

# BEFUNDE DER HIRNFORSCHUNG ZU MEHRSPRACHIGKEIT

---

HS-Prof. habil. Mag. Julia Festman, Ph.D.

PH Tirol  
Professur für Mehrsprachigkeit

DaZ-Jahrestagung, Klagenfurt, 17.05.2018



# Sprache erforschen

**Blick von außen**

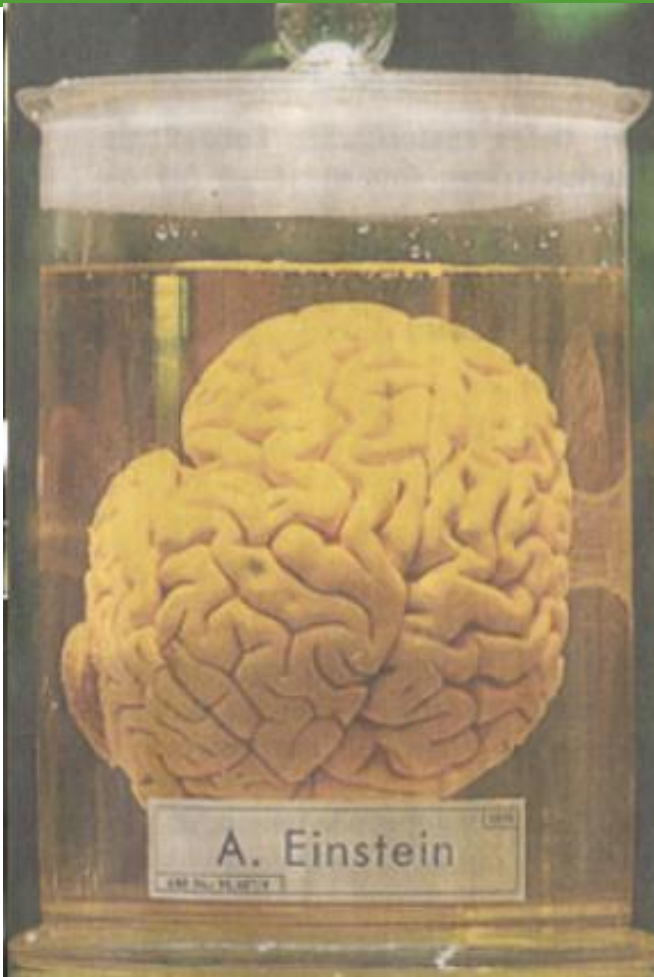
**Hintergrund-  
variablen**



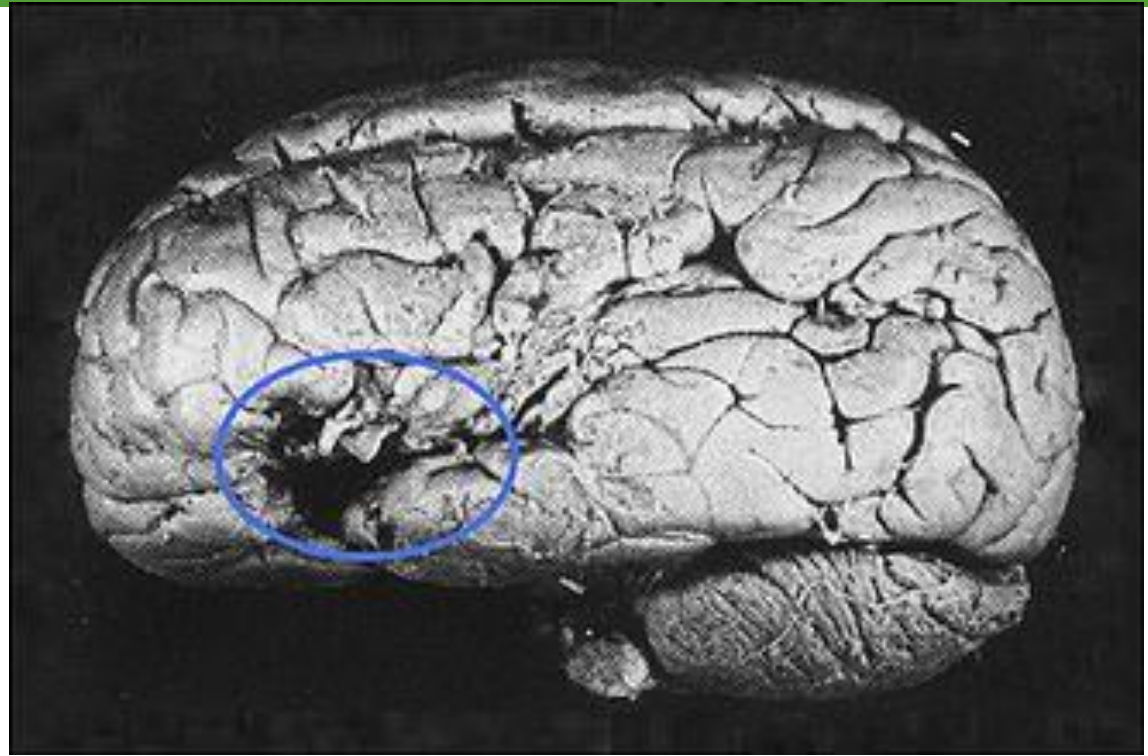
**Sprach-  
produktion**

**Blick hinein**



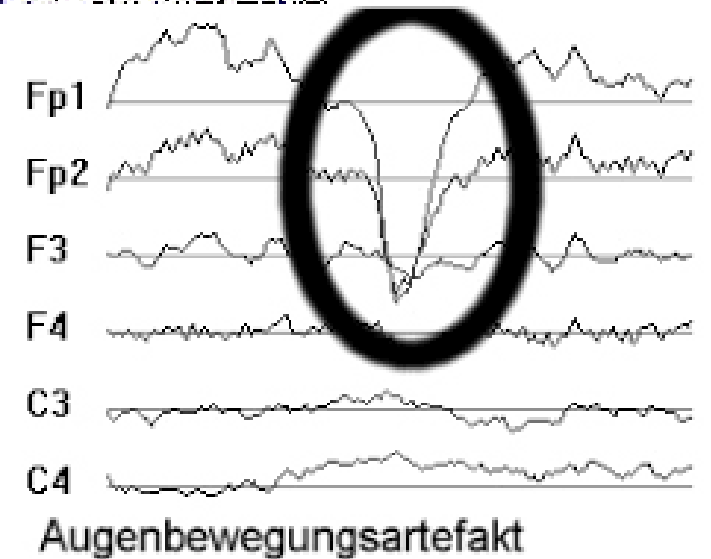
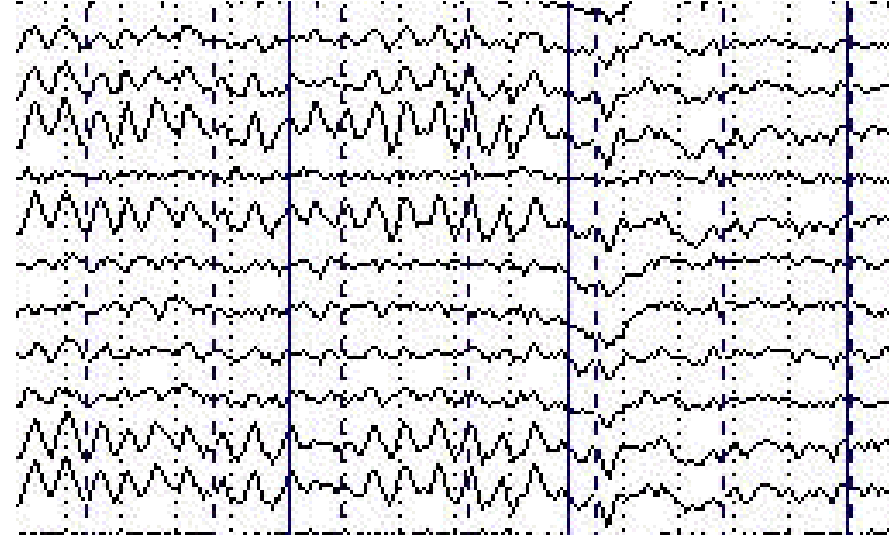


## Post-mortem Untersuchung des Gehirns



**Gehirn von „Monsieur Tan“** (sein Arzt war P. Broca) konnte nach Schlaganfall nicht mehr sprechen (nur „tan“), aber noch geschriebene und gesprochene Sprache verstehen!  
→ Broca-Aphasie, weil Läsion im Broca-Zentrum  
→ Lokalisation = bestimmte Bereiche (=Areale) haben bestimmte Funktion

# Rasante Entwicklung der Untersuchungsmethoden



**EEG** –Veränderungen der Elektrizität

**Zeitlicher** Ablauf!



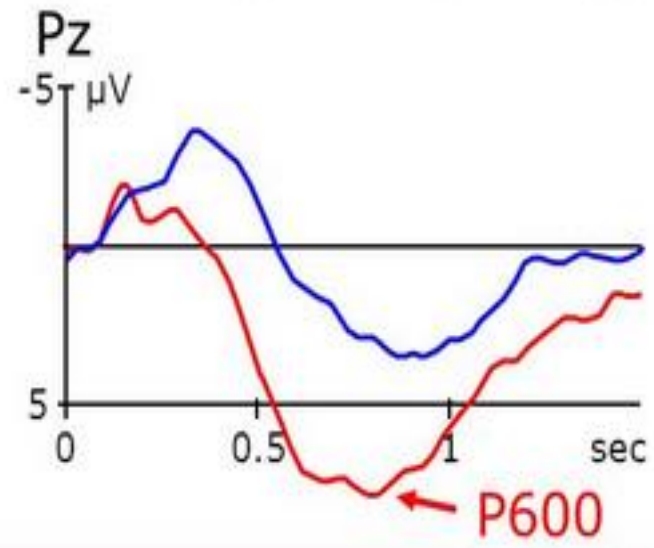
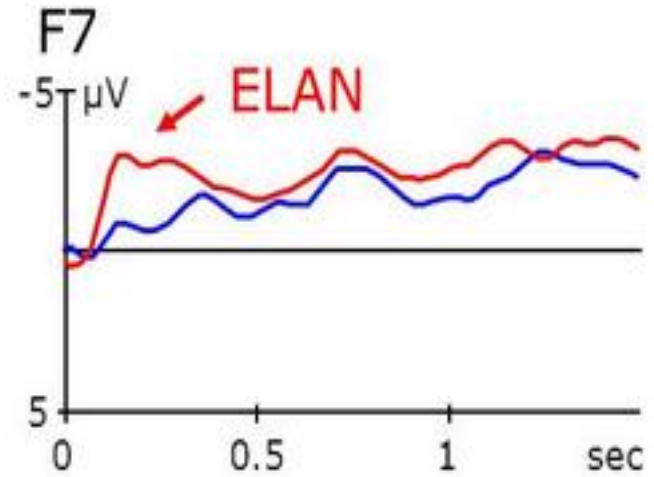
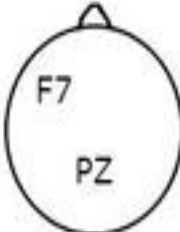
correct:

"Das Hemd wurde gebügelt."  
"The shirt was ironed."

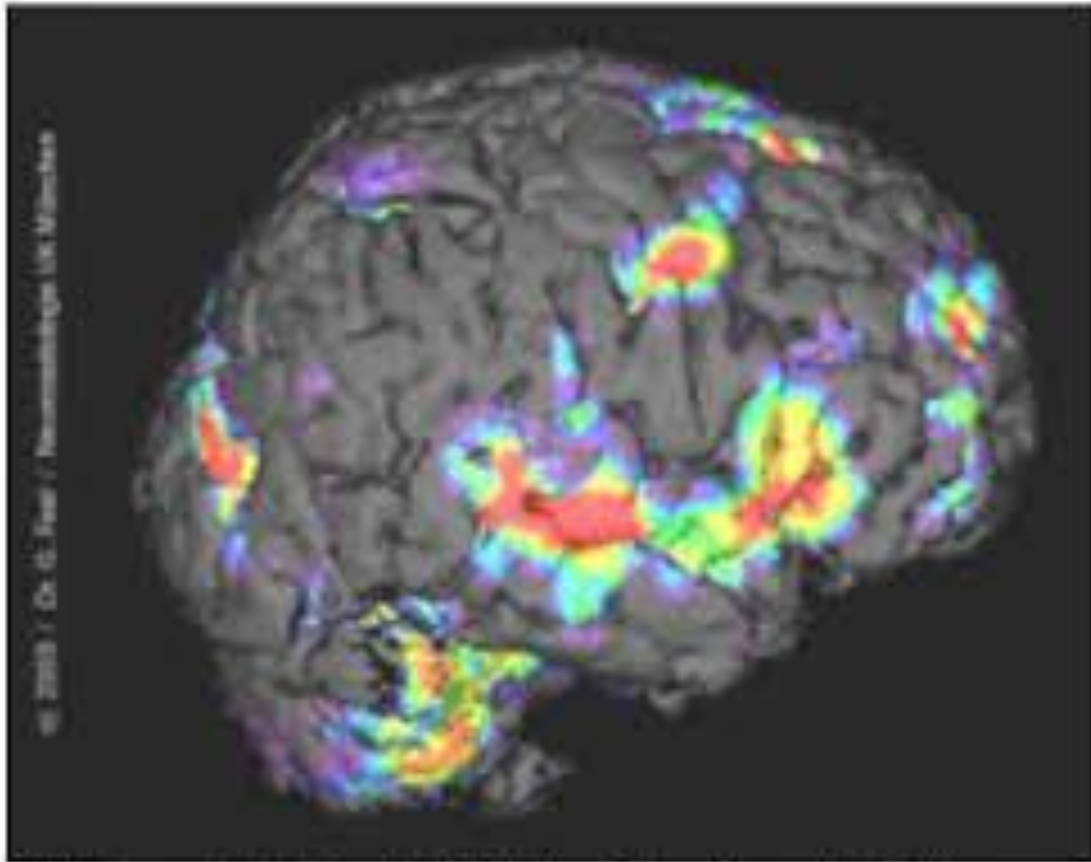
incorrect:

"Die Bluse wurde am gebügelt."  
"The blouse was on ironed."

— correct  
— incorrect



# Rasante Entwicklung der Untersuchungsmethoden



Aktivierung der Hirnoberfläche bei einer Sprachaufgabe



fMRT – Veränderung des Sauerstoff-  
Gehalts von Hirnarealen

**Räumliche** Verteilung !

# Gliederung dieses Vortragsteils

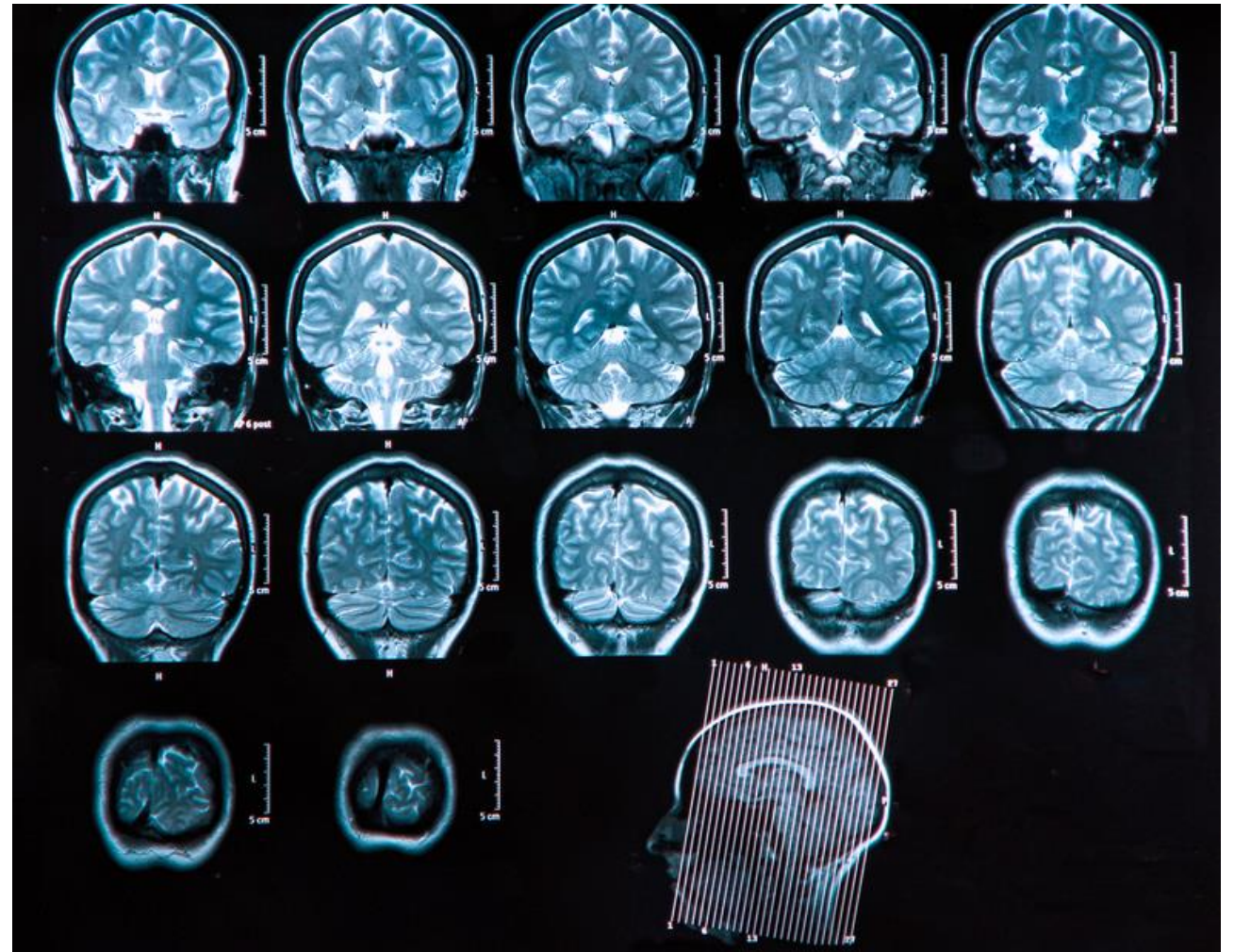
Die drei größten Fragen der Hirnforschung in Bezug auf Mehrsprachigkeit:

- **Verändert Mehrsprachigkeit unser Gehirn? - Struktur**
- **Arbeitet ein mehrsprachiges Gehirn anders? - Verarbeitung**
- **Hat Mehrsprachigkeit Auswirkungen auf unser Denken, unsere Kognition?**



# 1. Frage

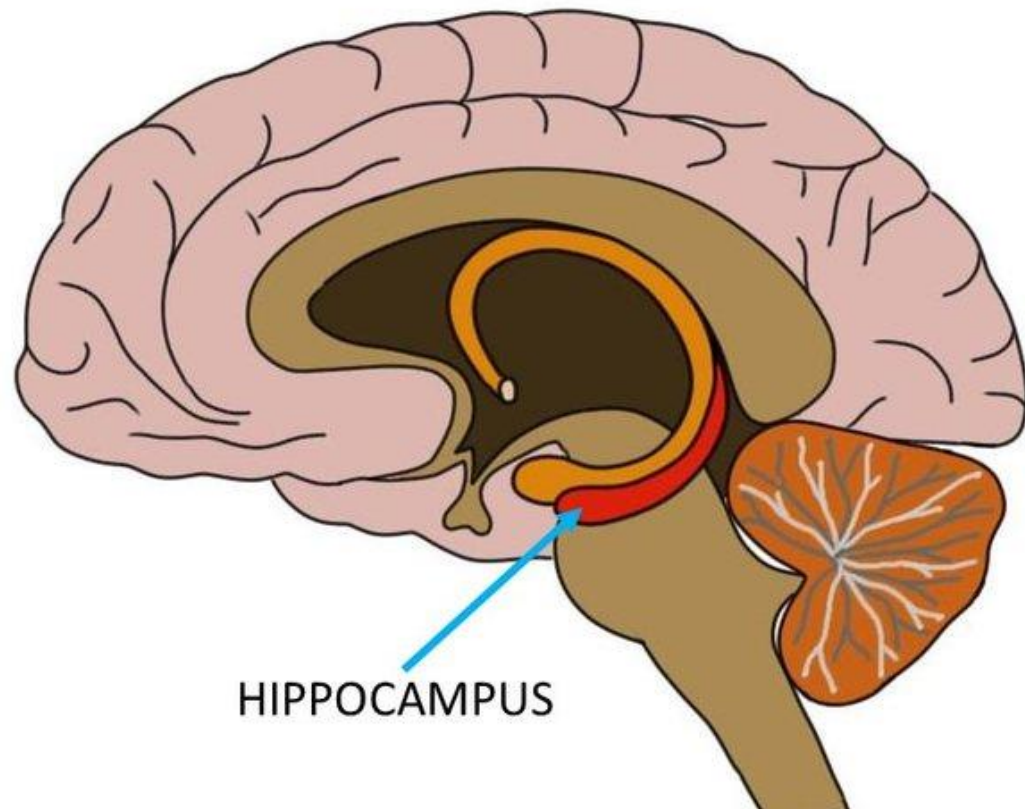
**Verändert  
Mehrsprachigkeit  
unser Gehirn?**



<http://www.bluebirdlaw.co.uk/>

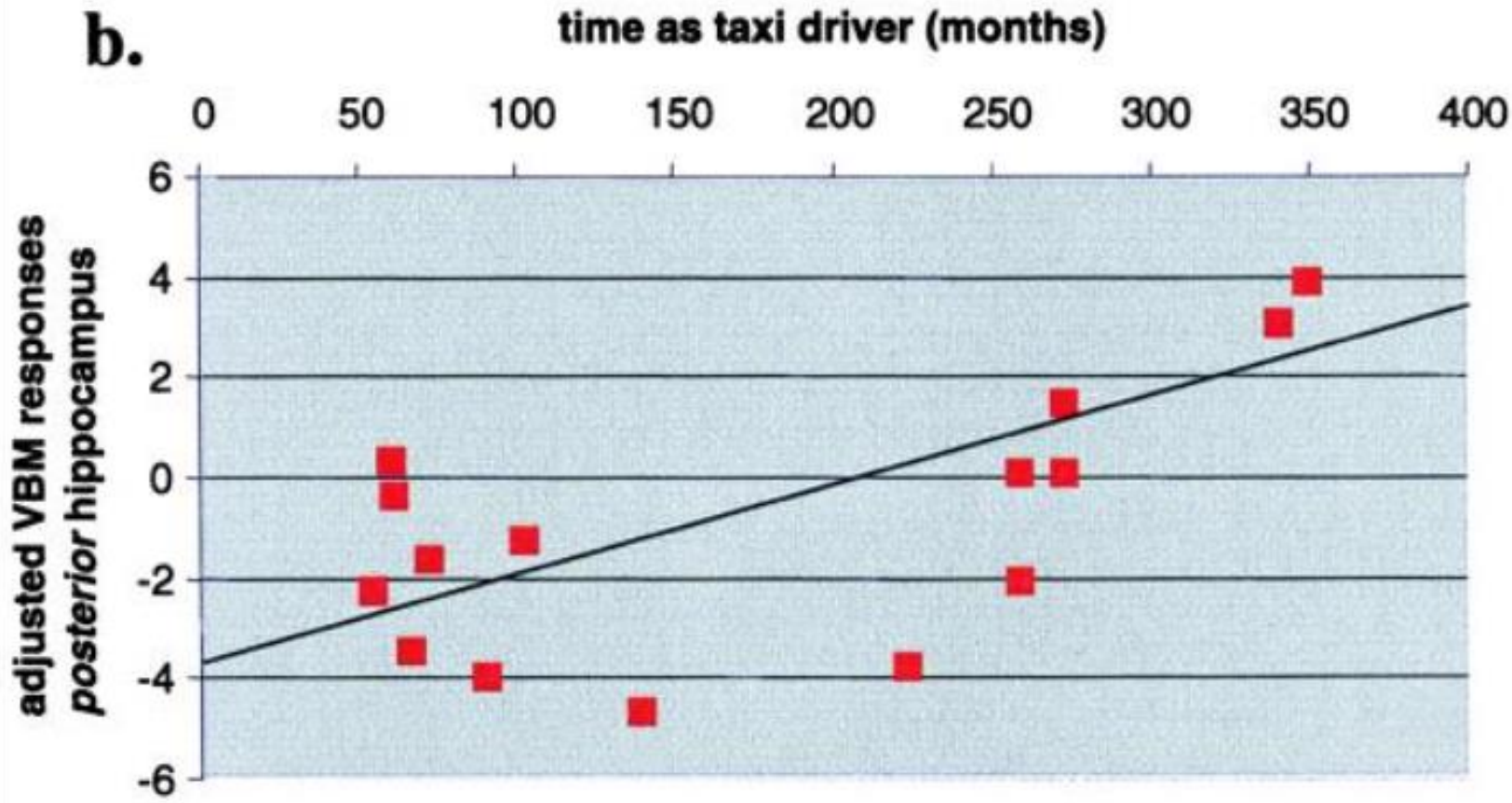
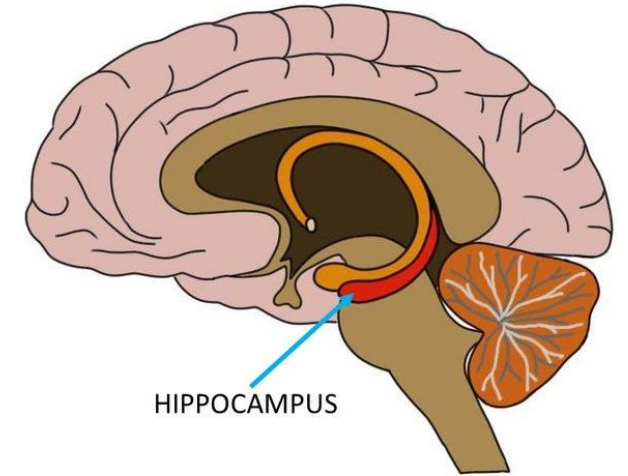


Es ist nicht das erste Mal, dass der Hippocampus bei einer Taxifahrer-Untersuchung aufgefallen ist: Im Jahr 2000 zeigte sich in einer Studie am Institut für Neurologie in London, dass diese Hirnregion bei Taxifahrern deutlich größer ist als bei anderen Menschen. Umgekehrt konnten sich Menschen mit einem größeren Hippocampus besser einen detaillierten, virtuellen Stadtplan einprägen.

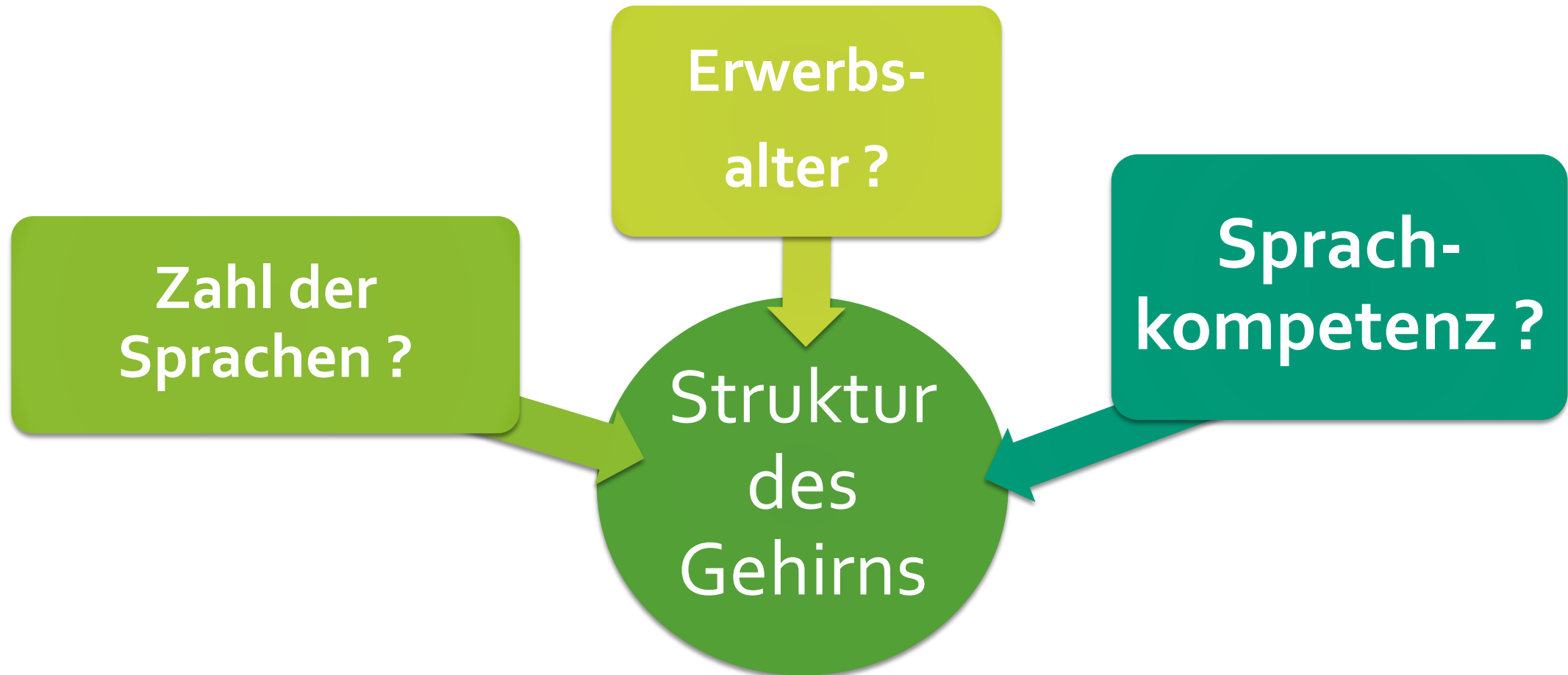


“Das Wissen” (the Knowledge) ist ein beinahe mythischer Begriff unter Londons Taxifahrern. Nur wer es hat, bekommt die Zulassung für die bauchigen schwarzen Taxi-Limousinen, die ebenso zum Straßenbild gehören wie knallrote Doppeldecker. “Das Wissen” gilt allerdings erst als erbracht, wenn sich ein Taxifahrer nachweislich 25.000 Straßen und 20.000 Sehenswürdigkeiten merken kann.

Londoner Wissenschaftler haben sich dieses harte Gedächtnistraining für ihre Hirnforschung zunutze gemacht. Sie untersuchten, ob das Büffeln von Straßenmustern das Gehirn verändert. Das Ergebnis: Taxifahrer, die sich "das Wissen" aneignen, haben mehr graue Zellen im Hirnareal Hippocampus. Präsentiert werden die Resultate im Journal "Current Biology".



Beeinflusst Mehrsprachigkeit die Struktur des Gehirns?  
→ **ÜBERLEGEN SIE KURZ: was meinen Sie?**





# Studie von Mechelli et al., 2004

## Strukturelle Änderungen durch Zweisprachigkeit im linken Gyrus parietalis inferior

– in Abhängigkeit von  
Kompetenz in der L2 (**mehr  
Kompetenz = höhere Dichte in  
der Grauen Substanz**)

– Alter des Erwerbs der L2 (**je  
früher umso höhere Dichte**)

**Dichte der grauen Substanz**  
**korreliert mit Hirnleistung, u.a. Intelligenz**

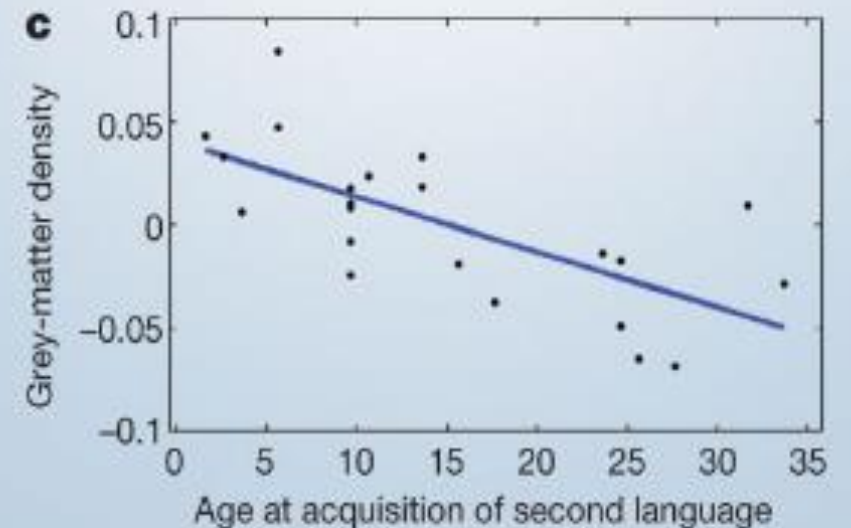
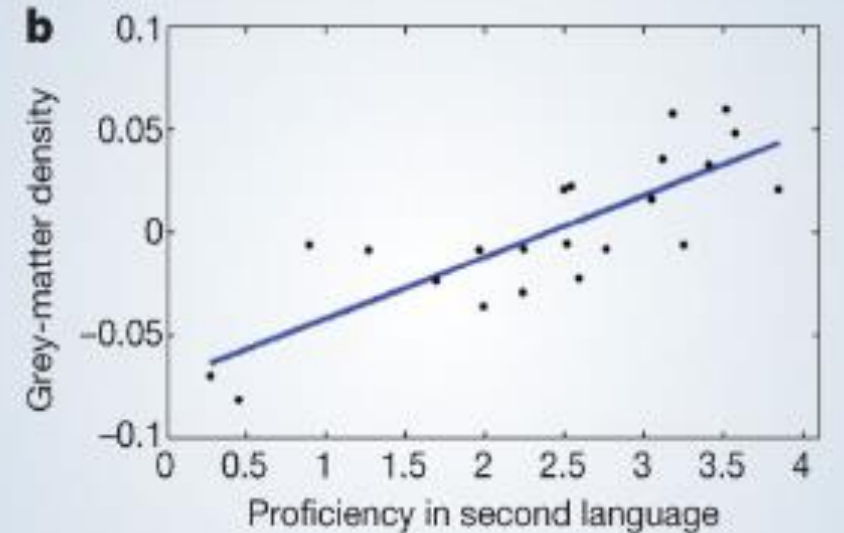
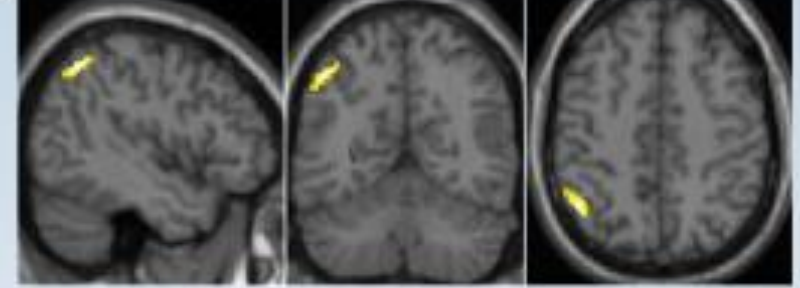
Nature 431, 757 (14 October 2004) | doi:10.1038/431757a; Published online 1

Neurolinguistics: Structural plasticity in the  
bilingual brain

Andrea Mechelli<sup>1</sup>, Jenny T. Crinion<sup>1</sup>, Uta Noppeney<sup>1</sup>, John O'Doherty<sup>1</sup>, John  
Ashburner<sup>1</sup>, Richard S. Frackowiak<sup>1,2</sup> & Cathy J. Price<sup>1</sup>

Proficiency in a second language and age at acquisition affect  
grey-matter density. [▲ Top](#)

Humans have a unique ability to learn more than one language – a skill that is thought to be mediated by functional (rather than structural) plastic changes in the brain<sup>1</sup>. Here we show that learning a second language increases the density of grey matter in the left inferior parietal cortex and that the degree of structural reorganization in this region is modulated by the proficiency attained and the age at acquisition. This relation between grey-matter density and performance may represent a general principle of brain organization. [▲ Top](#)





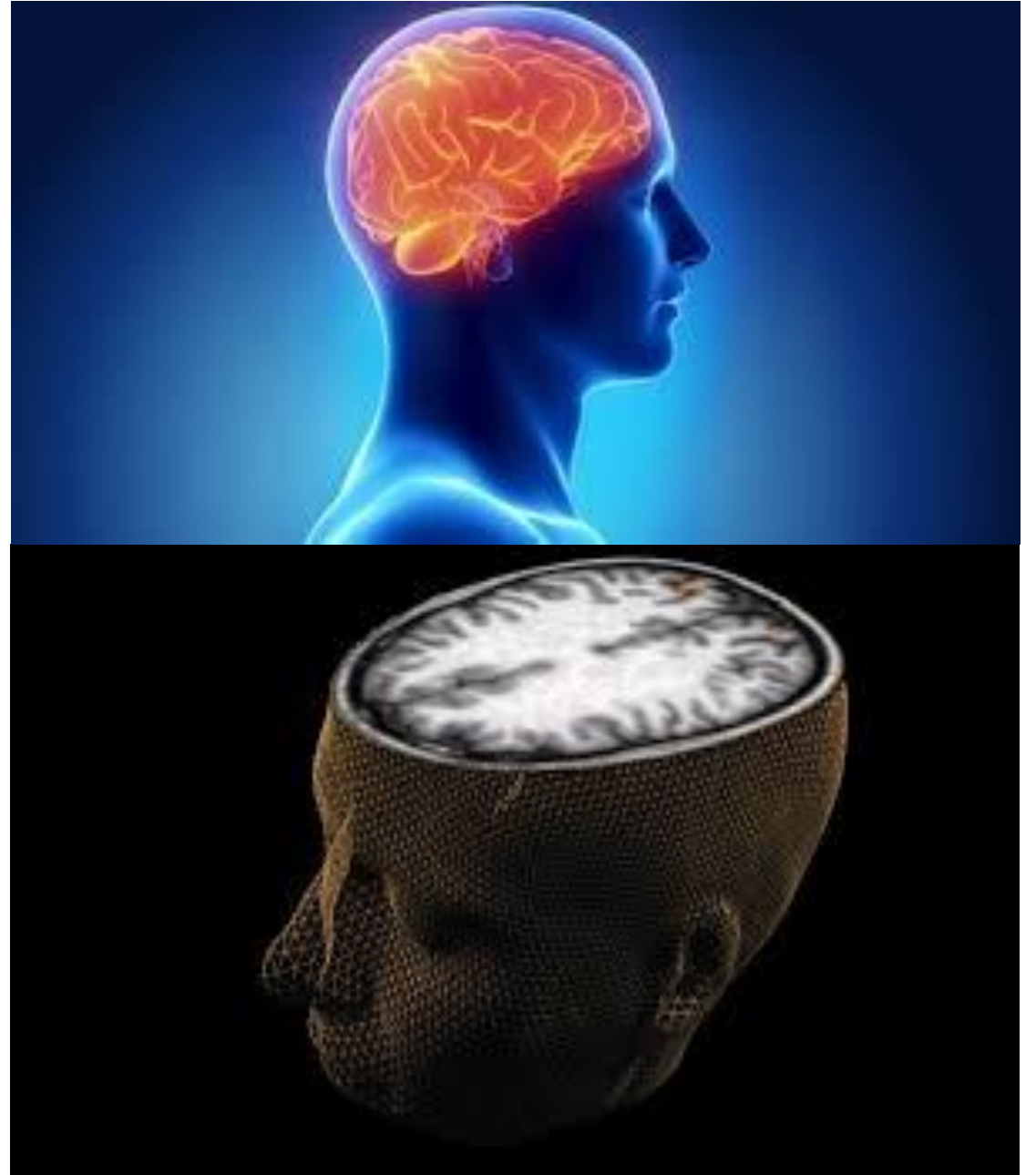
# Fazit: Struktur

Gehirn bleibt veränderbar durch intensive Erfahrungen, z.B. Mehrsprachigkeit

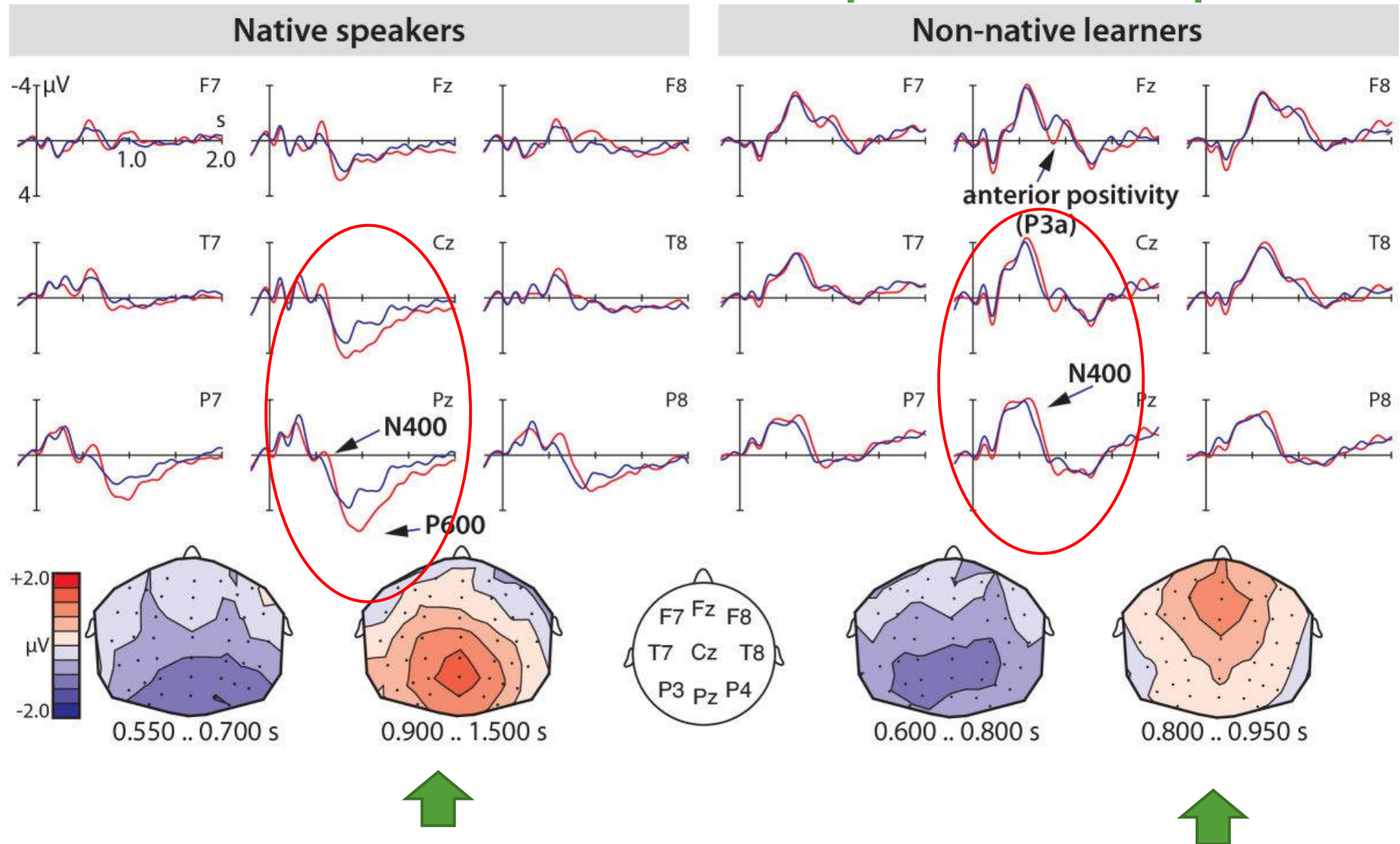
- → deutlicher Einfluss auf Struktur
- Einflussfaktoren: Erwerbssalter, Sprachkompetenz

## 2. Frage

**Arbeitet ein  
mehrsprachiges  
Gehirn anders?**



# EEG: Erwerbsalter oder Sprachkompetenz?

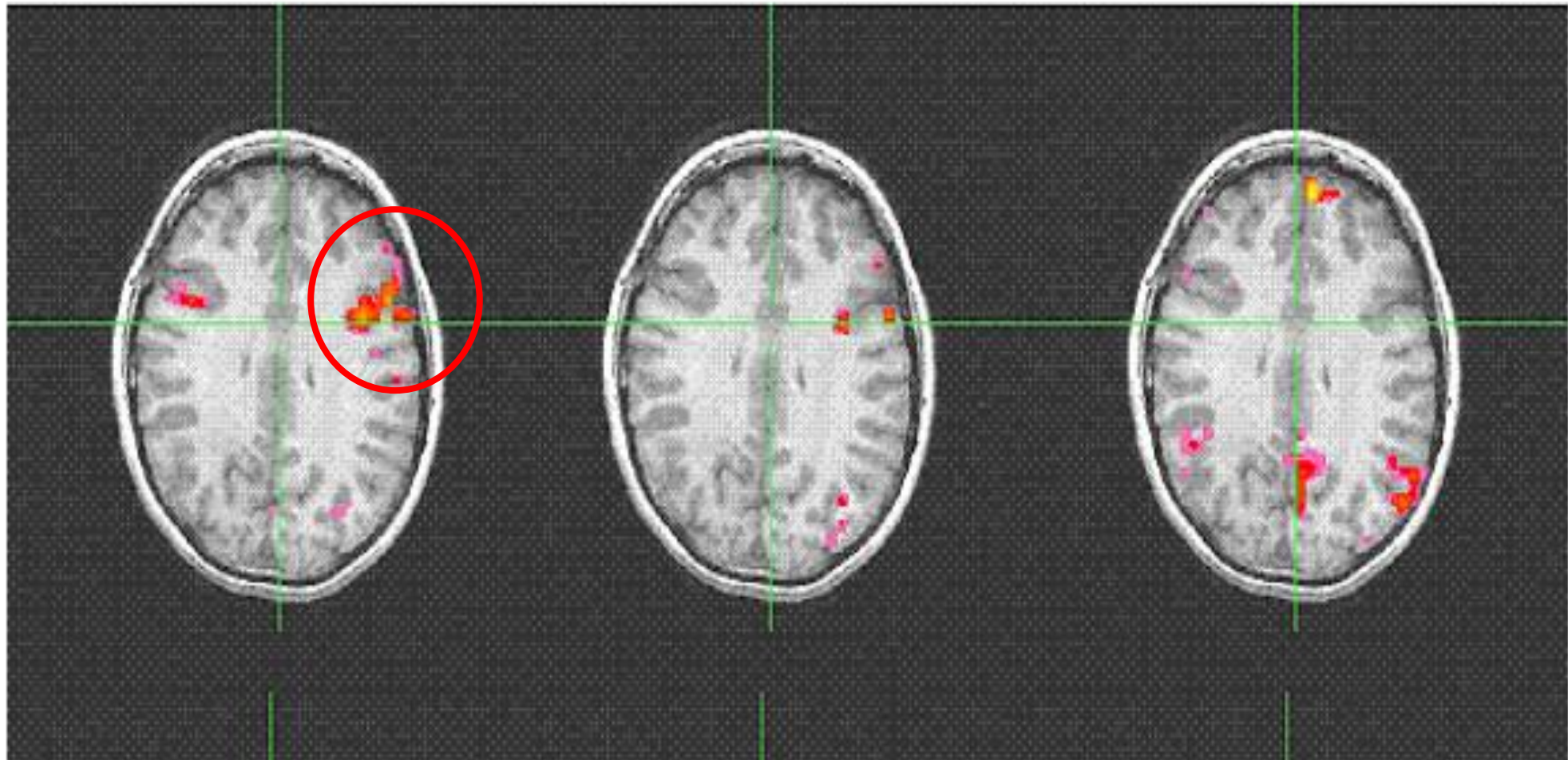


# Hernandez, et al. 2000: Bildbenennung

Alternating

English

Spanish



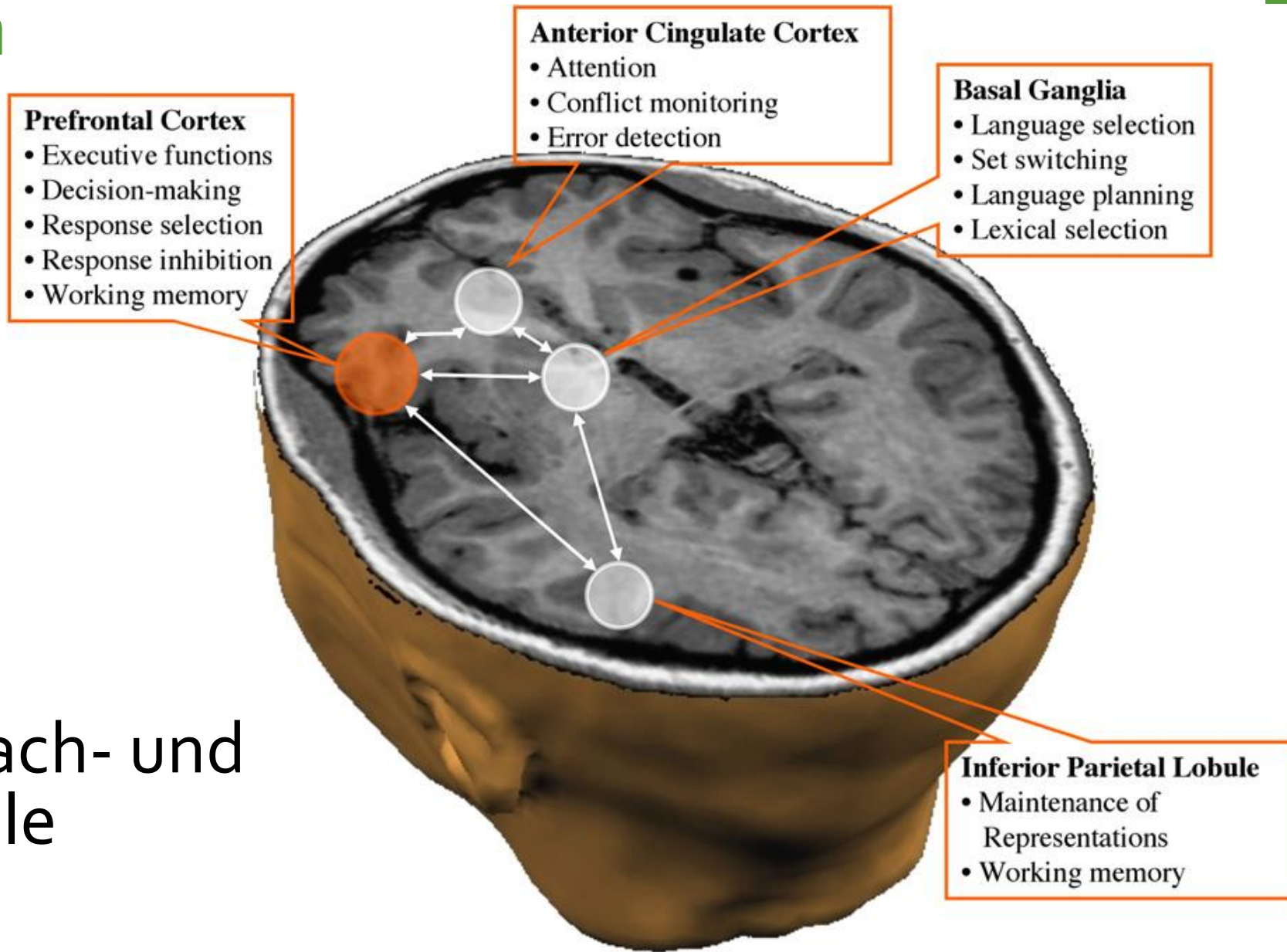


# Abutalebi & Green

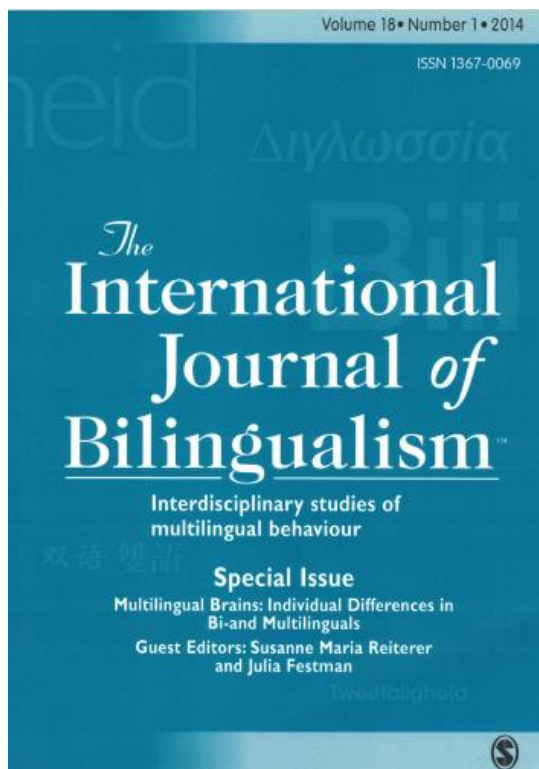
2007:

## DLPFC, Sprachkontrolle

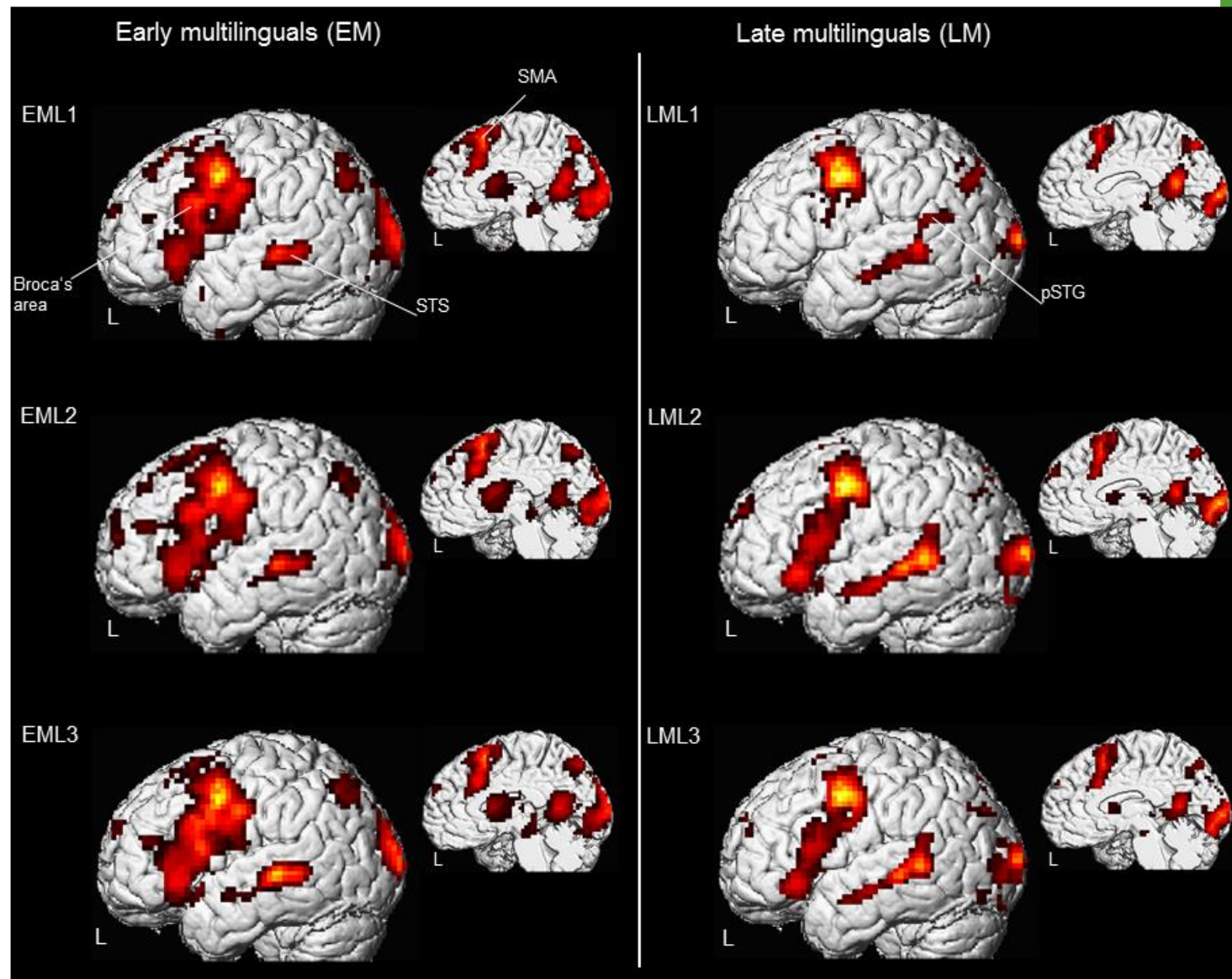
### Netzwerk zur Sprach- und Handlungskontrolle



# Wattendorf et al. 2014, IJB



Gruppeneffekte:  
Vergleich frühe Multilinguale (li)  
Späte Multilinguale (re)



*Annual Review of Applied Linguistics* (2008) 28, 3–24. Printed in the USA.  
Copyright © 2008 Cambridge University Press 0267-1905/08 \$16.00  
doi:10.1017/S0267190508080033

**1. IMAGES OF THE MULTILINGUAL BRAIN: THE EFFECT  
OF AGE OF SECOND LANGUAGE ACQUISITION**

**Elise Wattendorf and Julia Festman**

# Fazit: Struktur und Verarbeitung

Gehirn bleibt veränderbar durch intensive Erfahrungen, z.B. Mehrsprachigkeit

- → deutlicher Einfluss auf Struktur (Alter!, Kompetenz!)

Feine Unterschiede durch Mehrsprachigkeit:

- Intensität der Aktivierung
- Verzögerung in Verarbeitung
- Hinzunahme von zusätzlichen Arealen (DLPFC)

Gehirn von Mono- und Mehrsprachigen arbeitet grundsätzlich gleich

- Gleiche/angrenzende Areale zur Sprachverarbeitung
- ABER: Multilingualen haben kognitive Kontrollareale involviert (Sprachkontrolle, da parallele Aktivierung)

Einfluss von Sprachkompetenz am größten (seit Perani et al. 1998);

- Selbst wenn Sprache später erworben wurde, kann sie im selben Areal repräsentiert und verarbeitet werden wie bei frühen Bilingualen und bei Monolingualen



# 3. Frage

Hat  
Mehrsprachigkeit  
**Auswirkungen**  
auf unsere  
**Kognition?**

**Kognition** = das menschliche Denkvermögen;  
besteht aus heutiger Sicht aus verschiedenen  
kognitiven Teilleistungen  
(z.B. sprechen, rechnen, musizieren...)



Gehirn und Geist, Front cover, 06/2013

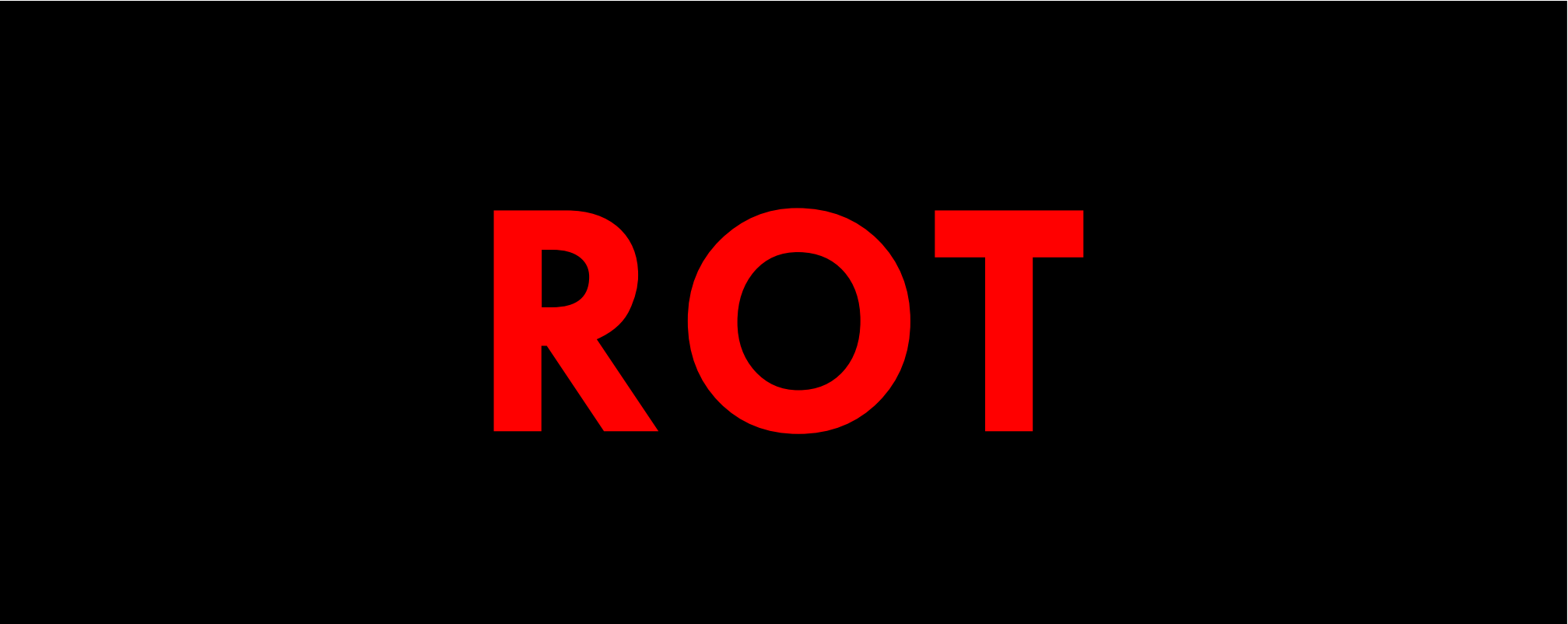
## Wichtigste kognitive Kontrollfunktionen:

- Aufrechterhaltung relevanter Informationen, Unwichtiges inhibieren
- Unterdrückung automatisierter Handlungstendenzen



Aufgabe:

Benennen Sie die Farbe, in der das Wort geschrieben ist:



**ROT**

**ROT**



# Stroop



GRÜN



GRÜN

- Sobald wir Buchstaben sehen, ist unsere Tendenz zu lesen hoch automatisiert.
- → um die Aufgabe fehlerfrei zu lösen, müssen wir das Lesen **unterdrücken** (=inhibieren) und uns ausschließlich auf die Farbe der Schrift **konzentrieren**
- → das ist relativ **leicht**, wenn Farbe und Wort **übereinstimmen** (= kongruent)
- → **inkongruent** (= nicht übereinstimmend): wird z.B. das Wort „Grün“ in roten Buchstaben gezeigt, sind wir zu Fehlern verleitet : wir sagen häufig „Grün“ statt „Rot“

# Kognitive Kontrolle

## **Wichtigste kognitive Kontrollfunktionen:**

- Aufrechterhaltung relevanter Informationen, Unwichtiges inhibieren (=hemmen)
- Unterdrückung automatisierter Handlungstendenzen
- Kognitive Flexibilität
- Koordinations- und Planungsfähigkeit, Steuerung von Handlungen (auch Sprachen)
- internes Kontrollsystem

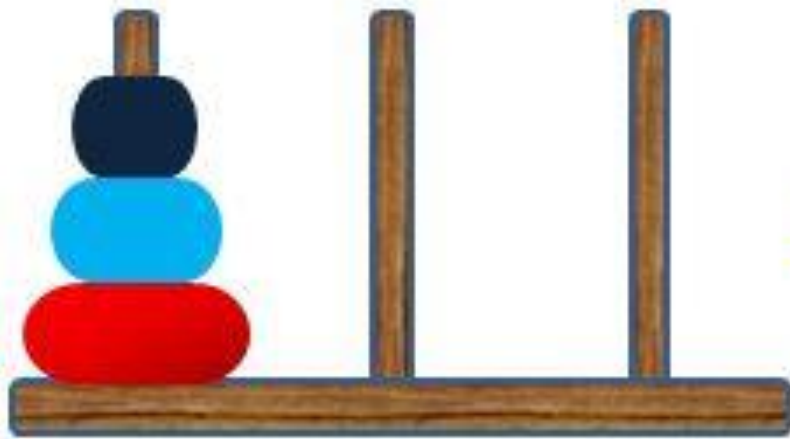
# Kognitive Kontrolle

## **Exekutive Funktionen:**

übergeordnete kognitive Funktionen, „die sensorische, motorische, emotionale und kognitive **Prozesse so modulieren bzw verändern**, dass eine **optimale Anpassung an aktuelle Aufgabenanforderungen** oder Zielsetzungen möglich ist“

(Kray & Schneider, 2012)

- **Aufgabe:** Scheiben vom 1. zum 3. Stab umsortieren;
- **Regeln:** nur eine Scheibe pro Zug, keine größere auf kleinere Scheibe

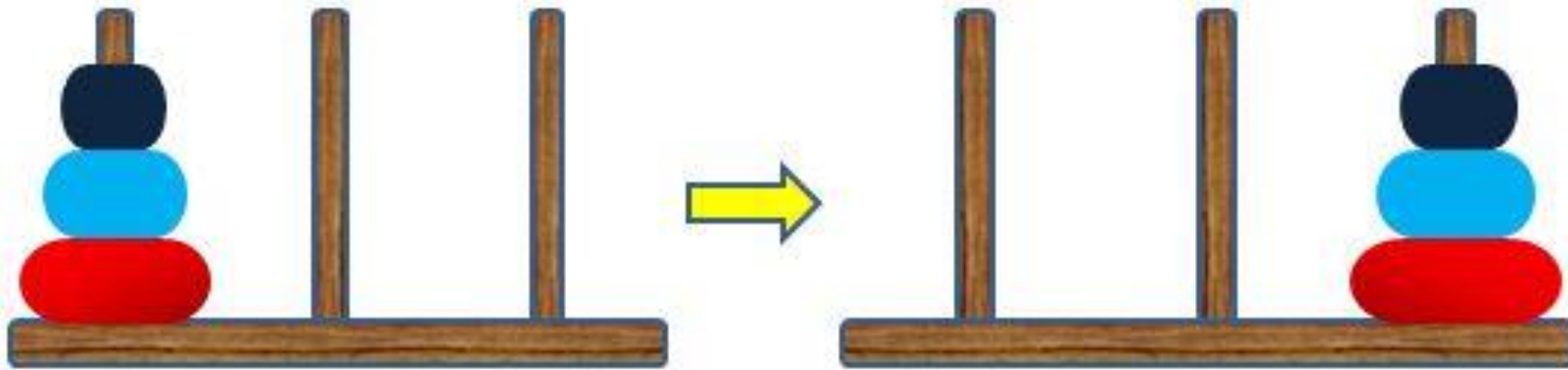


Ausgangszustand



# Turm von Hanoi

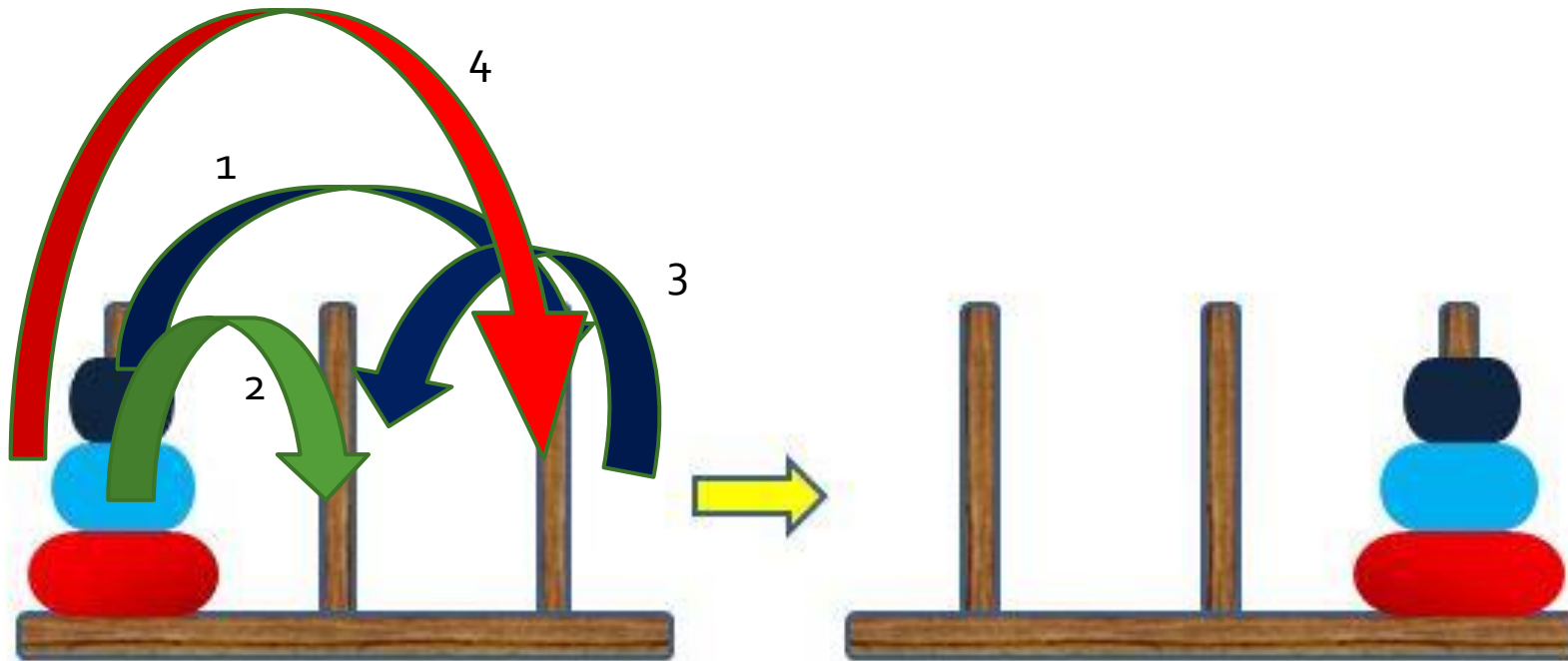
- *Planungsfähigkeit, Arbeitsgedächtnis, Problemlösung*



Ausgangszustand

Zielzustand

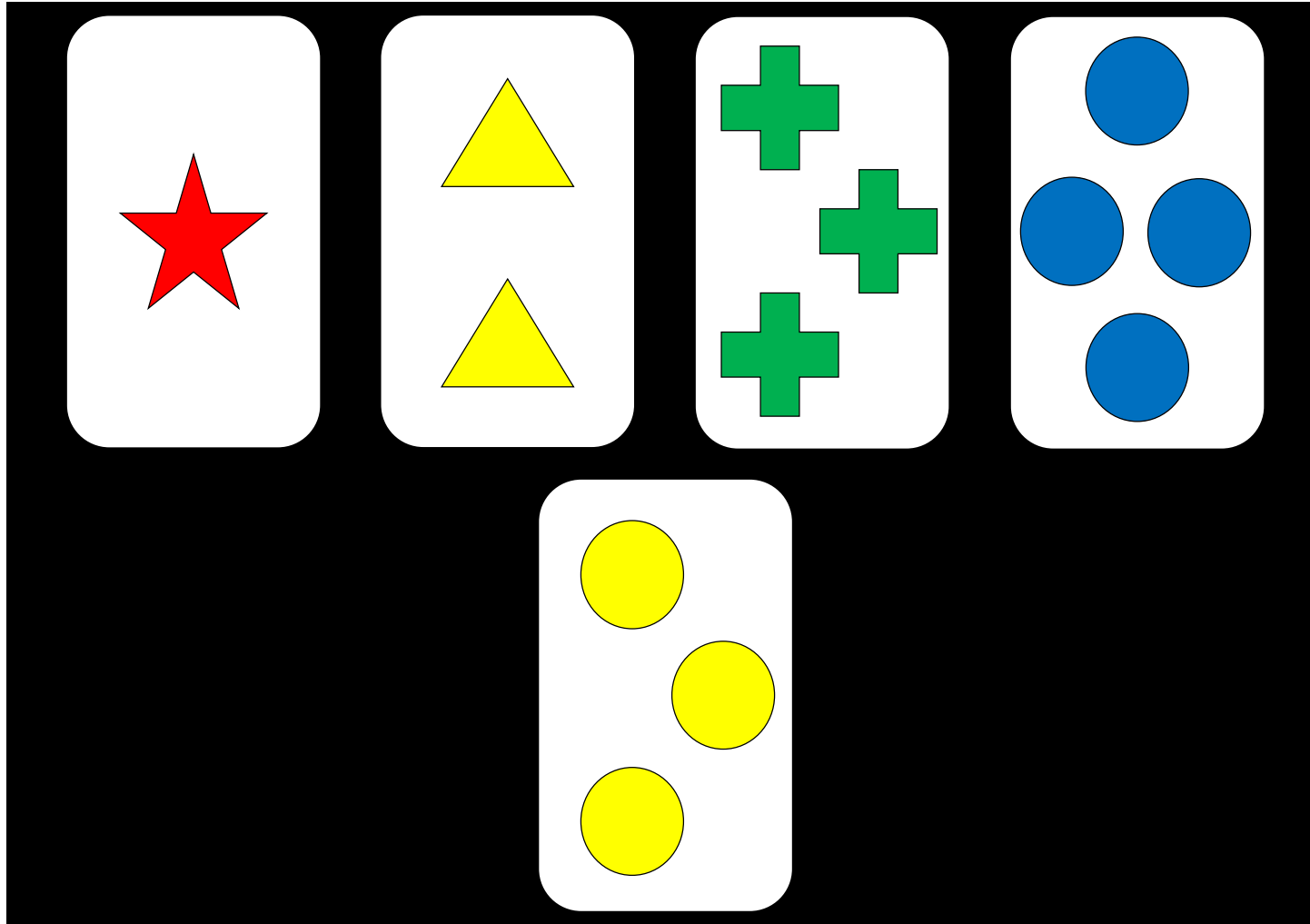
# Turm von Hanoi - Lösung



Starting position

Target position

# Beispiel für kognitive Kontrollaufgaben



## WCST

### Drei Regeln

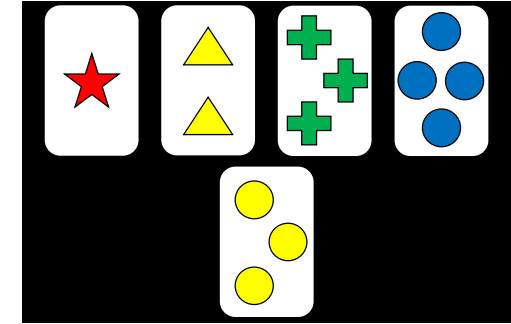
(Zahl, Farbe, Form)

z.B. Zahl → zu grünen Kreuzen  
Farbe → zu gelben Dreiecken  
Form → zu blauen Kreisen

→ Immer neue Karte  
unten

→ sortieren nach  
einer Regel

# WCST (Wisconsin Card Sorting Test)



Arbeitsgedächtnis (welche Regel?)

Inhibition (gibt ja immer noch zwei andere Möglichkeiten)

→ **Aufmerksamkeitskontrolle**

- Regelwechsel im Vorschulalter sehr schwer, verwenden weiter die gleiche Regel
  - Sobald sie es schaffen, zu einer neuen Regel zu wechseln = haben gute Kontrolle ihrer Aufmerksamkeit
  - Verbesserung der Kontrollfähigkeit mit zunehmendem Alter
  - Bilinguale Kinder signifikant besser als monolinguale
- bessere Aufmerksamkeitskontrolle und bessere Hemmung irrelevanter Information (Bialystok, 1999; Bialystok & Martin, 2004)



# Bilinguale Kinder und der bilingual advantage: einige Beispiele

- Sprachlich flexibler als monolinguale gleichaltrige Kinder
- Kreativer
- Mental flexibler (z.B. lernen sie früh, dass Objekte und Ereignisse zwei Bezeichnungen haben; Kuhl et al.)
- Bessere Hemmungsfähigkeit (Inhibition); viel früher erkennbar bei bilingualen Kleinkindern als bei monolingualen (Poulin-Dubois et al.)
- Vorteil bei konfliktreicher Information (Costa et al.) → leichteres Konfliktelösen
- Finden leichter neue Strategien, Alternativen (da sie sich ständig entscheiden müssen, in welcher Sprache sie sprechen und ob das Wort, das sie gerade sagen wollen, zu dieser Sprache gehört) → gute Entscheidungsfähigkeit
- Verbesserte Aufmerksamkeitskontrolle
- Vorteil bei Fähigkeit, herankommende Ereignisse zu antizipieren (Bonifacci et al, 2010)
- Wie viel Begegnung mit anderen Sprachen ist notwendig, um einen bilingual advantage auszubilden? (Kovacs & Mehler, 2009) → scheint schon als Baby ausreichend, mit zwei Sprachen in Interaktion konfrontiert zu werden und diese zu verarbeiten

# Kognitiver Vorteil - auf MSK zurückzuführen?

- Parallele Aktivierung der beiden Sprachen eines Bilingualen (ist nie ganz „abgeschaltet“)
- 1) kann ganz schnell und problemlos zwischen Sprachen hin- und herwechseln
- 2) Interferenzen von anderen Sprachen, die ein Bilingualer kann, aber derzeit nicht sprechen möchte
- → ständige Übung der Inhibition dieser Interferenzen; Entscheidungs-training
- → **Bilingualismus ist tagtägliches Training mit zusätzlichen Aufmerksamkeitsanforderungen**

Vorteil sei darauf zurückzuführen (Bialystok, 1999, 2007)



RESEARCH

Open Access

# Individual differences in control of language interference in late bilinguals are mainly related to general executive abilities

Julia Festman<sup>1\*</sup>, Antoni Rodríguez-Fornells<sup>2</sup>, Thomas F Münte<sup>1</sup>

**Table 4 Results of neuropsychological tests for both groups**

Tasks and performance measures	Switcher	Non-Switcher
TOH		
moves	43.8 (11.7)	29.3 (12.8) **
error points	515 (684)	119 (172) *
Go/noGo		
Rf Go	551 ms (81 ms) †	503 ms (58 ms) *
false alarms	9.1% (8.6)	3.3% (3.0) **
Divided Attention		
Rf correct	742 ms (89 ms) †	690 ms (67 ms) *
responses correct	79.1% (4.5)	86.7% (3.0) **
RFFT		
unique designs	80.2 (23.1)	94.6 (22.7) *
mean of error ratio	.25 (2)	.076 (0.8) **

Means and standard deviation (SD) are reported for performance on four neuropsychological tests of both groups. Significant differences between groups are indicated by an asterisk with \* =  $p < .05$  and \*\* =  $p < .01$ .

Bilingualism: Language and Cognition: page 1 of 14 © Cambridge University Press 2011 doi:10.1017/S1366728911000344

## Language control abilities of late bilinguals\*

JULIA FESTMAN  
University of Potsdam/PRIM, Germany

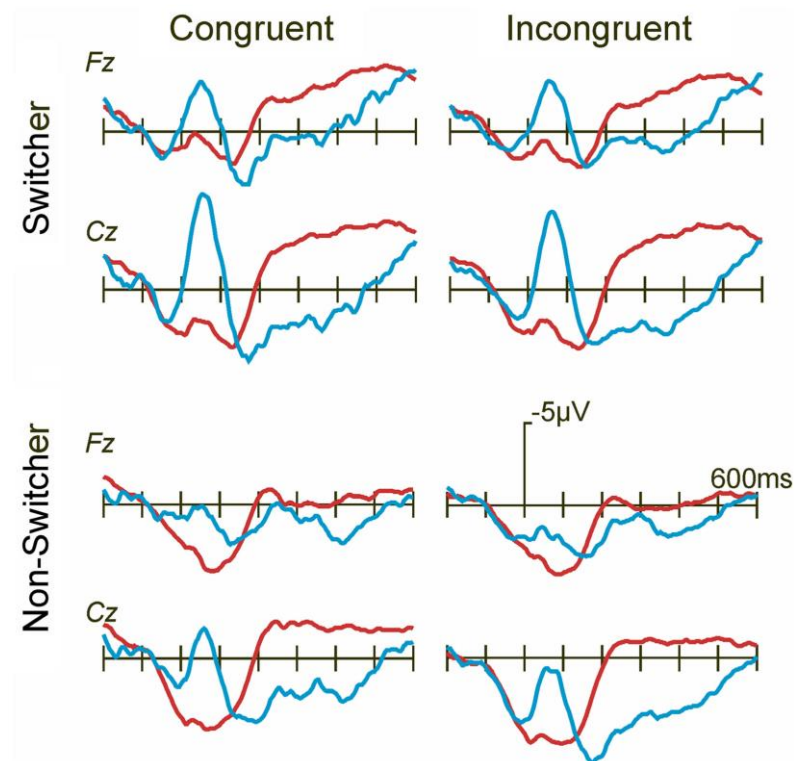
(Received: October 7, 2010; final revision received: April 29, 2011; accepted: May 9, 2011)



## Cognitive control in Russian–German bilinguals

Julia Festman<sup>1\*</sup> and Thomas F. Münte<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Potsdam Research Institute for Multilingualism, University of Potsdam, Potsdam, Germany  
<sup>2</sup> Department of Neurology, University of Lübeck, Lübeck, Germany



Effizientere Selbstüberwachung bei Flanker

# Fazit: Kognition

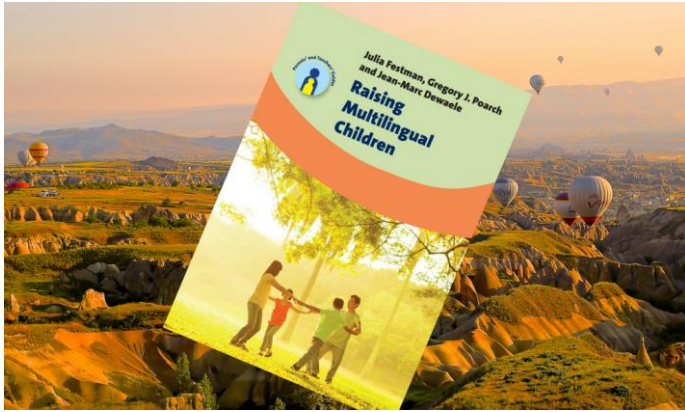
Spracherwerbserfahrungen beeinflussen die kognitiven Fähigkeiten; Mehrsprachigkeit kann wie ein spezielles Training für das Gehirn sein

- Der kognitive Vorteil von Zwei- und Mehrsprachigkeit ist aktuell umstritten. Eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst die Performanz und kann den *bilingual advantage* überlagern.

- Auch zwei- und mehrsprachige Menschen bilden eine immens heterogene Gruppe, die auch in Hinblick auf Kontrollfähigkeiten sehr unterschiedlich sein können
- Studien sind relativ schlecht vergleichbar!

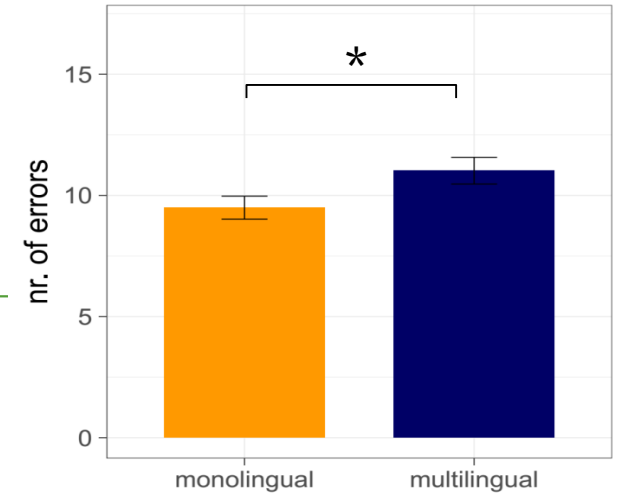
- Das kognitive System ist auf Optimierung bedacht und ist hoch adaptiv.





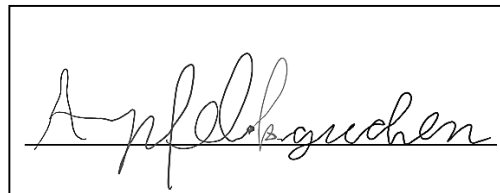
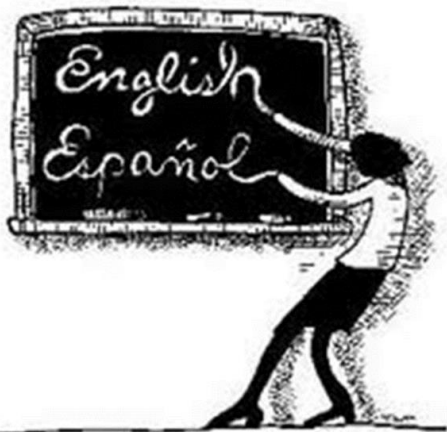
	Monolinguals	Multilinguals	Sig.
Migration background	7 %	83 %	
Age	107.6 (4.8)	111.0 (9.0)	**
Intelligence	35.3 (5.5)	35.3 (5.0)	
Short-Term Memory	15.4 (3.4)	15.2 (3.5)	
SES: Family net income	7.0 (3.0)	6.3 (3.5)	
SES: mother's ISCED	3.8 (1.0)	3.1 (1.5)	***

(\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001)



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

[julia.festman@ph-tirol.ac.at](mailto:julia.festman@ph-tirol.ac.at)



	Reading comprehension test		Reading fluency test	
	monolingual	multilingual	monolingual	multilingual
Self-concept reading	r .236	.356	.424	.466
	p .057	.009	<.001	<.001