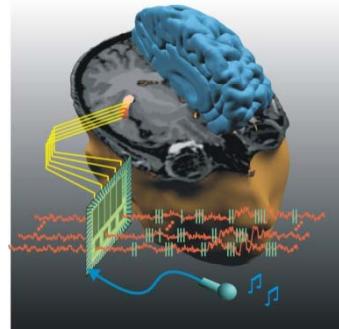


Neurobiologie des Kategorienlernens und der Konzeptbildung



Frank W. Ohl

Abteilung: Systemphysiologie des Lernens
Leibniz-Institut für Neurobiologie, Magdeburg



Vorlesungsreihe "Neurowissenschaften in der gymnasialen Oberstufe",
Leibniz-Institut für Neurobiologie, 2014-01-29

Gliederung

1. Der klassische neurowissenschaftliche Ansatz:

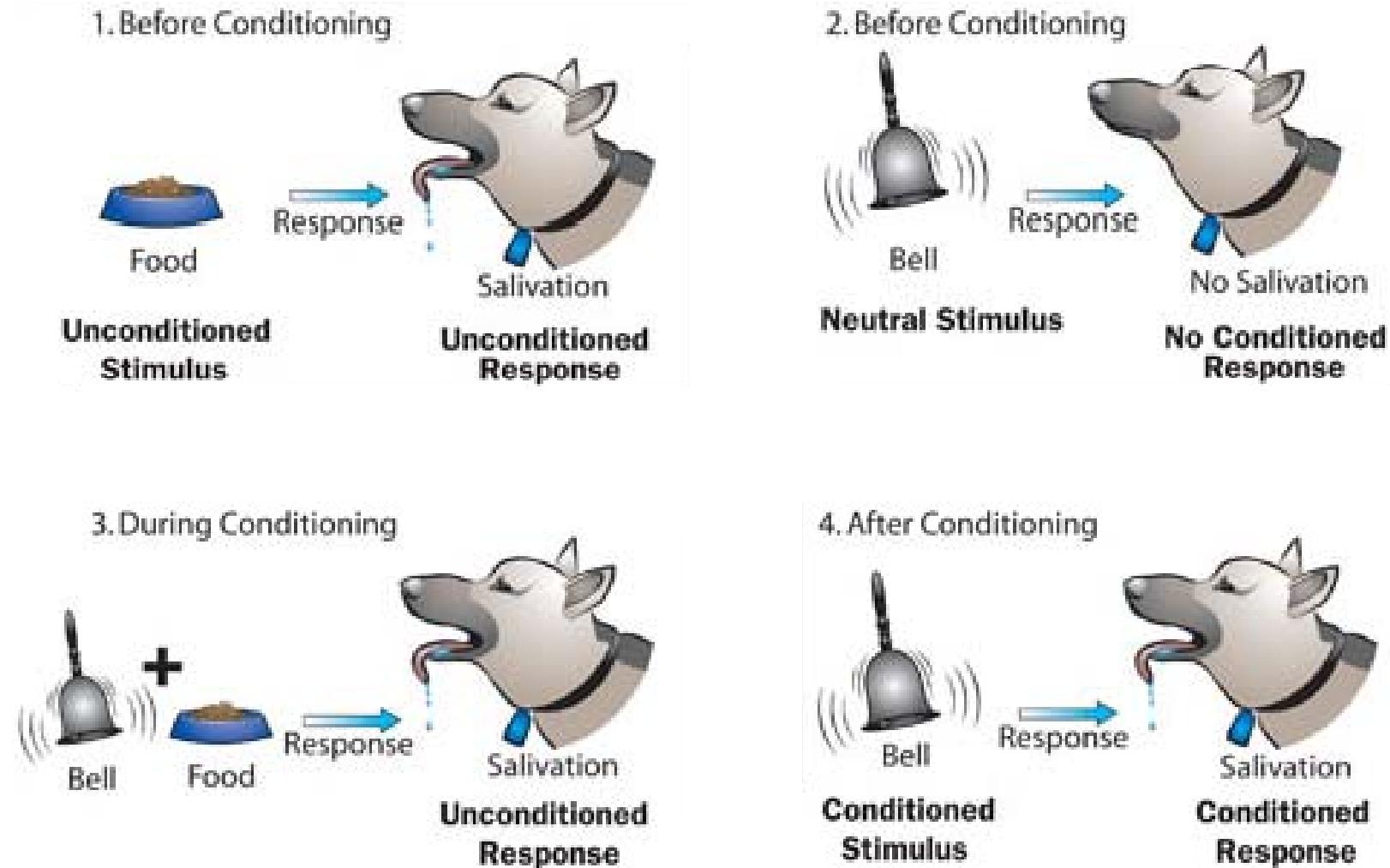
Lernen als Assoziations-Bildung

2. Moderne kognitionswissenschaftliche Ansätze:

Beispiel Kategorienlernen und Konzeptbildung

1. Der klassische neurowissenschaftliche Ansatz: Lernen als Assoziations-Bildung

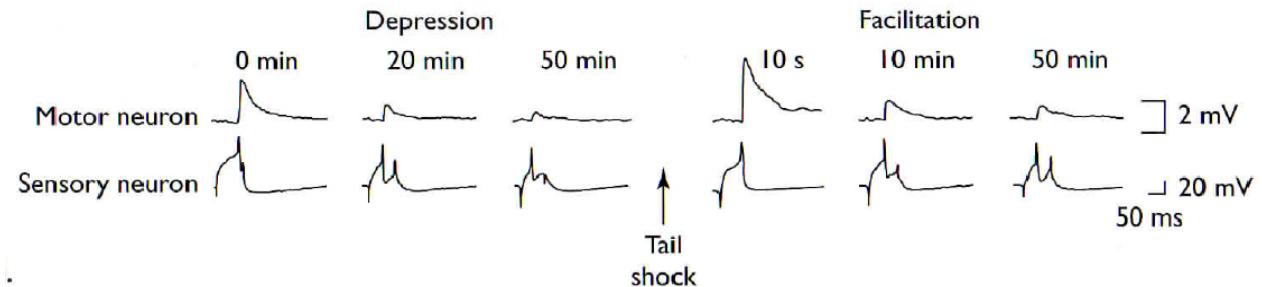
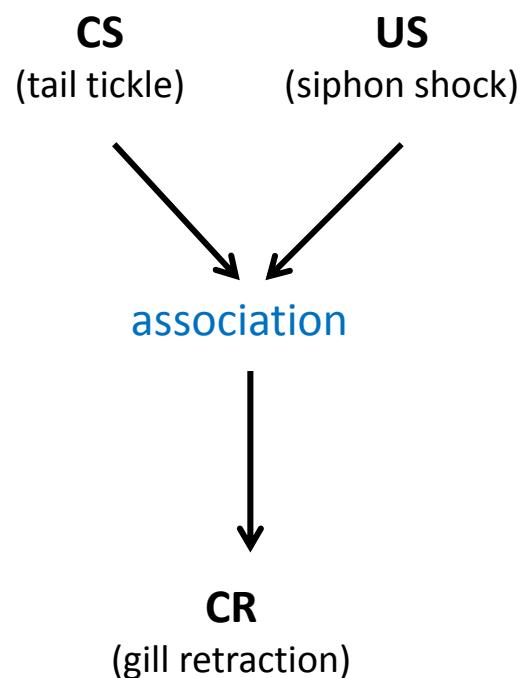
Die Ton-Konditionierung des Speichelfluss-Reflexes ist das klassische Beispiel der Pawlow'sche Konditionierung



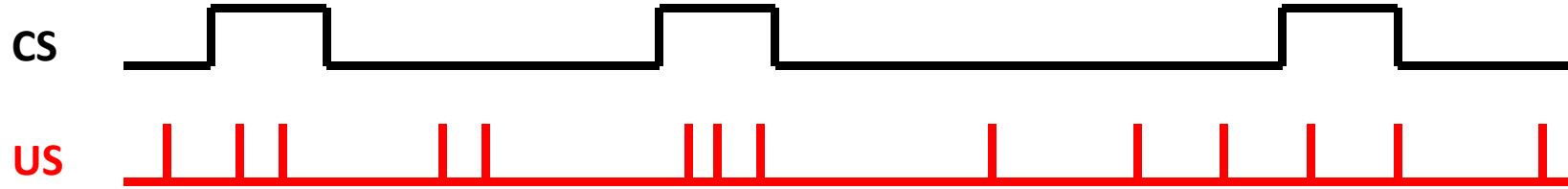
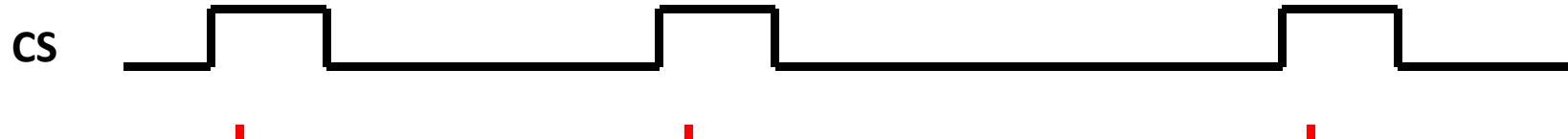
Neuronale Mechanismen der klassischen Konditionierung werden oft an sehr einfachen Nervensystemen untersucht



Eric Kandel
Nobelpreis
2000



Kontiguität (raum-zeitliches Zusammentreffen) ist keine hinreichende Bedingung für das Auftreten von Konditionierung.



Assoziatives Lernen durch Konditionierung erfolgt nur, wenn der CS **prädiktiv** für das Auftreten des US ist.

Der **Blocking-Effekt** verdeutlicht eine weitere wichtige Randbedingung für das Auftreten von Lernen durch Konditionierung

The Blocking Paradigm

Group	Phase 1	Phase 2	Phase 3 (test)
Control group	Rat sits in chamber; no training	Tone CS combined with light CS —shock US	Tone CS → medium CR Light CS → medium CR
Experimental "pre-trained" group	Light CS —shock US	Tone CS combined with light CS —shock US	Tone CS → little or no CR <i>(learning is "blocked")</i> Light CS → big CR

Auch ein prädiktiver CS wird nicht mit seiner Bedeutung assoziiert, wenn er in einem bestehenden Lernkontext **redundant** ist.

Blocking beim Menschen: Warum relevante Informationen nicht gelernt werden

The Bower-Trabasso study

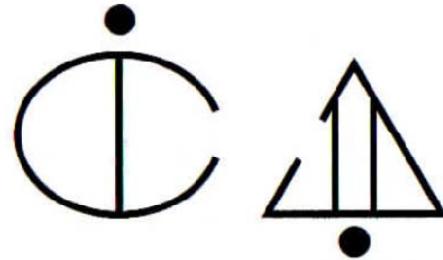
- color
- shape
- number of internal lines
- position of a dot
- position of a gap

(a) Phase 1 training



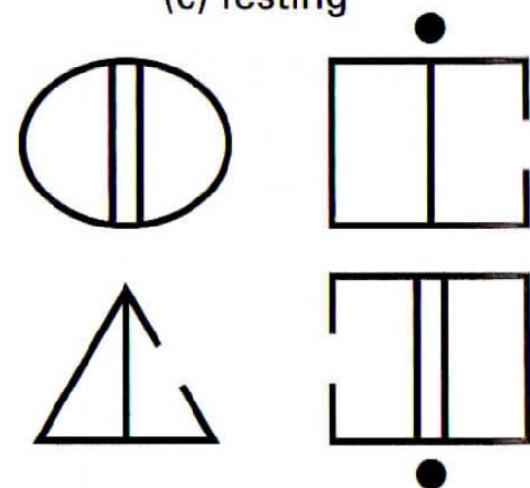
training of
"round" vs. "polyeder"
categorization

(b) Phase 2 training



introduction of
redundant cue
"dot position"

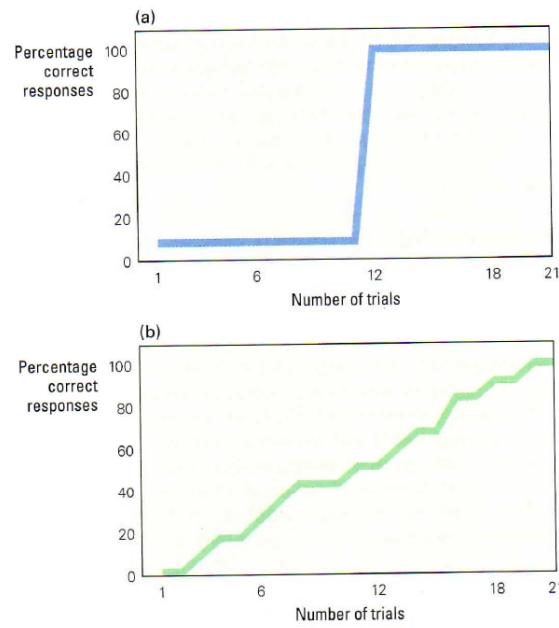
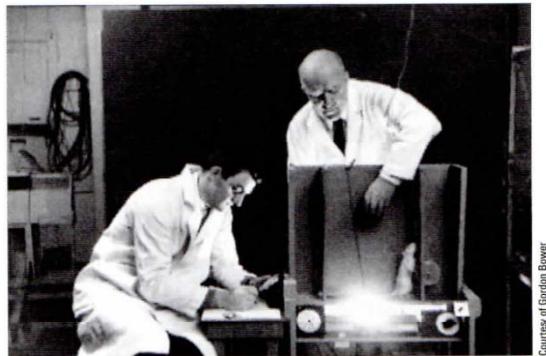
(c) Testing



demonstration
of
blocking

Die Psychologie (nicht jedoch die Neurowissenschaften) haben ihre "kognitive Revolution" bereits vollzogen

Gordon Bower (1950):
Lernen durch Einsicht

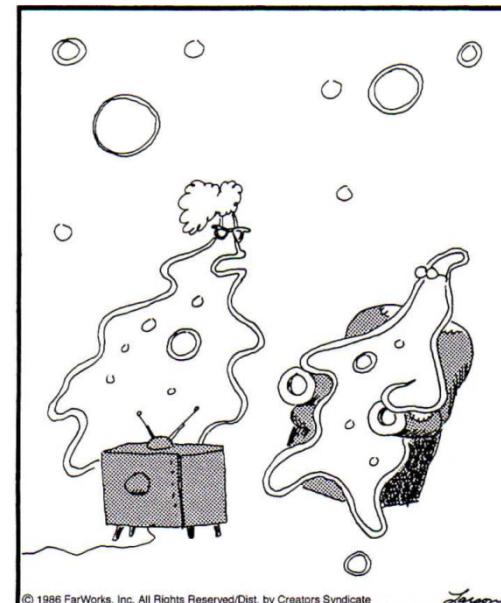


William K. Estes (1960):
Mathematische Modellierung
des Lernens durch Einsicht



Courtesy of William Estes

THE FAR SIDE® By GARY LARSON

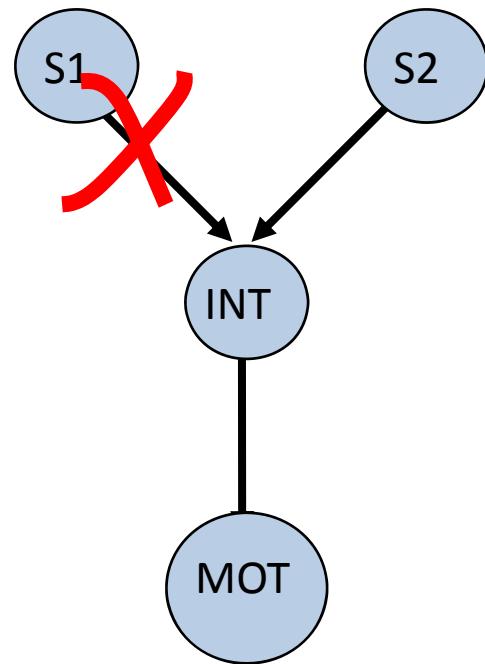


The Far Side® by Gary Larson © 1986 FarWorks, Inc. All Rights Reserved. The Far Side® and the Larson® signature are registered trademarks of FarWorks, Inc. Used with permission.

Gluck et al. (2008)
Learning and Memory.
Palgrave Macmillan, NY.

2. Kategorienlernen und Konzeptbildung

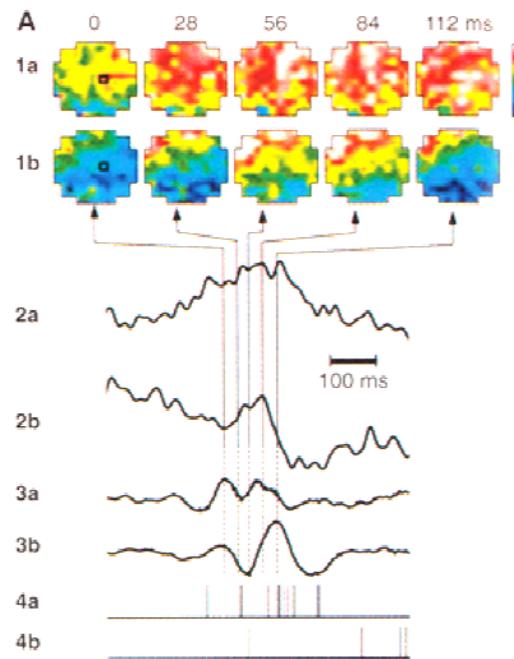
Neuronale Mechanismen der klassischen Konditionierung
"implementieren" die **Assoziationstheorie** der Psychologie



Diese konzeptuellen Ansätze eignen sich nicht für die Erforschung der neuronalen Mechanismen, die konstruktiven Aspekten des Lernens zu Grunde liegen

Die meiste neuronale Aktivität in den sensorischen Neocortices wird nicht durch Reize von außen erklärt

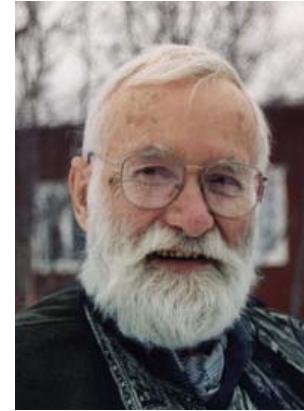
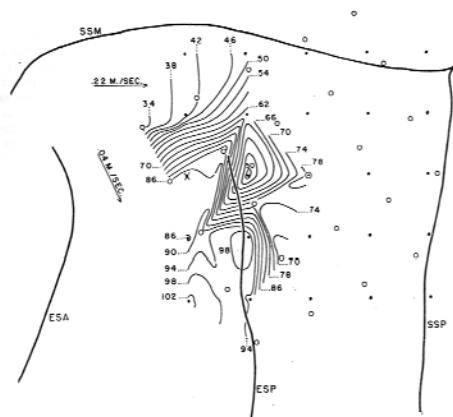
single trial data



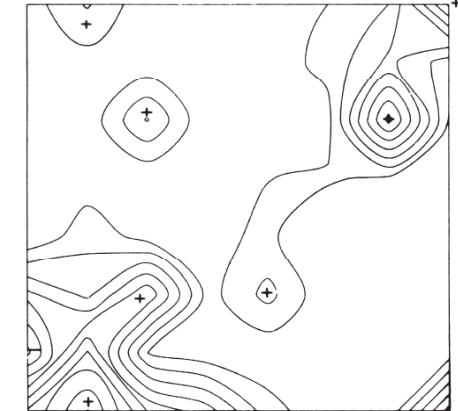
Corticale raumzeitliche Aktivitätsmuster werden durch endogene Prozesse verursacht. Sie stellen kein "Rauschen" dar.



John Cunningham Lilly



Walter J. Freeman



SURFACE MOVEMENTS OF CLICK RESPONSES FROM ACOUSTIC CEREBRAL CORTEX OF CAT: LEADING AND TRAILING EDGES OF A RESPONSE FIGURE¹

JOHN C. LILLY AND RUTH B. CHERRY

E. R. Johnson Foundation, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania
and

Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, National Institutes of Health, National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland

(Received for publication December 23, 1953)

INTRODUCTION

EXPERIMENTS on the cerebral cortex of the cat with 25 implanted electrodes have indicated that the electrical activity contains certain forms or shapes which are called "figures" (3, 4, 5). Two parts of figures in acoustically responsive cortex resulting from single clicks are analyzed here in detail; attention is concentrated on the directions and the speeds of travel across the pial surface of the beginning and of the end of the base of the response figures² (6).

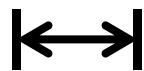
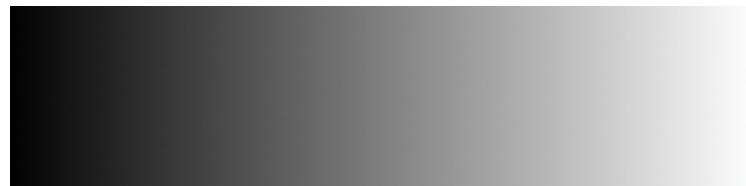
Lilly JC & Cherry RB (1954)
J. Neurophysiol. **17**: 531-532.

"From inspection of hundreds of contour plots I found also that no two patterns were identical [...]. [...] the spatial patterns [...] did change consistently and significantly with odorants, but only when the animals were given an unconditioned stimulus paired with an odorant (Freeman and Schneider 1982), or when norepinephrine was injected into the bulb (Gray et al. 1986), but obviously, the [...] patterns were endogenous. They came from within the animals, and they could not be derived from the stimuli by any form of filter or logical algorithm."

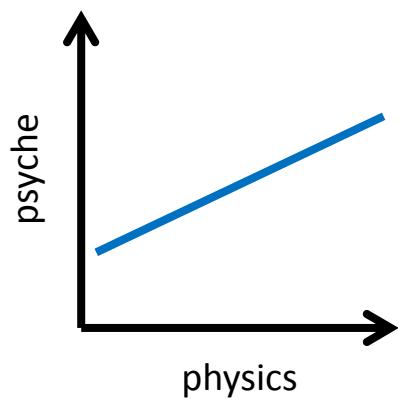
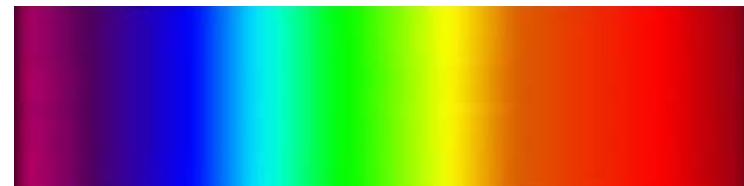
Freeman WJ (2000)
Neurodynamics. Springer, London, p.214.

Generalisierung ist nicht gleich Kategorisierung

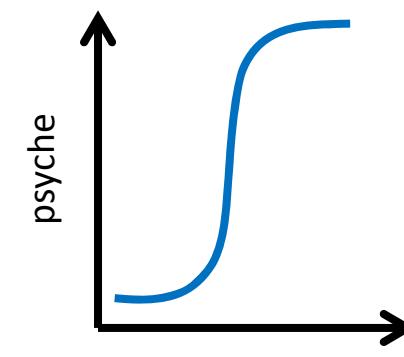
graduell



kategorial



perzeptuelle Unterschiede
skalieren mit
physikalischen Unterschieden

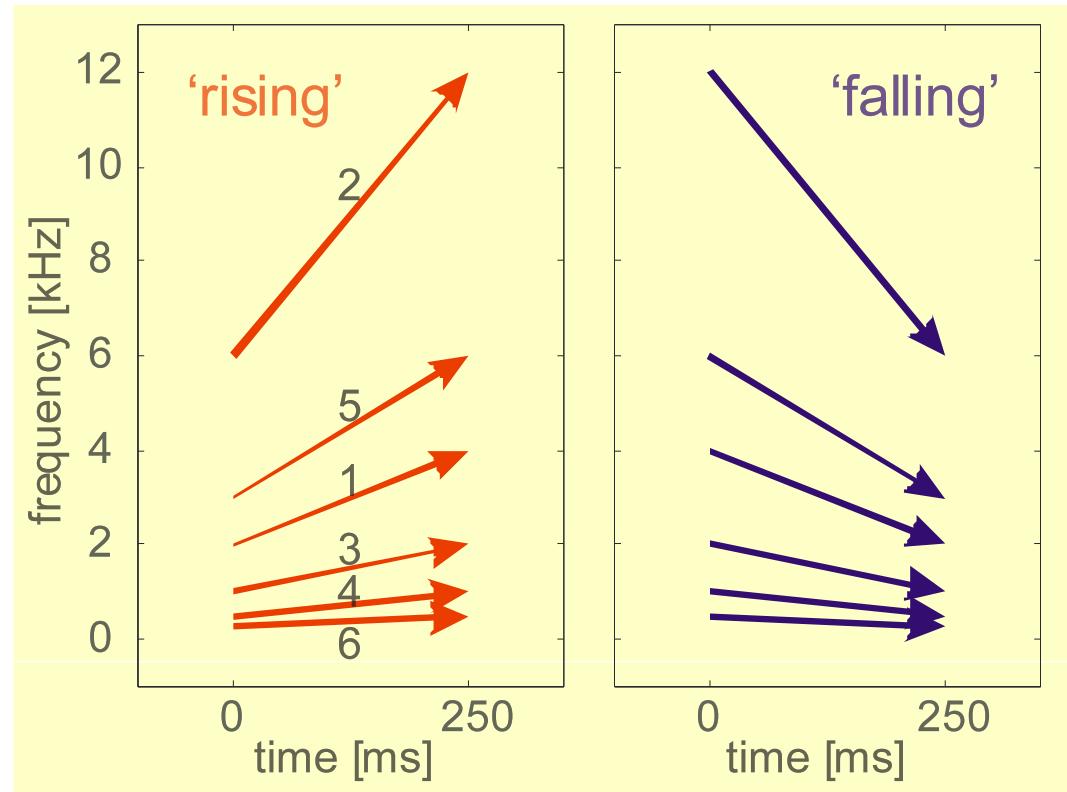


perzeptuelle Unterschiede
manifestieren sich unterschiedlich,
abhängig von der physikalischen Nähe
zu einer Kategoriengrenze

Frequenz-modulierte Töne eignen sich dafür, Kategorisierungs-Lernparadigmen zu entwickeln

FM tones can (co-)vary along several dimensions of stimulus description, like steepness of modulation (slope), duration, frequency range covered, etc.

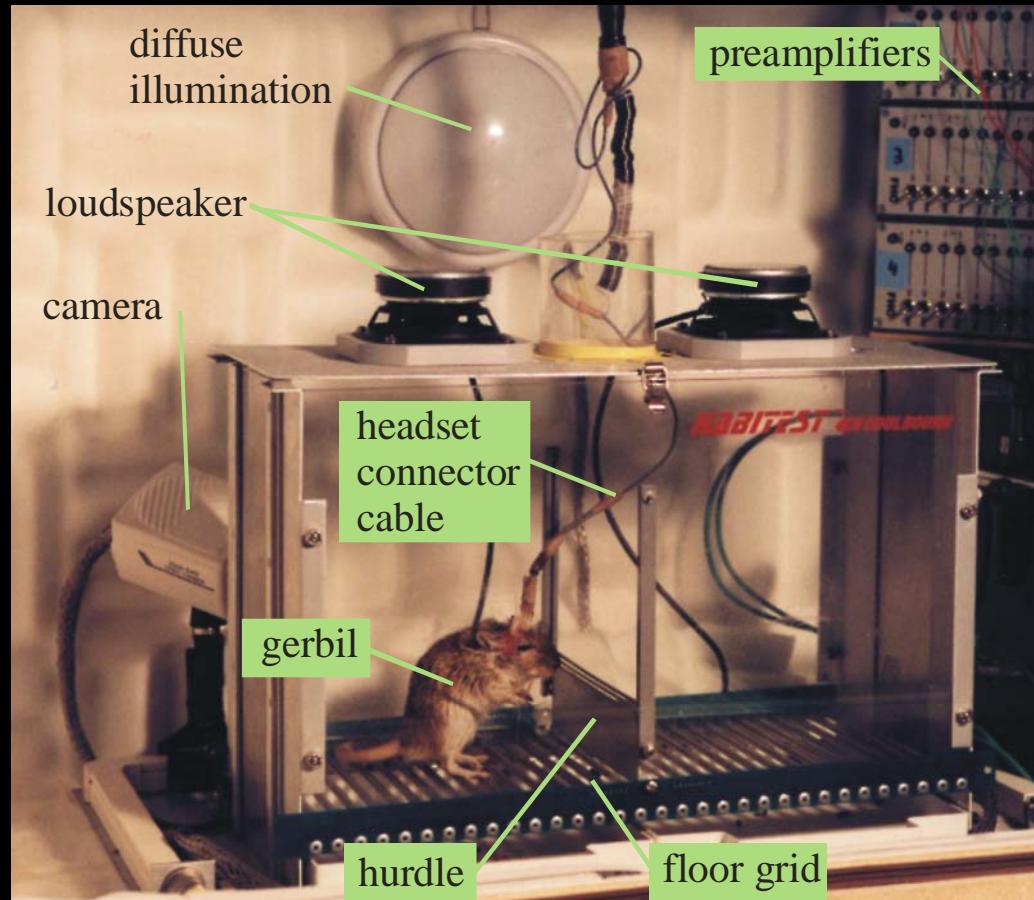
But all stimuli can also be sorted into one of two **categories**: 'rising' and 'falling' modulations.



Ohl et al. (2001) *Nature* **412**: 733-736; Wetzel et al. (2008) *PNAS* **105**: 6753-6758 .

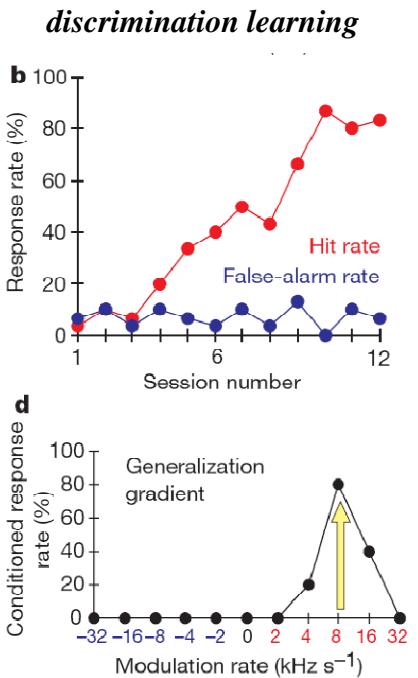
In der "*shuttle box*" lassen sich Lernprozesse mit Hilfe des **aktiven Vermeidungs-Lernen** untersuchen

Discrimination, and discrimination learning, of two stimuli can be studied in the '*shuttle box*' by training differential behavioral responses to the respective stimuli.

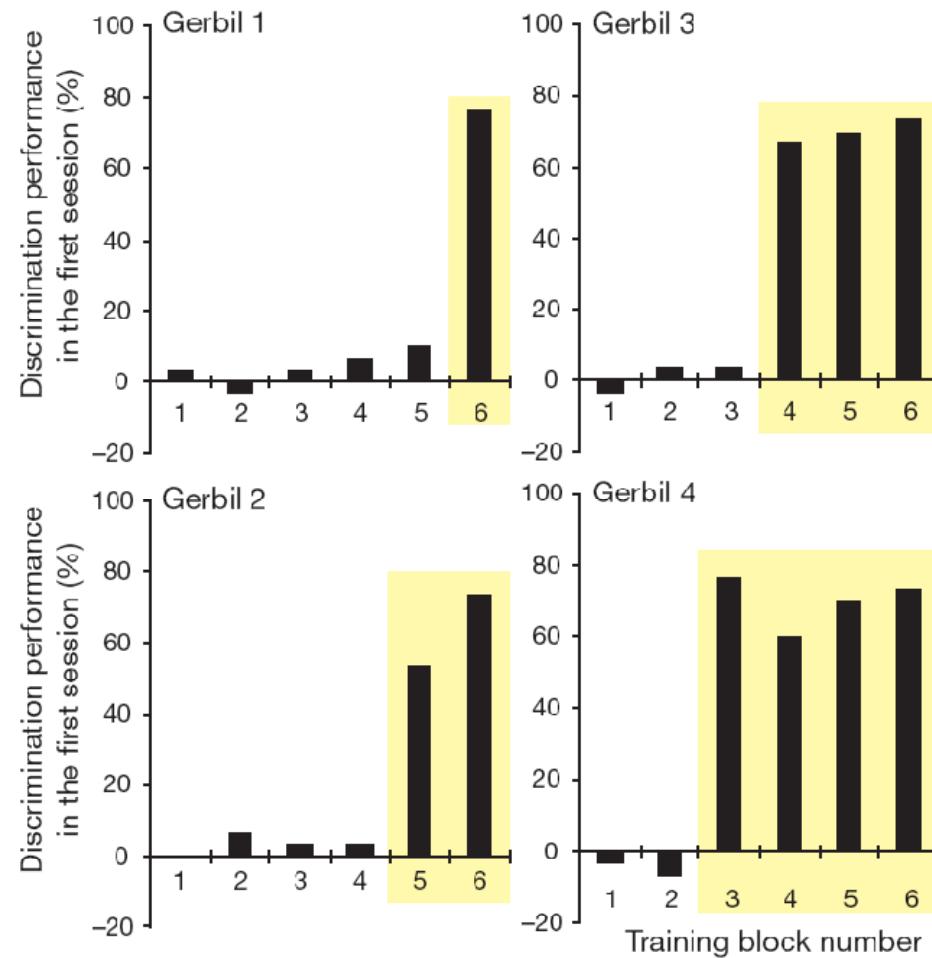


Während des Aha-Erlebnisses erfolgt ein abrupter Übergang vom Diskriminations-Lernen zum Kategorien-Lernen

- abruptness
- stability
- individuality of time of occurrence



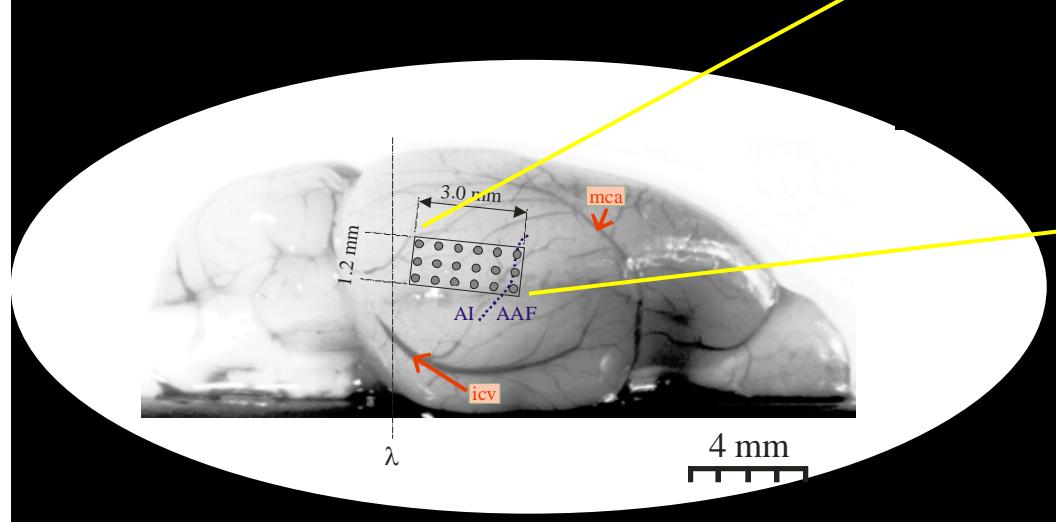
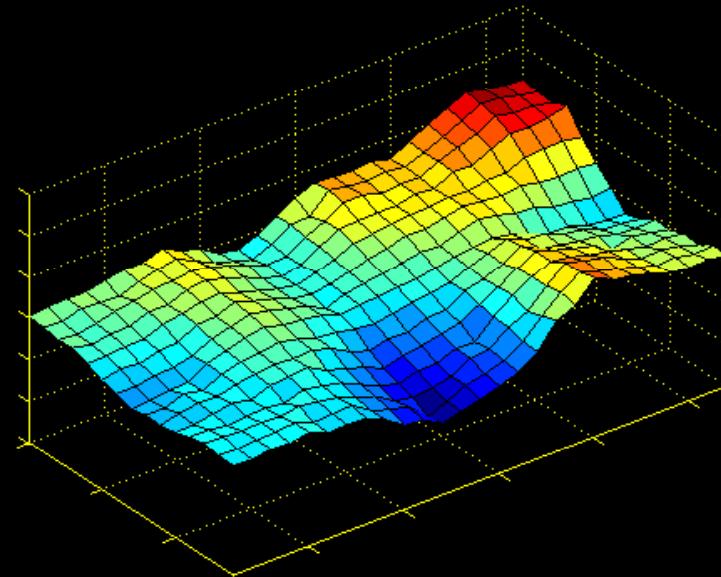
Ohl et al. (2001) *Nature* 412: 733-736



Spatiotemporal patterns of ongoing and evoked activity in auditory cortex can be measured by epidural electrode arrays

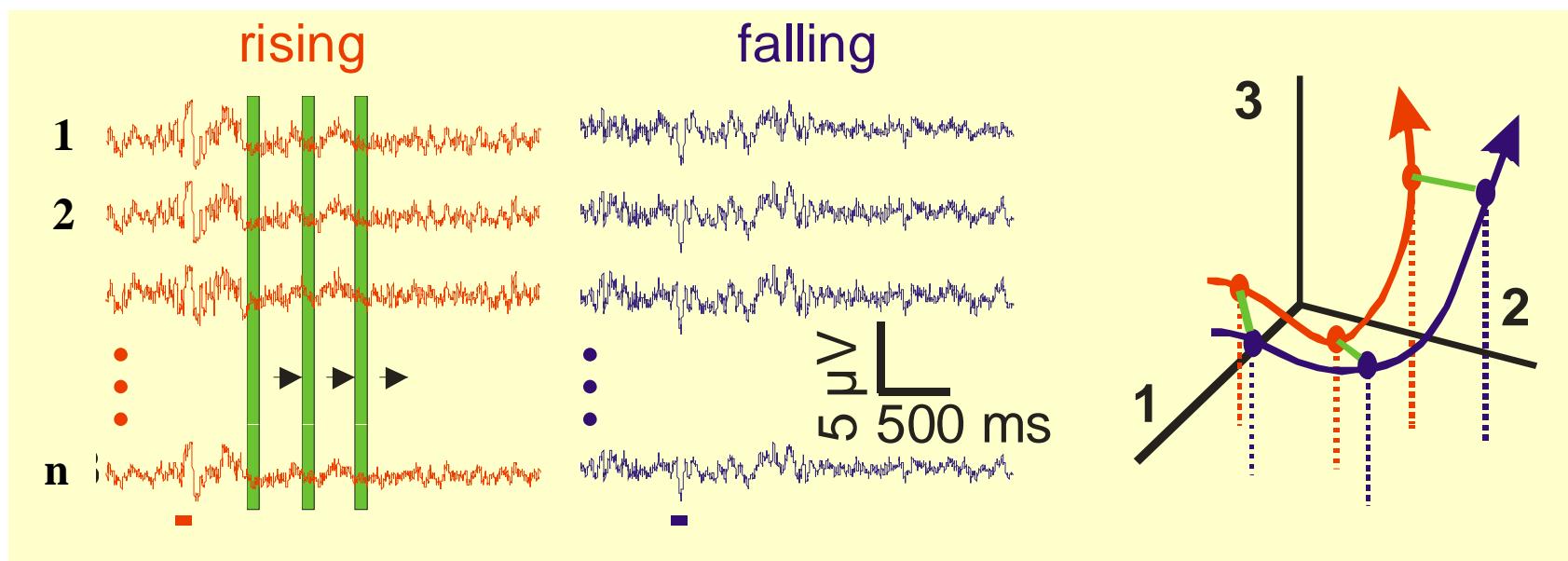


FILE : E030-005, REP : 1, t = 0.02 s



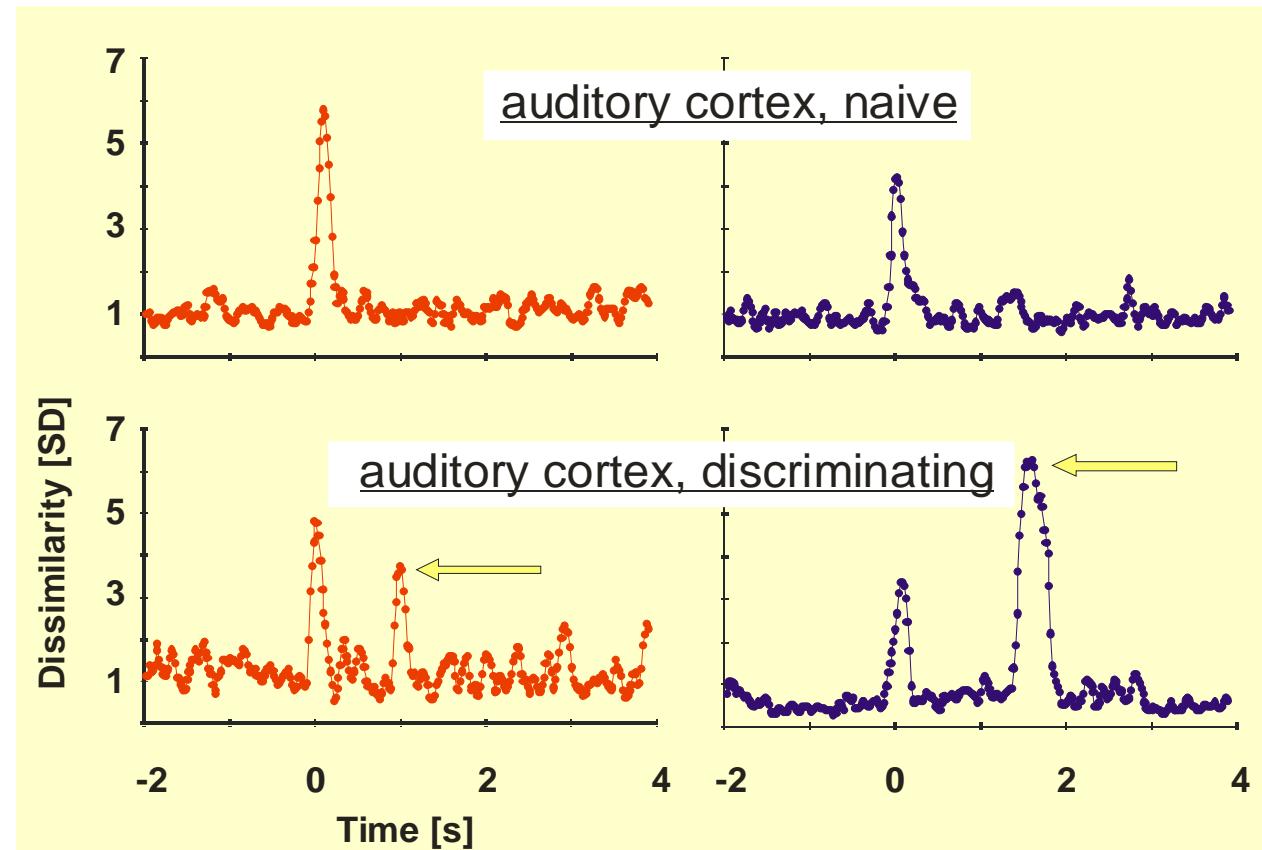
Moderne mathematische Verfahren erlauben die Untersuchung der Hirndynamik während des Lernens ohne "Mittelung von Daten"

Multichannel recordings in 'single trials' of the electrocorticogram can be analyzed by state space methods. A spatial pattern of activity at a point in time can be conceptualized as a state vector.

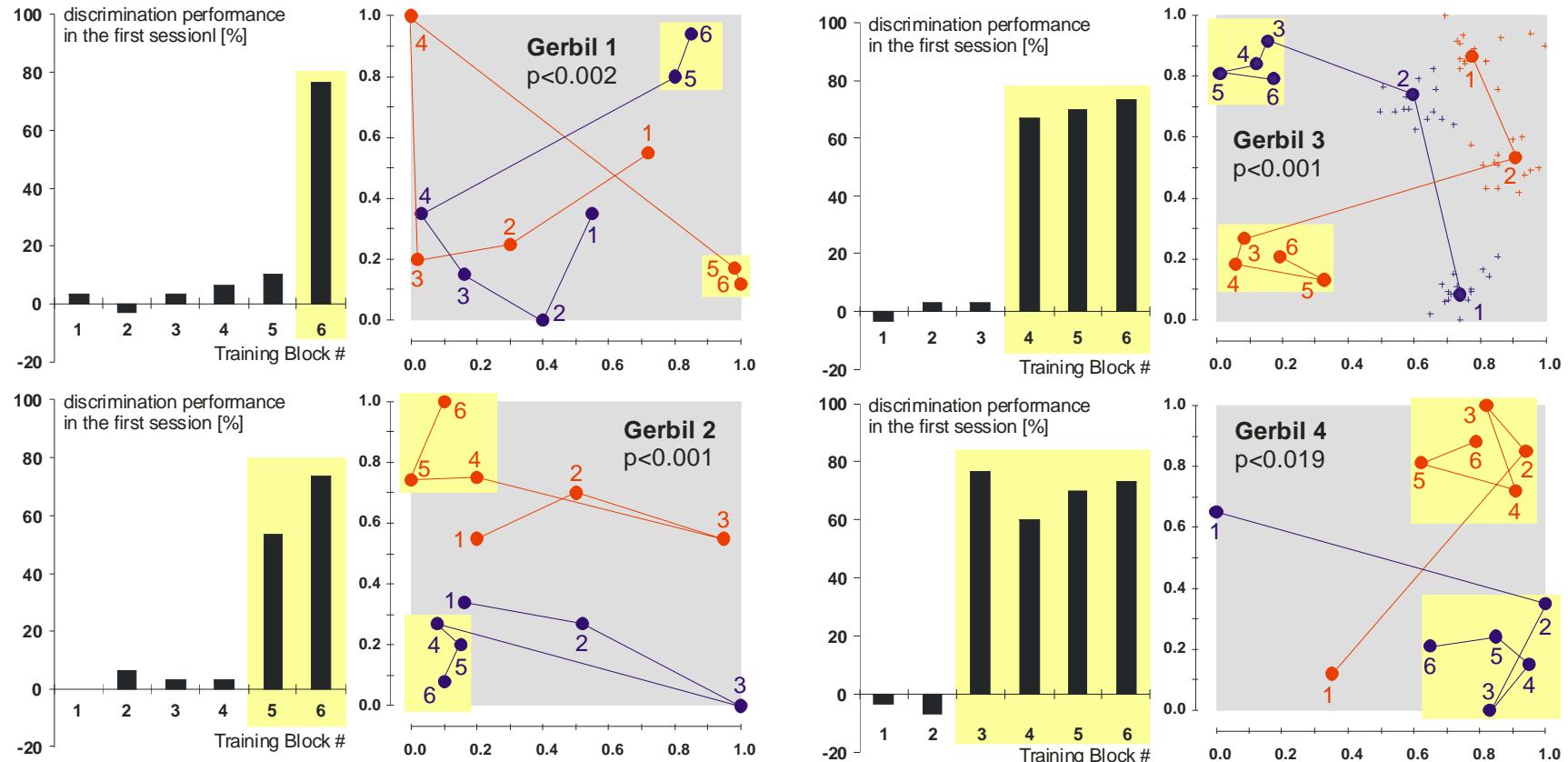


Unähnlichkeits-Funktionen markieren potentiell relevante Episoden in der fortlaufenden Hirndynamik

The analysis of similarity relations between transiently emerging spatial activity patterns allows identification of category-related activity states.



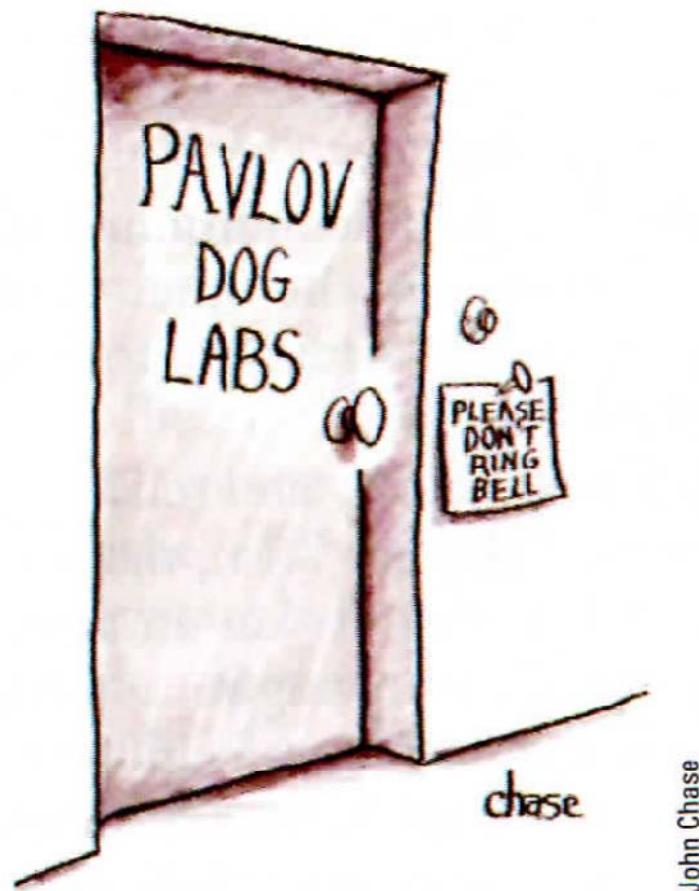
Die (subjektive) Kategorien-Bildung hat (objektive) elektrophysiologische Korrelate



Ohl et al. (2001) *Nature* **412**: 733-736; Wetzel et al. (2008) *PNAS* **105**: 6753-6758

Zusammenfassung

- Klassische neurobiologische Konzepte des Lernens betonen den Assoziationscharakter von Lernvorgängen. Hiermit können insbesondere einfache Lernvorgänge in einfachen Nervensystemen charakterisiert werden.



- Konstruktive Aspekte des Lernens haben sich lange einer neurobiologischen Analyse entzogen. Neuere Untersuchungen zum Kategorienlernens und der Konzeptbildung erlauben jedoch einen neurobiologischen Zugang zu den konstruktiven Aspekten des Lernens.
- Moderne neurodynamische Analysen öffnen erstmalig ein "objektives Beobachtungsfenster" für "subjektive kognitive Strukturen".
- Neurodynamische Analysen zeigen, dass bestimmte Aspekte der sogenannten "Hintergrund-Aktivität" des Gehirns die Herausbildung individual-spezifischer Aspekte subjektiver kognitiver Prozesse repräsentieren.