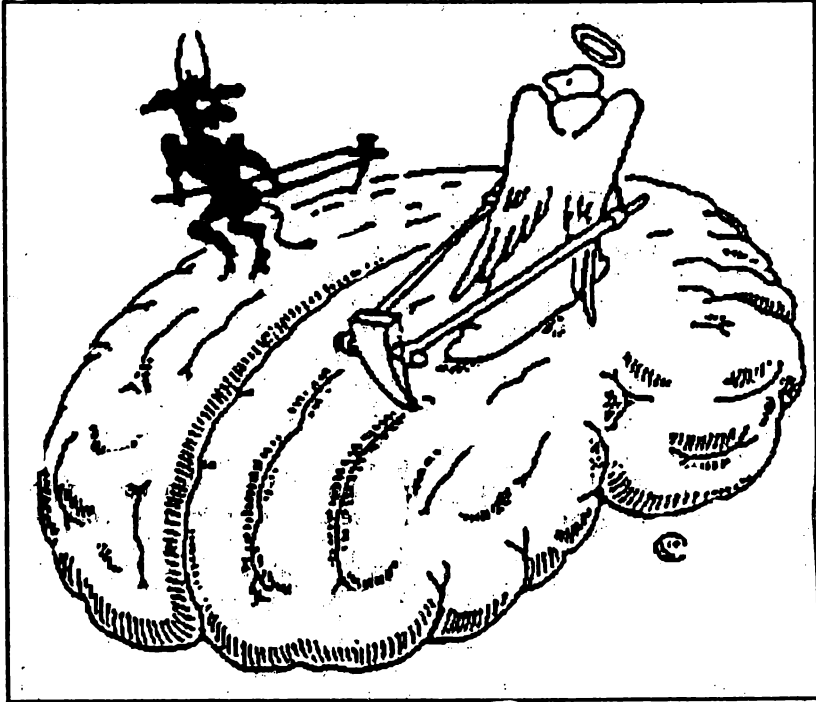


INTERNES INFORMATIONSORGAN DER ARBEITSGEMEINSCHAFT
EVOLUTION MENSCHLICHE ZUKUNFT UND SINNFRAGEN



Teufel und Engel ziehen Furchen im Hirn

(Aus: „Krokodil“)

PHILOSOPHISCHE ASPEKTE DER FREIHEIT

FRANZ SEITLBERGER

(2. Fortsetzung)

Die Funktionsstruktur der Großhirnrinde

Vor allem ist der Hirnforschung die Identifizierung einer Grundstruktur der Großhirnrinde, nämlich des *Moduls*, gelungen, den man mit einem integrierten Schaltelement einer Datenverarbeitungsanlage vergleichen kann. Der Modul ist ein zylindrisches Gebilde, das senkrecht zur Rindenoberfläche angeordnet ist und bei 2–3 mm Höhe einen Durchmesser von etwa $\frac{1}{2}$ mm hat. Der Modul enthält bis zu mehreren tausend Nervenzellen in einer bestimmten Verschaltungsordnung, die den Input regelhaft verteilt und den Signaldurchsatz zum Output hin ordnet. Die menschliche Großhirnrinde besteht aus etwa 4 Mio. solcher Module. Von Rindenfeld zu Rindenfeld variieren zwar Feingestalt und Fortsatzarchitektur der beteiligten Nervenzellen, sein Grundplan bleibt aber unverändert. Daraus ist zu schließen, daß die Arbeitsweise der Großhirnrinde an jeder Stelle prinzipiell die gleiche ist und durch die genannten feinen Unterschiede nur örtlich modifiziert wird.

Der für die lokalen Funktionen wesentliche Umstand besteht in der Verschiedenheit des Inputs, den die Module aus den tieferen Hirnanteilen und aus anderen Rindengebieten erhalten. Jeder Modul ist auch mit denen in seiner Umgebung sowie mit zahlreichen fernerer Modulen der gleichen und der kontralateralen Großhirnhemisphäre verbunden. Für die Leistungshöhe der menschlichen Großhirnrinde ist die Zahl der Module, somit ihre Größenausdehnung, die erhöhte Feindifferenzierung ihrer arealen Gliederung und das Maß der Interkonnektivität, d. h. die Dichte und Vollständigkeit ihrer Verbindungen, von entscheidender Bedeutung. Aus diesen Merkmalen der modularen Struktur der Großhirnrinde ist weiter zu entnehmen, daß in ihr nicht ein Mosaik von spezialisierten Funktionen angesiedelt ist, sondern daß es sich um eine Struktur handelt, die eine unglaublich breite und wirksame Verteilungsfunktion ermöglicht, indem nämlich der primäre Erregungszustand eines Moduls, also einer lokalen Nervenzellgruppe, in vielfacher Verzweigung an andere Gruppen weitergegeben wird, von denen er nach erfolgtem Arbeitsgang u. a. an die Primärgruppe selbst wieder zurückgespielt wird, um als Sekundärerregung neuerlich bearbeitet, weiterverteilt und in modifizierter Form wieder zurückgegeben zu werden usw.

Jede Information an die Großhirnrinde wird somit in gleichartiger Weise vielfältig, umfassend und repetitiv bearbeitet, wobei die im System bereits vorhandene Information in die Bearbeitung eingebracht werden kann. Dadurch, daß in die menschliche Großhirnrinde alle Informationen, auch die aus der Gefühls- und Triebshäre, einfließen, ist die umfassende Auswertung jeden Inputs und die weitestgehende Ausschöpfung seines Informationsgehaltes ge-

währleistet. Die Funktion der Großhirnrinde ist demnach als eine Eigenschaft der dynamischen Tätigkeit innerhalb des Systems gemäß den Verarbeitungsmustern der ablaufenden Information zu betrachten.

In der Gesamtinformationsmasse ist, wie schon angedeutet, die kontinuierliche Input-Information aus Körper und Umwelt von der strukturierten, im Gehirn selbst fixierten Information zu unterscheiden. Diese besteht aus der genetisch bedingten Information, die im Organbau repräsentiert ist, und der individuell erworbenen Information in Form der molekularen Erinnerungsspuren, auf denen auch das bewußte Gedächtnis beruht. Aus der modularen Organisation der Großhirnrinde wird auch die Plastizität der Gehirnfunktionen, d. h. die Fähigkeit, gestörte Regionen funktionell zu ersetzen, leichter verständlich: Manche Programme oder Programmteile sind nämlich nicht an bestimmte Strukturen gebunden, sondern können auf andere Modulgruppen übertragen werden. Die Tatsache aber, daß in der Großhirnrinde gewisse Funktionen – wie man sagt – »lokalisiert« werden können, was für die Medizin von größter Bedeutung ist, hat seine Ursache nicht in der funktionellen Spezifität der betreffenden Hirnteile, sondern in der lokal konzentrierten Organisation des Inputs oder Outputs.

Wir bezeichnen Hirnrindenregionen, in denen bestimmte Teile des Informationsflusses ein- oder austreten, als *modale Rindensfelder*, z. B. die Sehregion, die Hörregion oder die motorische Region. Wenn wir die Funktion eines solchen Modalfeldes genauer betrachten, z. B. des am besten untersuchten optischen Rindensfeldes, so bestätigt sich, was vorhin in allgemeiner Weise über die Großhirnfunktion gesagt worden ist. Nehmen wir die optische Wahrnehmung: Man könnte vermuten, daß das auf die Netzhaut projizierte Bild der Umwelt, ähnlich wie in einer Fernsehapparatur, in einzelne Elemente zerlegt und an einer anderen Stelle, eben im Gehirn, wieder zu einem vollen Bild synthetisiert wird. Von diesem Modell stimmt nur, daß das Umweltbild von der Netzhaut zerlegt wird, aber keineswegs so wie in einer Fernsehapparatur. Es erfolgt nämlich schon in der Peripherie, also in der Netzhaut, eine punktförmige Fraktionierung und eine Bildanalyse nach Kriterien, die wir heute erst unvollständig kennen, z. B. nach Helligkeitsdifferenzen unmittelbar benachbarter Gesichtsfeldorte. Im Großhirn werden die optischen Signale nach linearen Helligkeitsgrenzen, nach der Orientierung solcher Grenzen im Gesichtsfeld und ihrer Bewegung durch den Sehraum sowie in weiterer Folge nach komplexeren gestaltlichen Eigenschaften, also dem Vorhandensein von winkelligen Konturen und dergleichen sortiert. Mit allen diesen Analyseschritten ist die Information über die Herkunft aus einer bestimmten Stelle des Gesichtsfeldes, also ein Lokalzeichen, verbunden. Die neurophysiologische Forschung deckt so immer mehr und kompliziertere Kriterien auf, nach denen aus dem Wahrnehmungs-

material sogenannte »features«, formale Elemente, extrahiert werden, sie kann uns aber nicht zeigen, wie und wo das lichte, farbige und bewegte Bild von Gegenständen in Raum und Zeit zustandekommt, als das wir die Welt erleben. Dieses unser Weltbild ruht auch nicht auf einem einzigen Sinn, etwa dem Gesichtssinn, sondern auf einer Synthese der verschiedenen Sinneserfahrungen, auf einer *intermodalen Leistung*, die in den Rindengebieten, die sich zwischen den modalen Feldern ausspannen, gestaltet wird. Die Programmgefüge solcher Leistungen, wie sie einem Objekt der Umwelt entsprechen, das wir unter wechselnden Bedingungen von Stellung, Beleuchtung und Bewegung als solches erkennen, sind wie gesagt unseren exakten Forschungsmethoden keineswegs zugänglich. Weiter wird aus dieser Darstellung klar, daß die Objekte unserer Wahrnehmung, wie übrigens auch alle übrigen Phänomene unseres Bewußtseins, keine Abbilder, keine Kopien der physikalisch-energetischen Wirklichkeit der Umwelt sind, sondern vielmehr Produkte unserer Gehirntätigkeit. Die Art und Weise, in der das Gehirn mit der Input-Information in seiner genetischen, in der Evolution erworbenen Struktur verfährt, ist die formale Bedingung unserer Wahrnehmung, unseres Weltbildes, und des darauf beruhenden Verhaltens. Diese Bedingungen sind unabdingbar, sie kommen auch in unseren Traumerlebnissen und in den optischen Täuschungen zum Ausdruck sowie bei Gelegenheit von pathologischen Veränderungen der Gehirnleistungen. Wir leben also gewissermaßen »inmitten der Welt innerhalb des Gefängnisses unseres eigenen Gehirns«.

Wir haben bisher die modalen und intermodalen Funktionen der Großhirnrinde dargelegt. Bei der weiteren Untersuchung stoßen wir aber bald auf die Tatsache, daß es nicht nur eine Differenzierung der Leistungen innerhalb der Großhirnhemisphären gibt, sondern auch zwischen ihnen, d. h. eine Hemisphärenspezialisierung. Sie ist seit langem als Dominanz der linken Hemisphäre des Rechtshänders für den Gebrauch der Hand und für die Sprachfähigkeit bekannt. Untersuchungen der letzten Jahre, insbesondere an den sogenannten »split brains«, d. h. also an Gehirnen, denen die Verbindung zwischen den beiden Großhirnhemisphären mittels des Balkens durch einen Entwicklungsdefekt oder infolge von operativen Eingriffen mangelt, ermöglichten die Identifizierung der Eigenleistungen der linken und der rechten Großhirnhälfte. Das Ergebnis ist wieder, daß bestimmte Leistungskomplexe wie die Sprache nicht in einer der beiden Großhirnhälften als solche lokalisiert sind, sondern daß die beiden Hirnhälften eine Verarbeitung des gleichen Informationsmaterials in verschiedener Weise und verschiedenen Kriterien vornehmen.

Sehr vereinfacht und verallgemeinert ausgedrückt, kann man der linken Hemisphäre des Rechtshänders eine analytisch-logische und der rechten Hemisphäre eine synthetisch-perzeptive Funktion zusprechen. Das bedeutet, daß für die

abstrakte Begriffsbildung als Voraussetzung für die Symbolfunktion der Sprache besonders die linke Hemisphäre erforderlich ist, für die Erkennung von Gestalten sowohl optischer wie auch akustischer Natur, also von Worten und Melodien, dagegen die rechte Hemisphäre benötigt wird. Man bezeichnet solche Leistungen, weil sie die Ergebnisse der intermodalen Gehirntätigkeit voraussetzen und quasi eine Informationsverarbeitung von Informationen sind, als *supramodale Funktionen*.

Noch eine Bemerkung zur Begriffsbildung. Man kann sie sich als Leistung des Modulsystems der Großhirnrinde vorstellen, wenn man sich klar macht, daß schon die einfachste Wahrnehmung Abstraktionen in Form der erwähnten »feature extraction« zur Voraussetzung hat: Wir haben es immer nur mit Wirklichkeitsauszügen zu tun. Die Erkennung eines Gegenstandes, also z. B. eines bestimmten Tisches als Tisch, bedeutet bereits eine sehr hohe, nichtbewußte Abstraktions- und Klassifikationsleistung, wie sie in dieser Form nur dem Menschen möglich ist.

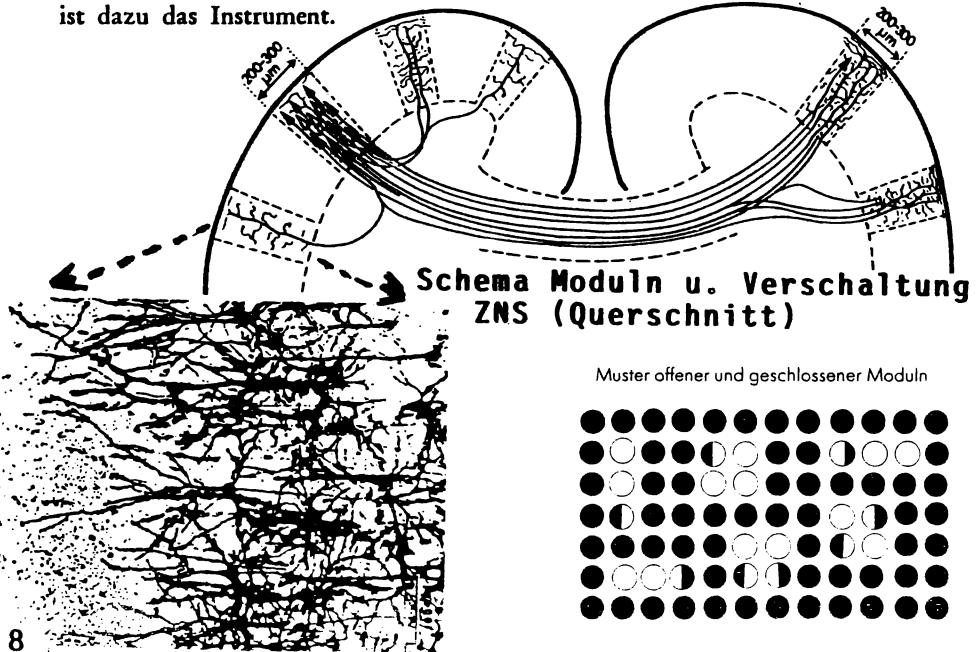
Die höchsten Formen der begrifflichen Kristallisation der Wirklichkeitserfahrung, wie sie in der Sprache und im damit verbundenen Denken zum Vorschein kommen, haben aber noch zwei weitere Voraussetzungen, die ebenfalls nur dem Menschengehirn in entsprechendem Maß zukommen, nämlich Lernfähigkeit und Gedächtnis. Die Lernfähigkeit, d. h. das Vermögen, aus individuellen Erfahrungen Instruktionen zur Modifikation des Verhaltens zu gewinnen, ist beim Menschen fast unbegrenzt. Und sein Gedächtnis als Zeitschreiber der individuellen Erlebnisspuren mit der Fähigkeit, vergangene Ereignisse in ihrer raumzeitlichen Vollständigkeit ins Bewußtsein zurückzubringen, ist ungemein groß.

Mit Hilfe dieser Gehirnleistungen ist es nun möglich, nicht nur die ankommenden Informationen über aktuelle Lebenssituationen optimal auszuschöpfen, sondern in Eigentätigkeit Modelle von möglichen Situationen und Ereignisfolgen zu entwerfen. Diese Erregungsmuster bilden wieder einen Input des Modulapparates und werden daher genauso durchanalysiert, wiederholt eingespielt und miteinander verglichen, um im Output ein der individuellen Gesamtsituation unter Berücksichtigung der abschätzbaren Zukunft angemessenes Verhalten zu installieren.

Von hier aus können wir uns auch der *metamodalen Ebene* der Hirntätigkeiten zuwenden, auf der ihre Leistungsprodukte sich selbst zum Objekt werden, also der Reflexionsebene, und uns einen Begriff davon machen, was Bewußtsein ist: Jedenfalls keine eigene Funktion bestimmter Hirnapparate. Es gibt weder einen neuroanatomischen Ort noch eigene neurophysiologische Substrate des Bewußtseins. Das Bewußtsein ist die durch die strukturelle Organisation der Informationsverarbeitung bedingte Erscheinungsweise unserer Verhaltenssteuerung.

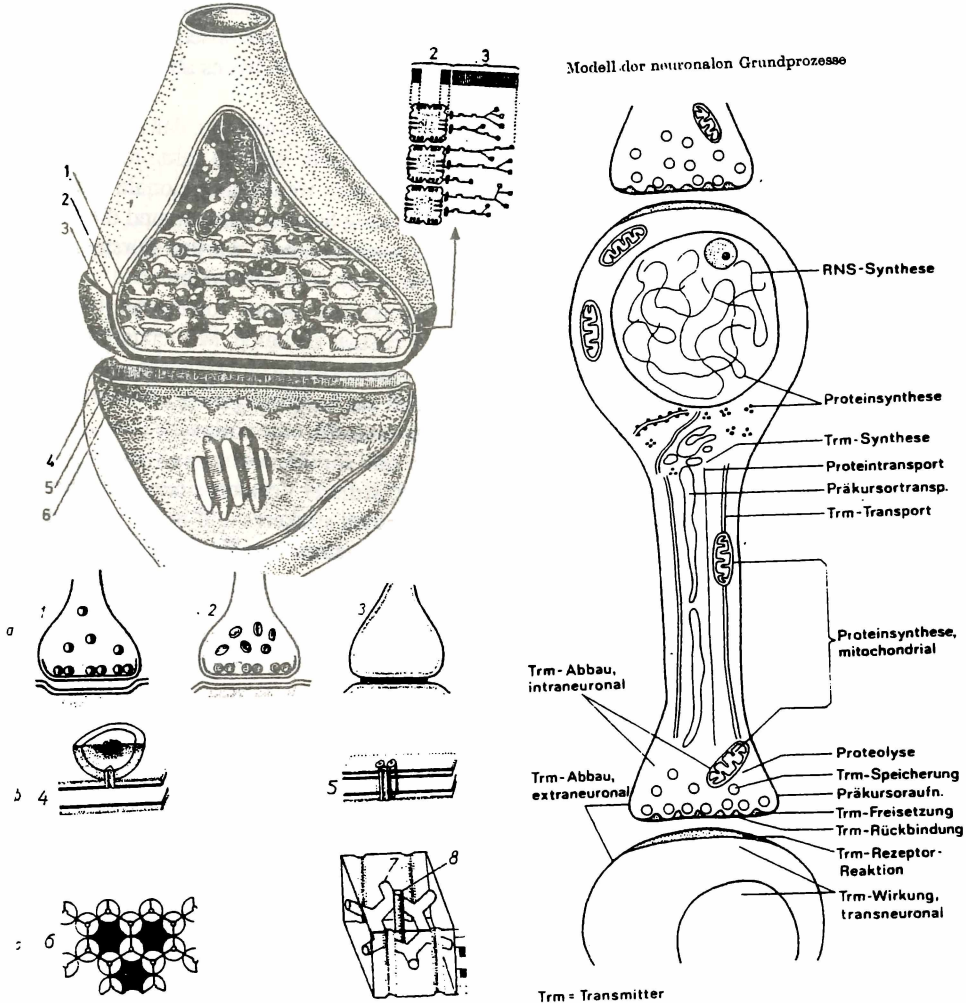
Sobald durch die vervollkommnete Ansicht der Gesamtsituation des Individuums im raumzeitlichen Weltgeschehen eine Mehrzahl von Alternativen mit Zukunftsaspekt zur Verfügung stehen, kann die optimierende Entscheidung nur im Medium des sog. Bewußtseins erfolgen. Bewußtsein ist also eine mit der Höhe von Komplexität der Informationsverarbeitung immanent verbundene Modalität. Im Bewußtsein erlebt das Individuum seine relevante Weltbeziehung im Hinblick auf die ihm möglichen und daher anheimgestellten Entscheidungen. Das elementare Verhältnis der Lebewesen zur Umwelt in Form von Reiz und Reaktion erhebt sich somit beim Gehirnträger auf die Ebene von Bewußtsein und Wahl, beim Menschen schließlich zu Wissen und Wollen.

Die Tatsachen des Bewußtseins sind somit eigengesetzliche Äußerungen des einen ganzen Individuums, in denen die Totalität der Organismus-Umweltbeziehung subjektiv repräsentiert wird. Beim Menschen erreicht dieses Inbild der Wirklichkeit die Dimension der Welt und der Zukunft. Im Blickpunkt der evolutionären Anpassung ermöglichte es eine höchst erfolgreiche Geschichte der Gattung Mensch auf der Erde. Die gute Übereinstimmung des menschlichen Weltbildes mit der Realität wird durch die erwähnten Fähigkeiten des vorstellenden Denkens und durch die Überprüfung seiner Resultate an der Wirklichkeit noch weiter verbessert, insbesondere seit in der wissenschaftlichen Forschung eine Methode der Wissens- und Erkenntniserzeugung gewonnen wurde. Hier liegt auch der Angelpunkt für die Möglichkeit des Menschen, sich aus dem Gefängnis seines Gehirns, das ich oben zitierte, zu befreien: Das Gehirn selbst ist dazu das Instrument.



Schematische Darstellung einer chemischen Synapse. Verändert nach AKERT et al. 1969, LEHNIGER 1968, SCHMITT und SAMSON 1969. Grafik: H. LENK, Berlin.

Präsynapse: 1 Innerer Saum; 2 Plasmamembran der Präsynapse; 3 äußere Fuzz coat; 4 äußere Fuzz coat. Postsynapse: 5 Plasmamembran der Postsynapse; 6 postsynaptische Membrananlage; 2 + 3 = „greater membran“-Modell.



Schema chemisch und elektrisch übertragender Synapsen. Grafik: A. LEDER, Berlin, verändert nach AKERT 1971, PAYTON, BENNETT und PAPPAS 1969.

- Chemische Synapse: Typ: (1) Gray I und (2) Gray II. 3. elektrische Synapse.
- Chemische Synapse: Vesikel öffnet sich in den synaptischen Spalt (4). Elektrische Synapse: Überbrückung des Spaltes durch Kanäle (5).
- Chemische Synapse: um dense projections (schwarz) in Hexagonform angeordnete Vesikel (6). Elektrische Synapse: Konfiguration des „synaptischen Spaltes“ = gap (punktiert) (7); senkrechter Kanal (8), den Spalt überbrückend.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Agemus Nachrichten Wien - Internes Informationsorgan der Arbeitsgemeinschaft Evolution, Menschheitszukunft und Sinnfragen, Naturhistorisches Museum Wien](#)

Jahr/Year: 19##

Band/Volume: [23](#)

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

Artikel/Article: [Philosophische Aspekte der Freiheit \(2. Fortsetzung\) 3-9](#)