, es finde eine Erregung an den peripherischen Enden eben jener Nerven statt. Damit hängt folgende Erscheinung eng zusammen. Wenn ein empfindender Nerv

irgendwo in seinem Verlaufe gereizt wird, so kann er immer nur eine Empfindung im Centralorgane hervorbringen, welche die Vorstellung erweckt, dass sein peripherisches Ende gereizt worden wäre. Es geschieht ja weiter nichts, als dass eine Gruppe von Nervenzellen im Centralorgane erregt wird. Wie lang die Nervenstrecke ist, welche die Erregung bis dahin durchlaufen hat, davon wissen diese Nervenzellen nichts. Sie haben aber die Erfahrung gemacht, dass für gewöhnlich die Erregungen, die ihnen zukommen, ihre Ursachen an den peripherischen Enden der sensiblen Nerven haben, sie bringen also auch wiederum die Empfindung in Zusammenhang mit Vorstellungen von Erregungen an den Enden der sensiblen Nerven. Dieses Gesetz, welches sagt, dass, wenn ein sensibler Nerv in seinem Verlaufe oder an seinem centralen Ende erregt wird, doch die Ursache der Empfindung und deren Ort an der peripherischen Ausbreitung desselben gesucht wird, nennt man das Gesetz der excentrischen Erscheinung.

Es kann sich dabei herausstellen, dass man anscheinend Empfindungen hat in Theilen, welche thatsächlich gar nicht mehr vorhanden sind. Johannes Müller pflegte von einem Invaliden zu erzählen, der ein Bein in dem Feldzuge von 1813 verloren hatte. Er prophezeite schlechtes Wetter nach Schmerzen, die er in den Theilen des Beines, die ihm abgenommen worden waren, fühlte. Die Sache erklärt sich einfach. Von den Nerven des Stumpfes gingen Erregungen aus, die zum Centralorgane fortgepflanzt und nach dem Gesetze der excentrischen Erscheinung nach wie vor an die früheren peripherischen Enden eben dieser durchschnittenen Nerven versetzt wurden. In derselben Weise erklären sich die Schmerzen, die frisch Amputirte sehr häufig in den Zehen, im Riste, in der Ferse u. s. w. einer unteren Extremität fühlen, die ihnen vor kurzer Zeit abgesetzt worden ist. Aehnliche Beobachtungen sind auch bei Neubildungen von Nasen aus der Stirnhaut gemacht worden. Man hat gefunden, dass, wenn aus der Stirnhaut eine Nase frisch gebildet war, und ihre Empfindlichkeit geprüft wurde, während sie noch durch die Hautbrücke mit der Stirnhaut in Verbindung stand, sie sich empfindlich zeigte, aber so, dass der Ort der Reizung falsch angegeben wurde. Es wurde angegeben, es fände die Berührung an der Stirne statt. Dann, nachdem die Brücke durchschnitten war, zeigte sich die Nase einige Zeit unempfindlich. Aber später stellte sich nach und nach wieder Empfindlichkeit her, nun aber mit dem richtigen Ortsgefühle, offenbar indem von Nerven, welche früher zu der fehlenden Nase geführt hatten, sich wieder solche neu in die neue Nase hineingebildet hatten, und auf diese Weise sich die Empfindlichkeit am wahren Orte wieder herstellte.

Die sensiblen Nerven können ebenso wie die motorischen durch sehr verschiedene Reize in Action versetzt werden, durch elektrische, thermische, chemische, mechanische. Es lässt sich aber die Wirkung jener Reize nicht unter ähnlichen allgemeinen Gesichtspunkten betrachten, wie wir dies bei den motorischen Nerven gethan haben, indem die verschiedenen empfindenden Nerven sich gegen chemische, thermische und elektrische Reize ganz verschieden verhalten, und durch einen und denselben Reiz Empfindungen und Vorstellungen ganz verschiedener Kategorien von verschiedenen Nerven erzeugt werden. So werden durch chemische Reize ganz verschiedene Empfindungen in den Geschmacksnerven, in gewöhnlichen Gefühlsnerven und endlich wieder in Geruchsnerven hervorgerufen.

Die Wirkung des Reizes, welchen die strahlende Wärme ausübt, ist eine andere, wenn diese Strahlen einerseits die Hautnerven, andererseits die Endigungen des Nervus opticus in der Retina treffen. Auch bei elektrischen Reizen zeigen sich analoge Erscheinungen. Es erzeugt im Allgemeinen das Schliessen und Oeffnen einer constanten Kette stärkere Erregungen als der ruhende Strom, aber der constante Strom bringt, während er durchfliesst, auch Erregungen hervor, welche dann wieder verschieden sind, je nach der Natur der sensiblen Nerven, welche er durchfliesst. Es ist dies das Gesetz der specifischen Energien, wie wir es mit Johannes Müller nennen, dass ein und derselbe Reiz ganz verschiedene Empfindungen hervorbringt, je nach der Natur des Nerven, welchen er trifft, einmal eine Gesichtsempfindung, ein zweites Mal eine Tastempfindung, das dritte Mal eine Gehörsempfindung u. s. w., und dass andererseits jede einzelne Art von empfindenden Nerven, wenn sie erregt wird, immer zu einer ganz bestimmten Kategorie von Empfindungen und Vorstellungen Veranlassung gibt, gleichviel welcher Art der Reiz war, durch den die Erregung hervorgerufen wurde. So repräsentiren alle Erregungen des Opticus nur Gesichtsempfindungen, alle Erregungen des Acusticus nur Gehörsempfindungen, alle Erregungen des Olfactorius nur Geruchsempfindungen u. s. w.

Rückenmark und Gehirn.

Nachdem wir uns bis jetzt mit den peripherischen Bahnen der Nerven beschäftigt haben, wollen wir in unseren Betrachtungen zum Centralorgane übergehen. Das Centralorgan baut sich zunächst durch das Rückenmark und dessen oberstes Ende, durch welches es mit dem Gehirne in Verbindung steht, auf. Dies letztere Stück bezeichnen wir mit dem etwas seltsamen Namen des verlängerten Markes, der Medulla oblongata. Hier aber ist noch nicht das wahre Ende, indem sich ein Theil des Gehirns, wesentlich die Region, die den Aquaeductus Sylvii umgibt, durch die Analogie der darin vorkommenden Gebilde als directe Fortsetzung des Rückenmarks erweist. Dazu treten grosse neue Massen, welche zunächst aus den Hemisphären des grossen Gehirns und denen des kleinen Gehirns bestehen. Als analoge Gebilde schliessen sich die Oliven der Medulla oblongata an. Ihr Bau erweist sie gleichfalls als Hemisphärenbildungen, die nur wegen ihrer Kleinheit nicht auf den ersten Anblick als solche erkannt werden.

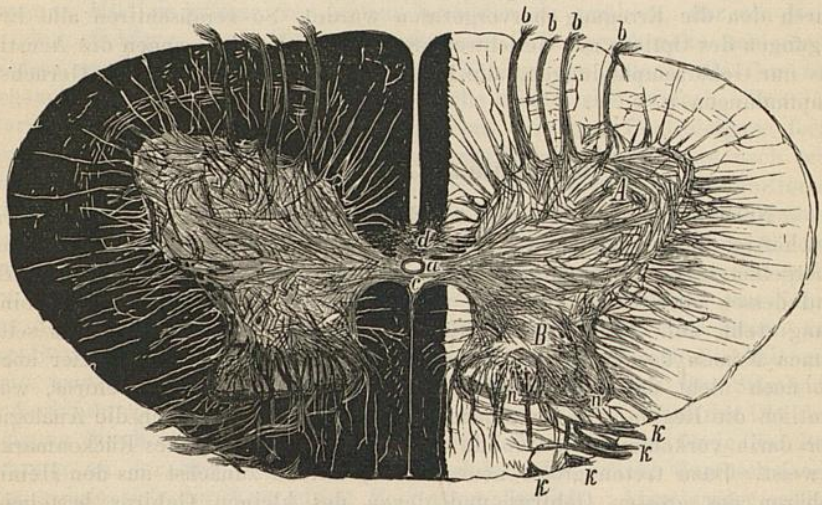
Wenn wir das Rückenmark quer durchschneiden, so sehen wir, dass die Rinde desselben weiss gefärbt ist, dass sich aber in der Mitte eine Figur befindet, welche bald mehr an ein römisches X, bald mehr an ein Paar ausgebreitete Schmetterlingsflügel (siehe Figur 11*) erinnert, die sich grauröthlich und dunkel gegen die umgebende weisse Substanz absetzt. Diese beiden Substanzen finden wir bei Querschnitten durch das ganze Rückenmark immer, nur dass sich je nach der Höhe, in welcher wir durchschneiden, die Form der inneren, grauen Substanz ändert. Die äussere Substanz besteht der Hauptmasse nach aus den markhaltigen Längsfasern des Rückenmarks, und sie ist weiss vermöge der Menge des Lichtes, das von dem Marke der Nervenscheiden reflectirt wird, oder richtiger: sie ist

*) Fig. 11 nach Stilling.

weiss, weil in ihr das stark lichtbrechende Nervenmark mit schwächer lichtbrechenden Gebilden abwechselt, und beim Uebergange des Lichtes aus der stark lichtbrechenden Substanz in die schwach lichtbrechende und umgekehrt kräftige Reflexionen hervorgebracht werden. Die ganze Substanz besteht aus Nervenzellen, dann aus Fasern, die aber vorherrschend marklose sind, nackten Axencylindern, aus Blutgefässen, und endlich aus einem Gewebe, welches wir mit Kölliker mit dem Namen des Stützgewebes bezeichnet haben.

Da, wo sich die beiden symmetrischen Hälften des Rückenmarks aneinanderschliessen, befindet sich in der Mitte ein Canal, der vom Calamus scriptorius anfängt und durch das ganze Rückenmark hindurchgeht, mit Flimmerepithel ausgekleidet ist und den Namen Canalis centralis medullae spinalis (Figur 11 *a*) führt. Vor und hinter dem Canale gehen zahlreiche

Fig. 11.



Fasern von einer Hälfte des Rückenmarks zur andern hinüber. Die Fasern, die hinter dem Canal von einer Hälfte der grauen Substanz zur andern Hälfte derselben hinübergehen, sind vorherrschend marklose, und man bezeichnet sie deshalb als die hintere oder graue Commissur des Rückenmarks (Figur 11 *c*), während vorn, abgesehen von vielen marklosen, eine grössere Menge von markhaltigen Fasern von einer Seite zur andern geht. Man bezeichnet deshalb diese vordere Commissur (Figur 11 *d*) auch als die weisse Commissur. Es muss übrigens bemerkt werden, dass auch in der grauen Commissur, wie überhaupt im ganzen Centralnervensystem, sehr viel mehr markhaltige Fasern enthalten sind, als man noch vor wenigen Jahren glaubte, bis Sigm. Exner in der successiven Anwendung der Ueberosmiumsäure und Ammoniak ein Mittel gefunden hatte, ihren Bahnen nachzuspüren. Man sieht also, dass die beiden Hälften des Rückenmarks durch die vordere und die hintere Medianfurche nicht ganz von einander getrennt sind, sondern dass Fasern, markhaltige und marklose,

hinüber und herüber gehen. Das ist aber nicht die einzige Faserverbindung, die zwischen den beiden Rückenmarkshälften existirt. Wenn man in der vorderen Medianfurche nach aufwärts geht, so kann man in dem Bindegewebe, welches die beiden Hälften der weissen Substanz von einander trennt, verhältnissmässig tief eindringen. Geht man aber immer höher hinauf und nähert man sich dem Calamus scriptorius, so kommt man, ehe man auf das Niveau desselben gelangt, an eine Stelle, wo man nur ganz oberflächlich in die vordere Medianfurche eindringen kann, und diese Stelle beträgt in der Länge etwa 6 bis 7 Millimeter. Wenn man diese Stelle näher untersucht, so findet man, dass hier dicke, mit freiem Auge sichtbare Stränge von dem einen vorderen Strang des Rückenmarks in den andern sich hineinflechten, dass sie an dieser Stelle, die man mit dem Namen der Decussation der Pyramiden bezeichnet, wie die Stränge einer Haarflechte übereinander liegen und dann, nach aussen und rückwärts absteigend, in den Seitenstrang des Rückenmarks übergehen. Hiermit hängt es einerseits zusammen, dass Lähmungen, die vom Gehirn ausgehen, wie man sich ausdrückt, gekreuzt sind, d. h. dass die gelähmte Körperseite nicht der kranken, sondern der gesunden Hirnseite entspricht, und andererseits dass, wie von Woroschiloff in Ludwig's Laboratorium durch zahlreiche Versuche experimentell dargethan ist, die Seitenstränge des Rückenmarks, deren motorische Eigenschaften man schon seit langer Zeit kannte, die Hauptmasse der vom Gehirn kommenden motorischen Bahnen nach abwärts führen. Ein Theil der Pyramidenfasern nimmt indessen an dieser Kreuzung in der Regel keinen Antheil, sondern läuft auf derselben Seite unmittelbar neben der vorderen Medianfurche nach abwärts. Dieser Theil wird als Pyramidenvorderstrang bezeichnet, während man die im Seitenstrange der anderen Seite hinablaufenden Pyramidenfasern als Pyramidenseitenstränge bezeichnet. Doch war nach Flechsig's Erfahrungen in 11 p. C. der von ihm untersuchten Fälle die Kreuzung eine vollständige, so dass unterhalb der Decussation nur Pyramidenseitenstränge existirten. In 14 p. C. der untersuchten Fälle tauschte die eine Pyramide innerhalb der Decussation die Seite vollständig, während die andere noch einen auf derselben Seite verbleibenden Vorderstrang nach abwärts schickte; so dass hier unterhalb der Decussation drei Pyramidenstränge existirten, ein Pyramidenvorderstrang und zwei Pyramidenseitenstränge. Die Pyramidenbahnen leiten sich wesentlich ab aus motorischen Fasern, welche von den Theilen der Grosshirnrinde kommen, die der willkürlichen Bewegung des Rumpfes und der Glieder vorstehen, und steigen durch den Fuss des Grosshirnschenkels in das verlängerte Mark hinab.

Wir haben also gesehen, dass das Rückenmark sowohl nach vorn als nach hinten jederseits eine starke Ausladung seiner grauen Substanz hat. Auf dem Querschnitte bezeichnen wir die beiden vorderen Ausladungen als die vorderen Hörner der grauen Substanz (Figur 11 *A*) und die beiden hinteren Ausladungen als die hinteren Hörner der grauen Substanz (Figur 11 *B*). Nun ist es aber klar, dass diese Hörner nichts weiter sind als Querschnitte von hervorragenden Leisten, und dass man also die graue Substanz als aus je zwei Säulen bestehend ansehen kann, die jederseits aneinander gedrückt worden sind, so dass sie noch mit ihren convexen Flächen hervorragen, und die dann wieder gegen die Mitte durch eine Brücke in Verbindung gesetzt sind. Deshalb bezeichnet man diese

Theile des Rückenmarks als die vorderen grauen Colonnen und als die hinteren grauen Colonnen und sagt, die motorischen Nerven (Figur 11 *b*, *b*, *b*) entspringen aus den vorderen Colonnen, weil man in denselben auf Querschnitten zahlreiche Ganglienkugeln findet, aus welchen Nervenfasern entspringen, die man in die vorderen Wurzeln hinein verfolgen kann. Wir haben früher gesehen, dass man die Fortsätze der multipolaren Ganglienkugeln in Nervenfaserfortsätze eintheilt und in Protoplasmafortsätze. Letzteren Namen hatte Deiters für die verzweigten Fortsätze eingeführt, jedoch ohne deren nervöse Natur in Abrede zu stellen. Von jeder dieser Ganglienkugeln, die in den vorderen Hörnern liegen, sieht man einen Nervenfaserfortsatz gegen die vordere Wurzel hinabgehen. Diese Ganglienkugeln sind verhältnissmässig gross, haben zahlreiche Fortsätze, sind sehr unregelmässig von Gestalt, namentlich sehr entfernt von der Kugelgestalt. Manchmal sind sie sehr lang ausgezogen. Sie haben einen Kern und Kernkörperchen. Nach den Untersuchungen von Gerlach sind die Ganglienzellen, welche Fasern zu den vorderen Wurzeln geben, keineswegs auf die eigentlichen vorderen Hörner oder die vorderen grauen Colonnen beschränkt, sondern es liegen auch nach aussen und selbst etwas nach hinten vom Centralcanale ähnliche Ganglienzellen, die gleichfalls Fortsätze zu den vorderen Wurzeln senden. Dagegen kennt man nicht mit Sicherheit Fasern, welche vom Gehirne herabkommen und direct in die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven übergehen. Es scheint also, dass die Communication zwischen dem Gehirn und zwischen den vorderen Wurzeln, die Communication zwischen den Bahnen für die Willensimpulse und den von ihnen abhängigen motorischen Nerven, immer mittelbar durch Ganglienzellen stattfinde, ja nach den Untersuchungen von Birge, der sowohl die Zellen, als auch die Wurzelfasern an Fröschen zählte, kann man hieran kaum mehr zweifeln.

Weniger gut als die Ursprünge der vorderen Wurzeln kennen wir die centralen Verbindungen der hinteren (Figur 11 *k*, *k*, *k*, *k*). Mauthner konnte Fasern der hinteren Wurzeln im Rückenmarke des Hechtes zu Ganglienkugeln verfolgen, welche im oberen Theile des Rückenmarks zu beiden Seiten des Centralcanals lagen und sich in ihrem Aussehen wesentlich von denen unterschieden, aus welchen die motorischen Wurzeln ihren Ursprung nahmen. Diese Ganglienzellen hatten einen Kern, der den Eindruck eines kugelrunden Bläschens machte, der sich beim Imbibiren mit Carmin immer weniger färbte als das Protoplasma der Zelle, während bei den Ganglienzellen, aus welchen die motorischen Wurzeln ihren Ursprung nahmen, die Kerne den Eindruck einer compacten Masse machten, die sich stärker als das Protoplasma der Zelle färbte. In diesem bläschenartigen Gebilde lag ein Kernkörperchen, das sich mit Carmin wieder stärker färbte. Auch die Kerne, aus denen sensible Hirnnerven hervorgehen, schienen dafür zu sprechen, dass dort dergleichen Verbindungen mit solchen Ganglienkugeln stattfinden.

Später fand Kutschin bei Petromyzonten im Rückenmark Ganglienzellen, von denen aus er Fasern zu den hinteren Wurzeln verfolgen konnte, und S. Freud hat diesen Befund bestätigt und weitere Untersuchungen über diese Zellen angestellt. Sie waren nicht zahlreich genug, um allen Fasern der hinteren Wurzeln Ursprung zu geben. Da nun zahlreiche Fasern der hinteren Wurzeln in diesen selbst, im Wurzelganglion, mit einer

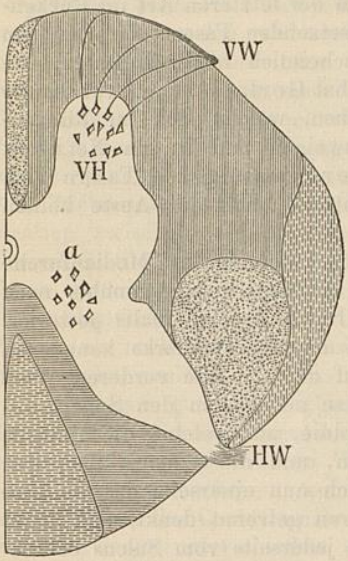
Ganglienzelle in Zusammenhang standen, so lag die Vermuthung nahe, dass die Zellen im Rückenmark nur solchen Fasern Ursprung geben, welche einfach durch die Wurzelganglien hindurchgehen, ohne hier zu einer Ganglienzelle anzuschwellen. Versuche an höheren Wirbelthieren haben gezeigt, dass die motorischen Nerven degeneriren, wenn man ihre Wurzeln durchschneidet, die sensiblen aber grösstentheils erhalten bleiben, wenn man das Wurzelganglion mit ihnen in Verbindung lässt, wenn man zwischen Ganglion und Rückenmark durchschneidet. Die Zellen des Wurzelganglions sind also für sie trophische Centren, wie für die motorischen die Ursprungszellen im Rückenmarke. Da nun die Entwickelungsgeschichte lehrt, dass die Zellen der Wurzelganglien im Rückenmarke entstehen und erst später aus denselben auswandern, so kann man sich denken, dass bei den Petromyzonten ein Theil der Ursprungszellen der centripetalleitenden Fasern in die Ganglien hinauswandert, ein anderer im Rückenmark verbleibt. Bei Petromyzon reichen die bekannten Zellen der letzteren Art im Rückenmarke nicht hin, allen die Ganglien durchsetzenden Fasern Ursprung zu geben, es müssen also noch andere, wahrscheinlich höher liegende, Ursprünge vorhanden sein. Bei Säugethieren hat Gerlach schon vor langer Zeit Fasern der hinteren Wurzeln beschrieben, welche sich im Rückenmarke in ihrem centripetalen Verlaufe verzweigen und in ein Netzwerk übergehen. Auch bei Petromyzon hat Freud aufsteigende Fasern sich theilen gesehen, konnte aber über das centrale Ende der Aeste keinen sicheren Aufschluss erhalten.

Wir haben gesehen, dass das Rückenmark eine vordere Medianfurche hat, den sogenannten Sulcus longitudinalis anterior, dem gegenüber nach rückwärts eine Linie liegt, der sogenannte Sulcus longitudinalis posterior. An den beiden so gebildeten Seitenhälften des Rückenmarks kann man noch jederseits eine Linie unterscheiden, auf der sich die vorderen Wurzeln sammeln und zu Tage treten, und diese nennt man den Sulcus collateralis anterior, und dann jederseits eine Linie, auf welcher die hinteren Wurzeln sich sammeln und zu Tage treten, und diese nennt man den Sulcus collateralis posterior. Wenn man sich nun einerseits das Rückenmark von der einen Medianfurche zur anderen getrennt denkt, und denkt sich andererseits, man machte Durchschnitte jederseits vom Sulcus collateralis anterior zum Centralcanale, und ferner vom Sulcus collateralis posterior zum Centralcanale, so würde man in jeder der Rückenmarkshälften wieder drei Abtheilungen erhalten. Diese hat man als Stränge des Rückenmarks bezeichnet und hat somit im Rückenmarke, zunächst in der weissen Substanz, sechs Stränge unterschieden, zwei Vorder-, zwei Hinter- und zwei Seitenstränge. Diese Stränge sind aber eine Fiction, indem sie keineswegs durch eine bestimmte Grenze von einander getrennt sind. Wenn alle Nervenwurzelfasern genau in einer Ebene übereinander das Rückenmark durchsetzen würden, so würde dadurch eine Scheidung zwischen Vorder-, Seiten- und Hintersträngen zu Stande kommen können. Das ist aber durchaus nicht der Fall, sondern die Wurzeln verlaufen in der Tiefe zerstreut, sammeln sich erst unter der Oberfläche und treten erst im Sulcus collateralis anterior und Sulcus collateralis posterior in geradliniger Reihe heraus. Man hat also zwischen den centralen Bahnen der vorderen und hinteren Nervenwurzeln Partien des Rückenmarks, die man nicht mit vollem Rechte zu den Vorder- oder Hintersträngen, aber auch nicht zu

den Seitensträngen rechnen kann. Wenn man von Vorder-, Hinter- und Seitensträngen spricht, so hat man damit Regionen des Rückenmarks, aber durchaus nicht scharf begrenzte Abtheilungen desselben bezeichnet. Diese Regionen haben bereits angefangen sich für uns in Unterabtheilungen zu zerlegen, zu welchen ja auch die Pyramidenstränge gehören. Auf noch andere ist man aufmerksam geworden durch ihre gleichzeitige Erkrankung, beziehungsweise durch die Art, wie Degenerationsprocesse in ihnen fortschreiten, und ferner durch die Art und Reihenfolge, in welcher während der Entwickelung die Fasern markhältig werden.

Ich gebe beistehend die Hälfte eines Rückenmarksdurchschnittes, auf dem die mit einiger Sicherheit bekannten Unterabtheilungen nach den Angaben von Flechsig und mit dessen Benennungen abgegrenzt sind.

Fig. 12.



Die punktirte Partie entspricht den Pyramidensträngen, die mit senkrechten unterbrochenen Strichen bezeichnete dem sogenannten Kleinhirn-Seitenstrang. Seine Fasern steigen durch die Corpora restiformia in das Kleinhirn auf. Nach abwärts stehen sie nach Flechsig in Verbindung mit den Clarke'schen Säulen (*a*, Figur 12). Dies sind Gruppen von Ganglienzellen, welche von denen der vorderen Hörner (*VH*, Figur 12) verschieden sind, und von denen man vermuthet, dass sie hintere Wurzeln aufnehmen. Die mit horizontalen unterbrochenen Strichen gezeichnete Partie entspricht dem Goll'schen Strange. Der mit verschiedenen Namen (Keilstrang, Burdach'scher Strang) belegte Rest des Hinterstranges, von dem sich der Goll'sche durch sein vorzugsweises Erkranken beim Symptomcomplex der Tabes dorsualis unterscheidet, ist mit ununterbrochenen horizontalen Strichen gezeichnet, der noch nicht hinreichend erforschte Theil des Vorder- und Seitenstranges mit ununterbrochenen verticalen Strichen. Die Austrittsstelle der vorderen Wurzel ist mit *VW*, die der hinteren mit *HW* bezeichnet.

Wenn man das Rückenmark nach aufwärts verfolgt, so öffnet sich seine hintere Seite im Calamus scriptorius, und dadurch entsteht der sogenannte Sinus rhomboidalis, der vierte Ventrikel. Diejenigen Partien, die im Rückenmarke hintere sind, werden in der Medulla oblongata äussere Partien, und diejenigen, die im Rückenmarke vordere sind, die Vorderstränge mit der zu ihnen gehörenden grauen Substanz, liegen in der Medulla oblongata zu beiden Seiten der Mittelebene, stellen also innere, der Axe näher gelegene Theile dar. Nachdem die Oliven und die Hemisphären des kleinen Gehirns gebildet sind, schliesst sich der Sinus rhomboidalis nach oben wieder, und es entsteht dadurch ein geschlossener Canal, die Fortsetzung des Canalis centralis medullae spinalis, der den Namen des Aquaeductus Sylvii führt. Um diesen herum befinden sich diejenigen Theile,

die als directe Fortsetzung des Rückenmarks im Gehirne zu betrachten sind, und dazu treten dann die Theile des Grosshirns im engeren Sinne des Wortes.

Wir haben also gesehen, dass das Rückenmark keineswegs blos aus Strängen von Fasern besteht, die Impulse zum Gehirn oder vom Gehirn leiten und als Nerven von dem Stamme des Rückenmarks abgehen, wie die Aeste sich von einem Baume abzweigen, sondern dass das Rückenmark selbst ein wesentlicher Theil des Centralorgans ist und dass die graue Substanz mit ihren Nervenursprüngen und ihren centralen Verbindungen sich von oben nach abwärts im Rückenmarke erstreckt. Damit hängt es auch zusammen, dass nicht etwa das Rückenmark, indem es mehr und mehr Nerven abgibt, von oben nach abwärts immer dünner wird, sondern dass es da anschwillt, wo es starke und zahlreiche Nerven abzugeben hat, dass es sich dann wieder verdünnt, ein zweites Mal anschwillt, wenn es wieder grosse Nervenmassen abzugeben hat, und sich dann schliesslich wieder verdünnt. Diese beiden Anschwellungen sind bekanntlich die Anschwellungen, aus denen die Nerven für die oberen und unteren Extremitäten hervorgehen. Bei denjenigen Thieren, bei welchen die Extremitäten verkümmert sind, z. B. bei den Schlangen und den fusslosen Eidechsen, existiren auch diese Anschwellungen im Rückenmarke nicht, ja wenn man Säugethieren, z. B. Kaninchen, in früher Jugend ein Hinterbein hoch oben im Oberschenkel amputirt und es dann, nachdem es aufgewachsen ist, tödtet, so findet man die Lendenanschwellung des Rückenmarks auf der Seite, an der die Amputation stattgefunden hat, schwächer entwickelt als auf der anderen.

Im ganzen Rückenmarke und in denjenigen Theilen des Gehirns, welche als Fortsetzung des Rückenmarks erscheinen, bis ins Mesencephalon hinauf, werden Reflexe übertragen. Die Hemisphären des grossen Gehirns sind hiebei ganz unnöthig. Ja ein Theil der Reflexbewegungen, diejenigen, deren Reflexherde weiter nach unten liegen, können noch ausgelöst werden, wenn nicht nur das Gehirn, sondern auch die Medulla oblongata und selbst der oberste Theil des Rückenmarks entfernt wurde.

Wenn ich einen Frosch im Schultergürtel durchschneide, so gibt das untere Stück noch Reflexbewegungen, ja noch ziemlich complicirte. Ich tauche seine Zehenspitzen in schwefelsäurehaltiges Wasser, und er zieht sofort das Bein an sich mit ähnlicher Bewegung, wie es ein unversehrter Frosch thun würde. Ich kann noch weiter schneiden und damit noch andere, tiefer gelegene Theile des Rückenmarks entfernen, und noch immer hebt er die Pfote heraus. Bei einem weiteren Schnitte hört dies auf. Derselbe ist in den Reflexherd gefallen und hat denselben theils zerstört, theils von den Beinen getrennt. Es finden unregelmässige zitternde Zuckungen in den ganzen Beinen statt, aber sie werden nicht mehr aus der verdünnten Schwefelsäure herausgehoben.

Wenn man einem Frosche nur das Gehirn weggenommen hat, so gibt er noch eine Reihe sehr complicirter Reflexbewegungen, die den Charakter der Zweckmässigkeit an sich tragen. Wenn ich einem solchen Frosche etwas Schwefelsäure auf das Bein tupfe, so zieht er nicht blos das Bein sofort zurück, sondern er wischt auch mit dem andern Beine die Schwefelsäure ab. Dergleichen Versuche lassen sich vielfältig variiren, wie dies namentlich Pflüger in sinnreicher Weise gethan hat. Wenn

man z. B. den Schwanz einer enthaupteten Eidechse an eine Kerzenflamme heranbringt, so findet die Reizung auf der Seite der Kerzenflamme statt; man müsste also zunächst glauben, dass die Reflexbewegung auf derselben Seite ausgelöst würde, und somit die enthauptete Eidechse den Schwanz in die Flamme hinein bewegen würde. Dies geschieht aber nicht, sondern sie wendet stets mit grosser Geschicklichkeit den Schwanz aus der Flamme. Auf diese Weise hat Pflüger eine grosse Menge von Versuchen an Fröschen, Eidechsen und anderen Amphibien angestellt und immer gefunden, dass die Reflexbewegungen im hohen Grade den Charakter der Zweckmässigkeit an sich tragen, ja, dass sie den Charakter von etwas Prämeditirtem, von etwas wohl Ueberlegtem hatten, und er ist deshalb zu dem Schlusse gekommen, dass bei diesen niederen Wirbelthieren das Bewusstsein nicht nur im Gehirne, sondern auch im Rückenmarke seinen Sitz habe. Man pflegt diese Theorie wohl als die Lehre von der Rückenmarksseele zu bezeichnen.

Man muss indessen mit der Beurtheilung der Erscheinungen, wie wir sie hier vor uns haben, vorsichtig sein. Man muss sich zunächst sagen, dass Reflexbewegungen in denjenigen Bahnen leichter ablaufen, in welchen sie schon oft abgelaufen sind. Nun ist es sicher, dass ein Frosch, wenn er irgendwo von einem Reiz betroffen worden, immer gesucht hat, sich dieses Reizes aufs Zweckmässigste zu erwehren, und dass er deshalb auf den Reiz hin Bewegungen gemacht hat, wie er sie jetzt, nachdem er enthauptet wurde, ausführt. Es ist sicher, dass, wenn ein schmerzhafter Reiz auf die eine Seite eines Eidechsenschwanzes eingewirkt, die Eidechse niemals den Schwanz gegen das schmerzerregende Agens hin, sondern immer weggewendet hat, dass also voraussichtlich diese selbe Bewegung schon öfter abgelaufen ist und deshalb nach dem Enthaupten leichter ablaufen wird als die Bewegung in entgegengesetzter Richtung. Es ist aber noch weiter zu bedenken, ob nicht möglicherweise auch dergleichen, wenn ich mich so ausdrücken soll, ausgelaufene Bahnen von Reflexbewegungen sich von Individuum auf Individuum forterben können, ja, dass sie in dem Individuum als ein- für allemal vorhanden, als prästabilirt angesehen werden können. Endlich muss man sich noch sagen, dass es ja ein blosser Anthroposophismus ist, bei zweckmässigen Handlungen und Bewegungen immer ein Bewusstsein vorauszusetzen. Das thuen wir, weil unsere Handlungen sämmtlich bewusste Handlungen sind. Es ist aber durchaus nicht der Beweis geliefert, dass Zweckmässigkeit immer ein Bewusstsein voraussetze, und dass es keine zweckmässigen Handlungen geben könne, ohne dass dieselben zum Bewusstsein gelangen. Der eigentliche Beweis für das Vorhandensein eines Bewusstsein kann niemals durch die blos anscheinende oder wirkliche Zweckmässigkeit der Bewegungen, die ausgeführt werden, oder durch die Zweckmässigkeit der Veränderungen, die an einem Thiere vor sich gehen, geliefert werden. Den aus der Analogie geschöpften Vermuthungen stehen andere Thatsachen gegenüber, welche es nicht wohl zulassen, auch im Rückenmarke ein individuelles Bewusstsein anzunehmen.

Wir versetzen also das Bewusstsein und die Intelligenz ausschliesslich in das Gehirn, und in Rücksicht auf den Menschen und die höheren Wirbelthiere herrscht darüber unbedingte Einstimmigkeit. Es fragt sich nun, welches sind die Gründe, die wir dafür anführen können. Wir wissen zunächst, dass das Bewusstsein schwindet, wenn das Blut nicht in

gehöriger Weise durchs Gehirn circulirt. Wir wissen, dass bei Ohnmächtigen, denen das Bewusstsein geschwunden, dieses oft in kürzester Zeit zurückkehrt, sobald der Kopf niedrig genug gelegt wird, damit das Blut mit grösserer Leichtigkeit durch das Gehirn circuliren kann. Wir wissen ferner, dass Zerstörungen, Druck u. s. w., wenigstens wenn sie beide Hemisphären des grossen Gehirns betreffen, Verlust des Bewusstseins und also auch der Intelligenz nach sich ziehen. Wir finden endlich drittens, dass da, wo beide Hemisphären atrophisch sind, bedeutend unter ihrem normalen Maasse stehen, als unausbleibliche Folge sich Idiotismus einstellt, wie wir dies bei dem sporadischen und auch an gewissen Orten bei endemisch vorkommendem Idiotismus sehen. Wir können ferner mit Leichtigkeit bemerken, dass, wenn wir von den niederen Wirbelthieren zu den höheren und endlich zum Menschen aufsteigen, wir in dem Baue des Gehirns eine fortwährende Progression, eine weitere Entwickelung beobachten, und zwar in der Weise, dass die Gehirne der Embryonen aller Wirbelthiere sich im hohen Grade ähnlich sehen, dass aber, je höher das Thier in der Entwickelungsreihe steht, sich später das Gehirn um so weiter von dem embryonalen Zustande entfernt. Das Gehirn der Fische und der Amphibien ist dem embryonalen am meisten ähnlich, während das Gehirn des Menschen am weitesten davon entfernt ist.

Es fragt sich weiter, wie sollen wir aus dieser progressiven Gehirnentwickelung einen Maassstab für den Grad der Intelligenz, für die Stufe, auf welche ein Thier zu stellen sei, entnehmen. Es ist klar, dass wir dabei nicht das absolute Gewicht des Gehirns als Maassstab nehmen dürfen. Wir können aber auch nicht das relative Gewicht des Gehirns im Vergleiche zum Körpergewichte nehmen: darnach müsste einzelnen höchst bevorzugten Thieren ein niedriger Grad von Intelligenz zuerkannt werden. Besonders auffallend wäre dies in Rücksicht auf den Elephanten, bei dem ein sehr kleiner Bruch als relatives Gewicht des Gehirns zum Körpergewichte resultiren würde, während er doch unter allen Thieren, die wir kennen, bei Weitem das intelligenteste ist. Er handelt in einer Weise selbstständig, wie kein anderes Thier. Man kann es ihm überlassen, ein Boot zu laden, wobei er alle Sachen so hineinlegt, dass nichts davon nass wird. Er ladet auch das Boot wieder selbstständig ab. Der Elephant kann dazu benützt werden, ein Geschütz durchs Gebirge zu schaffen. Kommt er dabei an eine Stelle, wo er merkt, dass er in der gewöhnlichen Weise nicht weiter könne, zieht er sich von selbst aus dem Geschirre, bringt seine Stosszähne unter das Geschütz und schafft es womöglich über den Widerstand hinweg.

Man hat ferner vorgeschlagen, nicht das Gewicht des Gehirns, sondern die Oberfläche der Hemisphären zu berücksichtigen, d. h. die Grösse der Oberfläche, die man erhalten würde, wenn man sich alle Gyri ausgeplättet denkt, die Oberfläche der entwickelten Hemisphären, wie man sich früher ausdrückte. Diese Anschauung hat in neuerer Zeit, namentlich durch die Untersuchungen von Professor Meynert, einen theoretischen Hintergrund erhalten, indem dieselben es mehr als wahrscheinlich gemacht haben, dass die graue Gehirnrinde in der Art, wie es sich schon der alte englische Anatom Willis vorstellte, ein grosses Projectionsfeld ist, auf welches die Eindrücke hingebracht werden, dort in eine Menge Wechselbeziehungen treten und wieder auf centrifugalleitende Bahnen übergehen

können, um Bewegungen auszulösen. Es ist dieser Vorgang ein wesentlich verschiedener von dem der Reflexbewegungen, welche, wie wir gesehen haben, im Rückenmarke und in den Theilen des Gehirns, die eine Fortsetzung desselben darstellen, ausgelöst werden. Bei den Reflexbewegungen geht der centripetale Impuls zu einer Gruppe von Ganglienzellen und wird auf andere Ganglienzellen übertragen, von denen motorische Nerven entstehen. Das Ganze kann ablaufen, ohne dass davon etwas zum Bewusstsein gelangt, ohne dass dabei ein oder mehrere bewusste Zwischenglieder zwischen der centripetal fortgepflanzten Ursache und der centrifugal fortgeleiteten Wirkung entstehen. Anders verhält es sich aber bei den früher erwähnten Vorgängen in der grauen Gehirnrinde, indem immer eine oder mehrere bewusste Zwischenglieder entstehen, die einerseits die Ursache, andererseits die Wirkung mit einander verbinden.

Im Einzelnen lässt sich aber doch dieses Messen der Hirnoberfläche, das blosse Messen des Areals ohne Berücksichtigung der Beschaffenheit der Hirnrinde, nicht durchführen. Es haben gewisse Thiere, namentlich die Wiederkäuer, die als dumm und ungelehrig bekannt sind, verhältnissmässig zahlreiche und tiefe Gyri, so dass sie durch ihre Hirnoberfläche, wenn man nach derselben die Intelligenz bemessen sollte, höher gestellt werden müssten, als es ihnen in der That zukommt.

Den besten Maassstab zur Beurtheilung der Intelligenz eines Thieres hat Johannes Müller angegeben. Er sagt nämlich, wenn man die Stellung eines Thieres beurtheilen will, so muss man die Hemisphären desselben mit dem Corpus quadrigeminum vergleichen. Beim Frosche liegen die Hemisphären des grossen Gehirns, die Corpora quadrigemina und die Medulla oblongata mit nur schwach angedeutetem kleinen Gehirne, hintereinander. Die Corpora quadrigemina sind dabei die massigsten Gebilde des ganzen Centralorgans. Vergleichen wir damit das Gehirn einer Schildkröte, Emys europaea, so finden wir die Hemisphären schon mehr entwickelt, ihre hintere Partie erstreckt sich schon zu beiden Seiten der Corpora quadrigemina, so dass diese zum Theil zwischen sie eingeschoben sind, auch das kleine Gehirn ist bereits mehr entwickelt. Beim Huhne reichen die Hemisphären des grossen Gehirns schon bis an das kleine Gehirn und bedecken theilweise das Corpus quadrigeminum. Beim Hunde geschieht dies vollständig. Das Corpus quadrigeminum ist hier bereits ein verhältnissmässig kleines, in der Tiefe verborgenes Gebilde. Aber die Hemisphären des grossen Gehirns und kleines Gehirn liegen hier noch hintereinander, so dass sie in der Scheitelansicht des Hirns beide gleichzeitig gesehen werden. Beim Menschen endlich haben die Hemisphären des grossen Gehirns auch das Kleinhirn vollständig überwachsen, so dass man in der Scheitelansicht nur sie und nichts mehr vom Kleinhirne sieht.

Mit diesen Verhältnissen hängen, wie Meynert gezeigt hat, gewisse andere Eigenthümlichkeiten des Säugethiergehirns gegenüber dem Menschengehirne zusammen. Bekanntlich unterscheidet man an der Masse der Grosshirnschenkel eine obere Partie, welche in directer Verbindung mit den Seehügeln und den Vierhügeln, dem Mesencephalon, steht, und die man mit dem Namen der Haube des Grosshirnschenkels bezeichnet, und eine untere Partie von Fasern, welche darunter weggeht und sich in die Hemisphären des grossen Gehirns ausbreitet. Man bezeichnet sie mit dem Namen des Fusses der Grosshirnschenkel. Je grösser die Hemisphären

im Vergleiche zu den Corpora quadrigemina sind, um so grösser muss auch die Masse des Fusses des Hirnschenkels gegenüber der Haube ausfallen und daher kommen die verschiedenartigen Querschnitte, welche hier das Menschengehirn und das Gehirn von Säugethieren, namentlich niedrig stehenden, zeigt. Macht man durch ein Menschengehirn in der Höhe der Vierhügel einen Durchschnitt und einen eben solchen bei einem Säugethiere, so findet man beim Vergleiche dieser Durchschnitte, dass beim Menschen die Masse des Fusses über die der Haube prävalirt, während beim Säugethiere das Umgekehrte stattfindet.

Fig. 13.

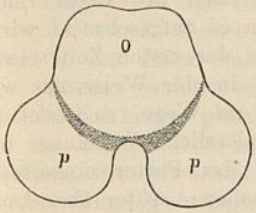


Fig. 14.

Fig. 15.

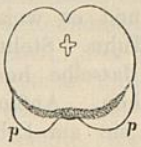


Fig. 16.

Figur 13 zeigt einen Durchschnitt durch die hinteren zwei Hügel vom erwachsenen Menschen nach Meynert, *pp* stellt darin die Masse des Fusses der Grosshirnschenkel dar, begrenzt nach oben durch die Substantia nigra. Figur 14 zeigt einen analogen Schnitt von Cercopithecus griseo-viridis, Figur 15 einen solchen vom Haushunde, Figur 16 einen solchen vom Meerschweinchen. An diesen, den Gehirnen von Thieren entnommenen Durchschnitten ist die Region, welche Meynert als Analogon der Substantia nigra des Menschen betrachtet, gleichfalls durch Punktirung kenntlich gemacht.

Wenn wir die Brücke betrachten, so sehen wir den Fuss des Hirnschenkels in dieselbe eingehen. Die Entwickelung der Brücke ist also auch wesentlich von der Entwickelung des Fusses des Gehirnschenkels abhängig. Je massenhafter der Fuss des Hirnschenkels ist, um so höher ist auch die Brücke. Die Pyramiden endlich sind eine Fortsetzung der Fasern des Fusses des Hirnschenkels: sie sind also um so stärker, je grösser die Masse des Hirnschenkels, also auch je massenhafter die Hemisphären sind. Beim Menschen drängen sie deshalb die Oliven nach den Seiten hin, indem sich ihre Masse in der Mitte entwickelt. Bei den Säugethieren dagegen sind sie dünner, so dass die Oliven hinter den Pyramiden liegen, und da sie schmäler sind, so kommt jederseits von den darunter liegenden Querfasern noch eine Partie zum Vorschein, der man den Namen des Corpus trapezoides gegeben hat.

Es fragt sich nun weiter, welche Veränderungen bei Thieren eintreten, wenn man die Hemisphären des grossen Gehirns, im engeren Sinne des Wortes, abträgt? Niedere Wirbelthiere sind zu Beobachtungen hierüber wenig geeignet, da sich bei ihnen der Verlust des Gehirns zu wenig in äusseren Erscheinungen ausprägt. Ein enthirnter Frosch verhält sich, wie wir schon gesehen haben, Reizen und Eindrücken gegenüber, einem unversehrten sehr ähnlich. Erwachsene Säugethiere sind zu diesen Versuchen auch nicht geeignet, weil sie zu rasch zu Grunde gehen. Junge Säugethiere ertragen die Operation besser, aber sie überleben sie doch

nur einige Stunden. Dagegen kann man die Hemisphären des Grosshirns junger Vögel, Hühner, Tauben, abtragen und diese dann noch unbestimmte Zeit am Leben erhalten.

Die erste auffallende Erscheinung, die man bei der Operation wahrnimmt, ist die, dass die Thiere zwar Schmerz äussern, so lange man in den weichen und harten Schädeldecken schneidet, dass sie aber beim Einstechen in das Gehirn, ja bei der schichtweisen Abtragung der grossen Hemisphären sich vollkommen ruhig verhalten. Wenn das Huhn sich von der Operation einigermassen erholt hat, so ist es doch, namentlich in der ersten Zeit, schlafsüchtiger als ein Huhn, welches im Besitze seiner Hemisphären ist. Es sitzt den grössten Theil des Tages ruhig da, den Kopf unter einen Flügel gesteckt. Wenn es aufgeschreckt wird, läuft es umher, aber sein Gang hat, namentlich in der ersten Zeit, etwas Unbeholfenes, und es weicht Hindernissen nicht in der Weise aus wie ein normales Huhn. Steht ihm ein Hinderniss im Wege, so rennt es ganz nahe an dasselbe heran und macht eine plötzliche Wendung, um ihm auszuweichen. Anfangs muss den Thieren das Futter eingestopft werden, wenn sie am Leben erhalten werden sollen; später aber kann man sie dahin bringen, dass sie wieder selbst fressen, wenn sie dies auch nicht mit solcher Geschicklichkeit thun wie andere Thiere. Man muss ihnen das Futter immer sehr reichlich hinwerfen, dann stossen sie dazwischen herum und bringen so viel in sich hinein, als zu ihrer Ernährung nothwendig ist.

Auffallend ist die Herabsetzung der moralischen Eigenschaften eines solchen Thieres. Es verliert seine Initiative. Während es keine Zeichen von Furcht gibt, mangelt ihm andererseits das, was wir Muth und Entschlossenheit nennen. Es mangelt ihm z. B. der Entschluss, auch von einer ganz mässigen Höhe herabzuflattern. Ein normales Huhn würde sich nicht wie ein Falke auf der Hand herumtragen lassen, es würde sofort herabfliegen. Das operirte Huhn aber bleibt ruhig sitzen, und wenn man es reizt, kneipt, bewegt es sich hin und her, schlägt mit den Flügeln und kommt, nachdem es endlich heruntergeflattert, in unbeholfener Weise zu Boden.

Wie verhält es sich mit dem Bewusstsein und den Sinneswahrnehmungen eines solchen Thieres? fragen wir zunächst, empfindet ein solches Thier Schmerz? Wenn man das Huhn kneipt, fängt es an zu flattern und sucht zu entfliehen. Man hat auch enthirnte Thiere zum Schreien gebracht. Man hat daraus geschlossen, dass sie Schmerz empfinden. Man sieht aber leicht ein, dass dies durch die Erscheinungen nicht bewiesen wird. Denn diese können ebensogut als Reflexbewegungen ausgelöst worden sein, und zwar nicht nur das Schlagen mit den Flügeln, sondern auch das Schreien, ohne dass Schmerz zum Bewusstsein kömmt. Longet beruft sich auf die Kläglichkeit, mit der die Thiere schreien. Dies ist aber offenbar ein Missverständniss, denn die grössere oder geringere Kläglichkeit des Schreiens hängt nur von der Art und der Energie der Reflexbewegungen, die ausgelöst werden, ab. Wenn wir einen Menschen kläglich schreien hören, dann wissen wir allerdings, dass er bedeutende Schmerzen habe, denn ein Reiz, der im Stande ist, eine derartige Reflexbewegung auszulösen, wird ihm sicher auch einen heftigen Schmerz verursachen. Beim Thiere, das keine Hemisphären hat, kann

sehr wohl dieselbe Reflexbewegung ausgelöst werden, während möglicher Weise von der Empfindung gar nichts zum Bewusstsein gelangt. Denselben Maassstab müssen wir bei der Beantwortung der Frage anlegen, ob das Thier sieht. Es ist sicher, dass die Pupille auf Lichtreize noch reagirt. Wir werden später sehen, dass dies ganz natürlich ist, weil der Reflexherd zwischen Opticus und Oculomotorius im Mesencephalon liegt, und wir dem Thiere nur die Hemisphären des Grosshirns genommen haben. Das Thier folgt nach Longet's Versuchen den Bewegungen einer brennenden Kerze, die man im Dunkeln vor seinen Augen bewegt, und hieraus hat man geschlossen, dass das Thier sehe. Nach der Ausdehnung aber, die wir an den Reflexacten kennen, können wir diese Bewegungen auch als einen blossen Reflexact ansehen. Wir wissen daraus keineswegs, ob das Thier eine wirkliche, bewusste Gesichtsempfindung habe.

Ebenso verhält es sich mit den Gehörsempfindungen. Das Thier schrickt bei einem plötzlichen Geräusche zusammen, dies ist aber wieder als ein blosser Reflexact zu erklären. Ich glaube ferner, an jungen Hühnern, die schon seit längerer Zeit operirt waren, und die ich wieder an freiwillige Nahrungseinnahme zu gewöhnen suchte, bisweilen bemerkt zu haben, dass das Thier leichter nach dem Futter zu stossen, leichter zu fressen begann, wenn ihm die Körner mit Geräusch vorgeworfen wurden, als dann, wenn man ihm das Futter leise hinschob. Man könnte das als Folge einer bewussten Gehörsempfindung ansehen. Man muss sich aber sagen, dass es auch hier nicht festgestellt ist, dass dem Thiere etwas von den Zwischengliedern, die hier zwischen der Gehörsempfindung und dem Aufpicken der Körner lagen, zum Bewusstsein kommt, sondern dass sich nur eine natürliche Kette von der Ursache zur Wirkung zwischen diesen beiden Erscheinungen hergestellt hat. Die Geruchsempfindung ist nach allen gut angestellten Versuchen vollständig verloren gegangen. Magendie fand freilich, dass die Thiere noch zurückwichen, wenn ihnen Essigsäure oder Aetzammoniak vorgehalten wurde. Diese wirken aber nicht blos auf den Olfactorius, sondern auch auf den Trigeminus, indem sie sehr heftige Gefühlsempfindungen und Reflexe vom letzteren aus auslösen. Wenn also das Thier sich davon abwendete, so beweist dies nicht, dass ihm noch Empfindungen vom Olfactorius zukamen. Ueber Geschmacksempfindungen existiren keine Versuche, die ein sicheres Resultat ergeben haben. Auf die Bewegungen äussert die Abtragung der Hemisphären des Grossgehirns je nach der Art des Thieres einen verschiedenen Einfluss. Wir haben Frösche ohne Hemisphären des Grossgehirns sich ebenso bewegen sehen wie andere. Wir haben beim Huhne Aehnliches gesehen. Menschen dagegen werden oft in Folge verhältnissmässig unbedeutender Verletzungen einer Hemisphäre hemiplektisch, und zwar stets so, dass die gelähmte Seite diejenige ist, auf welcher sich die gesunde Hemisphäre befindet. Wir werden später noch sehen, welche Partie der grauen Hirnrinde bei diesen Hemiplegien die Hauptrolle spielt. Ausserdem macht nach Meynert Zerstörung des Linsenkerns immer und unter allen Umständen hemiplektisch, und wir werden später sehen, dass dies nicht nur in Meynert's aus anatomischen Thatsachen geschöpften Anschauungen und in seinen Leichenbefunden, sondern auch in den von Nothnagel an Thieren angestellten Versuchen seine Begründung findet.

Die Intelligenz, von der wir gesehen haben, dass sie herabgedrückt ist, wenn beide Hemisphären verkümmert sind, kann merkwürdiger Weise erhalten sein, wenn auch eine Hemisphäre in hohem Grade verkümmert ist.

In einem Pariser Krankenhause befand sich, nach der Erzählung Longet's, eine Kranke, die dort lange Zeit verpflegt wurde und dem ganzen Personale als sehr intelligent bekannt war. Sie war unvollkommen gelähmt an der linken Seite und bei ihrem Tode fand man die rechte Hemisphäre nur halb so gross als die linke. In einem anderen Krankenhause starb Vaquerie, ein Mensch von gewöhnlicher Intelligenz, er war hemiplektisch von Geburt an gewesen. Die rechte Hemisphäre fehlte, wie es im Obductionsberichte heisst, und der Raum war mit Flüssigkeit ausgefüllt. Ein sehr merkwürdiger Fall ist in Dalmatien von Dr. Kratter beobachtet worden. Ein Morlack aus dem Narenta-Districte, Ivan Mussulin, erhielt in einem Raufhandel einen Schlag mit einem Steine auf das Scheitelbein. Er stürzte nieder, stand aber wieder auf und erholte sich so schnell, dass er nach zwei Stunden auf die Prätur ging und selbst seine Klage einbrachte. Er wurde verbunden und befand sich zwanzig Tage lang ziemlich wohl, so dass er seinen gewöhnlichen Hantirungen und auch dem Boccespiele nachging. Er war immer guter Laune und vollkommen bei sich. Am 21. Tage ging er noch mit hinaus zum Boccespiele, fühlte sich aber nicht wohl und wollte nicht mitspielen, äusserte indess noch seine Meinung über die Art und Weise, wie die Kugeln fielen. Er war also zu dieser Zeit noch im Besitze seiner Intelligenz. Beim Nachhausegehen stürzte er nieder mit dem Ausrufe: „Es ist mir übel!“ und war in wenigen Minuten todt. Nach achtzehn Stunden wurde die Obduction von Dr. Kratter gemacht. Sie ergab, dass die Lamina vitrea des Scheitelbeines sternförmig zersplittert und die Splitter durch die Dura mater eingedrungen waren. Die ganze linke Hemisphäre war nach Dr. Kratter's mündlicher Mittheilung in eine eiterige, mit Blutstreifen durchzogene Masse verwandelt, in der graue Flocken von Gehirnsubstanz schwammen. Wir werden später sehen, dass, wenigstens so lange er ging und so lange er beide Arme willkürlich bewegte, gewisse Theile der Hemisphäre vermuthlich noch functionsfähig waren.

Auch die Folgen und die Tödtlichkeit der Gehirnverletzungen werden meistens in hohem Grade überschätzt. Der alte Anatom Carpi zog einem Knaben einen Nagel aus der Stirn heraus, der drei Querfinger tief eingedrungen war. Nichtsdestoweniger behielt derselbe seine Intelligenz. Er wurde vollkommen geheilt und gelangte, wie erzählt wird, später noch zu hohen Würden. Ein anderer merkwürdiger Fall ist in neuerer Zeit von einem amerikanischen Arzte, Dr. Halsted, im medicinischen Journal von Boston beschrieben worden. Ein siebzehnjähriger, kräftiger Jüngling wurde durch einen Theil seiner Flinte, der absprang, an der Stirn getroffen. Derselbe durchbohrte das Stirnbein und drang $4^1/_2$ Zoll weit in die Gehirnhemisphäre vor. Nach der Verwundung verlor der junge Mann keineswegs das Bewusstsein. Er sank nur auf Hände und Knie nieder und hörte durch einige Zeit einen anhaltenden Ton. Nach wenigen Augenblicken hatte er sich bereits wieder so weit erholt, dass er im Stande war aufzustehen, das Eisen aus der Stirne zu ziehen und sich das Blut abzuwischen. Hierauf hielt er sein Gesicht längere Zeit in einen

Teich und hatte endlich noch Kraft genug, sein Pferd zu besteigen und bis zu dem nächsten, eine englische Meile entfernten Hause zu reiten, wo er halb bewusstlos ankam. Die eingedrungenen Knochensplitter wurden extrahirt, die Wunde vernäht, und nach $2^1/_2$ Monaten war der Kranke wieder völlig hergestellt.

Den allerauffälligsten Fall theilt Longet (nach Quesnay: Remarques sur les plaies de cerveau) mit. Einem italienischen Lakaien fiel ein Stein auf den Kopf und schlug ihm ein Scheitelbein ein, so dass beim ersten Verbande ein Theil der hervorgequollenen Gehirnsubstanz abgetragen werden musste, was sich später bei Erneuerung desselben noch wiederholte. Am 18. Tage fiel er aus dem Bette, und dabei trat wieder Gehirnsubstanz heraus, die abgetragen werden musste. Am 35. Tage betrank er sich, riss den Verband und mit der Hand die hervorgequollene Gehirnsubstanz weg. Der behandelnde Arzt bemerkt, dass der Theil, welcher in der Wunde vorlag, schon nahe am Corpus callosum sein musste. Dennoch kam der Mensch mit dem Leben davon. Er blieb hemiplektisch, behielt aber seine Intelligenz.

Ueberhaupt ist bei theilweiser Zerstörung einer Hemisphäre keineswegs die gewöhnlichste Folge Verlust der Intelligenz, sondern Hemiplegie und epileptische Anfälle. Epileptische Anfälle bringt Meynert mit Degenerationen im Ammonshorne in Zusammenhang.

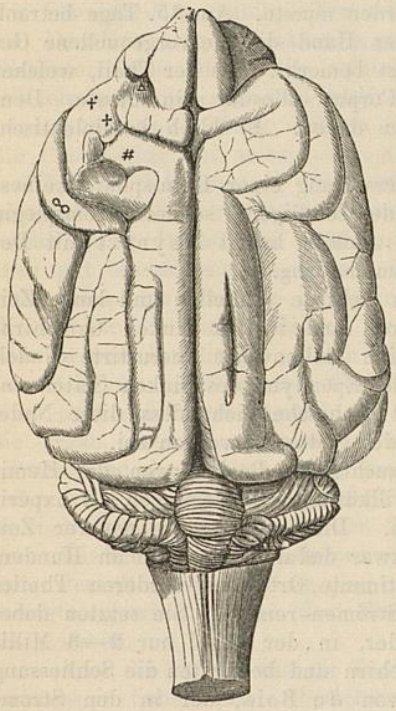
Auch fremde Körper können im Gehirne einheilen und lange Zeit darin aufbewahrt werden. Th. Simon fand in der linken Grosshirnhemisphäre einer 79jährigen Frau eine stellenweise incrustirte Nadel, welche mit ihrer Spitze bis unter das Ependym des linken Seitenventrikels reichte. Er hält es für höchst wahrscheinlich, dass diese Nadel ihr in frühester Kindheit in den Schädel gestossen worden sei.

Früher hatte man vergebens gesucht, die Beziehungen der Hemisphären des grossen Gehirns zu den willkürlichen Bewegungen auf experimentellem Wege näher zu erforschen. Dies ist erst in neuerer Zeit Fritsch und Hitzig gelungen, und zwar dadurch, dass sie an Hunden, denen sie das Gehirn blosslegten, bestimmte Orte des vorderen Theiles desselben mit schwachen elektrischen Strömen reizten. Sie setzten dabei die Elektroden sehr nahe nebeneinander, in der Regel nur 2—3 Millimeter von einander entfernt, auf das Gehirn und bewirkten die Schliessung und Oeffnung mittelst des Schlüssels von du Bois, der in den Stromkreis eingeschaltet war.

Sie fanden dabei zunächst am meisten nach vorn ein Centrum für die Nackenmuskeln (△), d. h. wenn sie (siehe Figur 17) an dieser Stelle reizten, bekamen sie Bewegungen in den Nackenmuskeln. Eine zweite Stelle (┼) fanden sie für die Dreher und Beuger des Vorderbeins. Eine dritte (+) für die Extensoren und Abductoren des Vorderbeins. Sie sehen also, dass hier für verschiedene Muskelgruppen des Vorderbeins in den Hemisphären des Grosshirns die Centren ganz nahe nebeneinander liegen. Ausserdem fanden sie ein Centrum (#), durch dessen Reizung sie Bewegungen des Hinterbeins auslösen konnten. Und endlich noch ein Centrum (o-o), in welchem sie Bewegungen in den Muskeln, die vom Nervus facialis versorgt wurden, auslösen konnten. Sie haben ausführlich gezeigt, dass ihre Resultate nicht etwa von Stromschleifen herrühren, die in die Tiefe gegangen wären und direct Nervenursprünge gereizt hätten.

das heisst Nervenursprünge im gewöhnlichen Sinne, Ursprünge aus Nervenzellen, die den grossen Nervenzellen der vorderen grauen Colonnen des Rückenmarks entsprechen. Es ist dies übrigens schon aus der Verschiedenheit der Erfolge ersichtlich, die sie durch Reizung der verschiedenen von ihnen bezeichneten Stellen erhielten. In späteren Untersuchungen hat Hitzig auch ein Centrum für die geraden Augenmuskeln gefunden, das mit dem Facialiscentrum zusammenfällt, und zwar mit dem mehr medianwärts gelegenen Theile desselben, von dem aus die Muskeln der oberen Gesichtshälfte erregt werden. Er fand ferner im Bereiche des Hinterlappens eine Stelle, deren Reizung Verengerung der Pupille der anderen Seite, deren Exstirpation Blindheit auf der anderen Seite hervorbrachte. Es ist lehrreich, diese Angabe mit der früherer Autoren zusammenzuhalten, welche glaubten bemerkt zu haben, dass Thiere, denen die ganzen Hemisphären abgetragen sind, noch sehen. Ich habe indessen schon früher darauf hingewiesen, wie unsicher der Schluss war, durch den sie zu dieser Ansicht gelangten. Offenbar liefen vom Opticus aus noch die Erregungen ab, für die der Hirnstamm genügte, aber die, welche ihren Weg durch die Hemisphären nehmen mussten, gingen verloren und mit ihnen die bewusste Vorstellung. Es fragt sich nun, was geschieht, wenn z. B. das Centrum für die Muskeln des Vorderbeines ausgeschnitten wird. — Dann tritt keine vollständige Lähmung des Vorderbeines der anderen Seite ein, sondern es wird noch bewegt, und zwar beim Laufen ähnlich wie das andere, nur mit weniger Sicherheit. S. Exner hat experimentell nachgewiesen, dass Theile, deren Bewegung im Leben doppelseitig combinirt ist, auch von der Hemisphäre derselben Seite erregt werden können. So erhielt er bei Kaninchen von der Hirnrinde aus nicht nur Bewegung der Pfote der anderen Seite, sondern auch Bewegung der Pfote derselben Seite. Dies geschah selbst noch nach Durchschneidung des Balkens.

Fig. 17.



Daraus und aus den vom Hirnstamme ausgehenden Erregungen erklärt es sich, dass ein so operirter Hund noch mit allen vier Beinen läuft. Aber das Thier hatte keine klare Vorstellung mehr von der Lage des einen Vorderbeines. Wenn man das Vorderbein der nicht gelähmten Seite in irgend eine ungewöhnliche und unbequeme Lage brachte, so setzte der Hund das Bein in die gewöhnliche Lage. Wenn man dies dagegen mit dem anderen Vorderbeine that, so liess es der Hund darin, und erst bei einer zufälligen Bewegung wurde es später wieder in eine

gewöhnliche Lage zurückgebracht. Ganz ähnliche Erfahrungen hat Nothnagel an Kaninchen gemacht, nachdem er die der Stelle (+ +) entsprechende Partie durch Injection von concentrirter Chromsäure zerstört hatte. Merkwürdig ist es, dass in seinen Versuchen die Störung nur wenige Tage dauerte, während sie bei Hitzig's Versuch noch nach 28 Tagen bestand. Die durch Chromsäure zerstörte Partie konnte nicht wieder functionsfähig geworden sein. Es musste sich also auf einem anderen Wege ein Rapport zwischen Empfindung und Bewegung hergestellt haben. Die Wechselwirkung zwischen beiden findet ja auch im normalen Zustande nicht stets auf dieselbe Weise statt. Wir stellen uns vor, dass die Bewegung unserer Glieder auf zweierlei Weise regulirt wird: erstens durch reflectorische Vorgänge, bei welchen von der Kette der Ursachen und Wirkungen, welche abläuft, nichts zum Bewusstsein kommt, und zweitens durch bestimmte willkürliche Impulse, bei welchen die Glieder absichtlich hierhin und dorthin bewegt werden, und das würden die Bewegungen sein, die hier ganz an der Oberfläche des Gehirns, in dem grossen Projectionsfelde, um mit Meynert zu reden, vermittelt und ausgelöst werden.

Es haben diese Versuche einigermassen einen Schlüssel zu einer anderen räthselhaften Erscheinung gegeben, die man vor längerer Zeit beobachtet hat, nämlich der Erscheinung der Aphasie. Man hatte beobachtet, dass manche Individuen nach plötzlichen Anfällen oder auch bei allmälig fortschreitenden Erkrankungen in einen Zustand kommen, bei dem sie zwar ihr Bewusstsein haben, bei welchem auch ihre Zunge nicht geradezu gelähmt ist, da sie sie noch bewegen, in dem sie aber doch nicht sprechen können. Wenn sie etwas sagen wollen, bringen sie es nicht heraus, gibt man ihnen aber ein Papier, so können sie es bisweilen noch aufschreiben. Bouillaud und nach ihm andere Aerzte haben beobachtet, dass diese sogenannte Aphasie im Zusammenhange mit Störungen, namentlich mit linksseitigen, im Vordertheile des Grossgehirns vorkommt, und nach Meynert ist es ausser dem der Sylvi'schen Grube anliegenden Theile des Stirnhirns die Insel und die Vormauer, deren Degeneration Aphasie nach sich zieht. Die Aphasie im engeren Sinne, bei der die Kranken das, was sie, trotzdem sie ihre Zunge frei bewegen können, nicht sagen können, aufzuschreiben im Stande sind, scheint namentlich mit Zerstörungen in der dritten Stirnwindung zusammenzuhängen. Bei derselben findet sich die Zerstörung in der Regel in der linken Hemisphäre. Da, wo eine Zerstörung, die nur die rechte Hemisphäre betraf, Aphasie gemacht hatte, waren es Individuen, die man als Linkshänder gekannt hatte. Man glaubt deshalb, dass diejenige Hemisphäre, welche vorzugsweise die Hantirungen dirigirt, sei es die linke oder die rechte, auch vorzugsweise und massgebend die Impulse für die Sprechbewegungen aussendet. Wenn man das in derselben Weise betrachtet wie diese Bewegungserscheinungen, so kann man sich sagen: Die Zunge des Menschen ist nicht gelähmt, er hat auch im Allgemeinen noch seinen Verstand, aber es fehlen ihm die Mittelglieder zwischen seinen Vorstellungen und zwischen den Sprachbewegungen. Er kann die mit seinen Vorstellungen verknüpften Impulse nicht auf diejenigen Nervenbahnen übertragen, welche eben die Zunge in die entsprechenden Bewegungen versetzen können, und darin ist dieser an und für sich so räthselhafte und seltsame Zustand der Aphasie begründet.

Man hat als einen wesentlichen Einwand gegen die Deutung der Hitzig'schen Reizversuche angeführt, dass man dieselben Bewegungen noch erhalte, wenn man das bezügliche Stück der Hirnrinde ausschneidet und den Grund der Wunde reizt. Ich sehe nicht ein, wieso? Man reizt dann die Fasern, welche in radialer Richtung von der Hirnrinde ausgehen. Man braucht nur anzunehmen, dass es hier wie bei den centrifugalleitenden peripheren Nerven für die Qualität des Erfolges gleichgiltig ist, ob man sie an ihrem Ursprunge oder in ihrem Verlaufe reizt.

Nothnagel hat an der Aussenseite der grossen Hemisphäre und ein wenig weiter nach vorn als das Centrum (+ +) beim Kaninchen eine Stelle gefunden, deren Zerstörung mittelst Chromsäure das Thier unvollkommen hemiplektisch macht. Die Hemiplegie zeigt sich, wie bei allen centralen Lähmungen, an den Gliedern der unverletzten Seite. Hatte Nothnagel diese Stelle auf beiden Seiten zerstört, so sass das Thier regungslos da und liess seine Glieder widerstandslos in die verschiedensten Lagen bringen. Wenn es gekniffen wurde, wackelte es bei seinen Versuchen zu entfliehen haltungslos hin und her. Aehnliche Erscheinungen sah Nothnagel, nachdem er Chromsäureherde in der weissen Markmasse der Hemisphären, namentlich im hinteren Theile derselben, in der Nachbarschaft des Cornu ammonis angelegt hatte. Endlich hat Nothnagel nahe der hinteren Spitze der Hemisphäre und innerhalb derselben einen Punkt gefunden, dessen Verwundung überaus heftige Sprungbewegungen auslöst. Dieselben dauern einige Minuten und lassen dann nach. Sie sind offenbar Folge der Reizung, nicht Folge der Zerstörung eines Gebildes.

Nachdem so der Einfluss bestimmter Theile der Hemisphären des grossen Gehirns auf combinirte Bewegungen nachgewiesen; nachdem in der grauen Rinde derselben bestimmte psychomotorische Centra, oder, wenn man lieber will, psychomotorische Regionen entdeckt waren, handelte es sich darum, die Oertlichkeit derselben am Menschenhirn festzustellen. Es gelang dies, indem man in Fällen von Verletzung oder von beschränkter Erkrankung der grauen Hirnrinde den Leichenbefund sorgfältig mit den im Leben beobachteten Erscheinungen verglich. Es waren, nachdem Hitzig auch hievon zuerst den Weg gezeigt hatte, namenlich französische Aerzte, und unter ihnen besonders Charcot und Pitres, welche mit Eifer und Erfolg denselben verfolgten.

In neuerer Zeit hat S. Exner dieses Feld kritisch bearbeitet. Er schliesst nicht allein aus dem Zusammenfallen gewisser Störungen mit gewissen Verletzungen auf ihren Zusammenhang, er berechnet auch in Procenten, wie oft in einer gegebenen Anzahl von Fällen eine solche Coincidenz statthatte und wie oft nicht. Er untersucht ferner, welche Hirnpartien immer und unter allen Umständen intact waren, wenn ein bestimmtes Symptom, z. B. Lähmung des rechten Armes, nicht vorhanden war. Er gewinnt dadurch die Ueberzeugung, dass die psychomotorischen Impulse für die Armbewegungen mit Nothwendigkeit aus dieser Region stammen, und nennt sie das absolute Rindenfeld des rechten Armes. Dieses absolute Rindenfeld für den rechten Arm erstreckt sich über den Lobulus paracentralis, den Gyrus centralis anterior, dessen unteres Ende es aber nicht erreicht, und den Gyrus centralis posterior, von dem es sich noch auf den Lobulus parietalis superior hin erstreckt (für die Benennungen siehe die nach Ecker bezeichneten Figuren: 18, 19, 20, 21). Ein analoges,

Fig. 18.

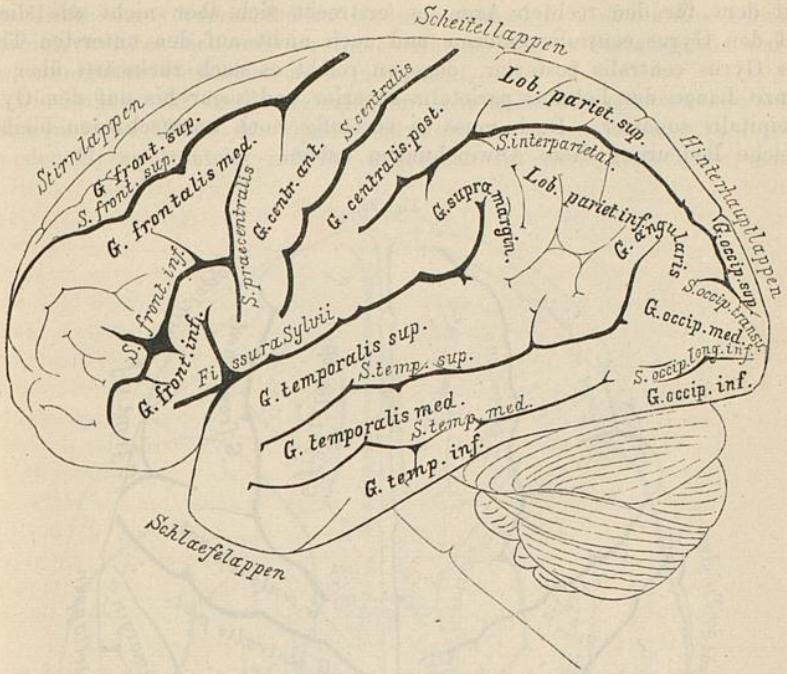
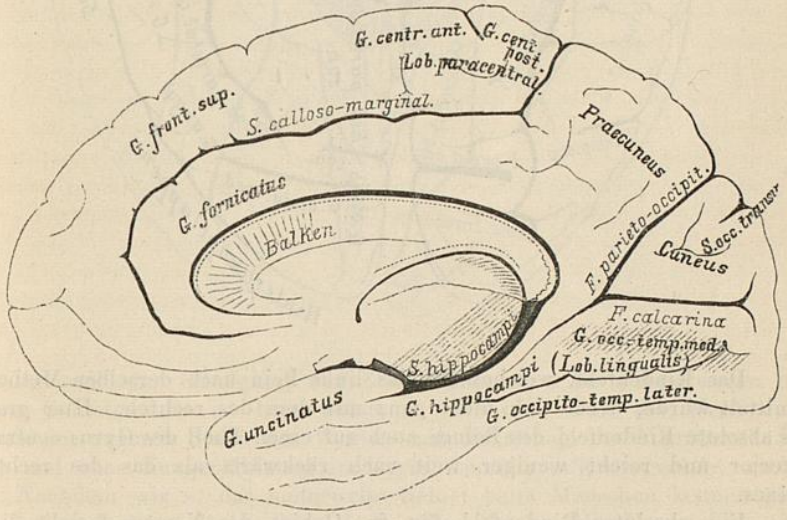


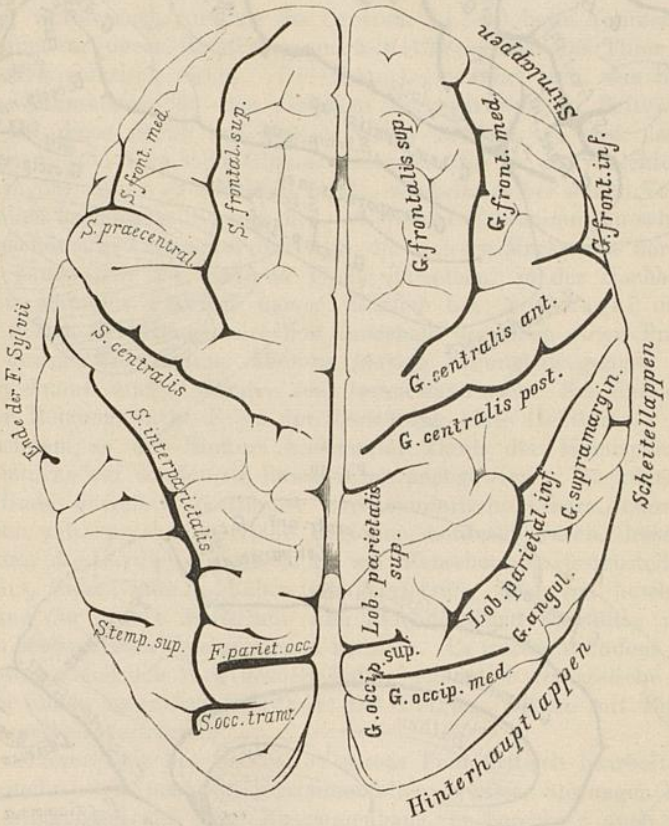
Fig. 19.



aber kleineres absolutes Rindenfeld ergab sich für den linken Arm auf der rechten Hemisphäre: Es nahm nur den Lobulus paracentralis ein, dann den obersten Theil der hinteren Centralwindung und die vordere Centralwindung ziemlich bis zu derselben Tiefe, bis zu der auf der linken Hemisphäre das absolute Rindenfeld für den rechten Arm reichte.

Das absolute Rindenfeld für das rechte Bein deckt sich grossentheils mit dem für den rechten Arm, es erstreckt sich aber nicht wie dieses auf den Gyrus centralis anterior und auch nicht auf den untersten Theil des Gyrus centralis posterior, dagegen reicht es nach rückwärts über die ganze Länge des Lobulus parietalis superior und sogar bis auf den Gyrus occipitalis superior. Doch muss es vorläufig noch unentschieden bleiben, welche Bedeutung diese Abweichungen haben.

Fig. 20.



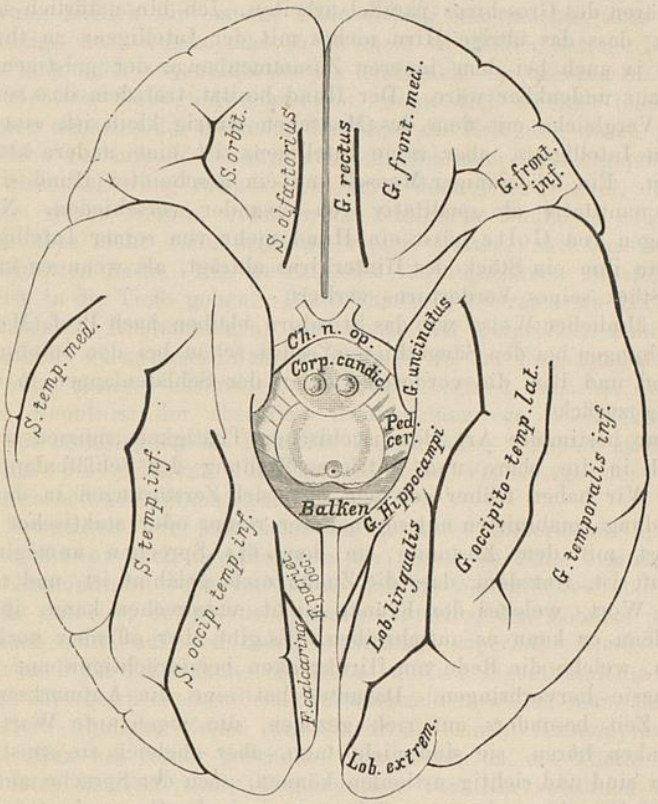
Das Rindenfeld, welches für das linke Bein nach derselben Methode ermittelt wurde, deckt sich nicht ganz mit dem des rechten. Hier greift das absolute Rindenfeld des Beines auch auf einen Theil des Gyrus centralis anterior und reicht weniger weit nach rückwärts als das des rechten Beines.

Ein absolutes Rindenfeld für das Gebiet des Nervus facialis liess sich nach der erwähnten Methode nur auf der linken Hemisphäre ermitteln. Es lag im mittleren Theile des Gyrus centralis anterior, in der Höhe der Einmündung des Sulcus frontalis inferior in den Sulcus praecentralis. Für die rechte Hemisphäre war insoferne kein solches erweisbar, als in einem Falle von Hemiplegie nach der Krankengeschichte der Nervus

facialis nicht betheiligt war, während doch die Zerstörung sich auf die untere Hälfte der vorderen Centralwindung erstreckte; also voraussichtlich das Gebiet, welches sich auf der linken Hemisphäre als Facialisgebiet darstellte, wenigstens theilweise noch mit betraf.

Die Impulse für die Bewegungen im Gebiete des Hypoglossus scheinen aus dem unteren Theile des Gyrus centralis anterior zu kommen, da, wo er an den Gyrus frontalis inferior angrenzt. So wenigstens muss man

Fig. 21.



urtheilen nach der Häufigkeit von Zungenlähmungen bei Zerstörungen in diesem Gebiete. Es ist hier daran zu erinnern, dass der Herd der Aphasie im engeren Sinne des Wortes mit Erhaltung des Wortverständnisses und ohne Zungenlähmung im Gyrus frontalis inferior gesucht wird.

Nachdem wir so das motorische Gebiet beim Menschen kennen gelernt haben, welches Fritsch und Hitzig für den Hund experimentell ermittelten, muss es uns auffallen, wie klein beim Hunde das Gebiet ist, welches wir nach der Analogie mit dem Menschen als das Stirnhirn bezeichnen müssen, wenn wir derselben Nomenclatur wie Hitzig folgen. Schon hierdurch müssen wir auf die Vermuthung gebracht werden, dass im Stirnhirn etwas zu suchen sei, was beim Menschen ungleich stärker

entwickelt ist als beim Hunde, und wir müssen zunächst daran denken, ob hier nicht die complicirteren geistigen Processe ablaufen, welche wir beim Hunde nicht in gleicher Weise voraussetzen können. Wir werden in dieser Vermuthung dadurch bestärkt, dass bei mangelhafter Entwickelung oder theilweiser Zerstörung des Stirnhirns auf beiden Seiten auch die Intelligenz geschädigt ist. Dass dies nicht oder doch nicht immer der Fall ist, wenn die Zerstörung nur auf einer Seite vorhanden ist, lässt sich dahin erklären, dass wir, so weit nicht die Wahrnehmungen und die Bewegungen unserer beiden Körperhälften in Betracht kommen, mit beiden Hemisphären des Grosshirns parallel arbeiten. Ich bin natürlich nicht der Meinung, dass das übrige Hirn nichts mit der Intelligenz zu thun habe, wie dies ja auch bei dem inneren Zusammenhange der geistigen Thätigkeiten ganz undenkbar wäre. Der Hund besitzt, trotzdem dass sein Stirnhirn im Vergleiche mit dem des Menschen winzig klein ist, einen hohen Grad von Intelligenz, aber seine Intelligenz ist eine andere als die des Menschen. Ein blödsinniger Mensch und ein gescheidter Hund sind nicht sowohl quantitativ als qualitativ von einander verschieden. Nach den Erfahrungen von Goltz büsst ein Hund mehr von seiner Intelligenz ein, wenn man ihm ein Stück des Hinterhirns abträgt, als wenn er ein gleich grosses Stück seines Vorderhirns verliert.

In ähnlicher Weise wie das Stirnhirn bleiben nach Prof. Meynert's Untersuchungen bei den Säugethieren, selbst schon bei den intelligenteren, wie Hund und Bär, die vorderen Partien der Schläfenlappen in der Entwickelung zurück.

Eine bestimmte Art der psychischen Thätigkeit müssen wir wahrscheinlich in die obere und mittlere Windung des Schläfenlappens versetzen. Wir haben früher gesehen, dass sich Zerstörungen in der dritten Stirnwindung combinirten mit sogenannter reiner oder ataktischer Aphasie, das heisst mit dem Zustande, in dem das Sprechen unmöglich oder mangelhaft ist, trotzdem, dass die Zunge nicht gelähmt ist, und trotzdem, dass das Wort, welches der Kranke nicht aussprechen kann, ihm nicht fehlt; denn er kann es aufschreiben. Es gibt aber offenbar noch andere Ursachen, welche die Rede von Hirnkranken beeinträchtigen und eine Art von Aphasie hervorbringen. Darunter hat eine die Aufmerksamkeit in neuerer Zeit besonders auf sich gezogen, die sogenannte Worttaubheit. Die Kranken hören, sie sind nicht taub, aber obgleich sie sonst bei Bewusstsein sind und richtig urtheilen können, auch der Sprache an und für sich nicht beraubt sind, so verstehen sie doch das Gesprochene nicht. Es fehlt ihnen das Vermögen, den Sinn der Lautfolge zu combiniren, welche in ihrem Ohre abläuft. Diese Worttaubheit nun trifft ungewöhnlich häufig mit Zerstörungen in der oberen oder mittleren Windung des Schläfenlappens zusammen.

Wenden wir uns von diesen dem Verständniss schwerer zugänglichen Functionsstörungen noch einmal zurück zu den Bewegungsstörungen und zu den aus ihnen erschlossenen motorischen Rindenfeldern, so sehen wir, dass dieselben nicht wie Areale neben einander liegen, von denen das eine an das andere angrenzt, sondern dass sie einander theilweise decken. Es weist dies darauf hin, dass die Nervenzellen, welche Impulse für verschiedene Muskelpartien geben, bis zu einer gewissen Ausdehnung einzeln oder in kleineren Gruppen unter einander gemengt vorkommen.

Ausserdem fand Exner in Uebereinstimmung mit früheren Beobachtern, dass in vielen Fällen auch ausserhalb des absoluten Rindenfeldes gelegene Zerstörungen Lähmungen in dem diesem Rindenfelde angehörigen peripherischen Gebiete hervorgerufen hatten. Besonders häufig lagen solche Zerstörungen in der nächsten Umgebung des absoluten Rindenfeldes, manchmal aber auch weiter davon entfernt. Der nächste Gedanke, den auch schon frühere Beobachter gehegt hatten, musste sein, dass hier während des Lebens fortgepflanzter Druck oder fortgepflanzte Circulationsstörung die Lähmung bedingt hatten. Aber Versuche an Thieren zeigten, dass diese Erklärung freilich für manche Fälle richtig sein mochte, aber keineswegs die einzige war, welche man in Betracht zu ziehen hatte. Durch Reize liessen sich auch ausserhalb des als Rindenfeld im engeren Sinne bezeichneten Gebietes Bewegungen auslösen, wenn auch weniger leicht. Es bot sich hier zunächst der Gedanke dar, dass die Erregung durch parallel zur Oberfläche verlaufende Fasern zum Rindenfelde hin fortgepflanzt werde. Aber diese Erklärung reichte nicht aus; denn Exner fand, dass er noch wirksam reizen konnte, wenn er die bezügliche Stelle umschnitten hatte, dass er aber nicht mehr wirksam reizen konnte, nachdem er die Stelle unterschnitten hatte. Die wesentlichen Leitungsbahnen mussten also doch zunächst in die Tiefe gehen. Diese Thatsachen veranlassen Exner, ausser den absoluten Rindenfeldern, von denen wir gesprochen haben, relative Rindenfelder zu unterscheiden, welche sich in der Umgebung der absoluten mehr oder weniger ausbreiten. Für den Arzt ist zunächst die möglichst genaue Kenntniss der absoluten Rindenfelder von Wichtigkeit, da ihm diese bei der Diagnose als Führerin dienen muss, wenn er auch mit Rücksicht auf die relativen Rindenfelder seine Vorhersage des eventuellen Obductionsbefundes einzuschränken hat.

Betrachten wir jetzt noch die absoluten motorischen Rindenfelder, die von Exner nach der Methode der negativen Fälle ermittelt sind, in ihrer Gesammtheit. Sie verbreiten sich im Wesentlichen über den Gyrus centralis anterior, den Gyrus centralis posterior, den Lobulus paracentralis und auch noch auf den Lobulus parietalis superior. Dieses Gebiet nun enthält nach der Entdeckung von Betz in Kiew eigenthümliche pyramidenförmige oder gewürznelkenförmige Nervenzellen, welche man, da sie grösser als andere ähnliche Zellen der Hirnrinde sind, Riesenpyramidenzellen nennt. Man hat ferner gefunden, dass gerade da, wo Theile dieses Rindengebietes zerstört sind, Degeneration von Nervenbahnen bis in die Pyramidenstränge des Rückenmarks, sogenannte absteigende Degeneration, vorkommt. Es liegt deshalb die Vermuthung nahe, dass in den Riesenpyramidenzellen die trophischen Centra und somit im physiologischen Sinne die wahren Ursprünge der motorischen Stabkranzfasern zu suchen seien. Die Willensimpulse hätten darnach folgende Wege zu machen: Riesenpyramidenzellen, psychomotorische Stabkranzfasern, deren Fortsetzung durch den Fuss des Hirnschenkels, Pyramiden, Decussation, Pyramidenstränge, Ganglienzellen der vorderen grauen Rückenmarkscolonnen, von denselben entspringende (Deiters-Fortsatz) motorische Nerven, Muskeln.

Die Aufnahme tactiler Erregungen scheint in denselben Regionen der Hirnrinde stattzufinden, von denen die psychomotorischen ausgehen. Ich sage scheinen. In allen Fällen, in denen sensible und motorische Störungen fehlten, zeigten sich der Gyrus centralis anterior und posterior

und der Lobulus paracentralis unverletzt. Es lässt dies zwar keinen bindenden Schluss zu, andererseits hat man aber keine Ursache gefunden andere Regionen als rein tactile anzusprechen.

Die Riechsphäre befindet sich nach den Versuchen von Munk bei Hunden im Gyrus hippocampi, die Hörsphäre im Schläfenlappen, für die Tonempfindungen in einem convexen Bogen um die Fissura postsylvii Owen. Mit der hinteren Partie dieser Region sollen die tieferen Töne gehört werden, mit den vorderen die höheren. Beim Menschen fehlt es hierüber noch an sicheren Beobachtungen, dagegen hat Ferrier nach Versuchen an Affen, die schon im Jahre 1875 angestellt wurden, die Hörsphäre zwar auch in den Schläfenlappen, aber in den oberen, an die Fossa Sylvii angrenzenden Theil desselben versetzt, in die obere sogenannte Temporo-Sphenoidalwindung.

Ueber die centrale Aufnahme von Gesichtseindrücken und über ihre Reproduction als Erinnerungsbilder hat Munk besonders ausgedehnte Untersuchungen gemacht. Er ist zu dem Resultate gekommen, dass diese Vorgänge in den Hinterhauptstheil des Grosshirns verlegt werden müssen. Wird bei einem Hunde ein kreisrundes Rindenstück von 15 Millimeter Durchmesser und 2 Millimeter Dicke an einer bestimmten Stelle des Hinterhauptlappens exstirpirt, so erkennt nach ihm das Thier ihm früher wohlbekannte Gegenstände nicht mehr. Der Grund liegt nach Munk darin, dass es deren Erinnerungsbilder nicht mehr reproduciren kann, weil ihr Ort in dem exstirpirten Theile war. Er nennt ein solches Thier seelenblind.

Nach einiger Zeit lernt ein solcher Hund wieder Gegenstände durch das Gesicht erkennen, aber er fixirt sie nicht mehr wie ein gesunder Hund mit den Augen. Es liegt dies nach Munk darin, dass er sich nicht mehr wie früher des mittleren Theiles seiner Netzhaut bedient, denn das Rindenstück, mit dem dieser verbunden war, ist ihm auf beiden Seiten genommen. Aber die Rindenpartien, mit denen die Seitentheile der Netzhäute, auf deren Bilder er früher so wenig achtete, wie wir es thun, und von denen ihm deshalb keine Erinnerungsbilder geblieben waren, verbunden sind, besitzt er noch. Nun sieht er mit diesen Seitentheilen und erwirbt dadurch neue Erinnerungsbilder, nach denen er die Gegenstände erkennt.

Schälte Munk einem Affen von beiden Hinterhauptlappen in ganzer Ausdehnung die Hirnrinde ab, so wurde er bleibend blind. Was geschah, wenn er dies nur auf einer Seite that? Dann sah der Affe nur noch mit einer Hälfte jeder Netzhaut, und zwar, wenn die Zerstörung links war, mit der rechten, wenn die Zerstörung rechts war, mit der linken. Es sind darnach beim Affen beide Hinterhauptslappen mit beiden Augen verbunden, und dies ist nach Munk auch beim Hunde der Fall, wenn auch die Verbindungen mit dem Auge derselben Seite weniger reichlich vorhanden sind als beim Affen. Dies zuerst beim Affen gewonnene Resultat hat dadurch einen besonderen Werth, dass auch beim Menschen mehrere Fälle von Blindheit auf gleichnamigen Netzhauthälften, der rechten oder der linken beobachtet sind, in denen die Obduction eine Zerstörung im gleichnamigen Hinterhauptslappen nachwies. Allerdings sind auch Fälle beobachtet worden, in denen mit einer krankhaften Veränderung in einem Occipitallappen Blindheit auf einer ganzen Netzhaut bei Erhaltung des Sehvermögens auf der anderen einherging. Auch ist es zwischen Munk und

seinen Gegnern strittig, was und wie viel man am Hinterhirn zerstören muss, um Blindheit zu erzeugen. Nach Ferrier muss man bei Affen ausser der Rinde des Hinterhauptslappens auch noch den das obere Ende der sylvischen Spalte umgreifenden Gyrus angularis wegnehmen. Wird eine solche Operation nur auf einer Seite ausgeführt, so entsteht Halbsehen (Visus dimidiatus, Hemianopsie), wie es Munk als Folge der Zerstörung der Rinde blos eines Occipitallappens beschreibt.

Wenn man nach derjenigen Rindenregion fragt, bei deren Erkrankungen am Menschen im Leben am häufigsten Sehstörungen beobachtet wurden, so liegt diese auch hier im hintersten Theile des Grosshirns. Es sind zunächst der Gyrus occipitalis superior und medius und dann die unter dem Namen des Cuneus bekannte, der Falx zugewendete Partie des Hinterhirns. Von da breitet sich die Region nach aufwärts noch auf einen Theil des Praecuneus, nach abwärts auf einen Theil des Gyrus occipito-temporalis medius aus. Auch auf der äusseren Oberfläche des Hirns ist das Feld nicht strenge begrenzt, indem auch oberhalb des Gyrus occipitalis superior und schon im Lobulus parietalis superior liegende Erkrankungen der Hirnrinde mit Sehstörungen verbunden waren.

Ueber den Fornix und das Corpus callosum wissen wir nichts Sicheres. Es muss bemerkt werden, dass ausgedehnte Degenerationen im Corpus callosum gefunden worden sind, ohne dass während des Lebens überhaupt etwas wahrgenommen wurde, das auf diese Degenerationen hätte bezogen werden können. Eine ganze Abtheilung von Säugethieren, die Beutelthiere, haben bekanntlich gar kein solches Corpus callosum, wie es dem Menschen zukommt.

Gehen wir zu den sogenannten Grosshirnganglien über. Als solche bezeichnet man den Sehhügel und das Corpus striatum in der weiteren Bedeutung des Wortes. Letzteres zerfällt wieder in den Linsenkern und in das Corpus striatum im engeren Sinne des Wortes, den sogenannten Nucleus caudatus, den in den Ventrikel hineinragenden oberen und inneren Theil. Zwischen beiden liegt die sogenannte Capsula interna mit dem Fusse der Strahlenkrone Reil's, mächtigen Bündeln markhaltiger Fasern, welche von den Hirnschenkeln aus sich fächerförmig ausbreitend durch die Hemisphären gegen die Gehirnrinde hinziehen.

Wenn Nothnagel beide Linsenkerne mittelst Chromsäure zerstört hatte, so sassen die Thiere stundenlang absolut regungslos da, wenn sie in den Schwanz gekneipt wurden, machten sie einen Sprung, um dann eben so regungslos wie früher zu bleiben. Auch zum Fressen waren sie nicht zu bringen. Selbst wenn man ihnen eine Rübe zwischen die Zähne steckte, knapperten sie nicht daran. Dass ein Kaninchen noch aufrecht dasitzt, nachdem ihm beide Linsenkerne zerstört sind, und selbst fortspringt, wenn es gekneipt wird, während der Mensch bei einem Bluterguss in den Linsenkern hemiplektisch umfällt, ist nicht wunderbar, denn erstens muss der Mensch bei seiner aufrechten Stellung viel mehr im Vollbesitze seiner Herrschaft über die Muskeln sein, um sich stehend zu erhalten, als das auf den Bauch und vier Beine gestützte Kaninchen, und zweitens sind die Ortsbewegungen beim Menschen mehr unter der Controle des Willens, weniger bedingt durch blos reflectorische oder automatische Wirkungen, das heisst durch Wirkungen, deren Kette nicht durch die Hirnrinde, sondern nur durch den Hirnstamm, theilweise sogar nur durch das Rückenmark läuft. Truthähne und Strausse rennen, obgleich sie wie

der Mensch nur zwei Stützpunkte haben, bekanntlich noch eine Strecke fort, nachdem sie geköpft worden sind, indem sich die Ursachen für die nöthigen Muskelcontractionen noch eine Reihe von Malen in ihrem Rückenmarke reproduciren.

Der automatische Charakter der Ortsbewegungen zeigte sich beim Kaninchen noch in auffallender Weise in einem anderen Versuche, den Nothnagel angestellt hat. Im vorderen Theile des Streifenhügels im engeren Sinne, im Nucleus caudatus, liegt ziemlich oberflächlich eine Stelle, deren Verwundung, wie schon Magendie sah, heftige Laufbewegungen zur Folge hat, und die Nothnagel deshalb als Nodus cursorius bezeichnet. Nothnagel verwundete diese Stelle an Kaninchen, denen er vorher beide Linsenkerne mittelst Chromsäure zerstört hatte, und sah noch dieselben Laufbewegungen eintreten.

Die vom Hirnstamme kommenden sensiblen Bahnen scheinen zumeist zwischen Linsenkern und Nucleus caudatus, in der sogenannten Capsula interna als Strahlenkrone Reil's zur Hirnrinde zu ziehen, wenigstens ist dies das Resultat, zu dem Türk, Charcot und Veissier durch ihre Erfahrungen geführt worden sind. Es ist hier der Ort, daran zu erinnern, dass ich schon mehrmals darauf aufmerksam gemacht habe, wie man sich bei Versuchen über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein bewusster Empfindung nicht durch Reflexbewegungen täuschen lassen darf. Thiere, bei denen die erwähnten Bahnen durchschnitten sind und die auf Reize noch combinirte Bewegungen ausführen, sind deshalb noch keine Thiere, die empfinden. Es scheinen sensible und motorische Bahnen hier hart neben einander zu verlaufen, denn C. Wernicke fand bei einer Erkrankung im dritten Gliede des Linsenkerns und in der inneren Kapsel zwischen Linsenkern und Nucleus caudatus gar keine Sensibilitätsstörung, aber obere und untere Extremität der anderen Seite vollständig gelähmt. Dagegen fand Fr. Müller in Graz für eine halbseitig totale Anästhesie der Haut und der tieferen Theile bei der Obduction keine andere Ursache als einen an der Spitze des dritten Gliedes des Linsenkerns liegenden und von da in die anliegende Markmasse eingreifenden erbsengrossen, ins Gelbliche entfärbten, gelockerten, stellenweise ganz zerfliessenden Herd. Motorische Lähmung war nur vorübergehend vorhanden gewesen. Nach Charcot und Brissaud ist im vorderen Schenkel der inneren Kapsel ein Bündel centrifugalleitender Fasern enthalten, welche den medialsten Theil des Hirnschenkels bildet.

Die Physiologie des Nucleus caudatus ist, abgesehen von dem bestimmten Erfolge, der auf Verletzung des Nodus cursorius eintritt, noch ziemlich dunkel. Nothnagel versuchte den Nucleus caudatus auf beiden Seiten mittelst der Nadel möglichst vollständig zu zerstören. Die auffallendste und constanteste Erscheinung war erhöhte Erregbarkeit gegen äussere Eindrücke, namentlich gegen Gesichts- und Gehörseindrücke, und im Zusammenhange damit scheue Sprung- und Laufbewegungen.

Nicht weniger dunkel ist die Physiologie der Thalami optici. Die Effecte bei ihrer Verwundung fallen offenbar verschieden aus, je nach der Verletzung der Sehhügelmasse im engeren Sinne des Wortes und je nach der Verletzung der den Sehhügel durchsetzenden Hirnschenkelbahnen. Oberflächliche Verwundungen bleiben oft ganz ohne sichtbaren Erfolg. Bei tiefer greifenden Zerstörungen sind Ablenkung der Beine der gesunden

Seite, namentlich des Vorderbeines, nach innen, grössere oder geringere Motilitätsstörungen auf der unverletzten Seite und anomale Stellung des Kopfes, auch der Wirbelsäule, beziehungsweise sogenannte Manègebewegungen nach der unverletzten Seite die am häufigsten beobachteten Erscheinungen. Wir werden von den letzteren noch bei der Verletzung der Grosshirnschenkel als solcher sprechen.

Christiani fand beim Kaninchen in den Thalami optici, und zwar im inneren Theile nahe dem Boden des dritten Ventrikels, und den Corpora quadrigemina eine Region, deren Reizung Stillstand in der Inspirationslage, beziehungsweise inspiratorisch vertiefte und beschleunigte Athmung hervorrief.

Das Mesencephalon mit seinen unter dem Namen der Corpora quadrigemina bekannten Hervorragungen ist für uns zunächst wichtig als Reflexcentrum für die Augenbewegungen und für die Veränderungen, welche die Pupille erleidet, einerseits indem der Sphincter pupillae reflectorisch vom Nervus opticus erregt wird, und andererseits indem sie mit den Augenmuskeln Mitbewegungen hat.

In Rücksicht auf die Bewegungen der Augen sind von Dr. E. Adamük aus Kasan im Laboratorium von Donders Versuche angestellt worden, deren Resultate ich hier mit dem Wortlaute des Verfassers mittheile: „Das Hauptergebniss dieser Versuche ist, dass beide Augen eine gemeinschaftliche motorische Innervation haben, welche von den vorderen Hügeln der Corpora quadrigemina ausgeht. Der rechte von diesen Hügeln regiert die Bewegungen der beiden Augen nach links und der linke die beider Augen nach rechts. Durch die Reizung der verschiedenen Punkte jedes Hügels kann man mannigfaltige Bewegungen hervorrufen, aber immer mit beiden Augen zu gleicher Zeit und in derselben Richtung. Wird länger gereizt, so dreht sich auch der Kopf nach derselben Seite wie die Augen. Wenn durch eine tiefe Incision die beiden Hügel getrennt sind, beschränkt sich die Bewegung nur auf die Seite der Reizung. Damit die Erscheinungen recht klar zu Tage treten, sollen die Augen vor der Reizung divergirend etwas nach unten stehen, wie sie sich im Ruhezustande leicht einzustellen pflegen. Dann stellen sich bei Reizung in der Mitte des vorderen Theiles der genannten Hügel, das ist bei der Commissura posterior, die Augen sogleich mit parallel gerichteten Axen ein. Wird die Reizung in der Mitte zwischen den vorderen Hügeln mehr nach hinten gemacht, so erfolgt Bewegung beider Augen nach oben, mit Erweiterung der Pupille. Diese Bewegung nach oben geht desto mehr in eine convergente über, je mehr nach hinten die Reizung stattfindet. Wenn wir den hinteren unteren Theil der vorderen Hügel reizen, so bekommen wir starke Convergenz mit Neigung nach unten. In noch stärkerem Grade bekommt man diese letzte Bewegung, wenn der Boden des Aquaeductus Sylvii gereizt wird“ (Anfang des Nervus oculomotorius). „Jede Bewegung nach innen und unten ist mit Verengerung der Pupille verbunden. Die Reizung der freien Oberfläche eines jeden Hügels gibt die Bewegung beider Augen nach der entgegengesetzten Seite, und dabei, es möge links oder rechts gereizt sein, um so mehr nach oben, je mehr wir nach innen, nach unten dagegen, je mehr wir nach aussen und unten reizen. Bei allen diesen Bewegungen bleibt die Pupille unverändert. Die Innervation der Bewegungen nach unten mit der Medianebene parallelen Axen hat

wahrscheinlich ihren Sitz an der Basis der Hügel. Eine solche Bewegung konnte ich aber nicht hervorrufen, was vielleicht der Zerstörung durch die Schnitte, welche zur Aufsuchung der Basis gemacht werden, zugeschrieben werden muss. Die gleichzeitige Reizung der beiden vorderen Hügel rief Bewegungen der Augen hervor, wie sie bei Nystagmus beobachtet werden. Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass beide Augen in Betreff der Bewegungen ein untheilbares Ganzes darstellen, so dass man Gelegenheit hat zu sehen, wie Hering's Ausdruck ‚Doppelauge' den Sachverhalt gut ausdrückt." Es schliesst dies nicht aus, dass von der Hirnrinde auch Impulse ausgehen, welche nur ein Auge, das der anderen Seite, bewegen. In der That hat Hitzig bei seinen späteren Versuchen an Hunden eine Stelle gefunden, von der aus solche Bewegungen angeregt werden können. Sie liegt auf ziemlich engen Raum begrenzt in demselben Gebiete, von dem aus die Muskeln des oberen Theils des Gesichtes angeregt werden.

Indess sind normaler Weise unsere Augenbewegungen stets in der Weise combinirt, wie es das binoculäre Sehen verlangt, und ebenso ist dies bei den Hunden der Fall. Die auffälligste Unabhängigkeit beider Augen von einander zeigt das Chamäleon, das mit beiden Augen ganz verschiedene Fixationspunkte aufsucht und gelegentlich mit einem Auge nach aufwärts, mit dem anderen nach abwärts sieht.

Schon vor viel längerer Zeit hat Flourens angegeben, dass einseitige Lähmung der Iris auftritt und auch einseitige Blindheit, und zwar, wegen der Kreuzung der Sehnerven im Chiasma nervorum opticorum, auf der anderen Seite, wenn das Corpus quadrigeminum auf der einen Seite zerstört wird, und diese Angabe ist auch von anderen späteren Beobachtern bestätigt worden. In neuerer Zeit hat aber Knoll diesen Gegenstand wieder vorgenommen und ist zu etwas abweichenden Resultaten gekommen. Er fand, dass es nicht die eigentliche Substanz der Vierhügel im engeren Sinne des Wortes ist, deren Zerstörung diese Veränderung hervorbringt, sondern dass es nur die Verletzung des Tractus opticus ist. Man kann die Vierhügel zerstören; so weit man den Tractus opticus dabei nicht verletzt, tritt keine Lähmung der Iris und noch weniger Blindheit ein. Dagegen hat Knoll auf Reizung der Corpora quadrigemina Erweiterung der Pupille beider Seiten und am meisten der Pupille der Seite, an welcher gereizt wurde, beobachtet. Er leitet dies von Fortpflanzung der Reizung auf einen Theil des Rückenmarks her, welchen wir später kennen lernen werden als eine Region, durch welche Fasern gehen, die, in den Grenzstrang des Sympathicus übertretend, nachdem sie in demselben aufgestiegen sind, den Dilatator pupillae innerviren.

Ueber die centrale Anregung zur Verengerung der Pupille ist Folgendes bekannt.

Adamük, Hensen und Völkers konnten vom Boden des dritten Ventrikels die Pupille zur Contraction bringen, und zwar erhielten letztere, wenn sie von vorn nach rückwärts fortschritten, in der hinteren Partie des dritten Ventrikels angelangt zuerst Accommodation des Auges für die Nähe, dann Pupillenverengerung, dann Contraction des Rectus internus und beim Fortschreiten im Aquaeductus Sylvii Contractionen der übrigen Augenmuskeln. Sie befanden sich hier in der Nähe der Oculomotoriusursprünge, und in diese, nicht in die Corpora quadrigemina, verlegt Bechterew das Reflexcentrum für den Sphincter pupillae. Die oberflächlichen Schichten

der Corpora quadrigemina konnte er abtragen, ohne den in Rede stehenden Reflex aufzuheben. Ebensowenig wurde er aufgehoben durch Durchschneidung des Tractus opticus. Die excitomotorischen Fasern für denselben verlaufen nach Bechterew von der Netzhaut kommend und im Chiasma auf derselben Seite bleibend zu der grauen Substanz, welche den dritten Ventrikel umlagert, und so zu den Oculomotoriusursprüngen.

Durchschneidung eines Grosshirnschenkels unmittelbar vor dem Pons lässt das Thier auf die andere Seite fallen, obgleich die Glieder dieser andern Seite noch Bewegungen machen können. Anschneiden des einen Hirnschenkels macht sogenannte Manègebewegungen, d. h. das Thier geht nicht gerade aus, sondern macht einen Bogen nach der gelähmten Seite hin, so dass die Convexität des Bogens an der Seite liegt, an der man den Hirnschenkel angeschnitten hat. Das ist davon abgeleitet worden, dass die Glieder der andern Seite dem Thiere nicht mehr in der gewöhnlichen Weise zu Gebote stehen, und dass es deshalb mit den Gliedern derselben hinter denen der Seite, an welcher die Verletzung stattgefunden hat, zurückbleibt, und somit ein Bogen entsteht, der gegen die Seite, an der man den Schnitt gemacht, convex und gegen die andere concav ist. Man kann aber nicht sagen, in wie weit hier nicht Wahnvorstellungen, gestörte Raumvorstellungen mitspielen.

Wir wollen hieran einige andere derartige Bewegungen anschliessen, welche man unter dem Namen der statischen Krämpfe kennt. Die Querfasern des Pons gehen bekanntlich in die Hemisphären des kleinen Gehirns über. Es sind dies die sogenannten Crura cerebelli ad pontem. Durchschneidet man an einer Seite in einiger Entfernung von der Mittellinie diese Querfasern des Pons, oder das Crus cerebelli ad pontem, so wird das Thier auf einer Seite mehr oder weniger vollständig gelähmt und rollt nach dieser Seite hin um seine Axe. Die Drehung erfolgt immer nach der gelähmten Seite, aber die gelähmte Seite ist, wenn man in den hinteren Theil des Pons oder des Crus cerebelli eingeschnitten hat, die verwundete, wenn man dagegen in den vorderen Theil des Pons oder Crus cerebelli eingeschnitten hat, die entgegengesetzte. Auf oberflächliche Schnitte folgen statt der Rollbewegungen Manègebewegungen in demselben Sinne, indem das Thier dann noch im Stande ist, sich aufrecht zu erhalten und zu gehen.

Auch die Rollbewegungen hat man wie die Manègebewegungen lediglich aus der einseitigen Lähmung erklärt. Das Thier stürze um, stemme, um sich aufzurichten, die gesunden Glieder gegen den Boden, stosse sich dadurch ab, überschlage sich u. s. w. Es ist aber deshalb bedenklich, dergleichen Bewegungen nur aus völligen oder theilweisen Lähmungen zu erklären, weil man analoge Bewegungen an kranken Menschen kennt, bei denen von Lähmungen gar keine Spur vorhanden war, und bei welchen sich aufs Deutlichste ein ganz anderer Grund dieser Zwangsbewegungen herausstellte, und zwar eine unrichtige Vorstellung von der Relation ihres Körpers gegenüber den Aussendingen, so dass sie glaubten, sie müssten diese Bewegungen machen, um nicht hinzustürzen, Scheinbewegungen in ähnlicher Weise, wie sie beim Schwindel auftreten. Es kommt namentlich vor, dass ein Mensch bei Degeneration im Kleinhirn nach rückwärts läuft. Er ist dabei vollkommen bei Bewusstsein und gibt Rechenschaft, er müsse nach rückwärts laufen, weil er das Gefühl habe, er würde sonst

nach rückwärts hinstürzen. Es kommt auch vor, dass solche Kranke in Folge ähnlicher Wahnvorstellungen nach vorwärts laufen. Sie müssen dies thun, weil sie das Gefühl haben, dass sie sonst vornüber fallen würden. Ich habe ferner einmal auf der Abtheilung des verstorbenen Professors Türk eine Kranke gesehen, die nach einem heftigen Schreck, den sie im Jahre 1848 erlitten, von statischen Krämpfen befallen wurde. Das Mädchen, das anscheinend ganz gesund im Bette lag, wälzte sich von Zeit zu Zeit mit dem Ausdrucke der Angst nach einer Seite herüber: fragte man, warum sie das thue, so sagte sie, sie habe das Gefühl, als ob das Bett aufgehoben und umgedreht würde, sie müsse sich also nach der andern Seite wälzen, um nicht aus dem Bette zu fallen.

Es unterliegt hiernach keinem Zweifel, dass beim Menschen erfahrungsmässig Wahnvorstellungen subjectiv als Ursache erscheinen von Bewegungen, welche man als statische Krämpfe bezeichnet hat, und es ist wohl höchst wahrscheinlich, dass auch Thiere, wenn sie ähnliche Erscheinungen darbieten, von Wahnvorstellungen beherrscht werden. Da, wo der Einfluss der Wahnvorstellungen mit Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden muss, ist man noch nicht berechtigt, sich ohne Weiteres der Lähmungshypothese zuzuwenden. Es handelt sich allgemein genommen darum, dass eine Kette von Impulsen im Gehirn und durchs Gehirn abläuft, und dass in ihr, nicht in der Lähmung, die oft gar nicht vorhanden ist, die wesentlichen Ursachen liegen für den anomalen Typus der Bewegungen. Es wird von dem Wege dieser Kette und von dem jeweiligen Zustande des Gehirns abhängen, ob Glieder derselben als Wahnvorstellungen zum Bewusstsein gelangen, die dann von solchen Individuen, welche Rechenschaft geben können, als Grund der Bewegungen anerkannt werden. Es gibt vielleicht Rollbewegungen, welche blos davon herrühren, dass die eine Seite gelähmt ist, und dass das Thier sich mit der andern Seite aufrichten will. Aber alle Rollbewegungen kann man nicht so erklären, und auch nicht alle Manègebewegungen lassen sich ausschliesslich aus dem unvollkommenen Gebrauche der einen Hälfte der Extremitäten erklären, denn man sieht manchmal aus der bleibend abnormen Stellung des Kopfes der Thiere und der Verdrehung der Augen, dass dieselben von Wahnvorstellungen beherrscht sind, in welchen sie die Lage ihres Körpers zu den Aussendingen nicht richtig beurtheilen.

In sehr interessanter Weise kann man solche Zustände bei Thieren verfolgen, denen man das Gehirn gar nicht verletzt, sondern blos einen oder den andern Bogengang des Gehörorgans.

Flourens machte vor einer langen Reihe von Jahren die Entdeckung, dass Tauben, denen ein Bogengang angeschnitten wird, anomale Stellungen annehmen und anomale Bewegungen ausführen. Ich will hier einen Auszug aus den Resultaten, die Flourens erhielt, mittheilen, wie ihn Professor Goltz in Pflüger's Archiv gegeben hat. Hier heisst es: „Wenn man bei einer Taube den am oberflächlichsten gelegenen horizontalen Bogengang abschneidet, so macht das Thier unmittelbar darauf Bewegungen des Kopfes von rechts nach links und umgekehrt. Ueberlässt man hierauf das Thier sich selbst, so hören diese Bewegungen nach einiger Zeit auf. Sobald man aber denselben Bogengang auf der andern Seite auch durchtrennt, treten jene Bewegungen mit verstärkter Lebhaftigkeit auf. Setzt man die Taube auf den Boden, so dreht sie nicht

blos den Kopf nach rechts und links, sondern häufig folgt auch der Rumpf derselben Richtung, so dass das Thier rechts oder links sich im Kreise herumdreht. Die geschilderten Bewegungen gehen fast unaufhörlich vor sich. Hat sich das Thier beruhigt, so beginnen die Bewegungen sofort wieder, wenn die Taube in irgend einer Weise erregt wird. Je heftiger das Thier gereizt wird, um so stürmischer werden die merkwürdigen Bewegungen. Durchschneidet man bei einer Taube einen der senkrecht gerichteten Bogengänge, so macht das Thier auch Bewegungen des Kopfes, aber diese gehen jetzt in einer andern Ebene vor sich, als bei dem vorhin beschriebenen Versuch. Ein Thier mit durchschnittenen senkrechten Bogengängen bewegt den Kopf fortwährend von oben nach unten, oder von unten nach oben. Dem entsprechend hat es die Neigung sich vorwärts oder rückwärts zu überkugeln. Aehnlich wie im früher erwähnten Falle werden auch hier die Bewegungen lebhafter, wenn man das Thier irgendwie beunruhigt. Durchtrennt man mehr als einen Bogengang, so beobachtet man Störungen, welche sich zusammensetzen aus den verschiedenen Störungen nach Durchschneidung einzelner Bogengänge. Mögen nun die senkrechten oder wagrechten Bogengänge verwundet sein, immer verlieren die Thiere die Fähigkeit zu fliegen. Nur mit Mühe vermögen sie Nahrung selbstständig aufzunehmen. Sich selbst überlassen pflegen sie ungern den Standort zu wechseln. Machen sie eine freiwillige Fortbewegung, so wird die Erreichung eines Zieles durch jene sofort auftretenden Drehbewegungen des Kopfes und Rumpfes erschwert oder unmöglich gemacht. Man erhält dabei den Eindruck, als wenn die Thiere vom Schwindel ergriffen werden. Flourens hat verschiedene von ihm operirte Tauben Jahre lang am Leben erhalten, ohne dass sich in den räthselhaften Erscheinungen, die sie darboten, etwas geändert hätte. Die Drehungen des Kopfes treten übrigens erst dann ein, wenn man nach Durchtrennung der knöchernen auch die häutigen Bogengänge angeschnitten hat. Eine Verletzung, die sich auf die knöchernen, halbzirkelförmigen Kanäle beschränkt, führt die beschriebenen Störungen nicht nach sich. Wenn Flourens sich nicht damit begnügte, die Bogengänge zu durchschneiden, sondern grössere Stücke derselben ganz und gar zerstörte, so verloren die Thiere vollständig das Gleichgewicht, vermochten nicht einmal zu stehen, geschweige denn sich regelmässig fortzubewegen. Nach wilder Rollbewegung und Ueberkugelung gingen solche Thiere zu Grunde. Die beschriebenen räthselhaften Bewegungsstörungen liessen sich in ganz derselben Weise beobachten, wenn Flourens die Bogengänge bei Tauben verletzte, denen er einige Zeit vorher die Halbkugeln des grossen Gehirns fortgenommen hatte. Der Entdecker dieser wunderbaren Erscheinungen überzeugte sich ferner durch sorgfältige Prüfungen, dass Tauben mit verletzten Bogengängen fortwährend das Gehör behalten, während Thiere, bei denen man die Schnecken beschädigt, taub werden, ohne Bewegungsstörungen zu zeigen. Ausser an Tauben hat Flourens dieselben Versuche an vielen Vögeln der verschiedensten Arten mit demselben Erfolge wiederholt, und auch Kaninchen zeigten im Wesentlichen dieselben Störungen nach Verletzung der Bogengänge.“ Diese Angaben von Flourens sind bestätigt worden von Harless, Czermak, Brown-Séquard, Vulpian und Goltz. Goltz zeigte die in Rede stehenden Erscheinungen auf der Naturforscherversammlung zu Innsbruck und seitdem sind überall Tauben nach der Methode von Flourens

operirt und hier in Wien von Breuer ausführliche Untersuchungen an solchen angestellt worden. Besonders interessant ist es, zu sehen, wenn die Thiere den Kopf in der Weise verdrehen, dass die untere Seite des Schnabels nach oben gewendet ist, bisweilen mit solcher Beharrlichkeit, dass, wenn man ihnen Futter darbietet, sie dasselbe so aufnehmen, dass sie mit dem Kopfe verkehrt in das Futter hineingehen und die Körner erfassen. Wenn man übrigens solchen Thieren den Kopf eine Weile aufrecht erhält, so beruhigen sie sich, sie machen auch keine Anstrengungen den Kopf wieder in die alte Lage zurückzubringen. Man kann sie dann loslassen und sie halten den Kopf in seiner natürlichen Lage. Wenn sie aber gereizt werden, fangen sie an den Kopf wieder zu verdrehen, und haben sie dies gethan, so bleiben sie in dieser Lage, bis man sie wieder aufrichtet und beruhigt. Diese Erscheinung ist für uns von grosser Wichtigkeit. Sie zeigt, dass wir es nicht mit Zwangsbewegungen im eigentlichsten Sinne des Wortes zu thun haben, mit Bewegungen, bei welchen durch unwillkürliche Muskelcontractionen der Kopf in eine andere Lage gebracht würde, denn diese Muskelcontractionen müssten gefühlt werden, wenn man dem Thiere den Kopf hält. Dies ist aber nicht der Fall. Sie halten den Kopf vollkommen ruhig. Man kann die Hand wegnehmen und der Kopf bleibt in seiner Lage. Das Thier wird also durch Wahnvorstellungen dahin gebracht, den Kopf in dieser Weise zu verdrehen. Dafür spricht auch der Umstand, dass es, sobald es beunruhigt wird, den richtig gestellten Kopf in die falsche Lage zurückzuführen pflegt.

Schon vor den neueren Untersuchungen über unseren Gegenstand führte der französische Arzt Menière, gestützt auf die Angaben von Flourens, gewisse Bewegungsanomalien, die mit starkem Schwindelgefühl einhergingen, auf Störungen in den Bogengängen und im Gebiete des Nervus vestibuli zurück. Seine Ansicht hat sich seitdem vollständig bestätigt und man nennt das Leiden nach ihm die Menière'sche Krankheit. S. Exner hat dieselbe auch mehrmals an Kaninchen beobachtet. Sie ging von einer Eiterung in der Trommelhöhe aus. Das Gehirn war in allen Fällen vollkommen gesund.

Flourens fand, wie oben erwähnt, dass die Thiere, denen er auf beiden Seiten die Schnecke und den Schneckennerven zerstörte, ausnahmslos taub wurden, dass aber Zerstörung des Nervus vestibuli nicht den gleichen Erfolg hatte, wie auch mit der Menière'schen Krankheit nicht nothwendig Taubheit desselben Ohres verbunden ist. Er zog daraus den richtigen Schluss, dass der sogenannte Nervus acusticus aus zwei ganz verschiedenen Nerven bestehe, und dass nur der Nervus cochleae Gehörnerv sei. Vom Nervus vestibuli sagte er, er repräsentire ein neues Hirnnervenpaar, das unsere Bewegungen regulire. Beim Menschen sind beide Nerven in ihrem Stamme nicht getrennt, wohl aber in ihrem Ursprunge, indem der Gehörnerv ausschliesslich aus der Medulla oblongata, theils als Stria acustica, theils aus dem Tuberculum laterale hervorgeht, während der Nervus vestibuli in seinem centralen Verlaufe zu einem Theile in die Medulla oblongata, zum anderen bis in das kleine Gehirn verfolgt ist. Beim Schafe sind, wie Horbaczewski gefunden hat, beide Nerven, die sich auch durch die Beschaffenheit ihrer Fasern unterscheiden, in ihrem ganzen Verlaufe vollständig von einander getrennt, während beim Menschen nach Retzius der anatomische Ramus vestibuli nur den Utriculus, die Ampulla sagittalis

und die Ampulla horizontalis versorgt, der Ramus cochleae dagegen die Ampulla frontalis, den Sacculus und die Cochlea. Wir müssen also Flourens vollkommen beistimmen und können seine Angabe mit Breuer und Mach dahin erläutern, dass der Einfluss auf die Bewegungen dadurch geübt wird, dass der Nervus vestibuli uns unbewusst Sensationen zuführt über Beschleunigungen, die unserem Körper mitgetheilt werden, und über das Aufhören derselben. Der Nervus vestibuli hat auch in seinem Stamme eine Anhäufung von Ganglienzellen, ähnlich dem Wurzelganglion anderer sensibler Nerven. Es muss indessen bemerkt werden, dass uns solche Sensationen nicht ausschliesslich durch den Nervus vestibuli zukommen, sondern auch durch den Opticus und durch die sensiblen Nerven unserer Gliedmassen. Es ist bekannt, dass manche Rückenmarkskranke, bei denen die Sensibilität in den Beinen gesunken oder verloren gegangen ist, umfallen, wenn ihnen die Augen verbunden sind. Man muss aus dieser Thatsache weiter den Schluss ziehen, dass die Sensationen, die vom Nervus vestibuli ausgehen, uns nicht so prompt zukommen, wie es für die Erhaltung des Gleichgewichts ohne andere Hilfsmittel nothwendig ist, wenn wir nicht annehmen wollen, dass durch die Krankheit auch schon die Functionsfähigkeit der Nervi vestibuli gelitten hat, oder dass der Kranke wegen der Schwäche seines motorischen Systems mit Hilfsmitteln nicht ausreicht, die dem Gesunden genügen würden — Annahmen, die allerdings nicht von vornherein ausgeschlossen werden können. Gewiss ist nur, dass für das Gleichgewichtsgefühl und die Sicherheit der Ortsbewegungen die Integrität der Nervi vestibuli und ihrer Endapparate nothwendig ist; denn, wie oben erwähnt, zeigten die Tauben von Flourens ihre anomalen Bewegungen noch nach Jahr und Tag, nachdem also alle Reizungserscheinungen längst geschwunden sein mussten und nur die gesetzte Zerstörung noch in Betracht kam.

Ueber das kleine Gehirn haben wir nur dürftige Kenntnisse. Eines ist ausser Zweifel, das kleine Gehirn steht in einem gewissen Zusammenhange mit der Coordination der Bewegungen. Wir haben gesehen, dass ein Huhn, dem man die Hemisphären des grossen Gehirns abgetragen hat, seine Bewegungen im Allgemeinen noch in ähnlicher Weise coordinirt, wie ein unverletztes, dass es auf Kneipen mit Reflexbewegungen antwortet, mit Versuchen zu entfliehen, die ganz so geordnet sind, wie sonst. Ganz anders aber verhält es sich, wenn man ihm das Kleinhirn weggenommen hat. Ein solches Thier stolpert, fällt hin, wenn es gereizt wird, schlägt mit den Flügeln, strampft mit den Beinen, macht eine Reihe unregelmässiger Bewegungen, die keineswegs den Charakter der Zweckmässigkeit haben, wie man sie an Thieren sieht, die noch im Besitze ihres Kleinhirns sind. Nach den Versuchen, die Nothnagel an Kaninchen angestellt hat, handelt es sich dabei wesentlich um die Unterbrechung der Verbindung von Wurm und Kleinhirnhemisphäre in der Tiefe des Organs, beziehungsweise um gleichzeitige Zerstörung der tiefen Partien des Wurmes und der einen oder der andern Hemisphäre. In der oberen vorderen Partie des Wurmes oder auch an den Hemisphären können Verletzungen hervorgebracht werden, die als solche keine Coordinationsstörungen zur Folge haben.

Es ist wohl mehr als wahrscheinlich, dass das Coordinationscentrum im Kleinhirn im Zusammenhange steht mit der aus dem Kleinhirn kommenden Wurzel des Nervus vestibuli, und dass Erregungen des Nervus

vestibuli auf dieses Centrum wirken. In wie weit aber bewusste Vorstellungen von Scheinbewegungen, wie sie z. B. beim Drehschwindel eintreten, Vorgängen im Kleinhirn, und in wie weit sie Vorgängen im Grosshirn entsprechen, ist unbekannt; jedenfalls ist letzteres mit betheiligt, da es Gesichtsempfindungen sind, die in der Wirklichkeit nicht entsprechende Vorstellungen umgesetzt werden.

Beim Menschen sind bei Degenerationen im Kleinhirn Coordinationsstörungen häufig, aber bei einseitigen und oberflächlichen Degenerationen nicht immer beobachtet worden. Häufig ist schwankender Gang: er ist wie der eines Betrunkenen. Der, bei dem der Gang durch eine Rückenmarksaffection unsicher geworden ist, bewegt sich geradlinig fort, zögernd und unsicher wie der Seiltänzer, der ohne Balancirstange das Seil entlang geht, oder er schleudert und stampft mit den Beinen, aber er beschreibt nicht wie ein Betrunkener und wie der Kleinhirnkranke im Gehen auf dem Boden eine Wellenlinie.

Zweitens hat man das kleine Gehirn mit den Geschlechtsfunctionen in Zusammenhang gebracht. Es sind einige pathologische Beobachtungen gemacht worden, die darauf hindeuten. Serres fand, dass bei apoplektischen Ergüssen ins Kleinhirn, speciell in den Wurm, Erection des Penis eintritt, und er hielt dies für so constant, dass er Erection des Penis bei apoplektischen Anfällen für ein sicheres Kennzeichen davon hielt, dass der Erguss in den Wurm stattgefunden habe. Ferner beobachtete Larrey, der berühmte Chefchirurg der napoleonischen Armeen, dass ein Soldat, dem in Egypten das kleine Gehirn verletzt worden war, sein Geschlechtsvermögen verlor und ihm die Hoden atrophisch wurden. Es hat sich indessen diese Theorie nicht halten lassen, wesentlich wegen einer Beobachtung, die in Paris im Hospice des orphelins gemacht wurde. Eine Kranke, eine gewisse Alexandrine Labrosse, die bis zu ihrem Ende der Onanie ergeben war, starb. Bei der Obduction wurde kein Kleinhirn gefunden, sondern an Stelle desselben Flüssigkeit und eine gallertartige, halbzirkelförmige Membran.

Verletzung des Wurms erzeugt bei Kaninchen, wie Eckhard nachgewiesen hat, reichliche Absonderung von sehr verdünntem Harn, sogenannte Hydrurie oder, wie man sich auch wohl ausdrückt, Diabetes insipidus.

Ich kann das Gehirn nicht verlassen, ohne der Setschenow'schen Theorie von dem grossen Hemmungscentrum zu erwähnen. Setschenow ist der Ansicht, dass sich in den unteren Theilen der Sehhügel, dann in den Corpora quadrigemina und zum Theil auch noch im obersten Ende der Medulla oblongata ein grosses Centrum befinde, von dem Hemmungsnerven ausgehen, welche die Auslösung von Reflexbewegungen erschweren, beziehungsweise hindern können. Die Versuche, welche er anstellte, um seine Lehre zu erweisen, sind folgende. Er macht einem Frosche zuerst einen Schnitt, durch den er die Hemisphären an ihrem hinteren Ende quer durchschneidet, so dass er den grössten Theil derselben abtrennt. Das hat nur den Zweck, dass das Thier keine willkürlichen Bewegungen in der Weise wie ein unversehrter Frosch mache. Ein solcher Frosch lässt die Beine herunterhängen. Nimmt man mit wenig Schwefelsäure angesäuertes Wasser (nur so, dass es sauer schmeckt) und hängt die eine Pfote hinein, so zieht er sie nach einigen Secunden heraus. Die Zahl derselben notirt

man. Dann schneidet man dem Frosche das Gehirn im oberen Theile der Medulla oblongata ab, und macht man jetzt denselben Versuch, so findet man, dass er dann nach kürzerer Zeit das Bein herauszieht, dass also die Reflexbewegung leichter ausgelöst wird. Man muss sich hier das Auslösen der Reflexbewegung in einer Weise denken, wie wir es später noch häufig kennen lernen werden, durch sogenannte Summirung der Reize: dadurch, dass ein schwächerer Reiz längere Zeit einwirkt, summiren sich die Wirkungen, so dass endlich die Reflexbewegung ausgelöst wird. Wenn die Reflexbewegung leichter erfolgt, so ist die Zeit, welche zu ihrer Auslösung erforderlich ist, kürzer, weil die zu erzielende Reizsumme kleiner ist. Jetzt nimmt er einen anderen Frosch und macht diesem einen Schnitt zwischen die Sehhügel und Vierhügel und bringt Kochsalz auf die Schnittfläche. Vorher hatte er die Zeit notirt, nach der er nach Abtragung der Hemisphären das Bein herauszog. Dann findet er, dass er das Bein langsamer herauszieht, so dass die Zeit, in welcher sich die Reize summiren, grösser ist als bei einem normalen Frosche. Er sagt: das eine Mal habe ich das ganze Hemmungscentrum vom Rückenmarke abgetrennt und deshalb ist die Reflexbewegung leichter erfolgt; das andere Mal habe ich das Hemmungscentrum durch Kochsalz chemisch gereizt, dadurch dasselbe erregt, es ist also die Reflexbewegung gehindert worden, der Reflex wurde später ausgelöst als unter normalen Verhältnissen.

Wir wollen hier nicht eingehen in die Controverse, zu welcher diese Lehre, gegen die namentlich Herzen aufgetreten ist, Veranlassung gegeben hat. Wir wollen nur ganz allgemein die Angabe festhalten, dass im Gehirne Centra enthalten seien, von denen Wirkungen ausgehen, welche die Auslösung von Reflexbewegungen erschweren oder verhindern können. Unzweifelhaft ist es, dass vom Gehirne aus Reflexbewegungen entgegengewirkt werden kann; das lehren die Erfahrungen des täglichen Lebens. Man kann bis zu einem gewissen Grade willkürlich das Husten unterdrücken, man kann sich bei schmerzhaften Empfindungen des Schreiens erwehren u. s. w. Aber man kann bis jetzt nicht sagen, dass das Bereich dieser Gegenwirkungen beim Menschen mit Bestimmtheit begrenzt wäre, und die Apparate und die Bahnen, in denen sie ablaufen, sind nicht mit Bestimmtheit bekannt. Es ist auch die Mechanik dieser Hemmungen nicht immer dieselbe. In überaus zahlreichen Fällen findet die Hemmung an der Peripherie statt, indem Antagonisten der Muskeln, welche die Reflexbewegung ausführen sollen, contrahirt werden, oder indem die Reflexbewegung durch sonstwelche mechanische Mittel verhindert wird, wie z. B. wenn wir die Lippen nicht nur zusammenpressen, sondern sie auch mit den Zähnen festhalten, um nicht zu lachen.

Sehen wir von diesen bewussten Hemmungen ab und bleiben bei dem seiner Hemisphären beraubten Frosche stehen, so bietet unser Gegenstand der Betrachtung noch eine andere Seite dar.

Man muss die von Setschenow und von Herzen beobachteten Erscheinungen in Zusammenhang bringen mit denjenigen, welche Brown-Séquard und Türk schon früher nach halbseitiger Durchschneidung des Rückenmarks beobachtet hatten. Türk fand, dass pathologische Entartungen in der Weise in beiden Seiten des Rückenmarks fortgeschritten waren, dass sie beiderseits über die Mittelebene hinausgingen. Sie lagen dabei noch verhältnissmässig nahe aneinander. Hier müsste also jede directe, auf der-

selben Seite verbleibende Längsleitung irgendwo unterbrochen sein, und doch war während des Lebens keine Erscheinung vorhanden, die darauf hindeutete. Es könnte hienach auf den ersten Anblick scheinen, als ob die Leitung im Rückenmarke keine bestimmte, im Allgemeinen vorgeschriebene Bahnen hätte, sondern dass sie auf jeder beliebigen Bahn im Rückenmarke fortzuschreiten vermöchte, so lange nur noch eine Substanzbrücke vorhanden ist, durch die sie hindurchgehen kann. Man könnte hierbei an das Gerlach'sche Netz von Nervenfasern denken, das das ganze Rückenmark durchsetzt. Aber dieser auffallende Befund und der Gegensatz desselben zu den Erscheinungen im Leben hängt offenbar damit zusammen, dass sich im Laufe der Zeiten, ebenso wie sich die Degenerationen bildeten, auch neue Nervenbahnen gebildet haben, auf welchen nun Impulse fortgeschritten sind, die im gesunden Rückenmarke diese Wege nicht nahmen. Dies geht daraus hervor, dass man andere Resultate erhält, wenn man am Rückenmarke Schnitte anlegt.

Wenn man einem Frosche die eine Hälfte des Rückenmarks bis zur Mittelebene durchschneidet, so wird das Bein an der Seite, wo der Schnitt im Rückenmarke gemacht wurde, unvollkommen gelähmt; dies sagt also, dass die Kreuzungen der Bahnen, welche vom Gehirne zu den motorischen Nerven gehen, verhältnissmässig hoch oben stattfinden, und dass dann die motorischen Bahnen auf derselben Seite verlaufen, auf der sich die Ganglienkörper befinden, die den motorischen Nerven derselben Seite als Ursprung dienen. Wie steht es nun mit der Empfindlichkeit? Dasselbe Verfahren, welches später Setschenow anwandte, um die Reflexerregbarkeit zu untersuchen, nämlich das Eintauchen der Zehen des Frosches in sehr verdünnte Schwefelsäure, wendete damals schon Türk bei Fröschen an, denen er das Rückenmark in der früher angegebenen Weise durchschnitten hatte. Er fand, dass das Bein der anderen Seite unterempfindlich war, d. h. dass dieses später als im normalen Zustande aus der verdünnten Schwefelsäure herausgezogen wurde. Dieselbe Unterempfindlichkeit an der unverletzten Seite zeigte sich auch bei Kaninchen. Wenn man diesen die Halbscheid des Rückenmarks durchschnitten hat, wird das Bein derselben Seite unvollkommen gelähmt, das der anderen Seite wird unterempfindlich. Beim Kneipen der Haut zeigen sich später Schmerzensäusserungen, als im normalen Zustande.

Fragt man, was dies bedeute, so kann man nichts Anderes antworten, als dass sensible Bahnen kurze Zeit, nachdem sie in das Rückenmark eingetreten sind, auf die andere Seite sich begeben und dann in dieser Seite nach aufwärts laufen, so dass durch den Schnitt Hautnerven der anderen Seite ausser Communication mit dem Gehirne gesetzt wurden.

Wie verhält sich aber das unvollkommen gelähmte Bein in Rücksicht auf seine Empfindlichkeit? Es erweist sich sowohl bei den operirten Fröschen, als bei den operirten Kaninchen als überempfindlich. Der Frosch zieht dieses Bein nach kürzerer Zeit aus der verdünnten Schwefelsäure heraus, als er es früher gethan hat. Das Kaninchen äussert schon bei mässigem Kneipen der Haut Schmerzen, und wenn man dieselbe unter stärkerem Drucke zwischen den Fingern wälzt, so schreit es laut, wie es ein gesundes Thier unter gleichen Umständen nicht zu thun pflegt. Wir haben also hier eine ähnliche Ueberempfindlichkeit, wie sie sich bei dem Setschenow'schen Versuche zeigte. Es werden Reflexbewegungen auf der

verletzten Seite leichter ausgelöst, und zwar nicht nur durch chemische, sondern auch durch tactile Reize. Beim Frosche könnte man dies so erklären, dass der Schnitt das Reflexcentrum vom Hemmungscentrum getrennt hat. Für das Schreien des Kaninchens aber ist diese Erklärung unzulässig, da hier das Reflexcentrum in der Medulla oblongata liegt, also durch den Schnitt im Rückenmarke nicht vom Hemmungscentrum getrennt sein konnte.

Auch an Menschen sind nach Verwundungen eines Seitenstranges des Rückenmarks analoge Erscheinungen beobachtet, in einzelnen Fällen sogar vollständige Anästhesie auf der einen Seite und Lähmung nebst Ueberempfindlichkeit auf der andern Seite. Auf der anästhetischen, also der nichtverwundeten Seite, war der Kraftsinn, das heisst das Unterscheidungsvermögen für zu hebende Gewichte immer erhalten. Es gibt dafür zweierlei Erklärungen: erstens die Annahme, dass die empfindenden Nerven der tieferen Theile im Rückenmarke andere Wege gehen als die Hautnerven, und zweitens die Annahme, dass der Patient die Gewichte schätzt nach der Grösse der Intentionen, der Willensimpulse, welche er braucht, um sie zu heben, ähnlich wie ein Billardspieler die Kraft seines Stosses schon im Voraus abmisst, noch ehe ihm aus demselben irgend eine tactile Erfahrung erwachsen ist.

Beim Menschen scheinen die Hautnerven des Rumpfes eine ziemliche Strecke lang auf derselben Seite zu verlaufen. Dell'Armi sah einen jungen Menschen, der zwischen den Dornfortsätzen der Wirbelsäule und dem linken Schulterblatte durch einen Stich verwundet war. Das linke Bein war gelähmt, das rechte gefühllos; aber die Anästhesie reichte rechts nur bis zur Schenkelbeuge, von da nach aufwärts befand sie sich auf der linken Körperhälfte sowohl an der Bauch-, als an der Rückenseite.

In einem Falle, den Senator beschrieb, befand sich ein Herd in der linken Hälfte der Medulla oblongata, und hier war auch die Anästhesie am Rumpfe rechtsseitig, ebenso an der oberen und der unteren Extremität. Dabei war aber die linke Gesichtshälfte empfindungslos, was sich daraus erklärte, dass der Herd auch die linke aufsteigende Trigeminuswurzel umfasste.

Ueber den Grund der Ueberempfindlichkeit, der vermehrten Schmerzempfindlichkeit und der vermehrten Reflexerregbarkeit, auf der verwundeten Seite haben auch die Erfahrungen am Menschen keinen genügenden Aufschluss gegeben. Man weiss nicht, in wie weit sie in den einzelnen Fällen von dem durch gleichzeitige Durchtrennung vasomotorischer Nerven vermehrten Blutreichthum abhängig war, wie weit sie auf Reizerscheinungen, wie weit sie auf Lähmung zurückgeführt werden musste.

Bei Hunden scheinen nach den Versuchen von S. Stricker und N. Weiss verschiedene sensible Nerven einer und derselben Pfote in verschiedenen Höhen auf die andere Seite überzutreten. Ein Hund, bei dem Alles bis auf den linken Seiten- und Vorderstrang durchschnitten war, winselte bei starkem Druck auf die Hinterpfote, gleichviel ob es die rechte oder die linke war.

Wir gehen zu dem verlängerten Marke, zur Medulla oblongata über. Wenn man den Boden des vierten Ventrikels ansieht, so findet man unter den Querfasern des Acusticus, in der Mitte des Bodens des vierten Ventrikels, eine keilförmige Partie von weisser Substanz. Nach aussen davon sieht man in Gestalt eines Mottenflügels eine graue Partie liegen, Arnold's

Ala cinerea. Diese graue Partie ist der Kern, aus dem ein mächtiger Nerv, der Nervus vagus, hervorgeht. Die Partie von dieser Ursprungsstelle nach abwärts, beim Kaninchen etwa bis 3 Mm. nach abwärts, ist der sogenannte Lebensknoten von Flourens. Flourens fand, dass der plötzliche Tod, welcher eintritt, nachdem man an dieser Stelle eingestochen, von Sistirung sämmtlicher Respirationsbewegungen herrühre. Flourens hat sich mit der Physiologie dieser merkwürdigen Stelle der Medulla oblongata eingehend beschäftigt. Er fand, dass die Respirationsbewegungen fortdauern, wenn man das Centralorgan irgendwo oberhalb dieser Region durchschneidet, und dass dieselben theilweise fortdauern, wenn man das Rückenmark irgendwo unterhalb dieser Stelle durchschneidet. Es bleiben dann diejenigen Respirationsmuskeln in Thätigkeit, welche ihre Nerven aus Partien des Rückenmarks beziehen, die noch in Zusammenhang mit der Medulla oblongata, also mit dem Lebensknoten stehen. Es stellen dagegen diejenigen Respirationsmuskeln ihre Action ein, die ihre Nerven aus Partien des Rückenmarks beziehen, welche nicht mehr mit der Medulla oblongata in Zusammenhang stehen. Indessen stehen einige Angaben neuerer Zeit nicht ganz im Einklange mit den Resultaten von Flourens.

Prok. Rokitansky fand, dass Thiere, denen die Medulla oblongata durchschnitten ist, nach Einspritzung von Strychnin vorübergehend wieder Athembewegungen machen. Er glaubt, dass Athemcentra tiefer hinabreichen, die nach Trennung der Medullä oblongata nicht selbstständig functioniren, aber durch Strychnin vorübergehend angeregt werden. Auch die obere Grenze der Athmungscentra scheint noch nicht genau bekannt zu sein. Thiere, denen das Mark im Pons Varolii durchschnitten ist, athmen nach Prok. Rokitansky oft nur kurze Zeit, wenn die Athmung nicht von Zeit zu Zeit durch künstliche Respiration und die dadurch beschleunigte Circulation wieder angefacht wird. Auch hier lassen sich nach dem Aufhören der Athembewegungen durch Strychnineinspritzung neue hervorrufen. Athembewegungen in schwacher Strychninnarkose beobachtete auch Langendorf nach Abtrennung der Medulla oblongata. Seiner Meinung nach liegt das eigentliche Centrum für die rhythmischen Athembewegungen nicht in letzterer, sondern im Rückenmark. Er bringt es in Zusammenhang mit den Ganglienzellen, aus welchen der Phrenicus seinen Ursprung nimmt. Nach seinen und Prok. Rokitansky's Beobachtungen ist wohl die Thätigkeit rhythmisch auf das Zwerchfell wirkender Gebilde im Rückenmark sichergestellt, aber es ist dadurch nicht ausgeschlossen, dass diese Thätigkeit während des Lebens von der Medulla oblongata aus angeregt wird. Man muss beides streng auseinanderhalten, dann verlieren die alten Versuche von Flourens nichts von ihrer Bedeutung. In früherer Zeit, ehe man die Ludwig'sche Methode, Thiere mit Opium zu narkotisiren, kannte, und ehe man Aether, Chloroform, Chloralhydrat und andere Betäubungsmittel kannte, wurde für physiologische Zwecke häufig die Medulla oblongata durchschnitten und dann künstliche Respiration eingeleitet, um die Circulation im Gange zu erhalten und so an dem Thiere noch als an einem lebenden experimentiren zu können.

Ein anderes wichtiges Centrum im verlängerten Marke ist das für die vasomotorischen Nerven. Schon frühere Beobachtungen von Ludwig hatten darauf hingewiesen, dass im verlängerten Marke ein Centrum für die vasomotorischen Nerven sei, in der Weise, dass von demselben dauernd

Impulse ausgehen, denen die Gefässwände ihren Tonus verdanken, d. h. den normalen Contractionszustand ihrer Muskelelemente. Andererseits zeigte sich dieses Centrum auch als ein reflectorisches, indem durch Erregung desselben von der Peripherie aus Zusammenziehungen in den Gefässen hervorgerufen wurden. Nach den Untersuchungen, welche Owsjannikoff und später Dittmar im Ludwig'schen Laboratorium angestellt haben, ist über die Existenz eines solchen vasomotorischen Centrums in der Medulla oblongata kein Zweifel mehr vorhanden; zweifelhaft ist dessen untere Grenze, indem gewisse Versuchsresultate zu der Vermuthung geführt haben, dass auch noch weiter nach abwärts im Mark Apparate vorhanden sind, welche zur Regulirung des Tonus der Gefässwandungen dienen. Auch die obere Grenze ist nicht mit Sicherheit bekannt. Verletzungen und Extravasate im Pons, den Vierhügeln, in den Sehhügeln und Streifenhügeln haben veränderten Zustand der Gefässe der Haut, angeblich auch Blutungen in den Eingeweiden zur Folge gehabt. Die meisten Beobachtungen beziehen sich auf Gefässerweiterung auf der gelähmten Seite hemiplektischer Individuen; man weiss aber nicht, in wie weit man es hier mit directer Lähmung, in wie weit mit Reflexlähmung, das heisst mit hemmender, mit deprimirender Einwirkung auf das Centrum in der Medulla oblongata zu thun hatte.

Fig. 22.

Ein drittes singuläres Gebiet in der Medulla oblongata hat vor einer Reihe von Jahren Bernard gefunden. Er durchstach das verlängerte Mark an einer bestimmten Stelle und brachte dadurch künstlich Diabetes mellitus hervor. Er bediente sich hiezu eines meisselförmigen Instrumentes, das er später so modificirte, dass er von der in querer Stellung eindringenden Schneide desselben einen Dorn (Figur 22) ausgehen liess, der dazu diente, das Instrument nur bis zu einer gewissen Tiefe in die Medulla oblongata eindringen zu lassen, damit keine stärkere Verletzung hervorgebracht werde, als sie zur Erzeugung des Diabetes nöthig ist. Um den richtigen Punkt zu treffen, sucht Bernard bei einem Kaninchen die kleine flache Erhabenheit am Hinterhaupte auf, welche am Kaninchenkopfe mit Leichtigkeit zwischen den Ohren zu fühlen ist. Diese Erhabenheit hat nach hinten eine kleine Depression, die man gleichfalls durch die Bedeckungen leicht hindurchfühlen kann. In diese Depression stösst er den Meissel ein und führt ihn dann an der Rückwand des Hinterhauptes nach abwärts. Dadurch gelangt er mit dem Meissel zwischen Knochen und Kleinhirn hindurch, ohne dass letzteres verletzt wird, und nun dringt der Meissel in die Medulla oblongata ein. In Folge dieser Operation tritt Diabetes mellitus mit allen seinen Erscheinungen auf. Die Blase füllt sich rasch, der sich darin ansammelnde Urin ist zuckerhältig und die Secretion ist dauernd vermehrt. Die Thiere gehen theils zu Grunde, theils kommen sie davon. Es hängt dies von der Grösse der Verletzung ab, die sie erlitten haben. Bei den Thieren, die davon kommen, bessert sich der Diabetes und verschwindet endlich ganz, bei denen, die zu Grunde gehen, pflegt der Diabetes mellitus auch zu verschwinden, ehe sie sterben. Es ist sehr viel über die Ursache dieser Erscheinungen experimentirt worden, die, als sie bekannt wurden, das

grösste Aufsehen machten. Man glaubte zuerst, dass die Wirkung dieser mit dem Namen der Piqure bezeichneten Operation darin begründet sei, dass der Vaguskern getroffen und in Folge dessen der Respirationsact beeinträchtigt werde, dass deshalb der Zucker, der normaler Weise im Blute vorhanden, nicht wie gewöhnlich verbrannt werde, sich somit im Blute ansammle und durch die Nieren ausgeschieden werde. Bernard hat aber nachgewiesen, dass sich die Sache anders verhält. Erstens wird der Vaguskern nicht getroffen. Zweitens merkt man den Thieren keinerlei Beeinträchtigung ihrer Respiration an. Drittens kann die Respiration gesunder Kaninchen beeinträchtigt werden, ohne dass sie diabetisch werden. Endlich kann man die Vagi selbst durchschneiden, ohne dass dadurch Diabetes hervorgerufen wird. Allerdings sahen spätere Beobachter bisweilen nach Durchschneidung der Vagi am Halse Diabetes auftreten, aber dies beweist nichts für die erwähnte Ansicht, da Eckhard fand, dass dieser Diabetes rasch vorübergeht, und Bernard's Angabe bestätigte, dass Vagusreizung regelmässig Diabetes erzeugt. Der bei der Durchschneidung beobachtete vorübergehende Diabetes kann also bei seiner Inconstanz mit mehr Wahrscheinlichkeit von Reizung abgeleitet werden, die von der Durchschnittsstelle ausgeht. Es handelt sich also nicht darum, dass der Zucker, der normaler Weise ins Blut gelangt, nicht in der gewöhnlichen Weise verbrannt wird, sondern man muss vielmehr annehmen, dass eine ungewöhnlich grosse Menge von Zucker in das Blut hineingelangte. Es fragt sich nun, auf welche Weise dies geschieht. Es hat sich bis jetzt darüber keine bestimmte Meinung feststellen lassen, aber man hat Fingerzeige bekommen, durch welche Cyon und Adaloff zu einer Hypothese über die Ursache des Diabetes gelangt sind. Man hat gefunden, dass durch die Ausschneidung des Ganglion cervicale inferius Diabetes erzeugt wird, und zwar geben Cyon und Adaloff an, dass dies von einer Hyperämie, die in der Leber eintritt, herrühre. Sie glauben deshalb, dass die vasomotorischen Nerven der Leber, die ihr Centrum in der Medulla oblongata haben, durch die Rami communicantes aus dem Rückenmarke aus- und in den Sympathicus eintreten und so endlich zur Leber gelangen. In Folge der Lähmung dieser Nerven trete Hyperämie in der Leber ein, dadurch sei die reichlichere Zuckerbildung in derselben zu erklären und hieraus die grössere Zuckermenge im Blute, also der Diabetes. Sie geben an, dass dieser Diabetes nach Ausschneiden des Ganglion cervicale inferius ausgeblieben sei, wenn sie vorher den Splanchnicus durchschnitten hätten. Sie erklären dies so, dass durch die Durchschneidung des Splanchnicus, der bekanntlich die vasomotorischen Nerven für einen grossen Theil des chylopoëtischen Systems führt, die Blutbahnen im Darmcanale erweitert und so für das Blut gewissermassen ein so breiter Nebenweg eröffnet worden sei, dass das Ausschneiden des Ganglion cervicale inferius jetzt keine Hyperämie in der Leber hervorgebracht habe. Es muss übrigens bemerkt werden, dass nach blosser Durchschneidung des Nervus splanchnicus auch Diabetes beobachtet wurde, wenn auch nicht immer. Auch ist Eckhard auf Grund seiner Versuche den Ansichten von Cyon und Adaloff entgegengetreten.

Als ein merkwürdiges, aber auch bis jetzt ganz unerklärtes Factum ist hier nochmals Eckhard's Beobachtung zu erwähnen, dass reine Polyurie ohne Zuckerausscheidung entsteht, wenn man nicht die Medulla oblongata, aber den Wurm verletzt.

Auch nach Verletzung einzelner anderer Theile des Nervensystems, als dem von Bernard bezeichneten, hat man Zucker im Urin auftreten sehen, aber nicht mit derselben Regelmässigkeit. Andererseits sind mehrfach in ausgesprochenen Fällen von Diabetes mellitus beim Menschen durch die Obduction pathologische Veränderungen im Boden des vierten Ventrikels nachgewiesen worden.

Die Nerven.

Nervus oculomotorius.

Wir gehen nun zur Betrachtung der einzelnen Nervenbahnen über und machen den Anfang mit dem Nervus oculomotorius. Derselbe zeigt sich gleich bei seinem Ursprunge als ein motorischer Nerv. Er entspringt unterhalb des Aquaeductus Sylvii jederseits aus einem grauen Kerne, der in der Fortsetzung der vorderen grauen Colonnen des Rückenmarks liegt, und die Ganglienzellen, aus denen der Oculomotorius seinen Ursprung nimmt, entsprechen in ihrem Aussehen noch ganz denen, aus welchen die motorischen Rückenmarksnerven entspringen. Gleich bei seinem Ursprunge und am Kern selbst schliessen sich nach Duval dem Oculomotorius Fasern aus dem hinteren Längsbündel der Haube an, die vom Abducenskern der anderen Seite stammen. Duval vermuthet, dass sie ausschliesslich zum Rectus internus gehen und dessen Zusammenwirken mit dem Abducens der anderen Seite vermitteln. Andererseits ist von Gudden der Meinung, dass vom Oculomotoriuskern auch Fasern auf die andere Seite gehen. Wir haben schon früher gesehen, dass die Lendenanschwellung der rechten Seite bei einem Kaninchen, dem man in früher Jugend das rechte Hinterbein hoch oben amputirt hat, kleiner ist als die der linken. Nun nahm von Gudden einem jungen Kaninchen ein Auge mit allen seinen Muskeln heraus. Als es erwachsen war, tödtete er es und untersuchte das Gehirn. Der Oculomotoriuskern war auf beiden Seiten defect, am meisten natürlich auf der Seite, auf welcher das Auge herausgenommen war. Sein hinteres (unteres) Ende liegt unter dem lateralen Winkel des vierten Ventrikels. Nach aussen von ihm, lateralwärts, liegen die zum Austritt sammelnden sensiblen Trigeminusfasern. Der Oculomotorius läuft nach abwärts und tritt zu beiden Seiten nach innen vom Fusse des Hirnschenkels zu Tage. Er anastomosirt bei seinem Eintritte in die Augenhöhle mit dem ersten Aste des Trigeminus und nimmt hier die sensiblen Fasern auf, die er in seinem weiteren Verlaufe führt. Er theilt sich in zwei Aeste, einen kleinen oberen, welcher den Levator palpebrae superioris und den Rectus superior versorgt, und in einen grösseren unteren Ast für den Rectus internus, rectus inferior und obliquus inferior, der noch ausserdem die Radix brevis ad ganglion ciliare abgibt. Der Oculomotorius versorgt nicht blos die äusseren Muskeln des Auges, sondern auch zwei von den Binnenmuskeln desselben. Solche gibt es bekanntlich drei. Erstens den Musculus tensor chorioideae, der vom Rande der Hornhaut entspringt und dessen Fasern sich rückläufig an die Chorioidea ansetzen, der Muskel, welcher, wie wir sehen werden, die Accommodation des Auges für die Nähe vermittelt. Seine Nervenfasern sind nach Hensen und Völkers dem Ursprunge nach die vordersten aller

Oculomotoriusfasern. Zweitens den Sphincter pupillae, welcher in Form eines etwa einen Millimeter breiten Ringes die Pupille umgibt. Endlich den Dilatator pupillae, dessen Fasern radial hinter den grossen Gefässen der Iris vom Margo ciliaris iridis bis zum Sphincter hinlaufen. Von diesen drei Muskeln versorgt er den Tensor chorioideae, und zwar nach den Untersuchungen von Hensen und Adamük, die an Hunden gemacht wurden, ausschliesslich durch Fasern, welche vom Ganglion ciliare kommen. Zweitens versieht er den Sphincter pupillae. Der Dilatator pupillae wird nicht von ihm versorgt.

Um die Bewegungen der Iris im Zusammenhange behandeln zu können, müssen wir auch von der Innervation des Dilatator pupillae sprechen. Petit wusste schon im Jahre 1727, dass, wenn man den Sympathicus am Halse durchschneidet, merkwürdige Veränderungen im Auge vor sich gehen, die in neuerer Zeit wieder ausführlich theils von Bernard, theils von Budge und Waller studirt worden sind. Diese Veränderungen bestehen in Folgendem: Sobald der Sympathicus am Halse durchschnitten worden ist, verengert sich die Pupille des Auges derselben Seite, das Auge schielt nach innen, es ist etwas in die Orbita zurückgesunken, so dass die Lidspalte enger wird, indem die Lidspalte ihre Oeffnung nicht blos der Wirkung des Levator palpebrae superioris, sondern auch dem Drucke verdankt, den der Bulbus von innen heraus ausübt. Endlich bei denjenigen Thieren, welche ein drittes Augenlid, eine Nickhaut haben, zieht sich diese so vor, dass sie die Pupille grösstentheils, bisweilen sogar gänzlich bedeckt. Gleichzeitig mit diesen Veränderungen ändert sich auch der Füllungsgrad der Blutgefässe des Kopfes; dies ist bei Thieren mit durchscheinenden Ohren, wie den Kaninchen, zunächst dadurch auffallend, dass sich die Gefässe des Ohres der operirten Seite sichtlich stärker mit Blut füllen. Namentlich fällt es auf, dass nicht allein die Venen als rothe Stränge stärker sichtbar sind als im normalen Zustande, sondern, dass neben ihnen auch die stärker gefüllten Arterien als ähnliche rothe Stränge verlaufen. Auch am Auge kann man diese stärkere Gefässfüllung, wenn auch weniger auffallend als an den Ohren beobachten. Auch die Temperatur der beiden Ohren ist ungleich, indem das Ohr der operirten Seite wärmer ist als das der anderen Seite. Es fragt sich: woher rühren alle diese Erscheinungen? Um das zu erfahren, muss man das peripherische Ende des durchschnittenen Sympathicus reizen. Reizt man dieses mit den Elektroden eines Magnetelectromotors, so erweitert sich die Pupille weit über ihr gewöhnliches Maass, das Auge richtet sich wieder gerade, ja sogar etwas nach aussen, die Nickhaut zieht sich zurück, der Bulbus wird hervorgedrängt und dadurch die Lidspalte weiter geöffnet als die des andern Auges. Kurz die Erscheinungen sind das gerade Gegentheil von denjenigen, die durch das Durchschneiden erzielt worden sind. Wenn man jetzt die beiden Ohren miteinander vergleicht, so sieht man, dass in dem Ohre der Seite, auf welcher gereizt wird, die Gefässe fast vollständig verschwunden sind, dass sie sich im hohen Grade verengert haben. Dasselbe kann man im Auge wahrnehmen. Wenn man während der Reizung mit dem Augenspiegel untersucht, so bemerkt man, dass die Gefässe der Retina und Chorioidea sich in Folge derselben zusammenziehen. Es kann jetzt nicht mehr zweifelhaft sein, dass die Pupillenverengerung daher rührte, dass man die Nerven durchschnitten hatte, welche den Dilatator pupillae

innerviren. Dadurch hatte der Sphincter das Uebergewicht bekommen und die Pupille hat sich verengert. Jetzt reizt man dieselben Nerven, die Folge davon ist, dass die Pupille sich stark erweitert.

Warum tritt das Auge beim Reizen hervor, und warum sinkt es bei der Durchschneidung in die Orbita zurück? Das erklärt sich aus dem Vorhandensein eines Muskels in der Orbita, der von Heinrich Müller entdeckt wurde und unter dem Namen des Müller'schen Muskels bekannt ist. Er besteht aus glatten Muskelfasern und überspannt die Fissura orbitalis inferior. So lange dieser Muskel erschlafft ist, liegen seine Fasern bogenförmig, wenn er sich aber zusammenzieht, so spannen sie sich gerade, verengern dadurch den Raum der Orbita und müssen das Auge herausdrängen. Denkt man sich, dass dieser Muskel im Leben in einem mittleren Grade von Zusammenziehung sich befindet, so wird er vollständig erschlaffen, nachdem der Sympathicus, der ihm Nerven sendet, am Halse durchschnitten ist, das Auge wird also zurücksinken. Wenn aber der Sympathicus gereizt wird, werden diese Muskeln sich zusammenziehen, er wird also das Auge aus der Orbita herausdrängen. Gleichzeitig mit diesem Muskel hat Müller glatte Muskelfasern beschrieben, welche auf der inneren Seite der Augenlider und in senkrechter Richtung verlaufen, so dass sie bei ihrer Zusammenziehung das Auge mit öffnen helfen können. Wenn also diese Muskelfasern ihres Nerveneinflusses beraubt sind, ist auch das eine Ursache, dass die Lidspalte enger werde, während umgekehrt, wenn diese Muskeln zur Contraction gereizt werden, bei gleicher Innervation des Levator palpebrae superioris die Lidspalte sich über das frühere Maass erweitern muss.

Am wenigsten klar ist bis jetzt das Schielen nach innen. Es scheint daher zu rühren, dass auch Fasern aus dem Sympathicus zu dem Musculus rectus externus gehen, durch deren Lähmung der rectus internus das Uebergewicht erlangt, so dass das Auge eine andere Stellung erhält.

Diese Fasern, welche durch den Halstheil des Sympathicus zum Auge hingehen, haben ihren Ursprung nicht im Sympathicus selbst, sondern, wie durch die Untersuchungen von Budge und Waller nachgewiesen ist, im Rückenmarke, im untersten Theile des Halsmarkes und im obersten des Brustmarkes. Diese Gegend nennt man Regio ciliospinalis. Wenn man sie reizt, so treten dieselben Veränderungen im Auge ein, welche wir auf Reizung des Halstheiles des Sympathicus beobachtet haben; schneidet man diese Gegend aus, so treten die Veränderungen auf, die nach Durchschneidung der besagten Nervenbahn auftreten. Bei Hunden verlassen sie nach den Untersuchungen von Bernard mit dem siebenten und achten Cervicalnerven und mit dem ersten Dorsalnerven das Rückenmark und treten durch die entsprechenden Rami communicantes in den Sympathicus ein. Durchschneidet man diese Rami communicantes, so treten dieselben Veränderungen ein, wie wir sie bei Durchschneidung des Halstheiles des Sympathicus beobachtet haben. Diese von der Regio ciliospinalis zum Auge gehenden Nerven haben, wie Bernard nachgewiesen, ein ganz ungewöhnlich ausgedehntes Reflexgebiet. Sie können nämlich von jeder Stelle des Körpers aus erregt werden, vorausgesetzt, dass ein hinreichend starker Reiz erzeugt wird. Wenn man ein Thier an irgend einer Stelle sehr heftig kneipt oder anderweitig misshandelt, so treten am Auge die Veränderungen ein, die bei Reizung des Halstheiles des Sympathicus beobachtet werden.

Hieraus erklären sich die Beschreibungen, welche uns von früheren Autoren über die Veränderungen des Aussehens von Leuten, die auf die Folter gespannt wurden, gegeben werden. Es wird erzählt, es seien unter den Schmerzen die Augen aus ihren Höhlen herausgetreten.

Salkowsky ist der Ansicht, dass das eigentliche Centrum ciliospinale aufwärts vom Atlas liegen müsse. Es veranlasst ihn dazu folgende Erfahrung. Wenn man ein Thier mit Curare vergiftet und dann künstliche Respiration eingeleitet hat, so erweitert sich die Pupille, wenn man die künstliche Respiration aussetzt und das Thier der Erstickung entgegengeht. Diese Pupillenerweiterung bleibt aus, wenn man vorher das Halsmark durchschnitten hat. Das venöse Blut muss also von einem höher liegenden Orte aus auf die Dilatatornerven eingewirkt haben. Die motorischen Bahnen der willkürlichen Muskeln haben, wie wir früher sahen, mehrere Innervationscentra über einander liegen, im Rückenmark, in den Stammganglien des Hirns, in der Hirnrinde. So mögen auch die hier in Betracht kommenden Nerven unwillkürlicher Muskeln ein Centrum im Rückenmark, ein oder mehrere andere im Gehirn haben.

Was die Veränderungen des Gefässsystems anlangt, so ist es klar, dass die Erweiterung von nichts Anderem herrührt, als davon, dass wir mit dem Halstheile des Sympathicus auch zugleich in demselben verlaufende vasomotorische Nerven des Carotidensystems durchschnitten haben. Reizen wir dieselben Nerven, so tritt das Gegentheil ein, es ziehen sich die Gefässe zusammen.

In Rücksicht auf die Temperaturerhöhung glaubte man anfangs, hier eine eigene Quelle für Wärmebildung eröffnet zu haben. Die späteren Untersuchungen haben aber überzeugend nachgewiesen, dass die Erhöhung der Temperatur sich lediglich aus dem reichlicheren Blutzuflusse erklärt. Das Ohr mit seiner sehr grossen Oberfläche ist fortwährend der Abkühlung ausgesetzt. In seiner knorpeligen Masse und seiner dünnen Haut wird verhältnissmässig sehr wenig Wärme gebildet. Es wird also gewissermassen fortwährend geheizt durch den Strom des warmen Blutes, der durch die Gefässe hindurchgeht. Wenn das Blut reichlicher zugeführt wird, so wird in derselben Zeit mehr Wärme zugeführt als früher. Das Ohr muss also wärmer werden als das andere, dem die normale Menge Blutes zugeführt wird. Demnach erhebt sich auch die Temperatur des Ohres niemals über die in den inneren Theilen herrschende.

Man war anfangs der Meinung, dass auch diese vasomotorischen Nerven ihren Ursprung in der Regio ciliospinalis hätten. Bernard hat aber gezeigt, dass dies nicht der Fall ist, sondern dass sie das Rückenmark weiter unten verlassen. Wenn man beim Hunde den Grenzstrang des Sympathicus zwischen der zweiten und dritten Rippe durchschneidet, so treten die Veränderungen im Gefässsystem auf, aber nicht die Veränderung in der Stellung des Auges und in der Grösse der Pupille. Bei denselben Untersuchungen hat er sich auch bemüht, noch andere Wege von vasomotorischen Nerven nachzuweisen. Er hat dabei gefunden, dass, wenn man das Ganglion thoracicum primum ausreisst, die obere Extremität sich erwärmt, und dass, wenn man das Ganglion, das beim Hunde auf dem fünften und sechsten Lendenwirbel aufliegt, ausreisst, die untere Extremität des Thieres sich erwärmt. Man hat also durch diese Operationen die Bahnen der betreffenden vasomotorischen Nerven unterbrochen.

Wir haben nun die Quellen kennen gelernt, aus denen die drei Binnenmuskeln des Auges ihre Nerven erhalten. Wir wollen uns jetzt fragen: unter welchem Einflusse steht die Pupille, wovon ist ihre Erweiterung und Verengerung abhängig? Der Einfluss, den wir am leichtesten beobachten können, ist der des Lichtes. Wenn wir Licht in ein Auge fallen lassen, verengert sich die Pupille, und wenn wir das Licht wieder abhalten, erweitert sie sich. Das ist eine Reflexbewegung, welche durch Reizung des Nervus opticus ausgelöst wird. Sie bleibt aus, wenn der Nervus opticus durchschnitten ist, sie kann also nicht ausgelöst werden durch die Ciliarnerven. Wir kennen auch die ganze Kette der durchlaufenen Bahnen. Wir können den Nervus opticus zu den Vierhügeln verfolgen; unter den Vierhügeln entspringt der Oculomotorius. Es ist also klar, dass die Erregung von den centralen Enden des Opticus auf die Ursprünge des Oculomotorius übertragen wird, und dass dadurch die Veränderungen in der Pupille zu Stande kommen. Die Veränderung ist aber nicht auf die Pupille des einen Auges beschränkt, sondern es bewegt sich auch die des andern mit. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man das eine Auge des Beobachteten abwechselnd verschliesst und wieder öffnet und dabei stets das andere Auge betrachtet. Die beiden Pupillen haben also Mitbewegung miteinander, und es ist deshalb der Stand der Pupille von der Lichtmenge, welche in beide Augen fällt, abhängig, so dass, wenn man das eine Auge schliesst, man nicht die Hälfte des Lichtes für das Sehen verliert, indem sich dann die andere Pupille erweitert. Dadurch wird der Verlust wenigstens theilweise ersetzt. Andererseits sind aber die verschiedenen Theile der Netzhaut für den Reflex nicht gleichwerthig. Man schneide in eine schwarze Pappscheibe ein Loch und hinter dieses setze man ein Licht. Nun lasse man im übrigens dunkeln Zimmer ein Individuum abwechselnd das Loch, und dann irgend einen Punkt neben oder über oder unter demselben fixiren. Man wird sehen, dass sich in letzterem Falle die Pupille sehr auffällig erweitert, so auffällig, dass dies unmöglich davon abgeleitet werden kann, dass jetzt überhaupt etwas weniger Licht in die Augen fällt. Es ist auch den Augenärzten bekannt, dass die Pupille bei Patienten, denen kein Atropin eingeträufelt ist, sich jedesmal stark verengert, wenn sie die Macula flava behufs der Untersuchung direct beleuchten. Die reflectorische Erregbarkeit ist also hier grösser als in den übrigen Theilen der Netzhaut.

Ausserdem hat die Pupille Mitbewegung mit dem Rectus internus und dem Tensor chorioideae. Der Rectus internus, der Tensor chorioideae und der Sphincter pupillae, die alle drei vom Oculomotorius innervirt werden, agiren mit einander. Es hängt das mit der Veränderung der Augenstellung beim Sehen zusammen. Wenn man einen näheren Gegenstand fixirt, ihn mit beiden Augen ansieht, so müssen die beiden Gesichtslinien stärker convergiren; hiebei muss sich der Tensor chorioideae zusammenziehen, um das Auge für die grössere Nähe einzustellen. Dabei contrahirt sich auch der Sphincter pupillae. Sieht man einen fernen Gegenstand an, so müssen die Gesichtslinien parallel gestellt werden, es muss also der Rectus internus nachgeben. Dann erschlafft auch der Tensor chorioideae und der Sphincter pupillae, indem die Pupille sich erweitert, so dass sie bei derselben Lichtmenge beim Sehen in die Ferne weiter ist als beim Sehen in die Nähe. Man kann deshalb auch willkürlich seine

Pupille verengern, indem man nach innen schielt. Wenn dabei auch nur ein Auge sich stark gegen die Nasenseite wendet, so verengert sich nicht nur die Pupille dieses Auges, sondern auch die des andern. Es fragt sich: Kann man seine Pupille auch willkürlich erweitern? Die Antwort darauf ist, dass dies einzelnen Menschen möglich ist. Ich kannte einen Dr. S . . . ., der seine Pupillen ziemlich bedeutend erweitern konnte. Was er dabei machte, wusste er selbst nicht genau. Er wusste nur, dass er eine ziemliche Anstrengung machen müsse, die sich auf eine Reihe von Muskeln erstreckte, damit die Pupillen sich erweitern. John Aitken erzählt in der „Nature" vom 16. April 1885, dass er und Andere ihre durch Blicken auf einen hellen Grund verengte Pupille dadurch erweitern können, dass sie durch Beissen der Zunge oder Kneifen des Arms die Aufmerksamkeit vom Gesichtsfelde ablenken. Es ist zweifelhaft, ob hier der schmerzerregende Reiz nicht als solcher reflectorisch wirkt. Die meisten Menschen sind nicht im Stande, die Bewegungen der Accommodation und die Irisbewegungen von denen des Rectus internus zu isoliren. Wenn sie die Gesichtslinien parallel stellen, können sie meist nicht für die Nähe accommodiren, und umgekehrt, wenn sie die Gesichtslinien convergiren lassen, so können sie ihre Augen nicht für die Ferne einstellen. Durch Uebung lässt sich jedoch die Fähigkeit hiezu erwerben, und wir werden später von Versuchen sprechen, bei denen dies in Betracht kommt.

Welches sind nun die Veränderungen, die beim Menschen eintreten, wenn der Oculomotorius gelähmt ist, und woran erkennt man also die Oculomotoriuslähmung? Eine vollständige Lähmung des Oculomotorius zeigt sich durch höchst auffallende Erscheinungen. Das Augenlid der gelähmten Seite hängt herunter, weil der Levator palpebrae superioris gelähmt ist: diesen Zustand nennt man Blepharoptosis paralytica. Hält man einem solchen Menschen das andere Auge zu, so richtet er den Kopf nach rückwärts und sucht unter dem Augenlide hervorzusehen. Das Auge selbst ist seiner Beweglichkeit grösstentheils beraubt, indem nur noch der Obliquus superior und der Rectus externus agiren. Es schielt dem entsprechend nach aussen, steht fest, macht die Bewegungen des andern Auges nicht mit. Wenn man den Kopf hin und her neigt, so behält innerhalb gewisser Grenzen das Auge der gesunden Seite seine Lage gegen den Horizont bei, wie ein Schiffscompass, der frei beweglich aufgehängt ist. Das Auge der gelähmten Seite dagegen macht jede Bewegung des Kopfes mit, weil von den beiden schiefen Augenmuskeln nur einer innervirt ist. Die Pupille ist erweitert, aber nur mässig, nicht etwa so, als ob sie künstlich durch Atropin erweitert worden wäre, denn nur der Sphincter ist gelähmt, der Dilatator aber nicht activ contrahirt. Das Auge ist dabei dauernd für ein und dieselbe Sehweite eingestellt. Der Patient kann es nicht für eine kürzere, nicht für die Nähe einstellen. Dies rührt, wie wir später sehen werden, her von der Lähmung des Tensor chorioideae.

Die theilweisen Lähmungen charakterisiren sich dadurch, dass, wenn der obere Ast gelähmt ist, die Ptosis vorhanden ist, aber das Auge noch nach der Seite bewegt werden kann, weil der Internus und Externus in ihrem Antagonismus noch wirksam sind. Bei Lähmung des unteren Astes ist die Ptosis nicht vorhanden, dafür Pupillenerweiterung und Schielen des Auges nach aussen, weil der Rectus internus gelähmt ist. Auch die Accommodation und die Drehbewegungen des Auges sind gestört.

Krankhafte Erweiterung der Pupille durch Rückenmarkreizung wird zunächst im Tetanus beobachtet. Thiere, die in Tetanus versetzt sind durch solche Substanzen, die an und für sich nicht auf die Pupille wirken, zeigen im Anfall doch eine bedeutende Erweiterung derselben. Wenn sie im Anfalle sterben, verengert sich die Pupille plötzlich, indem nun die Contraction des Dilatator nachlässt. Da die Binnenmuskeln des Auges ein so weites Reflexgebiet haben, so ist es nicht wunderbar, dass sie auch von den Eingeweiden, den Unterleibsorganen aus erregt werden können. Vielleicht hängt es damit zusammen, dass die alten Aerzte behaupten, dass dauernde Erweiterung der Pupille bei Kindern ein Zeichen der Wurmkrankheit sei. Andererseits können diese Muskeln die Erscheinungen der reflectorischen Lähmung darbieten. Ich beobachtete einmal bei einer Typhuskranken, dass während ihrer Krankheit und während der Reconvalescenz, wenn vorübergehend eine Verschlimmerung eintrat, dieselben Veränderungen am einen Auge sich zeigten, als wenn der Halstheil des Sympathicus durchschnitten wäre. Mit der vollständigen Genesung schwanden diese Erscheinungen.

Nervus trochlearis.

Wir wollen, des Zusammenhanges wegen, jetzt die übrigen Nerven, welche zu den Augenmuskeln gehen, behandeln und mit dem Nervus trochlearis den Anfang machen. Er entspringt jederseits von der Raphe aus einem grauen Kerne, der unter dem Aquaeductus Sylvii liegt. Die Ganglienkugeln, aus denen er entspringt, sind wieder solche, wie sie in den vorderen Hörnern der grauen Substanz vorkommen. Der Nerv charakterisirt sich also durch seinen Ursprung als ein motorischer. Seine Fasern verlaufen nun bogenförmig nach aufwärts und sollen dann, nach der gewöhnlichen Annahme, in der Valvula cerebelli über dem hier im Querschnitte T-förmig gestalteten Aquaeductus Sylvii sich vollständig kreuzen. Wenn man das Verhalten der übrigen motorischen Hirnnerven vergleicht, so muss man dies a priori für wenig wahrscheinlich halten. In der That erhielt Exner bei einseitiger Trochlearisreizung Wälzen des Auges derselben Seite. In neuerer Zeit sind indessen wieder mehrere Autoren auf Grund anatomischer Untersuchungen für die vollständige Trochleariskreuzung eingetreten.

Der Trochlearis anastomosirt in der Wand des Sinus cavernosus mit dem Trigeminus. Er nimmt dort sensible Fasern auf und geht dann zum Musculus obliquus superior seu Musculus trochlearis, den er innervirt. Demnach ist seine Physiologie sehr einfach. Seine Lähmung ist weniger durch äussere Erscheinungen kenntlich wie die des Oculomotorius, weil das Auge nur wenig in seiner Stellung verändert ist. Der Kranke selbst aber wird darauf aufmerksam, dass etwas in der Stellung seiner Augen nicht in Ordnung sei, denn er sieht doppelt, und zwar stehen die Bilder in ungleicher Höhe. Das Bild des kranken Auges steht tiefer als das andere und schräg, so dass die Entfernung des unteren Theiles beider Bilder grösser ist als die des oberen. Neigt man den Kopf etwas nach vorn und nach der gesunden Seite, so gehen die Bilder in eins zusammen. Senkt man das zu fixirende Object, so findet ein leichtes Einwärts- und Aufwärtsschielen mit dem kranken Auge statt. Die Schiefstellung des Kopfes

gewöhnt sich an und kann sogar Contractur des Sternocleidomastoideus der gesunden Seite nach sich ziehen. Es gibt noch ein anderes Zeichen. Wir haben gesehen, dass das gesunde, in allen seinen Muskeln normal innervirte Auge wie ein Schiffscompass sich im Gleichgewichte hält, dass, wenn man den Kopf nach der einen oder der anderen Seite innerhalb gewisser Grenzen neigt, das Auge seinen Horizont beibehält. Thut man dies mit einem Individuum, das an einer einseitigen Trochlearislähmung leidet, so macht das gelähmte Auge die Bewegungen des Kopfes mit. Das rührt daher, dass das Auge seine Drehbewegungen zwischen Obliquus superior und inferior macht. Diese beiden erhalten es in seiner Stellung, wenn man den Kopf auf die Seite neigt. Hier aber ist der Obliquus superior gelähmt, und der Obliquus inferior hat das Auge nach sich gezogen. Die äussere Stellung des Auges ist dabei nicht sehr auffallend verändert, aber das Auge steht jetzt fest, es dreht sich nicht mehr um die Axe, um welche die beiden schiefen Augenmuskeln die Augen bewegen. Wenn ich also den Kopf hin- und herbewege, macht es alle Bewegungen des Kopfes mit.

Nervus abducens.

Der letzte Augenmuskelnerv, mit dem wir es zu thun haben, ist der Nervus abducens. Er entspringt aus einem grauen Kerne, der am Boden der Rautengrube zu beiden Seiten der Mittellinie unter der Eminentia teres liegt, im sogenannten inneren oder centralen Knie des Facialis, d. h. eines Bogens, der von Facialisfasern in ihrem centralen Verlauf beschrieben wird, und der bis unter die Oberfläche der Eminentia teres reicht. Die Ursprünge des Abducens und des Facialis konnten auf rein anatomischem Wege nicht mit Sicherheit getrennt werden. Es scheint, dass ein Theil der Facialisfasern aus Zellen hervorgeht, welche man ihrer Lage nach zum Abducenskerne rechnen würde, denn bei der gänzlichen Degeneration der als Facialiskern bekannten Gruppe werden, wenn der Abducenskern intact ist, der Orbicularis palpebrarum und der M. frontalis nicht gelähmt. Schon anatomische Untersuchungen hatten dazu geführt, dies zu vermuthen. Entgegenstehende Resultate an Thieren halte ich nicht für beweiskräftig, weil bei ihnen die topographische Anordnung anders sein kann als beim Menschen. Allerdings bleibt, wenn man von ihnen absieht, noch ein Fall von Gowers, in welchem er bei Entartung beider Nervi abducentes auch beide Abducenskerne vollständig entartet fand, darin aber Facialisfasern, die nicht degenerirt waren. Der Abducens durchsetzt in seinem centralen Verlaufe die Brücke, tritt am hinteren Rande derselben zu Tage, läuft unter ihr nach vorn zum Sinus cavernosus, nimmt bei seinem Eintritt in die Augenhöhle Fasern vom Trigeminus auf, geht dann, in der Orbita angelangt, nach aussen, um den M. rectus externus zu innerviren. Da, wo der Nervus abducens die Carotis kreuzt, geht er mit dem Sympathicus eine starke Anastomose ein. Diese ist so bedeutend, dass sie die alten Anatomen, die den Sympathicus vom Hirn herleiteten, als den Ursprung desselben ansahen. Jetzt hat man darüber eine ganz andere Ansicht. Wir haben gesehen, dass, wenn man den Sympathicus am Halse durchschneidet, das Auge nach innen schielt. Diese Erscheinung erklärt sich nun, wenn man annimmt, dass ein Theil der Fasern, die aus

der Regio ciliospinalis kommen und im Halstheile des Sympathicus aufsteigen, durch die erwähnte Anastomose in den Abducens übergeht und mit ihm zum Rectus externus gelangt. Dieser ist dann von zweierlei Nerven innervirt, erstens vom Abducens, dann von motorischen Fasern, die ihm aus der Regio ciliospinalis des Rückenmarks zukommen. Werden die letzteren mit dem Halstheile des Sympathicus durchschnitten, so hat der Rectus externus einen Theil seiner Innervation verloren, er wird also seinem Antagonisten, dem Rectus internus gegenüber nachgeben, und die Folge davon wird das Schielen des Auges nach innen sein.

Die Lähmung des Abducens zeigt sich dadurch, dass das Auge nach innen schielt, aber im Uebrigen beweglich ist, so dass das Schielen nicht von einer Contractur des Rectus internus herrühren kann.

Nervus trigeminus.

Der Nervus trigeminus ist ein gemischter Nerv und entspringt mit einer stärkeren sensiblen und einer schwächeren motorischen Wurzel. Die motorische Wurzel entspricht einer vorderen, die sensible einer hinteren Rückenmarkswurzel. Demgemäss nimmt nur die sensible Wurzel an der Bildung des Wurzelganglion dieses Nerven, das Ganglion semilunare Gasseri, Theil. Die motorische Wurzel geht an demselben vorbei, ohne sich an dessen Bildung zu betheiligen. Diese letztere entspringt aus einem Kern, der jederseits unter dem oberen Theile des Bodens des vierten Ventrikels hingestreckt ist und sich nach aufwärts bis zu der Region erstreckt, in welcher der Ventrikel schon von der Valvula cerebelli überdacht ist. Hier, wo sich der Ventrikel verschmälert, liegt der Kern dann nicht sowohl nach unten, als vielmehr nach aussen und unten von ihm. Das Gebiet, über welches sich die Ursprünge der sensiblen Wurzel zu verbreiten scheinen, ist ein sehr ausgedehntes, und das liegt in der Natur der Sache.

Man muss bedenken, dass der Trigeminus, als sensibler Nerv, nicht nur seiner motorischen Portion entspricht, sondern ausserdem den Augenmuskelnerven, die wir bereits kennen gelernt haben, und auch dem Nervus facialis und einem Theil des Hypoglossus. Meynert unterscheidet vier Arten von Ursprüngen des sensiblen Trigeminus, einen aus einem Kerne, der lateralwärts vom Kerne des motorischen Trigeminus liegt, einen im Kleinhirn, eine aufsteigende Wurzel, welche mit dem Hinterstrang des Rückenmarks zusammenhängt, und absteigende Wurzeln, welche theils aus den Vierhügeln, theils aus der Substantia ferruginea hervorgehen, theils noch nicht ganz bis zu ihren Anfängen verfolgt sind.

Wir wollen mit der Physiologie der vorderen Wurzel beginnen. Die motorische Wurzel des Trigeminus versorgt vor Allem die Kaumuskeln, den Temporalis, den Masseter, den Pterygoideus internus, den Pterygoideus externus, aber nicht den Buccinator, obgleich dieser ein Hilfsmuskel beim Kauen ist. Der Buccinator ist insofern ein solcher, als er durch seine Contraction den Theil der Speisen, welcher in die Backentaschen hineingelangt ist, zwischen die Mahlzähne zurückdrängt. Der Buccinator wird vom Nervus facialis innervirt. Ferner gibt die motorische Portion des Trigeminus einen Ast ab, der durch das Ganglion oticum hindurch und zum Musculus mallei internus seu tensor tympani geht. Dann versorgt sie einen Muskel des weichen Gaumens, d. h. einen Muskel, der zwar nicht

im weichen Gaumen liegt, aber mit zur Bewegung desselben dient, den Musculus tensor palati mollis. Endlich gibt sie Aeste ab zum Mylohyoideus und versorgt den vorderen Bauch des Digastricus, während der hintere vom Facialis innervirt wird.

Die sensible Portion des Trigeminus versorgt alle Haut- und Schleimhautbedeckungen des Kopfes mit gewissen Ausnahmen. Erstens mit Ausnahme des grössten Theiles des Pharynx, der hinteren Gaumenbögen und des hinteren Theiles der Zunge, wo sich Vagus und Glossopharyngeus verbreiten, ferner der Tuba Eustachii und der Trommelhöhle, weiter des tiefsten Theiles des äusseren Gehörgangs, der vom Ramus auricularis nervi vagi versorgt wird, und endlich eines Theiles der Ohrmuschel und des Hinterhauptes, wohin Cervicalnerven gehen.

Die übrigen Haut- und Schleimhautbedeckungen des Kopfes werden empfindungslos, wenn der Trigeminus durchschnitten wird. Diese Operation kann man am Kaninchen leicht ausführen. Der erste, der es that, war Fodéra. Er sprengte ein Stück vom Seitentheile des Schädels weg und durchschnitt den Trigeminus gleich an seinem Ursprunge. Später hat Magendie diese Operation vielfältig ausgeführt und ein eigenes Messer dafür erfunden. Das Messer hatte die Form eines kleinen, an seiner Schneide vorn spitz zulaufenden Beiles. Auf dem stählernen Stiele desselben befand sich ein Zeichen, bis zu welcher Tiefe das Messer eindringen musste. Dieses Messer stiess er von der Seite durch den Schädel bis zu dem Zeichen auf dem Stiele, dann drehte er es und machte den Schnitt. Jetzt macht man diese Operation gewöhnlich mit einem Messer, das zu diesem Zwecke von Bernard angegeben wurde und einem kleinen Dieffenbach'schen Tenotom sehr ähnlich ist. Man umwickelt dasselbe, so weit es nicht eindringen soll, mit Zwirn, nimmt es dann in die Hand, setzt den Daumen derselben auf den äusserlich fühlbaren knöchernen Theil des äusseren Gehörganges, führt das Messer, indem man nach vorn vom Gehörgange einsticht, horizontal ein, geht auf der Basis des Schädels und auf dem Felsenbeine horizontal nach einwärts, bis man so weit eingedrungen ist, wie es die Bewickelung des Messers gestattet. Dann dreht man das Messer um, so dass die Schneide nach abwärts sieht, und indem man jetzt das Heft hebt und die Schneide nach abwärts drückt, zieht man das Messer langsam heraus. Dadurch fasst die Schneide den Trigeminus auf dem Felsenbeine und schneidet ihn daselbst zwischen der Brücke und dem Ganglion semilunare Gasseri durch, und zwar ohne anderweitige Verletzung. Das erste Zeichen, dass man den Trigeminus durchschnitten hat, ist ein lauter, gellender Schrei, den das Thier ausstösst. Kaninchen sind bekanntlich nicht sehr empfindlich, man kann allerlei mit ihnen vornehmen, ohne sie zum Schreien zu bringen, aber bei dieser Operation stossen sie stets, falls sie gelungen, einen anhaltenden Schrei aus. Sieht man in diesem Augenblicke die Pupille an, so findet man sie stark verengert, später aber erweitert sie sich wieder. Jetzt handelt es sich darum, zu untersuchen, ob man den Trigeminus vollständig durchschnitten hat. Zu diesem Zwecke untersucht man die Lippen an beiden Seiten mit Nadeln. Man wird bemerken, dass, sowie man an die Lippenhälfte der gesunden Seite kommt, diese zurückgezogen wird, dass aber mit der Lippenhälfte der gelähmten nicht dasselbe geschieht, sondern dass sie sich, wie todt, mit der Nadel fortschieben lässt. In derselben Weise untersucht

man die Hornhaut und den inneren Augenwinkel. Wenn man die Conjunctiva oder die Hornhaut der gesunden Seite mit der Nadel berührt, so tritt sofort Blinzeln ein, auf der kranken Seite ist dies nicht der Fall. Die ganze Gesichtshälfte erweist sich als empfindungslos. Wenn man aber eine Sonde in den äusseren Gehörgang hineinsenkt, so reagirt das Thier zwar anfangs darauf nicht, kommt man aber bis zu einer gewissen Tiefe, so fängt es an den Kopf zu schütteln, zum Zeichen, dass man an die Stelle gekommen, wo sich der Ramus auricularis nervi vagi verbreitet.

Wir haben eben gesehen, dass, wenn der Trigeminus in der Schädelhöhle durchschnitten wird, das Thier nicht mehr blinzelt, wenn seine Cornea oder Conjunctiva gereizt wird. Das Blinzeln ist also eine Reflexbewegung, die vom Trigeminus ausgelöst wird. Dadurch ist der Trigeminus gewissermassen als Wächter des Auges hingestellt, indem er Schädlichkeiten von demselben durch den plötzlichen Verschluss der Augenlider, den er hervorruft, fernhält. Auch die schmerzhafte Empfindung des Geblendetseins rührt nicht vom Opticus, sondern vom Trigeminus her, weil die Reizung des Opticus immer nur Lichtempfindung verursachen kann, niemals Schmerz, wie die Reizung eines gewöhnlichen sensiblen Nerven.

Eine zweite Reflexbewegung, welche vom Trigeminus ausgelöst wird, ist das Niesen. Es wird zunächst von der Nasenschleimhaut ausgelöst, wenn fremde, namentlich staubförmige, reizende Körper in die Nase hineingebracht werden. Das Niesen besteht darin, dass zuerst eine tiefe Inspiration gemacht wird, dass die Zunge sich an die coulissenartig von beiden Seiten hervortretenden, hinteren Gaumenbögen legt und so einen Verschluss bildet, der die Respirationswege sowohl gegen die Mundhöhle, als auch gegen die Nasenhöhle abschliesst. Dann folgt eine plötzliche, heftige, krampfhafte Exspirationsbewegung, bei der dieser Verschluss gleichzeitig nach der Mundhöhle und nach der Nasenhöhle durchbrochen wird, und hierin besteht eben das Niesen. Mit dem Umstande, dass gleichzeitig der Verschluss nach Mund und Nasenhöhle durchbrochen wird, hängt es auch zusammen, dass, wenn Jemand beim Essen vom Niesen befallen wird, gelegentich die Bestandtheile des Bissens nicht allein zum Munde, sondern auch zur Nase hinausgeschleudert werden. Das Niesen wird auch in zweiter Reihe von den Ciliarnerven ausgelöst. So erklärt sich wenigstens am ungezwungensten die Thatsache, dass manche Menschen, wenn sie in die Sonne sehen oder plötzlich geblendet werden, vom Niesen befallen werden. Der Trigeminus ist aber nicht der einzige Nerv, von dem aus Niesen erregt wird. Es kann keine Reflexbewegung so leicht von so verschiedenen Orten ausgelöst werden, wie das Niesen. Es gibt fast keine Stelle der Körperoberfläche, von der aus bei empfindlichen und zum Niesen disponirten Menschen dasselbe nicht hervorgerufen werden könnte. Manche Menschen niesen bekanntlich, sobald sie sich der Zugluft aussetzen. Ja, ich habe einen Mann gekannt, der niesen musste, wenn er im Winter eine kalte Thürschnalle anfasste, und sogar oft von heftigem, anhaltenden Niesen in Folge davon befallen wurde. Das Niesen hörte auf, wenn man ihm ein Stück trockener Semmel oder Brotrinde gab, die er zerkauen konnte. Das Niesen mag aber als Reflexbewegung von welchem Ort immer ausgelöst werden, stets geht demselben eine Mitempfindung voraus, ein Gefühl von Kriebeln in der Nase, also eine Mitempfindung im Trigeminus. Es wird die Reflexbewegung des Niesens immer als Folge dieser Empfin-

dung in der Nase vorgestellt, während sie thatsächlich dies nicht ist, sondern die Folge eines peripherischen Reizes, der an einem andern Nerven angebracht wurde und nun später sowohl auf die Trigeminusursprünge, als auch auf die Ursprünge derjenigen motorischen Nerven übergegangen ist, welche das Niesen vermitteln. Nur insofern kann das Kriebeln in der Nase als die Ursache des Niesens angesehen werden, als es nicht unwahrscheinlich ist, dass die Erregung im Centralorgan zunächst auf Theile überging, die mit dem Nerven der Nasenschleimhaut direct verbunden sind, wodurch eben das Kriebeln hervorgerufen wurde, und dass sie dann von diesen in gewohnten Bahnen auf das motorische Centrum, welches das Niesen vermittelt, fortgeleitet wurde.

Der Trigeminus löst auch zwei Reflexabsonderungen aus. Erstens die Absonderung des Speichels. Durch Reizung des Ramus lingualis nervi trigemini kann Speichelabsonderung hervorgerufen werden. Es ist bekannt, dass, wenn scharfe Sachen auf die Zunge gebracht werden, Speichelabsonderung erfolgt. Dasselbe geschieht, wenn man Hunden Essig oder eine Lösung von Weinsäure auf die Zunge spritzt. Bernard hat aber auch durch elektrische Reizung des centralen Stumpfes des durchschnittenen Nervus lingualis Speichelabsonderung auf reflectorischem Wege hervorgebracht.

Die zweite Absonderung, welche der Trigeminus auslöst, ist die Thränensecretion. Wenn fremde Körper die Nasenschleimhaut reizen, oder wenn die Conjunctiva durch mechanische oder chemische Mittel gereizt wird, dann ist die Folge davon, dass Thränenfluss eintritt.

Der Trigeminus gilt auch für den Secretionsnerven der Thränendrüse. In der That gibt er ja den Nervus lacrymalis, den Hauptnerven für die Thränendrüse ab, und man hat auch bei Versuchen an verschiedenen Thieren, Hunden und Schafen, sowohl vom Nervus lacrymalis, als vom Subcutaneus malae aus Thränenabsonderung hervorrufen können. Wolferz gibt an, dass er auch einmal durch Reizung der Trigeminuswurzel Thränenabsonderung hervorgerufen habe. Erfolgreiche Reizung des peripherischen Theiles der durchschnittenen Trigeminuswurzel würde allerdings beweisend sein. Andererseits aber muss man gestehen, dass dieser Erfolg a priori schwer verständlich ist. Die Secretionsnerven, die wir sicher kennen, gehen mit motorischen Nerven aus dem Centralorgane heraus. Das passt vollkommen in den Kreis unserer Vorstellungen, da ja diese Nerven, wie die motorischen, Impulse centrifugal leiten. Wie ist es nun hier beim Trigeminus? Wir wissen, dass die ganze motorische Portion desselben mit dem dritten Aste zur Schädelhöhle hinausgeht. Es können also keine Fasern, welche mit der motorischen Wurzel hervorgetreten sind, zur Thränendrüse gelangen. Sollte es sich nicht bestätigen, dass man vom peripheren Stücke der durchschnittenen Wurzel des Trigeminus aus Thränenabsonderung erzielen kann, so wäre es nicht unmöglich, dass sowohl die Fasern im Lacrymalis, als die im Subcutaneus malae entliehene sind. In der That ist Reich bei Reizung des peripherischen Stückes der durchschnittenen Trigeminuswurzel nur zu negativen Resultaten gelangt. Seine Versuche sprachen aber auch noch in anderer Hinsicht gegen die Annahme, dass die Secretionsnerven der Thränendrüse aus der Trigeminuswurzel stammen. Wenn man einem Kaninchen flüchtiges Senföl mit wenig Weingeist gemischt in das Nasenloch oder den Conjunctivalsack einer Seite

einführt, so bekommt man Thränenerguss auf beiden Seiten. Dies geschah auch noch, nachdem auf der andern Seite der Trigeminus in der Schädelhöhle vollständig durchschnitten worden war, also Fasern, welche in ihm zur Thränendrüse verliefen, nicht mehr vom Centrum aus erregt werden konnten. Der Reflex musste also in anderen Bahnen übertragen worden sein. Reich macht es auf dem Wege des Ausschliessens wahrscheinlich, dass die Nerven, welche die Thränensecretion direct einleiten, aus dem verlängerten Marke stammen und auf sympathischen Bahnen in den Trigeminus hinein gelangen. Eine weiter unten zu citirende Beobachtung von Goldzieher gibt zu der Vermuthung Anlass, dass die Selectionsnerven der Thränendrüse wenigstens eine Strecke lang in der Bahn des Facialis verlaufen.

In Folge der Durchschneidung des Trigeminus treten noch gewisse Erscheinungen auf, welche wir hier betrachten müssen. Zunächst trübt sich nach verhältnissmässig kurzer Zeit die Cornea. Das Auge injicirt sich, es treten alle Erscheinungen einer Augenentzündung auf. Dieselbe wird immer stärker, und wenn ihren weiteren Fortschritten nicht vorgebeugt wird, so geht sie in Panophthalmie über und das Auge geht zu Grunde. Auch die Nasenschleimhaut auf der Seite, wo der Trigeminus durchschnitten wurde, pflegt sich zu röthen. Endlich treten an bestimmten Stellen an der Lippe und dem Zahnfleische neben den Backenzähnen Geschwürsbildungen auf.

Alle diese Erscheinungen hat man ursprünglich als sogenannte neuroparalytische aufgefasst. Man nannte diese Augenentzündung eine neuroparalytische und war überzeugt, dass sie dadurch entstehe, dass trophische Nerven mit dem Trigeminus durchtrennt sind, und dass deshalb, wie man sich ausdrückte, Ernährungsstörungen in den betreffenden Theilen eintraten. Man fand sich in dieser Idee dadurch bestärkt, dass man auch beim Menschen nach Durchschneidung einzelner Aeste des Trigeminus theilweise Nekrotisirungen von Geweben, Exfoliationen von Knochen u. s. w. beobachtete. Der Trigeminus ist bekanntlich der Sitz einer sehr heftigen Neuralgie, des sogenannten Tic douloureux, und man hat mehrfach Aeste desselben durchschnitten, um die Schmerzen der Patienten zu lindern. In Folge solcher Operationen hat man diese Nekrotisirungen beobachtet. Nun ist aber seitdem eine Reihe von solchen Operationen ausgeführt worden, bei denen man nichts davon gesehen, und andererseits haben auch die Erscheinungen, welche an operirten Kaninchen beobachtet wurden, durchweg eine anderweitige Erklärung gefunden.

Zunächst hat Snellen gezeigt, dass die Ophthalmie, welche eintritt, nur von äusseren Schädlichkeiten abhängt, welche jetzt, da die Empfindung und die Reflexbewegung dem Auge mangelt, nicht mehr abgehalten werden. Er verschloss das Auge und fand, dass, wenn er die Augenlider miteinander vereinigte und das Auge so geschützt hatte, die Augenentzündung langsamer verlief. Aber nichtsdestoweniger trat sie noch ein. Er kam dann darauf, dass er seinen Versuch noch nicht mit allen Cautelen angestellt habe. Die Haut der Augenlider war ja unempfindlich, also wenn auch der Staub vom Innern des Auges abgehalten war, so konnte sich das Thier doch noch mit dem Auge anstossen und reiben, ohne davon schmerzhafte Empfindungen zu haben. Er sagte sich also: Ich muss einen neuen Wächter vor das Auge hinstellen, und diesen fand er

in dem Ohre des Kaninchens. Wir haben gesehen, dass zur Aussenfläche des Ohres des Kaninchens Cervicalnerven hingehen, und dass dieses daher seine Empfindlichkeit behält, wenn auch der Trigeminus durchschnitten ist. Er nahm also das Ohr und nähte es über das Auge herüber, und nun trat die Trigeminusophthalmie nicht ein. In ähnlicher Weise hat man derselben dadurch vorgebeugt, dass man einen kleinen Hut auf dem Auge des Kaninchens befestigte, so dass weder Staub in dasselbe eindringen, noch auch das Thier sich anstossen und so das Auge insultiren konnte.

Es ist wohl kaum zu bezweifeln, dass auch die Röthung der Nasenschleimhaut daher rührt, dass Staub und andere fremde Körper, die in die Nase eindringen, keine Reflexbewegung hervorrufen und also nicht sofort ausgestossen werden.

Auch die Geschwürsbildungen an den Lippen, an dem Zahnfleische und am Gaumen rühren von mechanischen Insulten her. Die Kaninchen als Nagethiere nützen bekanntlich ihre Schneidezähne fortwährend ab, und dieselben wachsen allmälig wieder nach. Die Schneide bleibt hiebei gerade gerichtet, so lange das Thier mit seinen Zähnen gerade aufeinander beisst. Wenn aber der Trigeminus durchschnitten ist, so sind die Kaumuskeln, also auch die M. pterygoidei an der einen Seite gelähmt, und in Folge dessen beisst das Kaninchen nicht mehr gerade, sondern schief aufeinander. Seine Zähne beissen sich nun nicht mehr gerade, sondern schief ab. Dadurch kommt aber an der einen Seite eine Spitze zum Vorschein, und diese stösst an die Lippe an. Die Folge davon ist, dass nach und nach durch das stete Anstossen eine kleine Abschürfung und dann ein Geschwür erzeugt wird, gerade so, wie manchmal bei Menschen durch Ecken von cariösen Zähnen solche Geschwüre an der Zunge hervorgerufen werden. Nun stehen aber auch die Backenzähne nicht gerade aufeinander, und deshalb beissen sich auch diese schief ab. Es entstehen hervortretende Spitzen, die an der Innenseite der Backenzähne an das Zahnfleisch, da, wo es in den Gaumen übergeht, anstossen und auf mechanischem Wege Geschwürsbildung hervorrufen.

Alle diese Erscheinungen, welche man nach der Durchschneidung des Trigeminus beobachtet hat, und die man früher als neuroparalytische auffasste, kann man heutzutage nicht mehr als solche deuten. Man hat früher behauptet, diese Erscheinungen träten sämmtlich nicht ein, wenn man den Trigeminus zwischen Hirn und Ganglion Gasseri mit sorgfältiger Schonung des letzteren durchschnitte. Diese Behauptung ist unrichtig: Bernard fand, dass nach solcher Durchschneidung die Augenentzündung schon in vollem Gange war, während sich keine Spur von Degeneration der Nervenfasern auffinden liess.

Man hat eine Zeitlang dem Trigeminus einen wesentlichen Einfluss auf die Sinneswahrnehmungen zugeschrieben, man sah ihn gewissermassen als einen Hilfsnerv für die sämmtlichen Sinnesnerven an. Diese Anschauungsweise hat sich aber nicht als haltbar bewiesen.

Was zunächst das Gesicht anbelangt, so besteht dasselbe fort, so lange die Cornea noch durchsichtig ist. Es haben sich mehrere namhafte Physiologen durch directe Versuche überzeugt, dass die Thiere noch sehen und, wie es scheint, in normaler Weise sehen, wenn auch der Trigeminus auf beiden Seiten durchschnitten ist. Auch beim Menschen hat man bei Trigeminuslähmung keine Störung der Gesichtsempfindung als solcher beobachtet.

Auch die Angaben über den Verlust des Gehörs bei Trigeminusdurchschneidung haben sich nicht bestätigt. Wenn die Operation in der gehörigen Weise ausgeführt ist, wenn der Nervus acusticus dabei nicht verletzt wurde, so ist auch das Gehör nach wie vor vorhanden.

Ob der Geruch vorhanden ist, lässt sich an Thieren kaum mit solcher Gewissheit entscheiden. Die Versuche, auf Grund derer man eine Mitwirkung des Trigeminus beim Geruche annahm, rechtfertigen diesen Schluss nicht. Es ist hier wiederum mit Substanzen experimentirt worden, die hauptsächlich durch Empfindungen wirken, welche an und für sich durch den Trigeminus vermittelt werden. Es wurden z. B. Aetzammoniak und Essigsäure angewendet. Wenn ein Thier vor einer Ammoniakflasche zurückfährt, so thut es dies zunächst nicht, weil ihm der Geruch desselben unangenehm wäre, sondern, weil ihm Schmerz erzeugt wird. Wenn also ein Kaninchen, dem der Trigeminus auf beiden Seiten durchschnitten ist, nicht so vor dem Ammoniak zurückscheut wie ein gesundes, so beweist dies nicht, dass es seinen Geruch verloren hat. An Menschen sind anscheinend ganz vollständige Trigeminuslähmungen beobachtet worden, bei denen der Geruch auch noch auf der kranken Seite vorhanden war.

Es bleibt noch übrig, von dem Geschmackssinn zu sprechen. Wir werden später sehen, dass der Hauptgeschmacksnerv der Nervus glossopharyngeus ist, und dass durch ihn nach den Versuchen von Stannius die Geschmacksempfindung des Bitteren ausschliesslich vermittelt wird. Stannius fand, dass Kätzchen, denen er den Glossopharyngeus auf beiden Seiten durchschnitten hatte, Milch, welche mit schwefelsaurem Chinin bitter gemacht war, ebenso nahmen, wie andere Milch. Nichtsdestoweniger zeigte sich beim Menschen, wenn der Ramus lingualis nervi trigemini auf einer Seite durchschnitten war, vollständiges Aufhören der Geschmacksempfindung auf derselben Seite auf dem vorderen Theile der Zunge. Es ist dabei die Geschmacksempfindung des Bitteren miteingeschlossen.

Ich habe selbst einen solchen Fall gesehen und untersucht. Es war eine Kranke, die vom Professor Weinlechner operirt wurde, wobei es nicht hatte vermieden werden können, mit einer zu exstirpirenden Geschwulst auch ein Stück aus dem Ramus lingualis nervi trigemini auszuschneiden. Der hintere Theil der Zunge konnte wegen Verengerung der Mundspalte nicht mit Sicherheit untersucht werden. Auf dem vorderen Theile derselben zeigte sich die kranke Seite vollständig ohne Geschmacksempfindung. Die Kranke sprach sich auch sehr bestimmt darüber aus. Wenn man ihr schwefelsaures Chinin auf die gesunde Seite einpinselte, so nahm sie es sofort wahr. That man dasselbe auf der kranken Seite, so bemerkte sie davon nichts. Gab man ihr aber Wasser, sich den Mund auszuspülen, so schmeckte sie deutlich, wie sich das Chinin im Munde verbreitete. Sie gab auch an, dass sie beim Essen wahrnehme, dass sie nur auf einer Seite der Zunge schmecke.

Es würde unrichtig sein, hieraus zu schliessen, dass die Geschmacksempfindung des Bitteren durch Fasern vermittelt werde, welche aus dem Trigeminus stammen. Es ist ja sehr möglich, dass dies Fasern sind, welche dem Glossopharyngeus angehören, aus diesem in die Jakobson'sche Anastomose, von da in den Nervus petrosus superficialis minor, und endlich durch das Ganglion oticum in den Lingualis übergegangen sind. Sie konnten dabei ihren Weg direct oder durch die Anastomose vom Ganglion

oticum zur Chorda nehmen. Es können auch Fasern des Glossopharyngeus vom Plexus tympanicus zum Genu nervi facialis und so zur Chorda gelangen, und dass ein Theil der Geschmacksfasern diesen Weg nimmt, wird wahrscheinlich durch Bernard's Versuche an Thieren, bei denen die Chorda in der Trommelhöhle zerstört wurde, und durch mehrere Krankheitsfälle. Dass die Chorda Geschmacksfasern zum Lingualis bringt, kann kaum mehr bezweifelt werden; dass der Trigeminus vom Hause aus Geschmacksfasern enthalte, muss dagegen als zweifelhaft erscheinen, nachdem in neuerer Zeit von Lussana, Vicioli und Althaus drei Fälle von vollständiger einseitiger Trigeminuslähmung publicirt worden sind, bei denen die Geschmacksempfindung gar nicht alterirt war. Lussana spricht deshalb dem Trigeminus jeden Einfluss auf die Geschmacksempfindung ab. Hiezu muss indessen bemerkt werden, dass darüber nicht Alle gleich urtheilen, welche Gelegenheit hatten, vollständige einseitige Trigeminuslähmungen zu beobachten. So entsinne ich mich aus mündlichen Mittheilungen von Professor Türk, dass ein Kranker auf seiner Abtheilung süsse und saure Substanzen auf der Seite, auf welcher er eine vollständige Trigeminuslähmung hatte, weniger schmeckte, als auf der gesunden.

Die Sache steht also bis jetzt so, dass man wohl sagen kann, dass die Empfindung des Bitteren ausschliesslich vom N. glossopharyngeus vermittelt werde, man aber nicht dasselbe von allen übrigen Geschmacksempfindungen aussagen darf. Wir werden später sehen, dass wahrscheinlich die verschiedenen Geschmacksempfindungen durch verschiedene Arten von Nervenfasern vermittelt werden, dass also auch möglicher Weise nicht alle diese verschiedenen Nervenfasern in einer Wurzel zu Tage treten. In Rücksicht auf die Geschmacksempfindung des Süssen und Sauren sind, wie gesagt, die Beobachter nicht miteinander in Einklang. Man muss bei der Empfindung des Sauren bemerken, dass diese vielleicht keine reine Geschmacksempfindung sei, sondern dass auch Gefühlsnerven mit an der Sensation des Sauren, wenigstens, wenn dieselbe stärker ist, Theil haben können. Hieran schliesst sich die Bemerkung, dass Kranke, welche die Geschmacksempfindung durch Verletzung des Lingualis verloren haben, präcis und unaufgefordert angeben, dass sie auf der einen Hälfte der Zunge nicht schmecken, während bei Geschmackslähmungen, bei denen die Sensibilität der Zunge vollständig erhalten ist, das nicht schmeckende Gebiet erst durch Versuche in seiner Ausdehnung ermittelt und begrenzt werden muss. Manchmal weiss der Kranke gar nichts von einer theilweisen Geschmackslähmung, dieselbe wird erst durch die ärztliche Untersuchung ermittelt.

Urbantschitsch hat in neuerer Zeit Beispiele gesammelt, wonach bei zahlreichen Individuen schwache Erregungen eines Sinnesnerven unter gleichzeitiger Erregung eines anderen Nerven besser als sonst wahrgenommen werden, und solche Wahrnehmungen mögen auch mit dazu beigetragen haben, den Trigeminus in den Ruf eines Hülfsnerven der Sinnesnerven zu bringen.

Die Trigeminuslähmung beim Menschen ist äusserlich nicht durch auffallende Erscheinungen charakterisirt. Im Zustande der Ruhe fällt die Lähmung der Kaumuskeln an der einen Seite nicht auf, indem der Mensch noch gerade aufeinander beisst. Man kann sich aber von der Lähmung derselben überzeugen, wenn man die Finger auf die beiden Schläfenmuskeln oder auf die beiden Masseteren setzt und nun den Kranken zu-

sammenbeissen lässt. Dann fühlt man deutlich, wie auf der gesunden Seite die Muskeln sich contrahiren, und wie sie dies auf der gelähmten Seite nicht thun. Gibt man dem Kranken etwas zu kauen, so zeigt sich die Lähmung deutlich an der ungleichmässigen Bewegung der Kiefer. Da das Kauen auf der gesunden Seite stattfindet, so wälzt der Kranke mit der Zunge die Theile des Bissens, die auf die andere Seite gerathen sind, nach der gesunden zurück. Ferner zeigt sich im Gebiete des Trigeminus Empfindungslosigkeit. Man kann förmlich an ihr die Ausbreitung der Lähmung auf Haut- und Schleimhautoberfläche abtasten und so ermitteln, ob alle Aeste gelähmt sind oder nur einer oder zwei. Dabei zeigt sich auch der Mangel der Reflexbewegungen, den wir bereits besprochen haben.

Nervus facialis seu communicans faciei.

Der Nervus facialis entspringt in der Tiefe unter dem Boden des vierten Ventrikels, etwa $4^1/_2$ Millimeter ventralwärts von demselben. Von den Ganglienzellen, aus denen er seinen Ursprung nimmt, gehören, wie bereits früher erwähnt wurde (S. 92) diejenigen, aus welchen die Fasern für den Orbicularis palpebrarum und den M. frontalis kommen, wahrscheinlich dem Facialis-Abducenskern von Meynert an. Die hier gegebene Ortsbezeichnung bezieht sich auf den auch schlechtweg Facialiskern genannten unteren Facialiskern von Meynert. Da der Nerv, nachdem er zu Tage getreten ist, sich hart an den Nervus acusticus anlagert und mit diesem in den Meatus auditorius internus eintritt, so sahen die alten Anatomen den Facialis und Acusticus als ein Nervenpaar an, das sie in eine Portio dura, den jetzigen Facialis, und eine Portio mollis, den jetzigen Acusticus eintheilten. Zwischen beiden unterschied später Wrisberg noch ein mittleres Bündel, welches dem Facialis beitritt und mit dem Namen der Portio intermedia Wrisbergii bezeichnet wird. Duval hält aus vergleichend anatomischen Gründen ihre Fasern für Geschmacksfasern, die aus einem Theil des Glossopharyngeuskerns entspringen und in die Chorda tympani übertreten. Indessen lassen sich die Geschmacksfasern der Chorda auch auf anderen Wegen vom Glossopharyngeus herleiten, so dass die Ansicht von Duval, dass die Fasern der Portio intermedia Wrisbergii Geschmacksfasern seien, zwar richtig sein kann, aber nicht richtig sein muss. Sapolini leitet die Fasern der Portio intermedia aus den Corpora restiformia und dem Funiculus innominatus her und kommt durch anatomische Präparation gleichfalls zu dem Resultate, dass sie in die Chorda tympani übergehen. Dies letztere Resultat vertritt auch Vulpian.

Der Facialis führt in seinem Verlaufe zahlreiche sensible Fasern, welche er grösstentheils dem Trigeminus, zum Theil auch dem Vagus entlehnt hat. Wenn man den Trigeminus in der Schädelhöhle durchschnitten hat, so wird der Stamm des Facialis bei seinem Austritte aus dem Foramen stylomastoideum noch nicht ganz unempfindlich gefunden. Schon Longet leitete diesen Rest von Empfindlichkeit vom Vagus her, und zu demselben Resultate ist später auch Bernard durch seine Versuche gelangt.

Der Facialis versorgt die sämmtlichen Muskeln, welche dem mimischen Ausdrucke des Gesichtes vorstehen, mit Einschluss des Buccinator. Ausserdem gibt er einen Ast zum Stylohyoideus und versorgt den hinteren Bauch des Digastricus. Dann gibt er hoch oben schon einen kleinen Ast

ab, welcher zum M. stapedius geht. Die beiden Muskeln des inneren Ohres werden also von verschiedenen Nerven versorgt: der M. mallei internus von der motorischen Portion des Trigeminus, der M. stapedius vom Facialis. Ferner gibt er Aeste ab zu den Muskeln des äusseren Ohres, zum M. occipitalis und dem Platysmamyoides, wohin übrigens auch Cervicalnerven gehen, endlich zu zwei Muskeln des Gaumensegels. Auch zur Zunge sendet der Facialis, nach Bernard und nach Vulpian, motorische Fasern, und zwar auf dem Wege der Chorda tympani. Heidenhain leugnet aber diese Fasern. Allerdings kann man nach Durchschneidung des Hypoglossus und nachdem derselbe degenerirt ist, durch Reizung der Chorda noch Bewegungen in der Zunge hervorrufen; aber sie unterscheiden sich wesentlich von solchen, die durch Reizung von Muskelnerven erzielt werden, und entstehen nach Heidenhain dadurch, dass die nicht degenerirten motorischen Endplatten des Hypoglossus bei der Chordareizung durch irgend einen nicht mit Sicherheit eruirten Vorgang indirect erregt werden. Zu den Muskeln des Gaumensegels gelangt er in der Bahn des Nervus petrosus superficialis major, der vom Genu nervi facialis kommt, den Vidischen Nerven bilden hilft und als Bestandtheil desselben in das Ganglion sphenopalatinum übergeht. Durch dieses begeben sich die Facialisfasern nach abwärts in das Gaumensegel, und zwar zum Levator palati mollis und Azygos uvulae. Beide Muskeln hat man sich beim mimischen Gesichtskrampf contrahiren sehen. Der Facialis scheint aber nicht ihr einziger Bewegungsnerv zu sein. Es haben sich bei Thieren auf Reizung der Glossopharyngeuswurzel angeblich nicht nur der Levator veli, sondern auch der Azygos uvulae contrahirt. Nach Schlemm und Wolfert gibt der Glossopharyngeus den Ramus petrosalpingostaphylinus für den gleichnamigen Muskel ab, und Sanders fand bei Facialislähmung denselben nur unvollkommen gelähmt, den M. palatoglossus und M. palatopharyngeus gar nicht, obgleich auf der kranken Seite Taubheit eingetreten war, so dass er auf eine hoch oben liegende Lähmungsursache schloss.

Der N. facialis ist ferner der Secretionsnerv der Speicheldrüsen. Bekanntlich entdeckten Ludwig und Rahn, dass die Speicheldrüsen nur dann secerniren, wenn ihre Nerven erregt werden. Sie beobachteten dies zunächst an der Glandula submaxillaris. Der Weg, den die Facialisfasern dahin nehmen, wurde später näher bestimmt als der Weg der Chorda tympani. Diese geht vom Facialis ab, macht ihren Weg durch die Trommelhöhle, legt sich an den N. lingualis an, geht von demselben wieder ab, um in das Ganglion submaxillare seu linguale Meckelii einzutreten, und von diesem gehen die Nerven in die Glandula submaxillaris hinein. Als Bernard die Chorda in der Trommelhöhle durchschnitten hatte, konnte er auf reflectorischem Wege die Secretion dieser Speicheldrüse nicht mehr anregen, er konnte sie aber noch anregen, wenn er die Chorda oder den Lingualis da, wo er mit derselben vereinigt ist, reizte.

Ausserdem gehen aber auch Fäden des Sympathicus vom carotischen Geflechte zum Ganglion maxillare, und in der That gehen auch Sympathicusfasern in die Drüse hinein, so dass man auch vom Sympathicus aus Speichelabsonderung erregen kann. Ludwig fand schon, dass der Facialis nicht der einzige Nerv sei, von welchem aus Speichelsecretion hervorgerufen werden kann. Er fand, dass dies auch durch Reizung des Sympathicus geschähe, aber in viel geringerem Grade als durch Reizung des

Facialis. Da beobachtete Czermak, dass, wenn man Speichelabsonderung durch Reizung des Facialis hervorruft und dann den Sympathicus reizt, die Secretion nun abnimmt. Sie wird nicht ganz aufgehoben, sie wird aber viel geringer als vor der Reizung des Sympathicus. Man kann sich dies so erklären, dass durch den Sympathicus der Drüse zweierlei Fasern zugehen, erstens solche, welche die Secretion erregen, und zweitens solche, welche die Gefässe verengern. Wir wissen ja, dass im Sympathicus die vasomotorischen Nerven für das Carotidensystem verlaufen. Nun hat Bernard früher gezeigt, dass, während der Facialis oder die Chorda gereizt wird und die Drüse secernirt, aus der durchschnittenen Vene das Blut reichlicher und weniger dunkelroth herausfliesst, dass es dagegen viel spärlicher und viel dunkler venös gefärbt aus der Vene der nicht secernirenden Drüse abtröpfelt. Es ist also klar, dass bei der durch den Facialis angeregten Secretion das Blut reichlicher durch die Gefässe der Drüse hindurchfliesst, und zwar mit einer gewissen Geschwindigkeit, was sich darin zeigt, dass das Blut so unvollständig desoxydirt wurde. Wenn nun durch die Reizung des Sympathicus die Gefässe sich zusammenziehen, so wird dadurch die Blutzufuhr zur Drüse vermindert und daher die Secretion, die durch den Facialis eingeleitet wurde, beeinträchtigt. Schwieriger ist es zu erklären, dass, wie angegeben wird, durch Reizung des Sympathicus bei gleichzeitiger Reizung der Chorda oder des Facialis die Secretion unter dasjenige Maass herabgedrückt werden kann, welches durch Reizung des Sympathicus allein erreicht wird.

Eckhard und später Grützner fanden, dass auch durch Reizung der Medulla oblongata Speichelsecretion hervorgebracht werden kann, so lange die Chorda erhalten ist stärkere, nach ihrer Durchschneidung schwächere. Ist auch noch der Sympathicus durchschnitten, so erhält man gar keine Secretion mehr. Es können hiernach nicht nur die durch den Facialis gehenden, sondern auch die durch den Sympathicus gehenden Secretionsnerven der Glandula submaxillaris von der Medulla oblongata aus erregt werden.

Der Facialis ist aber nicht blos der Secretionsnerv für die Submaxillaris, sondern auch für die Sublingualis. Nach den Untersuchungen, welche in Heidenhain's Laboratorium von Nawrocki angestellt worden sind, sendet er auch Secretionsfasern zur Parotis, und zwar durch den N. petrosus superficialis minor in das Ganglion oticum und von da in den N. auriculotemporalis, von wo aus sie zur Parotis verlaufen. Diesem widerspricht Vulpian. Er sah auf directe Reizung der Facialiswurzel nur die Submaxillaris und Sublingualis secerniren; wenn er dagegen die Glossopharyngeuswurzel reizte, so secernirte die Parotis. Dabei erweiterten sich die Gefässe hinter den Papillae circumvallatae, während kräftige Facialisreizung Gefässerweiterung in den vorderen zwei Dritttheilen der Zunge hervorrief.

Heidenhain nimmt für die Speicheldrüsen zweierlei Secretionsnerven an: Secretionsnerven im engeren Sinne, die wesentlich Wasserübertritt in die Drüse vermitteln, sie sollen grösstentheils im Facialis verlaufen, und trophische, d. h. solche, die die Umsetzung der Substanz der Secretionszellen in Secretionsbestandtheile vermitteln, und diese sollen grösstentheils im Sympathicus verlaufen. Es ist ihm in der That gelungen, durch Reizung des Halssympathicus in der Parotis sichtbare Veränderungen hervorzurufen. Die Zellen wurden trübe und ihre Begrenzungen weniger

deutlich, dabei trat ein gewisser Grad von Schrumpfung, von Verkleinerung ein, entsprechend der grösseren Menge von organischer Substanz, die in das Secret überging.

Wir haben gesehen, dass schon Bernard wahrnahm, wie bei Reizung der Chorda tympani das Blut aus der durchschnittenen Vene der Glandula submaxillaris reichlicher und heller roth floss. Vulpian hat später gefunden, dass sich zugleich die Zunge auf derselben Seite reichlicher mit Blut anfüllt und dabei die Vena ranina, wenn sie angeschnitten wird, dieselbe Erscheinung zeigt wie die Vene der Glandula submaxillaris. Die Gefässe erweitern sich also, wenn die Chorda gereizt wird. Wenn sie keine Muskelfasern haben, welche sie erweitern können, so bleibt uns nur übrig anzunehmen, dass gewisse Chordafasern den vasomotorischen Nerven gegenüber hemmend wirken und so den Tonus, das heisst den gewöhnlichen Contractionsgrad der Gefässmuskeln, temporär herabsetzen.

Die Lähmung des N. facialis zeigt sich in sehr auffallenden Erscheinungen. Zunächst ist es klar, dass die Muskeln, welche den mimischen Gesichtsausdruck vermitteln, auf der kranken Seite gelähmt sind. Die Folge davon ist, dass an der gelähmten Seite die Stirne glätter erscheint, dass der Nasenflügel daselbst abgeflacht, dass die Mundspalte um etwas nach der andern Seite herübergezogen ist. Diese Erscheinungen werden viel auffälliger, wenn der Kranke zu sprechen oder zu lachen anfängt, indem sich dann die Muskeln der gesunden Seite activ zusammenziehen und so die Mundspalte nach der gesunden Seite herüberzerren. Das Auge kann nicht geschlossen werden, weil der M. orbicularis palpebrarum seinen Dienst versagt. Es ist dies der sogenannte Lagophthalmus paralyticus. Der Kranke kann also auch nicht sein Auge durch Blinzeln abwischen. Er muss durch Contraction des M. rectus superior das Auge nach auswärts rollen, um es unter das obere Augenlid zu bringen. Schiefstellung des Gaumensegels, namentlich der Uvula, ist in einigen, aber nicht in allen Fällen beobachtet worden. Es ist dies begreiflich, weil die meisten Facialislähmungen ihren Grund haben in einer Compression, welche der Nerv irgendwo während seines langen Verlaufes durch den Canalis Fallopiae erleidet, die Nerven für das Gaumensegel aber schon vom Genu nervi facialis abgehen. Es sind überhaupt die Angaben über Schiefstellung der Uvula in jedem einzelnen Falle mit Vorsicht aufzunehmen. Die Einen geben an, die Uvula sei nach der kranken, die Andern, sie sei nach der gesunden Seite abgelenkt gewesen. Es ist möglich, dass dies wirklich in verschiedenen Innervationsstörungen seinen Grund hat. Es ist aber auch möglich, dass bei einem Theile der betroffenen Individuen die Uvula von vorneherein schief gestanden hatte. Untersucht man den Rachen bei verschiedenen Personen, so wird man viele finden, bei denen die Uvula nicht in der Mittellinie steht, sondern nach der einen oder anderen Seite geneigt ist. Die Schlingbeschwerden, die etwa durch Lähmung des Gaumensegels hervorgerufen werden könnten, sind entweder gar nicht vorhanden gewesen oder waren von keiner besonderen Bedeutung.

Eine sehr merkwürdige Complication mancher Facialislähmungen ist theilweise Geschmackslähmung. Man kennt sie bis jetzt nur an solchen Fällen, in denen der Facialis comprimirt war in einer Höhe, in der er die Chorda tympani noch nicht abgegeben hatte. Wir werden von ihr noch beim Nervus glossopharyngeus sprechen.

Auch Gehörsstörungen sind beobachtet worden. Bei Einigen heisst es, die Kranken hätten auf der gelähmten Seite schlechter gehört oder seien taub gewesen, was auf Compression des Acusticus zu beziehen ist. In anderen Fällen soll aber die sogenannte Hyperacusis Willisiana beobachtet worden sein, das heisst eine eigenthümliche, schmerzhafte Empfindlichkeit gegen stärkere Töne und Geräusche, was vom Schlottern des Steigbügels im ovalen Fenster abgeleitet wird. Es muss aber bemerkt werden, dass dies nur selten beobachtet wurde, was vielleicht damit zusammenhängt, dass der N. stapedius verhältnissmässig hoch oben vom Facialis abgeht. In neuerer Zeit ist in ein paar Fällen auch Steigerung der Gehörschärfe für tiefe Töne beobachtet worden.

Die Lähmung des Facialis ist wegen des Verlaufes des Nerven durch einen langen engen Knochenkanal bei Weitem die häufigste von allen Hirnnervenlähmungen. Da sie schon durch blosse Schwellung der Beinhaut in demselben zu Stande kommt, so ist die Prognose im Allgemeinen eine günstigere und gibt nicht zu den düsteren Rückschlüssen Veranlassung, zu welchen die Lähmungen anderer Hirnnerven zumeist auffordern. Wenn indessen die Lähmung des Facialis eine bleibende ist, dann ist sie keineswegs ein so unbedeutendes Uebel. Abgesehen von der Entstellung, die sie mit sich bringt, und die sich im Laufe der Zeit noch vermehrt, indem die gelähmten Theile immer mehr schlaff und hängend werden, kann sie mit der Zeit das Auge benachtheiligen, weil es nicht in seiner gewöhnlichen Weise durch das obere Augenlid geschützt ist. Namentlich ist Thränenträufeln und Neigung zu Entzündungen der Bindehaut als häufige Folgeerscheinung beobachtet worden. Auch der mangelhafte Lippenverschluss und in Folge davon leichtes Verschütten von Getränk ist den Betroffenen oft sehr lästig. Goldzieher beobachtete an einer Kranken mit Facialislähmung, dass, wenn sie weinte, die Thränen nur auf der gesunden Seite flossen. Später, als die Lähmung gewichen war, weinten wieder beide Augen.

In der Jugend erworbene und bleibende Facialislähmung zieht noch andere Folgen nach sich.

Ich habe im April des Jahres 1872 zwei Kaninchen, die bis auf etwas mehr als die Hälfte ihrer späteren Länge erwachsen waren, den Facialis auf einer Seite ausgerissen und habe sie dann aufwachsen lassen. Im Laufe des Winters sind sie von Herrn Schauta untersucht worden, und zwar erst lebend, dann todt, um die Veränderungen zu constatiren, die am Kopfe derselben zu beobachten waren. Es zeigte sich zunächst an diesen Thieren eine auffallende Veränderung des Gesichtes. Die Mundspalte war nicht nach der gesunden Seite verzogen, wie dies bei Menschen mit Facialislähmungen der Fall ist, sondern es war die Mundspalte und die ganze Schnauze nach der gelähmten Seite hingerückt. Auch die Vorderzähne sowohl im Oberkiefer als im Unterkiefer standen schief. Als die Thiere, um sie besser mit dem elektrischen Strome untersuchen zu können, rasirt worden waren, fanden sich auf der kranken Seite Falten, welche senkrecht standen auf einer Linie, die man sich vom Auge zum Mundwinkel gezogen denkt. Die Haut war also nicht zu kurz, es musste etwas unter der Haut liegen, was das Maul herüberzog. Bei der Untersuchung mit dem elektrischen Strome zeigte sich die gelähmte Seite im hohen Grade unterempfindlich gegen Inductionsströme, dagegen zeigte sie

sich im mässigen Grade überempfindlich gegen das Schliessen und Oeffnen eines constanten Stromes. Es stimmt dies ganz mit den Beobachtungen überein, welche zuerst Beierlacher und dann Benedict Schulz über ältere Facialislähmungen am Menschen veröffentlicht haben. Wir wissen jetzt, dass die Unterempfindlichkeit davon herrührt, dass die nervenlosen Muskeln zwar durch elektrische Ströme erregt werden, dass sie aber durch so kurzdauernde elektrische Ströme, wie die Inductionsströme, viel schwerer erregt werden als die Nerven und also auch als solche Muskeln, deren Nerven noch erregbar sind (vergl. Bd. I, S. 499). Nachdem diese Untersuchungen am lebenden Kaninchen beendet waren, wurden die Thiere getödtet und zunächst die Muskeln untersucht. Bei dem einen Kaninchen war der Querschnitt der Muskeln auf der kranken Seite nicht wesentlich verschieden von dem der Muskeln der gesunden Seite, und es zeigten sich auch keine Erscheinungen von Atrophie oder Entartung an denselben. Anders verhielt es sich mit dem andern Kaninchen, das zwei Monate länger nach der Operation gelebt hatte. Bei diesem waren die Muskeln der gelähmten Seite dünn und atrophisch, und es zeigte sich auch in der mikroskopischen Structur die regressive Metamorphose deutlich ausgeprägt. Es hatte also hier die Ernährung der Muskeln die Integrität der Nerven sehr lange Zeit überdauert. Die Nerven degeneriren bei warmblütigen Thieren und beim Menschen im Laufe der ersten oder am Anfange der zweiten Woche, wenn so exscindirt wurde, dass sie sich nicht wieder mit den Stämmen, von denen sie getrennt wurden, vereinigen können.

Die Speicheldrüsen waren auf der gelähmten Seite kleiner und leichter als auf der andern, so dass demnach ihre Entwickelung unter der frühzeitigen Zerstörung ihres Hauptsecretionsnerven gelitten hatte.

Das Auffallendste und Räthselhafteste war eine Veränderung in dem Knochenbaue des ganzen Schädels. Es war der Schädel gewissermassen nach der gelähmten Seite gekrümmt, das heisst, wenn man sich die Mittelebene durch den Schädel gelegt denkt, so war diese bei den operirten Thieren keine Ebene, sondern eine Fläche, welche nach der gesunden Seite convex, nach der kranken concav war. Diese Veränderung war an beiden Schädeln wahrnehmbar, und zwar sowohl am Ober-, als am Unterkiefer. An dem einen Schädel war sie auffallender als an dem andern. Aehnliche Beobachtungen waren schon früher von Brown-Séquard (1853) und von Lussana und Vlacovich gemacht worden, und dieselben hatten gefunden, dass die Verzerrung der Weichtheile nach der gelähmten Seite bei Kaninchen ziemlich bald nach der Operation eintritt.

Nervus glossopharyngeus.

Der Kern dieses Nerven liegt vor dem des Vagus, das heisst, wenn man vom Rückenmarke gegen das Hirn rechnet, nach aufwärts vom Vaguskerne, so dass er eine Fortsetzung desselben genannt werden kann. Er liegt nicht so oberflächlich wie dieser, sondern etwas tiefer. Er besteht nach H. Obersteiner aus drei verschiedenen Zellengruppen, entsprechend den drei später aufzuzählenden Functionen der Nerven. Von den zu Tage tretenden Wurzelfasern des N. glossopharyngeus, die nach H. Obersteiner noch durch den grössten Theil der Fasern des, seinem Ursprunge nach nicht sicher bekannten Solitärbündels von Stilling verstärkt werden,

bildet ein Theil ein kleines Ganglion, während der andere Theil der Fasern an diesem Ganglion vorübergeht und sich daran nicht betheiligt. Dieses kleine, stecknadelkopfgrosse Ganglion ist von Ehrenritter entdeckt worden. Es gerieth dann in Vergessenheit und wurde später von Johannes Müller wieder gefunden. Es führt den Namen des Ehrenritter-Müller'schen Ganglions. Dann bildet der Glossopharyngeus in der Fossula petrosa das Ganglion petrosum seu Anderschii.

In Rücksicht auf diese Ursprungsweise hat sich ein Streit darüber erhoben, ob der Glossopharyngeus ein gemischter Nerv sei, d. h. gemischt aus centripetal- und centrifugalleitenden Bahnen, oder ob er ausschliesslich aus centripetalleitenden Bahnen bestehe. Die letztere Ansicht war die herrschende, als Johannes Müller dafür eintrat, dass der Glossopharyngeus ein gemischter Nerv sei. Er berief sich wesentlich darauf, dass das von ihm wieder entdeckte Ganglion das eigentliche Wurzelganglion des Nerven sei, und dass es nur einen Theil der Fasern umfasst, während die anderen an demselben vorbeigehen. Longet erklärte sich später wieder für die alte Ansicht und berief sich darauf, dass alle Fasern des N. glossopharyngeus aus der Verlängerung des Sulcus collateralis posterior austreten, und dass er ja auch ein zweites Ganglion bilde, und wenn ein Theil der Fasern sich wirklich nicht an dem Ganglion betheilige, so könne dies daher rühren, dass der N. glossopharyngeus gemischt sei, aber nicht aus einem sensiblen und einem motorischen, sondern aus einem Tastnerven und einem Geschmacksnerven. Es sei ja nicht sicher, dass die Geschmacksnerven sich, wie die hinteren Rückenmarkswurzeln, an der Bildung eines Wurzelganglions betheiligen.

Bis dahin hatte man nur immer die Reizversuche am Halstheile des Glossopharyngeus vorgenommen. Es konnte also ungewiss sein, ob die Muskelcontractionen, die man hier erzielt hatte, wirklich von den Fasern des letzteren herrühren oder nicht. Jetzt muss man, wenn man nicht geradezu die Angaben guter und gewissenhafter Beobachter leugnen will, zugeben, dass die Ansicht von Johannes Müller die richtige ist, indem angegeben wird, dass auf Reizung der Wurzel Contraction im M. stylopharyngeus, im Constrictor pharyngis medius, im Levator palati mollis und im Azygos uvulae erzielt worden seien. Wir sehen hier also eine zweite Quelle für die motorische Innervation des weichen Gaumens, die erste haben wir im N. facialis kennen gelernt.

Im Uebrigen ist der N. glossopharyngeus wenigstens in Rücksicht auf seinen Zungenast vor Allem Geschmacksnerv. Er verbreitet sich vorwiegend im hinteren Dritttheile der Zunge und versieht die Papillae circumvallatae. Er gibt aber auch einen von Hirschfeld entdeckten Ast ab, der in der Zunge fortläuft und bis an den vordersten Theil derselben gelangt. Wir haben ferner gesehen, dass auch der Ramus lingualis N. trigemini wahrscheinlich der Zunge Glossopharyngeusfasern zuführt. In einem von K. B. Lehmann beobachteten Falle von Fractur der Schädelbasis war die Empfindlichkeit der ganzen Zunge vollständig erhalten, während auf der linken Seite die Geschmacksempfindung überall fehlte, mit Ausnahme der Spitze, wo sie auch etwas geringer war als auf der anderen Seite, und der Glossopharyngeus wird von Vielen für den ausschliesslichen Geschmacksnerven gehalten. In Rücksicht auf die Geschmacksempfindung des Bitteren ist hierüber auch kein Zweifel vorhanden. Nicht ganz so steht es, wie

bereits erwähnt wurde, in Rücksicht auf die Empfindung des Süssen und Sauren, indem nach einigen Beobachtern Individuen, bei denen der Trigeminus, nicht aber der Glossopharyngeus gelähmt war, süsse und saure Substanzen auf der gelähmten Seite schwächer schmeckten als auf der gesunden. Ferner erzählt Bernard von einem Falle von Facialislähmung, in dem Citronensäure, die man auf die gesunde Seite einstrich, schneller als auf der kranken Seite gespürt wurde. Bernard leitet dies von der Lähmung der Chorda tympani ab, und er gibt an, dass, wenn er Hunden die Chorda tympani in der Trommelhöhle zerstört hatte, sie auf die kranke Seite gebrachte Weinsäure weniger rasch bemerkten als auf der gesunden Seite. Auch von Duchenne und von Romberg sind Fälle beschrieben worden, welche für eine Betheiligung der Chorda an den Geschmacksempfindungen sprechen. O. Wolf durchschnitt in einem Falle beim Menschen die Chorda in der Paukenhöhle. Die Vorderzunge verlor auf derselben Seite die Geschmacksempfindung von der Spitze an in der Länge von zwei Centimetern, in der Mittellinie gemessen. Zugleich verschwand nach Wolf in diesem Gebiete die Temperaturempfindung und die Tastempfindung, insofern als rauhe Gegenstände wie glatt gefühlt wurden. Wir haben schon früher beim Nervus facialis Erscheinungen besprochen, welche hierher gehören. Wenn auch sicher Geschmacksfasern in der Chorda tympani verlaufen und durch diese zur Zunge gelangen, so muss doch ihr Ursprung noch als unbekannt bezeichnet werden. Keinesfalls kann derselbe in der Facialiswurzel gesucht werden, mit grösserer Wahrscheinlichkeit in der des Glossopharyngeus oder doch in deren Kern, und zwar, wie schon früher erwähnt, so, dass sie sich durch die Portio intermedia Wrisbergii aus dem Glossopharyngeuskern herleiten, oder so, dass sie ihren Weg vom N. glossopharyngeus zunächst durch den Plexus tympanicus genommen haben und dann das Genu nervi facialis passirend zur Chorda gelangt sind, oder absteigend durch den N. petrosus superficialis minor zum Ganglion oticum und von diesem entweder direct in den Stamm des N. lingualis oder auf dem Umwege durch die Chorda. Die zahlreichen Fälle von Geschmacksanomalien bei Erkrankungen der Paukenhöhle weisen gleichfalls deutlich auf Geschmacksfasern in der Chorda oder im Plexus tympanicus oder mit mehr Wahrscheinlichkeit in beiden hin. Sie sind in neuerer Zeit von V. Urbantschitsch gesammelt und durch eigene Beobachtungen vermehrt worden. Auch sind beim Ausspritzen der Paukenhöhle subjective Geschmacksempfindungen beobachtet worden.

Man kann kaum zweifeln, dass der N. glossopharyngeus auch ein Empfindungsnerv sei, einerseits in Rücksicht auf die Aeste, welche zur Wurzel der Zunge gehen, namentlich aber in Rücksicht auf seinen Schlundtheil. Dieser verflicht sich so mit den Aesten des Vagus, dass es schwer ist, die Functionen beider Nerven hier von einander zu trennen. Wir werden die Reflexbewegungen, die hier ausgelöst werden, nicht beim Glossopharyngeus, sondern beim Vagus abhandeln, obgleich es sich nicht mit Sicherheit sagen lässt, ob sie diesem ausschliesslich zugehören. Der Glossopharyngeus gilt ferner auch für den Hauptempfindungsnerven der Tuba Eustachii und der Trommelhöhle.

Nach Vulpian führt Reizung des N. glossopharyngeus Blutüberfüllung des hinteren Theiles der Zunge herbei. Er schreibt ihm deshalb vasodilatatorische Fasern für die hier verlaufenden Gefässe zu, das heisst

solche, welche den Zusammenziehungsgrad ihrer Muskeln herabsetzen. Auch stammen nach Vulpian die Secretionsnerven der Parotis, wie ich bereits früher erwähnt habe, aus dem Glossopharyngeus.

Nach den Untersuchungen von Kronecker und Melzer kann durch Reizung des N. glossopharyngeus die Auslösung von Schluckbewegungen gehemmt werden.

Nervus vagus und Nervus accessorius Willisii.

Wir müssen diese Nerven im Zusammenhange betrachten, weil ein Theil des Accessorius in seinem Verlaufe so mit dem Vagus verbunden ist, dass wir ihre Functionen nicht überall von einander trennen können. Dieser Theil, es ist der, welcher aus der Medulla oblongata entspringt, wurde von Willis gar nicht zum Accessorius gerechnet, sondern zum Vagus, und Holl hält diese Auffassung auf Grund seiner anatomischen Untersuchungen für die natürlichere. Im Folgenden bediene ich mich der Nomenclatur der gangbaren Lehrbücher. Der, welcher die ursprüngliche von Willis vorzieht, hat für Ausdrücke „innerer Ast des Accessorius", „Medulla oblongata-Wurzeln des Accessorius", den Ausdruck: „Untere getrennte Vaguswurzeln" zu substituiren. Ueber den Ursprung des Vagus in der Medulla oblongata haben wir bereits gesprochen. Der N. accessorius entspringt abweichend von allen übrigen Nerven, indem er weder wie die hinteren Wurzeln, noch wie die vorderen zu Tage tritt, sondern zwischen den hinteren und vorderen Wurzeln der Spinalnerven. Seine Fasern, die im Rückenmarke zerstreut in den Seitensträngen verlaufen, sammeln sich gegen die Oberfläche der letzteren und treten hier zu Tage. Der centrale Verlauf dieser Fasern ist schief nach abwärts gerichtet, wie dies schon der äusserliche Verlauf der Accessoriuswurzeln andeutet, namentlich des Theiles; der seinen Ursprung aus dem Rückenmarke nimmt. Ja, man ist sogar der Meinung, dass die letzten Accessoriuswurzeln ihren Ursprung tief unten im Brusttheile des Rückenmarkes haben.

Der Accessorius charakterisirt sich als ein motorischer Nerv. Man hat die Wurzeln desselben zwar auch empfindlich gefunden, aber Bernard, der übrigens diese Sensibilität bestätigt, hält sie für eine recurrirende und leitet sie von Fasern sensibler Rückenmarksnerven ab, die sich an die Wurzeln des Accessorius anlegen. Der Accessorius theilt sich in einen vorderen oder inneren und in einen hinteren oder äusseren Ast. Letzterer durchbohrt den Sternocleidomastoideus, gibt ihm Aeste und verzeigt sich dann im Cucullaris. Der vordere innere Ast tritt in die Scheide des N. vagus. Wir müssen deshalb seine motorischen Eigenschaften im Zusammenhange mit denen des Vagus betrachten.

Die erste Frage, die sich uns aufdrängt, ist die, ob der Vagus in seiner Wurzel motorische Fasern führt, ob er nicht ein rein sensibler Nerv ist. Nach der älteren Ansicht, die von Bischoff und Longet vertreten wird, wäre dies der Fall, und der Accessorius wäre die motorische Portion des Vagus. In neuerer Zeit ist man aber zu anderen Resultaten gekommen, indem man durch Reizung des Vagus an der Wurzel desselben Muskelzusammenziehungen erhalten hat, und zwar im Constrictor pharyngis superior, medius und inferior, endlich auch im Oesophagus bis auf den Magen hinab, ferner im Levator palati mollis, im Palatopharyngeus und

Azygos uvulae. Es muss bemerkt werden, dass, wie erwähnt, zweien dieser Muskeln des weichen Gaumens auch Nerven vom Facialis und vom Glossopharyngeus zukommen.

Es liegt uns nun ob, die motorische Wirkung des N. vagus und des N. accessorius so viel als möglich von einander zu sondern. Zunächst also, wie verhält es sich mit den Bewegungen im Schlunde und im Oesophagus? Wenn einem Thiere die beiden N. vagi am Halse durchschnitten sind, so füllt sich sein Oesophagus vollständig mit Speisen an, indem es ihm unmöglich ist, dieselben in den Magen hinabzubringen. Man kann darüber einen sehr lehrreichen Versuch anstellen. Man füttert ein Kaninchen längere Zeit mit einem und demselben Futter, so dass sich im Magen kein anderes Futter als dieses befindet. Hierauf, nachdem die Vagi durchschnitten worden sind, gibt man ihm ein anderes, und zwar ein leicht kenntliches Futter, z. B. blauen Kohl oder gelbe Rüben. Dem Thiere fällt dabei häufig, weil ihm die Reflexe fehlen, ein Theil des Futters in die Respirationswege und es geht suffocatorisch zu Grunde. Geschieht dies nicht, so tödtet man es und findet dann den Oesophagus bis zur Cardia hin mit dem neuen Futter angefüllt, dagegen im Magen nicht die geringste Quantität desselben. Bei Vögeln kann man sehr gut von einer Wunde aus, die man im Nacken macht, die beiden Vagi durchschneiden. Hat man dies gethan, so frisst das Thier wie gewöhnlich, aber es füllt sich nur den Kropf an, in den Magen gelangt nichts. Man könnte glauben, dies hänge damit zusammen, dass die Reflexe fehlen, die beim Schlingen nöthig sind, während die eigentlichen Bewegungen, als solche, vom Accessorius vermittelt würden. Das ist aber nach Bernard's Versuchen nicht der Fall. Wenn die Muskeln des Oesophagus vom Accessorius innervirt würden, so müsste auch das Schlingen unmöglich werden, wenn der Accessorius auf beiden Seiten ausgerissen wird. Bernard hat ihn aber auf beiden Seiten ausgerissen und die Thiere waren nichtsdestoweniger im Stande, aus der Mundhöhle bis in den Magen hinab zu schlingen. Man muss also demnach sagen, dass zwar der Accessorius auch Muskeln innervirt, die beim Schlingen thätig sind — denn es ist Beschwerlichkeit im Schlingen auch am Menschen bei Accessoriuslähmung beobachtet — dass aber der Oesophagus vom N. vagus innervirt wird, so dass die Beendigung des Schlingactes wesentlich durch motorische Wirkung des N. vagus erfolgt. Das Ablaufen der Contraction über den Oesophagus erfolgt dabei nicht durch Fortpflanzung der Erregung in der Musculatur als solcher und auch nicht durch ein in der Wand des Oesophagus liegendes Ganglionsystem; es erfolgt eine Reihe von Reflexen, die in typischer Folge im Centralorgane ausgelöst werden, denn einerseits werden durch theilweise Durchschneidung der Nerven, welche zum Oesophagus treten, entsprechende Abschnitte desselben gelähmt, andererseits hat Mosso den Oesophagus ganz durchschnitten, ja ein Stück aus demselben ausgeschnitten, und doch pflanzte sich ein im Schlunde erregter Schlingact bis zum Magen fort.

Bernard hat Thiere, denen der Accessorius ausgerissen war, längere Zeit am Leben erhalten. Die Speisen mussten also aus dem Magen fortgeschafft worden sein, und dies rechtfertigt die Annahme, dass der Vagus auch der Bewegungsnerv des Magens sei. Es muss hier noch ein älterer Versuch von Budge erwähnt werden, der in Folgendem besteht. Man legt einem Kaninchen das kleine Gehirn bloss, nimmt ihm Herz, Lungen und

Zwerchfell heraus, so dass der Oesophagus und der Magen ganz frei liegt. Nun reizt man das kleine Gehirn elektrisch und sieht eine Contraction ablaufen, die im Schlunde beginnt, über den Oesophagus hingeht und sich über den Magen erstreckt. Das tritt jedesmal ein, so oft die Elektroden an das kleine Gehirn angelegt werden. Wenn man aber die Vagi durchschneidet, so hört diese Wirkung auf, zum Zeichen, dass dieselbe durch den Weg des Vagus zum Magen hingeführt worden ist.

Der N. vagus ist auch für den Secretionsnerven des Magens gehalten worden. Es wurde behauptet, dass, wenn die N. vagi durchschnitten seien, kein saurer Magensaft mehr abgesondert werde. Es steht dies aber im directen Widerspruche mit den Versuchen von Bidder und Schmidt und ebenso mit den von mir angestellten. Bidder und Schmidt haben bei Säugethieren die Vagi durchschnitten und hinterher nicht nur gefunden, dass noch saurer Magensaft abgesondert wurde, sondern sie haben selbst den Säuregrad desselben numerisch bestimmt. Ich habe ähnliche Versuche an Tauben und Hühnern gemacht und habe nichtsdestoweniger auch mehrere Tage nachher noch stark sauren Magensaft im Magen gefunden, dagegen niemals unverdaute Speisenreste, was doch der Fall sein müsste, wenn nach Durchschneidung der Vagi die Verdauung sistirt würde. Nach Versuchen, die später von Pinkus angestellt wurden, soll der Magensaft alkalisch werden, wenn die Vagi im Foramen oesophageum durchschnitten worden sind. Hiernach würden also dem Vagus in seinem Verlaufe die Secretionsfasern für die Labdrüsen beigesellt werden. Diese Fasern sollen aus dem Sympathicus entspringen, in den sie wahrscheinlich durch Rami communicantes eintreten.

Der Vagus und Accessorius geben auch die Bewegungsnerven für den Kehlkopf ab und es entsteht somit die Frage: wie theilen sie sich in Rücksicht auf die Innervation der Kehlkopfmuskeln? Nach der einen Ansicht, die von Bischoff aufgestellt und von Longet bestätigt wurde, ist der Accessorius der ausschliessliche Bewegungsnerv des Kehlkopfs, und der Vagus schickt nur sensible Fasern zu demselben. Sie berufen sich darauf, dass bei Ziegen, denen sie die Wurzeln des Accessorius durchschnitten, die Muskeln des Kehlkopfs sämmtlich und vollständig gelähmt waren. Anders sind die Angaben von Bernard, der sagt, dass nach Ausreissung der beiden Accessorii die Thiere zwar vollkommen stimmlos gewesen seien, dass aber der Kehlkopf wie bei der Inspiration offen gestanden. Wenn er dagegen den N. vagus am Halse durchschnitten hätte, wo er die Accessorius- und die Vagusfasern zusammenführt, dann seien alle Kehlkopfmuskeln gelähmt gewesen, und die Stimmritze sei nicht dauernd offen gestanden, sondern die Stimmbänder hätten geschlottert. Er schliesst hieraus, dass die Kehlkopfmuskeln sowohl vom Accessorius, als vom Vagus motorische Fasern bekommen, dass die Fasern, die vom Accessorius kommen, wesentlich zur Stimmbildung dienen, und er bezeichnet ihn deshalb als den Stimmnerven des Kehlkopfs, dass dagegen die Fasern, welche vom Vagus kommen, die Muskeln innerviren, welche bei der Inspiration die Stimmritze erweitern, damit die Luft frei einströmen könne.

Es sind vielfältige Versuche darüber angestellt worden, ob die eine oder die andere Ansicht die richtige sei, man ist aber noch nicht zu übereinstimmenden Resultaten gekommen, und es scheint fast, als ob die Schuld nicht nur an den verschiedenen Beobachtern, sondern wesentlich an

Verschiedenheiten zwischen den Thieren, an welchen man experimentirte, lag, so dass man sich also keinen bestimmten Schluss auf die Anordnung der Fasern und die Innervation der einzelnen Muskeln im menschlichen Kehlkopfe erlauben darf. Vielleicht sind auch Wurzelfasern, welche von den Einen noch zum Accessorius gerechnet wurden, von Anderen schon zum Vagus gezählt, denn es handelt sich hier gerade um die obersten der Vaguswurzel zunächst liegenden Ursprungsfäden des Accessorius. Von den tiefer entspringenden, namentlich von den im Rückenmarke, nicht mehr in der Medulla oblongata, entspringenden, weiss man mit Sicherheit, dass sie überhaupt keine Fasern zu den Kehlkopfmuskeln senden.

Zum Kehlkopfe gehen bekanntermassen zwei grössere Aeste des Vagus, der Laryngeus superior und der Laryngeus inferior seu N. laryngeus recurrens. Dieser letztere war schon Galen als ein wichtiger Nerv für die Stimmbildung bekannt, indem er fand, dass Schweine nicht mehr schreien konnten, wenn er die Recurrentes umschnürt hatte. Dieser ist es auch in der That, welcher die Hauptmasse der Muskelnerven für den Kehlkopf abgibt. Der Laryngeus superior ist grösstentheils Empfindungsnerv. Er theilt sich in einen kleineren, äusseren Ast, der ist ein Muskelnerv und geht zum M. cricothyreoideus und M. cricoarytaenoideus lateralis, und in einen inneren Ast, der die Membrana hyothyreoidea durchbohrt und sich in der Schleimhaut des Kehlkopfs verzweigt, indem er hier die Empfindungen und die Reflexbewegungen vermittelt. Der M. cricothyreoideus erhält ausserdem den von S. Exner entdeckten, aus dem Ramus pharyngeus N. vagi stammenden, beim Menschen sehr dünnen N. laryngeus medius, und die Musculi arytaenoidei, sowie der cricoarytaenoideus posticus erhalten nach demselben Autor ausser ihren Aesten vom N. laryngeus recurrens noch Aeste vom N. laryngeus superior. Auch beschränken sich nach ihm die Nerven nicht auf ihre Seite, sondern überschreiten die Mittelebene, so dass beim Thyreoarytaenoideus internus, bei den arytaenoidei transversi und obliqui und selbst beim cricothyreoideus die durch einseitige Nervendurchschneidung hervorgerufenen Degenerationen auch auf die andere Seite hinübergreifen. Wenn die Recurrentes laryngis durchschnitten sind, der Laryngeus superior und medius aber noch vorhanden, so sind die inneren Kehlkopfmuskeln, so weit sie nicht von diesen Nerven versorgt werden, gelähmt; aber da der M. cricothyreoideus nicht gelähmt ist, zieht dieser den Schildknorpel nach sich und spannt auf diese Weise die Stimmbänder an.

Der N. vagus verzweigt sich auch in den Bronchien und im Lungengewebe, und man nimmt deshalb an, dass die motorischen Fasern, welche er führt, auch zur Innervation der glatten Muskelfasern, die sich in den Bronchien und im Lungengewebe befinden, dienen.

Der N. vagus führt in seinem Stamme ausser seinen motorischen Impulsen noch einen anderen centrifugal laufenden Impuls, einen Hemmungsimpuls. Er führt nämlich Hemmungsnerven für das Herz. Eduard Weber entdeckte vor einer Reihe von Jahren, dass, wenn man die N. vagi irgend eines Thieres am Halse durchschneidet, das Herz in einem schnelleren Rhythmus schlägt, als es vorher geschlagen, und dass, wenn man die peripherischen Stümpfe der durchschnittenen Vagi reizt, das Herz langsamer schlägt, und wenn die Reizung stärker ist, sogar stille steht. Dasselbe Resultat kann man durch Reizung jedes der beiden Vagi einzeln

erhalten; aber der rechte Vagus ist der wirksamere. Dies wurde zuerst von A. B. Meyer an der gemeinen Flussschildkröte (Emys Europaea) beobachtet, bei der der Unterschied besonders auffallend ist.

Das Herz steht still in der Diastole. Das also, was hier hervorgerufen wird, ist eine wirkliche Hemmung. Es stehen alle Theile des Herzens in der Diastole still, so dass man die Sache nicht so auffassen kann, als ob das Herz in irgend einer Phase seiner Contraction festgehalten würde. Wenn man an einer Schildkröte, an der sich diese Versuche wegen der Grösse des Herzens und ihrer Lebenszähigkeit besonders gut anstellen lassen, die Vagi reizt und den Ventrikel abschneidet, so stehen die Vorhöfe noch still. Schneidet man auch diese weg, so sieht man, dass die Vena cava und die sogenannten Venae subclaviae, welche bei der Schildkröte die Vena cava superior ersetzen, in der Diastole still stehen. Der Stillstand tritt nicht sofort bei Beginn der Reizung ein, sondern es dauert eine Zeit lang, ehe er eintritt. Hat der Reiz aufgehört, so überdauert der Stillstand das Aufhören desselben einige Zeit, und dann fängt das Herz an mit einer kräftigen Contraction und setzt sich allmälig in seinen gewöhnlichen Rhythmus.

Der Herzstillstand auf Vagusreizung ist auch am Menschen beobachtet worden, und zwar zuerst in Wien in einem pathologischen Falle. Es kam zu einem hiesigen Arzte ein Kranker, der ihm klagte, er habe von Zeit zu Zeit das Gefühl heftiger Angst, und während dieser Zeit stehe ihm das Herz still. Später kam er zur Obduction, und bei dieser zeigte es sich, dass der eine Vagus in ein Paquet geschwellter Lymphdrüsen derart eingeschlossen war, dass er unter gewissen Umständen gedrückt oder gezerrt werden konnte, was eine Reizung desselben und in Folge davon den Herzstillstand bedingte. Später hat Joh. Czermak durch Reizung der N. vagi am Halse an sich selbst mittelst Druck das Herz zum Stillstande gebracht. In neuerer Zeit hat H. Quinke zahlreiche Versuche hierüber angestellt und gefunden, dass sich bei vielen Menschen vorübergehende Pulsverlangsamung hervorbringen lässt mittelst Reizung des Vagus am Halse durch Druck.

Es fragt sich nun: Wird der Stillstand des Herzens durch Vagus- oder durch Accessoriusfasern hervorgerufen, mit anderen Worten: haben die Hemmungsfasern, die zum Herzen gehen, ihren Ursprung in den Vagus- oder in den Accessoriuswurzeln? Haben sie ihren Ursprung in den Accessoriuswurzeln, so ist zunächst zu erwarten, dass sie in dem Theile derselben entspringen, der aus der Medulla oblongata kommt. Denn Bernard hat gezeigt, dass die Fasern, die aus der Medulla oblongata kommen, den Ast des Accessorius zusammensetzen, der in die Scheide des Vagus übergeht, während andererseits der Theil der Fasern, der tiefer entspringt, den Ast des Nerven zusammensetzt, der zum Sternocleidomastoideus und Cucullaris geht. Schon Waller hat gefunden, dass, wenn man den Accessorius ausreisst, Beschleunigung des Herzschlages eintritt. Reisst man einen Accessorius aus, wartet drei Tage und reizt den Vagus derselben Seite am Halse, so erhält man keinen Stillstand des Herzens, während sich solcher durch Reizung des Vagus auf der anderen Seite erzielen lässt. Es muss ausdrücklich erwähnt werden, dass dieser Erfolg schon nach drei Tagen, wo also noch keine für das Auge deutliche Degeneration des Nerven eintritt, beobachtet wird, so dass er seine Reizbarkeit offenbar früher verloren

hat, als die Degeneration äusserlich sichtbar geworden. Es hat sich dieses Resultat durch spätere Versuche, welche im Laboratorium von Heidenhain in grosser Anzahl angestellt wurden, in vollstem Maasse bestätigt.

Nachdem wir so die centrifugalen Impulse, welche in den Bahnen des Vagus verlaufen, betrachtet haben, gehen wir jetzt über zu den centripetalen Bahnen, die, wie wir gesehen haben, ausschliesslich im Vagus zu suchen sind. Der N. vagus ist der Empfindungsnerv für den Schlund, den Oesophagus und den Magen. Er ist ferner der Empfindungsnerv für die Bronchien und die Lungen im Allgemeinen.

Er löst durch seine centripetalen Bahnen eine ganze Reihe von Reflexbewegungen aus. Zunächst das Erbrechen, von dem man freilich nicht sagen kann, ob es ausschliesslich vom Vagus ausgelöst wird, indem es möglicher Weise auch vom Glossopharyngeus ausgelöst werden könnte. Es ist bekannt, dass durch Reizung der Rückwand des Pharynx, der Gaumenbögen und auch der Uvula Erbrechen erregt werden kann. Das Gebiet, von dem aus Erbrechen als Reflexbewegung ausgelöst werden kann, ist bei verschiedenen Menschen verschieden. Es ist grösser bei empfindlichen Individuen, kleiner bei nichtempfindlichen. Das Erbrechen kommt dadurch zu Stande, dass zunächst eine tiefe Inspiration gemacht wird, vermöge welcher das Zwerchfell so viel als möglich abgeflacht wird. Der Sinn dieser Bewegung ist, dass dadurch ein Widerlager gebildet wird, gegen das nachher die Unterleibseingeweide angedrückt werden können. Dann folgt aber nicht, wie fälschlich in einigen Büchern steht, sofort eine Exspirationsbewegung, sondern eine Contraction der Bauchmuskeln, wodurch die Bauchwand die Eingeweide und somit auch den Magen zusammendrückt und der Inhalt desselben zum Oesophagus und Munde hinausgetrieben wird. Hierauf folgt dann mit dem Aufhören des Brechactes Erschlaffung des Zwerchfells und Exspiration.

Es ist darüber gestritten worden, ob das Erbrechen durch Contraction der Bauchdecken oder der Musculatur des Magens erfolgt. Um dies zu entscheiden, schnitt Magendie einem Hunde, dem er Brechweinstein in die Venen eingespritzt hatte, die Bauchdecken auseinander. Er fand nun, dass allerdings Brechbewegungen eintraten, dass aber jetzt der Mageninhalt nicht mehr herausbefördert wurde. Die Contraction des Magens genügte also nicht zur vollständigen Ausführung des Brechactes. Er füllte nun eine Blase mit Flüssigkeit, schnitt den Magen an der Cardia ab, verband die Blase mit dem Oesophagus und nähte die Bauchdecken zusammen. Traten jetzt Brechbewegungen ein, so wurde die Flüssigkeit aus der Blase zum Oesophagus und Munde herausbefördert. Daraus schloss er mit Recht, dass es wesentlich die Musculatur der Bauchdecken sei, durch welche die Kraft aufgebracht wird, die den Mageninhalt entfernt. Es betheiligen sich aber auch am Brechacte die Musculatur des Oesophagus und des Magens durch eine Contraction ihrer Längsfasern, die, wie bekannt, in einander übergehen. Dadurch wird nicht blos die Cardia gehoben und erweitert, sondern auch der Blindsack des Magens abgeflacht, voraussichtlich auch der Halstheil des Oesophagus eröffnet, während nach den Beobachtungen von Mikulicz der Brusttheil ohnehin offen steht, und die Ausstossung des Mageninhaltes wird erleichtert.

Eine andere Reflexbewegung, die vom Vagus ausgelöst wird, und über deren Mechanik wir bereits früher gesprochen haben, ist das Schlingen.

Es wird vom Pharynx unterhalb der Region, von der aus Brechen ausgelöst werden kann, und von da nach abwärts von jedem Orte des Oesophagus ausgelöst. Es ist den Chirurgen bekannt, dass, wenn man mit einem Instrumente in den Pharynx eindringt, zuerst Würgbewegungen eintreten, welche das Instrument zurückzudrängen suchen. Ist man aber mit demselben bis zu einer gewissen Tiefe gekommen, dann treten Schlingbewegungen ein, durch welche das Instrument herabgezogen wird. Es ist ferner bekannt, dass, wenn irgendwo im Oesophagus ein Bissen stecken bleibt, von Zeit zu Zeit vollständige Schlingbewegungen ausgelöst werden, die den Bissen in den Magen hinabzubringen suchen. Wir begegnen hier wieder einer Erscheinung, mit der wir es noch öfter zu thun haben werden, nämlich der Erregung von Reflexbewegungen durch Summirung der Reize. Wenn ein solcher Bissen im Oesophagus liegt, so übt er daselbst einen beständigen Reiz aus. Es dauert eine Zeit lang, bis die Reize sich soweit summirt haben, dass sie eine Reflexbewegung auslösen können. Sobald diese ausgelöst ist, tritt vorübergehend Ruhe ein, bis sich wieder vom Neuen im Centralorgane die Impulse so weit angesammelt haben, dass die Erregung für die motorischen Centren gross genug wird, um wiederum eine solche Reflexbewegung auszulösen u. s. w.

Eine dritte Art von Reflexbewegungen, welche vom Vagus ausgelöst wird, ist das Schluchzen, Singultus. Es wird von den Magenästen dieses Nerven ausgelöst. Sonst gesunde Menschen werden auf einen kalten Trunk hin und auf andere plötzliche Reizungen der Magenschleimhaut von demselben befallen. Das Schluchzen besteht darin, dass das Zwerchfell sich plötzlich gewaltsam contrahirt und nicht wie bei der Inspiration zugleich auch die Stimmritze geöffnet wird. In Folge davon schlagen die Stimmbänder ventilartig zusammen, und durch die darauf eintretende Luftverdünnung im Thorax entsteht ein Widerstand und dadurch die Empfindung eines Stosses.

Es entsteht nun die Frage, ob von den Magenästen des Vagus auch Erbrechen ausgelöst werden kann. Einfache Reizung der Magenschleimhaut bringt nicht Erbrechen hervor, wie die Reizung der Gaumenbögen und des Schlundes. Es lässt sich aber nicht in Abrede stellen, dass durch Summirung der Reize auch vom Magen aus Erbrechen ausgelöst werden kann. Dies geschieht aber nur bei Menschen, die zum Erbrechen geneigt sind. Diese machen nicht selten die Erfahrung, dass, wenn sie etwas schwer Verdauliches genossen haben, sie dieses eine oder mehrere Stunden bei sich behalten, dass aber dann plötzlich Brechbewegungen eintreten, die so lange andauern, bis der Mageninhalt entleert ist.

Ein anderes wichtiges Reflexgebiet hat der Vagus in den Respirationswegen. Zuerst bewirkt er Verschluss der Stimmritze, und zwar durch den Laryngeus superior. Wenn man die obere Seite der Stimmbänder berührt, so tritt in Folge davon sofort Verschluss der Stimmritze ein. Sobald man aber etwas tiefer kommt und in die sogenannte Glottis respiratoria, den Raum zwischen den Giessbeckenknorpeln, und etwa eine Linie nach abwärts eindringt, so tritt Husten als Reflexbewegung ein. Es verschliesst sich nicht nur die Stimmritze, sondern es treten auch krampfhafte Exspirationsbewegungen ein, die den Verschluss der Stimmritze stossweise durchbrechen. Es ist leicht einzusehen, dass diese Anordnung der Reflexe vollkommen den Zwecken für die Erhaltung des Organismus

entspricht. So lange ein fremder Körper über den Stimmbändern liegt und die Oberfläche derselben berührt, schliessen sich die Stimmbänder, um ihn nicht eindringen zu lassen. Wenn er aber die Stimmritze passirt hat, dann treten plötzliche Exspirationsbewegungen, Husten ein, vermöge welcher der fremde Körper womöglich herausgeworfen wird. Besonders empfindlich zeigt sich die Fossa interarytaenoidea. Der Kehlkopf ist aber nicht das einzige Gebiet, von dem aus Husten als Reflexbewegung ausgelöst wird. Nach Versuchen an Hunden wird er auch durch Berührung der Bifurcationsstelle der Bronchien prompt ausgelöst. Endlich wird Husten durch Summirung der Reize von der ganzen Bronchialschleimhaut ausgelöst. Daher rührt es, dass, wenn ein fremder Körper in den Bronchien steckt, nicht permanente, sondern periodische Hustenanfälle hervorgerufen werden. Ebenso finden darin die periodischen Hustenanfälle, die bei Ansammlung von Schleim, Eiter u. s. w. auftreten, ihre Erklärung. Kohts gelang es, auch durch Reizung der Pleura costalis Husten hervorzurufen. Der Weg der Uebertragung ist hier noch unermittelt.

Der Husten kann ausserdem noch von der Wurzel der Zunge ausgelöst werden. An der Wurzel der Zunge befinden sich zu beiden Seiten unter dem Kehldeckel zwei kleine Gruben. Wenn in diese beim Essen Speisen hineingelangen, so geschieht es nicht selten, dass ziemlich heftige Hustenanfälle darauf erfolgen. Das rührt daher, dass dort ein kleiner Ast des N. laryngeus superior sich verbreitet. Eine andere Stelle, von der Husten ausgelöst werden kann, ist, wie schon erwähnt, der tiefste Theil des äusseren Gehörganges, in dem sich der Ramus auricularis nervi vagi verbreitet.

Es fragt sich, ob auch vom Magen Husten ausgelöst werden kann. Die directen Versuche, die man mit Reizung der Magenschleimhaut anstellte, haben negative Resultate ergeben. Auch Ueberladung des Magens, Hineingelangen grösserer fester Körper in denselben u. s. w. gaben an und für sich keine Veranlassung zum Husten. Nichtsdestoweniger nahmen die alten Aerzte einen sogenannten Magenhusten an, und es fragt sich, wie sie dazugekommen sind. Die Fälle, die sie zu der Annahme veranlassten, bestanden darin, dass Individuen von einem hartnäckigen Husten befallen waren, der aufhörte, nachdem der Mageninhalt durch Erbrechen entleert wurde; so dass es also nahe lag, anzunehmen, dass die Substanzen im Magen hier die Vagusäste gereizt und so den Husten hervorgerufen hätten. Solche Fälle existiren nun allerdings. Ich selbst habe einen Knaben gesehen, der Tag und Nacht hustete und mit solcher Heftigkeit und Hartnäckigkeit, dass er laut über die Schmerzen klagte, die er unter den Rippen in Folge der häufigen Zusammenziehung der Bauchmuskeln fühlte. Darauf trat reichliches Erbrechen ein und von da ab kein einziger Hustenanfall mehr.

Ich glaube aber, dass diese Fälle noch eine andere Erklärung zulassen. Es ist bekannt, wenn auch nicht hinreichend erklärt, dass der Brechact auch dazu beiträgt, Substanzen nicht nur aus dem Magen, sondern auch aus den Luftwegen herauszubefördern. Bekanntlich werden beim Croup Brechmittel gegeben, damit sich beim Erbrechen zugleich die Croupmembranen abstossen und ausgeworfen werden. Ebenso wäre es möglich, dass hier der Husten erzeugende Körper sich nicht im Magen, sondern in den Luftwegen befand, und dass er beim Erbrechen in ähnlicher

Weise, wie auf ein gegebenes Brechmittel die Croupmembranen, ausgestossen wurde. Kohts, der bei Reizung der Magenschleimhaut auch negative Resultate erhielt, fand, dass bei Zerrung und Quetschung des Oesophagus Hustenstösse eintraten, wie schon Krimers angegeben. Bisweilen konnte er auch durch Reizung der Pharyngealschleimhaut Husten erregen. Auch durch Reizung nicht nur des Vagus- und Laryngeusstammes in ihrem Verlauf, sondern auch durch Reizung des N. pharyngeus hat er Husten erzeugt.

Bei Kranken und in Folge der Krankheit sehr empfindlichen Individuen kann der Husten auch von Stellen des Körpers ausgelöst werden, an welchen sich der Vagus nicht verbreitet. Es ist bekannt, dass solche Menschen husten müssen, sobald sie irgend einen Theil ihres Körpers der Zugluft aussetzen. Dies kann nicht abgeleitet werden davon, dass sie zugleich diese selbe Luft einathmen; denn das, was wir Zugluft nennen, ist nicht eine kältere, sondern eine bewegte Luft, kann also die Respirationswerkzeuge nicht durch eine niedrigere Temperatur afficiren. Ebenso bringt bekanntlich Berührung der Hände und Füsse mit kaltem Wasser bei manchen Individuen sofort Husten hervor. Abkühlung wirkt indessen vielleicht nicht durch Reflex allein. Golz fand, dass Hunde, denen das Rückenmark zwischen Brust- und Lendenmark durchschnitten war, und die an Bronchialkatarrh litten, husteten, wenn der hintere Theil des Körpers mit kaltem Wasser gewaschen wurde. Ebenso zitterte die vordere Körperhälfte vor Frost, wenn nur die hintere mit kaltem Wasser gewaschen wurde. Man muss diesen Husten ableiten von der Wirkung des abgekühlten Blutes auf die Vagusäste, die den Husten reflectorisch auslösen, oder auf den sogenannten Vaguskern, die Region der Ala cinerea, denn diese ist das Reflexcentrum für den Husten, oder man muss ihn ableiten von Verbindungen, die durch den Sympathicus zwischen vorderer und hinterer Körperhälfte unterhalten werden.

Zu den Reflexen, welche vom Vagus ausgelöst werden, gehört auch das Athmen. Man hat schon frühzeitig untersucht, welchen Einfluss die Reizung des Stammes des Vagus auf die Athembewegungen habe. Man fand, dass, wenn man das centrale Ende des durchschnittenen Vagusstammes reizte, und der Reiz heftig genug war, Stillstand der Respirationsbewegungen eintrat. Es wurde zuerst angegeben, es trete der Stillstand in der Inspirationslage ein, so dass das Zwerchfell contrahirt bleibe; später aber beobachteten Andere Stillstand in der Exspirationslage.

Nach Rosenthal's Untersuchungen über die Athembewegungen stellte sich die Sache folgendermassen dar: Wenn der Stamm des Vagus allein gereizt wird, nachdem er den Laryngeus superior abgegeben hat, so tritt Stillstand in der Inspirationslage ein. Wird der Stamm des Vagus gereizt, ehe er den Laryngeus superior abgegeben hat, oder gehen Stromschleifen durch den Laryngeus superior und reizen diesen mit, so tritt Stillstand in der Exspirationsstellung ein.

Um uns die Einsicht in die Verhältnisse zu erleichtern, will ich zunächst die Respirationstheorie besprechen, welche von Rosenthal in Folge seiner ausgedehnten Untersuchungen aufgestellt wurde. Er sagt: Das Centrum der Respirationsbewegungen ist, wie allgemein bskannt, die Medulla oblongata. Die Erregung zum Einathmen entsteht dadurch, dass weniger sauerstoffhältiges, nicht hinreichend oxydirtes Blut zur Medulla

oblongata gelangt. Dieses Blut wirkt daselbst als Reiz und erzeugt die Inspiration. Nachdem die Inspiration vorüber ist, tritt ein Augenblick der Ruhe ein, dann, bis die Reize sich wieder summirt haben, eine andere Inspiration u. s. w. Die Lebhaftigkeit der Respiration wird also von der Menge des Sauerstoffs, welchen man dem Blute zuführt, abhängig sein. Führt man zu wenig Sauerstoff zu, so tritt Dyspnoe ein. Das Thier muss kräftig und häufig athmen, um sich den hinreichenden Sauerstoff zu verschaffen. Die Anregung dazu wird dadurch gegeben, dass dieses venösere Blut einen stärkeren Reiz ausübt, und sich deshalb in einer kürzeren Zeit die Reize so weit summiren, dass eine Inspiration erfolgt. Er machte hierauf gewissermassen die Probe, indem er einem Thiere durch künstliche Respiration grosse Mengen von Luft zuführte, so dass er das Blut desselben mit Sauerstoff übersättigte. Dadurch brachte er sogenannte Apnoe hervor, d. h. das Thier setzte mit den Respirationsbewegungen ganz aus, weil eben jetzt nach Rosenthal das Blut, das zur Medulla oblongata gelangte, zu viel Sauerstoff hatte, um überhaupt einen hinreichenden Reiz zur Auslösung einer Inspiration abzugeben. Dieser Versuch ist in neuerer Zeit von Bieletzky in lehrreicher Weise modificirt worden. Er durchfeilte bei Raubvögeln pneumatische Knochen und leitete mittelst der so erhaltenen Oeffnungen einen constanten Luftstrom durch die Lungen. Auch so konnte er Apnoe erzeugen, und zwar verhältnissmässig schnell, zum Theil schon nach $^3/_4$ Minuten.

Von diesem Reize des venösen Blutes leitet Rosenthal auch den ersten Athemzug ab. Er sagt, das Kind athmet nicht im Mutterleibe, so lange die Placentarcirculation im Gange ist, weil das Blut, das zur Medulla oblongata gelangt, nicht hinreichend venös ist. Wenn aber das Kind aus dem Uterus heraus ist, zieht sich der letztere zusammen, die Placentarcirculation wird sofort gestört, und nun wird das Blut venöser, wodurch der erste Reiz zum Inspiriren gegeben ist. Man beruft sich zur Unterstützung dieser Theorie vom ersten Athemzuge wesentlich darauf, dass, wenn Störungen in der Placentarcirculation eintreten, wenn z. B. die Nabelschnur comprimirt wird, Inspirationsbewegungen noch innerhalb des Uterus, innerhalb der Eihäute eintreten können.

Vor mehr als fünfzig Jahren gab ein Arzt über die Todesursache eines im Uterus zu Grunde gegangenen Kindes ein Gutachten ab, und sagte darin, er könne sich nicht anders ausdrücken, als dass das Kind im Fruchtwasser ertrunken sei. Darüber wurde damals viel gelacht, es hat sich aber gezeigt, dass bei solchen Inspirationsbewegungen im Uterus Kinder nicht unbeträchtliche Mengen von Fruchtwasser aspiriren, was später Ursache zu mangelhafter Anfüllung der Lungen mit Luft gibt.

Rosenthal schliesst weiter aus seinen Versuchen, dass der Vagus durch die Erregungen, welche er von der Lunge aus zu der Medulla oblongata bringt, die Auslösung der Inspiration erleichtert. Damit bringt er es in Zusammenhang, dass, wenn man Thieren die N. vagi am Halse durchschnitten hat, der Typus der Respiration sich in auffallender Weise ändert. Es werden die Athembewegungen viel seltener und tiefer. Das rührt nach Rosenthal daher, dass jetzt der Reiz, den die atmosphärische Luft auf die Lungenäste des Vagus ausübt, nicht mehr zur Medulla oblongata gelangt und deshalb die Auslösung der Athembewegungen schwerer erfolgt, sich verzögert. Nun sammeln sich aber die Reize um

so länger an, und daher tritt endlich eine tiefe Inspirationsbewegung ein. Die Reizung des Laryngeus superior dagegen hat den entgegengesetzten Erfolg, sie widersteht der Auslösung der Respirationsbewegungen. Dies zeigt sich auch bei Reizung der oberen Fläche der Stimmbänder. Denn mit dem Verschluss der Stimmritze, nicht nur durch denselben, wird auch die Inspiration angehalten. Daraus erklären sich auch die Erscheinungen, die bei Reizung des Vagusstammes beobachtet wurden. Wurde der Vagusstamm allein gereizt, so ist in Folge dessen eine Inspirationsbewegung leichter ausgelöst worden, ja, wenn der Reiz kräftig genug war, trat Krampf der Inspirationsmuskeln ein, dieselben standen tetanisch in der Inspirationslage still. Wurde aber der Vagus gereizt, da, wo er den Laryngeus superior noch nicht abgegeben hatte, oder gingen durch den letzteren Stromschleifen, dann überwog die hemmende Wirkung des Laryngeus superior, und es standen nun Thorax und Zwerchfell in der Exspirationslage still.

Später hat Rosenthal's Theorie von den Athembewegungen eine Ergänzung und Modification zunächst durch Hering und Breuer gefunden. Diese sahen, dass, wenn man Luft in die Lunge einbläst, also dieselbe mit Luft auszudehnen versucht, sofort eine Exspirationsbewegung erfolgt, dass dagegen, wenn man Luft aus der Lunge aussaugt, als Reflex sofort eine Inspirationsbewegung eintritt. Hieraus erklärt sich eine Thatsache, die den Physiologen schon lange bekannt war, die Thatsache, dass, wenn man an Thieren künstliche Respiration einleitet, der Rhythmus der Athembewegungen sich dem Rhythmus accommodirt, den man der künstlichen Respiration gibt, einfach deshalb, weil man durch das Einblasen von Luft, also durch die künstliche Inspiration, sogleich die dazu gehörige Exspiration hervorruft. Es geht hieraus zugleich hervor, dass die Lungenäste des Vagus nicht blos inspiratorische Fasern führen, d. h. nicht blos Fasern, die durch Reflexe eine Inspirationsbewegung hervorrufen, sondern auch Fasern, durch deren Reizung eine Exspirationsbewegung hervorgebracht wird. Es steht dies in Uebereinstimmung mit der Thatsache, dass Schleim, Eiter u. s. w., wenn sie in der Lunge angesammelt sind, Hustenanfälle hervorrufen, denn diese bestehen ja wieder aus einer Reihe von exspiratorischen Bewegungen.

Früher hatte man die Reize, welche die atmosphärische Luft auf die Lungenäste des Vagus ausübt, immer wesentlich in Zusammenhang gebracht mit dem Sauerstoffgehalte derselben. In diesen Versuchen von Hering und Breuer ergab sich auch die auffallende Thatsache, dass hier die mechanische Wirkung auf die Lunge, nicht die chemische, das Wesentliche war. Irrespirable Gase ergaben dieselben Resultate wie atmosphärische Luft. Auch geben neuere Beobachter an, dass durch directe Reizung des Vagus, da, wo derselbe den Laryngeus superior bereits abgegeben hat, sowohl exspiratorische als inspiratorische Bewegung erhalten werden könne, aber so, dass sie bei exspiratorischer Athmungsphase inspiratorisch ist, bei inspiratorischer exspiratorisch.

In einem andern Punkte weicht Brown-Séquard von den Angaben Rosenthal's ab. Er sagt, dass die Apnoe, die durch reichliches Einführen von Luft, die das Blut hoch arteriell macht, erzeugt wird, nur eintrete, so lange die Vagi erhalten sind. Hat man einem Thiere die beiden Vagi durchschnitten, dann soll diese Apnoe nicht mehr zu Stande

kommen. Filehne hat aber seitdem nachgewiesen, dass auch nach durchschnittenen Vagis durch reichliche Luftzufuhr Apnoe zu Stande gebracht werden kann, nur schwerer. Der normale Reiz zur Inspiration, der sich bei Mangel an Luft zur dyspnoischen Wirkung steigert, scheint also ein combinirter zu sein und einerseits von den Vagusästen der Lunge, das heisst von deren peripherischen Enden, andererseits von der Medulla oblongata selbst auszugehen.

Das Athmungscentrum ist als paarig zu denken. Jeder Vagus wirkt auf seine Hälfte und durch Commissurfasern in der Medulla oblongata auch auf die andere. Wird die Medulla oblongata in der Höhe des Athmungscentrums ihrer ganzen Dicke nach gespalten, so geht die Respiration noch gleichmässig fort. Als aber O. Langendorff nach solcher Spaltung den einen Vagus durchschnitt, verlangsamten sich nur die Athembewegungen dieser Seite, die der andern nicht. Durchschnitt er auch den Vagus der andern Seite, so trat auch auf dieser Verlangsamung ein, aber die Athembewegungen beider Seiten wurden doch nicht mehr isochron, wie sie es früher waren. Wurde einer der beiden centralen Stümpfe greizt, so stand das Zwerchfell nur auf der Seite still, wo die Reizung stattfand. Auf die Athembewegungen wirken nach Pflüger und J. Campbell-Graham auch die Splanchnici, und zwar reflectorisch hemmend. Reizung des centralen Stumpfes der durchschnittenen Splanchnici, auch eines allein, macht Stillstand in der Exspirationslage. Durchschneidung des Rückenmarks zwischen eilftem und zwölften Dorsalwirbel verhindert dies Resultat nicht, ebenso wenig die Durchschneidung der Medulla oblongata in ihrem vordersten Theile, auch nicht Durchschneidung der Vagi und Sympathici am Halse. Wenn man aber das Rückenmark zwischen viertem und fünftem Dorsalwirbel durchschneidet, so ist die Reizung unwirksam. Sie wird also durch das Rückenmark zur Medulla oblongata fortgepflanzt.

Auch vom Herzen sind Reflexbewegungen, und zwar in den Beinen, durch die Bahnen des Vagus ausgelöst worden. Goltz, der diese Versuche zuerst an Fröschen anstellte, fand, dass die Bewegungen nicht mehr erfolgten, nachdem die Vagi durchschnitten waren. Aehnliche Resultate erhielt Gurboki an Kaninchen, denen er die hintere Fläche der Vorhöfe mit Schwefelsäure reizte. An Kätzchen aber erhielt Goltz die Reflexbewegungen vom Herzen aus auch noch, nachdem die Vagi durchschnitten waren.

Der Vagus soll auch reflectorisch die Absonderung des Magensaftes anregen. Man schliesst dies daraus, dass er seine Aeste zur Magenschleimhaut sendet und von dieser aus die Secretion angeregt wird. Es muss aber bemerkt werden, dass die Secretion nicht aufhört, wenn die beiden N. vagi am Halse durchschnitten sind und somit Reflexerregungen in seinen Bahnen nicht mehr zum Centrum gelangen können.

Mit ebenso viel und ebenso wenig Recht kann man dem Vagus auch das Vermögen zuschreiben, die Speichelabsonderung reflectorisch zu erregen. Hunde schlingen in der ersten Zeit der Verdauung eine grosse Menge von Speichel hinab. Die Mengen desselben, welche man im Magen vorfindet, kann man nicht davon herleiten, dass sie dieselben beim Fressen verschluckt hätten. Auch findet man manchmal den Speichel noch in Klumpen in der Cardialgegend beisammen, so dass man deutlich sieht, dass er nach den Speisen verschluckt worden ist.

Ein Vagusast von ganz eigenthümlicher und merkwürdiger Wirkung ist der Nervus depressor. Ludwig und Cyon fanden ihn zuerst beim Kaninchen auf. Er entspringt hier gewöhnlich mit zwei Wurzeln, einer aus dem Vagus, einer aus dem Laryngeus superior, bisweilen auch aus letzterem allein, läuft hinter der Carotis nach abwärts, nimmt Aeste aus dem Gangl. stellatum auf und sendet solche zum Herzen. Durchschneidet man ihn und reizt das peripherische Stück, so erzielt man dadurch keinerlei Wirkung; reizt man aber das centrale Stück, während gleichzeitig in die Carotis ein Manometer eingesetzt ist, so sieht man, dass der Blutdruck beträchtlich sinkt. Auch das Herz pulsirt langsamer: diese Verlangsamung ist aber nicht die einzige Ursache des Sinkens des Blutdruckes, denn, wenn derselbe sein Minimum erreicht hat, schlägt das Herz wieder schneller, ohne dass der Blutdruck steigt. Die wesentliche Ursache ist Erweiterung der Gefässe. Ludwig und Cyon nahmen dieselbe direct an der Niere wahr und fanden auch, dass das Sinken entsprechend geringer ist, wenn die Gefässe der Baucheingeweide durch Durchschneidung der Splanchnici, in denen ihre Nerven verlaufen, schon vorher erweitert sind. Der Nerv wirkt also hemmend auf das vasomotorische Centrum in der Medulla oblongata.

Wenn der N. vagus durchschnitten wird und die Thiere nicht suffocatorisch zu Grunde gehen, verfallen sie einer Pneumonie, der sogenannten Vaguspneumonie, welche man früher auch als ein Beispiel der neuroparalytischen Entzündungen aufführte. Traube stellte zuerst die Ansicht auf, dass dieselbe lediglich davon herrühre, dass die Reflexe fehlen, dass die Empfindlichkeit des Kehlkopfs und der Bronchialschleimhaut verloren gegangen ist und in Folge dessen fremde Körper in die Luftwege eindringen. Traube's Erfahrungen hierüber sind auch von Billroth bestätigt worden.

Von den am Menschen zu beobachtenden Lähmungserscheinungen im Gebiete der soeben besprochenen Nerven sind die vom Accessorius herrührenden die deutlichsten: Schiefstellung des Kopfes (Caput obstipum paralyticum), niedriger Stand der Schulter der gelähmten Seite, veränderte Lage des Schulterblattes, so dass sein unterer Winkel der Wirbelsäule näher steht, der obere weiter entfernt, Schwäche im Arme, sämmtlich Erscheinungen der Lähmung im Sternocleidomastoideus und Cucullaris, dabei Heiserkeit und Schlingbeschwerden. Das sogenannte Caput obstipum spasticum, bei dem die erwähnten Muskeln contrahirt sind, beruht im Gegentheile darauf, dass die Accessoriuswurzeln sich im Zustande der Reizung befinden. Einseitige Vaguslähmung ist am häufigsten an scrophulösen Kindern beobachtet worden, bei denen sie durch Compression eines Vagus durch geschwellte Bronchialdrüsen hervorgerufen wurde. Es zeigte sich dabei Veränderung der Stimme, Heiserkeit bis zur Aphonie, Husten, Erstickungsanfälle u. s. w. und namentlich, was charakteristisch ist, Mangel der Reflexbewegungen, Anhäufung von Schleim in den Bronchien in solchem Grade, dass man das Schleimrasseln schon ohne nähere Untersuchung hören konnte, und doch kein subjectives Gefühl davon, keine Neigung die Massen auszuwerfen.

Nervus hypoglossus.

Dieser ist der Bewegungsnerv der Zunge: man zeichnet ihn deshalb auch als den Nervus loquens. Er entspringt als motorischer Nerv aus

einem Kern, der jederseits neben der Mittellinie unter dem Boden des hinteren Theiles des vierten Ventrikels liegt. Nach Clarke, Kölliker und Laura geht ein kleiner Theil der Fasern durch Kreuzung in der Raphe auf die andere Seite. Er versorgt nach der Gestalt, die ihm die gewöhnliche anatomische Präparation mit dem Messer verleiht, nicht allein die Zunge, sondern ausserdem noch den M. geniohyoideus, den M. hyothyreoideus, den M. omohyoideus, den M. sternohyoideus und den M. sternothyreoideus. Mit seinem Hauptstamme und den Aesten desselben versorgt er von den genannten Muskeln den Geniohyoideus und den Thyreohyoideus. Der M. omohyoideus, sternohyoideus und sternothyreoideus werden vom Ramus descendens nervi hypoglossi versorgt, der eine grosse Menge von Nervenfasern führt, welche ihm aus den Cervialnerven zugekommen sind. Nach Holl versorgen die eigenen Fasern des Hypoglossus lediglich die Zunge mit Einschluss des Musculus hyoglossus, genioglossus und styloglossus. Alle übrigen Muskeln, welche der Hypoglossus sonst noch scheinbar versorgt, erhalten nach ihm nur Cervicalnerven, die in seine Scheide aufgenommen worden sind. Im Ramus descendens gehen auch sensible Fasern aufwärts bis zur Zunge. Damit hängt es zusammen, dass, wenn man den Trigeminus in der Schädelhöhle oder beiderseits den Lingualis durchschnitten hat, die Zunge zwar an ihrer Oberfläche unempfindlich ist, dass man sie cauterisiren kann, dass aber beim Kneipen mit einer Zange das Thier noch Schmerz äussert, weil dann die sensiblen Fasern gereizt werden, welche der Hypoglossus als entliehene mitgebracht hat.

Die Lähmung des Hypoglossus zeigt sich durch einseitige Lähmung der Zunge. Wenn die Zunge herausgestreckt wird, so ist sie nach der kranken Seite abgelenkt, wenn sie hereingezogen wird, so ist die Spitze derselben nach der gesunden Seite abgelenkt. Die Sache ist einfach folgende: wenn die Zunge hereingezogen wird, so ziehen sich die Längsfasern auf der gesunden Seite zusammen, diese werden also kürzer als die auf der kranken Seite, folglich muss die Zunge nach der gesunden Seite hin abweichen. Wenn sie aber herausgereckt wird, so wird erst das Zungenbein gehoben, und ausserdem werden die Querfasern zusammengezogen, um die Zunge schmäler und länger zu machen. Dies geschieht nur auf der gesunden Seite, es wird diese also länger als die kranke, und in Folge davon tritt beim Herausrecken eine Ablenkung nach der kranken Seite ein.

Nervus sympathicus.

Wir sollten nun nach unserm bisherigen Plane der Reihe nach die verschiedenen Rückenmarksnerven und endlich den N. sympathicus durchnehmen. Bei den Rückenmarksnerven geht aber ihre Function zum grossen Theile schon aus der blossen anatomischen Betrachtung hervor, und zum Theil ist dieselbe unbekannt. Die Untersuchung wird dadurch erschwert, dass von einer Wurzel aus verschiedene Muskeln innervirt werden, die ein und derselben combinirten Bewegung dienen, die aber behufs anderer combinirter Bewegungen noch wieder Nerven aus anderen Wurzeln bekommen, so dass, wie J. Gad gezeigt hat, ein Theil der Fasern des Muskels von einer Wurzel, ein anderer Theil derselben von einer andern Wurzel versorgt wird. Erwähnt zu werden verdient der Zusammenhang der

Wurzeln des Plexus brachialis mit der Regio ciliospinalis des Rückenmarks, indem ersterer aus den vier unteren Cervicalnerven und dem ersten Dorsalnerven hervorgeht. Daher leitet Hutchinson die von ihm beobachtete häufige Coincidenz der Lähmung des Plexus brachialis mit Lähmung der oculopupillären Fasern, also mit Zurücksinken des Auges derselben Seite, Schielen nach innen und Verengerung der Lidspalte und der Pupille.

Der N. sympathicus ist kein selbstständiger Nerv, sondern ein Strickwerk aus Nervenfäden und Nervenknoten, so zwar, dass die Nervenfäden freilich zum grossen Theile ihren Ursprung aus Nervenknoten, aus den Ganglien des Sympathicus nehmen, dass sie aber auch zum grossen Theile aus dem Rückenmarke und aus dem Gehirne entspringen und durch die Rami communicantes und durch Anastomosen, durch welche Hirnnerven mit dem N. sympathicus verbunden sind, in diesen übergehen. Im Verlaufe der Stränge lassen sich diese Fasern nicht ohne Weiteres von denen trennen, die in den Ganglien selbst ihren Ursprung haben. Wir wollen uns deshalb nur noch mit der Innervation einzelner Organe beschäftigen, die Nerven durch Vermittelung des N. sympathicus und aus ihm erhalten, zunächst mit denen des Herzens und der Gefässe.

Wenn man einem Frosche oder einer Schildkröte das Herz ausschneidet und es also aus allen seinen Verbindungen mit dem Centralnervensystem trennt, so schlägt es noch viele Stunden, ja Tage lang fort. Das Säugethierherz schlägt freilich, wenn es ausgeschnitten ist, nur kurze Zeit ausserhalb des Körpers fort. Das liegt aber nur daran, dass die Gewebselemente der Warmblüter viel früher absterben, als dies bei Amphibien der Fall ist. Schon bei jungen Thieren, bei Kätzchen, bei jungen Hunden schlägt das ausgeschnittene Herz stundenlang fort und ebenso auch bei einigen erwachsenen Thieren, z. B. beim Igel (Erinaceus europaeus). Man kann aber auch durch einen von Ludwig zuerst angestellten Versuch nachweisen, dass nur das Absterben, nicht der Mangel des Zusammenhanges mit dem Centralnervensystem, es bewirkt, dass das Herz aufhört zu schlagen. Ludwig verbindet die Aorta des ausgeschnittenen Herzens mit einer Arterie eines lebenden Thieres, so dass durch die Kranzgefässe arterielles Blut hindurchgeht, oder er leitet geschlagenes, an der Luft arteriell gemachtes Blut in dieselben hinein und sieht nun, dass auch Kaninchenherzen längere Zeit nach dem Tode fortschlagen. Es geht also hieraus hervor, dass das Herz die Ursache seiner rhythmischen Bewegungen in sich selbst trägt.

Untersucht man das Herz näher, so findet man darin zahlreiche Ganglien, und diese müssen als die Ursache der Bewegungsimpulse angesehen werden, die in dem Herzen fortwährend erzeugt werden. Im Säugethierherzen finden sich diese Ganglien sowohl in den Ventrikeln, als in den Vorhöfen. Untersucht man dagegen ein Froschherz, so findet man, dass die Masse der Ganglien in den Vorhöfen, hauptsächlich in der Scheidewand der Vorhöfe und am Ursprunge der Venen, im Venensinus, angehäuft ist. Trennt man die Ganglien vom Herzen, so hört der Ventrikel auf zu schlagen, ebenso wenn man sie quetscht. Legt man einen Faden um die Grenze zwischen Vorhof und Ventrikel, so schlagen die Vorhöfe weiter fort, der Ventrikel aber bleibt ruhig. Manchmal führt er in viel grösseren Intervallen als die Vorhöfe Contractionen aus. Man kann Aehn-

liches auch dadurch erreichen, dass man die Vorhöfe abschneidet. Schneidet man sie gerade vom Ventrikel ab, so sieht man oft, dass sich letzterer noch wie gewöhnlich contrahirt. Das hängt damit zusammen, dass noch etwas von dem nervösen Centrum zurückgeblieben ist. Fasst man den Rest der Scheidewand sammt den inneren Klappen der venösen Ostien mit der Pincette, zieht sie etwas vor und trägt diese Partie mit dem der Vorhofgrenze zunächst liegenden Theile des Ventrikels ab, so bleibt der Ventrikelrest ruhig, während die abgeschnittenen Vorhöfe fortpulsiren. Der Ventrikel hat aber dabei keineswegs seine Reizbarkeit verloren, denn, wenn man ihn mit einer Nadel sticht oder einen Inductionsschlag hindurchsendet, so sieht man ihn noch sich zusammenziehen.

Auf die Thätigkeit des ausgeschnittenen Herzens hat die Temperatur einen bedeutenden Einfluss. Legt man ein ausgeschnittenes Froschherz auf eine Schale mit lauem Wasser, während ein anderes auf Eis gelegt wird, so bemerkt man, dass das erste viel schneller pulsirt als das zweite. Es kommt aber viel früher zur Ruhe als das auf dem Eise liegende, und setzt man, nachdem dies geschehen, das letztere in laues Wasser, so fängt es an schneller zu schlagen und kommt erst, nachdem es noch einige Zeit auf dem lauen Wasser pulsirt hat, zur Ruhe. Es ist durch Versuche nachgewiesen worden, dass auch auf das Herz innerhalb des lebenden Körpers die Temperatur einen ähnlichen Einfluss habe, so dass also die Temperaturerhöhung, wie sie in fieberhaften Krankheiten eintritt, an und für sich schon ein Beschleunigungsmittel für die Herzbewegung abgibt, andererseits also, wenn sie einen gewissen Grad überschreitet, auch eine Ursache werden kann, dass das Herz seine Kräfte um so früher erschöpft. Am embryonalen Herzen hat Schenk den Einfluss der Temperatur studirt. Wenn dasselbe bei gewöhnlicher Temperatur aufgehört hat zu schlagen, so fängt es in der Brutwärme wieder an. Selbst an einzelnen Stücken des zerschnittenen Herzens lässt sich diese Erscheinung noch beobachten.

Wir haben gesehen, dass, wenn man Blut durch die Coronargefässe eines Herzens hindurchleitet, dasselbe ausserhalb des Körpers viel länger fortschlägt, als wenn dies nicht geschieht. Auch wenn nur Blut oder Serum in die Herzhöhlen hineingefüllt ist, erhält sich das Herz länger thätig, als wenn dies nicht der Fall ist. Legt man ein blutleeres Froschherz, das schon aufgehört hat zu schlagen, in Blut oder Serum hinein, so hat man nicht selten Gelegenheit zu beobachten, dass es wieder zu schlagen anfängt.

Tiedemann hat schon vor vielen Jahren beobachtet, dass, wenn man ein Herz unter die Glocke der Luftpumpe legt, der Herzschlag immer matter wird und endlich aufhört. Wartet man, bis dies eingetreten und lässt dann Luft zu, so fängt das Herz von Neuem an zu pulsiren.

Ausser diesen Impulsen, welche das Herz aus seinem eigenen Gangliensysteme empfängt, und vermöge welcher es sich rhythmisch zusammenzieht, nachdem es aus dem Körper entfernt worden ist, erhält es auch Impulse vom Centralorgane. Es ist dies schon aus der alltäglichen Beobachtung ersichtlich, indem wir wissen, dass die Gemüthsbewegungen auf den Rhythmus der Herzthätigkeit einen sehr grossen Einfluss ausüben. Die hemmenden Nerven für das Herz haben wir bei Gelegenheit des N. vagus kennen gelernt. Wir haben gesehen, dass er regulirende Fasern für das Herz führt, welche aus dem Accessorius Willisii in seinen Stamm ein-

getreten sind. Wir müssen uns jetzt sagen, dass diese nicht direct auf die Muskelfasern des Herzens wirken, sondern auf die Ganglien, die innerhalb des Herzens liegen, und von welchen die motorischen Impulse für die Musculatur des Herzens ausgehen. Man kann deshalb mit Bidder die Hemmung der Herzbewegung durch den N. vagus als eine Reflexhemmung bezeichnen, indem sie mit den Reflexhemmungen im Gehirne und Rückenmarke das gemein hat, dass die Hemmung zunächst auf die nervösen Centren, die hier sympathische Ganglien sind, ausgeübt wird, während bei den Hemmungen im Gehirn und Rückenmark es Ganglienkörper sind, die im Centralorgane liegen. Es sind aber auch in neuerer Zeit die beschleunigenden Nerven des Herzens gefunden worden. Dieselben gehen ihm zu vom Halstheile des Sympathicus. Bezold machte darauf zuerst aufmerksam. Man war aber damals noch nicht im Stande, anderweitige Möglichkeiten auszuschliessen, indem bei Reizung dieser Nerven auch der Blutdruck sehr bedeutend steigt und somit die Erhöhung der Pulsfrequenz eine secundäre, durch den erhöhten Widerstand veranlasste sein könnte. Ludwig und Cyon haben aber später gezeigt, dass diese Fasern auch, abgesehen von der Erhöhung des Blutdruckes, die Herzbewegung beschleunigen.

Die Gefässnerven haben wir schon an verschiedenen Orten kennen gelernt. Wir haben gesehen, dass das motorische und reflectorische Hauptcentrum für das gesammte Gefässsystem in der Medulla oblongata zu suchen sei. Wir haben gesehen, dass, wenn man den Sympathicus zwischen der zweiten und dritten Rippe durchschneidet, das Carotidensystem seinen Tonus verliert, dass hier also die Fasern durchpassiren müssen, die durch den Plexus caroticus zum Carotidensysteme gehen. Dieser Einfluss erstreckt sich jedoch nach Dastre und Morat nicht auf alle Theile des Carotidensystems. Sie fanden, dass bei Reizung des Sympathicus die Schleimhaut der inneren Wangenfläche, der Lippen, des Zahnfleisches und des Gaumens nicht erblasste, sondern im Gegentheile sich mit Blut überfüllte. Günstig für den Versuch ist es, wenn das Thier mit einer geringen Dosis Curare unbeweglich gemacht wird. Wir haben ferner gesehen, dass nach dem Ausreissen des Ganglion thoracicum primum die obere Extremität, und nach dem Ausreissen des Ganglions, welches bei Hunden auf dem 5. und 6. Lendenwirbel liegt, die untere Extremität hyperämisch wird. Gefässverengernde Nerven für die Hinterbeine verlassen nach S. Stricker beim Hunde das Rückenmark noch bis zum vierten Brustnerven hinauf. Wir haben ferner gefunden, dass die N. splanchnici die vasomotorischen Nerven für den Darmkanal führen, dass sie somit ein Gefässgebiet von sehr grosser Capacität innerviren, indem das Gefässgebiet des chylopoëtischen Systems geräumig genug ist, nahezu die ganze Blutmenge des Körpers aufzunehmen. Unterbindet man einem Thiere die Pfortader, so geht es unter den Erscheinungen der Anämie zu Grunde, weil sich im chylopoëtischen System so viel Blut ansammelt, dass die übrigen Organe an Blut verarmen.

Eine Erscheinung, die hier noch mit aufgezählt werden muss unter denjenigen, welche von vasomotorischen Nerven abhängig sind, ist die Erection des Penis. Eckhard hat gefunden und experimentell an Hunden nachgewiesen, dass aus dem ersten, zweiten und dritten Sacralnerven Fasern in den Sympathicus übergehen, welche mit diesem zu den Gefässen des Penis gelangen, und dass die Reizung dieser Nerven Erection des

Penis hervorruft. Es ist noch nicht ausgemacht, in wie weit hier erregende und in wie weit hier hemmende Wirkungen übertragen werden; gewiss ist nur, dass die Erection nicht ausschliesslich und auch nicht der Hauptsache nach durch gehinderten Rückfluss des Venenblutes hervorgebracht wird. Es strömt bei derselben eine viel grössere Blutmenge als sonst durch die Arterien in die Bluträume des cavernösen Gewebes ein. Die Nervi erigentes können bekanntlich durch die N. optici und N. olfactorii vom Gehirne aus erregt werden, ebenso von den verschiedensten Tastnerven der Körperoberfläche. Die Kette der Erregungen braucht aber nicht immer durchs Gehirn abzulaufen. Hunden, denen Goltz das Rückenmark durchschnitten hatte, konnten Erectionen durch Streichen am Penis leichter und sicherer erzeugt werden als unversehrten Hunden. Es liegt also auch im Lendenmarke ein Reflexcentrum für die Erection und, wie aus einer Beobachtung von Brachet hervorgeht, auch für die Ejaculation. Druck auf eine Hinterpfote oder elektrische Reizung der Gefühlsnerven hebt diese Reflexerection auf, ebenso wie an unversehrten Thieren kräftigere Einwirkung auf sensible Nerven die Erection aufhebt. Hier ist also nicht der Schmerz als solcher das Wirksame, sondern der Vorgang im Nervensysteme, der uns zugleich das Gefühl des Schmerzes hervorruft.

Wir haben in dem Bisherigen mehrfach Fälle kennen gelernt, in denen auf Reizung von Nerven ein stärkerer Blutzufluss zu einer bestimmten Partie des Gefässsystems stattfand. Es handelt sich hier nicht um solche Fälle, in denen die Wirkung reflectorisch ausgelöst wurde, sondern nur um diejenigen, in welchen sie durch Reizung des peripheren Stumpfes des durchschnittenen Nerven erzielt wurde. Solche Nerven nennt man gefässerweiternde Nerven. Bezüglich der Extremitäten haben S. Stricker, Vulpian, E. Kühlwetter und C. Eckhard über diesen Gegenstand gearbeitet; es ist aber noch keine hinreichende Uebereinstimmung in den Versuchsresultaten erzielt worden.

Erwähnen will ich noch, dass die Gefässnerven die Gefässstämme auf lange Strecken zu begleiten scheinen, nicht erst in der Region der peripherischen Ausbreitung die Nervenstämme zu verlassen und zu den Gefässen überzutreten. Goltz durchschnitt an dem Schenkel eines Kaninchens Alles bis auf Arterie und Vene galvanocaustisch. Wenn er dann die Haut desselben rieb oder mit Senföl bestrich, so röthete sie sich noch.

Einen merkwürdigen Reflexhemmungsnerven für das gesammte Gefässsystem haben wir schon früher im N. depressor kennen gelernt.

Untersucht man den Darmkanal, so findet man, dass zwischen den Muskellagen desselben eine grosse Anzahl von mikroskopischen Ganglien zerstreut liegt, der sogenannte Plexus myentericus von Auerbach. Es liegt auf den ersten Anblick der Schluss nahe, dass dies Ganglien seien, welche in ähnlicher Weise, wie die des Herzens die Pulsationen desselben vermitteln, die zwar nicht rhythmischen, aber doch in einer gewissen Reihenfolge ablaufenden Bewegungen des Darmes zu Stande bringen. Man muss aber mit dergleichen Schlüssen vorsichtig sein; denn zerstreute, mikroskopische Ganglien kommen auch anderweitig vor, wo von solchen periodischen oder in einer gewissen Reihenfolge ablaufenden Bewegungen nichts bekannt ist. Sie kommen z. B., wie Jakubowitsch vor einer Reihe von Jahren entdeckt hat, in der Harnblase vor. Es ist überhaupt schwer zu sagen, durch welche Innervationsvorgänge der Motus peristal-

ticus des Darmkanals zu Stande kommt, und wie viel bei demselben jedesmal auf die Erregung von Nervenfasern und wie viel auf die directe Erregung der Muskelfasern zu rechnen sei. Da dem Darmkanale mit dem Sympathicus die verschiedenartigsten Nervenfasern zugehen, motorische, vasomotorische, hemmende u. s. w., so sind auch die Erscheinungen, welche auf Reizung desselben eintreten, in hohem Grade inconstant. Man hat Bewegungen des ruhenden Darmkanales auf Reizung der N. splanchnici eintreten gesehen. Man hat aber andererseits den bewegten Darmkanal auf Reizung der N. splanchnici zur Ruhe kommen gesehen und hat daraus geschlossen, dass der N. splanchnicus ein Hemmungsnerv für den Darmkanal sei. Alle diese Erscheinungen aber, welche man hier auf Reizung erhält, sind deshalb schwer zu beurtheilen, weil auch noch andere Einflüsse in Betracht kommen als diejenigen, welche man durch die Nervenreizung direct erzeugt. Vor Allem wirkt die atmosphärische Luft ein. Der Einfluss dieser wurde in neuerer Zeit durch Sanders insofern bis zu einem gewissen Grade eliminirt, als die ganzen Versuche in einer Kochsalzlösung von 0·6% angestellt wurden. Dann wirkt aber auch das Blut ein, welches in grösserer oder geringerer Menge in den Darmkanal hineinfliesst, und namentlich ist es nach den Versuchen von Sigmund Mayer und v. Basch der venöse Zustand des Blutes, welcher Contractionen hervorruft. Sie haben unter allen Umständen, wo das Blut in den Darmgefässen venös wurde, oder wo venöses Blut in die Darmgefässe hineinfloss, Contractionen im Darmkanale eintreten gesehen. Bei dieser Vielfältigkeit der Bewegungsursachen kann man sich wohl nicht wundern, dass die Resultate der Versuche und die Schlüsse, die aus ihnen gezogen wurden, bei verschiedenen Beobachtern so verschieden ausfielen. Von der reflectorischen Wirkung der Splanchnici auf die Athembewegungen ist schon früher gesprochen, als der Einfluss des Vagus auf dieselben erörtert wurde.

Die Nerven der Milz stammen nach J. Bulgak wesentlich aus dem oberen Theile des Rückenmarks. Von der Medulla oblongata aus lässt sie sich nicht in Contraction versetzen; leicht dagegen, wenn man den oberen Abschnitt des Rückenmarks vom Atlas bis zum vierten Halswirbel reizt. Reizt man weiter nach abwärts, so fallen die Contractionen schwächer aus; bei Reizungen unterhalb des eilften Brustwirbels bleiben sie ganz aus. Der Austritt motorischer Nerven für die Milz erfolgt nach ihm bei Hunden in allen vorderen Wurzeln zwischen dem dritten und zehnten Brustwirbel; sie sammeln sich im N. splanchnicus major der linken Seite und werden so dem Ganglion coeliacum und der Milz zugeführt.

Nach Charles S. Roy kann man indessen auch durch Reizung der peripherischen Stümpfe der durchschnittenen Vagi die Milz in Zusammenziehung versetzen. Nach ihm kann ferner durch Reizung sensibler Nerven auf dem Wege des Reflexes Milzcontraction hervorgerufen werden, auch dann noch, wenn beide Vagi und beide Splanchnici durchschnitten sind.

Die motorischen Blasennerven stammen nach Versuchen von Budge aus dem dritten und vierten Sacralnerven. Die zugehörigen centralen Bahnen sollen durch die Vorderstränge bis in die Pedunculi cerebri verfolgt werden können. Blasenlähmungen nach Rückenmarksverletzungen in den verschiedensten Höhen sind auch allen Aerzten wohl bekannt. Nach Gianuzzi und nach Goltz bekommen indessen Hunde, denen das Rückenmark durchschnitten ist, meist wieder nach einiger Zeit das Vermögen