



Vorlesung WS 2015/16  
**Motivation, Emotion, Volition**

# **Kognitive Kontrolle und präfrontaler Kortex**

**Thomas Goschke**

# Literaturempfehlungen

---

Goschke, T. (2007). Volition und kognitive Kontrolle. In J. Müsseler (2007). *Lehrbuch Allgemeine Psychologie (2. Auflage)*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Gazzaniga, M., Ivry, R. & Mangun, R. (2014). *Cognitive neuroscience. The biology of the mind* (4th. Ed.). Norton. (Chapter: Cognitive Control)

Purves et al. (2013). *Principles of cognitive neuroscience*. (2<sup>nd</sup> ed.). Sinauer. (Chapter 13: Executive functions)

# Überblick

---

- Exekutivfunktionen und kognitive Kontrolle
- Anatomie des Frontalhirns
- Beeinträchtigungen exekutiver Funktionen nach Verletzungen des Frontalhirns
- Funktionelle Bildgebung des Frontalhirns
- Theorien des präfrontalen Kortex

# Definition „Kognitive Kontrolle“

---

- **Kognitive Kontrolle ist ein Sammelbegriff für Mechanismen, die...**
  - **die Koordination und Konfiguration sensorischer, kognitiver und motorischer Systeme im Sinne übergeordneter Ziele vermitteln**
  - **die Selektion einer an sich schwächeren Reaktion oder Informationsquelle ermöglichen, wenn diese in Konflikt mit starken, aber aufgabenirrelevanten Reizen oder Reaktionen stehen**

# Gleichlautende Definitionen der Konstrukte Volition und kognitive Kontrolle

## Kognitive Kontrolle

„mechanisms that coordinate lower-level sensory and motor processes along a common theme, an internal goal...

“The most fundamental aspect of cognitive control and goal-directed behavior is the ability to select a weaker, task-relevant response (or source of information) in the face of competition from an otherwise stronger, but task-irrelevant one” (Miller & Cohen, 2001, S. 170).

## Volition

„psychische Funktionen, welche... die Koordination einzelner Teilfunktionen wie Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Kognition, Emotion, Motivation... und Bewegungssteuerung aufgrund eines einheitlichen Steuerungsprinzips vermittelt, das wir „Absicht“ oder „Ziel“ nennen.“

Volitionale Prozesse verstärken „die mit einem Vorsatz kompatiblen Reaktions-tendenzen, so daß sie anstelle der zunächst stärkeren gewohnheitsmäßigen oder impulsiven Reaktionen ausgeführt werden können“ (Kuhl, 1996)

# Wann wird kognitive Kontrolle benötigt?

---

## ■ Reizunabhängiges Verhalten

- Wenn Reaktionen nicht vollständig und eindeutig durch die aktuelle Reizinformation festgelegt werden, sondern von mental repräsentierten Zielen oder Instruktionen abhängen

## ■ Neue und ungeübte Handlungen

- Wenn es zur Erreichung eines Ziels notwendig ist, Verarbeitungssysteme auf neue Weise zu konfigurieren oder neue und ungeübte Handlungen auszuführen
- Wenn Planungsprozesse erforderlich sind, um Teilziele zu spezifizieren und deren zeitliche Abfolge zu organisieren oder um Barrieren bei der Zielverfolgung zu überwinden

## ■ Flexibles Wechseln

- Wenn Verarbeitungssysteme und Reaktionsdispositionen an wechselnde Ziele, Aufgaben oder Kontexte angepasst werden müssen

## ■ Abschirmung und Inhibition

- Wenn Ziele gegen störende Reize abgeschirmt werden müssen
- Wenn starke (automatisierte oder gewohnheitsmäßige) Reaktionen, aktuelle Bedürfnisse oder konkurrierende Motivationstendenzen unterdrückt werden müssen, um langfristige Ziele zu erreichen

# Funktionale Dekomposition kognitiver Kontrollfunktionen

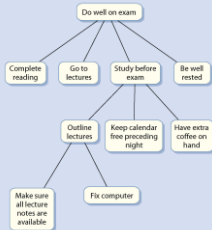
Flexible Anpassung von Reaktionsdispositionen an wechselnde Ziele / Aufgaben



Aufrechterhaltung und Abschirmung von Zielen



Planen und Sequenzieren von Teilzielen



## Volition

- Zukunftsorientierung
- Reizunabhängigkeit
- Flexibilität
- Persistenz

Inhibition habitueller oder automatisierter Reaktionen



Selbstkontrolle und Belohnungsaufschub



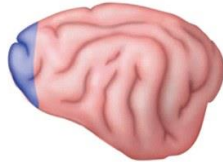
Emotionsregulation



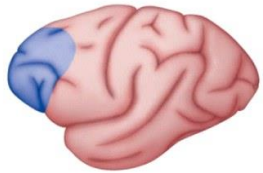
# Kognitive Kontrolle und willentliche Handlungssteuerung als Ergebnis der Gehirnevolution



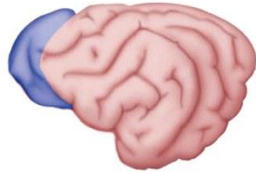
Squirrel monkey



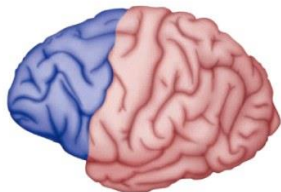
Cat



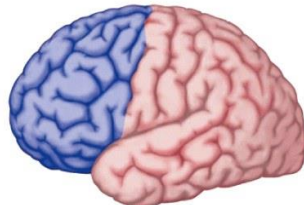
Rhesus monkey



Dog



Chimpanzee



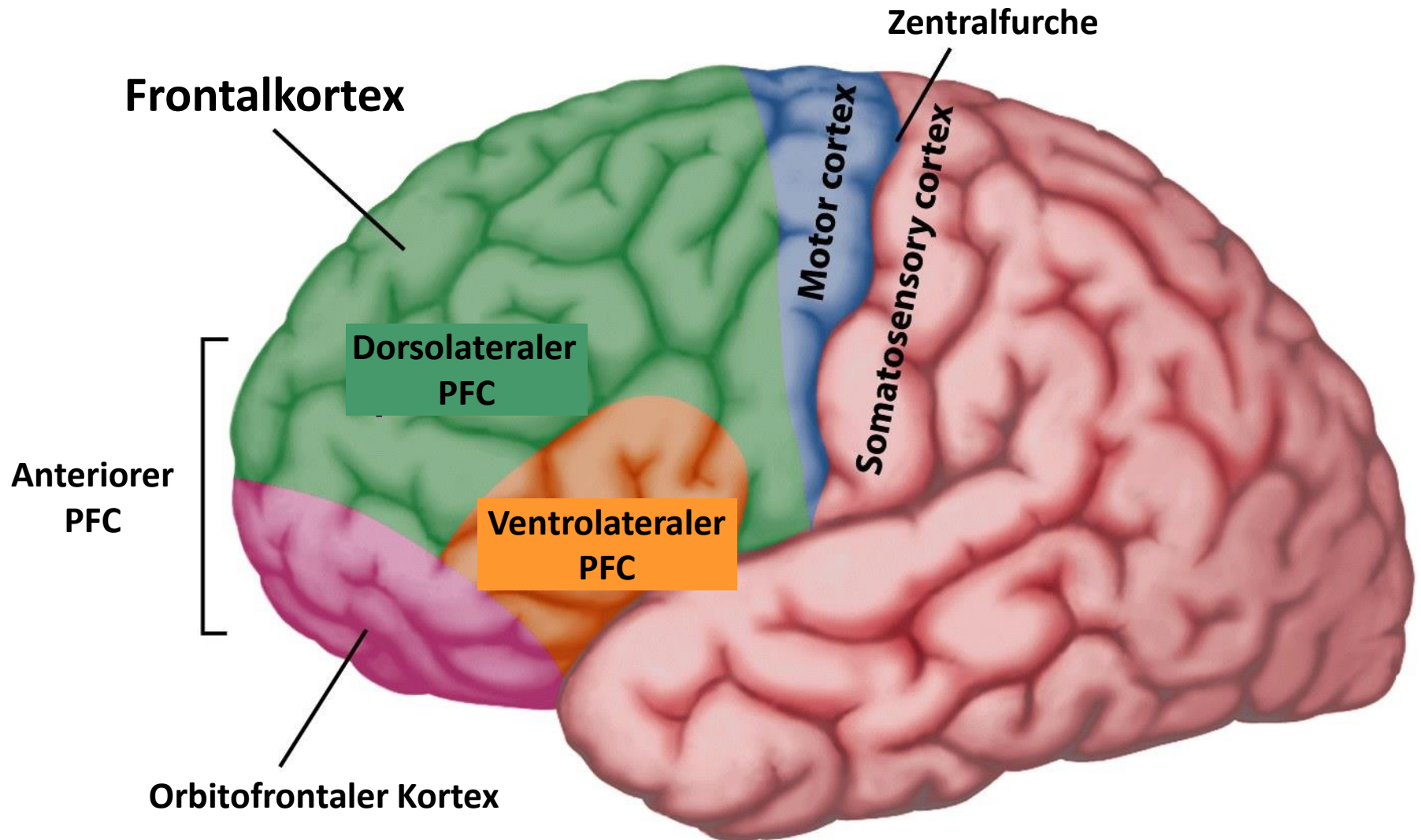
Human

Expansion neokortikaler Assoziationsfelder und insb. des Frontalhirns

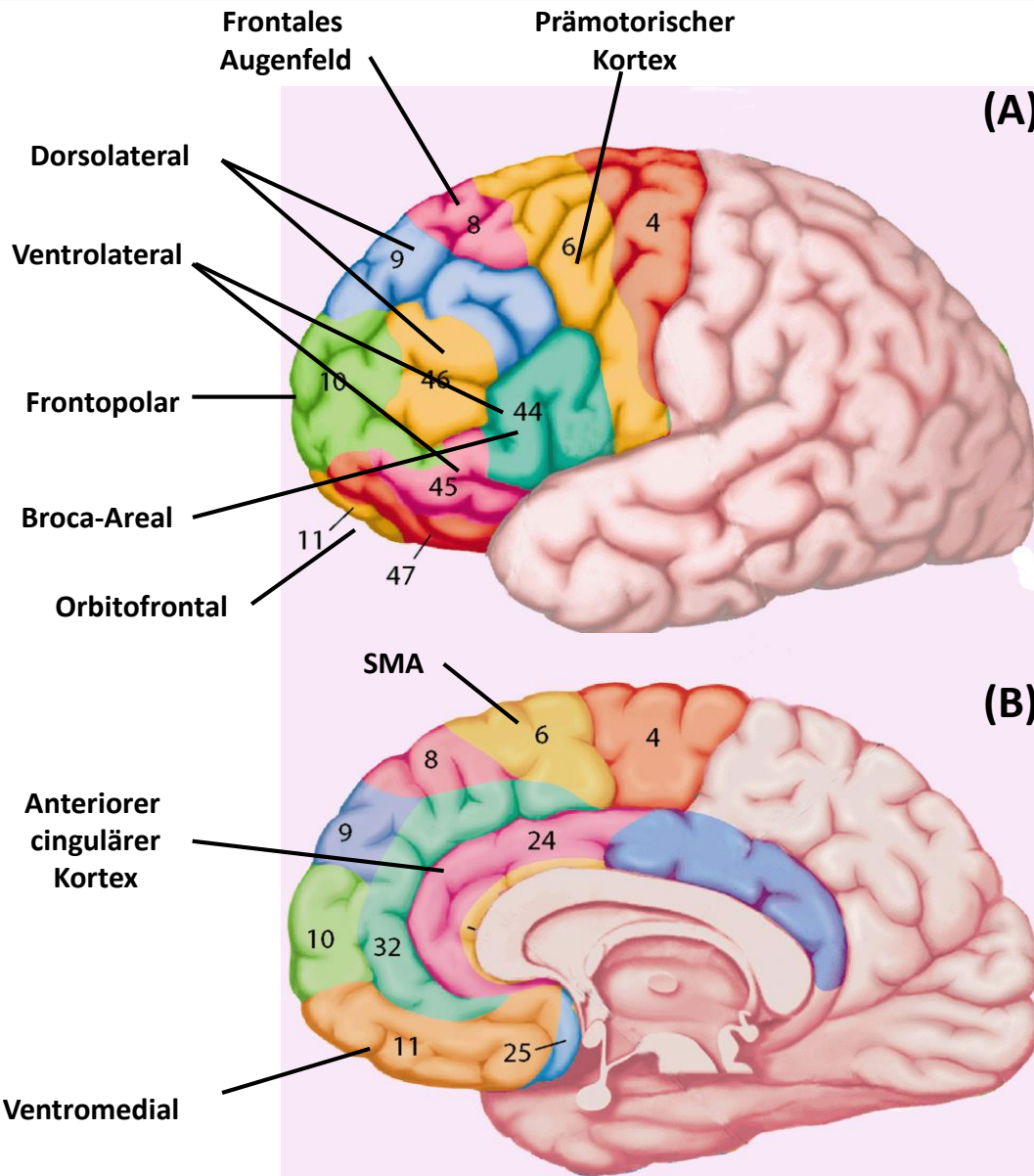
- Erweiterter Zeithorizont: Antizipation von *beliebig weit in der Zukunft* liegenden Handlungsfolgen
- Planen und mentales Probehandeln
- Antizipation zukünftiger Bedürfnisse
- Belohnungsaufschub im Dienste langfristiger Ziele

→ Abkoppelung des Verhaltens von der *unmittelbaren* Reizsituation

# Frontalhirn



# Präfrontaler Kortex



## ■ Lateraler PFC

- dorsolateraler PFC (BA 9 und 46)
- ventrolateraler PFC (BA 44, 45, superiore Teile von BA 47)

## ■ Orbitofrontaler Cortex

- unterer Teil des PFC hinter der oberen Wand der Augenhöhlen (Orbitae) (BA 11 bis 14, Teile von 47).

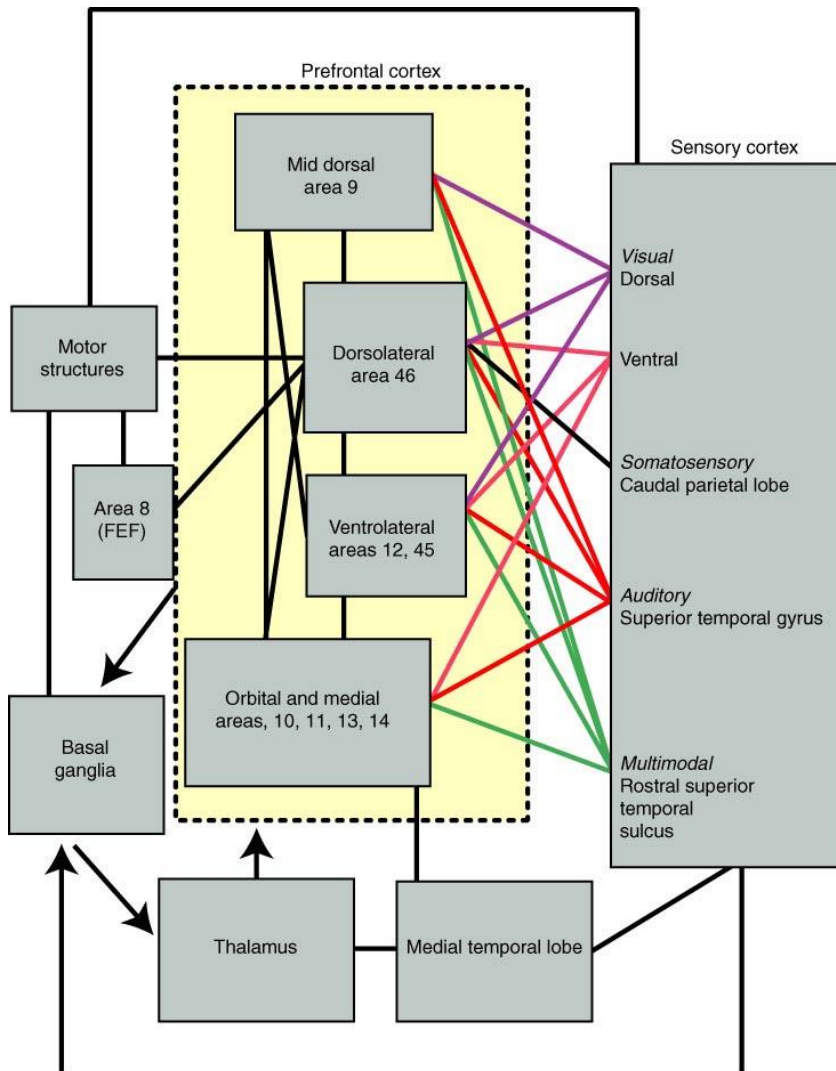
## ■ Frontopolarer Cortex

- anteriorer oder rostraler PFC (BA 10)

## ■ Medialer PFC

- *ventromedialer* PFC: inferiore Teile von BA 47; mediale Teile BA 9 bis 12).
- *anteriorer cingulärer Cortex (ACC)*: BA 24, 25 und 32
  - *dorsaler ACC*: Verbindungen zum DLPFC und parietalen, prä- und supplementärmotorischen Regionen
  - *rostraler ACC*: Verbindungen zu limbischen Regionen und zum OFC

# Vernetzung des präfrontalen Kortex



Copyright © 2002, Elsevier Science (USA). All rights reserved.

Nach Miller & Cohen, 2001

PFC hat (zumeist reziproke) Verbindungen zu neokortikalen Assoziationsfeldern und zu subkortikalen Regionen, die an Emotionen, Belohnungsprozessen und motorischer Steuerung beteiligt sind

→ Integrative Funktionen  
→ Kontrollfunktionen

Aber: PFC ist keine "zentrale Exekutive" die "von oben" untergeordnete Systeme kontrolliert, sondern er wird seinerseits durch emotionale, motivationale und Belohnungssysteme moduliert!

# Folgen von Frontalhirnläsionen

---

Penfield's Bericht über seine Schwester 15 Monate nach der Entfernung des rechten Frontallappens:

One day... she had planned to get a simple supper for one guest and four members of her own family. She looked forward to it with pleasure and had the whole day for preparation. This was a thing she could have done with ease 10 years before. When the appointed hour arrived she was in the kitchen, the food was all there, one or two things were on the stove, but the salad was not ready, the meat had not been started and she was distressed and confused by her long continued effort alone. It seemed evident that she would never be able to get everything ready at once . . . . Although physical examination was negative and there was no change in personality or capacity for insight, nevertheless the loss of the right frontal lobe had resulted in an important defect. The defect produced was a lack of capacity for planned administration (p. 131 )

Penfield, W. and Evans, J. The frontal lobe in man: A clinical study of maximum removals. *Brain* 58, 115-133, 1935.

# Beeinträchtigte kognitive Kontrolle bei Frontalhirnläsionen: Dissoziation von Intention und Verhalten

---

Konow & Pribram (1970): untersuchten 69jährige Hausfrau mit linker Frontalhirnschädigung

- „Asked to make a square, the patient scrawled an “0”.The most striking aspect of her behavior was that she immediately exclaimed as she did this that it was not a square, nevertheless went over and over her “0” laboriously. When asked to draw a square the patient began drawing an A, simultaneously exclaiming “that’s not a square - I guess I draw you an A.” When the command to draw a square was repeated another A was produced. However, when a square was then drawn for her as a visual model and she was asked to make a copy, she quickly and accurately made a square.“

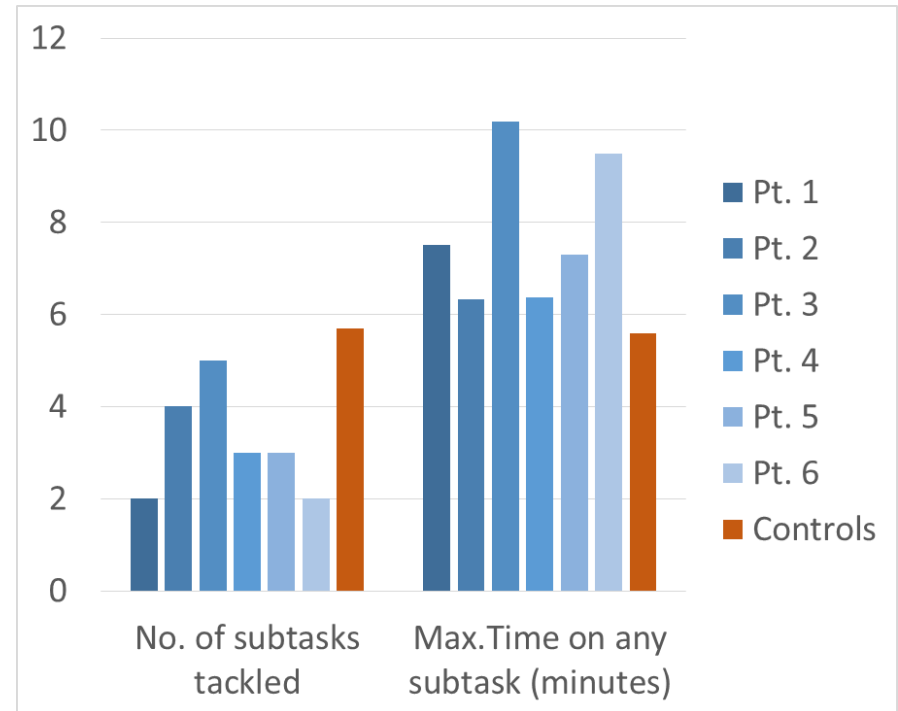
# Folgen von Frontalhirnläsionen

---

- **Multiple errands test** (Shallice & Burgess, 1991)
  - Frontalhirnprobanden wurden instruiert, Reihe von Alltagshandlungen zu erledigen
    - 6 einfache Aufgaben (z.B. Brot kaufen)
    - 2 komplexere Aufgaben (nach 15 min an einem bestimmten Platz sein, 4 bestimmte Informationen beschaffen)
  - Bestimmte Regeln waren zu beachten
    - z.B. keinen Laden betreten, ohne etwas zu kaufen
  - Frontalhirnpatienten führten Aufgaben häufig nicht oder nicht korrekt aus und verstießen gegen Regeln

# Folgen von Frontalhirnläsionen

- **Six Elements Test (Shallice & Burgess, 1991)**
  - Patienten sollten 6 Aufgaben innerhalb einer begrenzten Zeit erledigen
    - Z.B. die Fahrt zur Klinik aufschreiben; die Namen möglichst Bilder aufschreiben; so viel Rechenaufgaben lösen wie möglich; etc.
  - Jeder Aufgabe sollte in etwa die gleiche Zeit zugewiesen werden
  - Patienten konnten die Reihenfolge und Dauer der Aufgaben selbst bestimmen
  - Frontal patients were impaired on this task (patients perseverated and did not switch in time)



# Folgen von Frontalhirnläsionen: “Utilization behavior”

- Alltagsgegenstände lösen die Ausführung von gewohnten Handlungen aus
- Deutet auf mangelnde Inhibition automatisierter Routinen hin



Lhermitte, F. (1983). *Brain*, 106, 237-255.  
Shallice, T. et al. (1989). *Brain* 112 : 1587–1598.

# Folgen von Frontalhirnläsionen

## „Goal neglect“

### ■ Probanden

- 10 Pt. Mit frontalen Läsionen
  - 3 Pt. mit fokalen Läsionen (z.B. Entfernung eines Tumors)
  - 7 Pt. mit diffusen Läsionen (diverse Kopfverletzungen)
- 8 Pt. Mit posterioren Läsionen
- Kontrollprobanden

### ■ Aufgabe

- Serien von linken und rechten Buchstaben

K	S
P	M
A	V
T	K

- Wenn ein „+“ erscheint, lesen Sie ab dann die Buchstaben auf der RECHTEN Seite
- Wenn ein „-“ erscheint, lesen Sie ab dann die Buchstaben auf der LINKEN Seite

# Folgen von Frontalhirnläsionen: Goal Neglect

---

READY

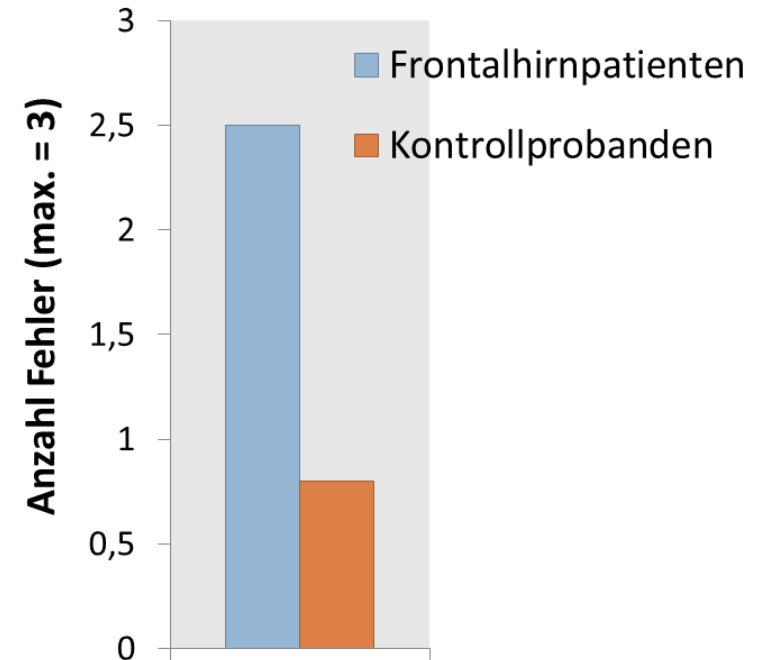
Schauen nach links

A		G
F		Z
B		P
S		E
5	+	8
4		3
7		1

## Folgen von Frontalhirnläsionen: Goal neglect

### Patienten mit frontalen Läsionen vs. Kontrollpersonen

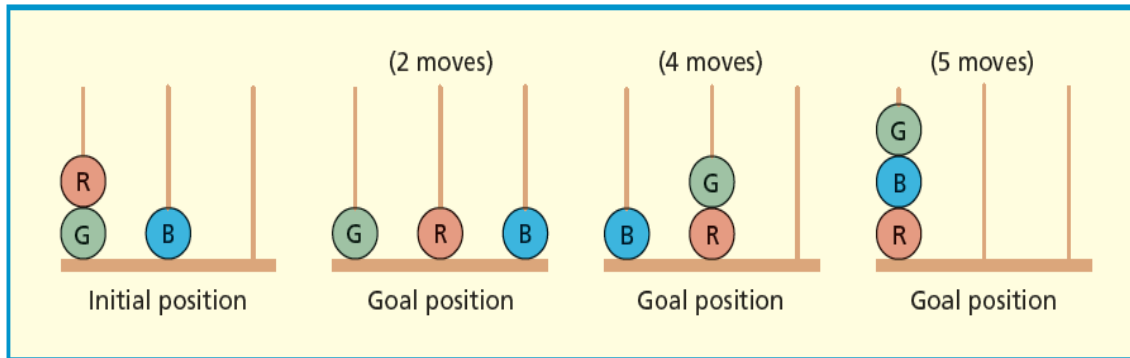
	Kulturfreier Test		Buchstabenmonitoring	
Nr.	Frontalhirn-patienten	Kontroll-probanden	Frontalhirn-patienten	Kontroll-probanden
F1	83	94	3	1
F2	94	96	3	0
F3	76	86	2	3
F4	96	109	0	0
F5	87	97	3	0
F6	84	92	3	2
F7	91	91	3	0
F8	94	102	2	0
F9	76	102	3	0
F10	97	99	3	2
	88	97	<b>2,5</b>	0,8



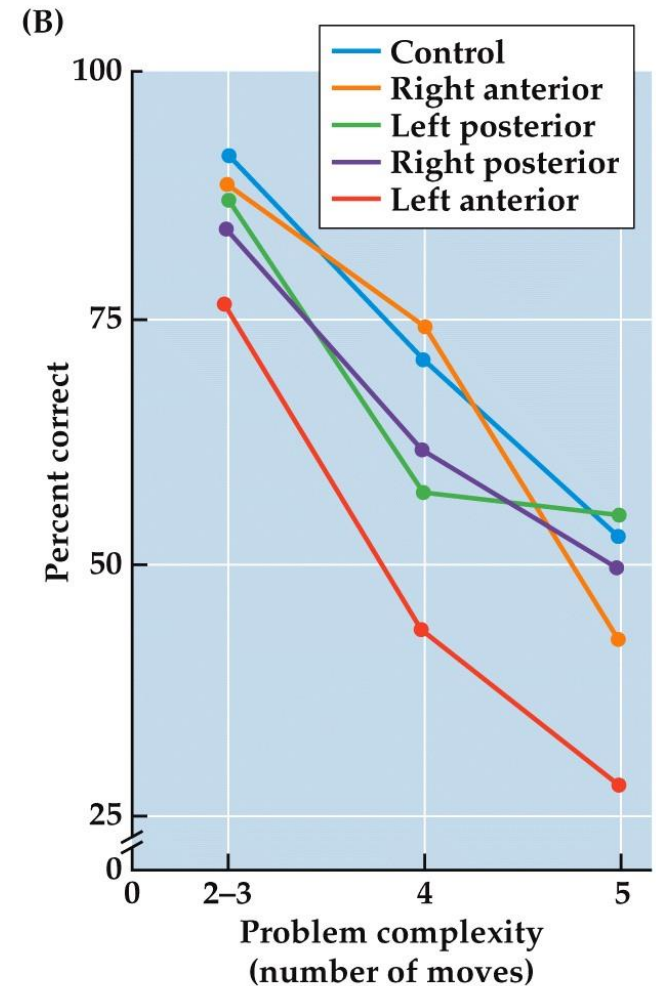
# Folgen von Frontalhirnläsionen

## Turm von London

- Kugeln sollen von Ausgangsposition mit möglichst wenigen Zügen in Zielposition gebracht werden
  - Es darf immer nur eine Kugel bewegt werden
  - Nur die oberste Kugel kann bewegt werden
- Erfordert mentales Durchspielen von Aktionssequenzen (= Planen)



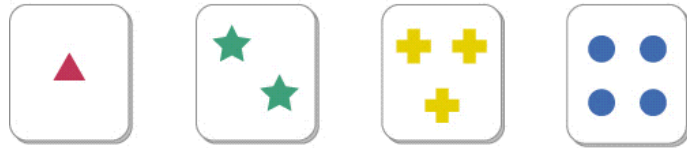
**Patienten mit Läsionen des linken lateralen Frontalhirns zeigten Beeinträchtigungen im TOL im Vergleich zu Probanden mit posterioren Läsionen**



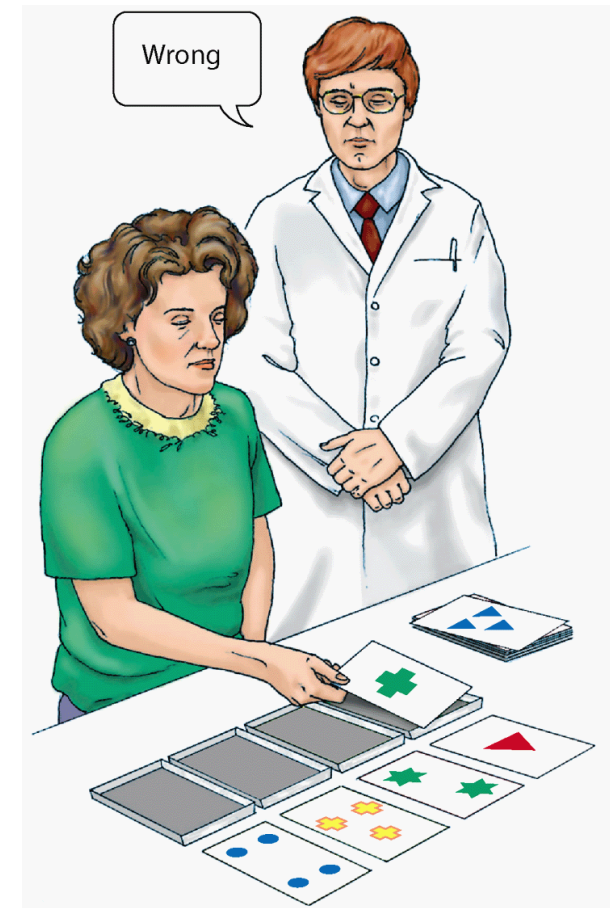
PRINCIPLES OF COGNITIVE NEUROSCIENCE 2e, Figure 13.12 (Part 2)  
© 2013 Sinauer Associates, Inc.

# Folgen von Frontalhirnläsionen

## Wisconsin Card Sorting Test



- Probanden sollen Karten nach einem ihnen unbekanntem Kriterium sortieren (Farbe, Form, Anzahl)
- Feedback nach jeder Zuordnung
- Nach 10 korrekten Zuordnungen Wechsel des Klassifikationskriterium
- Frontalhirnpatienten (insb. DLPFC) machen mehr Perseverationsfehler und meistern weniger Kategorien



Milner, B. (1963). Effects of different brain lesions on card-sorting. *Archives of Neurology*, 9, 90-100.

Drewe, E.A. (1974). The effect of type and area of brain lesion on Wisconsin Card Sorting Test performance. *Cortex*, 10, 159-170.

# Aufgabenwechselfparadigma

Farbe benennen

A  
B  
E  
B  
C  
A  
D

Buchstabe lesen

E  
A  
B  
A  
C  
B  
D

Abwechselnd Farbe  
benennen und Buchstabe  
lesen

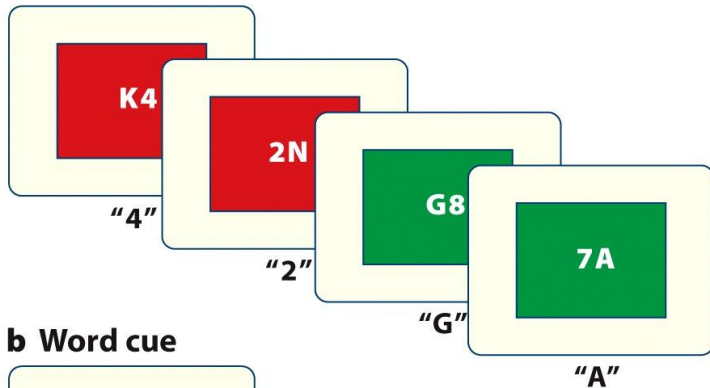
C  
A  
E  
B  
A  
D  
B

# Aufgabenwechselfparadigma

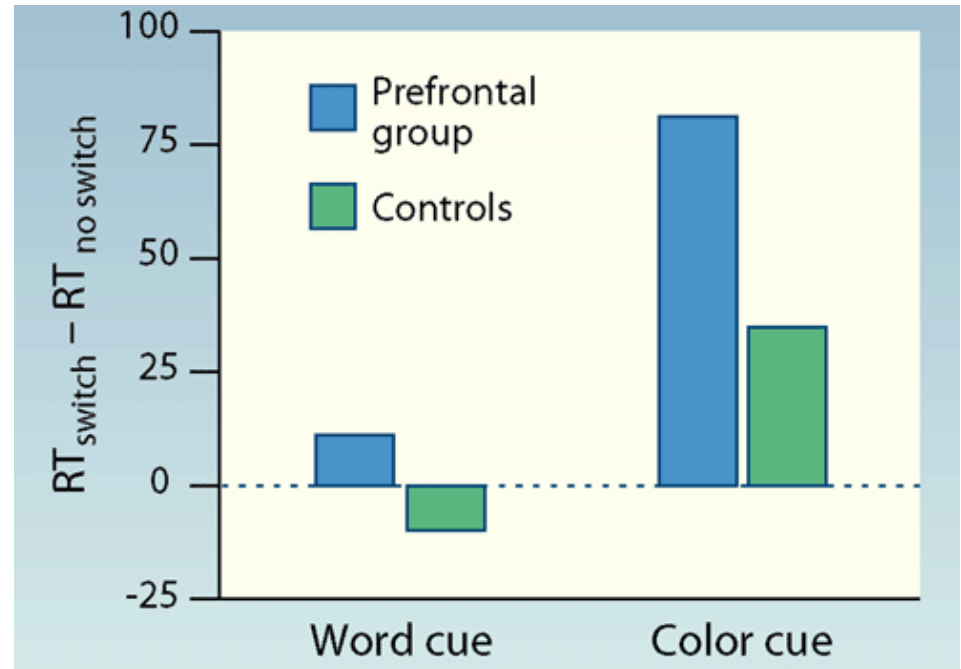
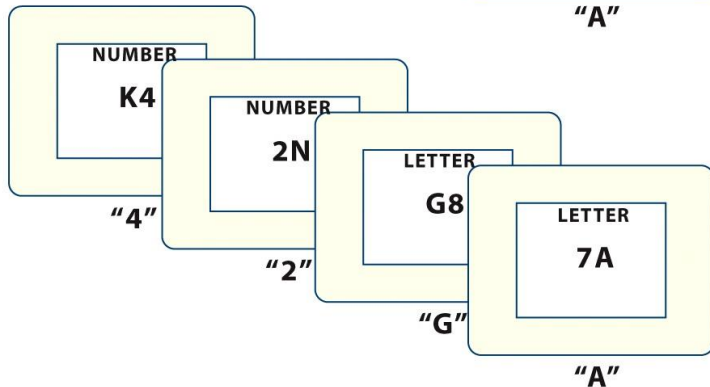
- Vp soll entweder Buchstabe oder Zahl benennen
- Aufgabe wird in jedem Trial durch (a) Farb-Cue oder (b) Wort-Cue angezeigt

Task-switching experiment

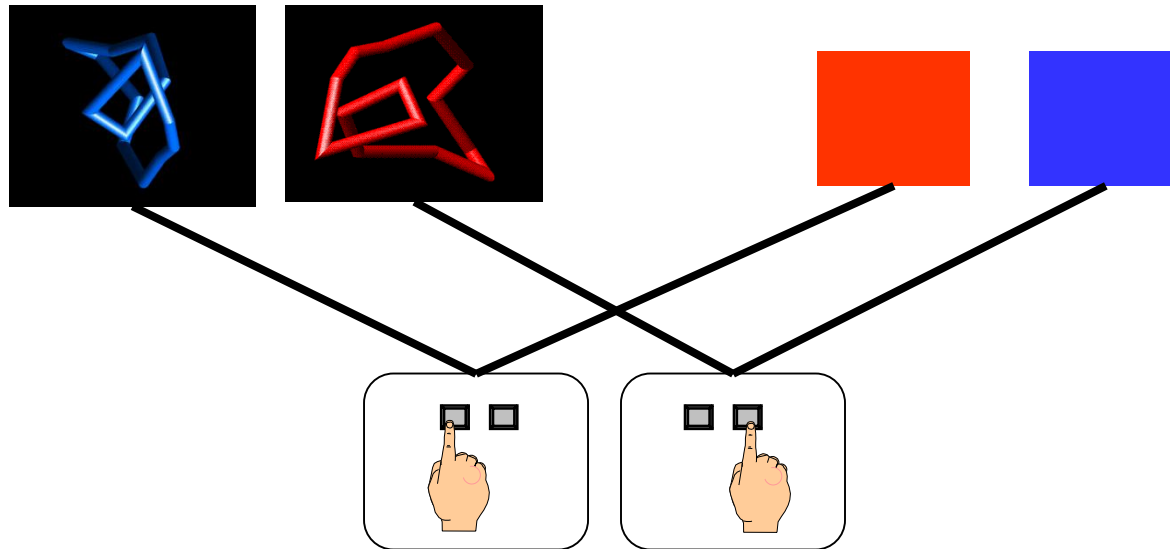
**a Color cue**



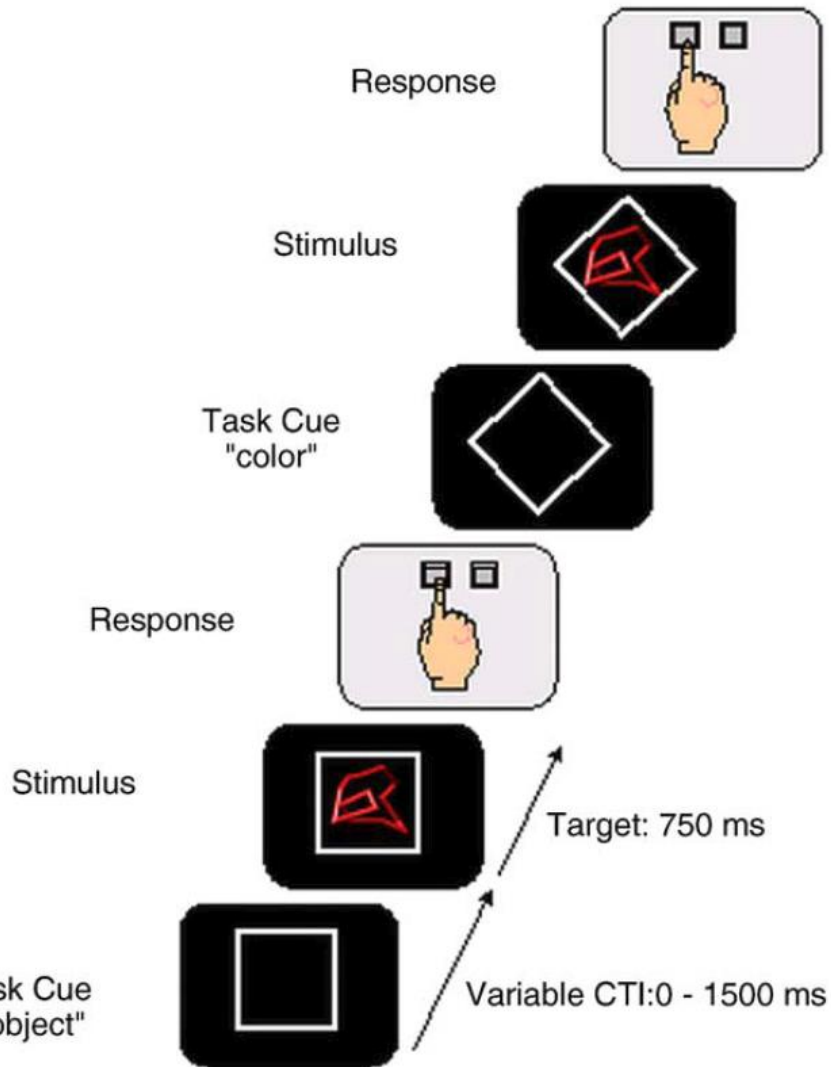
**b Word cue**



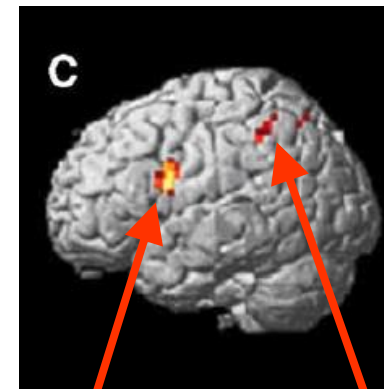
# Aufgabenwechsel: Funktionelle Bildgebung



# Aufgabenwechsel: Funktionelle Bildgebung



Hirnaktivität während der Vorbereitung auf die nächste Aufgabe

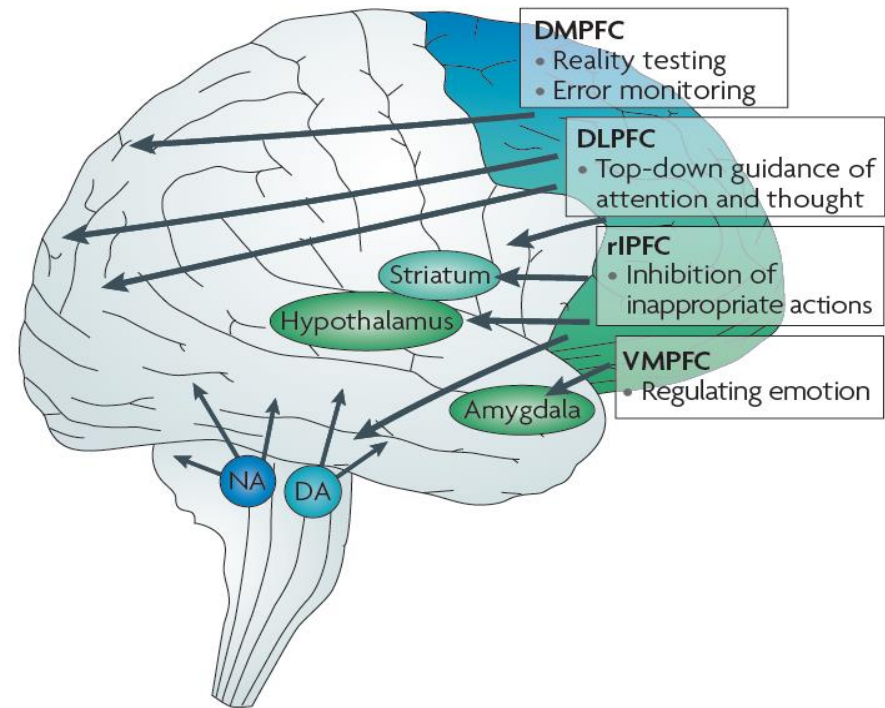


Linker inferiorer Präfrontalcortex

Parietalcortex

# Funktionen des präfrontalen Kortex

- Planen und inneres Probehandeln
- Flexibles Wechseln zwischen Aufgabe und Zielen
- Aktive Aufrechterhaltung und Abschirmung von Zielrepräsentation
- Unterdrückung automatisierter Reaktionen
- Impulskontrolle und Emotionsregulation

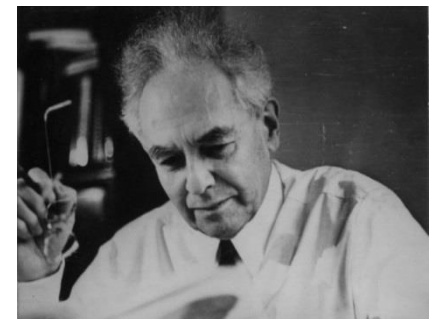
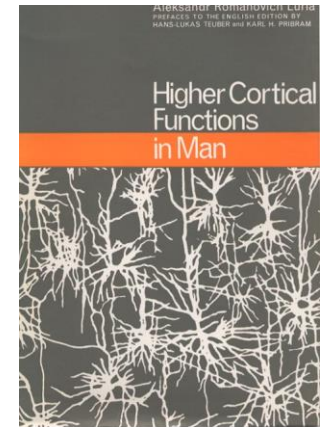


# Fazit

- Verhaltens erscheint reizabhängig statt durch Ziele gesteuert zu werden
- Perseveration und beeinträchtigte Flexibilität
- Ablenkbarkeit
- Mangelnde Inhibition von automatisierten Routinen

Frontale Läsionen zeigen sich in "einer Unfähigkeit des Patienten, seine Bewegungen den sprachlich geäußerten Intentionen unterzuordnen, in einer Desintegration organisierter Handlungsprogramme, und in der Ersetzung von zielgerichtetem Handeln durch stereotype Wiederholungen von Bewegungen..."

(Luria, 1973, S. 37)





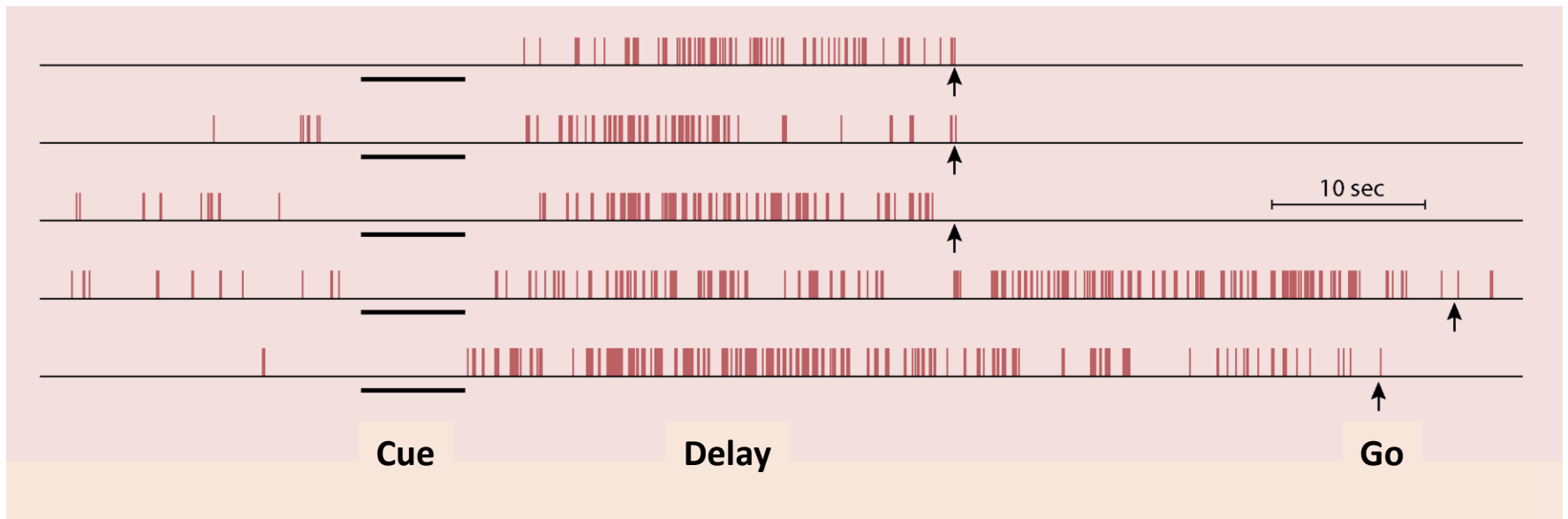
---

**Präfrontale Funktionen**  
**Aufrechterhaltung zielrelevanter Information im**  
**Arbeitsgedächtnis**

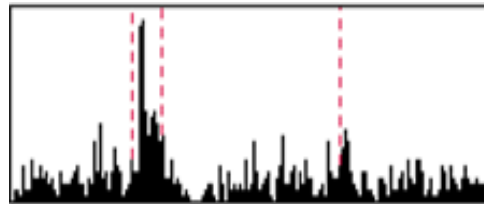
(vgl. VL Lernen und Gedächtnis!)

# Anhaltende Aktivität von Nervenzellen im lateralen präfrontalen Kortex während der Delay-Phase

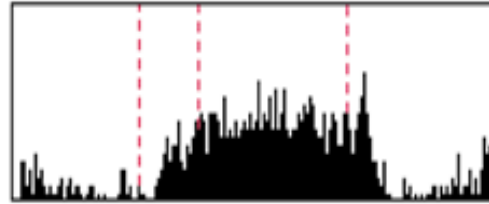
- Ein Hinweisreiz zeigte den Ort einer nachfolgenden Reaktion an
- Der Affe wurde trainiert, die Reaktion solange zurückzuhalten, bis ein “Go”-Signal erschien
- Jede Zeile zeigt einen Versuchsdurchgang; vertikale Striche repräsentieren Aktionspotentiale einer Zelle im PFC



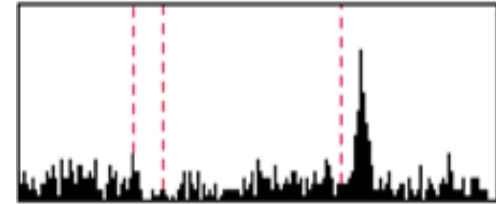
# Aktivität von Neuronen im dorsolateralen präfrontalen Cortex von Affen während einer räumlichen Arbeitsgedächtnisaufgabe



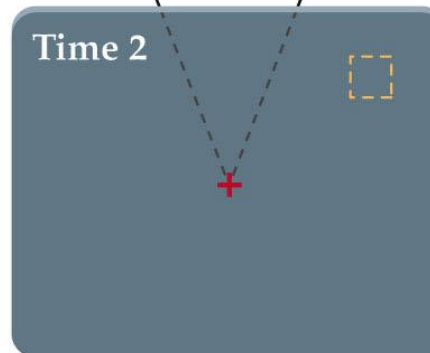
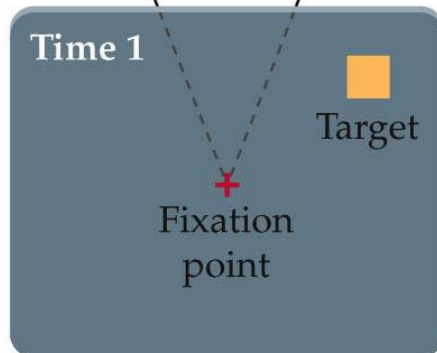
Encoding



Delay



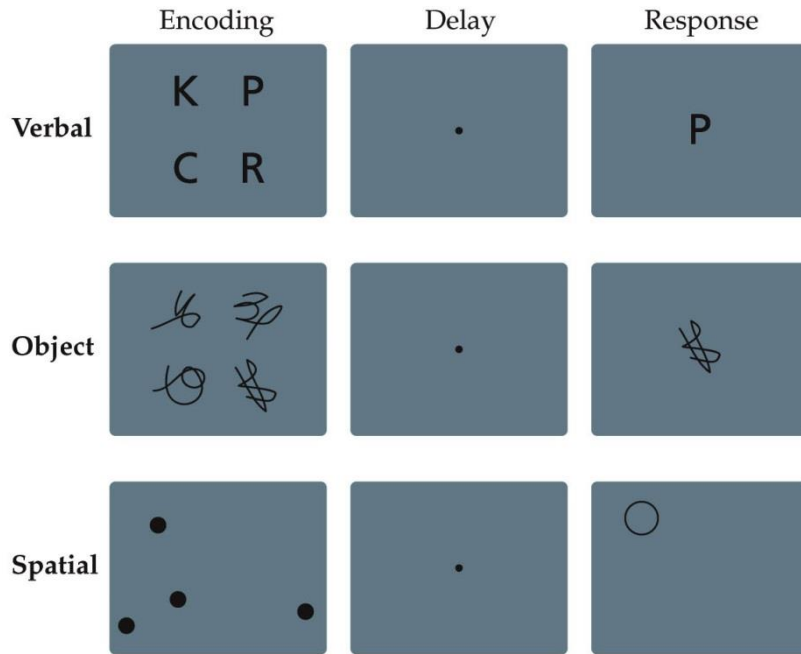
Response



Funahashi et al., 1989

# Funktionelle Bildgebungstudien mit Delay-Aufgaben

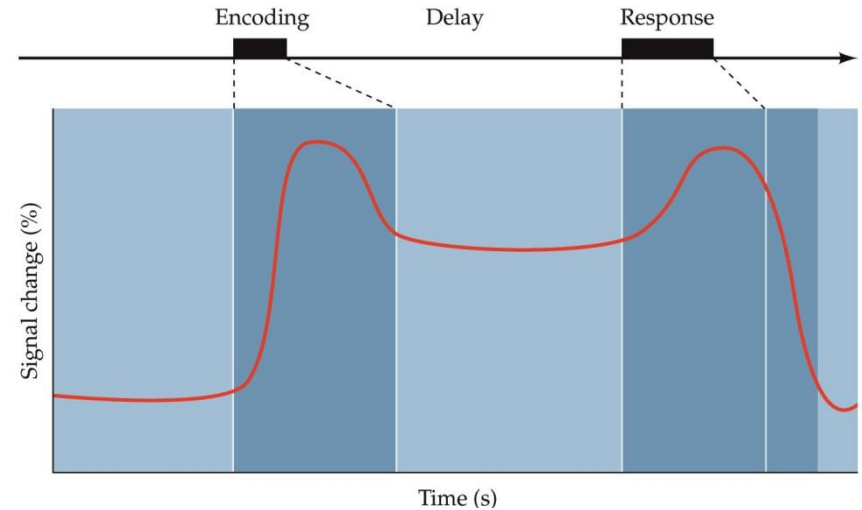
## (B) Delayed match-to-sample tasks



Principles of Cognitive Neuroscience, Box 16A (Part 2)

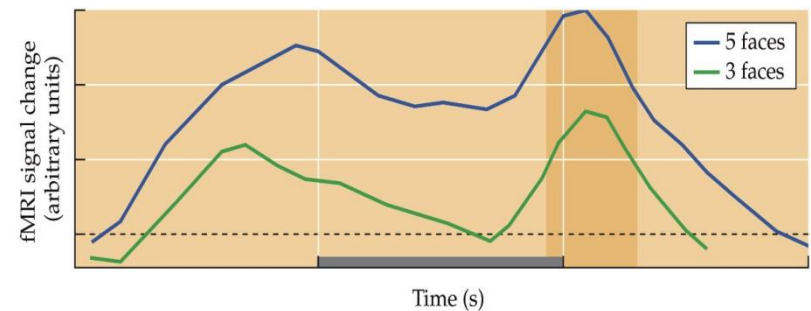
© 2008 Sinauer Associates, Inc.

## Delay activity in event-related fMRI



## Effekt der AG-Belastung auf fMRT-Aktivität

### (A) Load effect



---

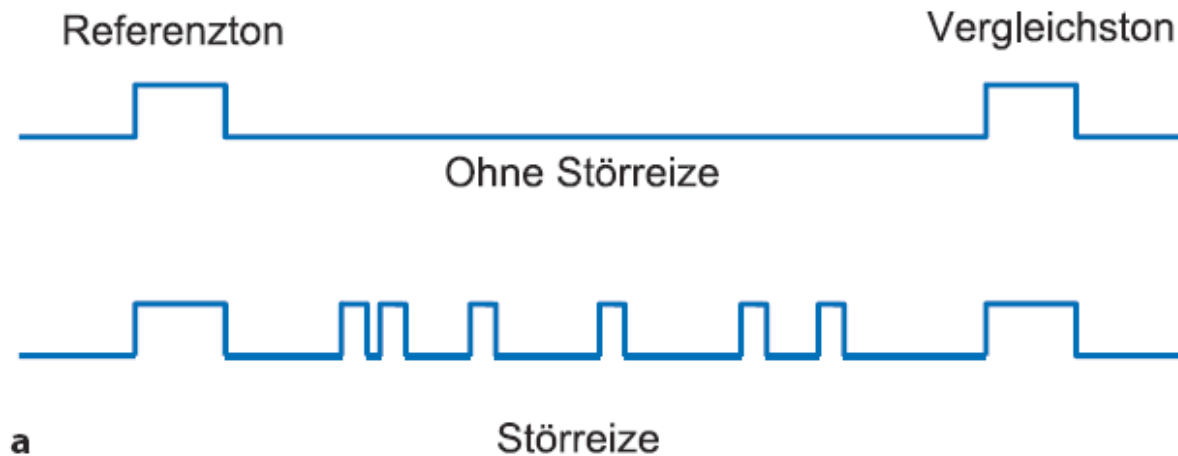
**Präfrontale Funktionen**  
**Abschirmung von Information gegen Interferenz**

# Delay-Neurone im dorsolateralen präfrontalen Cortex und Abschirmung gegen Interferenz

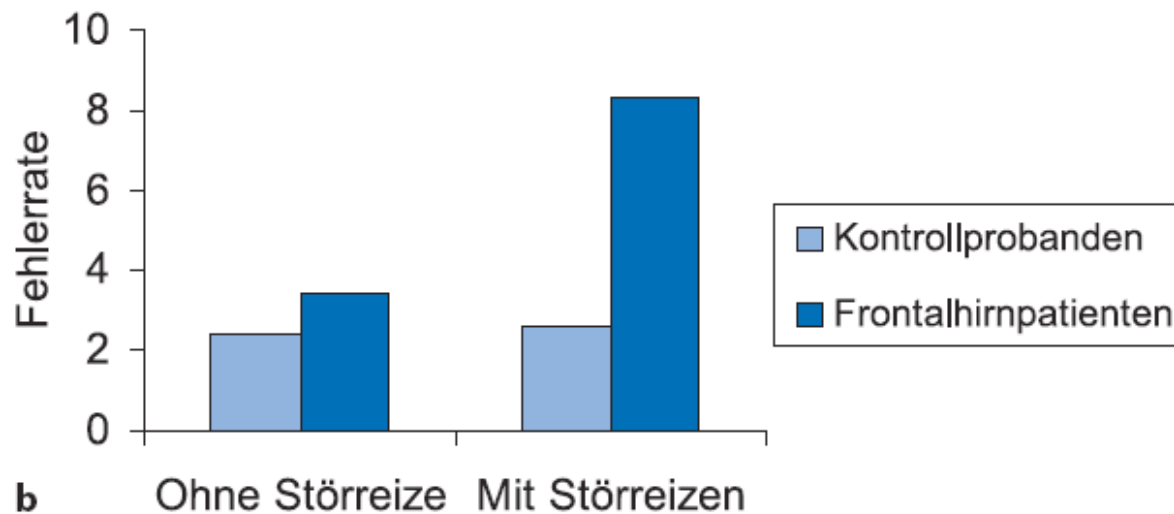
---

- Auch in anderen Hirnregionen (z.B. Temporalcortex, Parietalcortex) gibt es Neurone, die dauerhafte Aktivität in Delay-Aufgaben zeigen
- Aber: neuronale Aktivität in posterioren Kortexregionen kann leicht durch Ablenkungsreize während des Delays gestört werden
- Aktivität im dorsolateralen Präfrontalcortex bleibt trotz Ablenkung stabil → „Abschirmung“ von aufgabenrelevanter Information

Chao, L.L. & Knight, R.T. (1998). Contribution of human prefrontal cortex to delay performance. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 167–177.



**a**



**b**

# Fazit

---

- Der laterale präfrontaler Kortex ist an der aktiven Aufrechterhaltung und Abschirmung zielrelevanter Informationen beteiligt
- Dies ist eine zentrale Voraussetzung für die „top-down“ Modulation sensorischer, emotionaler und motivationaler Systeme durch Ziele, Aufgabenregeln und Intentionen

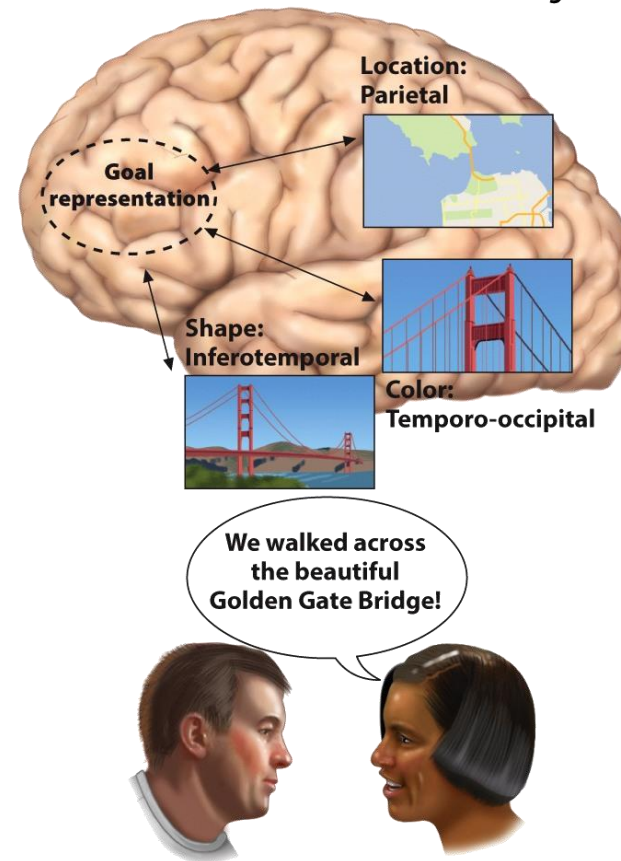
---

**Präfrontale Funktionen**  
**Top-down-Modulation perzeptueller Verarbeitungssysteme**  
**durch Zielrepräsentationen im Arbeitsgedächtnis**

# Top-down Modulation

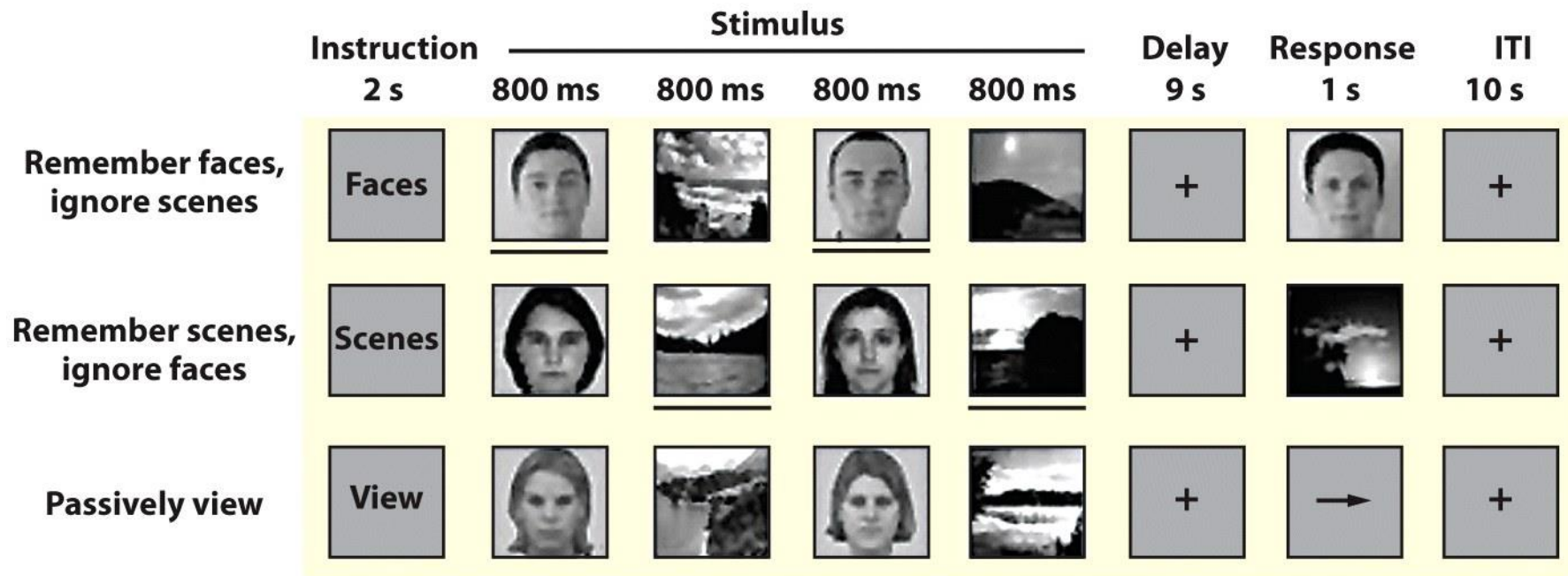
- *Vermutung*: Im PFC aktiv gehaltene Aufgaben- oder Zielrepräsentationen wirken modulierend auf die Aktivierung perzeptueller Repräsentationen und Langzeitgedächtnisinhalte in posterioren Kortexregionen

Working memory arises from the interaction of goal representations and the activation and maintenance of long-term knowledge



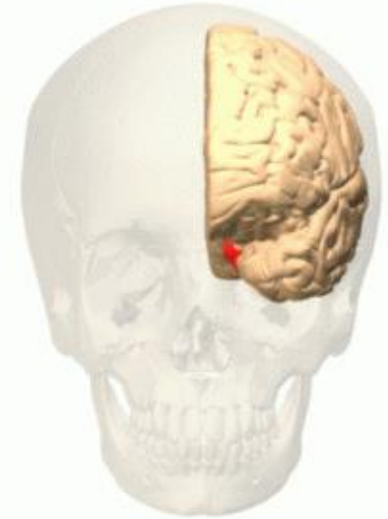
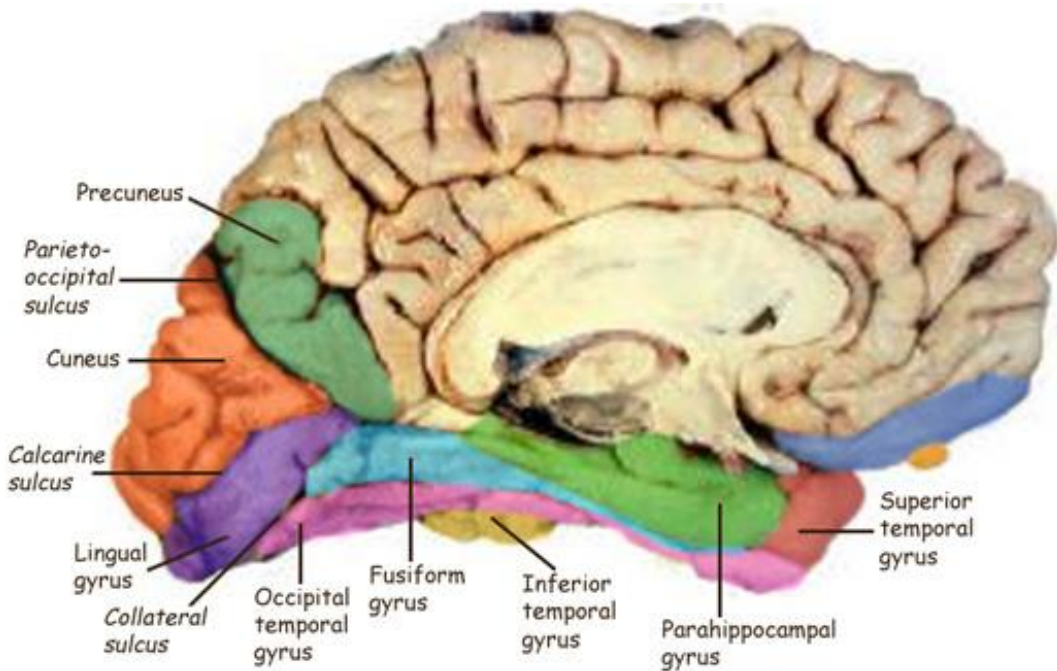
# Top-Down Modulation posteriorer Kortexregionen durch Aufgabenziele

In a delayed-response task, participants had to remember either faces or scenes.

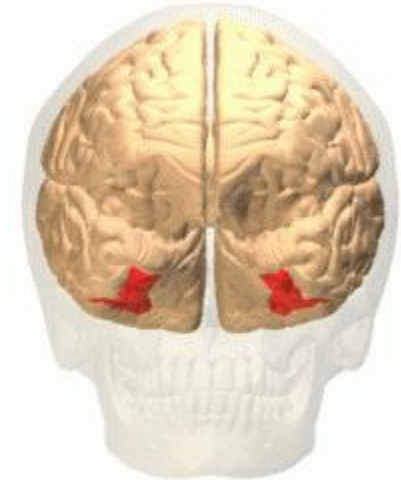


Gazzaley et al. (2005). J. of Cognitive Neuroscience, 17, 507-517.

# Top-Down Modulation posteriorer Kortexregionen durch Aufgabenziele



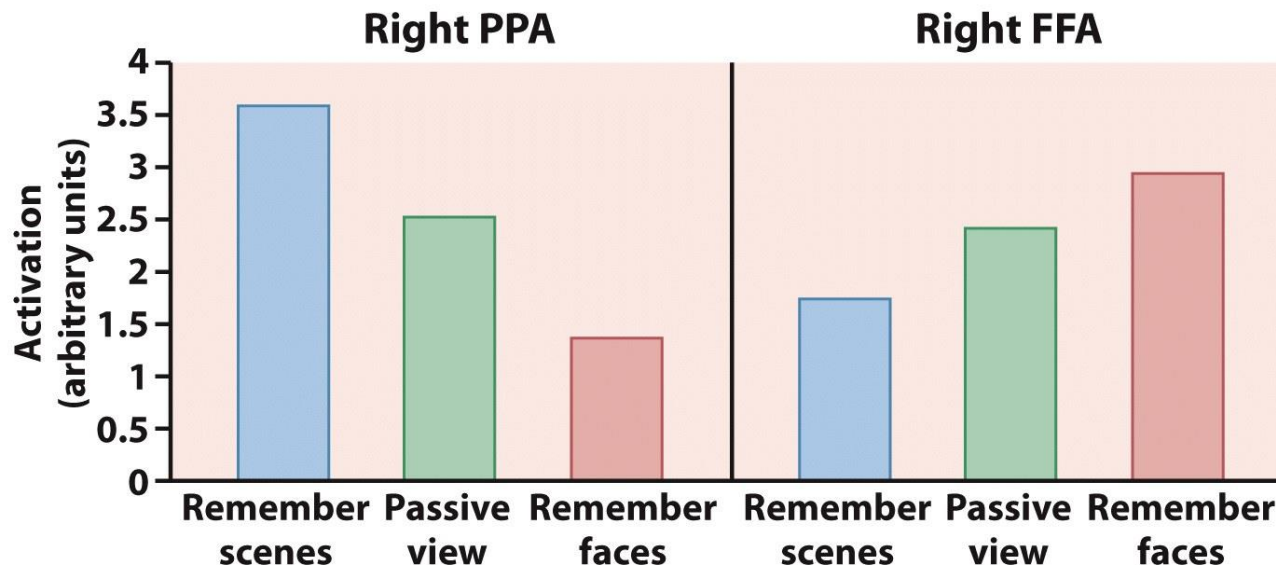
Parahippocampal cortex



Fusiform Gyus

# Top-Down Modulation posteriorer Kortexregionen durch Aufgabenziele

- Compared to a passive viewing control condition, activation in the parahippocampal place area (PPA) was greater when subjects attended to scenes and reduced when subjects attended to faces.
- The reverse effect was observed in the fusiform face area (FFA).



Gazzaley et al. (2005). J. of Cognitive Neuroscience, 17, 507-517.

---

**Präfrontale Funktionen**  
**Inhibition automatisierter Reaktionen**

# Benennen Sie bitte die Farben!

---

Grün

Rot

Blau

Gelb

Rot

Blau

Grün

Grün

Rot

Blau

Gelb

Rot

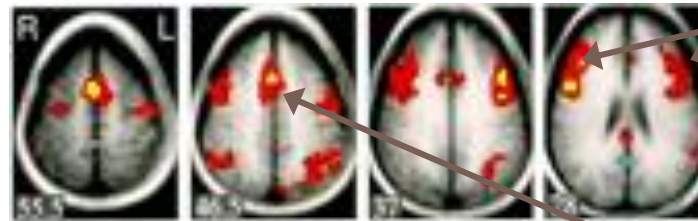
Blau

Grün

# Hirnaktivierung in der Farb-Wort-Interferenz-Aufgabe

Grün	Rot
Rot	Gelb
Blau	Grün
Gelb	Blau
Rot	Grün
Blau	Gelb

Kontrast: Inkongruente - kongruente Reize



Lateraler präfrontaler Cortex

Anteriorer cingulärer Cortex

Leung, Skudlarski, Gatenby, Peterson, & Gore (2000). *Cerebral Cortex*, 10, 552-560.

# Läsionen im rechten inferioren Frontalkortex beeinträchtigen die Reaktionsinhibition in der Stop-Signal-Aufgabe

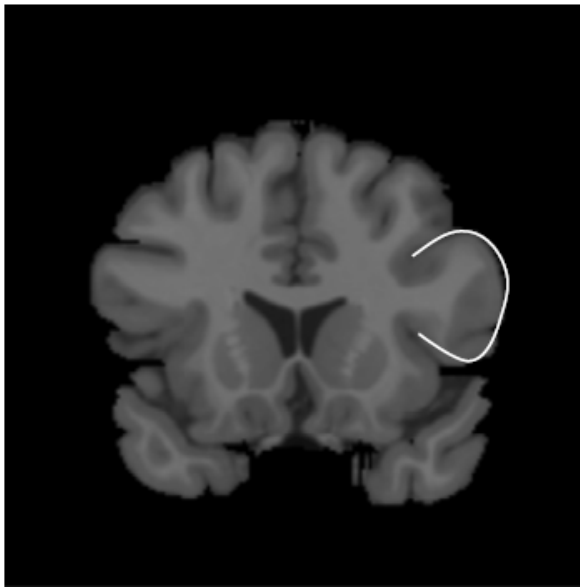
## GO-Trials

Cue → Reaktion

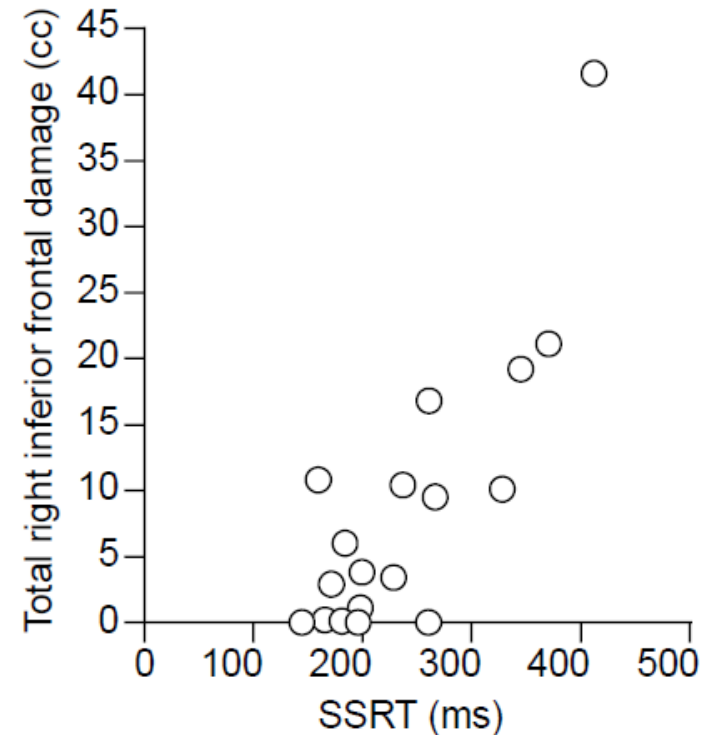
## Stop-Trials

Cue → Variables Delay → Stop-Signal (z.B. Ton)

(a)



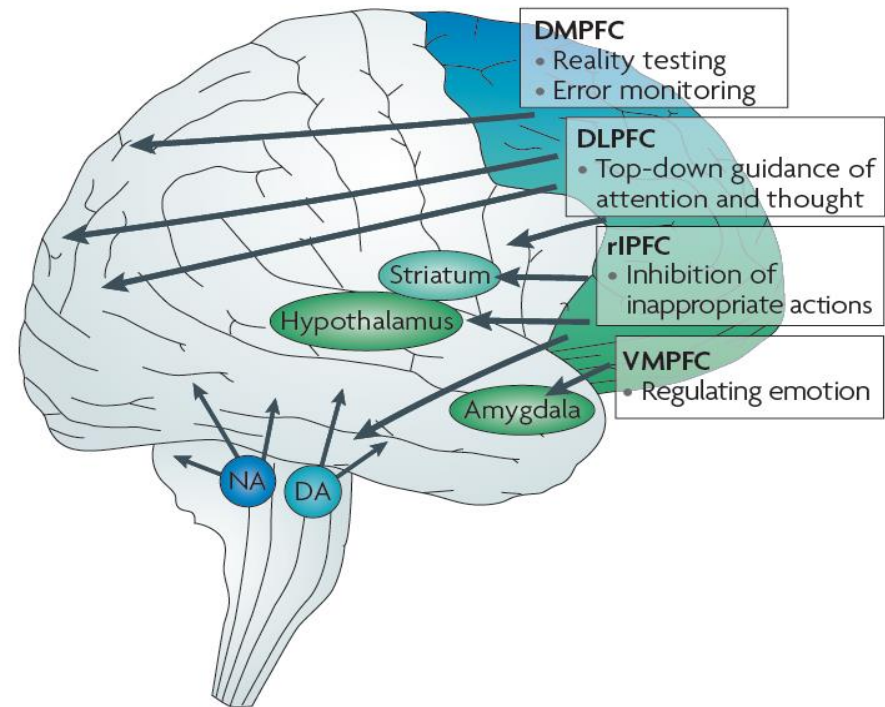
(b)



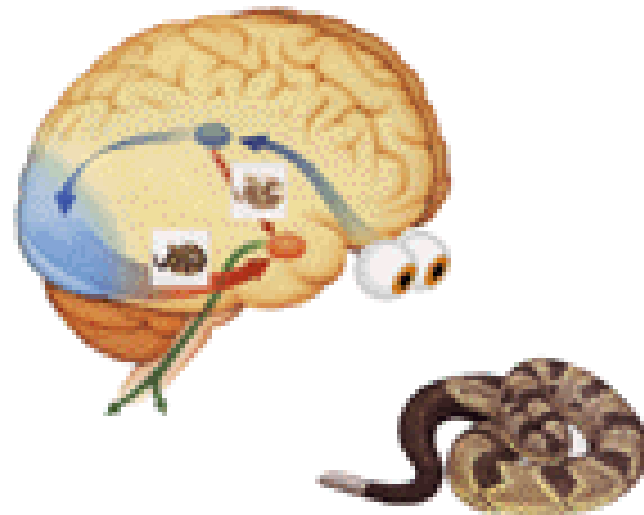
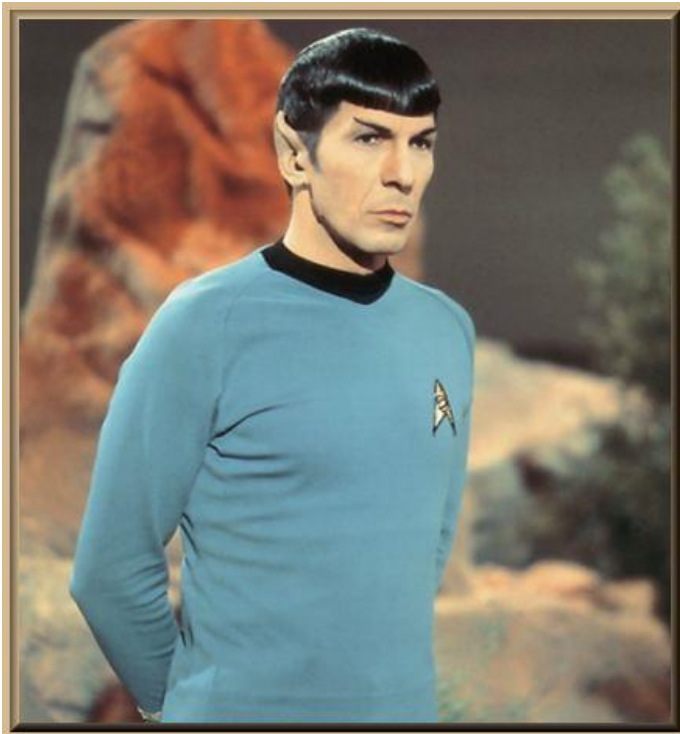
Aron, A. R., Robbins, T. W., & Poldrack, R. A. (2004). Inhibition and the right inferior frontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(4), 170-177

# Zusammenfassung: Funktionen des präfrontalen Kortex

- Planen und inneres Probehandeln
- Flexibles Wechseln zwischen Aufgabe und Zielen
- Aktive Aufrechterhaltung und Abschirmung von Zielrepräsentation
- Unterdrückung automatisierter Reaktionen
- Impulskontrolle und Emotionsregulation



## Frontale Funktionen Emotionsregulation



# Emotionsregulation

---



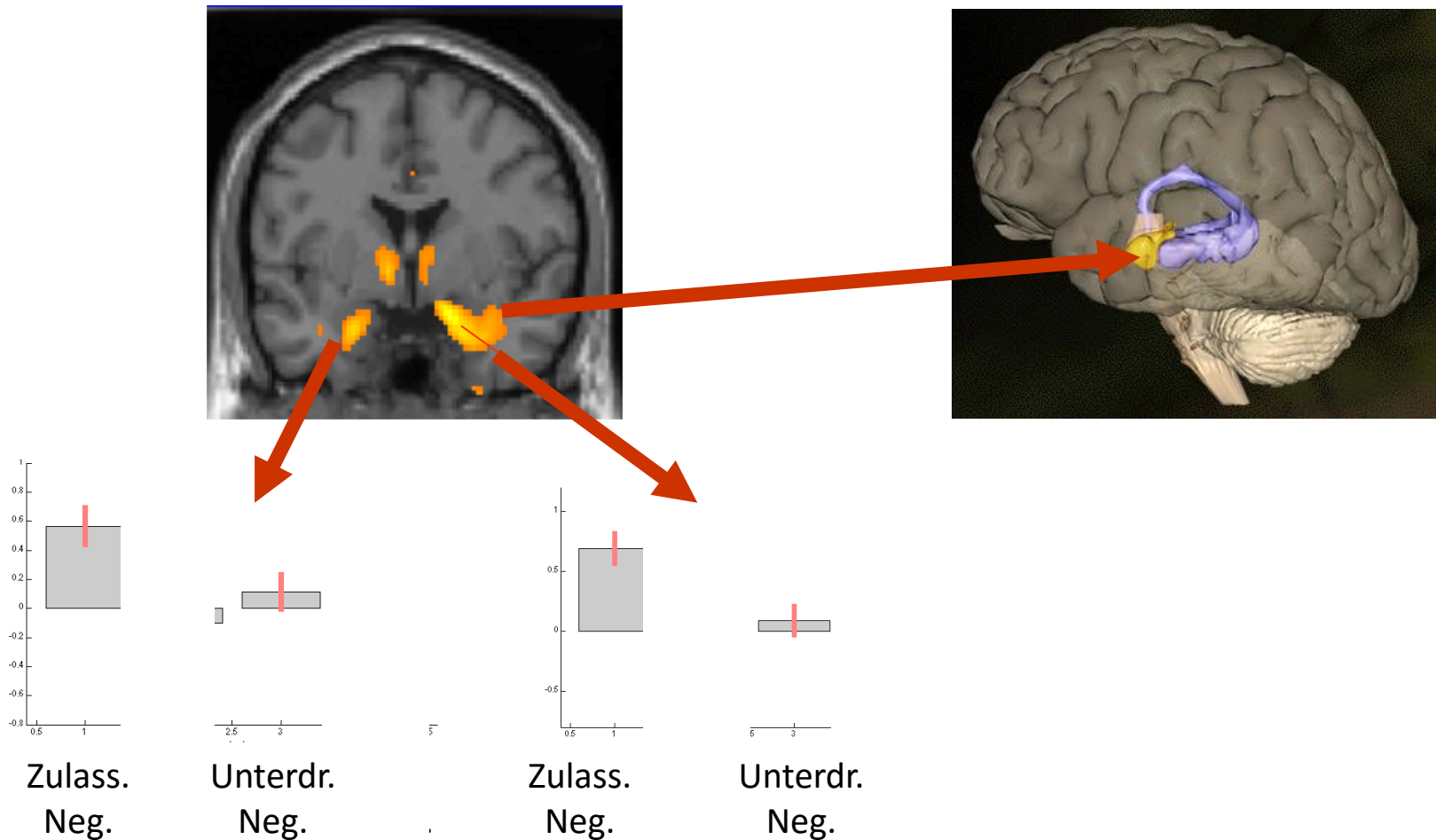
Walter, von Kalkreuth, Schardt, Stephan, Goschke, Erk, 2009

# Experiment zur Emotionsregulation

---

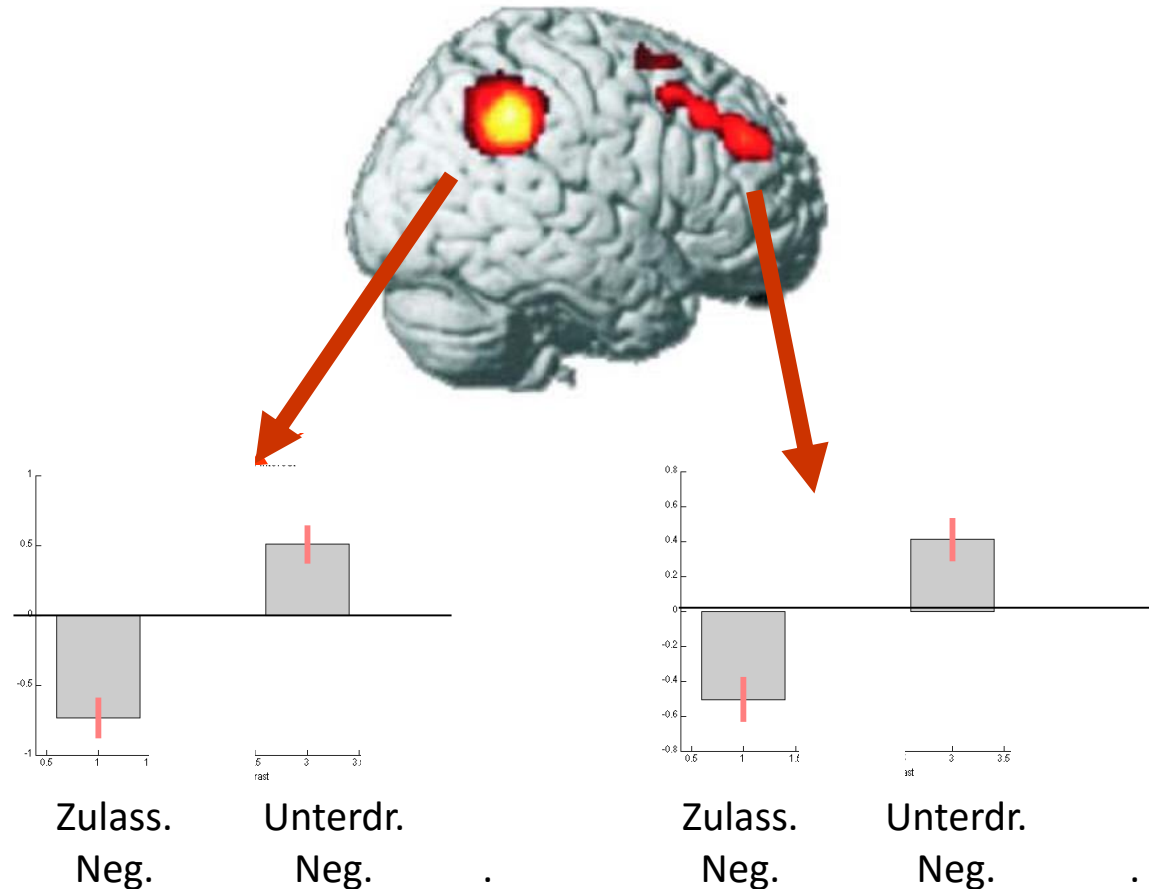


# Willentliche Emotionsunterdrückung korreliert mit reduzierter Aktivierung der Amygdala



Walter, von Kalkreuth, Schardt, Stephan, Goschke, Erk, 2009

# Willentliche Emotionsunterdrückung korreliert mit erhöhter Aktivierung im Frontal- und Parietalkortex

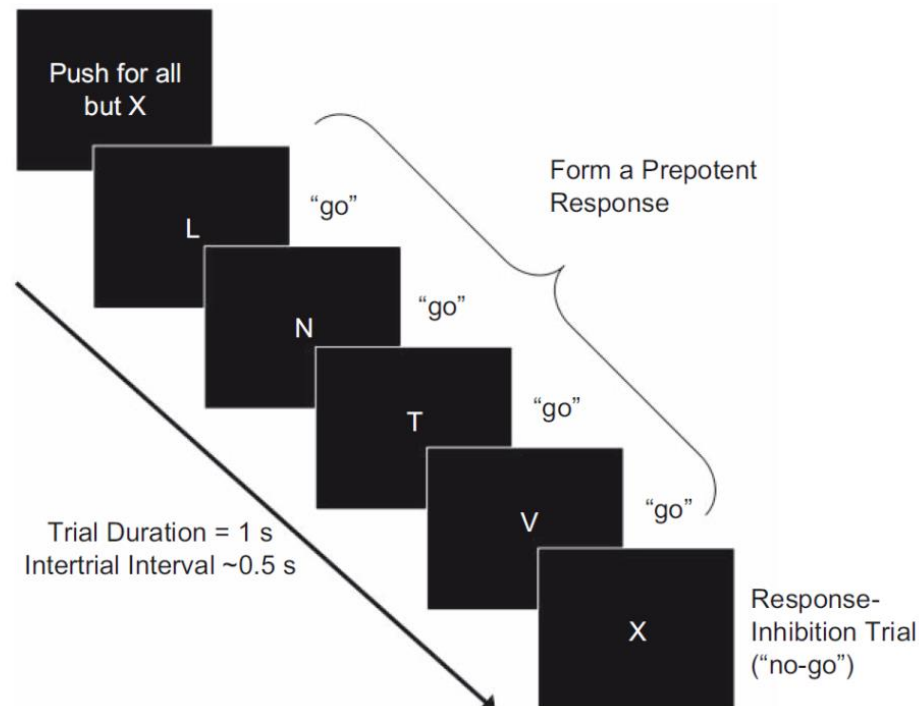


Walter, von Kalkreuth, Schardt, Stephan, Goschke, Erk, 2009

# Können Laboraufgaben zur Messung kognitiver Kontrolle alltägliche Selbstkontrolle vorhersagen?

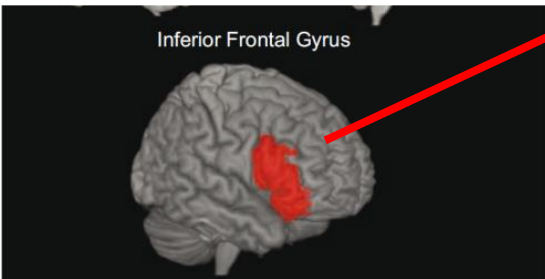
Berkman, Falk & Lieberman, 2011, *Psychol. Science*

- 27 Raucher mit der Absicht, das Rauchen aufzugeben
- Go/no-go Aufgabe im MRTR-Scanner
- „Erlebnis-Sampling“: 8 pro Tag für 3 Wochen → Probanden registrierten Stärke des Verlangens zu Rauchen und Anzahl der danach tatsächlich gerauchten Zigaretten

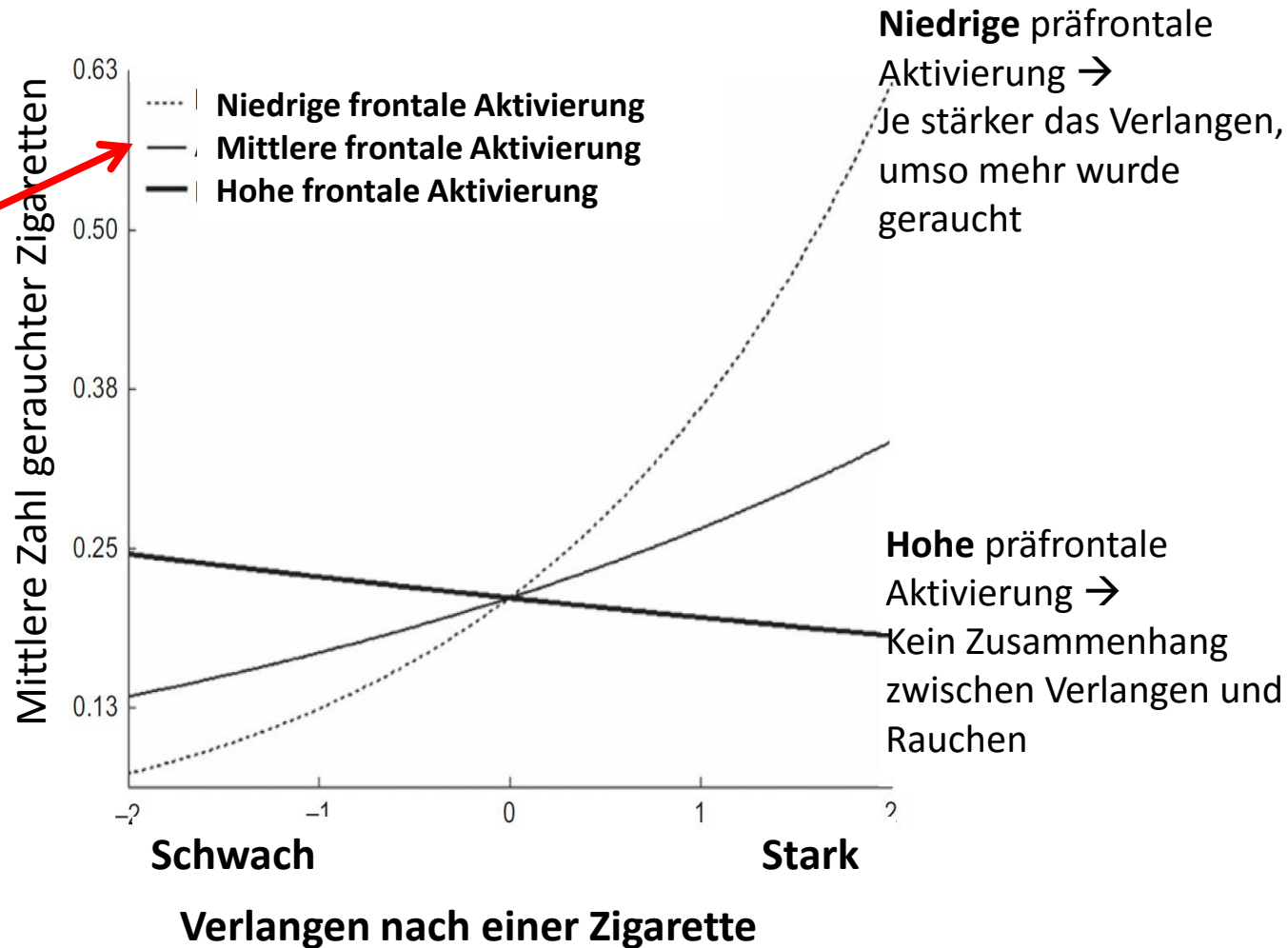


# Können Messungen der Hirnaktivität im Labor alltägliche Selbstkontrolle vorhersagen?

Berkman et al., 2011, Psychol. Science



Aktivierung im rechten inferioren Frontalkortex in NoGo (Inhibitions-) Durchgängen



# Regulation of nicotine craving by focusing attention on long-term consequences

Kober et al. (2010). *PNAS*.

- Probanden wurden instruiert, Aufmerksamkeit auf unmittelbare Gefühle oder langfristige Konsequenzen zu richten

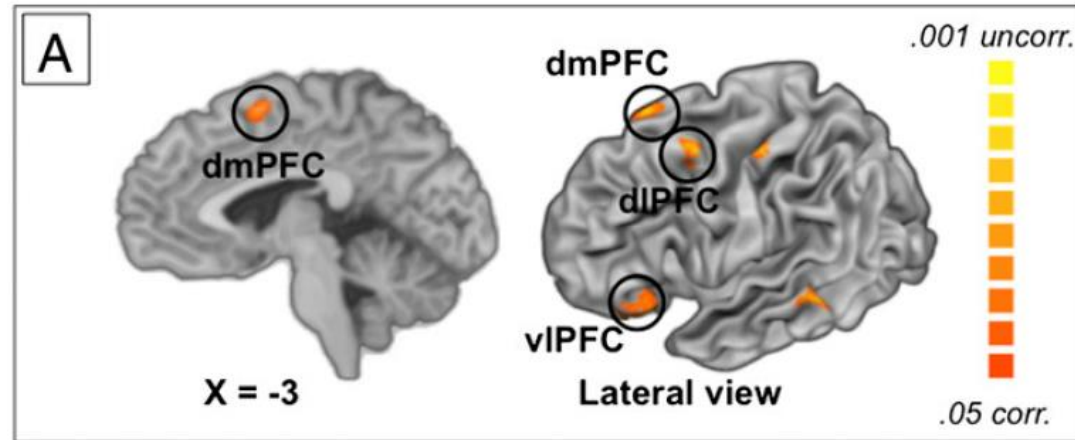
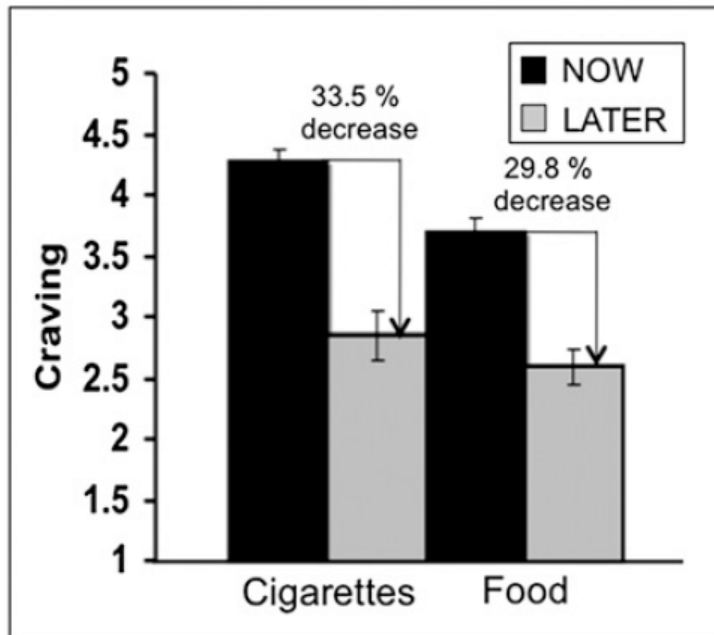


# Regulation of nicotine craving by focusing attention on long-term consequences

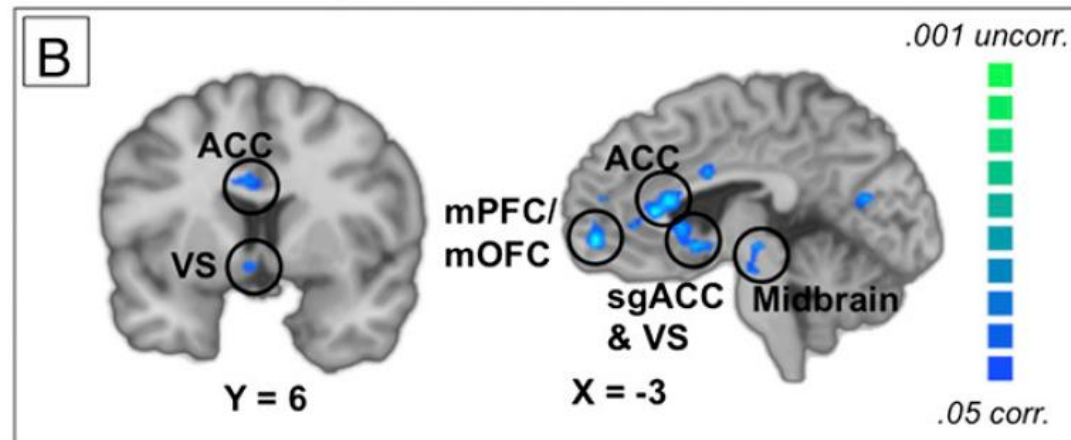
Kober et al. (2010). *PNAS*.

Brain regions showing greater activation in LATER vs. NOW trials

Reduced craving when focusing on long-term consequences



Brain regions involved in cue-induced craving or emotion showing reduced activation in LATER vs. NOW trials



# Zusammenfassung: Präfrontaler Kortex und kognitive Kontrolle

---

- Anpassung des Verhaltens an wechselnde Ziele und Aufgaben
  - Abschirmung von zielrelevanten Informationen gegen störende Reize
  - Unterdrückung automatisierter Reaktionen
  - Emotionsregulation
  - Selbstkontrollierte Entscheidungen
- *Flexible Kontrolle neuer oder ungeübter Handlungen, die nicht durch automatisierte Reaktionen bewältigt werden können*