

Was ist unser Nervensystem und was geht darin vor?

Von

JUSTUS GAULE.

In den wissenschaftlichen Kreisen, an welche sich diese Zeitschrift wendet, giebt es gewiß niemand, welcher bezweifelt, daß die Vorgänge in unserm Nervensystem dem Gesetze der Erhaltung der Kraft gehorchen. Das Interesse aber an einer Einordnung dieser Vorgänge hat abgenommen, seit Du Bois-REYMOND den berühmten Ausspruch gethan, daß die Empfindungen von Liebe und Haß, von Lust und Unlust unerklärt sein würden, auch wenn die sämtlichen Umlagerungen der Atome unserer Nerven bekannt und mathematisch berechenbar wären. Es ist kein Zweifel, daß dieser Ausspruch die Definitionen, die wir gegenwärtig von den Atomen einerseits, von den Empfindungen anderseits machen, genau wiedergiebt, und deshalb hat er auch großen Eindruck gemacht. Indessen die Atomistik in ihrer gegenwärtigen Form ist ja noch nicht der Weisheit letzter Schluß. Schon dämmert die Erkenntnis, daß es sich hier um Hilfsbegriffe handelt, welche eine große Vereinfachung des Denkens ermöglichen, so lange die gegenwärtig getrennte Betrachtung der Erscheinungen vom chemischen, vom physikalischen und geometrischen Standpunkte aus aufrecht erhalten wird. Wenn es sich aber einmal darum handeln sollte, einen gemeinschaftlichen Hilfsbegriff zu schaffen, der den Forderungen aller dieser Wissenschaften genügt, so wird man die Definition desselben auch bedeutend erweitern müssen.

Indessen um diese Sorgen der Zukunft brauchen wir uns hier noch nicht den Kopf zu zerbrechen. Für uns handelt es

sich um viel einfachere Dinge, um den Reflex. Der Reflexvorgang ist ohne Zweifel der für uns deutlichste Vorgang der Nerventhätigkeit, er ist derjenige, welcher zuerst auftritt und an die einfachste Organisation gebunden ist. Er ist auch derjenige, von dem wir am meisten wissen. Jede Erörterung des Nervensystems muß daher davon ausgehen, vom morphologischen Gesichtspunkt die Reflexbahn, vom physiologischen den Reflexvorgang deutlich zu machen.

Ich beabsichtige im folgenden die Ansichten auseinanderzusetzen, welche ich mir über beide gebildet. Was daran neu ist, verdankt wesentlich dem Umstand seine Entstehung, daß ich die innere Beziehung zwischen beiden gesucht habe. Das scheint mir für die Entwicklung einer wirklichen Theorie unumgänglich. Für die Feststellung einiger Erscheinungen ist es nicht notwendig, sich um die innere Organisation des Nervensystems zu kümmern, und ebenso kann man die morphologischen Details derselben beschreiben, ohne die Leistungen zu kennen. Aber wenn man fragt: „Was ist das Nervensystem, was geht darin vor?“ (und in diesen Fragen resumiert sich doch das Ziel unseres Wissens), da muß man sich besinnen, daß das Nervensystem Teil eines lebenden Wesens ist, daß seine Funktion sein Leben ist, und daß zwischen seiner Organisation und seiner Funktion der innigste Zusammenhang existieren muß.

In Bezug auf die Form dieser Auseinandersetzung will ich keine andere Rücksicht walten lassen, als die, meine Ansicht klar auseinanderzusetzen. Ich habe reichlich Gebrauch gemacht von dem großen Material von Beobachtungen, welches in der Litteratur vorliegt. Wollte ich das hier dokumentarisch begründen, so würde dieser Aufsatz zu einem Umfang anschwellen, der seine Deutlichkeit beeinträchtigen müßte. Wenn ich trotzdem einen Autor anführe, so geschieht es eher im Interesse der Kürze. Ich verweise dabei auf eine Auseinandersetzung, die bei ihm ausführlich gegeben wird und die ich nur flüchtig berühre. Man wird es natürlich finden, daß dies am ehesten mit den dies Gebiet betreffenden Arbeiten geschieht, die unter meiner Leitung entstanden sind, also denen von BIRGE, BEEVOR, CANINI, FRENKEL, LAHOUSSE, WLISSAK, KODIS und meinen eigenen. An ihnen hat sich meine Ansicht am meisten entwickelt.

Allgemeine Betrachtung.

Von allen Vorgängen im Nervensystem ist der Reflex derjenige, von dem sich am leichtesten einsehen läßt, daß er dem Gesetz der Erhaltung der Kraft untergeordnet ist. Wir können leicht die Anwesenheit einer äußeren Kraft konstatieren, welche, auf den Organismus wirkend, die Einleitung des Reflexes bildet, und wir konstatieren anderseits eine Kraftwirkung auf die Außenwelt als den Erfolg derselben.

Zwischen diesen beiden liegt die Kette der Vorgänge im Organismus und erscheint uns wie eine Welle, die durch denselben hindurchläuft.

Hier müssen wir uns nun gleich vertraut machen mit der eigentümlichen Form, welche unser Gesetz annimmt, wenn wir es auf lebende Wesen anwenden. Diese stellen selbst einen Komplex von Kräften dar, die sich aus den in ihnen stattfindenden Umsetzungen entwickeln. Durch die Sättigung der Affinitäten der in ihnen enthaltenen *C* und *H*-atome zum *O* werden Spannkkräfte in lebendige Kräfte übergeführt, und diese erfahren nun mannigfache Verwendung. Teilweise zwar besteht diese darin, daß zum Aufbau komplizierter Moleküle auch Spannkkräfte wieder festgelegt werden, aber es überwiegt doch das Freiwerden, der Prozeß, aus dem das lebende Wesen die Kraft zu seinen Lebensäußerungen bestreitet. Auf einem solchen Herd der Kraftentwicklung stößt nun die äußere Kraft, welche auf die Oberfläche des lebenden Wesens wirkt. Daraus folgt ohne weiteres, daß sie nicht als solche fortwirkend im Innern desselben gedacht werden kann, sondern daß das, was hier hinein sich fortpflanzt, eine Resultierende ist. Aber in der Konstruktion dieser Resultierenden liegt eine sehr große Schwierigkeit, weil ja der eine Faktor derselben, die aus der Natur des Lebens resultierenden Prozesse noch gänzlich unbekannt sind. Und dieser Faktor ist der weit überwiegende. Man hat das Verhältnis der äußeren Kräfte zu den inneren als das der Auslösung bezeichnet. Das Bild, welches man gewöhnlich gebraucht, ist das der Lunte oder des Funkens und der Pulvermine. Eine geringfügige äußere Kraft, wie die in der Lunte oder dem Funken enthaltene, kann die gewaltigen, inneren Kräfte des Pulvers entfesseln. Dieses Bild führt in einer Hinsicht zu einer nicht richtigen Auffassung. Die Kräfte des Pulvers ruhen,

bevor die Lunte mit demselben in Berührung kommt, die des lebenden Wesens sind aber schon in voller Entwicklung. Die ersteren werden daher wirklich ausgelöst, die letzteren werden verändert. So lange man in der Physiologie sein Augenmerk nur auf bestimmte, experimentell hervorzurufende Erscheinungen richtete, erschien das Bild viel zutreffender, als jetzt, wo man den ganzen Lebensprozeß in den Bereich der Erklärung zu ziehen sucht. Namentlich für die im Verlauf dieser Abhandlung entwickelte Anschauung ist dieser Unterschied wichtig. In einer andern Hinsicht jedoch ist das Bild vollkommen zutreffend und sehr wertvoll. Die Summe der Kräfte nämlich, welche durch die Entzündung des Pulvers entfesselt werden, sind tausend- oder millionenmal größer als die in der Lunte enthaltenen, sie stehen zu diesen in gar keinem quantitativen Verhältnis. Wenn man versuchen wollte, in der resultierenden Kraft denjenigen Faktor, der von der Lunte herrührt, zu trennen von dem, der von dem Pulver herrührt, würde man kein Resultat erzielen, weil das erstere eben ganz verschwinden kann neben dem zweiten. Genau so ist es bezüglich der äußeren Kräfte, welche auf die lebenden Wesen wirken, und der inneren Kräfte, welche sie entfalten. Nur muß man sich überlegen, daß es hier auch umgekehrt sein kann, daß die inneren Kräfte auch tausend- und millionenmal kleiner sein können. Das ist für eine Reihe von Erscheinungen, gerade beim Nervensystem, sehr wichtig sich vor Augen zu halten.

Wenn wir auf diese auslösenden Kräfte nun das Gesetz der Erhaltung der Kraft anwenden, so erfahren wir, daß die ganze Differenz zwischen ihrer Wirkung und ihrer eigenen Größe gedeckt wird durch die Spannkkräfte, und wir sehen ein, daß in Bezug auf die lebenden Wesen, in welchen fortwährend sowohl Spannkkräfte in lebendige Kräfte übergeführt werden, wie umgekehrt, die äußeren Kräfte sich notwendig auslösend verhalten müssen.

Zu einer Zeit, wo man von der Überführung von Spannkkräften in lebendige Kräfte noch keine klaren Begriffe hatte, konnte man die Kraftentwicklungen, welche die lebenden Wesen entfalteten unter dem Einfluß äußerer Kräfte, noch nicht auf ein solches Gesetz zurückführen; man betrachtete diesen Fall als etwas ganz Besonderes und führte für solche Wirkungen das Wort Reiz ein. Es ist bequem, dieses Wort

beizubehalten, weil es das doch immerhin komplizierte Verhältnis mit einem Schlage veranschaulicht, aber man muß sich bewußt bleiben, daß dies früher mystische Verhältnis in seinen Grundprinzipien jetzt vollkommen erkannt ist.

Was ich bis hierhin auseinandersetze, ist natürlich keinem Physiologen etwas Neues. Es liegt mir aber daran, den Boden der allgemeinen Prinzipien, auf dem ich meine specielle Hypothese entwickele, ganz deutlich zu machen.

Organisation der Reflexbahn.

Jeder äußere Reiz wird unter normalen Verhältnissen aufgenommen an der Körperoberfläche. Für den einfachsten Fall, den wir behandeln wollen, denken wir uns dieselbe in der Beschaffenheit, wie sie sie da hat, wo keine besondere Differenzierung stattgefunden hat, also in ihrem bei weitem größten Teil. Sie besteht da aus mehreren Schichten verhornender Plattenepithelien, und die Kräfte der Außenwelt, welche sich gegen die Körperoberfläche richten, werden zunächst diese Epithelien treffen. Wo etwa besondere Epithelgebilde sich differenzieren, die mit den Nerven in Zusammenhang stehen, ist prinzipiell die Sache nicht anders. Nur die *Conjunctiva corneae*, wo die Nerven zwischen den Epithelien hindurch zur Oberfläche dringen und nackt über dieselbe hervorragen, bildet einen Ausnahmefall, der sich auch physiologisch unterscheidet und den ich deshalb hier zunächst nicht behandle.

Der Teleologe würde nun sagen, diese Epitheldecke ist zum Schutz der Nerven da, und damit würde er einen Teil des Zweckmäßigen, das in dieser Einrichtung liegt, aber auch nur einen Teil, allerdings angegeben haben. Wir aber werden eine solche Betrachtungsweise ganz unberücksichtigt lassen, denn uns kommt es jetzt nicht darauf an, den Zweck der Einrichtungen einzusehen, sondern das wirklich Thatsächliche der Vorgänge.

Die Epithelzellen der Oberhaut haben ihren eigentümlichen Lebensprozeß so gut wie alle übrigen Zellen des Organismus. Derselbe giebt mit einer gewissen Beschränkung das Gesamtleben wieder, denn Entstehen, Wachsen, Ernähren und Vergehen sind Stadien jeglichen Lebens. Aber für eine bestimmte Zellenart ist es charakterisiert durch einen für diese specifischen

Prozess, der in dem Gesamtleben, dem Gesamthaushalt (Ökus) nur einen kleinen Teilvorgang darstellt. Dieser Prozess heißt für unsere Epithelzellen Verhornung. Im wesentlichen besteht derselbe darin, daß das ursprüngliche Protoplasma allmählich seine Eiweißkörper verliert, welche in ein gegen Reagentien sehr widerstandsfähiges Derivat, das Keratin übergehen, das sich durch seinen Schwefelreichtum besonders auszeichnet. Die Fette dagegen sondern sich und bilden eine eigentümliche Mischung, an der Cholesterin und Lecithin reichlich beteiligt sind, und die wir vorläufig Eläidin nennen. Dieser Vorgang vollzieht sich nicht in einer einzigen Zelle, sondern es teilen sich in denselben alle Schichten des Epithels, so daß in den untersten seine ersten Stadien, in den obersten seine letzten Stadien sich vollziehen, die bekanntlich mit der Abstossung der vollkommen verhornten Schüppchen enden.

Das ist nur eine Einsicht in die Änderung der chemischen Substanzen, die das Epithel bilden: über die Kraftentwicklung wissen wir noch nichts Näheres. Da aber jede chemische Umlagerung entweder zur Bindung oder zum Freiwerden von Spannkraften führt, so muß auch ein Spiel der Kräfte hiermit verknüpft sein. Und wir schließen wohl nicht zu viel, wenn wir annehmen, daß die Ortsveränderungen der Substanzen innerhalb der Zelle, wie auch das Wandern der Zellen von der Basalmembran zur Oberfläche bestritten wird von Kräften, die bei jenem Prozess aus Spannkraften gewonnen werden.

In diesen Vorgang nun greift die Kraft, welche die Körperoberfläche trifft, ein. Sie stört ihn, sie verändert ihn. Die Produkte dieser Veränderung sind es, welche in dem Organismus weiter wirken, und der Weg, auf welchem sie dies thun, heißt Nerv. Unter den Produkten der Veränderung verstehe ich sowohl die Variation in dem Kräftewechsel, die eingetreten ist, wie die veränderten Substanzen, die gebildet sind, unter dem Einfluß des Reizes. Aber ich glaube nicht, daß es notwendig ist, diese getrennt zu behandeln. Denn die Kräfte sind eben solche, die aus Spannkraften frei geworden sind, sie sind also an die Veränderung der Substanz ganz innig gebunden. Wer dies eine deutet, deutet auch das andere.

Es lohnt sich hier einen Ausblick zu thun auf den Fall, daß wir es nicht mit der allgemeinen Körperoberfläche, sondern mit einem besonders differenzierten Teil derselben, mit einem

Sinnesorgan, zu thun haben. Dann ist ein besonderes Epithel, das Sinnesepithel, welches die Grenzschiht bildet, und es ist nicht der allgemeine Verhornungsprozess, sondern ein eigentümlicher Lebensprozess, welcher durch den Reiz getroffen und gestört wird. Dementsprechend werden auch die Produkte der Veränderung verschieden sein, d. h. jeder eigentümliche Sinnesnerv wird von verschiedenen chemischen Substanzen getroffen, wenn das ihm zugehörige Epithel gereizt wird. Daraus erklärt sich das Gesetz der spezifischen Sinnesenergie.

Also die Produkte der Veränderung der Epithelien sind die Erreger der Nerven. Aber wie ist diese Erregung aufzufassen? Um das zu verstehen, müssen wir die Beziehungen der Nerven zum Epithel untersuchen. In der Regel stellen wir uns vor, daß jeder Nerv, auch der sensible, an der Peripherie ende, und wir sprechen deshalb von den Beziehungen der Nerven zum Oberflächenepithel als den peripheren Nervenendigungen. Aber ist diese Auffassung wirklich mit dem verträglich, was wir schon jetzt über die Entstehung der Nerven wissen? Verhalten sich nicht vielleicht der sensible und der motorische Nerv wie in Bezug auf ihre Leitung, so auch bezüglich ihres Wachstumes gerade entgegengesetzt? Nach den Untersuchungen von Herrn His haben wir allen Grund, anzunehmen, daß im Embryo die sensiblen Nerven nicht aus dem Centralorgan heraus, sondern in dasselbe hineinwachsen. Nun steht dem allerdings die HENSEN'sche Hypothese gegenüber, wonach der Nerv einen Faden darstellt, der zwei ursprünglich zusammengehörige Zellen der Peripherie und des Centralorgans verbindet, also der Rest eines ehemals direkten Zusammenhangs. Vielleicht brauchen wir für die Klärung unserer Anschauungen die Erledigung dieser embryonalen Kontroverse nicht abzuwarten. Möglich, daß ein solcher Faden in einem frühen Stadium der Entwicklung existiert, aber ein solcher Faden ist noch kein Nerv, es ist vielleicht der Leitfaden, an dem der eigentliche Nerv entlang wächst. Und für die Art, wie dieses Wachstum geschieht, haben wir einen entscheidenden Anhalt an den Degenerationerscheinungen. Die sensiblen Nerven degenerieren in der Richtung nach dem Centrum. Die Degeneration ist aber ohne Zweifel eine Ernährungsstörung. Die Nerven verlieren ihre Struktur, die ihnen eigentümlichen Substanzen zerfallen, sie gehen in Fett und Bindegewebe über,

schliesslich schwinden sie. Ein degenerierender Nerv ist wie die Pflanze, welche verdorrt, wenn sie von ihrer Wurzel getrennt ist. Der Schnitt, welcher den sensiblen Nerv zur Degeneration bringt, hat ihn abgetrennt von seinen Wurzeln, die im Oberflächenepithel liegen. Er hat die Blutgefässe, welche den Nerven mit Blut versehen, nicht zerstört, und an Ernährungsstoffen fehlt es dem Nerven nicht. So besitzt ja auch die Pflanze noch ihre Blätter und ihr Chlorophyll, aber ohne die aus den Wurzeln stammenden Stoffe, können dieselben nicht mehr assimilieren.

Also Nervenwurzeln sind die Nervenenden. In den Epithelzellen oder zwischen denselben entsteht der Nerv. Der letztere Fall lässt sich auf den ersteren zurückführen, wenn die Hypothese richtig ist, welche ich in einer Note zu der Arbeit des Herrn FRENKEL aussprach, dass nämlich diese intercellulären Nerven die Zellen, in denen sie ursprünglich auch entstanden sind, verloren haben, weil dieselben allmählich zur Oberfläche wanderten und sich abstieften.

Wie ist diese Entstehung zu denken? Die Herren CANINI und FRENKEL haben diese Frage an den Epithelien des Froschlarsvenschwanzes näher studiert. Dort sondern sich die Substanzen, die für den Nerven bestimmt sind, in einer Form, in der sie leicht erkannt werden können. Sie bilden eigentümliche Figuren, ausgezeichnet durch starke Lichtbrechung in der überlebenden Zelle, durch charakteristische Färbbarkeit im getöteten Objekt. Dieselben umfassen den Kern korbähnlich, umwinden ihn mit zwei oder mehreren Fäden und sitzen mit breiten Füßchen auf der Basalmembran des Epithels auf. Goldchlorid, Safranin und fast alle die Färbmittel der Achsencylinder und der Terminalfasern der Nerven färben auch diese Figuren.

Man hat die Zellen, welche diese Figuren beherbergen, auch in Beziehung gebracht zu den Sekretionszellen, und das ist in der That die einzige Deutung, welche derjenigen als Nervenenden (im seitherigen Sinne) ernsthaft entgegengestellt worden ist. Die Ähnlichkeit liegt darin, dass in den Sekretionszellen, gerade wie hier, ein stark lichtbrechendes Material in der Nähe des Kernes (und unter Beteiligung desselben) sich aus dem Protoplasma sondert. Man wird aber sofort auch den Unterschied erfassen: in den Sekretionszellen fließt dieses Material nach der Oberfläche ab, hier dagegen gewinnt es

Führung mit der Basalmembran. Immerhin habe ich nichts dagegen, wenn man den Vorgang als eine Art Sekretion auffaßt. Aber was hier secerniert wird, ist Nervensubstanz, genauer gesprochen das Ernährungsmaterial der Nerven. Es hat dieselben Eigenschaften, es steht mit dem Nerven in Zusammenhang; das alles ist in CANINIS und FRENKELS Arbeit genügend auseinandergesetzt. Es mochten vielleicht diese Figuren etwas verwunderlich sein, im alten Sinn als Nervenenden angesehen, in unserm Sinn als Nervenwurzeln erscheinen sie sehr natürlich. Und daran, daß die Entstehung der Nerven mit einem Sekretionsvorgang Ähnlichkeit haben sollte, wird sich der Kundige nicht stoßen. Weshalb sollten nicht zwei Vorgänge, die in ihrer Bedeutung für den Organismus sehr verschieden sind, doch ein Element gemeinschaftlich haben, nämlich das der Aussonderung aus dem Protoplasma? Insofern das ein Abscheiden, ein Secernieren ist, ist auch der Anfang der Nervenbildung eine Sekretion. Man muß aber gleich festhalten, dieses Sekret wird nicht, wie die eigentlichen Sekrete, nach der Oberfläche hin abgesondert, sondern gegen den Basalmembran selbst, es tritt durch diese, wie die Bilder des Herrn CANINIS zeigen, in unzähligen sehr feinen Fädchen hindurch und breitet sich unterhalb derselben aus.

Dieser Sekretionsvorgang findet, wie ich gleichfalls mit Bezug auf die Abhandlung CANINIS und FRENKELS konstatiere, in den beiden unteren, hauptsächlich aber in der untersten Schicht des mehrschichtigen Plattenepithels statt. Er steht jedenfalls in Beziehung zu dem in den oberen Schichten stattfindenden Verhornungsprozeß, er ist gewissermaßen die Einleitung zu demselben. Jede Störung des Verhornungsprozesses muß auf ihn zurückwirken, schon dadurch, daß hierbei frei werdende Kräfte und Stoffe sich nun in den untersten Schichten verteilen und auf den hier stattfindenden Sekretionsprozeß einwirken. Geben wir dem einmal den allgemeinsten Ausdruck. Jeder Reiz bewirkt eine Veränderung des die Nerven bildenden Sekretes.

Die Nerven bildenden Zellen im Epithel stehen nicht unmittelbar im Zusammenhang mit den Nervenstämmen. Zwischen beide schiebt sich ein das Gebiet des Plexus, welches Herr CANINI für den Froschlärvenschwanz geschildert hat. In ihnen findet eine allgemeine netzartige Verbindung statt, aus der sich mit

immer enger und enger zusammenschließenden Maschen stärkere Fäden und schließlich die Nervenstämme sondern. Die Plexus liegen parallel der Epitheloberfläche unter derselben, oft sind sie in mehreren Schichten vorhanden, als primäre, sekundäre, auch tertiäre Plexus. Dann liegen die aus den einfachsten und gleichmäßigsten Fäden bestehenden der Oberfläche am nächsten.

Die Einschiebung dieses Plexus betrachte ich als eine wesentliche Stütze für meine Anschauung. Denn für diejenigen, welche sich den Nerven nach Art eines Signalsystems vorstellen und das periphere Ende als eine Art Knopf, auf welchen gedrückt wird, wenn ein Reiz stattfindet, ist es Voraussetzung, daß dieses Signal auf einem ganz isolierten Wege zum Centrum hingeleitet wird. Weshalb sollten sich dann aber all' die Bahnen kurz vor dem Ende verbinden und wieder und wieder vermischen? Mir erklären sich diese Plexus dagegen auf's aller-natürlichste, denn in ihnen wird aus dem Sekret der Zellen der Oberfläche erst der eigentliche Nerv gebildet.¹ Das durch die Poren der Basalmembran hindurchgedrungene Sekret fließt unterhalb derselben in einem Netz von Fäden zusammen. Es zeigt damit, daß es schon eine gewisse morphologische Organisation besitzt. Indessen ist dieser erste Plexus (früherer Terminalplexus) noch zellenlos. Zellen treten erst in der nächst-unteren Lage auf.

Woher stammen diese? Nun zum Teil von den schon vorhandenen. Denn daß sie sich selbständig vermehren, kann man daraus entnehmen, daß sie in Gruppen zusammenliegen, in welchen die verschiedenen Entwicklungsstadien wahrgenommen werden. Woher aber stammen dann die ersten Zellen, diejenigen, welche den Anstoß zu dieser Entwicklung geben? Meines Erachtens auch aus dem Epithel. Es sind Zellen, welche nach der Schilderung des Herrn KODIS durch den Zerfall der Epithelzelle in perigene und endogene Zellen entstanden sind, von denen die eine immer nach unten wandert. Aber ich will da einer genaueren Untersuchung, die über das,

¹ Man wird vielleicht hier bemerken, daß meine Erklärung sich so gut wie jede andere mit der Thatsache einer lokalisierten Empfindung abfinden müsse. Diese Thatsache ist bekanntlich nur richtig mit der Beschränkung der Empfindungskreise. Für diese bringt meine Hypothese ein neues Moment bei. Ich kann das aber hier noch nicht auseinandersetzen.

was ich hier auseinandersetzen will, weit ausholen müßte, nicht vorgreifen. Es treten hier also Zellen auf, die sich vermehren. Sie finden sich in den Knotenpunkten des Netzes, sie hängen mit demselben zusammen. Zwei Möglichkeiten sind hier denkbar. Entweder sie wandern aus, oder sie entstehen in demselben. Beides kann nicht geschehen, ohne daß sie die Substanzen des Netzes in sich aufnehmen. Man kann sagen, sie ernähren sich von denselben, sie wachsen und vermehren sich auf Kosten derselben. Es giebt eine noch zutreffendere Auffassung. Wäre das Sekret, aus dem die Nerven entstehen, auf eine freie innere Oberfläche ergossen worden, so würde es da wieder resorbiert werden, resorbiert von den Zellen, die diese Oberfläche auskleiden. Das ist auch ein Ernährungsvorgang, denn diese Zellen nehmen das sie benetzende Sekret auch zunächst auf, um sich zu ernähren. Wir wissen aber von diesem Beispiel, daß die Zellen hierbei viel mehr aufnehmen können, als sie zu ihrer Ernährung brauchen, und daß sie dieses Material leicht wieder abgeben. Es ist mir wahrscheinlich, daß dies die richtige Auffassung auch für die Rolle dieser Zellen der Nervenplexus ist, sie resorbieren das Sekret. In welcher Form aber scheiden sie es wieder aus? Da, wo in den tieferen Schichten des Plexus die Zellen in Gruppen zusammenliegen, finden wir die ersten Spuren der Wiederausscheidung; ein sekundäres Sekret also gewissermaßen. Es sind kleine Kügelchen oder Tröpfchen, die die bekannte Osmiumsäurereaktion und auch die übrigen Reaktionen des Myelins geben, die ersten Anfänge der Markscheide.

Herr LAHOUSSE hat von dem Vorhof des Froschherzens die Abteilung des Plexus anschaulich geschildert, wie die Zellgruppen sich allmählich zu Strängen ausziehen und in dem Netz mehr und mehr die Myelinkügelchen abgelagert werden. Es bedeutet, daß das Netz in Fasern übergeht, in die markhaltigen Nervenfasern. So lange die Markscheide sich nicht ausbildet, bleiben die Nerven in dem netzartigen Zustand, der ihre Entstehung charakterisiert, wenn man will in einem embryonalen Zustand. Und in diesem verharren z. B. die Nerven, welche wir sympathische nennen, während des ganzen Lebens, d. h. zum größten Teil, denn auch sie bilden einzelne Fasern mit Markscheide aus.

Verfolgen wir jetzt die Entwicklung dieser markhaltigen

Fasern weiter. An der Stelle, wo sie aus dem Netz hervorgeht, liegen die Zellen dichter, bilden einen Zellenstrang, der sich mit dem ausgeschiedenen Mark belegt. Die Ausscheidung des Marks ist der Grund für die Sonderung, die Isolierung, sie ist auch der Grund, weshalb diese Faser sich allmählich senkrecht zu dem Netz stellt. Das will ich versuchen zu erklären:

Die Nervenfaser stellen wir uns, seit RANVIERS Entdeckungen, vor als eine Kette von Schnürgliedern, die durch eine Kittsubstanz miteinander in Verbindung sind, und von denen jedes einer Zelle entspricht. RANVIER hatte indes angenommen, daß der Achsencylinder an dieser Gliederung nicht teilnähme, sondern als ein riesiger Fortsatz einer Ganglienzelle durch diese ganze Zellkette hindurchgesteckt sei. Dementgegen hat ENGELMANN nachgewiesen, namentlich auf Grund des Absterbens des Achsencylinders von Schnürglied zu Schnürglied bei der Degeneration, daß der Achsencylinder unterbrochen sei, daß er auch aus einzelnen, dem Schnürglied entsprechenden Stücken bestehe. Ferner hat KÜHNE unsere Anschauung durch die wichtige Entdeckung bereichert, daß in der anscheinend homogenen Markscheide das Neurokeratinnetz steckt, welches sichtbar wird, wenn man die fetthaltigen Substanzen des Myelins unter hohem Druck extrahiert. Dieses Netz gleicht durchaus der netzartigen Struktur des Plexus, aus welcher der Nerv entstand.

Denken wir uns das Mark weg, also den Nerven bestehend aus dem Achsencylinder, dem Neurokeratingerüst und dem mit dem letzteren in Zusammenhang stehenden Kern. Dann wird es deutlich, daß die Nervenfaser einem Teil des Netzes, aus dem sie entstanden ist, gleicht. Der Achsencylinder hierbei entspricht dem Sekret der Nervenwurzel. Er teilt mit demselben die Reaktion gegen Gold, sowie die meisten Färbungen, wie ich oben schon hervorhob.

Rings um dieses Sekret, dasselbe cylinderartig einhüllend, fände sich das Netz der resorbierenden Zellen, welche jetzt in einer langgestreckten Kette angeordnet sind. Man wird nun fragen: Wenn dieses Verhältnis sich soweit fortsetzt, wird da auch der Achsencylinder etwa von dem Keratinnetz der Markscheide resorbiert? Und wenn dies geschieht, warum verschwindet er nicht? Ja, er wird auch resorbiert, und er verschwindet nicht, weil er fortwährend wieder ausgeschieden wird. Das ist eine neue Thätigkeit, der wir seither im Nerven

noch nicht begegnet sind, denn an der Peripherie findet ja die Ausscheidung durch die noch nicht zum Nerven gehörigen Epithelien der Oberfläche statt. Hier aber geschieht sie im Nerven, wo stecken da die Elemente, welche das Epithel vertreten?

Offenbar muß die Ausscheidung ebenso wie die Resorption auf der ganzen Berührungslinie stattfinden zwischen dem Achsencylinder und der Markscheide. Wäre sie diskontinuierlich, dann müßte ja an einer Stelle der Achsencylinder schwinden, an einer andern anschwellen, und das ist nicht der Fall. Das secernierende Element muß also in der Markscheide ebenso fein verteilt sein, wie das resorbierende. Wenn das letztere gebildet wird durch die Neurokeratinfäden, so muß das erstere dargestellt werden durch das Mark.

Einer solchen Rolle des Marks muß auch eine gewisse Gliederung entsprechen. Und diese findet sich in den sogenannten Markstulpen oder Marktrichtern. Sie gleichen nicht bloß ineinandergesteckten Trichtern, sondern auch Bechern, und ihre Ähnlichkeit mit den Becherzellen des Epithels ist auffallend.

In ihnen ist aber auch die Ursache zu suchen, weshalb bei der Entstehung der Faser aus dem Plexus diese sich allmählich senkrecht zu jenem stellt, denn diese Becherglieder stehen auf dem Netz, aus dem sie hervorgehen, senkrecht wie die Epithelzellen auf ihrer Basalmembran. Indem der Becher seinen Inhalt in der Richtung seiner Längsachse entleert, zwingt es das resorbierende Netz, demselben zu folgen. Das aber wird die Veranlassung sein, daß hier aufs neue Mark und damit ein neuer Becher entsteht, welcher auf dem ersten Becher, d. h. zum Teil in dessen Höhlung darin steht. Es ist leicht einzusehen, wie auf diese Weise die Markscheide der Nerven aus einer Reihe auf- und zum Teil ineinandergestellter Becher besteht, durch deren Höhlung der Achsencylinder hindurchläuft. Diese, wie soll ich sagen, Pseudo(?)epithelien, finden sich zu der Gerüstzelle, welche ja das ganze Schnürglied bildet, in einer ähnlichen Lage, wie die Zellen eines Drüsenschlauchs oder einer Drüsenbeere zu den Korbzellen der *membrana propria*, d. h. eine größere Anzahl der ersteren wird von einer der letzteren umfaßt. Die doppelte Gliederung des Nerven durch die Einschnürungen und durch die Einstülpungen wird hierdurch sehr verständlich.

Der Prozeß, welcher an der Nervenwurzel ein einseitiger war, indem dem Nerven das Material von dem Epithel der Oberfläche zufließt, ist durch das Auftreten dieses Elementes der Markbecher zu einem vollkommenen Kreisprozeß geworden. Dadurch kann der Nerv sich abschließen und der in ihm sich abspielende Vorgang sich isolieren. Nur der fortwährend von der Peripherie aus den Wurzeln nachströmende Zufluß und der ebenso stattfindende Abfluß am Centrum verbinden ihn direkt mit den übrigen Teilen.

Aber ist der Achsencylinder wirklich als ein strömendes Sekret aufzufassen? Ich glaube das eigentlich nicht. Unsere Zellsekrete sind im allgemeinen organisiert, und entweder schwimmen die morphologischen Bestandteile ganz gesondert in der Flüssigkeit, wie bei dem kompliziertesten Sekret, dem der Geschlechtsdrüsen, oder es findet sich eine Art Übergangszustand, wobei dieselben bald sich lösen, bald auch wieder sich ausscheiden, wie z. B. im Pankreassekret. Ähnlich muß es auch im Achsencylinder sein, denn die wechselnden Bilder, welche der Achsencylinder darbietet, wie sie von KÜHNE und seinen Schülern, von KUPFER u. a. beschrieben sind, entsprechen dem am meisten. In der Längs- und Querstreifung des Achsencylinders unter dem Einfluß des Silbers, in der fibrillären und dann wieder soliden Bildung unter dem Einfluß des Osmiums kann ich nichts entdecken, was der Annahme widerspräche, er bestehe aus morphologischen Elementen, gequollen und halb gelöst in einer Flüssigkeit, welche so beschaffen ist, daß eine geringe Veränderung ihrer Zusammensetzung genügt, um sie ganz zu lösen oder ganz auszuscheiden.

Diese Elemente können nun nicht frei hindurchströmen durch den Nerven, denn darin hindert sie ja die fortwährende Resorption und Wiederausscheidung, die sie mit der Markscheide eben in die innigste Verbindung setzt, wohl aber wird dadurch, daß jeder Becher in seine Höhlung ausscheidet, im allgemeinen eine Vorwärtsbewegung bewirkt.

Man muß sich dabei nicht vorstellen, daß dieser Vorgang ein plumper und langsamer sein müsse, zu plump und zu langsam, um der Nerventhätigkeit zu Grunde zu liegen. Von dieser habe ich noch gar nicht gesprochen, ich habe bis jetzt bloß die ruhigen und stetigen Vorgänge der Bildung, des Wachstums und der Ernährung betrachtet. Aber auch für diese stelle ich

mir vor, daß, wenn der Nerv einmal ausgebildet ist, die chemischen Beziehungen zwischen Markscheide und Achsencylinder derart sind, daß ein sich sehr rasch vollziehender Prozeß die Aufnahme, die Umwandlung und die Wiederausscheidung besorgt. Die Berührung ist ja überall die denkbar innigste.

Begleiten wir nun den sensiblen Nerven zu seinem centralen Ende. Dasselbe ist kompliziert durch die Einschiebung des Spinalganglions. Man hat früher geglaubt, die Endigung der sensiblen Nerven sei gewissermaßen eine doppelte. Von einer eigentlichen Endigung in den Spinalganglien kann jedoch nicht die Rede sein. Nach den Zählungen von HOLL und von BIRGE ist die Zahl der Fasern, welche in das Spinalganglion hineintreten, ebensogroß wie die, die herauskommen. Wohl aber werden die Fasern durch Ganglienzellen unterbrochen. RANVIER hat uns das so erklärt, daß die Ganglienzelle scheinbar mit einem Fortsatz seitlich an der Nervenfaser ansitzt. Dieser Fortsatz ist in Wahrheit doppelt, er besteht aus einer einlaufenden und einer auslaufenden Faser. Sind solche Ganglienzellen in den Verlauf aller sensiblen Fasern eingeschaltet? Nach den vorliegenden Zählungen ist die Zahl der in den Spinalganglien vorhandenen Zellen kleiner als die Zahl der durchtretenden Fasern. Nach Zählungen von FREUD beim Petromyzon beträgt sie etwa die Hälfte. Da jede Zelle bloß mit einer Faser in Verbindung tritt, so müssen also eine Anzahl Fasern einfach an den Zellen vorbeiziehen. Ich will in dieser Abhandlung nur die letzteren in den Kreis meiner Betrachtung ziehen. Es ist mir hier nur darum zu thun, die einfachste Bahn, die direkte Reflexbahn zu erörtern. Und von jenen Fasern, welche eine vorläufige Unterbrechung erleiden, dürfen wir, was auch die uns noch unbekannte Bedeutung derselben sein mag, doch wohl annehmen, daß sie komplizierter sind als die anderen.

Treten nun unsere Fasern im Rückenmark mit Ganglienzellen in direkte Verbindung? Früher hielt man das für unumgänglich, und man stellte sich eine centrale sensible Ganglienzelle mit Achsencylinderfortsatz vor, ganz nach Analogie der motorischen. Die Protoplasmafortsätze sollten sich dann die Hand reichen. Der Beweis stand immer auf schwachen Füßen, denn die Zellen, die man als sensible ansprechen könnte, sind in den Hinterhörnern dünn gesät, entsprechen an Zahl weder den Fasern

noch den motorischen Zellen und haben auch ein anderes Aussehen als die letzteren. Jetzt hat Herr GOLGI ihn ganz zerstört, indem er gezeigt hat, daß sie keinen Achsencylinderfortsatz besitzen.

Für unsere Anschauung stellt sich die Sache überhaupt ganz anders. Wir werden für die sensiblen Fasern keine Analogie mit den motorischen suchen, weil die motorischen im Centralorgan anfangen, die sensiblen aber enden. Das bedingt eine ganz andere Stellung zu den Zellen.

Herr BEEVOR hat in der Arbeit über das Kleinhirn eine Schilderung von der Verbindung von Nervenfasern mit den Elementen des Centralorgans entworfen, welche auch hier paßt. Die Masse der Zellen, welche die graue Substanz enthält und welche sie im embryonalen Zustand, bei niederen Tieren und dann auch im Kleinhirn ganz dicht anfüllen, sind Neurogliazellen. Diese Zellen sind nun, wie Herr BEEVOR auseinander setzt, von derselben Natur, wie die Zellen der Markscheide der Nerven.

Sobald ein Nerv in die graue Substanz eintritt, werden die eigenen Zellen der Markscheide zahlreicher, das Gefüge lockerer. Die Zellen der Markscheide drängen sich zwischen die Zellen der Neuroglia, ihr Netz verbindet sich mit denselben, sie verschwinden als selbständige Fasern. Mit anderen Worten, der Nerv löst sich wieder in einem Plexus auf, der nur viel dichter, enger zusammengedrängt ist als der periphere, aus dem er entstand. Was wird aus dem Achsencylinder? Ja, dieses Sekret liegt nun nicht mehr fest zusammengehalten in eng geschlossener Röhre, er verteilt sich jetzt in den Maschen des Plexus, in den der Nerv übergeht. Die Folge davon ist, daß viele resorbierende Zellen mit demselben in Berührung kommen und es aufnehmen können, um so mehr, je mächtiger es abgesondert wird.

In dem Netz der Neuroglia liegen aber auch die mächtigen motorischen Ganglienzellen, welche ihre Fortsätze weit ausstrecken. Diese Fortsätze haben, wie Herr GOLGI jüngst zeigte, keinen direkten Zusammenhang. Die Idee, daß sie den entsprechenden Fortsätzen der sensiblen Zellen die Hand reichen müßten, ist aufgegeben. Schon Herr BEEVOR hatte aber für das Kleinhirn darauf aufmerksam gemacht, daß man einen direkten Zusammenhang der Fortsätze der dort vorhandenen

PURKINJESchen Zellen mit irgend welchen nervösen Elementen nicht nachweisen könne. Wenn Herr GOLGI weiter meint, diese Fortsätze besorgen die Ernährung der Zellen, so stimme ich auch dem zu, aber sie besorgen nicht nur das, denn das, was sie den Zellen zuführen, das bezieht sich auch auf ihre Funktion. Sie saugen eben jenes Sekret ein, welches der ankommende, sensible Nerv in das allgemeine Netz ergossen, und führen es ihren Zellen zu.

Damit beginnt hier ein neues System, denn nun werden die Stoffe, welche seither centripetal von Zelle zu Zelle ihren Weg zum Rückenmark gefunden haben, in umgekehrter Richtung ihren Weg zur Peripherie finden. Oder vielmehr nicht dieselben Stoffe, denn es ist klar, daß sie bei dieser Umkehrung eine wichtige Veränderung erfahren müssen. In diesem neuen System interessiert vor allem das Anfangsglied, die motorische Ganglienzelle. Wenn wir dieses begriffen haben, mögen wir das Übrige des motorischen Nerven leicht in die bereits gewonnenen Anschauungen einordnen.

Offenbar entspricht die motorische Ganglienzelle dem ganzen Ursprungsgebiet des sensiblen Nerven aus dem Oberflächenepithel, und zwar in Bezug auf ihre secernierenden Eigenschaften. Es ist wahrscheinlich, daß ihre Gröfse damit zusammenhängt, denn an diese wird doch eine mächtige Sekretion gebunden sein. Achsen-cylinderfortsatz, ein Teil des Kerns und wahrscheinlich das Kernkörperchen (Plasmosoma), das ja auch bei den Ganglienzellen so stark entwickelt ist, dienen dieser sekretorischen Funktion. Die Protoplasmafortsätze und ein anderer Teil des Kerns dagegen nehmen das Material für diese Sekretion auf, sie entsprechen den resorbierenden Elementen, den Netzzellen des peripheren Plexus, dem Neurokeratingerüst der Markscheide, den Neurogliazellen des Centralorgans. So sind hier zwei Zellen zu einer verschmolzen. Im Grunde ist das ja im Verlauf der Nerven auch der Fall, wenn wir die Markstulpen wenigstens als Repräsentanten von Zellen gelten lassen wollen. In der motorischen Ganglienzelle erreicht aber das sekretorische Element eine gröfsere Bedeutung als im Verlauf der Nerven, weil es das Oberflächenepithel repräsentiert, und das bedeutet, daß es nicht blofs, wie in dem geschilderten Kreisprozeß, ein nervöses Material wieder ausscheiden kann, sondern daß es auch wie das Oberflächenepithel ein solches selbständig bilden kann.

Wir dürften uns also zwei Fälle als möglich denken, einmal, die Protoplasmafortsätze nehmen das in die Maschen der Neuroglia ergossene Sekret eines sensiblen Nerven auf, dann haben wir den einfachen Reflex oder die Ganglienzelle secerniert selbständig, wie ein Oberflächenepithel nervöses Material, dann haben wir die spontane Erregung.

In beiden Fällen wird das betreffende Sekret durch den Achsencylinderfortsatz dem motorischen Nerven zugeführt und wandert in diesem durch einen Kreisprozeß, wie wir ihn bereits kennen, der Peripherie zu, d. h. dem Muskel, in den es ergossen wird.

Natürlich habe ich hier alles übergangen was die Verhältnisse im Rückenmark kompliziert. Denn die in jenes weite Netz ergossenen Sekrete werden nicht allein von den motorischen Ganglienzellen aufgenommen, sie können auch aufgenommen werden von andern Zellen und so die Veranlassung geben zu der Bildung der im Rückenmark auf- und absteigenden Bahnen. Vielleicht stehen damit die in den Hinterhörnern sich findenden sogen. sensiblen Zellen in Beziehung. Aber auch der Centralkanal spielt eine Rolle in dem Verhältnis der Resorption und Sekretion, und in der Umgebung der motorischen Zellen finden sich interessante Bildungen der Neuroglia. Man wird auch fragen, ob das Blut einen Einfluß hat auf diesen Vorgang und ob es das Material liefert für die selbständige Sekretion der Ganglienzellen. Aber das alles würde uns hier zu weit führen, da ich zufrieden bin, wenn ich nur die Vorstellung von dem einfachsten Zusammenhang erweckt habe.

Dagegen dürfen wir uns jetzt einmal mit dem Verhältnis von Ruhe und Thätigkeit beschäftigen. Das wandernde Sekret hat ganz bestimmte chemische Eigenschaften und übt ganz bestimmte Affinitäten aus. So müssen wir uns wohl vorstellen, daß für die Auswahl derjenigen Zellen, in die es übergeht, nicht bloß deren Lage, sondern auch die chemische Affinität maßgebend ist. Dieser besonderen Natur des Sekretes ist es auch zuzuschreiben, daß, wie ich in meiner jüngsten Zählung gezeigt habe, jeder sensiblen Faser eine bestimmte Anzahl von Bahnen der weißen Substanz entspricht. Die Möglichkeit des Übergangs in verschiedene Bahnen ist durch die chemische Natur des Sekrets ebenso determiniert, wie z. B. die Zahl der Isomeren in einem aromatischen Körper. So wird auf dem

ganzen Weg dieses Sekret eigenartige chemische Wirkungen ausüben und in dem Gesamthaushalt wird es eine bestimmte Rolle spielen.

Inwiefern wird nun ein Reiz, der die Körperoberfläche trifft, diese Verhältnisse beeinflussen. Davon sind wir ja ausgegangen, und haben bereits gesehen, daß dieser Reiz in die Entstehung des Sekretes eingreift. Wir sind darüber einig geworden, daß die gereizten Epithelien andere chemische Substanzen produzieren wie die ruhenden, weil die Störung des Lebensprozesses darauf hinaus laufen muß, daß der Übergang von Spannkraften in lebendige Kräfte sich ändert und weil die Änderung des Vorrats von Spannkraften eine Veränderung der chemischen Zusammensetzung bedeutet: Es ist also ein Sekret von anderer chemischer Zusammensetzung, das dem Nerv zufließt und das in ihm weiter wandert. Den Zustand in den er dadurch gerät nennen wir Erregung. Das Wesen desselben besteht also in einer Veränderung des Stoffaustausches zwischen Achsencylinder und Markscheide. Sehr wahrscheinlich ist das Weiterwandern des veränderten Sekretes ein rascheres als des normalen, indem es um so rascher jedesmal wieder ausgeschieden wird. Im Centralorgan angekommen, wird es seine Veränderung wohl auch dadurch zur Geltung bringen, daß es andere Affinitäten äußert, also auch andere Wege einschlagen kann. Wird es von den motorischen Zellen aufgenommen, so wird es seine Veränderung auch in diesen geltend machen und, dem Muskel zugeführt, veranlaßt es in ihm die Umlagerung der anisotropen und isotropen Substanz, die die Verkürzung herbeiführt.

Ich will noch etwas andeuten, denn die ausführlichere Auseinandersetzung des Reflexvorganges behalte ich mir noch vor. Hier handelt es sich um seine Bahn. Nicht jede äußere Kraft wird den Lebensprozeß der Epithelien in gleicher Weise stören, der Druck z. B. vielleicht anders als die Temperatur. Dann wird also auch die Beschaffenheit des Sekretes die Art der Störung verraten, und, in dem Centralorgan angelangt, wird jede Variation auch bestimmend sein für die Zellen, welche es aufnehmen, also für die Bahnen, die es einschlägt. Und endlich, die Zusammensetzung der verschiedenen Zellen unserer Oberfläche könnte etwas verschieden sein, es könnte sich jede von ihrer Nachbarin um ein kleines durch die Anordnung ihrer Atome unterscheiden. Wenn aber die Zelle verschieden ist,

warum nicht auch ihr Sekret. Und wenn das der Fall ist, wäre da nicht die Gruppierung der Atome in demselben das prägnanteste Lokalzeichen, das dem Centralorgan zugeführt werden könnte?

Ich weiß nicht, ob mir andere die Erlösung nachfühlen können, welche darin liegt, sich ein Nervensystem vorzustellen, das wirklich mit dem Organismus lebt. Nicht einen Aufbau von Röhren, Drähten oder Fäden, der nur so in den Organismus hineingesteckt ist und an dem sich gewisse Erscheinungen abspielen, der aber zu dem Lebensprozeß nicht in den mindesten Beziehungen steht. Was lebt, das ist nicht eine Maschine, die von außen her gebaut wird, sondern etwas, das sich selbst baut, und das, was uns als Funktion erscheint, ist nichts weiter als ein Teil dieses sich selbst Bauens.

Von diesem Gesichtspunkt habe ich hier die Grundelemente des Nervensystems auseinanderzusetzen versucht. Ich erwarte, daß ich viel mißverstanden werde. In meinem eigenen Gedankengang vertieft, habe ich zunächst nur ausgesprochen, was mir in dessen Verfolgung aufstiegs. Anderen stehen andere Erscheinungen näher, und ich bin gern bereit, mich darüber auseinanderzusetzen und auch zu ergänzen. Nur in einer Beziehung bitte ich mir nicht unnötige Schwierigkeiten zu bereiten, nämlich in Bezug auf die Bezeichnungen, die ich wähle. Ich bin mir ganz gut bewußt, daß nicht die Nervenwurzel und noch weniger der Achsencylinder ein eigentliches Sekret ist, daß die Bezeichnung Resorption und Sekretion für das Verhältnis zwischen Achsencylinder und Markscheide viel zu plump ist. Diese Ausdrücke bezeichnen Vorgänge, die denen im Nerven unter allen bekannten am nächsten stehen und die mit ihnen prinzipiell viel Gemeinschaftliches haben, die aber doch nicht mit ihnen identisch sind. Wollte man genau sein, so müßte man eben eigene Ausdrücke erfinden, aber dann würde man noch weniger verstanden.

Was unsere Kenntnisse von den physiologischen Eigenschaften des Nerven betrifft, von seiner Leitungsgeschwindigkeit, Reizbarkeit, seinem elektrischen Verhalten, so sehe ich nicht, daß dieselben für diese Auffassung Schwierigkeiten darböten. Den einzigen Widerspruch erwarte ich von den Experimenten über die Unermüdbarkeit der Nerven. Denn wenn der Nerv, es ist hier der motorische gemeint, etwa Stoffe an den

Muskel abgäbe, die in diesem die Kontraktion auslösten, so müßte er sich doch erschöpfen. Daher hat man aus diesen Experimenten bereits die Hypothese abgeleitet, daß die Nervenleitung ein rein physikalischer Vorgang, wie etwa die Schallleitung sei. Aber dazu sind diese Experimente doch nicht ausgedehnt genug. Was will es denn heißen, wenn der Nerv nach ein paar tausend Reizen immer noch im stande ist, auf den Muskel zu wirken? Wie langsam erschöpft sich denn ein Gramm Moschus? Kann das nicht millionenmal die Nasenschleimhaut reizen, und man wird kaum eine Abnahme der Wirkung bemerken. Und doch müssen in diesem Fall ganz unzweifelhaft Teile des Moschus in unsere Nasenhöhlen übergehen, um einen Reiz auszuüben. Die auslösenden Kräfte können eben unendlich klein sein.

Neben Widerspruch möchte ich aber auch Zustimmung erwarten. Vielleicht am meisten von den Pathologen. Ich habe bereits erwähnt, daß der Zusammenhang zwischen Degenerationsrichtung und Funktionsrichtung durch meine Hypothese sich erklärt. Aber die Pathologen haben bemerkt, daß die Degeneration sich nicht auf den Nerv beschränkt. Auch die Muskeln degenerieren sekundär, wenn der Nerv durchschnitten wird, oder wenn die motorischen Ganglienzellen im Rückenmark zu Grunde gehen. Nun freilich, es wird ihnen eben der Strom von Stoffen abgeschnitten, die sie sonst von den Epithelien erhalten. Wenn die Masse derselben auch nicht bedeutend ist, vielleicht verschwindet gegen das, was der Muskel aus dem Blut bezieht, so ist dafür ihre fermentähnliche Wirksamkeit um so größer. Die Assimilierbarkeit des übrigen Materials wird wahrscheinlich durch sie bedingt. Die Pathologen haben indessen noch mehr gesehen. Sie haben beobachtet, daß bei gewissen Erkrankungen oder Unterbrechungen der Nerven Ernährungsstörungen in weit entlegenen Organen auftreten. Das beruht darauf, daß, wie ich schon öfters auseinandersetzte, der ganze Organismus einen Haushalt, einen Ökus bildet, in dem jede Atomgruppe ihren bestimmten Platz, ihre bestimmte Wirkung hat. Wenn in diesem Haushalt die Stoffe, welche die Nerven dem Centralorgan zuführen, dem Ganzen vorenthalten werden, so muß sich dieser Defekt durch den veränderten Chemismus an einer anderen Stelle ausgleichen. Solche Beobachtungen sind außerordentlich wertvoll, weil sie

ein Licht, nicht wie man fälschlich gemeint hat, auf die anatomischen, sondern auf die unser Leben viel inniger begründenden chemischen Zusammenhänge im Organismus werfen.

So werden wir auch endlich die trophischen Eigenschaften der Nerven verstehen. Alle Nerven sind in meinem Sinne trophisch, die centrifugalen, weil sie fermentartige Stoffe zuführen, die centripetalen, weil sie sie abführen.

Wenn ein sensibler Nerv erkrankt oder unterbrochen wird, so ist es, wie wenn durch die Unterbindung des Ausführungsgangs die Fermente in einer Drüse zurückgestaut werden. Es müssen Ernährungsstörungen in dem Gebiete, das er versorgt, eintreten. Auch hier haben die Pathologen also ganz recht beobachtet, sie haben nur den Fehler gemacht, daß sie nach besonderen Fasern suchten und daß sie sich diese stets centrifugalleitend dachten.

Endlich möchte ich betonen, eröffnet sich uns allen noch eine merkwürdige Aussicht. Wenn die Funktion nicht bloß an dem Nerv und seinen Zellen abschwingt, wenn sie auf der Aufnahme und Ausscheidung von chemischen Substanzen beruht, warum sollen wir denn das nicht eines Tages entdecken?

Warum soll uns nicht einmal bei der Anwendung geschickter Reagentien die Nervenzelle ihre veränderte chemische Zusammensetzung und durch ihre veränderte Zusammensetzung verraten, daß sie funktioniert hat, vielleicht sogar wie sie funktioniert hat. Herr BEEVOR hat schon auf eine Verschiedenheit des Aussehens von Ganglienzellen aufmerksam gemacht, welches er auf die Funktion im Leben zurückführte, und die Herren DONALDSON und HODGE haben gezeigt, daß man ein solches Aussehen auch experimentell erzeugen kann. Herr BECHTEREW hat in einer Arbeit, die er nicht vollenden konnte, und die deshalb noch nicht veröffentlicht ist, die merkwürdigsten Veränderungen der Zellen des Rückenmarks im Strychnintetanus gefunden.

Vielleicht gelingt es uns doch einmal, all die mikroskopischen Bilder auf die chemischen Substanzen, all die chemischen Substanzen auf die funktionellen Veränderungen zu deuten, und wir lesen dann wie in einem Buche die Schicksale des Lebens. Freilich müssen wir da erst eine Forderung erfüllen, auf die ich in meiner Abhandlung über die Zahlen im Rückenmark aufmerksam machte, nämlich erkennen, welche Veränderungen der Tod und unsere Reagentien hervorbringen.
