

Vorlesung Motivation, Emotion, Volition
Modul A2 – WS 2020/21

Kognitive Kontrolle und präfrontaler Kortex

Prof. Dr. Thomas Goschke

Literaturempfehlungen

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)

Goschke, T. (2016). Volition und kognitive Kontrolle. In J. Müsseler & M. Rieger, Lehrbuch Allgemeine Psychologie (3. Auflage). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Optionale Vertiefung:

Egner, T. (2017). The Wiley handbook of cognitive control. Wiley Blackwell.

Überblick

Kognitive Kontrolle und exekutive Funktionen

Messung und Faktorstruktur exekutiver Funktionen

Beeinträchtigungen exekutiver Funktionen nach Frontalhirnverletzungen

Funktionelle Bildgebungsstudien

Konnektionistische Modelle der kognitiven Kontrolle

Neuronale Korrelate alltäglicher Selbstkontrolle und klinische Relevanz

Konfliktüberwachung und Regulation kognitiver Kontrolle

Definitionen von Kognitiver Kontrolle und verwandten Konstrukten

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

Exekutive Funktionen

- Mechanismen, die die flexible Steuerung kognitiver Prozesse vermitteln, wenn automatische Prozesse nicht ausreichen, um Ziele zu erreichen oder Probleme zu lösen (z.B. beim Wechseln zwischen kognitiven Anforderungen, bei der Vorbereitung auf schwierige Aufgaben, bei der Abschirmung gegen Störungen)

Handlungskontrollstrategien

- Prozesse, mit denen Absichten gegen konkurrierende Motivationstendenzen oder Gewohnheiten abgeschirmt werden, störende Reize ausgeblendet (Aufmerksamkeitskontrolle), positive Anreize fokussiert (Motivationskontrolle), absichtsförderliche Emotionen generiert (Emotionskontrolle) oder die Umwelt so gestaltet wird, dass Versuchungen oder Konflikte weniger wahrscheinlich werden (Umweltkontrolle)

Selbstkontrolle

- Fähigkeit, kurzfristigen Versuchungen zu widerstehen, Belohnungen aufzuschieben und impulsive Reaktionen zu unterdrücken, um das Verhalten in Einklang mit langfristigen Zielen oder sozialen Normen zu bringen

Wann wird kognitive Kontrolle benötigt?

Reizunabhängiges Verhalten

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

Neue und nicht automatisierte Handlungen

- Wenn es zur Zielerreichung notwendig ist, Verarbeitungssysteme und Reaktionsdispositionen auf neue Weise zu konfigurieren
- Wenn Planungsprozesse erforderlich sind, um Teilziele zu spezifizieren und in eine zeitliche Abfolge zu bringen

Flexibles Wechseln zwischen Aufgaben

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

Abschirmung, Inhibition und Emotionsregulation

- Wenn Probleme oder Barrieren bei der Zielverfolgung auftreten oder Ziele gegen Ablenkungen und störende Reize abgeschirmt werden müssen
- Wenn unerwünschte Gewohnheiten, konkurrierende Motivationstendenzen oder Emotionen unterdrückt oder reguliert werden müssen, um im Sinne langfristiger Ziele oder sozialer Normen zu handeln

Klinische Bedeutung

Neurologische Störungen

- frontotemporaler Demenz
- Schädel-Hirn-Trauma
- Dysexekutivem Syndrom
- fetales Alkoholsyndrom

Psychische Erkrankungen und Entwicklungsstörungen

- Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS)
- Autismus
- Korsakoff-Syndrom
- Schizophrenie
- Borderline-Syndrom
- Depression

Funktionale Dekomposition kognitiver Kontrollfunktionen



Messung kognitiver Kontrolle

Tests

Behavioural Assessment of Dysexecutive Syndrome (BADS)

Tests zur Planungsfähigkeit (Turm von London)

Iowa Gambling task

Trail-Making Test

Wisconsin Card Sorting Test

Verbale Flüssigkeit

Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB)

- Cambridge Gambling Task (CGT)
- Intra-Extra Dimensional Set Shift (IED)
- Multitasking Test (MTT)
- One Touch Stockings of Cambridge (OTS)
- Spatial Span (SSP)
- Stockings of Cambridge (SOC)
- Stop Signal Task (SST)

Skalen

Barkley Deficits in Executive Functioning Scales (BDEFS)

Brief Self Control Scale

Barratt Impulsiveness Scale (BIS) (Subskalen: Attentional, Motor, Nonplanning)

- Strauss, E., Sherman, E. & Spreen, O. (2006). *A compendium of neuropsychological tests (3rd. Ed.)*. Oxford University Press.
- Lezak, M., Howieson, D., Bigler, E. & Tranel, D. 2012). *Neuropsychological assessment (5th. Ed.)*. Oxford University Press.
- Stuss, D. T., & Knight, R. T. (2013). *Handbook of frontal lobe function (2 ed.)*. Oxford: Oxford University Press.

Faktorstruktur exekutiver Kontrollfunktionen: Latente Variablenmodelle

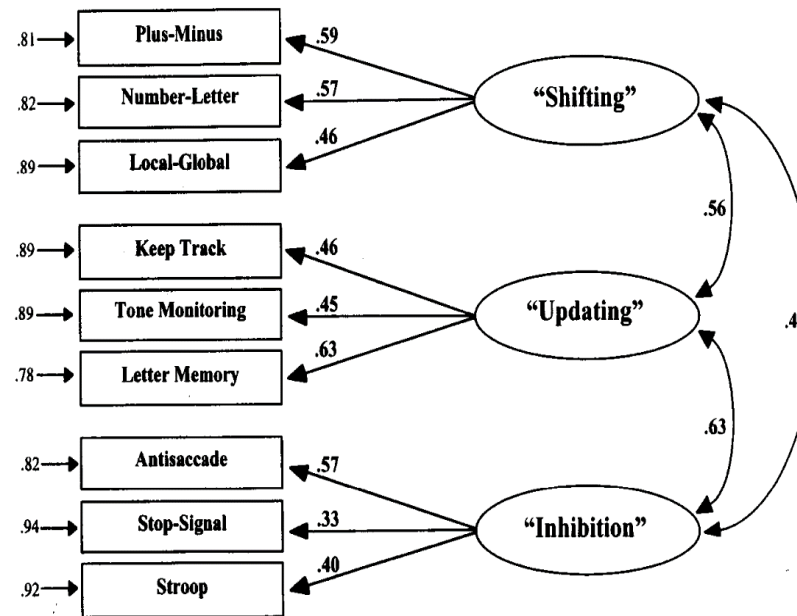
Konfirmatorische Faktorenanalysen von Aufgabenbatterien zur Messung exekutiver Funktionen haben Modelle mit drei latenten Variablen ergeben:

Shifting: Flexibles Wechseln zwischen Aufgaben

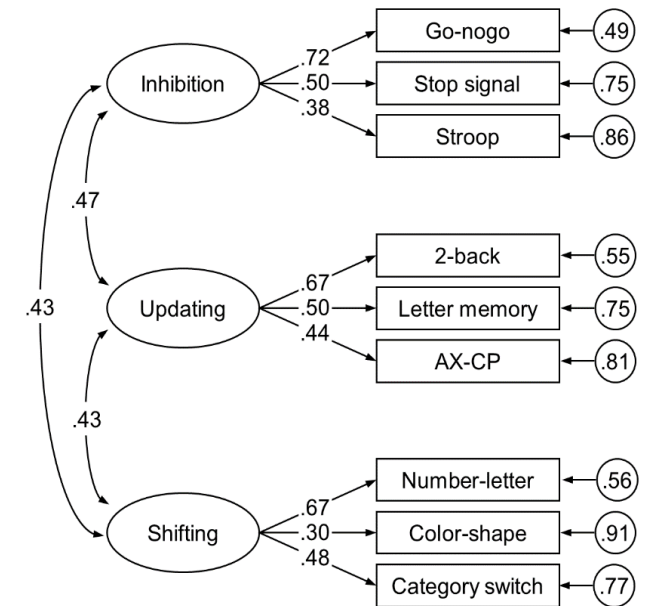
Updating: Aktualisierung des Inhalts des Arbeitsgedächtnisses

Inhibition: Unterdrückung unerwünschter dominanter Reaktionen

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

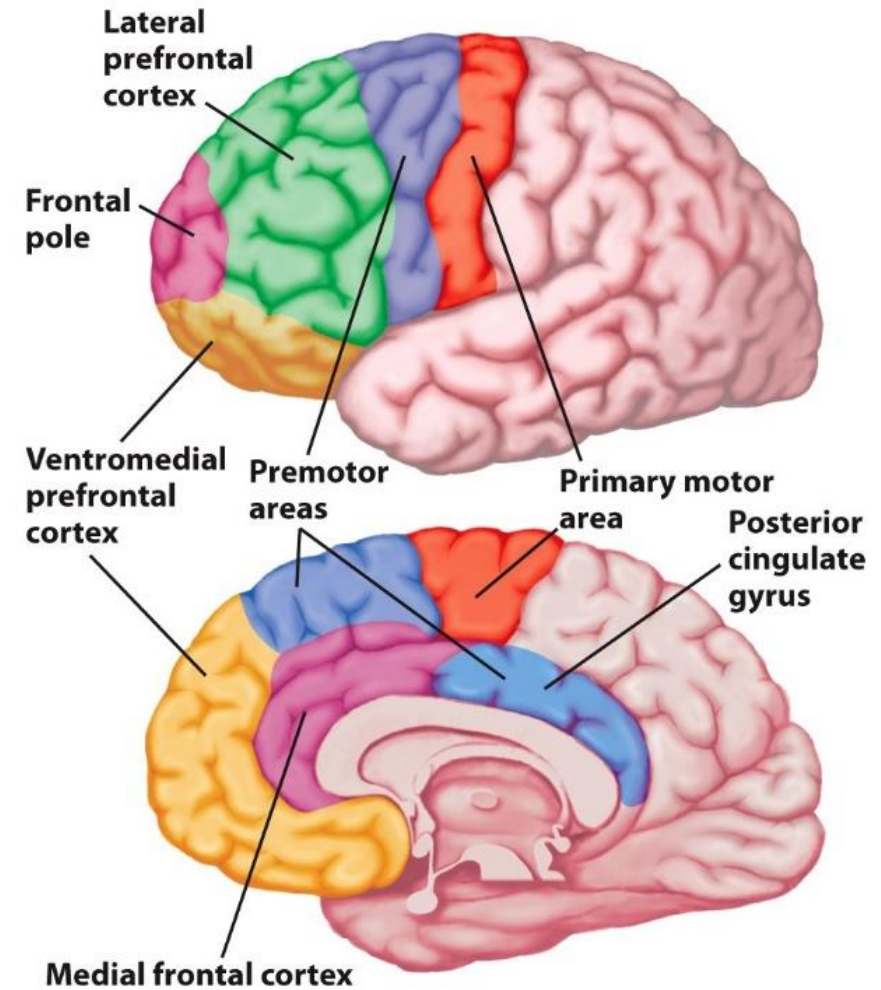
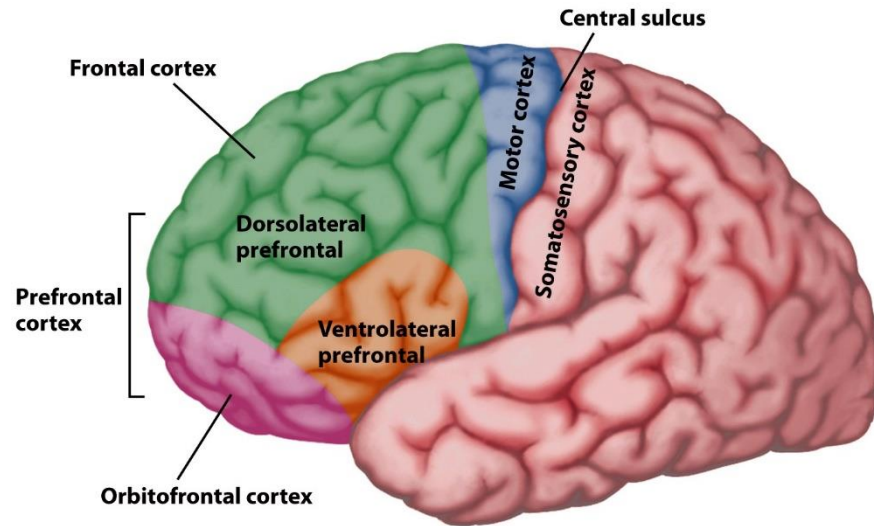


Wolff, Krönke, Kräplin, Smolka, Bühringer & Goschke (2016). *J. of Exp. Psychology: General*

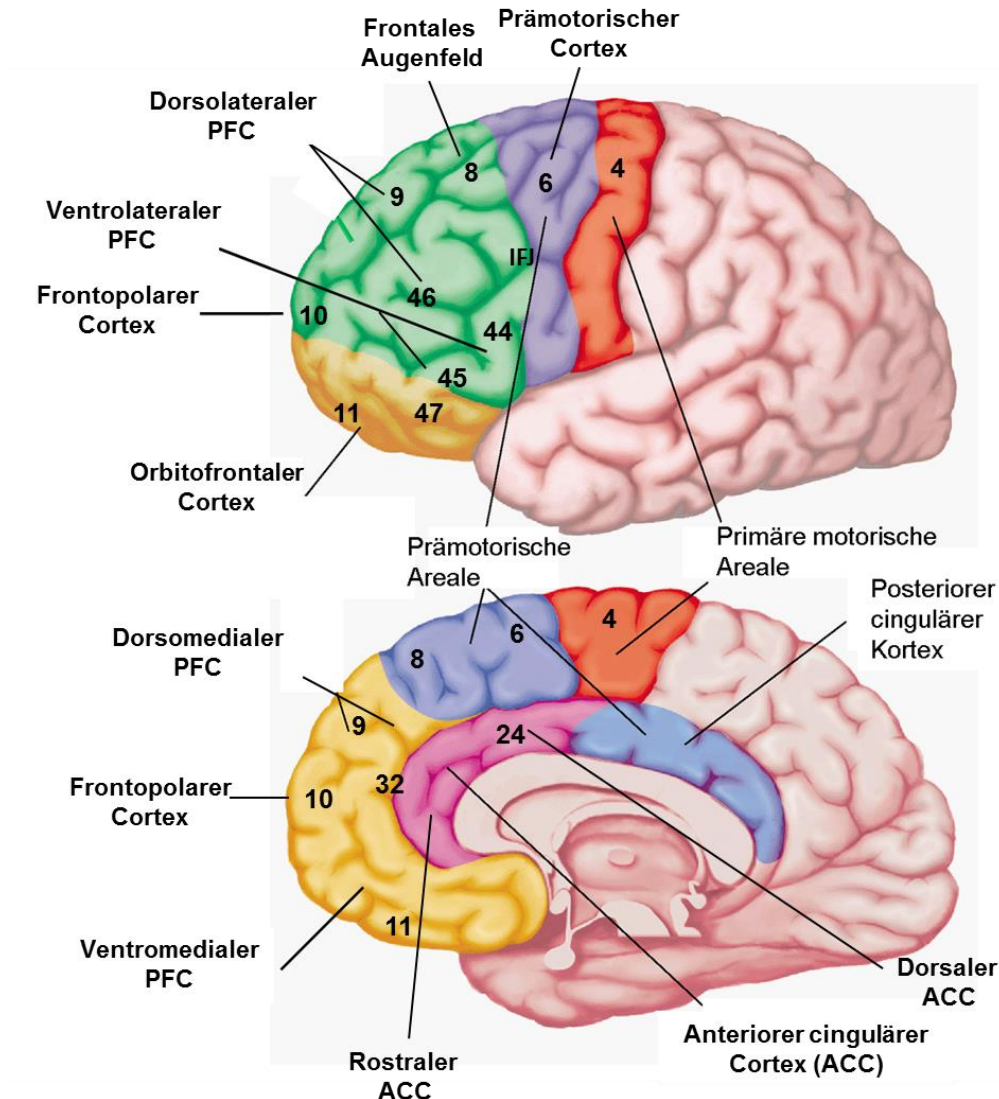


- Rechtecke: gemessene Variablen
- Ellipsen: latente Variablen
- Zahlen hinter Pfeilen zu Rechtecken: Residuen
- Zahlen an geraden Linien: standardisierte Faktorladungen
- Zahlen an gekrümmten Linien: Korrelationen zwischen latenten Variablen

Präfrontal Kortex



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).

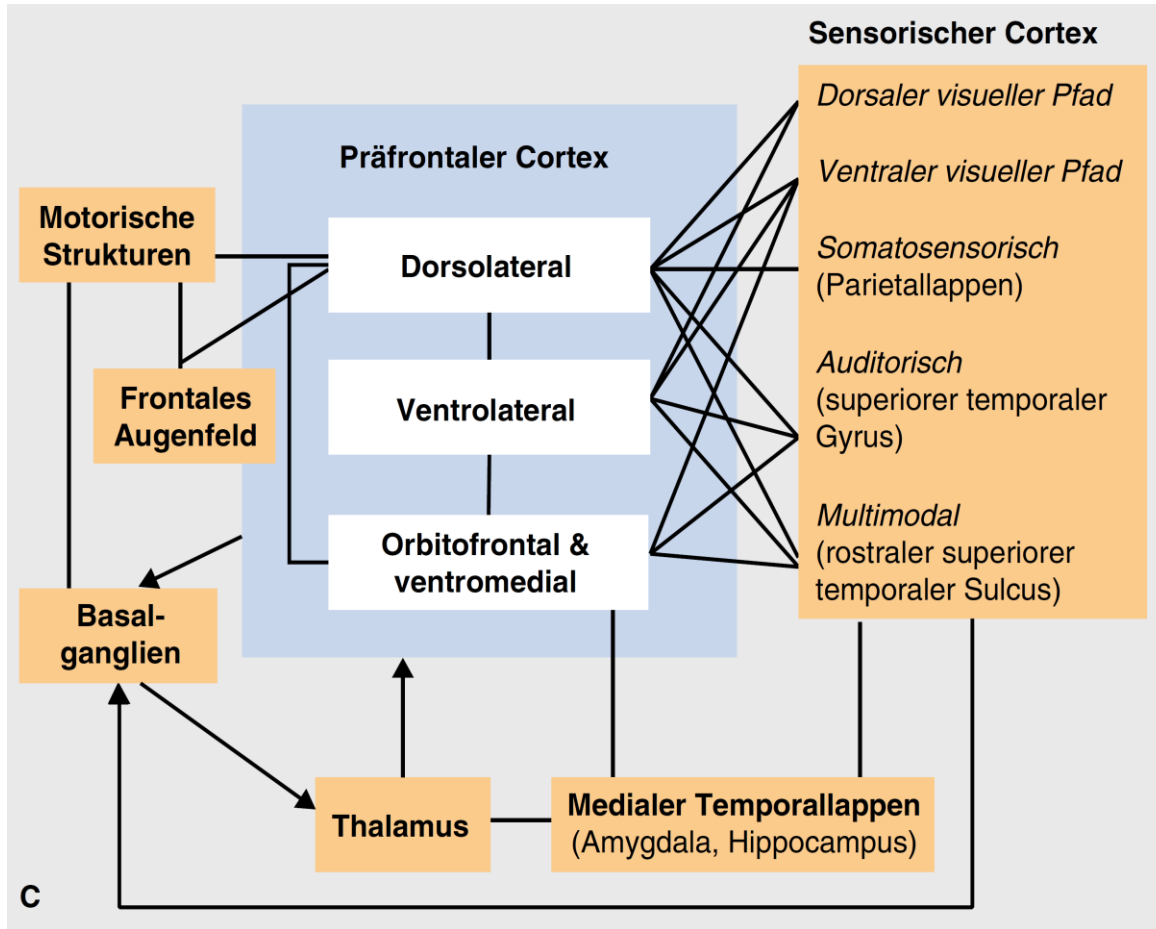
Frontopolarer Cortex

- 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**

→ **Kontrollierende Funktionen**

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

Folgen von Frontalhirnläsionen

Dissoziation von Intention und Handlung

Planungsdefizite

Reizabhängiges Verhalten und beeinträchtigte Unterdrückung von Gewohnheitshandlungen

Perseveration und beeinträchtigte kognitive Flexibilität

Präfrontale Funktionen

Planen und Koordination multipler Ziele

Folgen von Frontalhirnläsionen

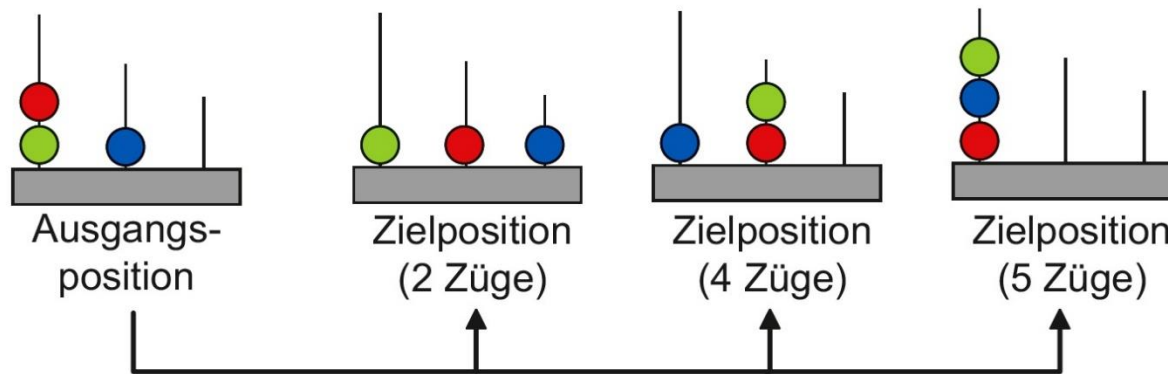
Penfield's Bericht über seine Schwester 15 Monate nach der Entfernung des rechten Frontallappens:

- 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)

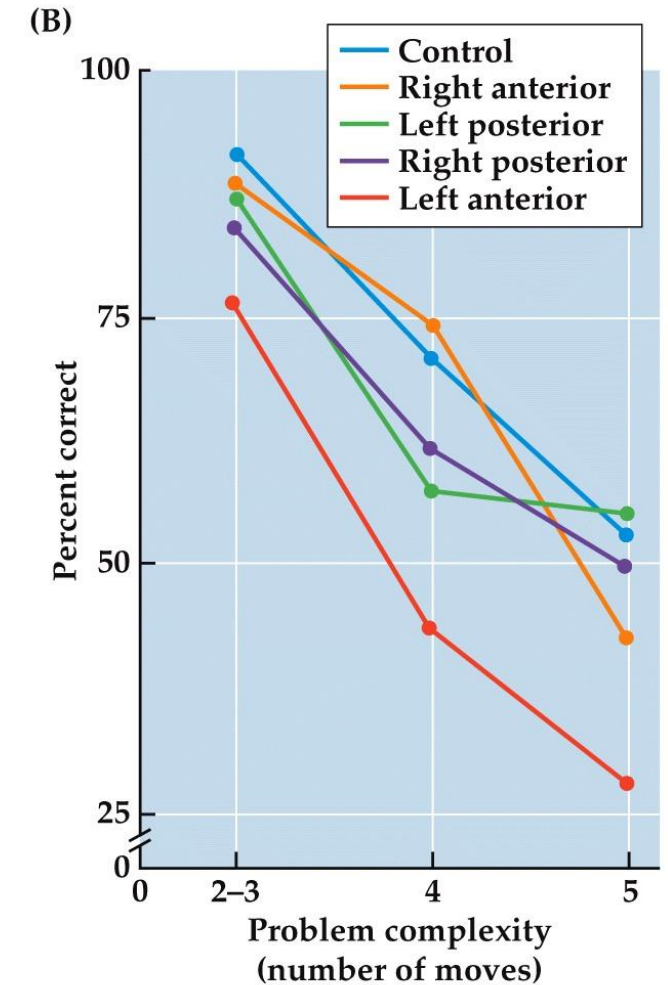
Folgen von Frontalhirnläsionen

Planungsprozesse: 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

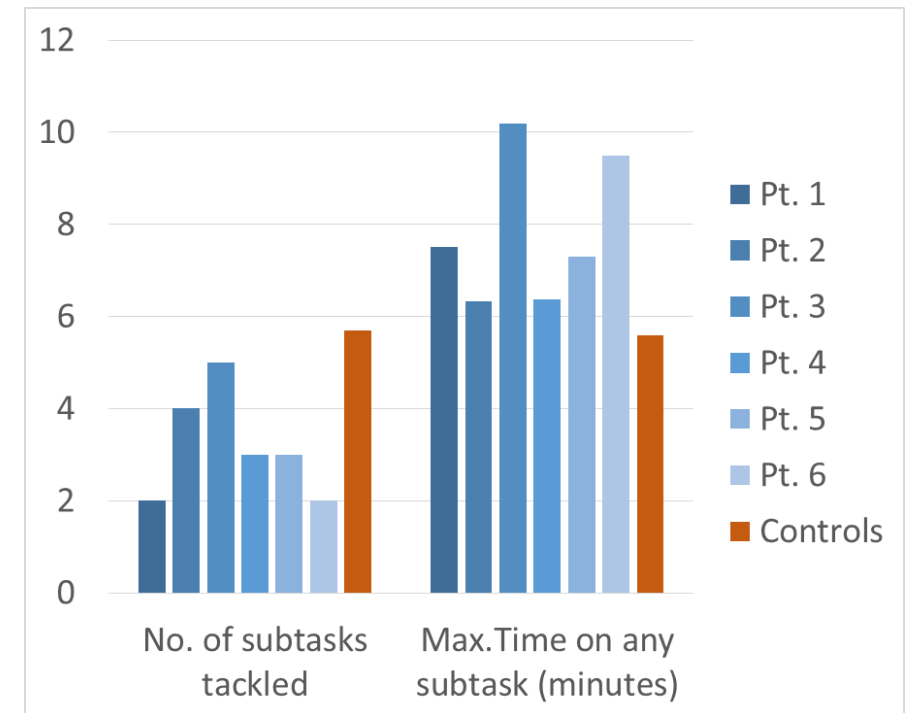


PRINCIPLES OF COGNITIVE NEUROSCIENCE 2e, Figure 13.12 (Part 2)
© 2013 Sinauer Associates, Inc.

Folgen von Frontalhirnläsionen: 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: Planen und sequentielle Handlungsorganisation

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

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



TABLE 1: Summarizing data for lesion sites shown in literature to be concomitant with utilization behavior (UB) or Environmental Dependency Syndrome (EDS).

	Orbitofrontal region	Caudate nucleus	Mesial frontal lesions	Thalamus	Frontal white matter	Frontal and prefrontal cortex	Inferior frontal lobe	Superior frontal regions	Cingulate cortex (gyrus)	Temporo-polar lesion	Temporo-mesial lesion	Fronto-striatal projections	Supplementary motor area	Fronto-temporal lesions	Paraventricular and subventricular regions	Rolandic region	Olfactory cortex
Lhermitte, 1983 [1]	X	X															
Assal, 1985 [2]			XB				XR										
Lhermitte et al., 1986a [11]		XB	X	XL													
Lhermitte et al., 1986b (EDS) [11]					X		X										
Shallice et al., 1989 [9]			XB				XB										
Eslinger et al., 1991 [13]				XB													
Hoffmann and Bill, 1992 [31]						XB											
Degos et al., 1993 [29]		XR							XL								
Fukui et al., 1993 [32]									XB								
Brazzelli et al., 1994/1998 [33, 34]	XB		XB			XB			X	X	X		X				
Ghika et al., 1995 (EDS) [35]												X					
Hashimoto et al., 1995 [15]				XR													
Tanaka et al., 2000 (EDS) [36]								XL						XL			
Boccardi et al., 2002 [37]													XB				
Ishihara et al., 2002 [14]					XL			XL									
Conchiglia et al., 2007 (EDS) [38]														XL			
Ghosh and Dutt, 2010, 2012 [3, 4]														XB			
Besnard et al., 2010 [7]	X					X							X		X	X	
Spiegel and Lamm, 2011 (EDS) [30]		XL	X														
Besnard et al., 2011 [8]	X		X			X	X	X						X			X
Balani et al., 2012 [39]			XB						X		XB			XB			

X: involvement without specified laterality; XB: bilateral involvement; XL: left hemisphere involvement; XR: right hemisphere involvement.

Stroop-Aufgabe

Grün

Rot

Blau

Gelb

Rot

Blau

Grün

Grün

Rot

Blau

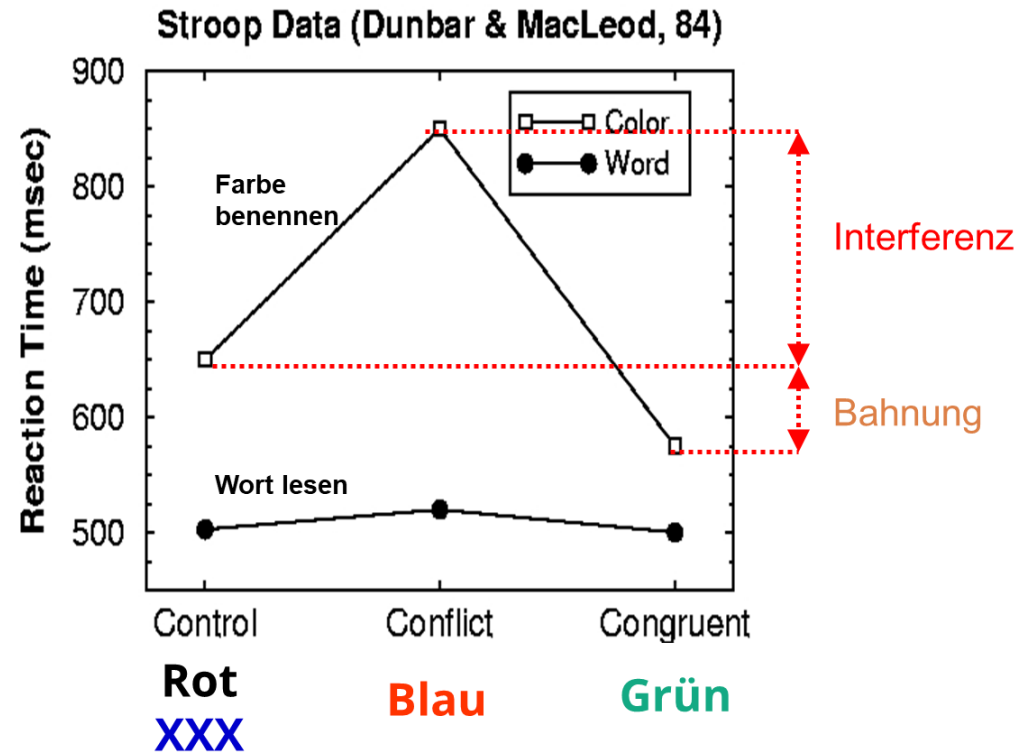
Gelb

Rot

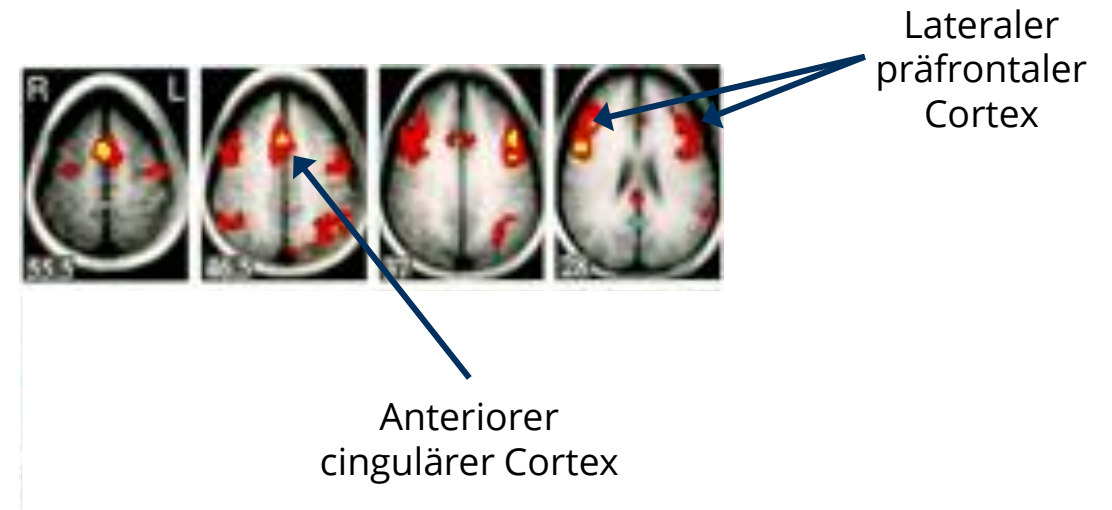
Blau

Grün

Reaktionszeiten und Hirnaktivierung in der Stroop-Aufgabe

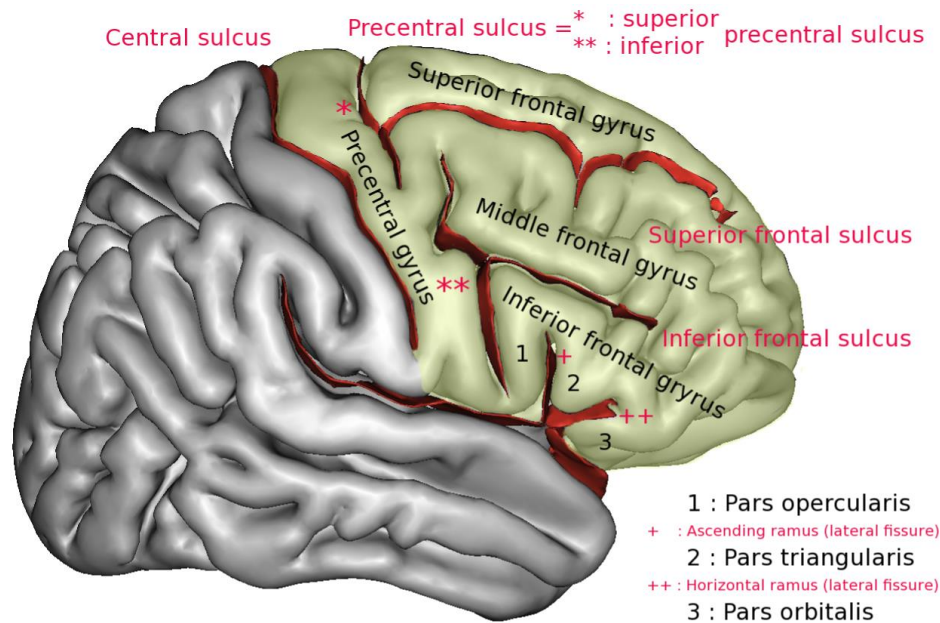


Kontrast: Inkongruente - kongruente Reize



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

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



https://en.wikipedia.org/wiki/Inferior_frontal_gyrus

GO-Trials:

Cue → Reaktion

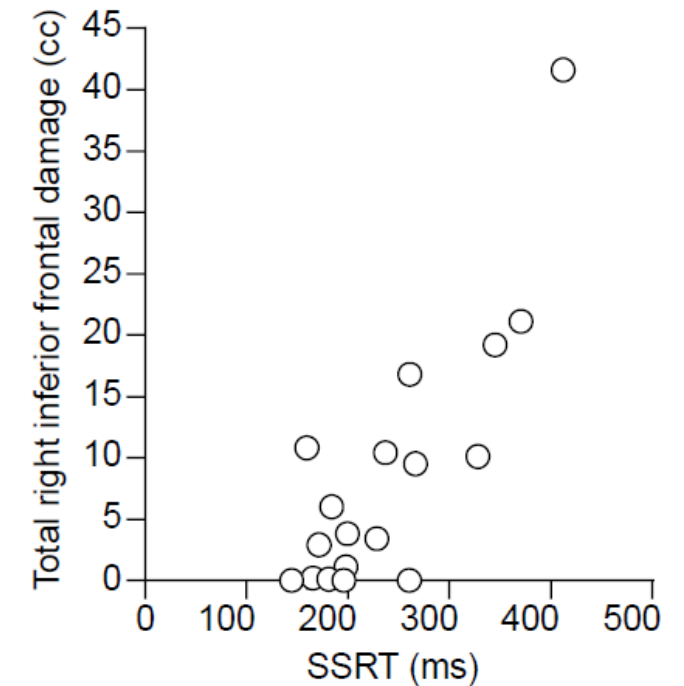
Stop-Trials:

Cue → Variables Delay → Stop-Signal

(a)



(b)



Präfrontale Funktionen

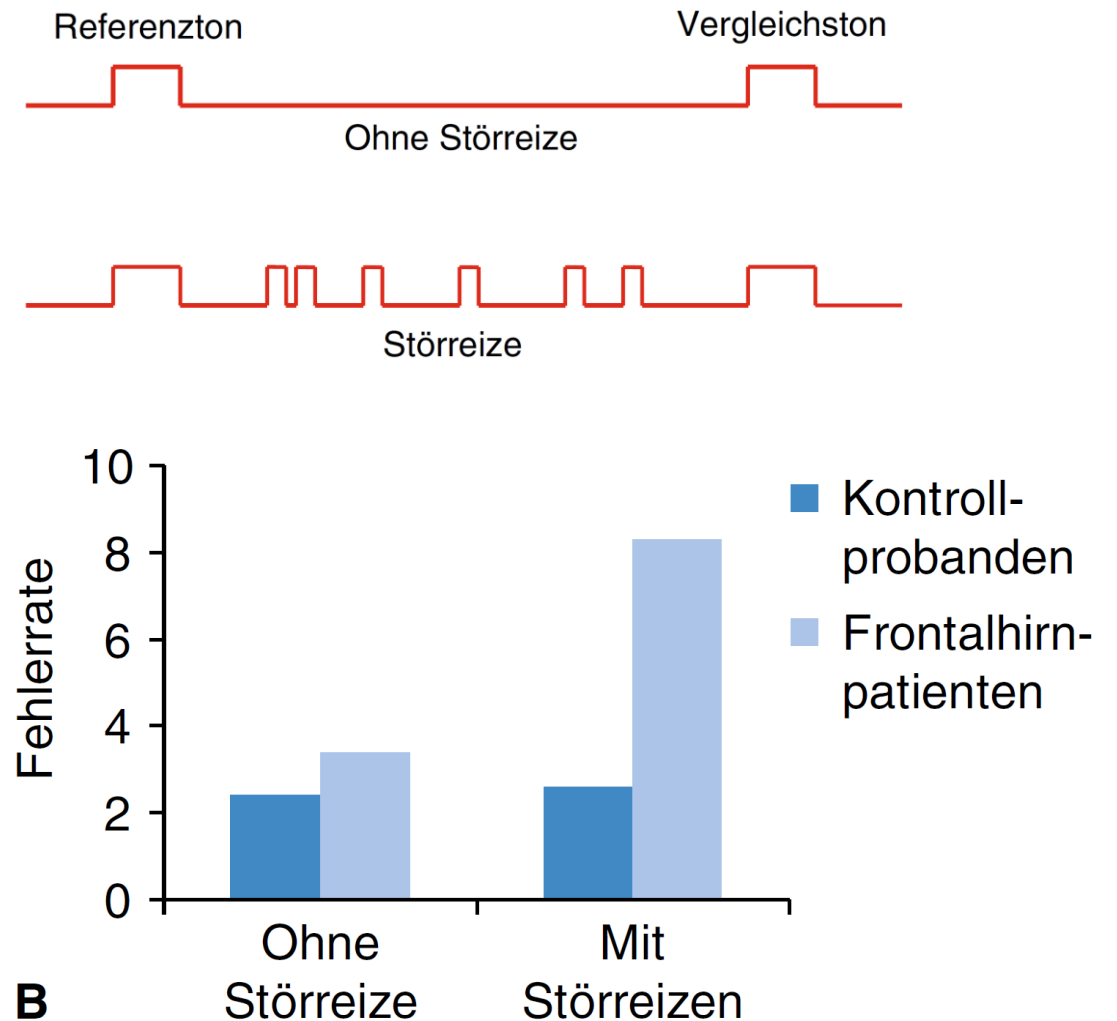
Abschirmung von Information gegen Interferenz

Abschirmung von Information gegen Interferenz

Probanden wurde in jedem Durchgang ein Alltagsgeräusch dargeboten und sie sollten nach einem Delay entscheiden, ob ein Vergleichsreiz identisch mit dem zuerst dargebotenen Reiz ist

Frontalhirnpatienten waren in der Aufgabe insbesondere dann beeinträchtigt, wenn während des Delays irrelevante Störgeräusche dargeboten wurden

→ beeinträchtigte Fähigkeit, relevante Information im Arbeitsgedächtnis gegen störende Reize abzuschirmen



Präfrontale Funktionen

Aufmerksamkeitskontrolle und willentliche Regulation motivationaler Tendenzen

Regulation des Nikotin-Verlangens durch Aufmerksamkeitfokussierung auf langfristige Folgen

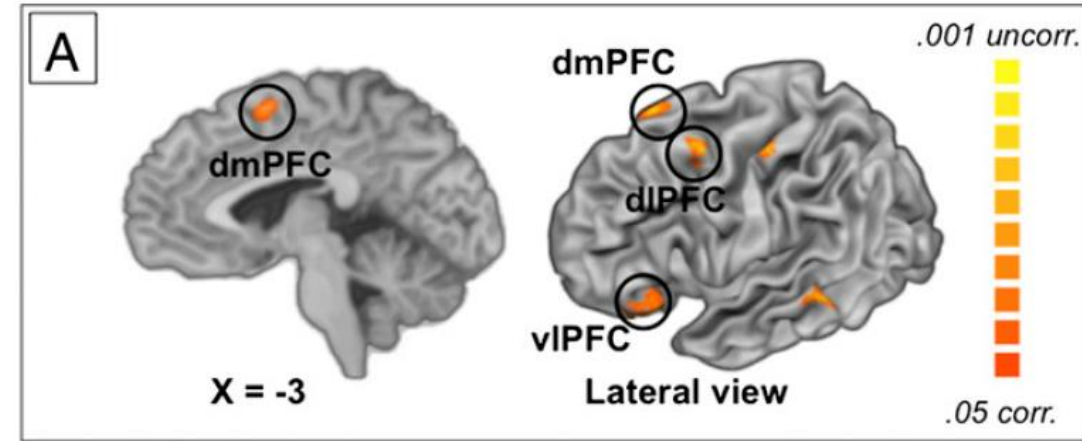
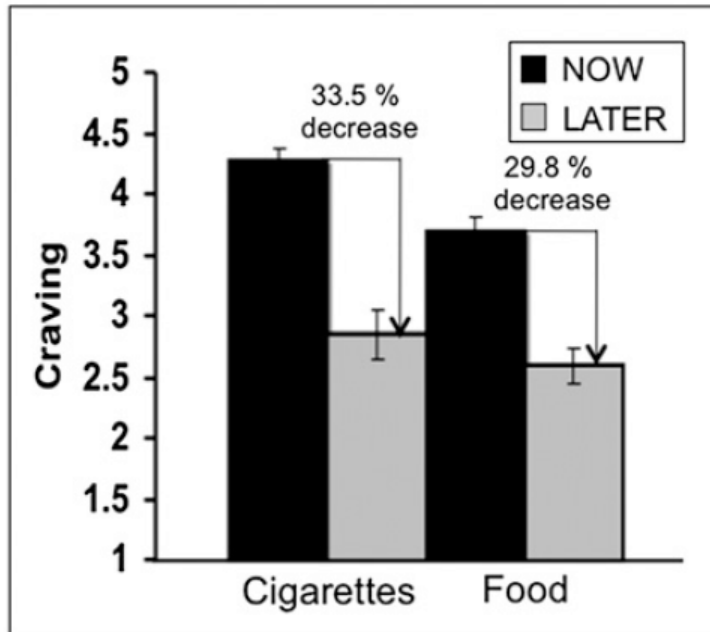
Probanden wurden instruiert, Aufmerksamkeit auf unmittelbare Gefühle oder langfristige Konsequenzen zu richten



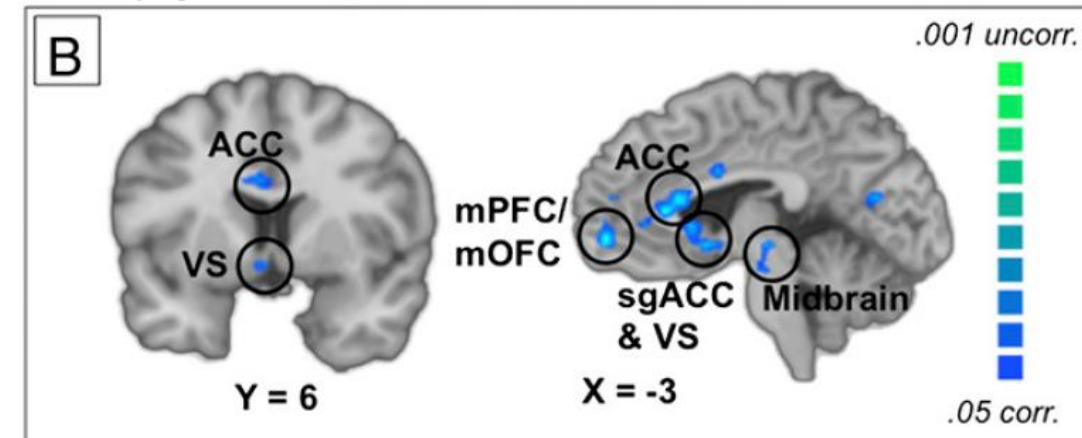
Regulation des Nikotin-Verlangens durch Aufmerksamkeitsfokussierung auf langfristige Folgen

Aktivierung in frontalen Regionen (Later > Now)

Reduziertes Verlangen wenn Aufmerksamkeit auf langfristigen Folgen gerichtet wurde



Reduzierte Aktivierung in Regionen, mit cue-induziertem Verlangen und Belohnungsprozessen verbunden sind (Later < Now)



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



Folgen von Frontalhirnläsionen

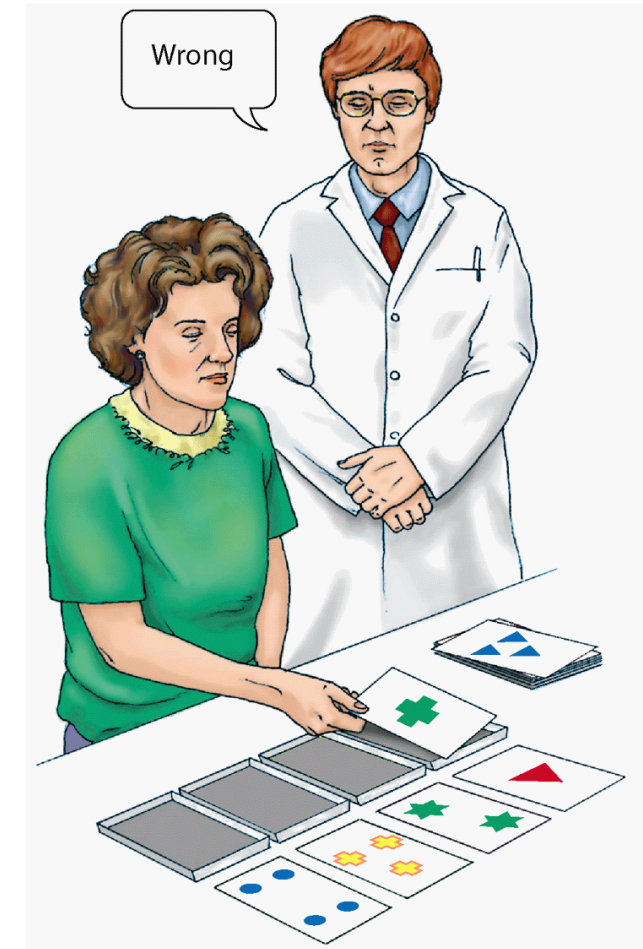
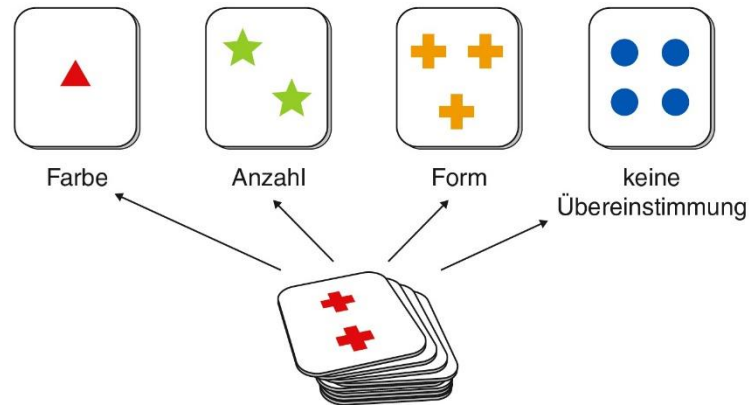
Wisconsin Card Sorting Test

Probanden sollen Karten nach einem ihnen unbekannten 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



Wisconsin Card Sorting Test: Einschränkungen und Kritik

Clinical research and brain imaging results question the validity and specificity of this test as a marker of frontal dysfunction.

Clinical studies with neurological patients have confirmed that the WCST (in its traditional form) fails to discriminate between frontal and non-frontal lesions.

Functional brain imaging studies show rapid and widespread activation across frontal and non-frontal brain regions during WCST performance.

→ The concept of an anatomically pure test of prefrontal function is empirically unattainable and theoretically inaccurate.

Aufgabenwechselparadigma

Farbe benennen

A
B
E
B
C
A
D

Buchstabe lesen

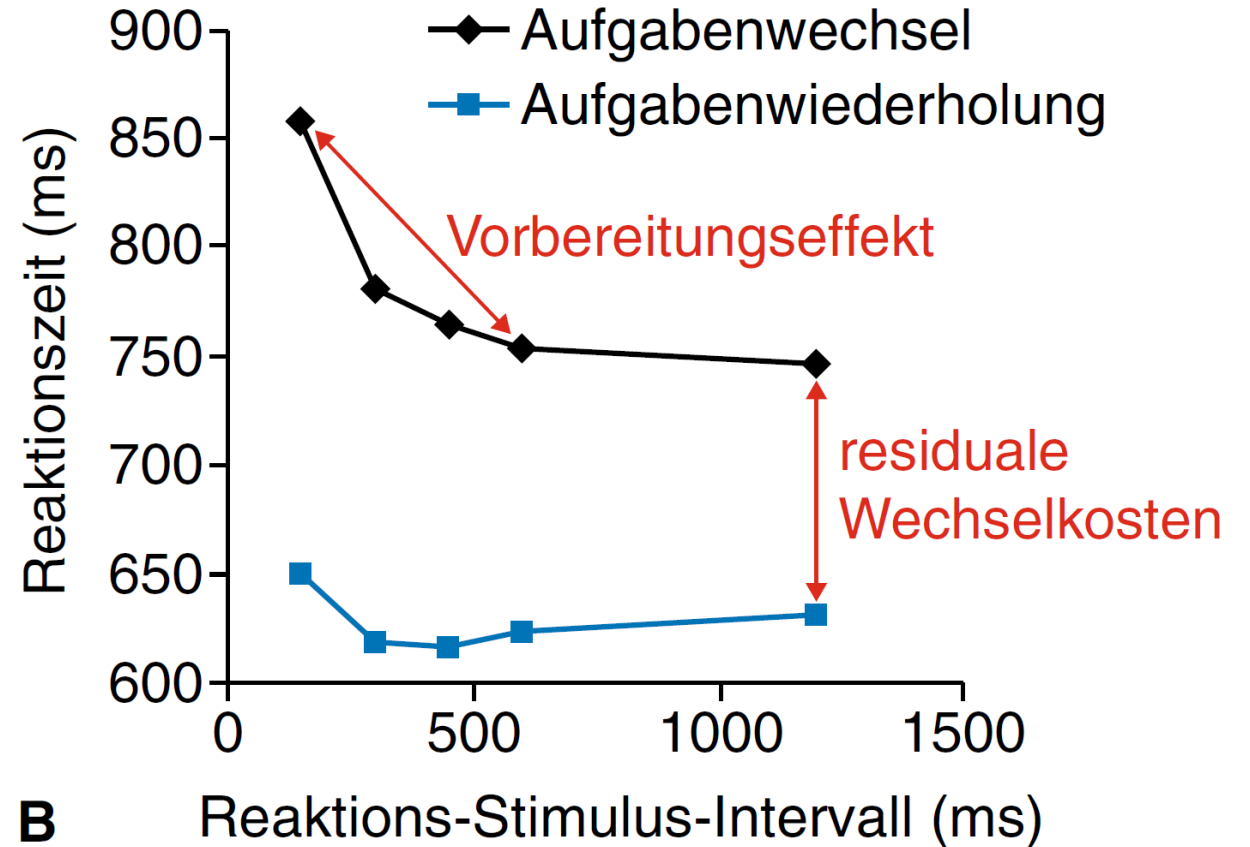
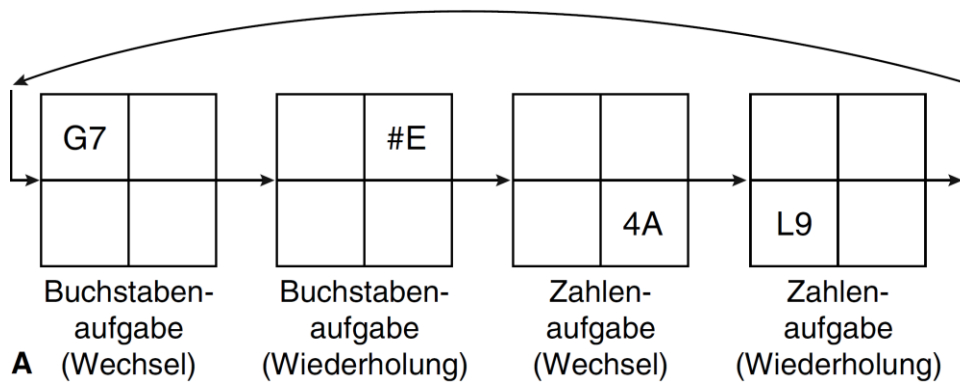
E
A
B
A
C
B
D

Abwechselnd Farbe
benennen und Buchstabe
lesen

C
A
E
B
A
D
B

Kognitive Flexibilität: Aufgabenwechselparadigma

Alternating runs paradigm



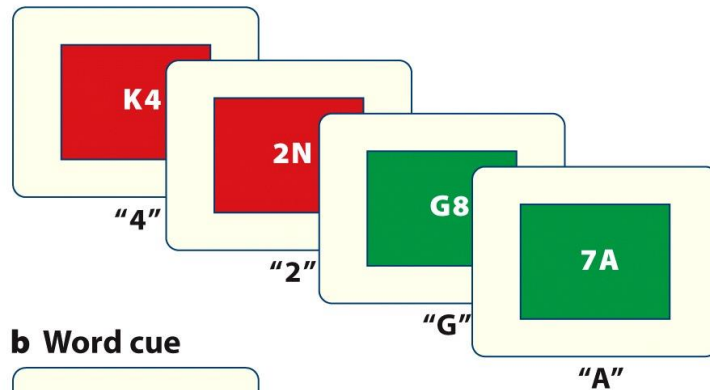
Aufgabenwechsel bei Patienten mit präfrontalen Läsionen

Vp soll entweder Buchstabe oder Zahl benennen

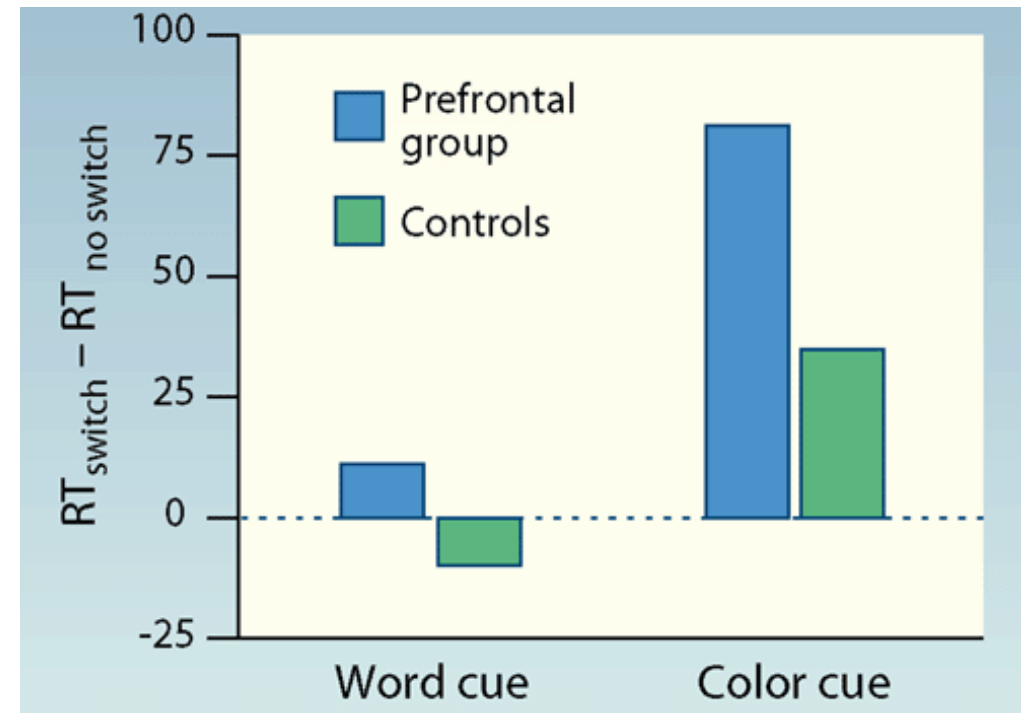
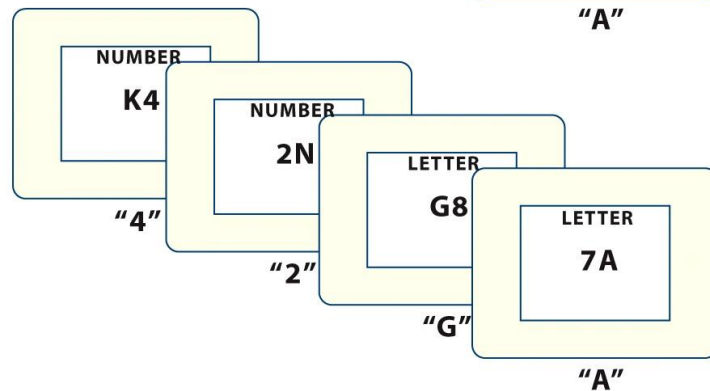
Aufgabe wird in jedem Trial durch (a) Farb-Cue oder (b) Wort-Cue angezeigt

Task-switching experiment

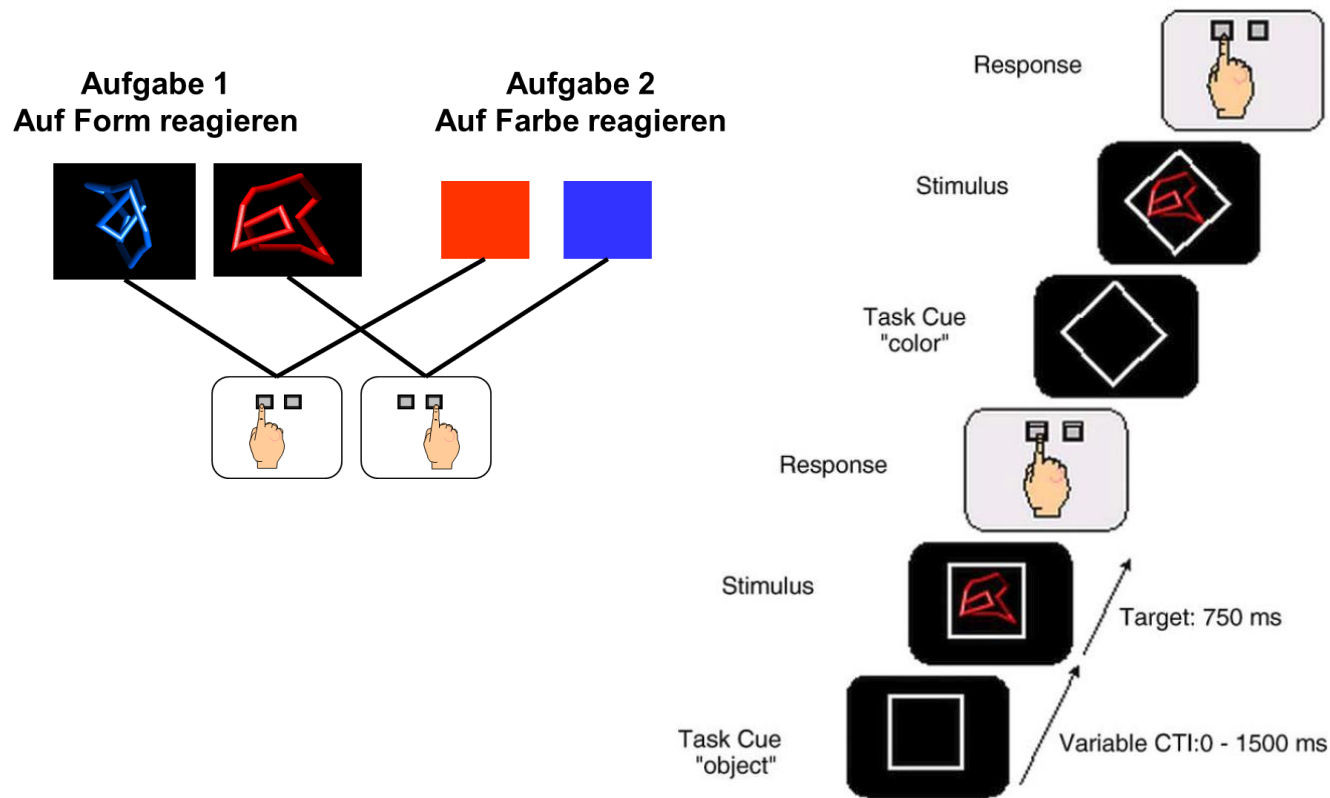
a Color cue



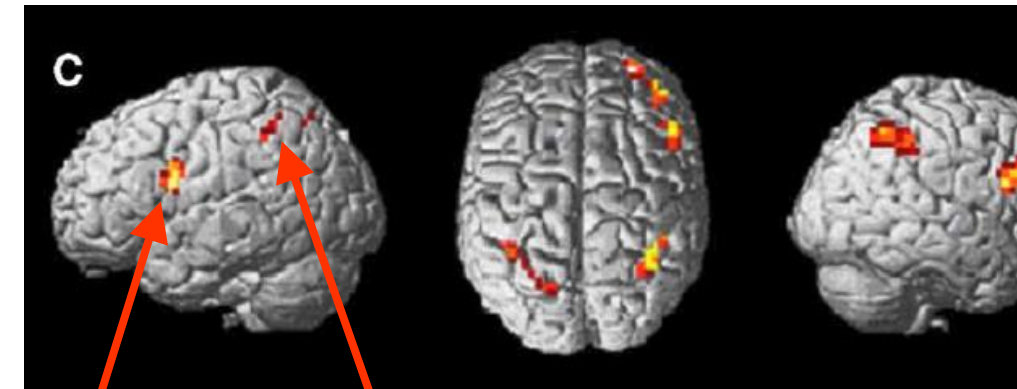
b Word cue



Aufgabenwechsel: Funktionelle Bildgebung



Hirnaktivität während der Vorbereitung auf die nächste Aufgabe



Linker inferiorer Präfrontalcortex

Parietalcortex

Übersicht über kognitive Kontrollfunktionen, einschlägige 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		

Fazit

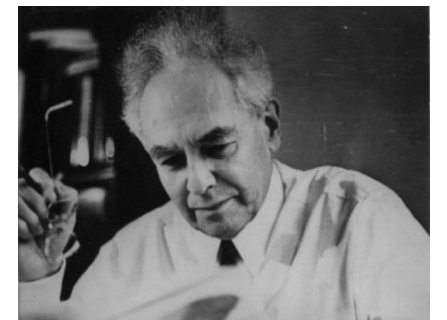
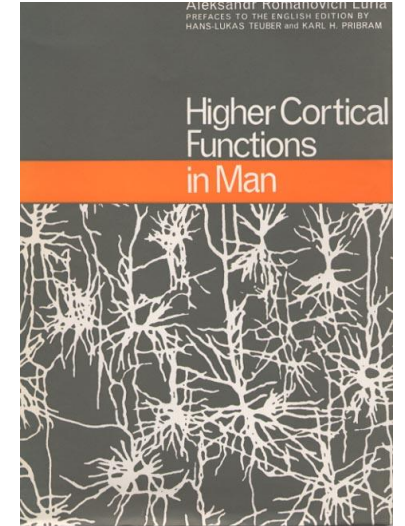
Reizabhängiges (anstelle von durch Zielen gesteuertes) Verhalten

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)



Komputationale (konnektionistische) Modelle der kognitiven Kontrolle

Komputationale Modelle der kognitiven Kontrolle:

Ein einfaches konnektionistisches Modell der Stroop-Aufgabe

Knoten: Verarbeitungseinheiten, die Reize, Reaktionen und Aufgaben repräsentieren und mehr oder weniger aktiviert sein können

Konnektionen: assoziative Verknüpfungen zwischen Knoten

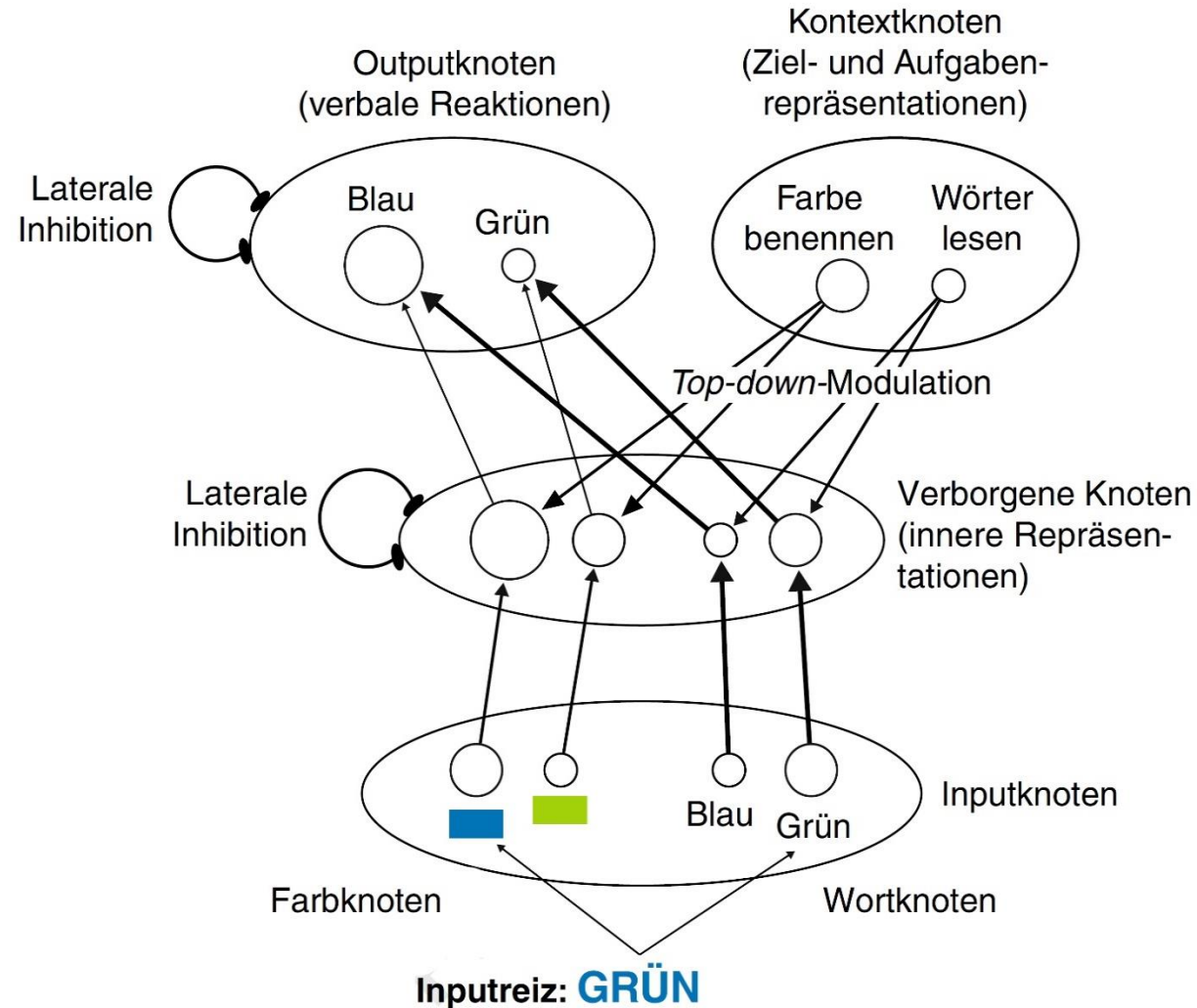
Stärke der Konnektionen zwischen Wort- und Outputknoten ist größer als zwischen Farb- und Outputknoten, da Lesen automatisierter ist als Farbbenennen

Konflikte entstehen, wenn ein Wort über starke Konnektionen die nicht-intendierte Reaktion aktiviert

Kontextknoten repräsentieren die aktuelle Aufgabe im PFC

Aktive Aufrechterhaltung: Kontextknoten können Zielrepräsentationen und Aufgaberegeln auch ohne Reizinput aufrecht erhalten

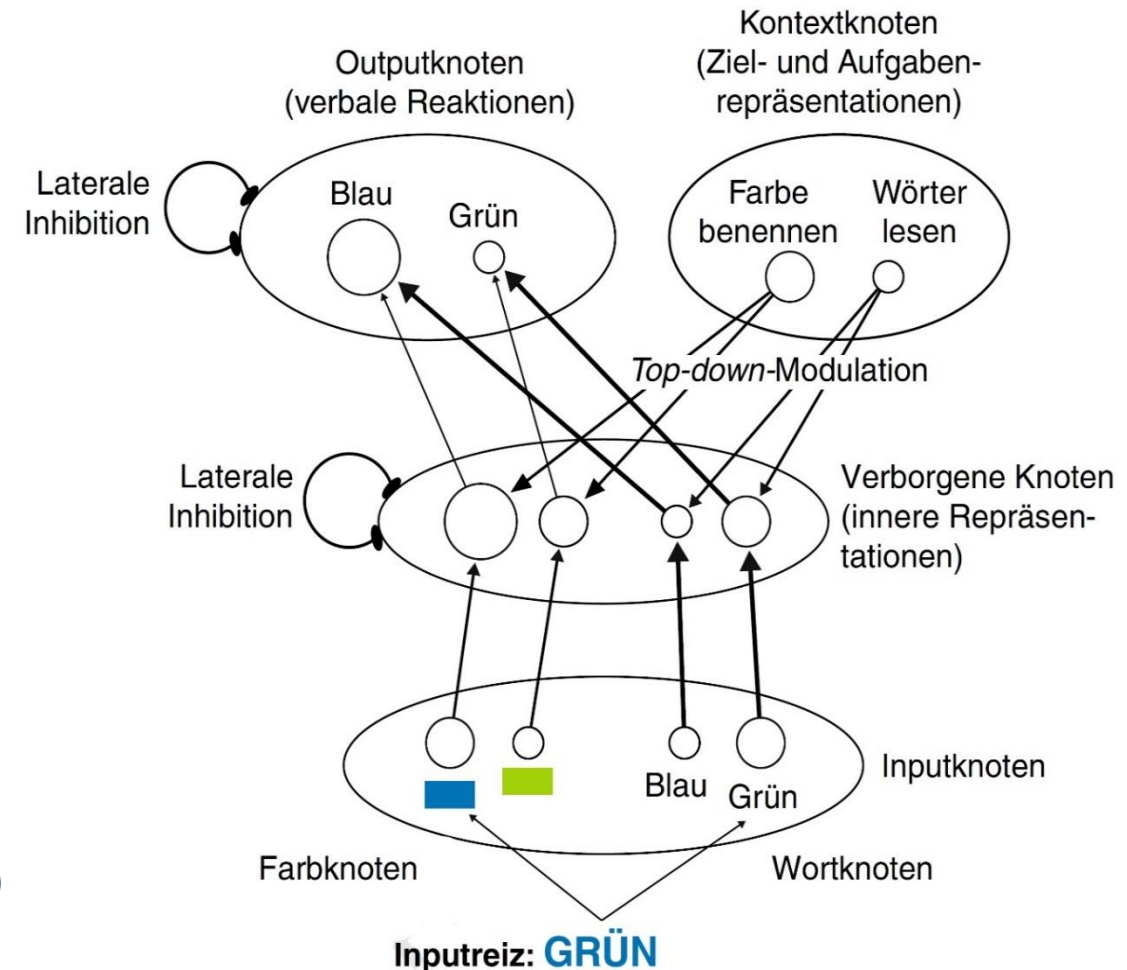
Top-Down-Modulation: Die aktivierte Aufgabe moduliert „top-down“ die Sensitivität der Knoten in der aufgabenrelevanten Verarbeitungsbahn, so dass aufgabenrelevante Information mit höherer Priorität verarbeitet wird



Komputationale Modelle der kognitiven Kontrolle: Ein einfaches konnektionistisches Modell der Stroop-Aufgabe

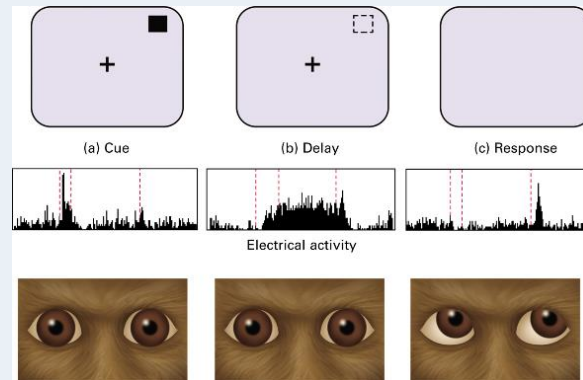
Erklärung zentraler Funktionen kognitiver Kontrolle:

- *Top-Down-Modulation*: ermöglicht es dem Modell, bei inkongruenten Reizen auf die Farbe zu reagieren, obwohl die (eigentlich stärkeren) Wort-Reaktions-Konnektionen die falsche Reaktion aktivieren
- *Kognitive Flexibilität*: beruht darauf, dass Aktivierungsmuster, die Ziele oder Aufgaben repräsentieren, schnell aktualisiert werden können (im Gegensatz zu Konnektionen, die nur langsam durch Lernen verändert werden können)
- *Inhibition* irrelevanter Information oder automatisierter Reaktionen resultiert aus der Top-Down-Modulation in Verbindung mit lateraler Inhibition zwischen konkurrierenden Repräsentationen (sog. „*biased competition*“)



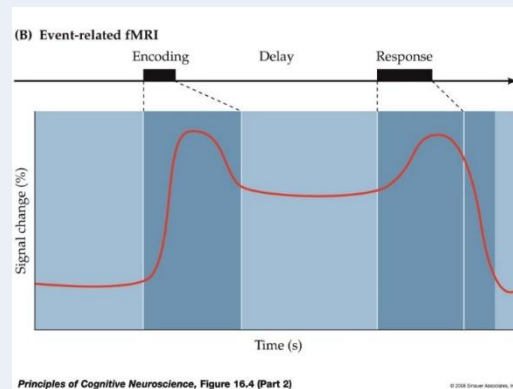
Evidenz für die aktive Aufrechterhaltung zielrelevanter Information und die Top-Down-Modulation sensorischer Systeme (→ vgl. Vorlesung zum Arbeitsgedächtnis)

Persistent firing of neurons in dlPFC in delay tasks (even during distraction)



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

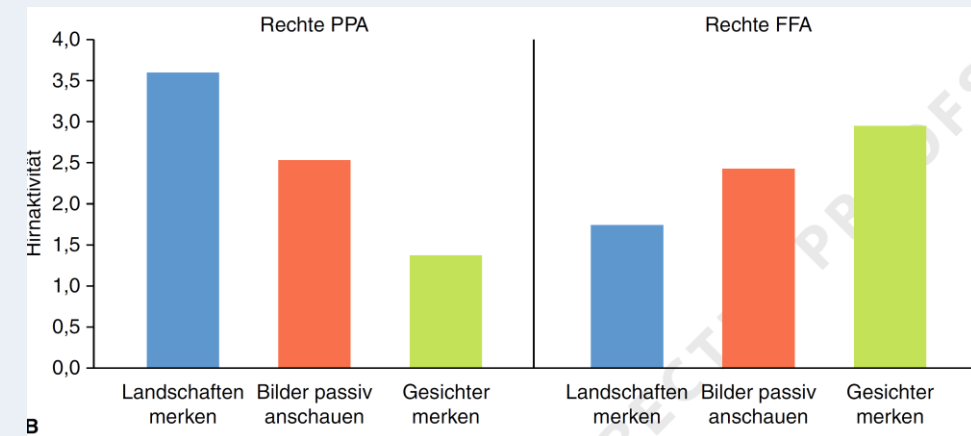
Sustained fMRI activity in PFC during WM delays



D'Esposito (2015)

Top-down modulation of posterior cortex by task goals

	Instruktion 2 s	Stimulus 800 ms 800 ms 800 ms 800 ms				Delay 9 s	Reaktion 1 s	ITI 10 s
Gesichter merken Landschaften ignorieren	Gesichter					+		+
Landschaften merken Gesichter ignorieren	Land- schaften					+		+
Bilder passiv anschauen	An- schauen					+	→	+

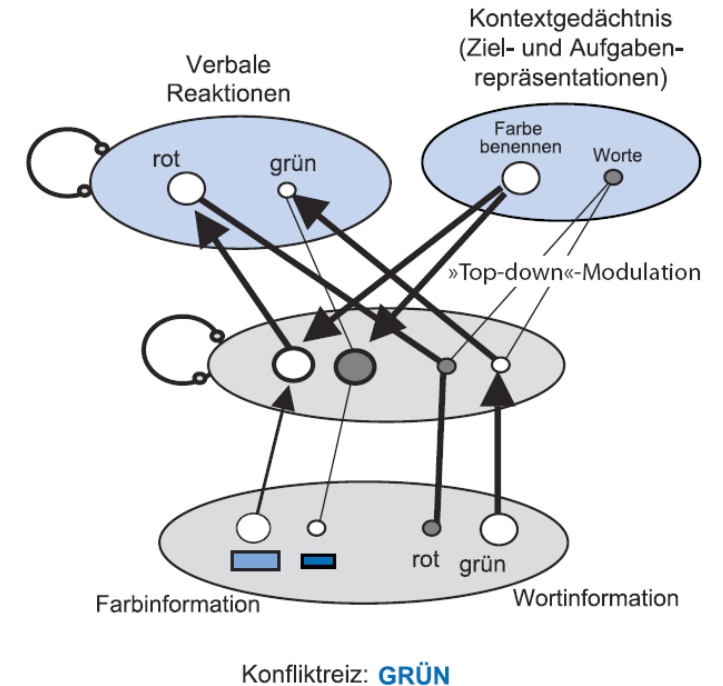


Gazzaley et al. (2005)

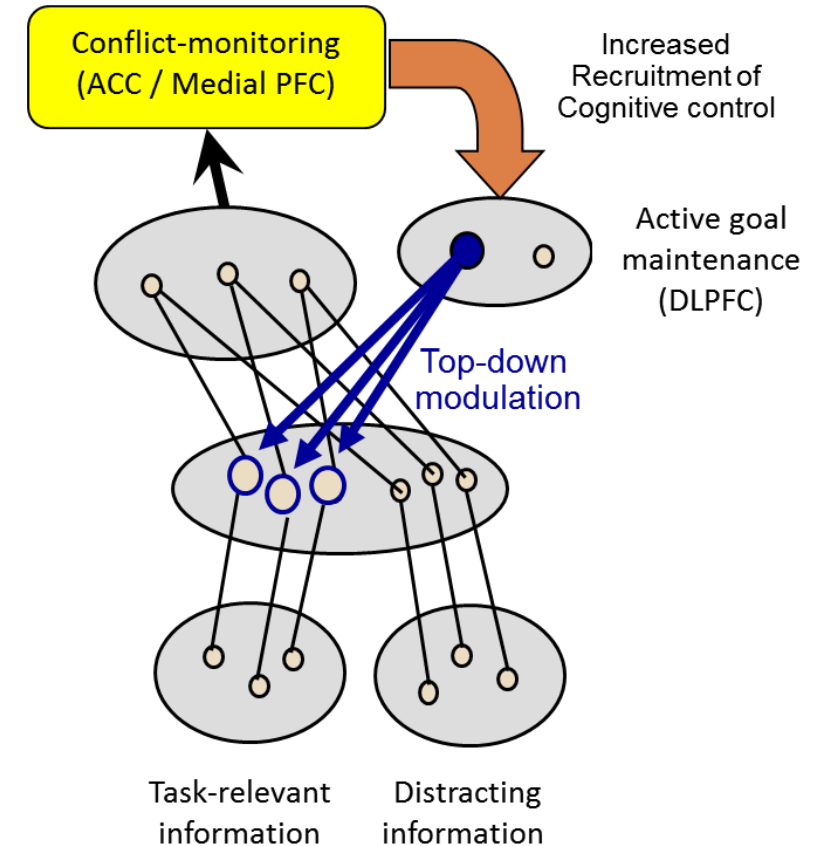
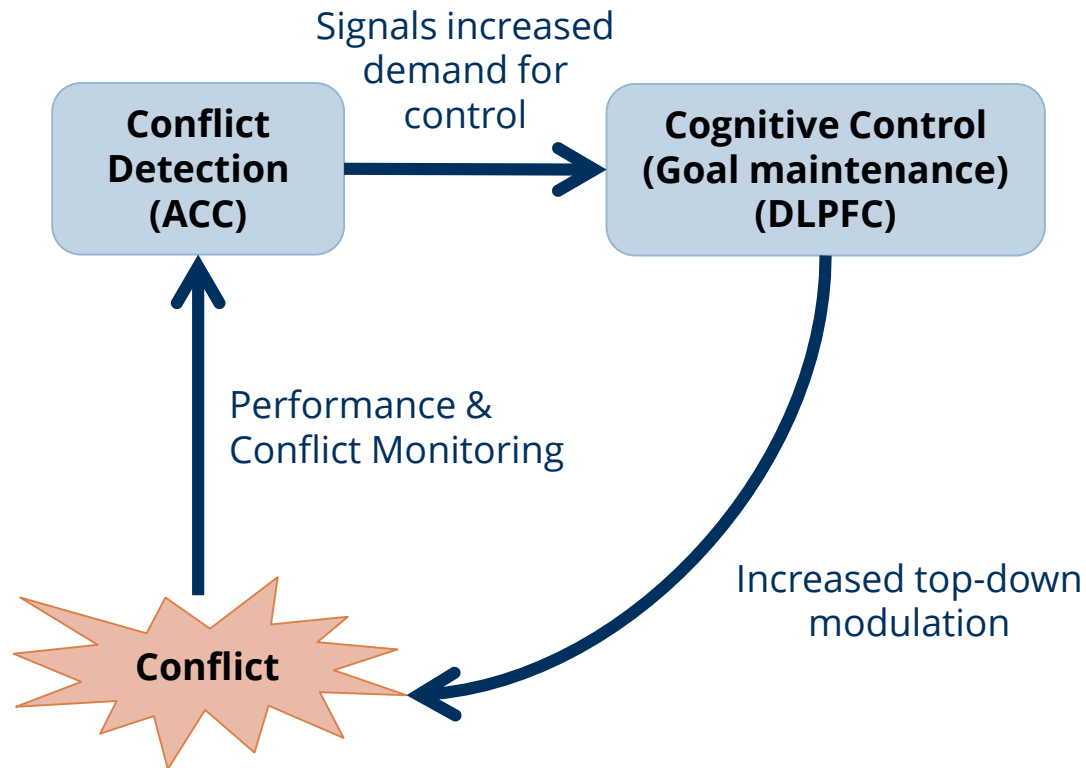
Das Homunkulus-Problem

Kognitive Kontrolle beruht darauf, dass Zielrepräsentationen und Aufgabenregeln im PFC aktiv gehalten werden und „top-down“ die Verarbeitung in sensorischen Systemen dergestalt modulieren, dass aufgabenrelevante Informationen mit höherer Priorität verarbeitet werden

- *Woher „weiß“ der präfrontale Kortex, ob und wann kognitive Kontrolle notwendig ist?*
- *Wie wird im Falle eines Konflikts entschieden, ob und welches Ziel gegen konkurrierende Motivationstendenzen oder störende Reize abgeschirmt werden sollte oder ob auf ein anderes Ziel gewechselt werden sollte?*
- *Wie berechnet das Gehirn, ob sich der Einsatz kognitive Kontrolle lohnt?*



Conflict-monitoring theory



Empirische Evidenz aus Interferenzaufgaben

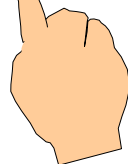
Reagiere auf den zentralen Buchstaben!

Kongruenter Reiz
(kein Konflikt)

SSSSS

H

S

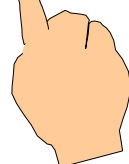


Inkongruenter Reiz
(Konflikt)

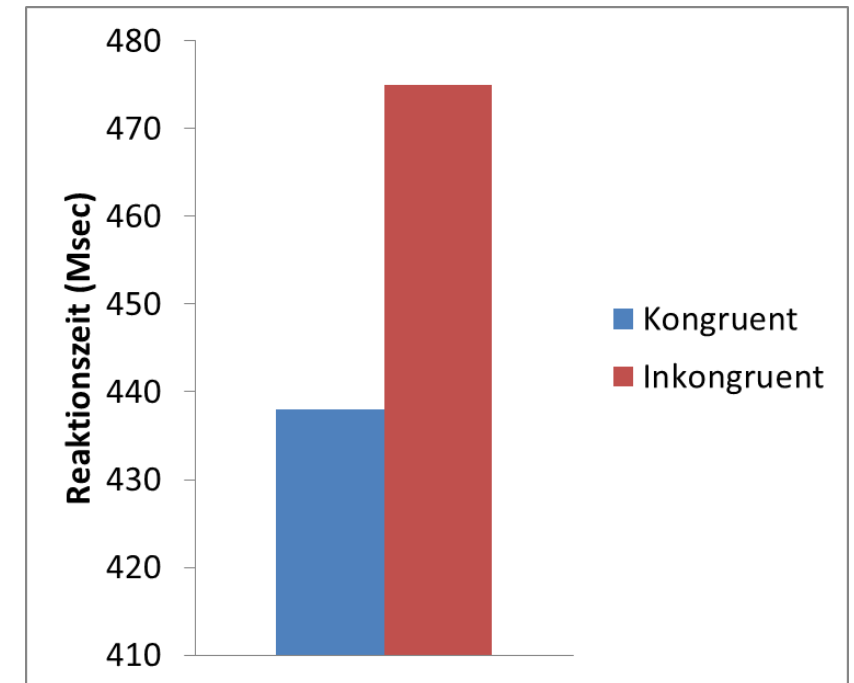
SSHSS

H

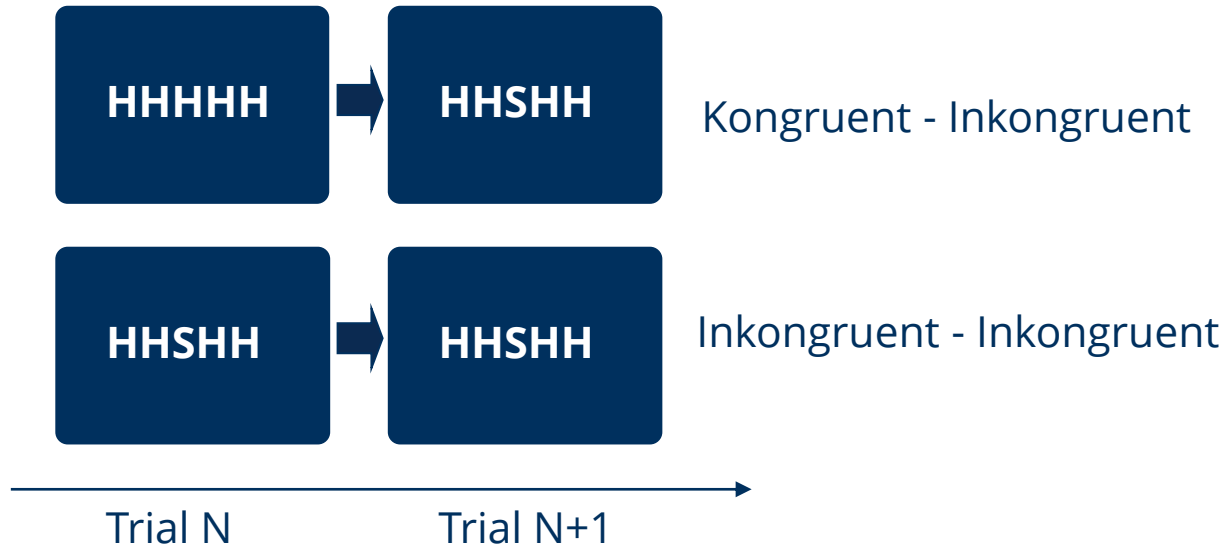
S



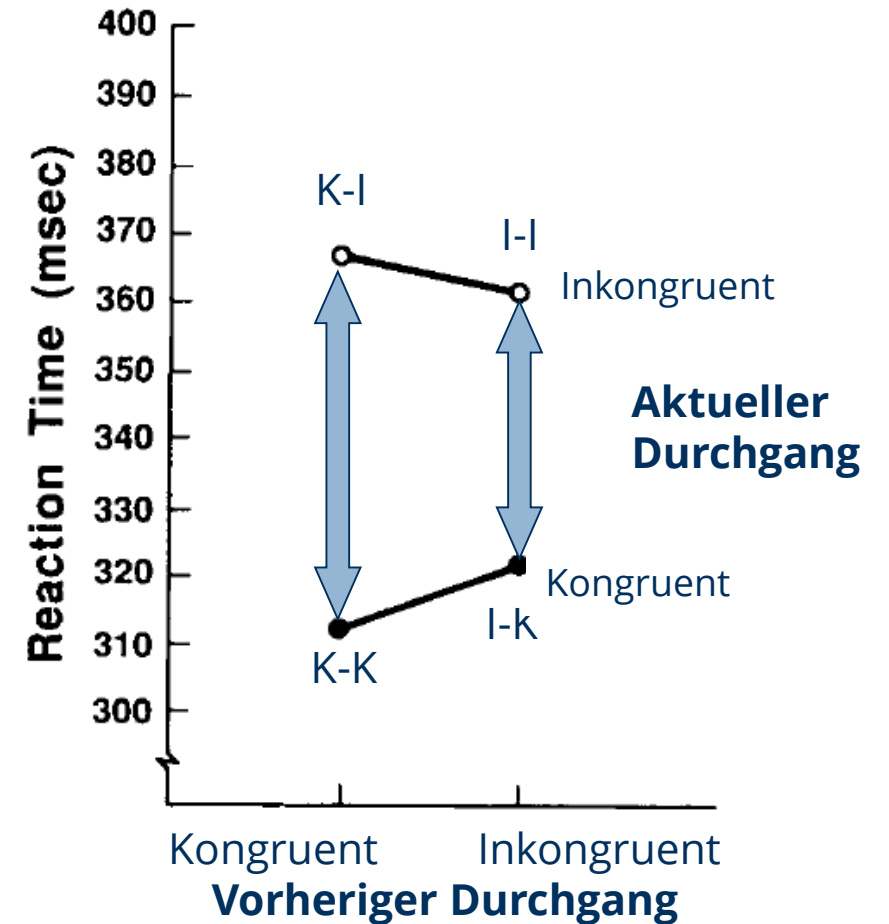
Flanker-Effekt



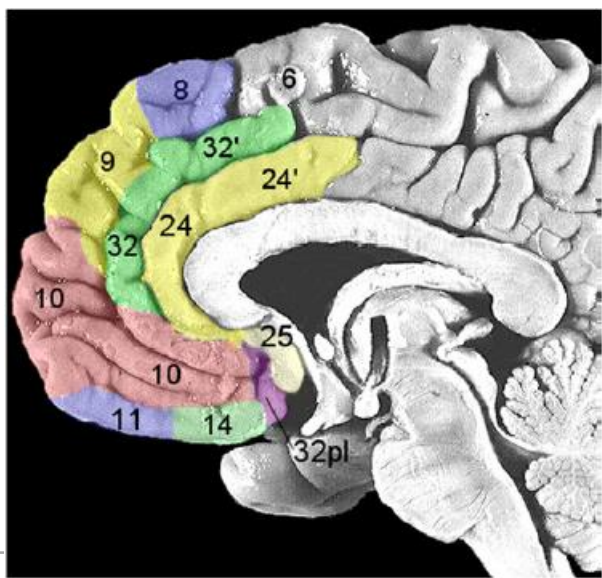
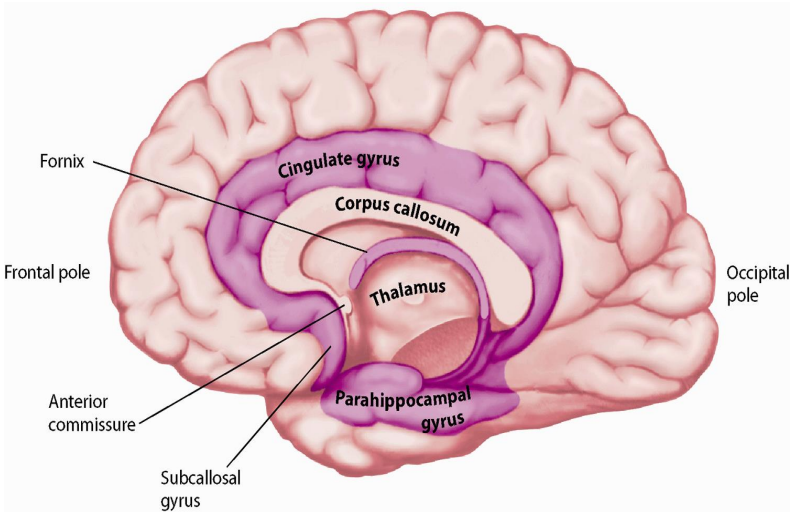
Sequentielle Konflikt-Adaptations-Effekte



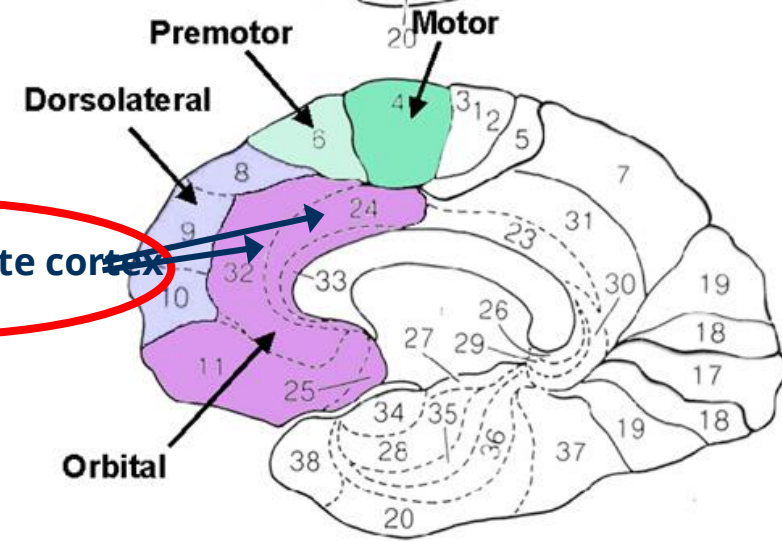
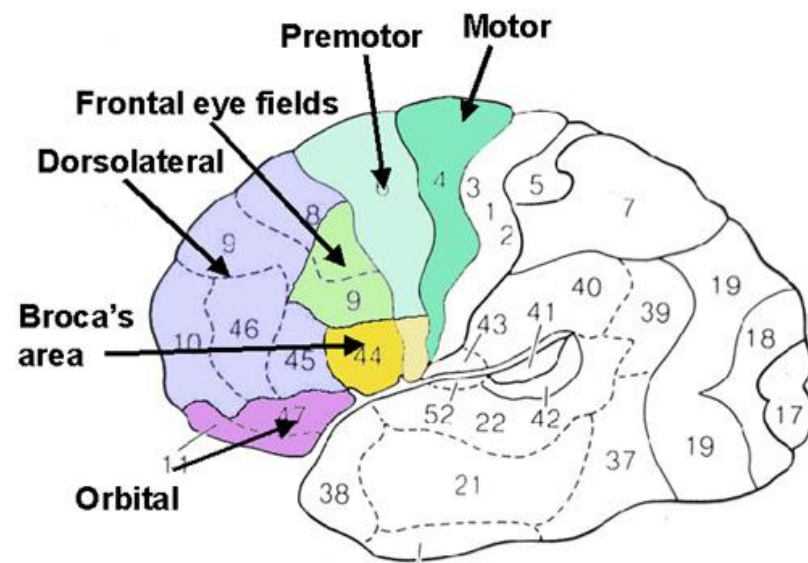
- Interferenzeffekt (= längere Reaktionszeiten in inkongruenten Durchgängen) ist *unmittelbar nach* einem Konflikt reduziert
- Spricht dafür, dass Konflikte eine verstärkte Mobilisierung kognitiver Kontrolle auslösen



Anterior cingulate cortex (ACC)

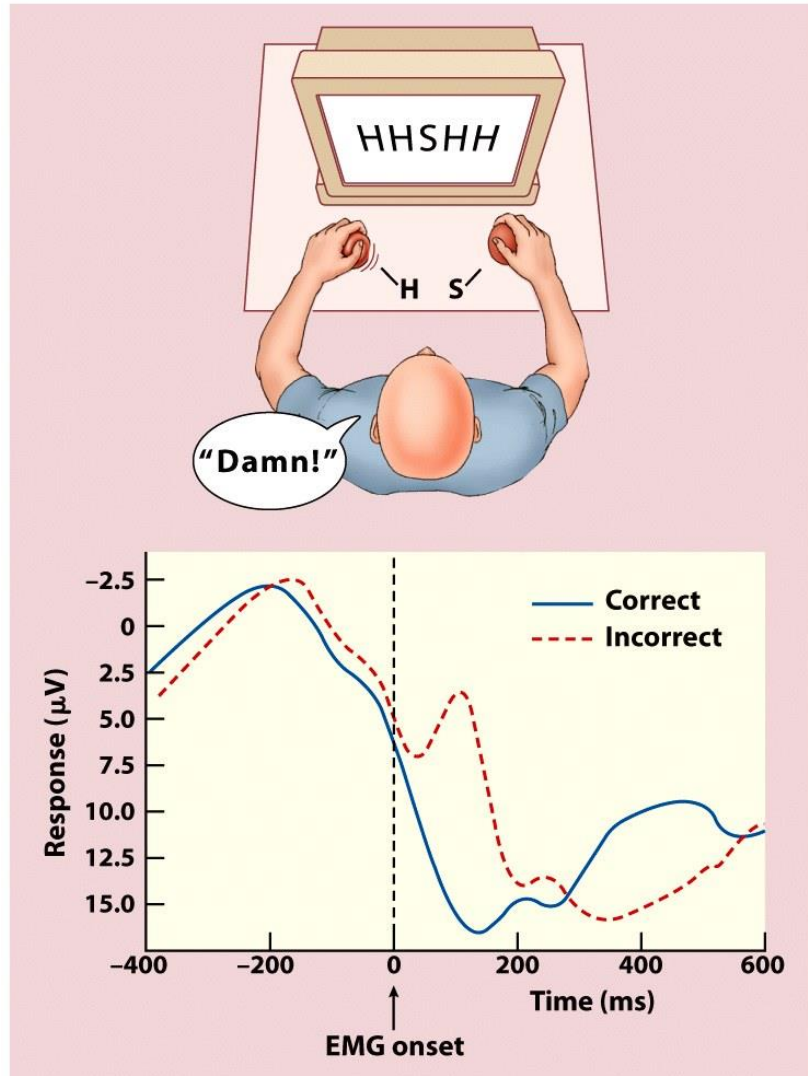


Subdivisions of the frontal lobes

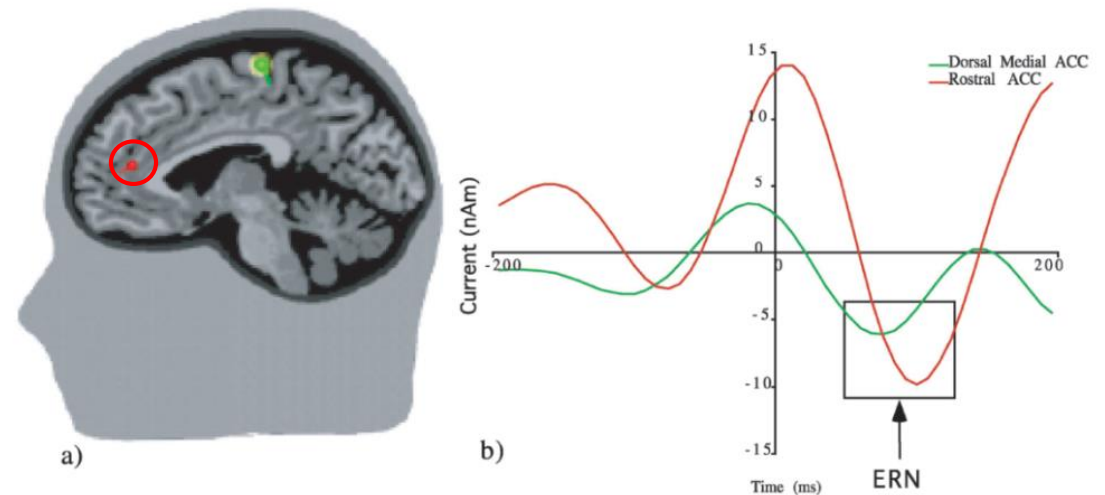


Anterior cingulate cortex

Error-related negativity (ERN)

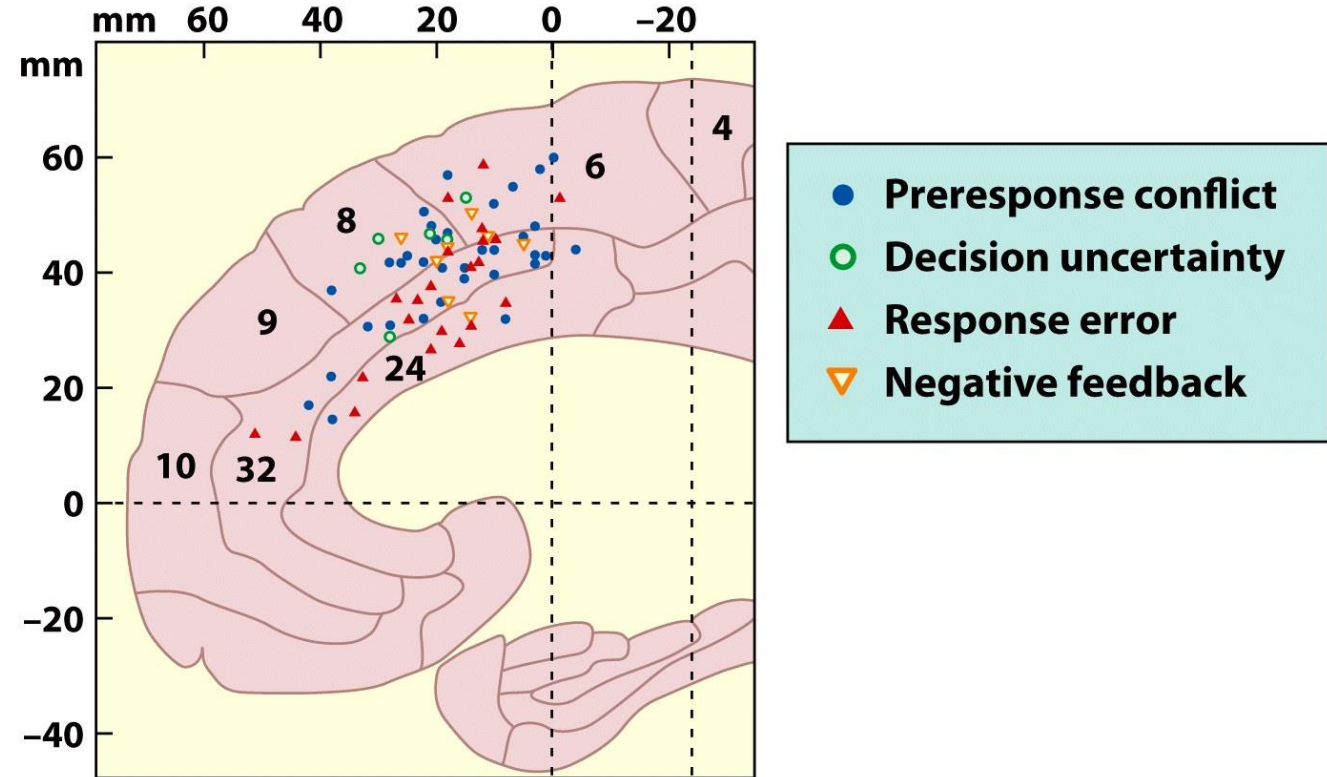


- Negative potential shift 75-150 msec after onset of an error
- Neural generator in the anterior cingulate cortex
- Signal for mobilization of cognitive control



ACC-Aktivierung durch Konflikte und Fehler: Metaanalyse von 38 fMRT-Studien (1997-2004)

Activations cluster in the dorsal medial frontal cortex in the region where areas 8, 6, 32, and 24 border each other



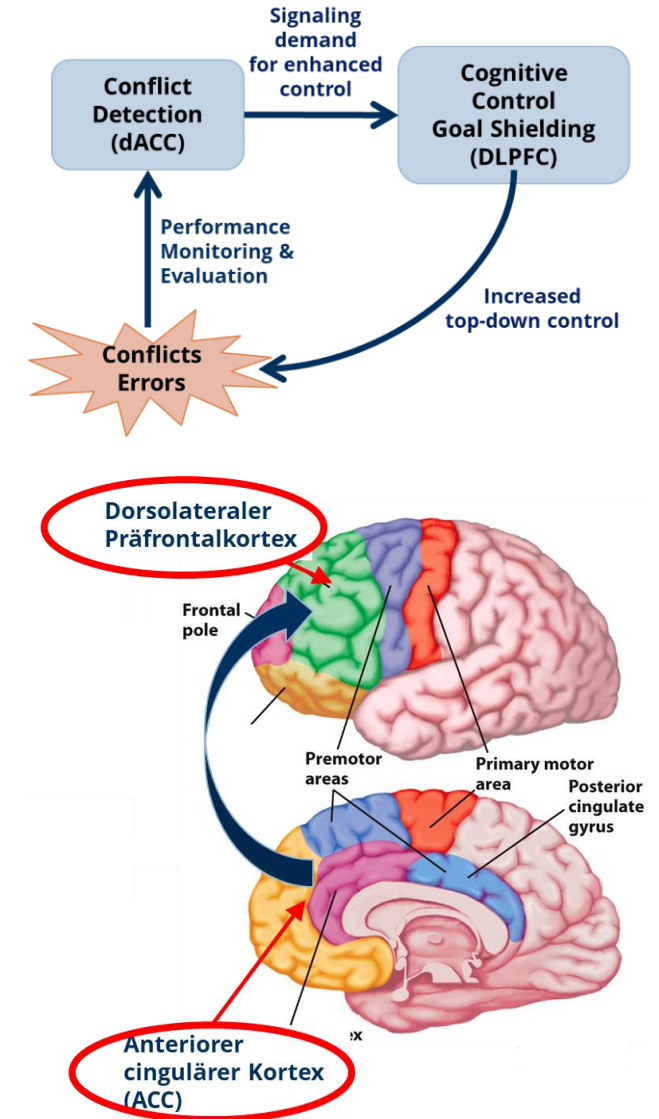
Dorsaler anteriorer cingulärer Cortex und Konfliktüberwachung

Hypothese: dACC ist Teil eines Überwachungssystems, das Konflikte und Fehler registriert und bewertet, ob kognitive Kontrolle mobilisiert werden muss, um Konflikte zu bewältigen und Fehler zu vermeiden

Im Falle eines Konflikts generiert der dACC ein Kontrollsignal, das eine verstärkte Aktivierung von Ziel- und Aufgabenrepräsentationen im dorsolateralen PFC (dlPFC) auslöst

Als Folge davon wird die "Top-Down"-Modulation anderer Hirnregionen durch aktiv gehaltene Zielrepräsentationen verstärkt, so dass aufgabenrelevante Information mit höherer Priorität verarbeitet werden

Als Nebeneffekt der verstärkten Top-Down-Modulation werden irrelevante Information oder unerwünschte konkurrierende Reaktionen unterdrückt ("biased competition")



fMRI-Studie zur Rolle des dACC bei der Konfliktadaptation

A: Versuchsdesign

B: Reaktionszeiten für kongruente und inkongruente Stroop-Reize, die auf kongruente oder inkongruente Reize folgen

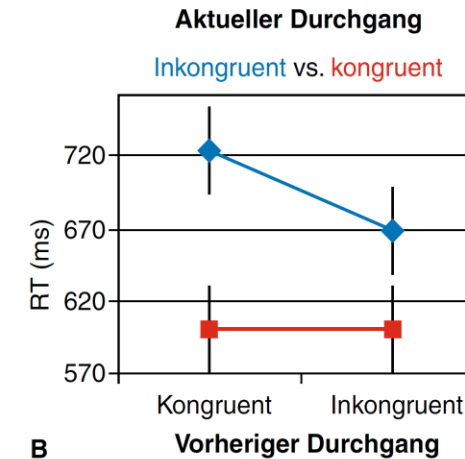
C: ACC-Aktivierung für inkongruente Reize, die auf kongruente vs. inkongruente Reize folgten

D: Korrelation zwischen der ACC-Aktivierung und der dlPFC-Aktivierung im darauf folgenden Trial

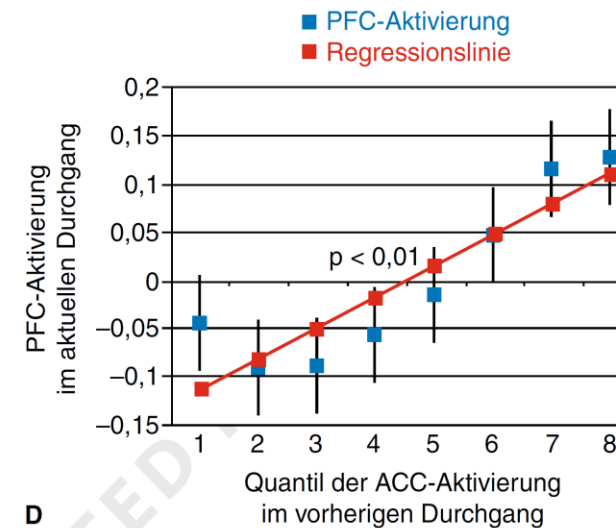
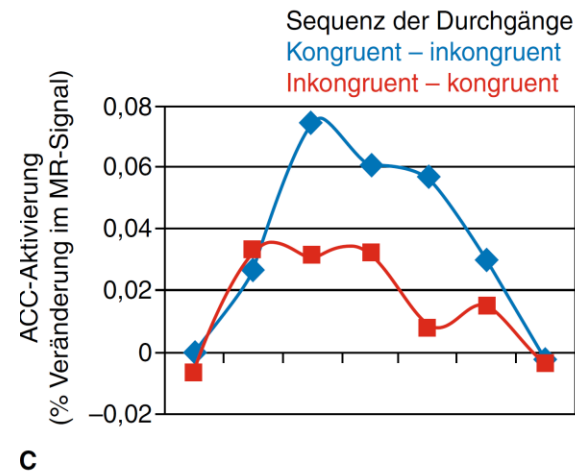
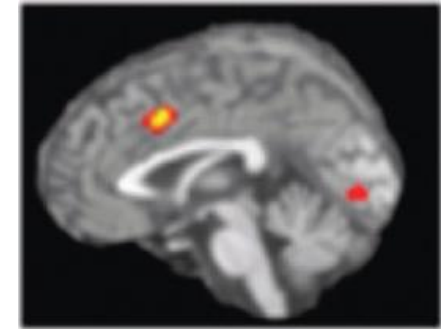
Aktueller Durchgang

	Kongruent	Inkongruent
Vorheriger Durchgang Kongruent	Kongruent – kongruent	Kongruent – inkongruent
Vorheriger Durchgang Inkongruent	Inkongruent – kongruent	Inkongruent – inkongruent

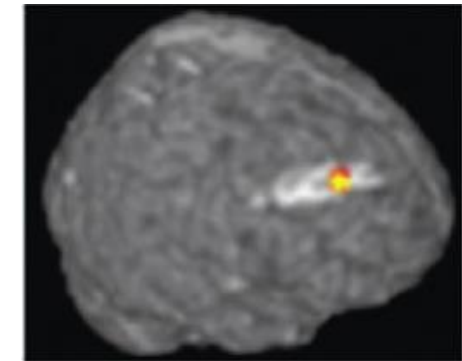
A



ACC Aktivierung in inkongruenten Trials



dlPFC-Aktivierung in Trials mit starker Konflikt-Adaptation



Können Messungen der Hirnaktivität im Labor alltägliche Selbstkontrolle vorhersagen?

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

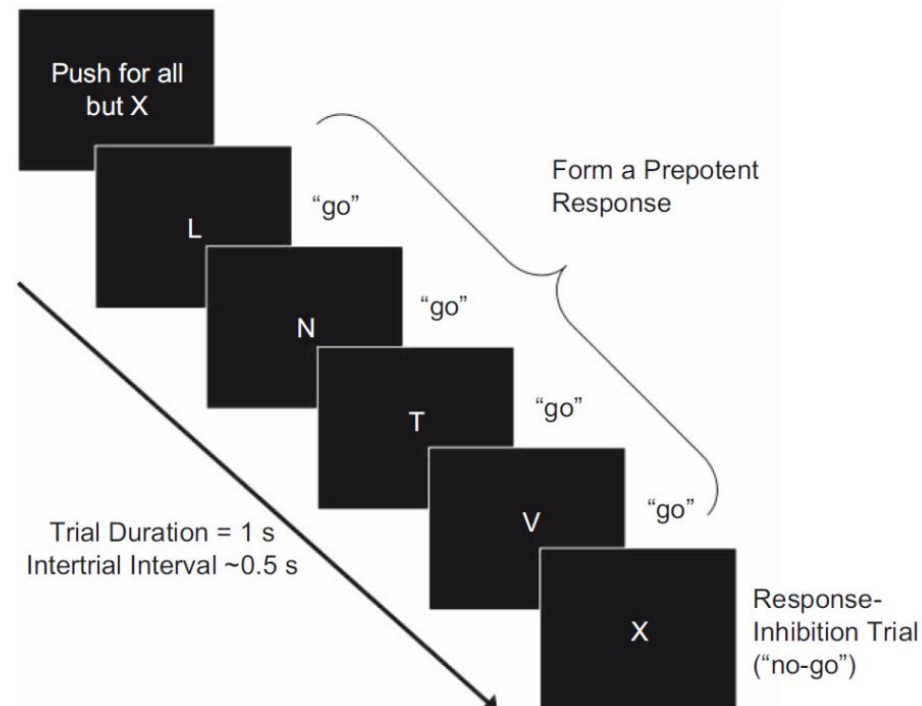
Können Laboraufgaben zur Messung kognitiver Kontrolle alltägliche Selbstkontrolle vorhersagen?

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

27 Raucher mit der Absicht, das Rauchen aufzugeben

Go/no-go Aufgabe im MRTR-Scanner

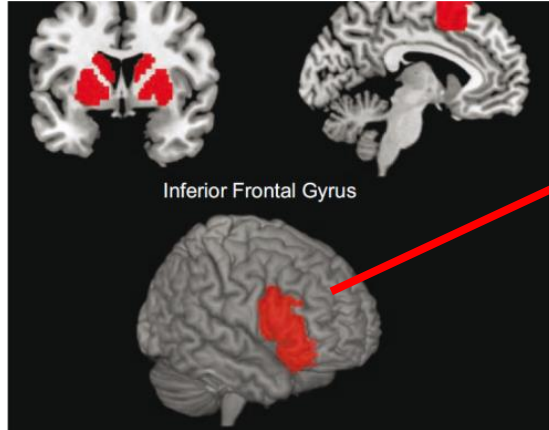
„Erlebnis-Sampling“: 8 pro Tag für 3 Wochen → Probanden registrierten Stärke des Verlangens zu Rauchen und Anzahl der danach tatsächlich gerauchten Zigaretten



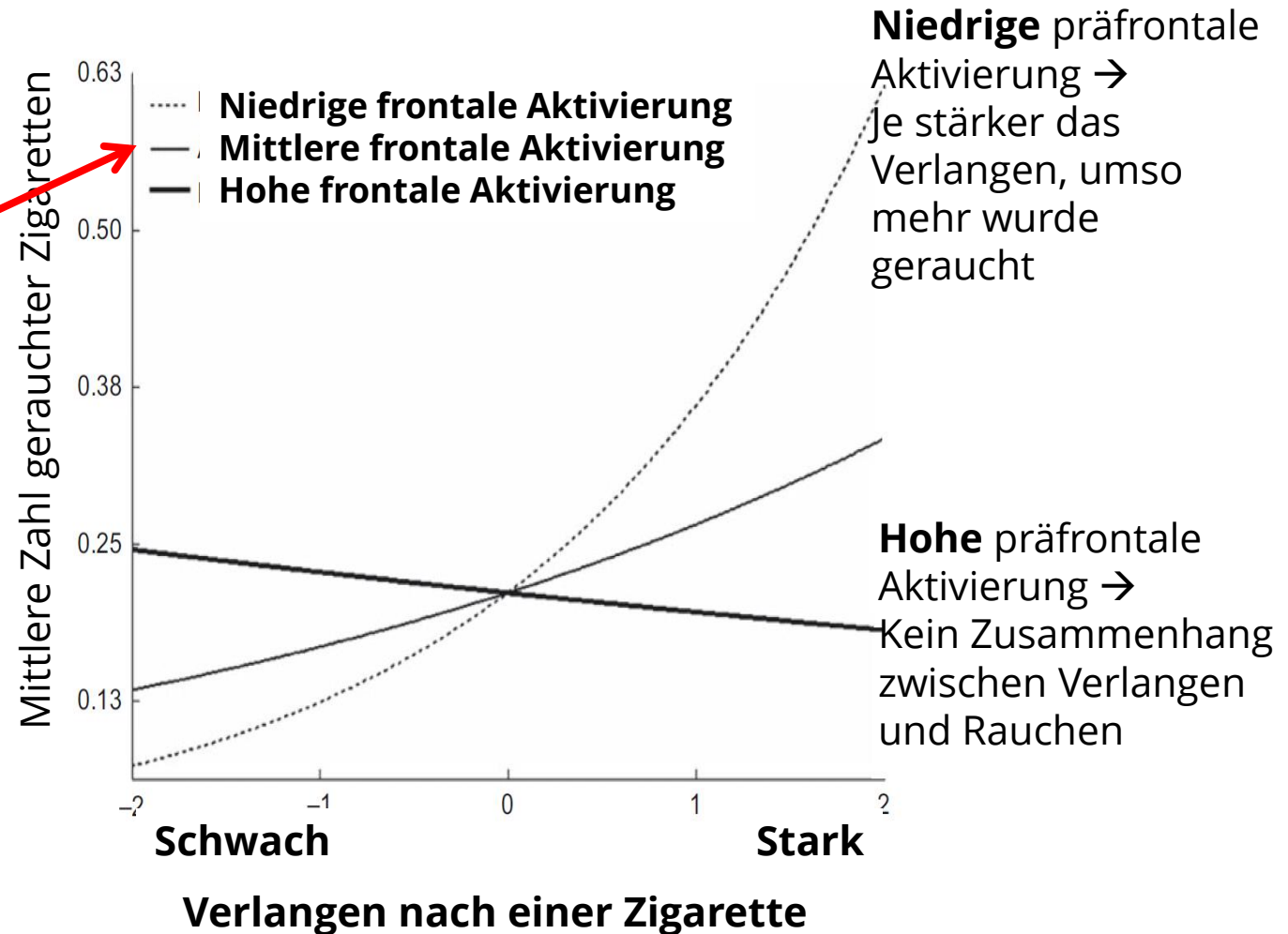
Sagen Sie so schnell wie möglich JA, wenn ein
Buchstabe erscheint, mit Ausnahme des „X“!

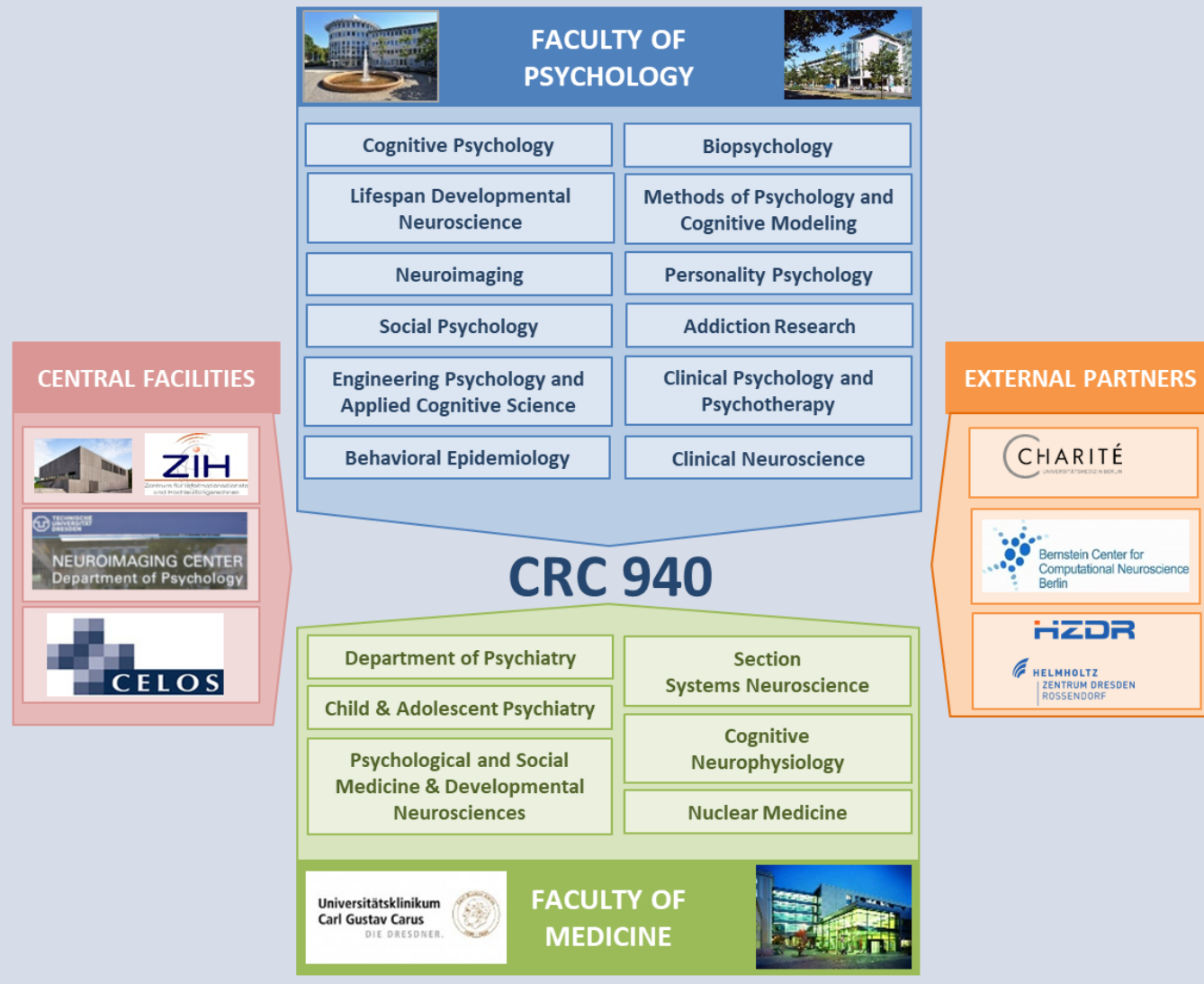
W

Können Messungen der Hirnaktivität im Labor alltägliche Selbstkontrolle vorhersagen?



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





SFB 940 Project C1:

Volitional dysfunctions in self-control failures and addictive disorders

Welche kognitiven Mechanismen und neuronalen Systeme liegen der Fähigkeit zur Selbstkontrolle zugrunde?

Wie kommt es zu Beeinträchtigungen oder zum Verlust der Selbstkontrolle bei Substanzgebrauchsstörungen und abhängigem Verhalten?

Lassen sich alltägliche Selbstkontrollfehler durch Leistungsparameter und Hirnaktivierungsmuster in kognitiven Kontrollaufgaben vorhersagen?



Thomas
Goschke



Michael
Smolka



Gerhard
Bühringer



Martin Krönke



Max Wolff



Anja Kräplin

Data analyses and modeling

MR Physics Group



Holger Mohr



John Venz

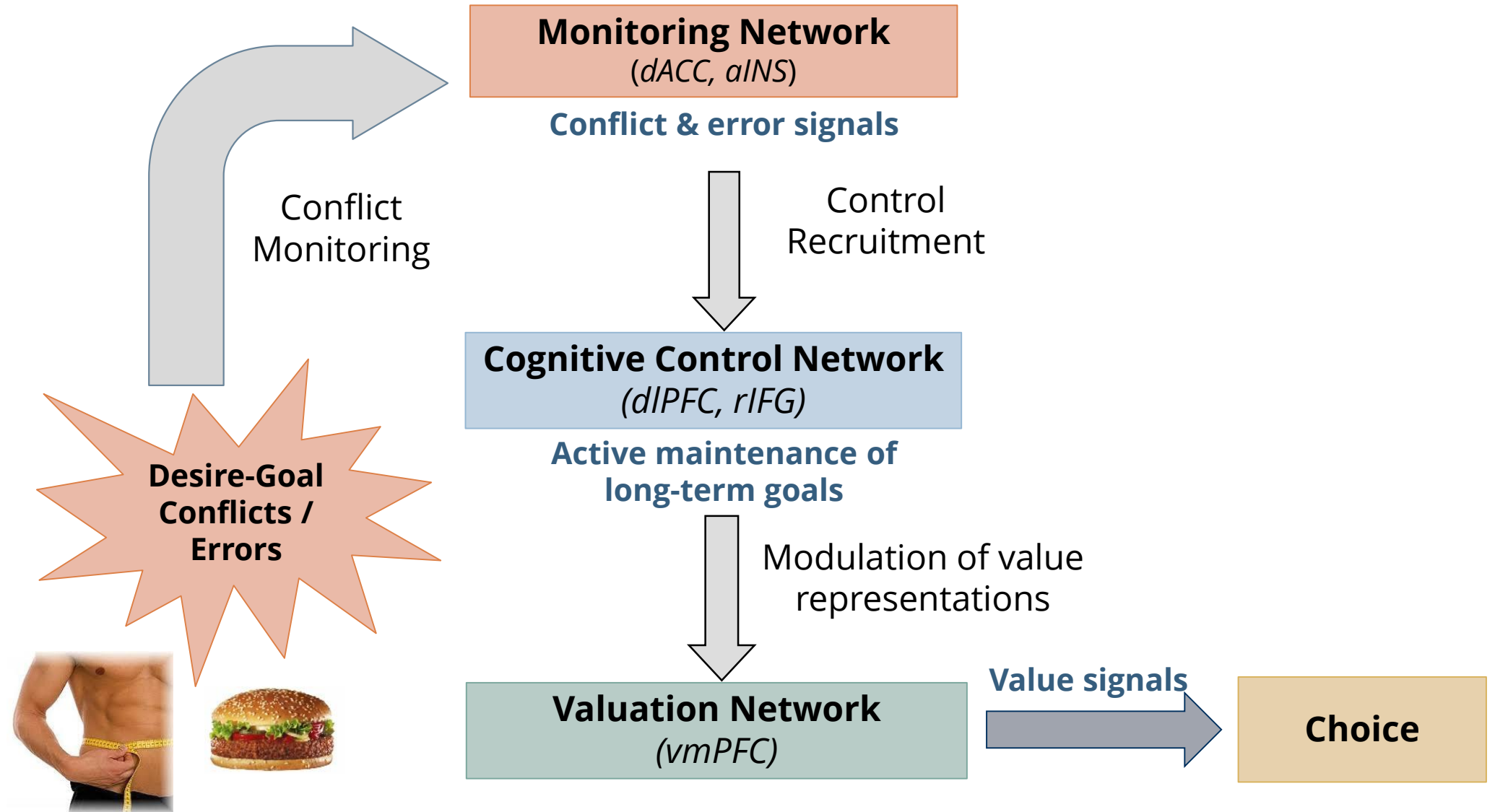


Michael Marxen

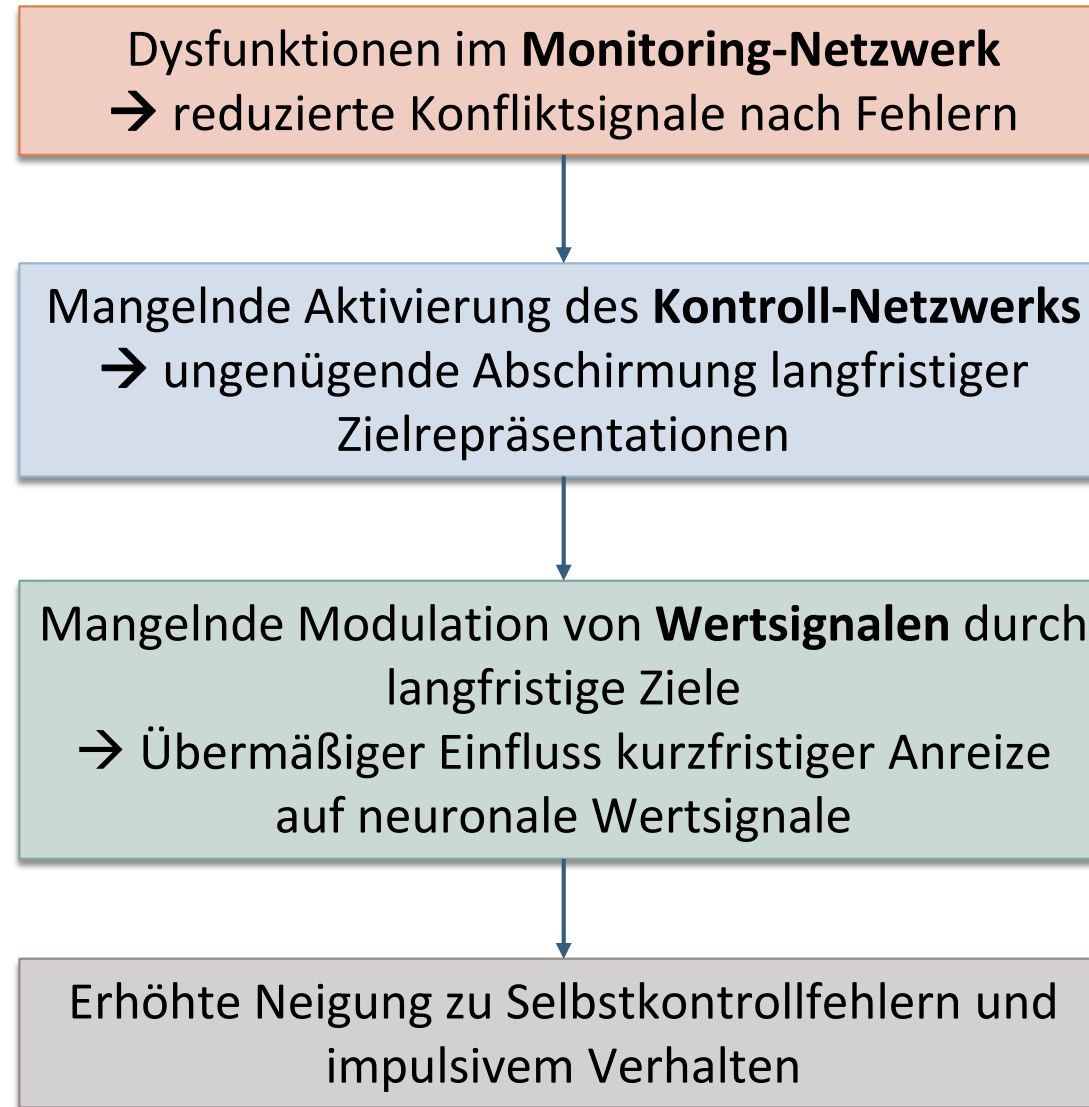


Dirk Müller

Simplified process model of self-control



Hypothesen



Study 1

**118 participants
from a community sample**
(N>18.000); age: 18-25

Exclusion criteria: Dementia, Parkinson's disease, multiple sclerosis, traumatic brain injury, stroke, other neurological disorders, bipolar disorder, psychotic episodes

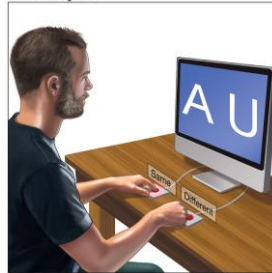
Multiple level assessment

Clinical Assessment



Cognitive Control & Decision-Making Task Battery

Letter-matching task



Inhibition	Shifting	Updating	Decision making
Stop signal	Color-shape	N-Back	Intertemporal choice
Go-Nogo	Number-letter	Letter memory	Probability discounting
Stroop	Category switch	Keep track	Cambridge gambling

Experience Sampling

1 week sampling of daily self-control failures



Experience sampling of daily self-control failures

1 Woche 8 x pro Tag zu zufälligen Zeiten: Smartphone-basierter Fragebogen

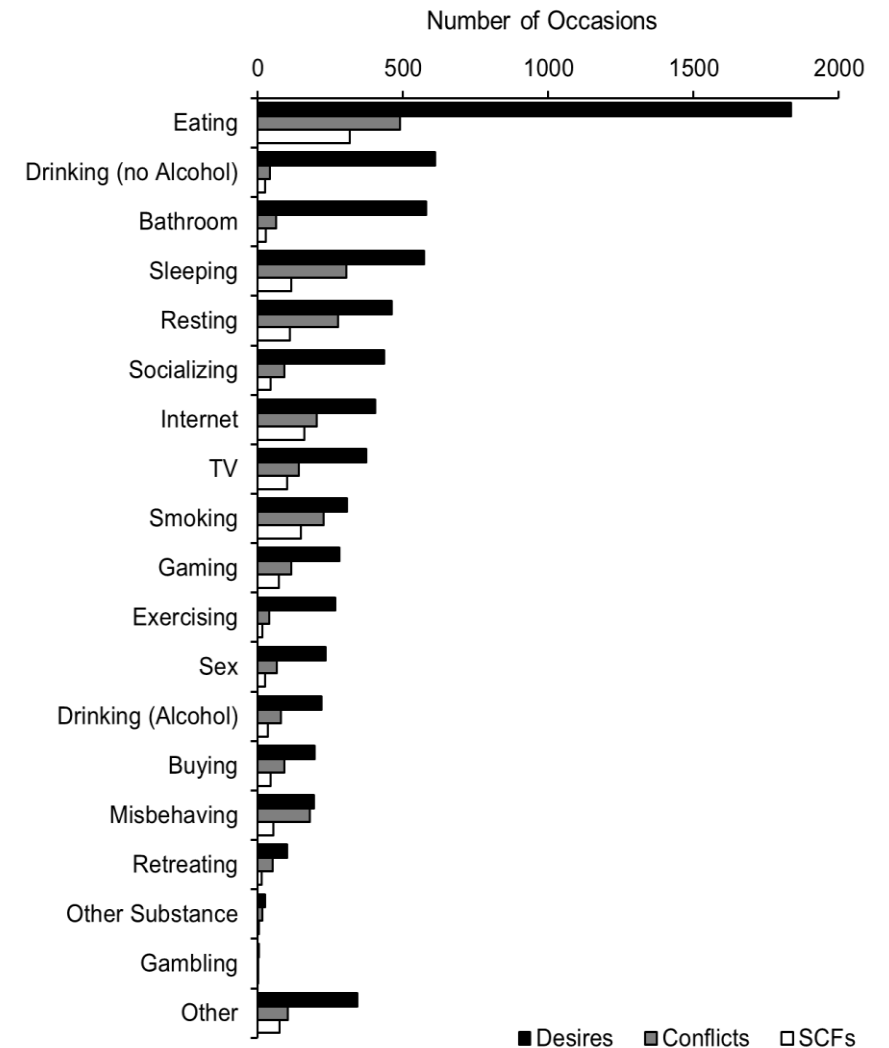


- Art des Bedürfnisses?
- Stärke des Bedürfnisses?
- Stärke des Konflikts?
- Versuch zu widerstehen?
- Handlung ausgeführt oder nicht?

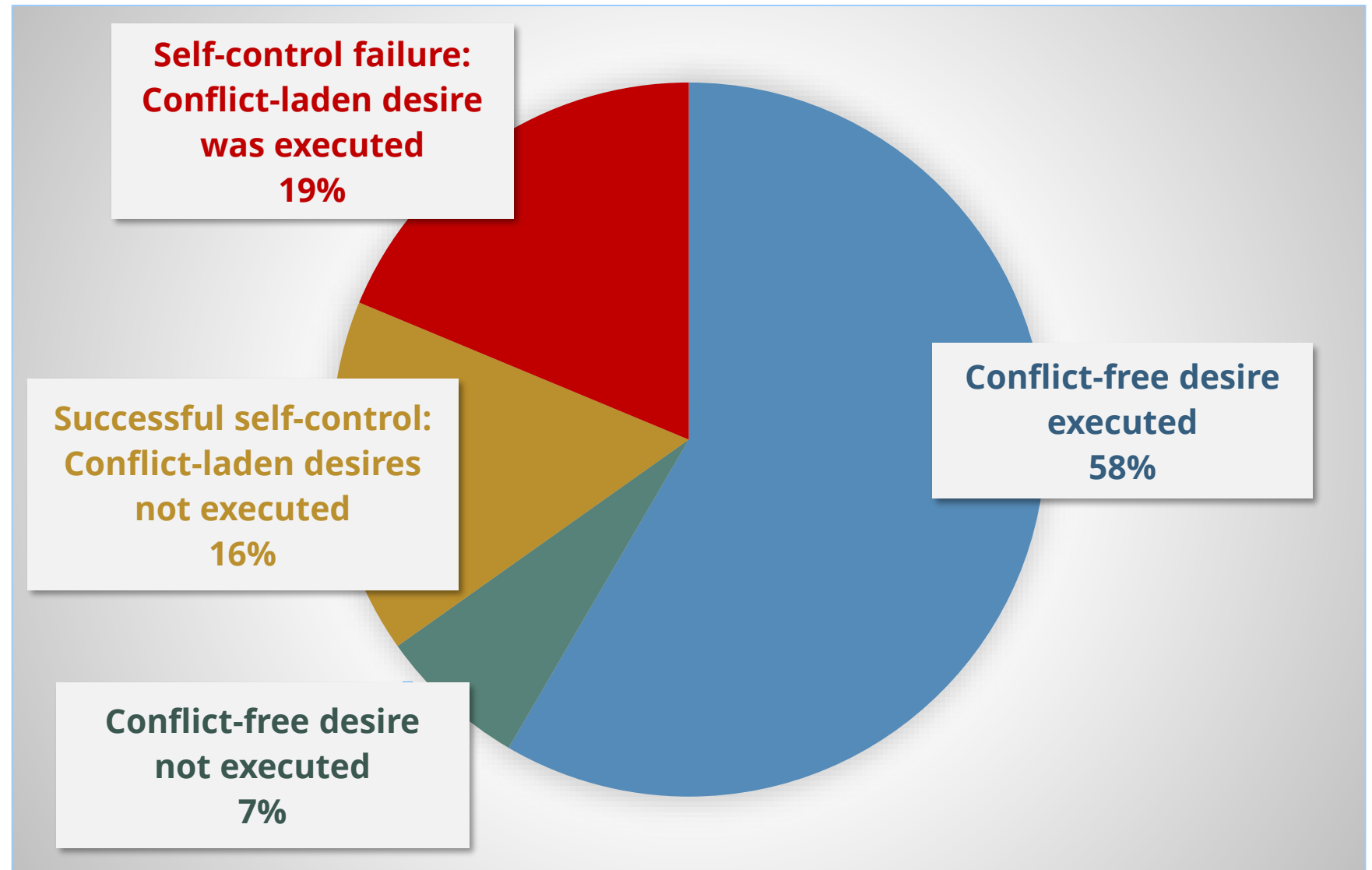
Alltägliche Selbstkontrollkonflikte

(Wolff, Krönke, Venz, Kräplin, Bühringer, Smolka & Goschke, 2016)

- 78% (N=10370) der Abfragen wurden beantwortet
- 72% (N=7447) davon: aktuelles Verlangen wurde berichtet



Daily self-control conflicts

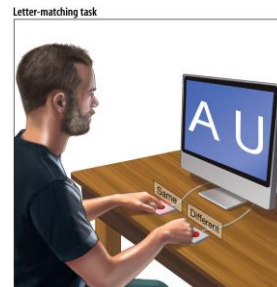


Multiple level assessment

Clinical Assessment



Cognitive Control Task Battery



Inhibition	Shifting	Updating	Decision making
Stop signal Go-NoGo Stroop	Color-shape Number-letter Category switch	N-Back Letter memory Keep track	Intertemporal choice Probability discounting Cambridge gambling

Experience Sampling

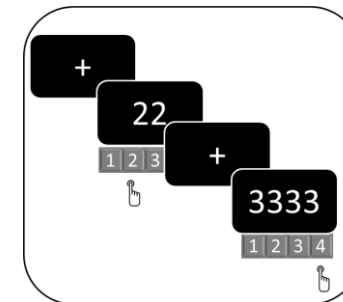
1 week sampling
of daily self-control failures



fMRI Paradigms



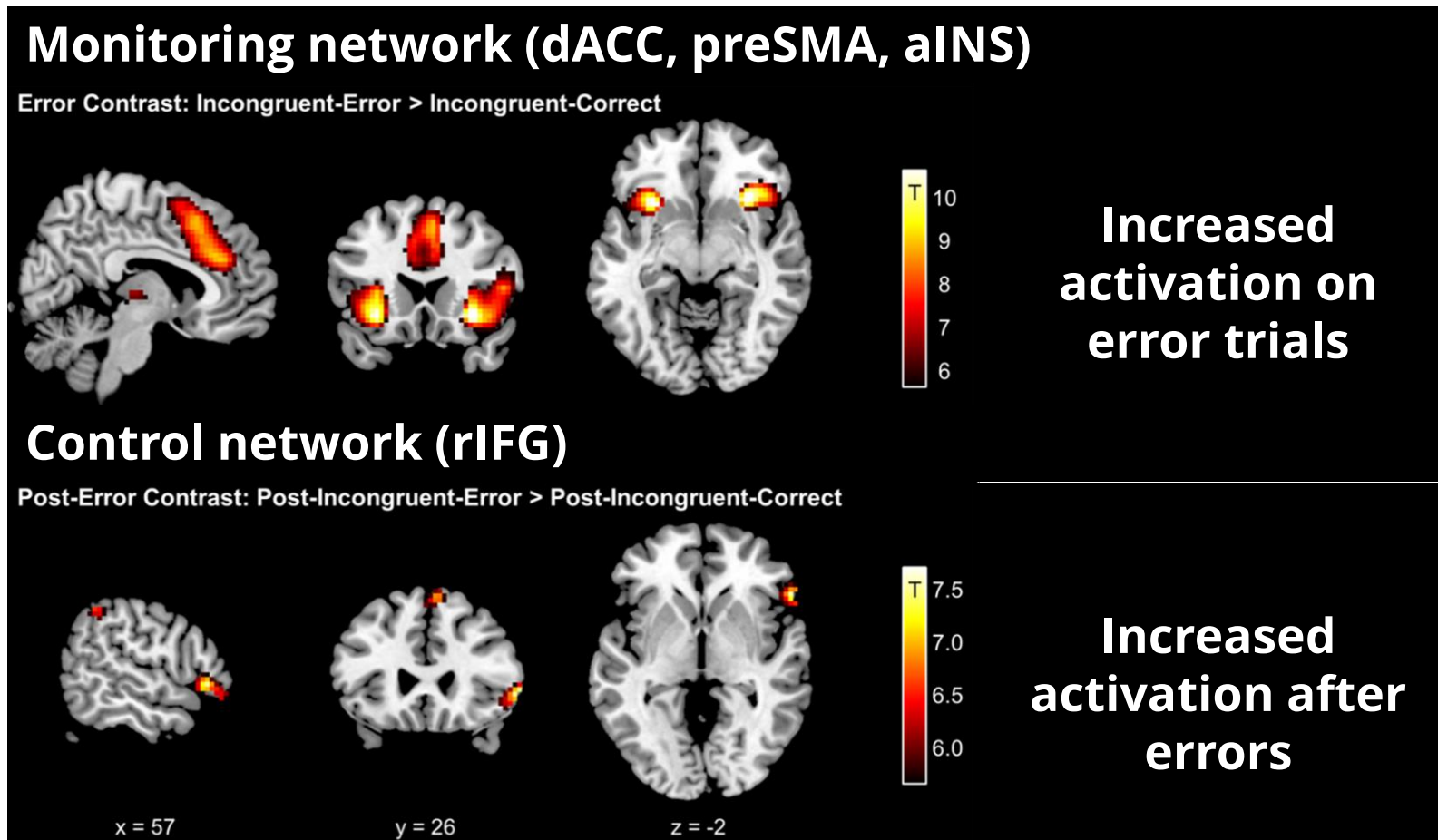
Error monitoring &
Inhibitory control



Aufgabe zur Induktion von Reaktionskonflikten: Counting Stroop

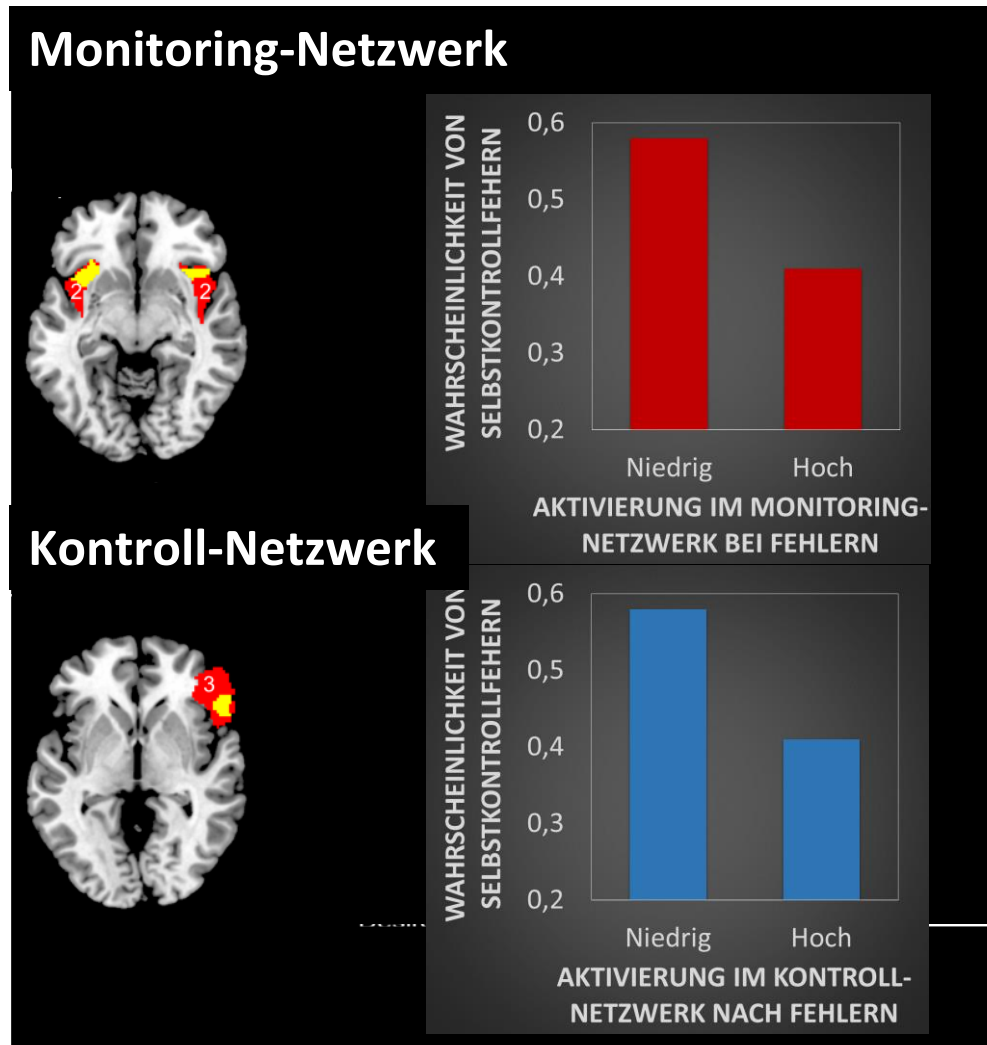
4:21

Whole-brain activation patterns on error and post-error trials ($N = 118$)



($p < .001$, FWE-corrected)

Unzureichende Aktivierung im Monitoring- und Kontroll-Netzwerks sagt alltägliche Selbstkontrollfehler vorher

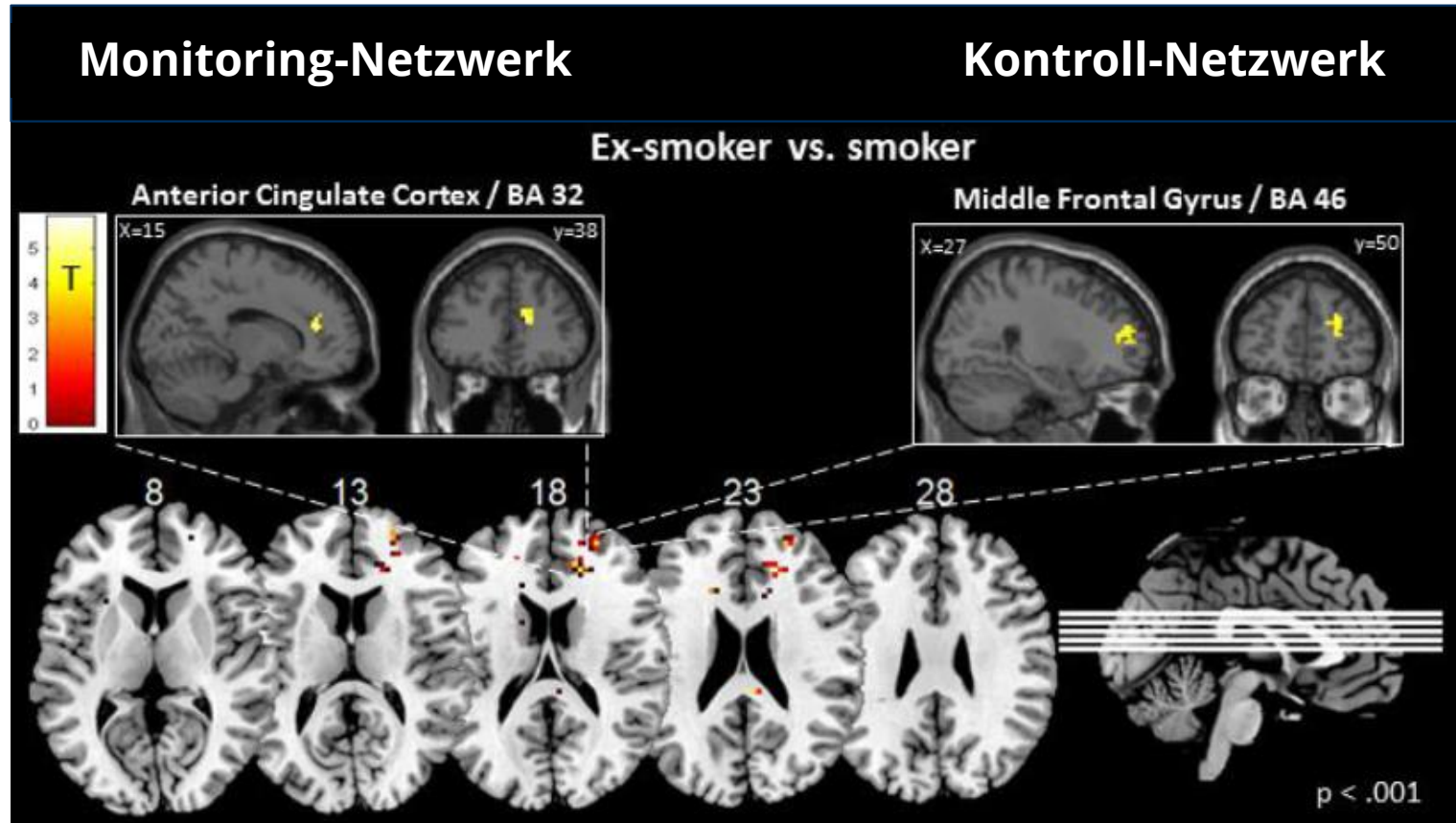


Personen mit vielen alltäglichen Selbstkontrollfehlern zeigten:

- Niedrigere Aktivierung im Monitoring-Netzwerk bei Fehlern
→ mangelnde Überwachung des eigenen Verhaltens
- Niedrigere Aktivierung im Kontroll-Netzwerk nach Fehlern
→ Mangelnde Mobilisierung kognitiver Kontrolle

Konvergierende Evidenz

Ex-Raucher, die erfolgreich das Rauchen aufgegeben hatten, zeigten stärkere Aktivierung im Monitoring- und Kontrollnetzwerk als Raucher, die wiederholt rückfällig wurden



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