

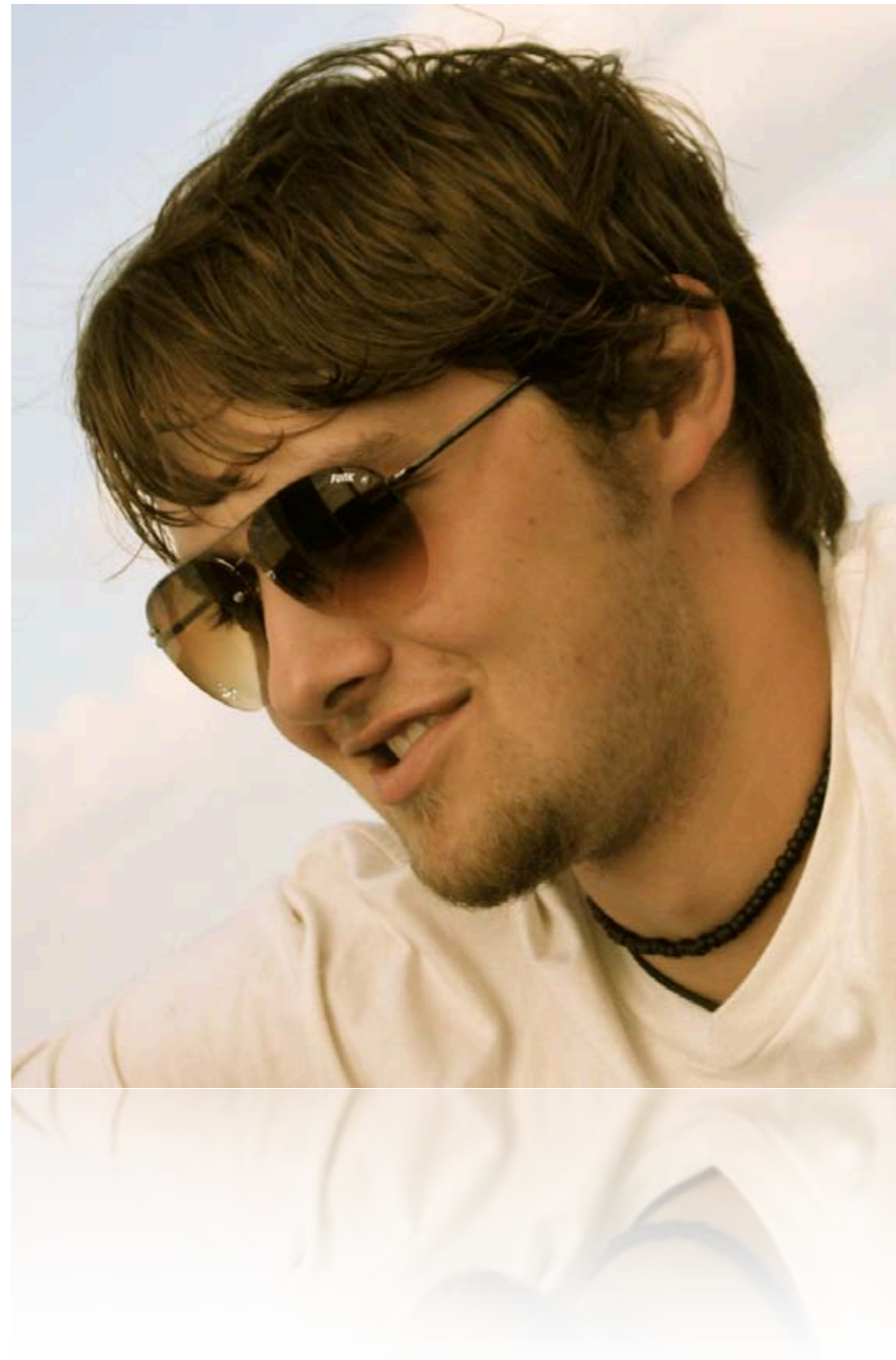
fMRI – Sieh Dir beim Denken zu.

Eine kurze Einführung in die Methode

Jonas Zimmermann

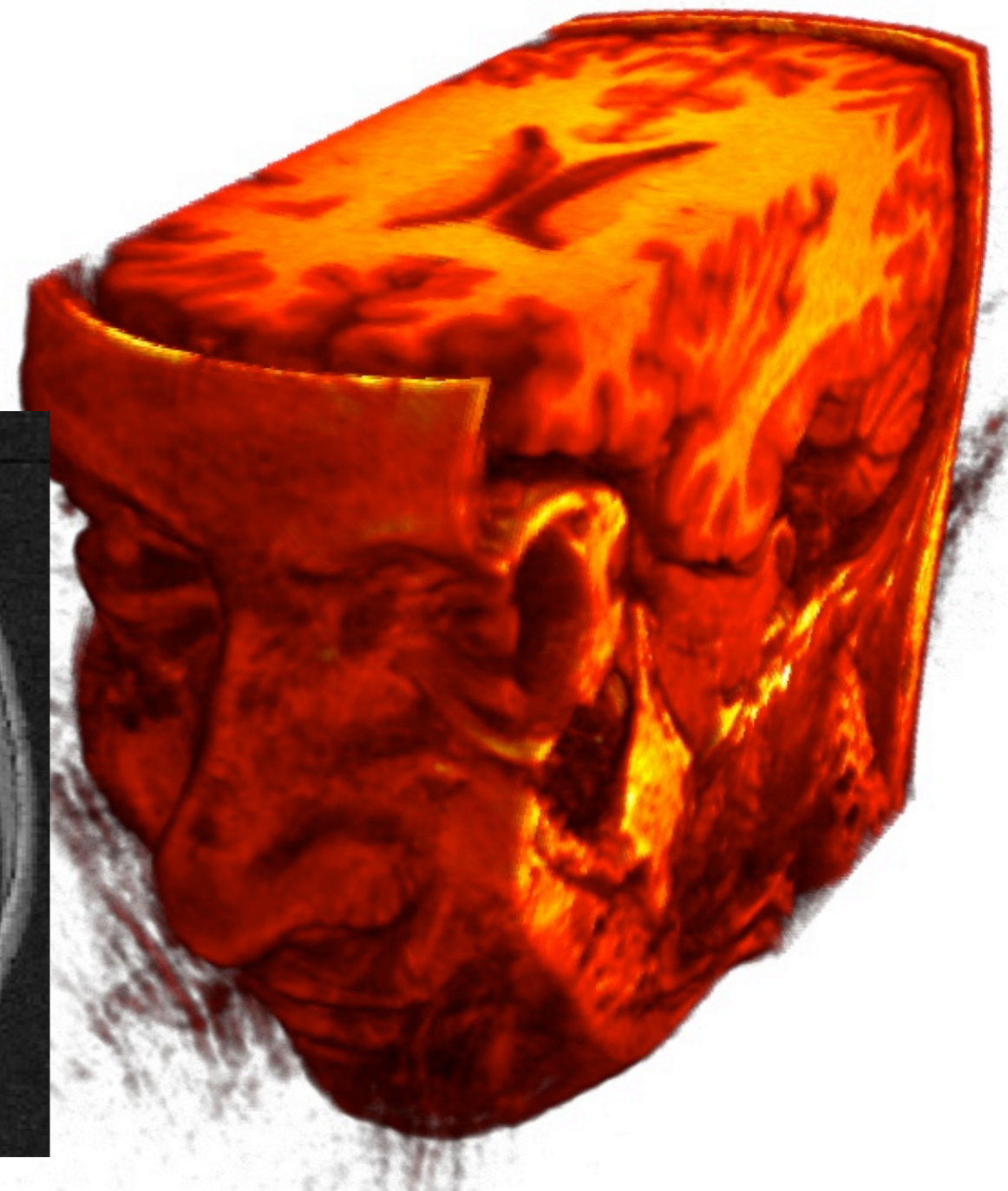
XL. StuTS – Göttingen – 24. November 2006

Wie kommen wir von hier:



Nach hier?

WL: 220 WW: 396

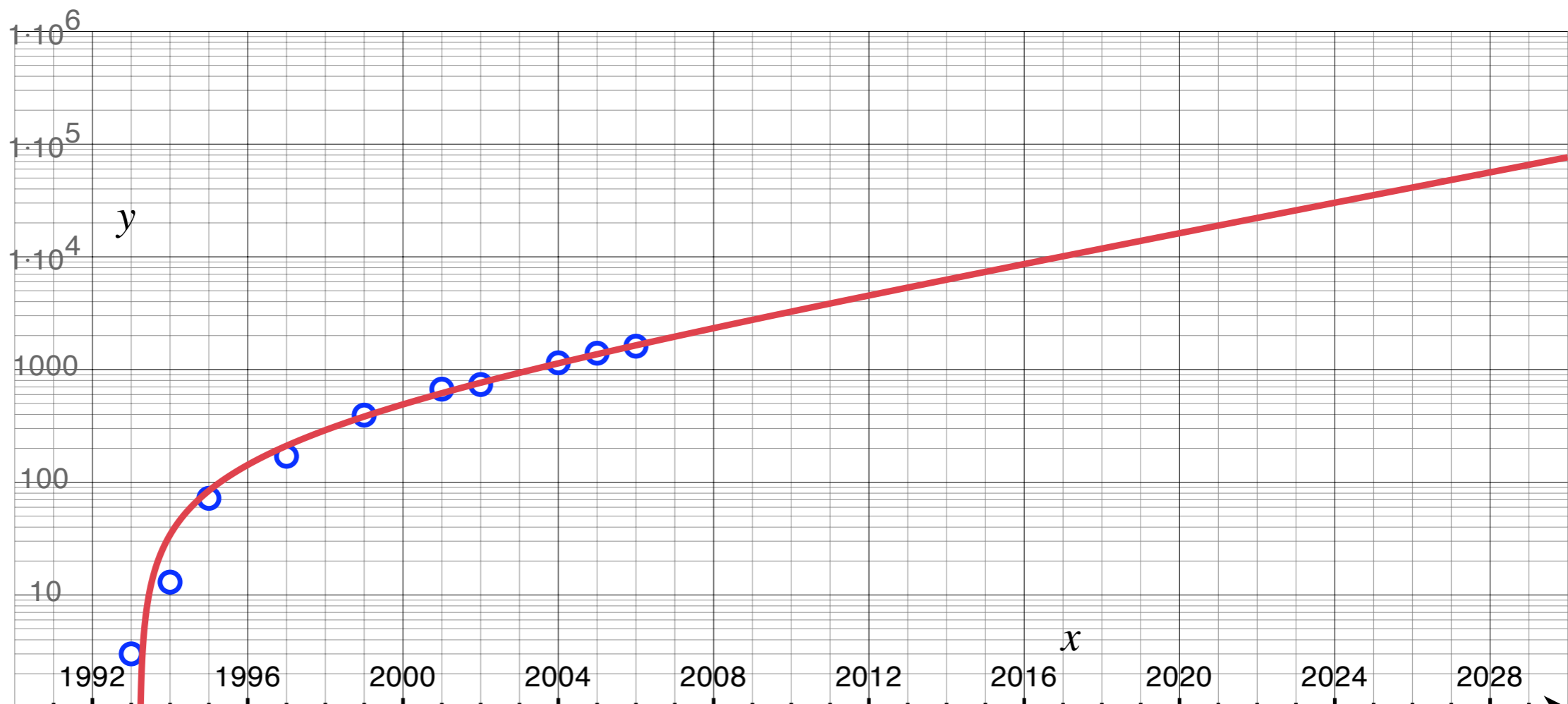


fMRI

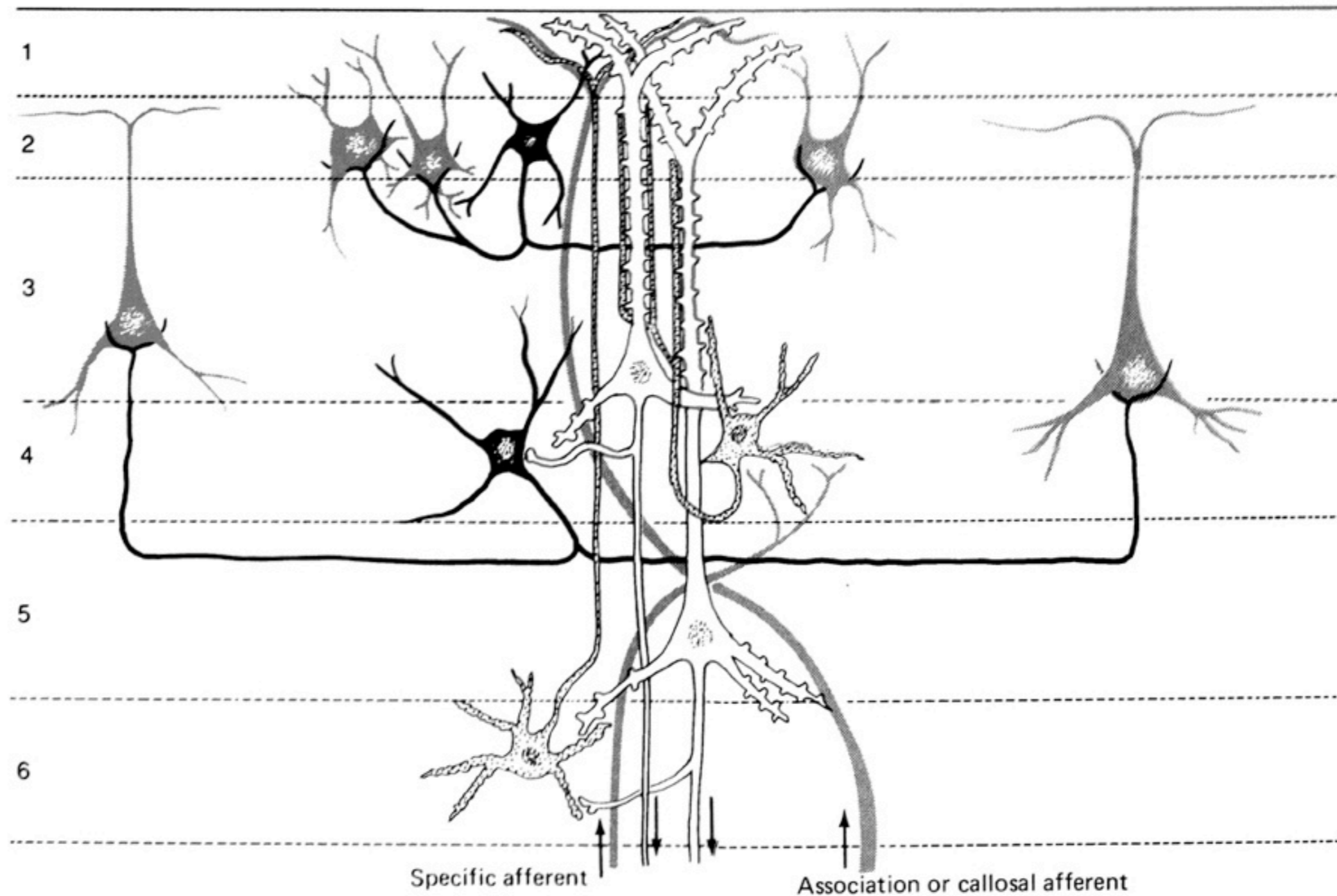
MRI

Suche in PubMed nach „fMRI“

Jahr	1993	1994	1995	2001	2004	2006
Zahl der Papers	3	13	72	670	1147	1611



Neurophysiologische Grundlagen



nach Kandel et al., 1995

Was messen wir eigentlich?

fMRI

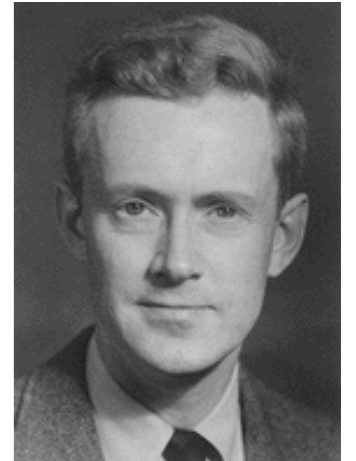
- Änderung des Hämoglobin-Verhältnisses
- BOLD signal – blood oxygen level-dependent signal

MRI

- Protonen
- Verschiedene Gewebe haben verschiedene Protonendichten

Ein paar Worte zur Geschichte

- 1946: Felix Bloch und Edward Purcell entdecken, daß Atomkerne elektromagnetische Strahlung absorbieren und wieder ausstrahlen können
- nach 1970: MRI als bildgebendes Verfahren
- 1990: Seiji Ogawa entdeckt BOLD-Signal in T_2 -gewichteten Scans



Physikalische Grundlagen: Magnetfeld

- Erdmagnetfeld: $1/20000$ T(esla)
- MRI Scanner für Menschen arbeiten mit $B_0=1.5 - 7$ T,
für Tiere bis 14 T und größer
- Magnetfeld wird durch supraleitende Spule erzeugt und ist immer an
- weitere Spulen: Gradienten-, RF-, Shim-Spulen

Watch out!



http://www.simplyphysics.com/flying_objects.html

Physikalische Grundlagen: Spins

- Spin fundamentale Eigenschaft von Teilchen (Protonen, Neutronen, Elektronen, Photonen)
- Teilchen mit verschiedenen Spinzuständen können sich paaren und Spin aufheben
- für MRI wichtig: ungepaarte Kernteilchen
- anschaulich: Teilchen als kleine Kreisel mit magnetischem Moment

Physikalische Grundlagen: Spins

- Teilchen können in Magnetfeld elektromagnetische Strahlung absorbieren
- Resonanzfrequenz (Larmorfreq.) abhängig von Teilchenart
- für Protonen: 42,6 MHz/T

Physikalische Grundlagen: Spins im Magnetfeld

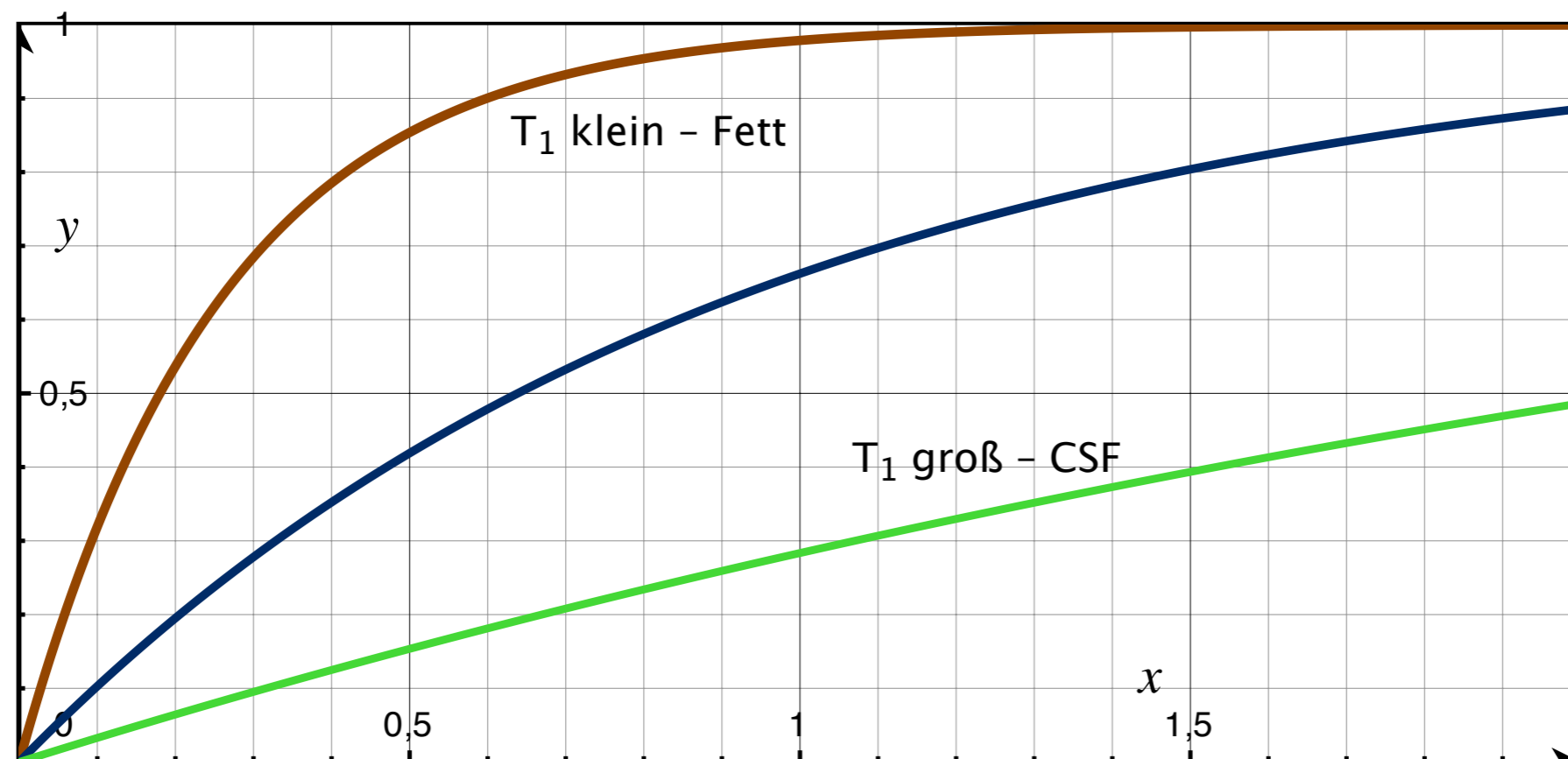
- ohne äußeres Magnetfeld: Spins sind zufällig ausgerichtet
- in Magnetfeld M_0 : Spins tendieren, sich nach dem Magnetfeld auszurichten (nur sehr wenige)
- Teilchen präzedieren im Magnetfeld ungeordnet

Physikalische Grundlagen: Anregung durch Photonen

- im Gleichgewicht: magnetisches Moment M_0 entlang B_0
- durch Strahlung der Larmorfrequenz kann das Moment gekippt werden
- Magnetisches Moment M_z entlang B_0 wird klein
- Magnetisches Moment M_{xy} ist groß

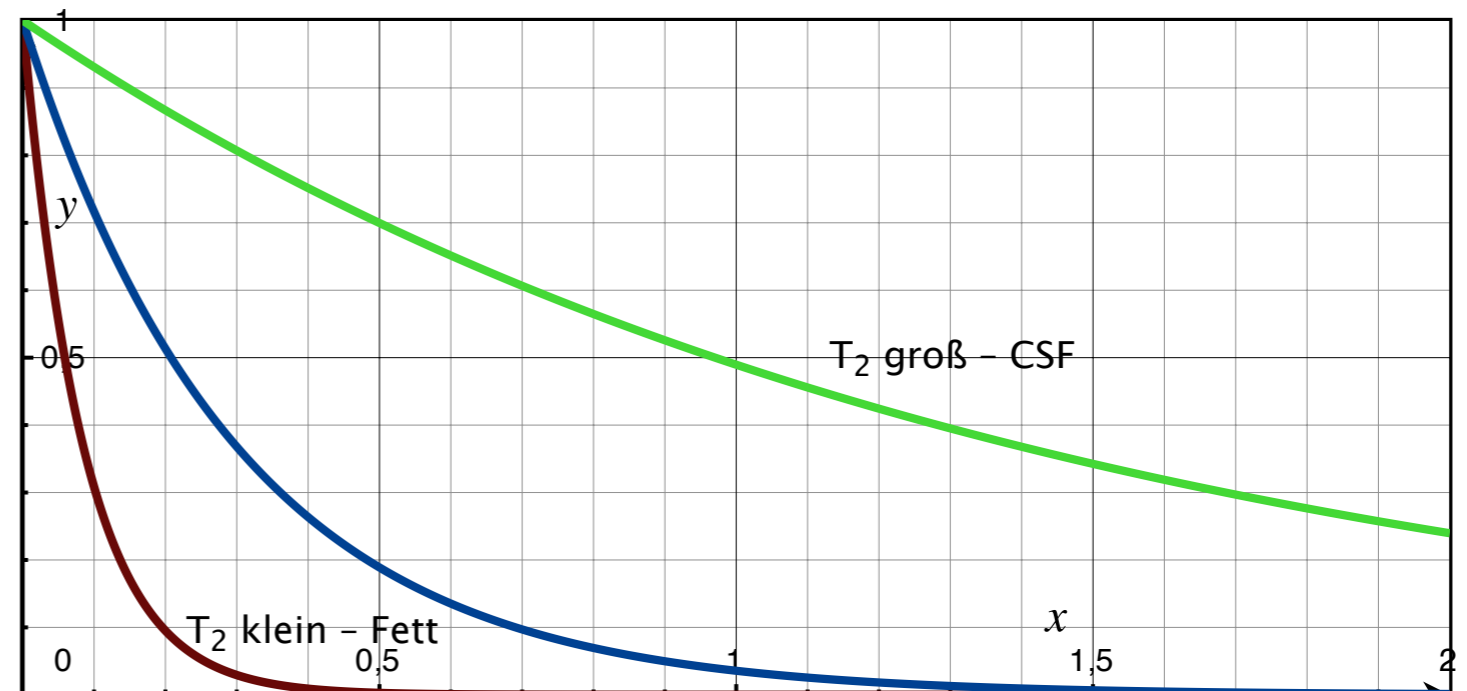
T_1 -Relaxation (Spin-Gitter-Relaxation)

- nach Abschalten der Strahlung richten sich die Spins wieder auf
- M_z geht zurück zu M_0
- T_1 abhängig von Gewebe



T₂-Relaxation (Spin-Spin-Relaxation)

- nach Abschalten der Strahlung präzedierenden Spins mit gleicher Phase
- durch natürliche Prozesse und *Inhomogenitäten* im Magnetfeld geraten sie außer Phase
- hervorgerufen durch Luft-Gewebeübergänge oder *Deoxyhämoglobin!*



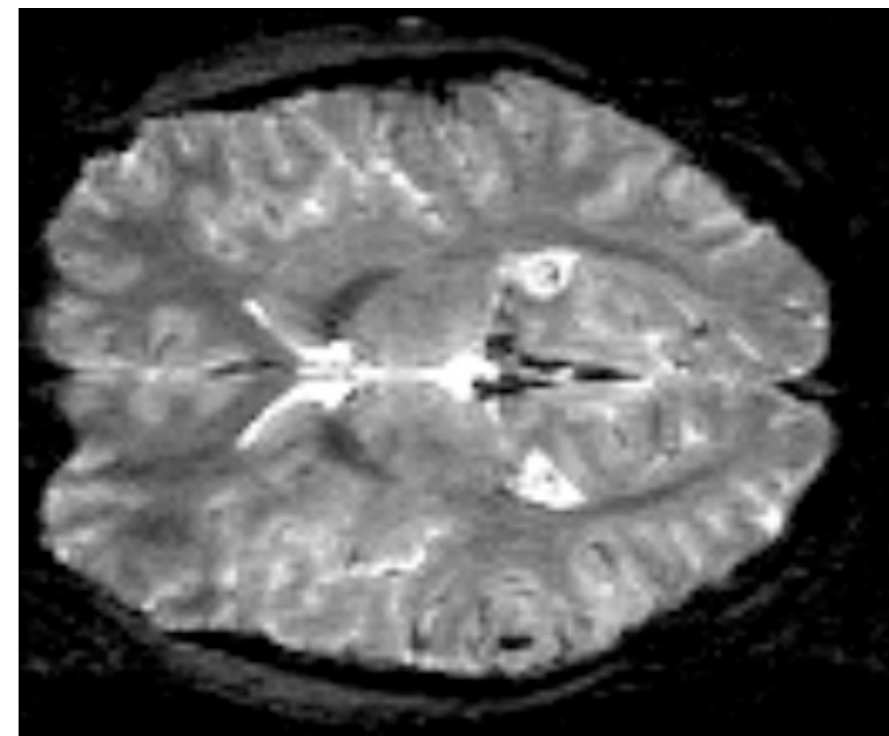
Aufnahme des Signals

- Teilchen geben beim Zurückkehren in den Gleichgewichtszustand Energie in Form von Radiowellen ab
- diese werden durch entsprechende Spulen gemessen
- Analyse des gemessenen Signals mit Fourier-Transformation

Verschiedene Kontraste

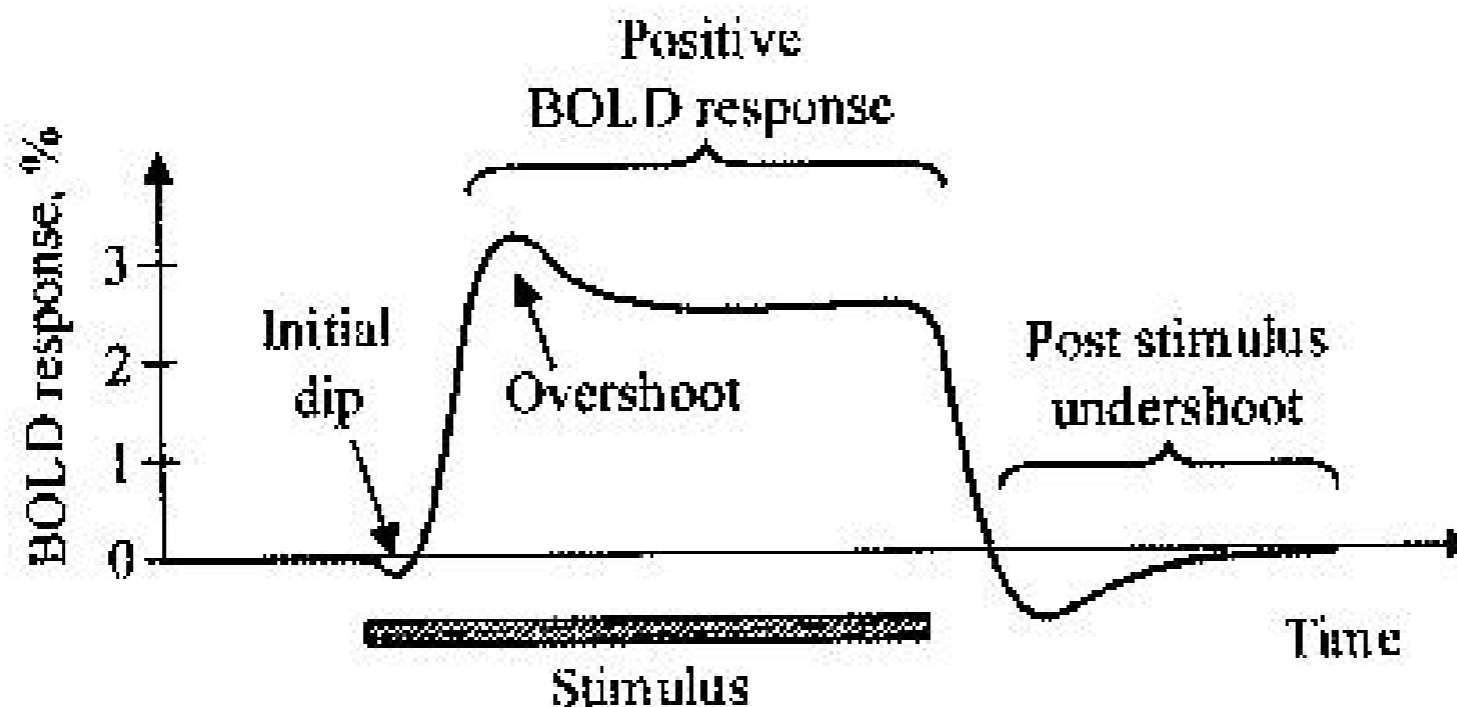
- Bildkontrast wird bestimmt durch verschiedene Werte für TR und TE:

Kontrasttyp	TR	TE
Spin-Dichte	lang	sehr kurz
T ₁	etwa T ₁	sehr kurz
T ₂	lang	etwa T ₂



BOLD-Signal

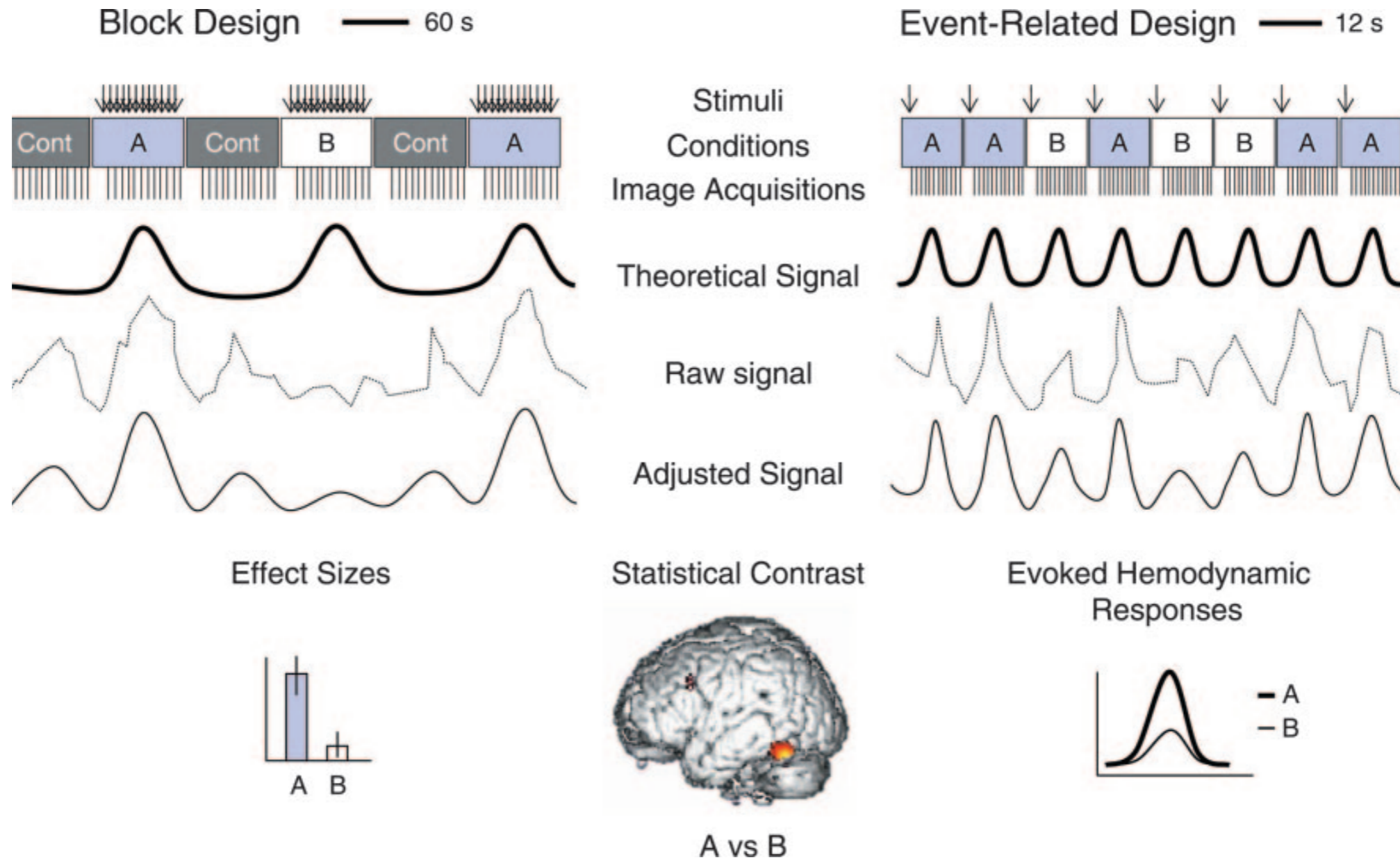
- Sauerstoff- und Energiebedarf durch neuronale Aktivität
- erhöhter Blutfluß, größerer Anteil an Oxy-Hämoglobin, erhöhte T_2
- initial dip, 2-3sec Verzögerung, nach 6-12sec Maximum, Nach-Reiz-Undershoot



fMRI und neuronale Aktivität

- neuere Studien zeigen: BOLD-Signal korreliert mit Local field potential \approx Input eines Gebietes
- exzitatorische und inhibitorische Neuronen erhöhen BOLD-Signal bei Aktivität
- typische Auflösung $3 \times 3 \times 3 \text{mm}^3$, (geht besser: bei Affen mit implantierten Spulen: $120 \times 120 \times 700 \mu\text{m}^3$)

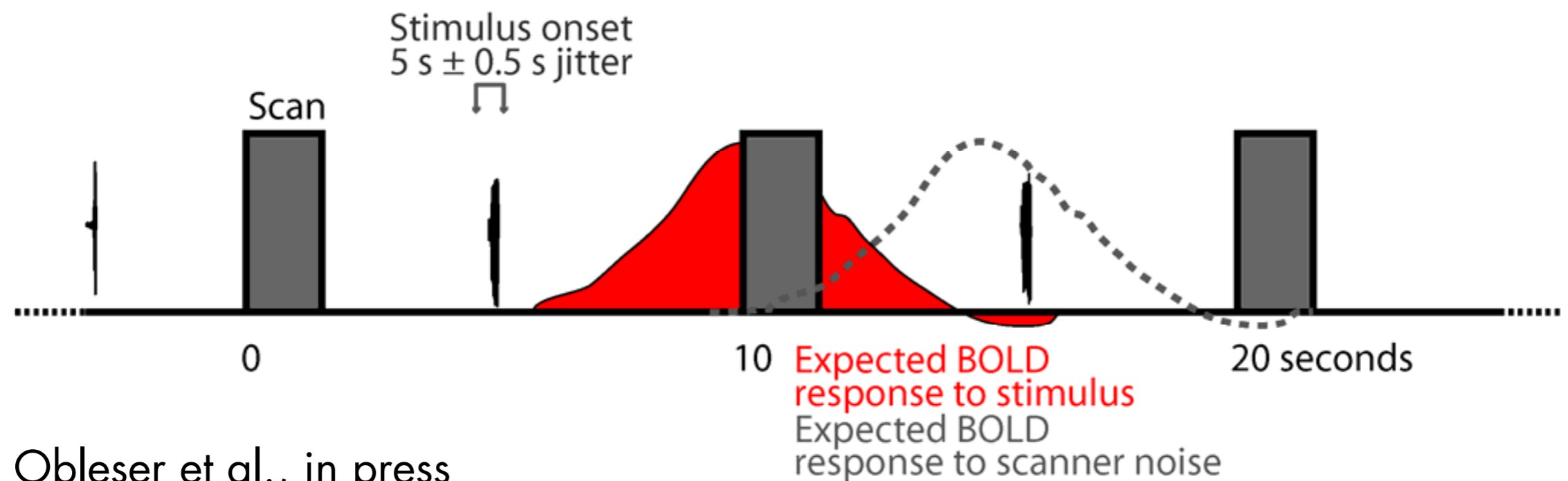
Studiendesign



Block-related vs. Event-related – nach Démonet et al. 2005

Sparse Sampling

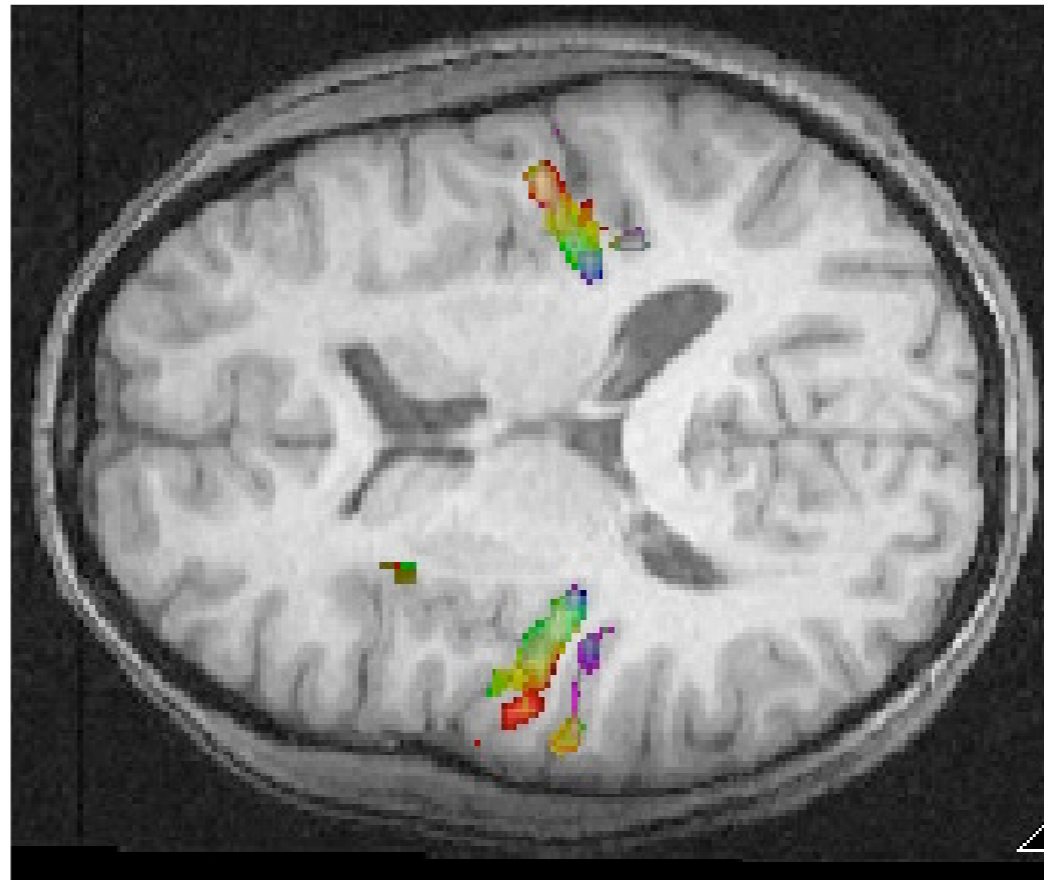
- fMRI-Scanner sehr laut beim Scannen
- Lärm beeinflusst Signal von auditorischen Stimuli
- daher: nur eine Abfrage des Signals beim Maximum des BOLD-Signals



Obleser et al., in press

Analyse der Daten

- Timecourse für jedes Voxel
- General Linear Model
- signifikante Werte (Typ-1-Fehler $< p$, $p=0.05$) können auf Karte abgetragen werden

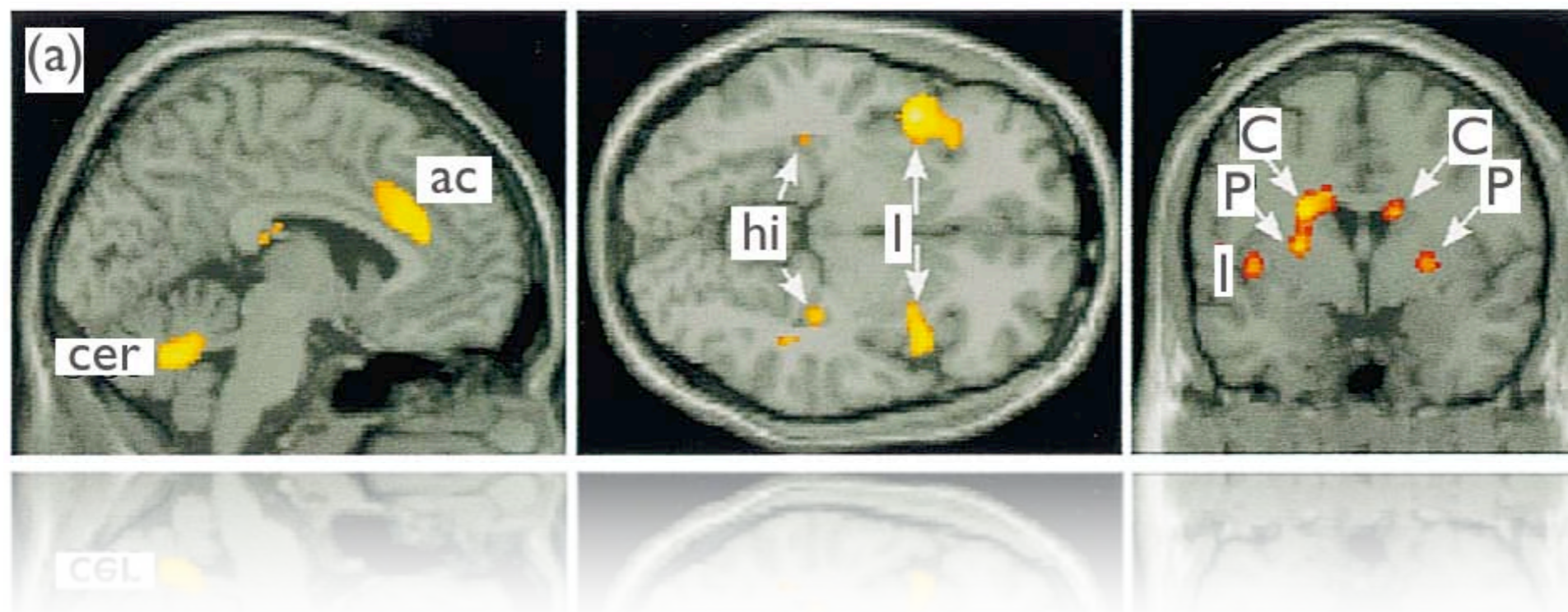


Probleme bei der Auswertung

- Durchschnittsdaten über Gruppen verschmieren Orte (verschiedene Gehirne sehen unterschiedlich aus)
- die „Repräsentative Versuchsperson“
- Bewegungsartefakte
- Statistik nicht verstanden
- ...

Der Sitz der Liebe

- VPs betrachten Photos von Freunden und vom Partner
- sie behaupten „starke Liebe“ zu empfinden (bei letzteren)
- Aktivierung (Liebe-Freundschaft)
- ist Emotion „Liebe“ wirklich der einzige Unterschied?



Bibliographie

- [1] Culham, Jody, 2005. http://defiant.ssc.uwo.ca/Jody_web/.
- [2] Démonet, Jean François, Guillaume Thierry, and Dominique Cardebat: *Renewal of the Neurophysiology of Language: Functional Neuroimaging*. *Physiol. Rev.*, 85(1):49–95, 2005. <http://physrev.physiology.org/cgi/content/abstract/85/1/49>.
- [3] Friston, K. J. *et al.*: *The trouble with cognitive subtraction*. *NeuroImage*, 4(2):97–104, 1996. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6WNP-45MGVGC-1G/2/ccfaf1aacb7a1efbbb0110d57cd9ff92>.
- [4] Hornak, J P, 2004. <http://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/inside.htm>.
- [5] Logothetis, Nikos K.: *The Underpinnings of the BOLD Functional Magnetic Resonance Imaging Signal*. *Journal of Neuroscience*, 23(10):3963–3971, May 2003. <http://www.jneurosci.org/>.
- [6] Obleser, Jonas *et al.*: *Multiple stages of auditory speech perception reflected in event-related fMRI*. To appear in *Cerebral Cortex*, 2006.

Vielen Dank...

WL: 220 WW: 396

