Zeitschrift: Tätigkeitsbericht der Naturforschenden Gesellschaft Baselland

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Baselland

Band: 31 (1981)

Artikel: Abrufbare Strukturen zur Gestaltung der Art, zur Anpassung an die Umwelt und zur Nutzung der einfallenden Reize und Signale

Autor: Scholer, Hans

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-676607

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Abrufbare Strukturen zur Gestaltung der Art, zur Anpassung an die Umwelt und zur Nutzung der einfallenden Reize und Signale*

von Hans Scholer

Die letzten Jahrzehnte haben Erkenntnisse gebracht, die grosse Anforderungen an unser Verständnis stellen und Auffassungen über die Lebensgestaltung der Organismen bereichern und vertiefen. Dabei wird evident, dass «höhere Organismen» sich nur durch Komplexität und Zahl der Strukturen, die die Leistungsmöglichkeiten bestimmen, unterscheiden, dass diese Einrichtungen aber wahrscheinlich allen Lebewesen zukommen. Das betrifft ganz besonders die Organismen, die keinen festen Standort aufweisen und in einem steten Anpassungskampf stehen. Die nur dem Menschen vorbehaltenen Möglichkeiten werden kleiner und seltener.

Der aktuelle Stand der Kenntnisse ist lückenhaft und wird es noch eine Weile sein. Das dispensiert aber nicht von der Notwendigkeit, Gedanken über diese Einrichtungen zu bilden. Es handelt sich nicht um eine einfache Erweiterung unserer Form- und Leistungskenntnisse, sondern um eine neue Kategorie von Einrichtungen, die das Lebewesen ausrüsten und die Vielgestalt des Phaenotypus, ja der Individualität herbeiführen. Eine solche Darstellung muss den Schein der Spekulationen vorerst hinnehmen.

1 Erkenntnisse der Genetik

Wir haben heute Einsicht in den Bau der genetischen Information, die alle Lebewesen besitzen und als Struktur besonderer Art entweder in der Keimzelle oder als Kopie bei der Zellteilung mitbekommen. Das Genom enthält den Bauplan des Organismus und damit auch die Leistungsmöglichkeiten, die den Artangehörigen zukommen. Der Genotypus ist festgelegt. Nur die Sexualität kann innerhalb der Species noch eine kleine Variabilität zulassen. Diese Sachverhalte ermöglichen uns ein Verständnis und eine Bildung von Modellen für analoge Verhältnisse, die nur der Phaenotypus aufweist. Was wurde im Bereich des Genoms ersichtlich:

- Eine Schrift und deren Buchstaben, in der das Erbgut inskribiert ist.
- Die Mechanismen der Neuauflage dieser linearen Informationskette.
- Die Mechanismen der Übersetzung der Information in somatische Strukturen, also des Aufbaues des Somas.

*Gewidmet Herrn Prof. Dr. Eduard Kellenberger, Vorsteher der mikrobiologischen Abteilung des Biozentrums der Universität Basel.

- Reparaturmechanismen zur Erhaltung dieser bedeutungsvollen Schrift.
- Die Weitergabe des Genoms in der Keimzelle oder bei der Zellteilung.
- Die Erkenntnis, dass peinliche Erhaltung des Erbgutes angestrebt wird, dass aber Sexualität und Mutabilität, d. h. «spontane» oder induzierte Abänderungen eine Variabilität zulassen.
- Die Einsicht, dass das veränderte Erbgut (Mutation) sich in der Umwelt bewähren muss, d. h. evolutiver Selektion untersteht.
- Die erstaunliche Tatsache, dass Gebilde ohne Stoffwechsel und eigene Reproduktibilität, die nur in Zellen in Massenauflagen synthetisiert werden, ein Genom besitzen, das mit gleichen Buchstaben geschrieben ist.Daraus ergeben sich Definitionsschwierigkeiten für den Begriff «Leben». Diese Gebilde kennen keine Zweiteilung als Vermehrungsprinzip.
- Die Inhalte der starren Schrift sind folgende:
  Strukturgene, die Polypeptide bestimmen.
  Operatorgene, die den Strukturgenen übergeordnet sind und auf den Aufbau einwirken.
  Regulatorgene, die den Operatorgenen übergeordnet sind, sie kontrollieren, aber mit ihnen nicht in räumlichem Kontakt stehen.
- Die Zeitlosigkeit des Genoms, das dem einzelnen Lebewesen gewissermassen nur ausgeliehen wird. Der Organismus erhält das Genom von einem Vorläufer und gibt es weiter.
  Lebewesen und Viren verwenden die gleiche Schrift, wenn von Abweichungen bei einfachsten Gebilden abgesehen wird, wo RNS- statt DNS-Moleküle verwendet werden. RNS (Ribonukleinsäure) und DNS (Desoxyribonukleinsäure) sind Nukleinsäuren, die sich nur sehr wenig unterscheiden.
- Die Zahl der Gene, die man als Erbeinheiten auffasst, nimmt mit der Komplexität des Gebildes zu. Die Informationskette hat sich also in der Phylogenese verlängert. Bei höhern Organismen ist meist nur ein kleiner Teil des Genoms bekannt. Der unbekannte Rest birgt möglicherweise Reserven für weitere phylogenetische Entwicklungen.
- Es gelingt, Schriftsätze von höher entwickelten Lebewesen in Prokaryonten einzufügen und ihnen so eine neue genotypische Stellung und Leistungsmöglichkeit zu verschaffen. So vermögen dann Coli-Bakterien Insulin zu bilden, also eine Leistung, die nur höhern Mehrzellern vorbehalten ist, zu übernehmen. Artfremde Schriftsätze werden hier toleriert.

Diese Sachverhalte sind zur Basis neuer und weitreichender Auffassungen geworden. Eine bedeutungsvolle Einsicht besteht darin, dass Evolution und Selektion schon im praebiotischen Bereich wirken und dass die komplexesten Gebilde die jüngsten Bildungen dieses weit zurückreichenden Vorganges sind. So entstand ein Weltbild, das sich auf das praebiotische Geschehen erstreckt [Bresch (1), v. Ditfurth (3), (2)]. Ohne Zweifel bestehen noch erhebliche Schwierigkeiten, unbestreitbare Sachverhalte zu verstehen. Einige dieser Schwierigkeiten seien genannt:

Schrift und Ablesung der genetischen Information sind erkannt, aber wie aus ihr eine ganze Lebensgeschichte abgelesen werden kann, ist im einzelnen noch nicht verstanden. Beispiele dafür sind das Lebensprogramm der Wespe Bienenwolf und des Petromyzons, dann aber auch das genetisch determinierte Lied einiger Singvögel. Es ist, als ob ein Film abläuft oder eine Partitur abgelesen wird. Wie die zeitliche Gliederung einer grossen Aktivitätskette und auch eine Melodie abgerufen werden können, muss vorerst nur mit Erstaunen hingenommen werden. Die Wespe Bienenwolf nähert sich der zur Beute bestimmten Biene, sticht an ganz bestimmter Stelle und erzeugt eine Lähmung. Die Biene wird durch Druck auf den Leib der eingenommenen Nahrung beraubt und an einen vorbereiteten Ort gebracht. Dort werden Eier neben die gelähmte Biene gelegt. Die ausschlüpfenden Larven ernähren sich von der zwar gelähmten, aber noch lebenden Biene [v. DITFURTH (4)]. Alle Genomträger müssen als eine heteromorphe Gruppe aufgefasst werden. Zu ihr gehören Mehrzeller, Einzeller, Viren, Viroide mit einer sehr kleinen Zahl von Genen, fremde Erwerbe, die in frühen Zeiten der Erdgeschichte in Zellen eingeschleust wurden und dort ein symbiotisches Dasein fristen. Als Beispiele sind Chloroplasten, Mitochondrien und auch die Artefakte aus jüngster Zeit, nämlich die transplantierten Schriftsätze höherer Organismen in Zellen anderer Art genannt.

Das Wesen des Genoms heisst: feste Anordnung-Dauer-Resistenz gegen Abbau-Abrufbarkeit-Wirkung-Unabhängigkeit von der Zelle mit begrenzter Existenz. Welche besondere Atomanordnung das Wesen und damit die Wirkung der vier Buchstaben bestimmt und welche Bedeutung die unbekannten Genbereiche haben, sind nicht erklärt, ebensowenig die Vervielfachung des Genoms in bestimmten Zellen der Metazoen und Pflanzen (z.B. Brennesselhaare und Pflanzen an der Grenze des noch erträglichen Biotops). Als die vier Buchstaben müssen wir vier Basen ansehen, deren Anordnung Proteine und Regelungen determinieren.

Die genetische Informationskette bestimmt Bau und Funktionsbereich der Zelle und des Zellstaates. Bei Viren wirkt das Genom nur auf die Wirtszelle, eine eigene Wirkungsdynamik fehlt. Die Wirtszelle baut das Virion nach der Information des Virusgenoms auf. Die Zelle verliert mit dem Eintritt dieses Genoms ihr Wesen als lebende Zelle einer Species, und oft ist ihre Existenz mit der Virussynthese beendet. Es liegt eine Interferenz zweier Genomträger vor.

Aufbau und Wirkungsregelung des Mehrzellers als eines Zellstaates bestimmter Existenzdauer (physiologische Lebenszeit), aber auch schon der Einzeller erfordern besondere Einrichtungen, ein centre directif. ERWIN SCHRÖDINGER (5) erkannte schon 1943, dass Gewährleistung und Bildung des Zellstaates, Regelungen und artgerechte Existenzdauer durch eine «höchstgeordnete Gruppe von Atomen, die nur einen winzigen Bruchteil ihrer Gesamtheit in der Zelle ausmacht», bewirkt wird. Er verwendet das Bild eines «aperiodischen Kristalls». Zu dieser Vorstellung führten ihn statistische und

thermodynamische Ueberlegungen. «Die erstaunliche Gabe eines Organismus, einen ‹Strom von Ordnung› auf sich zu ziehen und damit dem Zerfall in atomares Chaos auszuweichen, aus einer geeigneten Umwelt ‹Ordnung zu trinken›, scheint mit der Anwesenheit des ‹aperiodischen festen Körpers›, der Chromosomenmoleküle zusammenzuhängen, die zweifellos den höchsten uns bekannten Ordnungsgrad von Atomverbindungen zeigen. Die Geordnetheit ist hier bedeutend höher als bei den normalen periodischen Kristallen, da jedes Atom und jedes Radikal hier eine ganz individuelle Rolle spielt. Wir nehmen also wahr, dass eine waltende Ordnung die Kraft besitzt, sich selbst zu erhalten und geordnete Vorgänge hervorzurufen.» Diese Aussage machte ein Physiker lange vor der Visualisierung der DNS-Spirale.

Die Physiologie lehrt uns, was auf der Basis dieser sekundären Strukturen, als die wir die Zelle auffassen, als Funktion und Manifestation möglich ist. Der Bereich wird gegeben durch den Genotypus und, wie dargestellt werden soll, durch postnatale Ausrüstungen. Die Dynamik wird durch exogene Einwirkungen ausgelöst. Der Organismus ist ein offenes System und setzt während seiner Existenz Energie um. Er kann nur in einem Strom von Energie bestehen – auch in der sogenannten Ruhe. Er sichert seinen Bestand im Rahmen seiner ihm zukommenden Dauer und ermöglicht die Weitergabe der genetischen Information, die ihm verliehen, ja eigentlich ausgeliehen worden ist.

2 Abrufbare Strukturen

Im Genom liegt ohne Zweifel eine abrufbare Struktur vor. Es stellen sich nun zwei Fragen: Setzt Abrufbarkeit Struktur voraus und ist jede Struktur abrufbar?

Abrufbarkeit setzt nach unserem Vorstellungsvermögen Struktur voraus, aber nicht jede Struktur weist Abrufbarkeit, die Möglichkeit der Evokation, auf. Es muss daher angenommen werden, dass Strukturen Besonderheiten besitzen müssen, um abrufbare Wirkungen möglich zu machen.

Eine Struktur kann nach äusserer Einwirkung eine besondere Leistungsmöglichkeit zeigen. Damit ist aber noch keine Abrufbarkeit realisiert. Es ist also notwendig, Abrufbarkeit zu definieren.

Abrufbarkeit setzt voraus, dass irgend etwas neu Hinzugekommenes festgehalten wird. Festhaltung setzt voraus, dass ein Mechanismus besteht, der Flüchtiges festhält. Weitere Fragen beziehen sich auf das Wesen des Flüchtigen und auf den Vorgang der Evokation.

Woher kommt das Flüchtige, das festgehalten werden kann? Ist es ausschliesslich eine Einwirkung von aussen, oder bestehen auch endogene im Zentralnervensystem entstandene Flüchtigkeiten?

Welches ist Wirkung und Bedeutung des Abrufs, wie wird er ausgelöst, und welche zusätzlichen «horizontalen» cerebralen Vorgänge löst er aus?

Wie kommt es zur Neuschöpfung von Flüchtigem, das inskribiert werden soll?

Mit dieser Liste von Fragen wird augenscheinlich, dass von Signalaufnahme, Merkfähigkeit, Gedächtnis, Evokation mit der Folge neuer Inhalte und Aufbau eines Weltbildes und Denken gesprochen wird, gesprochen werden muss.

Die Bedeutung dieser Probleme ist ebenso gross wie die Dürftigkeit der bisherigen Einsichten. Eine Darstellung nähert sich daher einer Erörterung von Möglichkeiten. Am besten erhellt sind die Verhältnisse bei der genetischen Informationskette.

Die Vorgänge und Sachverhalte, von denen in der Folge gesprochen werden soll, haben diese Aufhellung noch vor sich. Wie sind abrufbare Strukturen und die Evokationsfolgen zu verstehen? Verstehen heisst: Wesenserkenntnis und Folgerungen daraus, also Bildung von Auffassungen und Modellen.

Die Strukturen des Genoms sind gegeben, ja sie werden ausgeliehen und unverändert weitergegeben. Die Informationen erfahren von aussen keine Zusätze, werden aber während des ganzen Lebens abgerufen. Es besteht ein sens unique. Die Informationen bestimmen die Species, den Genotypus. Sachverhalte und Vorgänge, die nun darzustellen sind, wirken nur auf das Einzelwesen, betreffen den Phaenotypus und rüsten den Organismus in sehr verschiedener Art aus. Es sind dies postnatale Prägungen mit dem Erwerb dauernder Strukturen und drei verschiedene cerebrale Inskriptionen, die wir als Gedächtnisinhalte oder Engramme bezeichnen. Wie weit diese Möglichkeiten und Vorgänge in der phylogenetischen Reihe zurückreichen, entzieht sich einer genauen Kenntnis. Man wird aber gut tun, die anthropozentrische Betrachtungsweise aufzugeben und Negationen nur dort vorzunehmen, wofür experimentelle Beweise vorliegen. Tun wir das nicht, so geraten wir in Befangenheit und blockieren Erkenntnisse.

3 Die postnatale Prägung

Postnatal erfährt der höhere Organismus in einem beschränkten Zeitraum, in einer nützlichen Frist, cerebrale Strukturen, die während des ganzen Lebens als Kommunikationsmöglichkeiten wirken und ihn pro vita prägen. Es handelt sich um Verdrahtungen, d. h. um Verbindungen von Hirnzellen untereinander. Nach VESTER (6) besitzt das menschliche Gehirn 15 Milliarden Neuronen. Diese Zellen sind verbunden mit einer zehntausendfachen Zahl von Querverbindungen, und dieses Netz weist zirka 5 mal 10^{14} Schaltstellen, Synapsen auf. Diese Verdrahtungen bilden sich nach Massgabe und Art der Umweltreize, die den Organismus erreichen in dem begrenzten Zeitraum, von dem die Rede war. Tierexperimente beweisen, dass le-

benslange Leistungsunfähigkeit folgt, wenn in dieser nützlichen Frist keine lebensgerechten Reize eintreffen und dass Deformationen des Verhaltens während des ganzen Lebens bestehen, wenn diese Reize ungewöhnlich und fremd sind.

Man wird diesen Vorgang als Ausrüstung des Lebewesens für die Umwelt, in die es gesetzt worden ist, auffassen. Eine Weitergabe an Nachkommen ist nicht möglich. Wie weit sich dieser Vorgang auch bei Nestflüchtern und nicht nur bei physiologischen Frühgeburten in gleichem Ausmass findet, ist noch nicht genau bekannt. Die Strukturen, d. h. diese Verdrahtungen, sind schon mit dem Lichtmikroskop sichtbar zu machen. Es handelt sich um fadenförmige Zellfortsätze. Die Verdrahtungen wirken als Verbindung mit einer grossen Zahl von Hirnzellen. Das Ergebnis sind Leistungsmöglichkeiten. Eine Neuauflage der Struktur analog der Transkription beim Genom besteht nicht. Es findet also keine Kopierung statt. Ein Abruf, wie bei den Gedächtnisinhalten, fehlt. Es besteht pro vita eine Determination des Leistungsvermögens, angepasst an die Umwelt, in die der Organismus gesetzt wurde.

Wie so oft wird das nur erkennbar, wenn ein Versagen der Einrichtung vorliegt (siehe oben). Man könnte sagen, dass die Umwelt in einem besondern Zeitraum das Lebewesen strukturell prägt. Die Verdrahtung schafft ein Leistungsspektrum für Lebenszeit. Die Inputs erhalten gewissermassen besondere Wege und Ausbreitung im Gehirn. Die Struktur ist stabil. Unter Input, «Eingebrachtes» sollen Einwirkungen der Aussenwelt bezeichnet werden. Ein Beispiel einer postnatalen Prägung: Eine junge Katze befindet sich einige Wochen in einem Raum, der pro Sekunde einmal mit Blitzlicht erhellt wird. Sie erlebt also kein eigentliches Dunkel, aber erfährt auch von bewegten Körpern nur Standbilder. Sie bleibt während des ganzen Lebens unfähig, Bewegungen zu erfassen und sich danach zu verhalten. Diese Beobachtung beweist, dass das Tier in einer beschränkten Zeit ausgerüstet werden muss, um von seinem Sehvermögen einen vollkommenen Gebrauch machen zu können. Fallen in diesem plastischen Zeitraum zu wenig, zu viele oder zu fremde Reize ein, so wird das Lebewesen entsprechend geprägt durch die Verdrahtungen, die durch diese Reize ausgelöst werden.

Es ist dem Organismus offenbar nicht möglich, neue Verdrahtungen und damit Ausrüstung für eine normale Umwelt zu schaffen, wenn im verstrichenen Zeitraum abwegige Reize eingefallen sind.

«Jede organische Form ist der Ausdruck eines Geschehenstromes. Die Form hält sich in einem ständigen Wechsel ihrer Bestandteile.» Diese Formulierung von Ludwig von Bertalanffy (7) (8) wird dem Sachverhalt gerecht, dass auch eine Abwegigkeit und Unvollkommenheit, die entstanden ist, während des ganzen Lebens erhalten bleibt, und dass fehlerhafte Struktur, verglichen mit der normalen Mayorität, mit peinlicher Zuverlässigkeit wieder erstellt wird. Narben werden immer wieder erneuert. Eine Restitutio ad integrum ist nach Schädigung nicht immer möglich. Für diesen Vorgang

steht übrigens auch nur ein bestimmter Zeitraum zur Verfügung. Am Ende des unvollkommenen Heilungsprozesses tritt dann das Gesetz der Erhaltung der neuen Form in Wirkung.

4 Die Engramme exogener Signale und die Ergebnisse des intracerebralen Abrufs, das Gedächtnis

Während des ganzen weitern Lebens werden unter sehr verschiedenen Bedingungen Engramme gebildet, und zwar ausschliesslich im Zentralnervensystem. Sie kommen durch Signale und mechanische Einwirkungen der Aussenwelt zustande und können als exogene Inputs angesehen werden. Sie bilden später das dem Organismus mögliche Weltbild und werden als «Ereignisse» erlebt. Sowohl das Weltbild als auch die Verarbeitung der Engramme im Sinne des Lernens und die Bildung von Konzeptionen, also das Denken, basieren primär auf Inputs, die engraviert werden können. Das trifft für sehr viele Organismen mit Sicherheit zu. Die dem Menschen vorbehaltene Sprachfähigkeit führt zu einer neuen Signalart und ermöglicht Weitergabe von Informationen und deren Verarbeitung. Die neuen Signale, Wort und Schrift, kommen nun zwar auch von aussen an neue Empfänger, aber Signalquellen sind Artgenossen, und der gesendete Inhalt ist ein cerebrales Produkt. Die Sprache hat sozusagen horizontale Ausbreitung, und die Schrift ermöglicht zudem eine vertikale Expansion, nämlich aus der Vergangenheit in die Gegenwart und aus der Gegenwart in die Zukunft.

Es können drei Arten von Engrammen unterschieden werden. Überzeugende experimentelle Resultate bei Menschen und beim Tier liegen vor. Es handelt sich bei den drei Inskriptionen um zeitlich hintereinander geschaltete Vorgänge, die abgerufen werden können.

4. 1 Das Ultrakurzzeit-Gedächtnis

Alle Signale von aussen: optische, akustische und solche, die durch Sinnesorgane anderer Art wie Tastsinn, Geruchsinn, Wärme- und Schmerzempfindung vermittelt werden, führen zu einer Engravierung, die nur 10 bis 20 und im Maximum 30 Sekunden dauert. Sie werden gelöscht, wenn kein Anlass besteht, diese Engramme ins Kurzzeit-Gedächtnis überzuführen. Es liegt folgender Vorgang vor:

Input: Totalität aller exogenen Reize
Weiterleitung an die spezifischen Rezeptoren, an die Sinnesorgane
Transformation in einen Code. Wir nehmen Schallwellen und Licht auf.
In den entsprechenden Sinnesorganen erfolgt Umwandlung in eine Schrift, in einen Code (Beispiel Morsetelegramm)

Weiterleitung in das Gehirn

Wesen des flüchtigen Engrammes: es stehen in dieser Zeit elektrische Schwingungen, die die Information tragen. Ein materielles Engramm liegt nicht vor.

Es muss angenommen werden, dass in den Sinnesorganen alle ankommenden Signale in elektrische Signale transformiert werden und nur so in das nervöse Zentrum gelangen. Die exogenen Signale sind wesensverschieden, der Code ist einheitlich. Eine Wirkung der elektrischen Information mit der Folge einer örtlichen cerebralen Zellveränderung ist unwahrscheinlich. Immerhin besteht mit Sicherheit ein cerebrales Sehzentrum, das den eigentlichen Sehakt vollzieht. Die Aussage der Unwahrscheinlichkeit bezieht sich darauf, dass für die zwei folgenden Gedächtnisvorgänge mit grosser Sicherheit eine strenge Lokalisation der Engramme ausgeschlossen werden darf [Gruse (9), Lashley (10)]. Die Festhaltung des Inputs bestände in der nur Sekunden dauernden Schwingung, die die Information trägt. Der Begriff Engramm müsste in diesem Falle nicht eine materielle Anordnung, sondern die eindeutige Veränderung einer Schwingung bezeichnen. Die modifizierte Schwingung kann schon durch kleine elektrische Interventionen, die man von aussen setzt, und durch Hirnerschütterung, vernichtet werden. Damit ist die Information gelöscht. Die Gestalt der Schwingung und damit die Information ist bisher nicht mit Sicherheit darstellbar. Man behilft sich mit analogen Modellen, um zu einem vorläufigen Verständnis zu gelangen. Der Vorgang wird mit einem kurzen Nachleuchten eines Bildes auf einem fluoreszierenden Schirm verglichen. Damit hätte man das Phänomen eines raschentstandenen Bildes von kurzer Dauer. Es entsteht nichts Stoffliches, sondern nur eine «elektrische Anordnung». Eine Welle kann Träger beliebig vieler superponierter Informationen sein. In diesem Falle trägt sie die Information aller heterogenen exogenen transformierten Inputs.

Besser ist die Kenntnis darüber, was diese Serie von elektrischen Schwingungen für den Organismus bedeutet. Der Organismus benötigt alle ihm erreichbaren exogenen Informationen als Mittel die Umwelt zu erkennen.Nur so ist er imstande, in kurzer Zeit zu reagieren, nachdem er die aktuelle Umwelt zur Kenntnis genommen hat. In diesem kleinen Zeitraum sind die Inputs bewusst und ermöglichen Entschlüsse. Es werden aber auch Reflexe ausgelöst, also Reaktionen und Wirkungen ohne cerebrale Beteiligung (z. B. Lidschluss).

In der Lokomotion, beim Hören, Lesen, Autofahren wird die Zuverlässigkeit grösser mit der Zahl und Verschiedenheit der Signale. Die darauf folgenden Reaktionen sind meist Kurzschlüsse zwischen wesensverschiedenen Informationen, die im Zeitraum des Ultrakurzzeit-Gedächtnisses stehen. Sie verschwinden, wenn der Organismus sie nicht benötigt, die Schwingung ebbt ab [Akkinson und Shiffrin (11)].

Sind aber wichtige Informationen in der Schwingung, so führt sie der Organismus in das Kurzzeit-Gedächtnis über. Diese Selektion und Überfüh-

rung ist die Folge einer cerebralen Interaktion. Die Flüchtigkeit entlastet das Gehirn und erspart die dauernden Engramme, die nur mit Molekülalterationen und erheblichem Energieverbrauch zu bekommen sind. Es wirkt also eine für das Leben äusserst wichtige Selektion mit dem Ergebnis einer für das Lebewesen notwendigen Ökonomie [ROTSCHUH (12)].

4.2 Das Kurzzeit-Gedächtnis

Es handelt sich um die zweite Station nach erster Selektion.
Input: Wichtige gesiebte Information aus dem Ultrakurzzeit-Gedächtnis
Selektion: Cerebrale Aktion
Transformation: im Gehirn
Engramm: Molekulare Anordnung an Ribonukleinsäure-Molekülen, RNS
Evokation: Transkription dieser modifizierten RNS

Die Erklärung dieser Vorgänge stützt sich weniger auf eindeutige lückenlose Befunde als auf die suggestive Analogie der Genom-Verhältnisse. So ist man zur Annahme veranlasst, dass RNS-Moleküle alteriert werden durch die Schwingungen, und dass bei der Evokation wie beim Abruf der genetischen Information eine Transkription erfolgen muss. Ob allerdings die RNS-Alteration an Proteine weitergegeben wird – wieder in Analogie zur Genetik – steht noch nicht fest; ebensowenig der Mechanismus der Evokation als Analogie zur Transkription. Das geprägte RNS-Molekül als Informationsträger besteht nur etwa 20 Minuten. Dann wird das Molekül als besondere Anordnung und Struktur abgebaut oder seiner Spezifität beraubt. Der elektrische Vorgang der Ultrakurzzeit-Information wird somit in eine molekulare Anordnung übergeführt. Modellvorstellung: das nachleuchtende Bild wird photographiert, das Negativ aber noch nicht fixiert [VESTER (6)]. Das nichtfixierte Negativ dauert nur ca. 20 Minuten. Mit einem Elektroschock kann der Kurzzeit-Gedächtnisinhalt, das Negativ, zerstört werden.

Die Auslese unter den Ultrakurzzeit-Informationen zur Weiterleitung in das Kurzzeit-Gedächtnis geschieht durch cerebrale Aktivität und ist zum Teil bewusst. Dass beide Vorgänge, Neuaufnahme und Fixierung, zu gleicher Zeit erfolgen können, sei an einem Beispiel deutlich gemacht: Der Lenker eines Automobils spricht mit seinem Freund bei der Durchfahrt einer Stadt. Es kommt nach 15 Minuten Fahrt zu einer «Beinahe-Kollision». Am Ende der Fahrt erinnert sich der Lenker nur noch an die Gefahr, in die er geraten ist, nicht aber an die Rotlichter, Grünlichter, Stopp-Säcke und an alle Menschen und Fahrzeuge, denen er begegnet ist und die er gesehen hat. Am besten erinnert er sich aber an das Gespräch, das er mit seinem Freund während 20 Minuten geführt hat. Die Ultrakurzzeit-Informationen wurden mit Ausnahme der gefährlichen Situation gelöscht, Gesprochenes und Gehörtes aber direkt oder über das Ultrakurzzeit-Gedächtnis in das Kurzzeit-

Gedächtnis und wahrscheinlich sogar in das Langzeitgedächtnis übergeführt. Der Ultrakurzzeit-Inhalt muss im Gehirn «Resonanzen» ausgelöst haben, die zur Selektion Anlass gaben. Die Resonanz rief nach irgend einem Muster alte Inhalte ab; darüber folgen Bemerkungen weiter unten.

Es finden sich Analogien in der Leistung elektronischer Geräte, die schliessen lassen, dass für diese Selektion möglicherweise nicht immer ein bewusster Akt notwendig ist.

Ganz unbekannt ist die Prägung, die ein RNS-Molekül durch die elektrische Schwingung erfährt. Es bildet sich eine RNS-Matrize, die 20 Minuten besteht, aber dann zerfällt, wenn sie nicht «gehärtet» wird. Das Wesen der Kurzzeit-Engramme besteht darin, dass Informationen, die vielleicht für den Organismus später wertvoll sind, und nicht nur einer raschen Reaktion als Basis dienen müssen, vorläufig festgehalten werden.

Die Kurzzeit-Engramme sind für 20 Minuten bewusst und lösen weitere cerebrale Vorgänge aus. Der Organismus wird durch diese «eventuell wichtigen Inhalte» in den Stand gesetzt, ein Verhalten zu wählen, das sich ausserhalb des vererbten Verhaltensprogrammes und unbewusster Reflexe befindet und weitreichende Anpassung an die aktuelle Umwelt möglich macht; wobei weitreichend hier Zeit und Bedeutung des neuen Verhaltens bezeichnet. Diese Möglichkeiten treffen offensichtlich auch für Tiere zu, bei denen entschlussähnliches Verhalten zweifellos besteht.

4.3 Das Langzeit-Gedächtnis

Die letzte Siebung der Inputs, die von aussen eingetroffen sind, erfolgt um Inhalte des Kurzzeit-Gedächtnisses im Idealfall für das ganze Leben zu sichern. Inhalte des Langzeitgedächtnisses können im Gegensatz zum Kurzzeit-Engramm durch Elektroschock nicht mehr zerstört werden. Engramm und grundsätzliche Zugänglichkeit müssen sichergestellt werden. Der Ausdruck «grundsätzlich» soll als Einschränkung andeuten, dass zeitweilig die Zugänglichkeit aufgehoben sein kann durch normale rhythmische Vorgänge (Schlaf) oder akzidentiell durch exogene Einwirkungen (Hirnerschütterung, Narkose).

Input: aus dem Kurzzeit-Gedächtnis und aus cerebralen Aktivitäten
Engramm: umgewandelt, «gehärtete» Kurzzeit-RNS-Matrize
Abruf: Mechanismen, die der RNS-Bildung im Genom analog sind
Inhalte: Bedeutung für das Individuum und seine Intentionen. Auch Tiere benötigen für die Lebensbewältigung viele Langzeit-Engramme, man denke an die Rückkehr der Zugvögel an ihren alten Geburtsort.

Die Inskription ist nicht für alle empfangenen Inhalte gleich lang. Kinder vergessen Sprachen, die sie nicht anwenden, sehr rasch. Dabei kann von einer biologischen Insuffizienz dieser Altersschicht sicher nicht gesprochen werden. Die Bewahrung der Engramme aus der Jugendzeit auch in senilen

geschädigten Körpern bei gleichzeitig herabgesetzter Merkfähigkeit ist sichergestellt. Merkfähigkeit würde in zwei Vorgängen bestehen, in der Fähigkeit zur Selektion und in der Fixierung des im Kurzzeit-Gedächtnis gebildeten RNS-Molekül. Beide Vorgänge können geschädigt sein. Die Fixierung der RNS-Matrize des Kurzzeit-Gedächtnisses ist mit einer Protein-Produktion verbunden. Die bleibende Anordnung, das Langzeit-Engramm, ist also wohl verschieden von der Kurzzeit-RNS-Matrize, wie der Energiekonsum beweist. Es empfiehlt sich, den saloppen Ausdruck Gedächtnis-Molekül zu vermeiden.

Ohne Zweifel enthält das Langzeit-Gedächtnis aber auch Inhalte cerebraler Aktion, also z. B. aller Lernergebnisse. Dass das Lernen Energie benötigt und ebenfalls mit Protein-Produktion korreliert ist, steht fest.

Die Kenntnislücken bezüglich dieser Vorgänge der RNS-Prägung und ihrer Evokation, die ja meist mehr enthält als das Langzeit-Engramm, sind verständlich, wenn man die experimentellen Möglichkeiten berücksichtigt. Im Gebiet der Genetik haben uns Mutanten als Dokumente und die Möglichkeiten, solche zu erzeugen, grosse Dienste geleistet. Ebenso gelang es, Gen-Orte festzulegen und Interdependenzen zwischen Genen zu finden. Solche Möglichkeiten sind im Bereich der Gedächtnis-Engramme vorerst noch verschwindend klein.

5 Wesen und Wirkung der Umweltseinwirkungen, der Inputs von aussen

Es wurde von Strukturen ausgegangen, die entweder empfangen oder gebildet wurden und denen die Möglichkeit eines Abrufes, einer Evokation zukommt. Es bleiben dennoch sehr viele Fragen offen.

Zunächst ist die Bedeutung der Strukturen zu würdigen:

Genom: Ausrüstung der Art

Postnatale cerebrale Verdrahtung: dauernde Ausrüstung für die eingeborene Umwelt

Ultrakurzzeit-Gedächtnis: Ausrüstung für aktuellste Reaktionen

Kurzzeit-Gedächtnis: Ausrüstung für Aktivitäten möglicher Relevanz

Langzeit-Gedächtnis: Ausrüstung für relevante Aktivitäten; Behälter intracerebraler Ergebnisse.

Es handelt sich somit um Ausrüstung für verschiedene Zeiträume und verschiedene Aktivitäten. Die besten Kenntnisse besitzen wir, wie schon erwähnt, über das Genom. Wir kennen seine Schrift und seine Buchstaben. Wir wissen aber nicht, wann und wie dieses Programm in der Erdgeschichte auftrat, wie es später vervollkommnet wurde und worin die nachweisbaren Reserven bei höheren Organismen bestehen. Wir kennen besser die Mechanismen des Abrufes.

Die übrigen Strukturen sind nicht gegeben, sondern wurden geschaffen und gehen auf exogene Einwirkungen zurück, können aber im Falle des Langzeitgedächtnisses auch auf intracerebralem Input basieren. Es werden schliesslich nicht nur Signale der Aussenwelt, sondern auch Gedanken gespeichert.

Für die Inputs ergeben sich folgende Besonderheiten:
Genom: kein Input; von aussen kann das Genom keine Zusätze erfahren
Postnatale cerebrale Verdrahtung: alle Signale und mechanischen Einwirkungen eines klar begrenzten Zeitraumes
Ultrakurzzeit-Gedächtnis: alle exogenen Signale
Kurzzeit-Gedächtnis: Inhalte des Ultrakurzzeit-Gedächtnisses
Langzeit-Gedächtnis: Inhalte des Kurzzeit-Gedächtnisses und Resultate cerebraler Aktivitäten.

Es werden Codierungen und Transformationen für die intracerebralen Transporte benötigt. Dieser Bedarf ist besonders beim Ultrakurzzeit-Gedächtnis sehr gross, denn die Reception aller erdenklichen Signale, die oft gleichzeitig einfallen, muss möglich sein. Diese Codierung und Umwandlung muss in den Aufnahmeorganen geschehen. Das Auge kann nur Photonen aufnehmen, das Ohr nur Schallwellen, die Tastkörperchen nur mechanische Reize und Schmerzrezeptoren nur Schmerzsignale. Diese heterogenen und heteromorphen Inputs werden in einen wahrscheinlich allen gemeinsamen Code übergeführt, in einen elektrischen Vorgang. Am Anfang der Welle wird wohl gemeldet, welche Art von Input vorliegt, optischer, akustischer oder anderer. Allerdings könnte schon die Art der Zufuhr zum Gehirn (Nerven) diese Aussage über das Wesen und die Bedeutung der Information in sich schliessen.

Das Ohr und die Retina bringen dem Gehirn nur elektrische Signale. Diese Codierung und die cerebrale Wiedererkennung sind noch zu erforschen. Sicher ist, dass eigentlich erst das Gehirn sieht und hört, d. h. die Signale zu verwerten vermag. Durch Schleiffehler verfremdete Brillen liefern dem Gehirn Signale, die nach einiger Zeit verstanden werden können, dazu ist ein Lernprozess notwendig. Wird die normale Brille aufgesetzt, so ist ein neuer Lernprozess notwendig, um das normale Sehen zurückzugewinnen.

Das Genom lässt seinen Code mit allen Einzelheiten erkennen. Die postnatalen Verdrahtungen wirken als besondere cerebrale Verbindungen und modifizieren die Verarbeitung der Inputs. Eine Codierung und Evokation liegen bei ihr aber nicht vor.

Im Falle des Kurzzeit-Gedächtnisses liegt als Input die stehende 20 Sekunden disponible elektrische Schwingung vor, die nun aber transformiert und neu codiert werden muss.

Der Input in das Langzeit-Gedächtnis erfordert nur die Überführung der RNS-Matrize des Kurzzeit-Gedächtnisses in eine Dauerform. Dabei ist eine Proteinsynthese notwendig und auch durch Experimente sichergestellt.

Die Abrufmechanismen sind im Falle der genetischen Information ziemlich gut bekannt. Schwieriger aber wird der Abruf der flüchtigen Inskription, die sich in der stehenden elektrischen Schwingung findet, zu erklären sein. Im Grunde genommen besteht gar kein Abruf, sondern nur eine Selektion zur Weiterführung in eine folgende Stufe. Es entstehen zwei grosse Fragen: Liegt lokale cerebrale Inskription vor, und was heisst Bewusstsein? Beide Sachverhalte kommen schon für das Ultrakurzzeit-Gedächtnis in Frage. Man hat die Vorstellung, dass die Engramme sich auf cerebrale Bezirke beschränken, aufgegeben und sieht sich zur Annahme veranlasst, dass das ganze Gehirn, oder mindestens eine enorme Zahl von Zellen die Engramme trägt [GRUSE (9), LASHLEY 10)]. In diesen Zellen müsste ein abrufbares Gebilde entstehen. Eine örtliche Beschränkung einer Leistungsmöglichkeit im Gehirn ist bekannt, corticale Bezirke (motorisches und sensorisches Sprachzentrum) und subcorticale Kerne (Augenmuskelaktivität). Es stellt sich nun die Frage, ob eine Ubiquität der Engramme verstanden werden könnte. Das trifft wohl zu, denn das Genom ist auch auf jede Zelle des Körpers verteilt. Eine Hautzelle enthält das ganze genetische Programm, obwohl sie aus ihm während ihrer Existenz nur einen kleinen Bedarf der Evokation hat.

	Input	Struktur	Rückwirkung vom Gehirn	Abruf Evokation möglich	Bedeutung
Genom		DNS, gegeben Keimzelle und geteilte Zelle		während des ganzen Lebens	Determination der Species
Ultrakurzzeit-gedächtnis	Totalität aller Signale von aussen	elektrische Schwingungen	I. Selektion für den nächsten Speicher	für 10–20–(30) Sekunden	Ausrüstung für den Augenblick (Reaktion)
Kurzzeit-Gedächtnis	Schwingungen des Ultrakurzzeit-Gedächtnisses	RNS-Matrize	II. Selektion für den nächsten Speicher	für 20 Minuten	Ausrüstung für eventuell wichtige Aktivität
Langzeit-Gedächtnis	RNS-Matrize des Kurzzeit-Gedächtnisses Cerebrale Ergebnisse, sekundärer Input	fixiertes RNS	Bewahrung Retrograde cerebrale Aktivitäten	pro vita	Ausrüstung für relevante Aktivitäten der Person
Postnatale cerebrale Prägung	Reize in tempore utile	Synapsen Verbindungen der Hirnzellen	besondere intracerebrale Verbindungen		Ausrüstung für die Welt, in die man geboren wird

Auch die scheinbar unbegrenzte Kapazität der Engravierung hat in den genetischen Gegebenheiten ein Analogon, das ein Verständnis nicht von vorneherein ausschliesst. Tatsachen nehmen auf unser Verständnisvermögen schliesslich keine Rücksicht.

Die Zusammenhänge der fünf Einrichtungen der Ausrüstung sollen tabellarisch dargestellt werden.

6 Bildung von Modellen dieser Strukturen und Vorgänge

Es ist unserem Denken nicht möglich, gespeicherte, erworbene und abrufbare Informationen anders als Strukturen und Anordnungen zu verstehen. Nur etwas schon Bestehendes und Eindeutiges, Angeordnetes kann abgerufen werden. Die Eindeutigkeit des Inhaltes ergibt sich aus der Eindeutigkeit der Anordnung. Diese Lehre erteilt uns wieder die Einsicht in die genetische Information. Wie der Abruf erfolgt, ist damit noch nicht festgelegt. Ob das gleiche Modell für alle Abrufe gültig ist, kann noch nicht bewiesen werden. Anordnungen als Informationsträger können eindimensional, zweidimensional, dreidimensional oder durch eine Welle gegeben sein.

Das Genom trägt eine Information, die letzten Endes eindimensional angeordnet ist. Eine Schallwelle enthält Interferenzen eindeutig inskribiert, wobei Frequenz, Amplitude und Phase der Einzelschwingung festgehalten werden. Diese Schwingung kann auf einer Schallplatte in eine fixe Anordnung und Dauerinformation gebracht werden. Damit ist eine räumliche Anordnung zur Information geworden. Es ist erstaunlich, mit welcher Selbstverständlichkeit wir den totalen Abruf dieser Schallplatteninformation hinnehmen. Es ist fast so, als ob wir en face dieser Tatasache unser Verständnis gar nicht bemühen.

Diese Hinweise sollen nur die Beziehung zwischen Welle und räumlicher Anordnung für Inskription und Abruf deutlich machen, sie enthalten aber noch keine Aussage über die cerebralen Vorgänge.

Das zweidimensionale Informationsmuster der Retina, das im Rezeptororgan entsteht, wird in eine elektrische Informationskette, also in eine andere Dimension übergeführt und erreicht so das Gehirn. Die Gedächtnisinhalte des Kurzzeit- und Langzeit-Gedächtnisses sind Molekülanordnungen, die als dreidimensionale Gebilde, als codierte Proteine aufgefasst werden können [Domagk und Zippel (13)].

Ein wellenartiges Informationsaggregat des Ultrakurzzeit-Gedächtnisses wird im Gehirn in diese dreidimensionale Anordnung übergeführt. Dieses Spiel Welle/Anordnung findet sich ja auch im Vorgang des Fernsehens. Transportform des Inputs ist eine Welle, Informationssubstrat ist am Eingang ein zweidimensionaler Raster. Erst dann beginnt wieder eine Welle.

Wir haben solche Vorgänge, Wechsel zwischen Welle und Anordnung, auch im biologischen Geschehen anzunehmen. Vorstellungsmöglichkeiten für diese Vorgänge sind aber noch dürftig. Wir sind gezwungen, Vorgänge zu erklären, die vom Gedächtsnisinhalt zu einem bewussten Erlebnis führen. Das Bild einer Rose, das gespeichert wurde, entsteht wieder, ohne dass das Auge, wohl aber das Gehirn beteiligt ist. Der Gedächtnisinhalt wird bewusst gemacht, ein Erlebnis neu belebt. Was die Bewusstwerdung ist, und wie sie herbeigeführt wird, ist neurophysiologisch noch nicht aufgeklärt. Ähnliches gilt auch heute noch für den Schlaf.

Der erste Schritt der Evokation muss ein Vorgang analog der Transkription von der DNS zur RNS sein. Das Grammophon-Modell könnte uns verführen, für den Abruf den gleichen Vorgang wie für die Festhaltung, allerdings in umgekehrter Richtung, anzunehmen. Dafür fehlen Anhaltspunkte.Ueber die Zugänglichkeit zu Engrammen und derer zeitweiliger Aufhebung liegen viele kasuistische Beobachtungen vor. Wir erinnern uns einer Person, erschauen ihr Bild, aber in einem Fall fehlt uns der Name oder auch nur der Vorname. Die Evokation benötigt mit Sicherheit horizontale intracerebrale Verbindungen. Welcher Energiebedarf für diese cerebralen Vorgänge besteht, wissen wir nicht genau. Schon die Durchblutung des Gehirns und die Folgen eines Ausfalles auch nur für sehr kurze Zeit, deuten auf grossen Energiebedarf. Das muss auch für Evokation und Neubildung von Engrammen angenommen werden. Schliesslich ist Evokation mit Denkergebnissen verbunden, die oft dauernd engraviert bleiben. Von der Hirnerschütterung wissen wir nur, dass sie augenblicklich das Bewusstsein für eine bestimmte Zeit ausschalten kann. Der Mechanismus ist uns noch unklar, metabolische Entgleisungen sind bei dieser zeitlichen Entwicklung nicht anzunehmen. Die Vorgänge, die im Schlaf elektroencephalographisch geschrieben werden können, das Traumgeschehen, in dem sowohl evokiert wird, aber auch nicht Erlebtes auftritt, gibt immer noch Rätsel auf verschiedenen Ebenen auf. Träume als endogene Erlebnisse werden übrigens sehr rasch vergessen, auch wenn sie beim Aufwachen sehr deutlich waren.

Es wurde bemerkt, dass die Resultate der Inputs, ebenso wie die Resultate der Evokation, bewusst werden können. Eine Definition des «Bewusstseins» befriedigt auch heute noch nicht. Es werden übrigens mehrere Bewusstseinskategorien unterschieden: Begriffe, welche Philosophen gebildet haben und auch benützen, sowie andere Kategorien, z. B. ein aggressives Selbstbewusstsein, ein Erkennen der Aussenwelt in diesem Augenblick oder das einfache Erlebnis, sich als Person zu verstehen. Bleuler (14), Bumke (15), Eccles (16), (17), (18), Rotschuh (12) und viele andere rangen oder ringen mit der Festlegung und Beschreibung dessen, was Bewusstsein genannt werden soll.

Die einfachste, primitivste Beschreibung könnte darin bestehen, dass sich bewusst zu unbewusst so verhält, wie ein Gegenstand im Licht zu einem Gegenstand im Dunkeln. Im Licht «erscheint der Gegenstand», im Dunkel

ist er für uns scheinbar inexistent. Im Brockhaus wird das Bewusstsein als «eine nicht weiter zurückführbare Qualität seelischer Vorgänge» bezeichnet. Man wird daraus nur entnehmen, dass es sich nicht beschreiben lässt. Andere unterscheiden einen metaphysischen, erkenntnistheoretischen, psychologischen und deskriptiven Bewusstseinsbegriff. Die vorliegende Darstellung verwendet nur den oben angegebenen vorläufigen und primitiven Begriff.

Evokation hat nur Sinn, wenn das Abgerufene bewusst werden kann, «ins Licht geraten kann». Es besteht kein Zweifel, dass auch Tieren diese Fähigkeit, etwas bewusst zu erleben und Evokationen bewusst zu bekommen, zusteht. Wie weit das in der phylogenetischen Reihe hinunterreicht, ist unbekannt. Ob aber schon das Lernvermögen in allen Fällen Bewusstsein voraussetzt, kann nicht mit Ja oder Nein beantwortet werden. Träfe das erste zu, so müssten schon sehr einfach gebaute Organismen ein solches Bewusstsein aufweisen. Das Lernvermögen geht mit Sicherheit bis zu den Plattwürmern und Fischen.

Die Frage, ob Pflanzen abrufbare Engramme aufweisen und ihnen gar etwas bewusst werden könnte, kann mit Beobachtungen oder experimentellen Resultaten nicht beantwortet werden. Wäre das ausgeschlossen, so könnte vermutet werden, dass der feste Standort der Pflanze eine Erklärung gibt. Das mobile Tier benötigt viele existenzsichernde Reaktionen, die in diesem Falle bei der Pflanze sinnlos sind. Da Pflanzen weder ein Zentralnervensystem noch Bahnen, die Nerven entsprächen, aufweisen, versagen die bei Tieren brauchbaren Modelle. Dass jede Pflanzenzelle Reizerfolge speichern kann und später anders reagiert, ist nicht ausgeschlossen. Damit ist aber Evokation noch nicht erwiesen. Ein Engramm ist nicht eine einfache Alteration eines Gebildes, der Begriff ist für abrufbare Veränderungen reserviert. Evokation löst Bewusstsein aus. Dass kleine Moleküle (z. B. Narkose) einen Zustand des Nichtbewusstseins auslösen, muss ohne eigentliches Verständnis hingenommen werden. Die Reversibilität und die anscheinende Unschädlichkeit der chemischen Intervention ist erstaunlich; ebenso die Tatsache, dass in der Narkose nur ein Teil der Leistungen ausfällt und vitale, cerebral gesteuerte vitale Vorgänge ungestört weitergehen.

Dass die Selektion inskribierter Inhalte und deren Weitergabe bewusst erfolgt, ist beschrieben. Dabei handelt es sich um cerebrale Aktivitäten höherer Kategorie, die aber auch einem Tier zuerkannt werden müssen. Die Biologie der Gegenwart schliesst anthropozentrische Betrachtungsweise und humane Monopole immer mehr aus. Die Erfolge der Netze elektronischer Steuerungseinrichtungen, die auf vielen Ebenen kontrollieren und neue Lagen zu verarbeiten vermögen, erteilen dem Menschen eine Leçon de Modestie.

7 Das Wesen einer Struktur

Nochmals begegnet man Definitionsschwierigkeiten. Die Vokabel ist zu einem Modewort geworden. Die verschiedensten Gebiete haben sich eigene Strukturbegriffe zugelegt [EDDINGTON (19)]. Die extremste Besonderheit ist der mathematische Strukturbegriff. Die Mathematik wird geradezu als die Lehre von den Strukturen bezeichnet.

In der vorliegenden Erörterung und Darstellung sollen unter Strukturen Anordnungen, die Informationen enthalten, verstanden werden. Dabei kann es sich um Wellen als Summe von Interferenzen und um räumliche Anordnungen im Grössenbereich von Molekülen handeln. Das NaCl-Molekül ist zu klein für einen Informationsträger und Riesenmoleküle, die Polymerisationen darstellen, sind ebenfalls ungeeignet. Sehr grosse und heteromorphe Molekülagglomerationen, wie sie in Organellen vorkommen, haben ebenfalls keine abrufbare Information. Gebilde in Bakteriophagen, cerebrale Verdrahtungen und Schaltstellen und Membranen können nicht einfach kopiert, erst recht nicht «abgerufen» werden. Sie können nur bei Zellteilungen neu gebildet, oder als Phagenpartikel intracellulär synthetisiert werden.

Es scheint sich somit um Limiten nach oben und unten für die Möglichkeit des Informationsträgertums und der Evokation zu handeln. Die fünf Kategorien der Ausrüstung, Genom, postnatale Prägung und drei abrufbare Speicherungen von exogenen und endogenen Informationen sind wesensverschieden. Das betrifft, wie ausgeführt wurde, Input, Selektion, Inhalt und Evokation. Für den Ausrüstungsvorgang in der postnatalen Prägung ist Evokation nicht auffindbar. Es handelt sich bei den Verdrahtungen auch nicht um Strukturen der Grössenordnung der übrigen vier Einrichtungen, sondern um Gebilde der Dimension von Organellen. Es sind daher noch einige Bemerkungen unerlässlich: Der Mensch, eine physiologische Frühgeburt, ist nicht allein Träger dieser postnatalen Vorgänge, die durch Verbindung von Gehirnzellen eine besondere Anpassung an seine besondere Umgebung schaffen. Da ein Vorgang offenbar gesetzmässig abläuft, ergibt sich für ihn auch ein begrenzter Zeitraum. Vögel müssen zu ganz bestimmter Zeit picken lernen, und Ratten bleiben schwer sehgestört, wenn man ihnen die Augen verbindet und die Zeit, in der kein Licht einfällt, verlängert. Ein Reifungsvorgang, der durch exogenen Input gelenkt wird, ist unwiederbringlich abgelaufen. Der «Leistungsabruf», der an die Verdrahtung gerichtet ist, lässt sich nicht vergleichen mit dem Abruf eines Engrammes. Die Darstellung dieser Sachverhalte beabsichtigt hinzuweisen auf die Basis der intracerebralen Vorgänge, die wir Denken nennen. Ohne Inputs und Engramme sind uns Denkvorgänge nicht vorstellbar. Auch die elektronischen Geräte in den Raumsonden benötigen für ihre Kontrollfunktion Inputs und Speicherungen. Noch einmal muss betont werden, dass diese Denkvorgänge nicht

den Menschen vorbehalten sind. Auch Tiere benötigen Entschlüsse; das Jagdverhalten der Raubtiere wäre sonst nicht möglich. Zunächst werden wohl horizontale Verbindungen zwischen den Zellen wirksam, dann werden durch hormonale Vorgänge und die Wirkung des Neurovegetativums (vegetative Person) gewisse Vorgänge und Selektionen gefördert oder gehemmt, und das Gehirn schafft endogenen Input durch «Zwischenresultate». Das alles sind Vorgänge, die wir vermuten müssen oder die wir uns anders kaum vorstellen können. Wo die Person beginnt und mit welch höhern Leistungen die Tätigkeit, die wir geistig nennen, abläuft, ist uns nicht bekannt. In diesem Bereich liegen die Humana. Sie sind der Bewunderung wert, aber ebenso die Strukturen und Vorgänge, auf denen sie basieren. Das Staunen darüber soll dem Menschen Anlass zu Bescheidenheit geben und ihn auffordern, von seinen ihm verliehenen Fähigkeiten einen Gebrauch zu machen, den er mindestens selbst als würdig, ja als biologische Aufgabe versteht. Diese Einsicht führt zu Pflicht und Verantwortung, Sprache und Schrift besitzen enorme Wirkungen; dort liegt auch die grösste Verantwortung.«Man added tradition to heredity» [Huxley (20)].

8 Schlussbemerkungen

Mehrfach wurde angedeutet, dass viele Vorgänge noch nicht bis in alle Einzelheiten bekannt sind, dass aber vorläufige Modelle für die Forschung unerlässlich sind.

Es wurde aber vermieden, einige zur Zeit stark beachtete und ausserhalb des Kreises der Fachleute besprochene Befunde zu erwähnen. Das soll nun nachgeholt werden in aller Kürze.

Das Skotophobin-Problem als Beispiel der Uebertragung von Lerninhalten

Ratten suchen im Zweifelsfalle dunkle Teile eines Raumes auf. Durch Strafen mit elektrischen Schlägen kann man sie aber in den hellen Teil vertreiben. Werden solche auf hell trainierte Tiere getötet und Extrakte ihres Gehirnes auf untrainierte Tiere gebracht, so verhalten sich diese Tiere so, als ob sie trainiert worden sind. Sie suchen, wie es scheint spontan, den hellen Teil auf. Die mit dem Exrakt übertragene wirksame Substanz soll ein aus 15 Aminosäuren bestehendes Polypeptid sein. Es erhielt den Namen Skotophobin. Teste mit dem synthetisierten Polypeptid sollen erfolgreich gewesen sein [Gruse (9), Domagk und Zippel (13), Ungar (21) (22)]. Analoge Ver suche eines Trainings zur Hinnahme anderer Einwirkungen führten zu Gehirnextrakten, die wirksam waren, aber andere Substanzen zu enthalten schienen. Es war also zur Bildung spezifischer Substanzen als Folge der Ein-

wirkung von aussen, die ein neues Verhalten erzwungen hatte, gekommen. Mehrere Autoren sprechen von Gedächtnismolekülen.

Diese Befunde sind erstaunlich und verdienen selbstverständlich Beachtung, aber auch erhebliche Zurückhaltung in der Interpretation. Es liegt mögliche Uebertragung eines Lernergebnisses vor. Da Lernergebnisse Engramme voraussetzen, wagte man die isolierten Körper als Gedächtnismolekühle zu bezeichnen. Die Autoren sehen im Versuchsfall einen Beweis, dass Gedächtnisinhalte in Polypeptide eingeprägt worden sind. Eine Vererbung erworbener Eigenschaften ist damit nicht bewiesen. Die Weitergabe an Nachkommen ist nicht bekannt. Es liegen auch noch andere Einwände vor gegen eine weitreichende Interpretation. So verschwindet das Skotophobin nach 10–15 Tagen, obwohl das Trainingsresultat weiterbesteht.

Modelle für die intercerebralen Aktivitäten und die Evokation der Gedächtnisinhalte, die Holographie

Das 1948 von D. Gabor erarbeitete Verfahren hat unsere Auffassung über Abbildungsmöglichkeiten ausserordentlich stark erweitert. Man hat erkannt, dass eine zu einem Strahlenbüschel senkrechte Querschnittsebene Informationen über Amplituden und Phasen enthält, die es erlauben, das Schicksal des Strahlenbüschels in andern Querschnittsebenen anzugeben. Eine erstaunliche Weiterung besteht darin, dass ein beliebiges Teilstück des Hologrammes bis auf eine Minderung der Auflösung, das gleiche Bild liefert wie das vollständige Hologramm. In jedem Punkt des Hologrammes sind Informationen von allen Teilen des Gegenstandes gespeichert. Es ist sehr verständlich, dass in solchen Möglichkeiten ein Modell für die Evokation gesehen wird, ebenso für die Ausbreitung, die von einem Gedächtnisinhalt ausgeht. Eine Erörterung der Besonderheiten würde aber den Rahmen der Darstellung sprengen [Gruse (9), Flechtner (23), Zilliken, Abdallah (24)].

Welches Anliegen liegt dieser Darstellung zu Grunde?

1. Es sollte der Begriff der Ausrüstung des Organismus für verschiedene Aufgaben und Zeiträume in den Vordergrund gerückt werden. Der Organismus der Metazoen erfährt bei seinem Eintritt in seine Lebenszeit wichtige Zusätze zu seiner genotypischen Struktur. Diese Zusätze erleichtern die Lebensbewältigung und geben Möglichkeit einer Konfiguration, die nur dem Einzelwesen zukommt. Dabei wird die Wirkung der Umwelt, ihr Reizspektrum, überdeutlich, ebenso die Dynamik des Lebens. Leben ist kein Zustand, sondern ein Vorgang. Diese Verhältnisse werden vorerst nur beim Metazoon ersichtlich.

2. Festhaltung von Flüchtigem und Abruf der Konservierung sind Wirklichkeiten. Die Mechanismen sind aber noch nicht befriedigend erforscht. Wir sind genötigt, Modelle zu finden, um überhaupt Erörterungen anzustellen und Möglichkeiten zu erwägen. Allerdings soll man sich der Distanz zur Wirklichkeit und Sicherheit klar sein. HEISENBERG (25) schrieb: «Wenn man alles Unklare ausgemerzt hat, bleibt wahrscheinlich nur völlig uninteressante Tautologie übrig».

3. Die Selektion des zur Festhaltung würdigen Inputs und die Evokation sind Vorgänge, die dem nahestehen, was wir «Denken» nennen, denn in beiden Vorgängen werden Resonanzen und zusätzliche Evokationen ausgelöst, die mit dem einzelnen Input und nur seiner Evokation nichts zu tun haben. Dass hier grösste Behutsamkeit und Vermeidung von Überinterpretationen ratsam sind, wenn nach auch nur vorläufigen Erklärungen gesucht wird, ist nicht zweifelhaft.

Naturerkenntnisse dienen nicht nur den Fachleuten, sondern ebenso sehr auch den Aussenstehenden, vorausgesetzt, dass ein Bedürfnis nach Welt- und Selbsterkenntnis vorliegt. Das ist heute ein Problem, das sich uns dringender und mit grösserem Ernst als in früheren Zeiten stellt.

Literaturverzeichnis

1. Bresch, Carsten (1977): Zwischenstufe Leben. - Piper
2. v. Ditfurth, Hoimar (1972): Im Anfang war der Wasserstoff. - Hoffmann und Campe
3. v. Ditfurth, Hoimar (1970): Kinder des Weltalls. - Hoffmann und Campe
4. v. Ditfurth, Hoimar (1974): Volker Arzt: Dimensionen des Lebens. - DVA
5. Schrödinger, Erwin (1951): Was ist Leben. - Francke
6. Vester, Frederic (1975): Denken, Lernen und Vergessen. - DVA
7. v. Bertalanffy, Ludwig (1951): Theoretische Biologie. - II. Band, Francke
8. v. Bertalanffy, Ludwig, Beier, Walter und Laue, Reinhard (1977): Biophysik des Fliessgleichgewichts. - Vieweg
9. Gruse, Holk: Untersuchungen und Hypothesen zur Funktion des Gedächtnisses. - Naturwissenschaftliche Rundschau 31. 1. 1978
10. Lashley, K. S., in Symp.Soc.Exp.Biol. 4.454 1950
11. Atkinson, R. C., Shiffrin R. M., in Scient.Amer. 225.82 1971
12. Rothschuh K. E. (1959): Theorie des Organismus. - Urban und Schwarzenberg
13. Domagk, G. F. und Zippel H. P.: Biochemie der Gedächtnisspeicherung. - Die Naturwissenschaften 57.152 1970
14. Bleuler, Eugen (1921): Naturgeschichte der Seele und ihres Bewusstwerdens. - Julius Springer
15. Bumke, Oswald (1942): Gedanken über die Seele. - Springer Verlag
16. Eccles, John C.: Das menschliche Gehirn, Lernen, Gedächtnis, Bewusstsein. - Hexagon 8. 1. 1977
17. Eccles, John C. (1973): Das Gehirn des Menschen. - Piper
18. Eccles, John C.: Die menschliche Persönlichkeit, ein wissenschaftliches und philosophisches Problem. - Naturwiss. Rundschau 34. 227 1981
19. Eddington, Arthur (1949): Philosophie der Naturwissenschaft. - Francke
20. Huxley, J. S. (1929): Biology of the human race: In: G.G. Wells, J.S. Huxley and G.P. Wells. The Science of Life New York
21. Ungar, G. in: die Naturwissenschaften 59.86 1972
22. Ungar, G. in: die Naturwissenschaften 60.307 1973
23. Flechtner, H.J. (1976): Biologie des Lernens. - Hirzel
24. Zilliken, F., Abdallah, K. (1973): Molekularbiologische Grundlagen des Kurz- und Langzeitgedächtnisses. - Schattauer
25. Heisenberg, Werner (1969): Der Teil und das Ganze. - Piper

Manuskript abgeschlossen: 10. September 1981
Adresse des Autors: Dr. med. Hans Scholer, Bahnhofplatz 12, 4410 Liestal