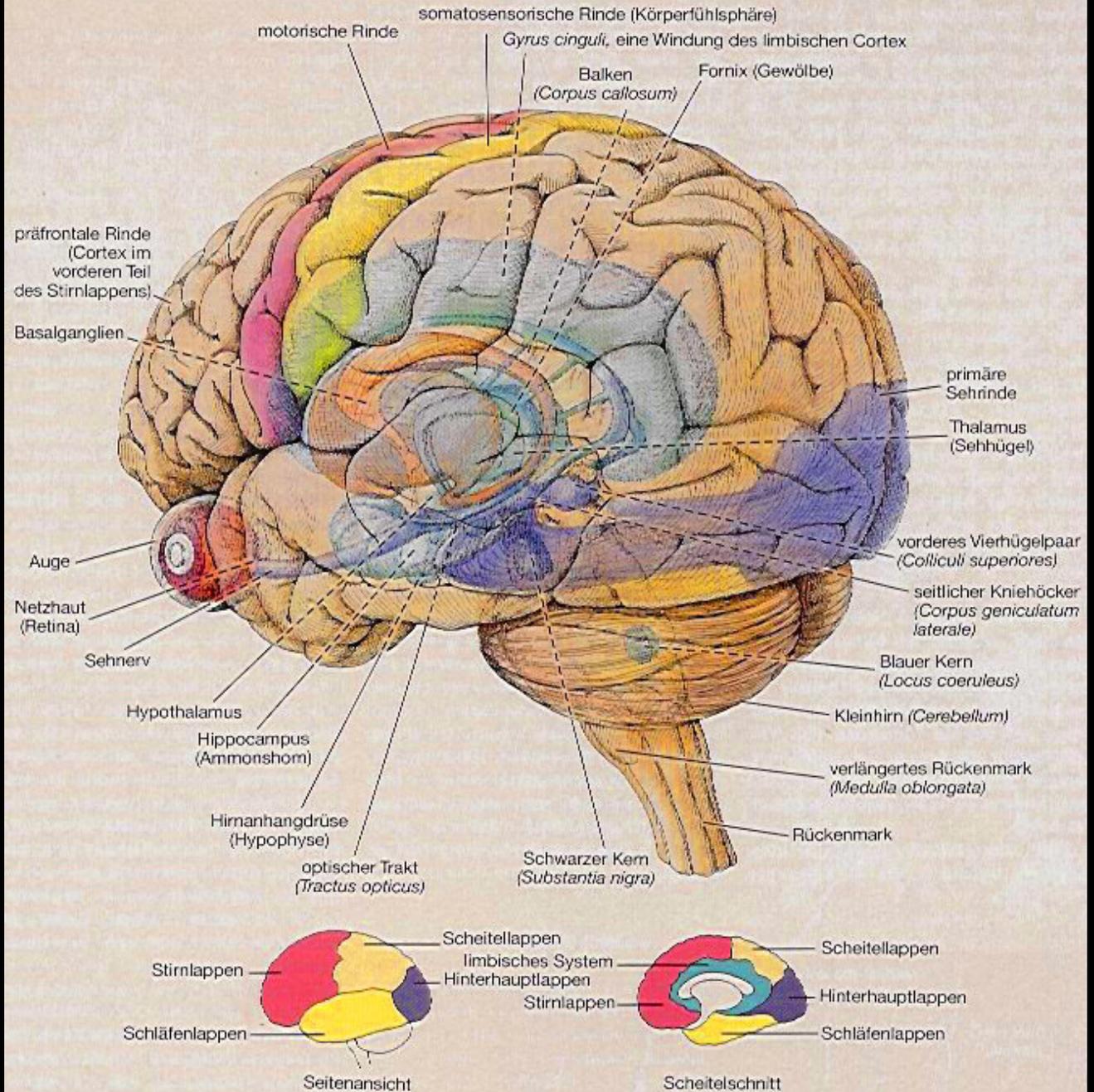


Wie Gehirne entdecken, lernen und erinnern

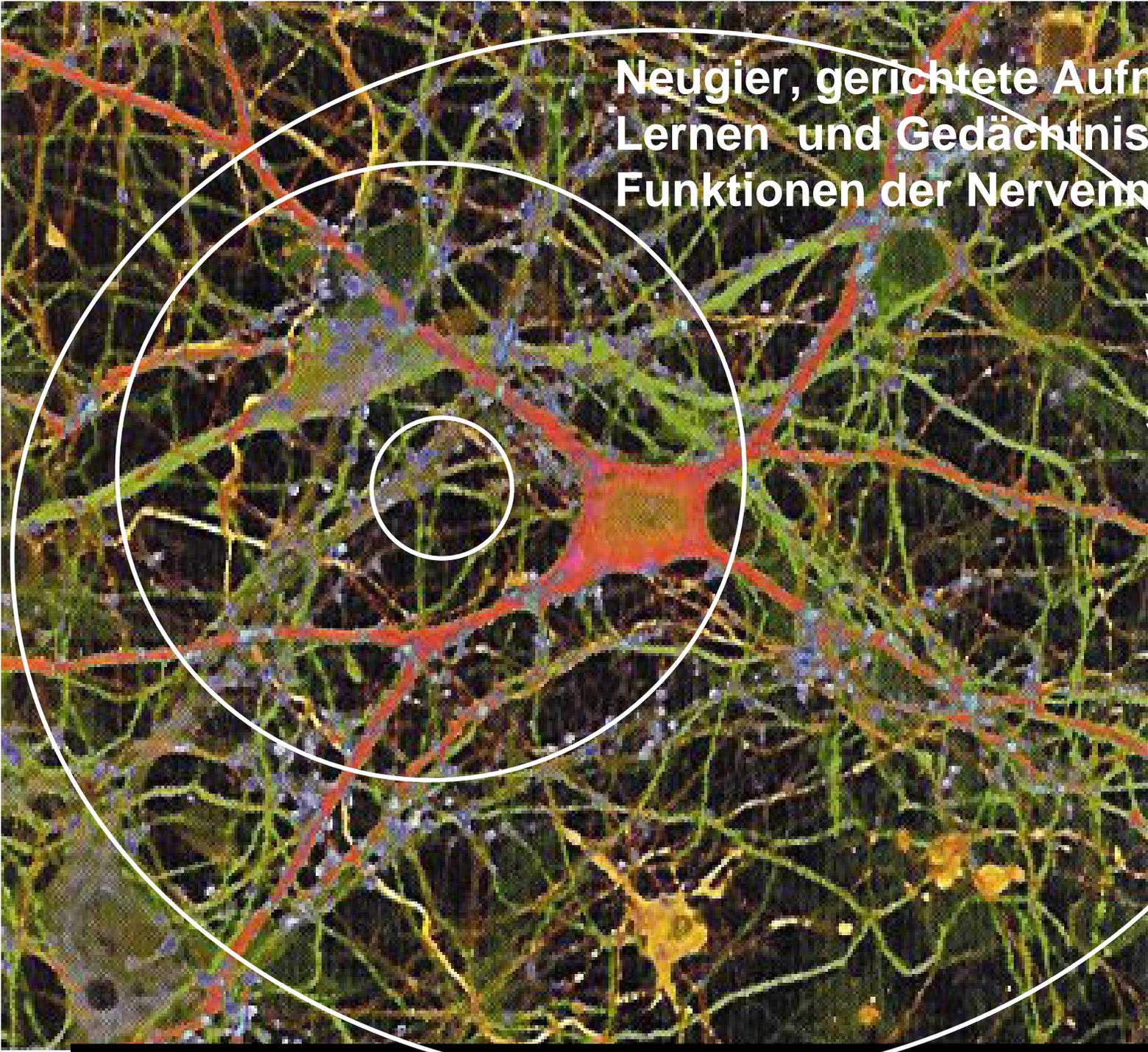
Prof. Dr. Randolph Menzel, FU Berlin, Akademie der Wissenschaften

**Im Gehirn haben
haben alle unsere
Fähigkeiten
ihren Ort.**

- Auch**
- Neugier
 - Entdecken
 - Lernen
 - Gedächtnis?



Das Gehirn: Organ des Geistes



Neugier, gerichtete Aufmerksamkeit
Lernen und Gedächtnis sind
Funktionen der Nervennetze.

wo?
wie?
wie werden
sie abge-
rufen?

Ganzes
Gehirn

Nervennetze

Verschaltung
Von Nerven-
zellen

Thalamocortical Neurons Have Two Firing Modes

Die Sprache der Neurone sind die Aktionspotentiale
und die synaptischen Potentiale

Wie kann man die Gehirnarbeit messen?

Nicht invasive Methoden der Messung der Gehirnaktivität (über Sauerstoffzufuhr): PET (Positronen Emissions Tomographie) und funktionelle Kernspintomographie

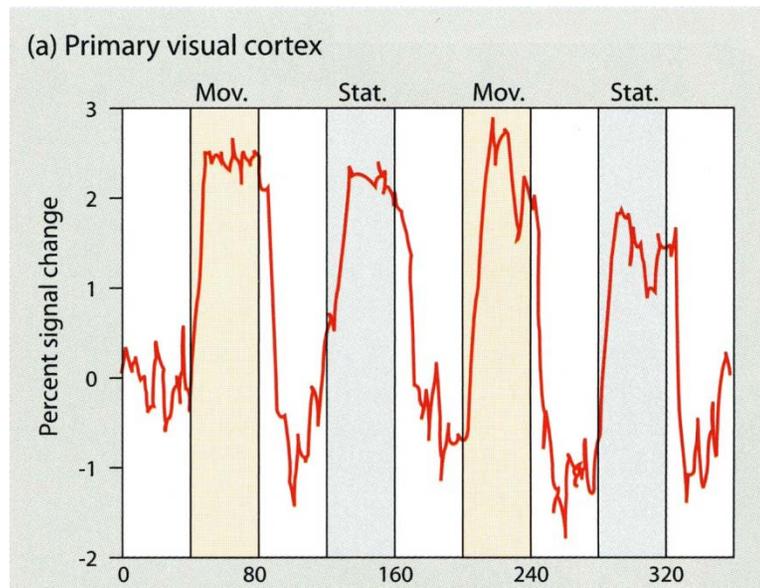


Positronen Emissions Tomographie



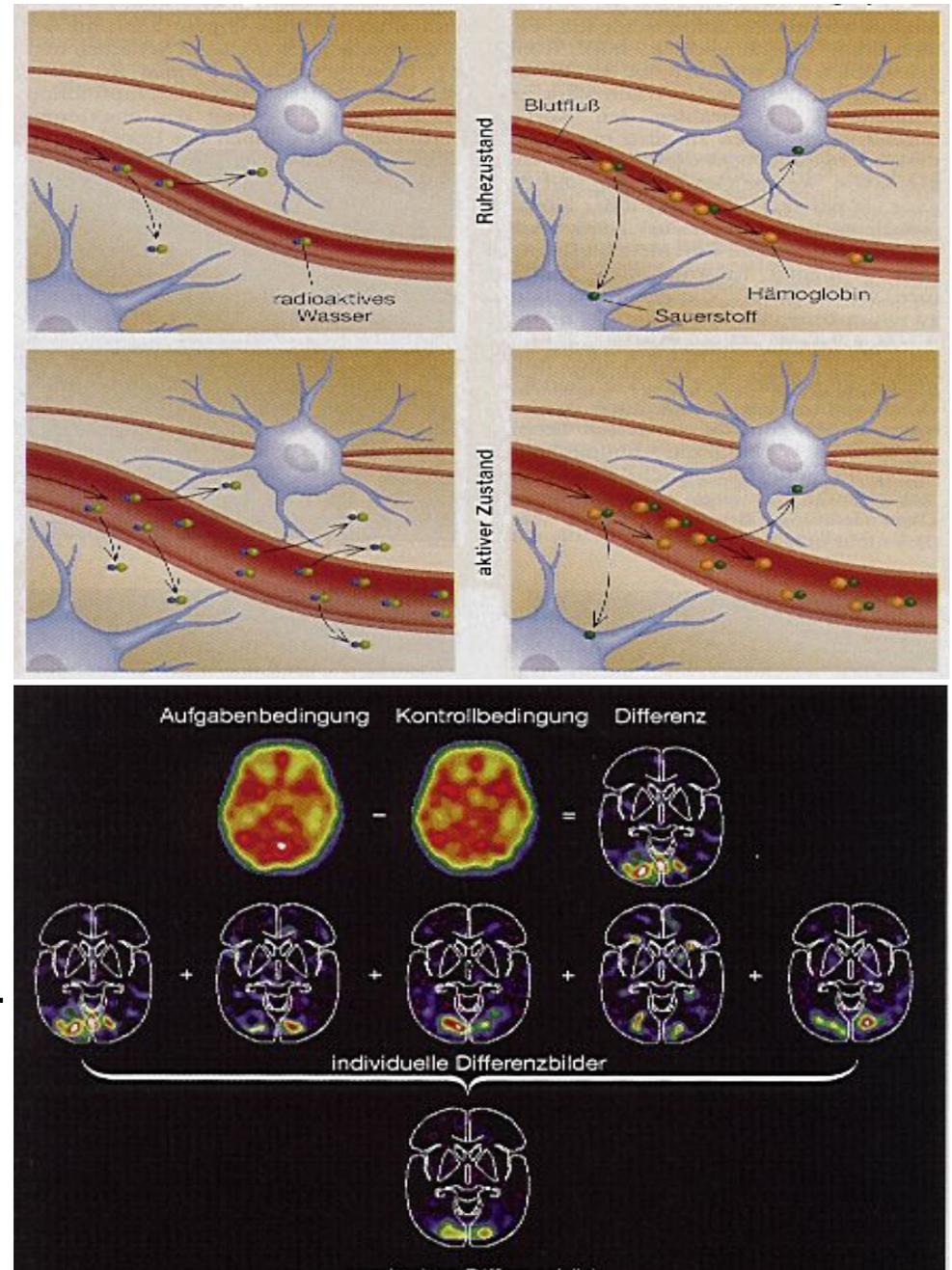
funktionelle Kernspintomographie

Mit diesen Methoden wird die lokale Durchblutung gemessen.



Zeit (sec)

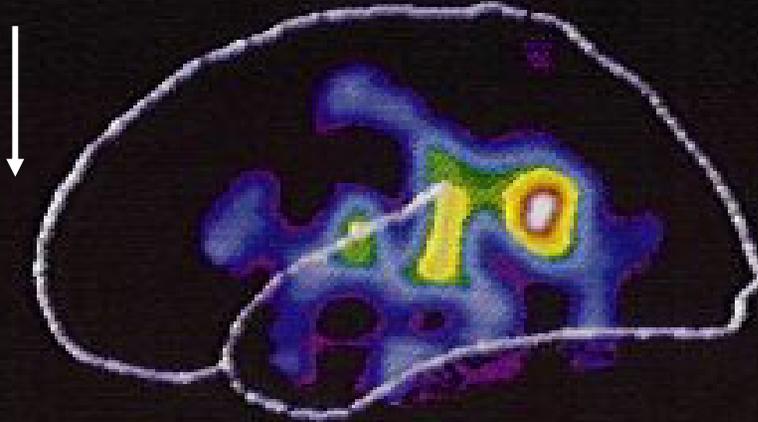
Es müssen immer zwei Messungen gemacht werden: Testsituation/Kontrolle. Die Bilder werden dann von einander abgezogen. Da die Signale sehr klein sind, muss dies viele Male wiederholt werden (Mittelwert).



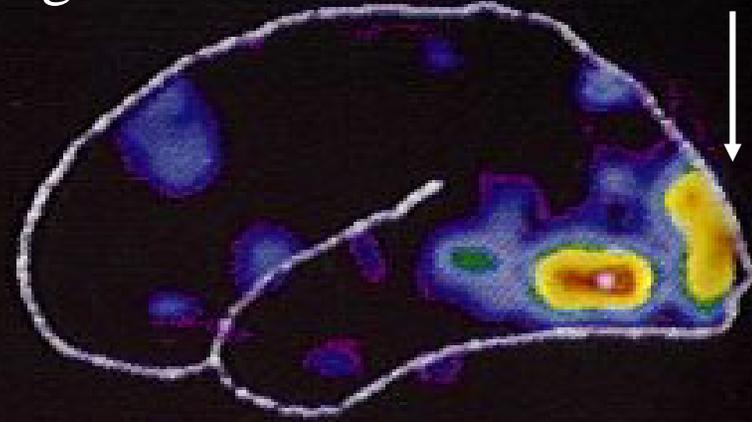
vorn

PET Messungen

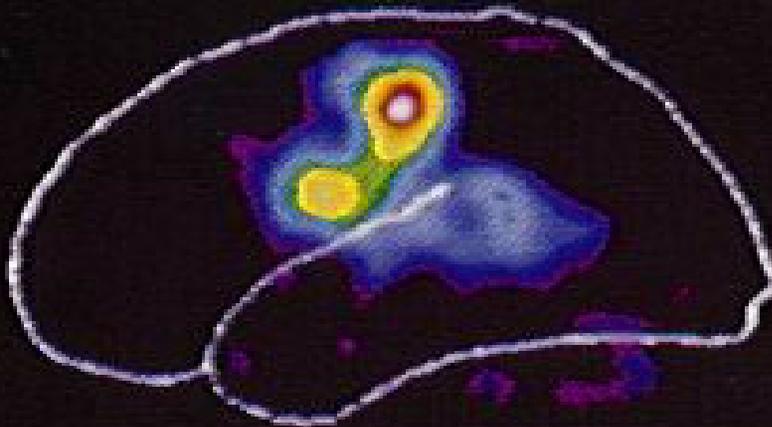
hinten



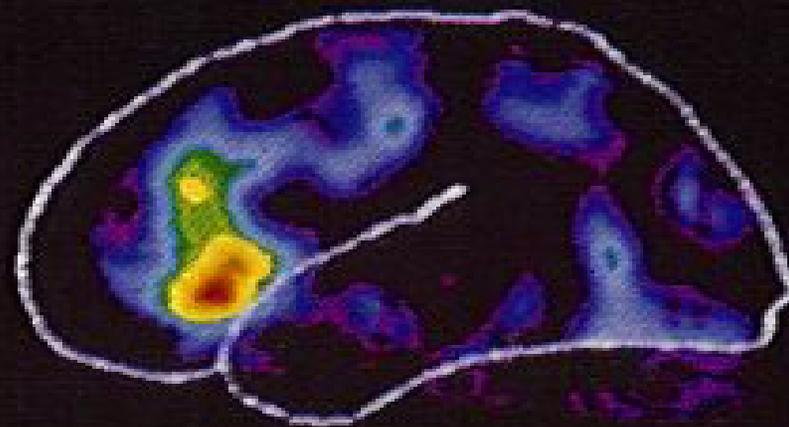
Hören von Wörtern



Sehen von Wörtern

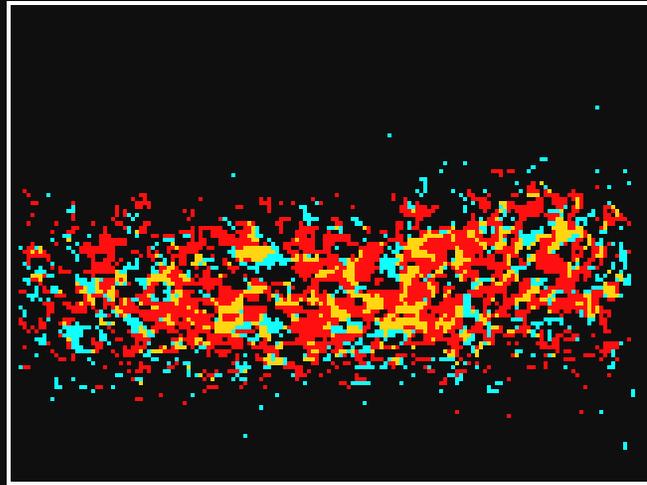


Sprechen von Wörtern

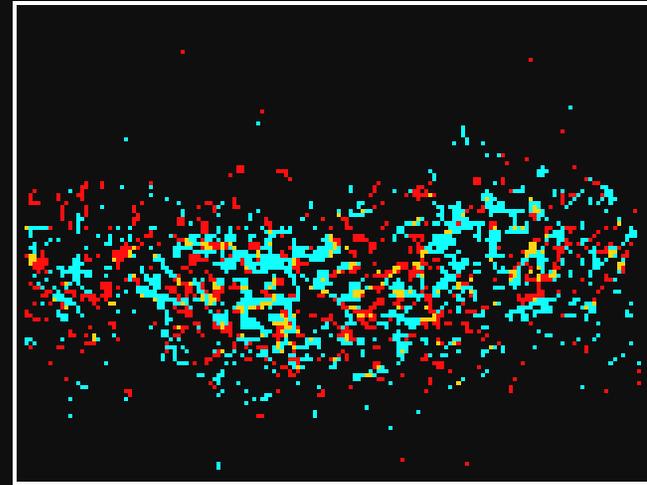


Denken von Wörtern

In kleinen Gehirnen kann man bis in die Veränderungen der Verschaltungen schauen

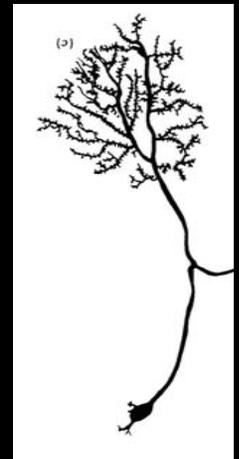


Gelernter Reiz



Nicht gelernter Reiz

- Verstärkung durch Lernen
- Schwächung durch Lernen
- Keine Änderung durch Lernen



Entdecken:

- Neugier, Aufmerksamkeit richten, emotional involviert sein

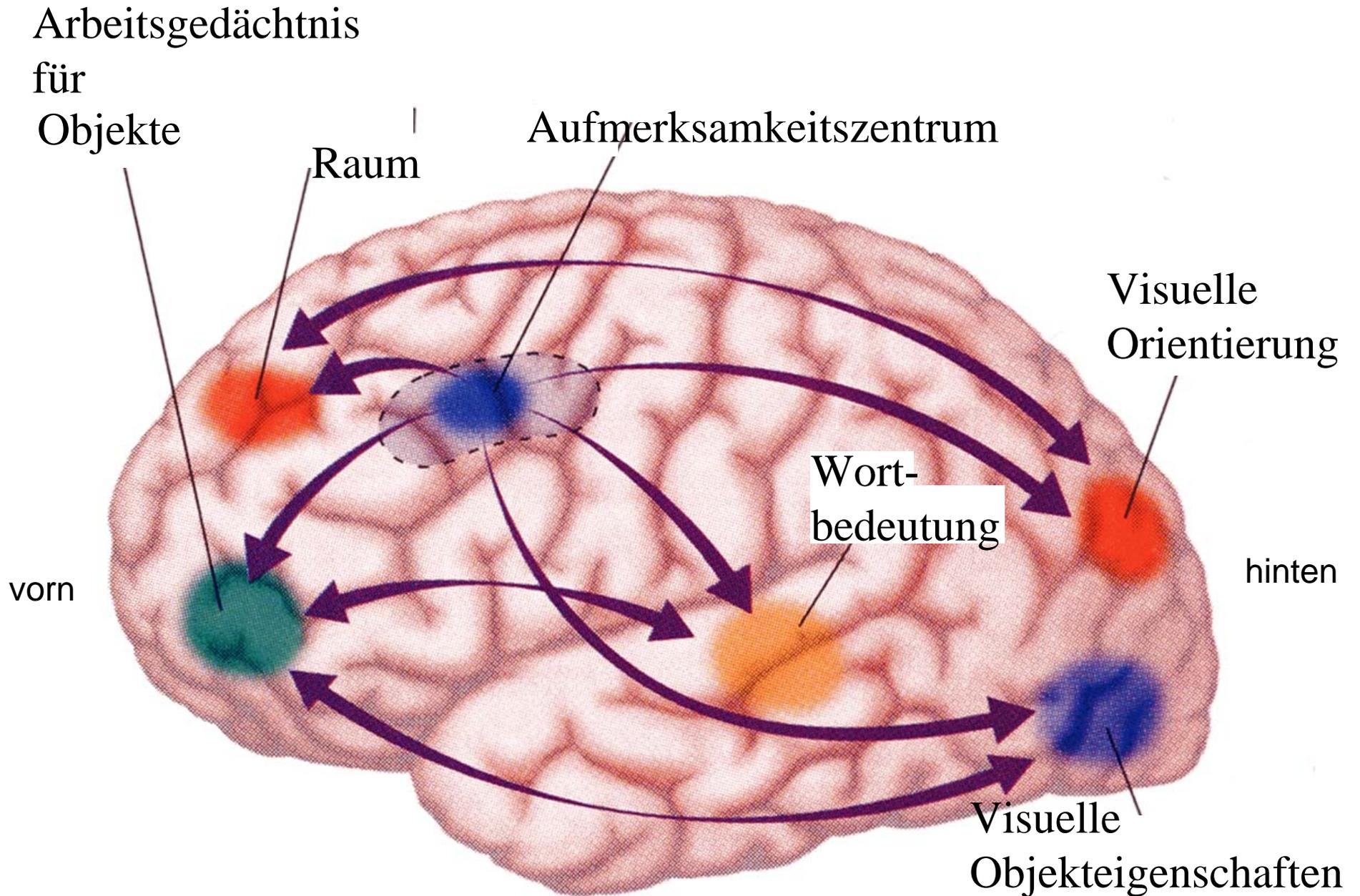
Lernen:

- Neues mit bekanntem verknüpfen
- An Bekanntes anknüpfen, Fragen, Lösungen suchen
- Möglichst viele Sinneserfahrungen einbeziehen
- Bildhafte Vorstellungen stärken (anschaulich machen)
- Die Wiederholung ist die Mutter der Weisheit
- Möglichst viel selbst tun ("begreifen")
- Nicht zu viel auf einmal (verteilt üben)

Erinnern:

- Das Gehirn schonen nach dem Lernen
- Die Umgebung des Lernens der beim Abrufen so ähnlich wie möglich machen

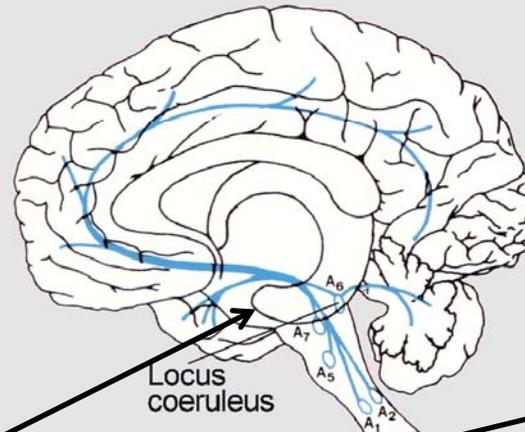
Aufmerksamkeit



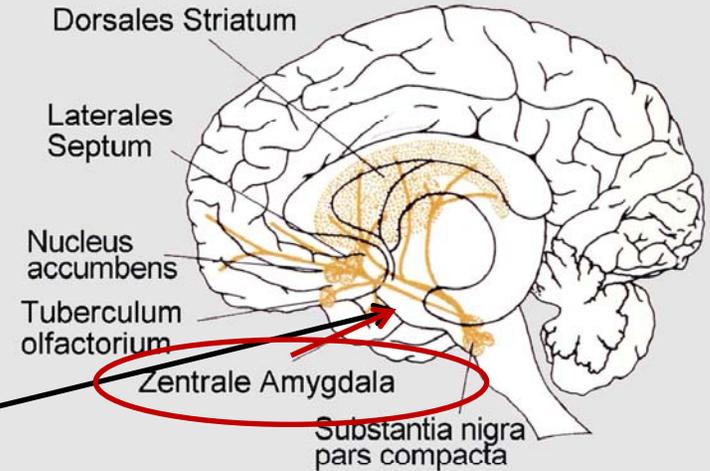
Neuromodulatorische Systeme

Aufmerksamkeit.
Neugier,
Lösungssuche
Entdeckerfreude
Belohnung
Enttäuschung

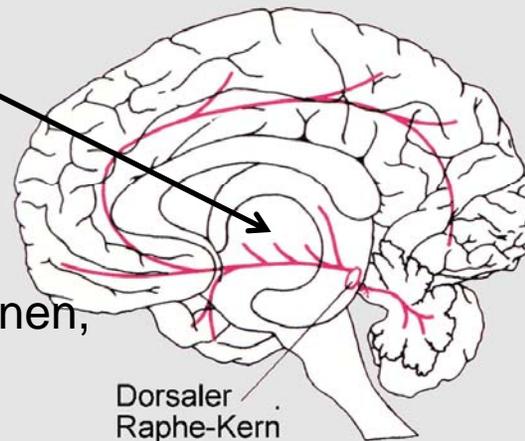
Noradrenerges System



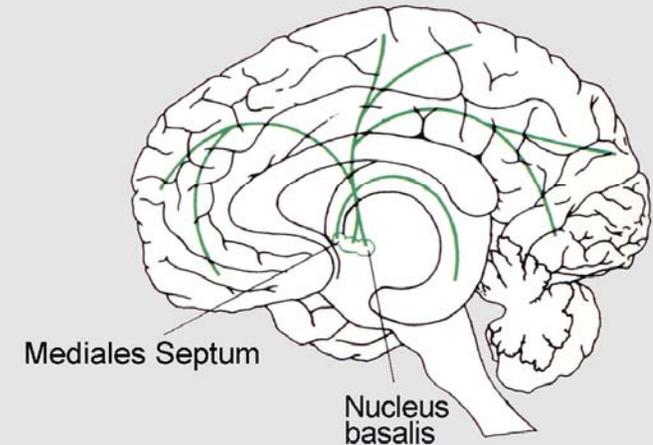
Dopaminerges System



Serotonerges System

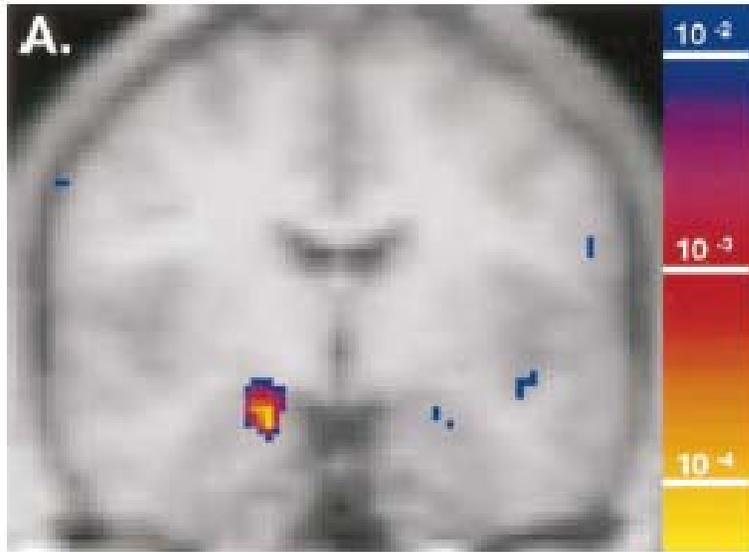


Cholinerges System



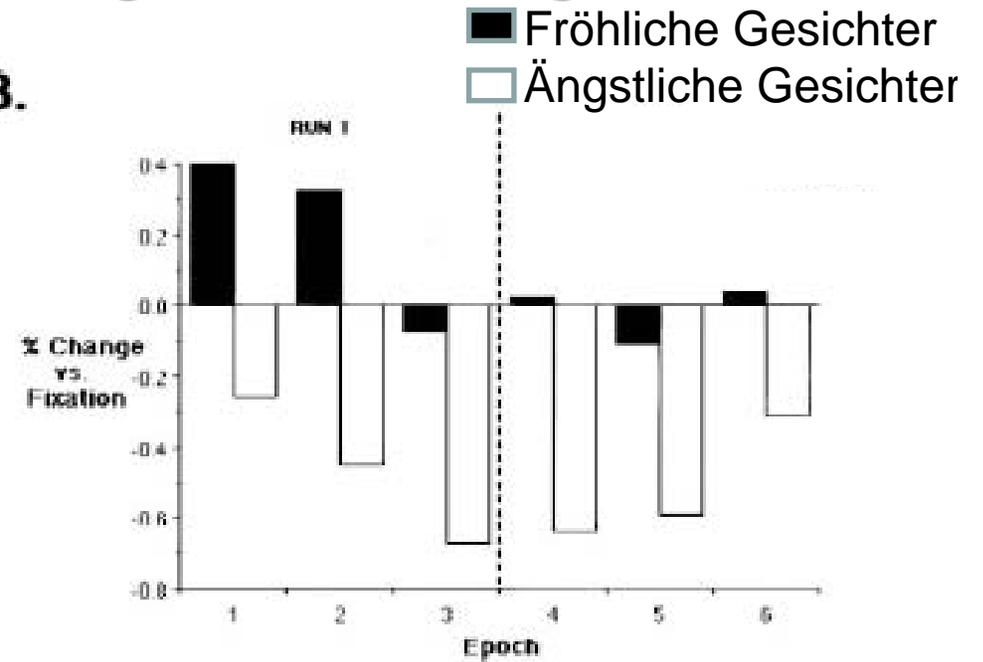
Im basalen Gehirn
liegen die
Regionen, die
die allem Erlebten
emotionale
Anteile vermitteln.
(Freude, Erschrecken,
Verwunderung, Erstaunen,
Zweifel, Missdrauen)

Amygdala (Mandelkern) antworten auf ängstliche und fröhliche Gesichter mit Signalveränderung

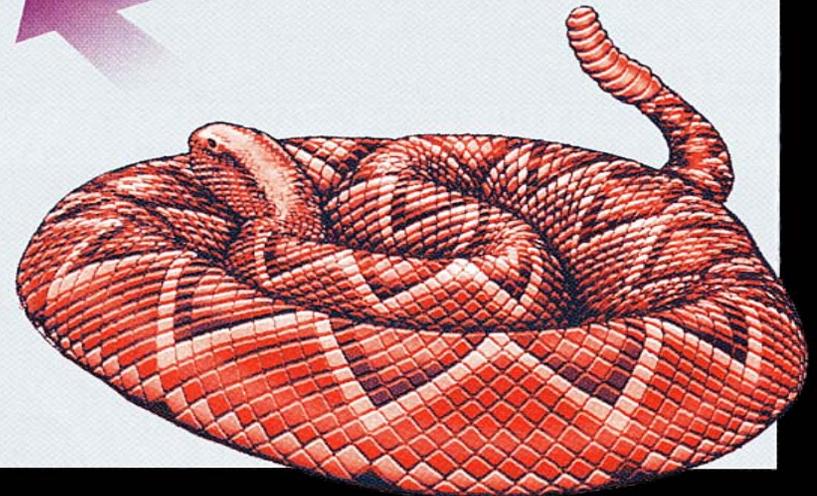
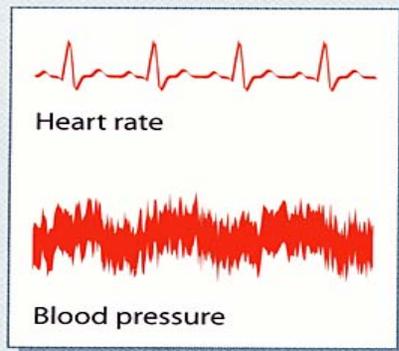
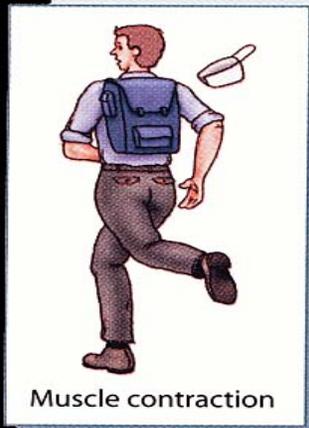
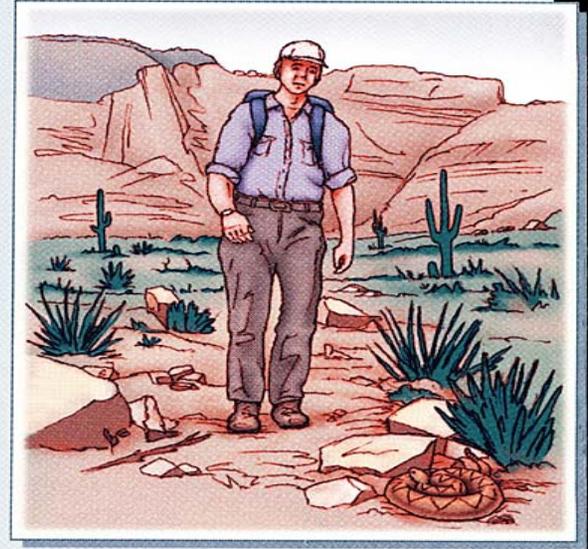
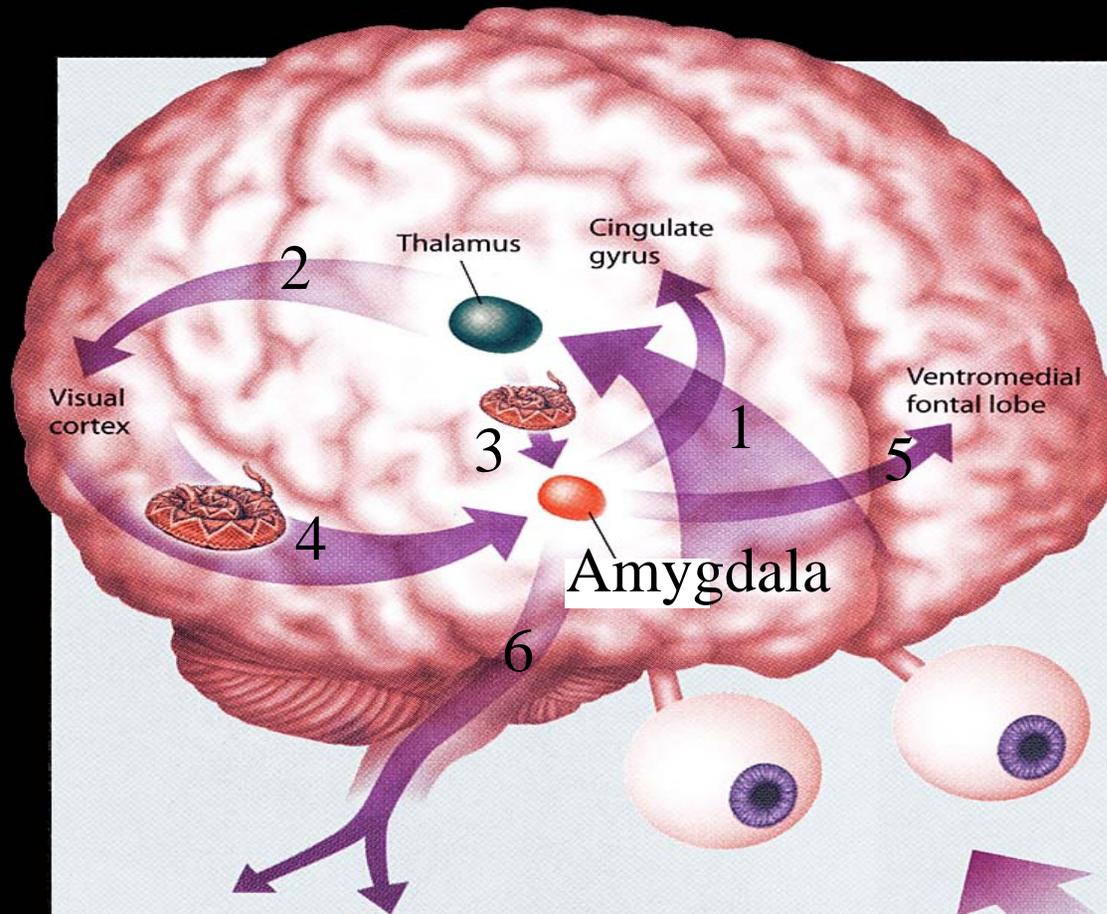


y = -6

B.



Furchtgedächtnis



Entdecken:

-Neugier, Aufmerksamkeit richten, ausprobieren

Lernen:

- Was ist Lernen?

- Neues mit Bekanntem verknüpfen (assoziiieren)

- Die Wiederholung ist die Mutter der Weisheit

- Möglichst viel selbst tun (“begreifen”)

- An Bekanntes anknüpfen, Fragen, Lösungen suchen

- Möglichst viele Sinneserfahrungen einbeziehen

- Bildhafte Vorstellungen stärken (anschaulich machen)

Gedächtnis

- Nicht zu viel auf einmal (verteilt üben)**Erinnern:**

- Das Gehirn schonen nach dem Lernen

- Die Umgebung des Lernens der beim Abrufen so ähnlich wie möglich machen

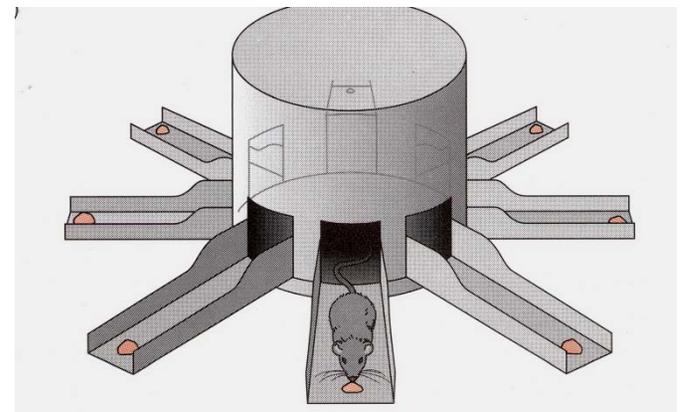
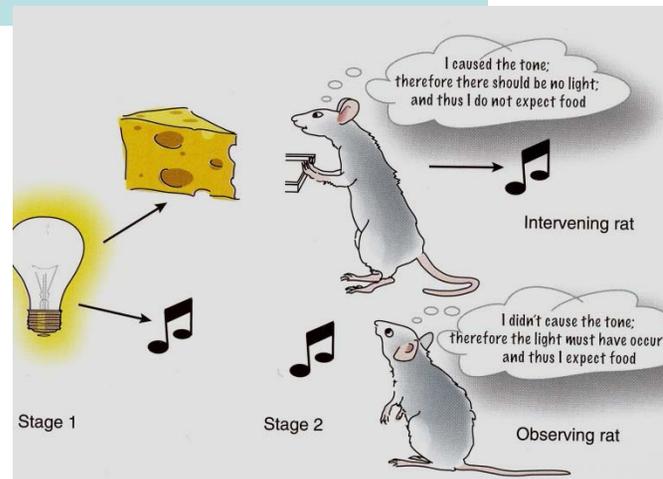
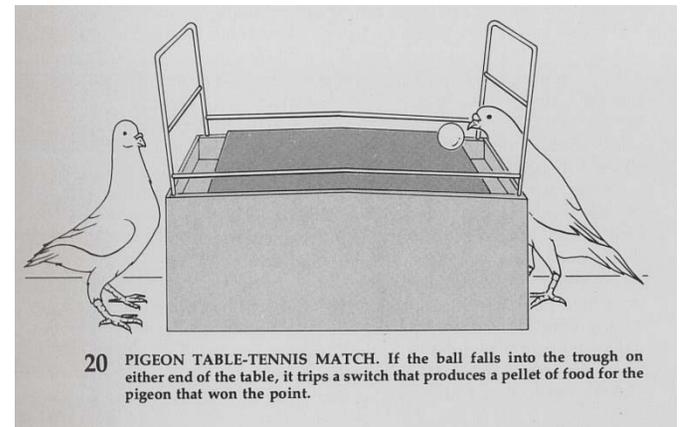
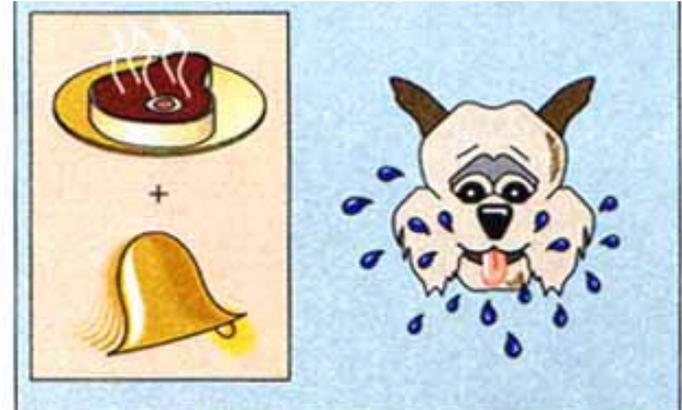
Einteilung von Lernvorgängen

Assoziatives Lernen
Klassische Konditionierung
Instrumentelle Konditionierung

Beobachtendes Lernen
Navigationslernen
Spielendes Lernen

Einsichtiges Lernen

Prägungsartiges Lernen



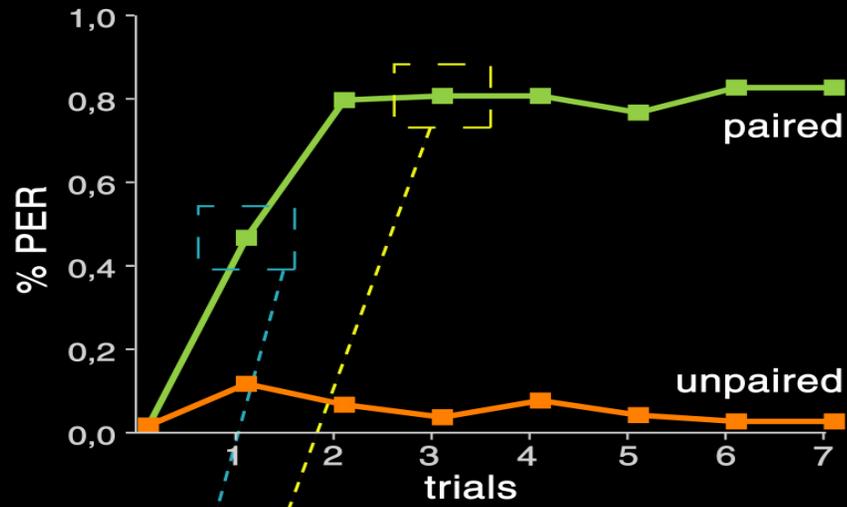
Duft Lernen von Bienen



CS: Duft

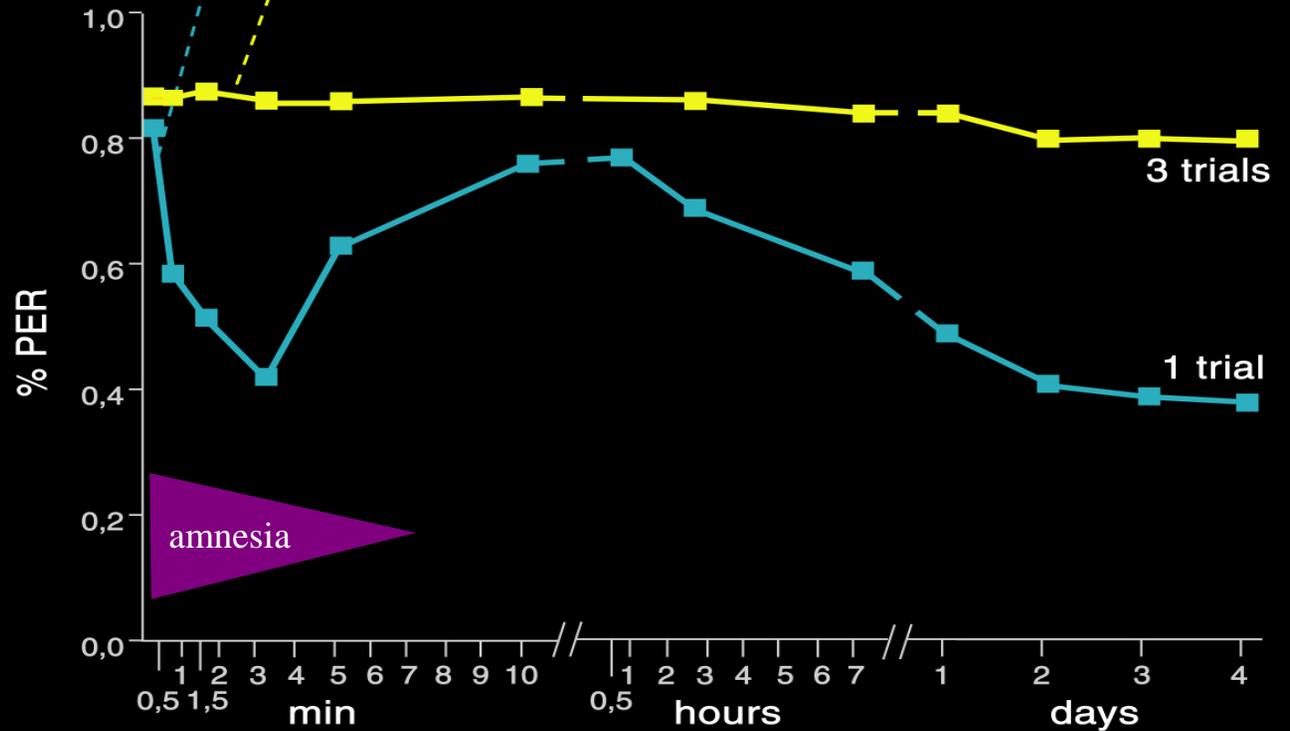


Lernfortschritt

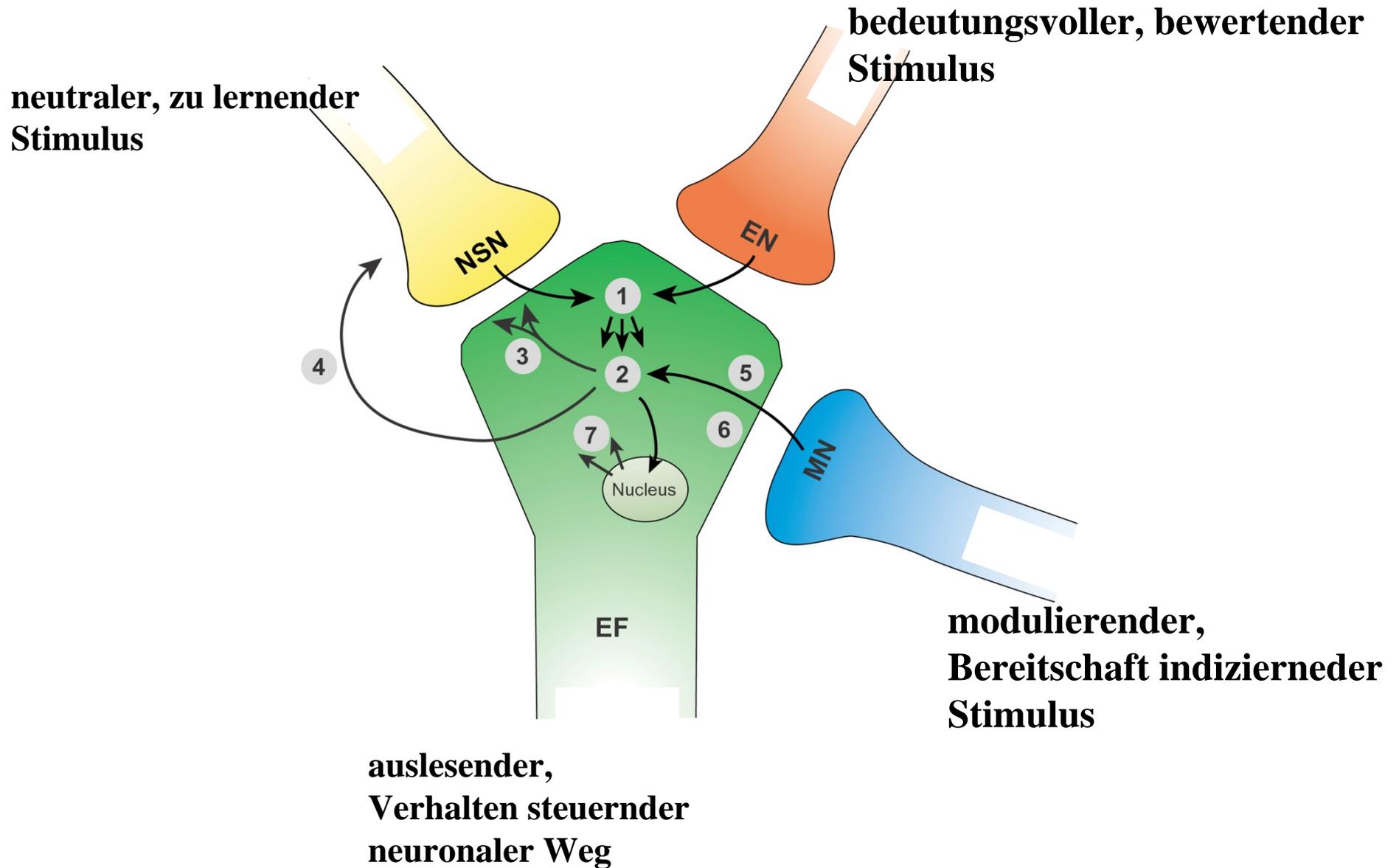


PER bee

Erinnern



Was passiert im Nervensystem beim associativen Lernen?



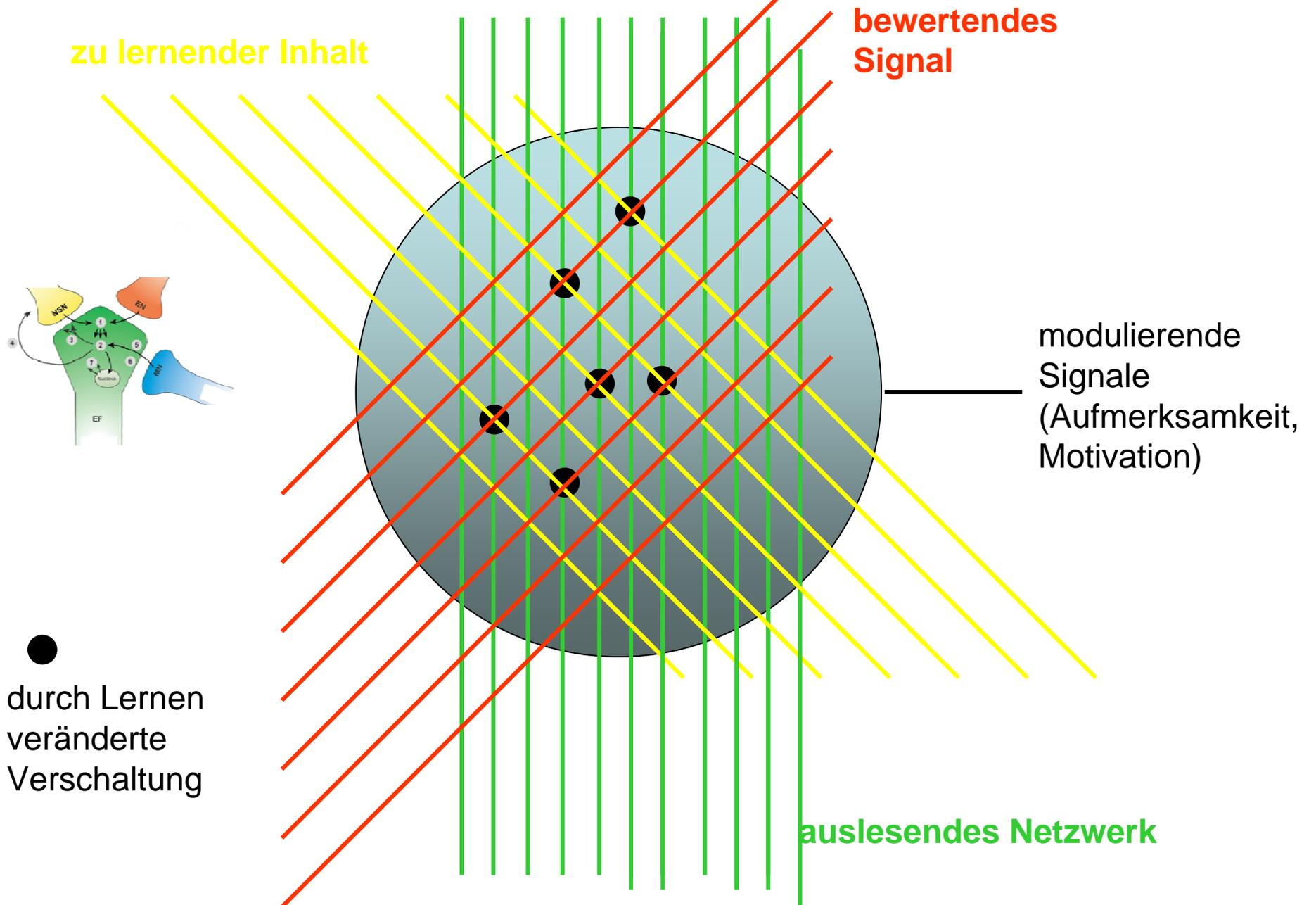
Orte des Gedächtnis im Netzwerk der Neurone



Neuronennetz

Synapsen

Wie ein assoziatives Netzwerk von Neuronen Gedächtnis speichert



Entdecken:

-Neugier, Aufmerksamkeit richten, ausprobieren

Lernen:

- Was ist Lernen?

- Neues mit Bekanntem verknüpfen (assoziiieren)

- Die Wiederholung ist die Mutter der Weisheit

- **Möglichst viel selbst tun (“begreifen”)**

- **An Bekanntes anknüpfen, Fragen, Lösungen suchen**

- **Möglichst viele Sinneserfahrungen einbeziehen**

- **Bildhafte Vorstellungen stärken (anschaulich machen)**

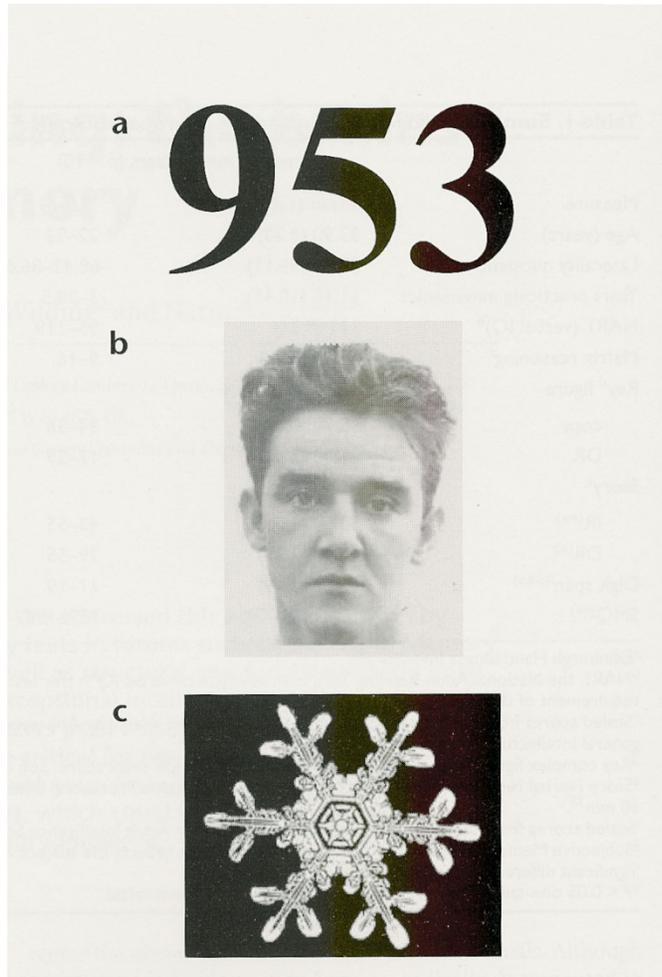
Erinnern:

Nicht zu viel auf einmal (verteilt üben)

- Das Gehirn schonen nach dem Lernen

- Die Umgebung des Lernens der beim Abrufen so ähnlich wie möglich machen

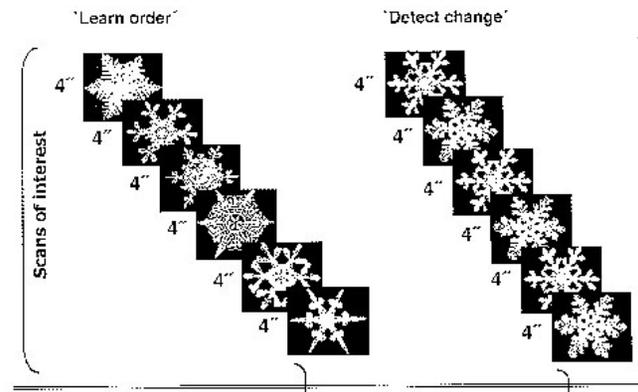
Mit welchen Teilen des Gehirns werden Super Gedächtnisleistungen vollbracht?



Testmuster

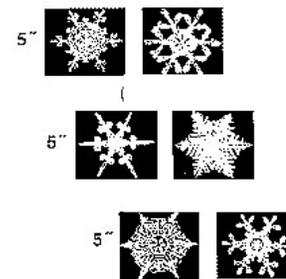
Lerntest

Vergleichstest



was kam zuerst?

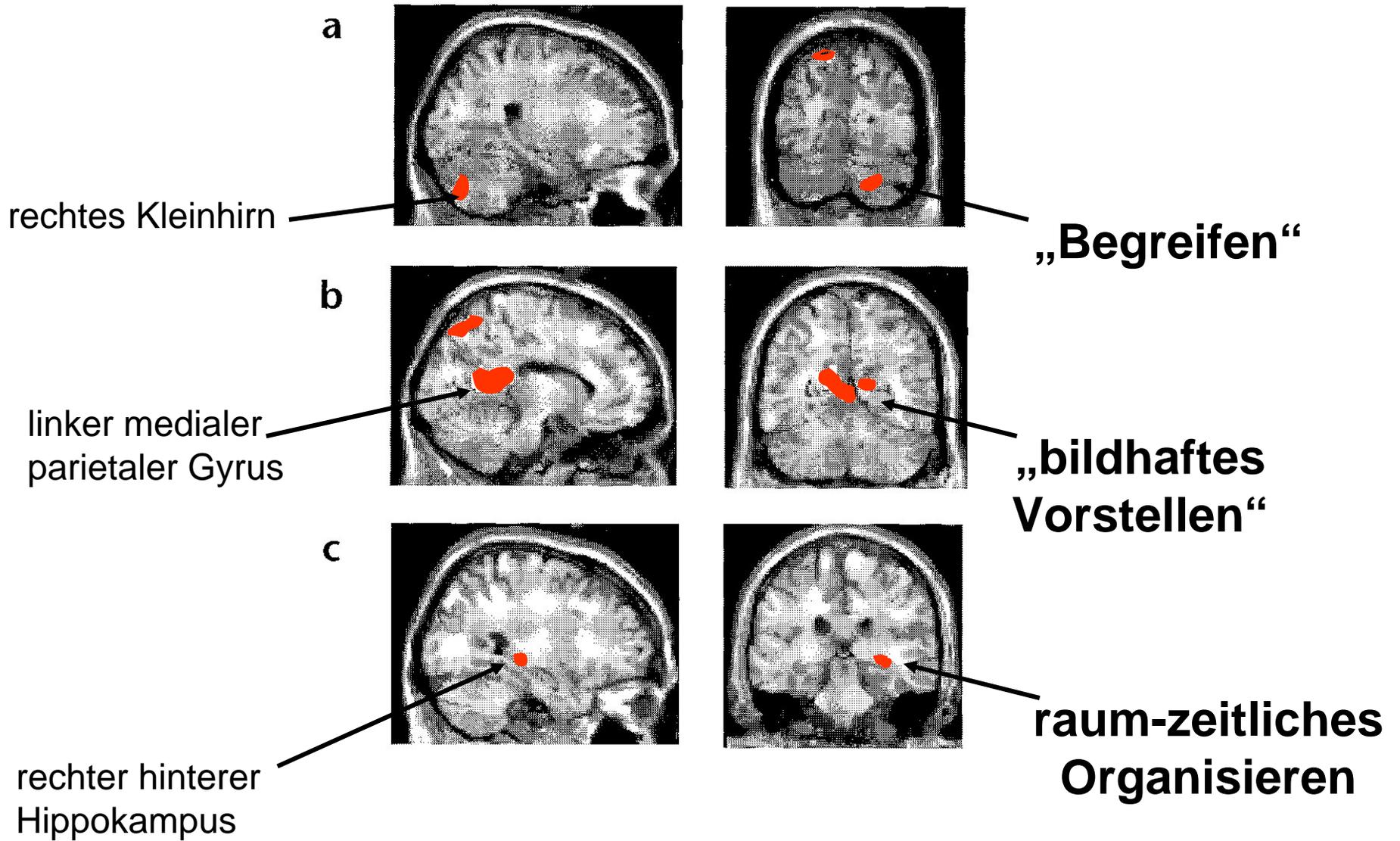
alles gleich?



Ja/Nein

links/rechts

Bereiche des Gehirns, die bei Menschen mit Super Gedächtnis besonders stärker aktiv sind



Entdecken:

- Neugier, Aufmerksamkeit richten, ausprobieren

Lernen:

- Was ist Lernen?

- An Bekanntes anknüpfen, Fragen, Lösungen suchen
- Möglichst viele Sinneserfahrungen einbeziehen
- Bildhafte Vorstellungen stärken (anschaulich machen)
- Die Wiederholung ist die Mutter der Weisheit
- Möglichst viel selbst tun ("begreifen")
- Nicht zu viel auf einmal (verteilt üben)

Erinnern (Gedächtnis):

- Wie entsteht Gedächtnis? In der Verschaltung der Nervenzellen

- Die verschiedenen Formen des Erinnerns

- Das Gehirn schonen nach dem Lernen

- Die Umgebung des Lernens der beim Abrufen so ähnlich wie möglich machen

Lernen besteht im assoziativen Verknüpfen
zwischen Reizen (Stimuli) und Verhaltensweisen

Lernen führt zu Gedächtnis

Kurzzeit Gedächtnis

Mittelzeit Gedächtnis

Langzeit Gedächtnis



Konsolidierung

Duft Neurone

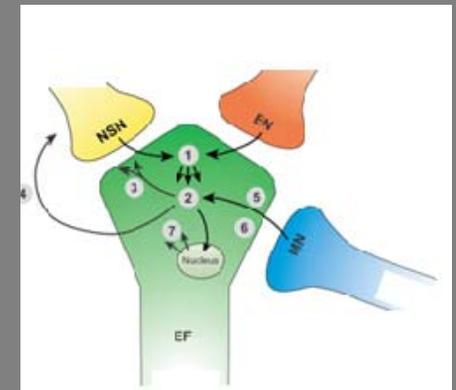
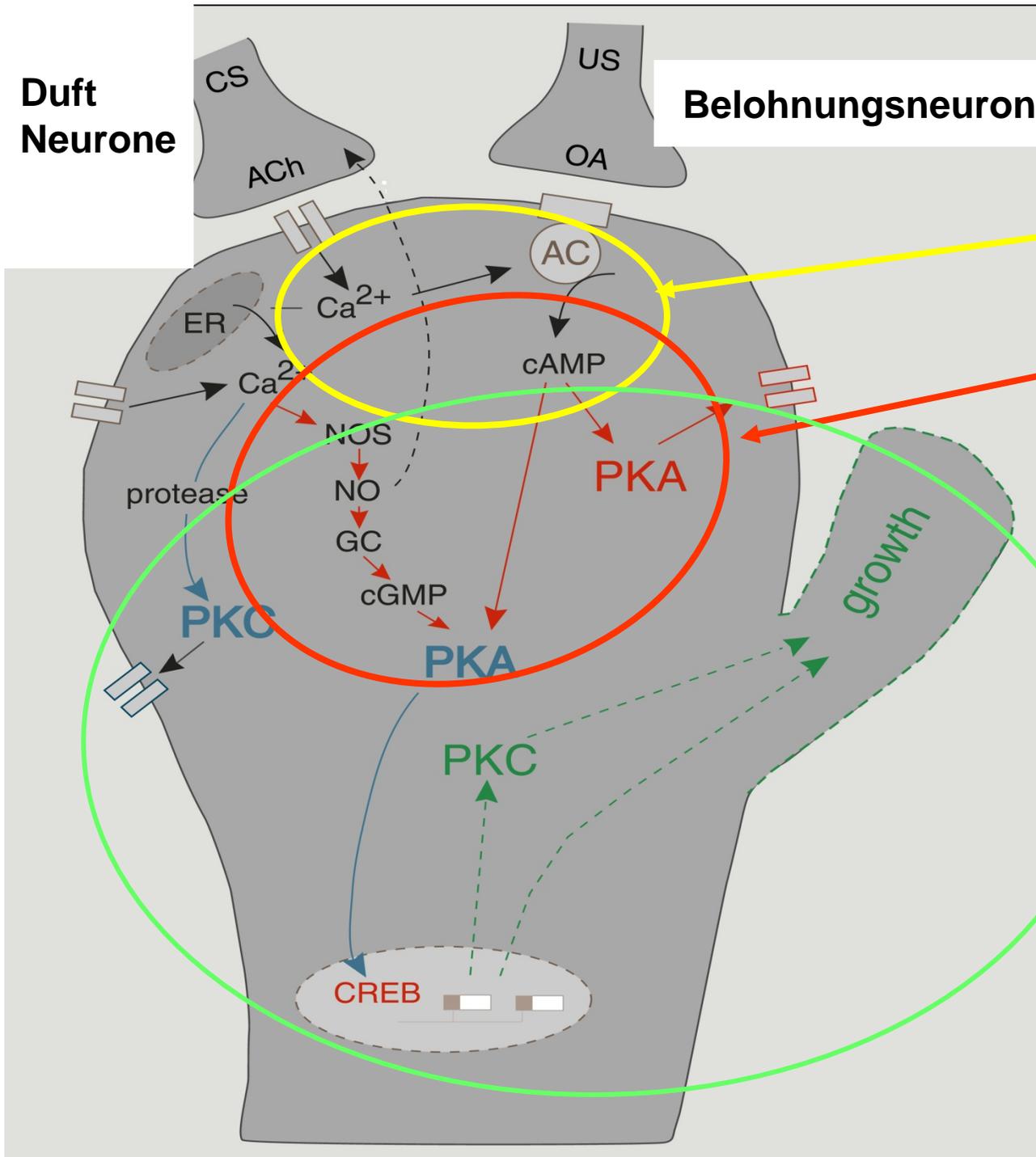
Belohnungsneuron

Gedächtnis auf der Ebene der Verschaltung von Nervenzellen

Kurzzeit Gedächtnis

Mittelzeit Gedächtnis

Langzeit Gedächtnis



Entdecken:

- Neugier, Aufmerksamkeit richten, ausprobieren

Lernen:

- Was ist Lernen?

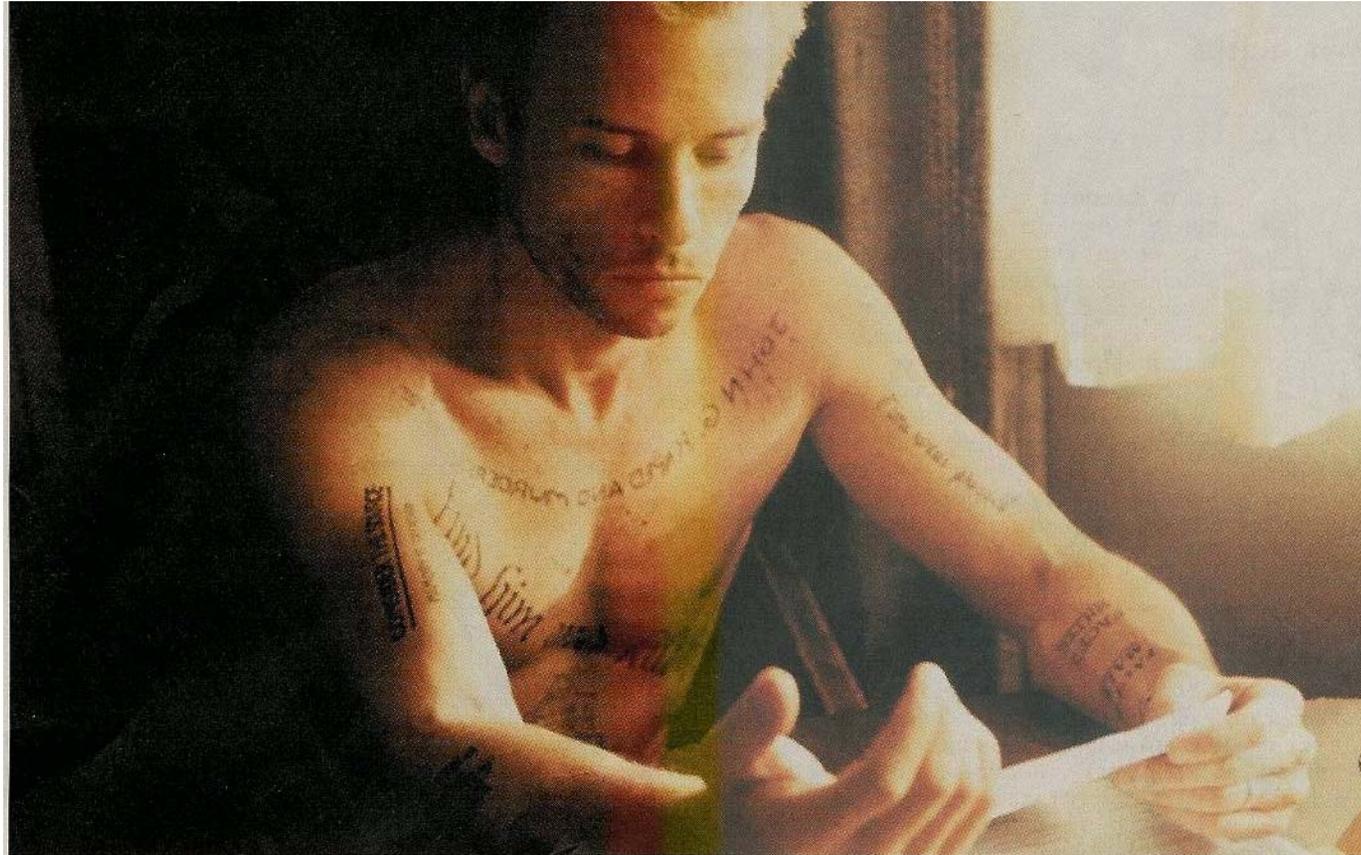
- An Bekanntes anknüpfen, Fragen, Lösungen suchen
- Möglichst viele Sinneserfahrungen einbeziehen
- Bildhafte Vorstellungen stärken (anschaulich machen)
- Die Wiederholung ist die Mutter der Weisheit
- Möglichst viel selbst tun ("begreifen")
- Nicht zu viel auf einmal (verteilt üben)

Erinnern (Gedächtnis): im ganzen Gehirn des Menschen

- Wie entsteht Gedächtnis?

- Die verschiedenen Formen des Erinnerns

- Das Gehirn schonen nach dem Lernen
- Die Umgebung des Lernens der beim Abrufen so ähnlich wie möglich machen



Guy Pearce in „Memento“, der sein Gedächtnis verloren hat

andere Filme der letzten Zeit zum Thema Gedächtnis

(Auslöschen von Gedächtnis):

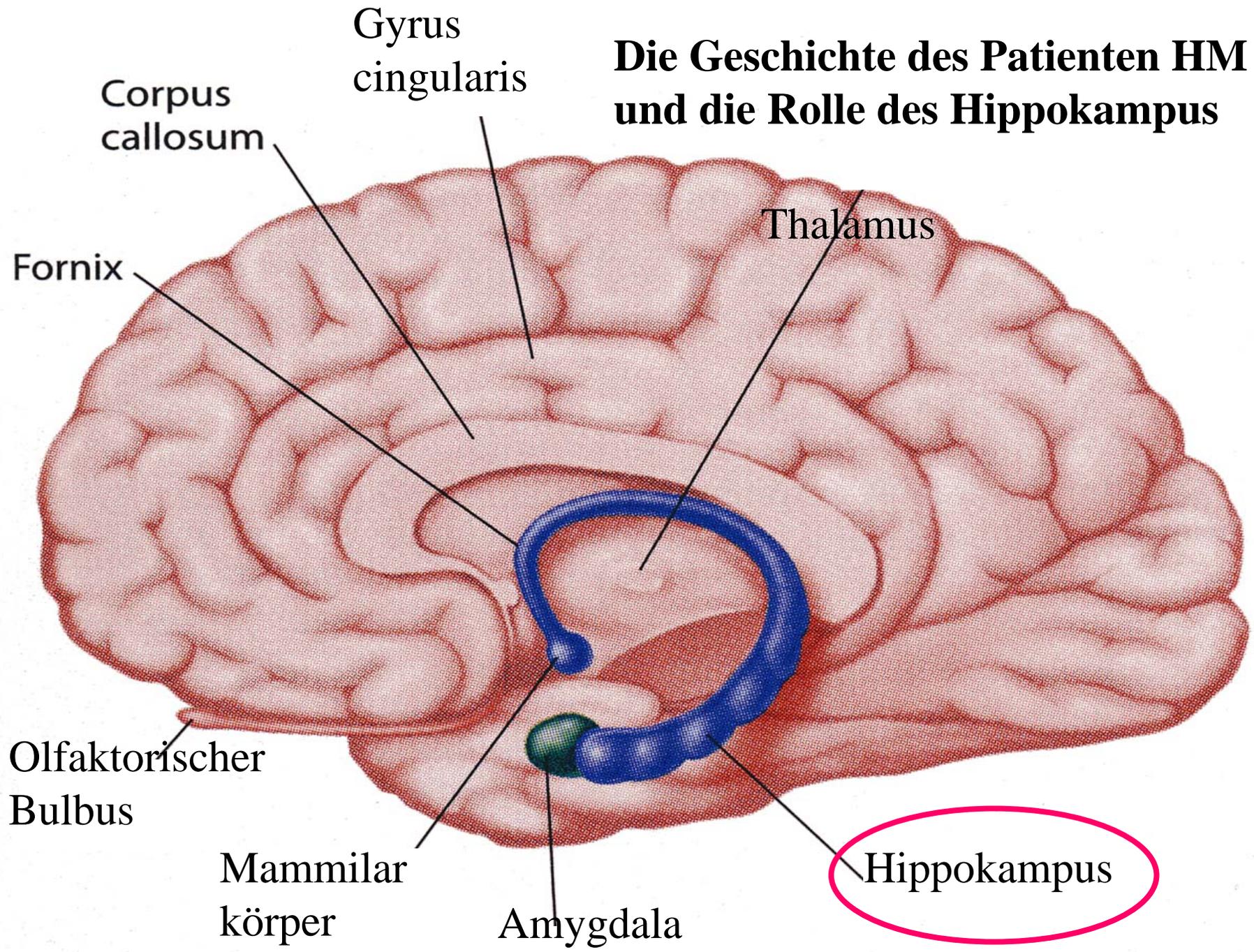
50 erste Dates (Adam Sandler)

Vergiss mein nicht (Jim Carrey)

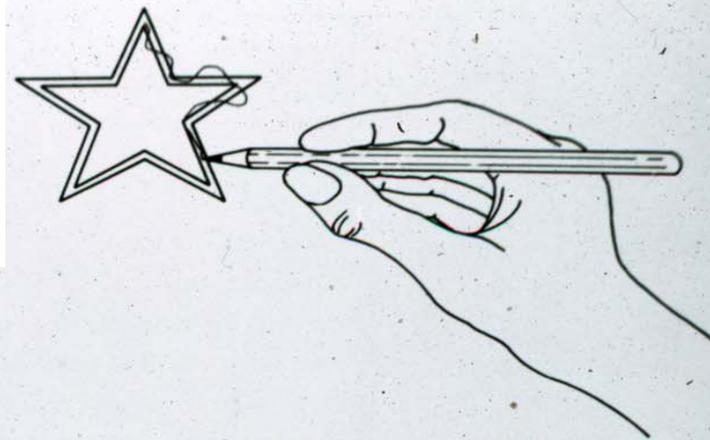
Die Bourne Identität (Matt Damon)

Eternal Sunshine of the Spotted Mind

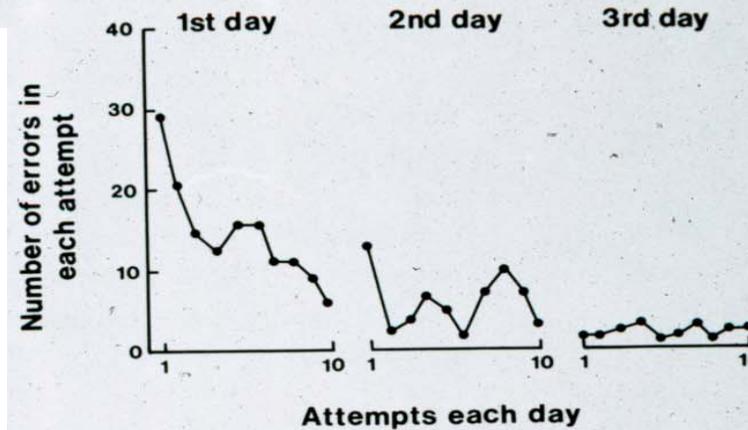
Die Geschichte des Patienten HM und die Rolle des Hippokampus



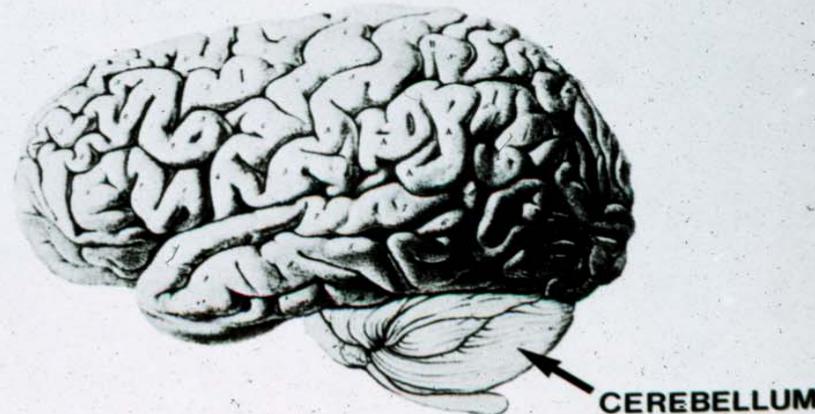
Motorisches
Lernen des
Patienten HM



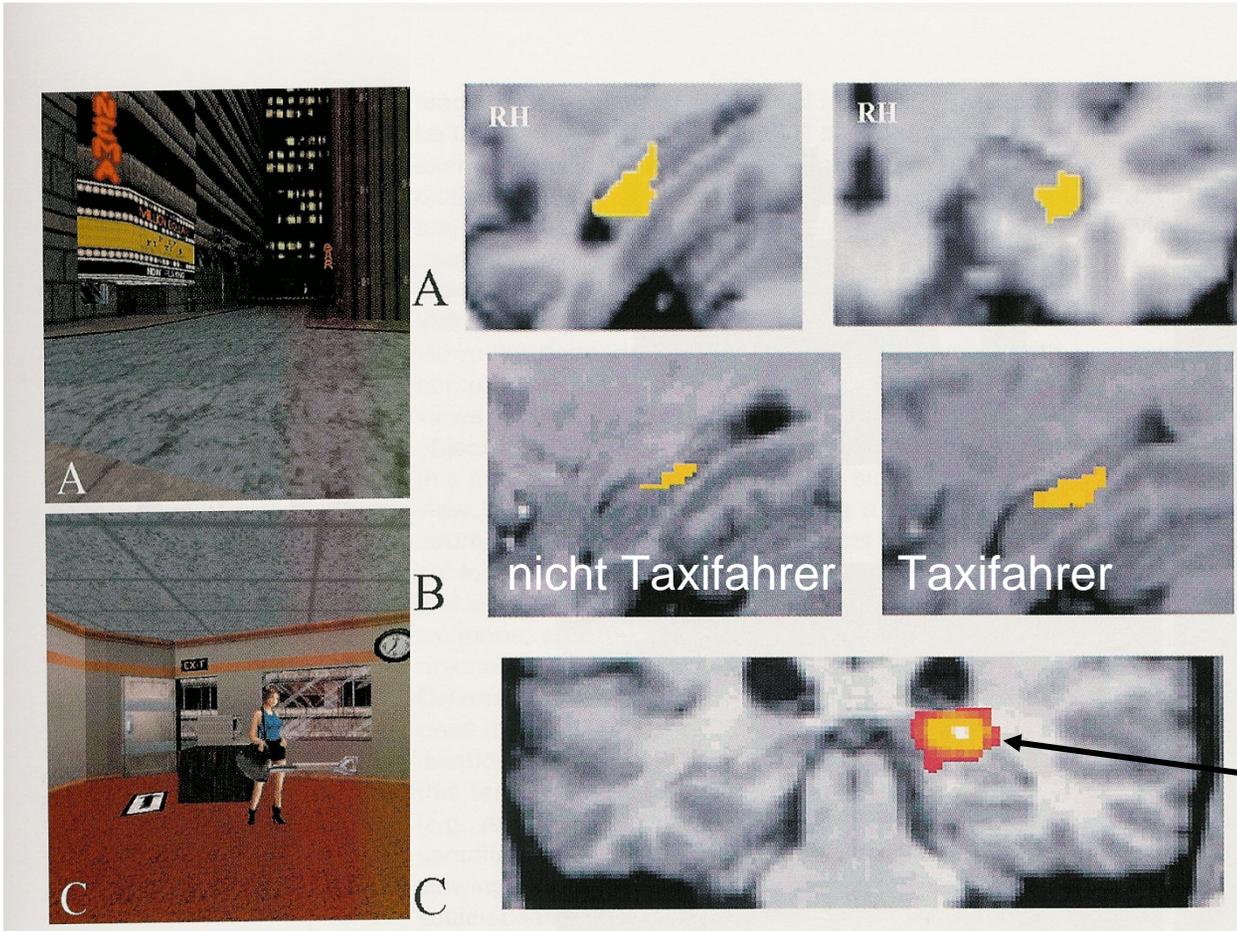
Normales
motorisches
Lernverhalten
des Patienten
HM



Ort des motori-
schen Lernens:
Cerebellum



Der rechte Hippokampus des Menschen hat die Fähigkeit, das Gedächtnis nach der Rauminformation zu organisieren



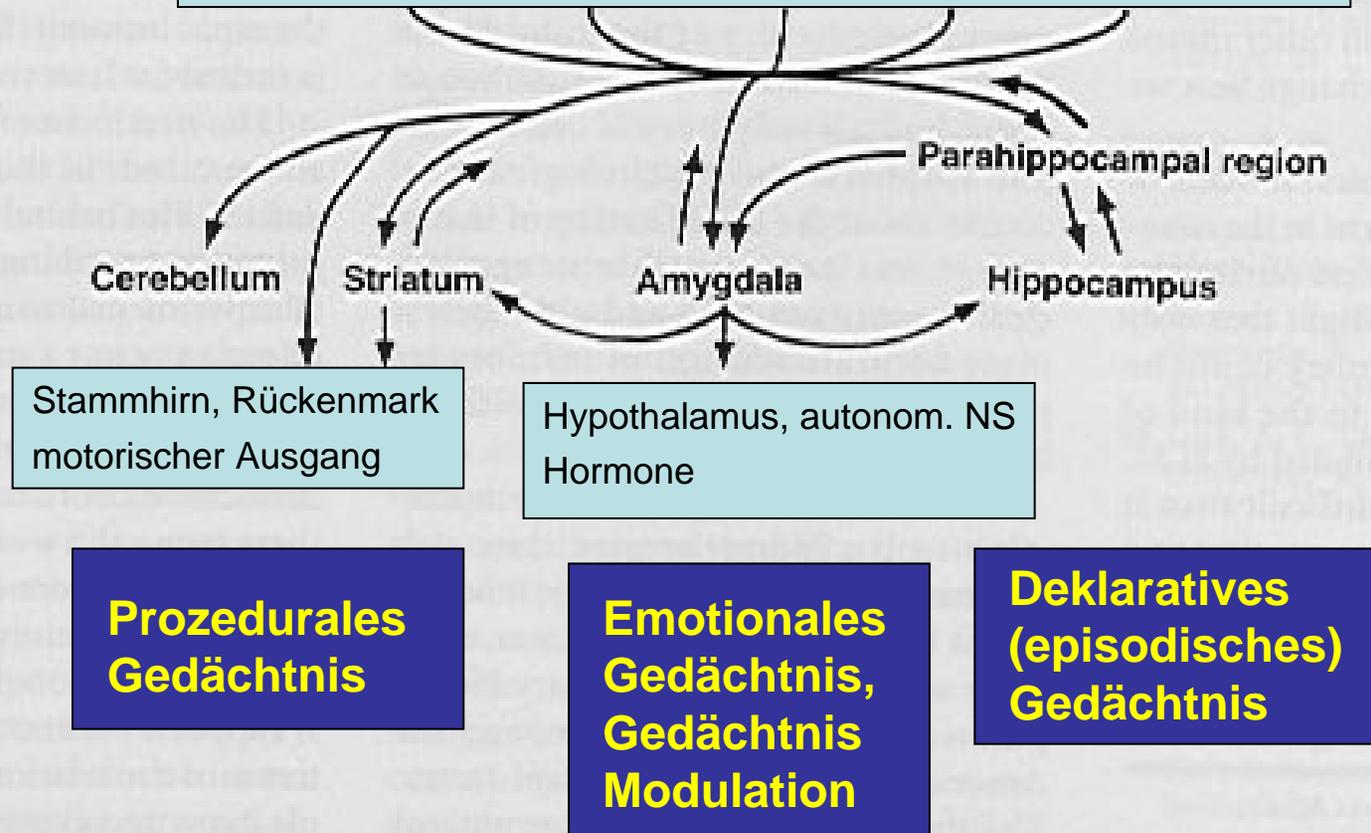
Die Aktivierung des rechten Hippokampus korreliert mit der Genauigkeit der Orientierung

Londoner Taxifahrer haben einen größeren hinteren Hippokampus

weiss – gelb – rot
kurz – mittel – lang
Taxi gefahren

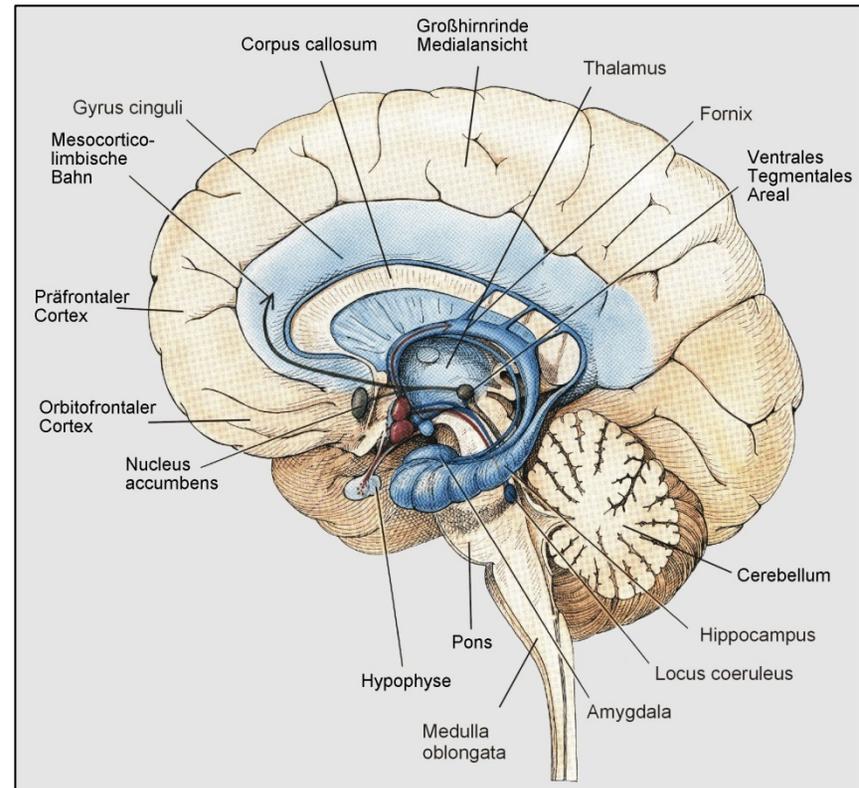
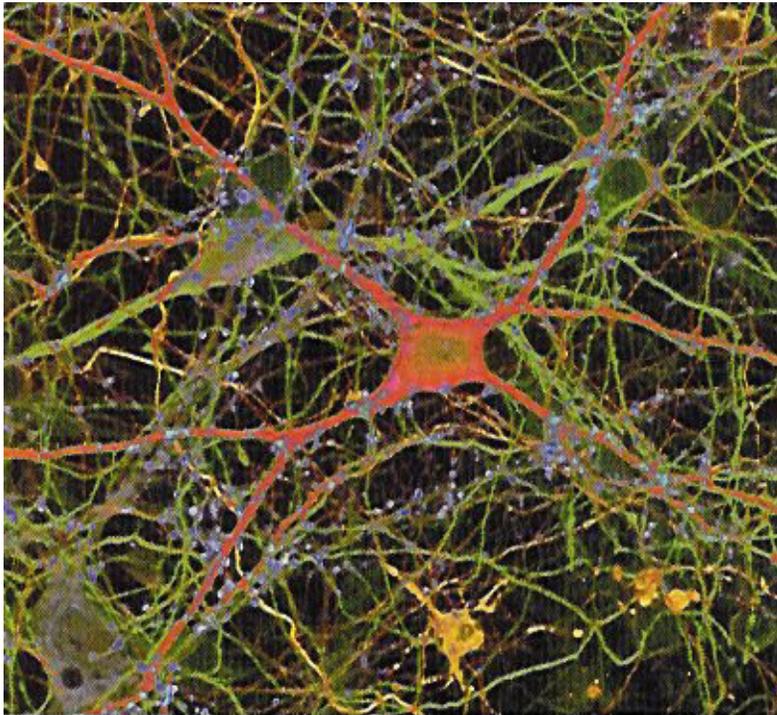
Je länger ein Londoner Taxifahrer fuhr um so größer war sein rechter hinterer Hippokampus

Kortikale Assoziationsareale

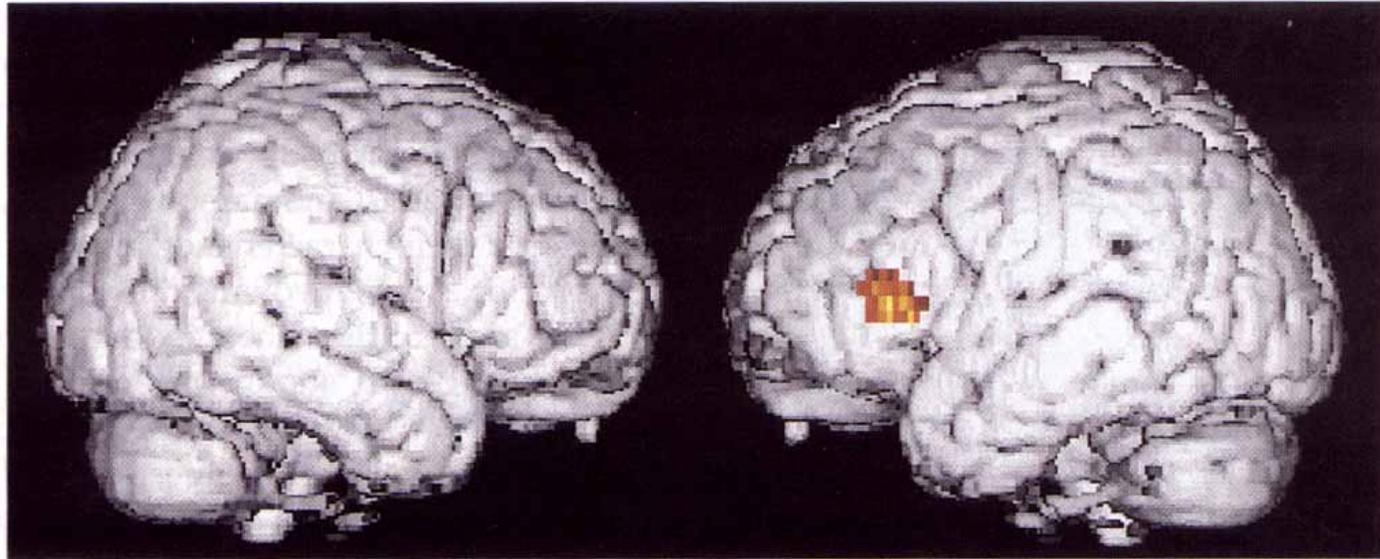


Gehirnbereiche, die bei verschiedenen Gedächtnisarten beteiligt sind

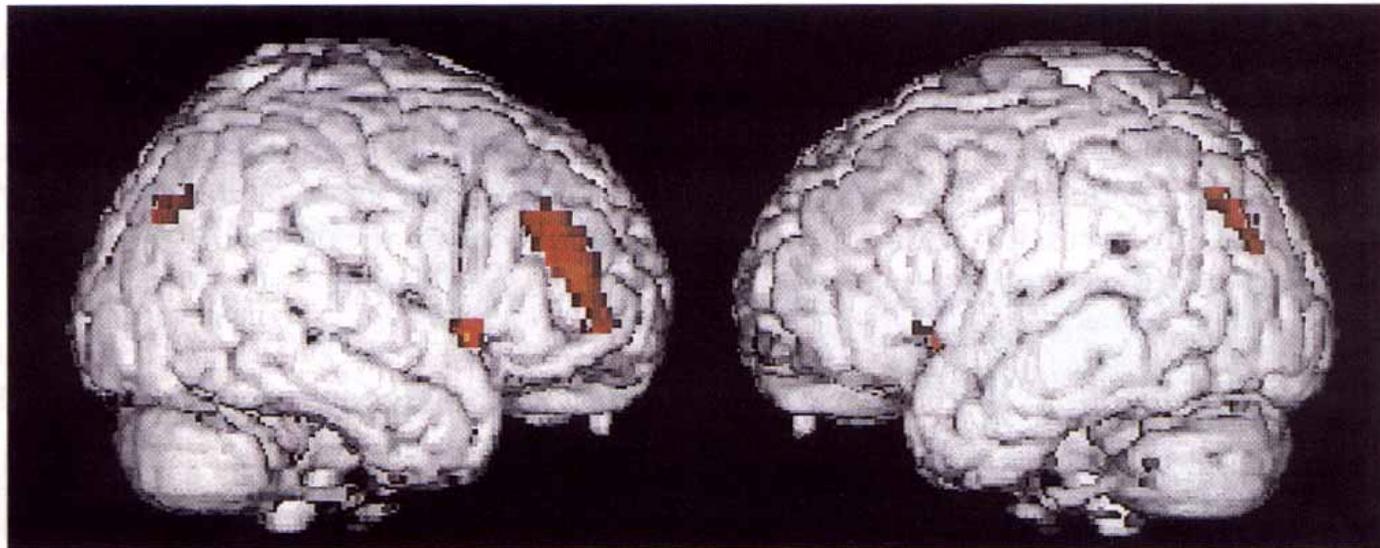
Das Gedächtnis ist nicht an einem Ort lokalisiert, sondern verteilt auf viele Ort. Das hängt von den beteiligten Sinnen, der Motorik und der Art der Gedächtnisinhalte ab.



Das Gedächtnis entsteht nicht gleich an dem Ort, wo es langfristig gespeichert wird

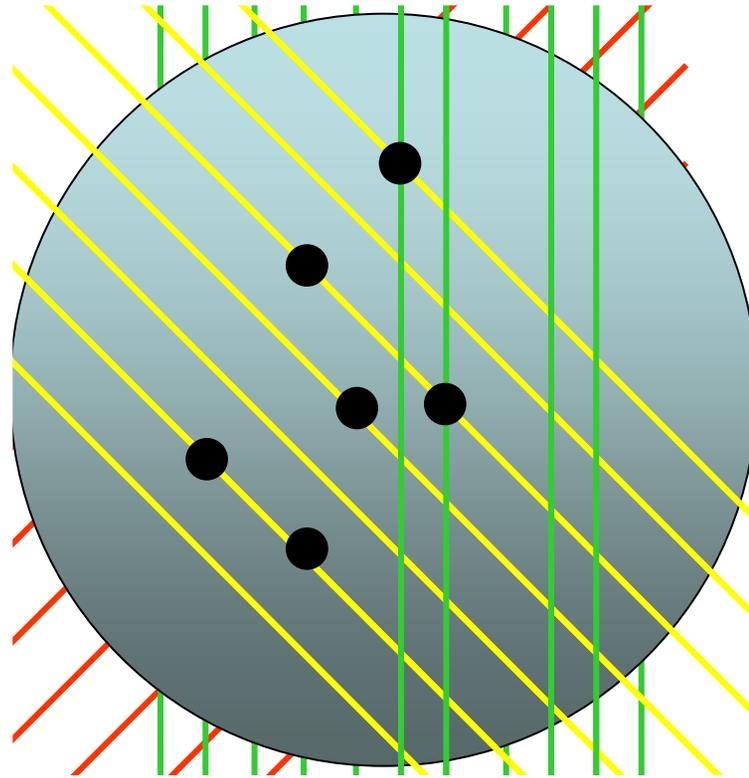


Aktivität während der Gedächtnisbildung



Während des Gedächtnisabrufs

**Die verteilte Struktur des Gedächtnisses:
vielfältige innere und äußere Umstände
sind Teil des Gedächtnisses**



**Die inneren Zustände und die Umgebung beim
Lernen so ähnlich wie möglich machen denen
beim Abrufen**

Praktische Überlegungen:

Entdecken:

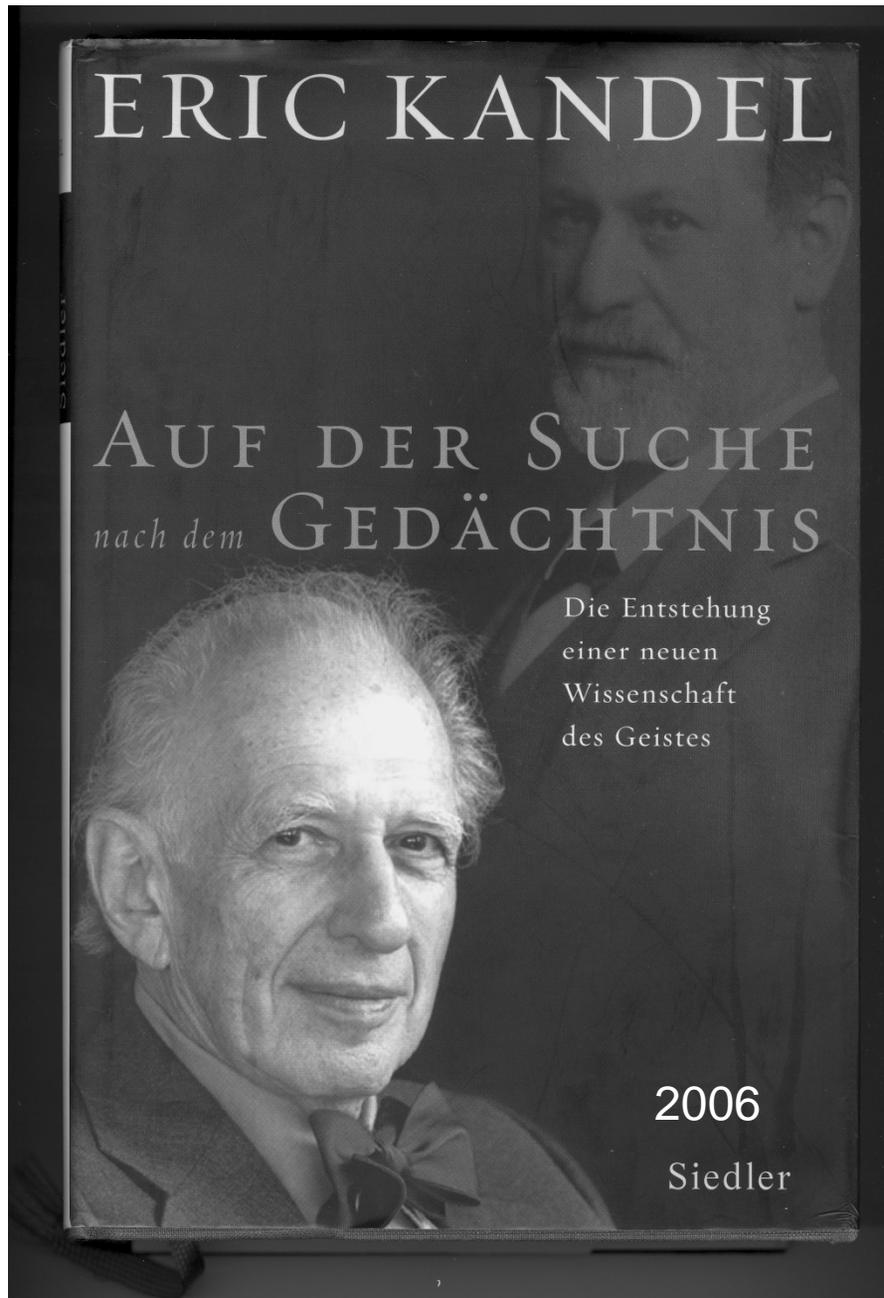
- Neugier, Aufmerksamkeit richten, ausprobieren

Lernen:

- Was ist Lernen?
- An Bekanntes anknüpfen, Fragen, Lösungen suchen
- Möglichst viele Sinneserfahrungen einbeziehen
- Bildhafte Vorstellungen stärken (anschaulich machen)
- Die Wiederholung ist die Mutter der Weisheit
- Möglichst viel selbst tun ("begreifen")
- Nicht zu viel auf einmal (verteilt üben)

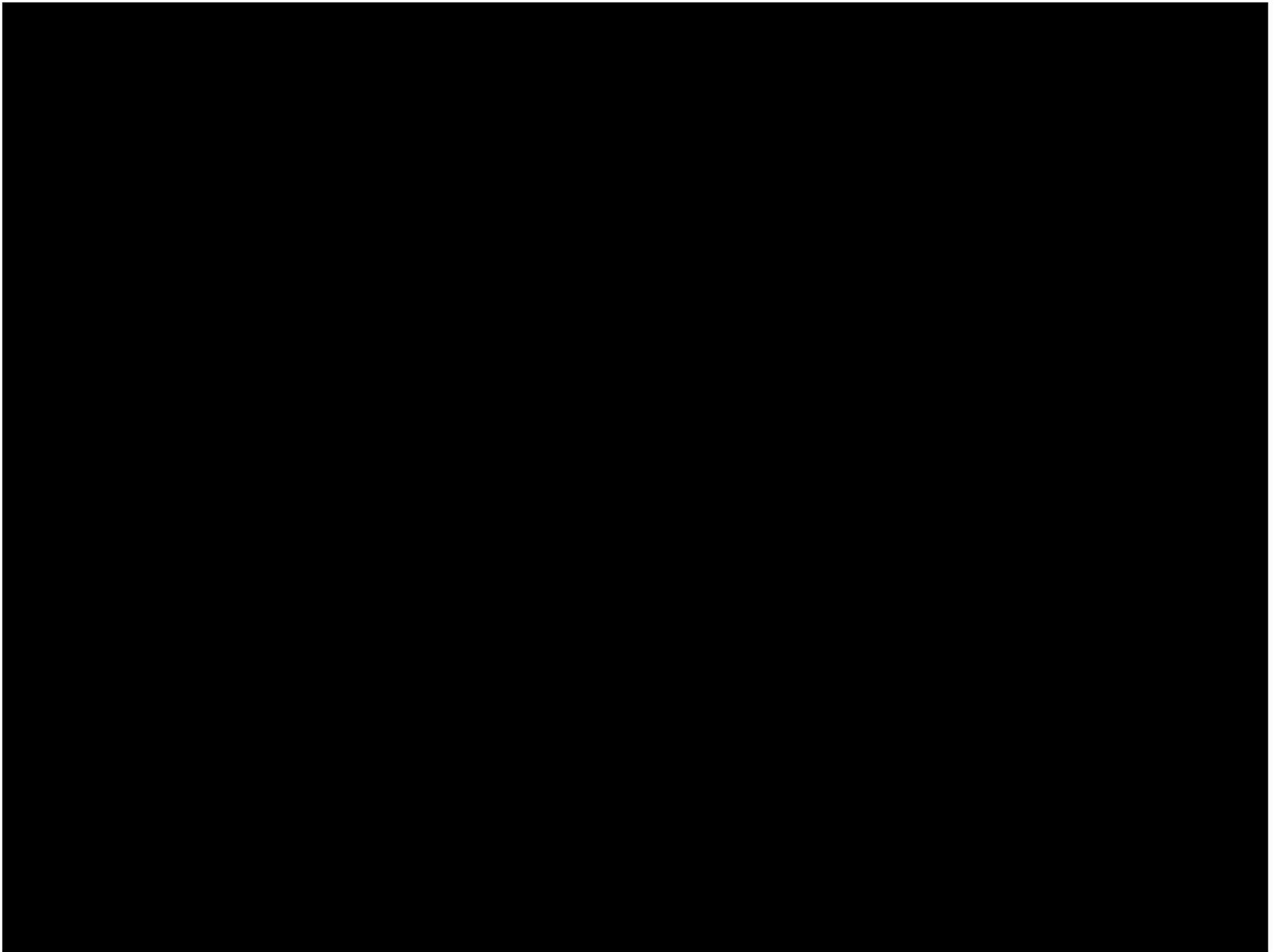
Erinnern (Gedächtnis):

- Die verschiedenen Formen des Erinnerns
- Das Gehirn schonen nach dem Lernen
- Die inneren Zustände und die Umgebung beim Lernen so ähnlich wie möglich machen denen beim Abrufen



**Ich wünsche Ihrem Gehirn weiterhin
viel Spass beim Lernen.
Lassen Sie ihm den Spass!**

Dieses Buch empfehle ich Ihnen,
weil es spannend geschrieben ist,
in die neuesten Entdeckungen der
Neurowissenschaft verständlich
einführt und von dem wohl be-
deutendsten lebenden Neuro-
wissenschaftler geschrieben wurde.



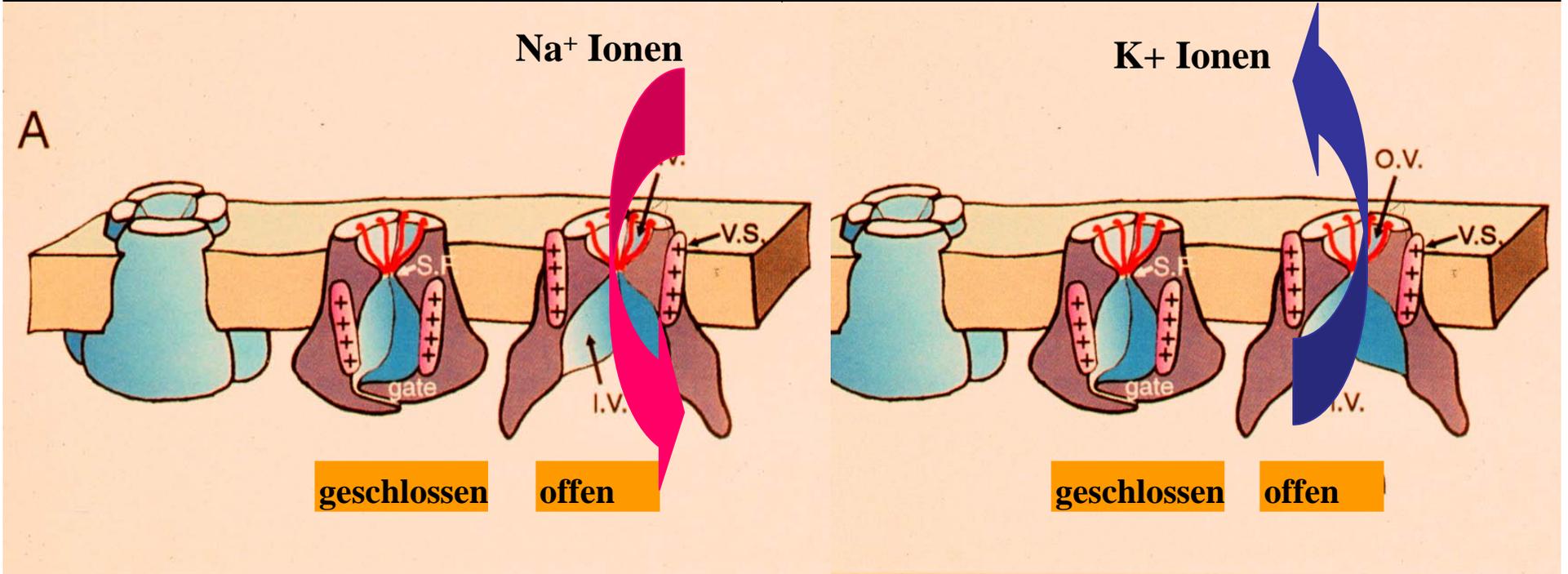
Altehrwürdige Lernregeln

- Aufmerksamkeit, Neugier anregen
- An Bekanntes anknüpfen
- Möglichst viele Sinneserfahrungen einbeziehen
- Bildhafte Vorstellungen stärken (“anschaulich”)
- **Die Wiederholung ist die Mutter der Weisheit**
- **Möglichst viel selbst tun (“begreifen”)**
- Nicht zu viel auf einmal (verteilt üben)
- Das Gehirn schonen nach dem Lernen
- Die Umgebung des Lernens der beim Abrufen so ähnlich wie möglich machen

“Neurodidaktik”

- Die modulatorischen Systeme werden angeschaltet
- Assoziationsketten werden herstellen
- Die Zahl der Assoziationen werden vergrößert
- Die schiere Unerschöpflichkeit des bildhaften Gedächtnisses nutzen
- **Assoziationen werden mit Wiederholung gestärkt**
- **Instrumentelles Lernen fördert Lernen**
- Die Konsolidierung vom Kurz- zum Langzeit-Gedächtnis wird gefördert
- Eine Interferenz mit der Konsolidierung wird verhindert
- Die Kontextstimuli fördern das Abrufen aus dem Gedächtnis

Spannungsabhängige Ionenkanäle



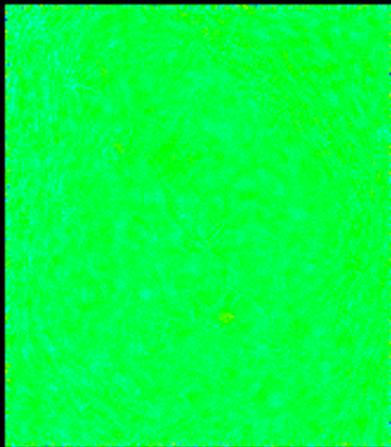
mV



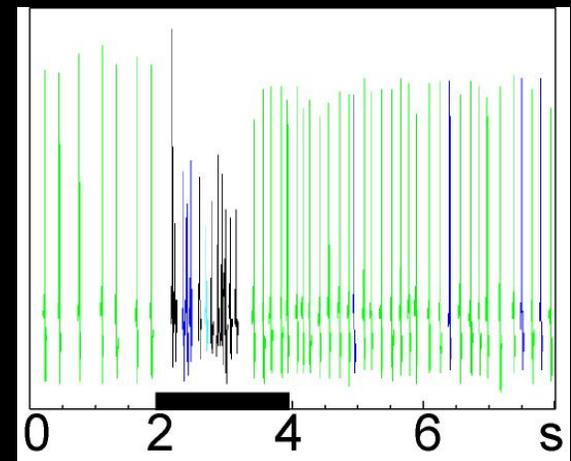
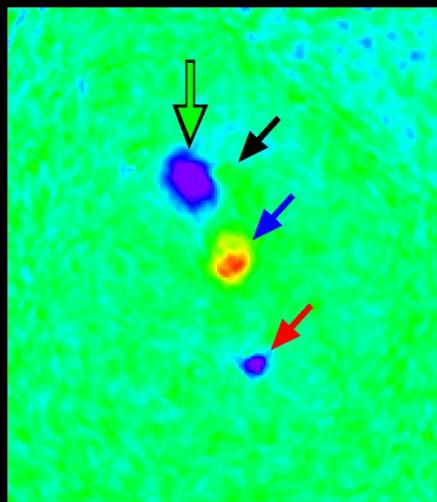
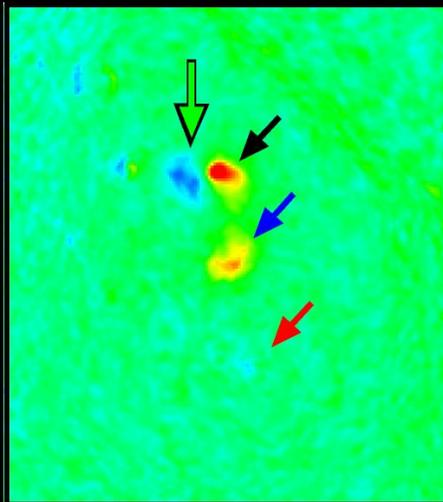
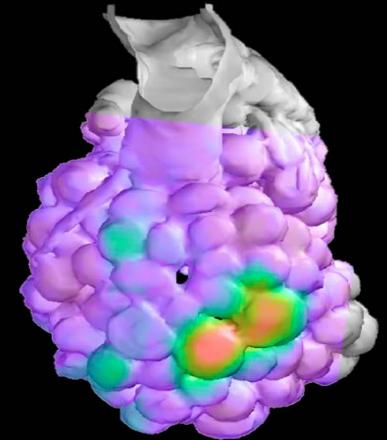
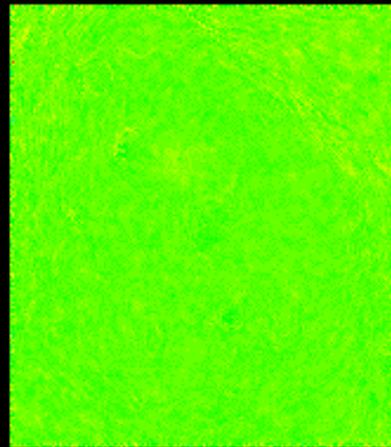
Aktionspotentiale können verbreitert werden, wenn weniger K-Kanäle öffnen

Im Bienenhirn kann man nicht nur die Aktionspotentiale ganz bestimmter Neurone messen sondern auch von viele Nervenzellen die Verteilung ihrer Erregung

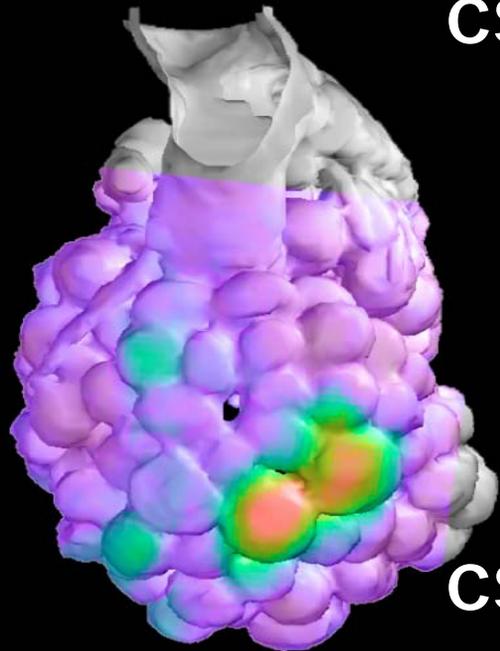
Heptanol



Octanol



Änderungen beim Duftlernen

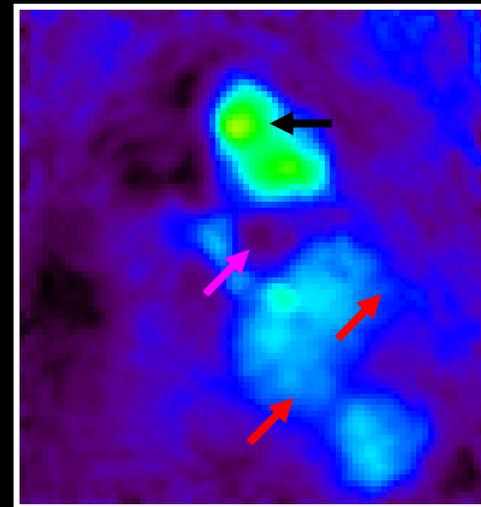
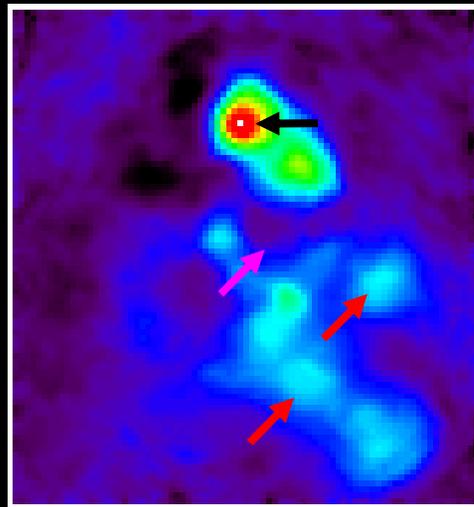
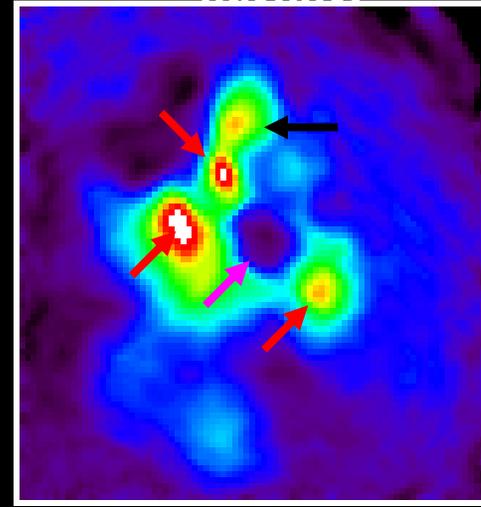
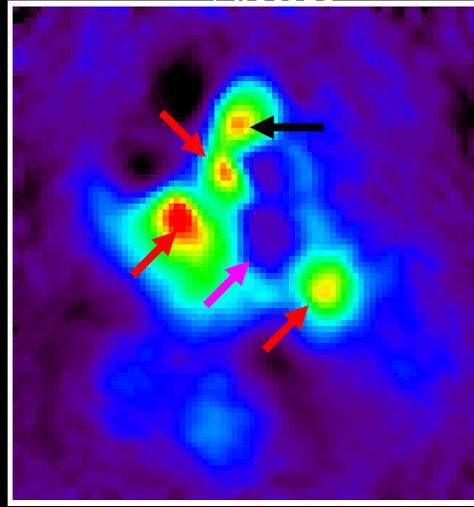


CS+

CS-

vorher

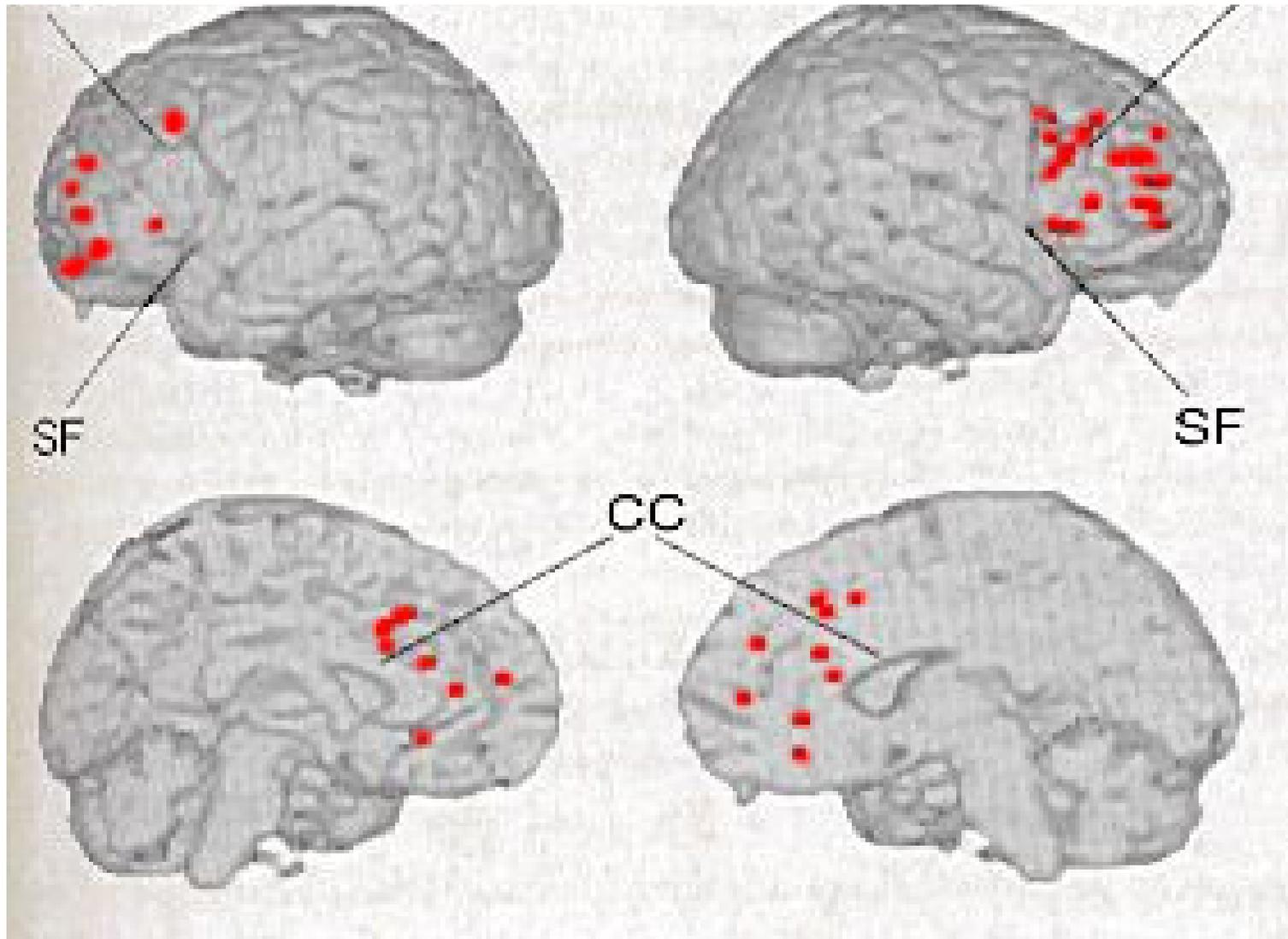
nachher



Max
Delta(F340/F380)%
Min

Duft Lernen

Für das Abrufen aus dem episodischen Gedächtnis ist der vordere Kortex bedeutsam

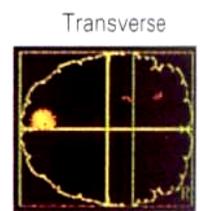
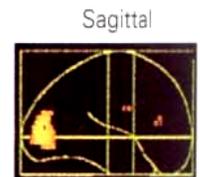
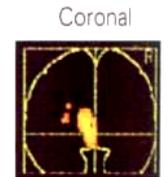
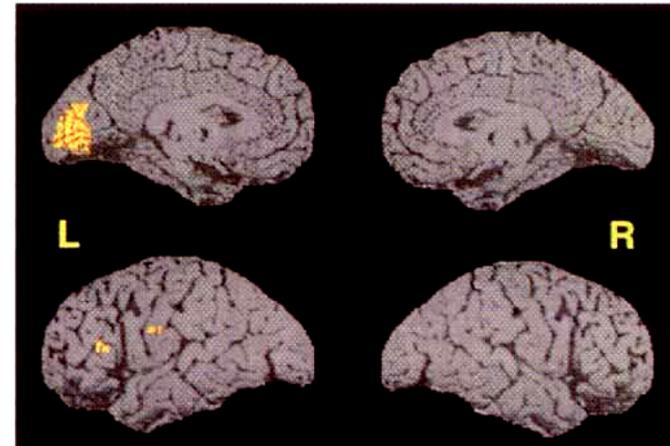


14 verschiedene verbale Abruftest Aktivierungen im cingulären Kortex
des Vorderhirns insbesondere in der rechten Hemisphäre

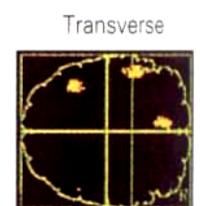
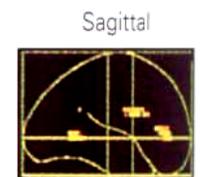
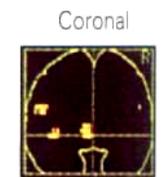
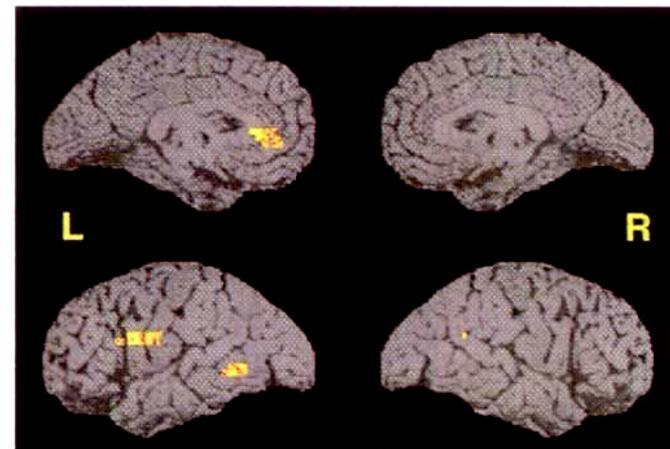
Gedächtnisinhalte sind nach Inhalten sortiert

Verschiedenen Gedächtnisinhalte entsprechen verschiedene Aktivierungsmuster

Tiere - Werkzeuge



Werkzeuge - Tiere



SPM projections

Messungen der Gehirnaktivität kann man immer nur relativ zu einander machen: Differenz Bilder zwischen Aktivitätsmuster bei Erkennen von Tieren und Werkzeugen

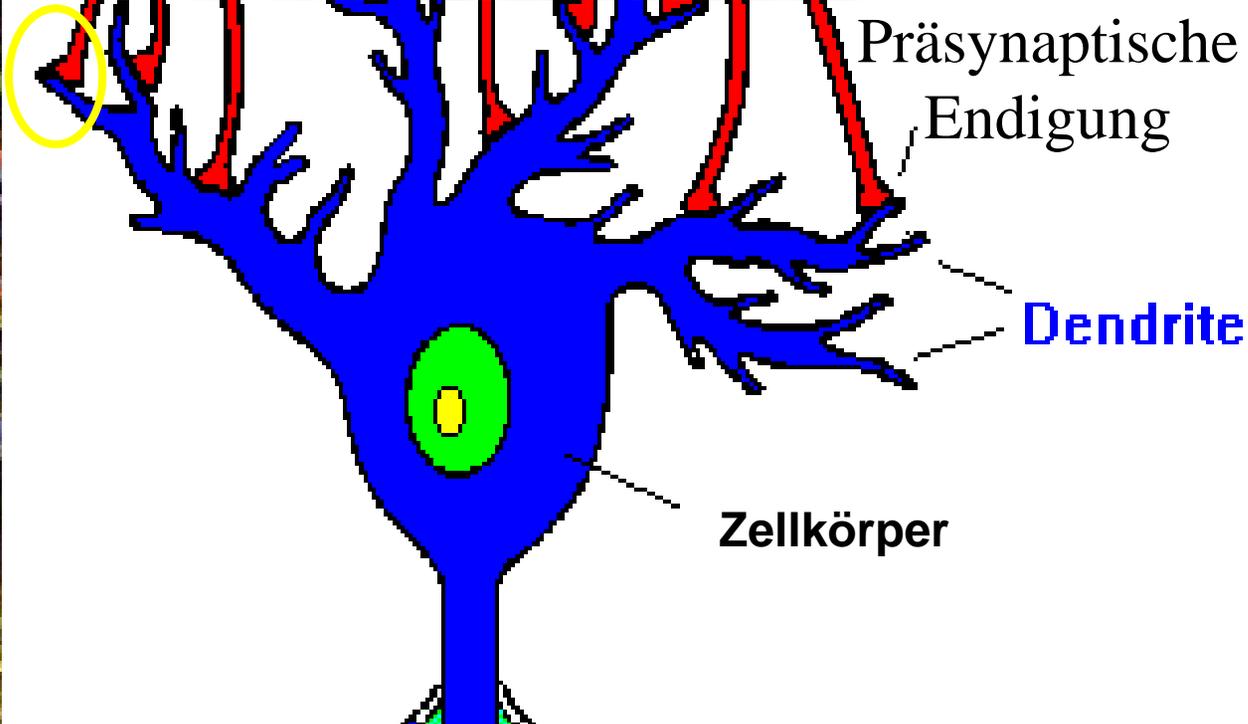
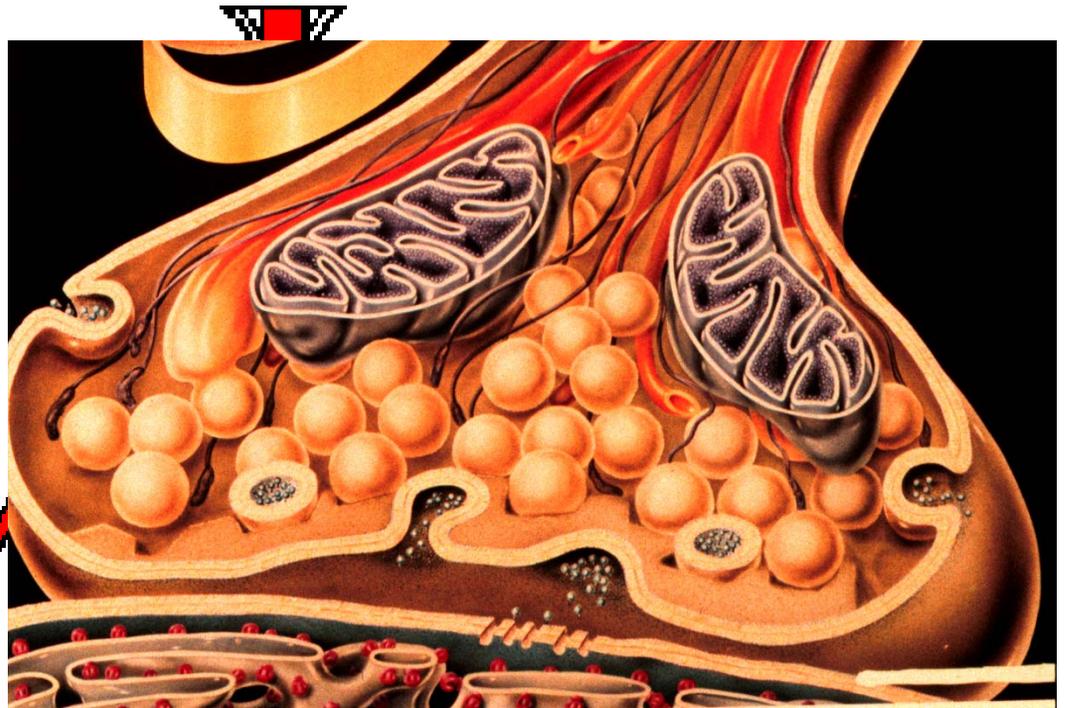
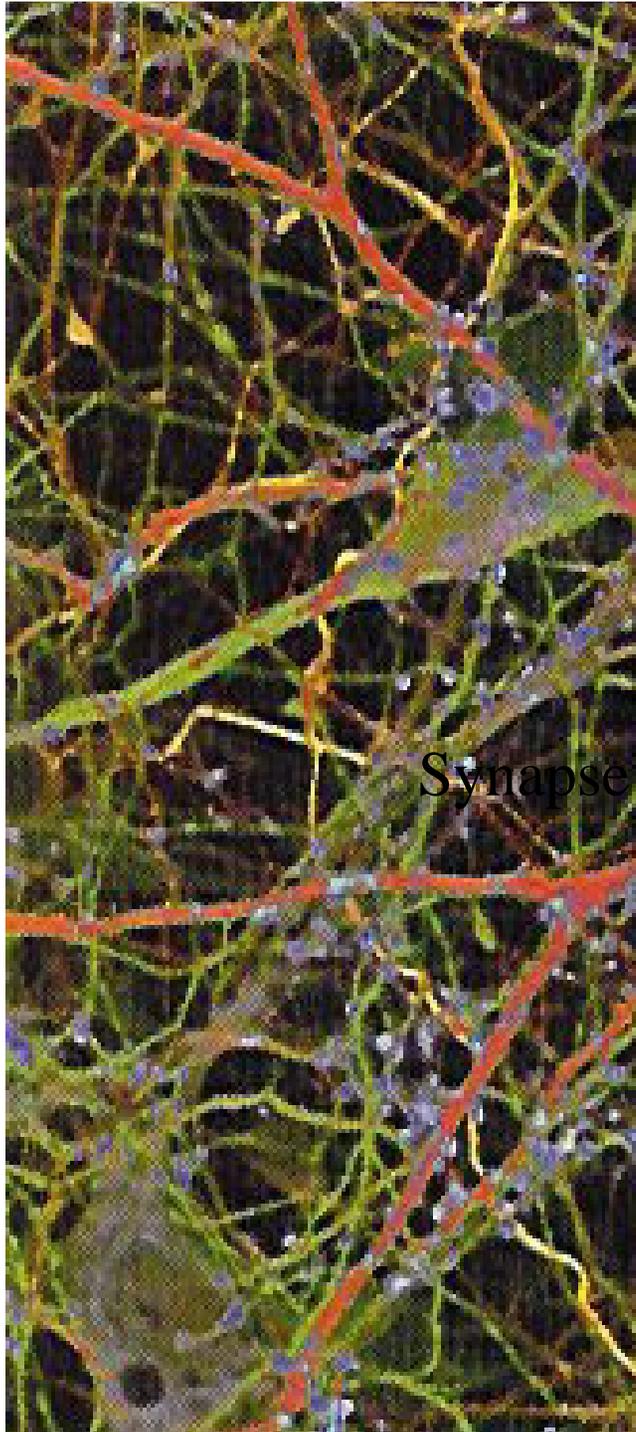
Cognitive Enhancer Drugs

Ritalin: Aufmerksamkeit Defizit Syndrom (ADS)

Modafinil: wirkt wie Koffein, macht hell wach,
Behandlung von z.B. Schlaf Apnoe

MEM 1414: Hemmer der Phosphodiesterase, Anstieg von CREB Aktivität
Memory Pharmaceuticals, Eric Kandel

Helocon: AMPA Agonisten



Einteilung von Lernvorgängen

Nicht assoziatives Lernen
 Gewöhnung (Habituation)
 Sensitisierung
Assoziatives Lernen
 Klassische Konditionierung
 Instrumentelle Konditionierung
Beobachtendes Lernen
Navigationslernen
Spielendes Lernen
Einsichtiges Lernen

Prägungsartiges Lernen

Nicht deklaratives (implizites Lernen)
Deklaratives (explizites) Lernen

Einteilung des Gedächtnisses

nach der Zeit:
Kurzzeitgedächtnis
Mittelzeitgedächtnis
Langzeitgedächtnis

Arbeitsgedächtnis

nach dem Inhalt:
Implizites Wissen
 praktische Fähigkeiten,
 einfaches assoziatives und
 nicht assoziatives Lernen
 Priming
Explizites Wissen
 Fakten, Ereignisse