GERHARD ROTH

INSTITUT FÜR HIRNFORSCHUNG

UNIVERSITÄT BREMEN

WIE BRINGT MAN DAS GEHIRN DER SCHÜLER ZUM LERNEN?

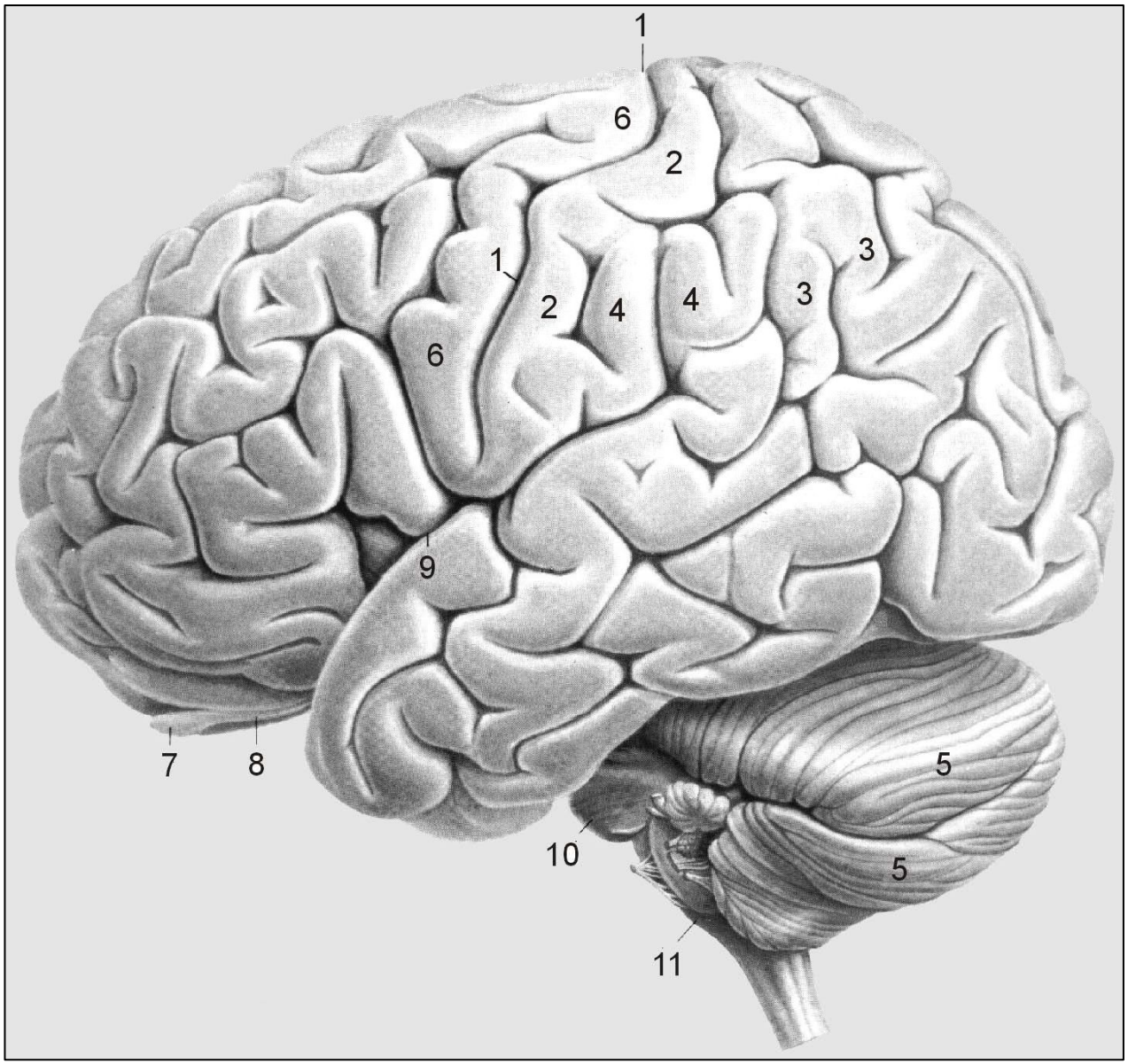
Hanse-
Wissenschaftskolleg

© G. Roth, 2006

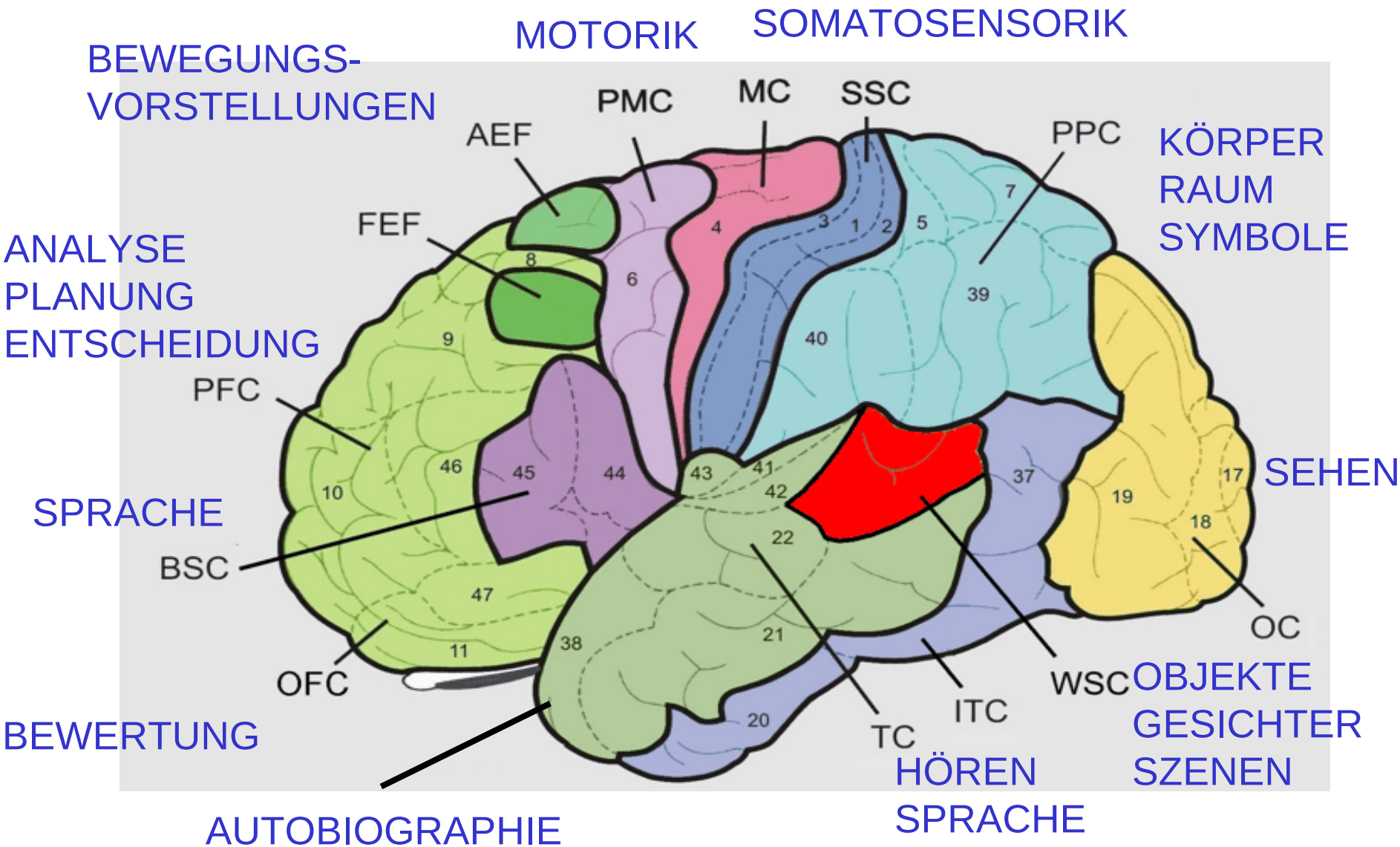
Folgende kognitiven und emotionalen Faktoren bestimmen wesentlich den Lernerfolg:

- Die Vertrauenswürdigkeit des Lehrenden
- Das Interesse am Stoff
- Der Belohnungswert des Wissens und der Leistung
- Aufmerksamkeit
- Das Vorwissen und die Anschlussfähigkeit des Stoffes
- Die Aufbereitung und Art der Vermittlung des Stoffes

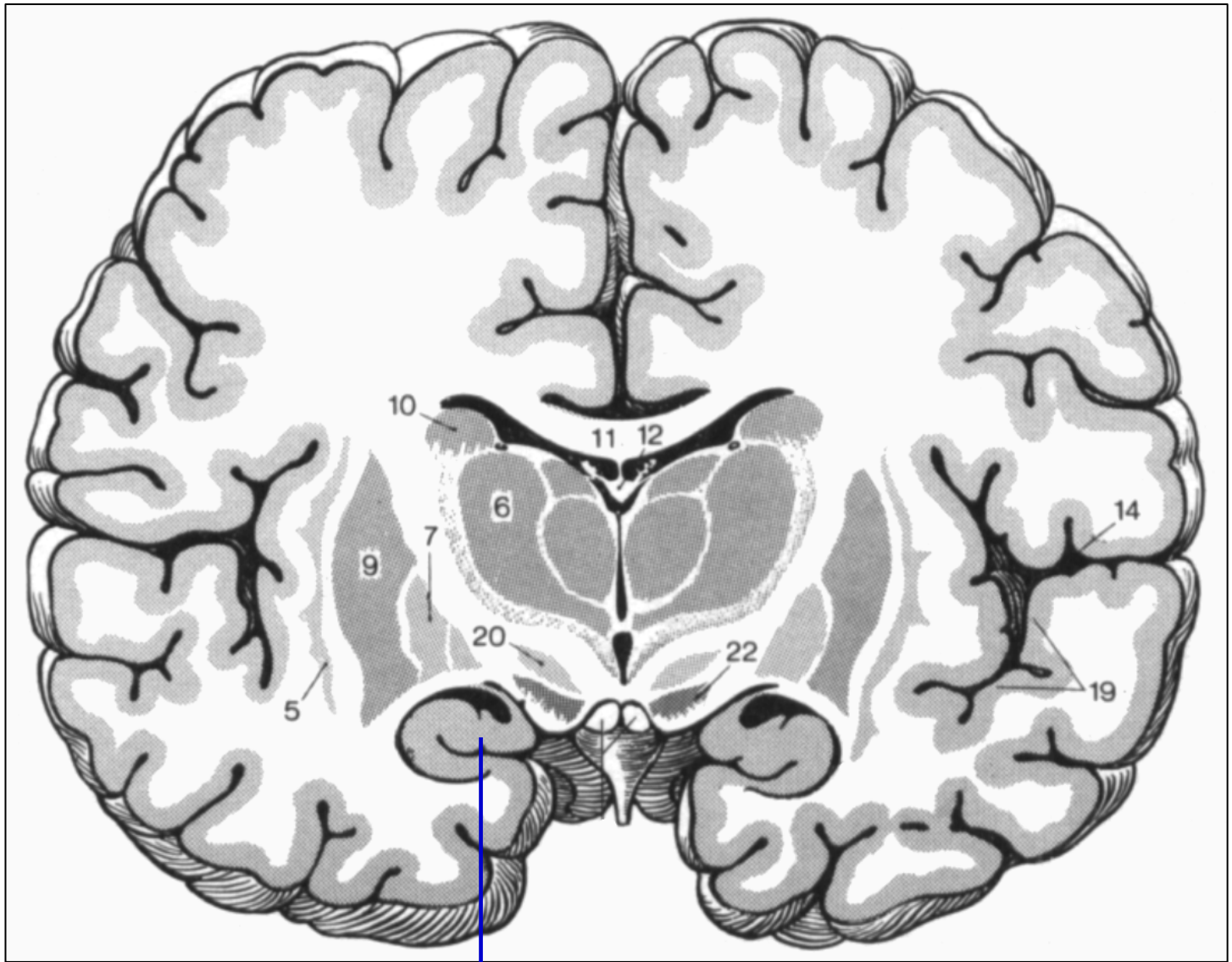
Seitenansicht des menschlichen Gehirns



Funktionale Gliederung der Großhirnrinde



Hippocampus als *Organisator* des deklarativen, bewusstseins-fähigenGedächtnisses



Hippocampus

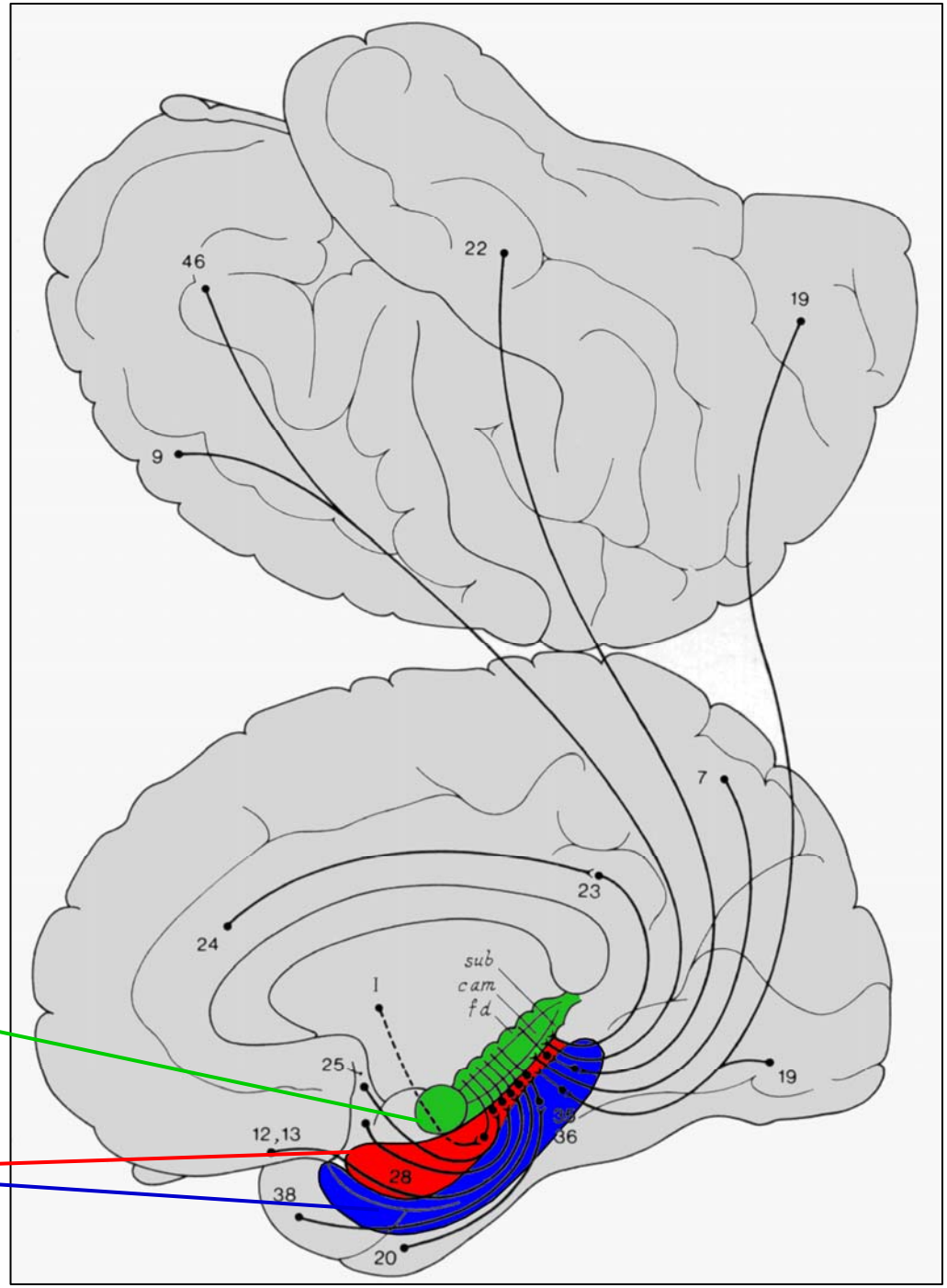
(nach Kahle et al. 1976, verändert)

Verbindungen zwischen Cortex und Hippocampus und umgebender Rinde

Die Großhirnrinde ist „Sitz“ des deklarativen Gedächtnisses

Ereignis- und Kontextgedächtnis

Faktengedächtnis



(nach Nieuwenhuys et al. 1991)

Der Hippocampus bestimmt, welcher Inhalt in welcher Weise in welchen Speichernetzwerken der Großhirnrinde abgelegt wird.

Dies bestimmt, in welcher Weise und mit welcher „Leichtigkeit“ diese Inhalte wieder aufgerufen werden können.

ORGANISATION DES GEDÄCHTNISSES

- **DEKLARATIVES (EXPLIZITES) GEDÄCHTNIS**
  - Vertrautheits-G.
  - Wissens-G.
    - G.-Module
  - Episodisches G.
    - Autobio-grafisches G.
    - Quellen G.
- **EMOTIONALES GEDÄCHTNIS**
  - Positiv
  - Negativ
- **PROZEDURALES (IMPLIZITES) GEDÄCHTNIS**
  - Fertigkeiten
    - Auswendig-lernen
  - Gewohnheiten
  - Klassische Konditionierung
  - Priming

Deklaratives Gedächtnis und Lernen

Bewusstseinsfähige und sprachlich berichtbare Gedächtnisinhalte

Episodisches Gedächtnis: Zeitlich-räumlich konkrete Geschehnisse mit Bezug zur eigenen Person
Autobiographisches Gedächtnis, Quellengedächtnis, Ortsgedächtnis, Kontextgedächtnis

Wissens-/Faktengedächtnis: Tatsachen ohne persönlichen Bezug und ohne Kontext

Vertrautheitsgedächtnis: Reine Klassifikation nach „bekannt“ und „unbekannt“

Diese Gedächtnisse gehen durch „Filterung ineinander über

Prozedurales Gedächtnis und Lernen

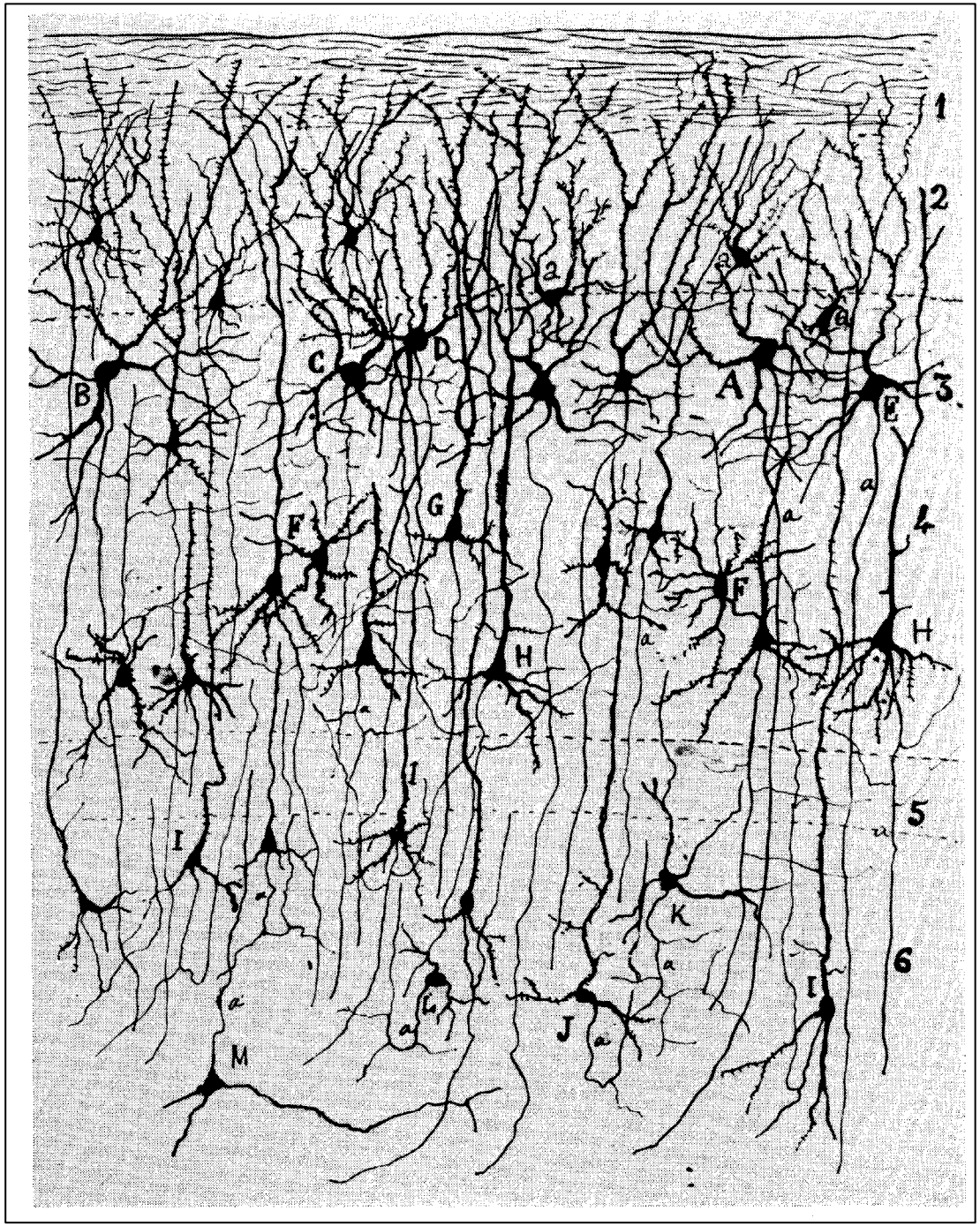
„Gekonnte“, aber nicht im Detail sprachlich berichtbare Gedächtnisinhalte

- ***Fertigkeiten:*** Schnürsenkel oder Krawatte binden, Fahrradfahren oder Klavierspielen
- ***Gewohnheiten, Stereotypien***
- ***Klassische und operante Konditionierung***
- ***Auswendiglernen („Pauken“)***
- ***„Priming“*** (Start- und Auffindhilfen für das Gedächtnis)

Diese Inhalte sind „semantisch flach“. Bewusstsein und Aufmerksamkeit stören oft. Veränderungen sind schwierig.

Zellulärer Aufbau der Großhirnrinde (Cortex)

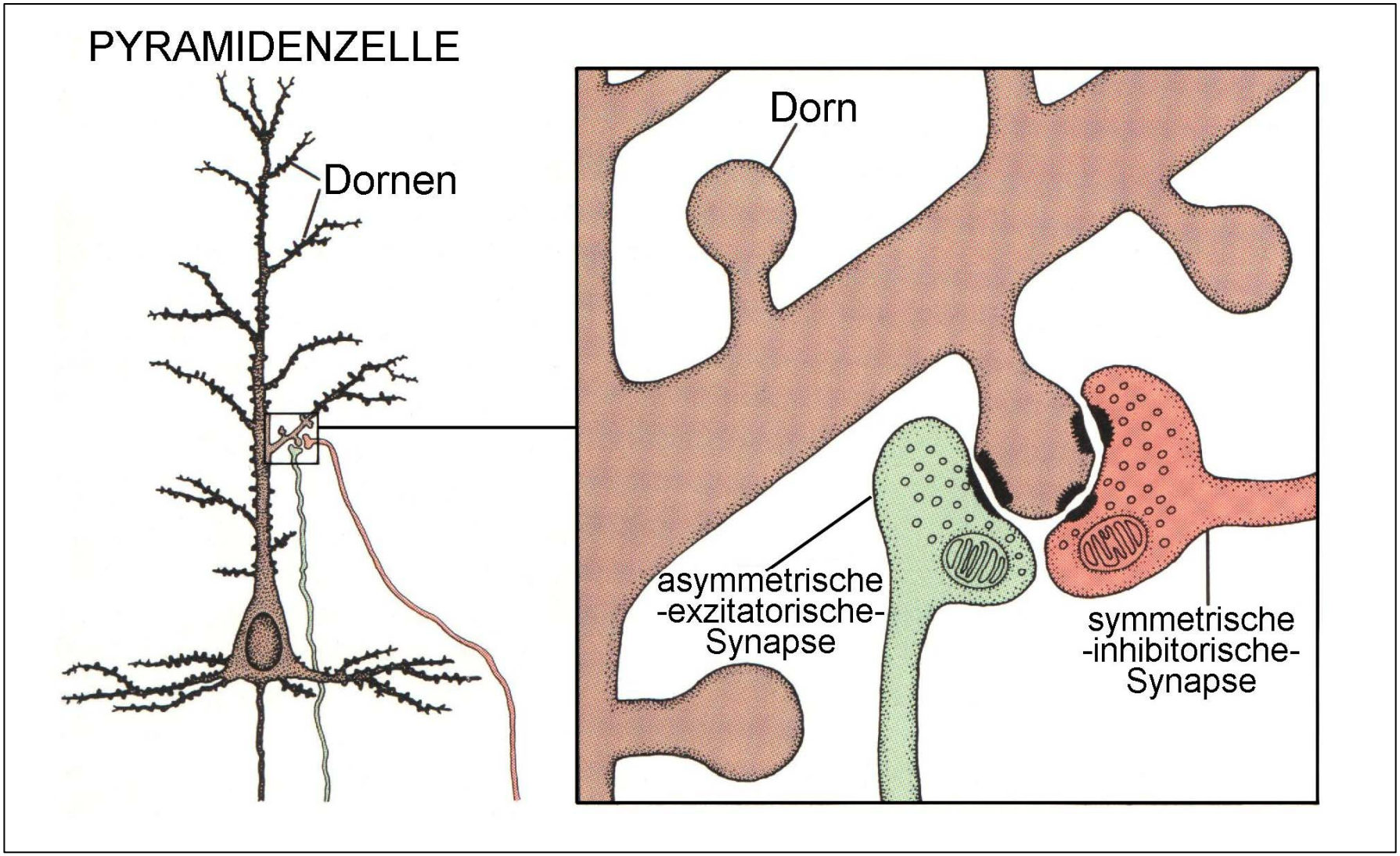
Zeichnung von S. Ramón y Cajal



(nach Spektrum der Wissenschaft)

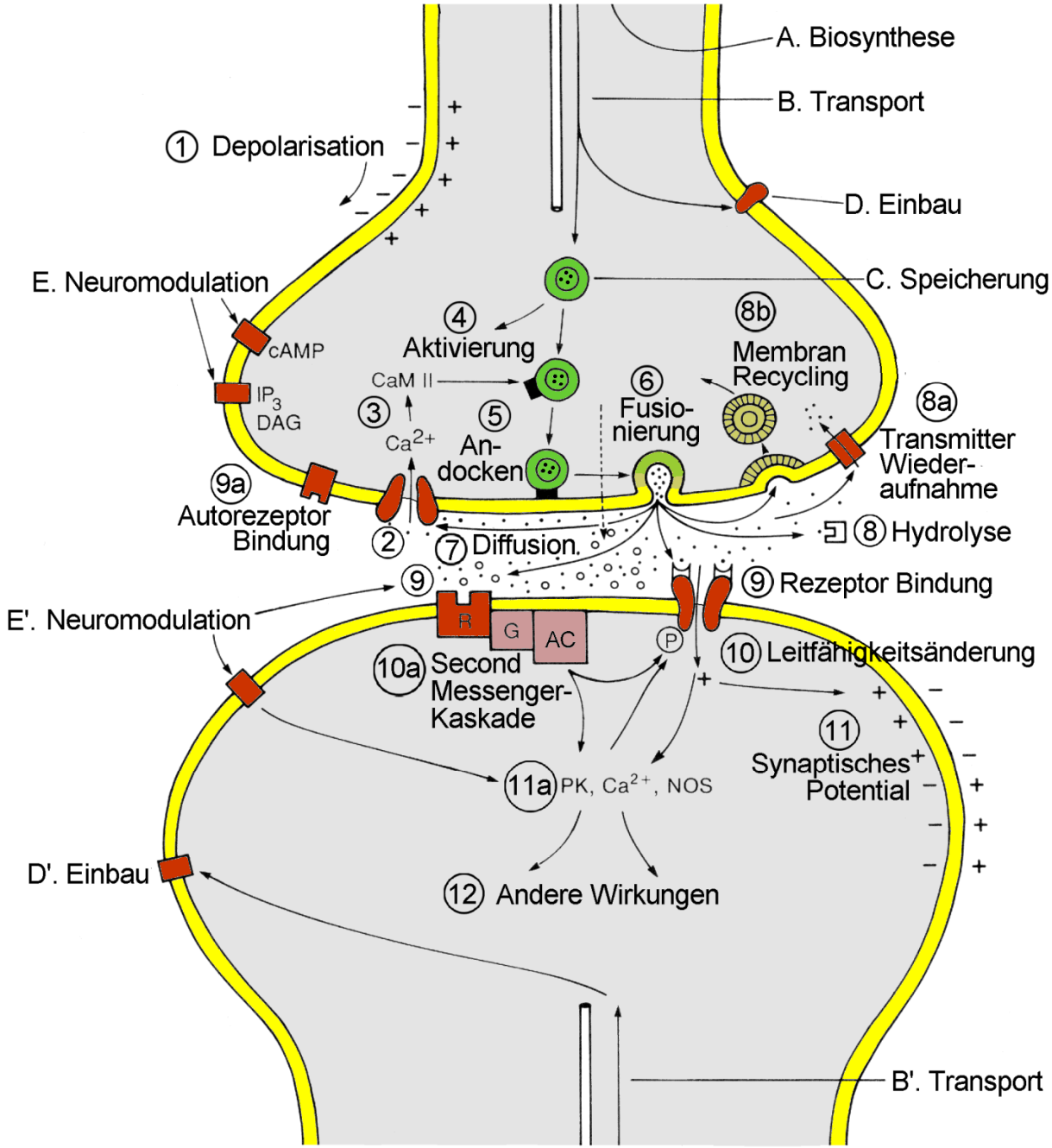
CORTICALE SYNAPTISCHE KONTAKTE

(nach Spektrum der Wissenschaft, verändert)



PRÄSYNAPSE

ERREGUNGS-ÜBERTRAGUNG AN EINER CHEMISCHEN SYNAPSE



POSTSYNAPSE

Kurzzeitgedächtnis beruht auf *physiologischen* Veränderung der synaptischen Übertragungseigenschaften („frühe LTP“). Das Kurzzeitgedächtnis ist deshalb generell instabil.

Langzeitgedächtnis beruht auf *strukturellen* Veränderungen der synaptischen Übertragungseigenschaften, d.h. der Bildung neuer und der Veränderung oder dem Abbau vorhandener Synapsen („späte LTP“). Es ist deshalb relativ stabil.

Beide Gedächtnisse können unabhängig voneinander ausfallen. Den Übergang zwischen ihnen nennt man **Konsolidierung**.

Diese Konsolidierung ist zu Beginn sehr störungsanfällig

ZEITSTRUKTUR DES DEKLARATIVEN GEDÄCHTNISSES

AUGENBLICKSGEDÄCHTNIS: Spanne 1-2 Sekunden. Kapazität extrem begrenzt (ca. 2 Items), sehr störanfällig. Nicht wesentlich verbesserbar.

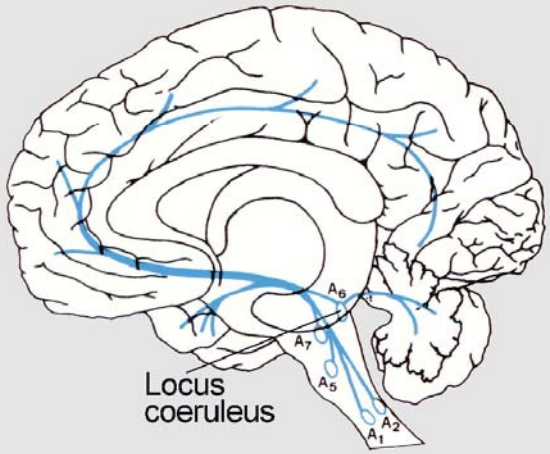
KURZZEITGEDÄCHTNIS/ARBEITSGEDÄCHTNIS: Spanne von 2 – 30 Sekunden. Kapazität sehr begrenzt (ca. 7 Items). Störanfällig. Verbesserbar durch Wiederholung und einfache Assoziationen.

INTERMEDIÄRES GEDÄCHTNIS: Spanne von 30 Sekunden bis 30 Minuten. Kapazität begrenzt. Kann durch Mnemotechniken verbessert werden.

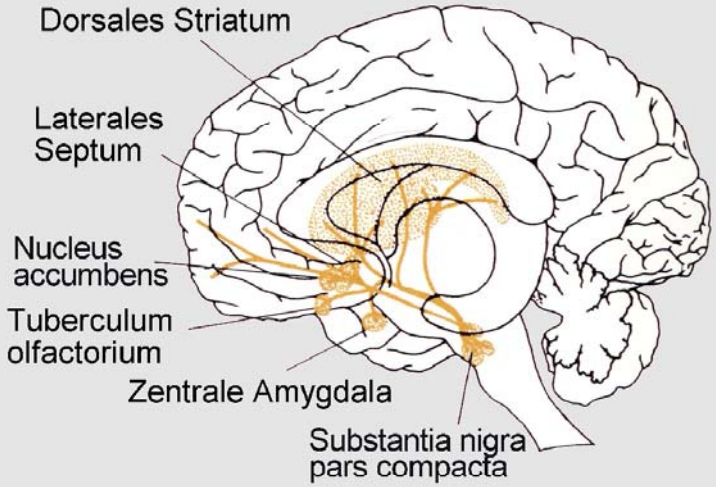
LANGZEITGEDÄCHTNIS: Spanne von 30 Minuten bis Jahrzehnte. Kapazität unbegrenzt. Kann durch Mnemotechniken wesentlich verbessert werden.

Neuromodulatorische Systeme

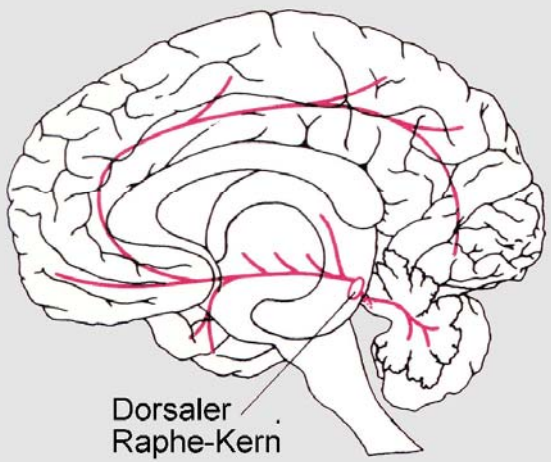
Noradrenerges System



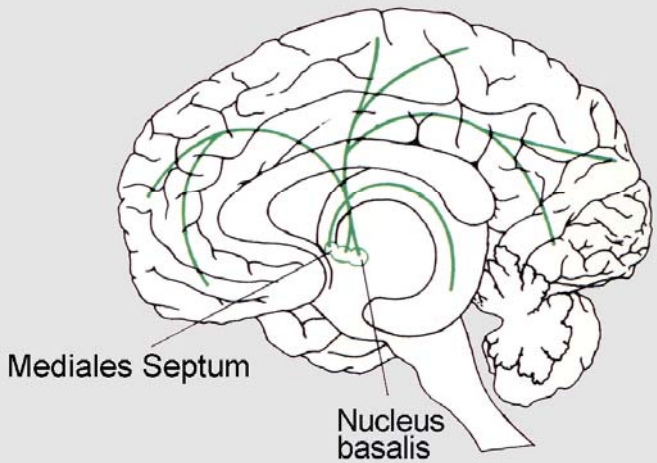
Dopaminerges System



Serotonerges System



Cholinerges System



Neuromodulatorische Systeme

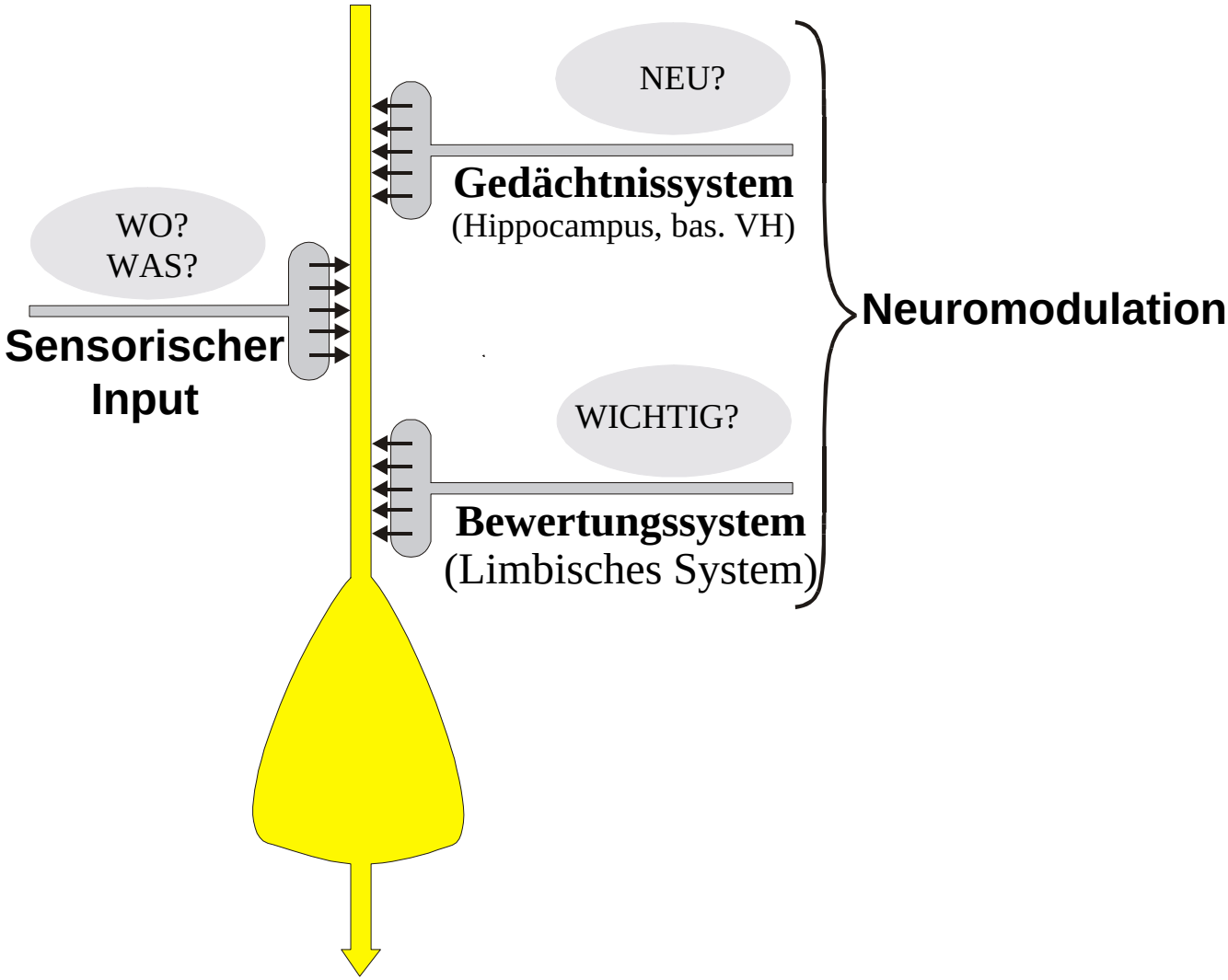
Noradrenerges System/Noradrenalin/Locus coeruleus:
Aktivierung, Erregung, unspezifische Aufmerksamkeit

Serotonerges System/Serotonin/Raphe-Kerne:
Dämpfung, Beruhigung, Wohlbefinden

Dopaminerges System/Dopamin/VTA und Nucleus accumbens: *Antreibend, belohnungs-versprechend, Neugierde*

Cholinerges System/Acetylcholin/basales Vorderhirn:
Gezielte Aufmerksamkeit, Gedächtnissteuerung

Konvergenz sensorischer und neuro-modulatorischer Eingänge auf corticalen Pyramidenzellen



DIE VERTRAUENSWÜRDIGKEIT DES LEHRENDEN

Die Vertrauenswürdigkeit eines Menschen hängt von wenigen, automatisierten und mehrheitlich unbewusst wirkenden Faktoren ab:

- Blick und Länge des Blickkontakts
- Augenstellung und Mundwinkelstellung
- Gestik
- Schulter- und Körperhaltung
- Stimme, Sprachmelodie und Sprachführung
- Körpergeruch

Gesichtererkennung und Einschätzung der Vertrauenswürdigkeit (i.W. rechtshemisphärisch):

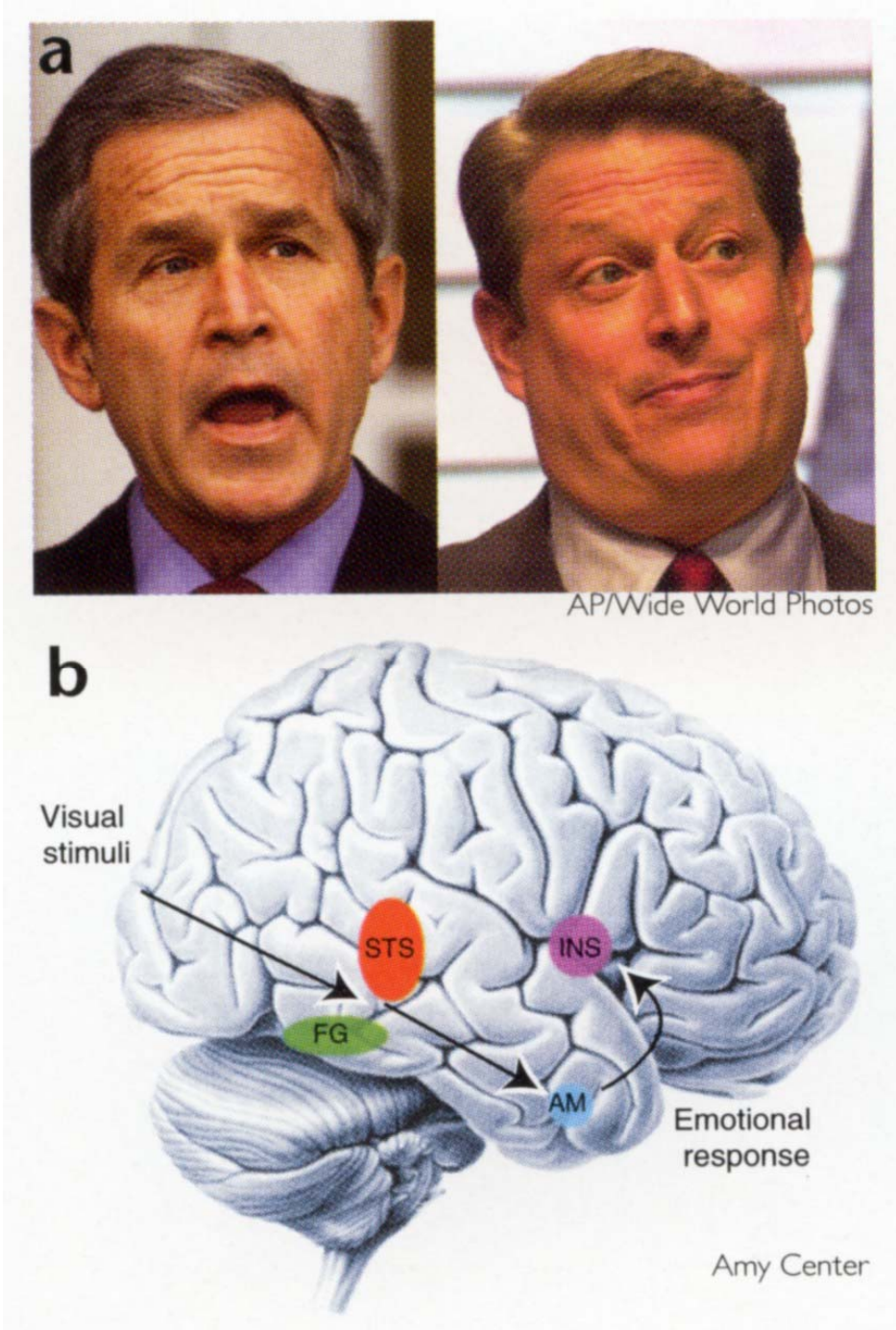
FG: Fusiformer Gyrus

STS: Superiorer temporaler Gyrus

AM: Amygdala, links explizit

INS: Insulärer Cortex

(R. Adolphs, TICS 3, Dezember 1999)

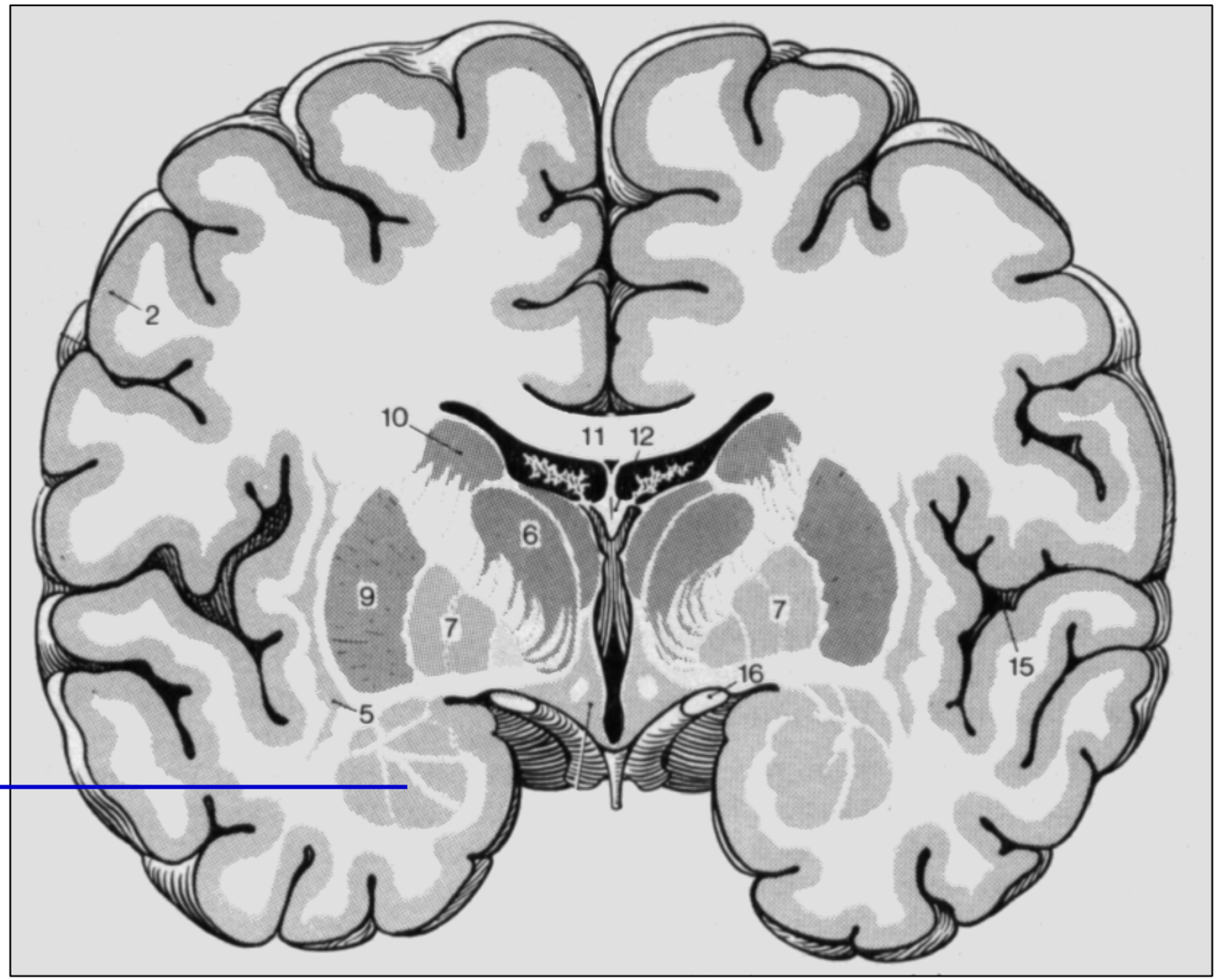


Zentrum

für

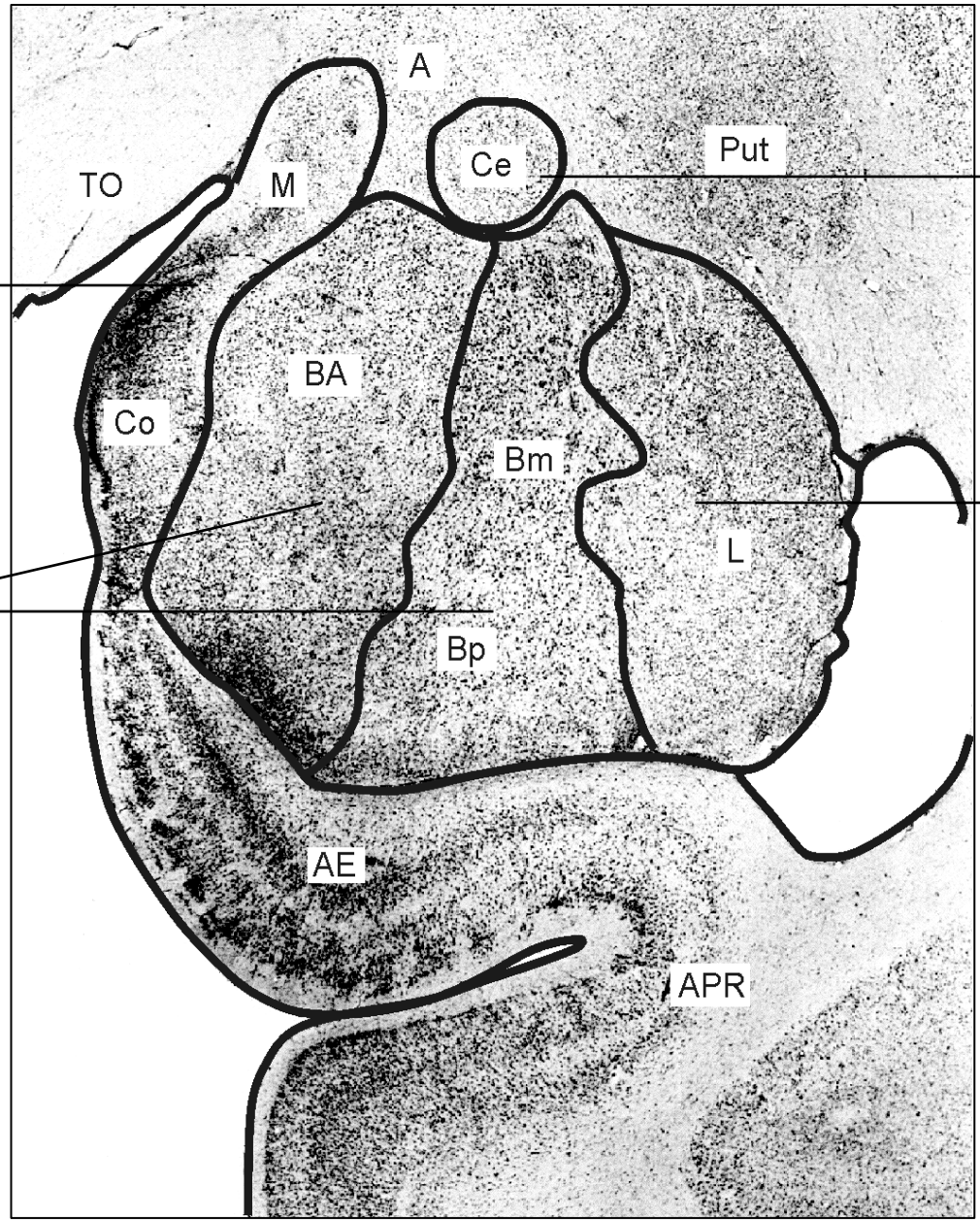
emotionale

Konditionierung



Amygdala
(Mandelkern)

Gliederung der Amygdala



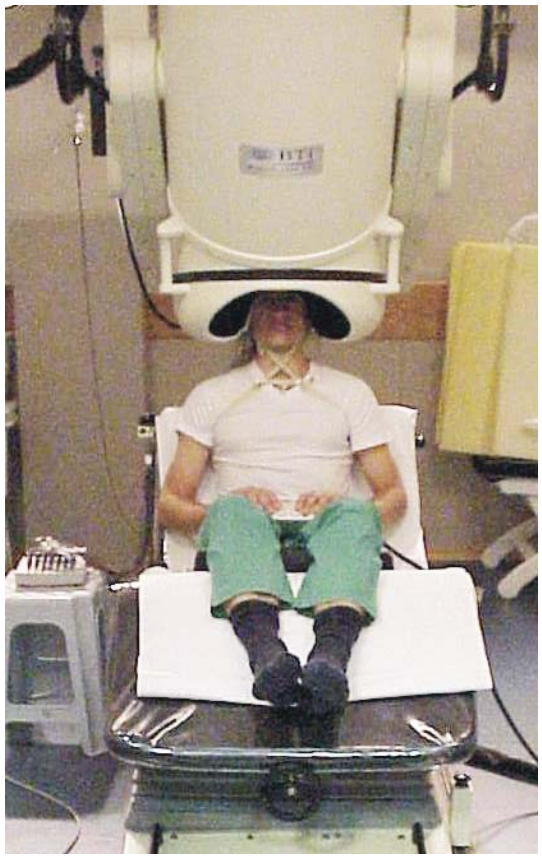
Cortico-mediale Amygdala

Zentrale Amygdala

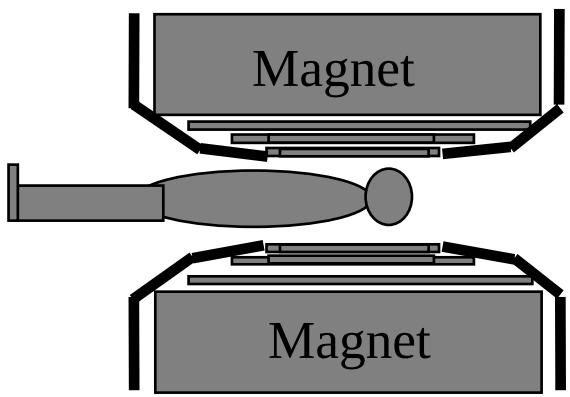
Laterale Amygdala

Basale Amygdala

Magnetenzephalograph (MEG)



Kernspintomograph (NMR)



Unbewusste und bewusste Einschätzung der Glaubwürdigkeit von Gesichtern

J.S. Winston, B.A. Strange, J.O. Doherty und R.J. Dolan: Automatic and intentional brain responses during evaluation of trustworthiness of faces. Nature Neuroscience 5, März 2002, 77-283

Präsentation von 120 Gesichtern mit neutralem, glücklichem und ärgerlichem Ausdruck

Bei 60 Gesichtern Einstufung nach Alter (*implizit*), bei 60 Gesichtern Bewertung nach „vertrauens-würdig“ und „nicht vertrauenswürdig“ (*explizit*)

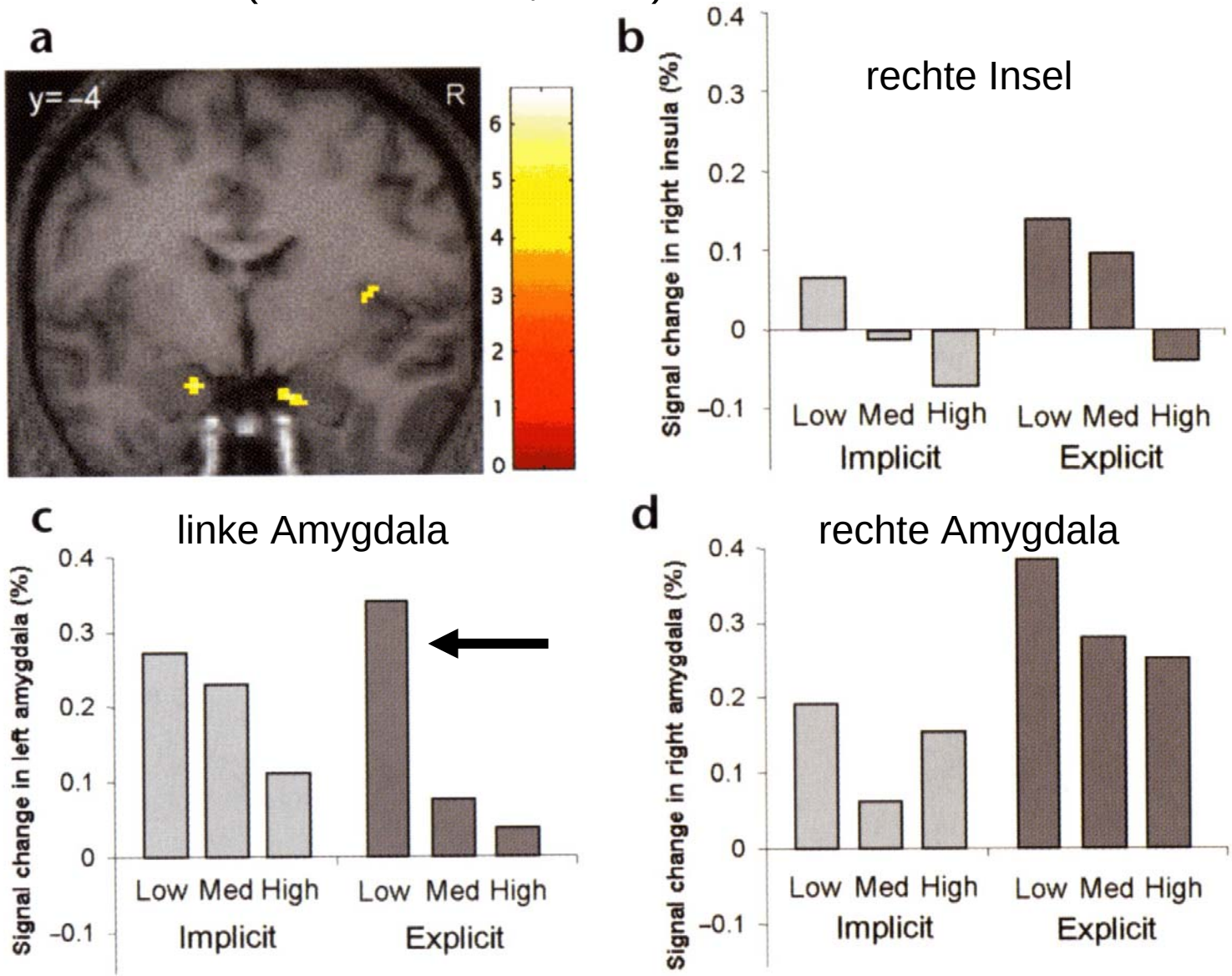
fMRI (2 Tesla Siemens, VISION), BOLD-Effekt

Aktivität in der linken und rechten Amygdala und der rechten Insel bei der Beurteilung der Glaubwürdigkeit von Gesichtern

(Winston et al., 2002)

Low, medium, high =

Niedrige, mittlere und hohe Glaub-würdigkeit



DIE ROLLE DER BELOHUNG UND DER BELOHNUNGSERWARTUNG FÜR DAS LERNEN

Wie bei aller Tätigkeit, fragt das Gehirn auch beim Lernen, ob sich der Aufwand lohnt. Deshalb spielt bewusst oder unbewusst die Belohnungserwartung eine große Rolle. Diese ist wiederum von der Belohnungserfahrung abhängig.

Belohnungen können sein:

- Materielle Belohungen
- Lob und Anerkennung durch Lehrer, Eltern, Freunde usw.
- Aussicht auf Erfolg

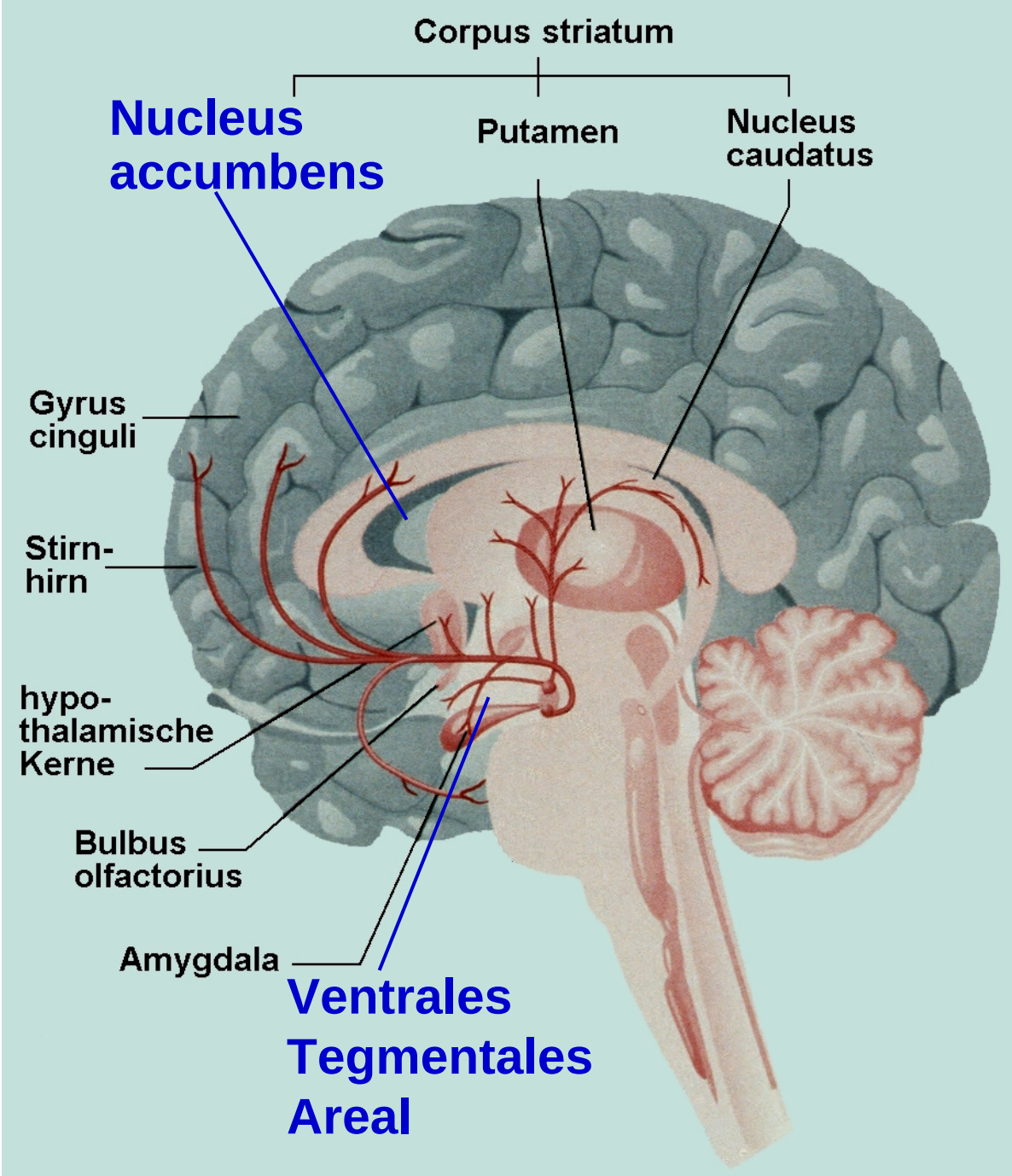
Alle Belohnungen haben dieselbe „Endstrecke“ in Form der Ausschüttung von Stoffen mit positiver bzw. lustvoller Wirkung.

Mesolimbisches System:

Reaktion auf neuartige, überraschende Reize

Antrieb durch Versprechen von Belohung (*Dopamin*)

Belohnungssystem (*hirneigene Opiate*)



ZEREBRALES BELOHNUNGSSYSTEM

Belohnung: Hirneigene Opiate, Serotonin, Neuropeptide

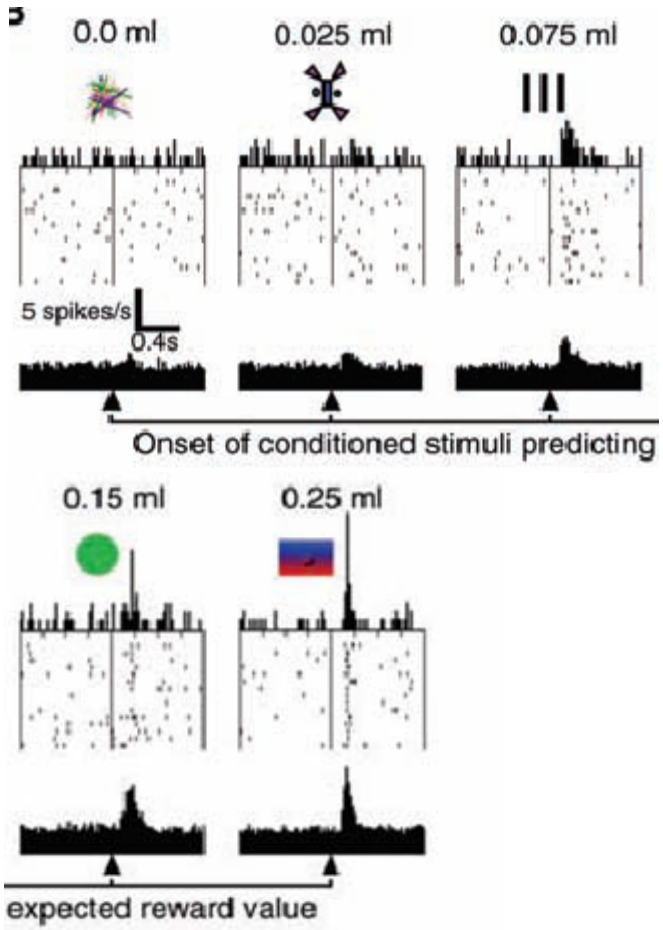
Belohungserwartung nach erforderlichem Aufwand, Stärke, Wahrscheinlichkeit und Nachhaltigkeit der Belohnung: Dopaminerge Neurone im dorsalen Striatum, Nucleus accumbens/ventralen Striatum

Risikoeinschätzung: anteriorer cingulärer Cortex.

Rationales Abwägen der Belohnung bzw. des Belohnungs-verhaltens: präfrontaler Cortex

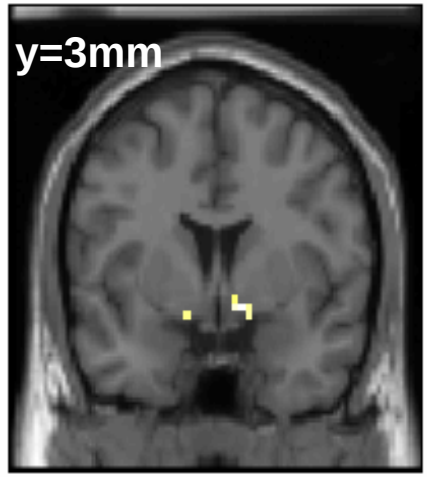
Emotionales Abwägen der Belohnung bzw. des Belohnungs-verhaltens: orbitofrontaler Cortex

Neuronale Aktivität von Neuronen im Nucleus accumbens des Makaken bei unterschiedlicher Belohnung mit Orangensaft

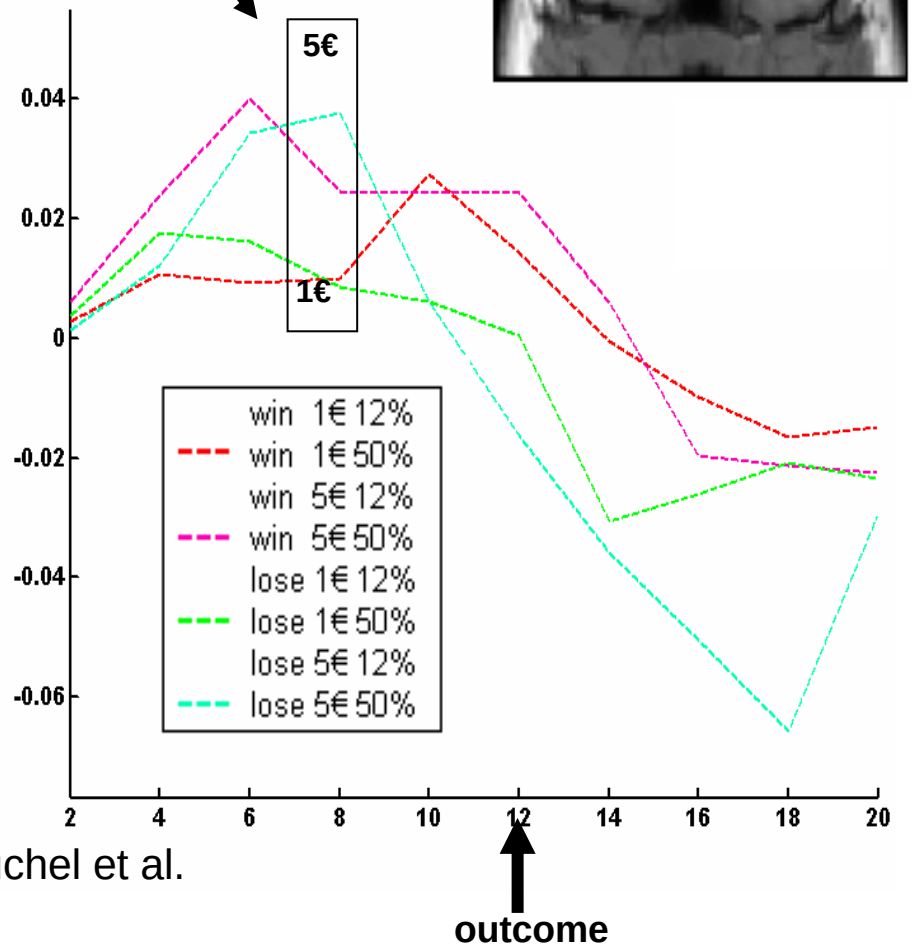


Tobler, Fiorillo, & Schultz, 2005

Aktivierung des menschlichen Nucleus accumbens bei unterschiedlichen Belohnungserwartungen und Belohnung



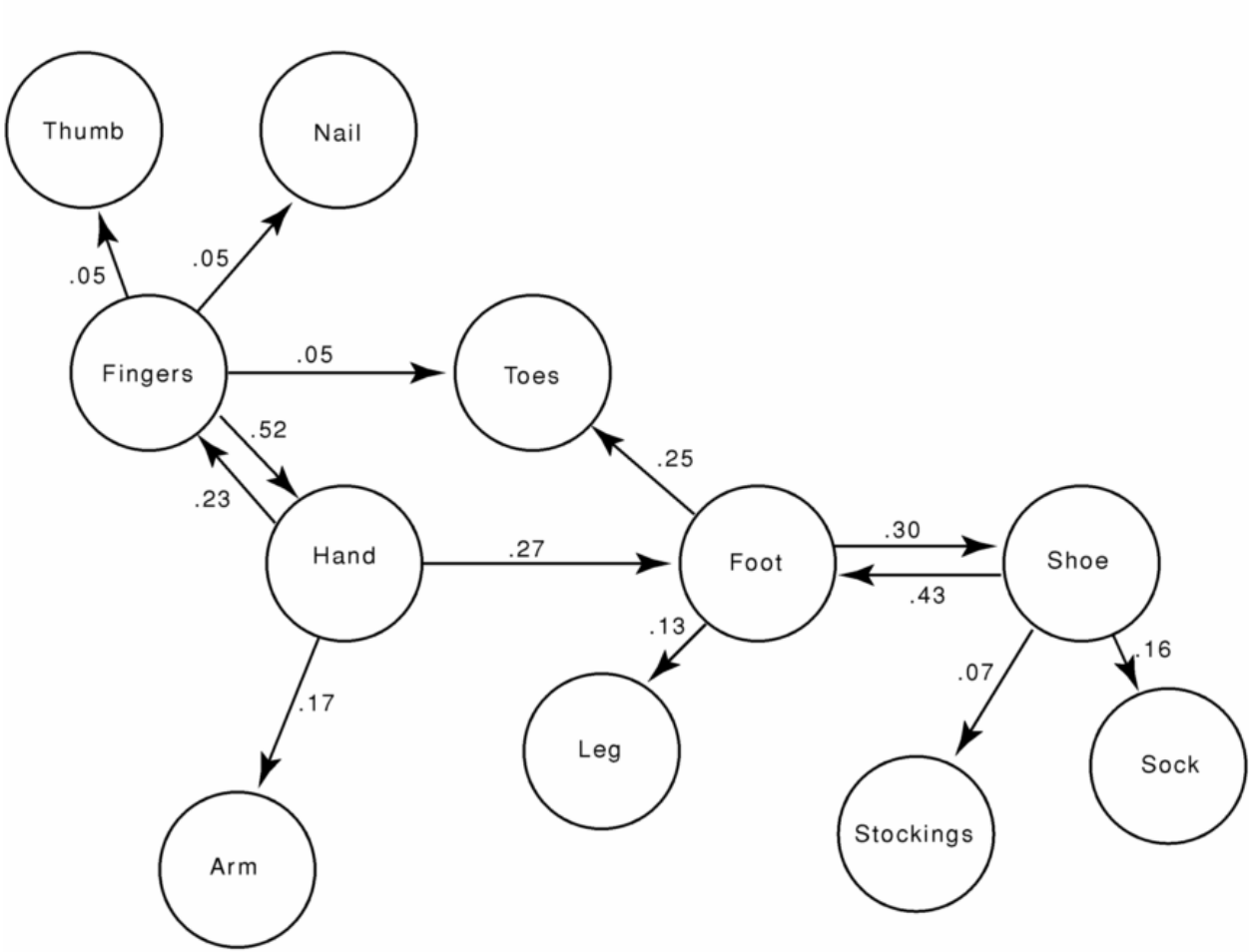
Erwartung 50%: 5€ > 1€



Büchel et al.

VORWISSEN UND ANSCHLUSSFÄHIGKEIT DES STOFFES

Semantisches Netzwerk



Wissen entsteht im Gehirn des Lernenden durch Entstehen neuer Netzwerke (schwer und langsam) und Kombination vorhandener Netzwerke (leicht und schnell).

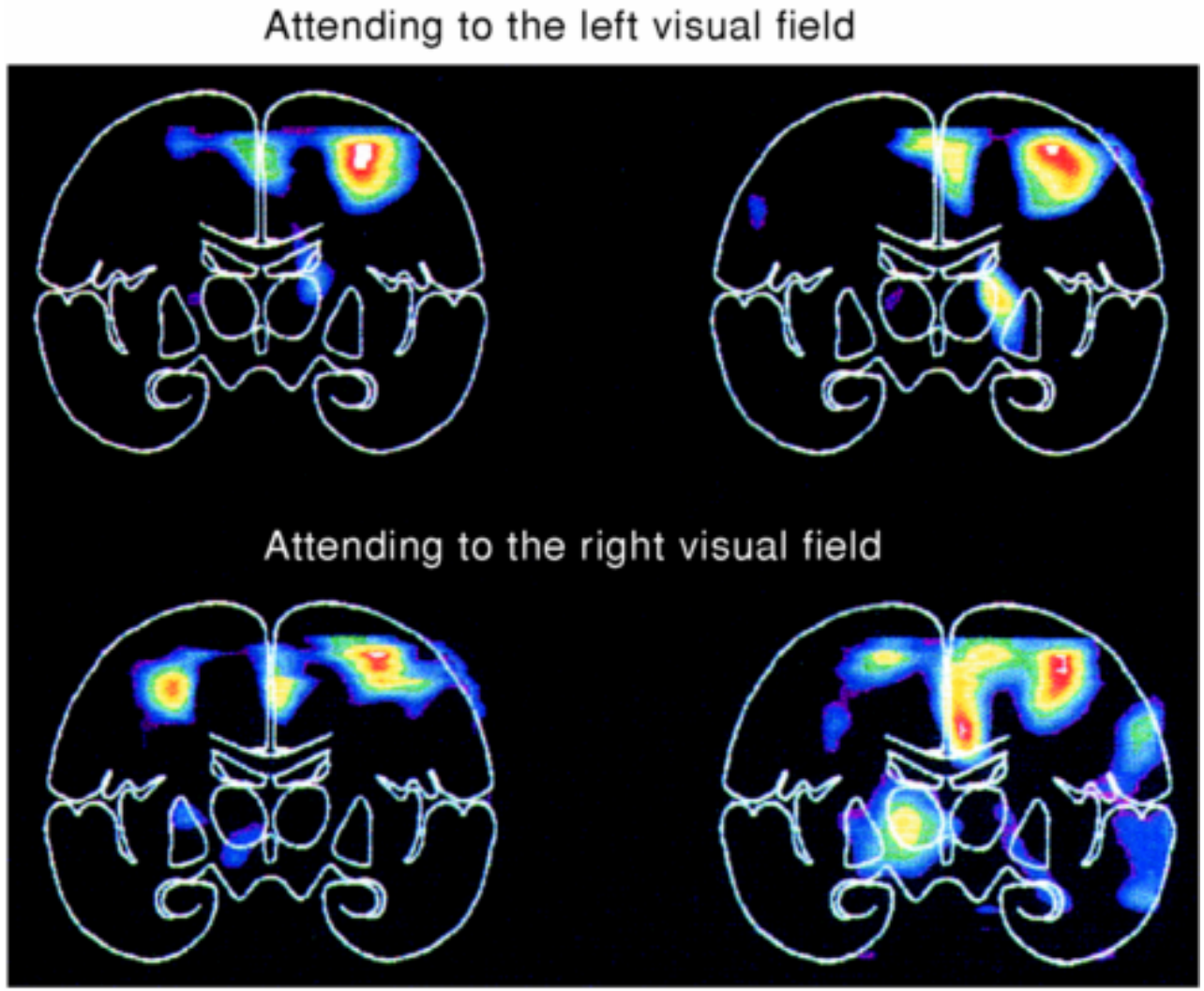
Je mehr spezifisches Vorwissen vorhanden ist, desto höher ist die Anschlussfähigkeit und die Konsolidierung neuen Wissens.

Je mehr spezifische Netzwerke durch den Stoff gleichzeitig angesprochen werden, desto besser.

AUFMERKSAMKEIT

Aufmerksamkeit besteht in einer Hervorhebung bestimmter neuronal-kognitiver Prozesse im Gehirn gegenüber einem semantisch unerwünschten oder irrelevanten Hintergrund.

Aufmerksamkeit erhöht hierdurch sehr stark die neuronale Informationsverarbeitung und die Verankerung im Langzeitgedächtnis.


Attending to the left visual field
Attending to the right visual field

Die Wirkung von Aufmerksamkeit auf die Aktivität eines parietalen visuellen Neurons

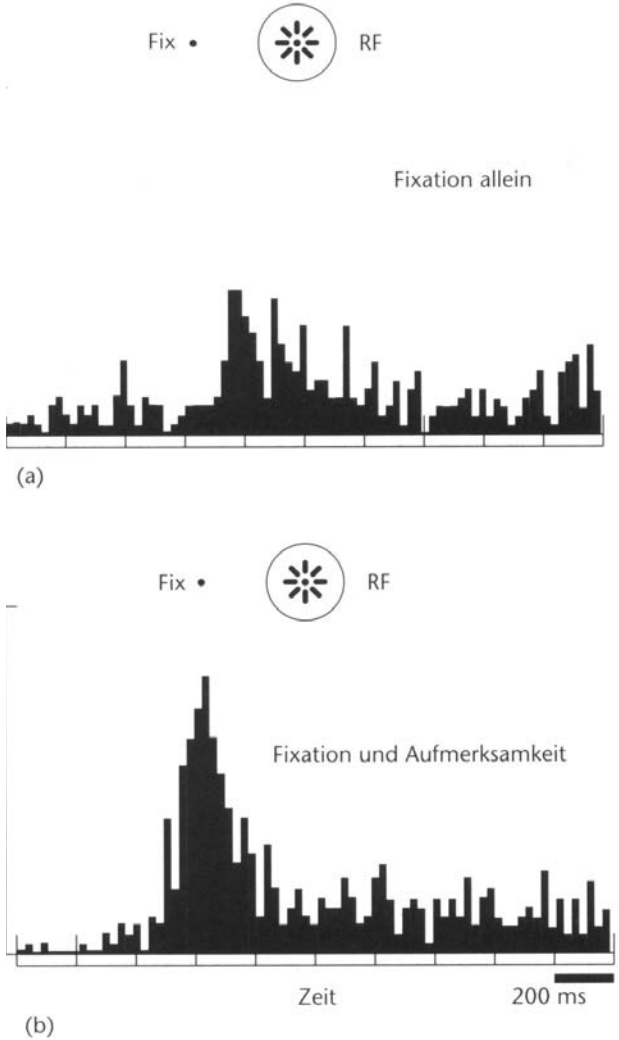
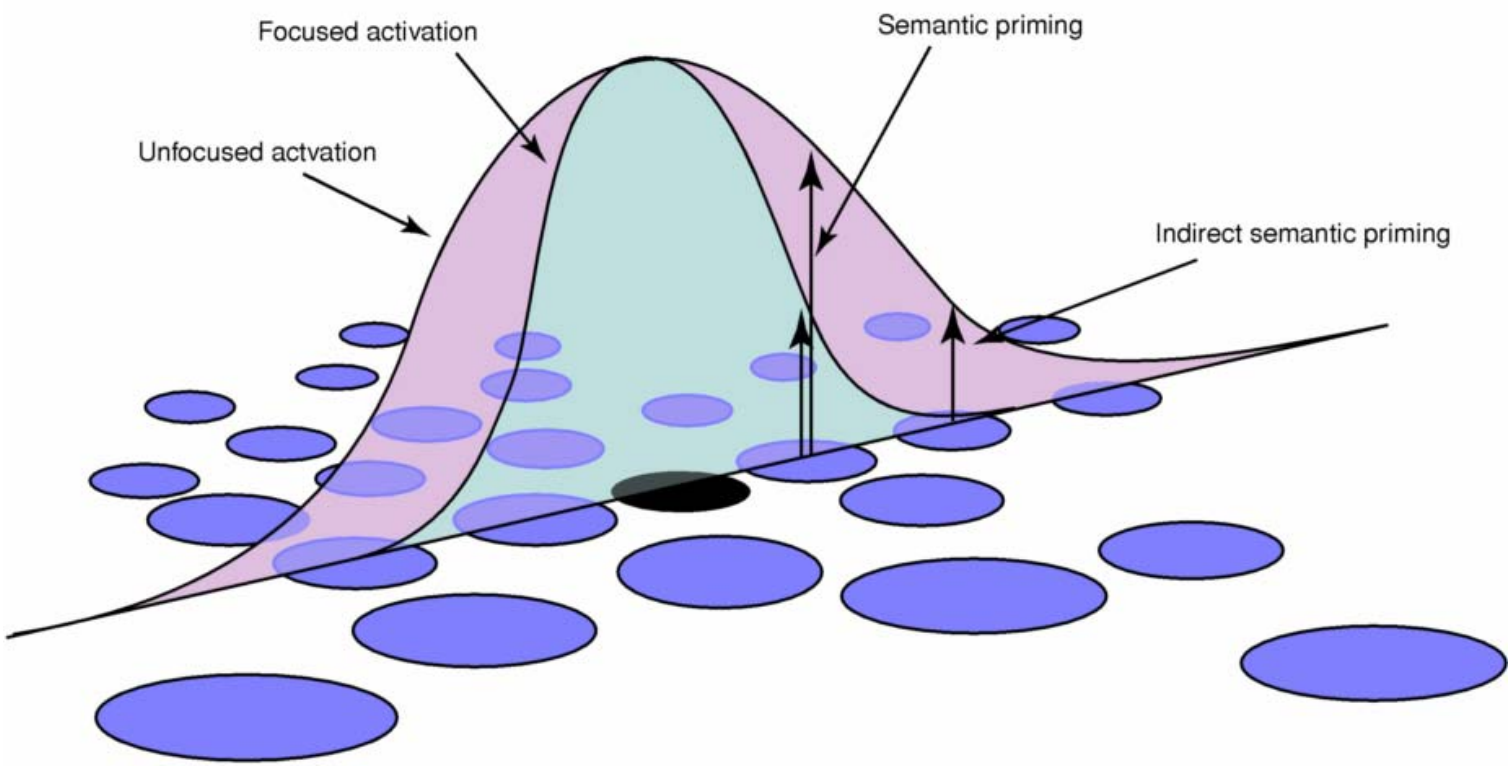


Abb. 4.31 *Resultate aus dem Experiment von Colby et al. (1995), welches zeigt, wie ein Neuron im parietalen Cortex eines Affen durch Aufmerksamkeit beeinflusst wird. In (a) fixiert der Affe den Punkt „Fix", gleichzeitig wird ein Reiz im rezeptiven Feld dieses Neurons rechts vom Fixationspunkt dargeboten. In (b) fixiert der Affe wie in (a), richtet aber zugleich seine Aufmerksamkeit auf den Reiz im rezeptiven Feld. Die Antwort des Neurons fällt in diesem Fall stärker aus.*

Die Wirkung von Aufmerksamkeit auf ein semantisches Netzwerk



„HIRNGERECHTE“ DARBIETUNG DES STOFFES

Unterteilung des Stoffes in kurze, inhaltlich zusammen-hängende Abschnitte von maximal 5 Minuten. Dann eine „Denkpause“, in der kurz geklärt wird, ob alles verstanden wurde. Dann erst weiter.

Unterschiedliche „Lerntypen“ ansprechen: Vermittlung durch Wort, Bild und Beispiele.

Je größer die Anschlussfähigkeit an die Lebenswelt der Schüler, desto besser.

Wiederholung in kürzeren und längeren Abständen ist äußerst wichtig, z.B. nach 6 Stunden, 24 Stunden, 2 Wochen und 6 Wochen.

Nichts wird mit einem Mal gelernt.

GRUNDPRINZIPIEN DES LEHRENS UND LERNENS

Das Wichtigste beim Lehren und Lernen läuft unbewusst ab und ist aktuell nicht oder nur schwer zu kontrollieren.

Der Lehrende muss vertrauenswürdig und kompetent wirken.

Ohne Motivation und Belohnungserwartung sind Lehren und Lernen schwer oder unmöglich.

Vermitteltes Wissen muss anschlussfähig sein; deshalb ist für den Lehrenden Kenntnis über das Vorwissen wichtig

Aller Anfang ist schwer, es muss erst anschlussfähiges Wissen geschaffen werden. Dies erzeugt man z.B. durch Auswendiglernen und den Anschluss an die persönliche Lebenswelt.

Lehren und Lernen sind in kognitive und emotionale Vorgänge eingebettet, die überwiegend unbewusst ablaufen und deshalb nur schwer beeinflussbar sind. Hierzu gehören:

- Kognitive und emotionale Unterschiede zwischen Jungen/Männern und Mädchen/Frauen
- Individuelle kognitive und emotionale Unterschiede des Lernenden
- Belohnungswert des Lernens
- Spezielles Interesse des Lernenden am Lerninhalt
- Die Vertrauenswürdigkeit des Lehrenden und des Lernortes