

Die Vorlesung bietet eine Synthese von empirischen Daten aus der Hirnforschung, welche (1) sich mit der Ontogenese des psychosozialen Verhaltens beschäftigt, und welche (2) wissenschaftstheoretisch die Grundannahme der Theorie der dynamischen (lebenden) Systeme benutzt für Hypothesenbildung und Interpretation der Ergebnisse.

Diese Synthese wird in Form eines integrativen Modells der Funktionen des menschlichen Gehirns vorgestellt.

Literatur-Referenzen dazu:

Ref. 1. Koukkou, M. & Lehmann, D. Ein systemtheoretisch orientiertes Modell der Funktionen des menschlichen Gehirns, und die Ontogenese des Verhaltens: eine Synthese von Theorien und Daten. In: M. Koukkou, M. Leuzinger-Bohleber & W. Mertens (eds.): Erinnerung von Wirklichkeiten: Psychoanalyse und Neurowissenschaften im Dialog, Band 1: Bestandsaufnahme [ISBN 3-608-91954-6]. Cotta / Verlag Internat. Psychoanalyse (VIP), Stuttgart (1998), pp. 287-415.

Ref. 2. Koukkou, M. & Lehmann, D. Entstehung und Behandlung psychischer Störungen aus der Sicht integrativer Hirn-Funktions-Modelle. In: H. Böker (ed.) Psychoanalyse und Psychiatrie. Heidelberg: Springer, pp. 373-389 (2006).

Ref. 3. Koukkou, M. & Lehmann, D. Experience-dependent brain plasticity: A key concept for studying non-conscious decisions. In: "Psychoanalysis and the human body: Beyond the mind-body dualism", Int. Congr. Series (ICS) 1286: 45-52 (2006).

Ref. 4. Lehmann, D. & Koukkou, M. The brain's experience-dependent plasticity and state-dependent recall and the creation of subjectivity of mental functions. In: M. Mancia (ed.): Psychoanalysis and Neuroscience. ISBN: 88-470-0334-2. Milano: Springer, pp. 219-232 (2006).

=> Hinweise auf Ref. 1 und 2 werden auf den folgenden Blättern mit Seitenzahlen zitiert.

=> => Kopien der Artikel Ref. 1 und 2, und eine Kopie dieser Vorlesungsunterlagen liegen bereit für weitere Kopien im Handapparat der Bibliothek des Psychologischen Instituts, Binzmühlstr. 14.

Diese Vorlesungsunterlagen haben folgende Abschnitte:

- Einleitung
- Modell
- Gehirn
- Gefühl / Emotion
- Gedächtnis
- Entwicklung
- Aktivierung
- Neuro-Imaging

Die Grundannahme der Theorie der dynamischen (lebenden) Systeme.

Lebende Systeme sind Ganzheiten; sie bestehen aus einem Set von während des Lebens kontinuierlich und dynamisch interagierenden und sich dadurch gegenseitig beeinflussenden Organen (die interne Realität des lebenden Systems). Sie stehen gleichzeitig in einer kontinuierlichen und dynamischen Interaktion sowohl mit den physischen als auch den sozialen Realitäten, in die sie hineingeboren werden (mit ihren externen Realitäten, d. h. mit ihren natürlichen Interaktionspartnern).

In jedem Moment des Lebens setzt das Verhalten diese beständigen, parallelen und dynamischen Interaktionen voraus und stellt ihre Ergebnisse dar.

Ein bestimmter Grad an kooperativen funktionellen Interaktionen des lebenden Systems mit seinen natürlichen Interaktionspartnern ist die Voraussetzung für Überleben und gesunde Entwicklung. Dies wird primär durch die Funktionen des peripheren und zentralen Nervensystems erreicht, die die verschiedenen Spezies während der Phylogenese (der Evolution) entwickelt haben. Fuster (1995) fasst diese Funktionen als phylogenetisches Gedächtnis zusammen; sie entsprechen den Begriffen Instinkte, Triebe und intrinsische Motivation.

Zu jedem lebenden System gehört eine Zeitspanne. Das heisst: Lebende Systeme laufen durch Entwicklungsphasen. Diese beinhalten die dynamische Anpassung des Systems an diejenigen Eigenschaften seiner externen Realitäten, die für das Überleben von primärer Bedeutung sind. Jede Entwicklungsphase beinhaltet also die Ergebnisse von dynamischen Lernprozessen.

dazu Ref. 1 p.295-300 und Ref. 2 p. 376-377.

Die Erforschung der Ontogenese des psychosozialen Verhaltens

Betrachtet man die Bemühungen der Wissenschaft während der letzten Jahrzehnte, die Komplexität der Entwicklung menschlichen Verhaltens und Erlebens zu verstehen und die Faktoren zu erfassen, die diese Entwicklung motivieren, steuern und beeinflussen, entsteht folgendes Bild: Die menschliche biopsychosoziale Entwicklung ist das Thema von Forschungs- und Theorieinteressen aller Disziplinen, die sich mit komplexen Lebensphänomenen befassen, von der Philosophie, Soziologie und Psychoanalyse bis zu der Molekularbiologie und Genetik. Zwischen den meisten dieser Disziplinen scheint ein Konsens über Folgendes erreicht worden zu sein:

a - Die biopsychosoziale Entwicklung ist ein komplexer und multifaktoriell determinierter Vorgang, untersuchbar von den Molekülen und Genen im Organismus bis zur sozialen und kulturellen Realität, mit der das wachsende Individuum interagieren muss.

b - Es gibt enge Verbindungen zwischen biopsychosozial gesunder Entwicklung und Qualität sozialer Beziehungen, d. h., die Qualität der Interaktion des sich entwickelnden Individuums mit den alterswichtigen Bezugspersonen spielt eine entscheidende Rolle für die Qualität seines momentanen und späteren Verhaltens und Erlebens.

c - Ein Fortschritt im Verstehen, wie die verschiedenen Faktoren miteinander interagieren und so die Entwicklung des Individuums determinieren, setzt die Anwendung eines weit akzeptierten disziplinübergreifenden wissenschaftstheoretischen Rahmens (eines Modells) von komplexen und multideterminierten Prozessen voraus.

Das heisst: Die Erforschung der Entstehung des menschlichen Verhaltens und Erlebens und der Gemeinsamkeiten bzw. Individualität seiner Manifestationen muss ein interdisziplinäres kreatives Unternehmen sein.

dazu Ref. 2 p. 375.

Die Grundvorschläge des Modells

Die im Modell der Funktionen des menschlichen Gehirns integrierten Daten, interpretiert im Rahmen der Theorie der dynamischen lebenden Systeme, führten zu folgenden Feststellungen:

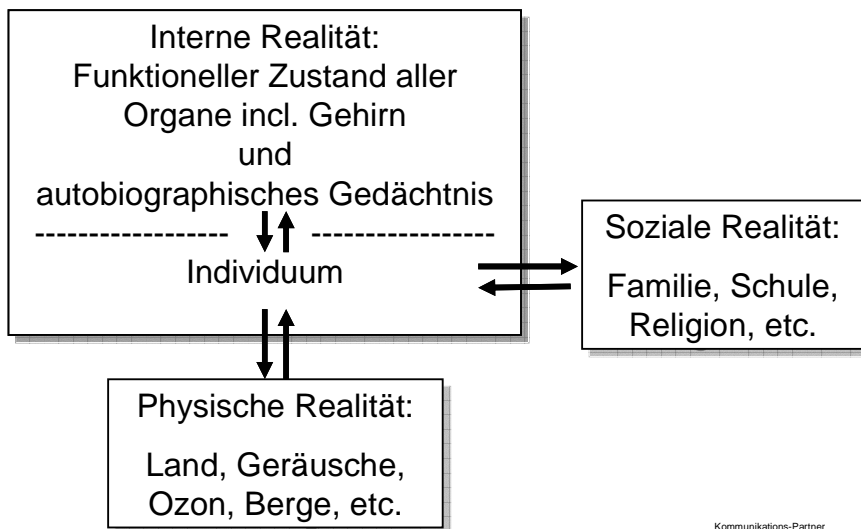
Menschliches Verhalten und Erleben sind multifaktoriell generierte und multidimensional manifeste dynamische Phänomene; sie bestehen immer aus koexistierenden Dimensionen, die subjektiv wahrnehmbar, verhaltensbezogen, und in der Funktionsweise aller Organe messbar sind. Diese immer koexistierenden Dimensionen menschlicher Existenz sind die "Produkte" der Funktionen des Nervensystems und insbesondere des Gehirns, die das postnatale Leben als dynamische Interaktion zwischen Individuum und externer Realität initiieren und motivieren, sowie die Lern- und Gedächtnisfunktionen (die erfahrungsabhängige Neuroplastizität) des Neokortex aktivieren, die die Inhalte der Biographie des Individuums kreieren.

Menschliches Verhalten und Erleben, sei es eines Säuglings oder Erwachsenen, sei es in der Wachheit oder im Schlaf, soll erforscht werden als das Ergebnis der ständigen, dynamischen und parallelen Interaktion des Individuums mit den physischen und sozialen Realitäten, in die es hineingeboren wurde, und mit sich selbst, d. h. mit seinen internen Realitäten. Diese bestehen aus dem jeweiligen funktionellen Zustand der Organe, z. B. Gehirn, Magen, Nieren, und dazu -- und das ist die Kernfeststellung des Modells -- aus der Summe des allmählich im Gehirn des Individuums (durch seine ständige aktive und passive Beteiligung an den Ereignissen seiner Realitäten) erworbenen und kreierte Wissens über das Selbst, über seine Realitäten, und über die Qualität der Beziehungen, die zwischen dem Selbst und seinen Realitäten bestehen.

Das primäre organisierende und motivierende Prinzip und das primäre Ziel der dynamischen Beteiligung des Individuums an seinen Realitäten ist das Erhalten und/oder Wiederherstellung der psychobiologischen Gesundheit (des psychobiologischen Wohlbefindens) innerhalb dieser Realitäten.

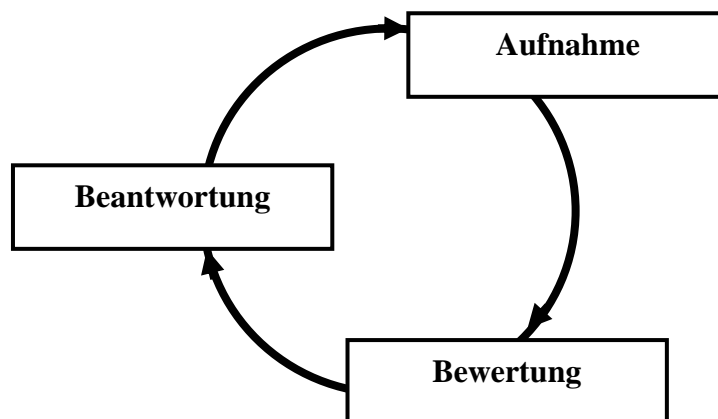
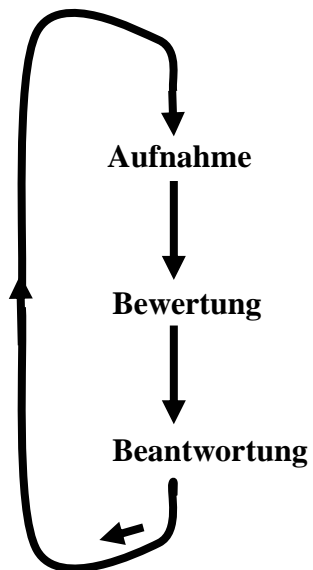
dazu Ref. 1 p. 295-303 und Ref. 2 p. 377.

Die Kommunikations-"Partner" des Menschen

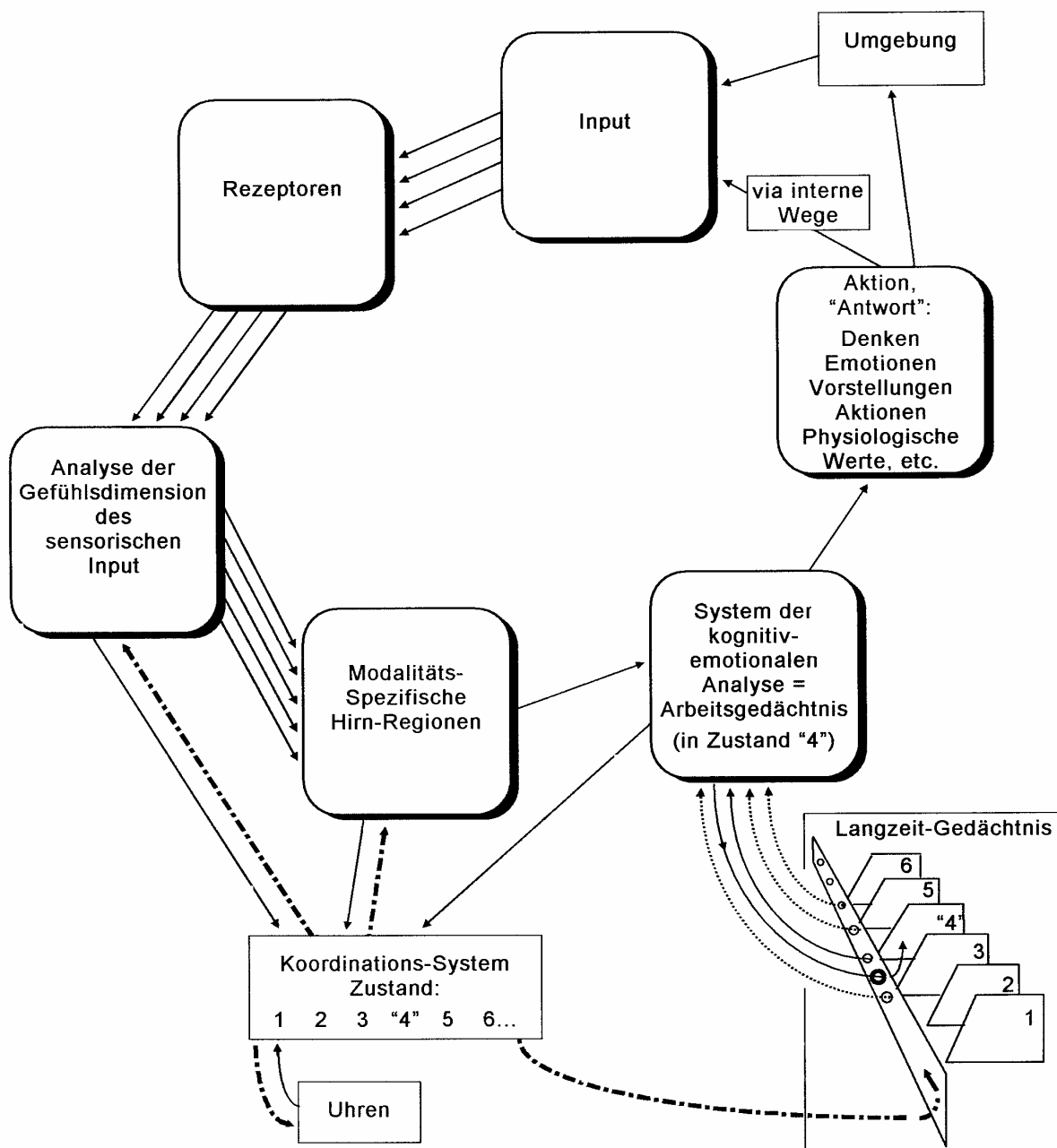


Die Informationsverarbeitenden Hirnprozesse:

Schritte der Informations-Verarbeitung im Hirn:



Die Informationsverarbeitenden Hirnprozesse mit ihren Funktionseinheiten und deren Verbindungen:



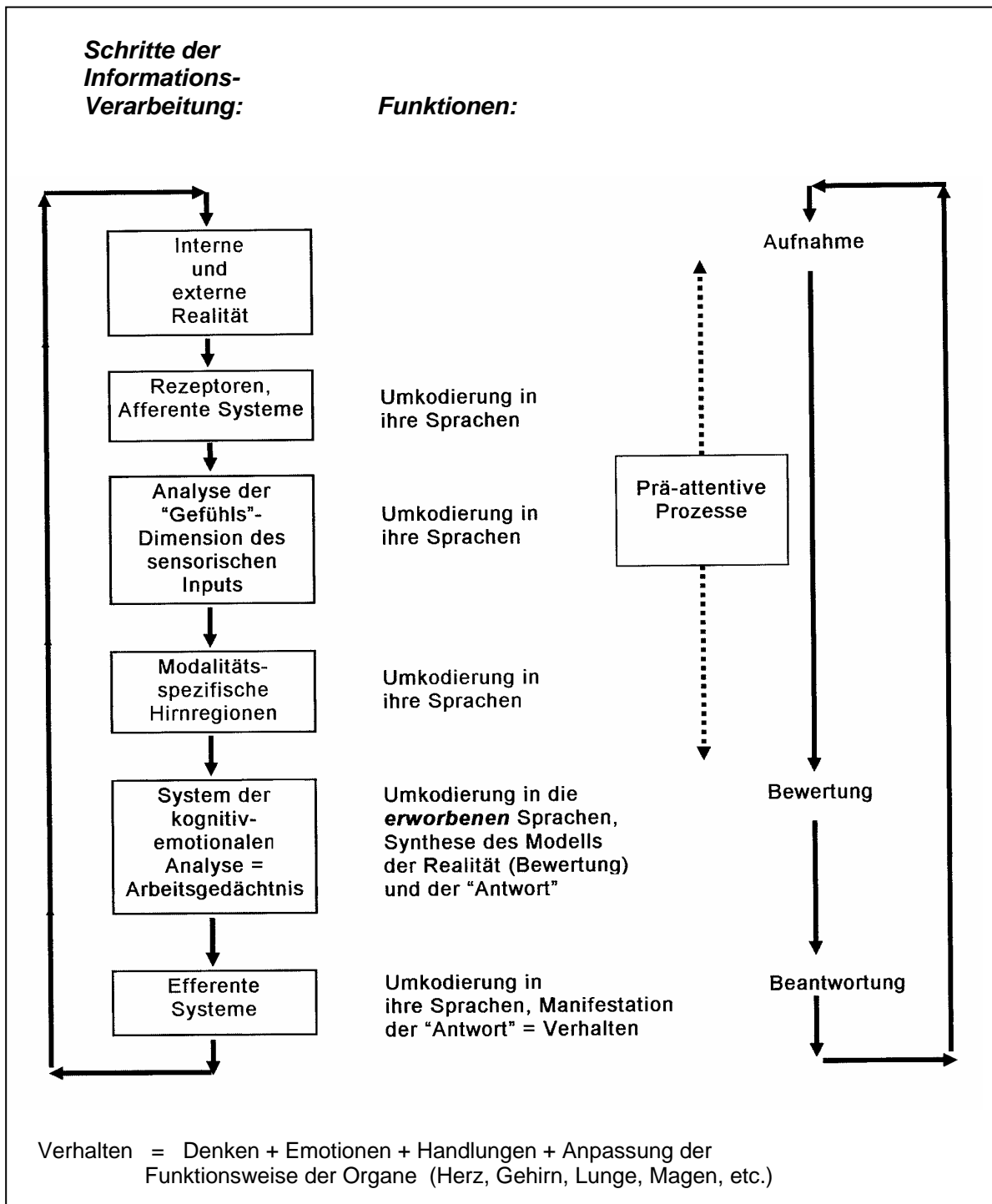
Die Informationsverarbeitenden Hirnprozesse mit ihren Funktionseinheiten und deren Verbindungen:

Die funktionellen Zusammenhänge der Einheiten sind dargestellt (solide Pfeile: offener Informationsfluss; punktierte Pfeile: bedingt offener (eingeschränkter) Informationsfluss; unterbrochene dicke Pfeile: koordinierende und Feedback-Informationen). Die Einheiten sind nicht anatomisch begrenzte Hirn- oder Körpergebiete sondern Schritte der Informationsverarbeitung. Die "Analyse der Gefühlsdimension des sensorischen Inputs" umfasst die Effekte des sensorischen Inputs auf das homöostatische Niveau des Organismus. Das Modell ist im Zustand "4", das heisst, die Informationsverarbeitenden Hirnprozesse haben direkten Zugang zu den Gedächtnisinhalten und Verarbeitungs-Strategien des "Speicher 4" (welche auch die Inhalte des Arbeitsgedächtnisses sind), eingeschränkter Zugang nur für Abruf aus den höheren "Speichern" und dem direkt niederen "Speicher 3", aber nicht aus den noch niederen "Speichern" ("Asymmetrie der Erinnerung").

"Speicher" = erreichte Menge und Komplexität der neuronalen Netzwerke, primär altersbedingt. nach Ref. 1 p. 305.

(siehe auch die Bilder: 'Die Funktionseinheiten der Informationsverarbeitenden Hirnprozesse' und 'Zustands-abhängiger Zugang zum Gedächtnis').

Die Funktionseinheiten der Informationsverarbeitenden Hirnprozesse

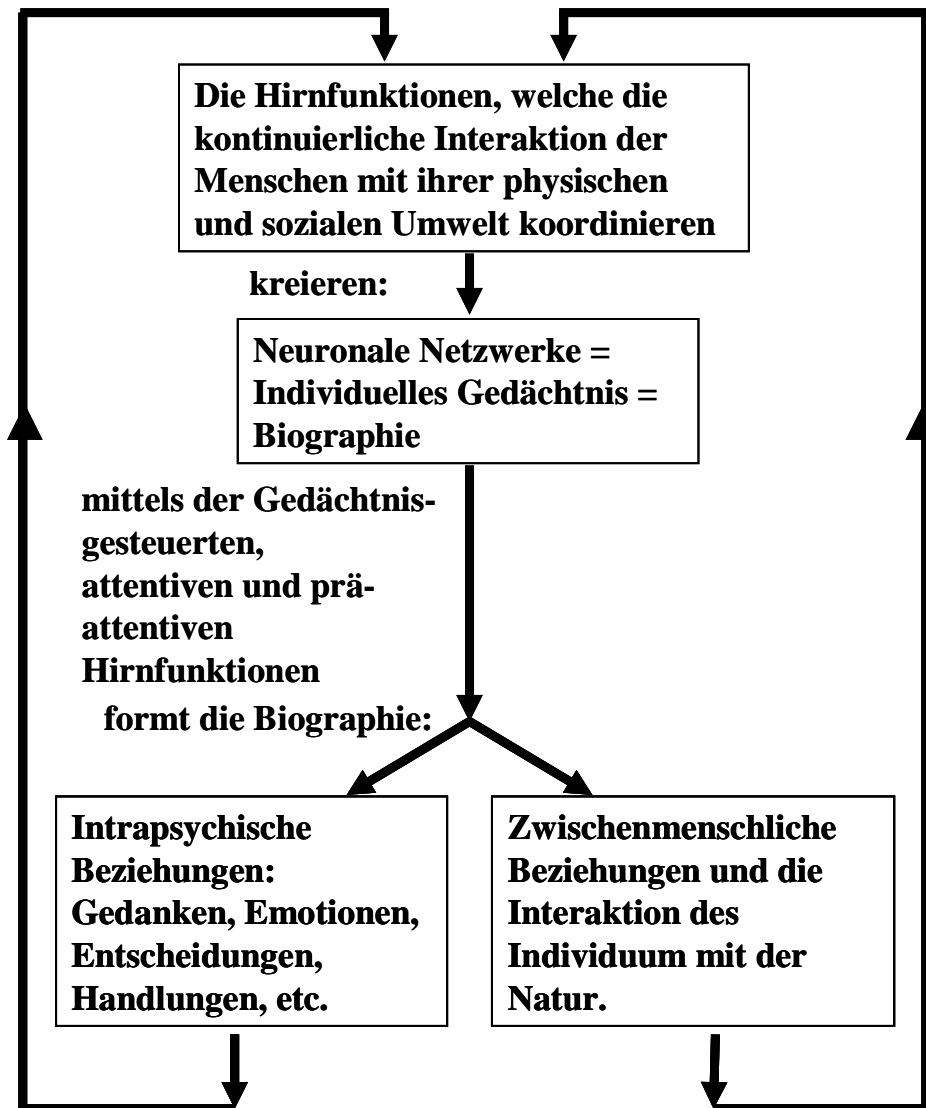


Die Funktionseinheiten der Informationsverarbeitenden Hirnprozesse. Hier ist das Koordinationssystem und das dem Arbeitsgedächtnis zugeordnete Langzeitgedächtnis nicht aufgeführt. Links: Schritte der Verarbeitung, rechts: Funktionen.
 von Ref. 1 p. 306.

Zusammenfassend kann man sagen:

Die Kommunikation des Individuums mit seinen Realitäten kreiert Wissen (kreiert Gedächtnis; Zuwachs der idiosynkratischen Gedächtnisrepräsentationen in Form von neuronalen Netzwerken und Zunahme der Komplexität ihrer assoziativen Verbindungen). Die Qualität dieses Wissens formt sowohl die zwischenmenschlichen Beziehungen und die Interaktionen des Individuums mit seinen externen Realitäten wie auch die intrapsychischen Beziehungen, d.h. Denken, Emotionen, Entscheidungen, Pläne etc. (die psychischen Funktionen) und die regelnden Faktoren des gesamt menschlichen Verhaltens. Gedächtnis wird also als eine neurophysiologische Funktion verstanden, die als "Produkt" der synthetisch (synergetisch, kooperativ, holistisch) arbeitenden Neurone des Assoziationskortex die individuelle Dynamik des menschlichen Verhaltens kreiert.

Koordination des Verhaltens durch die
wissensgesteuerten Informationsverarbeitenden Hirnprozesse.



Koordination des Verhaltens durch die wissensgesteuerten Informationsverarbeitenden Hirnprozesse. Die Biographie formt sowohl die zwischenmenschlichen als auch die intrapsychischen Beziehungen mittels der bewussten und nichtbewussten (prä-attentiven, automatisierten) Informationsverarbeitenden Hirnprozesse.

von Ref. 1 p. 314.

(siehe auch das Bild 'Die Modi der Informationsverarbeitung').

Die multifaktoriell determinierten und im EEG manifesten Hirnzustände.

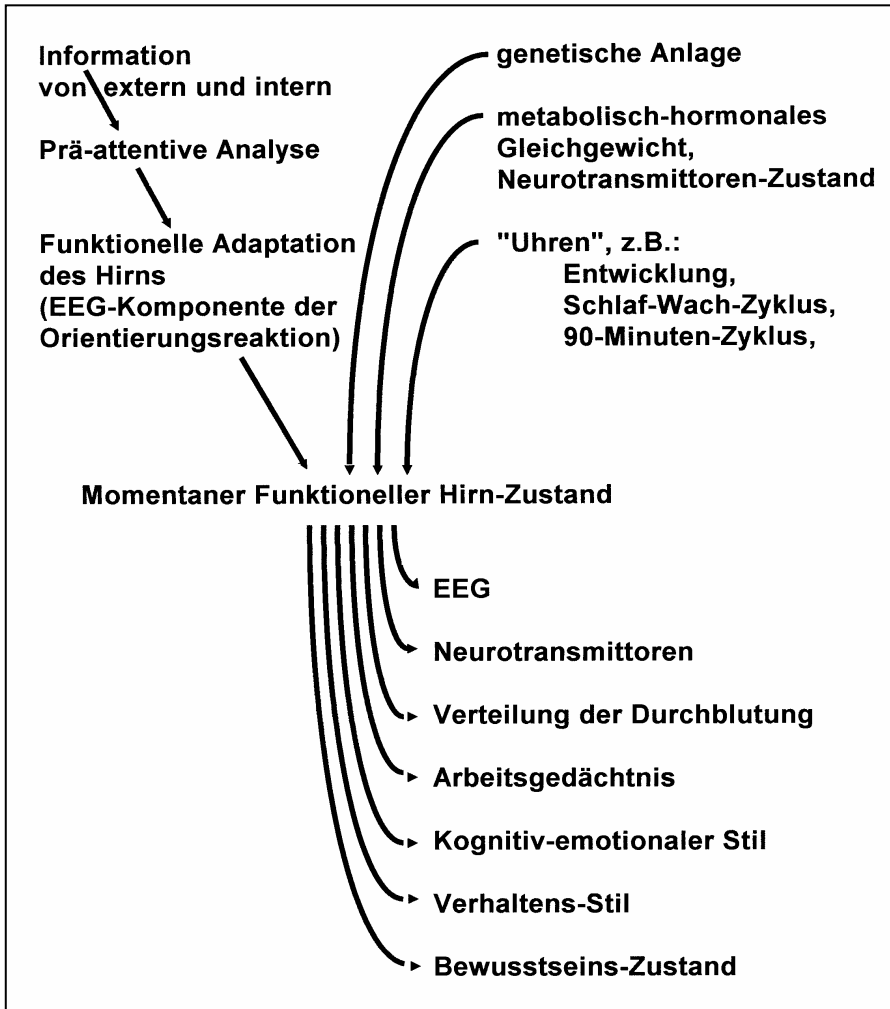
Aus der Synopsis der EEG-Daten und der Theorien über ihre funktionelle Bedeutung für die informationsverarbeitenden Hirnprozesse haben wir das Konzept des im Skalp-EEG messbaren funktionellen Hirnzustandes formuliert. Der funktionelle Hirnzustand stellt in der ontogenetischen Dimension das Komplexitätsniveau dar, das die assoziativ verbundenen neuronalen Netzwerke (die kortiko-kortikale Konnektivität) erreicht haben, und in der kurzfristigen Zeitdimension das Komplexitätsniveau, auf dem sie momentan aktivierbar sind, d.h. der funktionelle Hirnzustand stellt die momentan aktivierten bzw. gehemmten neuronalen (mnemonischen) Netzwerke dar.

Ein funktioneller Hirnzustand ist gekennzeichnet durch das EEG-Muster, durch die Zugänglichkeit oder Unzugänglichkeit bestimmter "Gedächtnisinhalte", und durch einen bestimmten Denk- Fühl- und Handlungs-Stil, der die Inhalte des aktivierten "Gedächtnisspeichers" (Daten, Fertigkeiten und kognitiv-emotionale Strategien) reflektiert.

Damit wird klar: Es ist nicht der funktionelle Hirnzustand per se, der das Verhalten determiniert und steuert, sondern es sind die Gedächtnisinhalte, die durch den funktionellen Hirnzustand zugänglich werden.

dazu Ref. 1 p. 338-341.

Die Determinanten des momentanen funktionellen Hirnzustands
und seine Messgrößen



Die kurz (links) und lang (rechts) wirkenden Determinanten des momentanen funktionellen Hirnzustands, der sich u.a. in den unten genannten Parametern manifestiert.

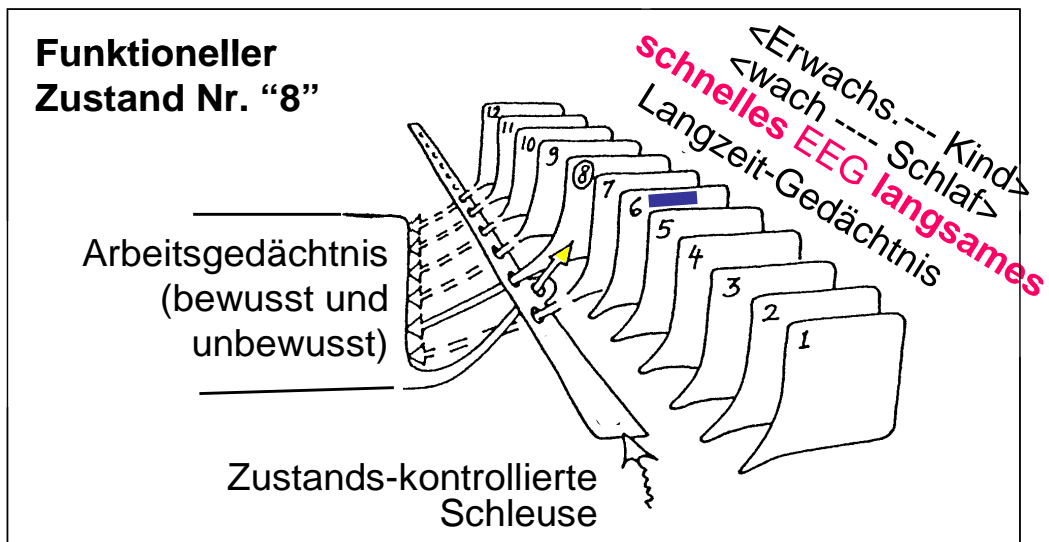
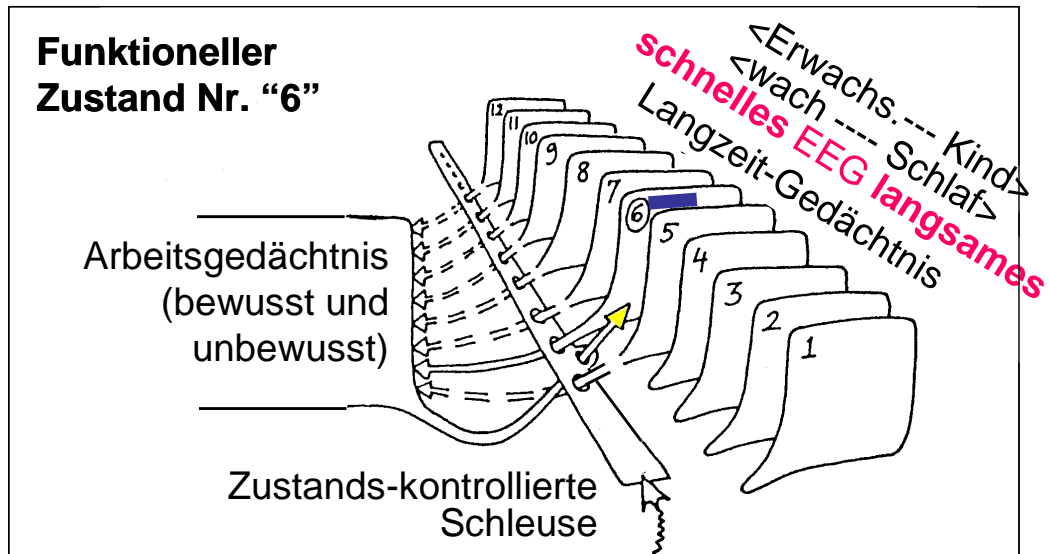
von Ref. 1 p. 335.

WIE ARBEITET DAS HIRN?

- dauernd (von Geburt bis Tod, in Wachheit und Schlaf)
- mit Wissens-gesteuerten Informations-verarbeitenden Prozessen
- Zustands-abhängig (Funktioneller Hirnzustand bestimmt den Teil des Wissens, der den Informations-verarbeitenden Hirnprozessen für die Organisation des Verhaltens zur Verfügung steht, wie auch den Ort der Speicherung - "Zustand ist Schicksal der Information")
- schnell (im Sub-Sekundenbereich) (z.B. Sprache; Autofahren)
- vernetzt (Kooperation zwischen Hirn-Gebieten)
(Lokalisation vs Globalisation)
- parallel mit zwei Informations-Verarbeitungs-Modi ("automatisch" und "kontrolliert")
- in Zeit-Paketen in Sekundenbruchteilen ("Mikrozustände" von 80-120 Millisekunden Dauer) die schrittartig aneinander gereiht sind.
(Referenz zu Mikrozuständen: Lehmann, D., Strik, W.K., Henggeler, B., Koenig, T. & Koukkou, M. Brain electric microstates and momentary conscious mind states as building blocks of spontaneous thinking: I. Visual imagery and abstract thoughts. *Int. J. Psychophysiol.* 29: 1-11, 1998).

(Liste nach: Lehmann, D. & Koukkou, M. Hirnmechanismen der Traumprozesse. In: B. Boothe und B. Maier (eds.) *Der Traum - Phänomen, Prozess, Funktion.* vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, Zürich (2000), pp. 47-68.)

Zustands-abhängiger Zugang zum Gedächtnis



siehe auch früheres Bild: 'Die Informationsverarbeitenden Hirnprozesse mit ihren Funktionseinheiten und deren Verbindungen'.

(nach: Koukkou, M. & Lehmann, D.: Psychophysiologie des Träumens und der Neurosen-therapie: Das Zustands-Wechsel Modell. Fortschr. Neurol. Psychiat. 48: 324-350, 1980)
dazu Ref. 1 p. 332-341.

Hippokrates (p. 280, Absatz 14; die Rede ist vom Hirn) schrieb: "Die Menschen müssen wissen, dass sowohl Lust, Freude, Lachen und Scherze als auch Trauer, Leid, Sorge und Weinen aus nichts anderem kommen, und damit denken wir, begreifen wir, sehen wir, hören wir, und verstehen wir, was hässlich ist und was schön ist, was schlecht ist und was gut ist.... und mit dem gleichen werden wir verrückt und delirant... und das alles entsteht aus dem Hirn..."

(Hippocrates (1993). ΠΙΕΠΙ ΙΕΡΗΣ ΝΟΥΣΟΥ. In: ΙΙΠΠΟΚΡΑΤΗΣ ΑΠΙΑΝΤΑ, vol. 16. Athen: Kaktus Editions.)

D.O. Hebb schreibt „The development of a psychological theory can be a cooperative affair and has been so in the past: Whittness, Helmholtz, Jackson, Pavlow, Freud... The first object of this book is to present a theory of behaviour for the consideration of psychologists; but another is to seek a common ground with the anatomist, physiologist and neurologist, to show them how psychological theory relates to their problems and at the same time to make it more possible for them to contribute to that theory... Psychologists and neurophysiologists chart the same bay - working perhaps from opposite shores, sometimes overlapping and duplicating one another, but using some of the same fixed points and continually with the opportunity of contributing to each other's results.” (in *Einleitung*). Hebb schreibt weiter: „The problem of understanding behaviour is the problem of understanding the total action of the nervous system and vice versa.”

(D.O. Hebb: *Organization of Behavior, a Neuropsychological Theory*. New York: Wiley, 1949 und 3rd Ed, New York: Science Editions, 1961.).

L. Goldstein schreibt „The foremost steps of evolution to man have been his capability to interact with the environment, to retain in his brain retrievable knowledge of the outcome of such interactions, to use this knowledge for the organization of the behaviour and to communicate this knowledge with language. Human behaviour in the last analysis is the result of such interactions and of their traces in the brain, whatever these traces are.”

(L. Goldstein: "Brain functions and behavior: on the origin and evolution of their relationships", *Adv. Biol. Psychiat.*, 13:75-79, 1983).

G. Baumgartner schreibt: „Im menschlichen Gehirn hat die Natur ein Organ entwickelt, in dem sie das Hauptthema der Evolution, das Lernen, zur eigentlichen Funktion gemacht hat.“

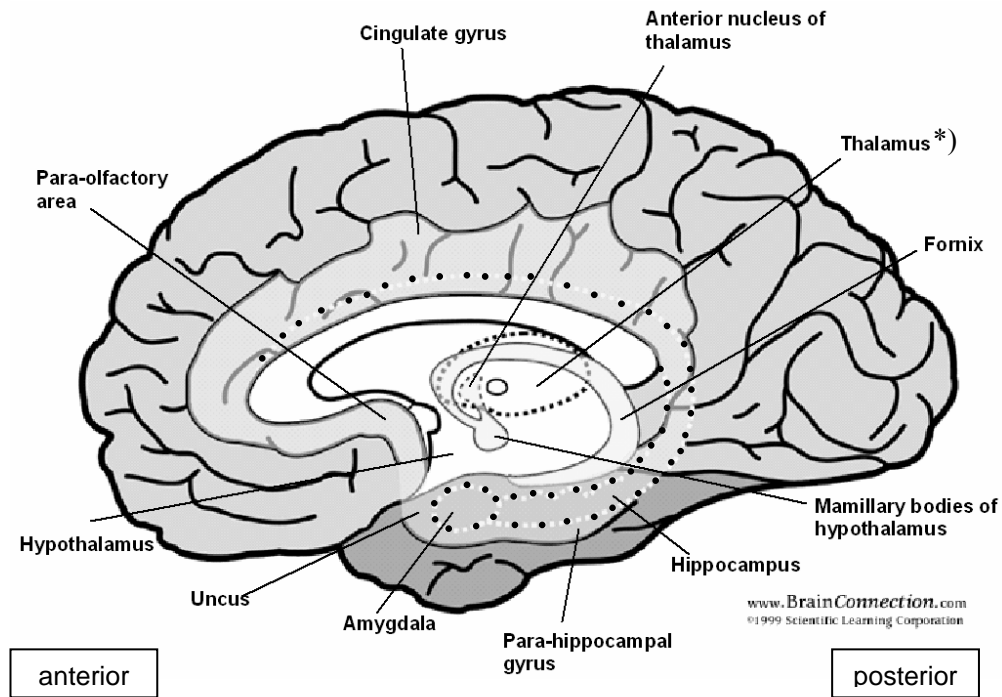
(G. Baumgartner: "Gehirn und Bewusstsein", *Schweiz. Med. Wschr.* 3:1-14, 1992).

Das menschliche Gehirn ist ein dynamisches, höchst kooperatives, persönliche Bedeutung schaffendes selbstorganisierendes System, welches alle Dimensionen des Verhalten auf der Basis seiner eigenen Biographie kreiert und manifestiert.

(z.B.: T. Kohonen: *Self-Organization and Associative Memory*. 3rd Ed. Berlin: Springer, 1989.)

"Das limbische System besteht aus phylogenetisch alten Teilen des Grosshirns, die zwischen Neokortex und Zwischenhirn angeordnet sind. Es reguliert Verhalten im Kontext von Umwelt und Körperinneren. In der Amygdala werden komplexe sensorische Informationen aus dem Körperinneren assoziiert. Die sensorischen Informationen bekommen motivationale Bedeutung und führen dann zur Aktivierung jener affektiven Verhaltensmuster, die sich in der Vergangenheit bei entsprechenden Umweltkonstellationen als zweckmässig erwiesen haben, d. h. verstärkt wurden."

(aus R.F. Schmid & G. Thews (eds.) Physiologie des Menschen, 27. Auflage. Berlin: Springer, 1997, p. 180.)

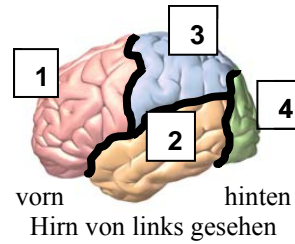


Linke Hirnhälfte von der Innenseite (medial) gesehen.

Die angezeigten Strukturen gehören zum limbischen System; der Nucleus accumbens und das Septum gehören auch dazu, sind aber hier nicht angezeigt. Andererseits gehört nur der anteriore Nucleus des Thalamus*) dazu.

Der Neocortex des Menschen gliedert sich in:

- Frontaler Cortex (Stirnappen = 1)
- Temporaler Cortex (Schläfenappen = 2)
- Parietaler Cortex (Scheitellappen = 3)
- Occipitaler Cortex (Hinterhauptslappen = 4)



Neocortex = grösster Teil des Endhirns.

Der Neocortex setzt sich zusammen aus:

- primären und sekundären sensorischen und motorischen Arealen
- assoziativen Arealen (beim Mensch die grössten)

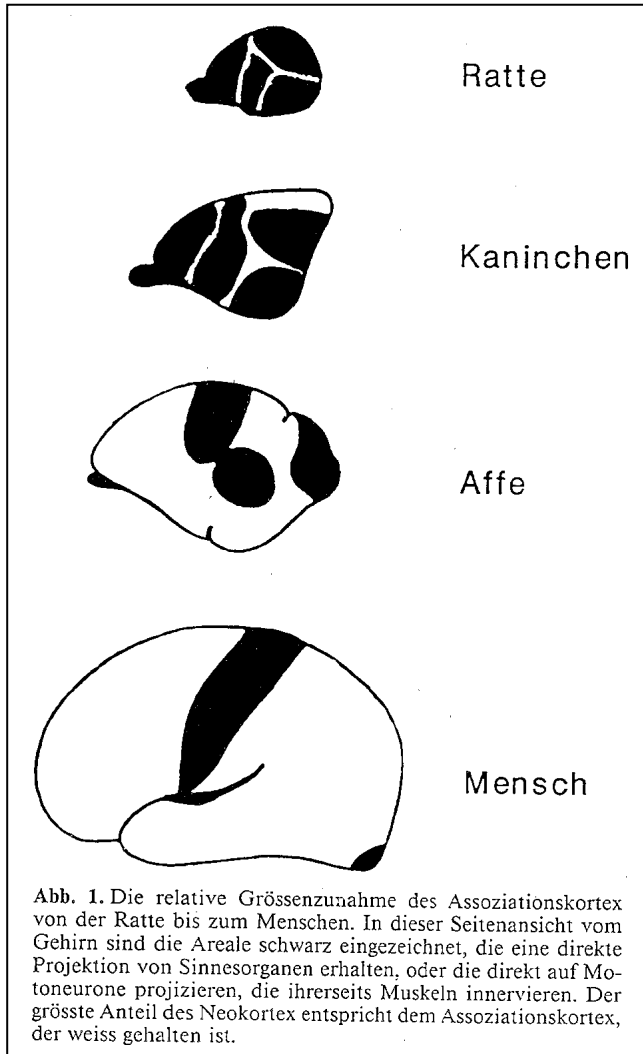


Abb. 1. Die relative Grössenzunahme des Assoziationskortex von der Ratte bis zum Menschen. In dieser Seitenansicht vom Gehirn sind die Areale schwarz eingezeichnet, die eine direkte Projektion von Sinnesorganen erhalten, oder die direkt auf Motoneurone projizieren, die ihrerseits Muskeln innervieren. Der grösste Anteil des Neocortex entspricht dem Assoziationskortex, der weiss gehalten ist.

(Abb. 1 aus G. Baumgartner: Gehirn und Bewusstsein. Schweiz. Med. Wschr. 3:1-14, 1992).

Die Funktionen des Assoziationskortex sind: aus dem Perzeptierten und Gelernten durch synthetisierende und analysierende informationsverarbeitende Prozesse die kognitiv-emotionale Bedeutung der aufgenommenen Information für das Individuum zu generieren (mit primären Berücksichtigung ihrer Effekte auf das psychobiologische Wohlbefinden), und daraus in der Vorstellung und/oder Realität eigenes Wissen zu kreieren (d. h. während der Hirnprozesse der weiteren kognitiv-emotionalen Interpretation der Realitäten), und das so kreierte Wissen für die Gestaltung aller Aspekte des Verhaltens zu benutzen.

Mit anderen Worten, der Organisator der Genese, Koordination und Kontrolle aller Dimensionen der menschlichen Existenz in allen Alters- und Bewusstseinslagen ist die Menge, Qualität und momentane Aktivierbarkeit des erworbenen und kreierte Wissens im Hirn des Individuums, d.h. die Qualität der privaten Bedeutung der jeweils zustandsabhängig aktivierten Teilen des Gedächtnisvermögens.

Das menschliche Gehirn wird als ein dynamisches, selbstorganisierendes System verstanden, d.h. als ein System, das sich selbst und damit das Verhalten auf der Basis seiner eigenen Biographie organisiert.

dazu Ref. 2 p.380-382, und
Fuster, J.M. (1995). Memory in the cerebral cortex. Cambridge, MA: MIT Press.

Die Emotionen im Rahmen des Modells.

Im Rahmen des Modells entstehen die Emotionen des Individuums (Freude, Begeisterung, Wut, Hass, Trauer etc.) aus den persönliche Bedeutungen extrahierenden Funktionen des Assoziationskortex, die die Inhalte der Biographie des Individuums kreieren.

Diese repräsentieren alle subjektiv wahrnehmbaren (die individuelle Information tragenden) Aspekte der menschlichen Existenz. Die Grundannahme ist: alle Aspekte des menschlichen Verhaltens und Erlebens, also auch die menschlichen Emotionen, werden von erworbenem Wissen generiert. Die Gedächtnisrepräsentationen werden multikodiert; das heisst, Gedächtnisrepräsentationen sind in allen individuell erworbenen Symbolen und Bedeutungen kodiert (Bedeutungen der Sprache, der Formen, Farben etc. und der emotionalen Bedeutungen). Die emotionale Kodierung der Gedächtnisrepräsentationen entsteht progredient:

- 1) aus den primären Anforderungen, die die physikalischen Charakteristika der Erfahrungen (z.B. bezüglich ihrer Intensität, Wiederholung, Dauer) an das innere Milieu stellen, das heisst Anforderungen an das angeborene Wissen über Funktionalität; homöostatische Werte,
- 2) aus den Konsequenzen dieser Anforderungen für das momentane Wohlbefinden und damit für die psychobiologische Gesundheit des Kindes,
- 3) aus dem Erfolg, mit dem während der allerersten postnatalen Zeit die angeborenen, und sehr bald die aus der Qualität der Interaktion mit den Bezugspersonen erworbenen Bedeutungen und Verhaltensmuster zur Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung des psychobiologischen Wohlbefindens beigetragen haben, und
- 4) aus der Häufigkeit der Wiederholungen von solchen Kombinationen.

In anderen Worten, die progredient entstehende emotionale Kodierung der Biographie des Individuums repräsentiert:

- 1) die Effekte der Interaktion mit seinen Bezugspersonen auf seine psychobiologische Gesundheit (das Wohlbefinden), und
- 2) die Erfahrung der eigenen persönlichen Wirksamkeit auf die Gestaltung der Qualität der Interaktion mit den Bezugspersonen.

Dementsprechend soll für die so entstehenden menschlichen Emotionen und ihre Rolle für die Entstehung der individuellen Gefühle Folgendes gelten:

- 1) Es kann keine spezifischen Ereignisse geben (außer solchen, die das Überleben bedrohen und oder die psychobiologische Gesundheit verletzen), die in allen Menschen die gleichen Emotionen auslösen, da die gleichen Ereignisse aus der Qualität der Interaktion mit den Bezugspersonen individuelle Bedeutung während der Ontogenese bekommen.
- 2) Es gibt keine spezifischen Hirnregionen oder Hormone oder andere Subsysteme des Organismus, die allein eine Emotion produzieren können.

dazu Ref. 1 p. 352-355, und Ref. 2 p. 382-383.

”Separating emotional behaviour and its determinants from all other aspects and dimensions of behaviour, would be a really wrong way to proceed. And it would be equally wrong when dealing with the brain, a dynamic whole, to consider in isolation those cerebral mechanisms thought to be responsible for the control of such behaviour. Furthermore, since there can be no human behaviour without the human brain and the brain’s functioning has full meaning only when considered in the light of the dialogue conducted by the human being with its environment, it is important to examine the brain and behaviour within the concept of the relations that exist between them. Additionally, these relations have to be considered within the dynamic of their common history.”

(P. Karli: "Animal and Human Agression" Oxford, 1991, ch. 3, p. 21)

Das Gedächtnis.

Gedächtnis ist die Fähigkeit des Menschen, Information über sich und die Umwelt zu behalten, das heisst zu lernen und das Gelernte dynamisch, adaptiv und individuell spezifisch für die Organisation des Verhaltens zu benutzen. Es wird als die eigentliche Funktion des menschlichen Neocortex betrachtet.

Fuster schreibt 1995: "The scope of the book is broad, but limited almost entirely to the neocortex, for the "new cortex" is the seat of human experience... The central proposition... is that individual memory is deposited and represented in the neocortex. This does not imply that memory function is restricted to this part of the brain – far from it. We know that the deposition of memories essentially requires the intervention of certain limbic and subcortical structures. Furthermore, normal behaviour is probably determined to a large extent by neural changes that have occurred in noncortical structures as a result of individual experience. However, what we commonly understand as memory – that is, the aggregate of personal experiences, of events, objects, names, actions, and knowledge of all sorts, whether or not accessible to consciousness – is represented in the neocortex, particularly within what we commonly call the cortex of association..."

(J.M. Fuster: "Memory in the Cerebral Cortex" Cambridge MA, 1995, pp. IX-X.)

Das Thema Gedächtnis durchzieht die physiologische und psychologische Forschung seit mehr als einem Jahrhundert wie ein roter Faden. Und diese experimentell orientierte Forschung hat deutlich gemacht, dass (empirische) Gedächtnisforschung ein hohes systemorientiertes Komplexitätsniveau erreichen muss, will sie plausible Gedächtnistheorien entwerfen.

(S.J. Schmidt: Gedächtnisforschungen, Positionen, Probleme Perspektiven, in S.J. Schmidt (ed.): Gedächtnis, Frankfurt: Suhrkamp 1992, p. 10.)

Neuro-Plastizität.

Ein fundamentales Prinzip neuronaler Plastizität, dem auch Lernen zugrunde liegt, ist das folgende: Wenn ein Axon des Neurons A nahe genug an einem Neuron B liegt, so dass Neuron B wiederholt oder anhaltend von Neuron A erregt wird, so wird die Effizienz von Neuron A für die Erregung von Neuron B durch einen Wachstumsprozess oder eine Stoffwechseländerung in beiden oder in einem der beiden Neuronen erhöht. Das ist bekannt als "Hebb-Regel". Diese Regel stellt den Grundmechanismus der Plastizität des Gehirns dar; sie führt zu der 'Produktion' der plastischen Synapsen (Hebb-Synapsen).

Anzahl und Lokalisation von Hebb-Synapsen: Wieviele der Verbindungen unseres Gehirns plastische Synapsen sind ist nicht bekannt. Sicher ist nur, dass die meisten dieser Verbindungen im Neocortex und im limbischen System liegen, und dass viele der subcortikalen neuronalen Verschaltungen ihre Entladungseigenschaften durch simultane Erregung zweier (oder mehrerer) Synapsen eben nicht ändern, also keine Hebb-Synapsen sind.

Plastizität bedeutet nicht nur funktionelle Veränderungen, d.h. Aktivierung von vorher "stiller" oder gehemmter synaptischer Verbindungen, sondern auch morphologische Veränderungen, d.h. Vermehrung der Synapsen, Veränderung der Fläche der synaptischen Kontakte, etc.

Das Prinzip der Hebb-Synapse:

Wenn eine Nervenzelle eine andere wiederholt erregt, so verändert sich etwas in ihnen, das beide enger aneinander koppelt.
Künftig könnte die eine Zelle die andere leichter erregen als vorher.
... Sensorische Erregung allein allerdings ruft keine plastischen Netzwerk-Veränderungen hervor, sondern dies geschieht nur, wenn Modulatorsysteme bezüglich Wachheit, Aufmerksamkeit, Neuigkeit und Wichtigkeit die Veränderungen induzieren.

(D.O. Hebb: Organization of Behavior, a Neuropsychological Theory. New York: Wiley, 1949 und 3rd Ed, New York: Science Editions, 1961.)

Verhalten, Gedächtnis und funktioneller Hirnzustand.

1. Die informationsverarbeitenden Hirnprozesse sind wissensgesteuert (sind memory-driven), reflektieren erworbenes Wissen und arbeiten zustandsabhängig. Informationsverarbeitungskonzepte sind also von Gedächtniskonzepten untrennbar wie auch Gedächtniskonzepte von Hirnphysiologie und menschlichem Verhalten untrennbar sind. Das Gedächtnis jedes Individuums wird als neuronales Modell seiner Umwelt, seines internen Körperzustandes und seiner Weltbewältigungsstrategien erstellt durch die informationsverarbeitenden Hirnprozessen womit im Neocortex das Gedächtnis während der Ontogenese kreiert wird.

2. Die Gedächtnisrepräsentationen, d.h. die neuronalen Netzwerke bestehen nicht aus direkten Spuren der Information im Hirn sondern aus der Entwicklung eines komplexen und immer komplexer werdenden Kommunikations-Code. Dieser Code wird jeweils vom Gehirn dynamisch und kontext- und individuum-spezifisch benutzt für die Kreierung und Entdeckung der Bedeutung der jeweils ankommenden Information wie auch für die Koordination des Verhaltens.

Mit anderen Worten: Verhalten ist das Ergebnis der Konstruktionsarbeit des Gedächtnisses. Diese Arbeit des Gedächtnisses liefert unterschiedliche Ergebnisse, abhängig vom momentanen funktionellen Hirnzustand.

dazu Ref. 1 p. 325-332 und Ref. 2 p. 380-382.

Lernen und Gedächtnis (Gedächtnis-Systeme) in der Kognitions-Psychologie:

Prozedurales Gedächtnis

(= implizites,
= nicht deklaratives
= Verhaltensgedächtnis:
das Verhalten zeigt,
dass etwas erworben wurde).

ist der Erwerb von:

- Fertigkeiten (Skills, Habits)
- "Priming"-Effekten
(= Erwartungen)
- klassischer Konditionierung
(=assoziativem Lernen)
- Habituation und Sensibilisierung.

Es bildet sich meist stetig wachsend,
automatisch, und **nicht bewusst**.
Es führt zu einer bestimmten
Verhaltensdisposition oder Fähigkeit.

Deklaratives Gedächtnis

(= explizites,
= Wissensgedächtnis: "wir wissen, dass
wir es wissen")
Das deklarative Gedächtnis wird auch
eingeteilt in **episodisches** und
semantisches Gedächtnis.

ist der Erwerb von:

- Wissen über Fakten und Ereignissen
über die Welt, über die Sprache (Syntax,
Grammatik, Bedeutung), über das Selbst
und seine Fähigkeiten, und über die
Beziehungen des Selbst zur Umwelt.

Es bezieht sich auf **bewusstes Erinnern**
von sprachlichem, nicht-sprachlichem
und vorgestelltem Vergangenen.
Durch Wiederholungen gehen
deklarative Gedächtnisinhalte in das
prozedurale Gedächtnis über
(= Automatisierung).

Die Bausteine des menschlichen Gedächtnisvermögens bestehen aus:

(1) Wissensrepräsentationen (Bildung neuronaler Netzwerke welche repräsentieren): (1.1) die Charakteristika, die "Fakten" der Realitäten in denen und mit denen der Mensch geboren ist und lebt (Symbole von Farben, Formen, Menschen, Tieren etc., faktisches Wissen über religiöse und kulturelle Überzeugungen), (1.2) "Effekte" der Interaktion mit diesen Fakten auf das psychobiologische Wohlbefinden (emotionale Bedeutungen), und (1.3) "Namen" (verbale Bedeutungen) aller dieser Fakten und ihrer Effekten auf die Qualität der Interaktion mit den sozialen Realitäten in der Sprache der sozialen Realitäten; und aus

(2) Kreierung von Wissen über die "bestmögliche" Gestaltung der Interaktion des Individuums mit den Fakten seiner Realitäten und mit den Wirkungen dieser Fakten auf sein psychobiologisches Wohlbefinden. Dies entspricht dem Erlernen, besser der Kreierung von Verhaltensweisen (Fertigkeiten oder "Skills") und von kognitiv-emotionalen Realitätsbewältigungs- und Problemlösung-Strategien, mittels derer die Interaktion mit den Realitäten kooperativ bleibt (d.h. das psychobiologische Wohlbefinden gefördert wird und/oder Störungen beseitigt werden) oder unkooperative (d.h. dysfunktionale, das psychobiologische Wohlbefinden störende) Interaktionen vermieden, verändert, verschoben, verdrängt, vergessen, idealisiert etc. werden können.

dazu Ref. 1 p. 316-324.

Basale Kategorien der Gedächtnis-Repräsentationen.

Alle Gedächtniseinheiten (=die basalen Kategorien der Gedächtnis-Repräsentationen) im Rahmen unseres Modells sind multikodiert in allen erworbenen Sprachen, d.h. sie werden kodiert in die Symbolen der gesprochenen Sprache, in alle nicht verbalen Symbole wie Farben, Formen, etc., sowie auch - und das ist fundamental für die Argumente des Modells - in erworbenes emotionales Wissen, das jedes Individuum privat als Ergebnis der Qualität der Interaktion mit seinen Realitäten (hauptsächlich den sozialen Realitäten während der Entwicklung) kreiert.

Gedächtnisrepräsentationen können sowohl durch implizite (nichtbewusste) wie auch durch explizite (bewusste) Lernprozesse entstehen; sie sind aber als solche nicht bewusstseinsfähig; sie können jedesmal bewusst werden, wenn sie sich an der Synthese des neuronalen Modells einer individuellen Realität während der Wachheit beteiligen.

Die Entstehung des individuellen Wissens wird als eine neurophysiologische Funktion betrachtet, d.h. als Ergebnis der synergetisch kooperativ und holistisch funktionierenden, persönliche Bedeutung extrahierenden Neuronen des Assoziationskortex verstanden, die zur Bildung des mnemonischen Netzwerks (des neuronalen Netzwerks) führt, das der Bildung eines komplexen Kommunikationssystems zwischen den Neuronen entspricht. Die verschiedenen Organisationsformen (das Aktivierbarkeitsniveau) der neuronalen Netzwerke gehen mit verschiedenen funktionellen Hirnzuständen parallel, die funktionell verschiedenen aktivierten bzw. gehemmten Netzwerken entsprechen, was parallel den Funktionen der Erinnerung und des Vergessens entspricht.

dazu Ref. 1 p. 316-324.

Arten Informationsverarbeitender Hirnprozesse.

Das menschliche Gehirn koordiniert und manifestiert die Dynamik aller Dimensionen des Verhaltens mit drei parallel laufenden Sets von komplexen Informations-verarbeitenden Prozessen, die alle Biographie- und Kontext-gesteuert sind (also "memory-driven"):

- a) Prozesse, welche a priori und in allen Bewusstseinslagen nichtbewusst funktionieren, d.h. ohne dass sie bewusst werden können (die prä-attentiven informations-verarbeitenden Hirnprozesse);
- b) Prozesse welche Bewusstsein produzieren (=kontrollierter Informationsverarbeitungs-Modus);
- c) Prozesse, welche als Ergebnis einer grossen Erfahrung und Vertrautheit des Individuums mit einer bestimmten Situation komplexe Leistungen koordinieren und mit Erfolg implementieren können ohne Anspruch auf Aufmerksamkeits-kapazität, d.h. ohne bewusste Kontrolle (automatischer Modus der Informations-Verarbeitung = Automatisierung).

dazu Ref. 1 p. 303.

Reifung und Entwicklung.

Reifung: Das Sich-Entfalten von phylogenetischen und damit angeborenen Funktionen der Humanspezies, welche sich während der Schwangerschaft entwickeln oder sich postnatal als Anlagen fortsetzen und in späteren Phasen des Lebens manifestieren.

Entwicklung: Das Auftreten von Funktionsformen und Verhaltensarten, welche das Ergebnis der Interaktion des Individuums mit seinen inneren und äusseren Realitäten und des daraus entstehenden Wissens darstellt.

Die Entwicklung von geordneten Verhaltensweisen und Wahrnehmungen hängt von der adäquaten Stimulation des jeweiligen neuronalen Systems in der früheren kritischen Entwicklungsperiode ab.

Interaktion zwischen Individuum und Umgebung.

Postnatales Überleben und biopsychosozial gesunde Entwicklung setzen die kooperative Interaktion (die Kommunikation) zwischen dem sich entwickelnden Individuum und den sozialen Realitäten (den alterswichtigen Bezugspersonen, den natürlichen Kommunikationspartnern) voraus. Die Kommunikationspartner des sich entwickelnden Individuums bestehen nicht nur aus Eltern oder direkten Pflegepersonen sondern aus allen alters-relevanten sozialen Realitäten (Kinderärzte, Lehrer, Pädagogen, Pfarrer, Psychologen, Nachbarn, etc.).

Der Mensch wird geboren mit strukturell und funktionell gereiften Eigenschaften seines Nervensystems, den informationsverarbeitenden Hirnprozessen. Der Mensch wird aber geboren ohne jedes Wissen über die Charakteristika der physischen und sozialen Realität, in die er hineingeboren ist.

Die informationsverarbeitenden Hirnprozesse ermöglichen die Initiierung und das Aufrechterhalten des postnatalen Lebens als interaktionales Geschehen.

Angeborene informationsverarbeitende Hirnprozesse.

Die informationsverarbeitenden Hirnprozesse beinhalten als angeborene Eigenschaften des Gehirns eines gesund geborenen Kindes:

A) Inhärentes Wissen über die physikalischen Charakteristika der aus der externen und internen Umgebung kommenden Informationen (z.B. Temperatur, Zusammensetzung der Luft, Intensität des Lichtes, der Geräusche etc., Glukosewerte im Blut, usw.) und deren Toleranzwerte, welche die Voraussetzung für die Aufrechterhalten der psychobiologischen Gesundheit (des Wohlbefindens) sind, und deren Abweichungen zu Störungen des Wohlbefindens führen, und

B) Inhärentes Wissen über Reaktionsmuster, womit

B1) kleine Störungen des psychobiologischen Wohlbefindens korrigiert werden können wie z.B. Regulation der Durchblutung der Haut wenn es kalt oder warm wird,

B2) die soziale Umgebung informiert wird über die Bedürfnisse und Präferenzen des Neugeborenen (dazu gehören auch die im Uterus erworbenen) und womit sie aufgefordert wird, sich an der Erfüllung des primären Lebensmotivs "Erhaltung oder Wiederherstellen der psychobiologischen Gesundheit" aktiv zu beteiligen, und

B3) Lernprozesse initiiert werden, womit die Reaktion des Kindes und die der sozialen Umgebung im Gedächtnis gespeichert werden. Damit wird die Biographie kreiert.

dazu Ref. 2 p. 378-380.

Veränderungen während der Entwicklung.

Die menschliche Entwicklung ist ein multifaktoriell definiertes und komplexes, zeiträumliches Geschehen mit sehr vielen Freiheitsgraden, welche die Dynamik des Lebens und die dazugehörigen Wiederholungen (die Plastizität des Neokortex) widerspiegeln.

Die menschliche Entwicklung ist erkennbar durch

- a) progrediente und systematische Veränderungen der Handlungen und der kognitiv-emotionalen Fähigkeiten des Kindes, und
- b) Veränderungen des Körpers und Gehirns.

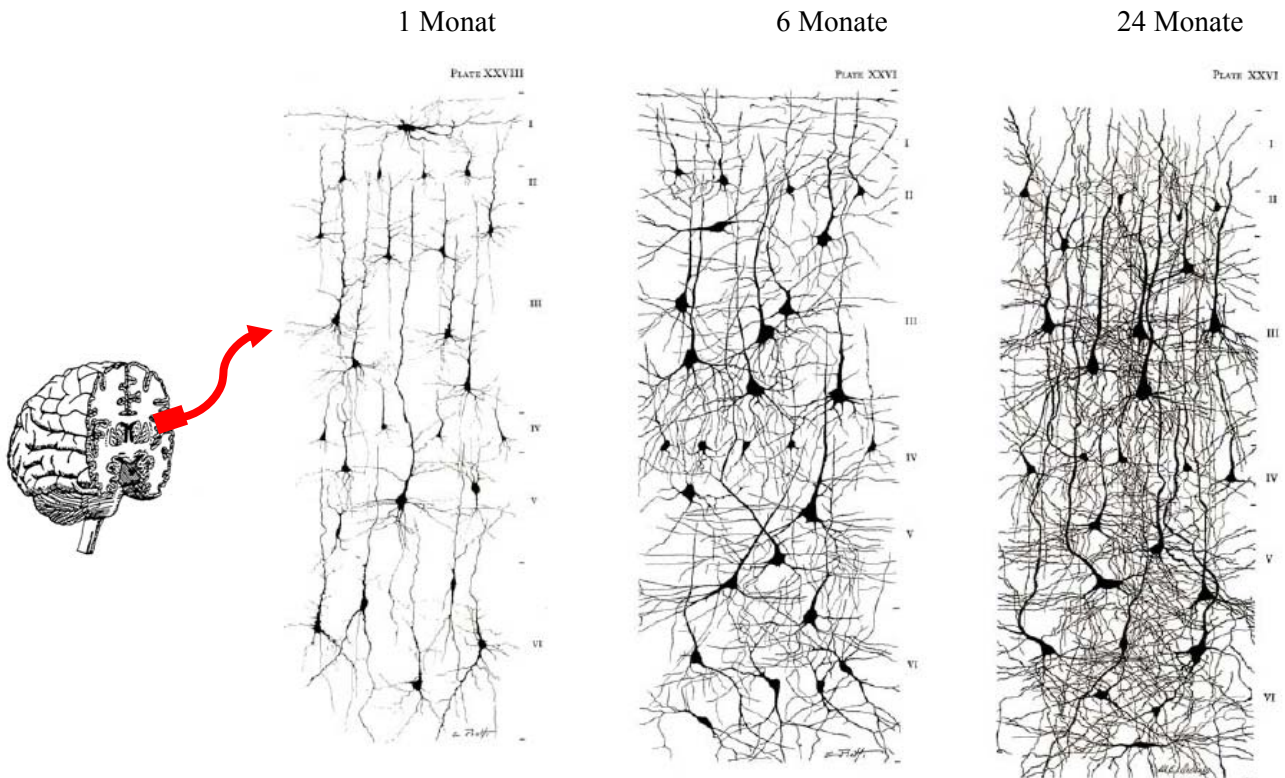
Die Veränderungen der Struktur und Funktion des Gehirns bestehen vor allem aus der Entwicklung der nervösen Verbindungen, d.h. der Axone und der Dendriten und ihrer Myelinisierung sowie der Bildung von Synapsen im Neokortex. Dadurch entsteht eine grosse Kontaktfläche zwischen den Nervenzellen des Neokortex, das heisst die Konnektivität.

Die postnatalen strukturellen und funktionellen Veränderungen des Neokortex gehen parallel mit den Entwicklungs-begleitenden EEG-Veränderungen; sie stellen den Zuwachs der Komplexität des neuronalen Netzwerks (des Gedächtnisvermögens) dar. Im Verhalten gehen sie mit den Veränderungen des Denkens, der Emotionen und Handlungen des Kindes parallel

Während der Entwicklung wird ein komplexes und vielseitiges Kommunikationssystem zwischen den Neuronen des Neocortex gebildet: Eine Billion Nervenzellen, mit denen das Kind geboren wird, wird postnatal progredient mit mindestens einer Trillion Verknüpfungspunkten (Dendriten und Synapsen) verbunden. Diese neuronale Vernetzung folgt zum grössten Teil keinem voraus festgelegten Bauplan (ist kein Reifungsprozess), sondern ist das Resultat der Erfahrung, der Plastizität des Gehirns und spezifischer, des Neocortex. Die Plastizität entspricht den Lern- und Gedächtnisfunktionen. Die Entwicklung des menschlichen Wissens, die Ontogenese des Gedächtnisses, entspricht also der Zunahme der neuronalen Vernetzung des Neocortex.

Alle Kategorien der Gedächtnisrepräsentationen nehmen mit der Zeit an Menge und Komplexität zu, die assoziativen Verknüpfungen werden komplexer, neue assoziative Verknüpfungen werden in der Vorstellung oder in der Praxis kreiert und gespeichert, alte und neue werden verstärkt oder umstrukturiert und umorganisiert, usw.. Die Wissensrepräsentationen der früheren Entwicklungsphasen spielen die Rolle des Alphabets für Wissensrepräsentationen späterer Entwicklungsphasen, so wie Buchstaben für das Lesen der Wörter, und Wörter für die Bildung von Sätzen. Damit wird die von praktisch allen Entwicklungstheorien angenommene spezifische Bedeutung der früheren Erfahrungen für die Entwicklung des individuellen Verhaltens erklärt.

dazu Ref. 1 p. 325-332.



Cortex und Entwicklung: Die Abbildungen zeigen die wachsende Verdichtung der corticalen Netzwerke, d.h. die wachsende Zahl der Dendriten und Synapsen der corticalen Neurone während der menschlichen Entwicklung. Die Abbildungen sind "Golgi"-Präparate von Hirnschnitten, alle aus dem Gyrus frontalis medius (mittlere Hirnwindung des Frontal-Lappens). Die lateinischen Nummern (I-VI) zeigen die Cortex-Schichten; die Cortex-Dicke von I bis VI ist ca 1.5-3 mm.

(aus J.L. Conel (1939, 1951, 1959). The Postnatal Development of the Human Cerebral Cortex, vols. 2, 4 & 6. Cambridge, MA: Harvard University Press)

Aktivierung:

Die Informations-induzierte Veränderung einer oder mehrerer physiologischer
Messwerte des Hirns.

Synonima: Arousal; phasische Aktivierung; Desynchronisation des EEG;
zentrale

Komponente der Orientierungsreaktion.

Aktiviertheit:

Der 'status quo' eines physiologischen Messwerts des Hirns, d.h. während
Zeiten

ohne gezielt angebotene externe Information.

Synonima: Tonische Aktivierung; Grundaktivität; Niveau des
Aktivierungsprozesses;

(J. Fahrenberg: Das Komplementaritätsprinzip in der psychophysiologischen
Forschung und psychosomatischen Medizin. Zeitschrift für Klinische Psychologie und
Psychotherapie 2: 151-167, 1979).

(J. Fahrenberg, P. Walschburger, F. Foerster, M. Myrtek & W. Müller:
Psychophysiologische Aktivierungsforschung. München: Minerva, 1979.)

Wie wird Aktiviertheit und Aktivierung gemessen?

1. Elektrophysiologisch.

zentral: Evozierte Potentiale (ERP) – EEG (incl. EEG-Imaging)

peripher: EMG – EKG – Hautwiderstand

2. Hirn-Durchblutung & Hirn-Stoffwechsel. ('Brain Imaging': PET, fMRI)

2. Psychologisch.

Messungen: Reaktionszeit – Lernen – selektive Aufmerksamkeit.

Fremdbeobachtung und Skalierung kognitiver und emotionaler Aspekte.

Selbstbeobachtung und Fragebogen-Antworten.

3. Biochemisch.

Hormonspiegel-Messungen in Blut & Urin.

Ereignisse werden initial bewertet als

"neu / unerwartet" und/oder **"interessant"** und/oder **"intensiv / störend"**

wenn "ja"

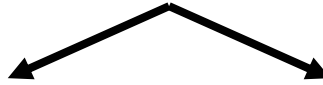


Orientierungsreaktion

Funktionelle Anpassung aller Organe für das "Coping" mit solchen Ereignissen.

Wiederholung führt zu:
 a) Erwerb von Wissen über solche Ereignisse,
 b) Kreierung von Skills und kognitiv-emotionalen Strategien für das zukünftige Coping mit solchen Ereignissen (Annäherung - Vermeidung, "Erwartungen").

wenn "nein"



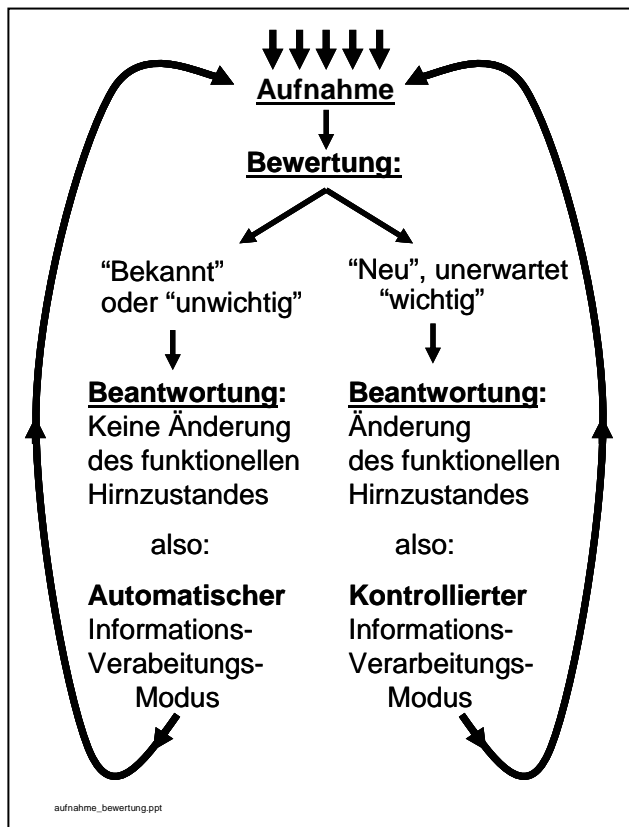
und "bekannt"

Die kreierten Skills und kognitiv-emotionalen Strategien werden mit reflexartiger Geschwindigkeit eingeleitet, d.h. ohne Anspruch auf Aufmerksamkeit (automatisches Verhalten; prä-attentive Initiierung).

und "neutral"

Die weitere Analyse wird dynamisch und selektiv gehemmt.

Die Modi der Informationsverarbeitung.



Psychophysiologie und Verhalten: Messungen

Psychologische:

Aufmerksamkeit
Lernen
Erinnern
Leistung
Problemlösen

"Subjektives"
- Wahrnehmung
- Emotionen, Gefühle
- Denken, Planen
- Erinnerung
- Entscheidung
- Träume

Physiologische:

Elektrokardiogramm (=EKG)
Blutvolumen (Plethysmogramm)
Elektrodermale Aktivität (=EDA)
Elektromyogramm(=EMG)
Atmung
Pupillen-Reaktion
Hirn-elektrische (-magnetische) Aktivität:
- Erwartungspotential
 (=CNV=Contingent Negative Variation)
- Bereitschaftspotential (=BP)
- Evozierte/Ereignisbezogene Potentiale (=EP, ERP)
- Elektroenzephalogramm (=EEG),
 Magnetoenzephalogramm (=MEG)
Bildgebende Methoden
 sog. "Neuro-Imaging"
 zur Darstellung von
- Hirnstoffwechsel und Hirndurchblutung:
 PET/SPECT; fMRI; NIRS
- elektrischer/ magnetischer Hirnaktivität:
 EEG-ERP-mapping;
 EEG-ERP-LORETA ("Low Resolution
 Electromagnetic Tomography")

Angeborene Reaktionen.

Reaktions-Syndrome

Funktionen

Orientierungs-Reaktion
(‘openness to the
environment’)

Fokussierung der Aufmerksamkeit
(‘shift of attention’);
Aktivierung von Lernprozessen

Alarm (startle)-Reaktion
(‘openness to the
environment’)

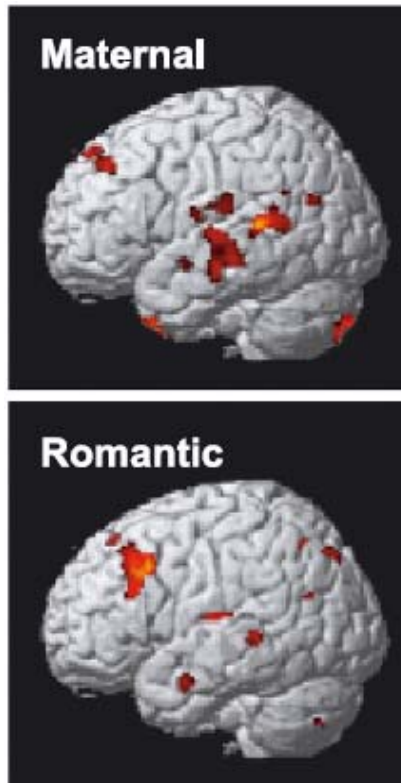
Alarmierende,
schützende (protective)
Funktion;
Aktivierung von Lernprozessen

Abwehr (defense)-Reaktion;
(‘rejection of the environment’)

Vermeidungs-Funktion;
Aktivierung von Lernprozessen

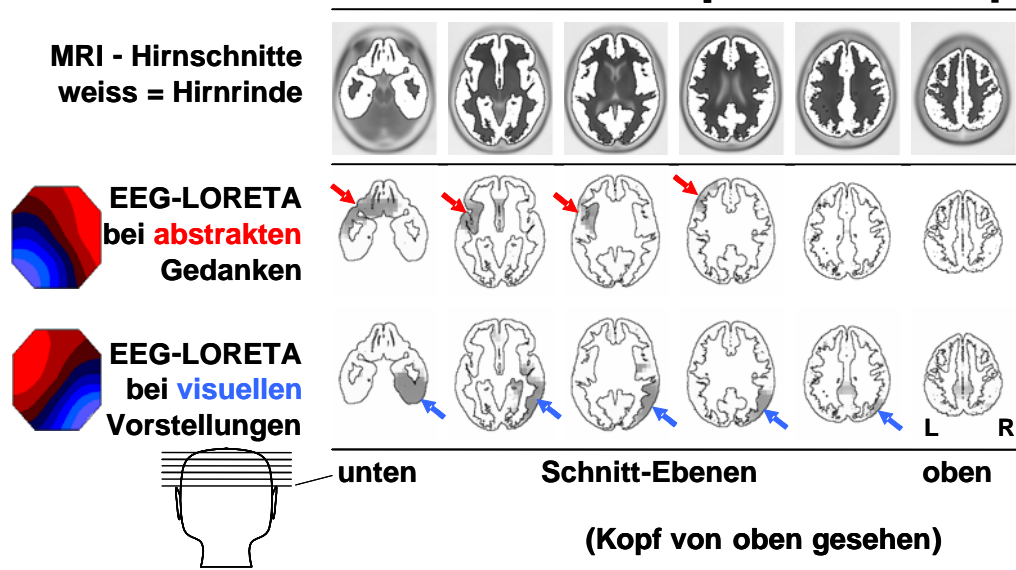
fMRI Imaging

Liebe:



Bartels & Zeki, NeuroImage 2004

LORETA funktionelle Hirn-Schnittbilder
[Pascual-Marqui et al. 1994]
Elektrischen Aktivität bei Spontan-Denken
[Lehmann et al. 1998]



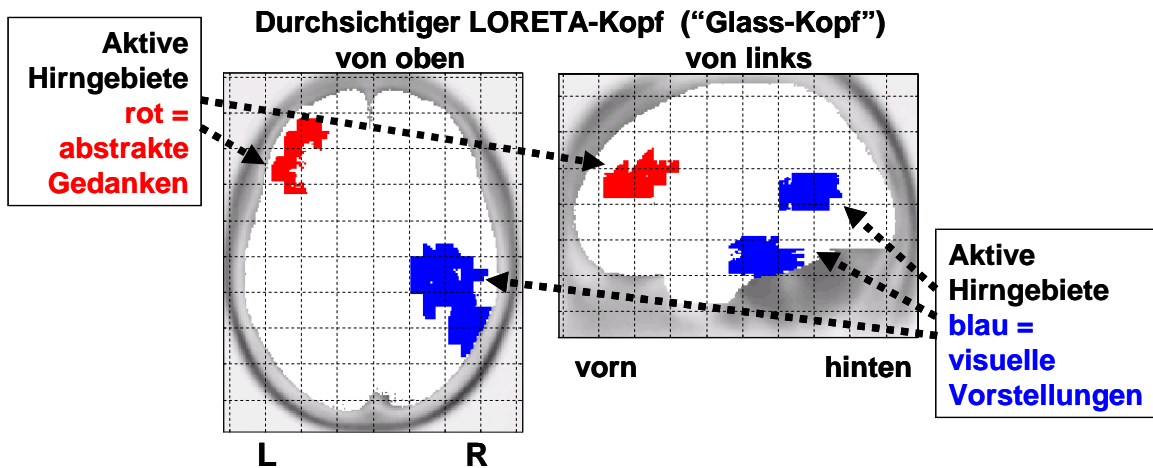
(aus Poster Presentation: Lehmann, D., Koenig, T., Henggeler, B., Strik, W., Kochi, K., Koukkou, M. & Pascual-Marqui, R.D. Brain areas activated during electric microstates of mental imagery versus abstract thinking. *Klinische Neurophysiologie* 35: 169, 2004).

Pascual-Marqui, R.D., Michel, C.M. and Lehmann, D. Low resolution electromagnetic tomography: a new method for localizing electrical activity in the brain. *Int. J. Psychophysiol.* 18: 49-65 (1994).

Lehmann, D., Strik, W.K., Henggeler, B., Koenig, T. and Koukkou, M. Brain electric microstates and momentary conscious mind states as building blocks of spontaneous thinking: I. Visual imagery and abstract thoughts. *Int. J. Psychophysiol.* 29: 1-11 (1998).

Funktionelle Mikrozustände in LORETA-Hirnschnitten

Koinzidenz aktiver Hirngebiete in 2 Experimenten:
 bei Spontan-Denken: Mikrozustand (Dauer 120 msec) direkt vor Bericht
abstrakter Gedanken oder **visueller Vorstellungen**.
 bei Wörter-Lesen: Mikrozustand 292-398 msec nach Darbietung
abstrakter oder **visueller** Wörter.



(aus Poster Presentation: Lehmann, D., Koenig, T., Henggeler, B., Strik, W., Kochi, K., Koukkou, M. & Pascual-Marqui, R.D. Brain areas activated during electric microstates of mental imagery versus abstract thinking. Klinische Neurophysiologie 35: 169, 2004).