

# Wie lernt unser Gehirn?

## Einblicke in die Neurokognition des Gedächtnisses

Christian Fiebach

Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

Psychologisches Institut

Neurologische Klinik

Abteilung Neuroradiologie



"With one singular exception, time's arrow is straight.  
Unidirectionality of time is one of nature's  
most fundamental laws.

[...]

Time's flow is irreversible.

*Endel Tulving, 2002*

"With one singular exception, time's arrow is straight.  
Unidirectionality of time is one of nature's  
most fundamental laws.

[...]

Time's flow is irreversible.

*The singular exception is provided by the human ability to remember past happenings. When one thinks today about what one did yesterday, time's arrow is bent into a loop."*

*Endel Tulving, 2002*

## Definition

*Gedächtnis:*

Fähigkeit des Gehirns, gelernte Erfahrungen zu speichern, aufrechtzuerhalten und abzurufen.

## Definition

*Gedächtnis:*

Fähigkeit des Gehirns, gelernte Erfahrungen zu speichern, aufrechtzuerhalten und abzurufen.

*Prozesse des Gedächtnisses:*

- Enkodierung
- Speicherung
- Abruf

## Definition

*Gedächtnis:*

Fähigkeit des Gehirns, gelernte Erfahrungen zu speichern, aufrechtzuerhalten und abzurufen

*Prozesse des Gedächtnisses:*

- Enkodierung
- Speicherung
- Abruf



## Methoden der kognitiven Neurowissenschaft

- Läsionsmethode > Neuropsychologie
- Analogie zu Erkenntnissen an nichtmenschlichen Primaten > Neurophysiologie
- nicht-invasive bildgebende Verfahren > funktionelle Magnetresonanztomographie

## Neuropsychologie des Gedächtnisses

- Gedächtnisstörung = Amnesie



Retrograde Amnesie

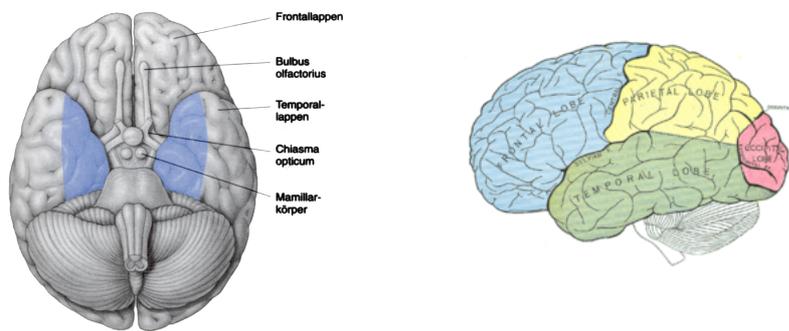
X



anterograde Amnesie

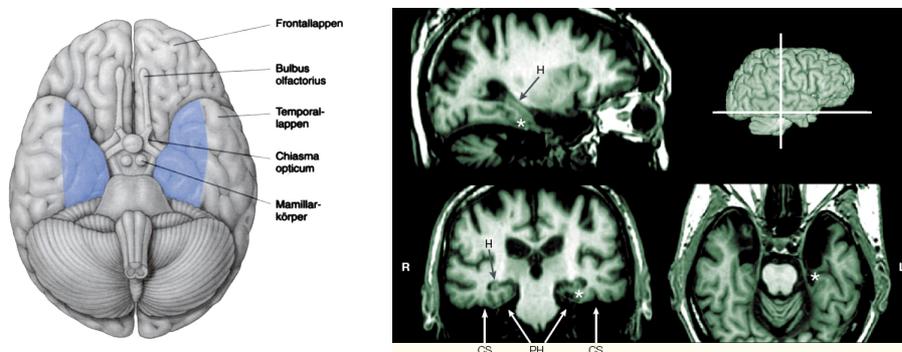
## Patient H.M.

- 1953, 27 Jahre alt, Epilepsie
- Entfernung von Gewebe (ca. 5 cm) aus dem medialen Temporallappen (bilateral)



## Patient H.M.

- 1953, 27 Jahre alt, Epilepsie
- Entfernung von Gewebe (ca. 5 cm) aus dem medialen Temporallappen (bilateral)



## Patient H.M.: Kurzzeitgedächtnis

- fehlerfrei beim Merken von Buchstabenfolgen bis 40 Sekunden!

Der Proband drückt auf die Taste mit dem Testobjekt, um anzuzeigen, daß er es wahrgenommen hat; daraufhin verschwindet das Testobjekt.

Nach einer Verzögerung leuchten die anderen acht Felder auf, und der Proband muß die Taste drücken, die mit dem Testobjekt übereinstimmt.

verbaler Übereinstimmungstest

nonverbaler Übereinstimmungstest

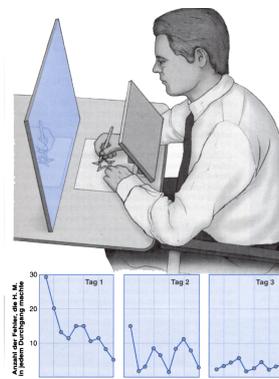
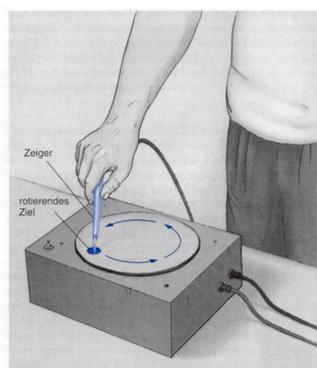
Verzögerung

Verzögerung

14.3 Die verbalen und nonverbalen Übereinstimmungstests von Sidman, Stoddard und Mohr (1968). H. M. machte bei der verbalen Version bis zum längsten Intervall von 40 Sekunden keine Fehler, aber er konnte die nonverbale Version nicht lösen, wenn die Intervalle mehr als fünf Sekunden betragen. Das liegt vermutlich daran, daß sich die nonverbalen Reize nicht zur aktiven Wiederholung eignen.

## Patient H.M.: Prozedurales Gedächtnis

- Verbesserung im „rotary pursuit test“ und beim „Spiegelzeichnen“
- trotzdem keine bewusste Erinnerung an vorhergehende Testdurchgänge!



## **Patient H.M.**

- 1953, 27 Jahre alt, Epilepsie
- Entfernung von Gewebe (ca. 5 cm) aus dem medialen Temporallappen (bilateral)
- Neuropsychologisches Profil:
  - Überdurchschnittlicher IQ (118 WAIS)
  - Sprachfähigkeiten erhalten
  - KZG in Ordnung (zumindest verbal)
  - Fähigkeiten zum motorischen Lernen („Fertigkeiten“) erhalten
  - Lernen neuer Informationen schwerst beeinträchtigt (> anterograde Amnesie)
  - Erinnern alten Wissens weitgehend unbeeinträchtigt

## **Was lernen wir von Patient H.M.?**

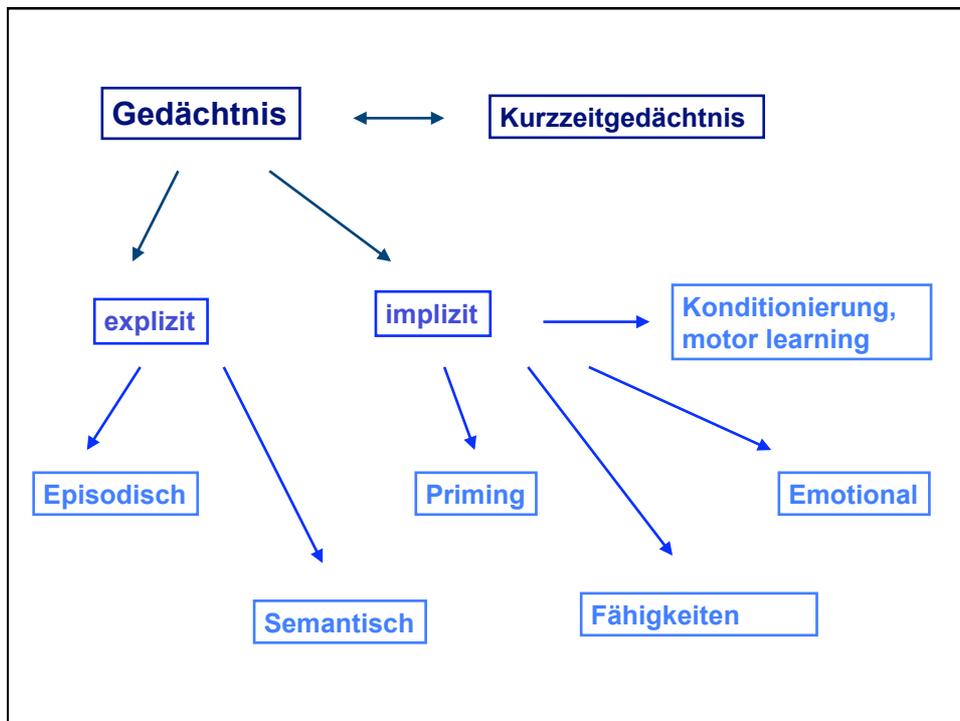
- es gibt verschiedene Arten des Gedächtnisses!
  - Kurzzeitgedächtnis vs. Langzeitgedächtnis
  - prozedurales/implizites vs. explizites Wissen
- diese basieren auf unterschiedlichen neuronalen Mechanismen

## Verschiedene Arten von Gedächtnisinhalten

- **Fakten**  
(„Was ist die Hauptstadt von Kamerun?“, „Welche Gehirnlappen gibt es?“)  
> semantisches Wissen
- **Persönliche Ereignisse/Erlebnisse**  
(„Mit wem habe ich heute schon gesprochen?“, „Wie war mein erster Schultag?“ „Was ist auf der Skipiste passiert?“)  
> episodisches Wissen
- **Intentionen/Handlungen**  
(Sich daran erinnern, einen Termin um 14.00 Uhr wahrzunehmen; seine Hausaufgaben zu erledigen)  
> prospektives Gedächtnis
- **Fähigkeiten** (Fahrrad fahren, Tennis spielen)  
> motorisches bzw. prozedurales bzw. implizites Wissen

## Möglichkeiten der Klassifikation

- *hinsichtlich der Speicherdauer:*
  - Kurzzeitgedächtnis
  - Langzeitgedächtnis
- *hinsichtlich der zu speichernden Informationsinhalte*
  - Deklarativ/Explizit
    - Semantisch
    - Episodisch
  - Prozedural/Implizit
    - Priming
    - Fertigkeiten
    - Klass. Konditionieren

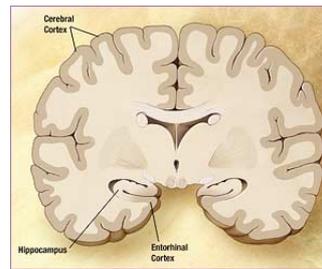
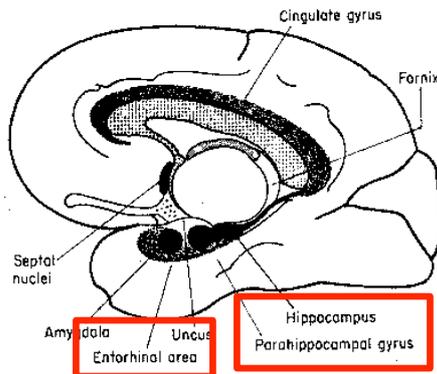


## Was lernen wir von Patient H.M.?

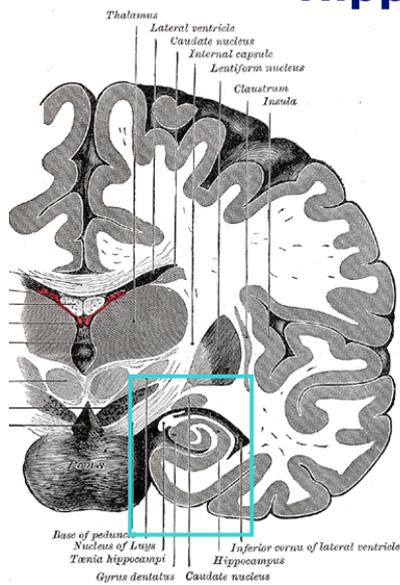
- es gibt verschiedene Arten des Gedächtnisses!
  - Kurzzeitgedächtnis vs. Langzeitgedächtnis
  - prozedurales/implizites vs. explizites Wissen
- diese basieren auf unterschiedlichen neuronalen Mechanismen
- **der mediale Anteil des Temporallappens ist sehr wichtig für das Erlernen neuer Langzeit-Gedächtnisinhalte!**

## Medialer Temporallappen

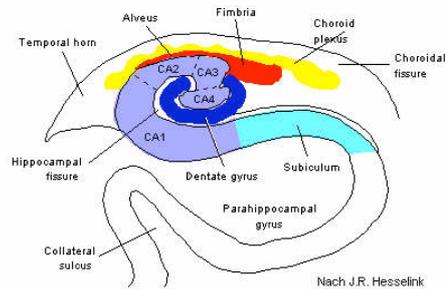
- Hippocampus
- enthorhinaler Cortex
- Gyrus parahippocampalis



## Hippocampus



### Anatomie des Hippocampus



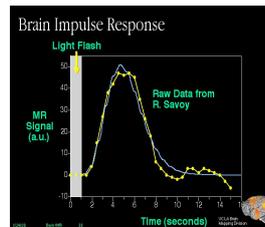
## Hypothese: Hippocampus wichtig für Einspeicherung neuen Wissens

## Hypothese: Hippocampus wichtig für Einspeicherung neuen Wissens

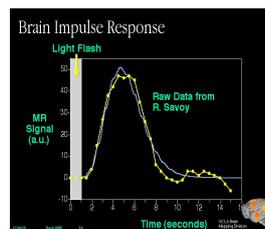
- Untersuchung der Hirnaktivität  
mittels funktioneller Magnet-  
resonanztomographie
- Vorteil:
  - Informationen über das  
gesunde Gehirn
  - Beobachtung des Gehirns  
während der Arbeit
- Nachteil:
  - relativ langsam



## Funktionelle MRT

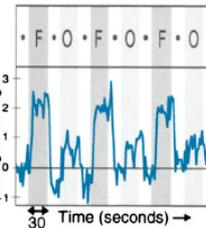
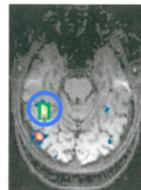


## Funktionelle MRT

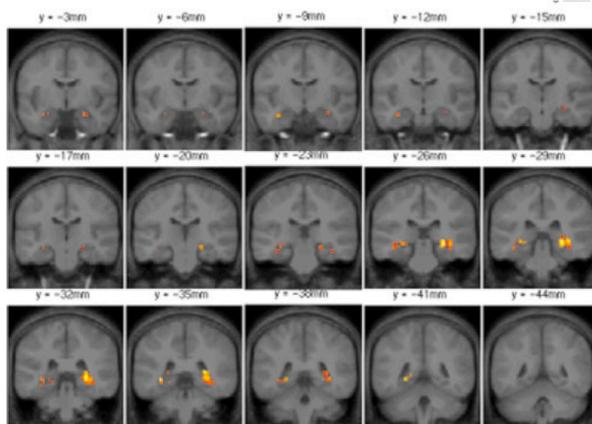


**Beispiel:**  
Gesichterverarbeitung  
im Gyrus fusiformis  
(Kanwisher et al., 1997)

3a. Faces > Objects



## Hypothese: Hippocampus wichtig für Einspeicherung neuen Wissens



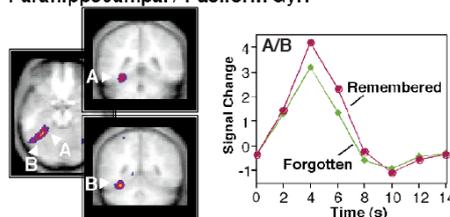
Greicius et al., 2003:

- Enkodierung von fünf 8-Wort-Listen
- spätere Gedächtnisaufgabe erwartet

> *Explizites Gedächtnis!*

## Hypothese: Hippocampus wichtig für Einspeicherung neuen Wissens

Parahippocampal / Fusiform Gyri



Wagner et al., 1998:

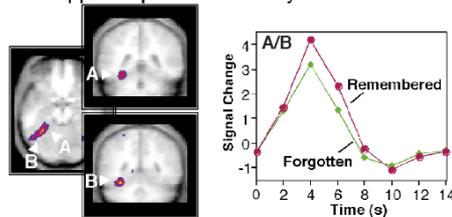
- inzidentielle Enkodierung:
  - abstrakt/konkret-Urteil mit Wörtern
  - überraschender Gedächtnistest

- stärkere Aktivierung für später erinnerte Gedächtnisinhalte

> *subsequent memory effect!*

## Hypothese: Hippocampus wichtig für Einspeicherung neuen Wissens

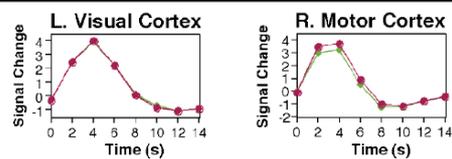
Parahippocampal / Fusiform Gyri



Wagner et al., 1998:

- inzidentielle  
Enkodierung:
  - abstrakt/konkret-Urteil  
mit Wörtern
  - überraschender  
Gedächtnistest
- stärkere Aktivierung  
für später erinnerte  
Gedächtnisinhalte

> *subsequent memory effect!*

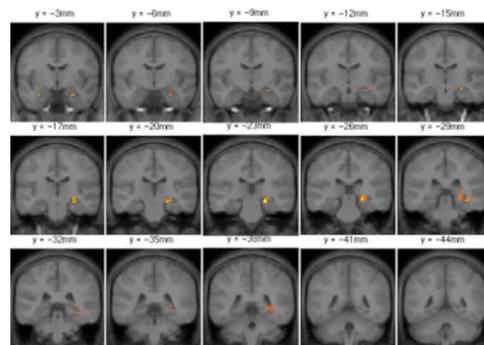


## Any more questions?

- Spielt der Hippocampus  
auch eine Rolle beim  
Gedächtnisabruf?
- Ist nur der Hippocampus  
in das Gedächtnis  
involviert?
- Ist der Hippocampus eine  
funktionell einheitliche  
Region?

## Any more questions?

- Spielt der Hippocampus auch eine Rolle beim Gedächtnisabruf? **JA**
- Ist nur der Hippocampus in das Gedächtnis involviert?
- Ist der Hippocampus eine funktionell einheitliche Region?

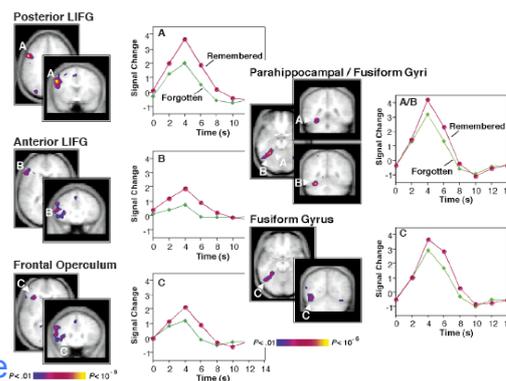


Greicius et al., 2003

- > Hippocampus-Aktivität während eines Rekognitions- (d.h. alt/neu) -Urteils

## Any more questions?

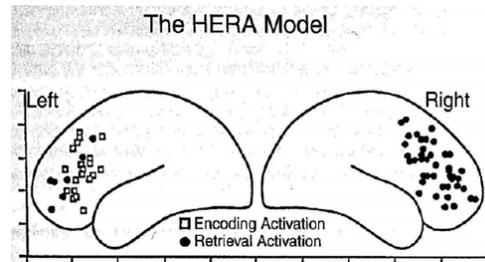
- Spielt der Hippocampus auch eine Rolle beim Gedächtnisabruf? **JA**
- Ist nur der Hippocampus in das Gedächtnis involviert? **NEIN**
- Ist der Hippocampus eine funktionell einheitliche Region?



Wagner et al., 1998

## Any more questions?

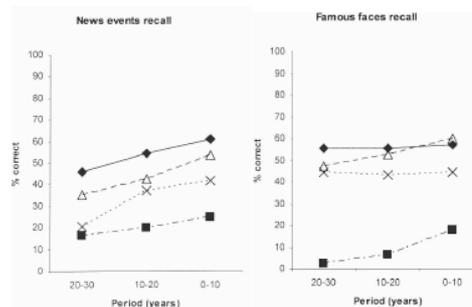
- Spielt der Hippocampus auch eine Rolle beim Gedächtnisabruf? **JA**
- Ist nur der Hippocampus in das Gedächtnis involviert? **NEIN**
- Ist der Hippocampus eine funktionell einheitliche Region?



**HERA-Modell** für episodisches Gedächtnis: Hemispheric encoding-retrieval asymmetry (Tulving, 1994)

## Any more questions?

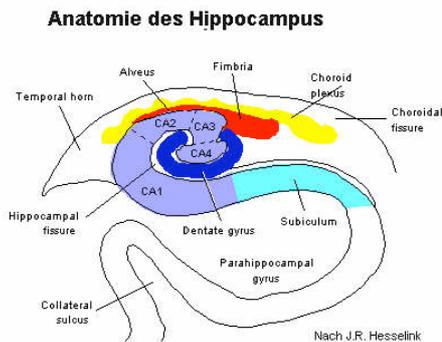
- Spielt der Hippocampus auch eine Rolle beim Gedächtnisabruf? **JA**
- Ist nur der Hippocampus in das Gedächtnis involviert? **NEIN**
- Ist der Hippocampus eine funktionell einheitliche Region?



Retrograde Amnesie: Bright et al., 2006

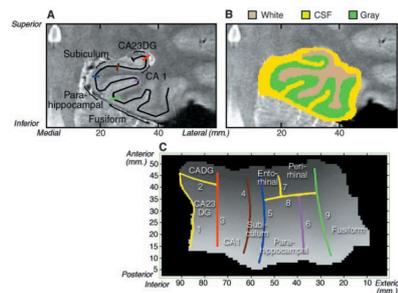
## Any more questions?

- Spielt der Hippocampus auch eine Rolle beim Gedächtnisabruf? **JA**
- Ist nur der Hippocampus in das Gedächtnis involviert? **NEIN**
- Ist der Hippocampus eine funktionell einheitliche Region?



## Any more questions?

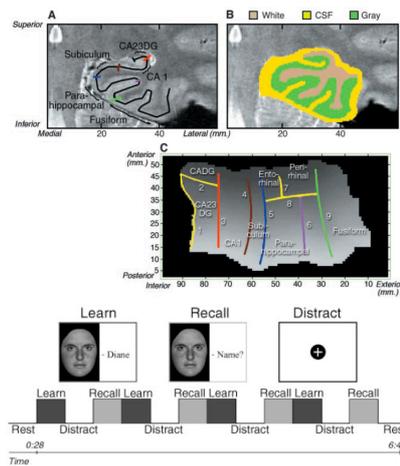
- Spielt der Hippocampus auch eine Rolle beim Gedächtnisabruf? **JA**
- Ist nur der Hippocampus in das Gedächtnis involviert? **NEIN**
- Ist der Hippocampus eine funktionell einheitliche Region?



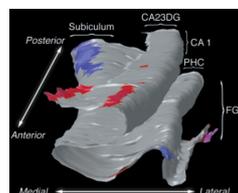
Zeineh et al., 2003

## Any more questions?

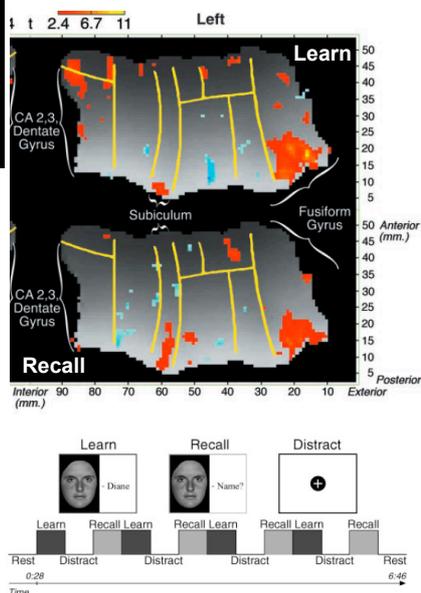
- Spielt der Hippocampus auch eine Rolle beim Gedächtnisabruf? **JA**
- Ist nur der Hippocampus in das Gedächtnis involviert? **NEIN**
- Ist der Hippocampus eine funktionell einheitliche Region?



Zeineh et al., 2003

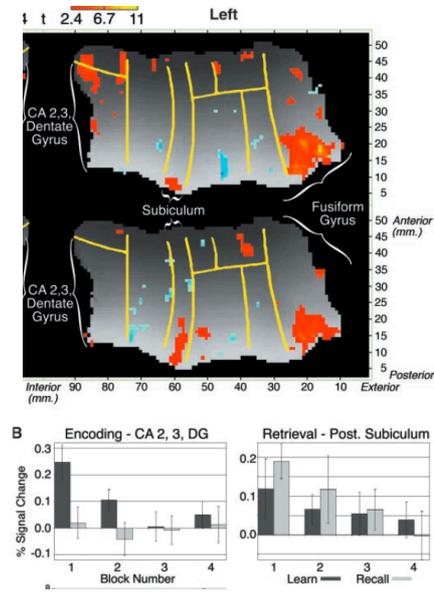


- Spielt der Hippocampus auch eine Rolle beim Gedächtnisabruf? **JA**
- Ist nur der Hippocampus in das Gedächtnis involviert? **NEIN**
- Ist der Hippocampus eine funktionell einheitliche Region?



Zeineh et al., 2003

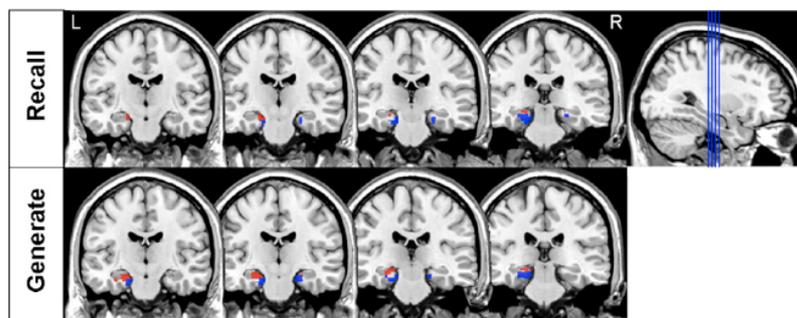
- Spielt der Hippocampus auch eine Rolle beim Gedächtnisabruf? **JA**
- Ist nur der Hippocampus in das Gedächtnis involviert? **NEIN**
- Ist der Hippocampus eine funktionell einheitliche Region? **NEIN**



Zeineh et al., 2003

### Weitere Frage: Unterschiedliche Hippocampus-Beteiligung bei episodischem vs. semantischem Gedächtnisabruf?

Ryan et al., 2008: vergleichbare Hippocampus-Aktivierungen bei semantischem vs. episodischem Gedächtnis



> Auf der Ebene des Hippocampus anscheinend nicht!

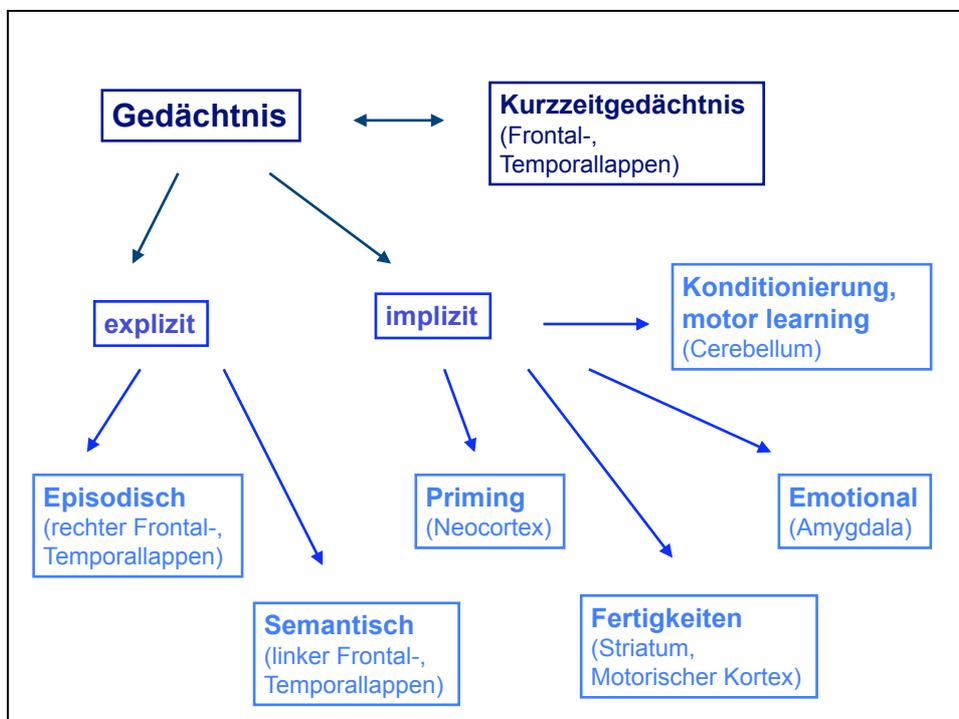
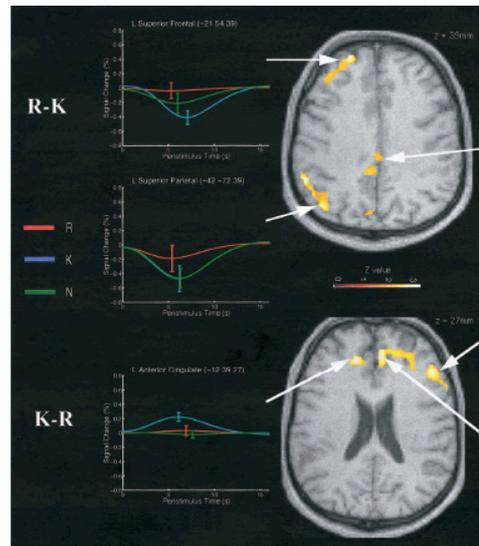
## Weitere Frage: Prozess-spezifische neuronale Mechanismen beim Gedächtnisabruf?

Henson et al., 1999:

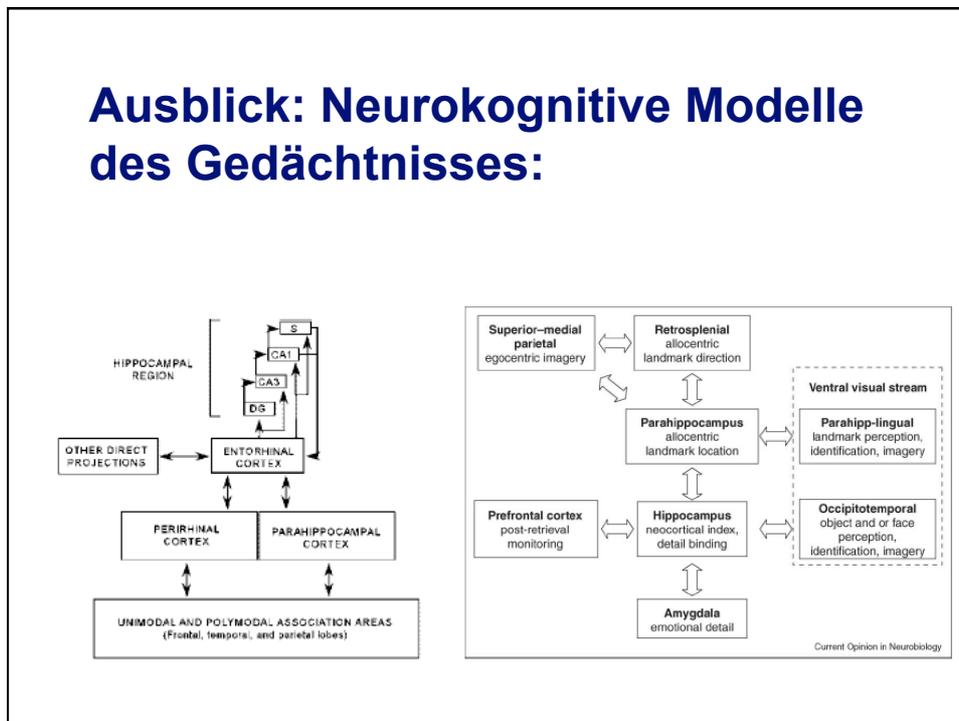
R = ‚remember‘  
> Erinnerung, Abruf

K = ‚know‘  
> Wiedererkennen,  
Vertrautheit

- > Evidenz für unterschiedliche Gedächtnis-relevante Prozesse in unterschiedlichen beteiligten Hirnregionen!



## Ausblick: Neurokognitive Modelle des Gedächtnisses:



## Fazit

- Das menschliche Gedächtnis basiert auf:
  - Hippocampus, sowie
  - einem distribuierten Netzwerk weiterer Hirnregionen (wichtig: Präfrontalcortex!! Prozess-Spezifität!!)
- Hippocampus wichtig für Einspeicherung und Abruf von neuen Informationen
  - verschiedene Subregionen!
- Hippocampus involviert in semantisches und episodisches Gedächtnis
- Allgemeiner: Funktionelle Bildgebung erlaubt uns, kognitive Prozesse ‚in vivo‘ am gesunden Gehirn zu untersuchen

Vielen Dank - The End!

weitere Informationen:  
<http://fimlab.uni-hd.de>

