

Lernen, Verarbeiten und Vergessen im Schlaf

Susanne Diekelmann

Institut für Neuroendokrinologie,
Universität zu Lübeck



Gliederung

- Schlaf
 - Physiologie des Schlafes und Schlafarchitektur
 - Funktionen des Schlafes

- Schlaf und Gedächtnis
 - Lernen
 - Verarbeiten
 - Vergessen

- Mechanismen der Gedächtnisbildung im Schlaf

Physiologie des Schlafes und Schlafarchitektur

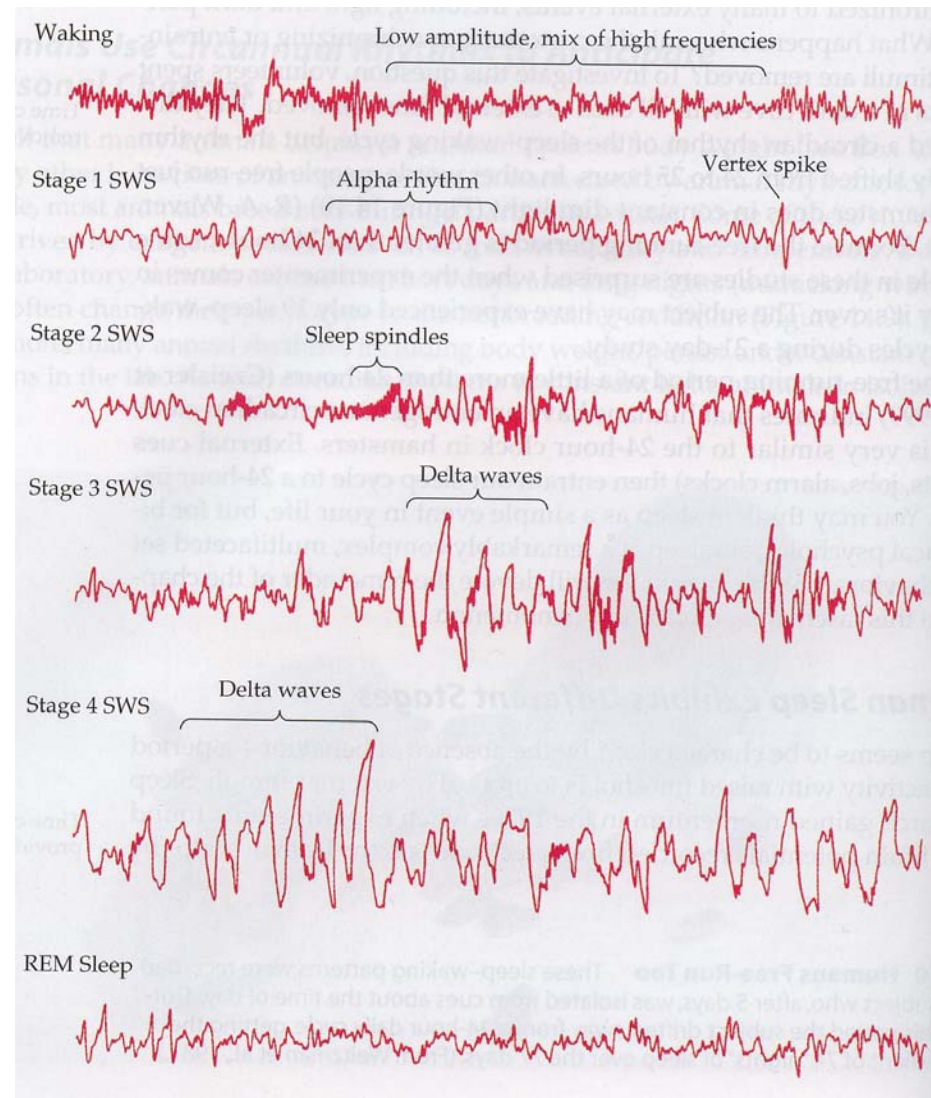
- Schlafstadien
 - AASM 2007:

N1

N2

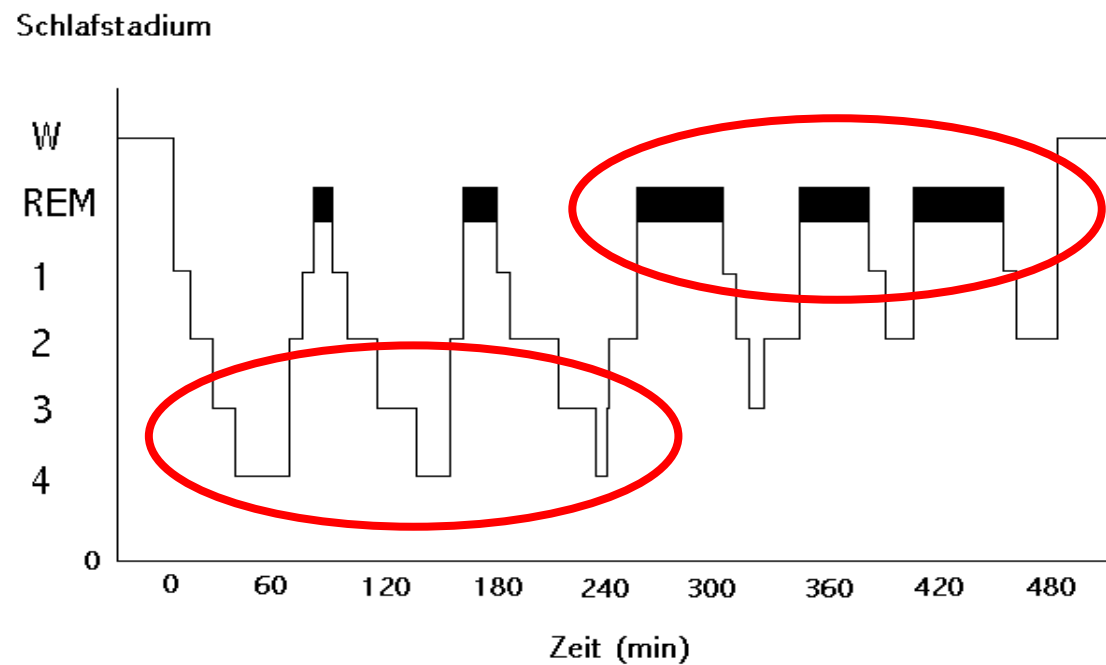
N3

R



■ Schlafarchitektur

- ca. fünf 90-minütige NREM-REM Schlafzyklen pro Nacht
- Prototypisches Hypnogramm:





Funktionen des Schlafes

- Adaptive Inaktivität
- Energieersparnis
- Erholung, Wachstum und Regeneration
- Gedächtnisbildung

Stufen der Gedächtnisbildung

→ Lernen

Enkodierung



→ Verarbeiten

Konsolidierung



→ Vergessen

Abruf



SCHLAF

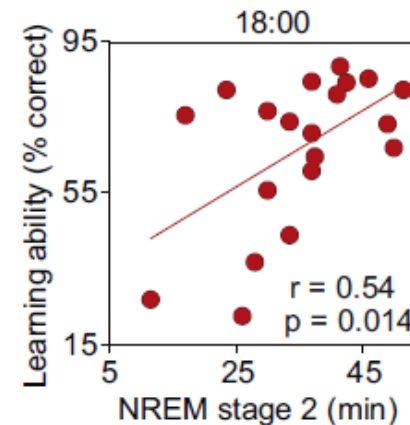
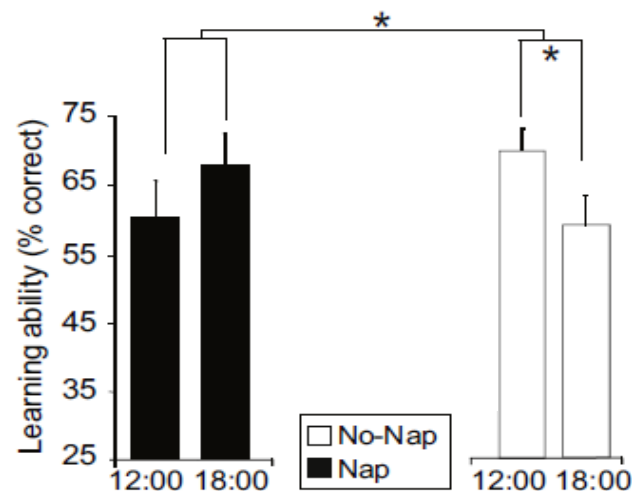
Lernen

■ Lernen im Schlaf

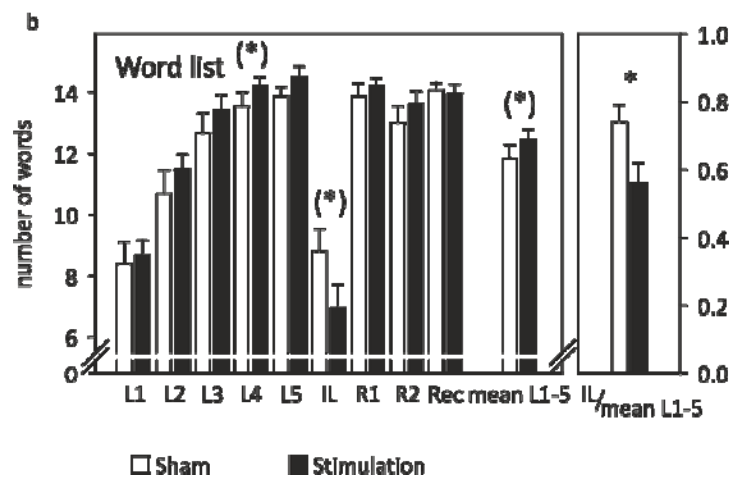
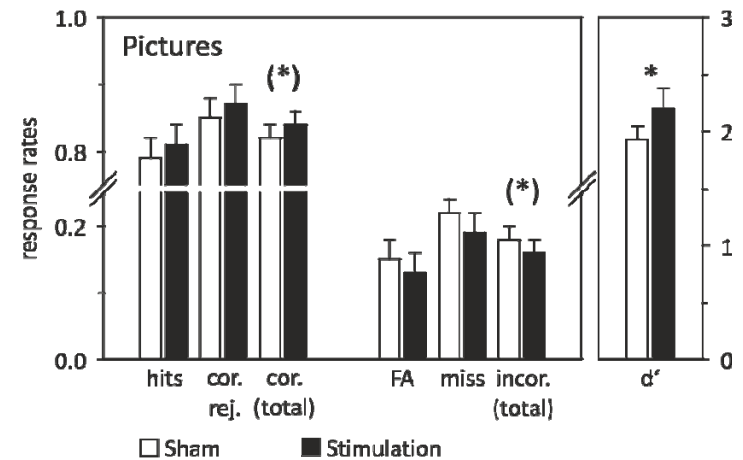
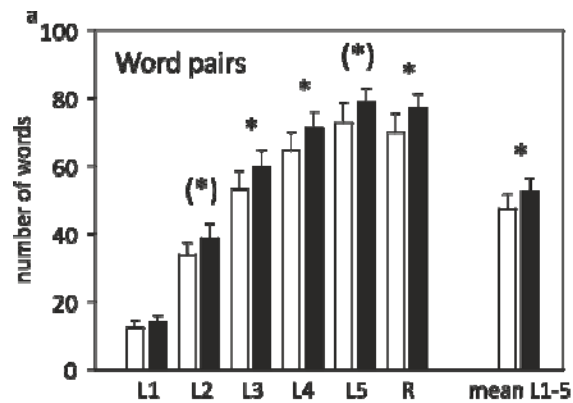
- Konditionierung bei Ratten (Maho & Bloch 1983, 1992, Hennevin et al. 1983)
- Konditionierung beim Menschen unklar (Ikeda & Morotomi 1994, 1996)
- Wortpaar-Lernen beim Menschen funktioniert nicht (Wood et al. 1996)

■ Lernen nach dem Schlaf

- Lernfähigkeit nimmt über die Wachphase hinweg ab (Tononi & Cirelli 2004, 2006)
- Schlaf stellt die Lernfähigkeit wieder her:



- Elektrische Stimulation von Slow Oscillations während Mittagsschlaf
→ verbessert darauffolgende Lernfähigkeit



Verarbeiten

MINOR STUDIES FROM THE PSYCHOLOGICAL LABORATORY OF CORNELL UNIVERSITY

Communicated by E. B. TITCHENER

LXXII. OBLIVISCENCE DURING SLEEP AND WAKING

By JOHN G. JENKINS and KARL M. DALLENBACH

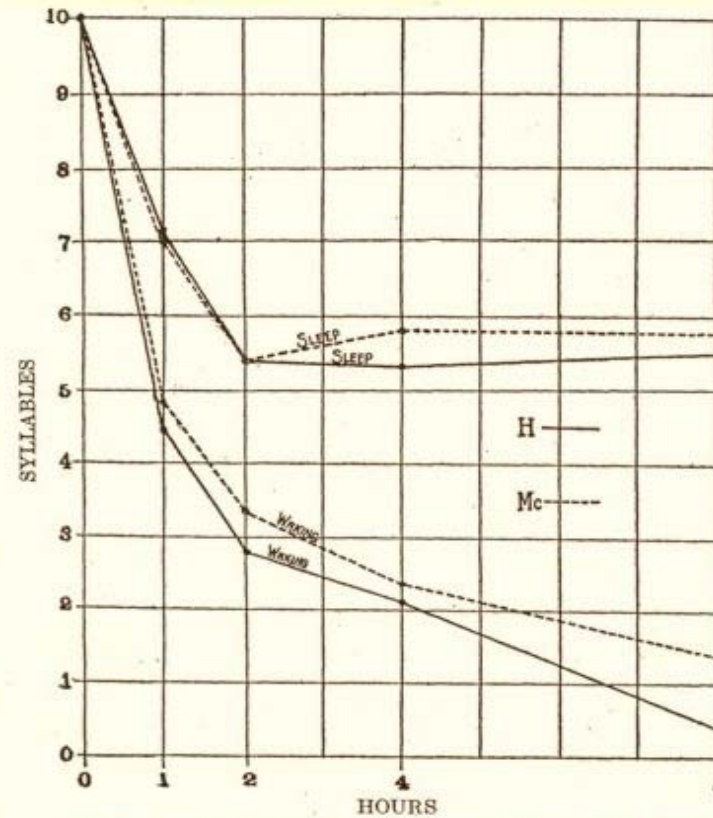
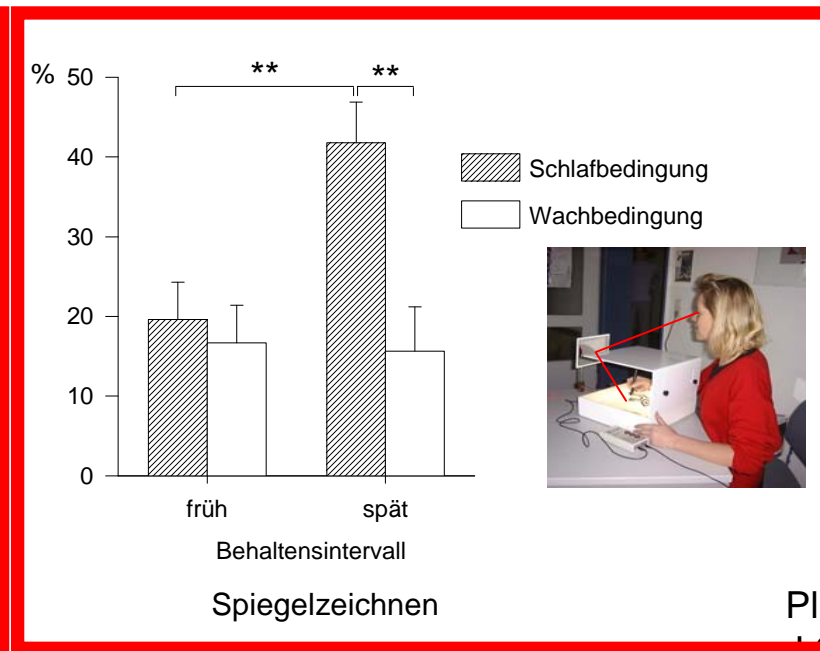
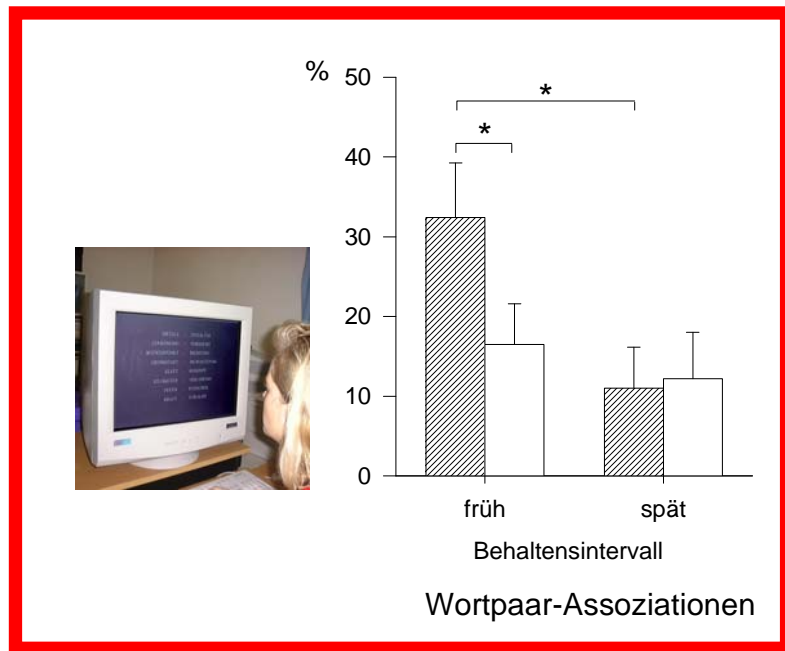
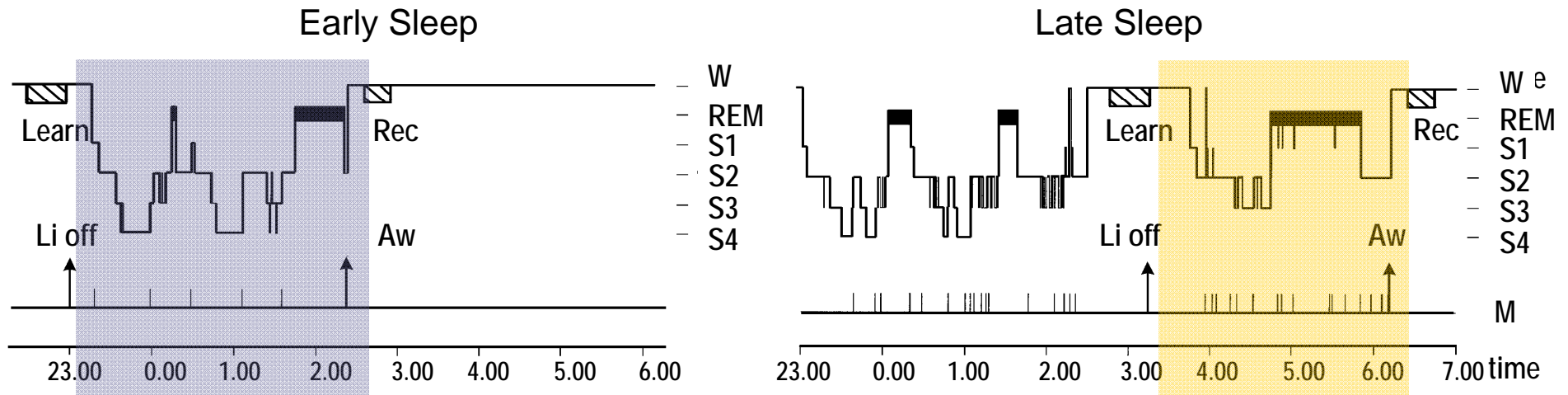


FIG. I. Average Number of Syllables Reproduced by each *O* after the Various Time-Intervals of Sleep and Waking

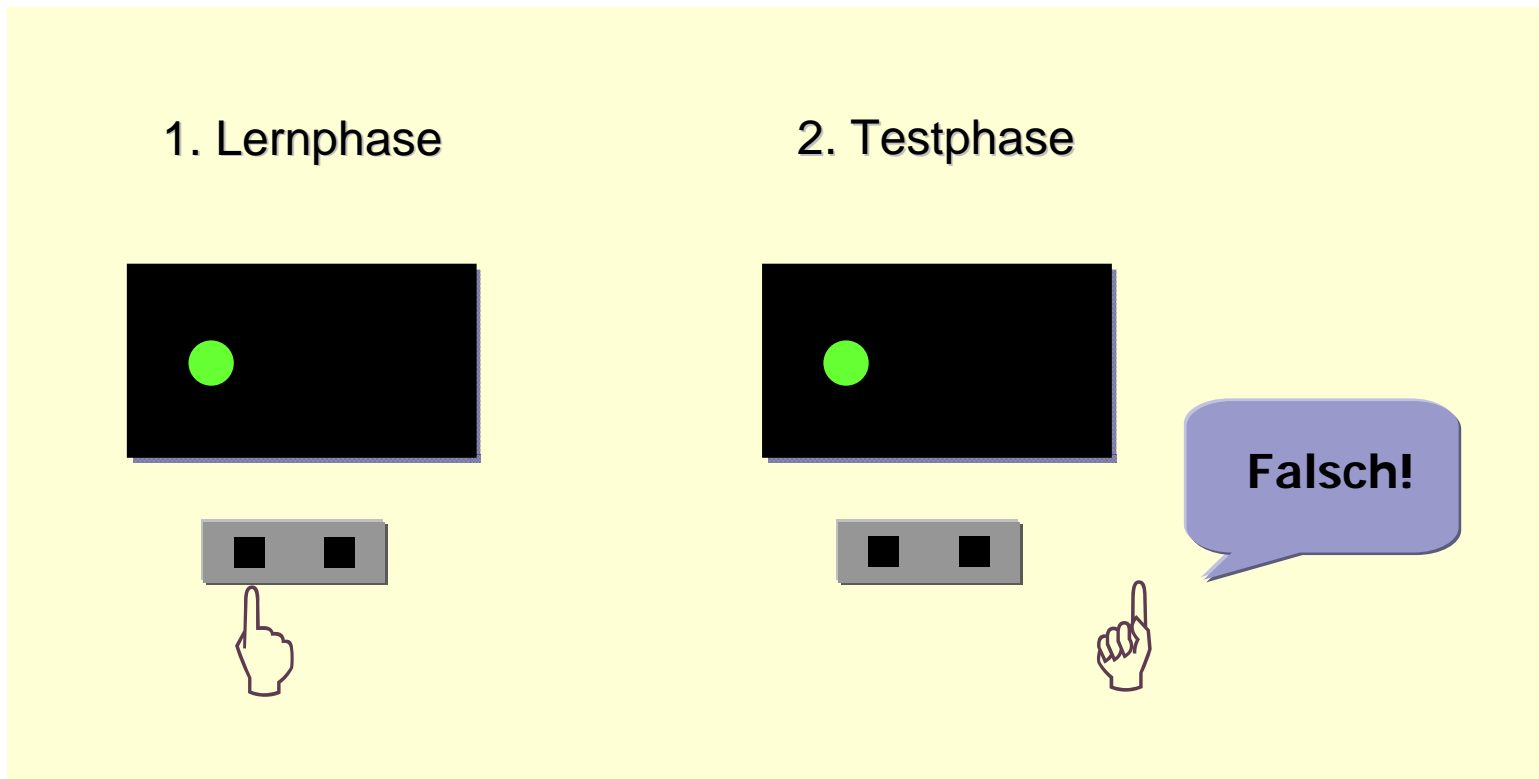
Schlafstadien und Gedächtnissysteme

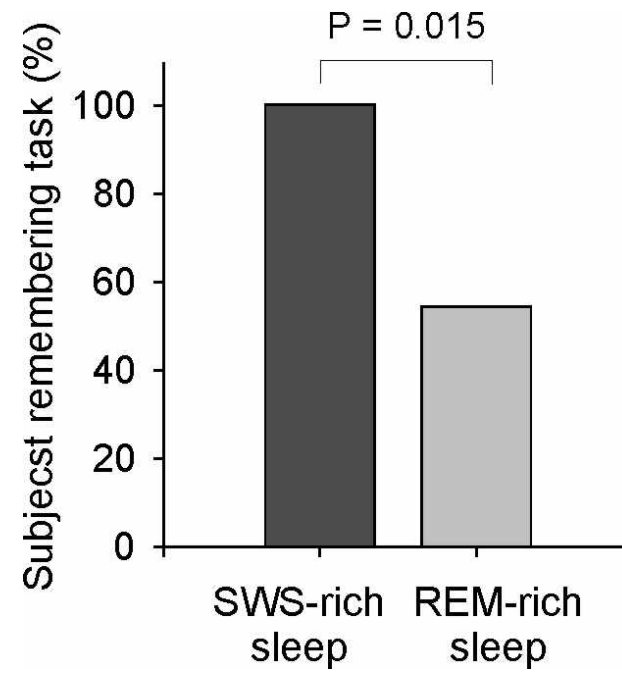
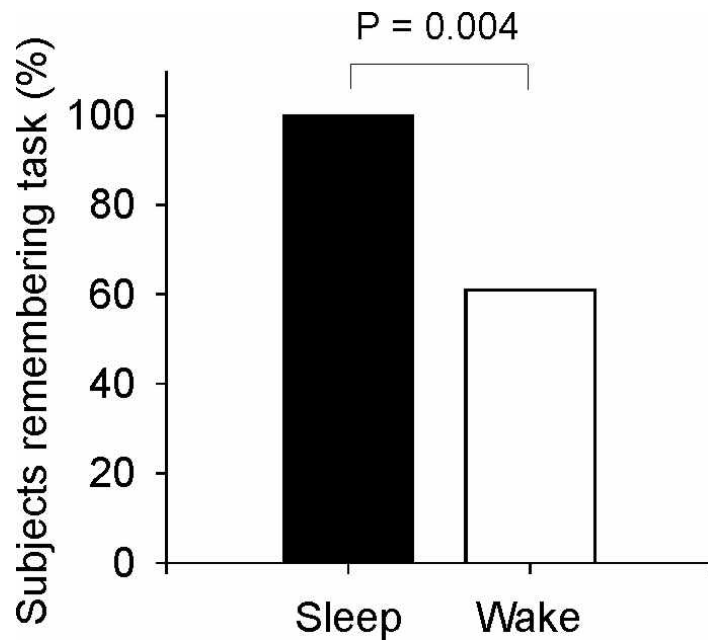
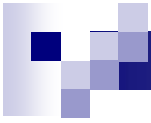


Plinal & Born 1997,
J Cogn Neurosci

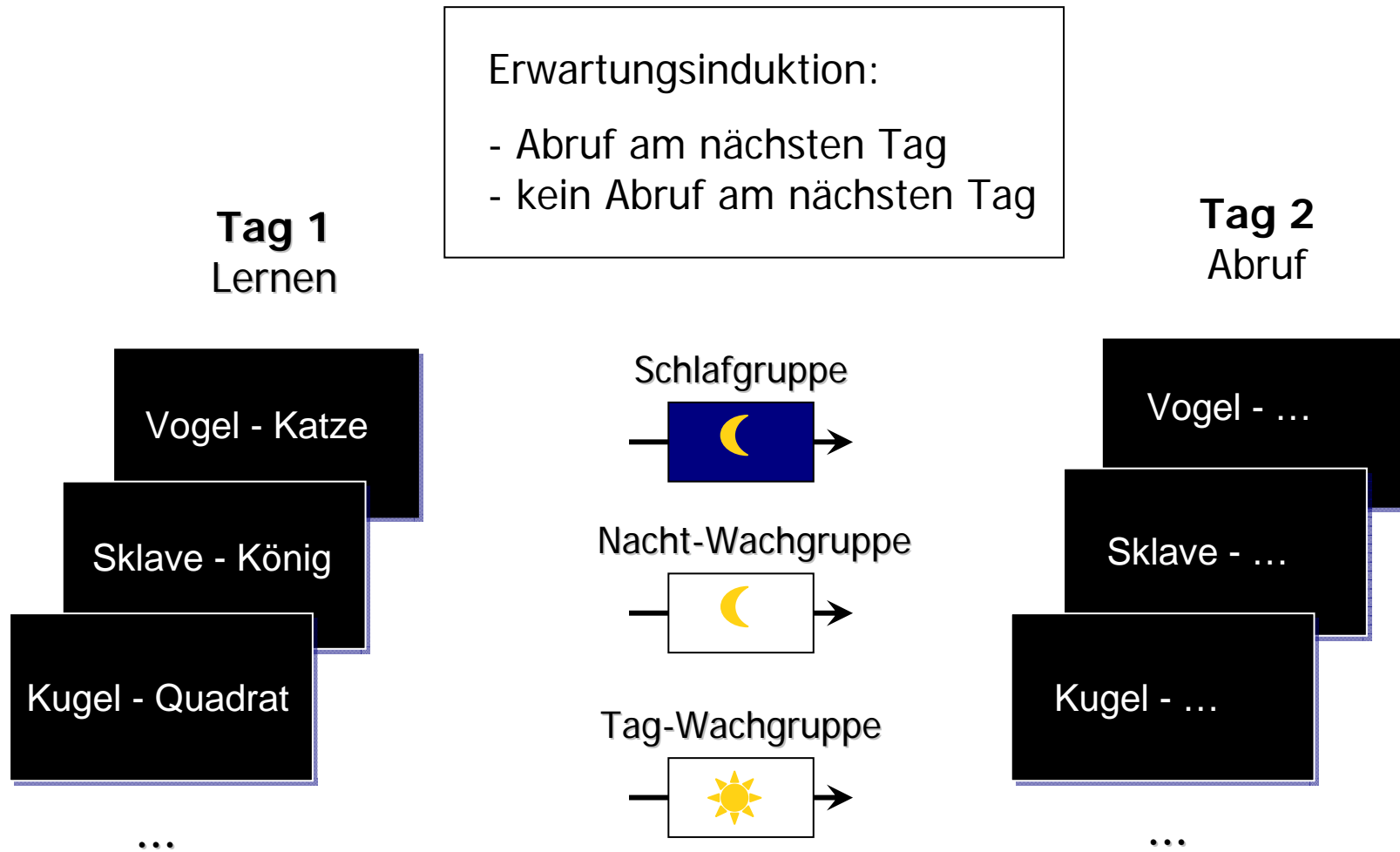
■ Schlaf und prospektives Gedächtnis

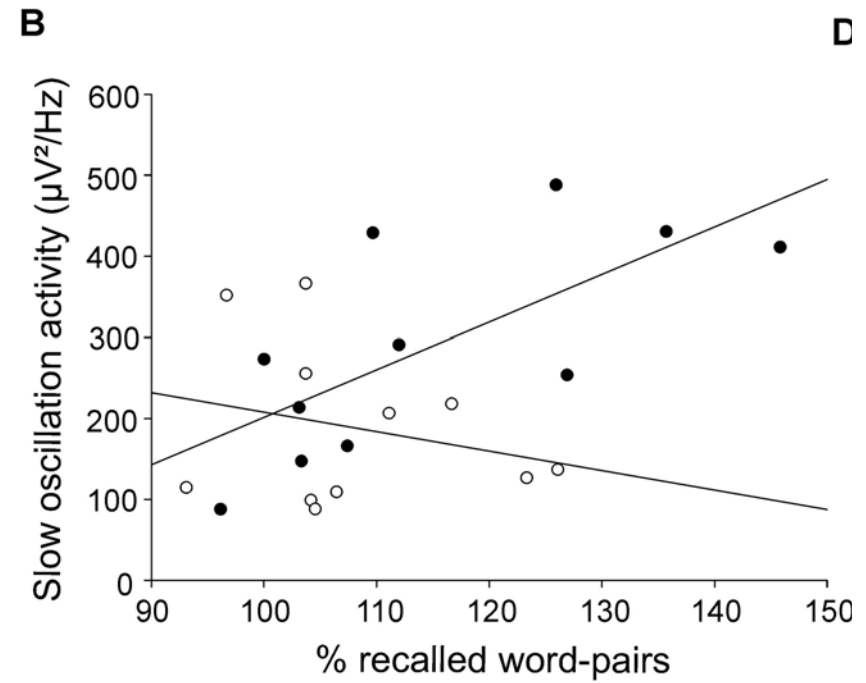
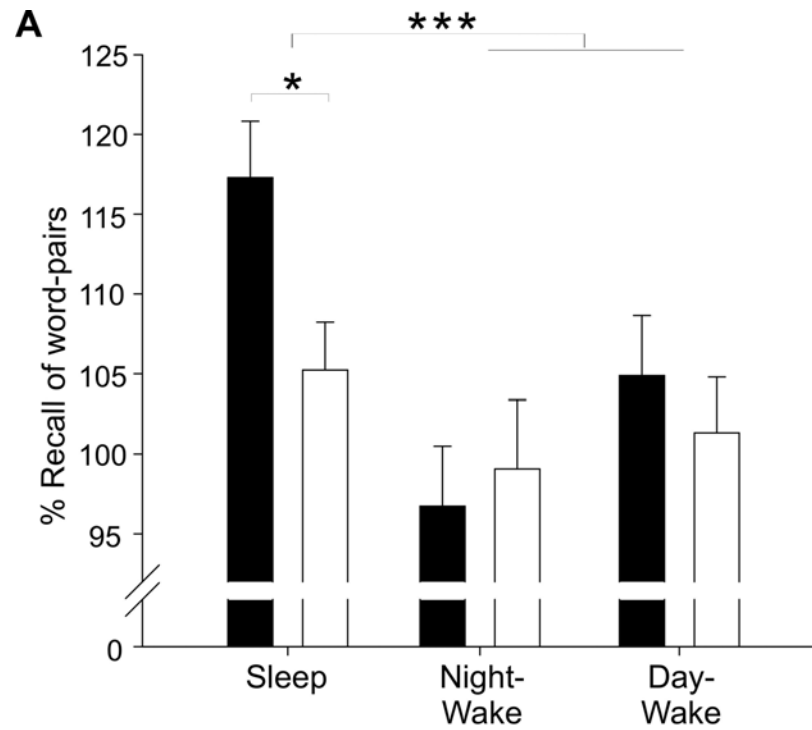
- Prospektives Gedächtnis =
Gedächtnis für Dinge die in Zukunft erledigt werden sollen





■ Wie moduliert Erwartung den Schlafeffekt?



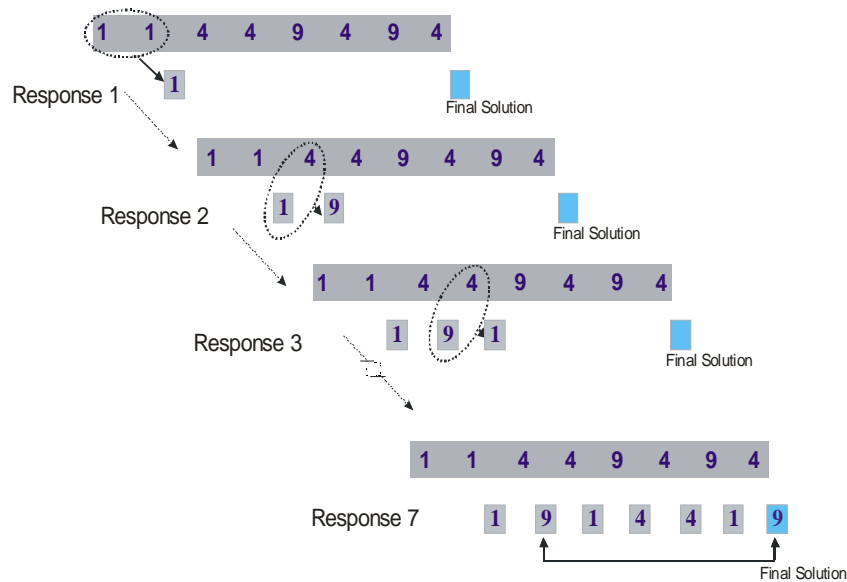


→ Schlaf verstärkt selektiv solche Inhalte, die für zukünftige Handlungen relevant sind

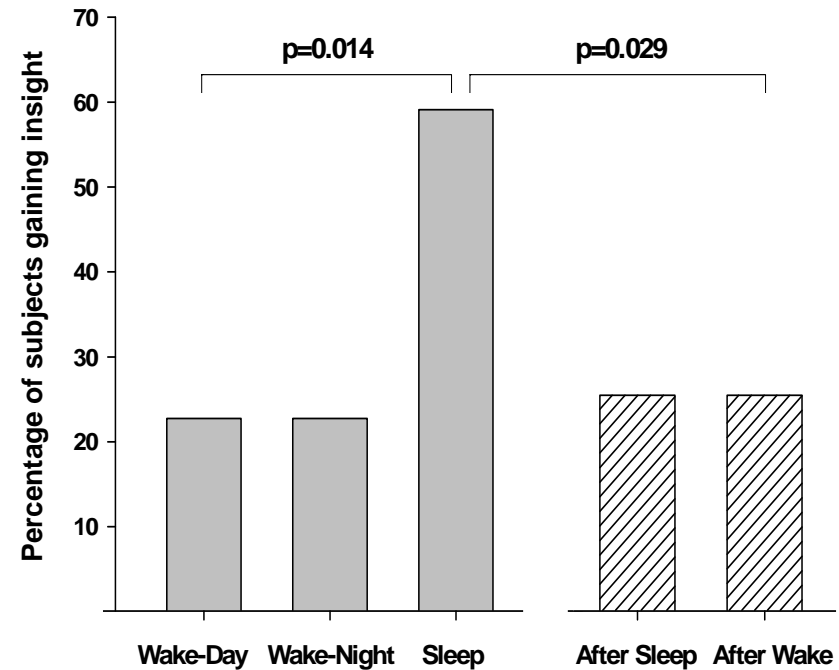
Aktive Reorganisation von Gedächtnis im Schlaf

- Einsichtgewinnung im Schlaf

Number Reduction Task

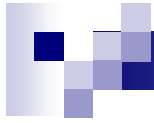


Einsichtgewinnung

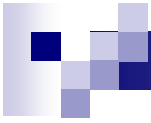


- 
- Entstehung von generalisiertem Wissen und falschen Erinnerungen

→ EXPERIMENT



Prägen Sie sich die folgenden Wörter bitte gut ein:



Zählen Sie jetzt bitte in 7er-Schritten rückwärts von:

683



Waren folgende Wörter in der zuvor präsentierten
Liste dabei?

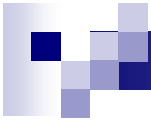
sauer

Geschmack

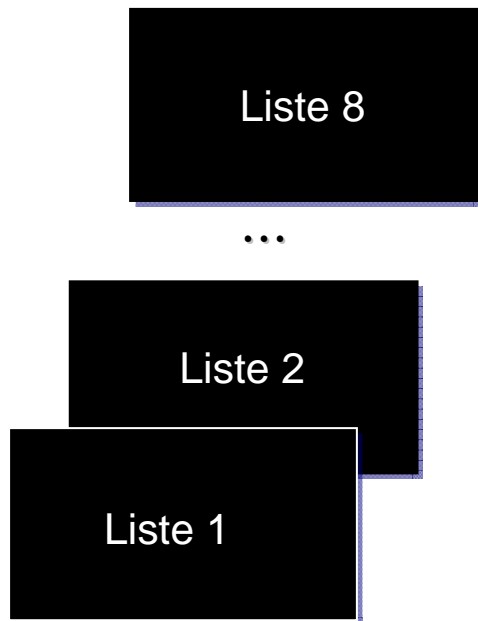
kostbar

Limonade

süß



Tag 1 Lernen



Schlafgruppe



Nacht-Wachgruppe

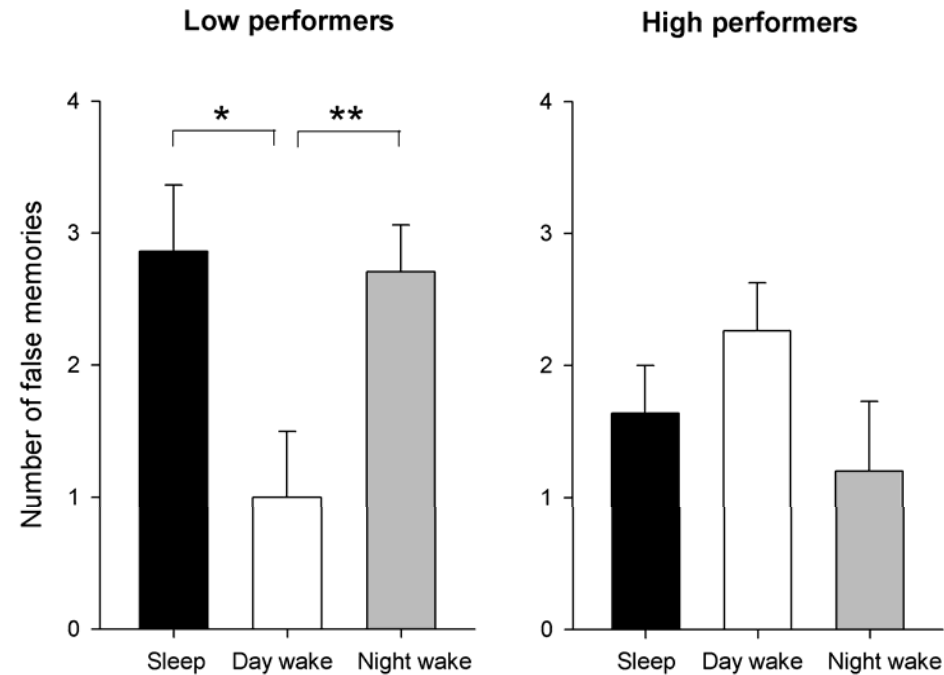
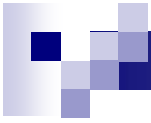


Tag-Wachgruppe



Tag 2 Abruf

Nennen Sie alle
Wörter, an die Sie
sich erinnern.

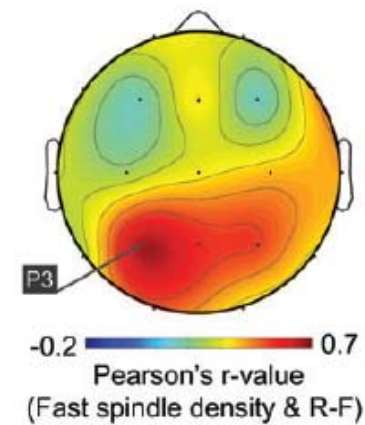
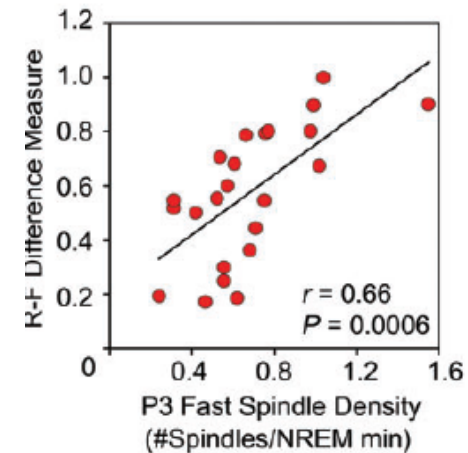
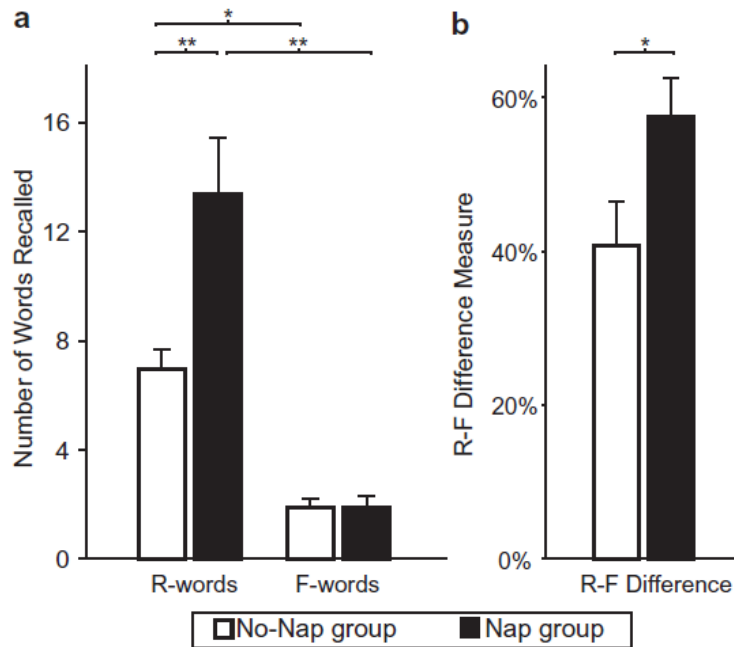


→ Schlaf fördert die Entstehung von neuem generalisiertem Wissen und z.T. sogar die Entstehung von falschen Erinnerungen

Vergessen

■ Directed Forgetting

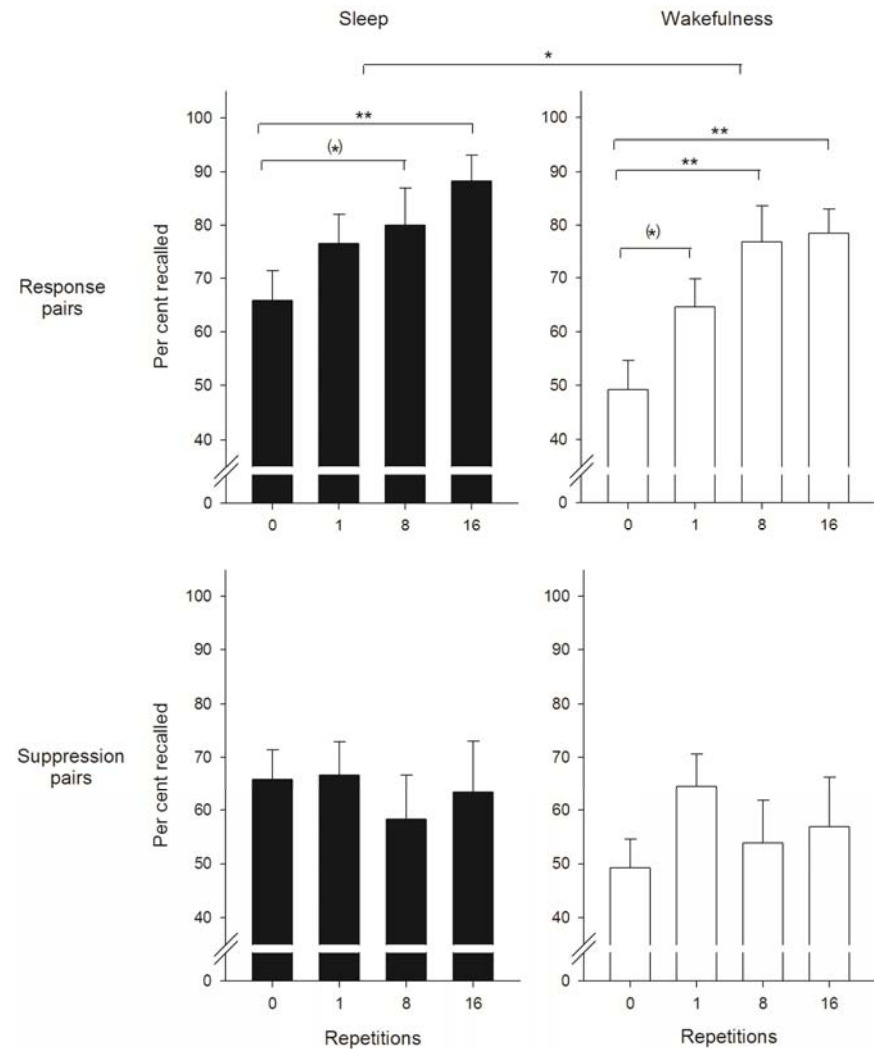
- Lernen von 100 Wörtern
- Nach jedem Wort Instruktion:
R = Remember oder **F** = Forget

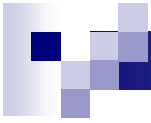


■ Think/No-Think Paradigma

- Lernen von 40 Wortpaaren
- Präsentation des 1. Wortes mit Instruktion für 2. Wort:
Response oder **Suppression**
- 0, 1, 8 oder 16 Wiederholungen

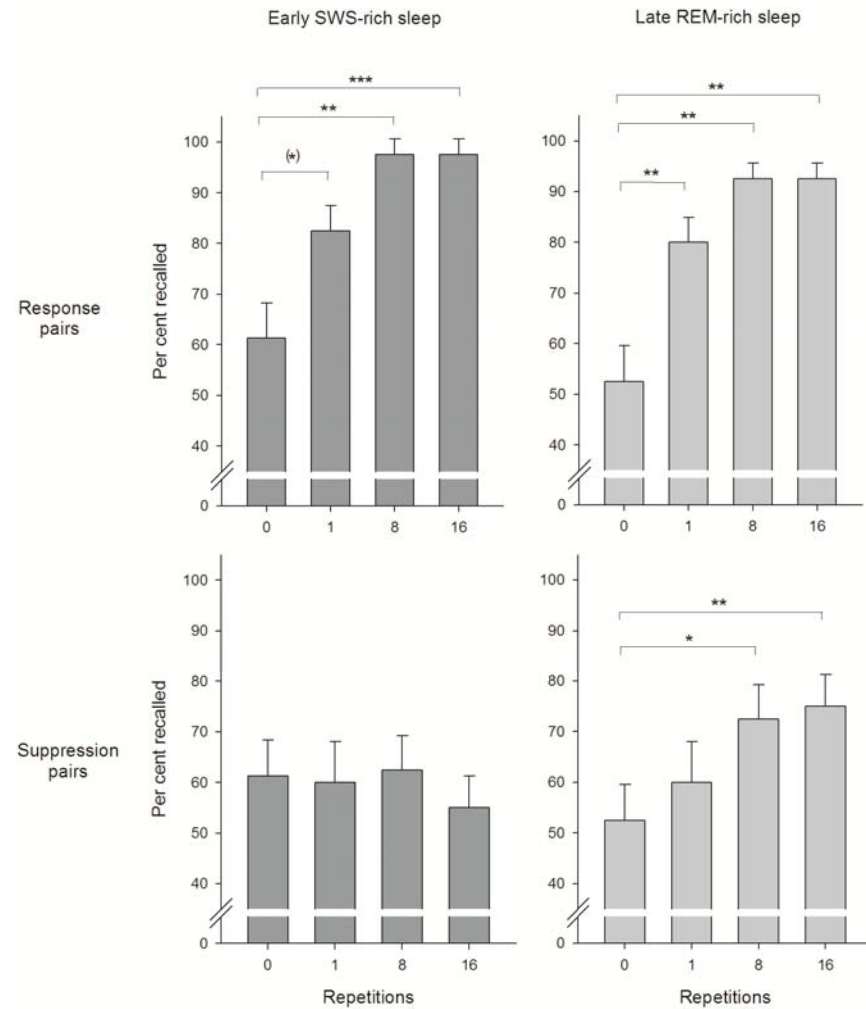
→ Experiment 1: Schlaf vs. Wach





- Experiment 2:
 1. Nachthälfte (Tiefschlaf) vs.
 2. Nachthälfte (REM Schlaf)

- REM Schlaf verhindert das Vergessen von unerwünschten Inhalten



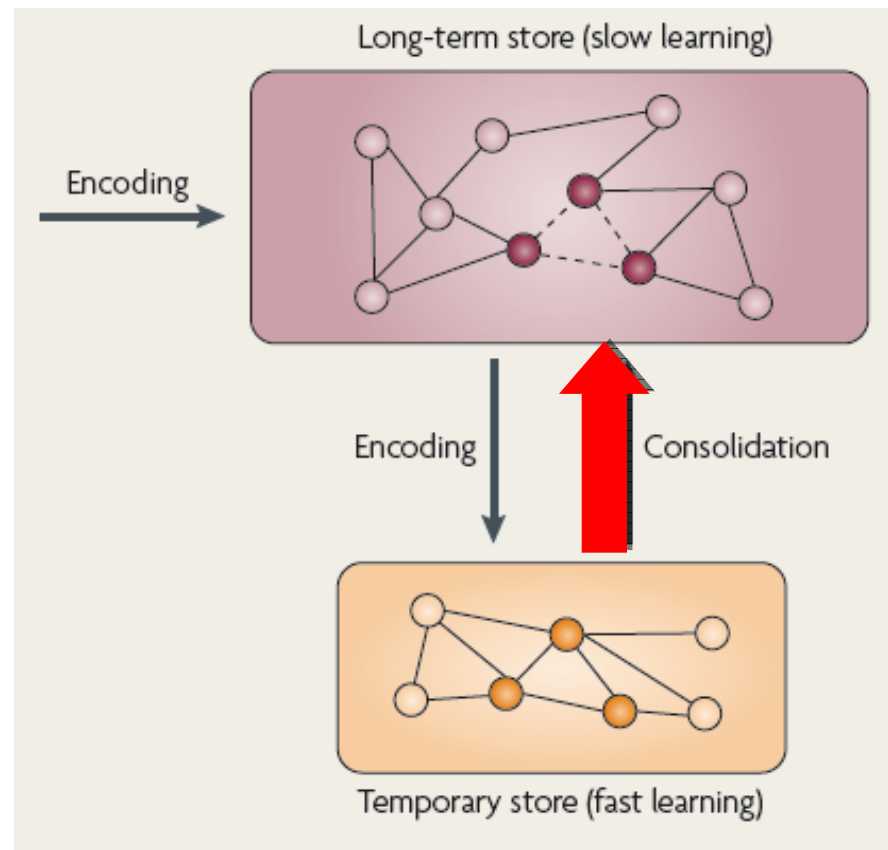


Zwischenfazit

- Lernen
 - Lernen im Schlaf unklar
 - Schlaf fördert Lernfähigkeit nach dem Schlaf
- Verarbeiten
 - Tiefschlaf fördert vornehmlich deklaratives Gedächtnis, REM Schlaf fördert vor allem prozedurales Gedächtnis
 - Selektiver Vorteil zukünftig relevanter Inhalte
 - Entstehung von Einsicht und Problemlösungen
 - Extrahieren von generalisiertem Wissen und Entstehung von falschen Erinnerungen
- Vergessen
 - Schlaf fördert nicht das Vergessen
 - REM Schlaf verhindert eher das Vergessen

→ Mechanismen des Effekts von Schlaf auf Gedächtnisverarbeitung

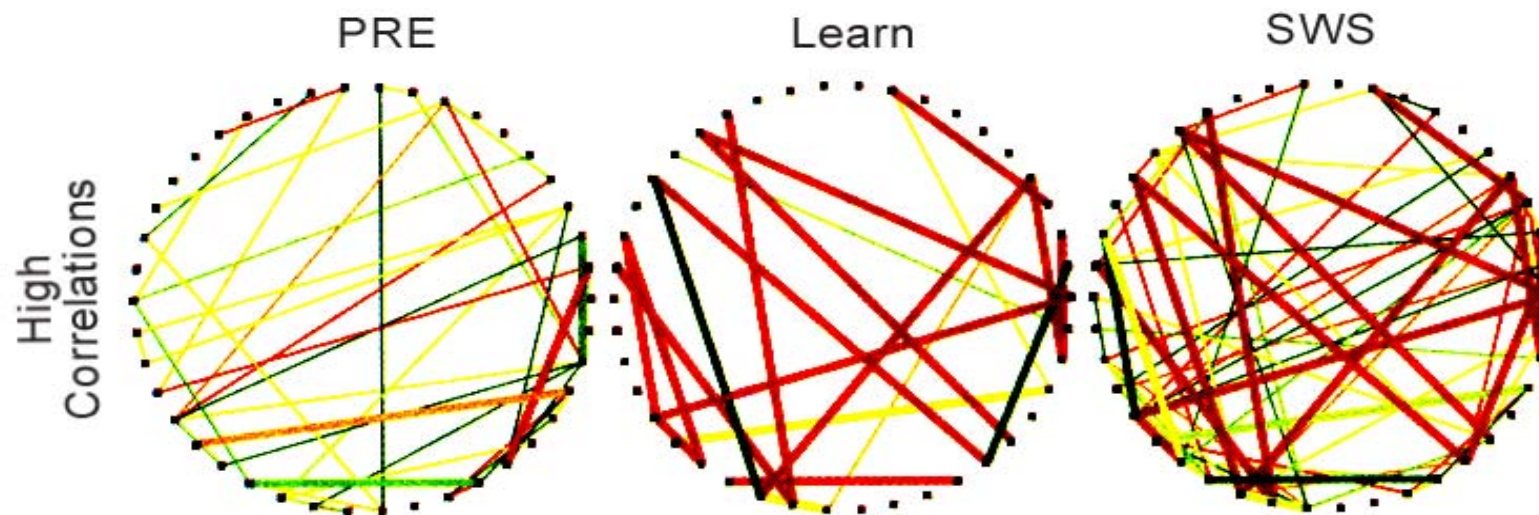
2 Stufen der Gedächtniskonsolidierung



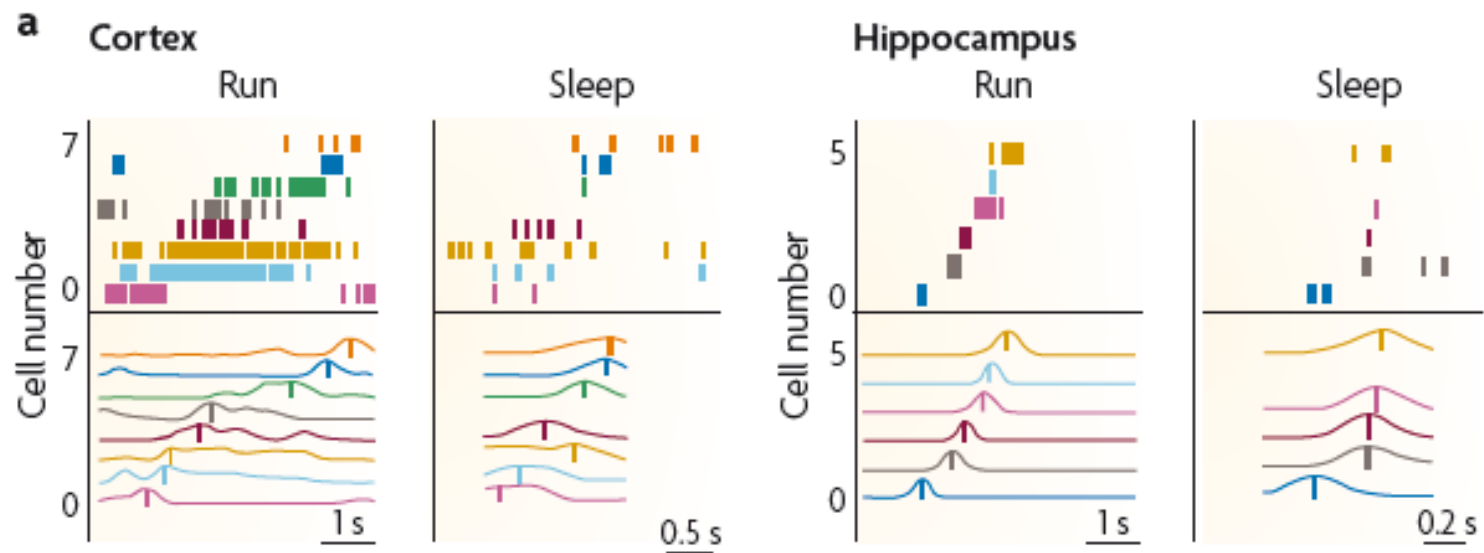
SCHLAF

Gedächtnisreaktivierung und -transfer

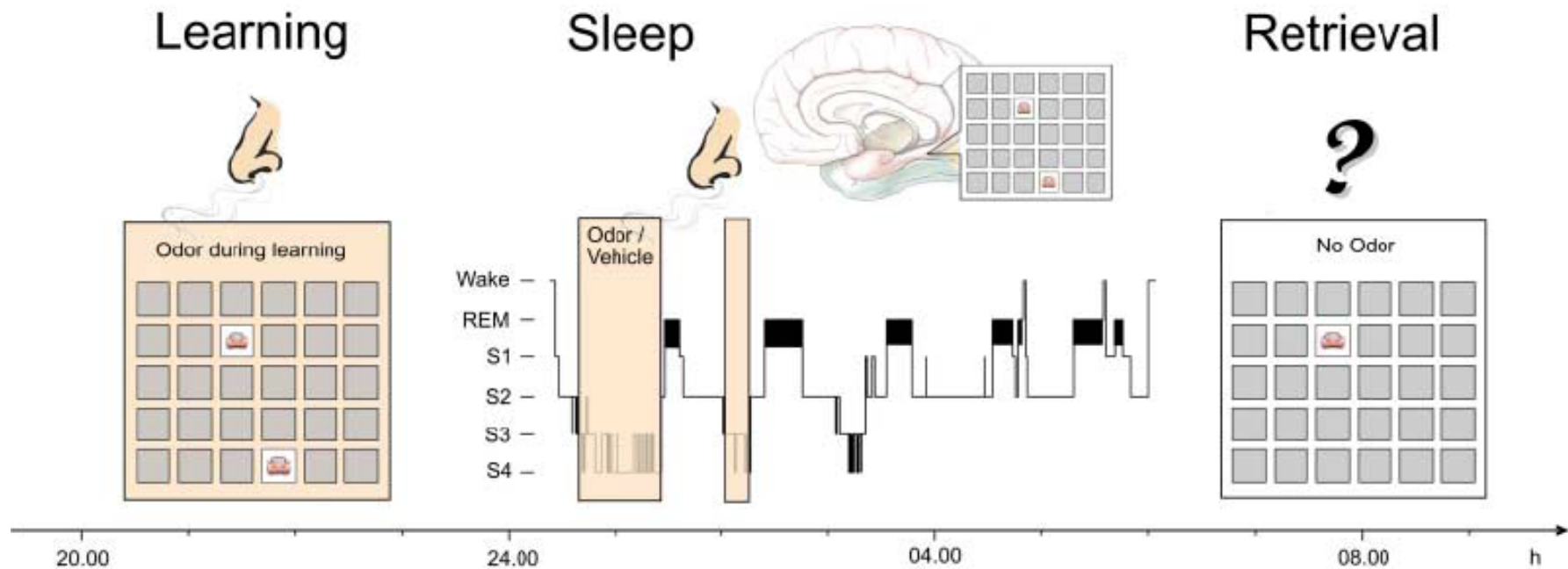
- Reaktivierung neuronaler Aktivität des Lernens im Schlaf

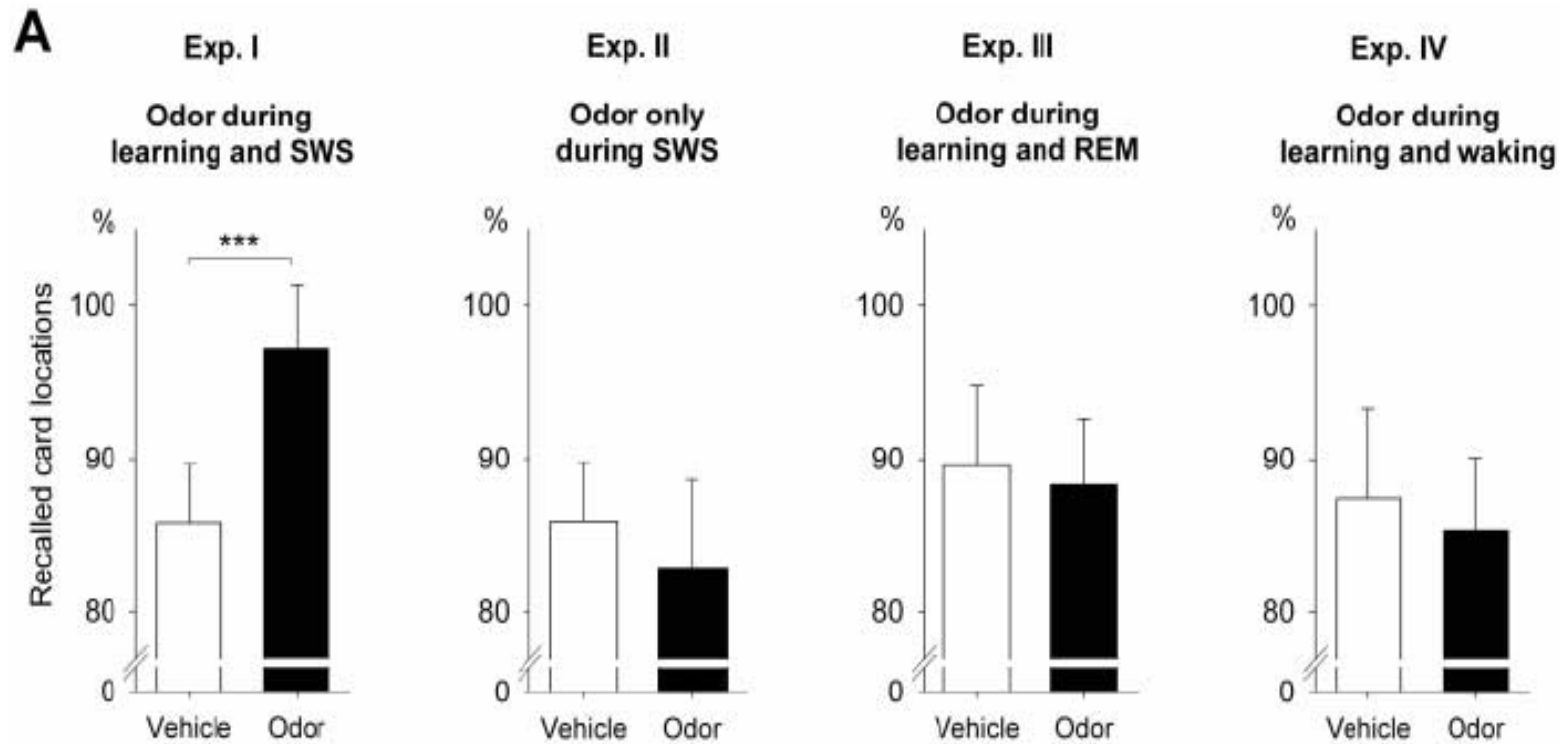


- Koordinierte Reaktivierung im Hippocampus und Cortex



- Reaktivierung von Gedächtnisinhalten im Schlaf beim Menschen



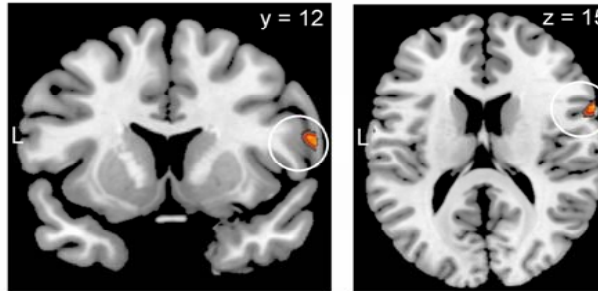


→ Reaktivierung im Schlaf verbessert die Gedächtniskonsolidierung

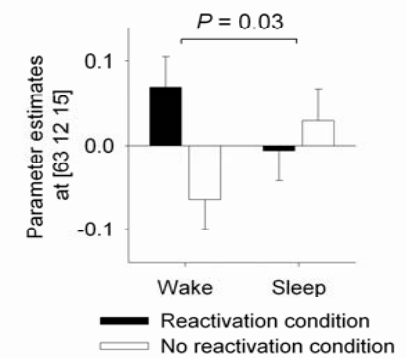
Lateral prefrontal cortex

Wake

a



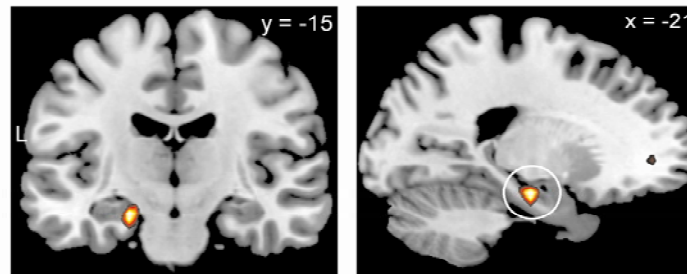
d



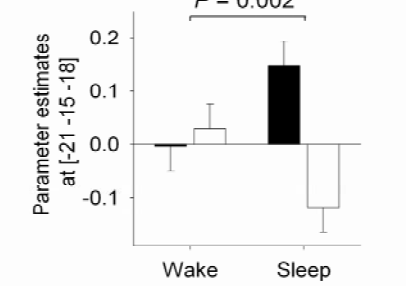
Hippocampus

Sleep

b

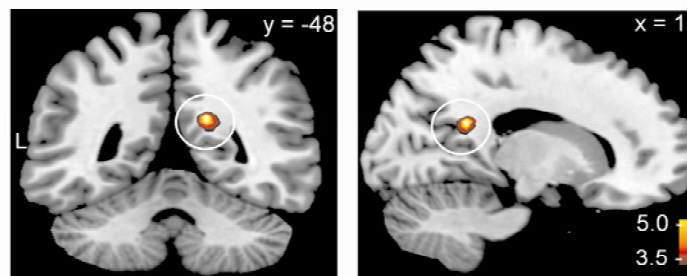


e

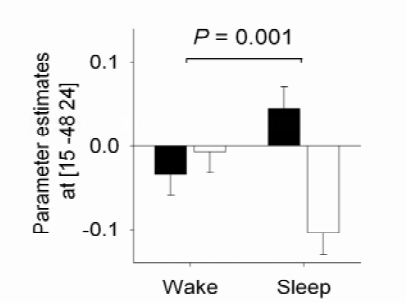


Retrosplenial cortex

c

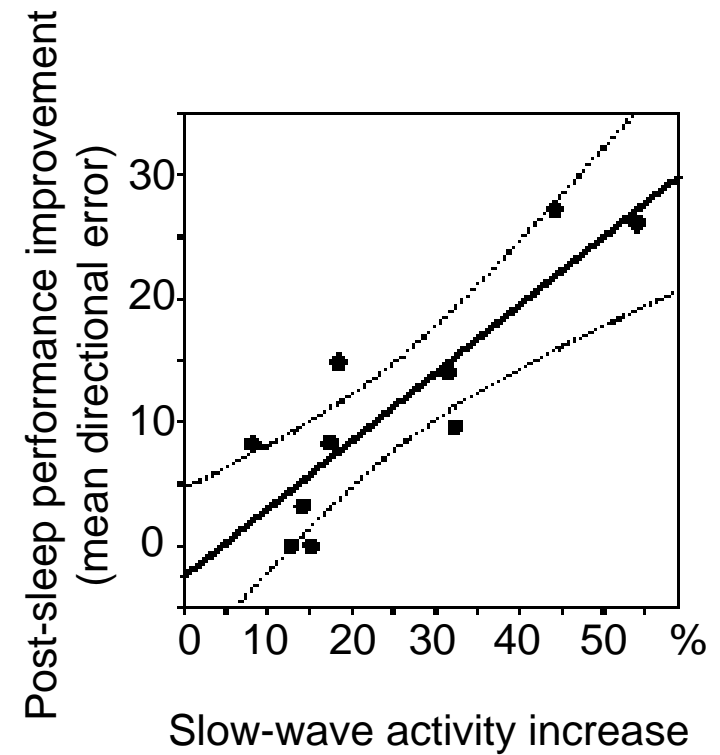
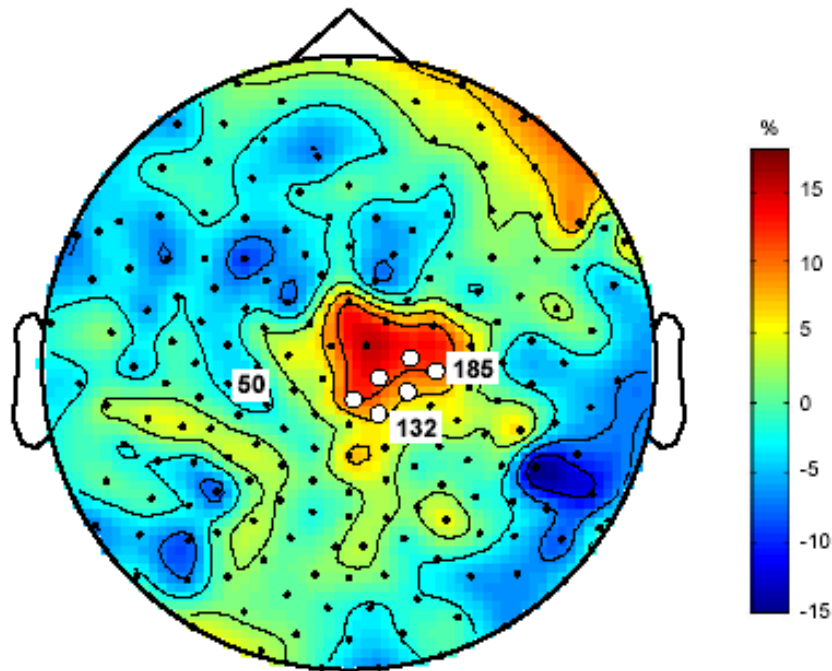


f

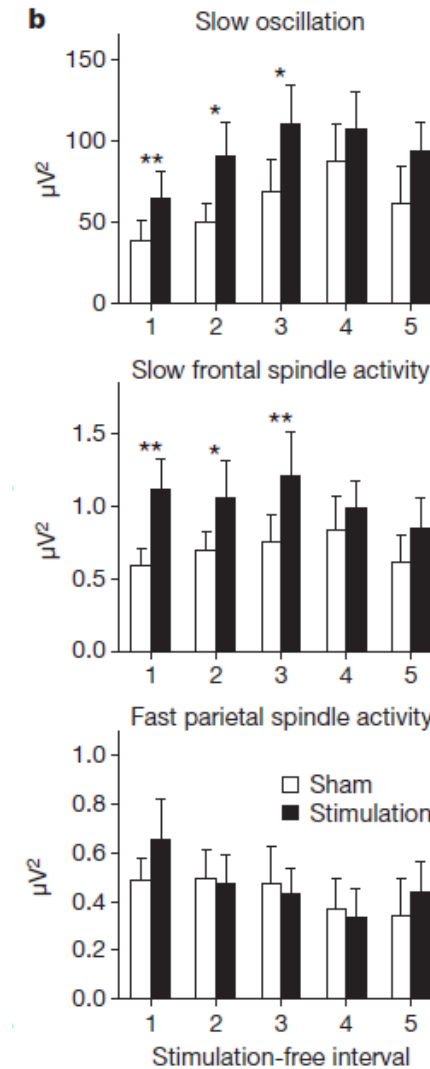
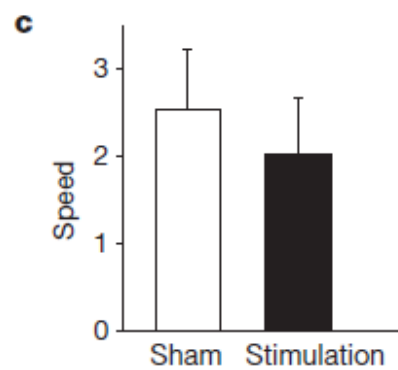
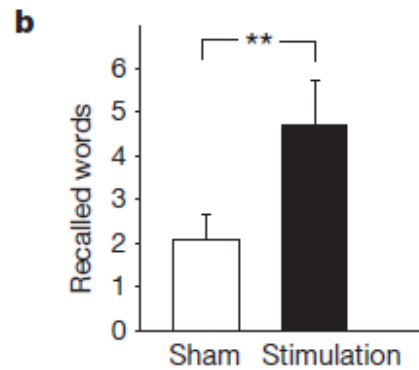
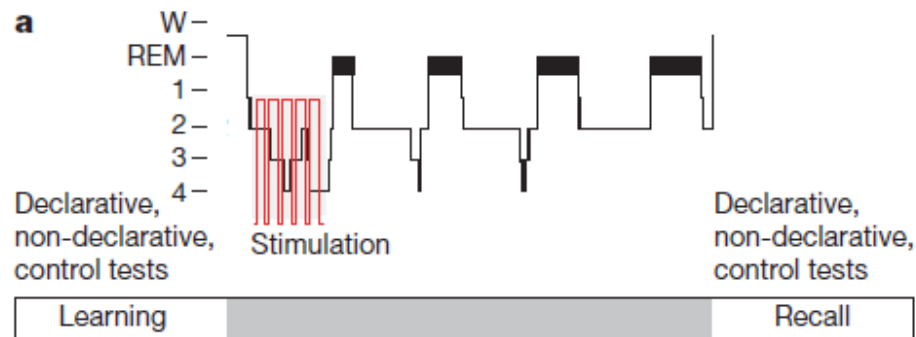


Neurophysiologische Korrelate

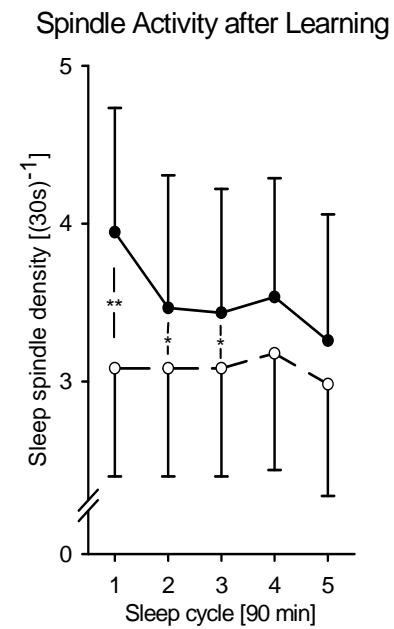
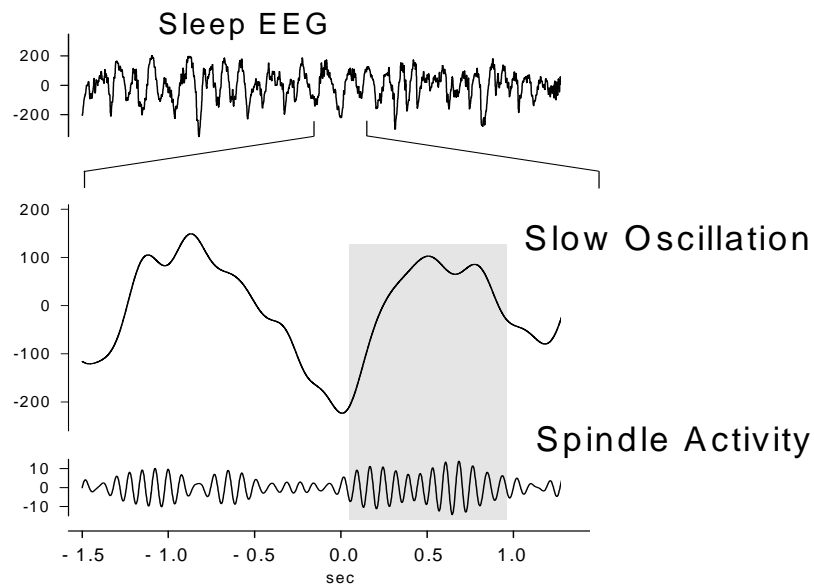
- Slow Oscillation Aktivität nach motor rotation adaptation



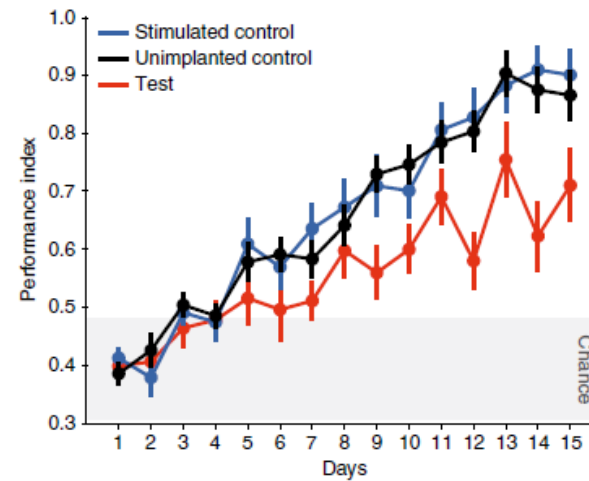
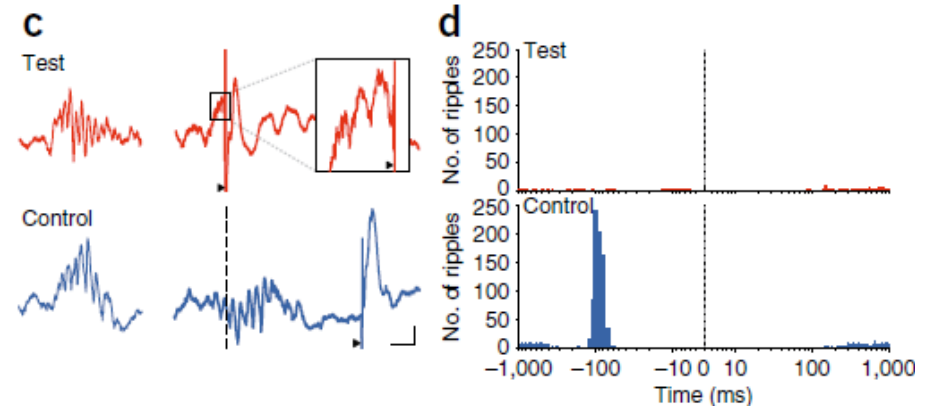
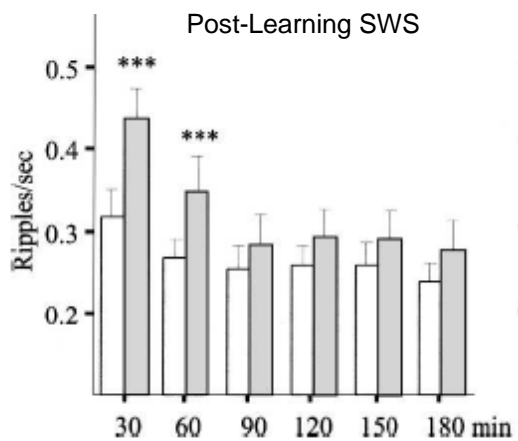
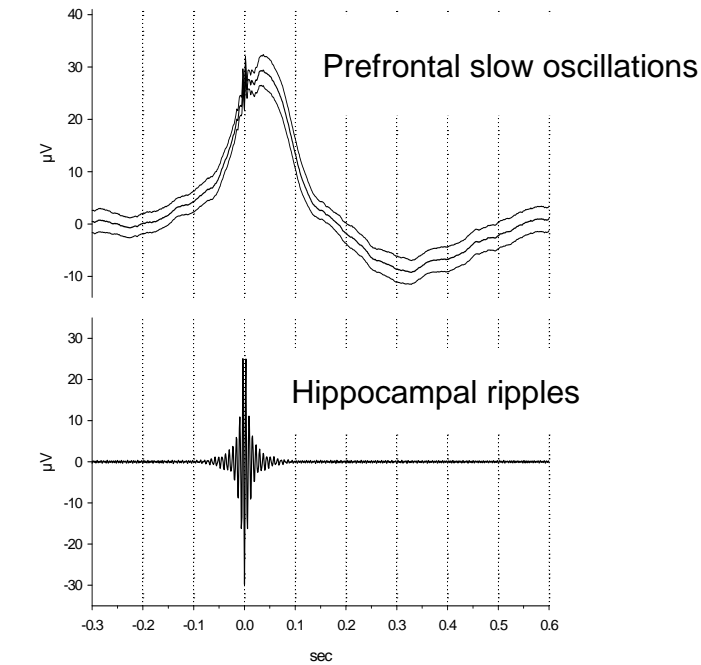
- Elektrische Stimulation von Slow Oscillations verbessert Gedächtnis



■ Spindelaktivität und Gedächtnis im Schlaf

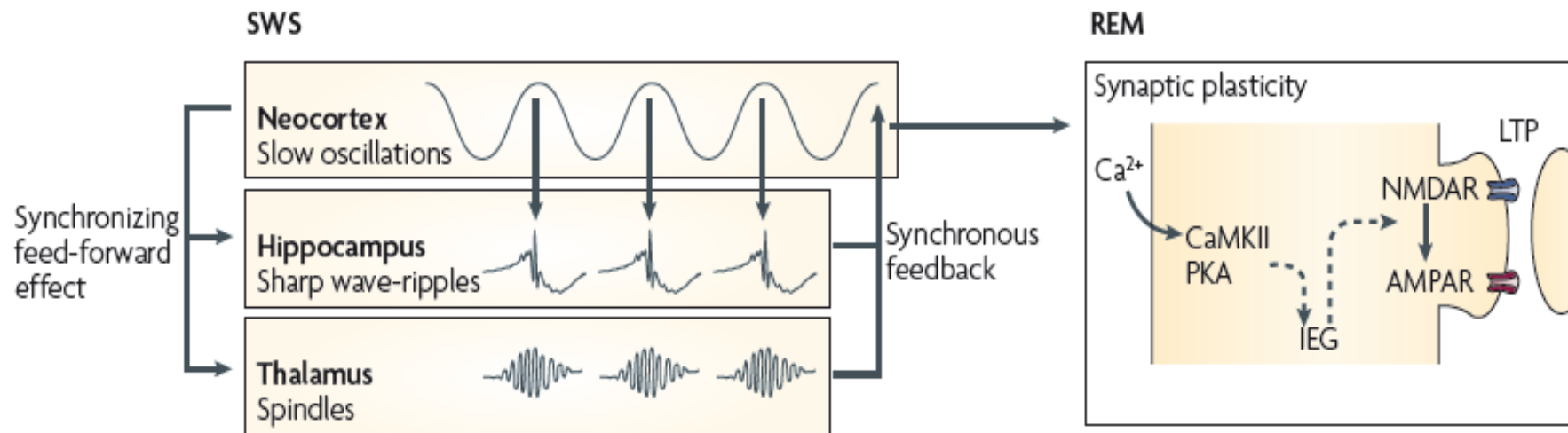


■ Hippocampale sharp wave-ripples



Mölle et al 2006, J Neurophysiol; Girardeau et al 2009, Nat Neurosci; Eschenko et al 2008, Learn Mem

- Modell der systemischen und synaptischen Gedächtniskonsolidierung im Schlaf





Zusammenfassung

Schlaf fördert:

- Lernen
- Verarbeiten
- Vergessen



Mechanismen:

- Reaktivierung neuronaler Aktivität im Schlaf
- Transfer von Gedächtnisinhalten vom Kurzzeit- in den Langzeitspeicher
- Elektrophysiologische Korrelate von Reaktivierung
 - Slow Oscillations, Spindeln und Sharp wave-ripples

Herzlichen Dank an...

Jan Born

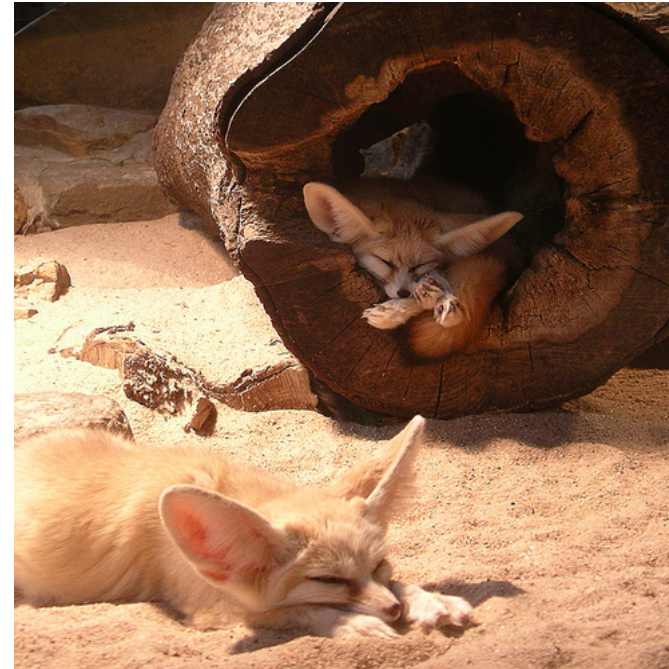
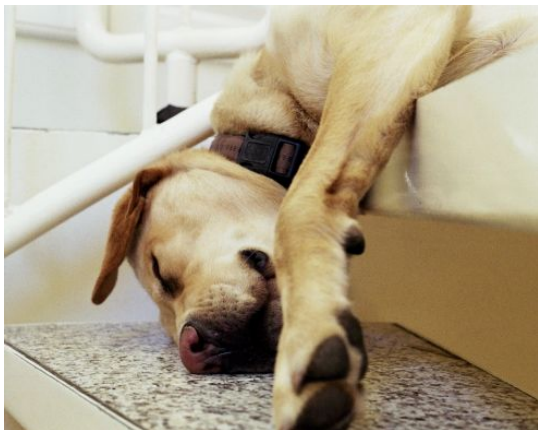
Björn Rasch

Ullrich Wagner

Ines Wilhelm

Lisa Marshall

... Institut für Neuroendokrinologie,
Universität zu Lübeck



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!