

Zur Theorie der Funktion des Nervensystems¹).

Von

Kurt Goldstein,

Assistent in Freiburg von Oktober 1904 bis Oktober 1905.

(Aus dem Neurologischen Institut der Universität Frankfurt a. M.)

(Eingegangen am 14. März 1925.)

I.

Wenn auch die Anschauung von einer Lokalisation isolierter psychischer Vorgänge in bestimmten umschriebenen Abschnitten der Hirnrinde in weitem Maße aufgegeben ist, so erfreut sich die Annahme, daß bestimmte Leistungen an das Vorhandensein bestimmter Strukturen unbedingt gebunden sind, noch fast allgemeiner Anerkennung. Man spricht von der Macula als der Stelle, die für das Zustandekommen des deutlichen Sehens unbedingt notwendig ist, und sieht in der anatomischen Struktur der Macula und ihrer festgefügtten Beziehung zum Zentrum die notwendige Grundlage dafür. Man spricht von bestimmten Reflexen und betrachtet als Voraussetzung für sie einen anatomischen Reflexbogen, auf dem die physiologische Erregung der reflektorischen Reaktion verläuft u. a. m. Das Nervensystem erscheint so zusammengesetzt aus Apparaten verschiedener Struktur mit ihnen zugehörnden „normalen“ Leistungen, die zwar — sowohl die Strukturen wie die Leistungen — sich gegenseitig im Sinne einer Hemmung oder Förderung beeinflussen, aber doch an sich unabhängig voneinander sind.

Gewöhnlich hält man diese Auffassung vom Bau und der Funktion des Nervensystems einfach für erwiesen; man macht sich gar nicht klar, daß die Tatsachen, auf die sie sich stützt, eigentlich nur dadurch festgestellt worden sind, daß man mit einer ganz bestimmten Methodik vorging, die schon der Ausfluß dieser Anschauung selbst ist. Weil man annahm, daß das Nervensystem sich aus isolierten, relativ unabhängigen Teilen zusammensetzt, isolierte man bei der Untersuchung die einzelnen Teile künstlich, prüfte die Leistung dieser isolierten Teile und meinte damit die Leistungen des intakten Nervensystems aufzufinden. Da nun aber die so festgestellten Leistungen sich keineswegs einfach in den natürlichen Leistungen des Organismus wiederfinden lassen, sah man sich gezwungen, besondere „höhere“ Apparate anzunehmen, die die Aufgabe

¹) cf. hierzu einen weiteren im Arch. f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. erscheinenden Aufsatz, der einiges noch zu klären versucht, was hier nur angedeutet werden konnte.

haben, diese Unstimmigkeiten zu beseitigen, die „tieferen“ Leistungen zu „regulieren“. Man übersah dabei ganz, daß diese Unstimmigkeiten möglicher Weise nur daraus resultieren, daß man in dieser künstlich isolierenden Weise vorging, man übersah, daß diese sog. normalen Leistungen gar nicht Leistungen des Organismus sind, sondern vielleicht nur der Ausdruck der künstlichen Zerstückelung des Organismus, und daß damit die Annahme sowohl der isolierten Apparate wie der regulierenden Apparate sehr problematisch würde.

Eine Reihe zum Teil schon lange bekannter Tatsachen hätte eigentlich an der Richtigkeit der Theorie stützig machen müssen.

Wir wissen schon lange, daß die Reizung der sog. reflexogenen Zonen auch bei intaktem Apparat keineswegs unter allen Umständen zum gleichen Effekt führt, sondern daß unter bestimmten Umständen „Modifikationen“ in den Leistungen, ja ganz entgegengesetzte Effekte eintreten können. Isoliert man z. B. den einen Arm eines Schlangenternes und läßt ihn nur in Beziehung zum zentralen Nervenring, so erhält man, wenn der Arm auf einer horizontalen Fläche ruht, so daß seine beiden Seiten sich etwa im gleichen Spannungszustand befinden, bei Reizung des einer der beiden Seiten entsprechenden Nerven eine Ausbiegung des Armes nach der Reizseite. Hängt man den Arm so am zentralen Ende auf, daß er herabhängt und die eine Seite stärker gedehnt wird als die andere, so erfolgt jetzt, ganz gleich welchen Nerven man reizt, gewöhnlich ein Ausschlag nach der gedehnten Seite. Die Wirkung des Reizes ist also keineswegs durch die anatomische Anordnung des Nervensystems absolut garantiert, sondern sie wird durch den *Zustand des Erfolgsorganes mitbestimmt*. Man schloß aus diesen und ähnlichen Befunden, daß der Zustand der *Körperperipherie auf die Erregbarkeitsverteilung im Zentralnervensystem zurückwirke* und nahm speziell einen Einfluß der Dehnung der zugehörigen Muskulatur auf die Erregbarkeitsverteilung im Zentrum an (*Uexküll*). Wie die Beeinflussung des Zentrums von der Peripherie aus zustandekommen soll, bleibt allerdings unklar, namentlich dann, wenn es sich um Tiere handelt, die der sensiblen Nerven entbehren.

Weitere Untersuchungen ergaben, daß es nicht die Dehnung des zugehörigen Muskels allein sein könne, die die Erregbarkeitsverteilung beeinflusst. Man stellte fest, daß sensible an anderen Stellen des Körpers ansetzende Reize ähnlich modifizierend wirken können, so die Reize, die durch die Lagerung anderer Teile, die durch Druck auf andere entstehen usw.

Man stellte sich vor, daß diese Reize dadurch die Wirkung auftretender Erregungen verändern, daß die diesen entsprechenden Erregungen im Zentralorgan anders *geschaltet* werden. Während beim normalen Kratzreflex des Rückenmarkshundes das gleichseitige Hinterbein an der

Stelle des Reizes kratzt, kratzt das Tier, wenn man diese Extremität in Streck- und Abductionsstellung bringt, mit dem anderen Hinterbein. Ebenso kann das Kratzen verändert werden, wenn man das Tier an einer Seite berührt; dann kratzt immer das der berührten Seite entgegengesetzte Bein. Man sagt, der Reiz geht beim symmetrisch gelagerten Tier immer in die Beuger der gleichen Seite, das ist der „normale“ Kratzreflex. Bei Streckung und Abduction des einen Beines wird er in die Beuger des anderen Beines „geschaltet“ und ebenso, wenn ein Druckreiz auf eine Seite ausgeübt wird, in die Beuger der dem Druckreiz entgegengesetzten Seite.

Ist aber nicht eigentlich mit der Annahme derartiger Umschaltungen die Theorie von den voneinander unabhängigen Apparaten im Nervensystem schon verlassen? Hat es dann überhaupt noch einen Sinn, von einem bestimmten Reflexbogen für einen Reflex zu sprechen? Ist nicht für den typischen Reflex ebenso eine bestimmte Schaltung notwendig? Wodurch ist denn der eine vor dem anderen Vorgang ausgezeichnet, so daß man für ihn den festgefügtten Reflexbogen annehmen zu müssen sich berechtigt glaubt? Kam es nicht vielleicht zu der Annahme typischer Reflexe einfach dadurch, daß man die Reflexe immer in der gleichen Situation untersucht hat und deshalb selbstverständlich immer den typischen Effekt erzielt hat? Und beruht nicht vielleicht die ganze Annahme der isolierten festgefügtten anatomischen Apparate und der dadurch bestimmten Erregungsabläufe nur darauf, daß die bei den bestimmten Untersuchungsbedingungen gefundenen Effekte in unseren Vorstellungen eine solche Überwertung erlangt haben, daß man sie als „die“ Reflexe betrachten zu können glaubte und alle unter andern Bedingungen auftretenden als Abweichungen, die eine besondere Schaltung im Zentralorgan notwendig machen?

Zu ganz ähnlichen Bedenken gegen die übliche Auffassung führen noch eine große Reihe anderer Tatsachen. Ich kann hier nur auf einige besonders charakteristische hinweisen. Zunächst die sog. Hemmung durch die Tätigkeit bestimmter Zentren oder Bahnen. Noch nie ist nachgewiesen worden, daß es wirklich Apparate und Bahnen gibt, deren Leistung eine solche Hemmung ist. Nachgewiesen ist immer nur eine Veränderung einer vorher bestehenden Leistung durch Reizung oder Ausschaltung bestimmter Teile des Nervensystems, wobei gar nicht zu sagen ist, welche von den beiden Leistungen denn die normale und welche die veränderte, die „gehemmte“ ist. Ist es nicht viel richtiger, wenn wir von zwei verschiedenen Leistungen unter verschiedenen Bedingungen sprechen und jede aus den ihr zugehörigen Bedingungen zu erklären versuchen. Verdeckt uns nicht die Annahme einer sog. Hemmung das ganze Problem und nimmt uns von vornherein die Möglichkeit, ein Verständnis für eine bestimmte Leistung des Nervensystems

zu gewinnen? Verdankt nicht vielleicht auch der Begriff der Hemmung seine Entstehung nur der Annahme umschriebener Apparate und an diese gebundener bestimmter normaler Leistungen?

Ferner: Wir nehmen auf Grund der Perimeteruntersuchungen an, daß jede Netzhautstelle resp. jede Calcarinastelle eine bestimmte, fixe, unwandelbare funktionelle Bedeutung hat. Aus Versuchen von *Jänsch*¹⁾ geht hervor, daß das Erlebnis des Geradeaus, das gewöhnlich nur bei der Maculaerregung eintritt, keineswegs absolut an diese gebunden ist. Beobachtungen von *Fuchs*²⁾ an Hemianopikern haben gezeigt, daß die Raumwerte der einzelnen Netzhautstellen je nach der Art der Erregung der Netzhaut wechseln können. Nach *Gelbs*³⁾ Feststellungen ist die Sehschärfe normalerweise keineswegs allein von der Retinastelle, die gereizt wird, abhängig, sondern jede Stelle kann unter verschiedenen Umständen recht verschiedene Sehschärfenwerte aufweisen. Das geht nach den Untersuchungen von *Fuchs* an Hemianopikern so weit, daß die Sehschärfe der Macula unter Umständen schlechter sein kann, als die einer peripher gelegenen Stelle.

Aus diesen und ähnlichen Feststellungen geht hervor, daß auch die Sinnesleistungen keineswegs an bestimmte Strukturen fest gebunden sind.

Wernicke hat darauf hingewiesen, daß wir eine gelernte Bewegung nicht nur mit dem Gliede, mit dem wir sie gelernt haben, auszuführen vermögen, sondern ohne jede weitere Übung mit jedem beweglichen Gliede. Wir können so z. B. auch mit dem Fuß schreiben. Man glaubte der Schwierigkeit, die sich aus solchen Tatsachen ergab, dadurch begegnen zu können, daß man den Apparat, in dem die Übung stattgefunden hat, in ein Gebiet oberhalb des Motoriums verlegte und annahm, daß von da aus die Erregung auf die entsprechenden Zentren, bald auf das eine, bald das andere Motorium dirigiert würde. Zweierlei blieb bei einer solchen Auffassung der willkürlichen Innervation unverständlich. Erstens die Voraussetzung einer eigentümlichen Fähigkeit der Umschaltung der Erregung auf ein Gebiet, das niemals in diesem Zusammenhang mitgearbeitet hatte, zweitens die außerordentliche Geschicklichkeit des Motoriums zur Ausführung einer Leistung, die es nie ausgeführt hatte, wie etwa die Geschicklichkeit in der Ausführung der Schreibbewegungen mit dem Fuß. Immerhin erschien die Auffassung, soweit es sich nur um „entsprechende“ Muskeln in verschiedenen Gliedern handelt, noch diskutabel, lagen doch eine Reihe von Tatsachen vor,

¹⁾ Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Ergbd. 4.

²⁾ Psycholog. Analys. hirnpatholog. Fälle, hrsg. von *Gelb* und *Goldstein*. Bd. 1, S. 251 u. 419, Leipzig: Barth 1920 und Psychol. Forsch. 1, 157, 1921.

³⁾ Ber. über d. II. Congr. f. experim. Psycholog. Marburg 1921. Jena: Fischer 1922.

die dartun, daß die „entsprechenden“ Muskeln der verschiedenen Glieder innervatorisch in nahen Beziehungen zueinander stehen müssen: die Tatsache der kollateralen Mitbewegungen, das Zustandekommen entsprechender Bewegungen auf beiden Seiten bei elektrischer Reizung der vorderen Zentralwindung nur der einen Hemisphäre beim Kinde und manches andere.

Die Tatsache der gleichzeitigen Innervation entsprechender Muskeln erweist sich aber zur Erklärung der Verhältnisse bei der willkürlichen Innervation doch als unzureichend, wenn man beachtet, daß die Innervation geübter Bewegungen genau so prompt erfolgt, wenn man sie auch mit *nicht entsprechenden* Muskeln auszuführen versucht. So z. B. wenn man versucht, anstatt mit pronierter mit supinierter Hand zu schreiben. Das gelingt schon beim ersten Mal prompt und so auch in jeder anderen Stellung, sofern nur die notwendigen Bewegungen rein mechanisch möglich sind. Der Impuls zu den Schreibbewegungen ist in jeder Stellung der gleiche. Trotzdem erfolgt jedesmal die Innervation ganz anderer Muskeln ohne weiteres. Es bleibt also zur Erklärung nur die Annahme einer Umschaltung auf irgendwelche Zentren, eine Annahme, die hier noch weniger befriedigen kann als bei der Reflexumkehr. Auch hier haben wir keine Veranlassung, die Innervation in Pronationsstellung der Hand irgendwie vor der in Supinationsstellung in bezug auf Erregungsablauf, anatomische Grundlage als die „normale“ auszuzeichnen. Sie entspricht einfach, wie auch der „normale“ Reflex, nur dem Effekt in der üblichen Situation.

Die Beispiele ließen sich fast unbegrenzt vermehren, die dartun können, daß die sog. *normalen Leistungen*, denen die festgefügtten anatomischen Apparate und bestimmte begrenzte Erregungsabläufe entsprechen sollen, sich durch nichts prinzipiell von den in anderen Situationen auftretenden Leistungen auszeichnen, sondern daß sie nur die *Erscheinungen unter üblichen Versuchsbedingungen oder in solchen Situationen sind, die für die bestimmte Tierart, die wir untersuchen, besonders charakteristisch* sind. Damit wird aber die Annahme der festen Apparate und der begrenzten ihnen entsprechenden Erregungsabläufe höchst problematisch. Wir haben auch gesehen, daß der übliche Ausweg aus den sich ergebenden Schwierigkeiten, die Annahme besonderer Schaltungen für diese „abweichenden“ Leistungen recht unbefriedigend ist, daß es eigentlich ganz unerklärt bleibt, wie es zu diesen verschiedenen Schaltungen kommt, wenn die Apparate wirklich isoliert voneinander arbeiten. Das Wort Schaltung verdeckt so eigentlich das Problem, ähnlich wie die Annahme sog. Hemmungen oder „höherer“ Apparate, die regulierend eingreifen, usw.

Wir wollen versuchen, eine andere Theorie zu entwickeln, die uns geeignet zu sein scheint, die erwähnten und die verschiedenartigsten

anderen normalen und pathologischen Tatsachen, die wie die erwähnten in ihrer Bedeutung für die Frage der Funktion des Nervensystems nicht genügend gewürdigt zu werden pflegen, in ganz einheitlicher Weise unter Verwendung ganz einfacher Vorstellungen über den Erregungsablauf am Nervensystem zu verstehen, ohne zu solchen Hilfhypothesen greifen zu müssen, wie sie in Worten wie Schaltung, Hemmung, Regulierung ihren Ausdruck finden.

II.

Die Theorie basiert auf der Anschauung, daß das Nervensystem der Vertebraten bis einschließlich das des Menschen ebenso wie das der Wirbellosen ein *Netzwerk* darstellt, in das an verschiedenen Stellen Ganglienzellen eingeschaltet sind und das durch die Sinnesapparate und die beweglichen Körperteile mit der Außenwelt in Beziehung steht.

Jeder Reiz, der auf diesen einheitlichen Apparat, dieses „System“ einwirkt, erzeugt eine *Veränderung im ganzen Apparat*. Diese Veränderung findet ihren äußeren Ausdruck in Bewegungen der Erfolgsorgane. Die überschauende Betrachtung all der Reaktionen auf Reize zeigt, daß diese zunächst immer in einer *Zuwendung*¹⁾ *des Organismus zum Reizobjekt* bestehen, in der das Reizobjekt irgendwie „erfaßt“ wird. Was wir Aufnahme- und Abwehrreaktion nennen, sind nur zwei verschieden gerichtete, aber dem Wesen nach gleiche Verhaltensweisen, verschiedene Arten der „Erfassung“ des Reizobjektes. Ob eine Aufnahme oder Abwehr oder etwa teilweise Eliminierung erfolgt, ist von der mehr oder weniger großen Adäquatheit des Reizobjektes gegenüber der ganzen Organisation des vorliegenden Organismus abhängig. Adäquatheit bedeutet, daß der in der Organisation des vorliegenden Organismus begründete Systemzusammenhang durch die Einwirkung des Reizobjektes nicht so alteriert wird, daß die Existenz des Systemes gefährdet wird. Alles, was den Systemzusammenhang auf die Dauer in Frage stellt, d. h. die Rückkehr in den dem betreffenden Organismus entsprechenden (relativen) Gleichgewichtszustand unmöglich macht, wird eliminiert. Der Organismus kann nur in *seinem* Milieu existieren, d. h. nur die Außenweltdinge, die einigermaßen geeignet sind, sich mit dem dem Organismus entsprechenden System zu einem größeren System

¹⁾ Wenn wir von Zuwendung, Erfassung sprechen, so sollen diese Worte nicht etwa im Sinne eines willkürlichen Aktes des Organismus gegenüber einem Objekt, das ihm gegenübersteht, verstanden werden. Nur von außen und vielleicht dem „Sinne“ nach, erscheint es als ein Vorgang, durch den der Organismus das Objekt erfaßt; von innen betrachtet, handelt es sich immer um Ausgleiche zwischen Erregungsvorgängen der verschiedenen Bezirke (dem Organismus — dem Objekt) eines Feldes. An anderer Stelle soll ausführlicher auf dieses Problem der Beziehungen zwischen Organismus und Umwelt eingegangen werden.

zusammenzuschließen, werden vom Organismus „erfaßt“, bilden *sein* Milieu. Alle anderen existieren für ihn überhaupt nicht oder wirken, wenn sie durch ihre Gewalt den Eingang erzwingen, als Störungsreize, deren Wirkung entweder eliminiert werden kann oder zu schweren Störungen im Systemzusammenhang des Organismus führt, zu *Katastrophenreaktionen*, wie ich es nennen möchte. Setzen die abnorm starken Reize an umschriebener Stelle an, so kann es durch die abnorm starke „Nahewirkung“ (vgl. S. 382ff.) zu einer Eliminierung des betreffenden umschriebenen Teiles aus dem Zusammenhang des Organismus kommen. Umbindet man den Arm eines Schlangensterne schnell und kräftig mit einem Faden, so daß ein plötzlicher heftiger Reiz entsteht, so resultiert nicht, wie bei einem langsamen Umbinden, eine Armbewegung, sondern der Arm löst sich von seiner Basis ab, „autotomiert“. Je stärker der Lokal ansetzende Reiz ist, um so leichter stellt sich die Autotomie ein (vgl. *Uexküll*: Umwelt und Innenwelt, S. 107). Die durch den Reiz gesetzte Veränderung ist offenbar so gewaltig, daß sie den Teil aus dem Systemzusammenhange löst und so zu seiner Abstoßung führt. Der Vorgang ist gewiß rein energetisch bedingt. Die Nahewirkung ist so gewaltig und so rapid, daß eine Entlastung des Nahegebietes durch Ausgleich zwischen der Erregung in ihm und der Erregung im gesamten Organismus nicht möglich ist. Für den Gesamtorganismus ist die Autotomie insofern zweckmäßig, als sie — wenn auch auf Kosten eines seiner Teile — den Gesamtorganismus vor der Katastrophenreaktion schützt. Viele der Symptome bei Kranken stellen derartige Katastrophenreaktionen dar, weil infolge der Krankheit die der Gesundheit entsprechenden Beziehungen zwischen dem Organismus und seiner Außenwelt verändert sind und so vieles, was für den gesunden Organismus ein adäquater Reiz ist, zu einer Katastrophenreaktion führt. Wirkt die abnorm starke Reizung auf den ganzen Organismus, so resultieren Erscheinungen wie Regungslosigkeit, Verwirrtheit, Bewußtlosigkeit, Störungen der Herz- und Atemtätigkeit; die Erschütterung kann so stark werden, daß der Tod eintritt. Auch ein lokal ansetzender Reiz kann unter Umständen zu einer Katastrophenreaktion des ganzen Organismus führen. Als besonders charakteristisches Beispiel hierfür möchte ich etwa auf Reaktionen des von mir beschriebenen Patienten Pf. hinweisen¹⁾, dessen Organismus auf jeden Reiz, der nicht zur Sache gehört, die ihn augenblicklich beschäftigt, mit einer derartigen Katastrophenreaktion antwortet, mit einer schweren Erschütterung des ganzen Organismus, die ihn vor allem unfähig macht, in dieser Situation ein Reizobjekt in richtiger Weise zu „erfassen“.

Ähnlich wie äußere Reize führen natürlich innere Reize zur Zuwendung, „Erfassung“ und nicht nur Sinnesreize, sondern auch solche, die

¹⁾ Dtsch. Zeitschr. f. Nervenheilk. 83, 119. 1924.

einer sog. willkürlichen Bewegung, einem Gedankenablauf, einem Gefühl usw. entsprechen.

Jede durch einen Reiz gesetzte Veränderung im Organismus betrifft, so nehmen wir also an, den *ganzen Organismus* und kommt in einer *Veränderung sämtlicher Erfolgsorgane* zum Ausdruck.

Da aber, wie wir bald sehen werden, die Wirkung jedes Reizes infolge verschiedener Momente nur in einem mehr oder weniger engen Bezirke uneingeschränkt wirksam ist, so tritt sie gewöhnlich nur an einer Stelle deutlich hervor. Daß aber doch die Veränderung überall vorliegt, nur in so wenig ausgesprochenem Maße, daß sie gewöhnlich nicht deutlich sichtbar wird, das läßt sich unschwer zeigen, wenn man nur Bedingungen schafft, die die Veränderung deutlicher hervortreten lassen. Man kann feststellen, wie die an irgendeiner Stelle des Körpers vor sich gehende Reizverwertung alle anderen gleichzeitig bestehenden Reizverwertungen, Reaktionen, Wahrnehmungen in gleicher Weise beeinflusst. Bei Ausschaltung der Aufmerksamkeit oder bei durch Krankheit bedingter relativer Ausschaltung des Großhirns sieht man bei Ausführung einer Bewegung an einer Stelle die Tendenz zur Ausführung entsprechender Bewegungen in der Muskulatur des gesamten Körpers hervortreten. Die bei Cerebellarkranken bestehende Tonusveränderung zeigt sich in gleicher Art bei allen motorischen Leistungen wie bei den Wahrnehmungen. Eine Halluzination auf einem Sinnesgebiet läßt sich durch Wahrnehmungen auf einem anderen in bestimmter Weise beeinflussen u. a. m.

Gewöhnlich zeigt sich aber die Wirkung der *auf einen Reiz erfolgenden Veränderung* nur in einem *mehr oder weniger eng umschriebenen Gebiete* des Körpers. Das hat verschiedene Ursachen. Wohl die wichtigste ist, daß die Veränderung auf einen Reiz in einem großen System nicht überall gleichzeitig erfolgt, sondern in der Nähe des Reizansatzes eher und stärker als in den ferneren Bezirken. Wir wissen aus experimentellen Erfahrungen an niederen Tieren, daß die Intensität der Erregung in einem Nervensystem, das ein Netzwerk darstellt, mit der Entfernung von der Reizansatzstelle abnimmt, daß der Erregungsvorgang in einem Nervenetz ein „Dekrement“ hat. Die Einschaltung von Ganglienzellen wirkt, auch das wissen wir von den Experimenten an niederen Tieren, verändernd auf den Erregungsverlauf. Die Ausschaltungsversuche lehren hauptsächlich dreierlei: 1. Ein der *Nervenzellen beraubtes Präparat* — etwa eine Aplysia, der man das ganze Zentralnervensystem entfernt hat — *reagiert verstärkt* auf einen Reiz. 2. Es *reagiert in größerer Ausdehnung*. 3. Die *Reizerfolge sind von längerer Dauer*. Diese längere Nachwirkung kann entweder einen rhythmischen Charakter aufweisen, also in abwechselnden Kontraktionen und Erschlaffungen bestehen, wie es etwa *Bethe* bei Aplysia gezeigt hat, oder sie kann eine mehr tonische

Kontraktion darstellen. Die Sohle von *Helix*, die man durch Durchschneidung des Nerven vom Zentrum abgetrennt hat, bleibt in dauernder Kontraktion (*Biedermann*).

Diese Veränderungen in der Reaktion nach Ausschaltung der Ganglienzelle lassen sich dadurch verstehen, daß man die *Ganglienzelle als eine Vergrößerung*¹⁾ *des Systems* auffaßt, eine Annahme, die die Fibrillenstruktur der Ganglienzelle und die Verbindung dieser Fibrillen mit denen im Netz nahelegt. Dadurch, daß die Ganglienzelle das System vergrößert, ist sie geeignet, eine Verteilung hinzukommender Energien auf einen größeren Querschnitt, andererseits einen Ausgleich einer an einer Stelle etwa angesammelten Energiemenge zu bewirken.

Aus dem ersten Vorgang resultiert eine — auf die Raumeinheit berechnet — *geringere Stärke der Erregungsveränderung* (geringer, als wenn die gleichstarke Veränderung in einem ganglienzellenfreien System zustande käme); die Wirkung ist die *schwächere Reaktion auf einen Reiz im ganglienzellenhaltigen Präparat*.

Dadurch, daß die Ganglienzelle zwischen einem Systemteil und dem übrigen System eingeschaltet ist, verhindert sie die unmittelbare Ausbreitung der Erregung auf weitere Teile des Systemes — sie bewirkt also eine *relative Beschränkung der Ausdehnung* der Veränderung.

Aus der Bedeutung der Ganglienzelle für das Zustandekommen des Ausgleiches resultiert schließlich das Nachlassen der Veränderung an einer Stelle, weil sehr bald ein Ausgleich zwischen dem höheren Erregungsniveau an dieser Stelle und dem tieferen im ganzen übrigen System stattfindet — die Wirkung ist das *baldige Abklingen der Reaktion an einer Stelle*.

Die Ganglienzelle verzögert also zunächst den *schnellen Abfluß der Erregung* (wie Nervennetze im Verhältnis zu langen Bahnen, vgl. *Pütter: Vergleichende Physiologie*, S. 43), andererseits *verringert sie die Erregungszunahme im Systemteil durch die Vergrößerung des Systems* und bewirkt schließlich durch den allmählich vor sich gehenden Ausgleich die *Herabsetzung des Erregungsniveaus im Systemteil*.

Die erste Wirkung begünstigt das Auftreten des Dekrements, die zweite verringert den Wirkungswert des Dekrements, die dritte begünstigt den Ausgleich von Niveauwirkungen in verschiedenen Teilen des Systems und damit das Eintreten der Gleichgewichtslage, der Ruhelage im System.

Die Dekrementwirkung, die „*Nahewirkung*“ ist nun *nicht nur bestimmt durch die rein räumliche Nähe eines Teiles des Nervensystems zum Orte des Reizansatzes, sondern auch durch die mehr oder weniger große Adäquatheit des Reizes für die verschiedenen Teile des Nervensy-*

¹⁾ Natürlich handelt es sich hierbei nicht nur um eine rein quantitative, sondern stets auch eine qualitative Veränderung.

stems. Die verschiedenen Teile des Nervensystems sind durch die Organisation des betreffenden Organismus resp. seine Beziehungen zu seiner Umwelt, sowie durch die individuellen Abstimmungen (Gedächtnis) den verschiedenen Reizarten verschieden angepaßt. Einer bestimmten Reizart angepaßte Teile erfahren durch diese eine stärkere Veränderung als weniger angepaßte Teile. In ersteren kann es durch einen Reiz schon zu einer solchen Veränderung kommen, daß eine nachweisbare Wirkung eintritt, also zu einer „wirkenden“ Veränderung, während der gleiche Reiz in einem inadäquaten Teil noch nicht zur Wirkung führt, „unterschwellig“ ist. Solche einem Reiz adäquate, funktionell gleichartige Teile, die also sämtlich die „Nahewirkung“ aufweisen, brauchen nun nicht etwa örtlich zusammenzuliegen, sondern können über weite Teile des Nervensystems ausgebreitet sein; ein irgendwo ansetzender adäquater Reiz kann sich so an sehr verschiedenen, weit voneinander entfernten Stellen wirksam erweisen, während örtlich näherliegende Teile anderer Funktion relativ unberührt bleiben können.

Funktionell gleichartige Teile gewinnen allmählich eine bestimmte gleichmäßige Struktur, die die Wirkung bestimmter adäquater Reize besonders begünstigt. Hier, zeigt sich die Bedeutung der anatomisch nachweisbaren Struktur für die besonders häufigen dem Organismus besonders adäquaten Leistungen.

Die Veränderung wird auch nicht in allen funktionell zusammengehörigen Bezirken gleich stark sein, sondern in ihren dem Reiz räumlich näheren Teilen stärker als in den dem Reiz fernen. Wir können so *Nahewirkungen verschiedenen Grades* unterscheiden, wobei der Grad einerseits durch die mehr oder weniger größere örtliche Nähe, andererseits durch die größere oder geringere Adäquatheit des Systemteiles gegenüber dem Reiz bestimmt wird.

Die Naheveränderung ist dem mit dem Reizansatzort in Nahebeziehung stehenden Erfolgsorgan zugerichtet. Dieser Veränderung entsprechen die sog. *isolierten Leistungen*, so etwa beim Ansatz im optischen Sektor ein optomotorischer Vorgang oder ein optisches Erlebnis usw. Die Leistung ist aber durch die Nahewirkung des einen Reizes keineswegs eindeutig charakterisiert, da ja immer mehr oder weniger zahlreiche Reize auf einmal einwirken und jede Veränderung an einer Stelle immer gleichzeitig durch die Gesamtsituation d. h. den Erregungszustand, in dem sich das ganze System im Moment der Einwirkung des uns interessierenden Reizes befindet, mit bestimmt wird. Schließlich wird auch der kurz vor der Einwirkung des uns interessierenden Reizes bestehende Erregungszustand die Wirkung des neuen Reizes verändern können. Bedenkt man noch, daß es gewiß auch sehr darauf ankommen wird, in welcher Phase (cf. S. 382 ff.) ihres Ablaufes die ein-

zelen Veränderungen zusammentreffen, so ergibt sich, daß die effektive Veränderung an einer Stelle bei Einwirkung eines Reizes ein außerordentlich kompliziertes Bild bieten wird, das wir gewiß kaum in den größten Zügen durchschauen können. Wir müssen uns hier begnügen, einige besonders charakteristische Typen der Veränderung, wie sie sich uns auf Grund der Analyse der symptomatischen Effekte zu ergeben scheinen, anzuführen.

Da ist zunächst hervorzuheben, daß jede einmal eingetretene Veränderung die *Tendenz zur Beharrung* zu haben scheint, d. h. die Tendenz sich trotz entgegengesetzter Einwirkungen eine Zeitlang in gleicher Weise fortzusetzen. Es dauert eine gewisse Zeit, ehe wir aus einer Aufmerksamkeitseinstellung durch neue Reize herausgebracht werden können. Es vergeht eine gewisse Zeit, ehe eine bestimmte tonische Stellung durch einen von anderer Seite kommenden Einfluß überwunden wird u. a.

Allerdings ist bei allen diesen Vorgängen nicht ganz klar, ob der neue Reiz sich nicht etwa deshalb erst nach einer gewissen Zeit wirksam zeigt, weil er selbst eine Latenzzeit bis zu seiner Wirkung hat oder ob diese Latenzzeit nicht eben der Ausdruck des Widerstandes des bestehenden Erregungszustandes gegen eine Veränderung ist. Ohne zu dieser Frage Stellung nehmen zu können, möchte ich nur hervorheben, daß gewiß Zweifel bestehen können, ob sie überhaupt berechtigt ist, insofern als es sich vielleicht um dasselbe Faktum handelt, das bei der Betrachtung von der einen Seite als Latenzzeit der Wirkung des neuen Reizes bei der Betrachtung von der anderen Seite als Widerstand des alten Zustandes gegen die Veränderung durch den neuen erscheint.

Jede Veränderung hat weiter die Tendenz, *bis zu einem bestimmten Ziele zu gelangen, eine bestimmte Stärke zu erreichen*, und zwar dies relativ unabhängig von der Stärke des Reizes. Alle Reaktionen, Wahrnehmungen, willkürlichen Bewegungen, Denkvorgänge verlaufen nicht in kontinuierlich abgestuftem Flusse, sondern von einer ausgezeichneten Stelle zur anderen. Auf das Beklopfen der Patellarsehne erfolgt, sobald die Schwelle überschritten ist, relativ unabhängig von der Stärke des Reizes die gleiche Bewegung, ebenso verhält sich die Einstellung der Augen auf optischen Reiz. Bestimmte Richtungen sind im Optischen, im Motorischen ausgezeichnet, so die Vertikale, die Horizontale u. a. m. Für alle Reizverwertungen gilt bis zu einem gewissen Grade das „Alles-oder-nichts-Gesetz“ oder, wie ich mit einem von *Max Wertheimer* im Rahmen der Gestalttheorie verwendeten Ausdruck, der wenigstens in der uns hier interessierenden Hinsicht etwa dasselbe meint, sagen möchte, sie folgen dem *Gesetz der Prägnanz*.

Was wird nun geschehen, wenn zwei Reize gleichzeitig ihre Nahewirkung auf ein Erfolgsorgan ausüben? Sehen wir von der gleichzeitig vom Erregungszustand des ganzen Systems ausgehenden Einwirkung ab, so wird es bei völlig gleichen resp. entgegengesetzt gerichteten Einwirkungen zu einer Verstärkung resp. Abschwächung oder Aufhebung der

Wirkung kommen. Das läßt sich beobachten, wenn man etwa bei einem Cerebellarkranken mit Abweichen des einen Armes nach außen das gleichseitige Labyrinth kalt spült. Wir bekommen dann eine deutliche Zunahme des Abweichens. Spülen des Ohres der entgegengesetzten Seite vermindert das Abweichen oder hebt es eventuell ganz auf. Gewinnt von zwei entgegengesetzt gerichteten Veränderungen die eine an Übergewicht, so kann es sich auch ereignen, daß der Effekt ganz durch diese eine bestimmt wird, als ob die andere gar nicht da wäre. Ist der Umschlag nur ein wenig zugunsten der einen Veränderung erfolgt, so scheint diese ihrem Ziel relativ unabhängig von der anderen zuzustreben. Haben wir ein Glied nur ein wenig aus der Gleichgewichtslage gebracht, so erfolgt die Fortsetzung der Bewegung im Sinne der ein wenig überwiegenden Richtung außerordentlich leicht. Ähnliches finden wir beim Umschlagen entgegengesetzt gerichteter Wahrnehmungen. Wahrscheinlich haben wir es hier mit einer Wirkung jener Eigentümlichkeit im Verlauf der Erregungsvorgänge zu tun, die ihren Ausdruck in der Aufstellung des „Alles-oder-Nichts“-Gesetzes gefunden hat.

All die erwähnten Tatsachen lassen sich allerdings deutlich nur beobachten, wenn wir Teile des Körpers relativ isolieren, also unter experimentellen oder pathologischen Bedingungen untersuchen, während die Verhältnisse im Leben infolge der gleichzeitigen Einwirkung anderer Reize und der Einwirkung des ganzen Systemes viel komplizierter sind. Es wird hierbei vor allem darauf ankommen, ob die durch andere Reize oder den Zustand des ganzen Systems bedingten Nahwirkungen den einen oder den anderen Vorgang begünstigend oder ungünstig beeinflussen. Von der Einwirkung weiterer Reize wollen wir absehen und nur die Bedeutung der Einwirkung des ganzen Systems an der Hand eines Beispiels kurz ins Auge fassen. Die Tätigkeit des Agonisten oder Antagonisten eines Gliedes führt isoliert zum entgegengesetzten Effekt. Sind beide gleich stark innerviert, so haben wir (relative) Ruhe. Nimmt die Agonistenkraft etwas zu, so kann zweierlei erfolgen: bei intendierter langsamer Bewegung (d. h. bei einer bestimmten Situation des ganzen Organismus, aus der die Intention zu langsamer Bewegung erfolgt) kommt es zu einer zwar starken Wirkung des Agonisten, die aber dauernd vom Antagonisten her „gebremst“ wird daraus resultiert die langsame Bewegung. Bei Intention zur schnellen Bewegung, der natürlich wiederum ein ganz bestimmter Erregungszustand des ganzen Systems entspricht, „erschläft“ der Antagonist, der Effekt wird wesentlich durch die Agonistenwirkung bestimmt. Je nachdem der neue Reiz und seine Veränderung in einem bestimmten Teile des Nervensystems zu der Gesamtsituation resp. der ihr entsprechenden Veränderung im Nervensystem paßt oder nicht, wird die Veränderung des Einzelreizes begünstigt oder herabgesetzt oder am Hervortreten eventuell völlig ge-

hindert. Der Effekt stellt sich so keineswegs immer als Summation oder Subtraktion der einzelnen Wirkungen dar. Es kommt vielmehr meist zu qualitativ abgeänderten Leistungen, die aus der Wirkung der Einzelreize allein überhaupt nicht zu verstehen sind.

Nachdem wir so die hauptsächlichsten Momente besprochen haben, die den Effekt der Naheveränderung durch einen Reiz mit bestimmen, wenden wir uns jetzt wieder den Vorgängen zu, die sich im Anschluß an die Veränderung im Naheteil abspielen. Schon während der Veränderung im Naheteil findet in zunehmendem Maße ein Ausgleich zwischen dem nahen und „fernen“ Systemteil statt. Die Erregung im Naheteil nimmt nicht nur an Stärke ab, sondern wird mehr oder weniger entgegengesetzt gerichtet. Dem entspricht eine mehr oder weniger stark hervortretende entgegengesetzte Leistung, also etwa nach starker Streckbewegung ein Rückschlag in eine Beugebewegung, ein entgegengesetztes Farberlebnis usw. Mit dem Abfließen der Erregung vom Naheteil in den fernereren Teil des Systems ist aber der Ausgleich gewöhnlich noch nicht erreicht; nach einer gewissen Zeit kommt es wiederum zu einem Ausgleich nach dem Naheteil zu und damit zur umgekehrten, jetzt der ersten entsprechenden Leistung, bis nach einer mehr oder weniger großen Zahl derartiger immer kleiner werdender Schwankungen Ruhe eintritt, resp. so kleine Schwankungen, daß sie wirkungslos sind, also zum mindesten ein relativer Ruhezustand besteht.

Dieser Wechsel zwischen entgegengesetzten Phasen wird sich in mehr oder weniger großen Teilen des ganzen Organismus abspielen können, in Naheteilen verschiedenen Grades oder zwischen nur zwei Teilen des ganzen Organismus. Je nachdem, wieviel vom ganzen Organismus bei dem Ausgleich (wenigstens hauptsächlich; tatsächlich ist kein Teil in völliger Ruhe) beteiligt ist, wird der Wechsel der Leistungen einen engeren oder weiteren Bezirk des Organismus umfassen, während der übrige große Teil relativ ruhig bleiben wird, oder es werden, wenn der Ausgleich nur zwischen zwei Teilen des ganzen Organismus stattfindet, immer zwei Zustände, die den ganzen Organismus umfassen, abwechseln. Wir wollen nur auf den leichter überschaubaren Wechsel der Erscheinungen in eng umschriebenen Bezirken etwas eingehen, der besonders bei der künstlichen, durch experimentelle Bedingungen oder durch Krankheit bewirkten Isolierung einzelner Abschnitte des Körpers zu beobachten ist. Hierher gehört etwa der Wechsel entgegengesetzter Phasen im Nachbildversuch, der Wechsel von Figur und Hintergrund bei Betrachtung der *Rubinschen* Figur, bei der man bald zwei dunkle Gesichter auf hellem Hintergrund, bald einen hellen Becher auf dunklem Hintergrund sieht,

¹⁾ *Rubin*: Visuell wahrgenommene Figuren, 1921.

das nystagmusartige Schwanken der Sehobjekte, das der Normale bei Kälteeinwirkung auf eine Halsseite erlebt¹⁾, der Wechsel entgegengesetzter Phasen beim sog. *Kohnstamm*schen Versuch, bei der labyrinthären Reizung, beim Nystagmus, bei der von *Wodak* und *Fischer*²⁾ beschriebenen labyrinthogenen Armtonusreaktion, bei den von *Mittelman*³⁾ beschriebenen Bewegungen bei bestimmten Lagen der Glieder und bei den von *Riese* und mir⁴⁾ beschriebenen sog. induzierten Tonusveränderungserscheinungen.

Zahlreiche weitere Erfahrungen legen die Vermutung nahe, daß der Ablauf in entgegengesetzten Phasen nicht nur für die erwähnten und ähnliche Vorgänge charakteristisch ist, sondern überhaupt die typische Verlaufsform der durch einen Reiz bedingten Veränderung im Nervensystem darstellt.

Es würde uns zu weit führen, den Beweis hierfür zu erbringen, und dies wäre bei dem vorliegenden Tatsachenmaterial kaum in befriedigender Weise möglich. Ich möchte nur noch hervorheben, daß doch auch bei der willkürlichen Innervation ein ähnlicher Vorgang vorliegt. Es handelt sich ja hierbei bekanntlich nicht um eine einmalige Zuckung, sondern um einen Tetanus, der bei Aufnahme am Saitengalvanometer zahlreiche diphasische Aktionsströme aufweist (*Piper*, *Dittler* und *Garten* u. a.). Dieses Beispiel ist deshalb besonders lehrreich, weil es zeigt, daß es einer bestimmten Methodik bedarf, um die Art des Erregungsvorganges festzustellen, und es so darauf hinweist, daß der Umstand, daß eine Untersuchung keinen intermittierenden Charakter des Vorganges aufgezeigt hat, nicht dagegen spricht, daß ein solcher vorliegt, nur wir vielleicht noch nicht die geeignete Methode haben, ihn nachzuweisen. Bei der Beurteilung der nachzuweisenden Vorgänge muß vor allem auch beachtet werden, daß bei rascher Aufeinanderfolge gleicher Reize der intermittierende Charakter des Erregungsvorganges dadurch verdeckt werden kann, daß der neue Reiz schon einwirkt, ehe die rückläufige Veränderung des ersten Vorganges beginnt oder zur vollen Entwicklung kommt, so daß sie eventuell völlig unterbleiben kann oder so geringfügig sein kann, daß sie jedenfalls nur bei minutiöser Untersuchung festgestellt werden kann. Ähnlich wie eine Wiederholung des gleichen Reizes dürfte auch der Einfluß des ganzen Systems auf die lokale Veränderung wirken können. Auch hierdurch bleibt ja eine Veränderung niemals isoliert, sondern steht immer unter der Wirkung fortgesetzter Reizungen. Dieser Umstand würde es erklären, daß wir im gewöhnlichen Leben diesen intermittierenden Charakter fast nie erleben, son-

1) Vgl. hierzu *Goldstein*: Klin. Wochenschr. 4. Jahrg., Nr. 7, S. 294. 1925.

2) Münch. med. Wochenschr. 69, Nr. 93. 1922.

3) Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 196, S. 531.

4) Klin. Wochenschr. 2. Jahrg., Nr. 26. 1923.

dern derselbe uns deutlich nur bei experimentellen Untersuchungen (eben bei Untersuchungen mit isolierten Reizen) entgegentritt.

Wir wollen auf die weiteren Fragen, die sich an diesen intermittierenden Ablauf der Erregung und seinen Einfluß für den Effekt eines Reizes knüpfen, nicht mehr eingehen. Das soll an anderer Stelle geschehen, wo die ganze Theorie der Funktion des Nervensystems eingehend behandelt werden soll. Wir begnügen uns hier mit dem Dargelegten. Es dürfte, so sehr es der Ergänzung bedarf, als Grundlage für unsere weiteren Betrachtungen ausreichen.

Wir sagen also: das *Nervensystem ist ein Netzwerk*, in dem bei einer Reizeinwirkung an irgendeiner Stelle die dadurch bedingte *Veränderung immer im ganzen System stattfindet*. Die *Veränderung ist jedoch nicht überall gleich*, sondern namentlich im ersten Stadium der Wirkung in einem „*Naheteil*“ *wesentlich stärker als im „Fernteil“* des Systems. Dieser „*Naheteil*“ wird einerseits durch die *örtliche Nähe des Reizansatzes* bestimmt, aber nicht dadurch allein. In ähnlichem Sinn wirkt, die Stärke der Veränderung erhöhend, die *strukturell-funktionelle Anpasstheit eines Gebiets an den Reiz*. In adäquaten Systemteilen ist die Veränderung stärker, selbst wenn sie räumlich entfernter von der Stelle des Reizansatzes liegen als in einem örtlich nahen, aber nicht adäquaten Systemteil. *Die Naheveränderung wird weiter verändert durch von anderer Stelle her einwirkende Reize*, begünstigt, beeinträchtigt resp. qualitativ verändert. Dadurch wird sie abhängig von den gleichzeitigen Veränderungen an den verschiedensten Teilen des Systems, *allen gerade im ganzen System vor sich gehenden Veränderungen*. Im besonderen auch von den *Veränderungen*, die durch die *zufällige Beschaffenheit des Erfolgsorganes*, an dem man die Wirkung feststellt, bedingt sind, und die geeignet sind, etwa einen bestimmten Erfolg zu begünstigen oder herabzusetzen.

Ehe wir nun eine Anwendung der entwickelten Anschauung auf konkrete Probleme versuchen, noch ein Wort über den Einfluß der Methode der Feststellung von Wirkungen überhaupt, auf den wir schon eben kurz hinwiesen. Wir dürfen nie vergessen, daß bei der *Feststellung* einer Veränderung nicht ohne weiteres die wirkliche Stärke der Veränderung zum Ausdruck kommt, sondern daß wir nur einen bestimmten Effekt registrieren, dessen Feststellung mit abhängig ist von der Feinheit, der „*Schwelle*“ unserer Beobachtungsmittel. Eine Vernachlässigung dieses Momentes ist sehr häufig der Grund gewesen, daß man eine ganz umschriebene Wirkung annahm, wo tatsächlich eine viel ausgebreitetere vorlag, die nur an den meisten Stellen wegen der relativen Grobheit auch unserer feinsten Beobachtungsmittel sich zur Zeit dem Nachweis entzog.

III.

1. Wie ist nun nach unserer Anschauung zunächst der *Einfluß der Dehnung des Muskels* auf die Wirkung eines Reizes zu verstehen? Betrachten wir zunächst wieder die Verhältnisse beim isolierten Arm des Schlangensterne. Die streng *gleichseitige Wirkung* bei gleicher Situation der beiderseitigen Muskulatur des Armes wird dadurch verständlich, daß die Veränderung sich zuerst in dem örtlich nahen Systemteil wirksam erweisen wird. Sie wird hier besonders deutlich, weil die funktionelle Nahewirkung, die in der Annäherung des beweglichen Teils an die Reizstelle auf Grund der „Erfassungstendenz“ besteht, ihr gleichgerichtet ist.

Die stärkere Wirkung des gleichen Reizes auf die bei veränderter Lage des Armes *gedehnte Muskulatur der anderen Seite* zeigt, daß die Nahewirkung durch eine andere Wirkung überwunden wird. Hierfür dürften zwei Möglichkeiten gegeben sein. Es könnte sein, daß der Dehnungszustand der Muskulatur auf der gekreuzten Seite die Wirkungsschwelle herabsetzt. Die Dehnung könnte wie ein gleichzeitiger andersartiger Reiz auf der gekreuzten Seite wirken. Die diesem entsprechende Erfassungstendenz könnte eine Nahewirkung auf dieser Seite zur Folge haben und der jetzt von der anderen Seite in beide Seiten strömende Reiz könnte auf der gedehnten Seite — trotz seiner hier schwächeren Wirkung als auf der gleichen — eher zum Effekt führen. Ist einmal eine stärkere Veränderung auf der gekreuzten Seite zustande gekommen, so brauchte nach dem vorher dargelegten Prinzip, daß jede Erregung eine Tendenz zum prägnanten Verlauf hat, die gleichseitige Wirkung bei unserer Untersuchungsmethode gar nicht in Erscheinung zu treten. Wie weit sie übrigens doch vorhanden ist und evtl. die gekreuzte Wirkung herabsetzt, ist nicht festgestellt. Bemerkenswert ist, daß der Effekt keineswegs konstant ist, sondern daß der Arm manchmal auch nach der reizgleichen Seite schlägt, und zwar offenbar dann, wenn die örtliche Nahewirkung doch das Übergewicht erlangt. Es kommt anscheinend gelegentlich zu einem Wettstreit. Das würde dafür sprechen, daß hier keine konstanten einfachen Verhältnisse des Erregungsablaufs vorliegen, was bei der Vielfältigkeit der in Betracht kommenden Momente verständlich wäre.

Es wäre aber weiter die andere Möglichkeit zu erwägen, daß der veränderten Lage des Armes natürlich eine Veränderung des ganzen Systemes entspricht, welche wiederum die Wirkung des neuen Reizes beeinflussen müßte. Welche Auffassung die richtige ist oder ob nicht vielmehr beide erwähnten Momente wieder wirksam sind, wird zu entscheiden sein. Ist die erste richtig, so würde die von *Uexküll* entdeckte *Begünstigung, die die Dehnung für die Reizverwertung* bedeutet, nur ein

Beispiel der primitivsten Reizverwertung, die in der Erfassungstendenz ihren Ausdruck hat, darstellen.

Für diese Auffassung dürfte die Bedeutung sprechen, die nach *Hoffmann*¹⁾ der Dehnung bei der Auslösung der Sehnenreflexe, der sog. Eigenreflexe, wie er sie nennt, zukommt. Nach *Hoffmann* sind die bei Auslösung der Sehnenreflexe auftretenden Kontraktionen durch die Zerrung des Muskels in der Längsrichtung bedingt. Der Apparat der Eigenreflexe dient dazu, die Muskelfunktion den gegebenen Verhältnissen anzupassen; die Reize, die durch die Muskeldehnung in verschiedenen Situationen eines Gliedes zustande kommen, führen zu einer verschieden starken Kontraktion, um dem Muskel immer die Beschaffenheit zu erhalten, die für seine Funktion notwendig ist. Diese Veränderung auf einen Reiz entspricht ganz dem Vorgang bei der oben besprochenen Erfassungsreaktion. Die Erfassungsleistung verhindert hier wie überall die Sprengung des Systems (hier des Muskels) durch die ausschließlich lokale Wirkung eines Reizes und führt so jedesmal unter Reizerfassung zu einer solchen Umwandlung des Systems, wie es für dessen weitere normale Funktion notwendig ist.

Der Naheapparat der Eigenreflexe geht durchs Rückenmark; Wurzeldurchtrennungen beeinträchtigen den Apparat so, daß der Reflex ausbleibt. Der isolierte Muskel stellt einen so veränderten Systemteil dar, daß er nicht mehr ausreicht, um diese einfache Zuwendungswirkung auf einen Reiz hin zustande kommen zu lassen — wenigstens gilt das für den isolierten menschlichen Muskel.

Ganz ähnlich läßt sich das Phänomen der sog. *Reflexumkehr* beim gekreuzten Patellarreflex durch die begünstigende Wirkung der Dehnung des Muskels verstehen. Der Reiz, der bei Auslösung des Reflexes gesetzt wird, erzeugt eine Veränderung im ganzen Rückenmark, in den verschiedenen Teilen in verschieden starker Weise. Die Nahewirkung ist vor allem durch die örtliche Nähe zu den motorischen Zentren der Hinterbeine gegeben. Die Erregung wird in den Teilen besonders begünstigt, die außerdem in „funktioneller“ Nahewirkung zum Reiz stehen, das sind aber nach der *Hoffmannschen* Auffassung die Streckmuskeln des Oberschenkels, denn diese sind ja besonders gedehnt. In einer Kontraktion dieser zunächst auf der gleichen Seite, dann evtl. noch auf der gekreuzten Seite, wird also der „normale“ Reflex bei stehen.

Hoffmann hält die Eigenreflexe für streng einseitige Vorgänge. Bei intaktem Rückenmark mögen die Veränderungen auf der gekreuzten Seite auch tatsächlich so gering sein, daß sie nicht nachweisbar sind. Beim „Rückenmarkstier“ oder beim Menschen mit durch Krankheit vom Cerebrum mehr oder weniger gelösten Rückenmark müssen die

¹⁾ *Hoffmann, Paul*: Untersuchungen über die Eigenreflexe (Sehnenreflexe) menschlicher Muskeln. Berlin: Julius Springer 1922.

Veränderungen aber gewiß auch in stärkerem Maße auf der anderen Seite auftreten, sonst würden wir ja keinen gekreuzten Reflex bekommen. Dabei werden begreiflicherweise die Zentren der entsprechenden Muskeln, also die der Strecker, am stärksten erregt werden, also auch der gekreuzte Reflex wird unter gegebenen Umständen in einer Streckung des Unterschenkels bestehen.

Nach unserer Anschauung werden aber auch die übrigen Zentren sowohl auf dem gleichen wie auf dem gekreuzten Bein immer miterregt, nur in so geringem Maße, daß daraus keine nachweisbare Wirkung resultiert. Eine wirkliche Bewegung der Beuger kann bei der gewöhnlichen Prüfung nicht stattfinden, weil die Erregung bei der bestehenden Schlaffheit der Beuger (bei passiv gebeugtem Bein) nicht ausreichen dürfte, um eine wirkliche Beugebewegung hervortreten zu lassen. Sobald man aber das Bein passiv streckt und damit die Beuger dehnt und die Strecker erschlaffen läßt, wird die Veränderung an den Beugern zu einer stärkeren Wirkung führen können als an den Streckern, und wir werden eine Beugebewegung, also die sog. Reflexumkehr haben.

Daß eine gewisse Anspannung der Muskulatur bei einer bestehenden Innervationstendenz das Auftreten wirklicher Bewegung begünstigt, ist von den Erfahrungen bei den induzierten Tonusveränderungen bekannt¹⁾. So erklärt sich auch die große Bedeutung, die ein gewisser Spannungszustand, wie er etwa durch das Ausstrecken der Arme erzeugt wird, für das Auftreten des Abweichens der Cerebellarkranken hat.

Beachtet man, wie die Wirkung an einer Stelle durch weitere Reize an anderen Stellen oder durch die Änderung der Gesamtsituation verändert, verstärkt, vermindert, aufgehoben werden kann, so gibt es kaum ein besseres Tatsachenmaterial als die Erscheinungen bei Cerebellarkranken, um zu demonstrieren, daß tatsächlich jeder Reiz eine Veränderung im ganzen Nervensystem setzt, daß andererseits das Auftreten des Effektes an einer umschriebenen Stelle von sehr vielen Momenten abhängig ist, die aber sich sämtlich unter die vorher dargelegten allgemeinen Gesichtspunkte einordnen. Ich verweise wegen der Tatsachen auf die Arbeiten von *Wodak* und *Fischer* und die Arbeiten aus meinem Institut, in denen gerade der Gesichtspunkt der Einwirkung verschiedener Reize auf einen Vorgang an einer Stelle besonders in den Vordergrund gerückt worden ist.

2. Wie *Magnus*²⁾ mit Recht hervorgehoben hat, gehorchen keineswegs alle Fälle sog. Schaltung der *Uexkülls*chen Dehnungsregel, sondern es gibt solche, bei denen für die Erregungsverteilung die Dehnung jedenfalls sicher nicht allein in Betracht kommt. *Magnus* demonstriert dies u. a. an dem Einfluß, den die Lage des Tieres auf den Ausfall des *Goltz*schen Kratzreflexes beim Rückenmarkshund und auf den Ausfall der Reflexe des Katzenschwanzes ausübt. Während der Kratzreflex bei symmetrischer Lage des Tieres auf der gleichen Seite auf-

¹⁾ cf. hierzu *Goldstein* und *Riese*: *Klin. Wochenschr.* 1923 und meine Ausführungen: *Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie.* 89, 396. 1924.

²⁾ *Magnus*: *Körperstellung.* Berlin: Julius Springer 1924, S. 48.

tritt, ist er bei seitlicher Lage immer auf der entgegengesetzten Seite zu beobachten, selbst wenn diese durch die Lage des Erfolgsorganes ungünstig gestellt ist. Ebenso wie die Lageveränderung wirkt die einfache Berührung der einen Seite. „Nicht nur die afferenten Muskelnerven, welche durch Dehnung der Muskeln erregt werden, sondern auch andere sensible Bahnen von entfernten Körperstellen werden durch Lagerung, durch Druck, wahrscheinlich auch noch durch viele andere Einflüsse erregt und wirken schaltend auf das Zentralnervensystem, d. h. sie bestimmen den Weg, welchen später eintretende Erregungen hier nehmen werden . . .“ (S. 48). Das „Rückenmark ist gleichsam in jedem Moment ein anderes und spiegelt in jedem Momente die Lage und die Stellung der verschiedenen Körperteile und des ganzen Körpers wieder“ (S. 35).

So sehr wir dieser Schilderung des Erregungszustandes des Nervensystems unter verschiedenen Umständen beistimmen können, so wenig scheint uns die Annahme, daß diese Erregungsverteilung durch besondere Schaltung isolierter Apparate zustande kommt, befriedigend, und so wenig scheint uns auch eine solche Annahme notwendig. Die verschiedenen Leistungen unter den von *Magnus* eingehend dargestellten verschiedenen Umständen dürften sich ohne weiteres nach den vorentwickelten einfachen Gesetzen des Erregungsverlaufes verstehen lassen.

Der Kratzreflex dürfte eine bestimmte Modifikation der Erfassungsleistung darstellen. Die ihm entsprechende Veränderung der Erregung umfaßt das ganze Rückenmark, so daß in jeder Extremität die Tendenz zu der entsprechenden Bewegung besteht. Befindet sich das Tier in Rückenlage, so bewirkt die Nahewirkung (die örtliche und funktionelle), daß der Reiz zuerst am gleichseitigen Bein wirksam wird. Wird aber das gleichseitige Bein jetzt gestreckt und abduziert, also in eine Lage gebracht, die der Bewegung des Kratzreflexes entgegengesetzt ist, so kratzt jetzt das gekreuzte Bein. Das scheint ohne weiteres verständlich, wenn man sich klarmacht, daß hier bei der ungünstigen Stellung des Beines die Ausführung des Kratzreflexes auf der gleichen Seite eine besonders große Leistung erforderte. Nehmen wir an, daß die Erschwerung der Leistung durch die abnorme Lage größer ist als die Begünstigung der Leistung durch die Nahewirkung und die Dehnung auf der gleichen Seite, daß andererseits die Leistung auf der gekreuzten Seite unter diesen Umständen weniger Energie erfordert als die auf der gleichen, so wird der Erregungsstrom bei den starken Widerständen, die er auf der gleichen Seite findet, nach der gekreuzten Seite abfließen und hier wirksam werden. Dies um so mehr, als schon normalerweise, wie *Sherington*¹⁾ gezeigt hat, das entgegengesetzte Bein, sobald auf einer

¹⁾ Observations on the scratch reflex in the spinal dog. Journ. of physiol. 34. 1908.

Seite die Kratzbewegung im Gang ist, gewöhnlich gestreckt und abduziert ist, so daß, wenn der Erregungsstrom erstmals auf der gekreuzten Seite überwiegt, nach unseren Darlegungen die Verhältnisse für das Eintreten des Kratzreflexes auf der gleichen Seite immer ungünstiger werden müssen.

Schon in diesem Falle, also bei Abduction und Streckung des gleichseitigen Beines, zeigt sich, daß der Reiz nicht im gedehnten Muskel am meisten wirksam ist, offenbar, weil an anderer Stelle noch günstigere Wirkungsbedingungen vorliegen. Noch deutlicher tritt bei dem *Einfluß der Lage des Tieres auf den Ausfall des Kratzreflexes* hervor, daß nicht allein die Dehnung maßgebend ist. Das Tier kratzt, wenn es auf einer Seite liegt, immer mit der oberen Extremität, ganz gleichgültig, an welcher Seite der Reiz ansetzt [*Gergens*¹⁾]. *Magnus* hat (l. c.) gezeigt, daß es nicht etwa die mechanische Behinderung des unteren Beines ist, die die Kratzbewegung am oberen Bein zustande kommen läßt; auch bei einfacher Berührung des an Schwanz und Schulter in die Luft gehaltenen Tieres auf der oberen oder unteren Körperseite tritt der Reflex immer auf der der Berührung gekreuzten Seite auf. Hier ist es offenbar der Berührungsreiz, der eine ganz bestimmte Erregungsveränderung zustande kommen läßt, die die Erregung auf der der Berührung gekreuzten Seite gegenüber der auf der gleichen begünstigt. Wodurch der Berührungsreiz dies zustande bringt, das ist ein Problem, das einer besonderen Erforschung bedarf, das aber verdeckt wird, wenn wir einfach von veränderter Schaltung sprechen. Es handelt sich offenbar um einen in das Gebiet der sog. Lagereflexe von *Magnus* gehörigen Vorgang.

3. Einfach gestaltet sich für unsere Theorie auch die Erklärung des Verhaltens des Rückenmarkfrosches, wenn man ihn an der Bauchseite reibt und gleichzeitig durch Festhalten der zur Reaktion geeignetsten gleichseitigen Extremität die Benutzung dieser zur Abwehrreaktion unmöglich macht. Der Frosch faßt dann *bekanntlich mit der gleichen Promptheit auf dem kürzesten Wege mit der anderen Extremität nach der Reizstelle*. Er erreicht diese auch, wenn man seine proximalen Gliedabschnitte fesselt, ebenso prompt durch Benutzung der distalen Gliedabschnitte, die natürlich jetzt ganz verändert innerviert werden müssen. Daß es sich bei dieser Reaktion um die erwähnte primitive Erfassungsreaktion handelt, die normaler Weise natürlich mit der nächstliegenden Extremität ausgeführt wird, bedarf kaum der Hervorhebung. Wird nun die Bewegung der nächstliegenden Extremität verhindert, findet die Erregung also an der Stelle der natürlichen stärksten Wirkung einen unüberwindlichen Widerstand, so wird die Erregung in verstärktem

¹⁾ *Gergens, E.*: Über gekreuzte Reflexe. *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.* **14**. 1877.

Maße in das übrige Nervensystem abfließen, und jetzt wird dort, wo vorher nur die Tendenz zur Bewegung bestanden haben mag, die wirkliche Bewegung auftreten.

Daß die Reaktionen sofort und auf dem kürzesten Wege ausgeführt werden, ist sehr charakteristisch, nach unserer Auffassung selbstverständlich. Sie stellen ja nicht etwa bewußte, durch eine „Rückenmarksseele“ dirigierte Leistungen dar, sondern sind ja nur der Ausdruck der primitiven „Erfassungsveränderung“, die ja immer auch in diesem Systemteil bestand, hier nur, solange auf der gleichen Seite der Effekt zustande kam, nicht in so starkem Maße wirksam wurde, daß eine wirkliche Bewegung auftrat.

4. Die Tatsache, daß man eine *bestimmte Wirkung, wenn man ihr Auftreten an einer Stelle verhindert, an einer anderen Stelle in Erscheinung treten sieht*, ist sehr oft bei Kranken zu beobachten und kann immer die gleiche einfache Erklärung finden.

Verhindert man das Abweichen des Armes im Schultergelenk bei einem Cerebellarkranken durch Festhalten des Armes, so tritt sofort ein stärkeres Abweichen in der Hand oder den Fingern ein. Auch die bei Cerebellarkranken bestehende räumliche Verlagerung der Hautpunkte nimmt dabei sofort zu¹⁾.

So erklärt sich in manchen Fällen auch der *begünstigende oder hindernde Einfluß bestimmter Lagen auf verschiedene unwillkürliche Bewegungen*, wie auf das Zittern oder verschiedene Formen automatischer Bewegung. Ein von mir beobachteter Patient mit striärer Erkrankung bot zweierlei Arten von automatischen Bewegungen in den Händen. Der erste und zweite Finger wiesen in bestimmter Lage des Armes eine dem Pillendrehen ähnliche Bewegung auf, während in dieser Lage die anderen Finger sich in leidlicher Ruhe befanden. Hielt man den Daumen und den Zeigefinger fest, so trat im dritten bis fünften Finger ein feinschlägiges Zittern auf, das sofort wieder sistierte, wenn man den ersten und zweiten Finger freiließ. Hier wurde offenbar durch das Festhalten des ersten und zweiten Fingers Energie frei, die aus der an sich nicht sehr starken Tendenz zum Zittern im dritten bis fünften Finger ein wirkliches Zittern machte.

Etwas ganz Entsprechendes läßt sich auch bei sog. höheren Leistungen, bei denen die Rinde beteiligt ist, beobachten. Ich habe schon vor vielen Jahren in meiner Arbeit über die Theorie der Halluzinationen die Anschauung entwickelt, daß die Gesamtenergiemenge, die für die Tätigkeit des Gehirnes zur Verfügung steht, innerhalb gewisser Grenzen konstant ist, und daß ein besonders starker Verbrauch an einer Stelle die

¹⁾ cf. hierzu Goldstein u. Riese: Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinol. Jg. 58, H. 10, S. 9. 1924; Goldstein: Klin. Wochenschr. Jg. 4, Nr. 7, S. 295 unter 2.

Funktion einer anderen herabsetzen kann, resp. auch das Umgekehrte der Fall sein kann, der Minderverbrauch an einer die Leistung einer anderen Stelle erhöhen kann. Ich habe speziell auf den Antagonismus, der zwischen den sensorisch-motorischen Gebieten und den übrigen Hirnabschnitten besteht, hingewiesen und daraus unter anderem die geringe Stärke unserer Sinneserlebnisse, unsere Unachtsamkeit ihnen gegenüber beim Denken zu erklären versucht. Ich habe dann an anderer Stelle¹⁾ gezeigt, wie diese Anschauung geeignet ist, den so außerordentlich instruktiven Vorgang der Ausbildung einer sog. Pseudomacula bei der vollständigen Hemianopsie und das Nichtauftreten der Pseudomacula bei der Hemiamblyopie verständlich zu machen. Da wir annehmen können, daß zu der Umwandlung, die zur Ausbildung der Pseudomacula führt, ein besonders großer Energieverbrauch notwendig ist, so wird es verständlich, daß die Umwandlung nur dann möglich ist, wenn ein Teil des Apparates ganz ausgeschaltet ist, wie bei Hemianopsie, aber nicht zustande kommt bei der partiellen Schädigung eines Teiles, wie bei der Hemiamblyopie, wobei im Gegenteil infolge der Erschwerung der Funktion in dem geschädigten Teile sogar eher ein abnormer Verbrauch stattfindet, der dem erhaltenen Teile abnorm viel Energie entzieht. So kommt es zu der merkwürdigen Tatsache, daß der Kranke mit dem weniger schweren Hirndefekt, der Hemiamblyopiker, eigentlich im Effekt schlechter gestellt ist als Kranke mit dem totalen Defekt an einer Stelle, der Hemianopiker. Diese Tatsache ist keineswegs einzig dastehend, der Vergleich von Kranken mit partiellen und totalen Defekten auf anderen Gebieten bietet vielmehr dazu mancherlei Analogien. Ich glaube sie auf die gewiß auch energetisch zu verstehende Tendenz des Organismus zurückführen zu können, die frühere Art der Tätigkeit eines geschädigten Teiles so lange beizubehalten, als dadurch noch eine biologisch brauchbare Leistung zustandekommt und zur Umwandlung erst dann zu schreiten, wenn eine Leistung völlig unmöglich geworden ist. Wir haben hier etwas ganz Gleiches vor uns wie bei der Benutzung eines anderen Beines zur Reflexbewegung beim Festhalten des am nächsten liegenden Gliedes, die auch erst eintritt, wenn der Widerstand nicht zu überwinden ist, die Leistung also gar nicht möglich ist. Dann erfolgt auch hier im „Psychischen“ die Umwandlung ohne Übung mit der gleichen Promptheit wie bei den Reflexleistungen und gewissermaßen auch auf dem kürzesten Wege.

Wegen weiterer Beispiele einer solchen Umwandlung verweise ich auf meine früheren Darlegungen. Was uns hier besonders interessieren muß, ist, daß diese *Umwandlungen prinzipiell denselben Gesetzen zu folgen scheinen wie die einfachsten Reflexumkehrungen, was gewiß dafür*

¹⁾ Goldstein: Z. Frage der Restitution nach umschriebenem Hirndefekt. Schweiz. Arch. f. Neurol. u. Psychiatrie. 13, 289. 1923.

spricht, daß es sich auch nicht um irgendwie bewußte Umwandlungen handelt, sondern daß der Umwandlung biologisch-energetische Vorgänge zugrunde liegen und daß diese in der Großhirnrinde sich im Prinzip in gleicher Weise abspielen wie in den „tieferen“ Teilen des Nervensystems.

5. Daß bei einer Veränderung der peripheren Verhältnisse ein bestimmtes Ziel trotzdem immer sofort auf dem kürzesten Wege erreicht wird, ist ebenfalls oft zu beobachten. Besonders charakteristisch finden wir diese Erscheinung bei automatischen Bewegungsabläufen. Bringt man bei einem Kleinhirnkranken den Unterarm in eine abnorme unbequeme Stellung, so erfolgt, wenn der Kranke nicht auf den Arm achtet, eine Drehbewegung, die das Glied immer in die „bequemste“ Stellung zurückführt. Diese Bewegung geht nun je nach der Ausgangslage in ganz verschiedener Richtung vor sich, und die Richtung scheint immer danach bestimmt zu werden, daß die bequemste Stellung auf dem kürzesten Wege erreicht wird¹⁾.

Ein ganz ähnliches Verhalten haben Boernstein und ich²⁾ bei einem Patienten mit striärer Erkrankung gesehen. Der Patient bot einen automatischen Bewegungsablauf, durch den die erkrankte Hand immer in die gleiche Endstellung, die etwa der entsprach, die wir beim Zeigen einnehmen, gebracht wurde. Je nach der Ausgangsstellung der Hand wurde diese Endstellung nun in sehr verschiedener Weise, aber anscheinend immer auf dem möglichst kürzesten Wege erreicht.

Ein ganz ähnliches Verhalten, wie es der Rückenmarksfrosch bietet, können wir übrigens auch beim Menschen beobachten. So z. B., wenn wir wie Szymanski³⁾ den Vorgang des Kratzens unter verschiedenen Situationen, bei verschiedener Topographie der gereizten Stellen, bei wechselnder allgemeiner Körperlage oder wechselnder Lage der Hände unmittelbar vor dem Akt, bei verschiedener Belastung der einen oder anderen Hand usw. untersuchen. Es zeigt sich dann, daß der Kratzakt in der unter den gegebenen Umständen mechanisch einfachsten Art und mit dem geringsten Kraftaufwand auf der kürzesten Bahn vor sich geht, daß das Vorgehen je nach der Situation ganz verschieden, aber ohne das Bewußtsein der hohen Zweckmäßigkeit des jeweiligen Verlaufes des Kratzaktes erfolgt.

Schließlich sei noch hervorgehoben, daß in die uns hier interessierende Gruppe von Erscheinungen auch die schon erwähnte Tatsache gehört, daß wir geübte Bewegungen mit jedem beweglichen Gliede und bei jeder Stellung desselben mit der gleichen Promptheit und Geschicklichkeit sofort ausführen können.

¹⁾ cf. hierzu Goldstein: Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **39**, 385. 1924.

²⁾ Dtsch. Zeitschr. f. Nervenheilk. **84**, 264.

³⁾ Szymanski, J. S.: Untersuchungen über eine einfache natürliche Reaktionsfähigkeit. Psychol. Forsch. **2**, 298. 1922.

6. In welcher Weise *entgegengesetzt gerichtete Veränderungen* sich beeinflussen, mögen folgende Beispiele illustrieren: Ist eine Veränderung wesentlich stärker als die andere, so kann die schwächere effektiv wirkungslos bleiben. Bringt man bei dem von mir beschriebenen Kranken Pf. den linken *Arm* nach rechts, so gehen seine Augen nach links. Stellt man jetzt den *kleinen Finger* nach links, so bleibt die Augenstellung unverändert, obgleich unter anderen Umständen auf diese Stellung des kleinen Fingers eine Rechtswendung der Augen erfolgt. Die Veränderung, die durch die Fingerstellung erzeugt wird, ist offenbar zu gering, um gegenüber der viel stärkeren entgegengesetzten Veränderung durch die Armstellung wirksam werden zu können¹⁾. Anders gestaltet sich das Bild, wenn der Unterschied der Kräfte kein so groß ist, wenn wir also etwa die *Hand* des Patienten nach rechts, den *kleinen Finger* nach links stellen. Jetzt erfolgt der Handstellung entsprechend eine Linkswendung der Augen, auf die aber nach einer gewissen Zeit eine schnelle Rechtswendung als Wirkung der Stellung des kleinen Fingers folgt, die schließlich wieder von einer langsamen Linkstellung der Augen gefolgt wird usw.²⁾. Da der Unterschied zwischen den beiden Wirkungen nicht zu groß ist, vermag offenbar keine der beiden Wirkungen sich dauernd zu behaupten und es kommt zu einem Wechsel der Stellungen, indem bald die eine, bald die andere Wirkung überwiegt, wobei die stärkere sich in der längeren Dauer gegenüber der ganz kurzen Stellungsänderung, die der schwächeren entspricht, kundtut.

Sind die beiden entgegengesetzten Veränderungen etwa gleich, so müßte es zu einem Gleichgewichtszustand kommen. Das ist aber tatsächlich nur relativ selten der Fall, wohl weil ja der Vorgang sich fast nie isoliert abspielt, sondern immer auch von Veränderungen im übrigen Organismus, mit denen jede der beiden uns interessierenden Veränderungen in verschieden naher Beziehung stehen kann, mit beeinflußt wird. Besteht nun zunächst vielleicht auch Ruhe, so kann doch durch Begünstigung der einen Veränderung von anderswoher eine Wirkung in bestimmter Richtung auftreten, auf die aber durch eine evtl. Begünstigung des entgegengesetzten Vorganges eine Wirkung in entgegengesetzter Richtung folgen kann, so daß wir tatsächlich das Bild des Wettstreites bekommen. Es ist bei Betrachtung dieser Verhältnisse überhaupt zu bedenken, daß ein Ruhezustand in einem Teil des Organismus oder auch im ganzen Organismus bei der Vielfältigkeit der in Betracht kommenden Kräfte nie wird lange bestehen können.

¹⁾ Wegen der Beziehung der Stärke der Veränderung zur Stärke des „induzierenden“ Muskels vgl. meine Ausführungen Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **39**, 420.

²⁾ cf. hierzu Acta oto-laryngologica. **7**, S. 27. 1924.

Wir haben schon vorher darauf hingewiesen, daß unter Umständen, wenn eine von zwei Veränderungen die andere an Stärke übertrifft, diese ganz allein ihre Wirksamkeit entfalten kann. Neu hinzukommende Reize können diese auch dann evtl. begünstigen, wenn diese Reize allein eine ihr evtl. entgegengesetzte Wirkung auszuüben pflegen. Ein Patient mit einer striären Erkrankung¹⁾ hatte neben anderen Erscheinungen ausgesprochene Mitbewegungen. So trat z. B. bei aktiver Streckung der Finger eine Dorsalflexion der großen Zehe auf. Strich man nun bei diesem Kranken gleichzeitig über die Sohle desselben Fußes, was unter anderen Umständen einen normalen Plantarreflex hervorrief, so trat jetzt nicht etwa eine Abnahme der durch Mitbewegung erzeugten Dorsalflexion der großen Zehe auf, sondern oft sogar eine *verstärkte Dorsalflexion*. Das Streichen der Fußsohle hatte jetzt also eine entgegengesetzte Wirkung. Die Erklärung für das Phänomen dürfte folgende sein: Die Dorsalflexion der großen Zehe als Mitbewegung bedeutet eine stärkere Nahewirkung, als die Nahewirkung durch das Bestreichen der Fußsohle. Die Veränderung, die der Reiz an der Fußsohle im System setzt, teilt sich auch dem Teil mit, der die Dorsalflexion bewirkt. Die Veränderung hier wird dadurch, daß sie an sich schon überwiegt, noch verstärkt mit der Folge der Zunahme der Dorsalflexion.

7. Wie wir vorher ausführten, hat der Umstand, daß bei Untersuchung isolierter sog. tieferer Apparate des Nervensystems Leistungen festzustellen sind, die nicht ohne weiteres in den Leistungen der höheren Apparate nachgewiesen werden können, ja, die anscheinend in diesen nur in modifizierter Form sich finden, zu der Annahme einer regulierenden Leistung der sog. höheren Zentren geführt. Demgegenüber ist zunächst zu betonen, daß der Nachweis, daß es sich bei der isolierten Leistung um die gleiche Tätigkeit der tieferen Apparate handelt, als wenn diese mit den höheren zusammenarbeiten, keineswegs erbracht ist, ja überhaupt nicht zu erbringen ist. Es gibt also eigentlich nicht nur keinen Beweis für diese Anschauung, sondern überhaupt keine Möglichkeit zu einem solchen. Die Tatsachen selbst lassen sich nach unserer Theorie einheitlich und ohne jede Annahme von solchen regulierenden, höheren Zentren verstehen.

Ist jede Leistung stets die Wirkung der Veränderung des ganzen Organismus, so muß in jeder die Gesamtorganisation, der Systemcharakter des ganzen Organismus zum Ausdruck kommen. In diesem System hat jeder Abschnitt eine ganz bestimmte Bedeutung, die ihm aber natürlich nur im Zusammenhang des als Ganzes funktionierenden Systemes zukommen kann. So wird z. B. die Wirkung einer isolierten

¹⁾ cf. hierzu Goldstein u. Boernstein: Dtsch. Zeitschr. f. Nervenheilk. 84, 5.

Reizung des optischen Sektors niemals die Leistung des optischen Sektors im ganzen System darstellen, sondern eine andere veränderte Leistung, die nur unter diesen künstlichen Bedingungen auftritt und im normalen Organismus gar nicht existiert und deshalb auch nicht reguliert zu werden braucht. Die Bedeutung der sog. höheren Zentren liegt nur darin, daß das Gesamtsystem durch sie komplizierter wird, daß es mehr geeigneter wird, ein größeres Milieu zu umfassen, kompliziertere Systemzusammenhänge zwischen der gegebenen Organisation und der Außenwelt zu bilden und dadurch „höhere“ Verhaltensweisen des Organismus zu ermöglichen, auf deren Struktur wir hier nicht eingehen können. Die energetischen Vorgänge, die sich dabei in diesen höheren Teilen abspielen, dürften sich im Prinzip durch nichts von denen unterscheiden, die in den tieferen Teilen vorgehen.

Würde es sich bei der Rindenleistung um eine hinzukommende Regulation handeln, so könnte diese nicht mit einer so außerordentlichen Promptheit erfolgen, sogar in Fällen, wo, wie bei Kranken, die tieferen Apparate ganz abnorm arbeiten. Ich möchte dies an einem besonders instruktiven Beispiel zeigen.

Der mehrfach erwähnte Pat. Pf. bietet die Eigentümlichkeit¹⁾, daß bei Kopfdrehung nach einer Seite, sagen wir etwa bei Drehung nach rechts, der linke Arm zwangsmäßig nach der entgegengesetzten Richtung geht und in dieser Stellung tonisch verharret, solange der Kopf in seiner Lage bleibt. Fordert man jetzt den Patienten auf, etwa auf jemanden, der rechts steht, mit dem linken Arm zu zeigen, so ist er dazu in keiner Weise imstande, so lange der Kopf in seiner Lage gelassen wird. Man sieht im linken Arm Versuche zu einer Zeigebewegung nach rechts auftreten, wobei immer der Kopf ein wenig nach links rückt, aber der Arm gelangt nach rechts nur, wenn gleichzeitig der Kopf ganz nach links hinübergeht. *Fordert man aber den Patienten auf, auf jemanden mit dem linken Arm zu zeigen, ohne daß der Kopf vorher in eine bestimmte Lage gebracht ist, oder zeigt der Patient etwa, weil es die Situation erfordert, spontan auf jemanden, so erfolgt mit der Bewegung des linken Armes nach rechts eine Kopf- und Augenbewegung nach rechts genau wie beim Normalen.*

Dieses Verhalten scheint mir folgendermaßen zu erklären zu sein: Bei dem Kranken sind infolge seiner cerebellar-striären Erkrankung die „tieferen“ Hirnapparate von den „höheren“, speziell dem Großhirn, relativ losgelöst. Jeder auf die tieferen Apparate einwirkende Reiz wird jetzt infolge der Isolierung des Systemteils abnorm stark wirken. Die außerordentlich verstärkte Nahewirkung, die zu der fast unüberwindbaren Bindung zwischen bestimmter Kopfstellung und

¹⁾ cf. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **39**, 415. 1924 (Kinaufnahme) und Acta oto-laryngol. **7**, Fasc. 1, bes. S. 29, 30. 1924.

bestimmter — entgegengesetzt gerichteter — Armstellung führt, existiert aber offenbar nur bei der Prüfung, bei der *isolierten* Ausführung einer Drehung des Kopfes. Auch beim Zeigen erfolgt eine Drehung des Kopfes, aber diese stellt jetzt nur einen Teil eines viel umfassenderen Vorgangs dar, und in dieser Situation treten die der Tätigkeit des ganzen Organismus entsprechenden Beziehungen zwischen Kopf- und Armstellung hervor. Es wäre eine falsche, jedenfalls durch nichts begründete Beschreibung des Tatbestandes, wenn man etwa sagte, die Erregung vom Gehirn aus hat die entgegengesetzte Wirkung der subcorticalen Apparate überwunden. Versucht der Kranke etwa wirklich die Bindung, die durch die Kopfdrehung zwischen Kopfstellung und Arm entsteht, willkürlich zu überwinden, so gelingt ihm dies, wie wir ja schon hervorhoben, absolut nicht. Der Annahme einer Regulation, einer Überwindung eines bestehenden Vorgangs widerspricht auch völlig die Promptheit, mit der die veränderte Leistung auftritt; hier ist nicht die Rede von irgendeinem Wettstreit entgegengesetzter Leistungen, den wir bei dem Kranken sofort auftreten sehen, wenn wir verschiedene isolierte Reize auf ein Glied bei ihm einwirken lassen.

Die mitgeteilte Beobachtung repräsentiert nur ein besonders instruktives Beispiel für einen Tatbestand, den man bei verschiedensten Kranken immer wieder in ähnlicher Weise konstatieren kann. Die meisten Differenzen zwischen den Befunden bei vielen experimentellen Untersuchungen — die ja immer mehr oder weniger Untersuchungen in Isolierung darstellen — und den Leistungen im Leben — bei denen ja immer der ganze Organismus tätig ist — finden durch eine solche Betrachtung ihre Erklärung. Ich möchte hier nur hinweisen auf den verschiedenen Sehbereich bei der isolierenden Untersuchung mit dem Perimeter und beim wirklichen Sehen sowohl beim Kranken wie auch beim Gesunden, auf die schlechten Leistungen Apraktischer bei der Prüfung und ihre evtl. prompten Leistungen im Leben¹⁾, auf den großen Unterschied zwischen der Geschicklichkeit, mit der wir eine Einzelbewegung im Zusammenhang einer Handlung ausführen und der immer wieder auffallenden Ungeschicklichkeit, wenn wir die gleiche Einzelbewegung isoliert vollbringen wollen. Man versuche nicht, den Unterschied im Verhalten durch das Wort „automatisch“ zu erklären, denn das ist ein Wort, das ebenfalls nur geeignet ist, ein Problem zu verdecken. Es fragt sich ja eben, worin denn das, was wir als „Automatischwerden“ bezeichnen, besteht, eine keineswegs so einfach zu beantwortende Frage, auf die wir hier leider nicht eingehen können.

¹⁾ Tatsachen, auf deren grundlegende Bedeutung für die Auffassung der Hirnfunktion besonders v. *Monakow* mit Recht immer hingewiesen hat. Ein besonders instruktives Beispiel findet sich in meiner Arbeit *Monatsschr. f. Psychiatrie u. Neurol.* Bd. LIV, S. 141.

8. Unsere letzten Darlegungen haben uns zu dem Ergebnis geführt, daß die Leistung eines isolierten Abschnittes des Nervensystems eine prinzipiell andersartige ist wie die Leistung des gleichen Abschnittes im Zusammenhang der Funktion des Ganzen. Wir haben alle Veranlassung, die charakteristischen Eigenschaften solcher Leistungen isolierter Teile des Nervensystems genauer zu betrachten, weil ja die Wirkung einer Krankheit auf die Funktion des Nervensystems sehr wesentlich darin bestehen dürfte, daß die Kontinuität des Nervensystems an irgendeiner Stelle unterbrochen wird und so Teile des Nervensystems isoliert werden.

Wir können bei den Folgen der Schädigung des Nervensystems negative und positive Erscheinungen unterscheiden. Im allgemeinen sind bisher die negativen, die Ausfälle, weit mehr Gegenstand der Beachtung und der Forschung gewesen als die positiven Veränderungen der Leistungen des Nervensystems. Und doch besteht kein Zweifel, daß nicht so sehr die Feststellung irgendwelcher Ausfälle bei bestimmter Untersuchung, als die Erkenntnis dieser Leistungsänderung erst einen wirklichen Einblick in die Art der durch die Schädigung gesetzten Veränderung überhaupt ermöglicht.

Wenn wir nun die *Veränderungen der Leistungen bei Läsionen verschiedener Stellen* des Nervensystems vergleichen, stellen wir fest, daß es *dem Wesen nach eigentlich nur ganz wenige Arten der Veränderung* zu geben scheint, die wir immer wieder finden, ganz gleich, wo die Läsion im Nervensystem sitzt, ganz gleich, um welche Leistung es sich handelt. Ja, *möglicherweise gibt es überhaupt nur eine Art der positiven Veränderung*, eben die, daß die Leistungen die Zeichen der Isolierung eines Teiles des Nervensystems zeigen¹⁾. Indem wir es noch dahingestellt sein lassen, ob diese letztere Annahme zutrifft, wollen wir im folgenden versuchen, darzulegen wie sich uns gewisse positive Symptome bei Betrachtung von diesem Gesichtspunkte aus darstellen.

Wir erinnern an unsere Ausführungen über die Bedeutung der Ganglienzelle für den Erregungsablauf im System und die Wirkung des Fortfalls der Ganglienzelle für diesen. Alle Läsionen des Nervensystems auch bei höheren Tieren schalten einen Teil des Systems aus. Abgesehen davon, daß ein gewisser Bezirk total zugrunde geht, teilt ein einzelner Defekt das Nervensystem gewissermaßen in zwei Teile, deren jeder gegenüber dem früheren Nervensystem namentlich durch den Fortfall der Ganglienzellen verkleinert ist. Ein Reiz, der auf einen der beiden Teile einwirkt, trifft jetzt auf ein verkleinertes System und wird sich dadurch in seiner Wirkung gegen früher so unterscheiden, wie wir es als charakteristisch für die Wirkung eines Reizes im verklei-

¹⁾ Ich sehe dabei von den gewiß nicht sehr zahlreichen *Reizerscheinungen* ab, deren Entstehung noch recht unklar ist.

nerten System kennen gelernt haben, d. h. die Reizwirkung wird sowohl an Intensität wie Dauer verändert sein.

Wenn ich der Einfachheit halber von „verkleinertem“ Teil spreche, so soll damit *nicht etwa gesagt sein, daß ich das Wesentliche des Vorganges in der mechanischen Verkleinerung sehe*. Keineswegs. Durch die Ausschaltung „funktioneller“ Beziehungen wird bei der großen Bedeutung, die wir diesen für die Erregungsverteilung zuschreiben, der erhaltene Systemteil natürlich in seinen verschiedenen Leistungen sehr verschieden verändert sein. Für manche Leistung wird so die „Verkleinerung“ weniger bedeutungsvoll sein, für andere sehr viel mehr. Selbstverständlich wird jede Leistung durch die Isolierung aus der funktionellen Beziehung, die die Zugehörigkeit zum Ganzen des vorliegenden Organismus darstellt, also durch die Isolierung aus einem ganz bestimmten Systemzusammenhang verändert werden.

Da jede Läsion des Nervensystems beide durch sie getrennten Teile vom Ganzen isoliert, so kann, wenn diese Anschauung richtig ist, eigentlich keine Leistung mehr völlig normal bleiben, da ja auch bei einer Teilung in einen relativ sehr großen und einen relativ sehr kleinen Teil, wie sie gewöhnlich vorliegt, auch der Erregungsverlauf im großen Teil durch die Trennung vom kleinen verändert sein muß. Dem entsprechen auch die symptomatologischen Tatsachen. Je genauer wir beobachten lernen, um so mehr können wir feststellen, daß bei irgendeiner Läsion im Nervensystem eigentlich keine Leistung mehr normal verläuft. Daß bei bestimmten Läsionen bestimmte Störungen als charakteristische „Symptome“ auftreten, während alle anderen Reaktionen intakt zu sein scheinen, dürfte einfach darin gelegen sein, daß wir uns gewöhnt haben, nur die auffallenden Symptome als *die* Symptome zu betrachten, die weniger auffallenden, namentlich die praktisch bedeutungslosen, aber höchstens als zufällige Beigaben anzusehen und zu vernachlässigen, obgleich sie als Ausdruck der veränderten Leistung des Nervensystems dieselbe Dignität besitzen, wie die auffallenden. Außerdem werden natürlich je nach der Art der Teilung des Nervensystems durch den Herd die Veränderungen in den einzelnen Gebieten wirklich zu für den Organismus so verschieden bedeutungsvollen, so verschieden stark in Erscheinung tretenden Symptomen führen, daß die Veränderungen in einem sehr großen Teil ganz zurücktreten können, vielleicht auch — mit unserer Methodik — kaum nachweisbar sind. Beachtet man die sich so naturgemäß ergebenden Differenzen, so kommt man immer mehr zu der Überzeugung, daß bei einer Läsion des Nervensystems an irgendeiner Stelle immer alle Teile veränderte Reaktionen darbieten.

Einige Tatsachen mögen uns die Bedeutung der dargelegten *Wirkung der Isolierung* bei Organismen mit kompliziertem Nervensystem, speziell beim Menschen, dartun. Als einfachste ist wohl die *Steigerung*

der Sehnenreflexe und das Auftreten von Spasmen bei Pyramidenbahnläsion im Rückenmark anzuführen. Hier haben wir die Charakteristica der Isolierung: die Herabsetzung der Schwelle (Auslösbarkeit der Reflexe von sonst nicht zur reflexogenen Zone gehörigen, sonst unerschwelligen Gebieten), gesteigerter Ausschlag resp. bei gleichem Reiz die Steigerung der Reaktion auf einen Reiz im Klonus, die abnorme Dauer in der Wiederholung des Ausschlags und im Spasmus. Der Dauerspasmus zeigt uns gleichzeitig die Wirkung des fehlenden Ausgleiches.

Beim „Rückenmarksfrosch“ erfolgt der Wischreflex und andere Reflexe mit größerer Promptheit als beim normalen Frosch, bei Menschen mit Querschnittsläsionen des Rückenmarks sieht man bei Reizung der Fußsohle, aber auch bei Reizung anderer Stellen der Beine komplizierte Bewegungen des ganzen Beines, den sog. Verkürzungsreflex, auftreten, evtl. sogar alternierende Bewegungen beider Beine, die Gehbewegungen entsprechen. Für die Entstehung dieser Gehbewegungen auch beim Gehen des gesunden Menschen ist das Rückenmark nötig, enthält es doch die wesentlichen hierfür in Betracht kommenden peripheren rezeptorischen und effektorischen Apparate. Das normale Gehen ist aber nicht eine Leistung des Rückenmarks, sondern des ganzen Nervensystems; es liegt ein Erregungsvorgang des ganzen Nervensystems vor, in dem die Erregung des Rückenmarks ein ganz bestimmtes Stück ausmacht. Normalerweise kann die letztere durch den Hautreiz am Fuß, der auch beim normalen Gehen zweifellos eine Rolle als Reiz spielt, allein nicht ausgelöst werden¹⁾. Der der Gehbewegung entsprechende Teil des Rückenmarkes wird auch normalerweise durch den Hautreiz erregt, aber nicht stark genug, um die Bewegung selbst zustandekommen zu lassen, erst das Hinzukommen des cerebralen Reizes vermag das. Beim „Rückenmarksmenschen“ wird der Erregungsabfluß so verzögert, daß auf den Hautreiz allein schon die wirkliche Gehbewegung erfolgt. Natürlich handelt es sich nicht um ganz dieselbe Bewegung wie beim wirklichen Gehen. Das lehrt eine genauere Beobachtung sofort, indem sie zeigt, daß die Gehbewegung beim Menschen mit geschädigtem Rückenmark rein motorisch keineswegs völlig der entspricht, die wir beim wirklichen Gehen ausführen.

Beim Plantarreflex scheint die „Nahewirkung“ normalerweise über das Großhirn zu gehen. Er geht bei Läsion der Pyramidenbahn bekanntlich verloren. Die Hautreflexe sind ja eben mit den Sehnenreflexen nicht in Parallele zu setzen.

¹⁾ Auf den Grund der rel. Adäquatheit des Hautreizes für die Gehbewegung kann ich hier nicht eingehen, wie ich überhaupt dies *Moment der Adäquatheit bestimmter Leistungen zu bestimmten Reizen hier einfach hinnehmen muß*. Eine Erörterung dieser Frage würde viel zu weit führen.

Auf sensible Gebiet dürfen wir wahrscheinlich manche Schmerzen als Ausdruck einer Isolierung innerhalb sensibler Systeme des Rückenmarkes, besonders aber im Thalamus betrachten.

Als weitere Beispiele für die Isolierungswirkung seien gewisse Symptome bei Cerebellarkranken angeführt: die abnorme Abductions- und Strecktendenz, die wir bei ihnen auftreten sehen und die auf eine abnorme Wirkung isolierter subcerebraler Apparate zurückzuführen sein dürfte¹⁾. Diese subcerebellaren Apparate stehen einerseits in Beziehung zu den peripheren Sinnesapparaten — sie stellen einen wesentlichen Teil des motorischen Schenkels des großen „Erfassungsapparates“ dar — andererseits sind sie mit dem Großhirn auf verschiedenen Wegen in Verbindung. Ein sehr wesentlicher Weg geht über das Kleinhirn. Durch diese Beziehungen erfolgen die Erfassungsbewegungen immer nur so, wie es nach den Erregungsvorgängen im Großhirn d. h. nach der Gesamtsituation möglich und notwendig ist. Es fließt so viel von der auf den Reiz eintretenden Erregungsänderung ins Großhirn ab, daß gewöhnlich die Wirkung auf den motorischen Apparat — die Nahewirkung — nur als Bereitschaft zur Erfassung, als Erfassungstendenz auftritt. Bei jeder Schädigung der Beziehungen des Apparates zum Großhirn bleibt infolge der Isolierung ein abnorm großer Teil der Erregung im Erfassungsapparat selbst, das Resultat ist die abnorme Erfassungsbewegung.

Da das Cerebellum nur einen der Wege zwischen Großhirn und Erfassungsapparat darstellt, so ist die Störung beim Cerebellarkranken gewöhnlich keine ausgesprochene und die abnorme Erfassungsreaktion nur unter bestimmten Bedingungen zu beobachten, die geeignet sind, in dem in Betracht kommenden Gebiet die Schwelle herabzusetzen resp. die Wirkung des peripheren Reizes zu erhöhen oder deutlicher in Erscheinung treten zu lassen. In diesem Sinne wirken der Augenschluß, die leichte Anspannung der Glieder, etwa das Ausstrecken der Arme, schließlich das Einnehmen bestimmter Stellungen, in denen es leicht gelingt, bei nur geringem Anstoß ein Glied oder den ganzen Körper aus der Gleichgewichtslage zu bringen, so z. B. das Erheben der Arme, das Stehen mit geschlossenen Füßen usw.

Der Zwang zur Erfassung ist viel stärker, wenn nicht die Beziehungen über das Kleinhirn allein, sondern wichtigere und zahlreichere Beziehungen zum Großhirn unterbrochen sind oder das Großhirn selbst lädiert ist.

Betrachten wir unter diesem Gesichtspunkt zunächst gewisse Symptome bei striären Erkrankungen. Wir kennen die Hypermetamorphose bei Encephalitikern, die ja zweifellos zu diesen Erscheinungen gehört,

¹⁾ cf. hierzu meine Ausführungen in *Klin. Wochenschr.* Jg. 3, Nr. 28, S. 1255. 1924.

und sehen sie besonders beim Kinde auftreten, bei dem ja die Großhirnbeziehungen überhaupt noch nicht so ausgebildet sind.

Ganz besonders stark bot die Zeichen einer abnormen Erfassungstendenz der mehrfach erwähnte Kranke Pf. mit cerebellar-striärer Erkrankung. Hier war sie auch durch energisches Festhalten des sich zuwendenden Gliedes nicht zu verhindern. Erzeugte man z. B. seitlich von dem Kranken ein Geräusch, so erfolgte eine Einstellbewegung der Augen, des Kopfes, der Arme, wenn er frei stand, des ganzen Körpers, mit außerordentlicher Geschwindigkeit und mit solcher Vehemenz, daß es mit aller Kraft nicht gelang, etwa den Kopf festzuhalten. Hier erzeugte die Isolierung eine ganz enorme Wirkungszunahme und übrigens auch eine außerordentliche Verlängerung der Wirkungsdauer. Der einmal eingestellte Körper oder das eingestellte Glied konnte nur durch ganz besonders starke Reize wieder aus seiner Lage gebracht werden. Die genaue Analyse der Psyche des Patienten ergab, daß die abnorme Zuwendung und das zwangshafte Festhalten einer Einstellung keineswegs nur bei der Einwirkung von Sinnesreizen stattfand, sondern es zeigte sich bei allen übrigen Leistungen, so z. B. auch beim Denken, das gleiche¹⁾. Gerade bei diesem Patienten tritt so recht hervor, wie eigentlich alle Reaktionen in der gleichen Weise erfolgen.

Einen zwangshaften Charakter bekommen die Einstellbewegungen besonders bei Defekten des Großhirnes selbst. Wir finden sie physiologisch verstärkt beim Säugling und bei Kindern in den ersten Lebensjahren als Ausdruck der noch unvollkommenen Entwicklung der Großhirnrinde. Ganz besonders stark ausgebildet zeigen sie sich aber bei Kindern mit schweren Großhirndefekten.

Allerdings scheint dieser Satz nicht für die Fälle mit schwerstem Defekt, für die „Kinder ohne Großhirn“, zu gelten. Das von *Edinger-Fischer*²⁾ beschriebene Kind ohne Großhirn reagierte überhaupt sehr wenig. Dabei ist zu bedenken, daß hier tiefgreifende Veränderungen auch in den tieferen Hirnteilen vorlagen, die besonders die Vermehrung optischer Einwirkungen schwer geschädigt haben mögen, aber auch im allgemeinen das ganze Nervensystem in seiner Erregbarkeit herabgesetzt haben mögen. Immerhin bietet sogar dieses Kind einige in unserem Zusammenhange sehr bemerkenswerte Eigentümlichkeiten. Der Mutter war aufgefallen, daß nach auf Lichtreiz erfolgtem Lidschluß die Fältelung der Haut um das Auge krampfhaft war und lange anhielt (S. 5), nach unserer Auffassung eine Folge des mangelhaften Ausgleiches. Bei lauten Geräuschen zuckte das Kind zusammen.

¹⁾ cf. hierzu D. Z. f. Nervenheilk. 83. 1924, S. 119, u. Monatsschr. f. Psychiat. u. Neurol. 52, 191. 1924.

²⁾ *Edinger u. Fischer*: Ein Mensch ohne Großhirn. Arch. f. d. ges. Physiol. 152.

Bei dem von *Gamper*¹⁾ beschriebenen Kinde, das im übrigen im ganzen auch recht wenig reagierte, zeigten die Bewegungserscheinungen auf Reize, die es überhaupt bot, den Typus der Zuwendungsreaktion. So z. B. wenn das Kind auf Anblasen den Kopf nach rückwärts neigte, die Oberarme abduzierte, die Vorderarme streckte, also wesentlich Abductions- und Streckstellungen aufwies, ähnlich, wie wir es als charakteristisch für die automatischen Abweichbewegungen der Cerebellarkranken kennen gelernt haben. Eine ähnliche Stellung bot übrigens gelegentlich auch das von *Edinger* beschriebene Kind. Als deutliche abnorme Zuwendungsbewegung ist der von *Gamper* bei dem Kinde besonders hervorgehobene orale Einstellautomatismus zu erwähnen.

Weit deutlicher als bei diesen Kindern, die ein anatomisch so weitgehend verändertes Gehirn besitzen, ist die zwangshafte Zunahme der Einstellreaktionen bei Kindern zu sehen, die nur Großhirndefekte resp. Beeinträchtigungen der Bahnverbindungen zu den an sich gut entwickelten Stammteilen des Gehirns aufweisen. So z. B. bei Kindern mit starkem Hydrocephalus. Bei einem solchen Kinde, das anatomisch einen hydrocephalisch sehr vergrößerten ungeteilten Ventrikel hatte, und bei dem die Großhirnrinde selbst sowie die Verbindungen der tiefen Teile zum Großhirn gewiß recht mangelhaft waren, konnte ich das besonders schön beobachten. Man hatte nie den sicheren Eindruck, daß das Kind irgend etwas mit Bewußtsein sah. Während das Kind sich um die Umgebung so gut wie gar nicht kümmerte, war um so auffallender, wie leicht es durch geeignete optische Einwirkungen zu Augen- und Kopfbewegungen veranlaßt werden konnte. Beleuchtete man seine Augen mit einer elektrischen Taschenlampe, so stellten sich die Augen sofort auf die Lichtquelle ein, und man konnte jetzt durch Ortsveränderung der Lampe die Augendauernd in verschiedensten Richtungen zum Nachfolgen bringen. Dieses Nachgehen bot einen ausgesprochenen passiven, zwangshaften Charakter. Ähnlich verhielt sich das Kind Geräuschen gegenüber.

Eine Zunahme der Erfassungstendenz finden wir bei den verschiedenartigsten Rindenerkrankungen als abnorme Ablenkbarkeit. Ganz besonders bei Erkrankung des Stirnhirnes, wo ich sie neben der Stumpfheit, durch die sie recht oft verdeckt wird, als eine charakteristische Teilerscheinung der bei solchen Kranken bestehenden Grundstörung darzutun versucht habe. Sie stellt auch einen wichtigen Faktor bei der Entstehung des Haftensbleibens, der Ideenflucht und manchem anderen dar.

Die abnorm starke Zuwendungstendenz ist nur *eine* Erscheinung der Isolierung corticaler Gebiete. Eine überschauende Betrachtung der

¹⁾ Verhandl. d. Ges. dtsh. Nervenärzte. Innsbruck 1924. — Ber. Dtsch. Zeitschr. f. Nervenheilk. 1925, S. 224.

Symptomatologie verschiedenster Hirnrindenerkrankungen legt bei einer Fülle von Symptomen die Erklärung als Isolierungserscheinung recht nahe. Neben abnormen Verstärkungen, abnormer Dauer, finden wir auch abnorme Ausbreitung von Vorgängen. Als Beispiel für letzteres möchte ich auf die Mitbewegungen, die Synkinesien sowie die Parästhesien hinweisen.

Ich muß es mir hier versagen, weitere Symptome zu analysieren und damit die Brauchbarkeit der Grundanschauung darzutun. Ich möchte im folgenden nur eine Reihe von Symptomen anführen, die wir speziell mit Rindenerkrankungen in Zusammenhang zu bringen pflegen und bei denen mir die Erklärung nach dem gleichen Prinzip keine Schwierigkeiten zu machen scheint. Im allgemeinen möchte ich zunächst hervorheben, daß mir in dieser Beziehung kein Unterschied zwischen den organischen und sog. funktionellen Erkrankungen zu bestehen scheint¹⁾. Die Isolierung braucht ja keineswegs immer durch einen groben Defekt zustande zu kommen, sondern auch jene feinen Veränderungen im psycho-physischen Apparat, die wir bei den psychischen Erkrankungen annehmen müssen, wenn wir über sie auch nichts Bestimmtes aussagen können, dürften ähnlich wirken können.

Auch das Konkreter-Primitiverwerden der Leistungen, das so charakteristisch für die Schädigungen der Rinde ist²⁾, dürfte sich zwanglos unserer Auffassung fügen. Mit den Ausdrücken, die Leistungen des Rindengeschädigten seien „primitiver“ geworden, seien auf ein tieferes Niveau herabgesunken, soll ja gesagt sein, daß die Leistungen an Differenziertheit eingebüßt haben. Es ist wohl keine Frage, daß die abnorme Ausbildung der Rinde speziell beim Menschen die außerordentliche Differenziertheit der Leistungen des Menschen bedingt, daß ferner die Organismen mit verschieden gut entwickelter Großhirnrinde sich gerade in bezug auf dieses Moment in ihren Leistungen unterscheiden. Je feiner organisiert das Nervensystem spez. die Rinde ist, je mehr „Außenwelt“ wird von dem Organismus „erfaßt“, desto größer ist die Kapazität seines „Gedächtnisses“, desto weniger wird er bei seinen Leistungen der direkten äußeren Anregung bedürfen, je weniger reizgebunden, je weniger „konkret“ wird er sein, je mehr vermag er „abstrakt“ zu sein. Jede Schädigung der Hirnrinde beeinträchtigt zuerst diese Differenziertheit, und es leiden so nicht nur Wissen, Können, das Individuum wird der Wirklichkeit gegenüber nicht nur „enger“, sondern auch reizgebundener, konkreter, eben primitiver. Jede Schädigung der Rinde verklei-

¹⁾ cf. hierzu meine Darlegungen über die gleichartige funktionelle Bedingtheit der Symptome bei organischen und psychischen Krankheiten in Monatsschr. f. Psychiatrie u. Neurol. 57, 191. 1924.

²⁾ cf. hierzu meine Ausführungen in Dtsch. Zeitschr. f. Nervenheilk. 77. 1922. Sitzungsber. u. Schweiz. Arch. f. Neurol. u. Psychiatrie 15, H. 2. 1924.

nert den Rindenbezirk, sie wirkt also im Sinne der Isolierung. Und tatsächlich besteht auch in der Art der Veränderung, die auftritt, wenn man einem Wirbellosen das Nervensystem entfernt oder wenn bei einem Menschen die Beziehung zwischen Rückenmark und Großhirn durch Krankheit unterbrochen wird oder wenn eine Läsion der Rinde vorliegt, eine wesentliche Übereinstimmung, insofern, als die Leistungen in allen diesen Fällen jetzt weit mehr durch die *gerade einwirkenden Reize* bestimmt werden, da ja durch den Defekt viele gedächtnismäßige Stützen sowie sonst durch die jetzt abgetrennten Teile gleichzeitig vermittelte Reizverwertungen fortfallen. Schließlich noch insofern, als die Reizverwertung nicht mehr vom ganzen System aus mit bestimmt wird. Die Leistungen sind also „reizgebundener“, „konkreter“, „primitiver“.

Die größere Primitivität besteht aber nicht etwa darin, daß die Leistungen des geschädigten Organismus jetzt mit denen eines tiefer stehenden, primitiveren Organismus übereinstimmen. Ein reduzierter Organismus ist ein defektes System, ein primitiver immer ein vollständiges. Wenn ein geschädigter Organismus auch in der Art seiner Reaktionen gewisse Ähnlichkeiten mit denen primitiver aufweist, so wird er deshalb doch nie zu einem primitiven Organismus¹⁾.

Ohne irgendeine Vollständigkeit oder systematische Gruppierung zu erstreben, möchte ich schließlich noch folgende Symptome als für eine Erklärung nach der vertretenen Theorie besonders geeignet anführen: Die corticale Überempfindlichkeit für Sinneseindrücke, die halluzinatorischen Phänomene, die Neigung zu kataleptischen Erscheinungen bei organischen und bei psychischen Erkrankungen, die Echopraxie und Echolalie bei „transcorticalen“ Apraxien und Aphasien sowie bei psychischen Erkrankungen, der Rededrang, die Ablenkbarkeit und abnorme Aufmerksamkeitsfixierung bei organischen und psychischen Erkrankungen, die Verfälschung der Wahrnehmungen und Handlungen durch abnorme Aufmerksamkeitszuwendungen auf Einzelakte, die Ideenflucht, mancherlei psychotische Symptome bei der Schizophrenie als Folge der Isolierung des psychischen Geschehens durch abnorme motorische Vorgänge, die Zwangsvorgänge, die Überwertigkeit bestimmter Ideen, die Fixierung von Wahnideen und bestimmten Gefühlserlebnissen und vieles andere mehr. Die Liste ließe sich beinahe beliebig vermehren.

IV.

Ich hoffe, daß es mir gelungen ist, die Brauchbarkeit der hier entwickelten Theorie zur Erklärung sehr verschiedener Erscheinungen beim normalen und kranken Organismus darzutun, wenigstens die Brauchbarkeit ihrer Grundvoraussetzungen. Ich glaube, daß die Besprechung noch sehr vieler weiterer Tatsachen uns zu dem gleichen Ergebnis führen würde. Ich würde allerdings auch dann, wenn es ge-

¹⁾ cf. hierzu Schweiz. Arch. 15, 171. 1924.

länge, alle bekannten Erscheinungen restlos zu verstehen, die Theorie noch nicht als erwiesen betrachten. Hierzu wäre zum mindesten noch der Nachweis notwendig, daß die physiologischen Vorgänge wirklich so verlaufen wie die Theorie annimmt, eine Sicherheit wäre aber erst dann geschaffen, wenn wir auch über den Ablauf der physikalisch-chemischen Vorgänge Bescheid wüßten. Solange dieser Nachweis nicht erbracht ist, kann sich die Theorie nur als Arbeitshypothese bewähren. Weil sie sich mir in dieser Beziehung sehr bewährt hat, weil die Betrachtung der verschiedensten normalen und pathologischen Vorgänge unter den durch die Theorie gegebenen Gesichtspunkten zu immer wieder neuen Fragestellungen und konkreten (vor allem auch physikalisch-chemischen, die bisher allerdings noch wesentlich ein Postulat darstellen) Untersuchungen anregt — wohl das Beste, was man von einer Theorie aussagen kann —, deshalb habe ich geglaubt, sie hier trotz aller Unvollkommenheiten vorläufig mitteilen zu sollen¹⁾.

¹⁾ Ich habe darauf verzichtet, auf mancherlei Beziehungen meiner Anschauungen zu denen anderer Autoren, etwa der gestaltpsychologischen Richtung in der Normalpsychologie, ferner zu den Anschauungen von *Jackson*, *Munk*, *Monakow*, *Wernicke*, *Freud*, *Bethe*, *Uexküll* u. a., mit denen sie gewisse aber immer nur partielle Beziehungen hat, hier einzugehen. Das hätte eine viel zu ausführliche Darstellung notwendig gemacht.
