

Kolumnentitel: KOGNITIV-REFLEXIVE GEHIRNORGANISATION DES MENSCHEN

Naturwissenschaftliche Psychologie der kognitiv-reflexiven
Gehirnorganisation des Menschen

Hans zur Deveste
Universität Hamburg

Autorenhinweis

Hans zur Deveste ist Privatdozent im Fachbereich Psychologie
der Universität Hamburg und Honorarprofessor für Psychologie
an der Fresenius University.

Korrespondenzadresse: Hans zur Deveste, Wittenbergstr. 12,
D-22761 Hamburg.

Zusammenfassung

In der folgenden Abhandlung wird eine neue Theorie der kognitiven Reflexion vorgeschlagen, die streng auf neuronalen Funktionen des Gehirns aufbaut. Einerseits versucht die Theorie, Vorstellungsprozesse auf der Grundlage des Mechanismus der Spiegelneuronen zu erklären. Andererseits greift sie auf die gut bekannten Strukturen der Informationsverarbeitungs-Theorie zurück. Die Erklärung geschieht ganz im Rahmen des von Damasio (2010) vorgeschlagenen Ansatzes eines neuronalen Konvergenz-Divergenz-Austausches.

Schlüsselwörter: Theorie geistiger Prozesse, Vorstellung, Spiegelneuronen, Konvergenz-Divergenz-Organisation

Abstract

In this article a new theory of mind is suggested basing strongly on neuronal functions of the brain. On the one hand the theory is founding the process of imagination, which is considered in close connexion to the mechanism of mirror neurons. On the other hand it is discussed in the well known terms of information processing theory. A frame is given by neuronal Convergence-Divergence-Exanges as described by Damasio (2010).

Key words: Theory of mind, Imagination, Mirror Neurons,
Convergence-Divergence-Processes:

Naturwissenschaftliche Psychologie der kognitiv-reflexiven Gehirnorganisation des Menschen

Der vorliegende Beitrag ist der dritte Aufsatz einer Trilogie, die einen geschlossenen Überblick über die physikalischen Grundlagen der Evolution der Psyche geben möchte. Nach der naturwissenschaftlichen Psychologie der präneuronalen und neuronalen Entwicklungsphasen des Lebens (zur Oeveste 2019 a und b), wird hier die Psychologie der kognitiv-reflexiven Phase des Lebens abgehandelt. Etwas schlichter gesagt geht es um eine naturwissenschaftliche Basis des Vorstellens und Denkens.

Die Gedanken sind frei

Die Gedanken sind frei,

wer kann sie erraten?

Sie huschen vorbei

wie nächtliche Schatten.

Kein Mensch kann sie wissen,

kein Jäger sie schießen,

es bleibt dabei,

die Gedanken sind frei.

Dieses alte deutsche Volkslied präzisiert die phänomenologische Situation des Denkens und Vorstellens auf eindrucksvolle Weise. Die Gedanken stellen sich uns vor, stehen uns vor Augen. Wir sprechen auch gerne vom "geistigen" oder "inneren" Auge, mit dem wir sie sehen.

Zugleich werden sie wahrgenommen wie Dinge oder Ereignisse. D.h. auch unser Denken und Vorstellen repräsentiert die grundsätzlich duale Natur der Psyche. Sie folgen Axiom 1 einer naturwissenschaftlichen

Axiomatik der Psychologie, wie zur Deveste sie (2019 a und b) formuliert hat:

Axiom 1

Mit der Trennung von elektrischer und magnetischer Kraft entstehen grundsätzlich

- a) ein inneres Spannungserleben und
- b) ein äußeres Raumerleben.

Zur Deveste geht davon aus, dass Psyche physikalisch gesehen auf elektrodynamische Prozesse aufbaut, zunächst in der Membran der Zelle, später dann im sich entwickelnden Nervensystem. Ihre Dualität erhält sie, indem sich elektrische Energie von magnetischer Energie trennt und so eine Innenwelt mit zwei Polen begründet, eine innere Spannung, die wir als Subjektivität oder Singularität erleben, und eine Gerichtetheit nach außen, die wir als Raum erleben (vgl. Abb. 1).

Etwa hier Abbildung 1 einfügen

Das Volkslied betont, dass die Besonderheit der Gedanken darin besteht, dass sie rein subjektiv sind. Sie sind "frei" und "kein Mensch kann sie wissen", kein anderer sie beobachten. Dennoch haben sie den Charakter von Wahrnehmungen. Sie "huschen vorbei wie Schatten". Als Wahrnehmungen sind sie Teil der Realität im

"Jetzt und Hier". Allerdings sind sie selbstvögeeinzigartiger Immaterialität. Wie aber können sie dann zu Wahrnehmungen werden und zu einem Teil der Realität?

Dieser Widerspruch ist keineswegs trivial. Wenn sie die Eigenschaft der Materialität entbehren, entziehen sich Gedanken und Vorstellungen den Erkenntnismöglichkeiten der modernen Naturwissenschaften. Dennoch sind sie ohne Zweifel Prozesse der Natur und haben sich im Laufe der Evolution entwickelt. Wie kommen wir aus diesem Dilemma heraus? Wie kann man Vorstellungen und Gedanken naturwissenschaftlich begründen? Wir müssen einen Umweg über eine Entdeckung machen, die zu den spektakulärsten der modernen Neuropsychologie gehört, die Entdeckung der Spiegelneuronen.

Die Entdeckung der Spiegelneuronen

1991 untersuchten die italienischen Forscher Rizzolatti und Gallese Handlungsmuster im prämotorischen Cortex höherer Primaten (Makakken). Zu diesem Zweck hatten sie Elektroden in Zentren eingeführt, die bestimmte Handbewegungen repräsentierten, so dass sie bei der Ausführungen der Handlungen durch die Tiere die elektrischen Entladungen der Nervenzellen unmittelbar messen konnten (Rizzolatti et al., 1996).

Eine besondere Überraschung war, dass die spezifischen elektrischen Entladungen auch dann auftraten, wenn die Tiere nicht selbst handelten, sondern nur das Bild der entsprechenden Handlung, die von einem anderen Individuum ausgeführt wurde, in ihrem Gesichtsfeld erschien. Die Forscher gaben den bewegungsrepräsentierenden Neuronen den treffenden Namen Spiegelneuronen.

Weltweite Aufmerksamkeit erhielten die Forschungen 1998

durch einen Vortrag auf der 5. Tucsonkonferenz ("toward a science of consciousness"). Der bedeutende Neuropsychologe Ramachandran kleidete die durch die Entdeckung der Spiegelneurone visionäre Perspektive für die Psychologie in folgende Formulierung: "I predict, that mirror neurons will do for psychology, what DNA did for biology" (Ramachandran, 2003). Auf welcher hirnhysiologischen Basis funktioniert der Mechanismus der Spiegelneuronen? Wir folgen der Darstellung von Joachim Bauer, der die Forschungen über Spiegelneuronen für den deutschen Sprachraum populär zusammengefasst hat (Bauer, 2005, S. 52f.).

Der Prozess beginnt im Okzipitalhirn, wo optische Eindrücke in ihren Grundelementen (Punkte und Linien) repräsentiert werden (1). Im optischen Interpretationssystem des Temporallappens (2) werden Bewegungen und damit auch Handlungen interpretiert. Von da aus gibt es eine Verbindung zur inferioren Region des Parietallappens (3). Hier werden die Bewegungsbilder mit extero- und propriozeptiven Informationen verbunden. Schließlich endet der neuronale Prozess im unteren Teil der prämotorischen Rinde des Frontallappens (4). Dies ist die Region der Spiegelneuronen und hier sind die Muster zielgerichteter Handlungen hinterlegt (vgl. Abb. 2).

Etwa hier Abbildung 2 einfügen

Die evolutionäre Bedeutung der Spiegelneuronen liegt darin, dass mit ihrer Hilfe die Nachahmung sozialen Verhaltens möglich wird.

Nachahmung ist bei den Säugetieren ein grundlegender Lernmechanismus. Er fördert die Realisierung genetischer Entwicklungsprogramme.

Die Nachahmung der Kopfbewegung z.B. dient der Lenkung des Blickes im Raum und damit der Steuerung der Aufmerksamkeit. Für den Menschen ist diese Funktion in Verbindung mit der Funktion des Zeigefingers (deiktische Funktion) genuin für das Entstehen der repräsentationalen Intelligenz (Markowitsch & Welzer, 2005, S. 179).

Nachahmung ist auch ein zentraler Mechanismus für das Erlernen von Sprache. Sie beginnt im frühen Säuglingsalter mit ganzkörperlichen Bewegungen, die sprachliche Rhythmen begleiten. Die phonetische Selektion, Silben- und Wortbildung, Grammatik und der Aufbau von Sprachkomplexen sind weitere Stationen auf diesem Entwicklungsweg.

Für Merlin Donald, der ein klassisches Werk über die Evolution des menschlichen Geistes verfasst hat, ist Nachahmung (Mimesis) die entscheidende Basis für die Entwicklung rationaler Intelligenz (Donald, 2001). Piaget sieht den kritischen Schritt von der sensorischen zur operativen Intelligenz in der Möglichkeit zur "aufgeschobenen" Nachahmung (Piaget, 1975). Es ist die aufgeschobene Nachahmung, die auch die Funktion der Spiegelneuronen im engeren Sinne kennzeichnet.

Entscheidend ist der Mechanismus, der die tatsächliche Ausführung der gespiegelten Handlung hemmt. Eine unkontrollierte Enthemmung ist pathologisch und als Tourette-Syndrom zwanghafter Handlungen eine bekannte neurologische Störung (Kolb & Whishaw, 1993).

Die Entstehung der Vorstellung als Umkehrung des neurologischen Spiegelprozesses

Die Spiegelneuronen bilden die Endregion als Ziel einer Reihe von Wahrnehmungsprozessen in der Rinde des Großhirns. Über weitere präfrontale Felder werden sie mit dem Zwischenhirn und dementsprechend mit der Repräsentation von Emotionen und Motivationen verbunden. Für Bauer ist diese Verbindung die wesentliche, weil sie nach seiner Meinung: Mitgefühl und Mitleiden begründet (Bauer, 2005).

Wir haben die Frage gestellt, wie Vorstellungen und Gedanken entstehen können, ohne dass sie eine Grundlage in der äußeren Wahrnehmung haben. Die Antwort liegt jetzt auf der Hand: Wir müssen den Prozess der Wahrnehmungsspiegelung von Handlungen nur in umgekehrter Richtung betrachten, sozusagen die "Rückseite des Spiegels" (Lorenz, 1973) analysieren. Handlungen gehen von Motiven aus. Im Gehirn ist nach den Forschungsarbeiten von Panksepp (1998), Damasio (1999, 2010) und Solms (2001) der Hirnstamm Ausgangspunkt für Grundemotionen und die durch sie getragenen Motive.

Der Hirnstamm interagiert mit bestimmten Strukturen des Zwischenhirns, vor allem mit dem Hypothalamus und der Amygdala. Durch Vermittlung des medialen Thalamus erreicht ein Teil der elektromagnetischen Energie das Feld 46 (nach Brodmann) des präfrontalen Cortex. Über die Verbindung mit dem Brocaschen Sprachzentrum, und dieser Umweg ist, wie wir noch sehen werden, von hoher psychologischer Relevanz, gelangt die motivationale Energie in die untere Region der präfrontalen Rinde, in der sich die Spiegelneuronen befinden.

Von hier aus kann sich der Prozess der Handlungsspiegelung

umkehren, indem er seinen Weg von der präzentralen Repräsentation der Handlung zur postzentral repräsentierten Wahrnehmung nimmt. Unter der Voraussetzung, dass die Ausführung der sekundären Handlungsprogramme in der Realität gehemmt wird, spiegeln sich in den entsprechenden postzentralen Feldern die mit auf bestimmte Weise motivierten Handlungsabfolgen verbundenen Wahrnehmungserlebnisse. Diese Spiegelung erscheint uns als Vorstellung.

Wir können jetzt grundsätzlich formulieren: Die Vorstellung entsteht auf dem Wege von der Motivation (generiert im Hirnstamm und im Zwischenhirn) über die Repräsentation sekundärer Handlungsprogramme in den Spiegelneuronen als Spiegelung der Wahrnehmung in den rezeptiven Feldern der postzentralen Rinde. Oder kurz: die Vorstellung ist die Umkehrung der Handlungsspiegelung.

Dieser Satz ist so fundamental, dass man ihn als Umkehrung der behavioristischen Verknüpfung von Reiz und Reaktion verstehen kann. Für den Behaviorismus gilt formelhaft die Verbindung:

$$S \longrightarrow R$$

Auf einen Stimulus (S) folgt ein Response (R).

Für die Vorstellung gilt formal:

$$R' \longrightarrow S'$$

Auf eine in den Spiegelneuronen des Gehirns repräsentierte Reaktion (R') folgt eine Vorstellung (S') als Repräsentation der mit ihr verbundenen wahrgenommenen Realität.

Wenn wir die Vorstellung, was naheliegt, als Basis eines reflexiven Bewusstseins ansehen, können wir grundsätzlich feststellen: Das reflexive Bewusstsein entsteht neuropsychologisch begründet als eine Umkehrung (Spiegelung) der behavioristisch

fundamentalen Verknüpfung von Reiz und Reaktion. Das bedeutet nicht mehr und nicht weniger, als dass wir auf der Basis des Mechanismus der Spiegelneuronen eine behavioristische und zugleich neuropsychologische Definition des Bewusstseins geben können. Vielleicht ist das die bereits zitierte Vision von Ramachendran, "mirror neurons as the DNA for psychology".

Es gibt aber noch zwei grundsätzliche Probleme zu klären:

1. Welches ist der hemmende Mechanismus, der verhindert, dass sich die sekundären Handlungsprogramme in primäre reale Aktionen umsetzen?

Es sei nur nebenbei bemerkt, dass diese Hemmung auch genuin für den ursprünglichen Spiegelprozess ist, den Rizzolatti und Gallese entdeckt haben. Der Hemmungsmechanismus selbst ist bis heute unbekannt geblieben.

Das zweite Problem besteht in der Klärung der Frage:

2. Was ist eine gespiegelte Wahrnehmung?

Mit anderen Worten: Was ist die Vorstellung in ihrer psychologischen Erlebenssubstanz? Wie kann das Gehirn eine gespiegelte Wahrnehmung erleben, ohne dass eine Wahrnehmung von außen erfahren wird? Wie funktioniert eine "Wahrnehmung von innen"? Die erste Frage müssen wir noch zurückstellen. Der zweiten werden wir uns im folgenden Abschnitt zuwenden.

Die neuropsychologische Erzeugung der inneren Wahrnehmung

Ausgehend von den Zentren für Motivationen erreicht die neuronale Erregung das Feld der Spiegelneuronen. Von hier aus verläuft der Weg wie in Abb. 2 dargestellt, nur in umgekehrter Richtung weiter. Über die inferiore Parietalregion wird das optische

Interpretationssystem im Temporallappen erreicht (vgl. Abb. 3). Dort baut sich das Erleben der Vorstellung aus der elektromagnetischen Erregung auf.

Etwa hier Abbildung 3 einfügen

Wie zur Oeveste beschrieben hat, entstehen Wahrnehmungsqualitäten (z.B. optische Qualia) durch unterschiedliche Quantenniveaus der elektronischen Energieverteilung in biochemischen Makromolekülen (zur Oeveste, 2019 a und b, Axiom 5). Der elektrodynamische Ionenfluss führt an den Zellmembranen der entsprechenden Nervenzellen zu einer Neuverteilung der elektronischen Energie. Indem sich die Ionen an die Makromoleküle der Zellmembran anlagern, ändert sich das Energieniveau der peripheren Elektronenverteilung sprunghaft. Damit unmittelbar verbunden ist die Genese erlebbarer Wahrnehmungsqualitäten nach Massgabe der Quantenzahlen. (vgl. Abb. 4).

Etwa hier Abbildung 4 einfügen

Die im optischen Interpretationszentrum generierten Bewegungsbilder stehen in Interaktion mit weiteren Regionen des Temporallappens, in denen Bilder von Personen, Tieren und Gegenständen erzeugt werden. Diese optisch sensorischen Felder

sind mit dem Okzipitallappen verbunden, in dem als primäre Elemente optischer Wahrnehmung einfache im Raum in verschiedenen Richtungen orientierte Linien erzeugt werden (Hubel & Wiesel, 1982). Die von innen her durch Umkehrung der Spiegelfunktion generierten Wahrnehmungserlebnisse sind Vorstellungen. Sie unterscheiden sich wesentlich von den Wahrnehmungen der äußeren Realität.

1. Sie realisieren sich in einem eigenen Vorstellungsraum, der uns vor Augen zu stehen scheint, d.h. in den Raum der äußeren Wirklichkeit hinausprojiziert wird. Die Entwicklung dieses Vorstellungsraumes werden wir in einem gesonderten Abschnitt dieses Aufsatzes darstellen.

2. Optische Vorstellungen sind in der Regel wenig farbig und schattenhaft flüchtig. Sie bilden Gegenstände eher abstrakt und in linienhafter Konturierung ab. Dieser Sachverhalt hängt damit zusammen, dass es vor allem gespiegelte Augenbewegungen sind, die optische Vorstellungen erzeugen.

3. Optische Vorstellungen sind genuin mit Formen inneren Sprechens verbunden, einerseits mit Wörtern und Begriffen, andererseits mit Satzstrukturen, die sich nach grammatischen Regeln bilden.

4. Inneres Sprechen ist selbst eine Form der Vorstellung, die interessanterweise im Erleben als "innere" akustische Wahrnehmung gegeben ist.

Wie diese grundlegenden Formen menschlichen Vorstellungsvermögens mit der frontalen und präfrontalen Region des Gehirns in Zusammenhang stehen, wird im folgenden Abschnitt erörtert.

Das Frontalhirn und seine Beziehung zur Vorstellungsfunktion

Brodmann hat bereits 1925 aufgrund histologischer Forschungen die funktionale Topologie des Gehirns so genau abbilden können, dass sie heute noch Gültigkeit hat (Brodmann, 1925). Abbildung 5 zeigt die Brodmannsche Kartierung des Frontalhirns.

Etwa hier Abbildung 5 einfügen

Die für Vorstellung und Denken des Menschen so bedeutsamen Spiegelneuronen befinden sich im unteren Bereich der sekundären motorischen Rinde. Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass wir über die anatomische Lage der Spiegelneuronen nur aus Studien am Gehirn der höheren Primaten (Makakken) etwas wissen. Beim Menschen verbietet sich natürlich eine direkte elektro-physiologische Ableitung aus ethischen Gründen. Hier kann die Funktion der Spiegelneuronen nur sekundär durch die Messung minimaler Innervationen in den Extremitäten festgestellt werden.

Da beim Menschen die Verhaltensspiegelung den gesamten prämotorischen Bereich betrifft, möchte ich die Hypothese aufstellen, dass sämtliche prämotorischen Neuronen die Funktion von Spiegelneuronen haben.

Für das Verständnis der Vorstellung und des Denkens ist die funktionale Aufteilung der präfrontalen Rinde von besonderem Interesse. Um das Brodmannsche Feld 46 herum, das die aus den tieferen Regionen des Gehirns stammenden Motivationen repräsentiert,

gruppieren sich die Felder 8 und 9 (vgl. Abb. 5). Diese steuern sekundär unsere Augenbewegung. Die Augenbewegung ist fundamental für das Erkennen von Objekten. Zunächst einmal tasten wir den gesamten Sehraum mit den Augen nach Objekten ab. Einzelne Gegenstände umfahren wir dazu in ihren Umrissen. Nicht so sehr die Verteilung heller und dunkler Flächen im Raum, sondern die Kontur bildet die Grundlage der optischen Wahrnehmung. Wie Hubel und Wiesel 1982 festgestellt haben, ist das Okzipitalhirn, von dem die optische Wahrnehmung ihren Ausgang nimmt, anatomisch in vertikale Säulen untergliedert, die jeweils einfache räumlich orientierte Linien repräsentieren. Aus solchen Teilstücken der Kontur wird die optische Gestalt in einem ersten Schritt konstruiert. So erweist sich die Augenbewegung als Grundlage der realen Wahrnehmung im Wirklichkeitsraum.

Wir haben jetzt eine Möglichkeit, die eigenartige Blässe und Schattenhaftigkeit von Vorstellungsbildern sowie ihre Gebundenheit an die einfache Konstruktion schemenhafter Linien zu erklären. Auch die Neuronen der Augenbewegung sind Spiegelneuronen, so dass die tatsächliche Bewegungsausführung sekundär gehemmt werden kann. Es sind genau diese sekundären Programme der gespiegelten Augenbewegung, die die Vorstellung in ihrem verblässenden Erlebnisgehalt begründen und vom lebendigen optischen Erleben der Realität abgrenzen.

Die Trennung der optischen Spiegelfunktion von der realen optischen Wahrnehmung ermöglicht den eigenartigen Sachverhalt, dass beide Funktionen zugleich in Tätigkeit sein können. Wir können die Realität um uns herum optisch wahrnehmen, während wir vor unserem "inneren Auge" Vorstellungen generieren, die mit dieser Realität

räumlich und zeitlich gar nichts zu tun haben müssen. Das "innere Auge" bespiegelt einen Raum, der als kleiner, uns vor Augen stehender Bestandteil in den großen, uns umgebenden realen Raum hinein projiziert wird. Wir können grundsätzlich sagen: dieser Projektionsraum ist der funktionale Raum optischer Spiegelneuronen. Der "Wahrnehmungsraum" der partiell unter Bewegungshemmung stehenden Spiegelneuronen ist der Vorstellungsraum. Dieser Raum ist keine Metapher sondern ein Bestandteil der Realität. Man kann seine Entwicklung im Laufe des Übergangs von der sensomotorischen Organisation zum anschaulichen Denken, wie Piaget ihn in der kognitiven Entwicklungspsychologie beschrieben hat, nachzeichnen, worauf wir zurückkommen werden.

Der Vorstellungsraum ermöglicht es, die gegenwärtige Wirklichkeit, das Erleben des "jetzt und hier", zu transzendieren. Er hat u.a. die Funktion, sich auf vergangene und zukünftige Realitäten zu beziehen. Er kann darüber hinaus die Wirklichkeit als solche transzendieren, indem er Raum und Zeit ins unendlich Große (das Infinitesimale) und unendlich Kleine (das Indivisible) erweitert.

Diese für das philosophische und moderne physikalische Denken des Menschen ganz entscheidende Reflexionsmöglichkeit wird dadurch erreicht, dass der reale Raum psychologisch auf den Vorstellungsraum zurück projiziert wird. So entsteht der fiktive Raum unserer Denkopoperationen. Der Vorstellungsraum für unser Denken ist eine Reprojektion des Realraumes. Diese begründet die psychologische Möglichkeit zur operationalen Fiktion.

Dem Brodmannschen Feld 8 ist das Feld 6 benachbart. Dieses

spiegelt die Gesamtbewegung des Körpers, davon in besonderem Ausmaß speziell die Handbewegung.

Feld 9 dürfen wir als konvergente Zone der Koordinierung von Augen- und Handbewegung annehmen. Im engeren Sinne handelt es sich um einen Konvergenz-Divergenz-Austausch mit den Feldern 6 und 8 nach der C-D-Theorie von Damasio (2010).

Die Auge-Hand-Koordinierung spielt auch eine zentrale Rolle in der Theorie der sensomotorischen Entwicklung nach Piaget. Säuglinge verfügen bis zu einem Alter von 1 bis 1.5 Jahren noch nicht über die arteigene Bewegungsform der Erwachsenen. Sie sind "physiologische Frühgeburten" (Portmann, 2000), die auf die Welt kommen, bevor sie den arteigenen Bewegungsraum nutzen können. Das bedeutet, dass der Säugling seine frühen Umwelterfahrungen in einem reduzierten Bewegungsraum macht und dementsprechend wird sein Gedächtnis geprägt. Es handelt sich um jenen begrenzten Realraum, den die Kinder auf dem Rücken liegend, krabbelnd oder sitzend vor Augen haben. Dieser frühkindliche Handlungs-Nahraum ist in der Entwicklungspsychologie als Auge-Hand-Raum bekannt und nach Piaget die Basis der sensomotorischen Entwicklung. Hier ist es die wechselseitige interaktive Koordinierung von Augen- und Handbewegung, die die Fortschritte auf den sensomotorischen Stufen 2 - 4 (nach Piaget, 1975, Band 2) generiert. Dazu gehört auch der Beginn der kognitiven Intelligenz im engeren Sinne. Der Auge-Hand-Raum ist die Grundlage der Entwicklung des Vorstellungsraumes (Piaget, 1975, Band 1 u. 2). Auf diesen Sachverhalt kommen wir noch zurück.

Eine zentrale Rolle spielt die Koordinierung von Auge- und

Handbewegung auch bei der Werkzeugherstellung des frühen Menschen. Die Fähigkeit zur Herstellung differenzierter Stein-Werkzeuge ist von vielen Archäologen und Paläoanthropologen (Bordes, 1961, Bosinski, 1967, Dürre, 1981, Feustel, 1990, Leaky, 1997) als phylogenetischer Beginn der menschlichen Intelligenz und der mit ihr im engeren Sinne verbundenen technischen Kultur angesehen worden.

Zunächst sind es sehr kraftvolle, harte Schläge auf Geröllstücke, die zu scharfkantigen Abschlägen und damit ersten Geröllgeräten führen (Pebble- und Pebble-tool-Kultur). Das Schlagen von Kerngeräten (Cleaver und Faustkeile) koordiniert bereits eine Schlagserie unter der Führung eines speziellen Rhythmus der Augenbewegungen (Kultur des Acheuléen).

Von besonderem Interesse ist schließlich die sogenannte Levallois-Technik, die phylogenetisch den Übergang zur Vorstellungs-Intelligenz begründet. Die angezielte Werkzeugform kann als Vorstellung auf den zu bearbeitenden Kernstein projiziert werden, um dann durch gezielte Schläge von diesem abgelöst zu werden. Diese Technik ist die Grundlage der Werkzeugherstellung bei Neandertalern und modernen Menschen. Insbesondere ist die Vorstellungstechnik der Steinbearbeitung mit einem Formgefühl verbunden, bei dem sich in der Werkzeuggestalt Regeln der mathematischen Geometrie nachweisen lassen. (Bordes, 1961).

Die Konvergenz-Divergenz-Zone des präfrontalen Feldes 9 nach Brodmann dürfen wir somit einerseits als Repräsentant der Basis der kognitiven Entwicklung des Kindes, andererseits als Grundlage der phylogenetischen Entwicklung spezifisch menschlicher

Intelligenz und technischer Kultur ansehen. Das präfrontale Feld 9 begründet somit durch die Vermittlung der optischen Vorstellungsfähigkeit die höchste Form der menschlichen Intelligenz. Die Fähigkeit zur optischen Vorstellung in der beschriebenen Form ist ein Privileg des modernen Menschen und entwickelt sich frühestens beim späten Neandertaler. Sie dürfte damit nicht älter als ca. 100 000 Jahre sein. Auf ihrem Boden entwickeln sich Kunst und Religion als spezifische Kulturfähigkeiten des modernen Menschen, beginnend vor etwa 60- 40 tausend Jahren (Conard 2009).

Unmittelbar vor den Spiegelneuronen der unteren prämotorischen Rinde liegt in den Brodmannschen Feldern 44 und 45 das Broca'sche motorische Sprachzentrum. Ähnlich wie bei der Entwicklung der optischen Vorstellungen können wir davon ausgehen, dass durch eine spiegelneuronische Hemmung der äußeren, neurologisch gesehen primären Sprachfunktion das innere Sprechen entsteht,

Interessant ist, dass wir nur den sensorischen Teil des inneren Sprechens wahrnehmen, genauer eine durch Spiegelung erzeugte innere Sensorik. Wir haben das subjektive Gefühl, dass wir hören können, was wir innerlich sprechen, was zu dem Paradoxon führt, dass wir etwas wahrnehmen, für das gar keine äußeren Reize gegeben sind.

Inneres Sprechen und seine innere Wahrnehmung kennzeichnen auch die Funktion des Bewusstseins, die heute von Neuropsychologen als sekundäres Bewusstsein bezeichnet wird. (Damasio, 1999, Edelman, 2004, Solms, 2004). Es ist eine im philosophischen Sinne reflexive Form des Bewusstseins, die uns eine jederzeit mögliche vernünftige Kontrolle über die Welt suggeriert. Die reflexive Bewusstseins-Funktion begründet zugleich das deklarative Gedächtnis

das in der modernen Lernforschung scharf vom non-deklarativen Gedächtnis unterschieden wird, dessen Mechanismen uns nicht bewusst sind. (Markowitsch & Welzer, 2005).

Unbewusst bleibt auch die Funktion des inneren Sprechens. Diese wird durch die Regeln der Grammatik gesteuert. Grammatische Organisation ist notwendig dafür, dass inneres Sprechen im Verband mit der optischen Vorstellung tatsächlich die äußere Realität abbilden kann. Sie ist die Bedingung dafür, dass wir mit Hilfe der Vorstellung und des Denkens äußere Realität simulieren können. Es ist gerade diese Fähigkeit zur willkürlichen Planung unserer Handlungen, die menschliche Intelligenz von der tierischen abgrenzt, welche ausschließlich auf dem primären, non-deklarativen Gedächtnis beruht.

Die grammatische Struktur der Sprache schreibt dem inneren Sprechen vor, dass in jedem Satz grundsätzlich Leerstellen für handelnde Subjekte (linguistisch: Handlungsträger HT), Handlungen (Verben V) und Objekte (OBJ) vorgesehen sind. In der Linguistik gibt es zahlreiche Modelle für Grammatiken. Neben der Phrasen-Strukturgrammatik und der Kasusgrammatik ist vor allem die Transformationsgrammatik von Noam Chomsky (1977) bekannt geworden. Hier wird die strukturelle Reihenfolge von Handlungsträger und Objekt um das Verb gedreht, man könnte auch sagen am Verb gespiegelt. Dadurch werden aktive und passive Form linguistisch äquivalent. Von größerer Bedeutung ist aber, dass diese Transformation die Frageform von Sätzen ermöglicht.

Ähnlich wie beim inneren Sprechen wird auch bei der optischen Vorstellung die Struktur der spiegelneuronischen Augenbewegung

nicht bewusst. Dennoch gibt es eine der Grammatik vergleichbare Organisation der Augenbewegungssteuerung. Es sind die von der Psychologie erarbeiteten klassischen Gestaltgesetze der Wahrnehmung, wie sie u.a. von Sander und Volkelt (1967) und vor allem von Wolfgang Metzger (1968, 1974) beschrieben worden sind.

Feld 10 nach Brodmann ist das Konvergenzfeld für das innere Sprechen. Neben der Grammatik wird hier auch die Semantik organisiert, d.h. die Bedeutungsstruktur der Sprache durch den konstruktiven Aufbau ihrer Elemente, nämlich von Wörtern, Sätzen und Geschichten. Darüber hinaus müssen wir in diesem Feld die Organisation der logischen Strukturen des Denkens in ihrer komplexen Vielfalt annehmen.

Inneres Sprechen lässt sich im Vollzug grundsätzlich nicht von der optischen Vorstellung trennen. Beide Funktionen treten immer zusammen auf, sind aufeinander angewiesen und ergänzen sich. Neurophysiologisch kommt diese Interaktion durch die anatomische Nachbarschaft der beiden Konvergenzfelder 9 und 10 zustande, die nicht zufällig den Frontalpol des Präfrontalhirns bilden. Für eine übergeordnete Konvergenz zwischen den Organisationsstrukturen der optischen Vorstellung und des inneren Sprechens sorgen Konvergenzfelder an der medialen Seite der Großhirnrinde, die von Antonio Damasio entdeckt und erstmals 2010 von ihm beschrieben worden sind.

Der untere Teil des Frontallappens (Brodmanns Felder 47 und 11) wird als orbitofrontaler Cortex bezeichnet. Feld 47 gehört zu den am spätesten (bis ins dritte Lebensjahrzehnt) reifenden Bereichen der Großhirnrinde. Hier wird die Bereitschaft zur sozialen Anpassung und moralischen Verantwortung repräsentiert. Interessant

ist die anatomische Nachbarschaft zum motorischen Sprachfeld und zur Konvergenz des inneren Sprechens mit der optischen Vorstellung.

Wir können davon ausgehen, dass in diesem Bereich nicht so sehr das moralische Handeln, sondern vielmehr das moralische Urteilen organisiert wird. Beide Faktoren werden in der Entwicklungspsychologie des moralischen Urteils (Kohlberg, 1974, Piaget, 1976) sorgfältig voneinander getrennt. Die meisten Menschen wissen genau, was im moralischen Sinne gutes oder schlechtes Handeln ist, sie richten sich nur in ihrem Handeln nicht stringent danach.

Feld 47 begründet die sprachlich moralische Urteilsfunktion. Ihr Konvergenzfeld 11 ist dem Konvergenzfeld für das innere Sprechen benachbart. D.h. wir dürfen einen Austausch zwischen moralischen Urteilen und der Kontrolle des inneren Sprechens annehmen. Letzteres steht im engen Zusammenhang mit der optischen Vorstellungsfähigkeit und der planenden Handlungskontrolle.

Die Steuerung des moralisch verantwortlichen Verhaltens in der realen Wirklichkeit wird nach Damasio (2010) im medialen Cortex repräsentiert. Auf diesen Sachverhalt kommen wir später noch zurück.

Die Evolution des Vorstellungsraumes

Wir haben bereits erwähnt, dass der Vorstellungsraum uns in eigenartig fiktiver Weise vor Augen steht und als eine Projektion Teil des Wahrnehmungsraumes der realen Welt ist. Wie kommt dieser Vorstellungsraum eigentlich zustande? Wie entwickelt er sich?

Zunächst einmal können wir feststellen, dass es bei der Geburt des Menschen noch keinerlei Möglichkeit zu einer sprachgesteuerten inneren Vorstellung gibt. Diese entsteht erst im Laufe des zweiten Lebensjahres und ist der Endpunkt der frühkindlichen kognitiven

Entwicklung.

Die kognitive Entwicklung des Säuglings ist nach Piaget (1975, Bd. 1 u. 2) rein sensomotorisch. Bis zum vierten Monat bezieht sich die kindliche Aktivität im wesentlichen auf den eigenen Körper. D.h. der Körperraum ist der Handlungsraum und interessant sind die Erlebnisse, die am eigenen Körper entdeckt werden. Der Säugling saugt am Daumen, lernt die Zunge systematisch zu bewegen, spielt mit dem Speichel und den Lippen und macht zahlreiche propriozeptorische und taktile Erfahrungen (primäre Zirkulärreaktionen).

Etwa ab dem 4.-- 8. Monat richtet sich die Aufmerksamkeit verstärkt auf die Gegenstände der Umwelt. Das Kind entdeckt, dass man mit der eigenen Tätigkeit interessante Erlebnisse in der Außenwelt erzeugen kann. Es beginnt, systematisch seine Wiege sowie am Dach befestigte Gegenstände (Spielklappern, Puppen, Ketten) in Bewegung zu versetzen, indem es mit den Beinen strampelt, sich schüttelt oder den Gegenständen einen Stoß versetzt, sie ergreift und wieder loslässt. Auch nicht an der Wiege befestigte Gegenstände werden bewegt. Das Kind schwenkt sie hin und her, schüttelt sie, reibt sie gegeneinander, erzeugt mit ihnen Geräusche usw..

Der kognitive Fortschritt dieser Stufe besteht in einer wechselseitigen Assimilation der vorhandenen Verhaltensschemata (sehen, greifen, hören etc.). Zentral für die Ausbildung dieser sekundären Zirkulärreaktionen ist nach Piaget die Ausbildung eines Auge-Hand-Raumes, in dem vor allen Dingen das Sehen und das Greifen miteinander kombiniert werden (vgl. Abb. 6).

Etwa hier Abbildung 6 einfügen

Wenn das Kind z.B. lange genug seine Hände und die ergriffenen Gegenstände betrachtet hat, versteht es allmählich, dass es das visuell wahrgenommene Erscheinungsbild bewegen kann. Es entdeckt, dass man ebensogut ergreifen kann, was man sieht, wie man sehen kann, was man ergreift. Im Fortschritt dieser gegenseitigen Assimilation versteht das Kind, dass das äußere von ihm wahrgenommene Ergebnis (z.B. Bewegung und Geräusch einer Spielzeugklapper) in gleicher Weise von seiner manuellen, visuellen und auditiven Tätigkeit abhängt. Ein solches Verständnis führt zur Ausbildung der sekundären Reaktionen.

Auf der Stufe tertiärer Zirkulärreaktionen wird das Gegenstandskonzept vollständig erarbeitet. Das Kind stellt Experimente an, indem es Gegenstände z.B. fallen, rollen, schwimmen lässt, um zu sehen, was mit ihnen geschieht. Durch aktives Ausprobieren entdeckt es, dass man Stöcke, Schnüre, Unterlagen instrumentell dazu verwenden kann, um Gegenstände in ihren Positionen zu verändern, an sich heranzuziehen, von sich wegzuschieben usw. Handlungsschemata werden im Hinblick auf Zielschemata differenziert. Auf der Stufe der tertiären Zirkulärreaktionen geschieht das Lernen noch rein experimentell unter Beobachtung der Bewegung der Hände und der Verschiebung der Gegenstände im konkreten Auge-Hand-Raum.

Zwischen 1 und 1.5 Jahren lernen die Kinder dann, aufrecht

voneinander trennt. Im Erleben vollzieht sich diese Trennung genuin von Anfang an (Axiom 1). Durch die Vorstellungswelt wird sie jetzt bewusst. Es entwickelt sich damit die von modernen Neuropsychologen getroffene Unterscheidung zwischen einem primären und einem sekundären Bewusstsein (Damasio, 1999, Edelman, 2004, Solms, 2004).

Dem sekundären Bewusstsein kommt eine eigene Gedächtnisorganisation zu, die im Bezug auf die Vorstellungswelt bisher wenig erforscht worden ist. Es scheint die Funktion des Kurzzeit-Gedächtnisses zu sein, die anatomisch bekanntlich an den Hippocampus gebunden ist. Wie werden die abstrakten Zeichen und logischen Operationen gespeichert, über die wir verfügen und die wir sekundär bewusst abrufen können? Ehe wir auf diese Frage zurückkommen, müssen wir auf das Problem eingehen, wie wir unsere Vorstellungen ordnen, so dass sie der realen Erfahrungswelt entsprechen.

Vorstellungen und grammatische Ordnungsstrukturen

Würden wir uns den Vorstellungen so überlassen, wie sie uns "einfallen", käme es zu einer Invasion von Ideen, die uns psychisch zerstören würde und keinerlei Anpassungswert hätte. Tatsächlich ordnen sich unsere Gedanken durch die Regeln der Grammatik. Die sprachlich geregelte Repräsentation von Subjekten, Handlungen und Objekten bildet das Gerüst zur Ordnung unserer ideellen "Einfälle".

Die Entwicklung der Grammatik beginnt mit Einwort-Äußerungen am Ende des 1. Lebensjahres. Bereits in dieser Phase deuten sich verschiedene Aussageformen sowie der Fragemodus durch differenzierte Intonationen an (vg. Tab. 1). Erstes semantisches Verständnis bildet

Etwa hier Tabelle 1 einfügen

sich durch den Gebrauch von Ankerwörtern (sog. pivots), die immer an der gleichen Stelle einer Wortfolge erscheinen (z.B. nein, mehr, hier, da, auf, ab, auch usw.).

Der entscheidende Fortschritt in der grammatischen Ordnung geschieht aber durch die Möglichkeit zur Zweiwort-Äußerung. Interessant ist, dass diese sich zwischen 1;6 und 2;0 Jahren entwickelt. Dem aufmerksamen Leser ist nicht entgangen, dass genau in dieser Zeitspanne die Ablösung des sensomotorischen Raumes durch den Vorstellungsraum geschieht. Dementsprechend bringt auch die Zweiwort-Struktur den entscheidenden Fortschritt in den semantischen Funktionen und der Morphologie der Nominalphrasen.

Unter den semantischen Funktionen sind es zuerst die Unterscheidung von Handlungsträger und Handlung sowie Objekt und Handlung. Diese differenzieren ganz grundsätzlich die Vorstellungswelt in eine Objektwelt (statische Welt) und eine Bewegungswelt (dynamische Welt). Außerdem wird innerhalb dieser Welten prinzipiell zwischen psychischer Subjektivität und physischer Objektivität unterschieden.

Realität und Fiktion werden durch die kategoriale Erkenntnis von "Vorhandensein", "Nicht-Vorhandensein" und "Wieder-Vorhandensein" sprachlich auseinandergehalten. Schließlich erweitern die Kategorien von "Besitzer" und "Besitz", räumliche Lokalisierung und generelle Attribution die erkenntnistheoretischen Möglichkeiten der

Zweijährigen durch semantische Strukturen in erstaunlicher Weise.

Formalgrammatisch drückt sich dieser Erkenntnisfortschritt vor allem durch die Morphologie der Nominalphrase aus. Es entwickelt sich die Sprachkompetenz für Nomen, deren Plural- und Genetivformen, Artikel und Adjektive. Die Verbmorphologie bleibt noch überwiegend auf den Infinitivbeschränkt. Zentral für die kognitive Entwicklung sind die Möglichkeit zur formalen Verneinung (Wort + Neg und Neg + Wort) sowie die Frageformen (Ja/Nein-Fragen und W-Fragen ohne Inversion und Fragewort).

Zwischen dem 2. und 4. Lebensjahr entwickeln sich die Drei- und Mehrwortäußerungen. Die entscheidenden Fortschritte für die Vorstellungsorganisation liegen hier in der Verbmorphologie. In dieser Phase wird der Infinitiv durch eine differenzierte Konjugation ergänzt.

Vergangenheit und Futur werden gebildet und begründen ein vertieftes zeitliches Verständnis für Geschehensformen und Geschichten. Wir können annehmen, dass die Episodenstruktur des Gedächtnisses hier ihren Anfang nimmt. Auf diesem Wege ergibt sich auch eine recht zwanglose Erklärung für die frühkindliche Amnesie in den ersten beiden Lebensjahren. Diese Amnesie betrifft ja nicht das sensomotorische Erinnern, sondern das episodische als Teil des deklarativen Gedächtnisses innerhalb des sekundären Bewusstseins.

Von besonderer Bedeutung für die kognitive Entwicklung auf dieser Stufe ist die Ausprägung von Hilfsverben (ist ein, hat ein, kann, darf usw.). Die Beherrschung der Copulae in Kombination

mit einer Inversion der Fragefunktion und dem Gebrauch von Fragepronomen leitet die entwicklungspsychologisch so bedeutende Phase der sprachlichen Exploration der Umwelt ein. Vor allem über den Gebrauch der Frageformen (was ist ein, was hat ein, wer kann, wer darf usw.) sowie deren Inversionen (ist ein x ein y, hat ein x ein y, kann x y, darf x y usw.) strukturiert sich unsere Vorstellungswelt.

Auf diesem Wege erst wird sie als biologischer Anpassungsvorgang bedeutsam. Indem in dieser Entwicklungsphase durch die Sprache die optische Vorstellungswelt der realen Welt angepasst wird, wird sie zur Grundlage der willkürlichen Planung und Ausführung von Handlungen. So wird die Innenwelt des Menschen konstruktiv für die Außenwelt. D.h. nicht mehr und nicht weniger: es beginnt die humane Kultur. Die Möglichkeit zur Selbstbestimmung (Selbst-Bestimmung bedeutet ja dem Selbst eine Stimme geben) durch sprachliche Reflexion ist das biologische Alleinstellungsmerkmal des homo sapiens.

Vorstellungen und logische Ordnungsstrukturen

in der kognitiven Entwicklung

Die Vorstellung ermöglicht auch die Entwicklung logischer Strukturen, nach Piaget konkreter und formaler Operationen des Denkens. Piaget hat gezeigt, dass die Anschauung der realen Welt in ihren logischen Möglichkeiten sehr begrenzt bleibt. Anschauliches Denken ist der Name für jene zweite Entwicklungsphase der Kognition, die noch vor-operatorisch und damit im engeren Sinne vorlogisch ist.

Was macht eigentlich die logischen Operationen des Menschen im engeren Sinne aus? Was kennzeichnet sie? Schauen wir uns zur Beantwortung dieser Frage die Ergebnisse des wohl berühmtesten

Experiments von Piaget an, des Versuchs der Umschüttung von Flüssigkeiten (Piaget, 1975 Bd. 3).

Den Kindern wurden zunächst zwei zylindrische Gefäße gleichen Ausmaßes gezeigt, die gleichviel Flüssigkeit enthielten. Anschließend wurde die Flüssigkeit aus einem der Gefäße in ein anderes umgegossen, das sich in seiner Form vom Ausgangsgefäß unterschied. Es war einmal höher und schmaler und einmal niedriger und breiter. Schließlich wurde die Flüssigkeit noch in eine Reihe kleinerer Gefäße umgefüllt (vgl. Abb. 8).

Etwa hier Abbildung 8 einfügen

Jüngere Kinder (4 - 6 Jahre) nehmen an, dass sich die Menge der Flüssigkeit mit der anschaulichen Gestalt ändert, je nach Form oder Zahl der Gefäße. Die verschiedenen Wahrnehmungsaspekte (Höhe und Breite des Flüssigkeitsspiegels, Form und Anzahl der Gefäße) werden noch nicht miteinander in Beziehung gesetzt. Zur Lösung der Aufgabe müssen die Kinder Handlungen in der Vorstellung ausführen und umkehren können. Solche "inneren" Handlungen bezeichnet Piaget als konkrete Operationen (zur Oeveste, 1982, S. 337 f.). So müssen sie z.B. vor ihrem "inneren Auge" im Vorstellungsraum die Flüssigkeit aus den kleinen Gläsern in das leere Glas zurückgießen (vgl. Abb. 8 II).

Sie sollten also bestimmte Bereiche des Anschauungsfeldes virtuell voneinander trennen und auch wieder vereinigen können. Piaget bezeichnet diese Fähigkeit als Komposition und gibt ihr

die folgende formale Struktur:

1. Komposition: $x + x' = y$

Mit der Komposition verbunden ist die Fähigkeit zur Reversibilität. Die Kinder müssen im Geiste eine Operation umkehren können, indem sie virtuell zur Ausgangsposition zurückkehren.

2. Reversibilität: $y - x' = x$

Damit verbunden sind die Operationen der Identität und der Assoziativität. Eine mit ihrer Umkehrung kombinierte Operation hebt sich selbst auf.

3. Identität: $x - x = 0$

Die geistigen Kompositionen sind assoziativ, wenn verschiedene Operationen zum gleichen Ergebnis führen. So ist z.B. die Reihenfolge der verwendeten Gläser (vgl. Abb. 8 II) gleichgültig, wenn die Inhalte einzeln wieder in das Ausgangsglas zurückgeschüttet werden.

4. Assoziativität: $(x + x') + y' = x + (x' + y') = z$

Diese vier Formen operationaler Intelligenz sind Operationen in der Vorstellung. D.h. sie sind virtuelle Handlungen. Die reale

Handbewegung wird dabei nicht ausgeführt. Sie ist gehemmt. Trotzdem werden, wie wir bereits gesehen haben, im Gehirn die sekundären Handlungsprogramme aktiviert. Das führt dazu, dass die Wahrnehmungen gespiegelt werden. Im vorliegenden Experiment erscheint die Bewegungswahrnehmung nur noch vor dem "geistigen Auge", d.h. im Raum der Vorstellung, der den in der Entwicklung vorangehenden sensomotorischen Auge-Hand-Raum fortsetzt.

Die virtuellen Operationen der Komposition, Reversibilität, Identität und Assoziativität sind nach Piaget die entscheidenden Operationen für die Problemlösung des Invarianzexperimentes und weiterer Experimente zur Prüfung kindlicher Intelligenz. In ihrer Gesamtheit bilden sie die formale Struktur der kindlichen Logik.

Interessant ist an dieser Stelle ein Vergleich zwischen der logischen Struktur der konkreten Operationen und den frühen linguistischen Strukturen in Zwei- und Mehrwortsätzen (1;6 - 4;0 Jahre). Komposition, Reversibilität und Identität werden durch die Grundfunktionen der Semantik (Vorhandensein, Nicht-Vorhandensein und Wieder-Vorhandensein) vorbereitet. Reversibel sind auch die frühen Formen der Verneinung (Wort + Neg und Neg + Wort). Beide sprachlichen Funktionen entwickeln sich schon im 2. Lebensjahr.

Zwischen zwei und vier Jahren kommt es dann zu einer besonderen Möglichkeit sprachlicher Reversibilität, nämlich der Inversion von Fragesätzen. Auf der Stufe der Drei- und Mehrwortäußerungen entwickelt sich generell die Fähigkeit zum Austausch der verschiedenen Strukturelemente des Satzes. In diesem Sinne erfüllt sich auch hier das logische Assoziationsgesetz.

Narrative und logische Strukturen bei der Bildung von Geschichten

Die Konvergenzfelder am Pol des Frontalhirns koordinieren das innere Sprechen mit der optischen Vorstellungswelt. Auf diesem Wege kann die Welt der Bilder durch Grammatik geordnet werden und sich der realen Welt anpassen, d.h. ihr Abbild werden.

Bisher haben wir Überwiegend die statische Welt der Gegenstände betrachtet. Wie ist es aber mit der Welt alltäglicher Episoden und bewegter Geschichten? Wie bildet sich die Repräsentation der bewegten Welt aus der Kombination von innerer Sprache und bildlicher Vorstellung?

Bewegungsfolgen werden, wie ausgeführt worden ist, physiologisch durch Programme in der sekundären motorischen Rinde gesteuert. Diese Programme lassen sich sprachlich durch einzelne Verben repräsentieren. Auch hier sind es wieder die grammatischen Strukturen, die einzelne Verben (also Tätigkeiten) miteinander in Verbindung bringen. Wir haben sie als Handlungsträger (HT) und Objekte (OBJ) kennengelernt. Hinzu kommen Verbindungen der räumlichen (LOC), finalen (FIN) und instrumentellen Bestimmung.

Die kognitive Psychologie stellt sich Verben als Knoten eines semantischen Netzes vor. Die grammatischen Verbindungen bilden dann die Kanten. Semantische Netze werden physiologisch durch neuronale Netze repräsentiert. Über die Kanten können die Knoten regelhaft miteinander verbunden werden. Betrachten wir als Beispiel die Verbindung der beiden Verben "kaufen" und "schenken". (vgl. Abb. 9).

Etwa hier Abbildung 9 einfügen

Ein Käufer (HT11) kauft bei einem Verkäufer (HT 2) eine Ware (OBJ). Der Zweck des Kaufens (FIN) liegt in der Transaktion der Ware an den Käufer. Über das Mittel des Geldes (INSTR) wird die Aktion des Kaufens mit der Aktion des Schenkens verbunden. HT 1 ist Geber, HT 2 Empfänger. Das Geschenk soll Freude bereiten (FIN 2).

Mehrere Verben können zu kognitiv repräsentierten Alltagsepisoden verknüpft werden. Solche Verknüpfungen bezeichnet man in der kognitiven Psychologie als Skripten. Bekannt geworden ist das Restaurantskript. Es verbindet die folgenden Tätigkeiten als Verben (V) in einem semantischen Netz miteinander: Ein Restaurant betreten, die Garderobe abgeben, sich an einen Tisch setzen, die Speisekarte studieren, ein Essen auswählen und bestellen, das anschließend vom Kellner gebracht wird. Das Essen verzehren, die Rechnung erbitten und bezahlen. Zur Garderobe gehen, Kleidung zurücknehmen, das Restaurant wieder verlassen.

Aus einer Reihe von Skripten, d.h. standardisierten Alltagsepisoden, werden Geschichten zusammengesetzt. Diese stellen die höchste Form der kognitiven Ordnung von Alltagshandlungen und -erfahrungen des Menschen dar. Geschichten sind zugleich die Organisationsform des deklarativen Gedächtnisses. In ihrer Gesamtheit bilden sie unser Weltbild, das sich in die Weltgeschichte und die individuelle Lebensgeschichte (Autobiographie) weiter untergliedern lässt. Auf letztere kommen wir noch zurück.

Ein Beispiel dafür, wie sich eine Geschichte aus Skripten zusammensetzt, gibt Abbildung 10.

Etwa hier Abbildung 10 einfügen

Die Abbildung zeigt die Makrostruktur einer Novelle aus Boccacios berühmtem Buch "Decamerone". Der Handlungsträger ist ein Kaufmann (Skript 1). Er verliert sein Vermögen (Skript 2), wird Pirat (Skript 3) und erleidet Schiffbruch (Skript 4).

Indem Geschichten über die Koordinierung von Skripten semantische Netze mit Verben als Knoten und grammatischen Beziehungen als Kanten bilden, werden sie zur Grundlage der narrativen Struktur menschlicher Kognition. Dieser Struktur entsprechen, wie Damasio (2010) entdeckt hat, physiologisch definierte Felder an der medialen Fläche der Großhirnrinde.

Die Entwicklung der Autobiographie als Geschichte reflexiven Selbstverständnisses

Sobald Kinder Sätze verstehen können, entwickeln sie ein großes Interesse für Geschichten. Sie treten ab 2 - 3 Jahren in das Märchenalter ein (Bettelheim, 1977) und werden zu beliebten Kommunikationspartnern ihrer Großeltern.

Kinder können jetzt belebte Wesen als Agenten von Geschichten verstehen. Es bereitet ihnen aber noch Schwierigkeiten, sich selbst als Agenten der eigenen Lebensgeschichte zu sehen und ihr Geschick nach einem von ihnen selbst entworfenen Plan in die Hand zu nehmen. Welche besonderen kognitiven Voraussetzungen ermöglichen es, dass Menschen ihr Leben planen können?

Geschichten, die uns selbst betreffen, unterscheiden sich in einem wesentlichen Punkt von Geschichten, in die andere Menschen oder Lebewesen als Handlungsträger involviert sind. Wenn wir einmal entdeckt haben, dass wir Agenten unserer eigenen Lebensgeschichte sind, lässt sie uns nicht mehr los. Zunächst gilt für den kognitiven

Aufbau der eigenen Geschichte, was für die Geschichte anderer Personen auch gilt. Sie geht von Verben aus, organisiert den Alltag in Skripten und fasst die Skripten in einer Geschichte zusammen. Die schon beschriebene verbal-grammatische Struktur des Schenkens (vgl. Abb. 9) sowie das Skript des Restaurantbesuchs sind sicher auch Strukturen meiner eigenen Biographie. Die Geschichte des Kaufmanns im Decamerone hätte mir persönlich aber wohl kaum passieren können. So kann ich sie auch als historisch, exotisch und vielleicht sogar langweilig empfinden und wieder vergessen. Im Unterschied dazu kann ich meine eigene Lebensgeschichte nicht einfach vergessen. Das Selbstverständnis als Handlungsagent meiner Autobiographie verändert meine gesamte kognitive Struktur nachhaltig und auf Dauer.

1. Als handelndes Selbst folge ich nicht mehr direkt und ungebrochen den Motiven meiner körperlichen und primären sozialen Bedürfnisse, sondern ich beginne, meine Handlungen zu planen, mit dem Ergebnis, dass meine Grundemotionen weitgehend zurückgestellt werden. Als planendes Selbst erneuere ich meine Motivstruktur grundlegend. Es entstehen sekundäre Motive, die der Erfüllung meiner Pläne dienen (z.B. Hoffnung auf Erfolg und Furcht vor Misserfolg, Anstrengungsbereitschaft, Durchhaltevermögen usw.). Ihre Energie leitet sich aus den primären Emotionen ab, ein Vorgang, der von der wissenschaftlichen Psychologie bis heute nicht gut verstanden wird.
2. Indem ich mein Leben ständig plane, bekommt mein Selbst eine permanente reflexive Zukunftsfunktion. Ich kann gar nicht anders, als mir ständig einen geeigneten Weg in die Zukunft vorzustellen

Und gut zu überlegen. Sämtliche Strukturen der verbalen Grammatik, die ja meine Handlungsprogramme der sekundären Rinde im frontalen Cortex organisieren, werden Teil meiner zukünftigen Selbstplanung und müssen dazu mit meinen Motivationen verbunden werden.

3. Zu diesem Zweck wird ein permanenter Handlungsträger konzipiert, dessen Agens mein eigenes Selbst ist. Schon vom rein mnestischen Umfang her wird klar, dass zur physiologischen Repräsentation im Gehirn ein neues Konvergenzfeld entstehen muss. Dieses existiert tatsächlich und ist 2010 von Damasio entdeckt worden. (vgl. Abb. 11).

Etwa hier Abbildung 11 einfügen

Die sekundäre Form menschlichen Handelns in ihrer autobiographischen Struktur löst die nondeklarative, unbewusst funktionierende Handlungsstruktur ab, wie sie zur Oveste (2019) in ihrer biopsychologischen Evolution beschrieben hat. Die Umwelt wird nicht mehr primär nach dem Mechanismus der klassischen Konditionierung als ein räumliches Wegesystem im Gehirn repräsentiert und die Erfahrungswelt des Lebensraumes ist nicht mehr ausschließlich die der positiven und negativen Valenzen nach dem Modell Lewins (Lück, 1996).

Die in der realen Umwelt handlungsleitenden Signale werden nun zu Vorstellungen von Wegen in der durch Sprache und optische

Vorstellungen repräsentierten eigenen Zukunftswelt. Strukturierend für die Wahrnehmungen der Umwelt erweisen sich nicht mehr unbewusst erlebte Belohnungen und Bestrafungen, sondern bewusste Bewertungen der Handlungswege und -ziele mit einer Rückkoppelung zu den Planungen. Aus dem unbewusst agierenden nondeklarativen Selbst der primären Handlungsstruktur entwickelt sich das ständig deklarative, seine Zukunft in optischen Vorstellungen und vermittels Sprache planende und nach diesen Plänen handelnde Selbst mit einer eigenen Autobiographie. Autobiographie heißt ja im engeren Sinne des Wortes, dass wir uns selbst mit sprachlichen und optischen Zeichen ständig beschreiben und reportieren.

Das Pankseppsche SELF als übergeordnetes Zentrum im Hirnstamm mit Verbindungen zum Zwischenhirn, das unsere natürlichen körperlichen Grundbedürfnisse steuert, wird jetzt abgelöst. Cum grano salis ist SELF ja bei Panksepp (1998) nur ein Akronym und steht für Simply Egolike Life Form. Das unbewusste Selbst, das die Evolution bis zur Entwicklung des modernen Menschen bestimmt, ist eben nur symbolisch verstehbar (simply egolike) auf dem Hintergrund desjenigen Egos, das seine Welt planend bestimmen kann. Entsprechend dramatisch ist die hirnphysiologische Wende der deklarativen Verhaltenssteuerung. Diese geschieht nicht mehr von der Basis des Gehirns aus (im Hirnstamm und im Zwischenhirn), sondern "top" in der neuronalen Rinde des Präfrontalhirns, nicht mehr "bottom up" vom Körper zur symbolischen Repräsentation, sondern umgekehrt "top down". Der Körper wird in seinen Bewegungen von der planenden Vorstellung und ihren Zielsetzungen geleitet.

Die sich ab dem 6. - 7. Lebensjahr ständig etablierende

Selbstbeobachtung führt dazu, dass wir nicht nur unser Leben dauernd planen, sondern dass wir auch unsere Erfahrungen permanent aufzeichnen. Der Vorstellungsraum wird zum Raum unserer eigenen Vergangenheit. Die Möglichkeit zur Reflexion gibt uns das Gefühl, wie in einem Theaterraum vor der Bühne unseres eigenen Lebens zu sitzen und einem Schauspiel zuzusehen, in dem wir selbst die Akteure sind. Diese Funktion ist klassisch in eingehender Weise von Baars (1988) beschrieben worden.

Die autobiographische Geschichte ist also nicht nur die Geschichte unserer Lebensplanung. Sie ist auch die Geschichte unserer ständigen Selbsterfahrung, die sich zu unserer Vergangenheit gestaltet. Die Wahrnehmungen der Gegenwart werden dauernd aufgezeichnet und erlangen so eine eigene narrative Struktur.

Das Selbst als Organisator seiner Lebensgeschichte geht wie die Planung von den Handlungsstrukturen der sekundären Rinde aus. Diese werden symbolisch in Vorstellungsbilder und grammatikalisch sprachliche Formen übersetzt. Innere Sprache und optische Vorstellungsbilder gehen bei der Reflexion Hand in Hand. Beide Funktionen brauchen einander und ergänzen sich. Physiologisch konvergieren sie in der polaren Region des Frontallappens.

Die semantischen Netze, die die eigene Lebens- und Welterfahrung betreffen, werden zu Trägern persönlicher Skripten, die als Alltagserfahrungen wiederkehren. Solche persönlichen Erfahrungseinheiten hat Tulving (1983) als Episoden bezeichnet und mit seinen Forschungen einen grundsätzlichen Unterschied zwischen allgemeinen semantischen Netzen der kognitiven Intelligenz und einem episodischen Gedächtnis der Lebenserfahrung konstituiert. Episoden

verdichten sich zu Geschichten der persönlichen Erfahrung und bilden so die Struktur einer andauernden autobiographischen Geschichte.

Wie die Planungsoperationen unserer Zukunft konvergieren auch die geschichtlichen Episoden unserer Lebenserfahrung in einem übergeordneten Selbst. Dieses erleben wir als Beobachter unserer eigenen Geschichte. Wie die Planungsoperationen besitzen auch die Erfahrungsoperationen ein übergeordnetes Konvergenzfeld im Gehirn. Beide Zentren wurden von Damasio (2010) entdeckt und liegen im medialen Cortex. (vgl. Abb. 12).

Etwa hier Abbildung 12 einfügen

Die symbolischen Operationen unserer Selbsterfahrung lassen sich in das allgemeine kognitionspsychologische Schema symbolischer Operationen problemlos einordnen (vgl. Abb.13). Die autobiographische Selbsterfahrung ist aber nicht nur "Kino im Kopf" und wir können den "Theatersaal" unserer selbst inszenierten Geschichte nicht einfach teilnahmslos wieder verlassen und zur Tagesordnung der unreflektierten Realitätserfahrung übergehen. Das von uns aktiv gestaltete Selbst betrifft uns auf eindringliche Weise emotional. Es bildet den emotionalen Kern unserer Erfahrungsinterpretation.

Etwa hier Abbildung 13 einfügen

Wie die Selbsterfahrung in der Realität steht auch die symbolische Selbsterfahrung in einem engen Zusammenhang mit unseren Motivationen. Diese sind vor allem im Rahmen der Attribuierungstheorie erforscht worden (Heckhausen, 2003). Entscheidend ist dabei die Frage, ob wir unsere Pläne durchsetzen können, ob wir Hoffnung auf Erfolg oder Furcht vor Misserfolg haben, ob wir genügend Willenskraft besitzen, das Ziel nicht aus den Augen zu verlieren, und ob wir uns auf unserem Wege nicht zu sehr durch aktuelle körperliche Bedürfnisse ablenken lassen. So interagiert die Geschichte unserer realen Welterfahrung mit der Verwirklichung unserer Pläne und damit der Erfüllung unserer Träume.

Sowohl die Konstruktion des planenden als auch des seine Geschichte beobachtenden Selbst geschieht nicht nur "bottom up" sondern auch "top down". D.h. beide Selbstkonstruktionen stehen in einem ständigen Austausch mit der Erfahrung der Realität. Die Realitätserfahrung wird, wie zur Deveste (2019) ausgeführt hat, durch das nondeklarative Gedächtnis gesteuert, das weitgehend unbewusst nach den Regeln der klassischen und operanten Konditionierung funktioniert. Es ist zudem eng mit den körperlichen Bedürfnissen verbunden, d.h. mit den Grundemotionen der Libido und des Systems Furcht/Aggression. Diese Emotionen werden vom Hirnstamm aus gesteuert. Demgegenüber erscheinen die Emotionen der symbolischen Repräsentation des Selbst stark idealisiert (narzisstisch) und kulturabhängig.

Die Top-down-Prozesse von den Episoden und biographischen Erfahrungen des Selbst unterliegen an der Basis der Repräsentation

der sekundären Handlungsorganisation einem Austausch der durch Verben symbolisierten semantischen Netze mit den Skripten tatsächlicher Handlungen (vgl. Abb. 14). Die einzelnen Handlungen in der Realität werden weiterhin durch unbewusste S-R-Verbindungen gesteuert. Daran ändert auch die übergeordnete symbolische Kontrolle nichts. Die klassischen Lerngesetze bleiben gültig. In der Realität funktioniert auch die basale Verknüpfung von Reaktionen mit belohnenden Emotionen nach den Regeln der operanten Konditionierung.

Etwa hier Abbildung 14 einfügen

Es gibt eine Rückkoppelung von den tatsächlichen Reaktionen zu ihren symbolischen Repräsentanten im Präfrontalhirn. Diese begründet einen deklarativen Lernprozess. Der entscheidende Unterschied zum unbewussten Lernen in der Realität liegt darin, dass die Symbole eine innere Konstruktion des Selbst sind, die auf einer Spiegelung der Wahrnehmung beruht. Auf der Ebene der verbalen Kerne, d.h. der Knoten des semantischen Netzes kann der Austausch mit den konditionierten Reaktionen noch in direkter Form gelingen. Doch bereits die Möglichkeit zu verschiedenen Kantenbildungen im Netz vermag die Realität zu transzendieren. Die Organisation zu Skripten und Geschichten steigert die Freiheitsgrade noch. Die Reprojektion der realen Welt in den kleinen Vorstellungsraum, der uns vor Augen steht, begründet neue Lernprozesse, eben symbolisches Lernen, das

bisher wenig systematisch erforscht worden ist.

Eine besondere, selten beachtete Schwierigkeit besteht darin, unsere ganzkörperlichen Bewegungen in der Realität in optische Vorstellungen zu übersetzen, die ja Voraussetzung für eine sprachliche Verarbeitung und Steuerung sind. Wir verfügen nämlich über keine individuelle optische Wahrnehmung unserer ganzkörperlichen Präsenz und Bewegung im Realitätsraum.

Die Forschungen von Harlene Hayne (2006) haben gezeigt, dass es für Kinder (im Alter zwischen 2 und 4 Jahren) ein mühevoller Entwicklungsweg ist, den Umweltraum der Realitätserfahrung in den symbolischen Vorstellungsraum zu übersetzen. Hilfestellung kann eine "Schrumpfmachine" leisten, mit der vor den Augen der Kinder große Puppen der realen Welt in entsprechend kleinere Exemplare der Vorstellungswelt verwandelt werden. Die Verwandlung hilft den Kindern, Erfahrungen aus der Realität in den Vorstellungsraum zu versetzen.

Etwa hier Abbildung 15 einfügen

Abbildung 15 zeigt, wie die magische Schrumpfmachine einen großen Spielball zu einem kleinen Exemplar schrumpfen lässt, das in seiner Größe zum Vorstellungsraum vor den Augen des Kindes passt. Wir können davon ausgehen, dass ein Prozess der optischen Schrumpfung der Bilder der realen Welt in die Bilder der Vorstellungswelt zwischen 2 und 4 Jahren in einem Entwicklungsschritt verstanden

wird, dessen Erforschung noch in den Anfängen steckt. Genau dieser Prozess ist Voraussetzung für die autobiographische und operationale Struktur unserer Vorstellungs- und Denkwelt.

Ein besonderes Problem besteht darin, ^{im} symbolische Bewegungen und Erfahrungen auf Realitätsräume zu beziehen, die bisher gar nicht real erfahren worden sind. Dies gilt prinzipiell für alle realen Räume der Zukunft! Dennoch verführt uns die angeborene Neugier immer wieder zu solchen Ausflügen. Gerade die unerfahrene Zukunftsgestaltung ist das besondere Risiko der symbolischen Intelligenz. Das zeigt die menschliche Geschichte mit ihren politischen Programmen auf eindrucksvolle Weise. Dazu gehört auch die kaum noch nachvollziehbare prospektive Bereitschaft zu Aggression und Gewalt.

Diese Überlegungen führen uns zu einer Analyse der dritten übergeordneten Form der Selbstorganisation, nämlich der moralischen Verantwortung des Menschen.

Die Struktur der moralischen Selbstverantwortung

In seinen Untersuchungen zum strukturellen Aufbau des Gehirns unterscheidet Damasio (2010) drei übergeordnete Konvergenzzentren des Selbst. Das Planungs-Selbst mit seinem Zukunftsbezug und das sich ständig beobachtende Selbst als Zentrum biographischer Geschichte mit seinem Vergangenheitsbezug haben wir erörtert. Zwischen diesen beiden Zentren im medialen Cortex liegt eine Struktur, die mit ihnen eng verbunden ist und der Damasio die Steuerung der moralischen Verantwortung zuschreibt. D.h. wir planen unser Leben symbolisch und bewerten unsere autobiographische Geschichte mit permanentem Bezug zu unserer Verantwortung. Wie ist diese Struktur aufgebaut?

Der Entwicklungsverlauf moralischen Handelns und Bewertens ist das Thema des wissenschaftlichen Lebenswerkes von Lawrence Kohlberg (1963, 1974). Kohlberg unterscheidet drei Ebenen: die präkonventionelle Ebene, die konventionelle Rollenkonformität und die Moral selbstgesetzter Prinzipien (vgl. Tab. 2).

Hier etwa Tabelle 2 einsetzen

Die Ebenen werden weiter in jeweils zwei Stufen untergliedert. Die erste Ebene ist durch die Orientierung an Belohnung und Bestrafung gekennzeichnet. Wir haben schon darauf hingewiesen, dass Belohnung und Bestrafung als Verstärkungen an der Basis der realen Handlungen eine genuine Bedeutung haben. Unsere realen Handlungen sind einfache Reaktionen (R_1, R_2, \dots, R_n), die auf einfache Reize hin (S_1, S_2, \dots, S_n) von der primären Rinde des Frontalhirns gesteuert werden. Sie unterliegen den unbewussten Formungsprinzipien des non-deklarativen, nicht-symbolischen Gedächtnisses. D.h. sie werden durch Belohnung häufiger aktiviert und durch Bestrafung allmählich gelöscht.

An der Basis der Konvergenz-Divergenz-Hierarchie des moralischen Selbst finden wir dementsprechend S - R Verknüpfungen, die durch das unmittelbare Erleben emotionaler Konsequenzen geformt werden. Diese definieren unbewusst, ob eine moralische Handlung "gut" oder "böse" ist, unabhängig von der Absicht und dem der Handlung beigemessenen humanistischen Wert. Vermeidung von Bestrafung und unbedingte

Unterwerfung unter die Macht gelten als selbstverständlich. Das Belohnungsprinzip lässt eine Handlung dann gut erscheinen, wenn sie die eigenen, vorwiegend körperlichen Bedürfnisse belohnt und gelegentlich auch die Bedürfnisse anderer. Die menschlichen Beziehungen stellen sich wie Interaktionen auf einem Wochenmarkt dar (vgl. Abb. 16).

Hier etwa Abbildung 16 einsetzen

Die zweite Ebene bildet nach Kohlberg die Moral der konventionellen Rollenkonformität. Die Erwartungen der Familien und der sozialen Gruppen, zu denen man gehört, werden jetzt zu eigenständigen Werten erhoben. Die aktive Wahrung von sozialer Ordnung und Konformität werden zum Leitprinzip. Die Entwicklung ist einerseits auf Harmonie ausgerichtet. Man orientiert sich am Ideal des "guten Mädchens" bzw. "guten Jungens". Gut ist das, was andere erfreut, ihnen hilft und somit von ihnen gebilligt wird. Im Erwachsenenalter tritt das Bedürfnis interpersoneller Harmonie zugunsten einer stärkeren Orientierung an der Autorität, den Regeln des Gesetzes und der Erhaltung der sozialen Ordnung zurück. Maxime des Verhaltens wird jetzt die Pflichterfüllung, die Achtung der Autorität, sowie die Anerkennung der sozialen Ordnung um ihrer selbst willen. Es sind die aus S - R Kombinationen zusammengesetzten Episoden des Alltags, die in Vorstellungsprozesse übersetzt und durch sprachliche Regeln symbolisch sanktioniert

werden (vgl. Abb. 16). Hirnphysiologisch bilden die zugrunde liegenden S - R Verbindungen die sekundären motorischen Felder.

Die moralische Bewertung auf der postkonventionellen Ebene (Ebene III nach Kohlberg) definiert moralische Werte und Prinzipien, die unabhängig davon sind, ob sie von Gruppen oder Autoritätspersonen anerkannt werden. Es ist dies die Ebene der Orientierung an universalen ethischen Prinzipien und Menschenrechten. Recht wird als Gewissensentscheidung definiert, die auf der Anerkennung des Menschen als individueller Person unter den Leitlinien der Gerechtigkeit, Reziprozität und Gleichheit beruht.

Psychologischer Aufbau und Funktion des symbolischen (deklarativen) Gedächtnisses

In den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts wurde in der Neurologie eine besondere Entdeckung gemacht, die als der Fall H.M. in die Literatur eingegangen ist. H.M. litt unter Epilepsie, die sich chirurgisch nur durch eine beidseitige ~~S~~ektomie des Hippocampus beheben ließ. Als Folge der Operation verlor H.M. die Fähigkeit, die Erinnerungen aus dem Kurzzeitgedächtnis in das Langzeitgedächtnis zu übertragen. Seine früher gespeicherten Langzeiterinnerungen blieben aber ebenso wie sein Kurzzeitgedächtnis erhalten. H.M. konnte täglich dieselbe alte Zeitung lesen und nahm sie trotzdem als Neuigkeit zur Kenntnis. Leuten, die er in der Klinik schon vor längerer Zeit kennengelernt hatte, stellte er sich bei Begegnungen immer wieder neu vor (Baars & Gage, 2010, S. 73ff.).

Allerdings hatte H.M. die Fähigkeit zur Langzeitspeicherung nicht vollständig verloren. Wie Brenda Milner in einer bedeutenden Untersuchungsserie feststellen konnte, war das motorische Gedächtnis

nicht beeinträchtigt. So konnte H.M. unter anderem lernen, Labyrinth mit einem Stift zu durchfahren (Milner, Corkin & Teutner, 1968). Bei H.M. war durch die Entfernung des Hippocampus nur die Langzeitspeicherung des symbolischen Gedächtnisses der optischen Vorstellung und inneren Sprache gestört, keineswegs das Bewegungsgedächtnis sowie die primäre Gestaltwahrnehmung.

Wir müssen also ein motorisches nondeklaratives vom deklarativen Gedächtnis für symbolische Operationen unterscheiden. Das entscheidende Organ für die symbolische Langzeitspeicherung ist der Hippocampus. Wie funktioniert diese besondere Struktur des Gehirns bei der Speicherung von Symbolen?

Der Hippocampus ist efferent mit dem Hypothalamus verbunden. Dieser bildet die übergeordnete Instanz für das vegetative Nervensystem, das auf psychologisch unbewusste Weise die Organ-tätigkeiten und mit ihnen verbundenen Emotionen steuert.

Für die Symbolfunktion von besonderer Bedeutung ist die Verbindung über das Septum zum medialen Thalamus und von hier aus zum Brodmannschen Feld 46 der präfrontalen Rinde. (vgl. Abb. 17).

Etwa hier Abbildung 17 einfügen

Die Funktion von Feld 46 haben wir bereits eingangs kurz erwähnt. Es repräsentiert Emotionen und Motivationen, die ihren anatomischen und physiologischen Ausgang im Hirnstamm bzw. Zwischenhirn nehmen. Das Feld 46 liegt zentral im Präfrontalhirn. Es grenzt einerseits

an die präfrontalen Augenfelder sowie das Brocasche Sprachzentrum, andererseits an die Konvergenzfelder 9 und 10 (vgl. Abb. 18). Diese Felder am präfrontalen Pol sind die Konvergenzzentren für die Symbolfunktion, die inneren Vorstellungsbilder und die Muster des inneren Sprechens.

Etwa hier Abbildung 18 einfügen

Wir können davon ausgehen, dass hier die vorgestellten Bilder und Symbole sowie die grammatischen Sprachstrukturen unter dem Einfluss des Hippocampus langfristig gespeichert werden. D.h. die gedächtnismäßige Organisation unseres Vorstellungsraumes wird durch die Verbindung mit dem Hippocampus gewährleistet. Die Efferenz von Feld 46 nimmt ihren Weg zum vorderen und hinteren cingulären Gyrus und von da aus über den Gyrus hippocampi zum Hippocampus zurück. Die Verbindung mit dem Gyrus cinguli ist für das weitere Verständnis der Gedächtnisfunktion des Hippocampus von besonderem Interesse.

Der Gyrus cinguli ist unmittelbar den übergeordneten Steuerungszentren der symbolischen Intelligenz benachbart, wie Damasio sie beschrieben hat, nämlich der Organisation der Pläne für die Zukunft, des autobiographischen Gedächtnisses als vom Selbst beobachtete Erinnerung, sowie der dazwischen liegenden motivierenden Verantwortungsstruktur der amoralischen Bewertung von symbolischen Handlungen und Vorstellungen (vgl. Abb. 12).

Wir müssen hier daran erinnern, dass der Vorstellungsraum als Planungsraum und Raum des autobiographischen Gedächtnisses einen virtuellen Raum darstellt. Dieserrist ein Teil des realen Erlebnisraumes, d.h. der Wirklichkeit von Wahrnehmung und Handlung. Über seine Verbindung mit dem Gyrus cinguli kommt dem Hippocampus die überragende psychologische Bedeutung zu, sowohl den virtuellen Raum der Handlungsplanung als auch den virtuellen Raum autobiographischer Erinnerungen mit der Realität zu verbinden. D.h. durch die speichernde Vermittlung des Hippocampus werden Verhaltenspläne und Erinnerungen mit der Realität abgestimmt. Es ist für sich evident, dass diese Regulierungsfunktion der Interaktion von Vorstellung und Realität die wichtigste Organisationsform menschlicher Intelligenz darstellt.

Von besonderer Bedeutung ist dabei der Sachverhalt, dass der Weg der elektrodynamischen Erregung vom Gyrus cinguli zum Hippocampus zurückführt. Wir dürfen in dieser Rückkoppelung die Repräsentation der so bedeutsamen psychologischen Schleife des Kurzzeitgedächtnisses sehen, der Funktion des "Rehearsal". Über den Hippocampuskreislauf wird die aktuelle Erinnerung, das "Festhalten im Kopf" der bildlichen und sprachlichen Symbole ermöglicht.

Bekanntlich ist die Kapazität der symbolischen Vergegenwärtigung des Kurzzeitgedächtnisses auf 7 ± 2 Einheiten (Miller, 1956) begrenzt. Die hippocampale Schleife ermöglicht durch Wiederhersagen (rehearsal), die aus dem KZG herausfallenden Einheiten festzuhalten. Es kann kaum Zweifel daran bestehen, dass dieser Prozess der Iteration fundamental für die langzeitige Abspeicherung von Symbolen ist (Baddeley, 1979).

Die Verbindung mit dem Hypothalamus und über den Gyrus hippocampi mit der Amygdala ermöglicht die Modulation der symbolischen, virtuellen Repräsentation von Planung und autobiographischer Erinnerung mit den körperlichen Bedürfnissen und Motiven sowie den Grundemotionen Neugier, Libido, Aggression und Flucht. (vgl. Damasio, 2010).

Wir müssen aber davon ausgehen, dass das emotionale Erleben symbolischer Operationen, wie es im Feld 46 repräsentiert wird, eine Derivation der Grundemotionen darstellt, wie sie in der Psychologie als "höhere Gefühle" beschrieben werden (vgl. hierzu Lersch (1970) sowie das Konzept des sekundären Narzissmus bei Freud (1999)).

Der hippocampale Kreislauf unter Einbeziehung des Feldes 46 vermittelt endlich auch die Hemmung der primär motorischen Felder, die überhaupt erst die Voraussetzung für die psychologische Genese der symbolischen Funktion ist.

Axiome für die grundlegenden Funktionen des reflexiven Bewusstseins

Zur Begründung eines naturwissenschaftlichen Ansatzes der präneuralen und neuralen Entwicklungsphasen des Lebens hat zur Oeveste (2019a, 2019b) acht Axiome formuliert. Diesen sollen vier weitere hinzugefügt werden, so dass mit zwölf Axiomen die Grundlagen einer naturwissenschaftlichen Psychologie inklusive der kognitiv-reflexiven Gehirnorganisation des homo sapiens erklärt sind.

Axiom 9

Die reflexiv bewusste Vorstellung entsteht durch die Umkehrung

des elektrophysiologischen Prozesses der Handlungsspiegelung.

Formal gilt: $R' \rightarrow S'$

Auf eine in den Spiegelneuronen des Frontalhirns repräsentierte Reaktion (R') folgt eine Vorstellung (S') als Repräsentation der mit ihr verbundenen Realität.

Axiom 10

Die Interaktion des Vorstellungsraumes mit dem realen Raum der Umwelt begründet ein deklaratives Gedächtnis, das der Realität eine kognitiv operationale, grammatische und semantische Struktur verleiht.

Axiom 11

Die Projektion eines vorgestellten Selbstbildes in den Vorstellungsraum bildet die Basis dafür, dass persönliches Handeln durch optische Vorstellung und Sprache geplant und gesteuert werden kann. Das deklarative Selbstbild begründet ein autobiographisches Gedächtnis mit der Möglichkeit zur bewussten Reflexion von Vergangenheit und Zukunft.

Axiom 12

Die Koordinierung von autobiographisch repräsentierter Vergangenheit und geplanter Zukunft mit dem Erleben der Gegenwart begründet die moralische Verantwortung des reflexiven Selbst.

Literaturverzeichnis

- Baars, B.J. (1988). A cognitive theory of consciousness. New York: Cambridge University Press.
- Baars, B.J. & Gage, N.M. (2010). Cognition, brain, and consciousness. Introduction to cognitive neuroscience. Amsterdam: Academic Press.
- Baddeley, A.D. (1979). Die Psychologie des Gedächtnisses. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Bauer, J. (2005). Warum ich fühle, was du fühlst (3. Auflage). Hamburg: Hoffmann und Campe.
- Bettelheim, B. (1977). Kinder brauchen Märchen, Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.
- Bordes, F. (1961). Typologie du paléolithique anciens et moyen. Bordeaux: Institut de Préhistoire de l'Université Bordeaux.
- Bosinski, G. (1967). Die mittelpaläolithischen Funde im westlichen Mitteleuropa. Köln und Wien: Böhlen Verlag.
- Bower, T.G.R. (1982). Development in infancy (second edition). San Francisco: W.H. Freeman and Company.
- Brodmann, K. (1925). Vergleichende Lokalisationslehre der Großhirnrinde. Leipzig: Barth.
- Chomsky, N. (1977). Reflexionen über die Sprache. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Conard, N.J. (2009). A female figurine from the basal Aurignacian of Hohle Fels cave in Southwestern Germany. Nature, 459, 248 - 252.
- Damasio, A. (1999). The feeling of what happens. Body and emotion in the making of consciousness. New York: Harcourt Brace &

Company.

- Damasio, A. (2010). *Self comes to mind. Constructing the conscious brain*. New York: Pantheon Books.
- Donald, M. (2001). *A mind so rare: the evolution of human consciousness*. New York: W.W. Norton & Company.
- Dürre, W. (1981). *Alt- und mittelpaläolithische Funde in Nord-Deutschland*. Hildesheim: August Lax Verlagsbuchhandlung.
- Eccles, J.C. (1982). *Das Rätsel Mensch. Die Gifford Lectures an der Universität von Edinburgh 1977 - 1978*. München: Ernst Reinhardt.
- Edelman, G.M. (2004). *Wider than the sky. The phenomenal gift of consciousness*. New Haven and London: Yale University Press.
- Feustel, R. (1990). *Abstammungsgeschichte des Menschen*. Jena: Gustav Fischer Verlag.
- Freud, S. (1999). *Die Libidotheorie und der Narzißmus (Gesammelte Werke Bd. XI)*. Frankfurt am Main: Fischer Verlag.
- Gentner, D. (1974). *Towards a psychological theory of the meaning of the possession verbs*. Unveröffentlichte Dissertation, University of California, San Diego.
- Hayne, H. (2006). *Die Entwicklungspsychologie des autobiographischen Gedächtnisses*. In H. Welzer & H.J. Markowitsch (Hrsg.): *Warum Menschen sich erinnern können*, 206 - 224. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Heckhausen, J. (2003). *The future of life span developmental psychology: perspectives from control theory*. In U.M. Staudinger & U. Lindenberger (Hrsg.): *Understanding human development*. Boston MA: Kluwer Academic Publishers.

- Hubel, D.H. & Wiesel, T.N. (1982). Nobel lecture. *Nature*, 299, 515 - 524.
- Kahle, W., Leonhardt, H. & Platzner, W. (1979). Dtv-Atlas der Anatomie, Band 3, Nervensystem und Sinnesorgane. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Kintsch, W. & van Dijk, T.A. (1975). Comment on se rapelle et on résume des histoires. *Langages*, 40, 98 - 116.
- Kohlberg, L. (1963). The development of children's orientations toward a moral order. *Vita Humana*, 6, 11 - 33.
- Kohlberg, L. (1974). Zur kognitiven Entwicklung des Kindes. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Kolb, B. & Wishaw, J.Q. (1993). Neuropsychologie. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.
- Leakey, R. (1997). Die ersten Spuren. Über den Ursprung des Menschen. München: C. Bertelsmann Verlag,
- Lersch, P. (1970). Aufbau der Person (11. Auflage). München: Johann Ambrosius Barth.
- Lorenz, K. (1973). Die Rückseite des Spiegels. Versuch einer Naturgeschichte menschlicher Erkenntnis. München: R. Piper & Co. Verlag.
- Lück, H.E. (1996). Kurt Lewin. Eine Einführung in sein Werk. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Markowitsch, H.J. & Welzer, H. (2005). Das autobiographische Gedächtnis. Hirnorganische Grundlagen und biösosiale Entwicklung. Stuttgart: Klett Cotta.
- Metzger, W. (1968). Psychologie. Die Entwicklung ihrer Grundannahmen seit der Einführung des Experiments (4. Auflage). Darmstadt:

Dr. Dietrich Steinkopff Verlag.

Metzger, W. (1974). Realkategorien der Wahrnehmungsstruktur.

In W. Metzger (Hrsg.): Handbuch der Psychologie, Allgemeine Psychologie. 1. Halbband: Wahrnehmung und Bewußtsein. Göttingen: Dr. C.J. Hogrefe.

Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits of our capacity for processing information.

Psychological Review, 60, 81 - 97.

Milner, B., Corkin, S. & Teubner, H. (1968). Further analysis of the hippocampal amnesic syndrome. 14-year-follow-up study of H.M. Neuropsychologia, 6, 215 - 234.

Panksepp, J. (1998). Affective Neuroscience: The foundation of human and animal emotions. New York: Oxford University Press.

Piaget, J. (1975). Gesammelte Werke, Band 1 - 10. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.

Piaget, J. (1976). Das moralische Urteil beim Kinde (2. Auflage). Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.

Portmann, A. (2000). Biologie und Geist. Göttingen: Ulrich Burgdorf Verlag.

Ramachandran, V. (2003). The emerging mind. London: Profile Books Ltd.

Rizzolatti, G., Fagida, L., Gallese, V. & Fogassi, L. (1996).

Premotor cortex and the recognition of motor actions. Cognitive Brain Research, 3, 131 - 141.

Sander, F. & Volkelt, H. (1967). Ganzheitspsychologie. München:

C.H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung.

Solms, M. & Turnbull, O. (2004). Das Gehirn und die innere Welt.

Düsseldorf und Zürich: Walter Verlag.

- Szagun, G. (1986). Sprachentwicklung beim Kind (3. Auflage).
München-Weinheim: Psychologie Verlags Union, Urban &
Schwarzenberg.
- Tulving, E. (1983). Elements of episodic memory. Oxford: Clarendon
Press.
- Zur Oeveste, H. (1982). Kognitive Entwicklung. In: W. Wiczerkowski
& H. zur Oeveste (Hrsg.): Lehrbuch der Entwicklungspsychologie,
Band 1, 319 - 370. Düsseldorf: Pädagogischer Verlag Schwann.
- Zur Oeveste, H. (2019a). Fünf Axiome zur Begründung einer
naturwissenschaftlichen Psychologie der präneuronalen
Entwicklungsphase des Lebens. Unveröffentlichtes Manuskript.
- Zur Oeveste, H. (2019b). Begründung einer naturwissenschaftlichen
Psychologie der neuronalen Entwicklungsphase des Lebens.
Unveröffentlichtes Manuskript.

Abbildung

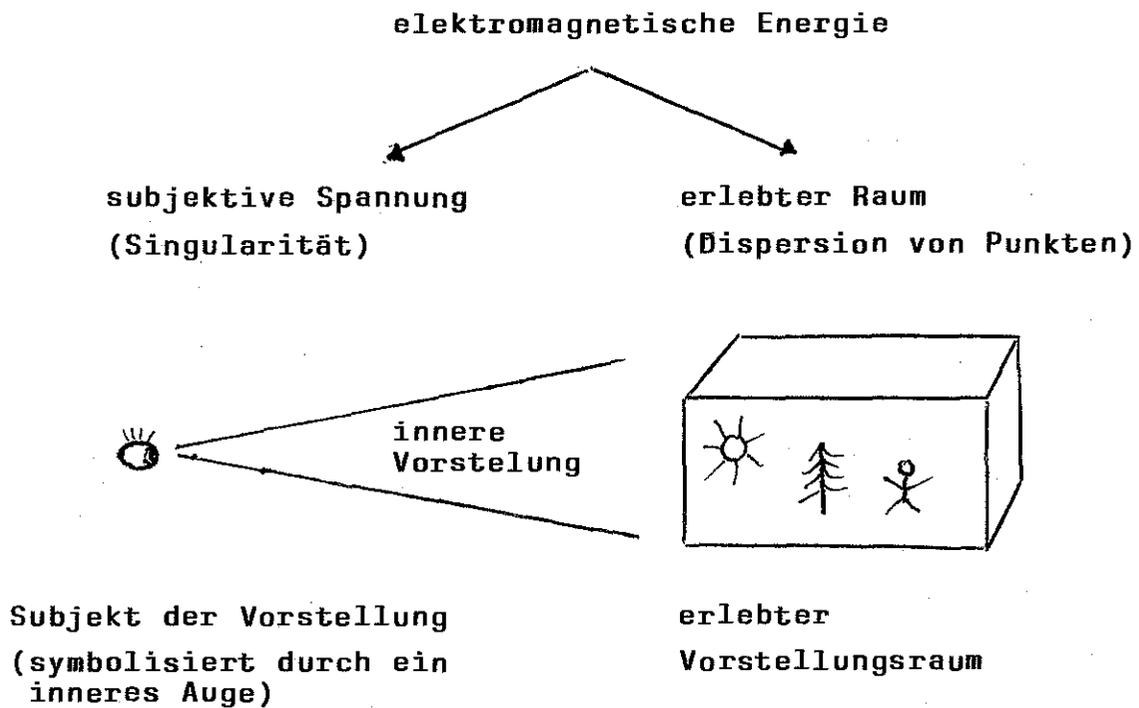
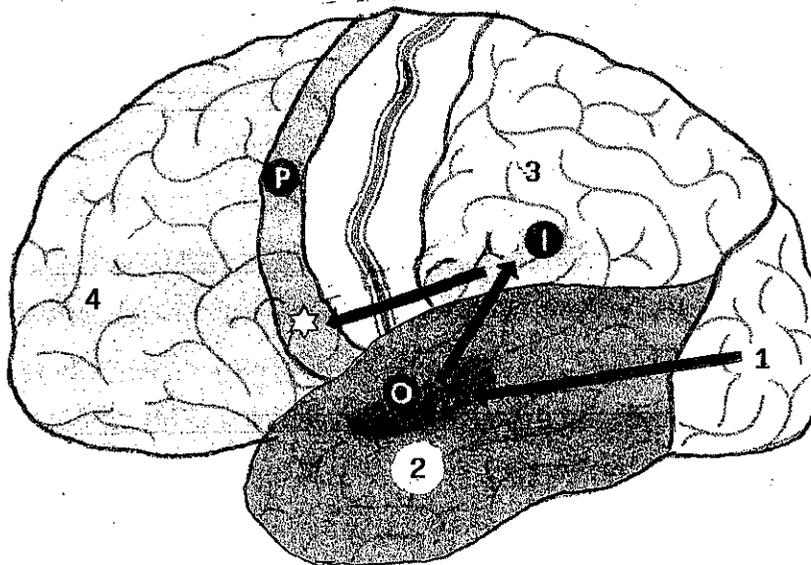


Abbildung 1. Die Trennung elektromagnetischer Energie als Basis des Erlebens der Innenwelt.

Abbildung



1. Okzipitalhirn
 2. Temporallappen
 3. Parietallappen
 4. Frontallappen
- 0 = optisches Interpretationssystem
I = inferiore Parietalregion
P = prämotorische Rinde
☆ = Spiegelneurone

Abbildung 2. Neuropsychologischer Mechanismus der Spiegelneurone
(nach Bauer, 2005, S. 52).

Abbildung

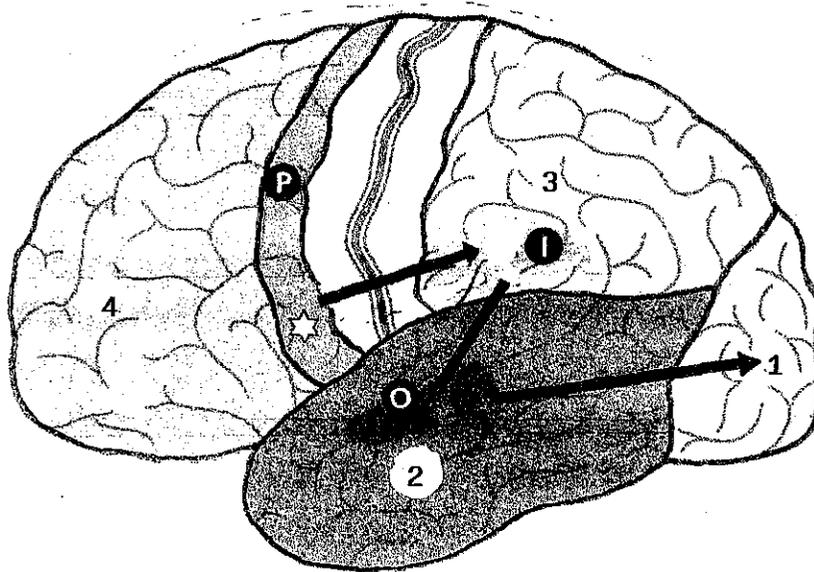


Abbildung 3. Umkehrung des Spiegelprozesses (vgl. Abb. 2).

Abbildung

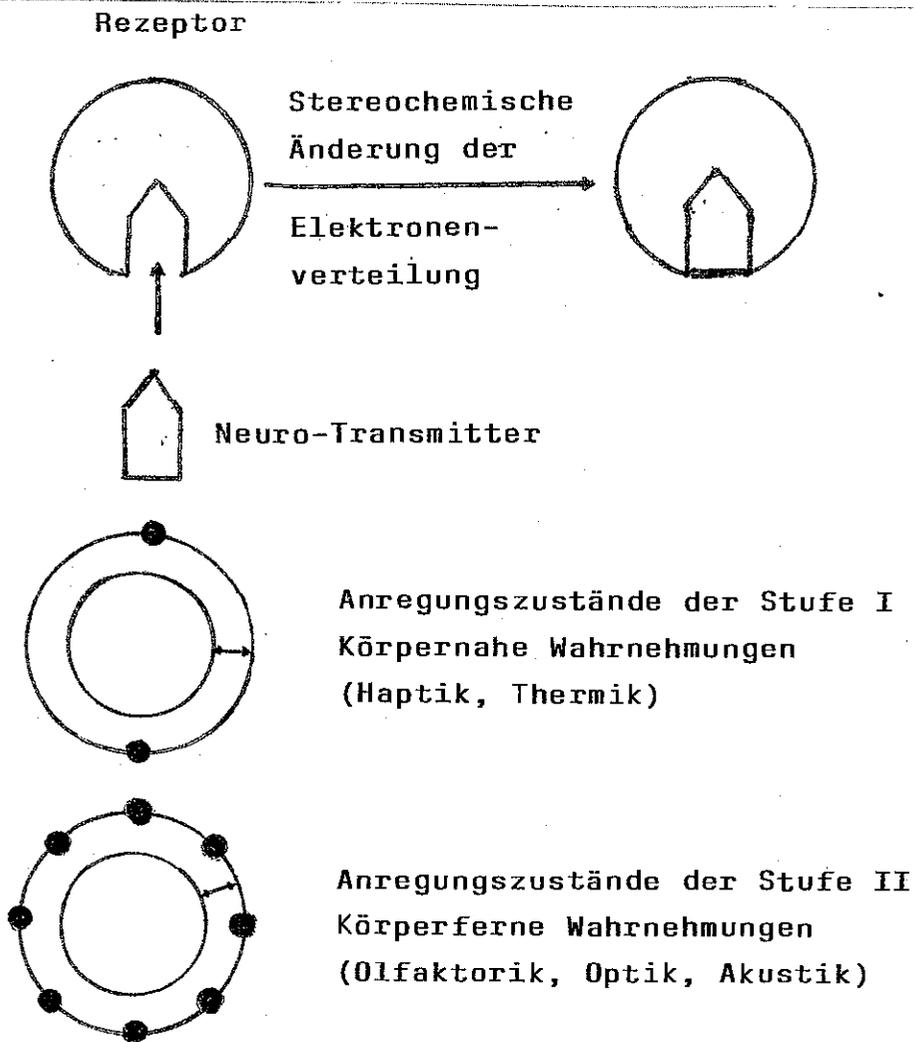
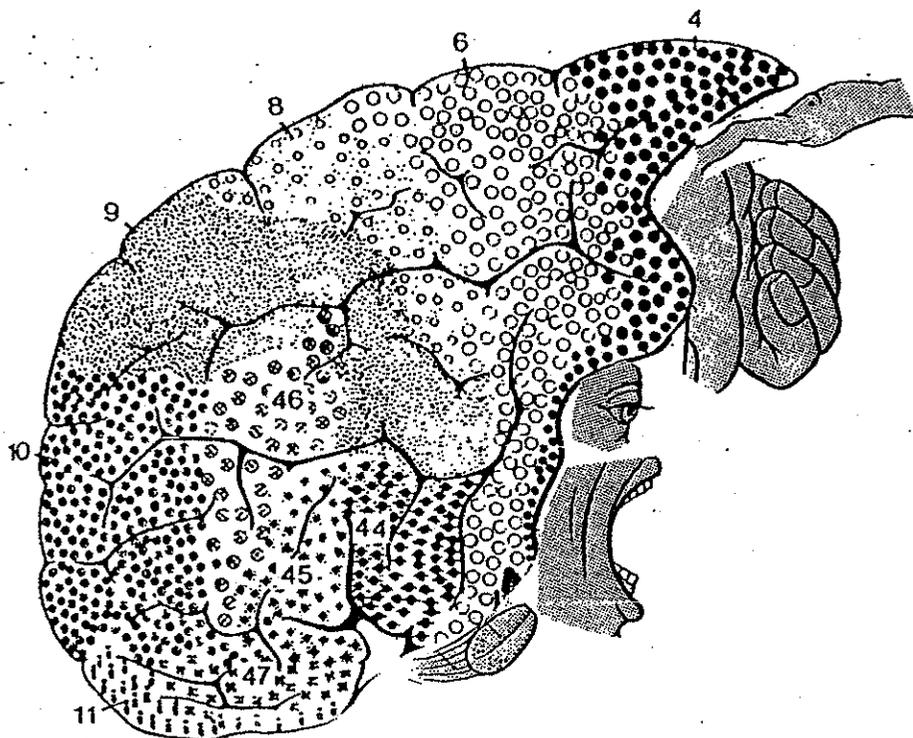


Abbildung 4. Genese des Wahrnehmungserlebens in Abhängigkeit von elektronischen Anregungszuständen psychogener Biomoleküle.

Abbildung



- 4. primäre motorische Rinde
- 6 sekundäre motorische Rinde
- 8 frontale Augenfelder
- 9+10 Konvergenzfelder am frontalen Pol
- 11+47 orbitofrontaler Cortex
- 44+45 Brocasches Sprachzentrum
- 46 Verbindungsfeld zu den subkortikalen Zentren (vgl. Abb. 17)

Abbildung 5. Brodmannsche Karte des Frontalhirns.

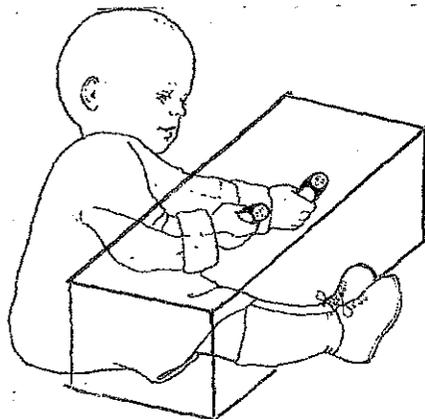
Abbildung

Abbildung 6. Ausbildung eines frühkindlichen Auge-Hand-Raumes durch Koordinierung des Sehens und Greifens.

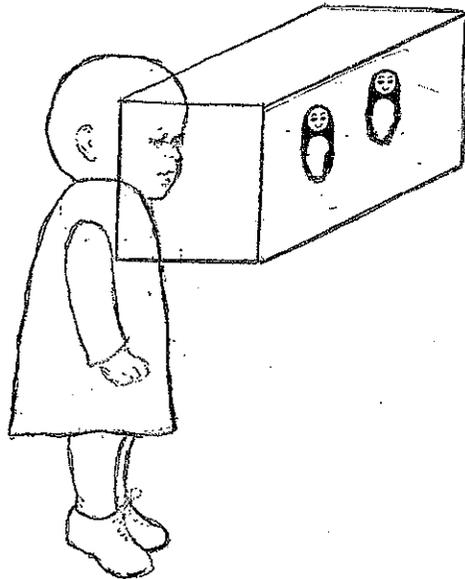
Abbildung

Abbildung 7. Entwicklung des Vorstellungsraumes nach dem Erlernen des aufrechten Gehens: der Auge-Hand-Raum wird zum Vorstellungsraum.

Tabellen

Tabelle 1

Überblick über den Grammatikerwerb im Kindesalter

(auszugsweise aus Szagun 1986, S. 30 - 31)

Einwort- äußerungen	einzelne Nomen, Wörter wie: <i>ab, auf, mehr, auch, da, hier, nein</i>	Frageintonation	1 - 1.5 Jahre		
Zweiwort- äußerungen	semantische Funktionen: Vorhandensein Nicht-Vorhandensein Wieder-Vorhandensein	Wortstellung: Verb in Endstellung dominiert	Morphologie der Nominal- phrase: Nomen: einige Pluralformen, Genitiv -s Artikel: <i>de, 'n</i> (selten) Adjektive: Genus korrekt, Nominativ	Verbmorphologie: meist Infinitiv, Sg., Part. Perf.	Verneinung: Wort + Neg und Neg + Wort
1.5 - 2 Jahre	Handlungsträger und Handlung Objekt und Handlung Besitzer und Besitz Lokalisierung Attribution		Verbmorphologie: meist Infinitiv		Frage: Ja/Nein-Fragen, W-Fragen ohne Inversion/Fragewort
Drei- und Mehrwort- äußerungen	Morphologie der Nominalphrase: Genus (an Artikeln): fast immer korrekt Kasus: markiert am Artikel in Reihenfolge: - Nominativ - Akkusativ - Dativ - Genitiv Übergeneralisierung von Nominativ und Akkusativ Pronomen: später markiert als Artikel Adjektive: starke und schwache Deklination Plural: viele korrekte Formen, Übergeneralisierung von -n, Übermarkierung	Verbmorphologie: Konjugation Part. Perf. mit <i>ge-</i> Hilfsverben Modalverben Vergangenheitsformen Futur mit <i>werden</i> Übergeneralisierung der schwachen Konjugation bei Imperfekt und Part. Perf.	Verneinung: Verb + <i>nicht</i> Wörter zwischen konjugiertem Verb und <i>nicht</i> Frage: Fragepronomen, Inversion		
2 - 4 Jahre					

Abbildung

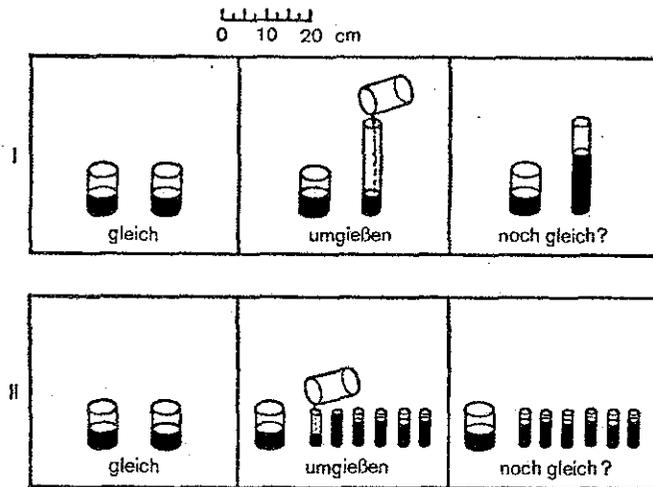


Abbildung 8. Design des klassischen Invarianzexperimentes nach Bruner (1971).

Abbildung

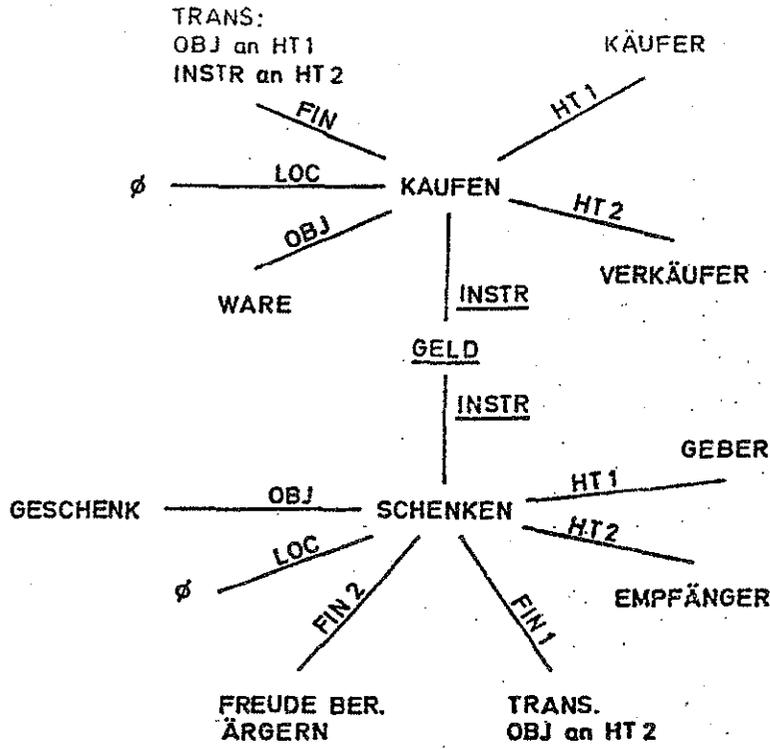
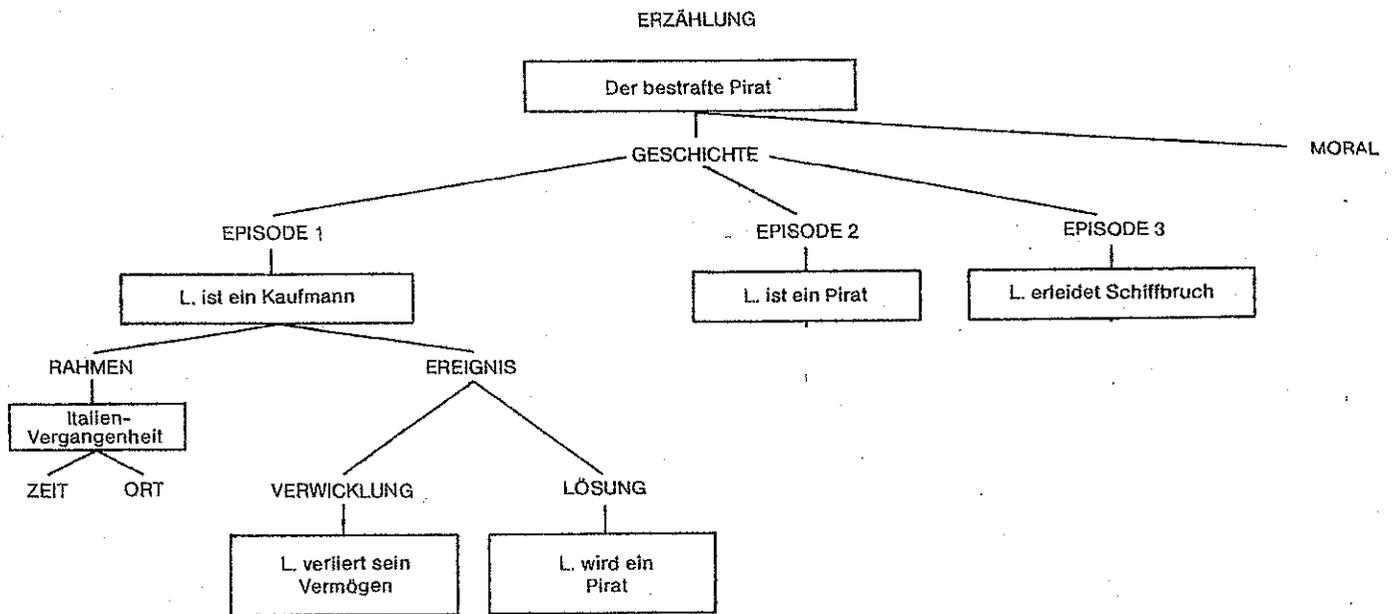


Abbildung 9. Semantische Verbindung zweier Verben.

Abbildungung



Abbildungung 10. Narrative Struktur einer Novelle aus Boccaccios Dekameron.

Abbildung

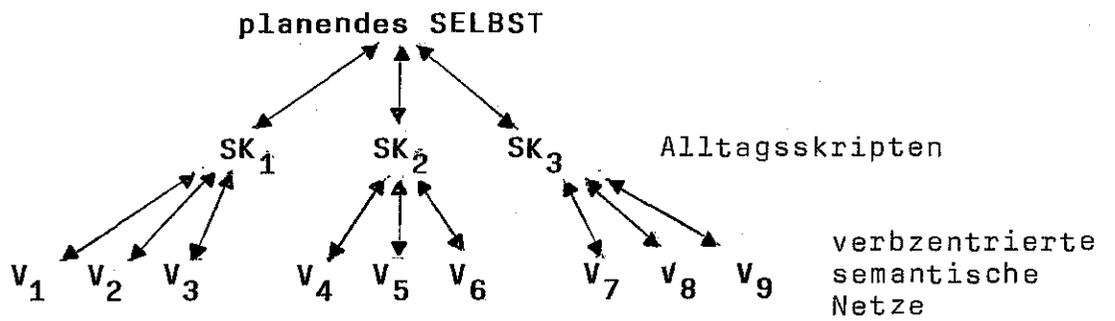


Abbildung 11. Konvergenz-Divergenz-Organisation des planenden autobiographischen Selbst.

Abbildung

Abbildung 12. Steuerungszentren des planenden und autobiographischen Selbst im medialen Cortex nach Damasio(2010).

Abbildung

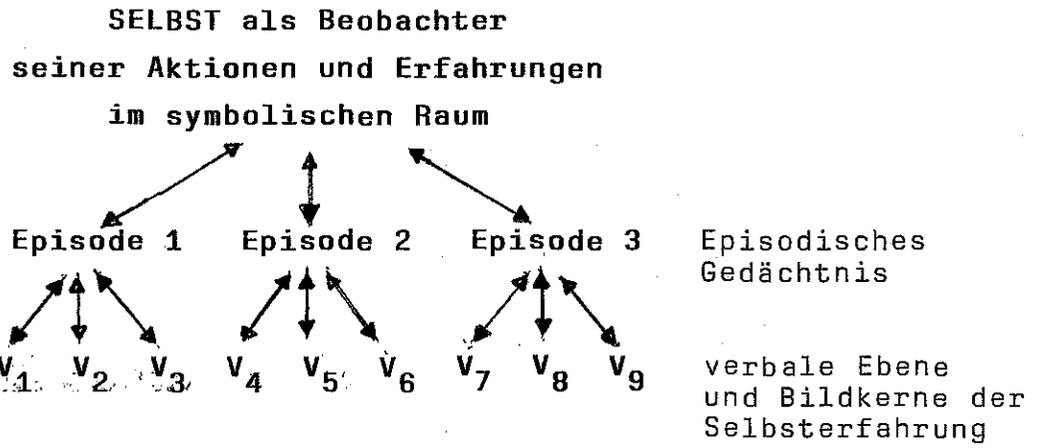


Abbildung 13. Kognitives Schema der autobiographischen Selbsterfahrung.

Abbildung

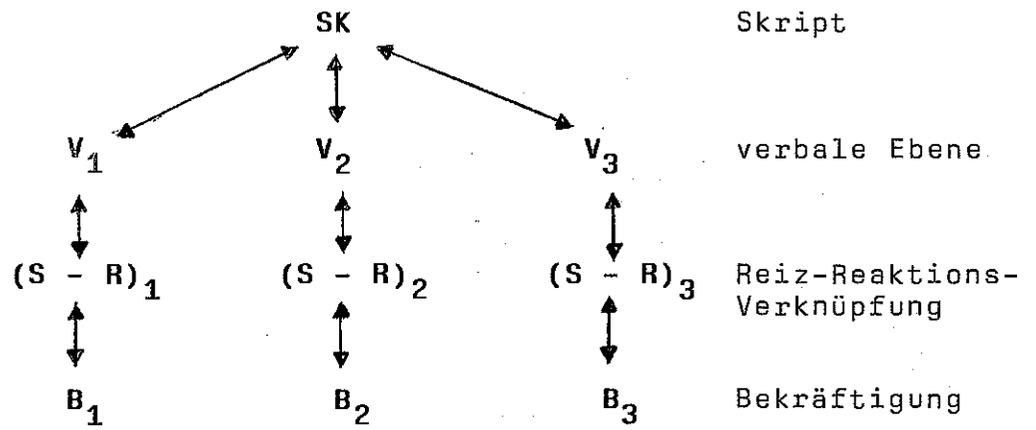


Abbildung 14. Umsetzung von Skripten in konditionierte Handlungen und Erfahrungen.

Abbildung

Ein großer weißer Ball verschwindet oben links in der Maschine und kann auf magische Weise "geschrumpft" unten rechts wieder entnommen werden (dreijähriges Kind mit zwei Betreuerinnen).

Abbildung 15. Die magische Schrumpf-Maschine nach Harlene Hayne

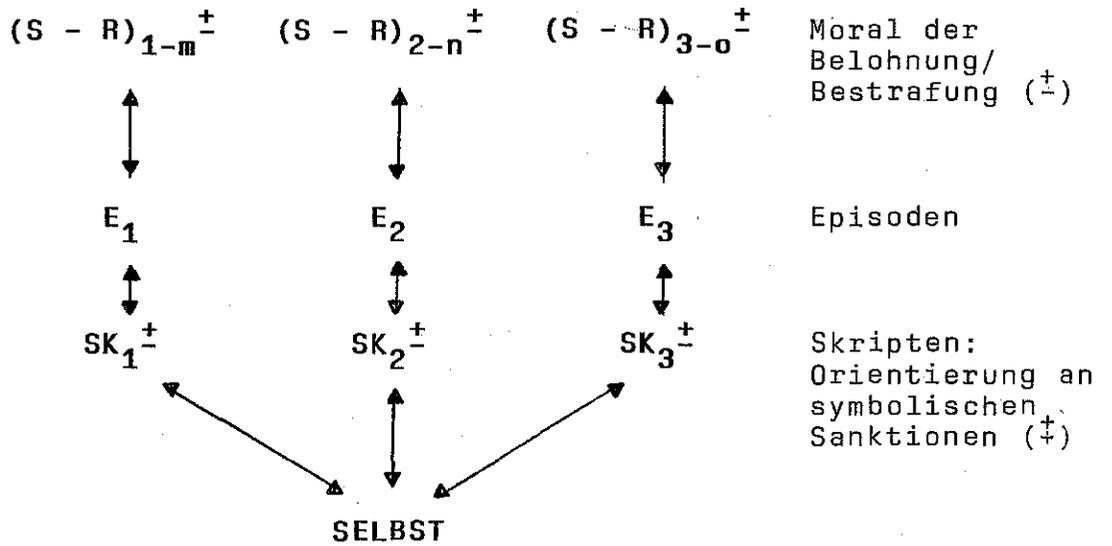
Tabellen

Tabelle 2.

Stufen der moralischen Wertorientierung nach Kohlberg

Ebene I	Präkonventionelle Ebene
Typ 1	Orientierung an Bestrafung und Gehorsam
Typ 2	Naiver instrumenteller Hedonismus
Ebene II	Moral der konventionellen Rollenkonformität
Typ 3	Orientierung am Ideal des „guten Kindes“
Typ 4	Orientierung an der Aufrechterhaltung von Autorität und sozialer Ordnung
Ebene III	Moral selbstgesetzter Prinzipien
Typ 5	Legalistische Vertrags-Orientierung und Anerkennung demokratischer Gesetzgebung
Typ 6	Orientierung am Gewissen oder an individuellen Prinzipien

Abbildung

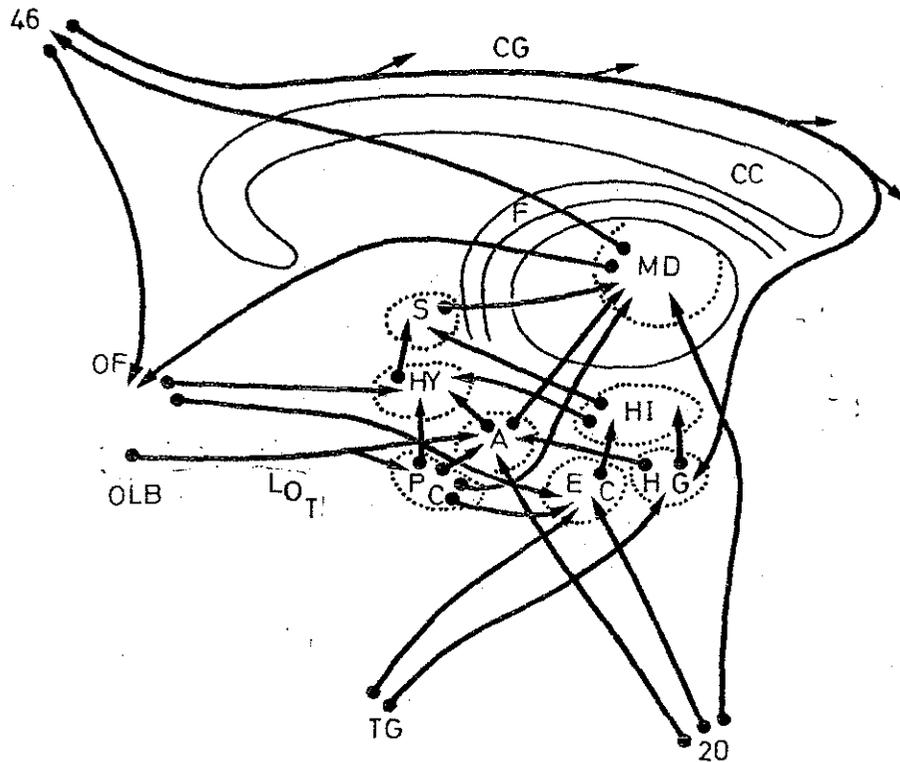


Symbolische Wertstruktur des SELBST:

1. Achtung vor der Schöpfung und dem Leben
2. Persönliche Entscheidungsfreiheit
3. Verzicht auf Gewalt
4. Soziale Gleichheit und Gerechtigkeit

Abbildung 16. Konvergenzstruktur des moralischen Selbst.

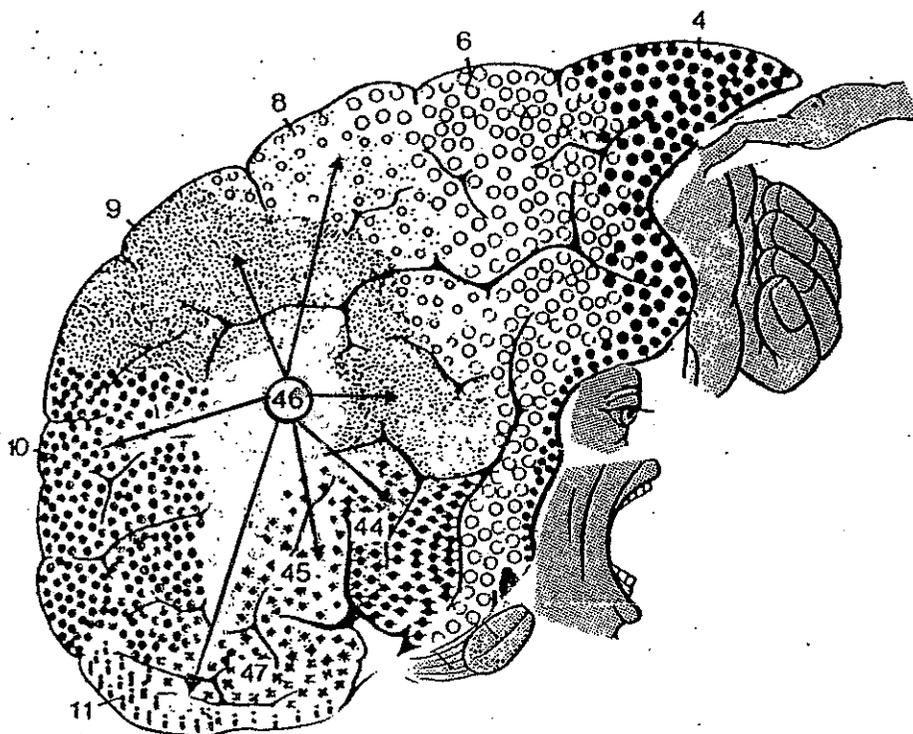
Abbildung



- OF Orbitalfläche des Frontallappens
- TG Temporaler Pol
- HG Gyrus Hippocampi
- HI Hippocampus
- S Septum
- F Fornix
- CC Corpus callosum,
- OLB Bulbus olfactorius
- LOT Tractus olfactorius lateralis
- PC Lobus piriformis
- EC Cortex entorhinalis
- A Mandelkern
- HY Hypothalamus
- CG Gyrus cinguli

Abbildung 17. Verbindungen des Neo-Cortex mit dem limbischen System und dem medio-dorsalen Thalamus nach Eccles (1982).

Abbildung



- 4 Steuerung realer Bewegungen
 6 Steuerung von Handlungsprogrammen
 8 Spiegelung von Augenbewegungen bewirkt optische Vorstellungen
 9 + 10 Konvergenzfelder des frontalen Pols: Konvergenz von optischen Vorstellungen, inneren Sprechoperationen und moralischen Urteilen
 11 + 47 Repräsentation moralischer Urteile
 44 + 45 Spiegelung der Sprachmotorik bewirkt inneres Sprechen

Abbildung 18. Das Brodmannsche Feld 46 und seine Konvergenz-Verbindungen mit den benachbarten Feldern.