

Die Intelligenz der Bienen und
wie ihr kleines Gehirn das schafft

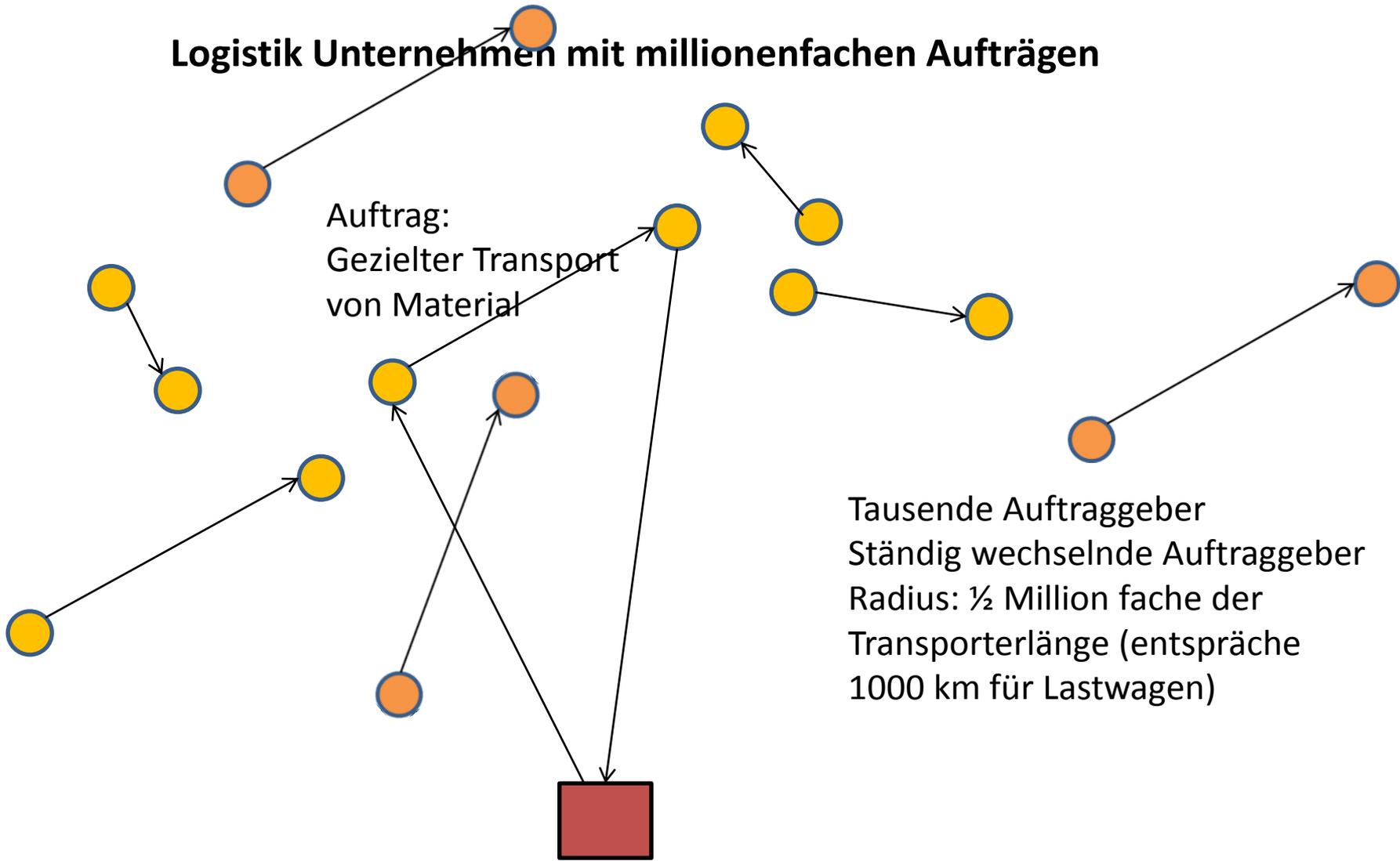
Wie Bienen navigieren
und wie sie durch Pestizide gestört werden

Randolf Menzel,
Freie Universität Berlin

www.neurobiologie.fu-berlin.de

Weimar 2014

Logistik Unternehmen mit millionenfachen Aufträgen



Auftrag:
Gezielter Transport
von Material

Tausende Auftraggeber
Ständig wechselnde Auftraggeber
Radius: ½ Million fache der
Transporterlänge (entspräche
1000 km für Lastwagen)

Logistik-
zentrale

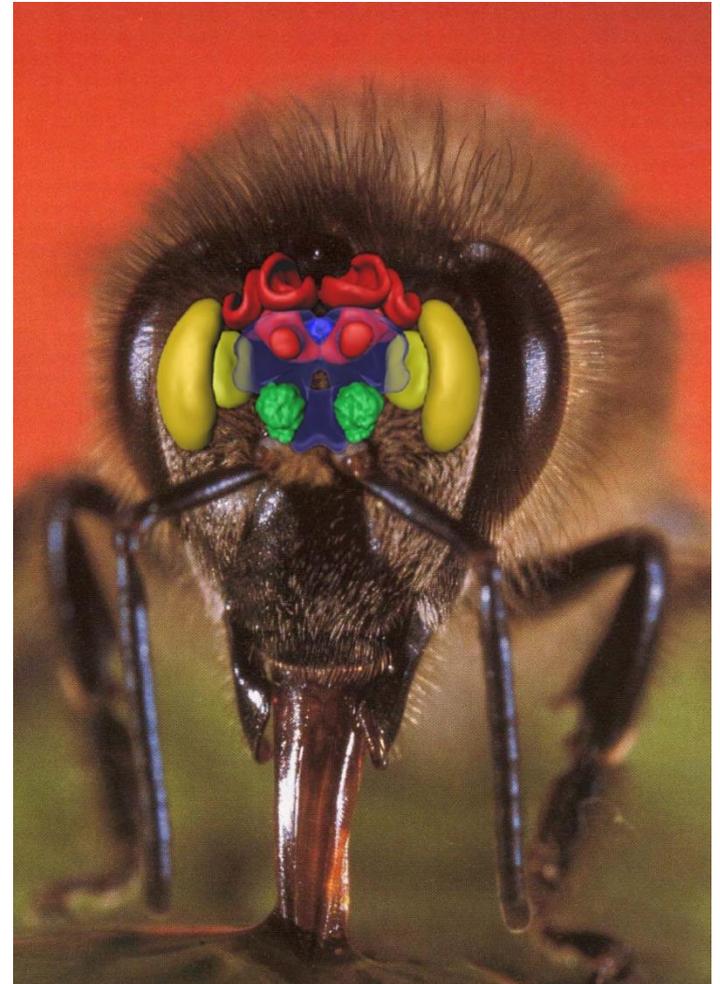
Ziel: hoher Profit, hohe Rendite

Die Intelligenz der Bienen und wie ihr kleines Gehirn das schafft

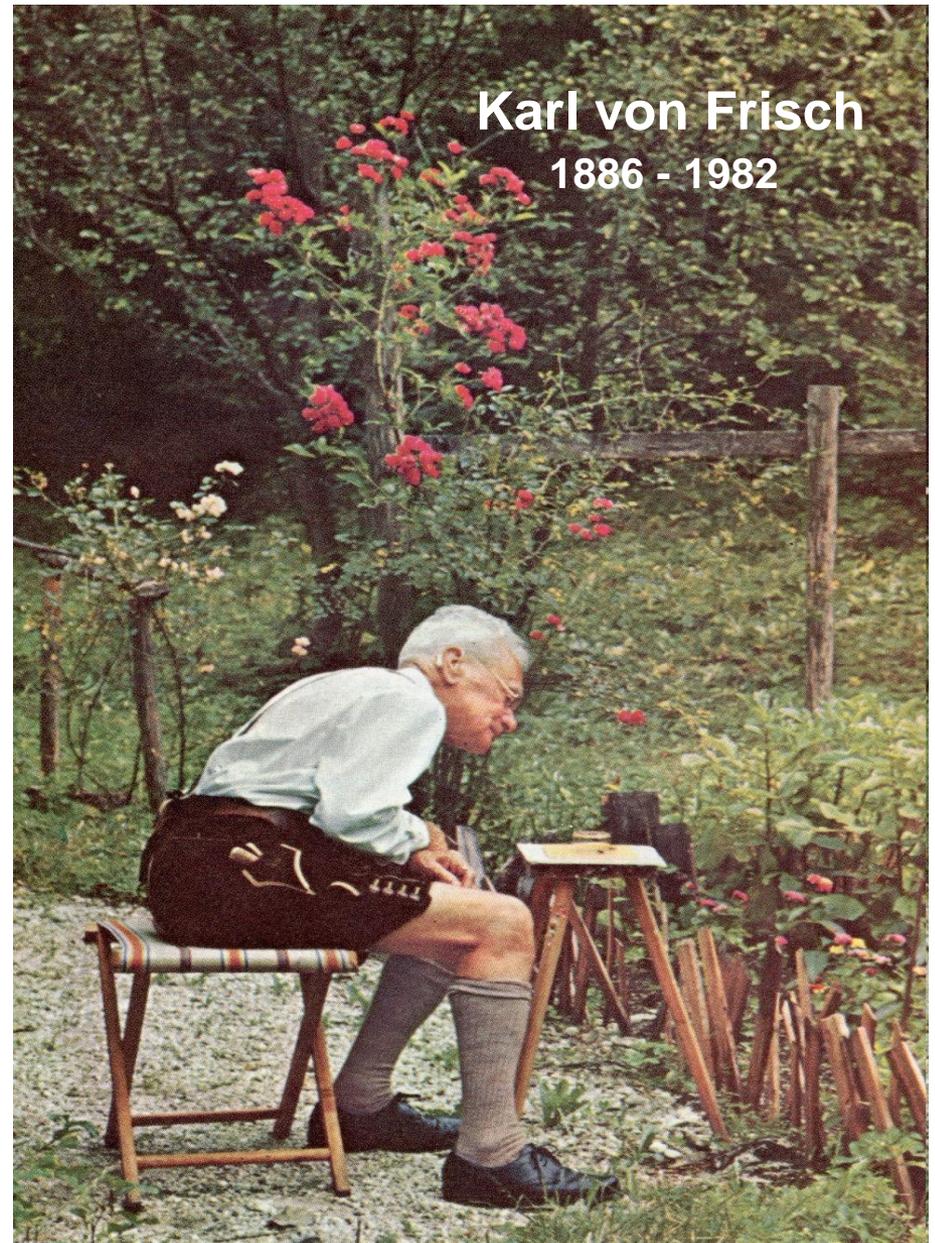
Randolf Menzel,
Freie Universität Berlin

www.neurobiologie.fu-berlin.de

Weimar 2014



Bienen lernen die Eigenschaften von Blüten (Duft, Farbe, Gestalt, und wie sie den Nektar und Pollen am besten gewinnen können)



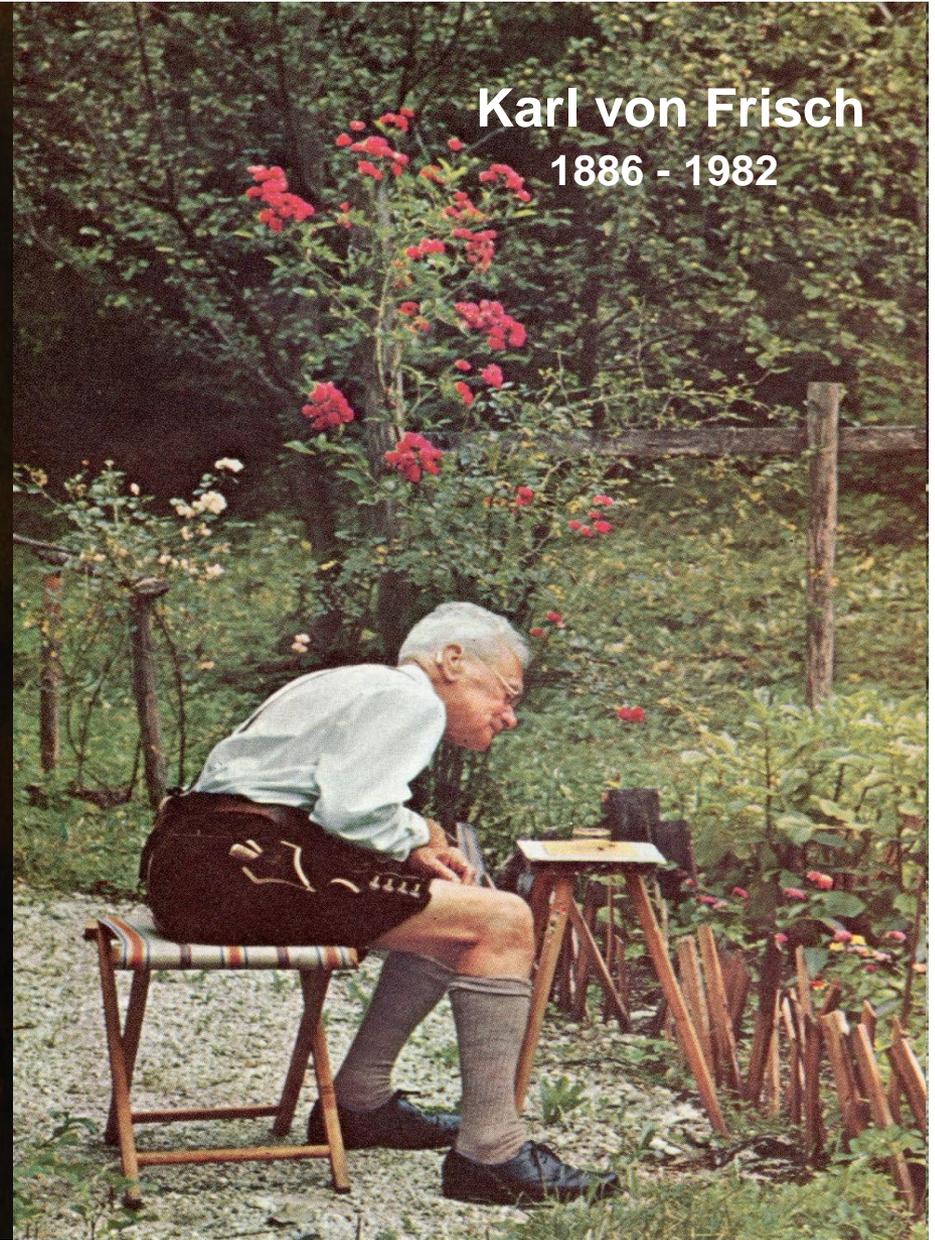
Eine der wichtigsten Entdeckungen von Karl von Frisch: Bienen lassen sich als einzelne Tiere dressieren

dass sie

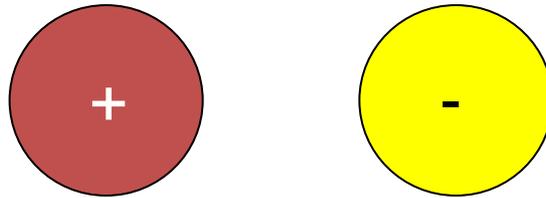
- Farben sehen
- UV sehen aber kein Rot
- viele Düfte unterscheiden
- sich nach dem Sonnen-Kompass orientieren
- einen Zeitsinn haben
- das Polarisationsmuster Des Himmelslichts sehen
- die Flugrichtung und Entfernung in einem Tanz mitteilen

Karl von Frisch

1886 - 1982



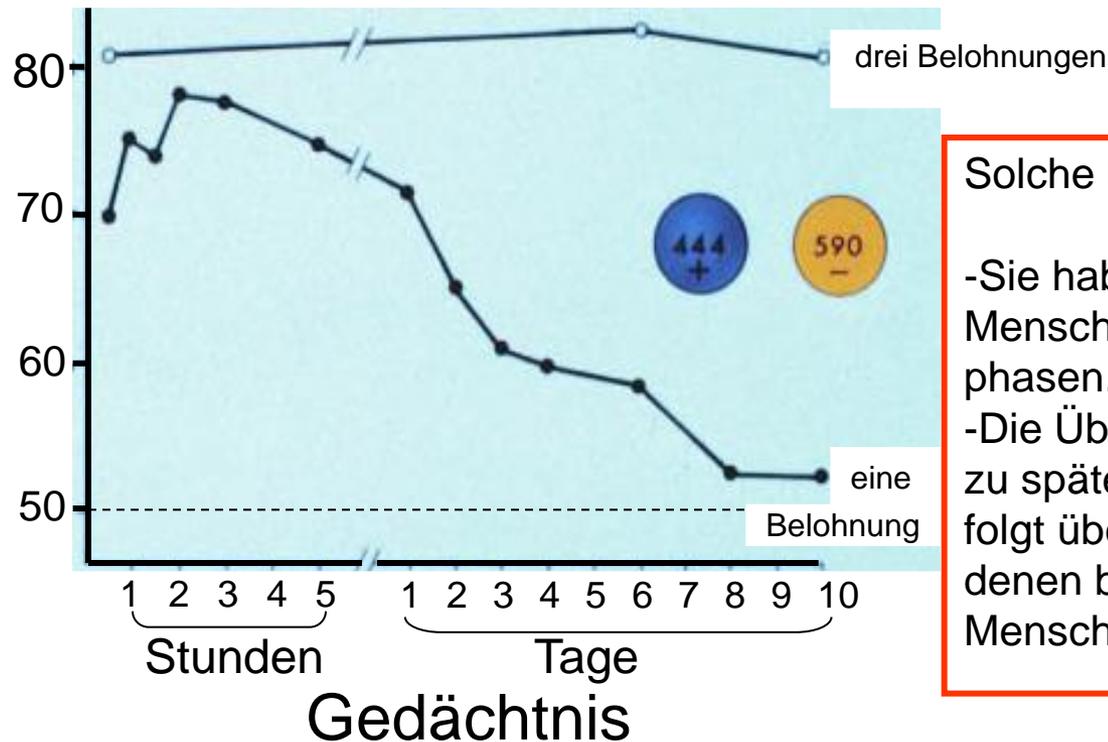
Bienen lernen schnell und halten das Gelernte lange im Gedächtnis



Farben lernen

Winterbienen erinnern sich auch im Frühjahr an das, was sie im Herbst gelernt hatten (M. Lindauer)

% Richtigwahl

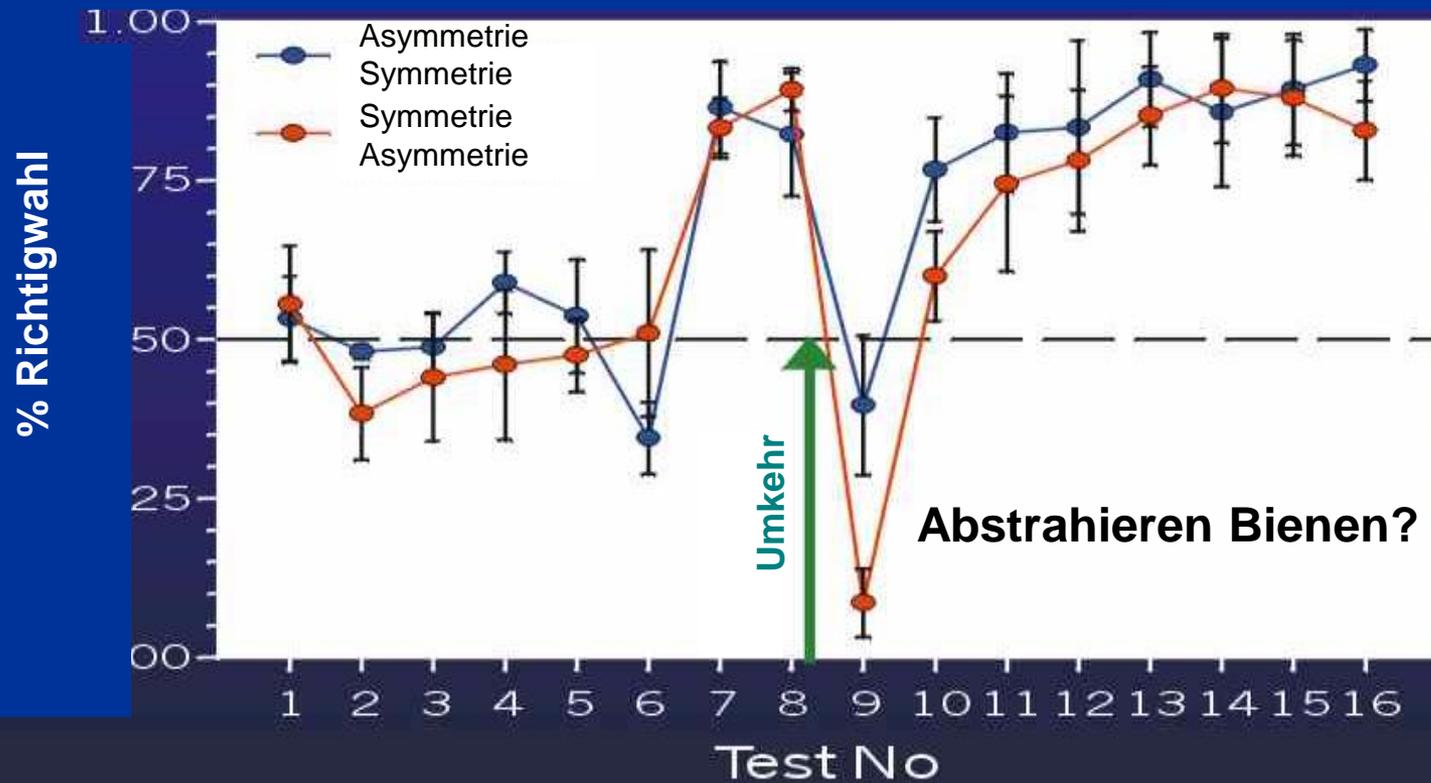
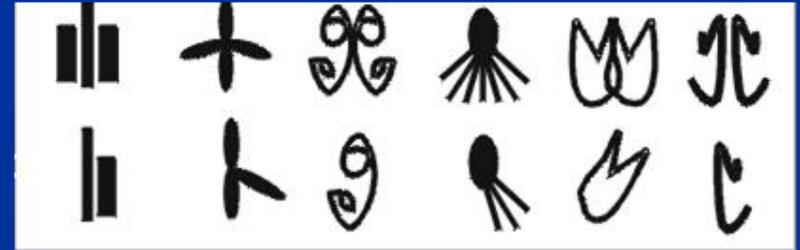
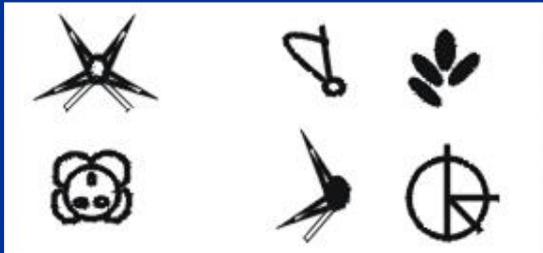


Solche Experimente zeigen:

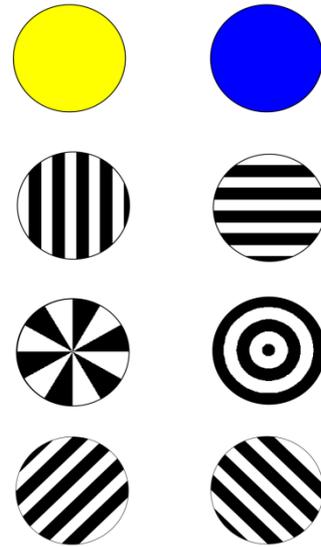
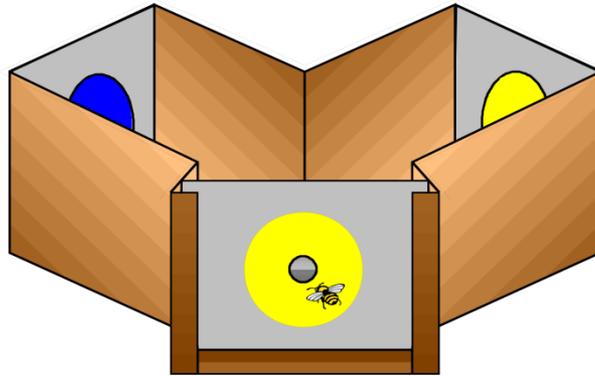
- Sie haben wie andere Tier und der Mensch verschiedene Gedächtnisphasen.
- Die Überschreibung von frühen zu späten Gedächtnisphasen erfolgt über Molekülreaktionen, die denen bei anderen Tieren und dem Menschen gleichen.

Bienen lernen nicht nur einfache Aufgaben:

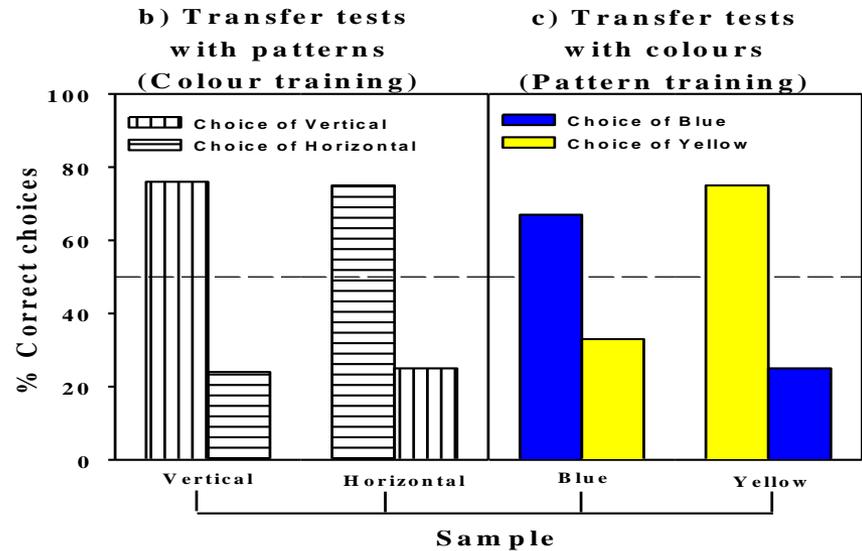
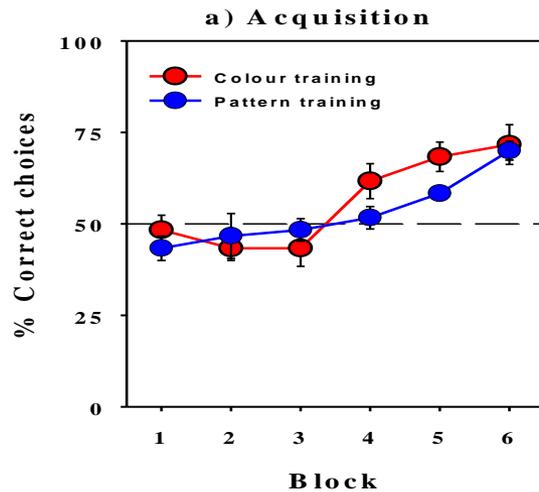
Spiegel symmetrische von unsymmetrischen Formen unterscheiden



Lernen von Regeln: Gleich oder verschieden



Vergleichen und wählen: gleich oder verschieden



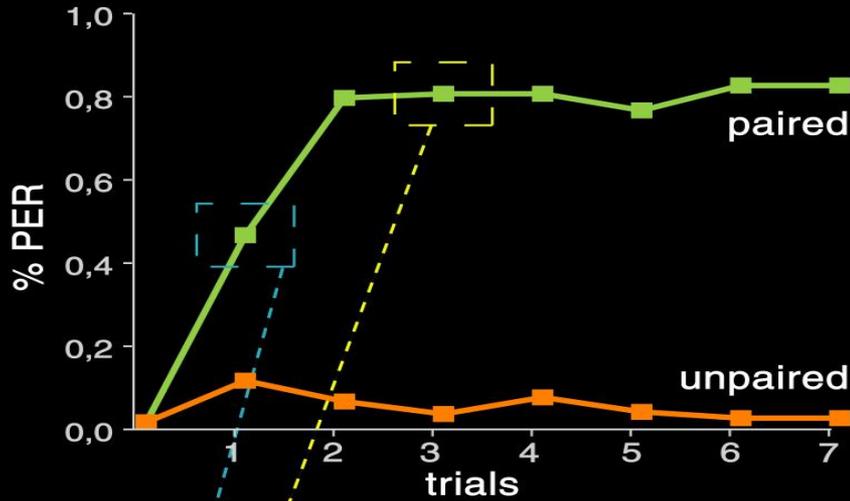


CS+: Duft



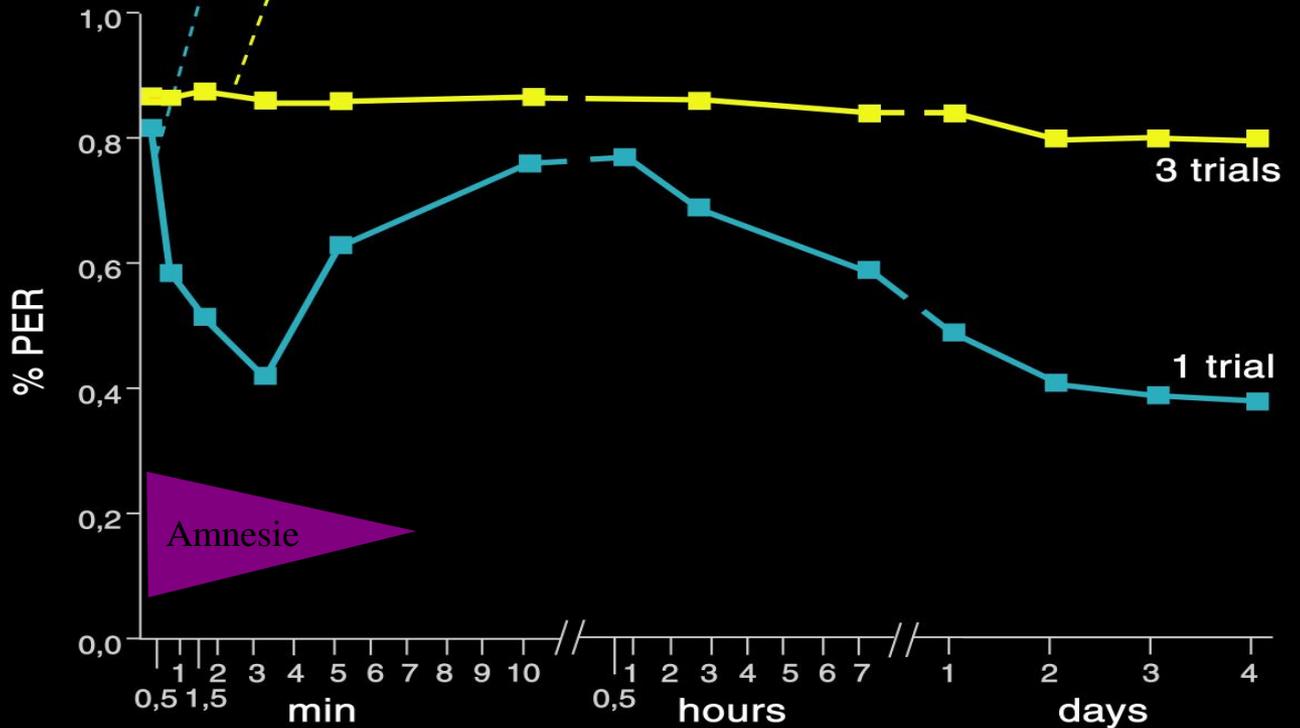
CS: odor

Lernen:

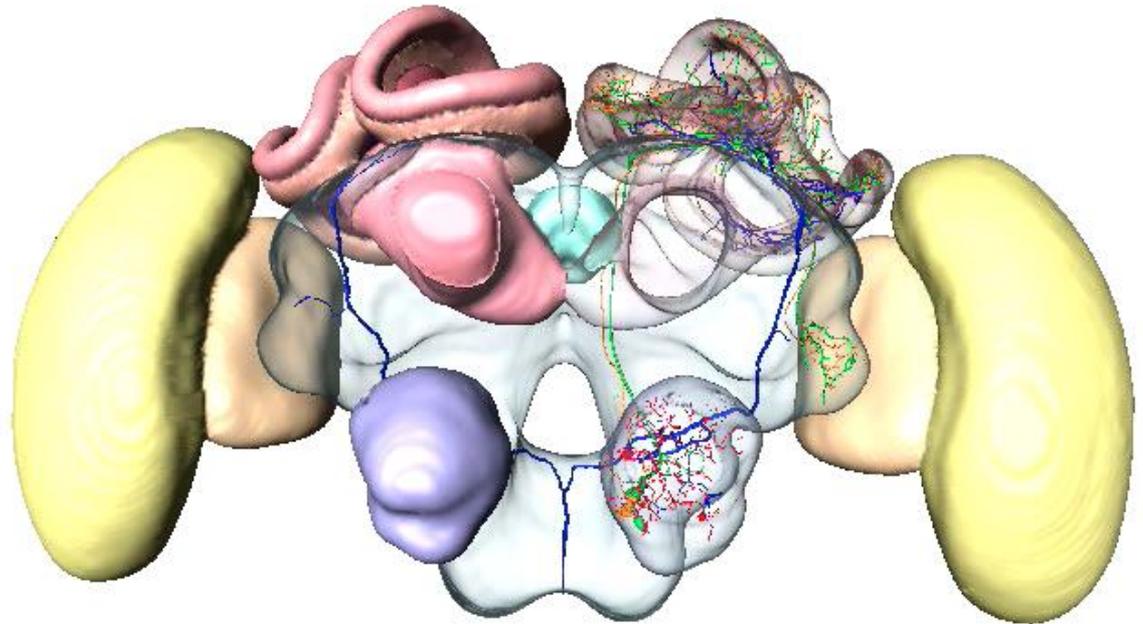


PER bee

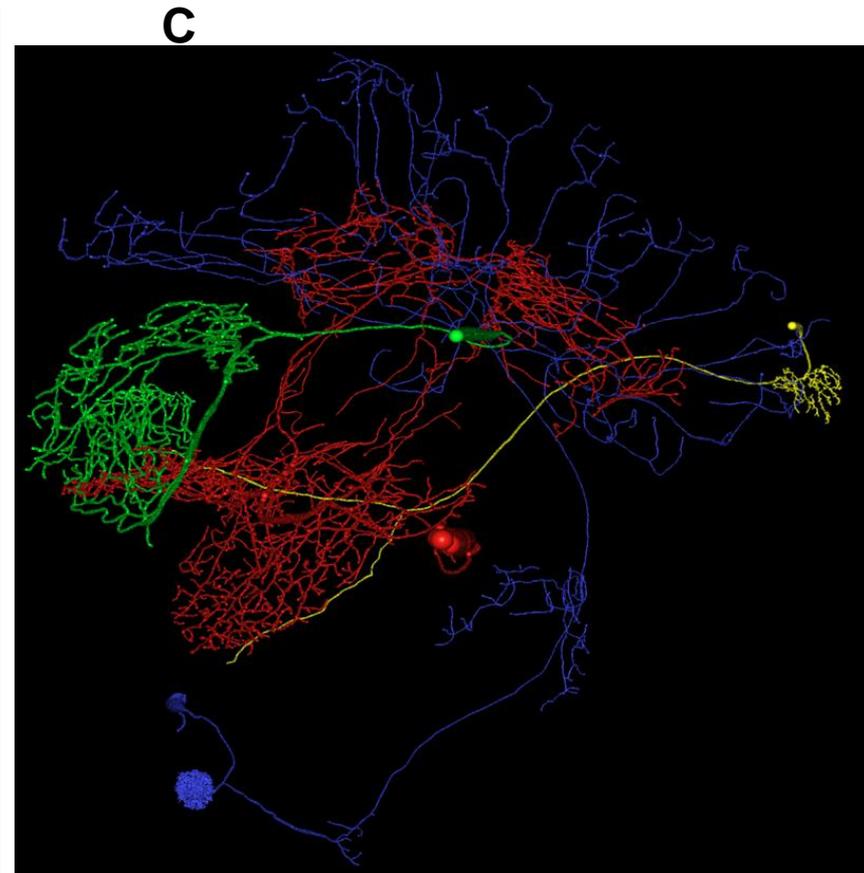
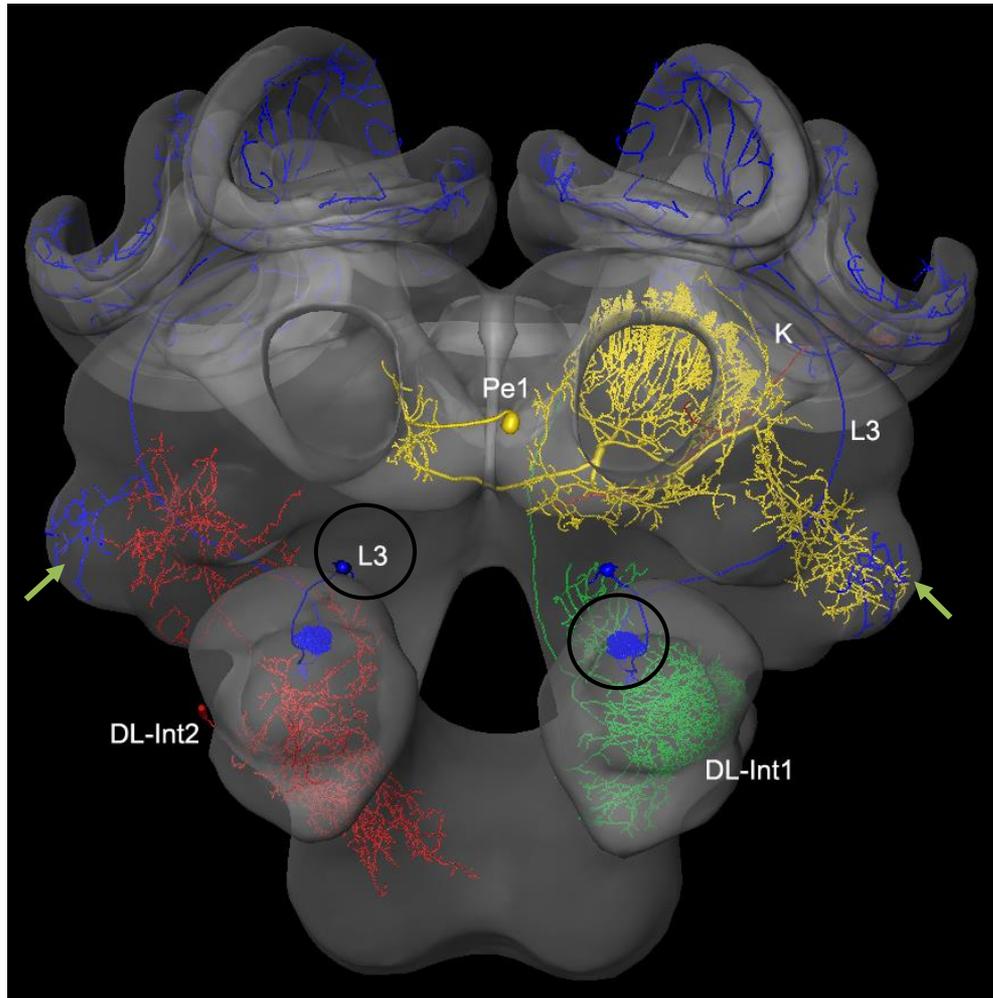
Erinnern (Gedächtnis):



Das Bienenhirn: etwa 1 mm³, ca eine Million Neurone



Neuronale Netze im zentralen Bienenhirn



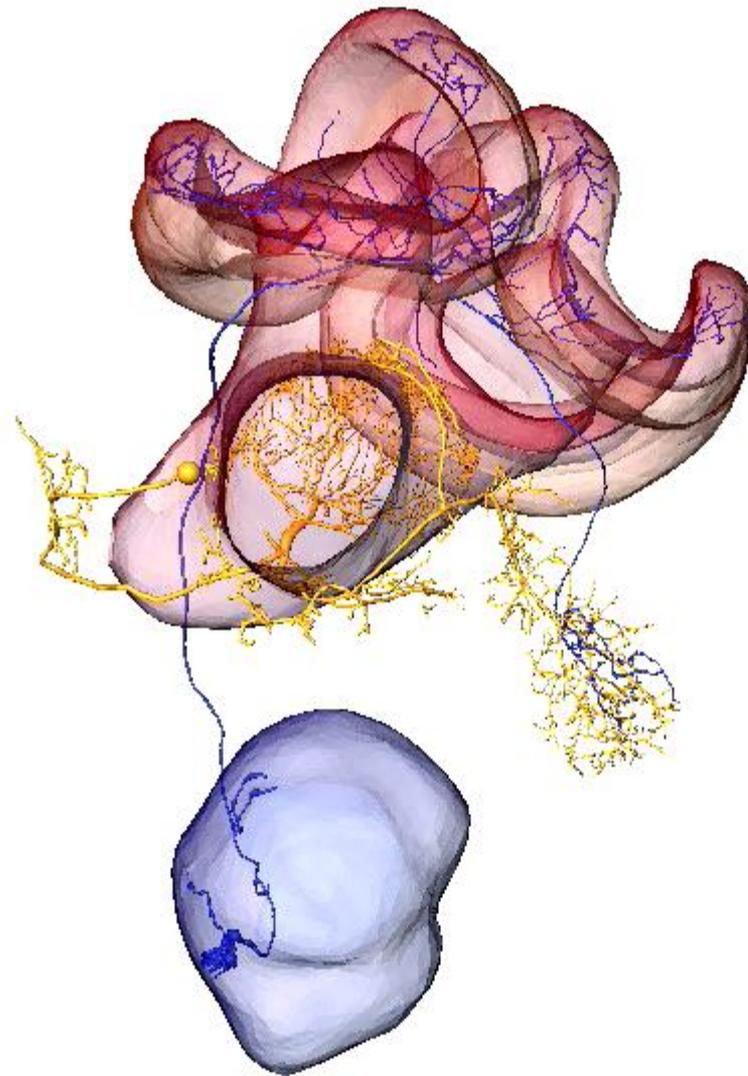
Wir kennen einzelne
Neurone im Bienen-
gehirn und ihre
Verschaltung

Pilzkörper

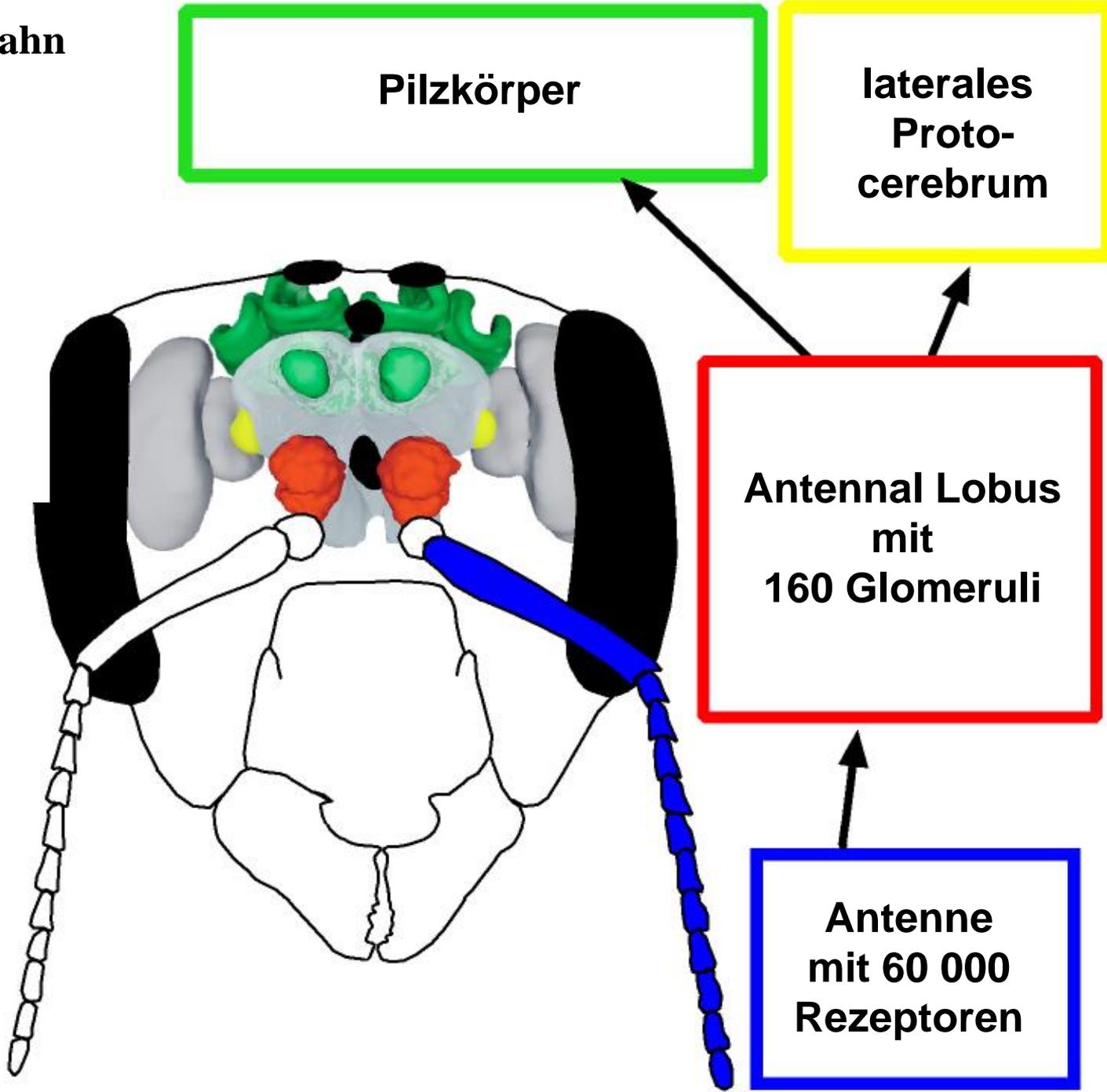
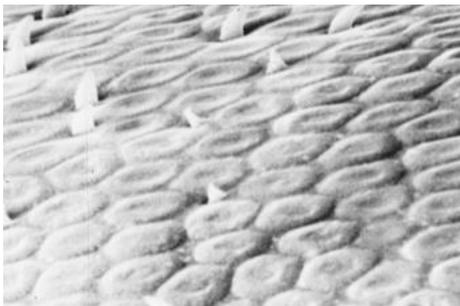
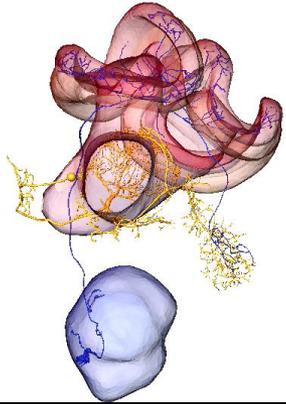
**Das Neuron
mit dem Namen
PE 1**

**Ein Projektions-
Neuron vom
Antennenlobus
zum Pilzkörper**

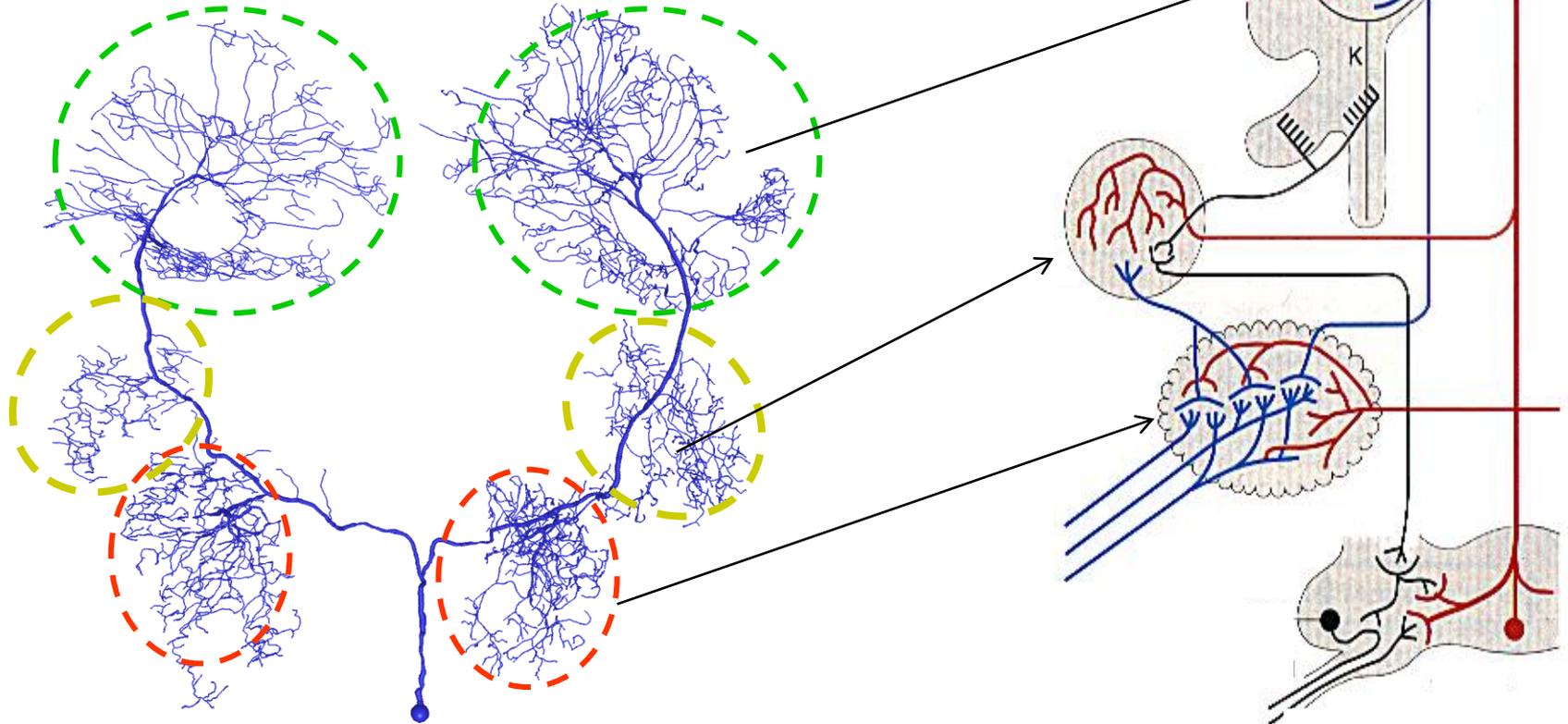
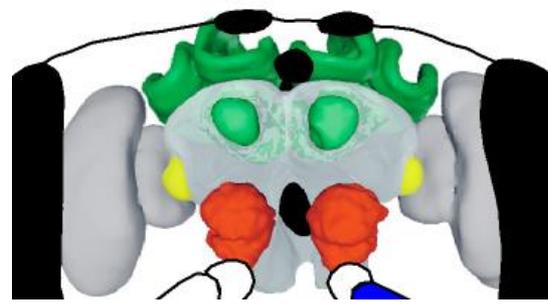
Antennen
Lobus



Die olfaktorische Bahn



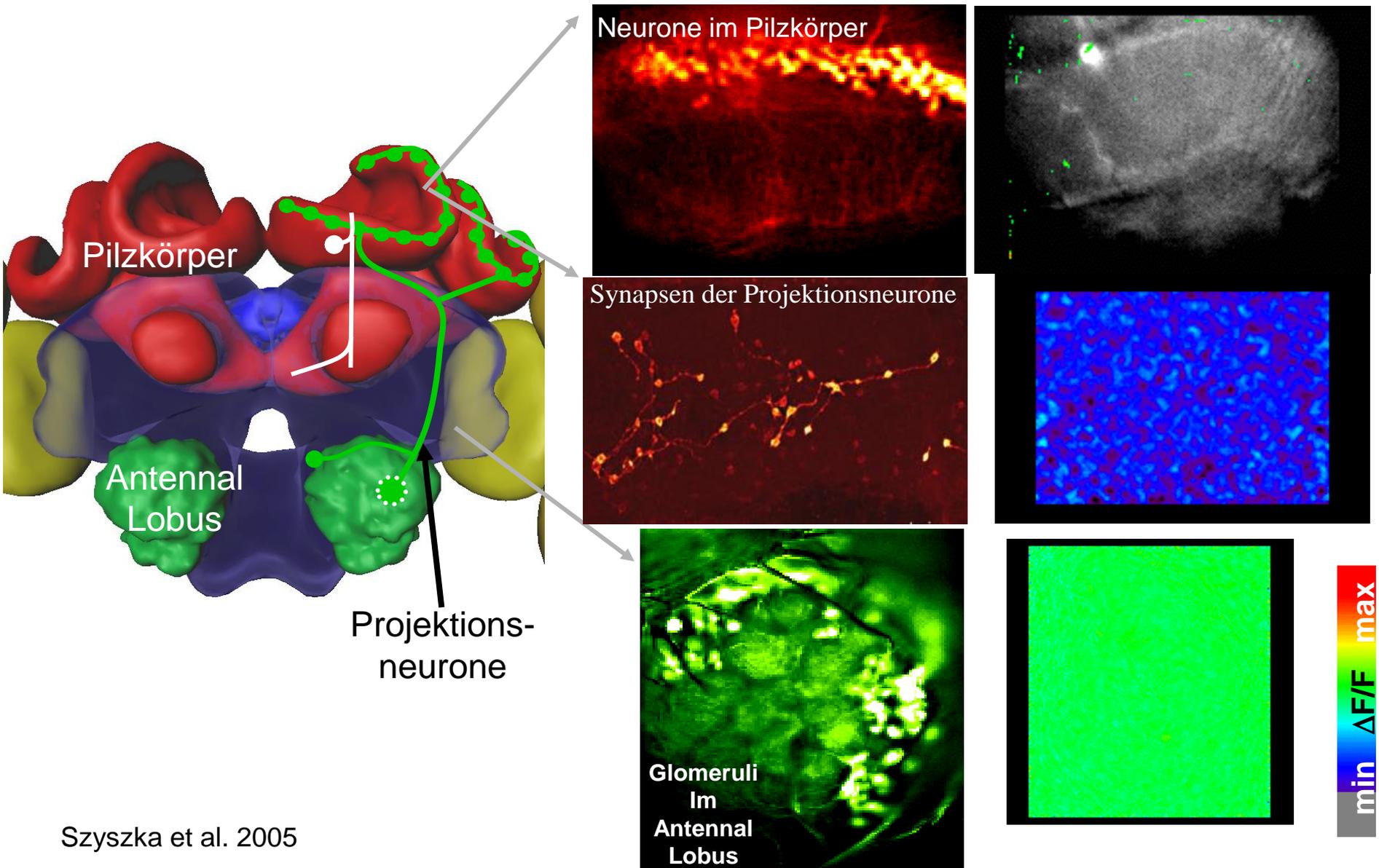
Die Belohnungsbahn beim Duftlernen



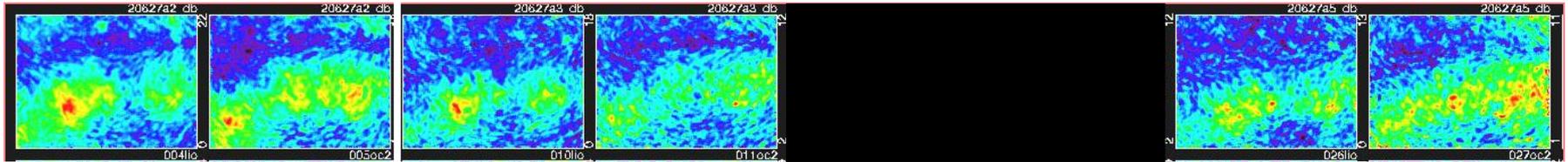
VUMmx1: das Belohnungsneuron

Wo im Gehirn der Biene suchen wir das Duftgedächtnis?

Duft induzierte Signale



Was ändert sich im Pilzkörper wenn die Biene einen Duft lernt?



später
gelernter
Duft

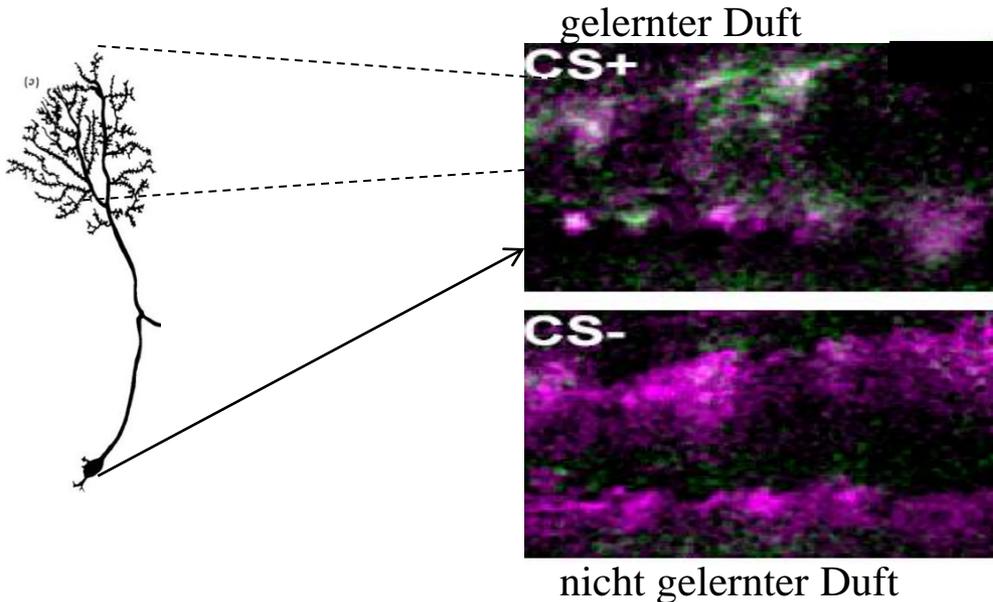
später
nicht
gelernter
Duft

gelernter
Duft
Mit
Belohnung
gepaart

nicht
gelernter
Duft

gelernter
Duft

nicht
gelernter
Duft

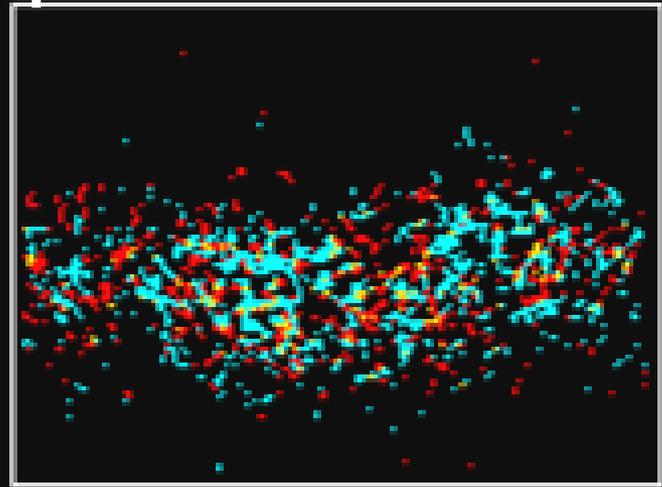
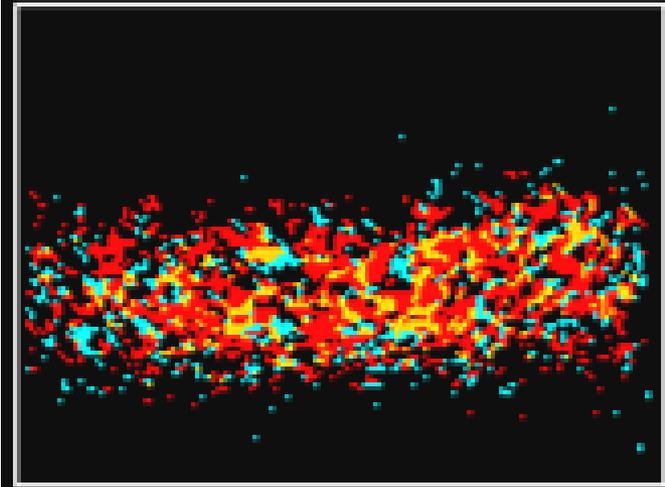


Vortest Aktivität violett

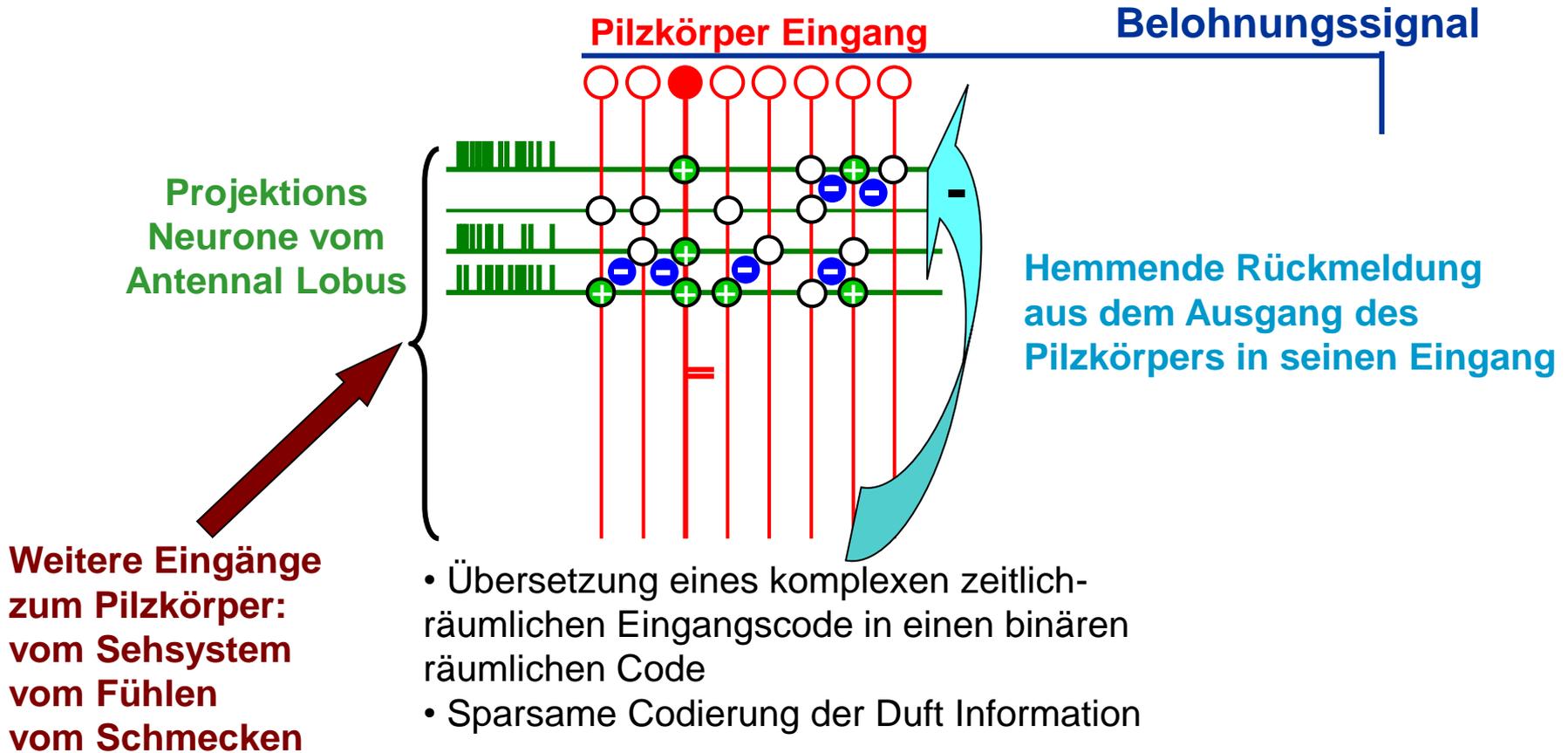
Nachtest Aktivität grün

**Aktivität sowohl bei
Vortest wie Nachtest: weiß**

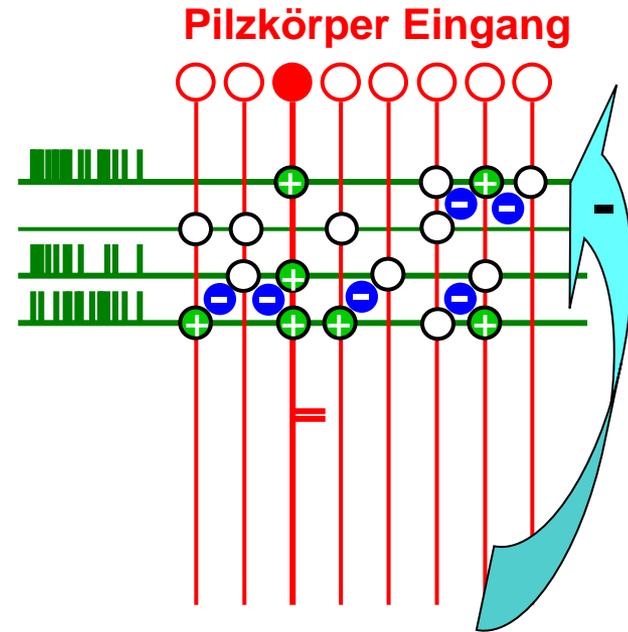
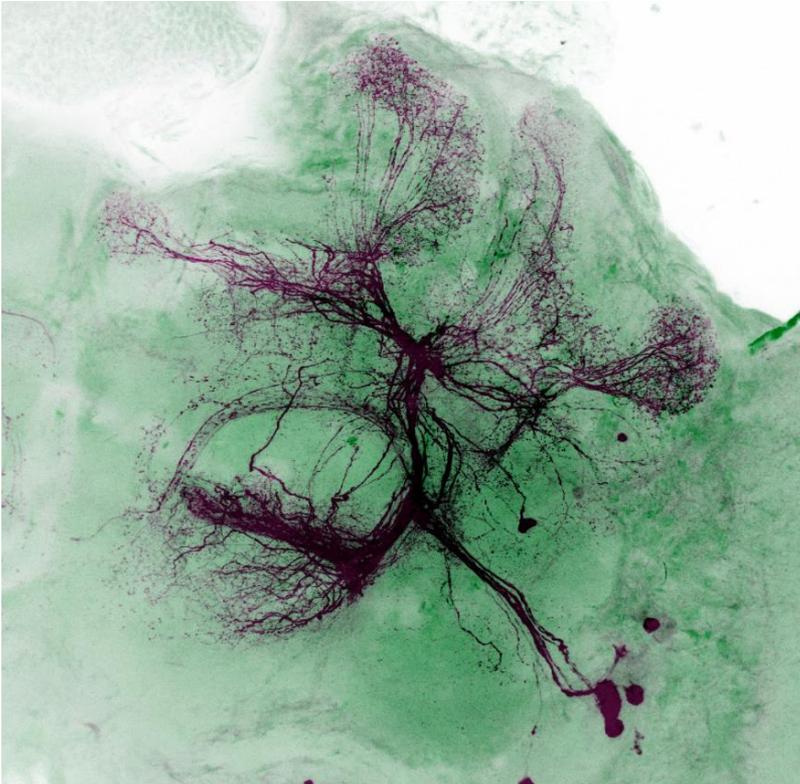
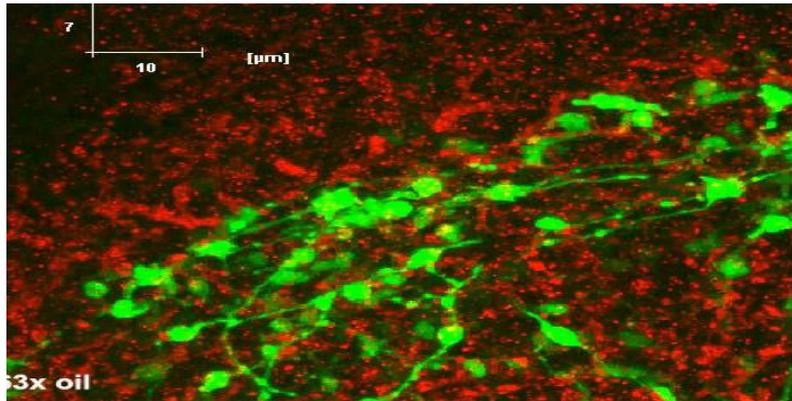
Pilzkörpers



Duft Kodierung und Duft Speicherung im Eingang zum Pilzkörper



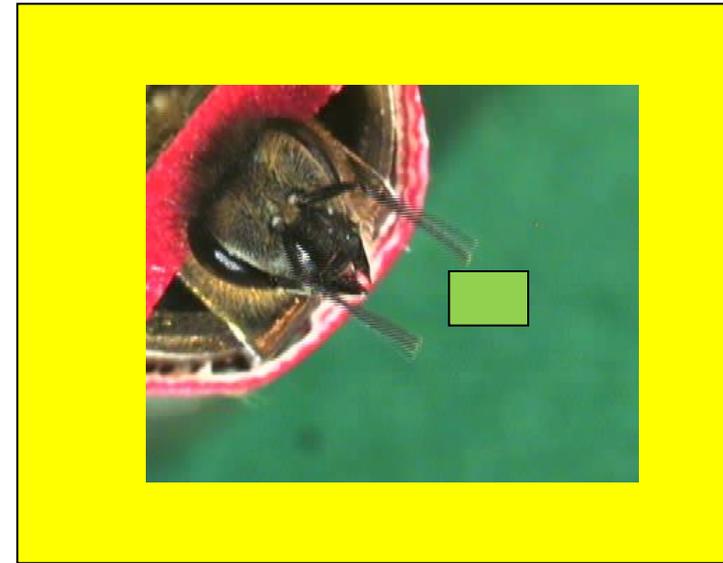
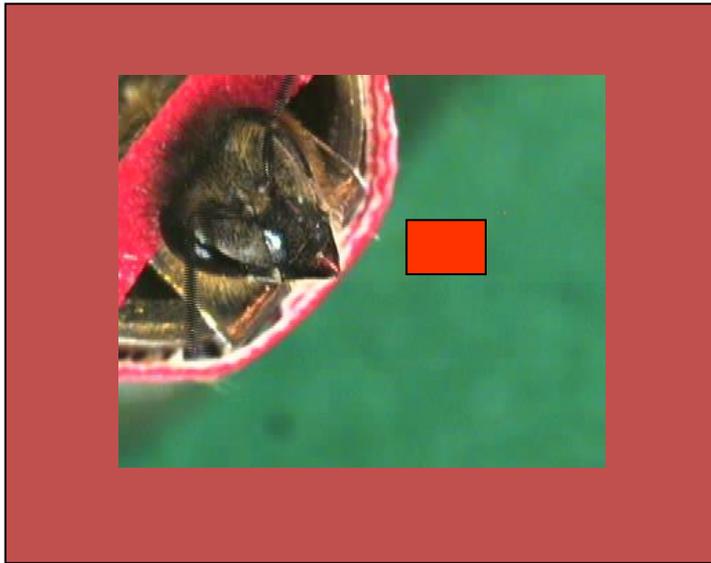
Hemmende Rückkopplungsneurone des Pilzkörpers



Melden diese Rückkopplungsneurone gelernte Reizkonstellationen?

Wozu könnte diese hemmende Rückmeldung dienen?

Kontext abhängiges Lernen: die Duftbelohnung hängt von einem visuellen Stimulus (Farbe) ab



belohnte Farbe
F+

belohnter Duft
D+



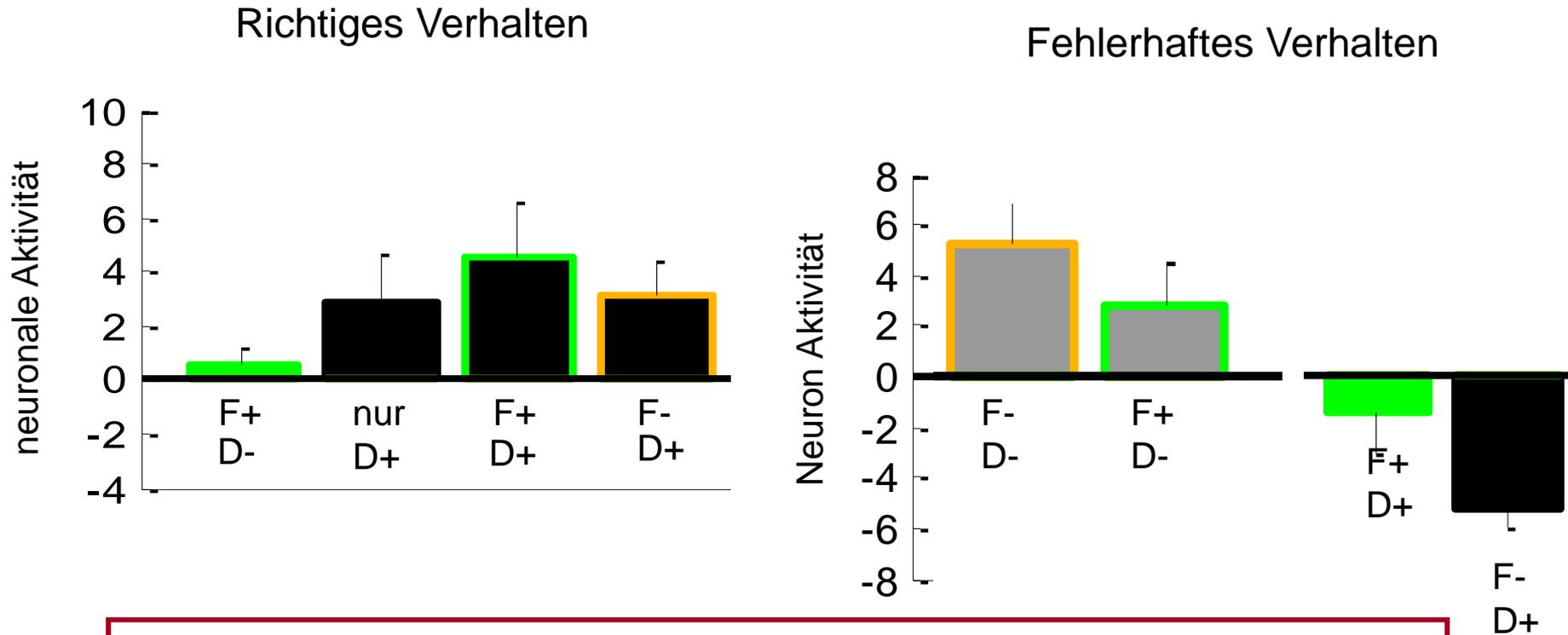
nicht
belohnte Farbe
F-



nicht
belohnter Duft
D-

Im Erinnerungstest werden die einzelnen Reize getestet (**F+**, **D+**, **F-**, **D-**) und alle Kombinationen (**F+D+**; **F+D-**; **F-D+**; **F-D-**).

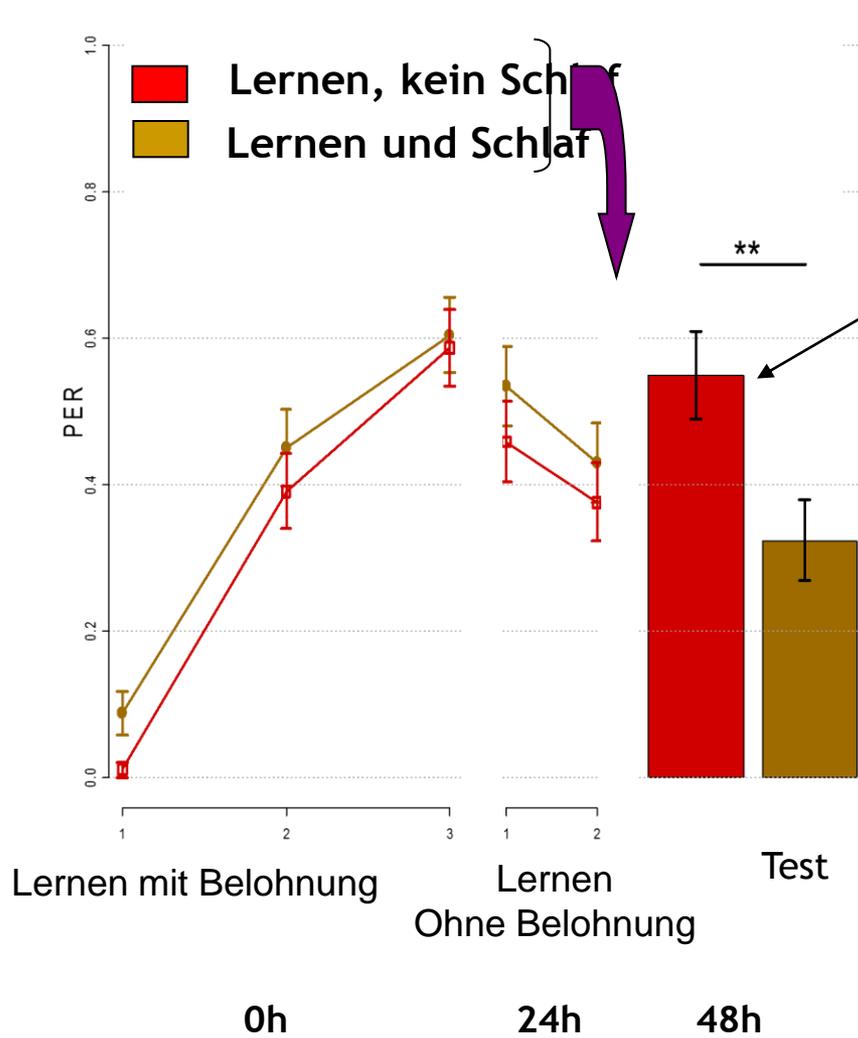
Was machen die Rückkopplungsneurone nach dem Lernen wenn die Tiere richtig oder falsch reagieren?



Der „Fehler“ der Neurone besteht darin, dass sie für eine falsche Reizkonstellation ein Signal geben das sie für das richtige Signal gelernt hatten.

Wenn die Tiere Fehler machen dann ist auch die Aktivität in den Rückkopplungsneuronen „falsch“

Gedächtnisbildung im Schlaf



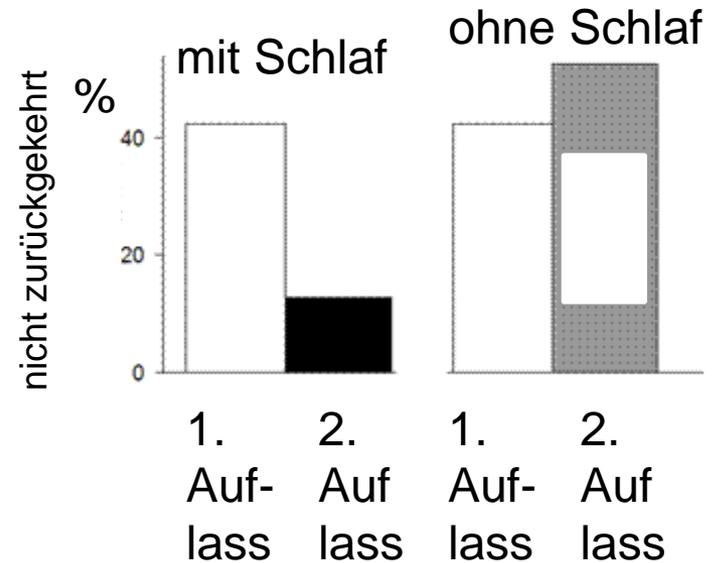
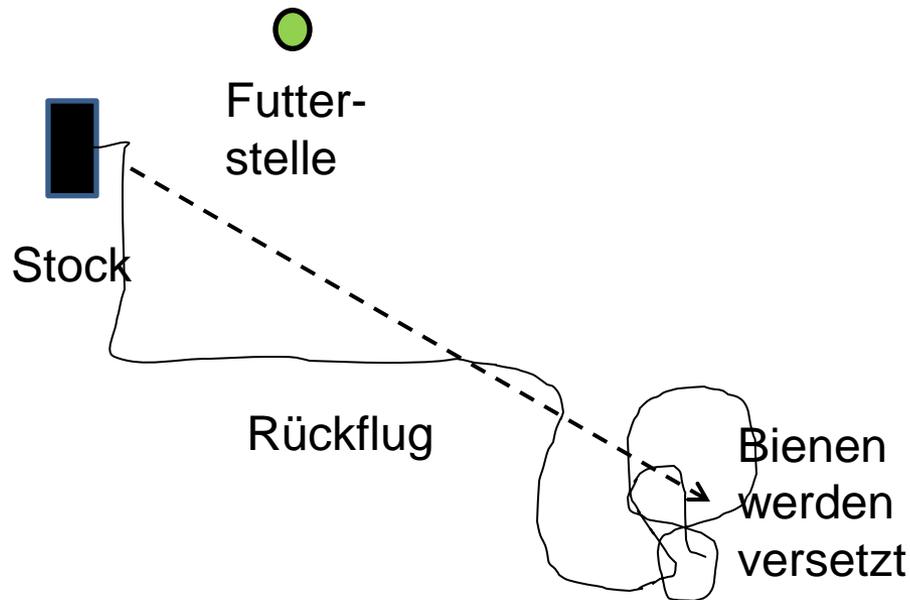
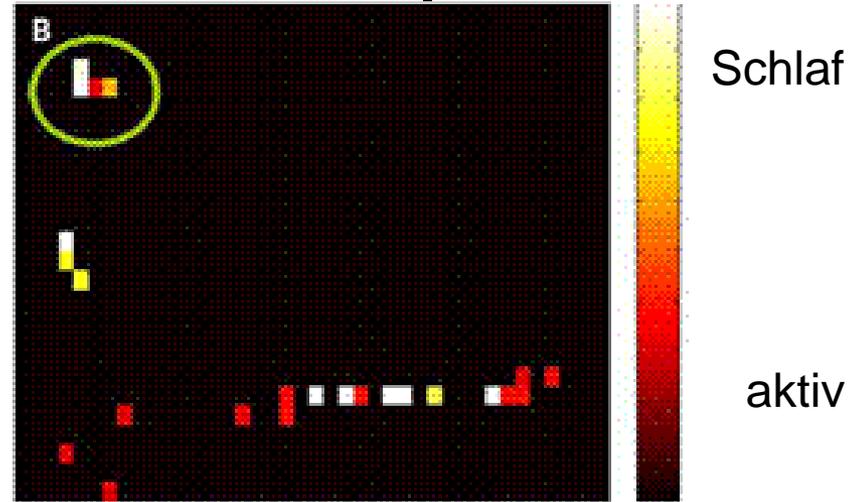
Schlafverhinderung durch Schütteln



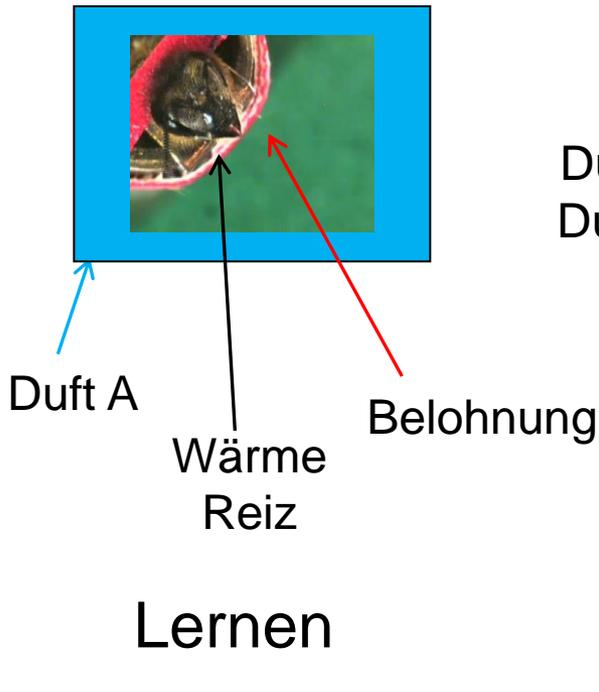
Schlaf fördert auch das Gedächtnis für das Zurückfinden zum Stock



Bienen schlafen an bevorzugten Stellen auf der Wabe.



Wenn man Bienen im Schlaf an das Gelernte erinnert ist ihr Gedächtnis am nächsten Tag besser



Duft A wenn sie schlafen
Duft B wenn sie schlafen
Duft A wenn sie nicht schlafen
Duft B wenn sie nicht schlafen
Kein Duft

Sie erinnern sich an die Lernaufgabe am besten wenn sie Duft A während des Schlafens bekamen

Schlaf in der Nacht

Martin Giurfa
Mariana Gil
Jacqueline Fuchs
Andreas Kirbach
Uwe Greggers
Gisela Manz
Martin Hammer
Ryuichi Okada
Jürgen Rybak
Paul Szyszka
Ryuichi Okada
Martin Strube-Bloss
Martin Nawrot
Ina Sella



Martin
Strube-Bloss

Gisela
Manz

Paul
Szyszka



Martin Hammer



Ryuichi Okada



Ina Sella

das Radar Team

Unterstützt durch:

Deutsche Forschungsgemeinschaft,
Bernstein Center of computational neuroscience, Hertie-Stiftung,
Tschira-Stiftung, A.v.Humboldt-Stiftung,
Deutscher Akademischer Austauschdienst, Olin Stiftung,
Freie Universität Berlin

Ich danke Ihnen für Ihr Interesse und Ihre
Aufmerksamkeit.
Bleiben Sie Ihren Bienen treu.

Unsere web site:

<http://www.neurobiologie.fu-berlin.de/menzel/forschungsthematik-menzel.html>

http://www.neurobiologie.fu-berlin.de/Umweltspäher/Startseite_BienenUmweltspaeher.html