Neurologisches Institut der Universität Wien
Institut für Hirnforschung der Österr. Akademie der Wissenschaften

Das Bild des Menschen in der Sicht der Hirnforschung

Von Franz Seitelberger

Die Erkenntnis der führenden Bedeutung des Gehirns für die menschliche Existenz ist sehr alt. Man kann ihre Spuren bis ins geschichtliche Dunkel der Vorzeit des Menschen verfolgen. Klaren Ausdruck verlieh ihr aber zuerst der griechische Denker Alkmaion von Kroton vor etwa 2500 Jahren, als er sagte: 'Εν τῷ ἐγκεφάλῳ τὸ ἡγεμονικόν Zu deutsch: Im Gehirn liegt die Führung.

Unter den Wissenschaften aber ist die Hirnforschung vergleichsweise sehr jung und löste sich erst im ausgehenden 18. Jahrhundert aus mythischen und spekulativen Banden zur freien Betrachtung; als eigene Disziplin ist sie knappe 100 Jahre alt. Die Gründe für dieses späte Einsetzen rationaler Beschäftigung mit dem Organ Gehirn liegen einerseits in der unreflektierten Scheu, sich *dem* Organ neugierig zu nähern, das als Sitz der Menschenseele zu halten ist, eine Scheu, die uns auch heute noch behaftet, die wir aber nunmehr triftig motivieren können. Andererseits ist dieses Gehirn als lebendiger Körperteil von solch einem feingegliederten und verschränkten Bau und besitzt eine derart komplizierte Arbeitsweise, daß die Werkzeuge der Lebenswissenschaften bis vor kurzem nicht hinreichten, um Licht in das Dickicht von Problemen zu werfen, das jeden Schritt des Forschers allzubald in Fesseln legt. Daher kommt es, daß auch den Werken der großen Hirnforscher bis in die Gegenwart herauf ein eigenartiges Pathos anhaftet, das aus der Spannung zwischen dem stolzen Bewußtsein der mühsam erreichten Erkenntnis und der beklemmenden Einsicht der überwältigenden Größe und Bedeutung der Aufgabe, das Gehirn des Menschen zu ergründen, herkommt. Dieser anthropologische Horizont der Hirnforschung ist es, der in den Schriften Meynert's hier in Wien einen geradezu enthusiastischen Ausdruck fand, der auch wieder in Wien 50 Jahre später bei Economo in dem betroffenen Ernst zu spüren ist, mit dem er die Frage der biologischen Weiterentwicklung des Menschengehirns untersuchte. Wir selbst konnten es noch erleben, wie der inzwischen

verstorbene deutsche Hirnforscher Spatz mit den ethischen Implikationen der von ihm erkannten Evolutionszeichen gewisser Hirnanteile rang und optimistisch auf die noch ungenutzten Leistungspotenzen des Gehirns für eine würdige menschliche Zukunft bauen zu dürfen glaubte.

Heute erscheint das einstige Pathos und die alte Ehrfurcht vor dem Gehirn weithin erloschen. Zwar sind manche Ergebnisse der Hirnforschung allgemeines Wissensgut geworden, so daß der Mensch unter allen Lebewesen das höchstentwickelte Gehirn besitzt, und daß er den Leistungen des Gehirns seinen Aufstieg aus dem Tierreich und durch die Geschichte verdankt. Jedoch haben die revolutionierenden naturwissenschaftlichen Erkenntnisse der molekularbiologischen Vererbungs- und der Evolutionstheorie, der Neurophysiologie und der Verhaltensforschung zugleich die Sonderstellung des Menschen unter den Lebewesen, wie auch die Ausnahmenatur seiner Hirnleistungen in Frage gestellt. In der zeitgenössischen Populärliteratur statiert der Mensch gerne als das „Gehirntier". Ja, das Gehirn wird von manchen sogar nicht als Entwicklungshöhepunkt angesprochen, sondern eher als monströse Entartung, eine pathologische Hypertrophie, an der die Menschheit letztlich noch biologisch scheitern würde. Auf der anderen Seite dämmert die Erkenntnis, daß der Menschheit ein Ausweg aus den vitalen existenzbedrohenden Problemen, in die sie ihre selbstverschuldete Geschichte geführt hat, offenbar nur mittels ihres führenden Organs, des Gehirns, überhaupt möglich sein wird. So verstärkt sich aus verschiedenen Quellen das Empfinden für die Notwendigkeit, die menschliche Existenz, deren Gemeinsamkeiten mit der organischen und materiellen Umwelt nunmehr sicher festgestellt sind, in ihrer geahnten aber noch nicht begriffenen Eigengesetzlichkeit und Sondernatur wissenschaftlich zu ergründen. Das verstehen wir heute unter dem Titel der Anthropologie, insonderheit der biologischen Anthropologie. In diesem Bemühen um eine Selbstfeststellung des Menschen in der Welt kommt der Hirnforschung aber eine zentrale Rolle zu.

Was ist nun die Hirnforschung, die wir hier meinen? Sie ist mehr als nur die Versammlung und Verbindung der einschlägigen Wissenschaftszweige und Forschungsinteressen. Die Hirnforschung besitzt eine Eigenstruktur, die ihr vor den anderen biologischen Wissenschaften eine Sonderstellung einräumt. Diese beruht auf dem Umstand, daß das Organ Gehirn auch eine Funktionsqualität aufweist, die außerhalb der organbiologischen Kategorien liegt, d. h. metaorganischer Natur ist: das Seelische, und daß bestimmte Pro-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

dukte der Gehirntätigkeit eine weitere eigene Phänomenschicht bilden: das Geistige. Diese drei Schichten sind aber die Akzidenzien des einen Organs und in dessen aktueller Tätigkeit untrennbar gegenwärtig. Die Hirnforschung hat daher in erkenntnistheoretischer Hinsicht keinen einer einzelnen Seinsschicht zugehörigen Horizontalbereich, sondern sie besitzt a priori eine vertikale, mehrere Seinsschichten überspannende Dimension.

Wenn man daher die Hirnforschung eine interdisziplinäre Wissenschaft nennt, so ist damit nicht die Pluralität der Hirnforschungstechniken zu verstehen, sondern der wesentliche Umstand, daß sie in ihren Aussagen notwendigerweise die Grenzen des Organisch-Leiblichen und damit der naturwissenschaftlichen Biologie überschreitet und gleichzeitig korrespondierende Sachverhalte und Gesetzmäßigkeiten in mehreren Seinsbereichen relevant anspricht. Hirnforschung ist in dieser Hinsicht eine primär-integrierende Disziplin.

Im folgenden soll versucht werden, spezielle Befunde aus einzelnen Bereichen der Hirnforschung auf ihre Relevanz für die menschliche Seinsweise hin anzusehen und damit der Frage näherzutreten, wie es das Gehirn nun eigentlich macht, daß es im Rang des letztlich bestimmenden, des spezifisch menschlichen Organes steht.

Bei jedem biologischen Objekt ist es angebracht, zunächst seine *Entwicklung* zu betrachten, zumal sich die in der Phylogenese erworbene Ausformung gemäß dem biogenetischen Grundgesetz in der ontogenetischen Entwicklung des Organs im Embryo jedes Individuums mit den wesentlichen Phasen wiederholt. Die Massenvermehrung und der Differenzierungszuwachs des menschlichen Gehirns gegenüber dem Tierreich ist tatsächlich das auffälligste Merkmal seiner somatischen Sonderstellung. Diese sog. Cerebralisation drückt sich, wenn man 1 als Wert für das Gehirn der fossilen Säugetiere nimmt, im Faktor 64 des Menschen gegenüber dem von 16 der Menschenaffen aus. Die mächtigste Entfaltung gegenüber den nächsten Verwandten der Menschen im Tierreich, den Pongiden, erfuhr die Großhirnrinde, deren Zahl an Nervenzellen sich an der Schwelle der Menschwerdung zweimal sprunghaft verdoppelt haben dürfte. Die Menschwerdung des Gehirns ist aber kein bloßes Problem der Vermehrung der Nervenzellzahl und einer allgemeinen Massenzunahme, sondern vielmehr eines der deutlichen Spezialisierung. Der größte Anteil der insgesamt ca. 15 Milliarden Nervenzellen des Gehirns findet sich in der Großhirnrinde, die nicht nur die anderen Hirnanteile überwölbt, sondern auch für die mensch-

liche Leistungsstufe maßgebend ist. Die Großhirnrinde als solche ist keine Neuerwerbung des Menschen, sie erreicht aber bei ihm ihre größte Entfaltung mit neuen Funktionsbezirken und vermehrten Verbindungen zu den übrigen älteren, bisher vielfach autonomen Hirnanteilen, die nunmehr unter ihre Kontrolle kommen. Damit berühren wir ein Charakteristikum der Hirnstruktur überhaupt, das im Menschengehirn am konsequentesten durchgeführt erscheint: Das *Schichtenprinzip* des Hirnbaus nämlich, demgemäß die verschiedenen nervösen Systeme, z. B. das für den Bewegungsapparat, in mehreren Stationen vom Rückenmark bis zum Großhirn angeordnet sind, wobei jede höhere Stufe gegenüber der tieferen einen Zuwachs an Funktionselementen und an Verbindungen zu anderen Hirnteilen aufweist. Der garantierte Eigenbereich jeder Einzelstufe erscheint damit in ein Gefüge steigender Differenziertheit einbezogen. Die höhere Instanz im Gehirn ist damit immer auch die mit der größeren strukturellen Aufgliederung.

Dieser Eindruck wird noch ungemein verstärkt, wenn wir uns aus der makroskopischen Dimension in die mikroskopische begeben und die Nervenzellverbindungen betrachten. Die Verästelung der Nervenzellfortsätze und die Zahl der Kontaktstellen zwischen den Fortsätzen erreichen im Menschengehirn ihr Maximum und deswegen liegen in der Hirnrinde die Nervenzelleiber weit voneinander, durch die unentflechtbaren Massen von Zellfortsätzen getrennt. Der sog. Grau-Zellenkoeffizient ist um 15% höher als beim Menschenaffen. Die Zahl der Verbindungsorte, der sog. Synapsen, einer einzelnen Nervenzelle mit anderen Nervenzellen kann sich bis auf mehrere 10.000 belaufen. Auf diesen Verbindungen beruht aber die Zusammenarbeit der Nervenzellen, die keine Summenleistung liefert, sondern eine ständig bewegte, wechselnd ausgebreitete und unvorstellbar vielgestaltige Folge von Tätigkeitsmustern, an denen immer viele Millionen von Nervenzellen beteiligt sind. Damit treffen wir auf eine weitere Besonderheit der Hirnorganisation, die man auch eine Paradoxie nennen könnte: Im Gehirn des Menschen ist einerseits eine *extreme Individualisierung des Grundbauelementes*, der Nervenzelle, verwirklicht und andererseits der *höchstvorstellbare Grad von Interkonnektivität* durch zahllose Einzelkontakte und systemhafte Verbindungen größerer und kleinerer Hirnabschnitte aller Bauschichten untereinander durchgeführt. Die *Individualisierung* manifestiert sich in den zahlreichen Nervenzellarten, die sich in Größe, Form und Fortsatzausstattung unterscheiden. Durch eine Vielfalt im Arrangement und in den Schaltmustern mit den

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

anderen Zellen innerhalb einer Gruppe und zwischen den einzelnen Gruppen entsprechend der jeweiligen regionalen Zytoarchitektonik kommt eine ungemeine Mannigfaltigkeit der nervösen Strukturen zustande. Sie betrifft aber ebenso auch die chemischen und die physiologischen Eigenschaften der Nervenzellen wie die Modalitäten ihres Zusammenlebens mit den anderen Bauteilen des Gehirns, den Gliazellen und den Blutgefäßen. Diese Individualitätenfülle und partikuläre Differenzierung läßt das Gehirn eher mit einem Strukturenmosaik als mit einem einheitlichen Organ vergleichbar erscheinen. Sie wird noch potenziert durch den wesentlichen Umstand, daß die Nervenzellindividuen an ihrer jeweiligen Stelle einmalig und unersetzbar sind. Die bei der Geburt vorhandene Ausstattung an Nervenzellen stellt ein nicht vermehrungsfähiges und unersetzliches Kapital dar, das im Lebensablauf einen täglichen Verlust erleidet, der in die Zehntausende geht. Man hat errechnet, daß von den 15 Milliarden Nervenzellen im gesunden hohen Alter einige 10 Millionen verlorengegangen sind und daß sich der Verlust von synaptischen Kontakten auf Hunderte Milliarden beläuft. — Was bedeutet das? Unsere Nervenzellen, die so alt sind wie wir selbst, tauschen die sonst obligate Fähigkeit zur Teilung und Erneuerung gegen die Fähigkeit ein, die Träger unserer individuellen Erlebnisspuren und damit Träger des Gedächtnis- und des Lernvermögens zu werden. Sie reproduzieren sich nicht mehr, sondern sie produzieren jene Stoffe, mittels denen unsere Erinnerung, das Dokument unserer persönlichen Geschichte, in einer noch ungeklärten materiellen bzw. strukturgebundenen Form bewahrt werden kann. Man hat in dieser Hinsicht vom Gehirn als von einer „Gedächtnisdrüse" gesprochen. Ich möchte eher sagen, daß in den Nervenzellen der biologische Ort ist, an dem Inhalte aus dem zeitlichen Ablauf unserer Existenz in materielle Strukturen übersetzt und dadurch für das aktuelle Leben des Individuums bedarfsweise verfügbar und wiederholt wirksam werden können. Den lebenslangen zahlenmäßigen Schwund dieser Informationsspeicher, der Nervenzellen, unwirksam zu machen, darf wohl als der biologische Sinn der offenbaren Überzahl von Nervenzellen angenommen werden, die uns bei der Geburt zur Verfügung steht. Sie bedeutet außer der Sicherung der lebensnotwendigen Hirnfunktionen die Möglichkeit der Bewahrung unseres persönlichen Erlebnis- und Erfahrungsschatzes, versehen mit dem Stempel des Eigenerwerbs, und damit der Bewahrung der erlebten Identität unseres Selbst. Pointiert könnte man sagen, die Nervenzelle tauscht ihre potentielle Zell-Unsterblichkeit gegen ihre reale Geschichtlichkeit ein, sie bezahlt

mit ihrem endlichen Tod für die unendliche Fülle bewahrter Inhalte ihrer befristeten Individualexistenz.

Hier liegt aber noch ein weiterer besonders humaner Umstand vor. Der gewaltige Nervenzellbestand ermöglicht es dem Menschen überhaupt erst, eine echte *Altersperiode* im Lebenszyklus zu etablieren, die somit eine spezifisch menschliche Erwerbung darstellt. Das Alter als Lebensphase existiert auch bei seinen nächsten Artverwandten nicht. Der Lebenszyklus der Menschen wird gegen über den Primaten in zweifacher Weise erweitert: Einmal in der Frühentwicklung durch den Gewinn der spezifisch menschlichen Phase der extrauterinen Fetalzeit; sie hängt mit der durch das ungemeine Hirnwachstum bedingten Begrenzung der Schwangerschaftsdauer zusammen. Zweitens in der Spätentwicklung durch den Erwerb der Altersphase. Die Bedeutung des Alters für die menschliche Gemeinschaft und Kultur ist darin zu suchen, daß es einen direkten Kontakt zwischen 3 Generationen ermöglicht, der einer jeden Altersstufe (Kind, Erwachsenem und Greis) den Blick über den gesamten Lebenszyklus gewährt und die Tradition des Kulturgutes in Form von Erfahrung, Wissen und Urteilsverhalten in besonderer Weise zugleich fördert, wie auch durch Rückkoppelung des Anpassungserfolges bewertend kontrolliert.

Wenn wir diese eben aufgezeigten Individualisierungstendenzen im Gehirn in finalen Betracht ziehen, können wir sagen, daß das Gehirn vermöge seiner biologischen Merkmale recht eigentlich zum Organ der *menschlichen Personalität und Geschichtlichkeit wie der Sozialität* prädestiniert erscheint.

Zu diesen durch die Individualisierung der Gehirnstruktur bedingten Momenten setzt aber das Faktum der *immensen Interkonnektivität* und der Rang der *Kommunikationssysteme* im Gehirnbau den dialektischen Kontrapunkt. Dazu einige Feststellungen: Obwohl jede einzelne Nervenzelle, wie dargelegt, ein veritables Individuum repräsentiert, unvergleichbar mit den beliebig austauschbaren Bauelementen anderer Körperorgane, etwa mit Leberzellen, so bedeutet sie im Ensemble des Gehirnorgans dennoch nur eines von 15 Milliarden Elementen von prinzipiell gleichem Grundverhalten, also einen einzelnen von zahllosen gleichrangigen Organbausteinen. Ihre physiologischen Eigenheiten kennzeichnen sie als Generator, Schaltelement oder Informationsspeicher. Wir wiesen schon darauf hin, welch zahllose Verbindungen zwischen diesen Elementen und ihren Gruppierungen durch die Gehirnbauschichten hindurch ausgebildet sind, um ein höchstkomplexes System neuronaler Netzwerke zu formieren. Man darf in der Hinsicht auf dieses Bauprinzip das Gehirn mit einem Kollektiv varia-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

bel integrierter elektronischer Schaltungen vergleichen, deren Schaltplan aber von unvorstellbarer und unauflösbarer Komplexität ist. Man hat geschätzt, daß die exakte Darstellung und Beschreibung der zwischen den Großhirnneuronen bestehenden funktionellen Verknüpfungen, deren Zahl man unter durchaus vernünftigen Annahmen auf 50.000 Milliarden schätzt, einen Zeitaufwand von mindestens 10 Mill. Jahren erfordern würde, daß sie also buchstäblich nicht zu leisten wäre. Es muß unserem Vorstellungsvermögen auch unglaublich erscheinen, daß dieser gigantische Computer Gehirn eine einheitliche und zielgerechte Gesamtleistung hervorbringt. Um die Leistungsweise dieser biologischen Maschine begreifen zu erlernen, ist es der Hirnforschung nur möglich, isolierend vorzugehen und im Tierexperiment an sehr einfach gebauten nervösen Strukturen, als welche sich in letzter Zeit auch sog. „Minigehirne" aus Nervenzellkulturen anbieten, die elementaren Baugesetze und Schaltweisen im kontrollierten Funktionsablauf zu analysieren und daraus abgeleitete Modelle beim Studium komplizierterer Strukturen als Konstruktionsteile in Anwendung zu bringen. Auf diese Weise sind gerade in der letzten Zeit auch von der Wiener Hirnforschung grundlegende Bezüge aufgedeckt und exakt dargelegt worden.

Bei dieser Arbeit zur Aufklärung der Funktionsstruktur des Gehirnbaus bzw. genauer der vielen verschiedenen Hirngewebsarten kann die exakte Darstellung der Wirkungszusammenhänge in den gewonnenen Modellen dank der neuen mathematischen Werkzeuge der Netzwerktheorie und der Kybernetik für manche nervöse Strukturen einfacherer Bauart bereits geleistet werden. Zumeist ist es dann auch möglich, ein entsprechendes *technisches Modell zu bauen* und damit einzelne einfache Gehirnleistungen zu simulieren, wie es von den intelligenten, zweckmäßig reagierenden und sogar lernenden Automaten her bekannt ist.

Wir dürfen jedoch nicht annehmen, mit der isolierend-analytischen Methode die Gesamthirnfunktion jemals komplett begreifen und beschreiben zu können. Die Begrenzung, die durch die Zahl der Elemente und den Komplexitätsgrad ihrer Verbindungen gesetzt ist, erscheint unüberwindlich. Es ist jedoch denkbar, daß mittels neu zu schaffender, heute noch nicht existierender mathematisch-logischer Kalküle für hochkomplexe Systeme in Zukunft auch höhere Verknüpfungsebenen, als man sie derzeit beherrscht, berechnet werden können. Die Grenze der rationalen Durchdringung der intimen Gehirntätigkeiten wird dadurch zwar weiter vorgeschoben werden können, ihre volle Kenntnis erscheint uns aber wohl für immer verwehrt zu sein.

Das bedeutet jedoch keine Resignation, sondern hat den Charakter einer objektiven Ansprache des Unerforschlichen, zumindest in unserer jetzigen Abschätzung wissenschaftlicher Möglichkeiten.

Was ist das nun für eine Funktion, die auf dieser maschinenähnlichen Ebene der strukturellen Organisation vom Gehirn geleistet wird? Diese eigentliche Funktion des Gehirns hat mit seinem organischen, histologisch und biochemisch definierten und energetisch beschreibbaren Verhalten nichts mehr zu tun. Die organische Hirnsubstanz ist hier nur der Träger von anderen, an sich energiefreien Prozessen, die jener Grundkategorie zugehören, die wir heute als *Information* bezeichnen und als einen fundamentalen Ordnungsfaktor unseres Weltverständnisses erkannt haben. Man muß daher an den Gehirnvorgängen die organisch-materiellen Vorgänge zur Erhaltung der Trägerelemente und zur Bereitstellung der Energie für die Informationsübertragung von den *transmateriellen Vorgängen* der technisch-logischen Verarbeitung von Informationsmengen prinzipiell streng unterscheiden. Das Gehirn stellt zusammen mit dem Rückenmark, dem peripheren Nervensystem, den Sinnesorganen und den nervös gesteuerten Erfolgsorganen ein Information-verarbeitendes System dar, das sich bei allen Lebewesen des gleichen Informationskodes für die Erregungsübertragung von einem zum nächsten Element bedient, nämlich der Impulsfrequenzmodulation der Primitivsignale des sog. Aktionspotentials. Auch das Menschengehirn macht keine Ausnahme, es buchstabiert seine Informationen in der gleichen Weise.

Der *Bedeutungsgehalt* des Informationsflusses nun ist eine Funktion der raumzeitlichen Ordnung und der geregelten Abfolge der Impulsmuster. Der Nachrichteninhalt ist also von der materiellen Natur des verarbeitenden Apparates prinzipiell unabhängig. Er ist, wie wir in der Analogie zur maschinellen Datenverarbeitung sagen, durch die *Programmierung der Verknüpfungsregeln* der Signale *und ihrer Muster* in Korrespondenz mit dem Nachrichtenempfänger bestimmt. Vergleichsweise können die Tasten einer Schreibmaschine für die Abfassung von Briefen in verschiedenen Sprachen und beliebigen Inhalts betätigt werden. Die Leistungsfähigkeit eines derartigen Gerätes hängt somit wesentlich von den Programmen ab, nach denen die Informationen verarbeitet werden. Mit dieser Feststellung sind aber die Analogien zwischen dem Gehirn und der maschinellen Datenverarbeitung nach Art unserer heutigen Computer auch schon erschöpft; denn weder sind die Elementarfunktionen der Bausteine (Transistoren bzw. Nerven-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

zellen) miteinander vergleichbar und noch viel weniger die Programme, u. zw. nicht nur wegen ihrer im Gehirn ungleich höheren Komplexität als vielmehr auch wegen ihrer verschiedenen schaltlogischen Struktur, die es u. a. ermöglicht, daß Entscheidungsprozesse im Gehirn nicht seriell, sondern zur gleichen Zeit durch zahlreiche Elemente parallel vorgenommen werden. Der Spezialcomputer Gehirn ist also nicht nur unvergleichlich komplizierter als jede technisch denkbare Rechenmaschine, er arbeitet auch nach anderen, uns heute noch unbekannten Prinzipien. Die Möglichkeit der technischen Simulation gewisser Hirnleistungen sagt eigentlich nur aus, daß das Gehirn natürlich auch über die einfachen logischen Fähigkeiten verfügt. Sie erklärt nichts vom spezifischen Wesen der Hirntätigkeit. Wir müssen festhalten, daß derartige Programme, deren Gesetzen der Funktionsablauf folgt, allen unseren Gehirnleistungen zugrunde liegen, so z. B. der Sinneswahrnehmung mit Objekterkenntnis, die in dieser Hinsicht bisher am weitesten erforscht wurde, ferner den Bewegungen in kommunikativer Reaktion auf die Umweltsituation, wie unserem Verhalten überhaupt. Das System der Programme repräsentiert eine *Funktionsebene der Gehirnarbeit*, in der nur die einprogrammierten Gesetze unabhängig vom Verknüpfungsplan der Bauelemente Geltung besitzen. Der materielle Bau- und Schaltplan ermöglicht zwar die Durchführung der Programme, er bestimmt aber nicht ihre Funktionsprodukte. Das hat besondere Geltung für die sog. höheren und eigentlich menschlichen Hirnleistungen, die Sprache, das begriffliche Denken und freie Wollen, die mit einem enormen Lernvermögen und einer hohen Gedächtniskapazität verbunden und in die *Bewußtseinsfunktion* eingebettet sind. In ihnen ist im Gehirn des Menschen offensichtlich eine bisher höchste Leistungsebene erreicht, deren Elemente auch bei seinen nächsten tierischen Verwandten nur keimhaft angedeutet nachweisbar sind.

Die wissenschaftliche Bearbeitung des Bewußtseinsphänomens durch die *neuropsychologische Hirnforschung* kann nach dem Gesagten nur eine operationale sein; d. h. es wird nicht gefragt: „Was ist das Bewußtsein?“, weil es das als ein Realobjekt gar nicht gibt. Vielmehr werden die Prozesse und Bedingungen analysiert, die in jenen Erscheinungskomplex eingehen, den der Begriff Bewußtsein meint.

Ohne auf das Problem der psychophysischen Parallelität eingehen zu wollen sei hier betont:

Das *psychische Erleben* als subjektives Korrelat der Bewußtseinsvorgänge manifestiert sich als eigengesetzliche Phänomenkategorie. Bewußtsein ist aber nicht etwas, das zum Lebewesen

hinzukommt und von außen in das organische Sein eintritt, sondern es erscheint auf einer bestimmten Entwicklungsstufe des Gehirns zunächst als ein dumpfes Sich-Gewahr-Werden und wird im Menschen mit höchster Selbstgewißheit erlebt. Es bedeutet eine Erweiterung des organischen Wesens nach innen, eine Selbsterhellung des zielstrebigen personalen Gebarens, das schon dem Verhalten der einfachsten Lebewesen innewohnt, um beim Menschen im reflektierenden Selbstbewußtsein und im Erleben der persönlichen Willensfreiheit zu gipfeln.

Wir haben mit dem letzten Teil unserer Ausführungen darzulegen versucht, wie die im Menschengehirn verwirklichte *Interkonnektivität* mittels der noch undurchschaubaren dichten Verschaltung der zahllosen, *höchst individuell gestalteten Bauelemente* eine *Gesamtleistungspotenz* hervorbringt, die in der Natur nicht ihresgleichen besitzt. Sie umfaßt drei verschiedene, einander überbauende Funktionsschichten: zuunterst die der organischen Gestalt des Gehirns, darüber die von dieser getragene Ebene des informationsverarbeitenden kybernetischen Systems und schließlich als dritte neue Schicht die des subjektiven psychischen Erlebens, die Schicht des Seelischen. Es ist das kühnste Ziel der Hirnforschung, einmal eine *Systemtheorie der Hirnleistungen* zu erstellen, die sich von den neurophysiologischen Elementarprozessen über die Informationsvorgänge und deren Kybernetik wie auch über den Eigenbereich des Psychischen spannt.

Aus dieser Leistungspotenz erfließt aber weiters eine völlig neue, dem Menschen allein eigene und nur ihm verfügbare *Leistungsproduktion* des Gehirns.

Wenn wir das eigentlich Menschliche dieser kreativen Hirnfunktionen umschreiben wollen, da wir außerstande sind es zu beschreiben, können wir etwa sagen: Auf der Funktionsebene des Menschengehirns ist es nicht nur möglich, konkrete Umweltsituationen zu erfassen und darauf aktuell zweckmäßig d. h. lebenserhaltend zu reagieren, wobei auch im Individualleben erlernte und von Artgenossen angelernte Erfahrungen Verwendung finden. Es ist darüberhinaus möglich, die wahrnehmbare Welt mittels Gehirnprozessen in Form von Modellen der Wirklichkeit abzubilden. Während die Tiere im Umfang mit ihren Wirklichkeitsschemata auf die gegebene Situation angewiesen sind, in aktueller Nötigung reagieren und unmittelbar durch den Aktionserfolg kontrolliert werden, kann das menschliche Gehirn seine Wirklichkeitsmodelle und Aktionsprogramme auch ohne Bezug auf die Realität vorstellen, vergleichen und verändern, um sie für spätere spontane Aktionen oder überhaupt für ein optimal angepaßtes

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Verhalten wie auch für Aktionsprojektionen in die Zukunft zu nutzen. Diese in Programmen der Gehirntätigkeit repräsentierten Modelle stellen Abstraktionen der realen Welt und der individuellen Erfahrungen dar, die zugleich einer symbolhaften und mitteilungsfähigen Darstellung zugänglich werden: Begriffsbildung und Spracherwerb verbinden sich eng miteinander und ermöglichen die soziale Weitergabe der Welterfahrung und die gemeinsame Arbeit der menschlichen Gesellschaft an der Berichtigung und Erweiterung der Weltmodelle, die damit zu den bestimmenden Anpassungswerkzeugen des Menschengeschlechtes und zu den Voraussetzungen der menschlichen Kultur werden. Der Erfahrungsschatz der gesamten Menschheit wird in solche Strukturen gegossen und gewinnt dadurch Objektqualität und den Realitätsgrad der Welt des Geistes. Wesentlich ist, daß sich der Mensch durch diese Produkte seiner Hirnfunktion, die kausalanalytisch betrachtet in Form von Informationsflußprogrammen repräsentiert sind, eine neue Phänomenebene erschließt, eben die der symbolischen Formen, der Begriffs- und Sprachwelt, die für ihn nunmehr als andere Realität neben die dinglich-materielle Objektwelt tritt, eine Metaebene, in der er auch über Begriffe, über Sprache und Wirklichkeitsstrukturen denken kann, ein Rückkoppelungsbereich also, in dem er seinen eigenen Gehirnprodukten gegenübertritt. Diese Spiegelung, in der sich der Mensch in der Welt erblickt, ereignet sich im Medium des *Selbstbewußtseins* und ist im Erleben der Willensfreiheit zentriert. Die Willensfreiheit ist, wie schon angedeutet, keine Funktion der Elementarbausteine, sondern eine Sache der Programmierung, quasi ein einprogrammiertes Funktionsprinzip des Gehirns. Willensfreiheit bedeutet, daß das menschliche Denken inhaltlich nicht an die Kausalgesetze gebunden ist, daß es aber das Verhalten lenken kann. Darin liegt kein Widerspruch zur Tatsache, daß die Bausteine des programmierten Systems, also die nervösen Gehirnstrukturen, als Naturgegenstände restlos kausal determiniert sind. Mit der Möglichkeit zum bewußten, abwägenden Handeln auch gegen den aktuellen Situationsdruck, also mit dem willensfreien Handeln, verfügt der Mensch über die für seine Stellung in der Natur entscheidende Kraft: sie rückt ihn aus der Einbettung in die Umwelt in seine Exzentrizität gegenüber der Welt und macht ihn wahrhaft zum „ersten Freigelassenen der Natur", als den ihn schon HERDER erkannt hatte.

In dem Boden dieser dem Menschen eigenen Verfügbarkeit wurzelt einerseits die Setzung humaner Wertstrukturen und ethisch-sozialer Normen, andererseits auch das Bedürfnis, der Vorstellung eines vollendeten, harmonischen Ganzen der Welt

im künstlerischen Schaffen Ausdruck zu verleihen, sowie das Streben des religiösen Menschen, in bewußt getragener Verantwortung an der endlichen Verwirklichung des gläubig bekannten Schöpfungszieles mitzuwirken. Die Hirnleistungen der höchsten Ebene bezwecken somit, wenn man so sagen darf, offensichtlich nicht allein die Sicherung des Individuums, sondern in viel höherem Maße das beste Gedeihen der menschlichen Gesellschaft: Das Gehirn als Organ der Personalität ist damit zugleich Garant und Werkzeug der Sozietät und ihres gemeinsamen Kulturbesitzes.

Die Betrachtung einiger Aspekte der Hirnforschung, nämlich der Entwicklung des Gehirnorgans, sowie der Grundprinzipien seines Baus und der sich daraus ableitenden Funktionen, also die rein neurobiologische Betrachtung des menschlichen Gehirns führt somit bis an die erlaubte Grenze naturwissenschaftlicher Aussagen heran. Man kann erkennen, daß Gehirn und Körper eines jeden Lebewesens eine Einheit bilden, die beim Gehirnwesen Mensch einen neuen Schwerpunkt fand; und weiters, daß Gehirn und Verhalten, subjektives Seelenleben und überpersonaler Geist eine unzerlegbare Ganzheit sind und nicht eine Zusammensetzung getrennter Wesenheiten. Es sind die Tätigkeiten des einen ganzen Gehirns, die jene verschiedenen Seinskategorien realisieren, deren Integration und Lokalisation im Gehirn das offenbare Geheimnis der menschlichen Existenz ausmacht. Die heutige Hirnforschung ist damit befaßt, in der Analyse der Funktionsprozesse des Gehirns nicht nur die kategoriale Struktur der Welt zu entziffern, sondern auch die Bedingung der Freiheit und Verantwortlichkeit des Menschen in ihr zu begreifen. Es erscheint als der wichtigste anthropologische Aspekt der Hirnforschung, daß sie, die allein dazu berufen ist, nunmehr tatsächlich im Begriffe steht, die naturwissenschaftliche Definition des Menschenbildes zu erarbeiten. Das schien noch vor kurzem gar nicht greifbar, da das idealistische Menschenbild der Naturphilosophie wie ein naiv-phantastischer Wunschtraum zu entgleiten drohte, so daß V. von Weizsäcker resignierend feststellen mußte: „Wir erkennen jetzt, daß die naturwissenschaftlichen Daten alle richtig sind, d. h .in Berührung mit der Realität gewonnen sein können, und daß das naturwissenschaftliche Bild des Menschen doch falsch ist.“

Wenn wir heute vom Bild des Menschen reden, so meinen wir den im Gang befindlichen Prozeß der objektiven Selbstfeststellung des Menschen. Bei diesem Unternehmen wird nunmehr zum ersten Mal der Sachverhalt konsequent reflektiert, daß alles

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Menschliche in Gehirnvorgängen repräsentiert ist und daher prinzipiell auch von ihnen her ergründbar sein muß.

So gesehen konvergieren die vielfältigen Einzelbestrebungen der Hirnforschung auf ein neues Selbstverständnis des Menschen, auf die *Neuroanthropologie* als eine Transzendentalwissenschaft, als Schlüsselwerkzeug zur *naturwissenschaftlichen Interpretation des Menschen.* Die Größe und der Umfang dieser Aufgabe ist offenkundig; ihre Notwendigkeit und Dringlichkeit ergibt sich aus der allgemeinen Situation der Menschheit auf dieser Erde, die zu Entscheidungen drängt, die nur aus der vollsten Einsicht in das, was der Mensch ist und was er sein kann, vor allem aber auch in das, was er sein darf und sein soll, getroffen werden können. Für die nahe Zukunft scheint mir die Verantwortung der Hirnforschung darin zu bestehen, aus den Ergebnissen ihrer speziellen Untersuchungen Gesetzmäßigkeiten abzuleiten und festzustellen, die als allgemeine Grundlage einer verbindlichen Normenstruktur für Individuen und Gemeinschaften Geltung besitzen. Diese Aufgabe benötigt über die analytische Detailforschung hinaus vor allem Aussagen über die Gesamtleistung des Gehirns, die notwendig die Grenzen seiner einzelnen eigengesetzlichen Funktionsschichten übergreifen und somit neuartige Methoden zur Integration von Datenkomplexen disparater Herkunft erforderlich machen. In dieser Hinsicht erscheint die wissenschaftliche Hirnforschung auch mit dem Zuständigkeitsbereich der Naturphilosophie legitim verbunden. Für die zukünftige Gestaltung menschlichen Lebens auf der Erde könnte nicht zuletzt entscheidend sein, ob die Hirnforschung der ihr als dem Instrument der objektivierten Selbsterkenntnis gestellten Herausforderung gewachsen sein wird. Hirnforschung tut not!

In der Frühzeit der abendländischen Wissenschaft faßte Platon im Dialog Timaios die einzigartige Bedeutung des Gehirns in ein mythisches, vom stolzen Bewußtsein einer neuen Erkenntnis durchströmtes Bild: „Die runde Gestalt des Weltalls nachahmend schlossen die Götter die kosmischen Sphären in ein kugelförmiges Gebilde ein, nämlich in das Haupt des Menschen, welches nunmehr in uns der alles beherrschende Körperteil und unser göttlichster Besitz ist.“ Was Platon als ein durch göttliches Wirken besiegeltes Faktum fast feierlich mitteilt, ist im heutigen mythenlosen Zeitalter zu einer bewegenden Frage geworden. Die Hirnforschung ist damit befaßt, ein Gefüge aus Tatsachen zu errichten, an dem die von Platon ausgesagte Weltbeziehung des Menschengehirns nach ihrem Wahrheitsgrad und ihrer realen Form nüchtern geprüft und allgemein gültig bestimmt werden kann.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1973

Band/Volume: 181_SH

Autor(en)/Author(s): Seitelberger Franz

Artikel/Article: Das Bild des Menschen in der Sicht der Hirnforschung. 39-50