

Psychische Manifestationen cerebraler Organisation

Von

W. R. HESS

(Eingegangen am 4. März 1964)

Einleitung

In der vorliegenden Abhandlung werden Verhältnisse ins Auge gefaßt, wie sie dem wachen Leben eigen sind. Dabei werden die der Beobachtung zugänglichen Vorgänge unter dem Gesichtswinkel einer Ordnung beurteilt, deren Auswirkungen auf das Subjekt bezogen sind. Solche Ergebnisse kann man vom physiologischen Standpunkt ganz allgemein als Leistungen der einzelnen Körperorgane ansprechen, das Gehirn nicht ausgenommen. Mit diesem Hinweis auf Hirnleistungen soll zugleich gesagt sein, daß philosophische Erwägungen und transzendente Aspekte hier nicht zur Diskussion gestellt werden.

Bei der Erforschung einer leistungsspezifischen Ordnung geht man darauf aus, diese im Sinne von Kausalzusammenhängen zu begreifen. Wo es sich um psychische Manifestationen cerebraler Prozesse handelt, liegen indessen besondere Verhältnisse vor. Dies wird am besten durch ein konkretes und jedem Menschen geläufiges Beispiel von Wortassoziationen erläutert: Im Verlauf eines Radioberichtes fällt das Wort „Rom“. Die Reihenfolge der Laute entspricht einer bestimmten Anordnung akustischer Signale. Das psychische Erlebnis, welches durch die auditive Wahrnehmung ausgelöst wird, kreist um eine Gruppe von Bewußtseinsinhalten und Assoziationen, die vorwiegend aus der Lebenserfahrung stammen, also erlernt sind. Diese erlernten Zusammenhänge sind in erster Linie sprachlicher Art. Daneben kommt es aber auch auf die jeweilige Einstellung des Hörers an. So werden bei einer großen Gruppe von Menschen religiös orientierte Gedanken geweckt. Bei anderen sprechen geographische Vorstellungen an. Noch andere denken an Rom als Stätte der Kunst usw. Zusammengefaßt stellt man fest, daß die Beziehung zwischen akustischem Phänomen und psychischer Reaktion *konditionaler Natur* ist zum Unterschied von einem direktfaßbaren Kausalzusammenhang. Tatsächlich spielen Veranlagung und latentes Erfahrungsgut eine mitbestimmende Rolle, das letztere durch Reaktivierung früherer Mitteilungen oder zur Zeit unmittelbarer Erlebnisse, welche mit dem Stichwort „Rom“ zufolge zeitlicher Koinzidenz verknüpft worden sind.

Verfolgen wir nun das Abhören des Radioberichtes rückwärts, so trifft man auf die Luftschwingungen, welche durch Druck und Sog dem

Trommelfell Bewegungen aufzwingen, die, ins Innenohr weitergeleitet, die Hörzellen reizen. In diesem Abschnitt des ganzen Geschehens sind ein aus Luftschwingungen bestehendes akustisches Gebilde, mitschwingendes Trommelfell zusammen mit Gehörknöchelchen, dazu die Exo- und Endolympe samt Basilarmembran des cortischen Organes hintereinander geschaltet die Träger eines Musters, welches die Receptoren des Gehörorganes entsprechend der Struktur des Musters anregt. Die Luftschwingungen selbst werden auf kausalverständliche Weise durch die Membran des Lautsprechers erzeugt. Die Bewegungen der Membran sind ihrerseits durch elektrische bzw. magnetische Kräfte auf kurze Distanz bewirkt. In dieser Phase ist die Lautsprechermembran kausal motiviert Träger des Musters.

Indem wir den Verstärkermechanismus übergehen, fassen wir die elektromagnetischen Wellen zwischen Sender und Empfangsantenne ins Auge. Diese Wellen fließen nicht glatt; es sind ihnen als Vorbild des Musters Diskontinuitäten aufgelagert. Der ganze dynamische Komplex durchläuft die großen bis größten Distanzen zwischen Sende- und Empfangsstation. Könnte man diesen Abschnitt der Übertragung überblicken, so würde man die Wellen in langgestreckter Form die als Muster aufgefaßte Prozeßordnung den Raum durchschwebend sehen. — Wurde im konkreten Fall die Sendung von einer Spielplatte abgenommen und betrachten wir diese genauer, so sieht man auf ihr feine Rillen. Sie zeigen in mikroskopischer Dimension eine zarte Struktur. In dieser halten wir das uns nun vertraute Muster in der Hand, nämlich auf die Platte als deren Träger gebannt. Allerdings kann man den registrierten Inhalt nicht lesen, weil dem visuellen System die von der Lautfolge geschriebene Spur hinsichtlich ihrer Bedeutung, im Gegensatz zur akustischen Formulierung, nicht erlernt wurde. Um die Bedeutung zu verstehen, muß die Struktur der Gravur als akustisches Wellengebilde in die Luft transponiert werden. Dazu bedarf es bekannterweise einer Antriebskraft, durch welche die erstarrten, gleichsam „toten“ Inskriptionen dynamisch reproduziert werden.

Gehen wir schließlich einen letzten Schritt nach rückwärts, so trifft man auf den Menschen, welcher die Platte „besprochen“ hat und dabei seine Gedanken durch spezifisch strukturierte Innervation der Sprechmuskulatur objektiviert. — Damit sind wir beim *Ursprung des Musters* angelangt, welches hintereinander Trägern verschiedenster Art aufgeprägt und weitergeleitet worden ist. Seine Formulierung erfolgte, wie dargestellt, unter psychischer Führung. Diese wiederum ist mit ihren Bewußtseinsinhalten abhängig von physiologischen Lernprozessen, denen die Wortgestalt „Rom“ zugeordnet worden ist.

Eine andere Frage ist es, wie die dem symbolhaften sprachlichen Muster konforme motorische Innervation ihrerseits formuliert wird. Darüber

läßt sich zur Zeit wenig mehr sagen, als daß eine definierte Beziehung zwischen gedanklichen Inhalten und Innervationsmuster bestehen muß. Denn wenn der Sprecher z.B. von Erlebnissen in London oder Paris oder über die Verhältnisse im heute viel besprochenen Berlin berichtet hätte, wäre durch das anders lautende Stichwort auch ein anderes akustisches Muster und entsprechend andererer Bedeutung produziert worden.

Über die Verschiedenheit solcher akustischer Muster besteht kein Zweifel: die mit elektronischer Apparatur von GEMELLI durchgeführten aufschlußreichen Untersuchungen über die Struktur der menschlichen Sprache haben gezeigt, wie jedem „Laut“ und jeder Lautfolge bestimmte sich manifestierende Schwingungsfiguren entsprechen^{13,14}. Eine Beziehung zwischen diesen und den gedanklichen Inhalten, durch deren sprachliche Korrelate sie produziert worden sind, kann indessen nicht erkannt werden, weil wir die „Schwingungsschrift“ nicht wie die von uns geübte Hand- oder Druckschrift gelernt haben. Infolgedessen sind bestimmte cerebral organisatorische Voraussetzungen nicht erfüllt, die eindeutig bestehenden Kausalzusammenhänge zu erfassen.

Empfindung, Wahrnehmung, bewußtes Verhalten

Vom Standpunkt des Physiologen, der sich mit den Funktionen des Gehirnes befaßt, handelt es sich jedenfalls um die Manifestation einer dem Individuum mit seinem Leben zuteilgewordenen *Begabung*. Diese ist offenbar in Struktur und Funktionsweise des Gehirns *vorgebildet* und wird durch *Lernprozesse differenziert*. Zwischen Bewußtseinsinhalt und sinngemäßer Formulierung des Sprechmusters sind verschiedene Prozesse eingeschaltet, wie z.B. die Reaktivierung von Ausschnitten aus dem erlernten Erfahrungsgut und allem voran ein *Antrieb* nach Art des genuinen Bedürfnisses, sich mitzuteilen. Dagegen stehen uns keine durch Selbstbeobachtung faßbare Kriterien zur Verfügung, welche eine Zuweisung bestimmter psychischer Leistungen zu funktionell konzipierten Organisationen des Gehirns ermöglichen, sowenig uns ja auch nicht direkt zur Kenntnis kommt, welche Nervenbahnen z.B. Tast-, Schmerz- oder Kälteempfindung vermitteln oder die Transformation der Lichtenergie in Energie der Photoreceptoren. Um hierüber Näheres in Erfahrung zu bringen, muß man das neurophysiologische *Experiment* zu Rate ziehen. Eine solche Zuordnung bestimmter Sinnesqualitäten zu isolierten Nervenfasern und cerebralen Neuronen und die Wirkungsweise von Reizen ist bekanntlich mit Erfolg weitgehend gelungen.

Bei systematischem Vorgehen in der Peripherie beginnend, ist die Erregung spezifisch organisierter Receptoren durch adäquate Reize der erste Schritt, die Zuleitung der Erregung in das Gehirn der nächstfolgende. So einfach diese Phasen auf den ersten Blick erscheinen mögen und viel-

fach auch aufgefaßt werden, so harren bei näherem Zusehen, wie HENSEL gezeigt hat, noch viele Probleme der Aufklärung^{15,16}. — Bei zentripetalem Vorgehen ist die Objektivierung intrazentraler Erregungsübertragungen die nächstfolgende Phase, um deren Aufklärung sich zahlreiche Autoren bemüht haben, mit besonderem Erfolg im visuellen System JUNG u. Mitarb.^{4,26,29}. Wir beschränken uns auf eine weitgefaßte Übersicht von JUNG hinzuweisen²⁷.

Ein wichtiges Dispositiv der Integration sinnlicher Informationen ist die a. a. O. eingehender besprochene sogenannte *Konvergenz von Erregungen*, die verschiedenen Sinnesorganen und qualitativ differenzierten Rezeptoren entstammen (= heterotope und heteromodale Konvergenzen²²). Indem die konvergierenden Erregungen in das gleiche zentrale Areal einmünden, werden die Bedingungen einer gegenseitigen Kontaktnahme hergestellt, deren nächste Konsequenz die organisierte Fusion zu einem integralen Erregungsgebilde ist. Dieses muß einem komplexen, aber, wie schon gesagt wohlgeordneten Muster entsprechen, das ein relativiertes Modell bzw. symbolhaftes *Abbild der Außenwelt* darstellt.

Die höchste Stufe afferenter Systeme wird dann erreicht, wenn die Struktur des Musters in kongruent organisierte Bewußtseinsinhalte „übersetzt“ wird. Obgleich kausal nicht verstehbar ist, wie diese Transposition aus der Ebene des nervösen Geschehens in die Sphäre der psychischen Manifestationen erfolgt, haben wir doch bestimmte Anhaltspunkte dafür, daß *das Muster tatsächlich reproduziert wird*. Einerseits können wir es aus den Verhaltensweisen ablesen, welche auf die aktuelle Situation bis ins Einzelne abgestimmt sind. Dabei ist für den Kenner das typische *Verhalten im Prinzip gleichbedeutend mit sprachlichem Ausdruck*. Das körperliche Verhalten wird nur durch Einsatz einer anderen motorischen Apparatur bewirkt, als bei der sinnvoll gesteuerten und differenzierten Vokalisation. Die Berechtigung dieser Beurteilung findet man bei der Analyse bestimmter Syndrome bestätigt, welche man konsequent beobachten kann, wenn im umschriebenem Bereich des Zwischenhirnes eine fein dosierte elektrische Reizung vorgenommen wird. Ein besonders eindrucksvolles Beispiel ist die sogenannte *affektive Abwehrreaktion*, die wie a. a. O. eingehend beschrieben, auf ihrem Höhepunkt bei der Katze zu einem treffsicheren Angriff entwickelt wird, zu einem gut gezielten Schlag auf eine ihr entgegengestreckte Hand oder einem Sprung gegen die nächststehende Person des Arbeitsteams^{19,23}. Bei anderer Versuchsanordnung erfolgt ein Angriff auf eine in erreichbarer Nähe befindliche ausgestopfte Katze^{11,12,25}. Bald nach Beginn der Reizung zeigen sich schon vor dem Angriff selbst alle Zeichen der bewegenden Wut, zu denen auch die typische Phonation, d. h. ein Fauchen gehört. Auch die durch zentrale Reizung ausgelösten Symptome angstvoller Stimmung wirken überzeugend, indem das im Nachbar-

bereich des Wutareales gereizte Tier sich zur Flucht wendet, zumeist aber erst, nachdem es vorher nach einem Ausweg Umschau gehalten hat. Eindeutig ist ferner die Aktivierung von Freßtrieb und Antrieb zur Wasseraufnahme durch elektrische Reizung in wieder anderem Bereich des Zwischenhirnes^{1,3,8}. Für unsere Frage ist diejenige experimentelle Anordnung besonders wichtig, bei welcher das normalerweise durch ein Durstgefühl motivierte Aufsuchen einer Wasserstelle nach Art einer bedingten Reaktion in Szene setzt².

Für die Interpretation der angeführten experimentellen Ergebnisse ist zu beachten, daß die Reizung durch eine nach kausalen Prinzipien aufgebaute Apparatur erfolgt. Eine entsprechende kausale Verknüpfung entsteht bei der verbalen Übertragung eines Gedankens, sei es direkt von Individuum zu Individuum oder mittelbar über Sender und Empfänger (siehe S. 334). Wer trotz Eindeutigkeit der referierten experimentellen Ergebnisse bezweifelt, ob ein durch das Auge kontrolliertes Verhalten die Aktivierung durch bestimmte Bewußtseinsinhalte beweise, muß logischerweise auch bezweifeln, daß zielgerichtete Verhaltensweisen unter natürlichen Bedingungen als bewußte Reaktion auf exterozeptiv sinnliche Wahrnehmungen ausgelöst werden. Im Falle der affektiven Abwehrreaktion ist es das exterozeptiv aufgenommene Bild eines sich feindlich benehmenden Hundes, beim Freßtrieb als endogener Reiz die Senkung des Blutzuckerspiegels, beim Durst die erhöhte Salzkonzentration im Blut zufolge langdauerndem Fehlen einer Trinkgelegenheit. Dabei wirken die durch die Sinnessysteme vermittelten Informationen End aller End analog einer elektrischen Reizung eines Integrationssubstrats wie auch die Übertragung der von den Sinneszellen aufgenommenen Signale durch einen nervösen Prozeß weiter geleitet wird, der seinerseits mit elektrischen Vorgängen verknüpft ist. In zentralen Bereichen erfolgt, wie gesagt, auf Grund der Konvergenz und Fusion heterotoper und heteromodaler Erregungen die Integration zu definierten Erregungsmustern, welche in relativierter Weise als Bewußtseinsinhalte repräsentiert werden. Damit ist eine erste Phase abgeschlossen. Ihrerseits induziert sie jenes angeborene oder erlernte Verhalten, welches die durch Erregung bedingte, als Bedürfnis empfundene Spannung löscht. Im Rahmen der ganzen Funktionsfolge ist den zentral elektrisch gereizten cerebralen Formationen eine analoge Spezifität zuzugestehen, wie sie bei den reizspezifischen Sinnesorganen unbestritten ist.

Für das *subjektive* Erlebnis als *Motiv des Handelns* sind im Bereich elementarer Empfindungen und Wahrnehmungen höher organisierter Tiere kaum andere Verhältnisse anzunehmen als beim Menschen, der z. B. von anderer Seite provoziert mit Gegenspielern handgreiflich wird und in Wut geraten seine Hiebe austeilt, unter Umständen auch den Gegner symbolisch, d. h. mit Schimpfwörtern „angreift“. Dabei macht es keinen

Unterschied aus, *wie* die zur Funktion aufgerufenen Strukturen in Erregung versetzt werden. Ausschlaggebend ist, *daß* dies geschieht und *welche Formationen* es betrifft. Nach den vorstehenden Ausführungen über elementare psychische Manifestationen und der Lokalisation der Erregungsträger halten wir nach analogen Beziehungen auf höherer Ebene Umschau.

Konvergenz, Fusion, Integration

Hier erinnern wir an die Erfahrungen^{6,9,28} über das Zusammenfließen heteromodaler und heterotoper Erregungen in bestimmten Cortexfeldern und im Thalamus. Das Ursprungsgebiet entspricht zum Teil verschiedenen Bezirken der Mundschleimhaut. Wie gesagt verlaufen die von den chemisch gereizten Rezeptoren ausgehenden Erregungen auf getrennten Nervenbahnen, um an zentraler Stelle wieder zusammen zu treffen. Geben wir uns im Zusammenhang mit diesen objektiven Befunden über das subjektive Erlebnis beim Genuß bestimmter Speisen Rechenschaft: Wählen wir eine Frucht oder ein aus verschiedenen Ingredientien zusammengebrautes Getränk, so wird man gewahr, daß nicht die einzelnen Komponenten ins Bewußtsein gelangen, sondern ein *integraler gustatorischer Inhalt* erlebt wird. Am ehesten können bei etwas stärkerer Dosierung süß, sauer, salzig und bitter herausgeschmeckt werden, nicht aber die in das typische Aroma eingegangenen Bestandteile des *mixtum compositum*. Daß in die totale Wahrnehmung auch noch *taktile, thermische* und *olfaktorische* Empfindungen mit eingeschlossen sein können, lehren uns genießerisch verzehrte Delikatessen, welche gekühlt aufgenommen auf der Zunge auf leisen Druck zerschmelzen. Selbst können, ohne daß wir dies merken, Düfte mit einbezogen sein, die durch den Rachen-Nasenraum aufsteigen auf olfaktorische Rezeptoren treffen und diese erregen.

Für die Fusion der Erregung zentraler Elemente und der Korrelation mit den induzierten Bewußtseinsinhalten bieten auch bestimmte Erfahrungen bedeutendes Interesse, welche von hirnehirnchirurgischer Seite im Zusammenhang mit diagnostischen Kontrolluntersuchungen gemacht worden sind³⁰. In Fällen, wo die Reizelektrode im visuellen Areal der Großhirnrinde angesetzt worden war, meldete der Patient das subjektive Erlebnis bestimmter Lichterscheinungen, wogegen am Schläfenlappen auditive Bewußtseinsinhalte provoziert wurden. Daneben kam es auch zu subjektiven Manifestationen, welche aus visuellen und auditiven Erlebnissen komponiert waren. All diese Erfahrungen bezeugen, daß die Erregung bestimmter nervöser Substrate aus umschriebenem Areal dafür verantwortlich ist, was zum integrierten Inhalt des Bewußtseins wird. Es geschieht dies in analoger Weise, wie wenn eine vom bedruckten Papier abgelesene Notenschrift über ihr Abbild auf der Netzhaut des Auges in ein symbolisch konformes orchestriertes musikalisches Erlebnis

übergeführt wird. Eine andere Frage ist es, auf welchen Wegen die durch circumscribed elektrische Reizung erzeugte Erregung eine komplexe Prozeßordnung entwickelt. Bestimmte Beobachtungen machen es wahrscheinlich, daß dabei frühere *Erinnerungen*, also Ausschnitte aus dem Erfahrungsgut, eine führende Rolle spielen. Bei primitiven Kombinationen und Sukzessionen kommen wahrscheinlich noch *angeborene* Trägersysteme hinzu, deren subjektive Manifestationen mit dem sogenannten „Artgedächtnis“ identisch sind.

Erregungsmuster und Bewußtseinsinhalt

Zunächst haben wir Beispiele für Integration simultaner Erregungen zu Mustern gegeben. Diese werden, wie schon hervorgehoben, auf irgendeine kausal nicht erklärbare Weise als gleichgeordnete Bewußtseinsinhalte reproduziert^{22b}. Gute Beispiele hierzu gibt die Analyse auditiver Wahrnehmungen bekannt. Werden die verschiedenen Töne der Skala in stetiger Reihenfolge angeschlagen, so wird diese integral, d. h. als „Tonleiter“ wahrgenommen. Damit korreliert der experimentelle Befund, daß die corticalen Repräsentationen der Töne verschiedener Höhe ihrer Schwingungsfrequenz entsprechend angeordnet sind, d. h. eben nach Art einer Skala. Auch die Sukzession von Klängen mit zum Teil gleichen Obertönen werden automatisch miteinander verknüpft und werden integral, d. h. als Akkord bzw. Melodie erlebt. Deutlich gibt sich die Fusion von Erregungen auch im Bereich des visuellen Systems zu erkennen. So wird z. B. bei intermittierendem Aufleuchten einer Lichtquelle, welche im Kreis, in einer Ellipse oder entlang einer Wellenlinie usw. bewegt wird, zwangsläufig zu der in sich geschlossenen bzw. offenem linearen *Figur* verschmolzen. Ferner ergeben zwei nacheinander aufleuchtende Lichtpunkte die Wahrnehmung einer Bewegung entsprechend WERTHELMERS Bewegungstäuschung. Auf neuronaler Ebene ist für eine solche Fusion zum Teil das positive Nachbild eines befristeten Lichtreizes verantwortlich. Daneben spielt aber die genuine Tendenz, sukzessiv ausgelöste Empfindungen zu verketten, eine maßgebliche Rolle, d. h. sofern der zeitliche Abstand nicht zu groß ist. Daß dieser Integrationsprozeß auch für den Fall komplexer Reizkonstellationen gilt, wird uns am einfachsten bei *kinematographischen Vorführungen* bewußt und zwar auch dann, wenn die sich folgenden Bilder im Sinne eines Experimentes mit verzögerter Frequenz dargeboten und die Lücken trotzdem im subjektiven Erlebnis automatisch überbrückt werden. Wohl wird der Zusammenhang mehr oder weniger gelockert, aber nicht gelöst.

Kausale Ordnung

Einen besonderen Aspekt bietet eine Sukzession von Wahrnehmungen, die in ein inneres „Modell“ der Umwelt eingebaut, einer *exzentrischen Projektion* entspricht. Dies korrespondiert mit moderner kyber-

netischen Modellen und lernenden Maschinen. Als Bewußtseinsinhalt wird zufolge einer genuinen Strebung das „Gefühl“ einer kausalen Bedingtheit angeregt und mit der sich in der Umwelt abspielenden Erscheinung verknüpft, d. h. ebenfalls exzentrisch projiziert. Hierzu wurde bereits a. a. O. ein altes Beispiel angeführt, nämlich die Verbindung von Blitz und Donner. Wenn dieser jenem in kurzem zeitlichen Abstand folgt, so wird man zwangsläufig die visuell erlebte Erscheinung als *Ursache* des akustischen Phänomens interpretieren und zwar um so überzeugter, je kürzer der Intervall ist. Ein anderer und zwar grundsätzlich wichtiger Faktor kommt zur Geltung, wenn die gleichen oder sehr ähnlichen Reizkombinationen bzw. Reizsequenzen sich *mehrfach wiederholen*. Jede erneute Wiederholung trägt dazu bei, das Gefühl der Wahrscheinlichkeit in Gewißheit überzuführen, d. h. im Sinne eines *gesetzmäßigen Kausalzusammenhanges*. Wohl handelt es sich streng genommen auch jetzt nur um Wahrscheinlichkeit. Mit steigender Zahl der Reproduktionen gleicher Prozeßordnung wird man mehr und mehr der Sache gewiß, mit anderen Worten, man hält sie als statistisch gesichert. Derart geben sich die heterotope und heteromodale Konvergenz mit konsekutiver Fusion der zugeleiteten Erregungen bei vielfacher Wiederholung als ein Prinzip zu erkennen, welches sich im *subjektiv motivierten kausalen Begreifen* manifestiert. Organisatorisch betrachtet wird auch verständlich, wie eine technische Apparatur komplexe Leistungen vollziehen kann, welche bis zum Aufkommen der Kybernetik ausschließlich dem Gehirn vorbehalten waren. Dabei deutet die Leistungsfähigkeit des elektronischen Dispositivs darauf hin, daß die Lösung einer bestimmten Aufgabe im Gehirn wahrscheinlich schon durch die neuronale Organisation erfolgt und das raumzeitliche Integral in Form von Bewußtseinsinhalten als „Fertigprodukt“ übernommen wird.

Morphologische und funktionelle Organisation

Im Anschluß an die Verknüpfung eng aufeinanderfolgender Erregungsmuster, welche als Prozeßordnung mit einem durch sie bestimmten Gedankenablauf korreliert, wird die Hirnforschung vor die Aufgabe gestellt, die neuronalen Erregungsmuster und deren Sequenzen noch anders als durch die sich manifestierenden Bewußtseinsinhalte zu dokumentieren. In dieser Hinsicht liegen zur Zeit bereits interessante Anhaltspunkte vor. Diese betreffen einerseits morphologische Kriterien, andererseits neurophysiologische Befunde. Zu den ersteren gehören die strukturellen Verhältnisse in corticalen Abschnitten des Gehirnes, wie sie von ECCLES¹⁰ und auch von BERITASHVILI (BERITOW⁷) klargestellt worden sind. Gemeint sind die innige Verflechtung von Neuronen, die Feststellung von Kontaktorganen und der Nachweis eines vermittelnden stofflichen Überträgers. Die Tatsache, daß visuell, auditiv, auch taktil angeregte

Eindrücke zu einem kontinuierlichen Prozeß miteinander verknüpft werden, kann kaum anders denn als eine funktionelle Konsequenz morphologisch darstellbarer Kontakte verstanden werden. Neurodynamisch betrachtet zeigen die umschriebenen Erregungsherde nicht nur die Neigung, in die unmittelbare Nachbarschaft zu irradiieren, sondern auch ein Ineinanderfließen annähernd identischer Kompositionen. Wenn sich im Ablauf des Prozesses fortgesetzt neue dynamische Elemente einfügen und andere erlöschen, erfährt das Fließmuster eine Wandlung bis zur Endgestalt, die als logisch entwickeltes Resultat bewußt wird.

Bei der funktionellen Interpretation der morphologischen Verhältnisse werden wir noch einen Schritt weiter geführt, wenn neben den Dendriten der Nervenzellen auch ihre Neuriten einbezogen werden. Durch diese können auf Grund zeitlicher Koinzidenz zentrale Erregungsherde *auf Distanz* verknüpft werden, so daß Strukturen aus verschiedenen Projektionsarealen zu einem umfassenden sich wandelnden Erregungsgebilde integriert werden. Vorläufig hat diese Überlegung nur den Anspruch einer theoretischen Ableitung aus der allgemein gültigen Interpretation, daß das ganze Nervensystem nach *topologischem Prinzip* d. h. der Kontinuität aufgebaut ist. Es bleibt die Aufgabe der experimentellen Forschung, die aus konvergierenden heterotopen und heteromodalen Afferenzen integrierten Muster direkt zu objektivieren. Ein erster Schritt in dieser Richtung ist tatsächlich bereits getan, nämlich durch elektrische Registrierung kontrastierender und integrierender Erregungszustände zentraler Neurone, nämlich als Abbild bewegter Gestalten einer optisch dargebotenen Sukzession von schwarzen und weißen Feldern. Die Neurone höherer Ordnung *abstrahieren* vom Einzelkontrast und melden nur noch die Bewegungsrichtung^{5, 24}. Damit ist die dreigliedrige Kette von erstens einem äußeren Geschehnis als *Reizsituation*, zweitens dessen zentraler Projektion mit *Integration* zu einem Erregungsgebilde und drittens eine *Abstraktion* der Ordnung mit Übersetzen in ein dem neuronalen Vorgang korrelierendes Erlebnis überzeugend zur Darstellung gebracht. Wohl handelt es sich im konkreten Fall um einfache Verhältnisse, was an der prinzipiellen Bedeutung des experimentellen Befundes indessen nichts ändert.

Physiologische Bedeutung wahrscheinlicher Kausal-Zusammenhänge, schöpferische Leistungen

Abschließend steht die psychologisch interessierte Hirnforschung vor der physiologisch aktuellen Frage, welche Bedeutung der Integration einer *Sukzession* von Erscheinungen und ihres Bewußtwerdens zukommt. Mit derselben Zwangsläufigkeit, mit der eine oft wiederholte Prozeßordnung in das Erfahrungsgut zu späterer Verwertung eingeht, macht sich bei deren Reaktivierung das Gefühl geltend, daß jede Situation durch die vorhergehende bestimmt sei. Auf die ganze Folge der sich

stetig wandelnden Wahrnehmungen angewendet, resultiert aus der wiederholt bestätigten Sukzession das *subjektive Erlebnis der Kausalität*^{22a}. Im Hinblick auf die zugrundeliegenden nervösen Prozesse ergibt sich die Erkenntnis, daß das Gehirn die ihm zugeleiteten Informationen gemäß dem Prinzip „statistischer“ Sicherung verarbeitet und erlernt. Über die Bedeutung dieser Sicherung erhält man am besten durch Selbstbeobachtung Auskunft. Indem sich nach Ablauf eines ersten Abschnittes einer als Erfahrungsgut festgelegten Kausalkette diese automatisch fortsetzt, und zwar entsprechend der Geschwindigkeit einer eingeübten Vorstellungsfolge dem wirklichen Geschehen der Umwelt mit Hilfe des inneren „Modells“ vorausseilt, werden die sich entwickelnden Ereignisse in der Vorstellung vorausgesehen. Durch diese zeitlich sukzessive Auswertung des Modells kann sich das Individuum auf das Umweltgeschehen einstellen, gleichgültig ob die derart motivierte Verhaltensweise in Richtung einer prephensiven oder einer protektiven Aktion abläuft. In jedem Fall resultiert ein auf die Existenzbedingungen bezogener Gewinn. Handelt es sich z. B. um eine höchst bedrohliche Situation, so kann die Bereitschaft zu zweckentsprechender Reaktion direkt über Weiterleben oder Vernichtung entscheiden.

Das zur Diskussion stehende Prinzip cerebraler Organisation kann mit einer Vorausberechnung im inneren Modell der Umwelt ein in der Vorstellung vorschwebendes *Ziel* zu erreichen versuchen. Zufolge der statistisch gesicherten nervösen Prozeßordnung ist unser Handeln in eben solchem Maße treffsicher. Darauf können wir uns um so eher verlassen, als die von Etappe zu Etappe sich einstellenden Wirkungen fortlaufend *sensorisch kontrolliert* werden. Bei etwaigen Abweichungen vom programmäßigen Ablauf wird der erstrebte Erfolg durch automatisch eingesetzte Korrekturen gewährleistet. Darüber hinaus können Menschen, die mit einem besonders lebendigen Vorstellungsvermögen begabt sind, in Gedanken über längere Strecken auf kontrollierende Wahrnehmungen verzichten. Dabei entfallen die sich jeder konkreten Ausführung entgegenstellenden Widerstände und Zeitverluste, so daß es möglich ist, in rasch ablaufenden *Gedankenexperimenten* eine Vielzahl von supponierten Zusammenhängen durchzuprobieren, bis sich „zufällig“ eine gute Idee einstellt. Wenn sich diese durch entsprechend organisierte motorische Innervation als realisierbar erweist, d. h. die angezielte Wirkung hat, ist die Übereinstimmung zwischen Ordnung in der Vorstellung und Ordnung in der Wirklichkeit bestätigt. Damit wird auf Grund der statistisch gesicherten raum-zeitlichen Integration im Sinne einer schöpferischen Leistung eine *neue* Erkenntnis gewonnen oder eine Neukonstruktion erfunden. Abgesehen von solchen Spezialfunktionen nimmt die statistische Sicherung bei der Entwicklung logischer Gedankengänge eine Schlüsselstellung ein.

Anwendungen in der Psychiatrie

Eine andere Anwendung der statistischen Sicherung zentral nervöser Ordnung und *möglicher Störungen* leitet zu psychiatrischen Befunden über. Wenn das Zustandekommen geordneter Erregungsmuster von dem *zeitlich geregelten Eintreffen von richtig dosierten Intensitäten und kontrollierter Ansprechbarkeit* der nervösen Elemente abhängig ist, welche durch die konvergierenden afferenten Impulse angeregt und zu Mustern integriert werden, so müssen diese Muster u. U. auch störbar sein. Man wird nicht im Zweifel sein, daß schon kleinste Verschiebungen hinsichtlich der Eigenschaften ein verformtes Muster zur Folge haben kann. Bei stärkeren Abweichungen der Eigenschaften von Erregungsträgern wird es anstelle sinnvoller Ordnung zu einer logisch nicht entwirrbaren Konfusion kommen. Ohne daß wir diese unausweichlichen Folgen zu einer psychiatrischen Diagnose in Beziehung setzen, ist so viel offenkundig, daß sich Gefühle, Stimmungen und auch Reaktionen einstellen, welche den Umweltverhältnissen nicht adäquat sind. Diese Inadäquatheit finden wir bei manchen Geisteskranken. Daraus ergibt sich die Folgerung, daß *die Psychiatrie* in Fortsetzung der „Psychologie in biologischer Sicht“^{17,18} *aberrierende Denkweisen biologisch erklären muß*.

Nach den hervorragenden Leistungen der alten morphologisch orientierten Hirnforschung war es natürlich, daß zur Erklärung der histologischen Durchforschung von Gehirnen verstorbener Patienten schon früh größte Aufmerksamkeit geschenkt worden ist. Die Hinweise auf die Bedeutung der *Eigenschaften* von Erregungsträgern machen es ebenso verständlich, daß neben positiven Befunden eine große Gruppe mit histologisch normal erscheinender Hirnstruktur zurückgeblieben ist, bei denen keinerlei morphologische Ursachen der geistigen Störungen erkennbar sind. Jedenfalls ist es jedem Physiologen klar, daß sich die Eigenschaften von Erregungsträgern nur sehr bedingt an morphologischen Kriterien ablesen lassen. Gewiß liegen auch den funktionellen Eigenschaften strukturelle Korrelate zugrunde. Diese sind aber in einer Dimension zu suchen, in welche das Lichtmikroskop nicht hinabreicht. Es ist nicht ausgeschlossen, daß in gewissen Fällen das Elektronenmikroskop bisher unbekannt gebliebene Sachverhalte zur Kenntnis bringen wird. Im Vordergrund scheinen indessen Besonderheiten in *molekularen* Bereichen verantwortlich zu sein. Man kann dies deshalb sagen, weil es bekanntlich zahlreiche chemisch definierte Substanzen gibt, welche zum Teil stark in das psychische Geschehen eingreifen und zwar konditionell in typischer Weise und reversibel.

Zur Psychopharmakologie

Die Vermutung ist naheliegend, daß psychotrope Substanzen eine Fehlleistung der nervösen Prozesse mit Deformation der integrierten Muster

hervorrufen, beides bedingt durch Modifikationen von Eigenschaften der nervösen Elemente mit Auswirkungen im korrelierenden subjektiven Erleben. Diese als aktuelle Möglichkeit ins Auge gefaßte Wirkungsweise stellt zunächst rein wissenschaftliche, aber auch praktisch orientierte Aufgaben. Die Psychopharmaka im weitesten Sinne dieser Bezeichnung sind dabei als Instrumente der Forschung gedacht. Erfolgreiche Forschung setzt selbstverständlich voraus, daß neben dem Wissen um die chemischen Strukturen auch die intimen neurophysiologischen Kenntnisse eingesetzt und mit den experimentellen Erfahrungen verknüpft werden, entsprechend der funktionellen Organisation des integralen Nervensystems vor allem der cerebralen Strukturen.

Von der Physiologie zur Psychologie und Psychiatrie

Die Organisation der Lebewesen entspricht einer Einpassung in ein spezielles Ambiente im Sinne der Selbstbehauptung und Arterhaltung (mit einer gewissen Streuung um ein Optimum).

Die Entwicklungsgeschichte liefert den Schlüssel zum Verständnis organisatorischer Anpassung der Funktionsträger (= Organe in ihrer strukturellen Eigentümlichkeit). Ferner: Die Entwicklungsgeschichte nimmt ihren Anfang beim Übergang lebensfeindlicher äußerer Bedingungen zu lebensmöglichen Zuständen. Ein Schritt von entscheidender Bedeutung ist der phylogenetische Aufbau des *Nervensystems* mit seinen integrierenden Funktionen.

Die psychischen Manifestationen können nur als eine „Errungenschaft“ cerebraler Organisation angesehen werden. Psychische Begabung ist für uns eine Gegebenheit, mit der wir einfach rechnen müssen. Ihr „Wesen“ erklären zu wollen scheitert daran, daß uns keine Kriterien zur Verfügung stehen und wir überhaupt nicht auf *absolute* Erkenntnis, sondern nur auf das Verstehen von *Relationen* eingerichtet sind.

Es bleiben vermutlich noch viele Tatbestände und Vorgänge, die von uns nicht bemerkt werden und auch nicht bemerkbar sind, weil für unsere Existenz und die Erhaltung der Art irrelevant. Die Tendenz, einfache Empfindungen zu Wahrnehmungen zu integrieren und Gestalten zu formen gehört wahrscheinlich zu den genuinen Strebungen. Lücken der uns zur Verfügung gestellten Informationen werden nach Möglichkeit überbrückt, gemäß dem Zwang zur Integration als in sich geschlossenen Vorstellungen. — Zur ganzheitlichen Erfassung wird auch das Erfahrungsgut, sei es direkt erlebt oder auf Mitteilungen beruhend, verwertet. Lücken, die durch Wahrnehmungen und aus dem Erfahrungsgut nicht ausgefüllt werden können, werden im Alltag, zum Teil auch in der Wissenschaft, soweit es geht, als Vermutungen erlebt.

Daß diese zusätzliche Bemerkung auch auf die vorstehenden Ausführungen Geltung hat, muß wohl kaum gesagt werden. Denn gesamt-

heitlich betrachtet ist die experimentelle Hirnforschung noch nicht sehr weit über die ersten Anfänge hinaus entwickelt und unser Wissen lückenhaft. Immerhin konnten verschiedene konkrete Beobachtungen als tragfähige Stützen konstruktiv verwertet werden. Wenn sich vielleicht der eine oder andere Psychiater gemäß einer anders orientierten Denkweise fragt, wie ein Physiologe überhaupt dazu kommt, Aussagen zu machen, die in sein Gebiet hineingreifen, wäre darauf zu antworten, daß das Gehirn in seiner Entwicklung wie in seiner Organisation ein Körperorgan darstellt und somit die Beschäftigung mit seinen Funktionen tatsächlich *in den Aufgabenkreis des Physiologen* gehört.

Dieser Einstellung entsprechend ist der Autor schon früh an das hier behandelte Thema herangetreten und hat es fortgesetzt im Auge behalten^{17,18,20}. Manche wertvolle Einsicht wurde dem Verfasser in Kolloquien mit Vertretern verschiedener Disziplinen, welche an der Hirnforschung interessiert sind, und durch Aussprachen mit Psychiatern und Neurologen wie M. BLEULER und dem Arbeitskreis von R. JUNG vermittelt. Der vorgelegte Versuch soll weitere Bestrebungen zu einem Brückenschlag zwischen cerebraler Organisation und psychischen Manifestationen rechtfertigen.

Zusammenfassung

1. An konkreten Beispielen werden physiologische Konzeption von Kausalzusammenhängen unter Bezugnahme auf eine frühere Behandlung dieses Themas und auf die Bedingtheit ihrer psychologischen Erfassung dargelegt. Dabei handelt es sich um eine Konfrontation cerebraler Funktionsabläufe mit konform organisierten Bewußtseinsinhalten.

2. Es werden psychophysiologische Befunde besprochen, welche die Voraussetzung kausalen Begreifens darstellen: Eine Folge ähnlicher sinnlicher Wahrnehmungen wird kombiniert und mit bestimmten Ausschnitten aus früheren Erfahrungen in Zusammenhang gebracht. Dies geschieht durch gleichgeordnete exzentrische Projektion cerebraler Prozesse.

3. Die Funktion heterotroper und hetermodaler Konvergenz afferenter Erregungen im ZNS ist eine neuronale Vorbereitung der Fusion simultan oder mit kurzen Zeitintervallen einlaufender Impulse. Die Konsequenz ist eine automatisch sich vollziehende Integration zu Mustern.

4. Solche gestaltenden Integrationen können nach kybernetischen Prinzipien als neuronale Modellbildungen und Funktionsschemen aufgefaßt werden.

5. Im gleichen Sinne wird der Bedeutungscharakter vielfacher Wiederholungen ähnlicher Informationen durch eine Invarianzbildung in der Wahrnehmung erreicht. Die funktionelle Organisation des lebendigen

Gehirnes ermöglicht eine Ordnung der Wahrnehmungen mit einer Verknüpfung des Folgezusammenhangs.

6. Nach einer sehr großen Zahl widerspruchsfreier Wiederholungen entsteht in dem mit Bewußtsein begabten Subjekt das „Gefühl“ eines gesicherten Kausalzusammenhangs.

7. Neben der morphologischen Organisation cerebraler Systeme spielen physiologische und chemische Eigenschaften der Bauelemente eine maßgebende Rolle für die Entstehung kausaler Verknüpfungen.

8. Zu weitgehende Abweichungen von optimalen Mittelwerten der Information manifestieren sich als Funktionsstörungen. Da eine gesetzmäßige Korrelation zwischen Erregungsmustern und Inhalt psychischer Manifestationen besteht, muß eine abnorm breite Streuung der physiologischen Eigenschaften zu Störungen geistiger Tätigkeit führen, unter Umständen begleitet von motorischen Fehlleistungen.

9. Durch ähnliche Veränderungen kann auch die Wirkung psychotroper Substanzen erklärt werden, indem durch Verbindung mit molekularen Konstituenten der Neurone aberrierende Eigenschaften resultieren bzw. Symptome spontaner Fehlfunktion relativ normalisiert werden.

10. Diese Überlegungen verweisen auf eine vielversprechende Aufgabe der Hirnforschung, die skizzierten Störungsmöglichkeiten experimentell zu überprüfen. Dies geschieht praktisch sowohl durch Einsatz psychisch wirksamer Pharmaka als Forschungsinstrumente wie auch im Rahmen therapeutischer Maßnahmen.

11. Als Schlußfolgerung ergibt sich eine biologisch konzipierte Psychologie und zugleich eine Eingliederung der Psychiatrie in die auf naturwissenschaftlicher Basis entwickelte Gesamtmedizin.

Wie in den andern naturwissenschaftlichen Disziplinen ist unsere Erkenntnis immer nur relativ, nämlich auf Beziehungen beschränkt. Die durch unsere Sinnessysteme vermittelten Informationen lassen keinen Einblick in Absolutes zu. Dies bleibt uns verschlossen wie auch das Verständnis für das Wesen des Bewußtseins. Zudem stehen uns keine Kriterien zur Verfügung, welche die Übersetzung eines nervösen Musters in gleichgeordnete Bewußtseinsinhalte kausal verstehen lassen. Maßgeblich ist die Erfahrung.

Die vorliegende Arbeit ist durch den Schweizerischen Nationalfonds unterstützt worden, wofür der Autor an dieser Stelle seinen Dank ausspricht.

Literatur

- ¹ ANAND, B. K., and J. R. BROBECK: Hypothalamic control of food intake in rats and cats. *Yale J. Biol. Med.* **24**, 123 (1961).
- ² ANDERSSON, B.: On fever, hunger and thirst. *Commentarii, Pont. Acad. Scient.* **1**, N. 20, 1 (1962).
- ³ —, and S. M. McCANN: A further study of polydipsia evoked by hypothalamic stimulation in the goat. *Acta physiol. scand.* **33**, 333 (1955).

- ⁴ BAUMGARTNER, G.: Die Reaktionen der Neurone des zentralen visuellen Systems der Katze im simultanen Helligkeitskontrast. In (R. JUNG u. H. KORN-HUBER, Hrsg.): *Neurophysiologie und Psychophysik des visuellen Systems*, (Symposion Freiburg/Br. 1960) S. 296—313. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1961.
- ⁵ — A. SCHULZ u. J. L. BROWN: Unterschiedliche Reaktionen auf bewegte Reizmuster bei corticalen und Genuiculatumneuronen. *Pflügers Arch. ges. Physiol.* **278**, 69 (1963) (Ber. über die 28. Tagg. d. deutschen physiologischen Gesellschaft, Köln).
- ⁶ BENJAMIN, R. M., and K. AKERT: Cortical and thalamic areas involved in taste discrimination in the albino rat. *J. comp. Neurol.* **111**, 231 (1959).
- ⁷ BERITASHVILI (BERITOV), I.: Les bases structurales et physiologiques de l'activité psychique. *Neuropsychologia* (Berl.) **1**, 109 (1963).
- ⁸ BRÜGGER, M.: Freßtrieb als hypothalamisches Symptom. *Helv. physiol. pharmacol. Acta* **1**, 183 (1943).
- ⁹ COHEN, M. J., S. LANDGREN, L. STRÖM, and Y. ZOTTERMAN: Cortical reception of touch and taste in the cat. A study of single cortical cells. *Acta physiol. scand.* **40**, Suppl. **135** (1957).
- ¹⁰ ECCLES, J. C.: Researches on the central nervous system. *Pontificia, Acad. Scient.; Commentarii*, **1**, N. 18, 1 (1963).
- ¹¹ FERNANDEZ DE MOLINA, A., and R. W. HUNSPERGER: Central representation of affective reactions in forebrain and brain stem: Electrical stimulation of amygdala, stria terminalis, and adjacent structures. *J. Physiol. (Lond.)* **145**, 251 (1959).
- ¹² — — Organization of the subcortical system governing defence and flight reactions in the cat. *J. Physiol. (Lond.)* **160**, 200 (1962).
- ¹³ GEMELLI, A., e G. PASTORI: I metodi dell' elettroacustica nello studio del linguaggio. *Contributi del laboratorio de Psicologia. Università Cattolica del Sacro Cuore. Serie Sesta* **8**, 105 (1935).
- ¹⁴ — G. G. SACERDOTE e G. BELLUSSI: Analisi elettroacustica della voce cantata. *Contributi del Laboratorio di Psicologia. Università Cattolica del S. Cuore. Nuova Serie* **48**, 20 (1955).
- ¹⁵ HENSEL, H.: Sinneswahrnehmung und Naturwissenschaft. *Studium Gen.* **1962**, 747.
- ¹⁶ — Abbildung der Sinnesqualitäten in den Signalen somatosensibler Nervenfasern. *Acta Leopoldina* (im Druck) (1964).
- ¹⁷ HESS, W. R.: Über die Wechselbeziehungen zwischen psychischen und vegetativen Funktionen. *Schweiz. Arch. Neurol. Psychiat.* **15**, 260 (1924); **16**, 36, 285 (1925).
- ¹⁸ — Die funktionelle Organisation des vegetativen Nervensystems. Basel: Schwabe 1948.
- ¹⁹ — Das Zwischenhirn, Syndrome, Lokalisationen, Funktionen. II. erweiterte Aufl. Basel: Schwabe 1954.
- ²⁰ — Psychologie in biologischer Sicht. Stuttgart: G. Thieme 1962.
- ²¹ — Etude des corrélations entre l'activité psychique et le cerveau. *J. Psychol. norm. path.* No **4**, 369 (1962).
- ²² — Prinzipien cerebraler Organisation. *Experientia* (Basel) **19**, 511 (1963).
- ^{22a} — „Kausalität“ als psychologischer Begriff. *Schweiz. Arch. Neurol. Psychiat.* **91**, 59 (1962).
- ^{22b} — Gehirn und psychische Begabung. *Bull. Schweiz. Akad. med. Wiss.* (im Druck) (1964).
- ²³ —, u. M. BRÜGGER: Das subcorticale Zentrum der affectiven Abwehrreaktion. *Helv. physiol. pharmacol. Acta* **1**, 33 (1943).

- ²⁴ HUBEL, D. H., and T. N. WIESEL: Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. *J. Physiol. (Lond.)* **160**, 106—154 (1962).
- ²⁵ HUNSPERGER, R. W.: Neurophysiologische Grundlagen des affektiven Verhaltens. *Bull. Schweiz. Akad. med. Wiss.* (im Druck) (1964).
- ²⁶ JUNG, R.: Korrelationen von Neuronentätigkeit und Sehen. *Neurophysiologie und Psychophysik des visuellen Systems. Sympos. Freiburg/Br.* 1960, S. 411. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1961.
- ²⁷ — Neurophysiologie und Psychiatrie. In (H. W. GRUHLE, R. JUNG, W. MAYER-GROSS u. M. MÜLLER, Hrsg.): *Psychiatrie der Gegenwart. Forschung und Praxis*, Bd. I, Grundlagenforschung zur Psychiatrie, Teil 1 A. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1964.
- ²⁸ KORNHUBER, H. H.: Optisch-vestibuläre und somatisch-vestibuläre Integration an Neuronen der Großhirnrinde: Ein Beitrag zur multimodalen Koordination der Sinnesafferenzen. Freiburg, Habilitationsschrift 1962.
- ²⁹ —, and J. S. DA FONSECA: Convergence of vestibular, visual and auditory afferents at single neurons of the cat's cortex. 5. Intern. Congr. of Electroenceph. and Clin. Neurophysiol. *Excerpta Medica* No. 37, Rome 1961.
- ³⁰ PENFIELD, W.: Studies of the cerebral cortex of Man. A review and an interpretation. *Brain Mechanisms and Consciousness*, p. 284. Oxford: Blackwell 1954.

Prof. Dr. W. R. HESS,
Goldauerstr. 25, Zürich 6/Schweiz