



Vorlesung WS 2017/18
Motivation, Emotion, Volition

Kognitive Kontrolle und präfrontaler Kortex

Thomas Goschke

Literaturempfehlungen

Goschke, T. (2016). Volition und kognitive Kontrolle. In J. Müsseler & M. Rieger (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie (3. 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*. (2nd 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

Miller & Cohen (2001). *Annual Review of Neuroscience*.

Goschke (2016). In Müsseler & Rieger (Hrsg.) *Allgemeine Psychologie*.

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

Kognitive 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



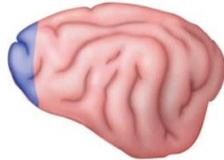
Emotionsregulation



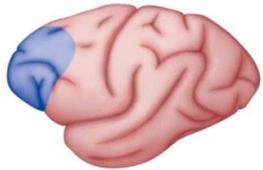
Kognitive Kontrolle und willentliche Handlungssteuerung als Ergebnis der Gehirnevolution



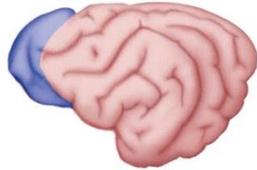
Squirrel monkey



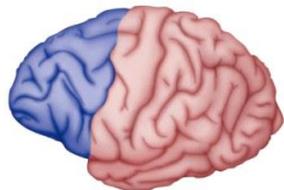
Cat



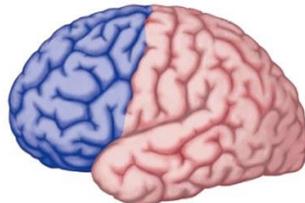
Rhesus monkey



Dog



Chimpanzee



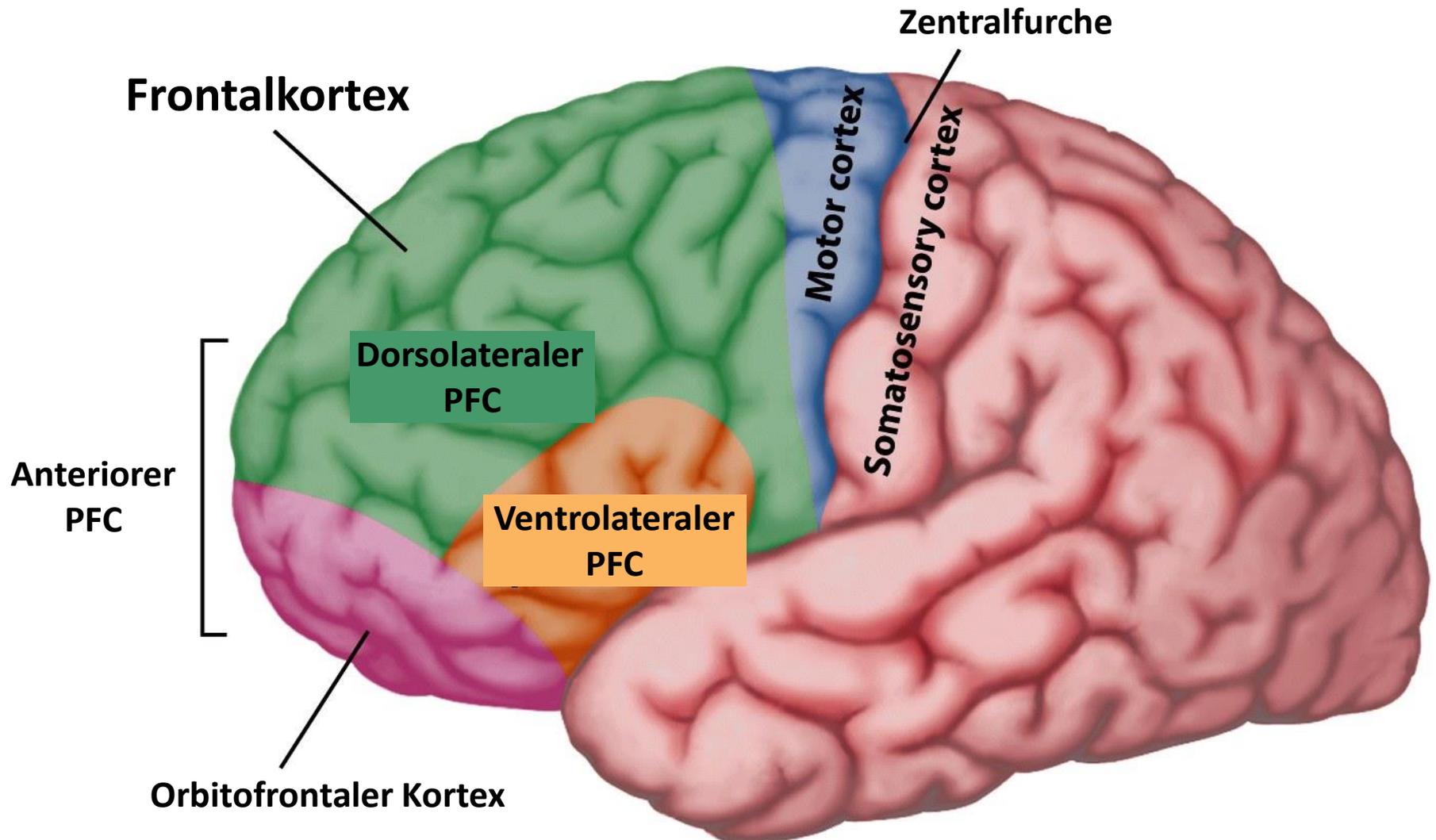
Human

Expansion neokortikaler Assoziationsfelder und insb. des Frontalhirns

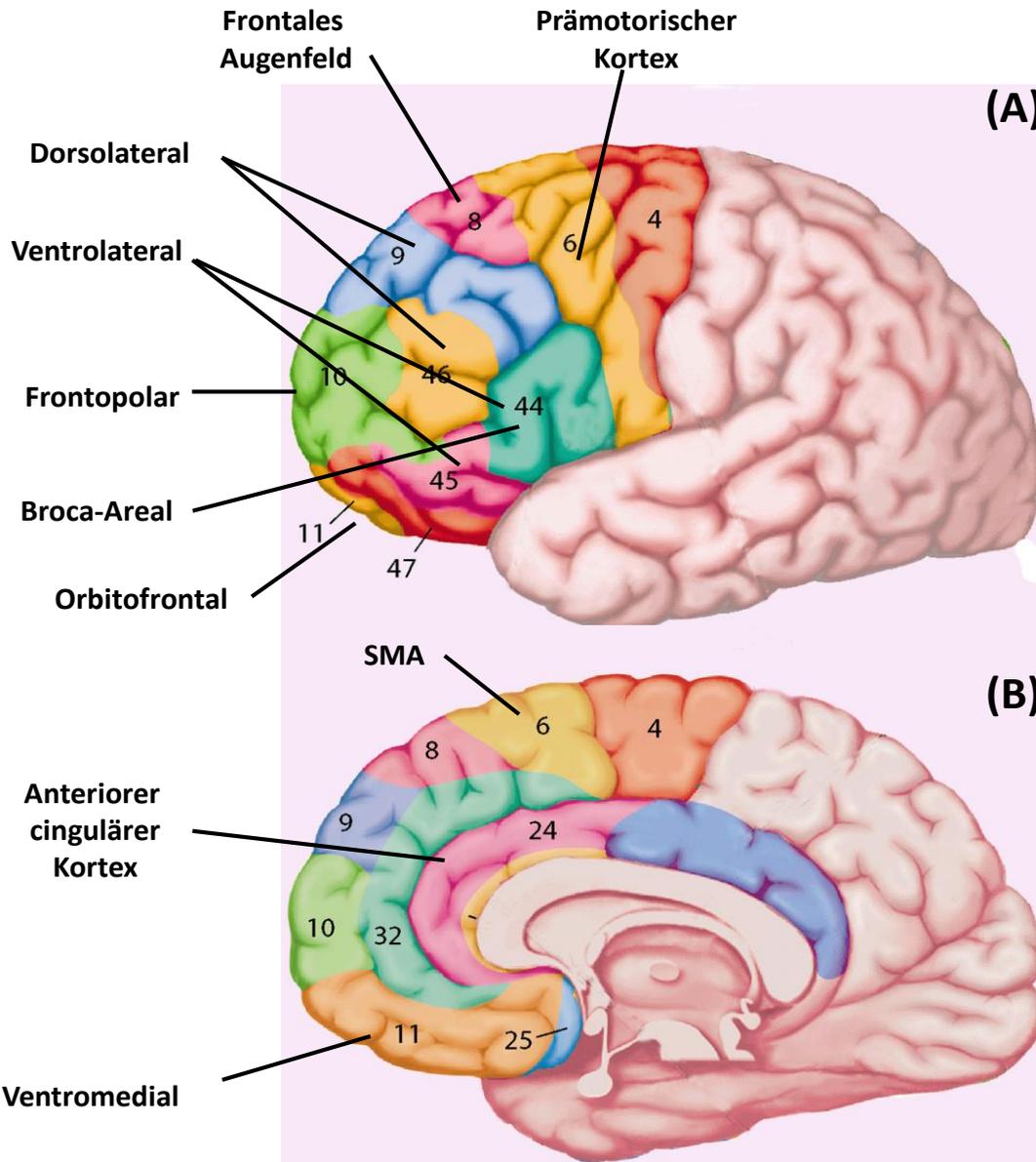
- Erweiterter Zeithorizont: Antizipation von *beliebig weit in der Zukunft* liegenden Handlungsfolgen
- Planen und mentales Probehandeln
- Antizipation zukünftiger Bedürfnisse
- Belohnungsaufschub im Dienste langfristiger Ziele

→ Abkoppelung des Verhaltens von der *unmittelbaren* Reizsituation

Frontalhirn

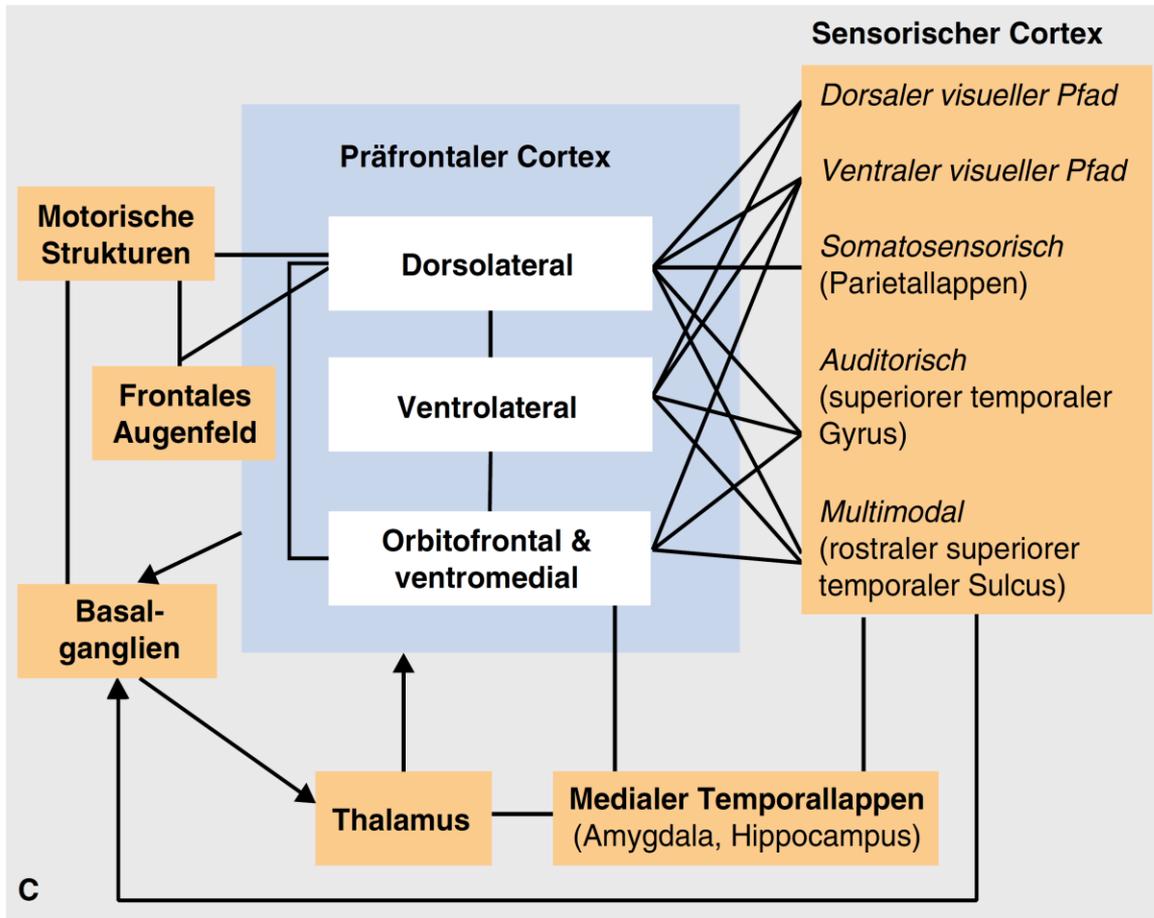


Präfrontaler Kortex



- *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

Schematische Darstellung wichtiger Verbindungen des präfrontalen Cortex (PFC) mit anderen Hirnregionen



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

→ Integrative Funktionen
→ Kontrollfunktionen (Top-Down-Modulation)

Aber: PFC ist keine einheitliche “zentrale Exekutive” die einseitig untergeordnete Systeme kontrolliert, sondern präfrontale Prozesse werden ihrerseits durch emotionale, motivationale und Belohnungssysteme moduliert

Aus Goschke (2016) in Müsseler und Rieger: *Allgemeine Psychologie*.
(Adaptiert nach Miller & Cohen (2001). *Annual Review of Psychology*.)

Folgen von Frontalhirnläsionen

- Dissoziation von Intention und Handlung
- Planungsdefizite
- Reizabhängiges Verhalten und beeinträchtigte Unterdrückung von Gewohnheitshandlungen
- Perseveration und beeinträchtigte kognitive Flexibilität

Präfrontale Funktionen

Übersetzung von (verbalen) Intentionen in Handlungen

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.“

Präfrontale Funktionen

Planen und Koordination multipler Ziele

Folgen beeinträchtigter kognitiver Kontrolle bei Patienten mit Frontalhirnläsionen: Planen und sequentielle Organisation

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)

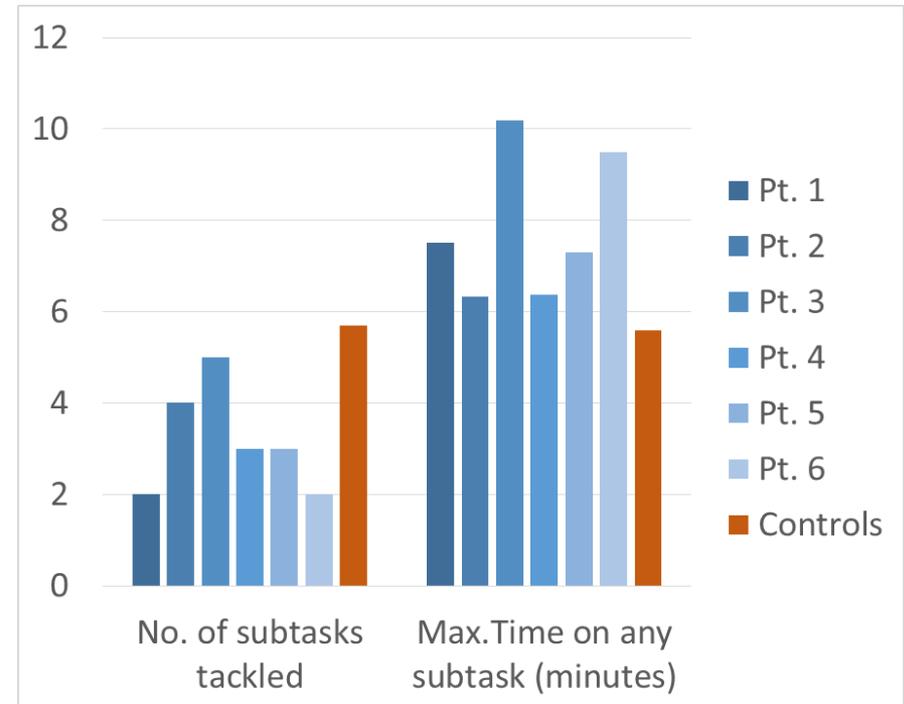
Penfield, W. and Evans, J. The frontal lobe in man: A clinical study of maximum removals. *Brain* 58, 115-133, 1935.

Folgen beeinträchtigter kognitiver Kontrolle bei Patienten mit Frontalhirnläsionen: Planen und sequentielle Organisation

- **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 beeinträchtigter kognitiver Kontrolle bei Patienten mit Frontalhirnläsionen: Planen und sequentielle Organisation

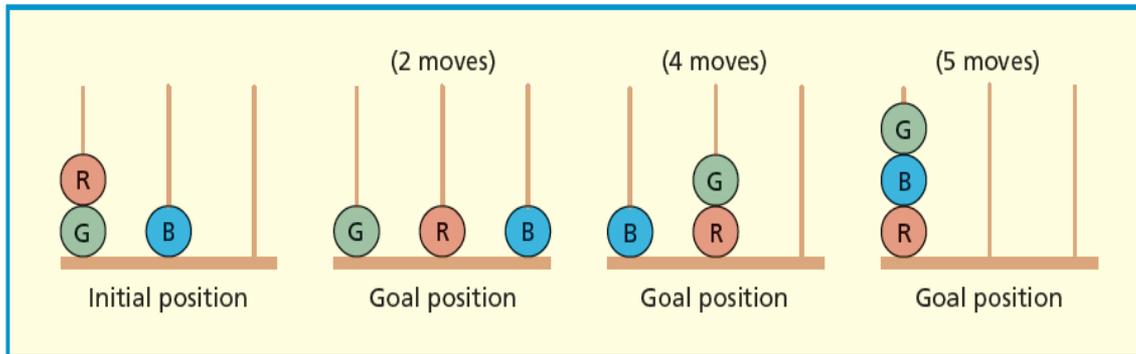
- **Six Elements Test (Shallice & Burgess, 1991)**
 - Patienten sollten 6 Aufgaben innerhalb einer begrenzten Zeit erledigen
 - Z.B. die Fahrt zur Klinik aufschreiben; die Namen möglichst Bilder aufschreiben; so viel Rechenaufgaben lösen wie möglich; etc.
 - Jeder Aufgabe sollte in etwa die gleiche Zeit 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)



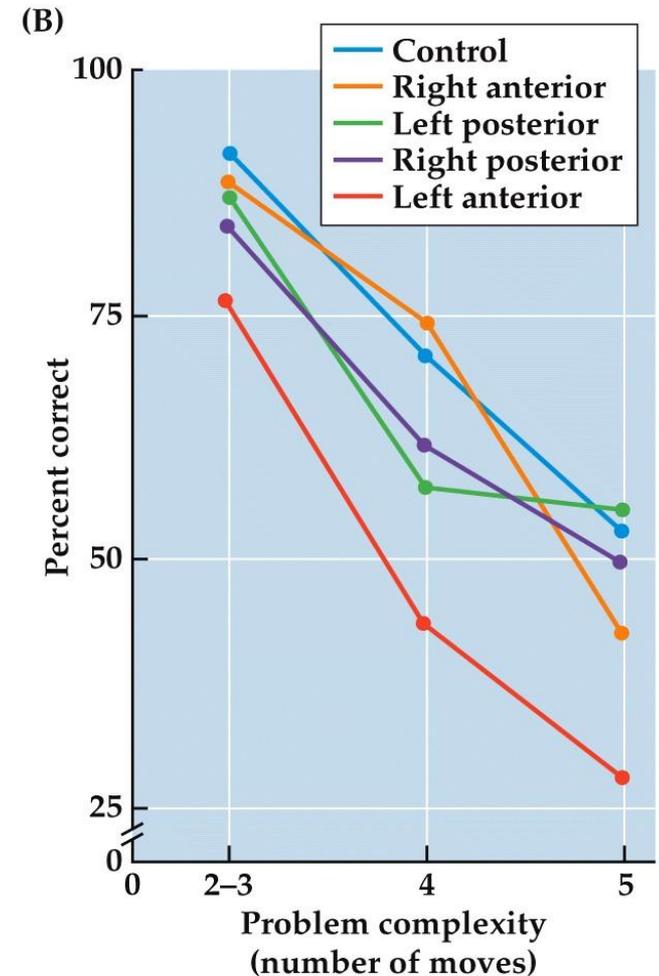
Folgen von Frontalhirnläsionen

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.

Präfrontale Funktionen
Inhibition automatisierter Reaktionen

Beeinträchtigte kognitive Kontrolle bei Frontalhirnläsionen: Environmental dependency syndrome und “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.

Benennen Sie bitte die Farben!

Grün

Rot

Blau

Gelb

Rot

Blau

Grün

Grün

Rot

Blau

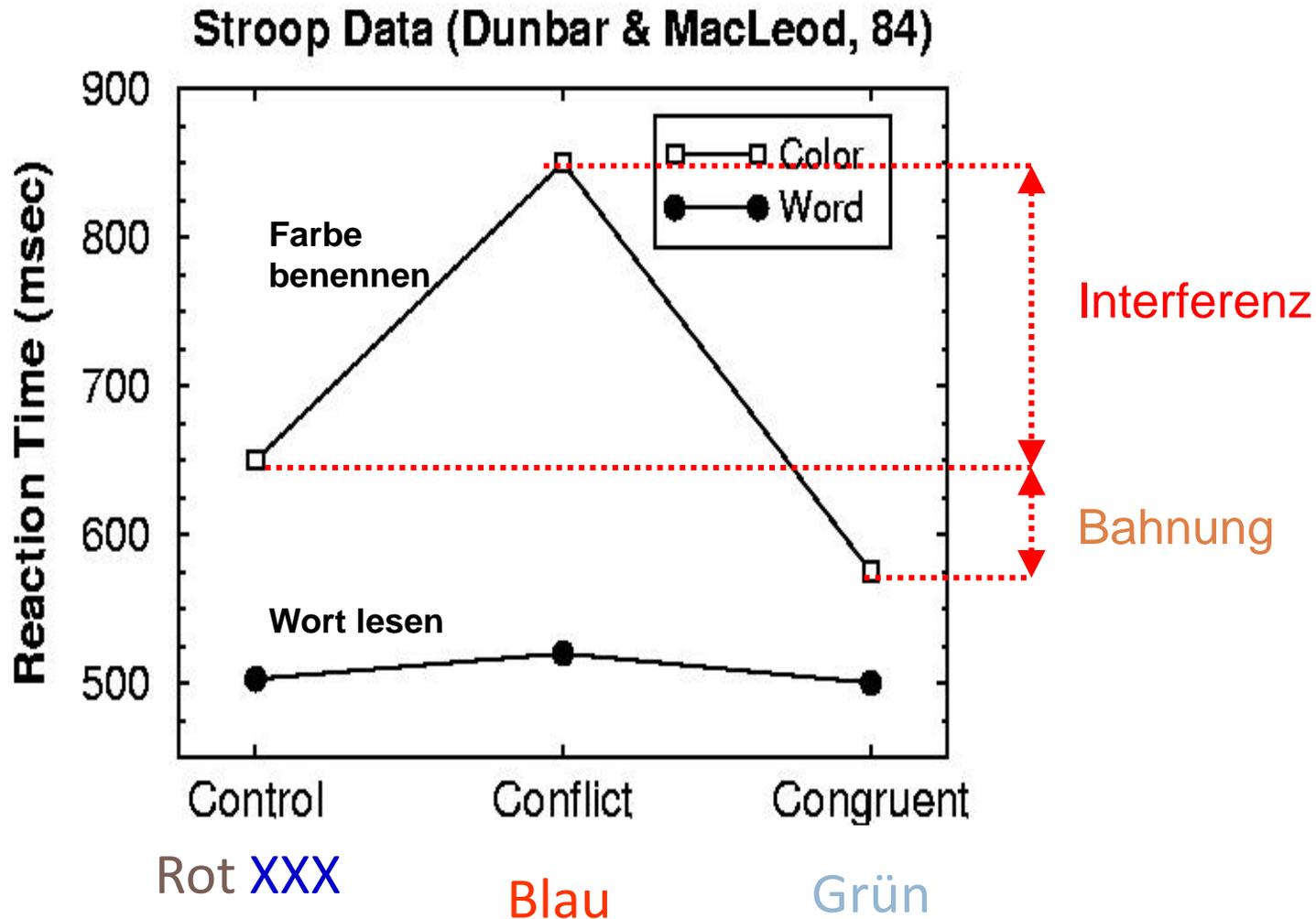
Gelb

Rot

Blau

Grün

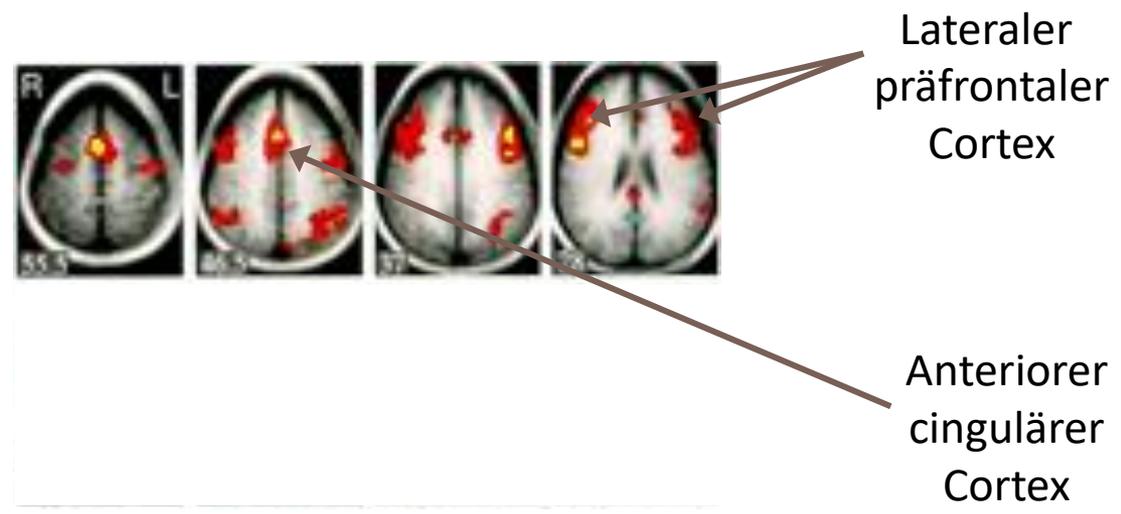
Reaktionszeiten in der Stroop-Aufgabe



Hirnaktivierung in der Farb-Wort-Interferenz-Aufgabe

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

Kontrast: Inkongruente - kongruente Reize



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

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

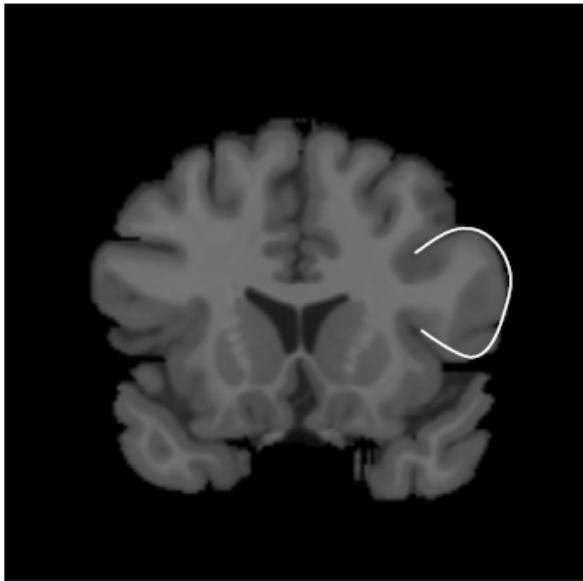
GO-Trials

Cue → Reaktion

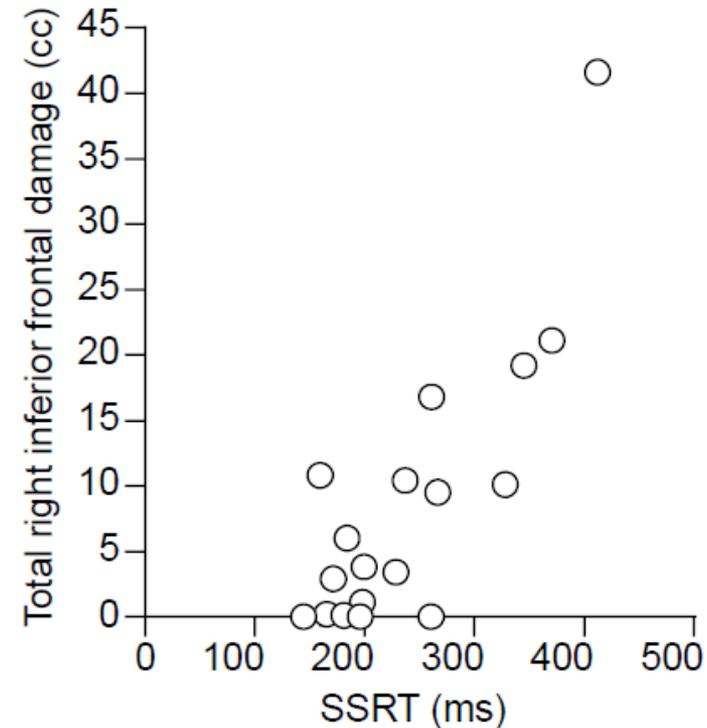
Stop-Trials

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

Präfrontale Funktionen
Aufmerksamkeitskontrolle und willentliche Regulation
motivationaler Tendenzen

Regulation des Nikotin-Verlangens durch Aufmerksamkeitfokussierung auf langfristige Folgen

Kober et al. (2010). PNAS.

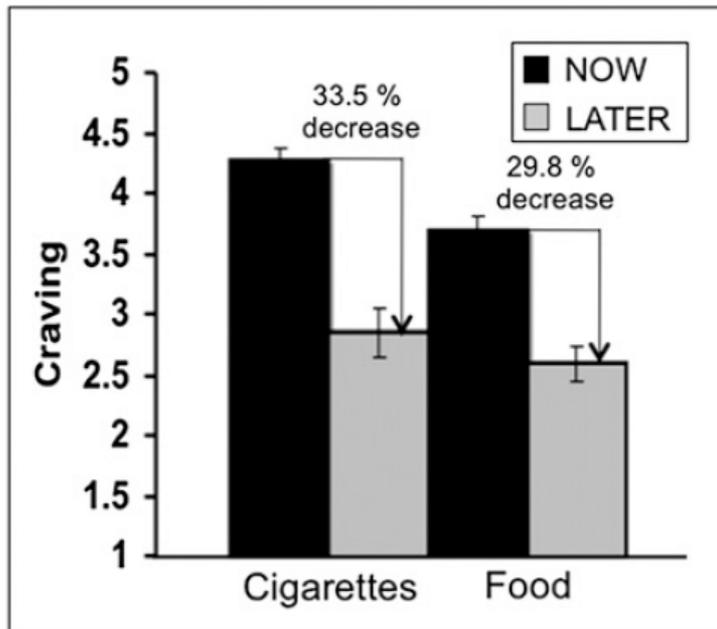
- Probanden wurden instruiert, Aufmerksamkeit auf unmittelbare Gefühle oder langfristige Konsequenzen zu richten



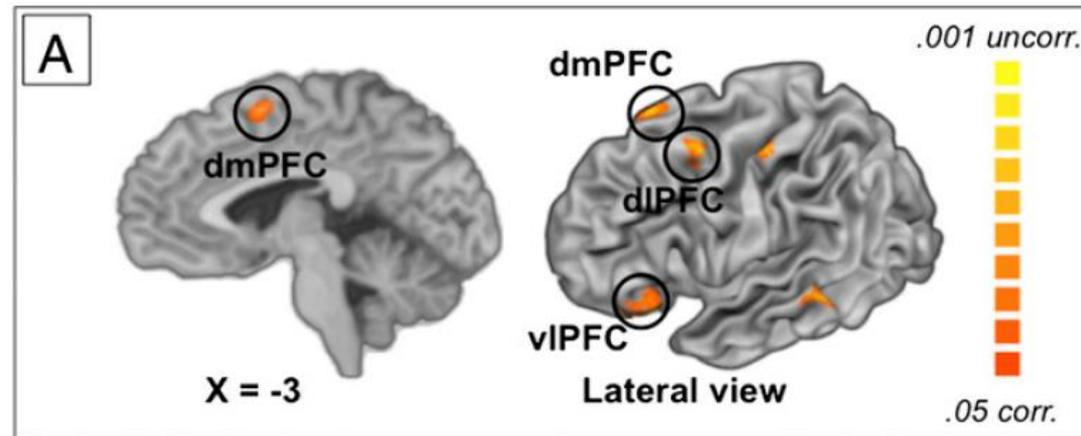
Kober et al. (2010). Prefrontal-striatal pathway underlies cognitive regulation of craving. *Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America*, 107(33), 14811-14816.

Regulation des Nikotin-Verlangens durch Aufmerksamkeitfokussierung auf langfristige Folgen

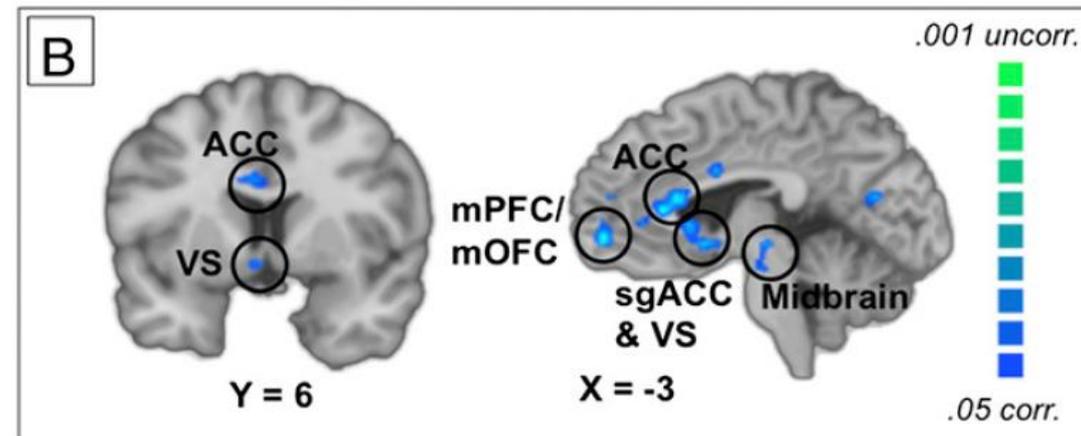
Reduziertes Verlangen wenn Aufmerksamkeit auf langfristigen Folgen gerichtet wurde



Erhöhte Aktivierung in präfrontalen Kontrollregionen



Reduzierte Aktivierung in Regionen die das Verlangen steuern



Präfrontale Funktionen
Aufrechterhaltung von Zielrepräsentationen

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

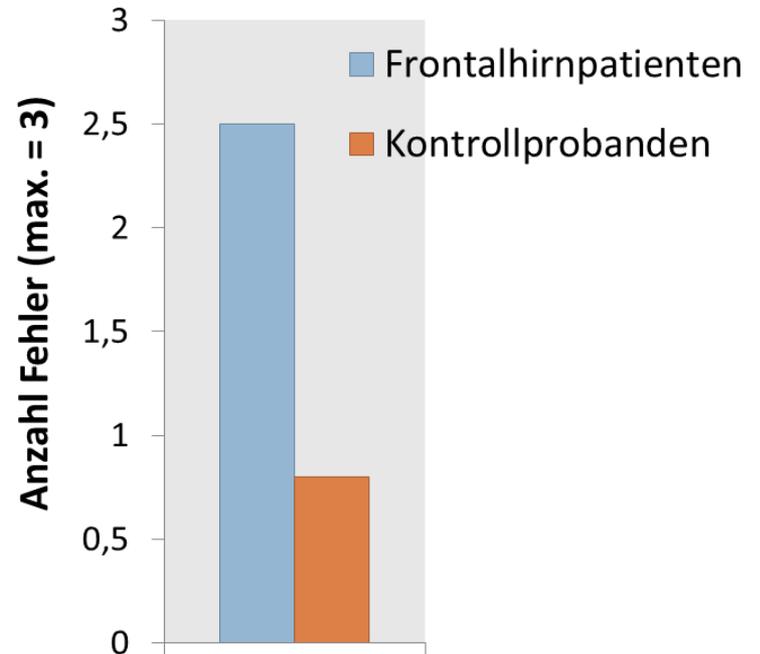
7

1

Folgen von Frontalhirnläsionen: Goal neglect

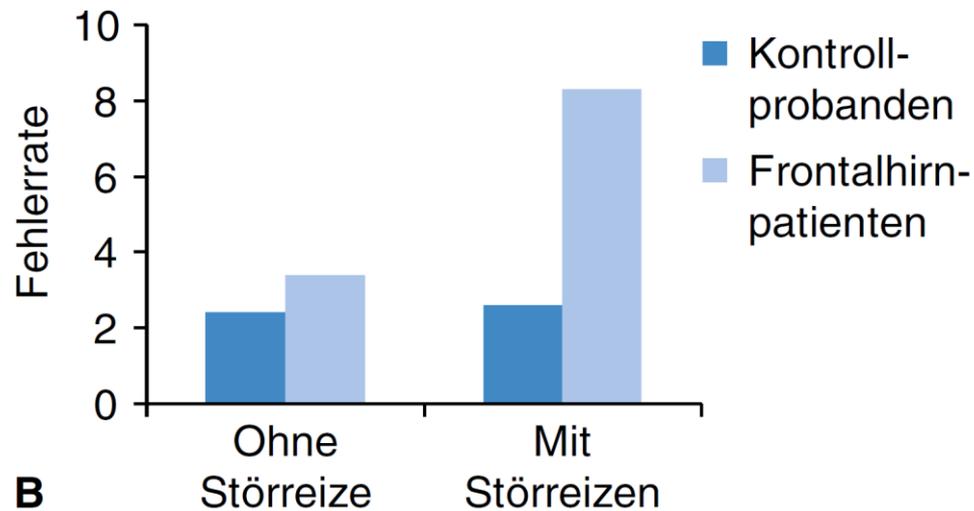
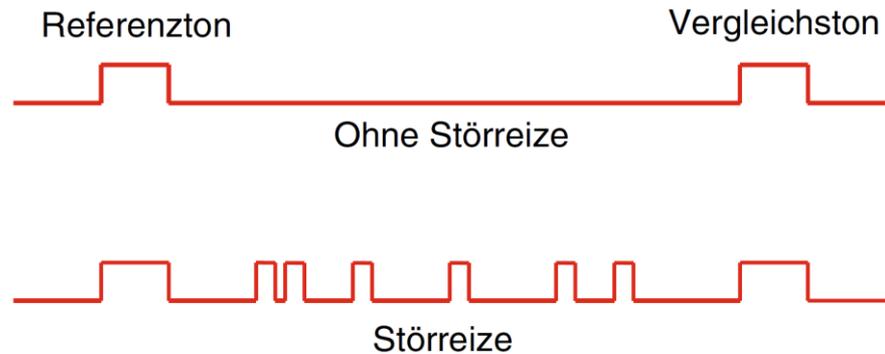
Patienten mit frontalen Läsionen vs. Kontrollpersonen

	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	2,5	0,8



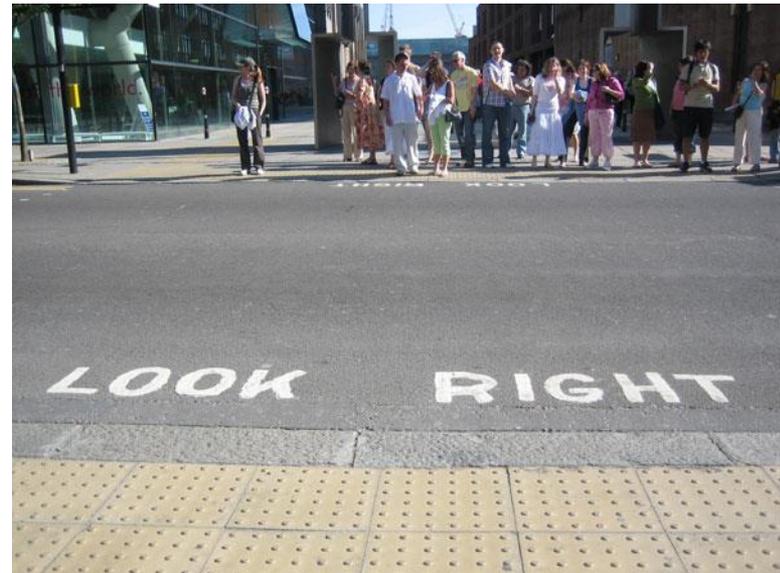
Präfrontale Funktionen
Abschirmung von Information gegen Interferenz

Abschirmung von Information gegen Interferenz



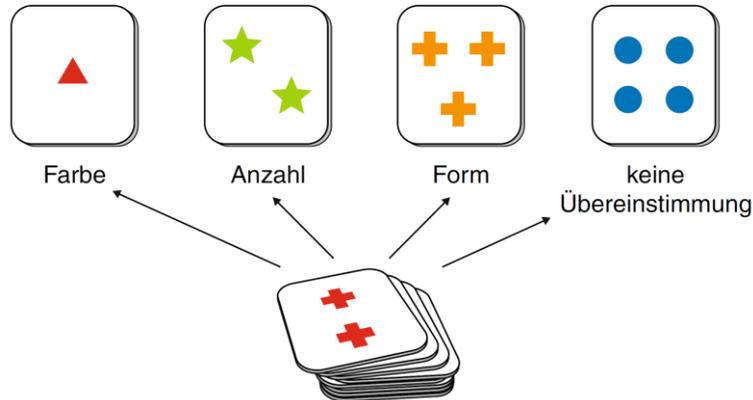
Präfrontale Funktionen

Kognitive Flexibilität: Anpassung des Verhaltens an wechselnde Ziele, Aufgaben und Kontexte

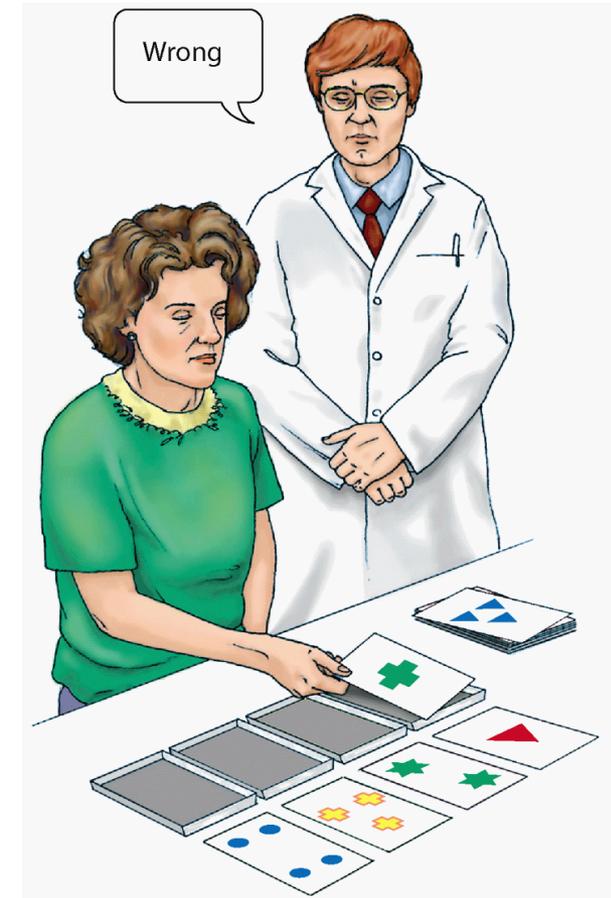


Folgen von Frontalhirnläsionen

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

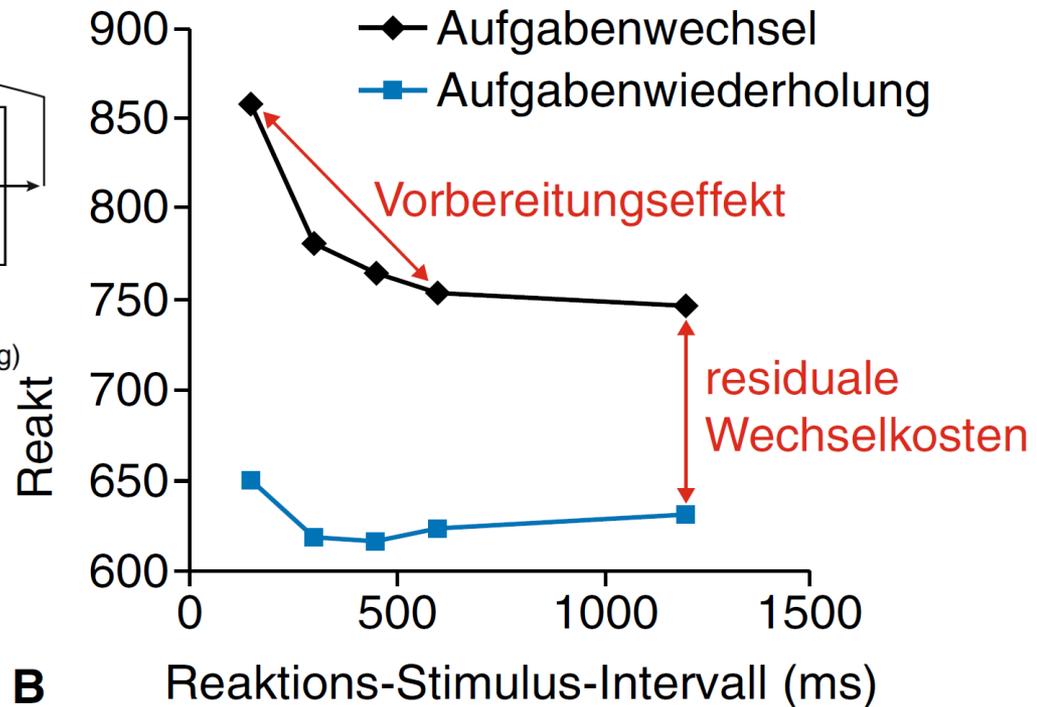
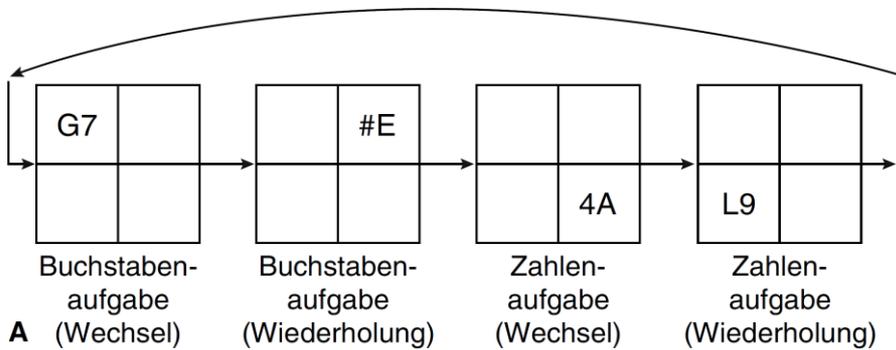
Buchstabe lesen

E
A
B
A
C
B
D

Abwechselnd Farbe
benennen und Buchstabe
lesen

C
A
E
B
A
D
B

Aufgabenwechselfparadigma

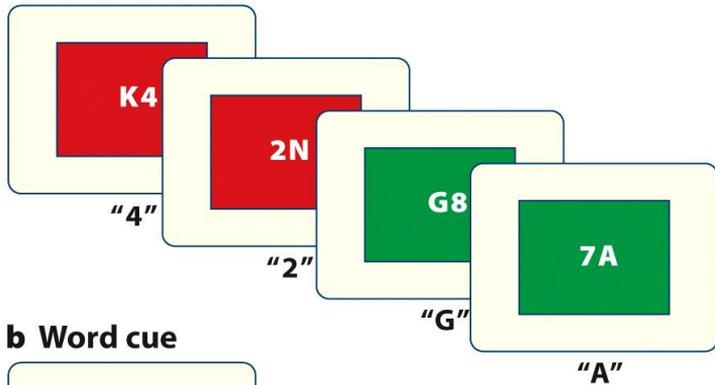


Aufgabenwechselfparadigma

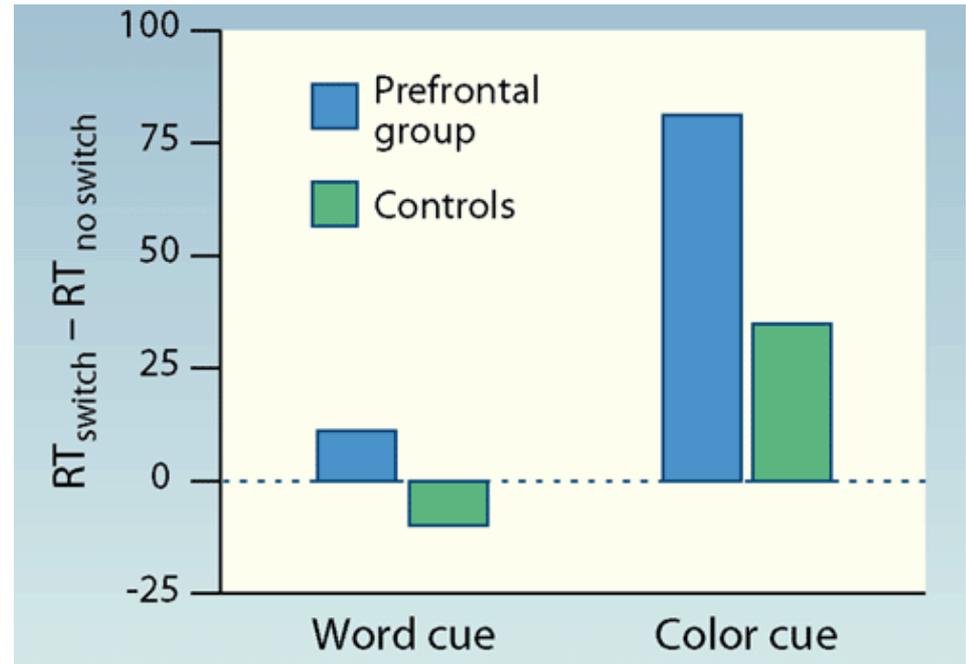
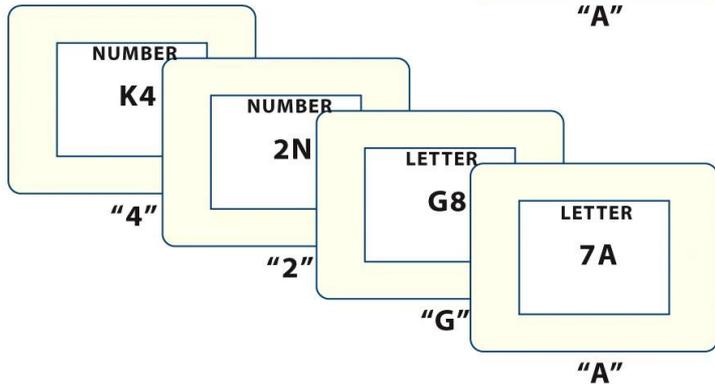
- Vp soll entweder Buchstabe oder Zahl benennen
- Aufgabe wird in jedem Trial durch (a) Farb-Cue oder (b) Wort-Cue angezeigt

Task-switching experiment

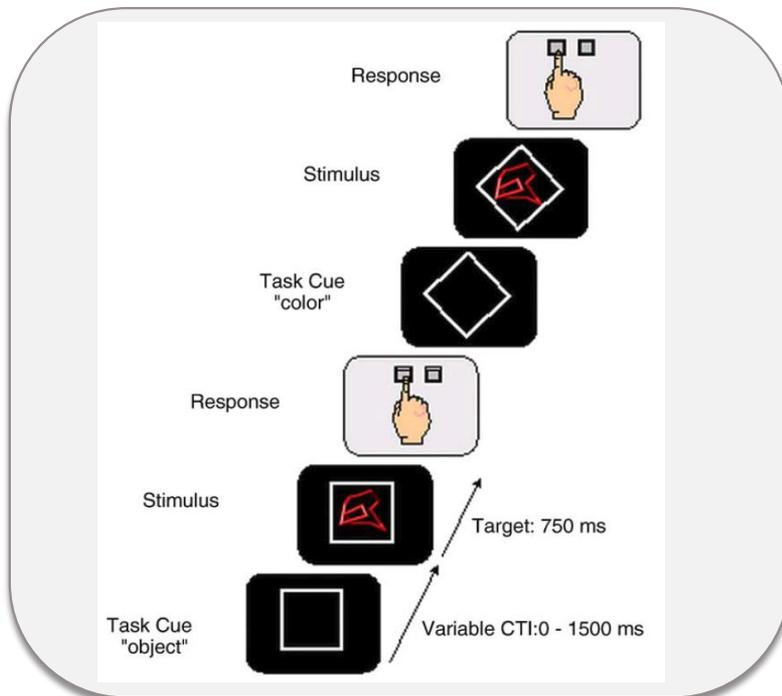
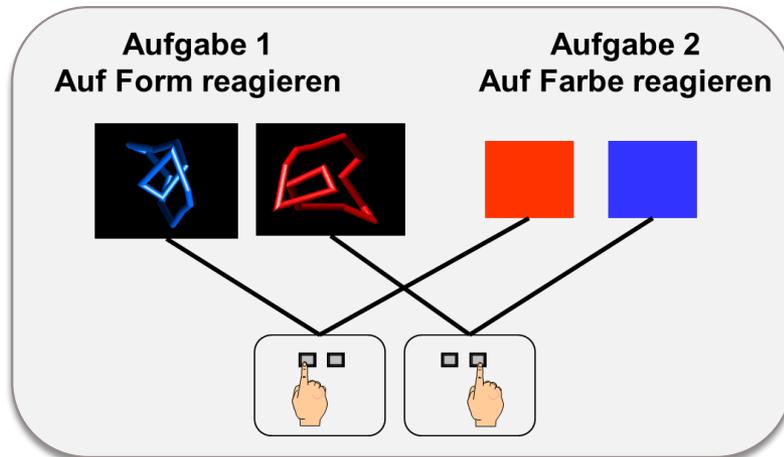
a Color cue



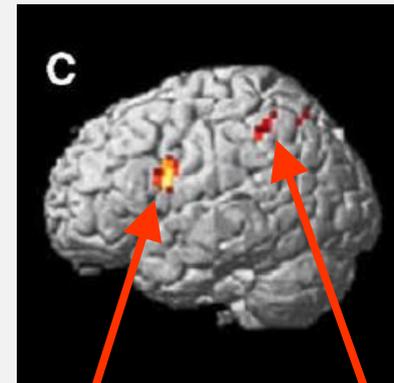
b Word cue



Aufgabenwechsel: Funktionelle Bildgebung



Hirnaktivität während der Vorbereitung auf die nächste Aufgabe

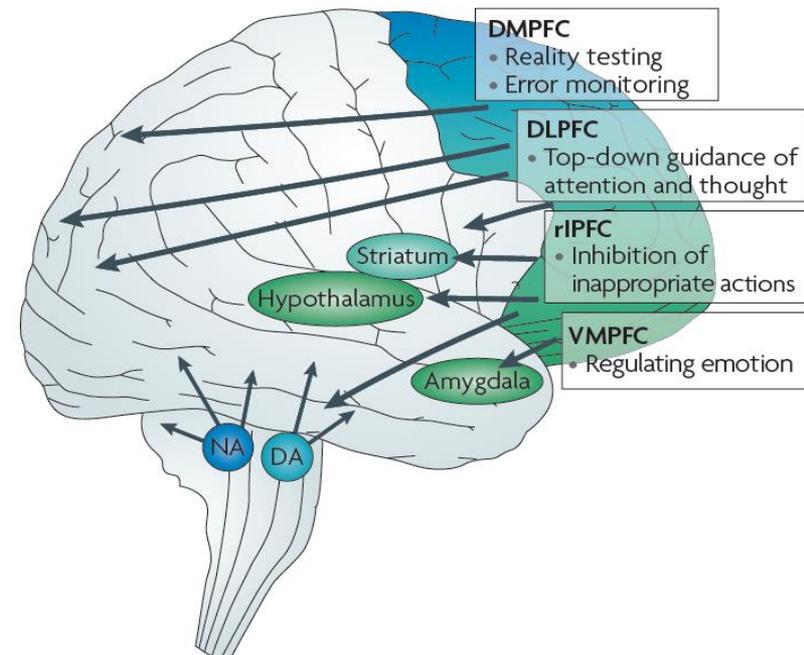


Linker inferiorer
Präfrontalcortex

Parietalcortex

Zusammenfassung: Funktionen des präfrontalen Kortex

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



Übersicht über kognitive Kontrollfunktionen, exemplarische Aufgaben und relevante Hirnregionen

■ **Tab. 9.3** Kognitive Kontrollfunktionen, Aufgaben zur ihrer Messung und vermutlich beteiligte Hirnregionen (nur ein Teil der jeweils relevanten Regionen ist aufgelistet)

Kontrollfunktion	Beispiele für Aufgaben	Relevante Hirnregionen
Flexibles Wechseln zwischen Aufgaben und Reaktionsregeln	Wisconsin-Kartensortiertest Aufgabenwechsel	Linker dIPFC; vIPFC; Teile des Parietalcortex
Aktive Aufrechterhaltung von aufgabenrelevanten Informationen und aufgabenabhängige Top-down-Modulation	Delay-Aufgaben Arbeitsgedächtnisaufgaben N-Back-Aufgaben	vIPFC (Abruf und Aufrechterhaltung von Aufgabenregeln); dIPFC (aktive Manipulation von Informationen im Arbeitsgedächtnis und Top-down-Modulation); posteriorer Parietalcortex
Unterdrückung automatisierter Reaktionen	Go/NoGo-Aufgabe Stoppsignalaufgabe Stroop-Test Flankierreizaufgabe	Rechter inferiorer lateraler PFC; dIPFC; prä-supplementär-motorisches Areal
Willentliche Emotionsregulation	Modifikation emotionaler Reaktionen auf Bilder oder Filme mittels kognitiver Umbewertung, Distanzierung, Aufmerksamkeitsablenkung oder Unterdrückung des Emotionsausdrucks	Rechter lateraler PFC; rostraler ACC; ventromedialer PFC
Handlungsplanung, Koordination multipler Ziele und zukunftsorientiertes Denken	Turm von London Multiple Errands Test Six Elements Test Doppelaufgaben Prospektives Gedächtnis	Frontopolarer Cortex; dIPFC
Konflikt- und Fehlerüberwachung; Einschätzung von Kosten und Nutzen kognitiver Kontrolle	Konfliktadaptationseffekte in Interferenzaufgaben (z. B. Stroop- oder Flankierreizaufgaben)	Dorsaler ACC

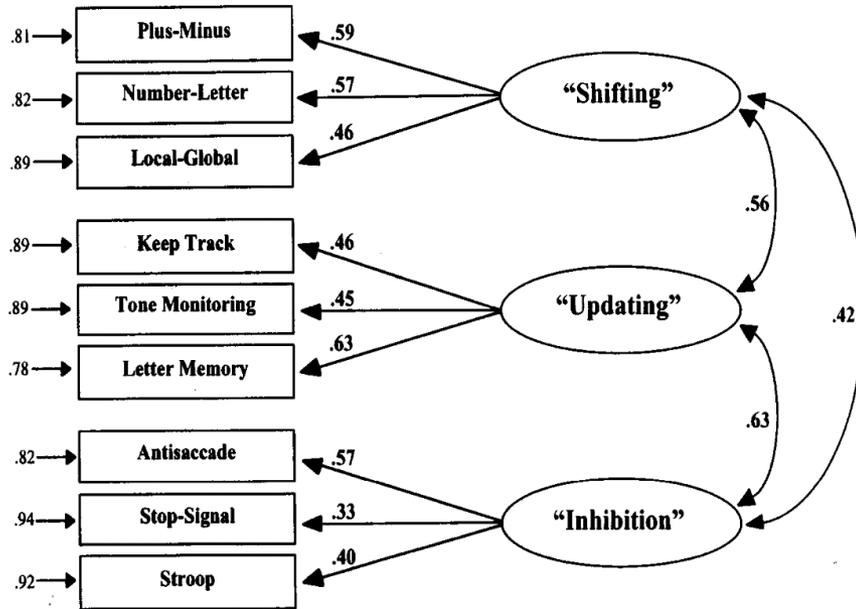
PFC Präfrontalcortex, *dIPFC* dorsolateraler Präfrontalcortex, *vIPFC* ventrolateraler Präfrontalcortex, *OFC* orbitofrontaler Cortex, *ACC* anteriorer cingulärer Cortex

Modelle kognitiver Kontrolle

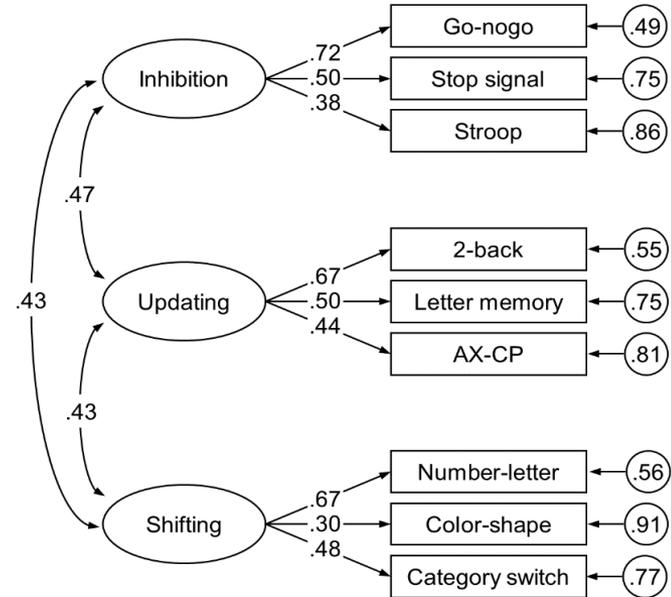
- Strukturmodelle:
 - Latente Variablenanalysen exekutiver Funktionen
- Prozessmodelle:
 - Konnektionistische Netze (künstliche neuronale Netze)

Struktur exekutiver Kontrollfunktionen: Latente Variablenmodelle

Miyake et al. (2000). *Cognitive Psychology*.



Wolff, Krönke, Kräplin, Smolka, Bühringer & Goschke (2016). *J. of Exp. Psychology: General*

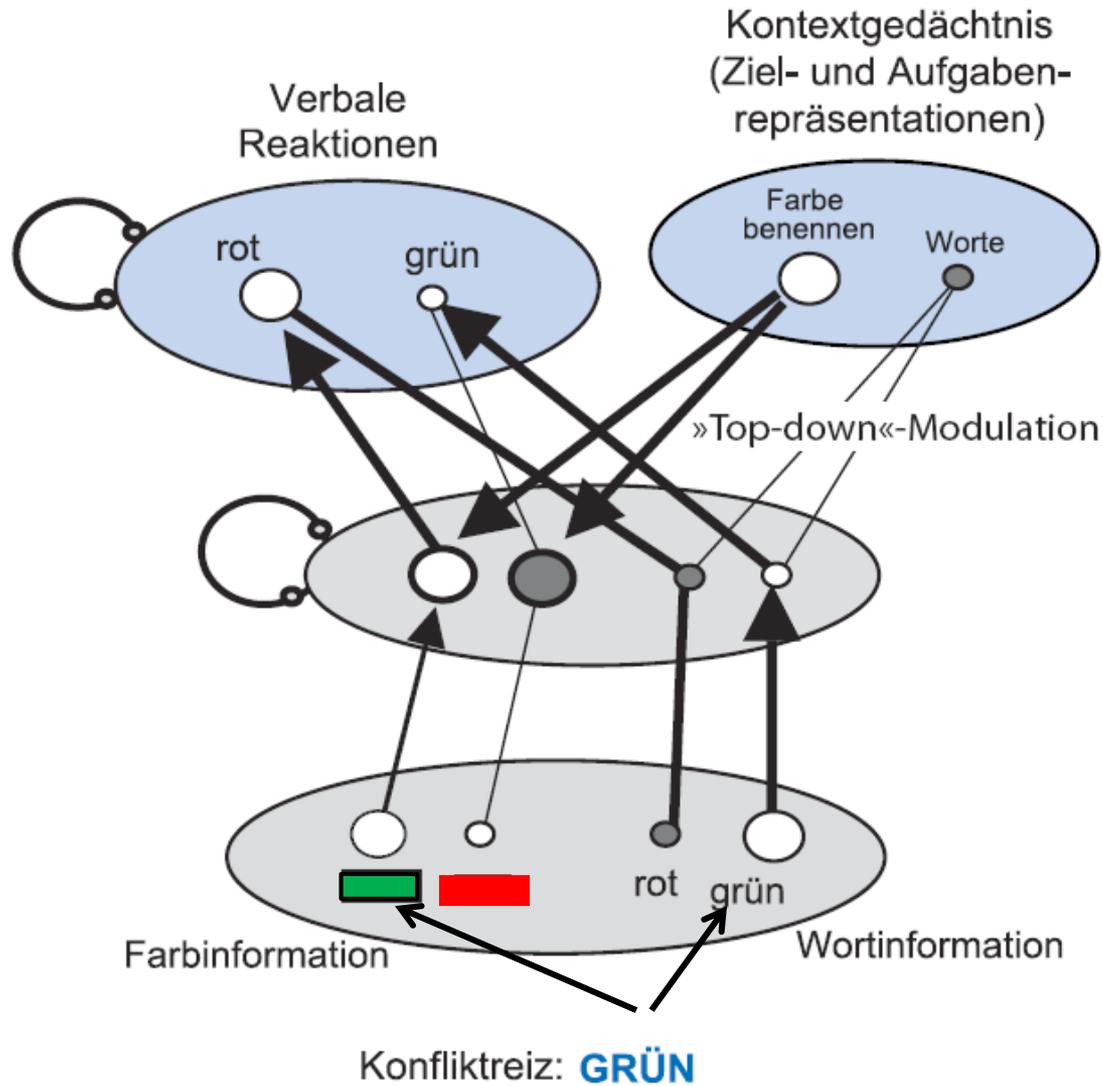


- *Shifting*: Wechsel zwischen Aufgaben
- *Updating*: Aktualisierung des Inhalts des Arbeitsgedächtnisses
- *Inhibition*: Unterdrückung dominanter aber unerwünschter Reaktionen

Rechtecke: gemessene Variablen
 Ellipsen: latente Variablen
 Zahlen hinter Pfeilen zu Rechtecken: Residuen
 Zahlen an geraden Linien: standardisierte Faktorladungen
 Zahlen an gekrümmten Linien: Korrelationen zwischen latenten Variablen

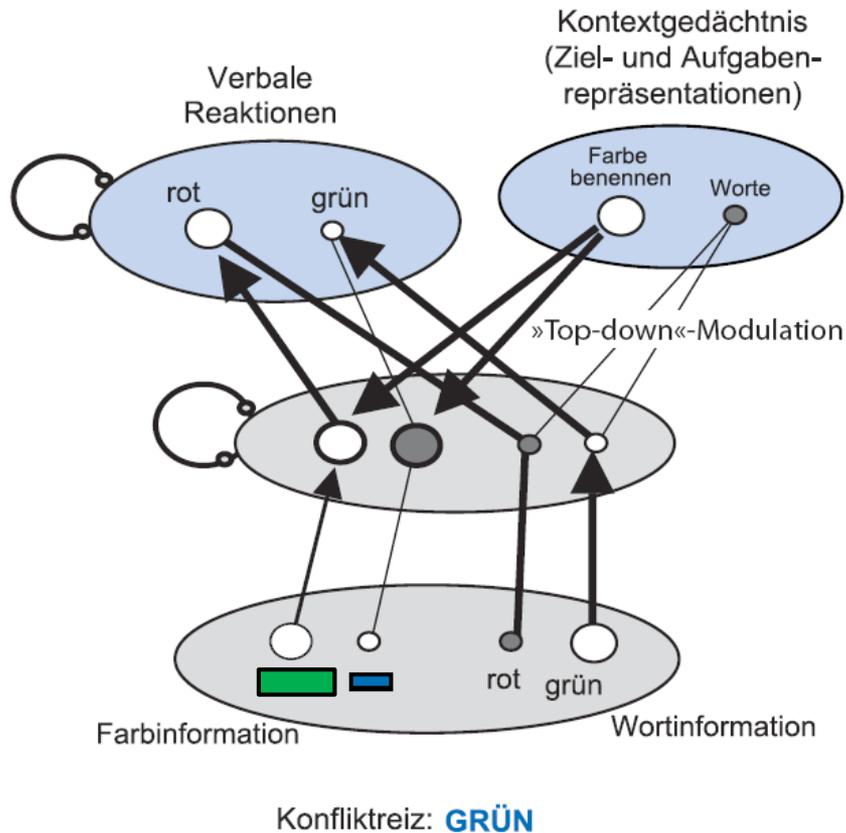
Prozessmodelle kognitiver Kontrolle: Ein einfaches konnektionistisches Modell

(Miller & Cohen, 2001, Annual Review of Neuroscience)



Prozessmodelle kognitiver Kontrolle: Ein einfaches konnektionistisches Modell

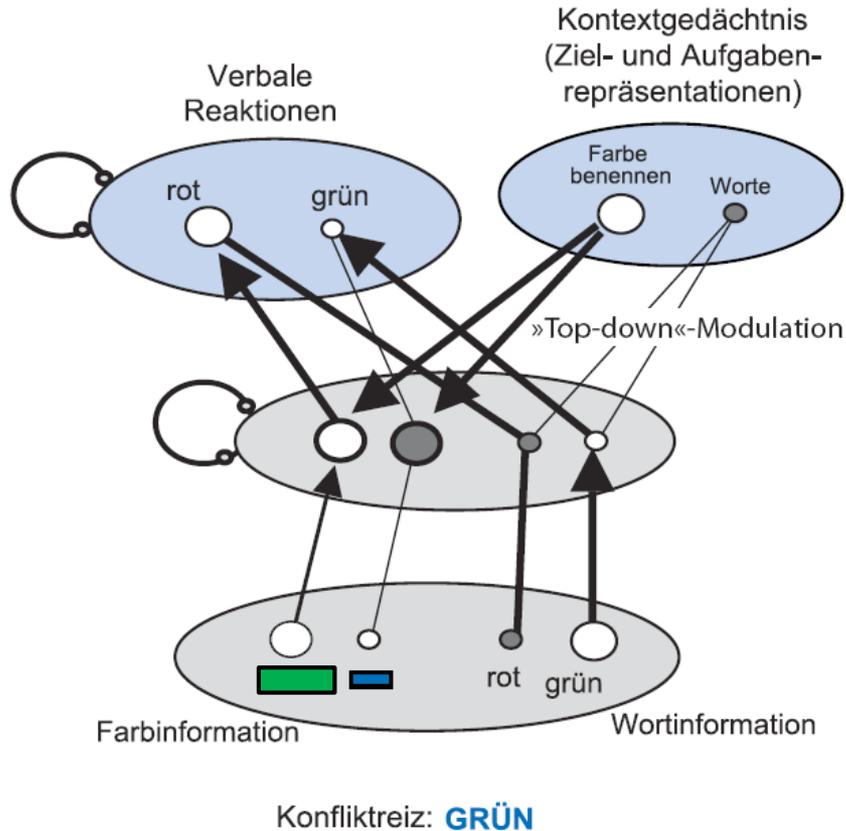
(Miller & Cohen, 2001, Annual Review of Neuroscience)



- Automatische Verarbeitung beruht auf erlernten Reiz-Reaktions-Konnektionen
- Konflikte und Interferenz entstehen, wenn ein Reiz über starke Konnektionen eine automatisierte, aber nicht intendierte Reaktion aktiviert (z.B. im Stroop-Test)
- Kognitive Kontrolle beruht auf zwei fundamentalen Mechanismen:
 - Aktive Aufrechterhaltung von Zielrepräsentationen und Aufgaberegeln im PFC
 - Top-Down-Modulation anderer (z.B. sensorischer) Systeme durch Zielrepräsentationen, so dass aufgabenrelevante Information mit höherer Priorität verarbeitet wird

Prozessmodelle kognitiver Kontrolle: Ein einfaches konnektionistisches Modell

(Miller & Cohen, 2001, Annual Review of Neuroscience)



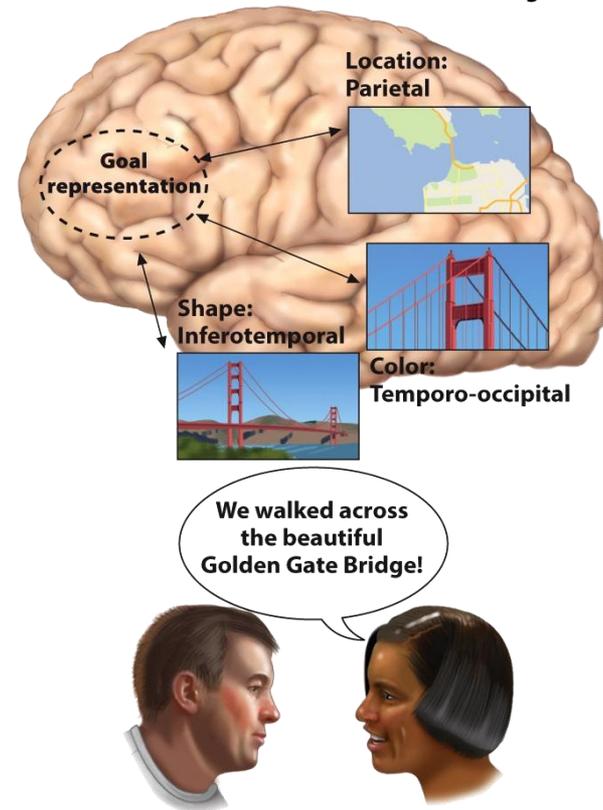
Das Modell erklärt zwei zentrale Funktionen kognitiver Kontrolle:

- **Zielgerichtete Kontrolle nicht-automatisierter Reaktionen:** Top-Down-Modulation in Verbindung mit lateraler Inhibition in sensorischen Systemen bewirkt Stärkung relevanter und Abschwächung irrelevanter Informationen
- **Kognitive Flexibilität und schneller Wechsel zwischen Zielen/Aufgaben:** Aktivierungsmuster, die Ziele oder Aufgaben repräsentieren, können schnell aktualisiert werden (im Gegensatz zu Konnektionen, die nur langsam durch Lernen verändert werden können)

Top-down Modulation

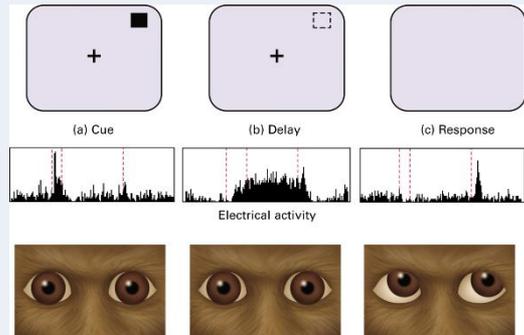
- Hypothese
 - Im präfrontalen Kortex aktiv gehaltene Zielrepräsentationen modulieren die Aktivierung perzeptueller Repräsentationen und Langzeitgedächtnisinhalte in posterioren Kortexregionen

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



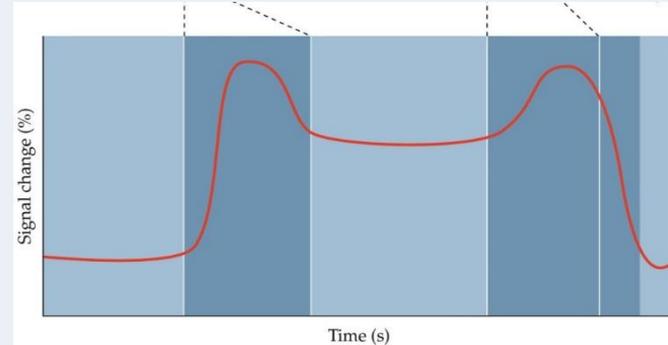
Empirische Evidenz für die aktive Aufrechterhaltung zielrelevanter Information und die Top-Down-Modulation sensorischer Systeme (→ vgl. Vorlesung zum Arbeitsgedächtnis)

Active maintenance and shielding
Persistent firing of neurons in dlPFC in delay tasks (even during distraction)



Funahashi et al., 1989; Fuster, 1989; Asaad & Miller, 2001

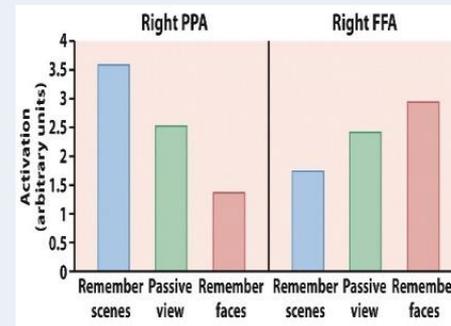
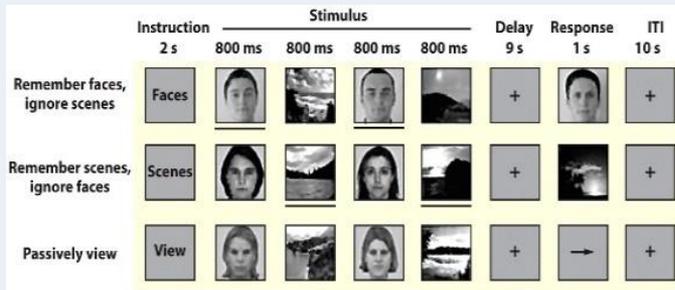
Sustained fMRI activity in PFC during WM delays



Principles of Cognitive Neuroscience, Figure 16.4 (Part 2)

D'Esposito (2015)

Top-down modulation of posterior cortex by task goals

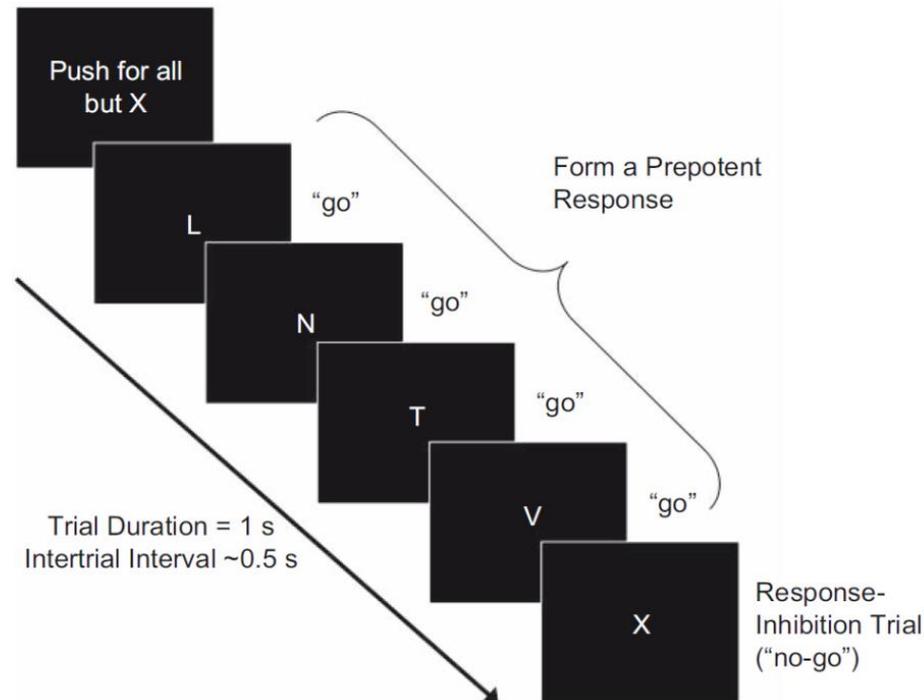


Gazzaley et al. (2005)

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



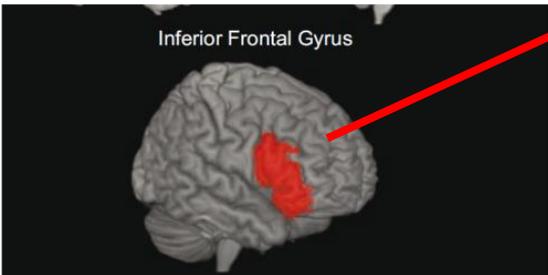
Demo: Go/NoGo Task

Reagieren Sie so schnell wie möglich auf den alle Buchstaben mit Ausnahme des „X“!

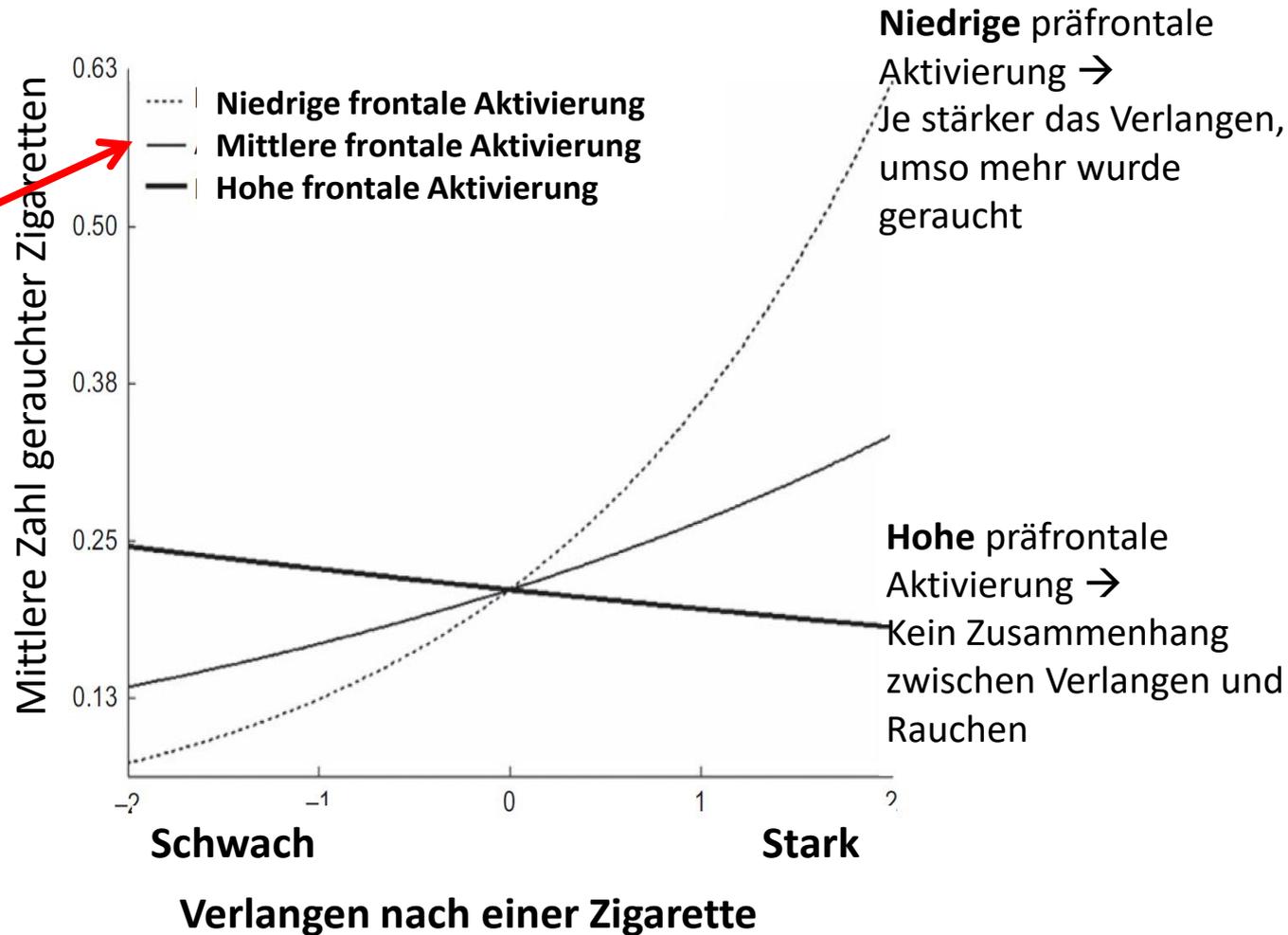


Können Messungen der Hirnaktivität im Labor alltägliche Selbstkontrolle vorhersagen?

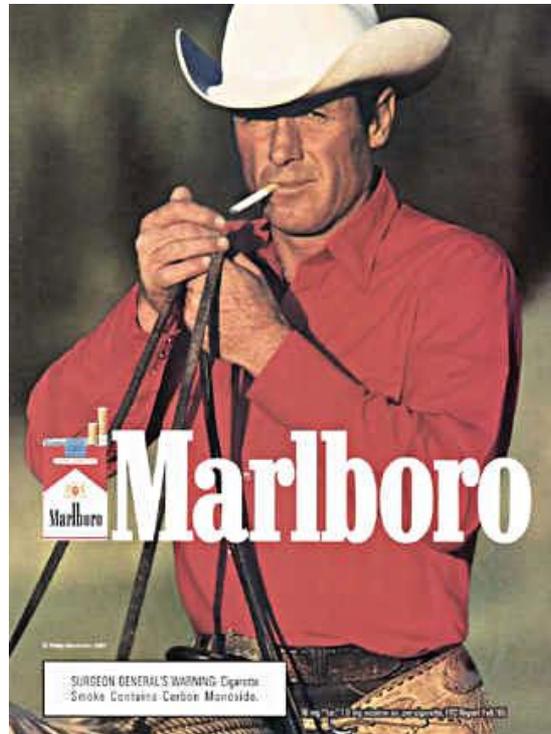
Berkman et al., 2011, Psychol. Science



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



Beeinträchtigte volitionale Kontrollprozesse bei Sucht und abhängigem Verhalten?



Später

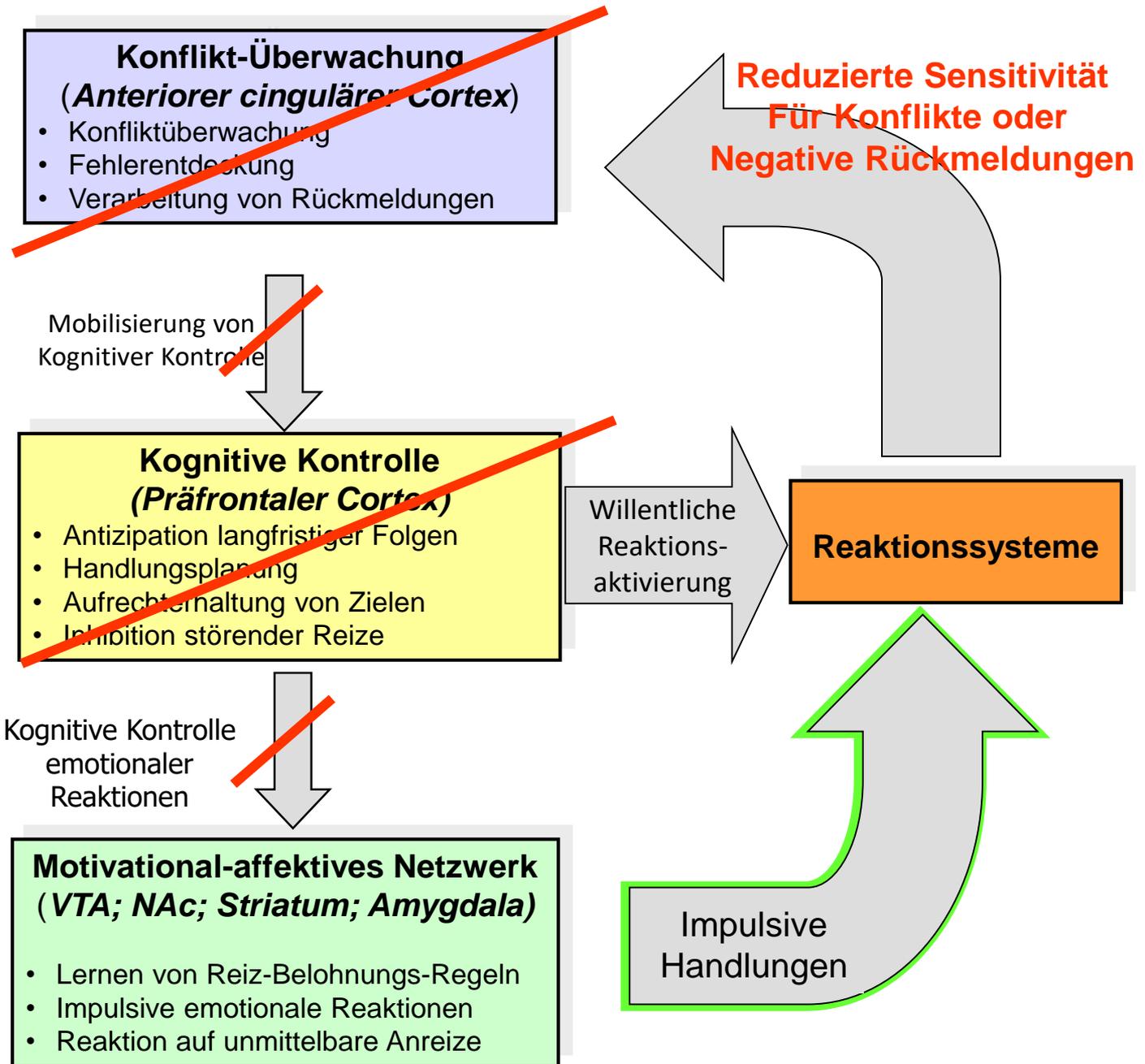
Jetzt

Sucht und abhängiges Verhalten als kognitive Kontrollstörungen

- Verlust der Kontrolle über den Substanzgebrauch trotz Einsicht in die langfristigen schädlichen Konsequenzen
- Starkes, oft unüberwindbares Verlangen, die Substanz einzunehmen
- Entzugssymptome & Toleranzentwicklung
- Fortschreitende Vernachlässigung anderer Verpflichtungen, Aktivitäten, Vergnügen oder Interessen

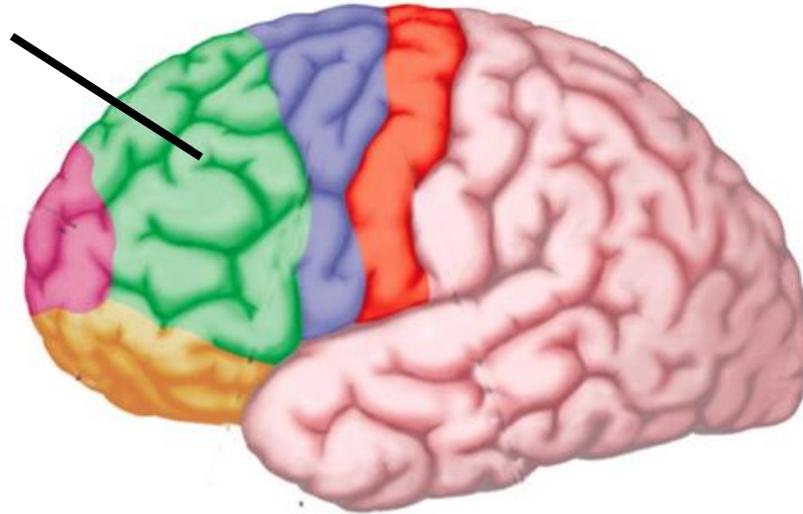
Beispiel Sucht

- Drogenabhängige zeigen beeinträchtigte Leistungen in Aufgaben zur Reaktionsinhibition und kognitiven Kontrolle
- Drogenabhängige zeigen reduzierte neuronale Aktivität in medialen Präfrontalkortex nach Fehlern

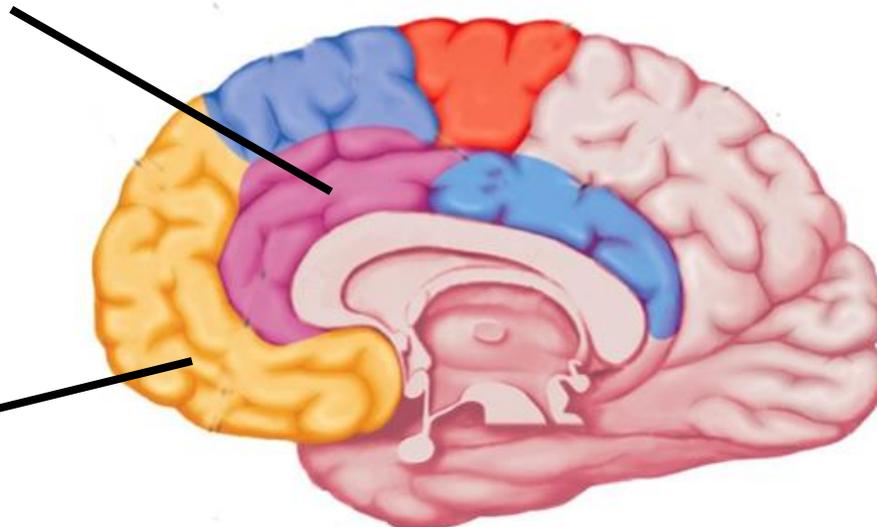


Selbstkontrolle als Ergebnis der Interaktion dreier neuronaler Netzwerke

Kognitives Kontrollnetzwerk
(dorso- u. ventrolateraler Präfrontalkortex)



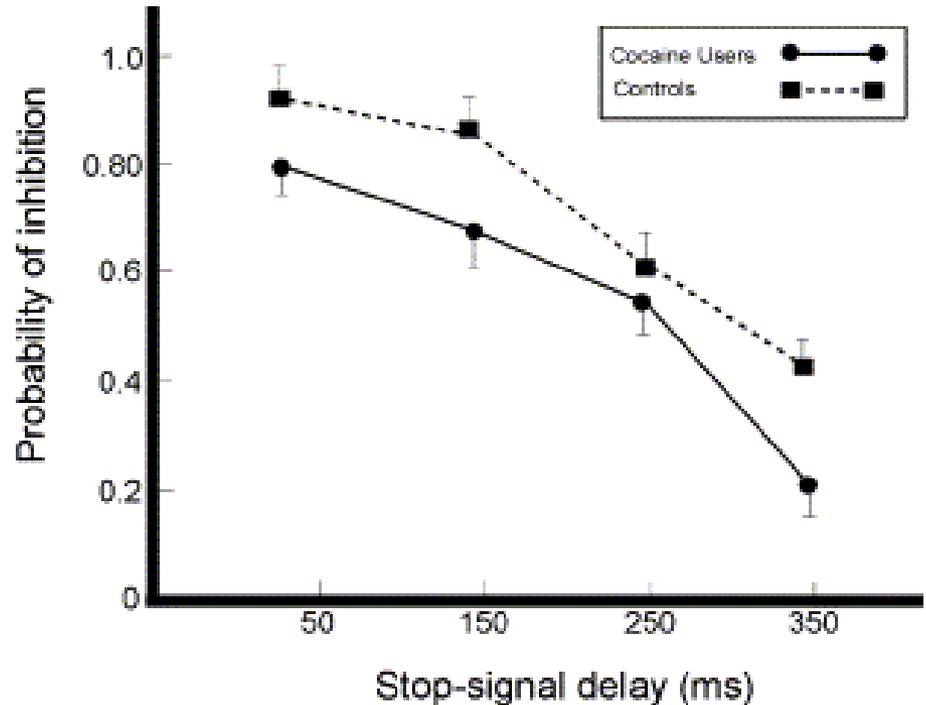
Monitoringnetzwerk
(Anteriorer cingulärer Kortex
Anteriore Insel)



Bewertungsnetzwerk
(Ventromedialer
Präfrontalcorte)

Beeinträchtigte Reaktionsinhibition bei Kokainabhängigen

- Stop-Signal-Aufgabe
- Befundmuster ähnelt dem bei Läsionen des rechten inferioren Frontalkortex (→ relevant für inhibitorische Kontrolle)



Fillmore and Rush (2002) *Drug Alcohol Dep.*, 66: 265-273

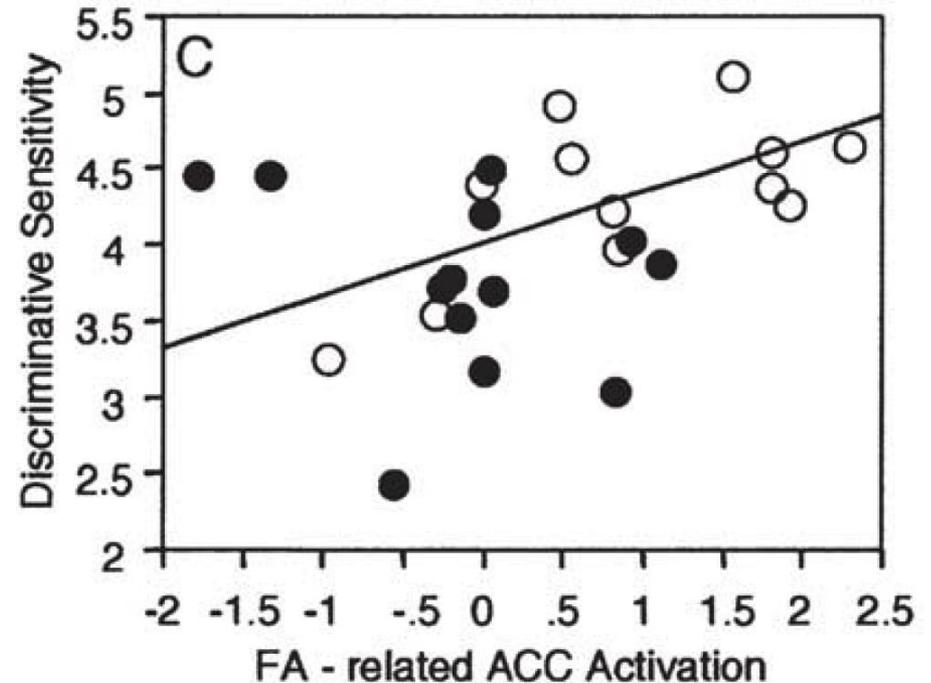
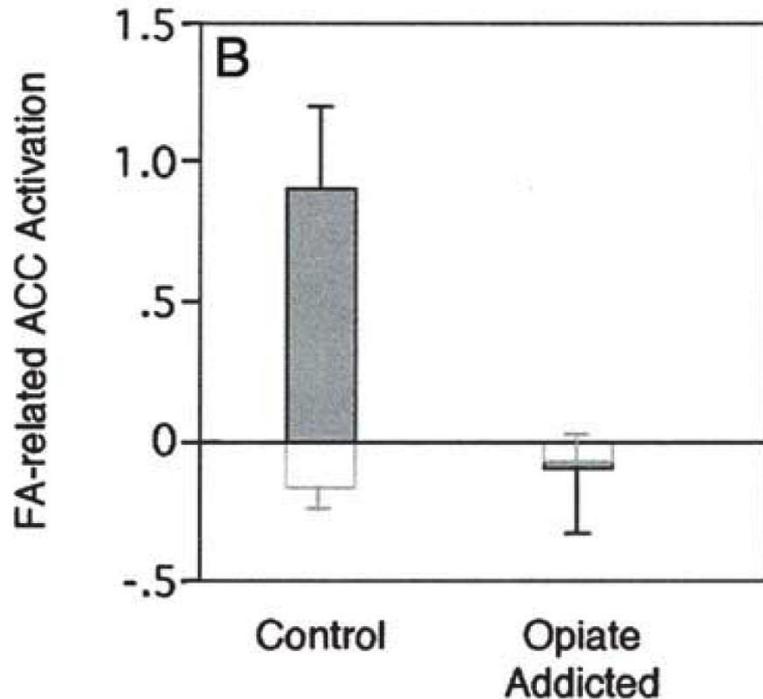
Opiate Addicts Lack Error-Dependent Activation of Rostral Anterior Cingulate

Steven D. Forman, George G. Dougherty, B.J. Casey, Greg J. Siegle, Todd S. Braver, Deanna M. Barch, V. Andrew Stenger, Charlene Wick-Hull, Liubomir A. Pizarov, and Emily Lorenzen

BIOL PSYCHIATRY 2004;55:531–537

- Opiatabhängige Probanden ohne weitere psychische oder neurologische Störungen (DSM-IV opiate-dependence diagnosis)
- Kontrollprobanden ohne Substanzabhängigkeit oder -missbrauch
- Beide Gruppen parallelisiert bzgl. Alter, Geschlecht, elterlichem Bildungsniveau

Aktivierung im anterioren cingulären Kortex (ACC) bei Fehlern



Kontrollprobanden zeigen erhöhte ACC-Aktivierung nach Fehlern (graue Balken)

Opiatabhängigen zeigen keine ACC-Aktivierung nach Fehlern

Erhöhte ACC-Aktivierung nach Fehlern korrelierte mit besserer Performanz in Kontrollprobanden, nicht aber den Opiatabhängigen

Solid circles = Opiate-Addicted
Open circles = Matched Control

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*