Die Intelligenz der Bienen und wie ihr kleines Gehirn das schafft

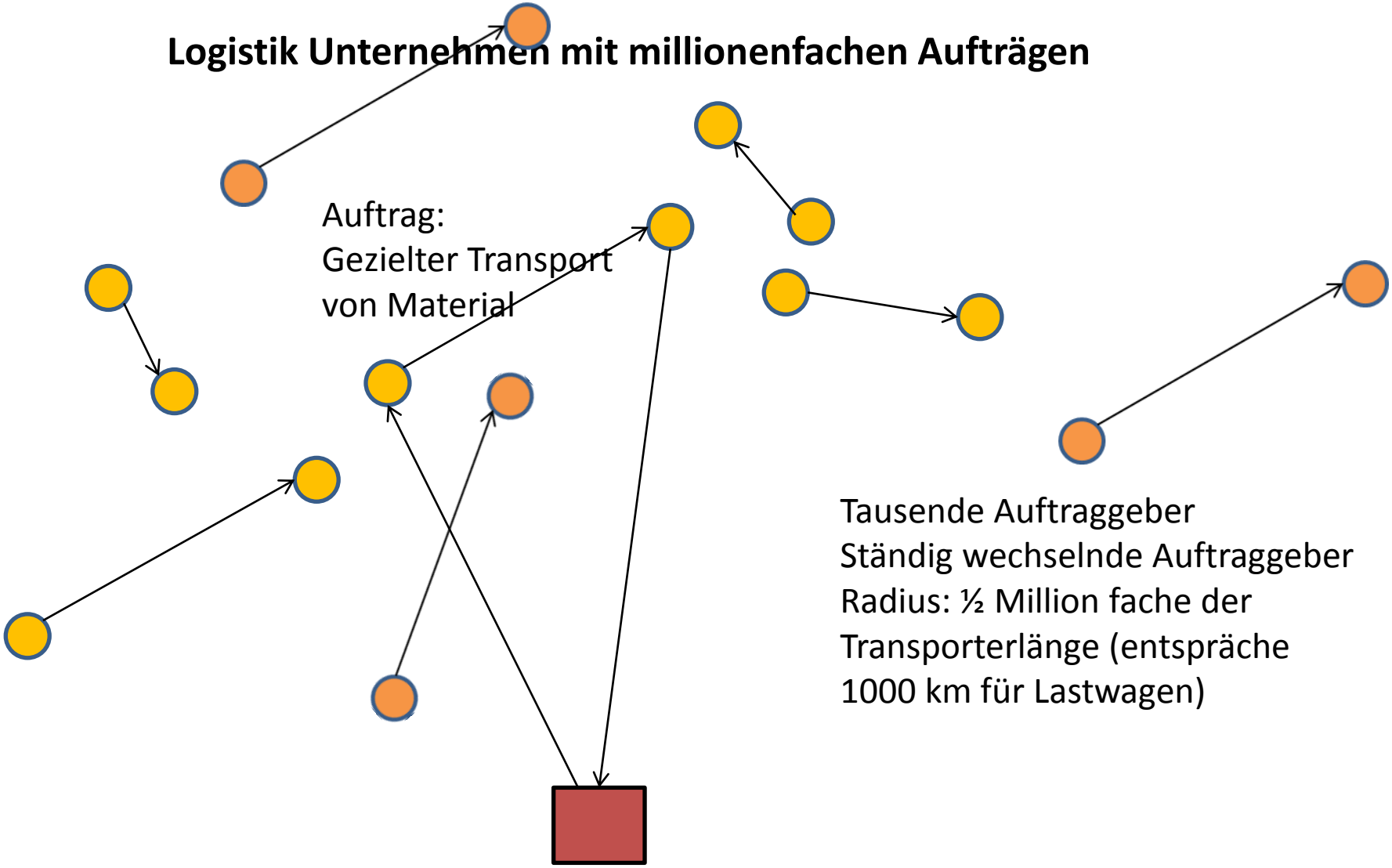
Wie Bienen navigieren und wie sie durch Pestizide gestört werden

Randolf Menzel,
Freie Universität Berlin

www.neurobiologie.fu-berlin.de

Weimar 2014

Logistik Unternehmen mit millionenfachen Aufträgen



Ziel: hoher Profit, hohe Rendite

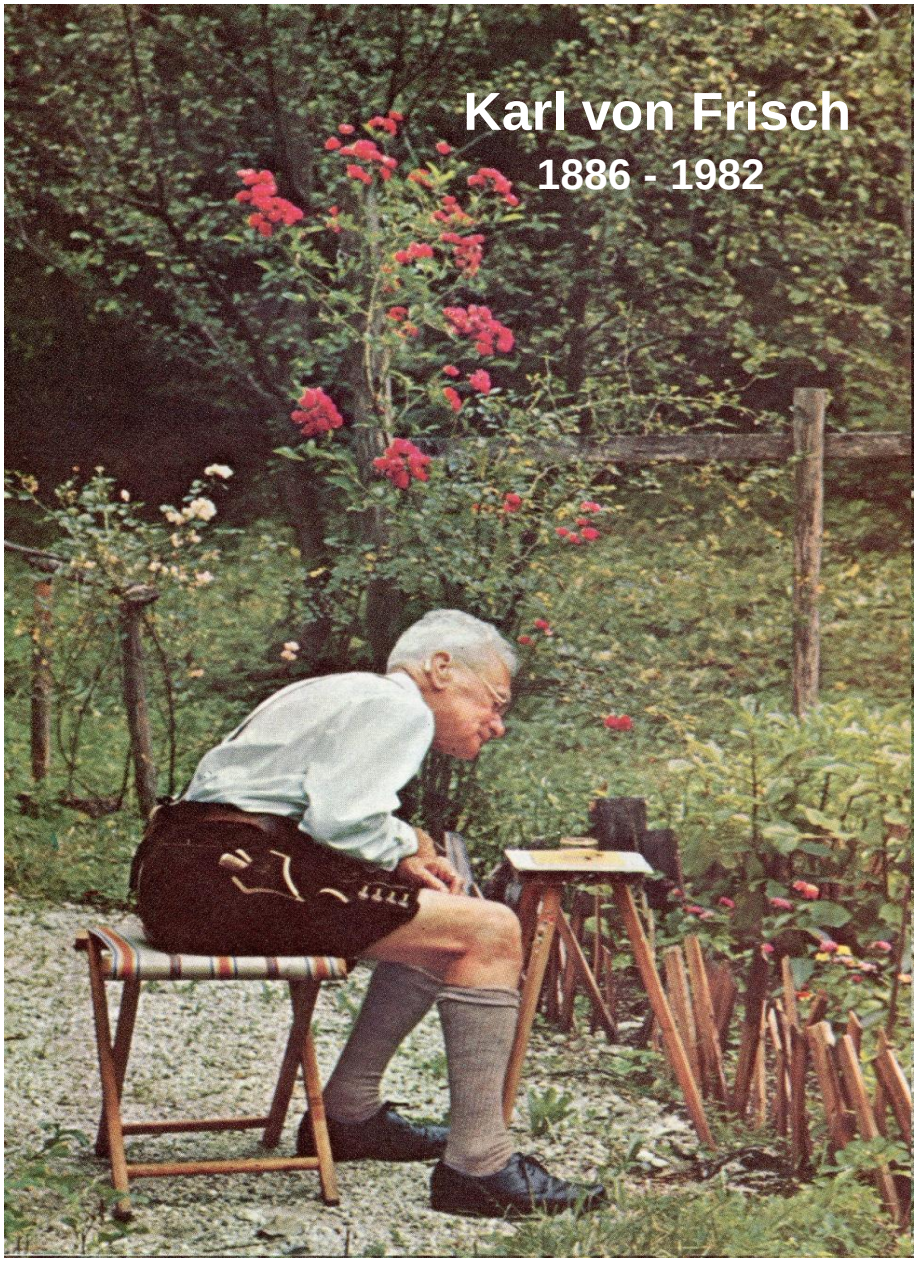
Die Intelligenz der Bienen und wie ihr kleines Gehirn das schafft

Randolf Menzel,
Freie Universität Berlin

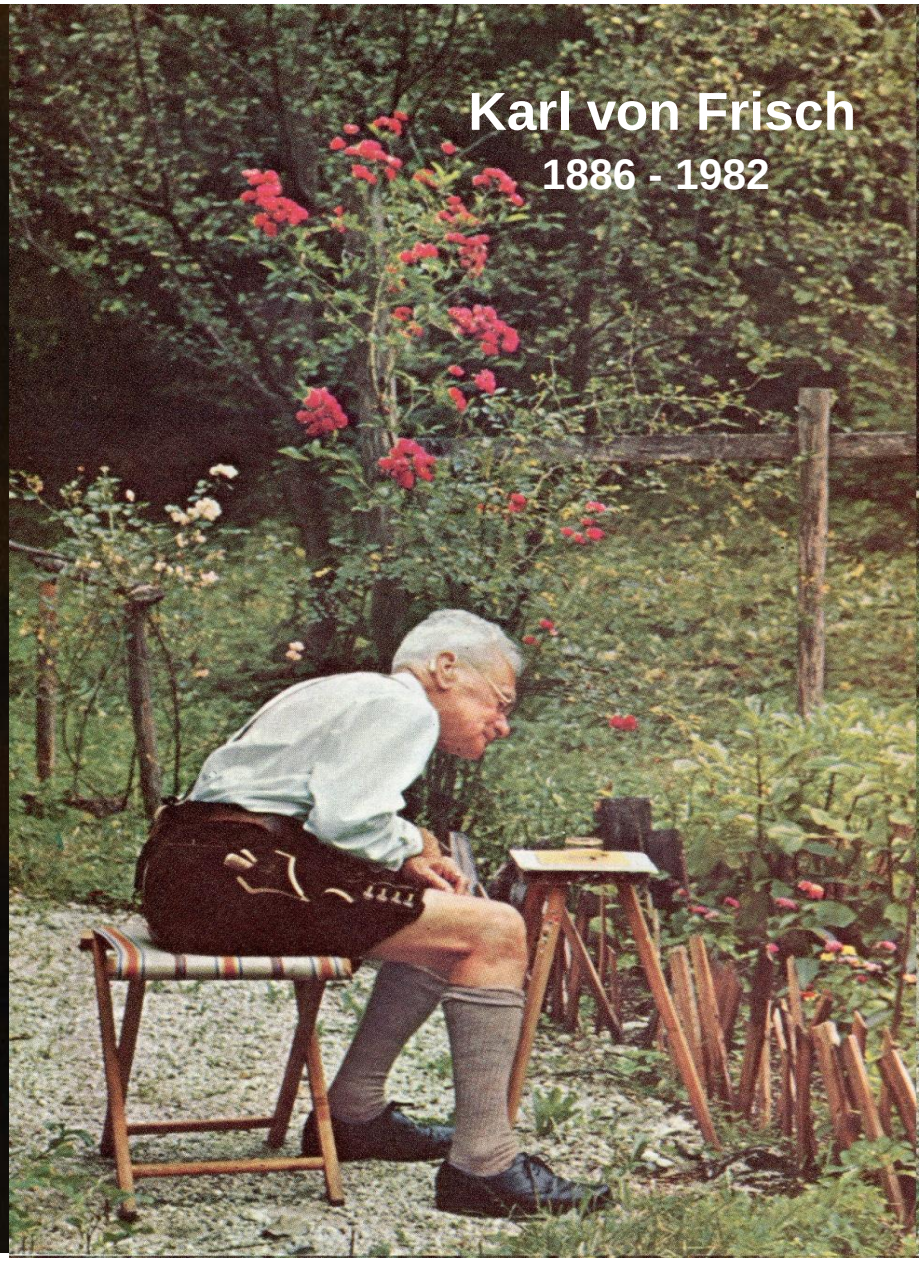
www.neurobiologie.fu-berlin.de

Weimar 2014

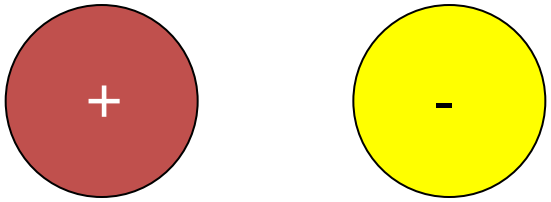
Bienen lernen die Eigenschaften von Blüten (Duft, Farbe, Gestalt, und wie sie den Nektar und Pollen am besten gewinnen können)



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

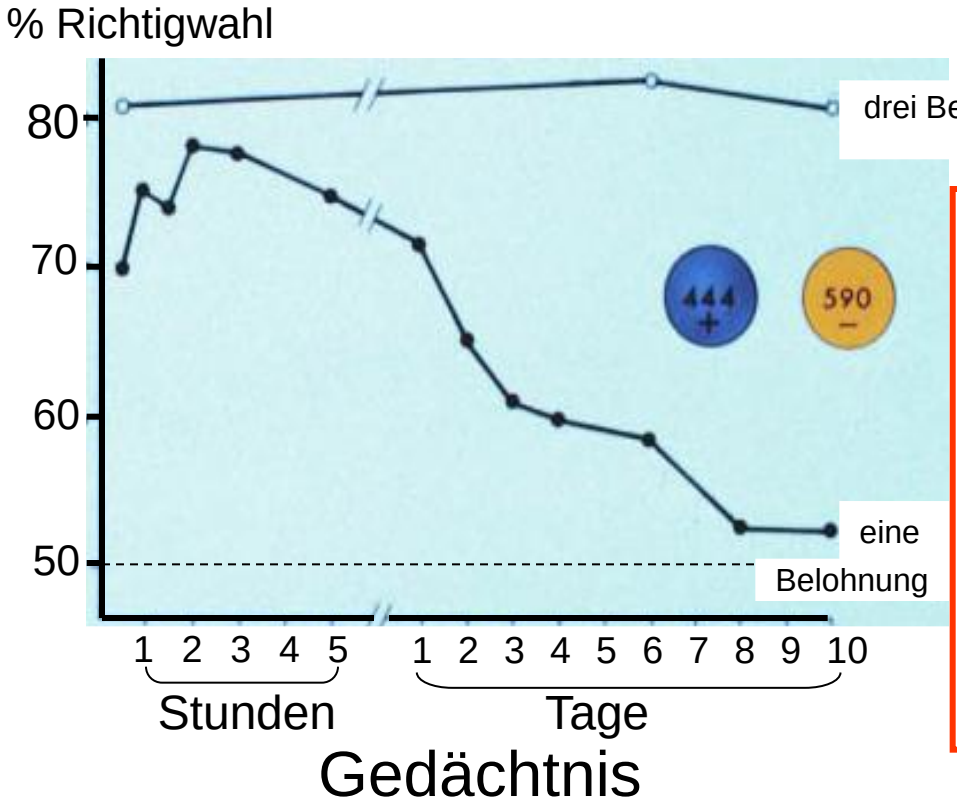


Bienen lernen schnell und halten das Gelernte lange im Gedächtnis



Farben lernen

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



Solche Experimente zeigen:

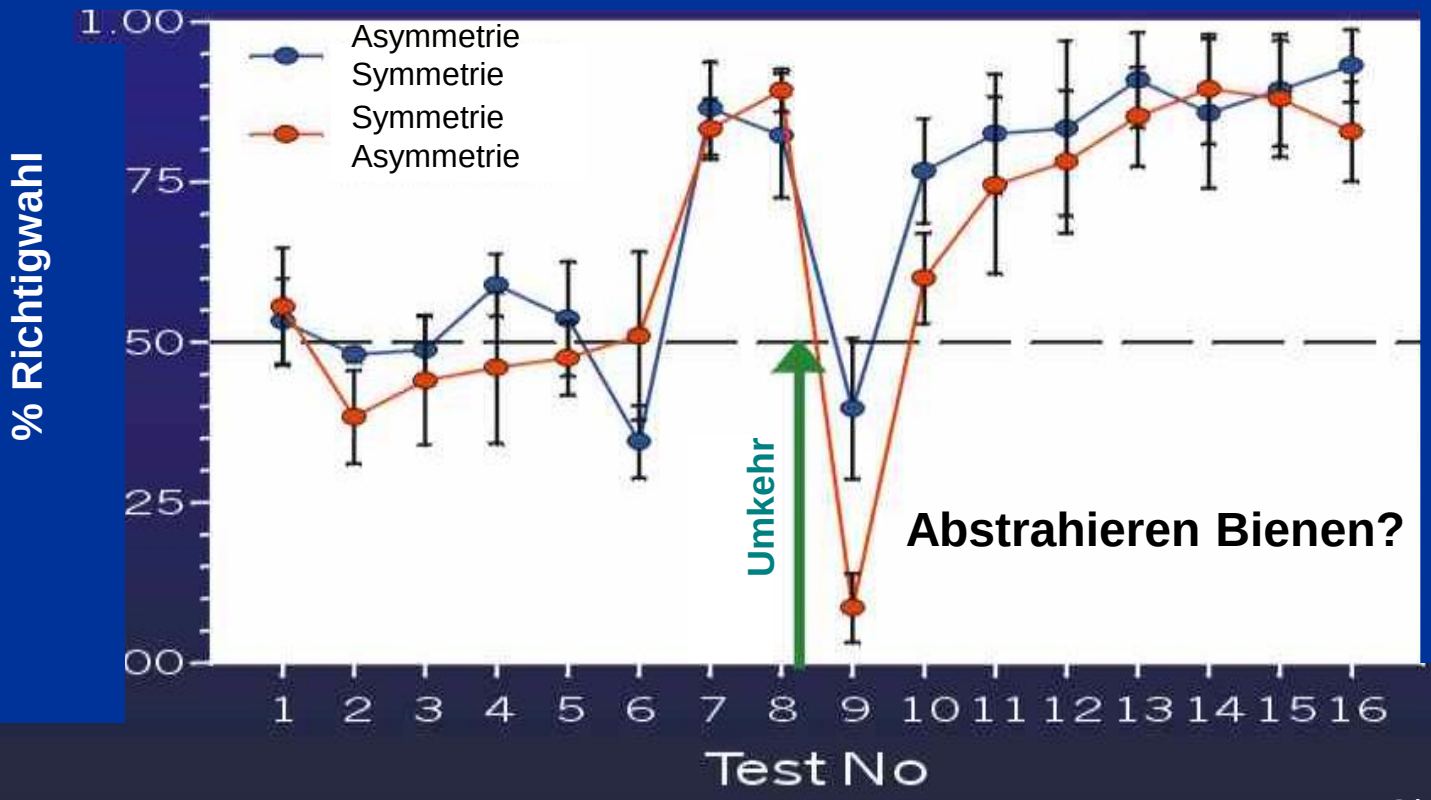
-Sie haben wie andere Tier und der Mensch verschiedene Gedächtnis-phasen.
-Die Überschreibung von frühen zu späten Gedächtnisphasen er-folgt über Molekülreaktionen, die denen bei anderen Tieren und dem Menschen gleichen.

Bienen lernen nicht nur einfache Aufgaben:

Spiegel symmetrische von unsymmetrischen Formen unterscheiden

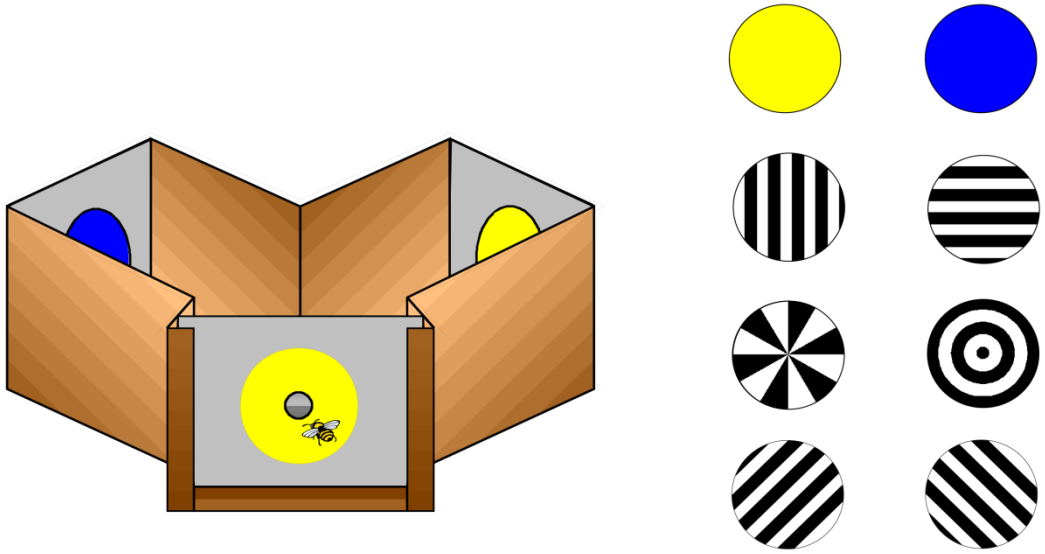
Testmuster

Dressurmuster

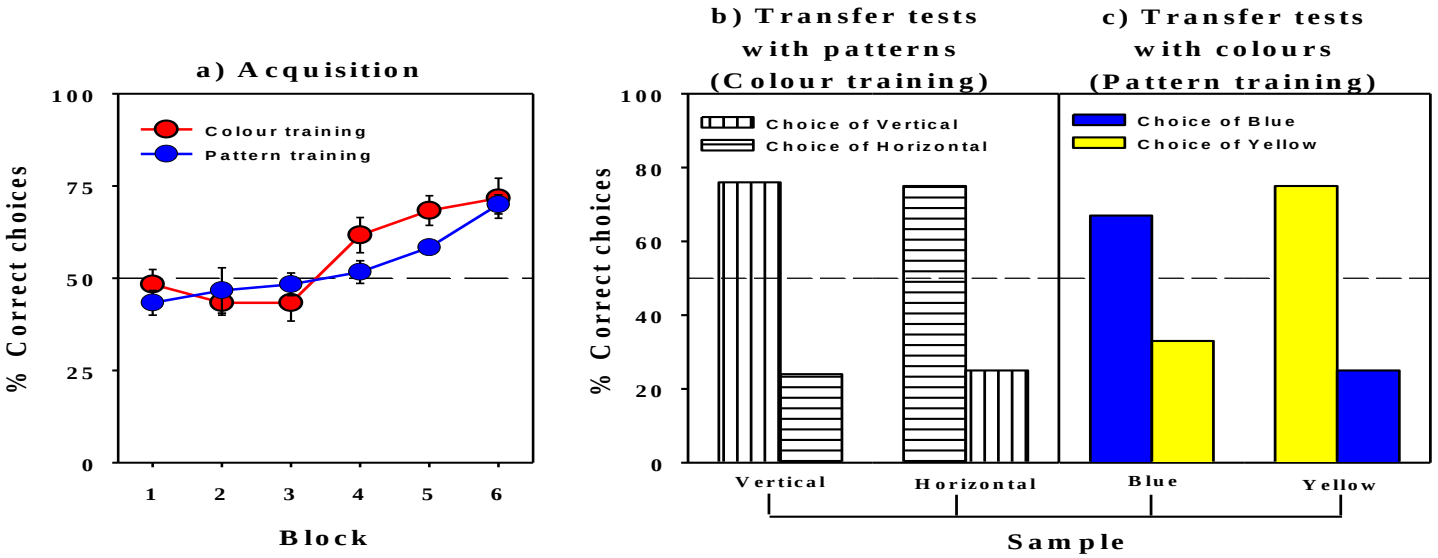


Giurfa et al.1996

Lernen von Regeln: Gleich oder verschieden



Vergleichen und wählen: gleich oder verschieden

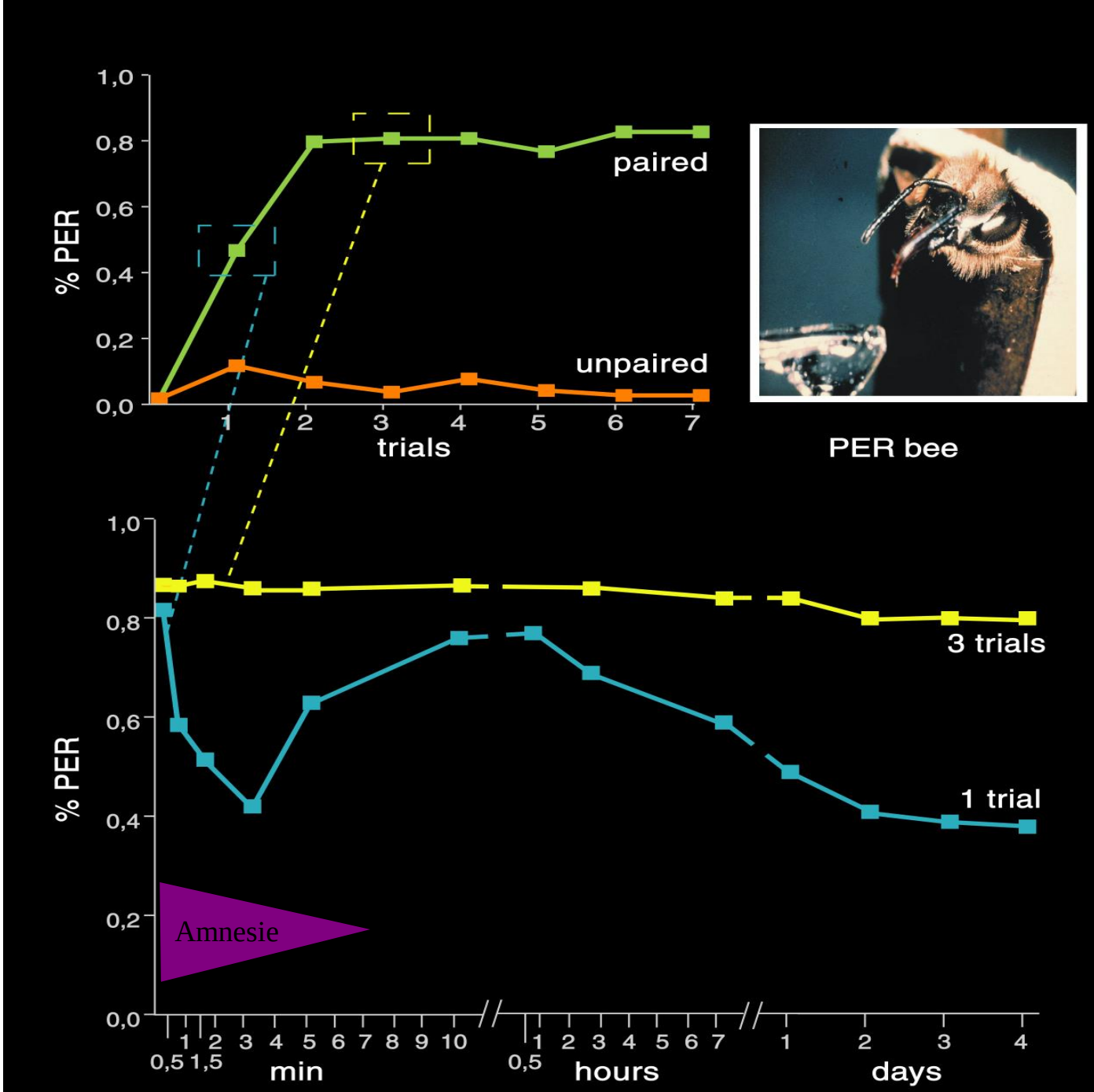


CS+: Duft

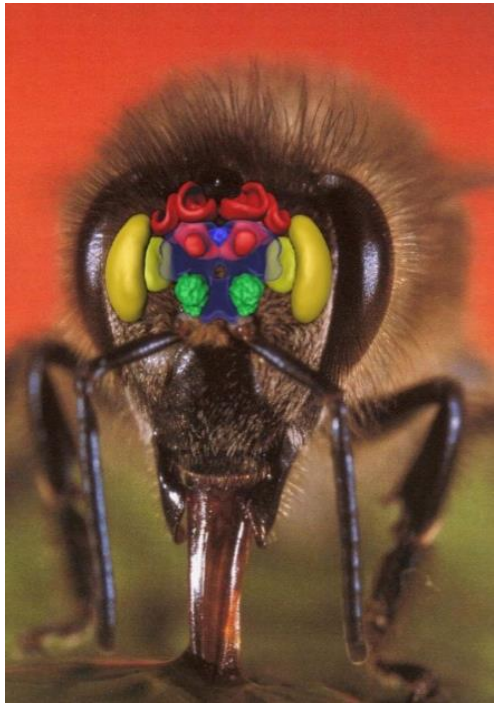
CS: odor

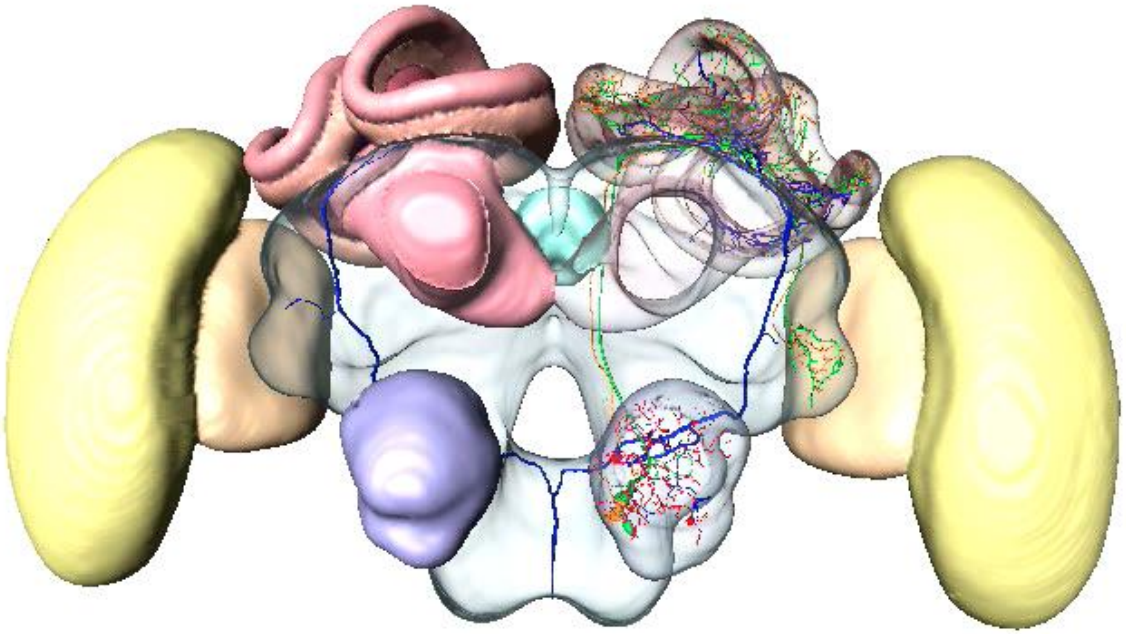
Lernen:

Erinnern (Gedächtnis):

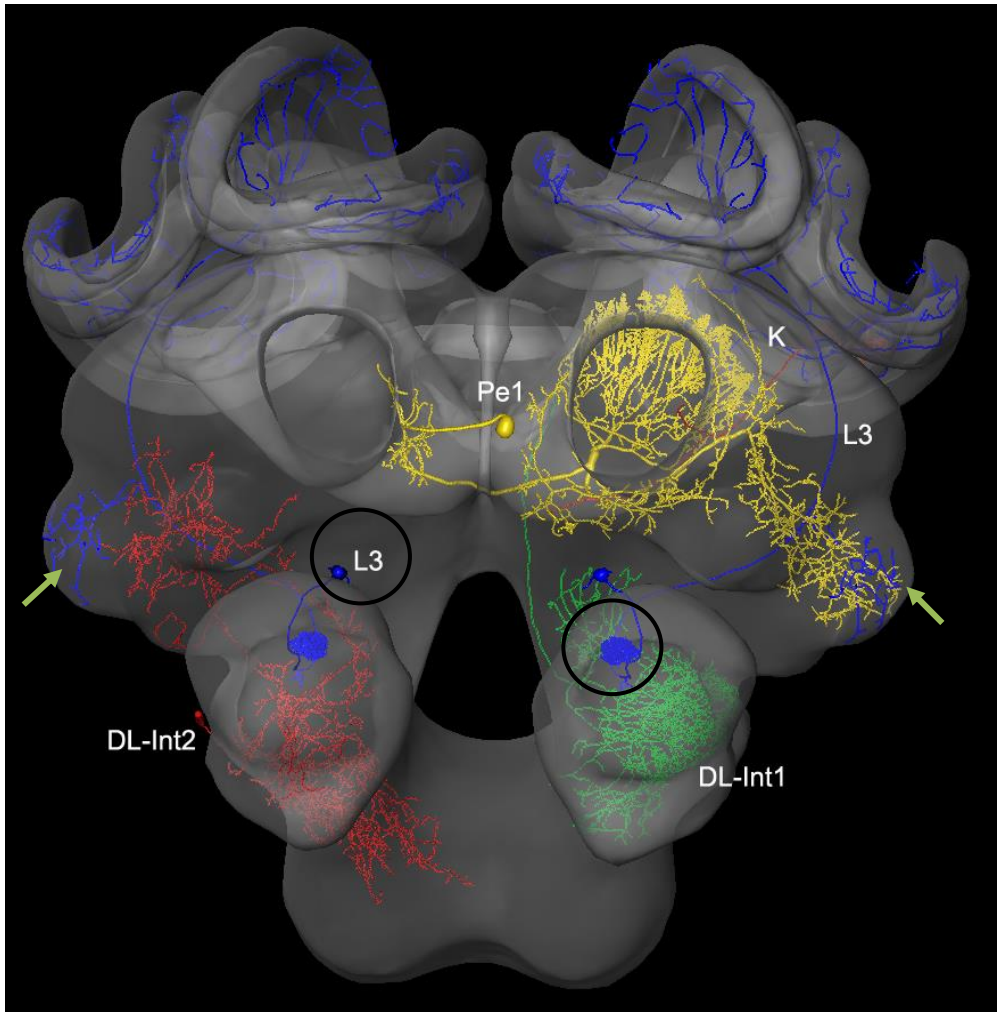


Das Bienengehirn:
etwa 1 mm^3, ca eine Million Neurone

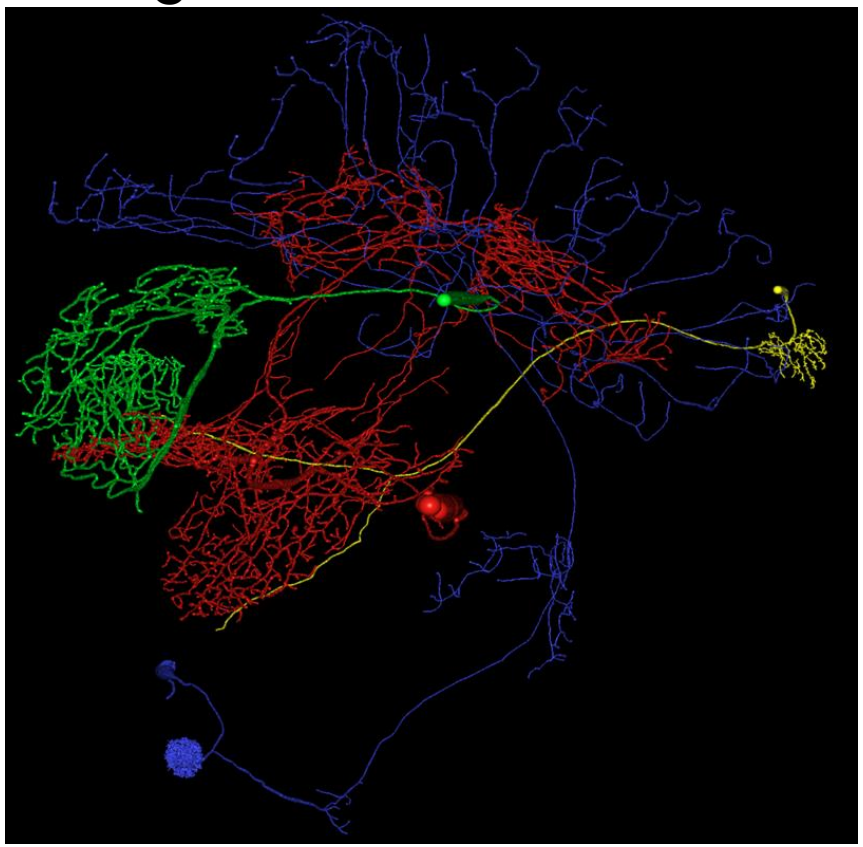




Neuronale Netze im zentralen Bienengehirn



C



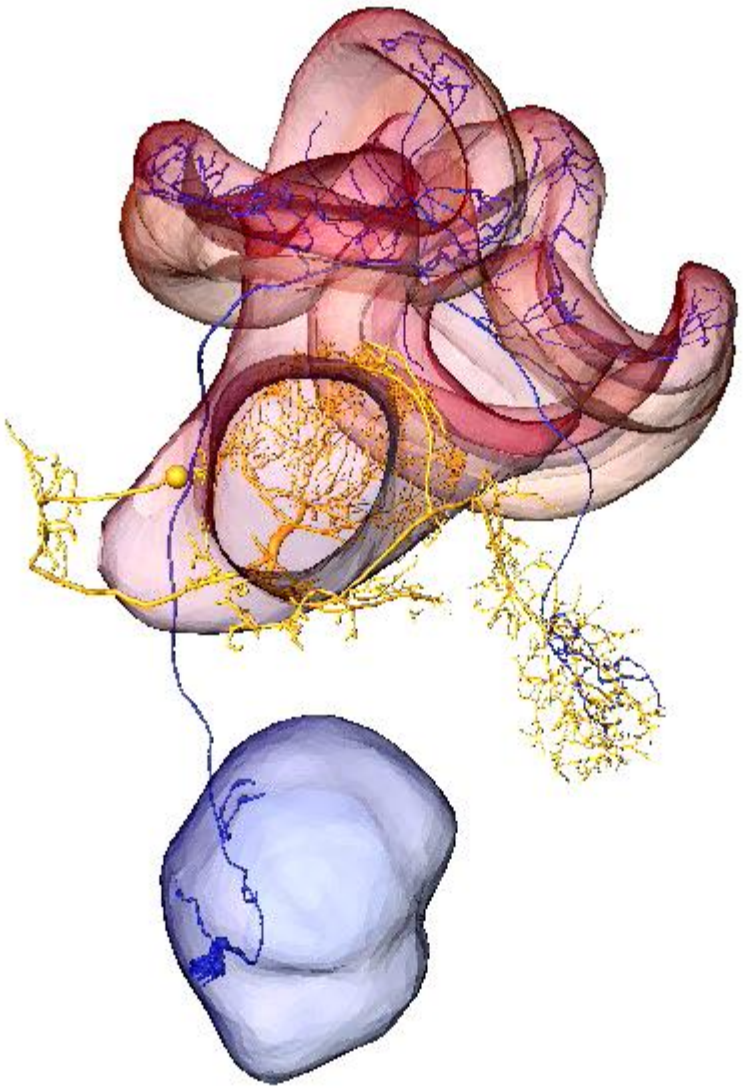
Wir kennen einzelne Neurone im Bienen-gehirn und ihre Verschaltung

Pilzkörper

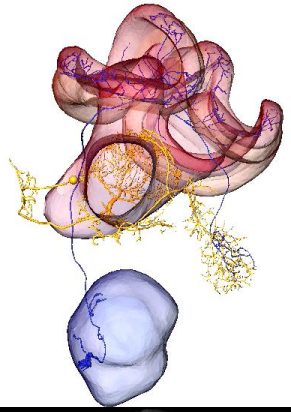
Das Neuron mit dem Namen PE 1

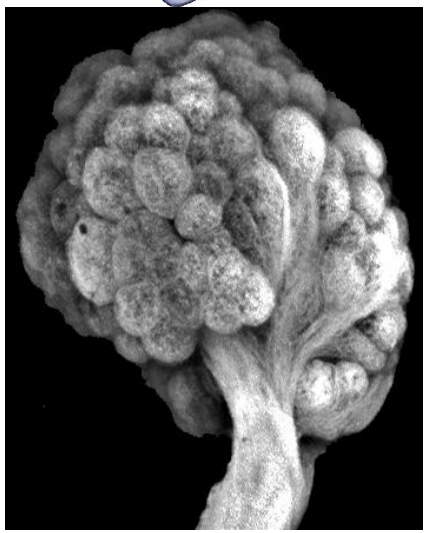
Ein Projektions-Neuron vom Antennenlobus zum Pilzkörper

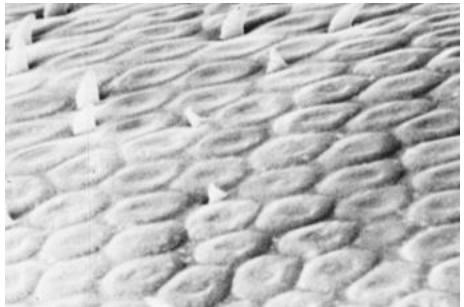
Antennen Lobus

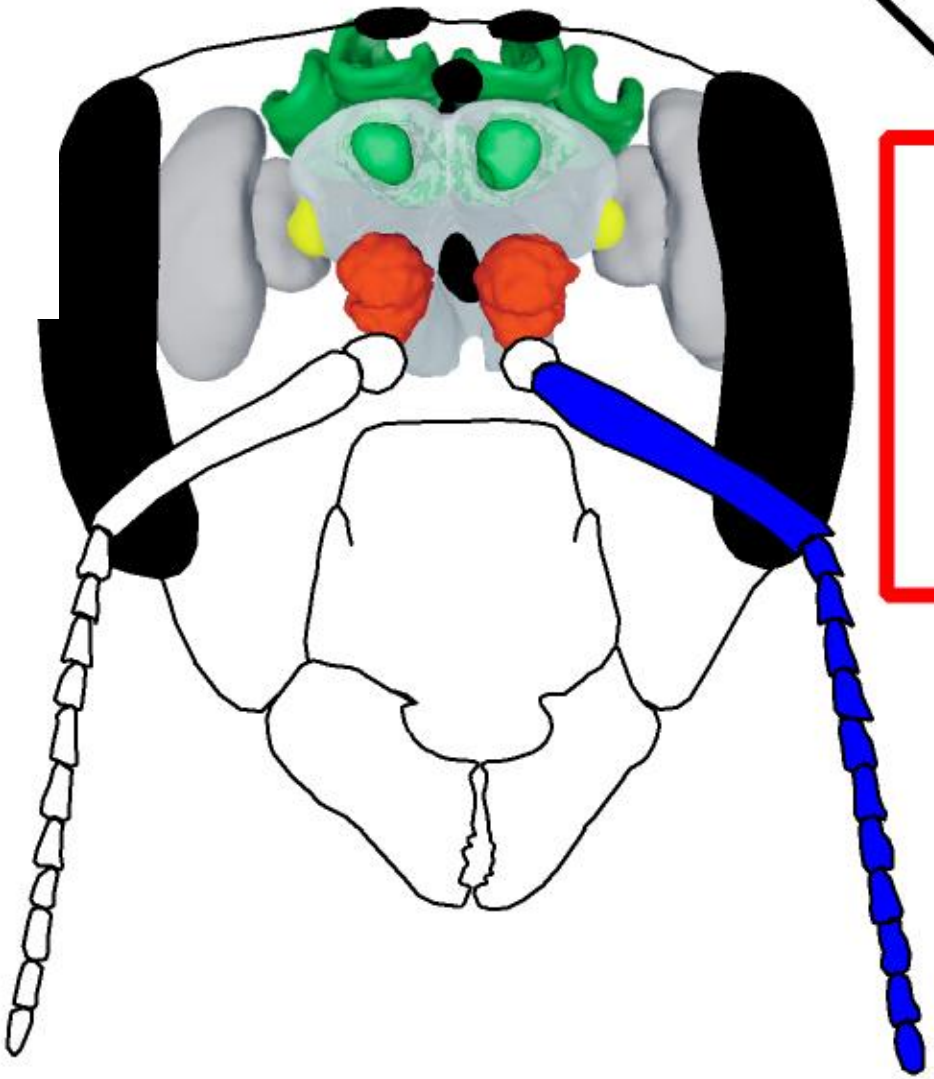


Die olfaktorische Bahn









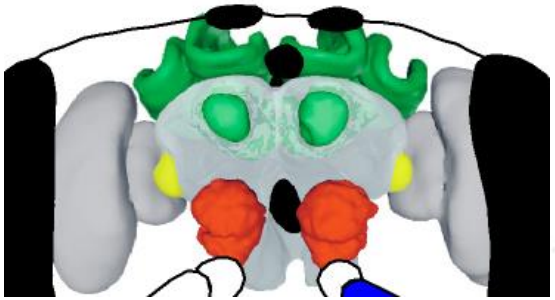
Pilzkörper

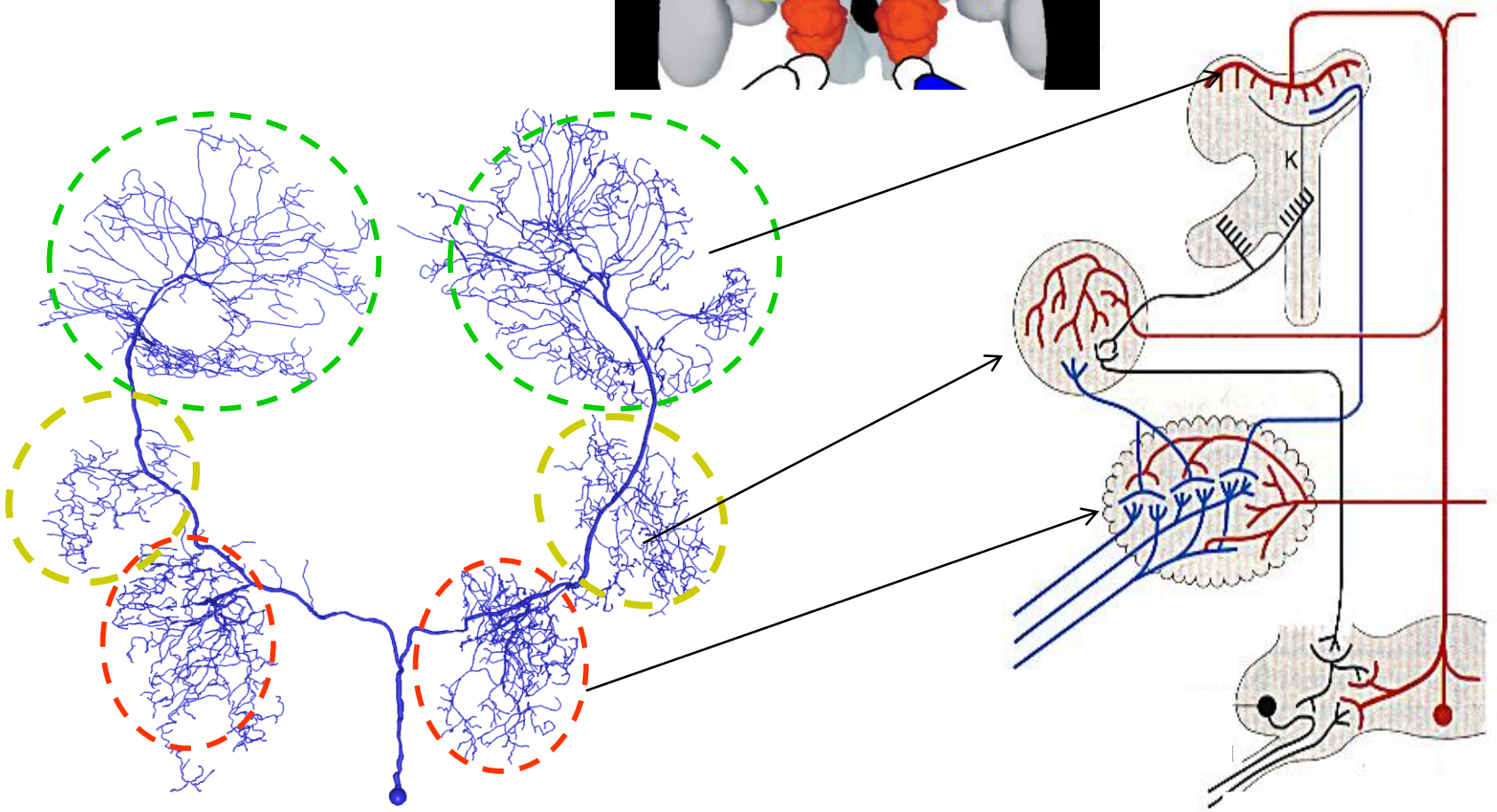
laterales Proto-cerebrum

Antennal Lobus mit 160 Glomeruli

Antenne mit 60 000 Rezeptoren

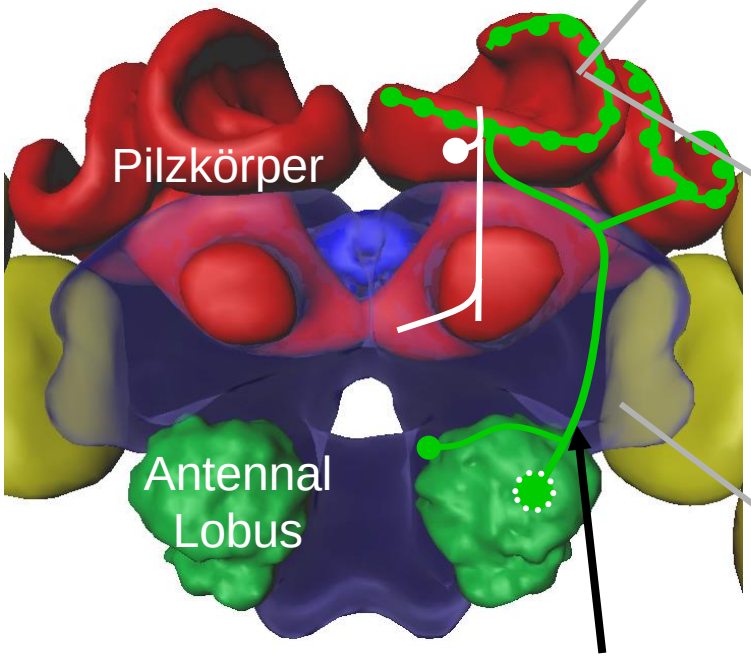
Die Belohnungsbahn beim Duftlernen



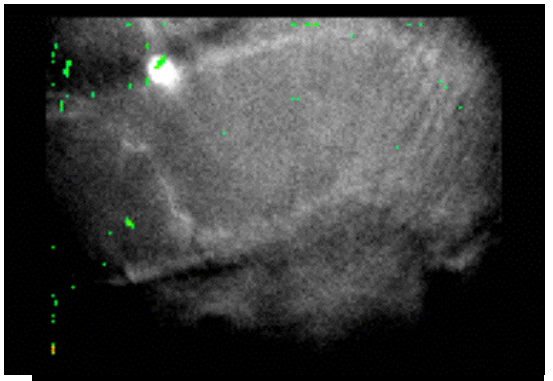


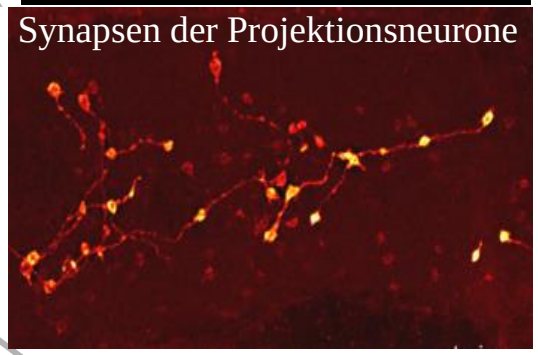
VUMmx1: das Belohnungsneuron

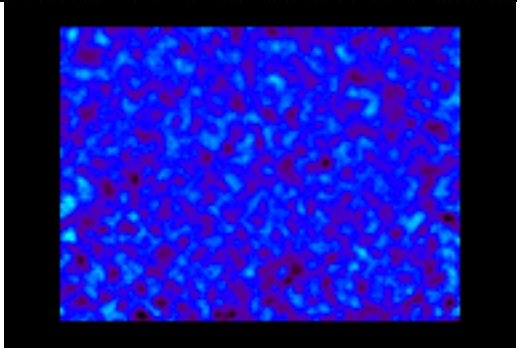
Wo im Gehirn der Biene suchen wir das Duftgedächtnis?

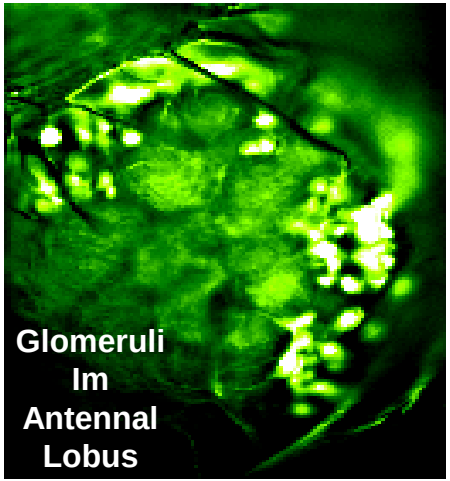


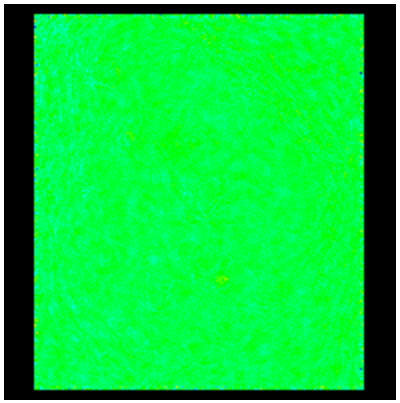
Duft induzierte Signale





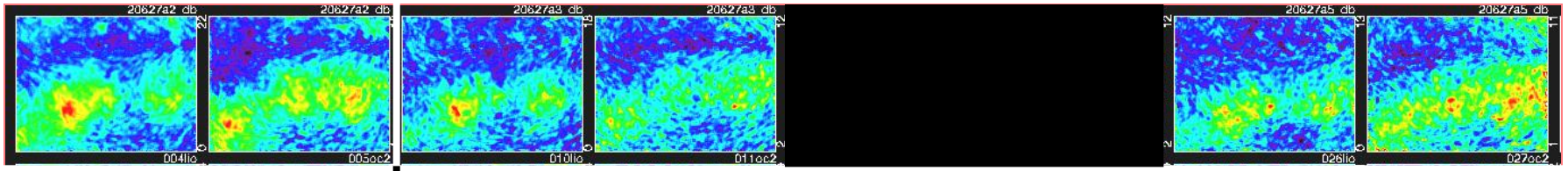






Szyszka et al. 2005

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



später gelernter Duft

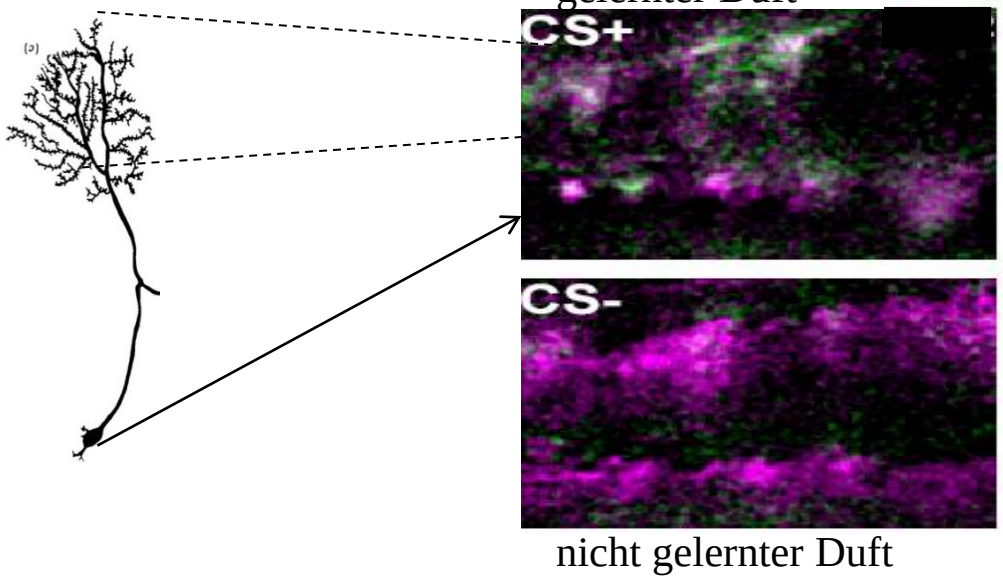
später nicht gelernter Duft

gelernter Duft Mit Belohnung gepaart

nicht gelernter Duft

gelernter Duft

nicht gelernter Duft



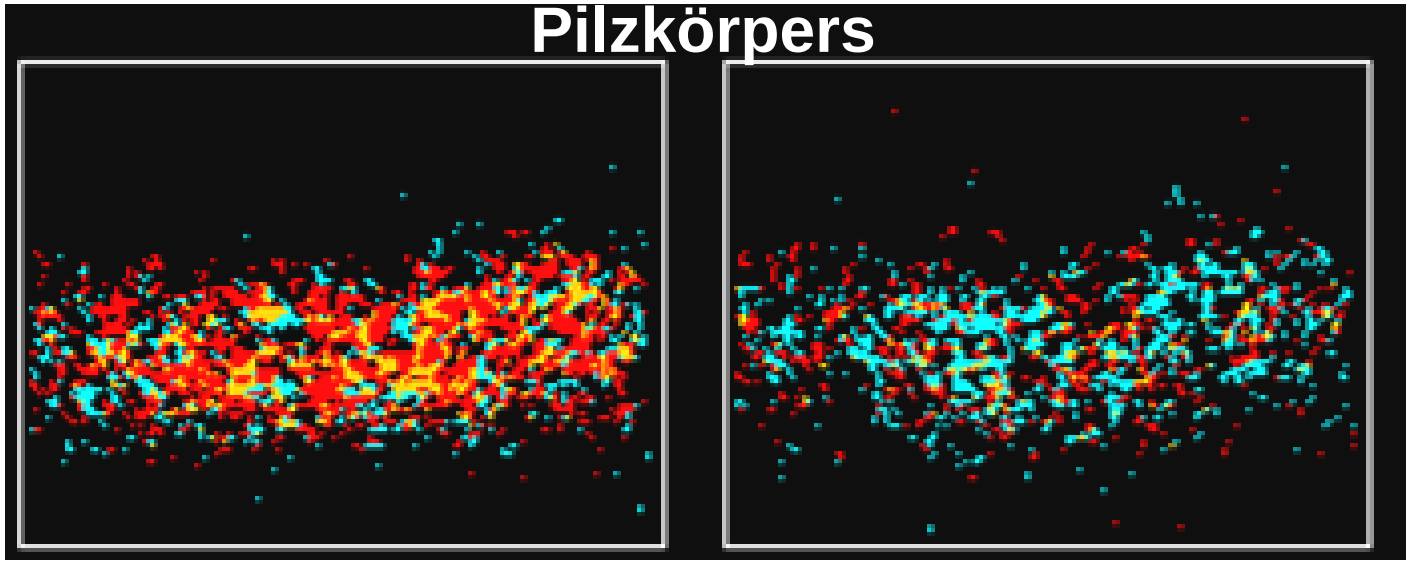
Vortest Aktivität violett

Nachtest Aktivität grün

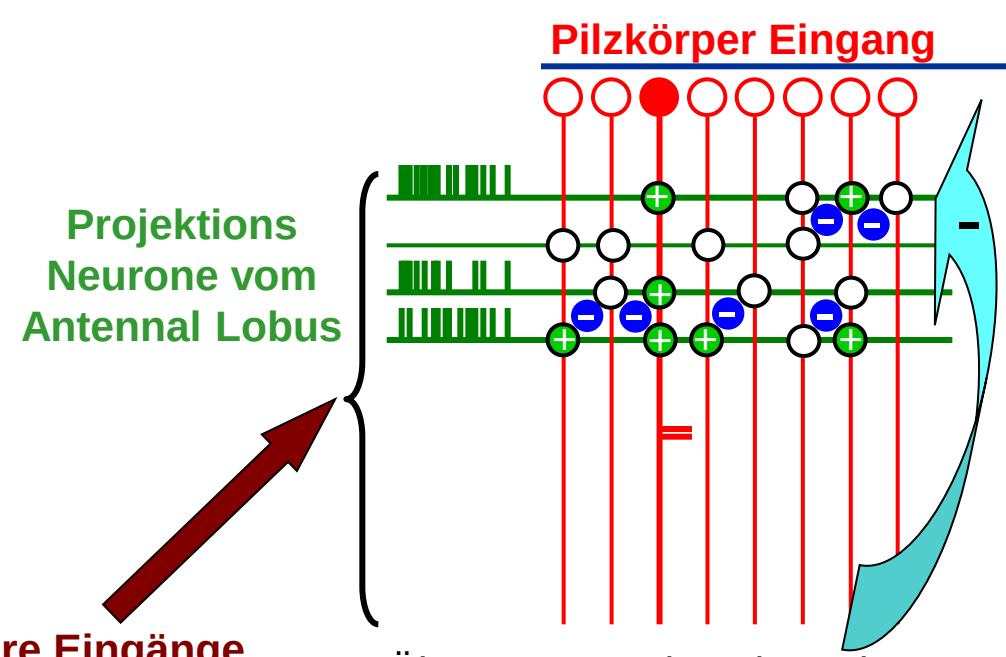
Aktivität sowohl bei Vortest wie Nachtest: weiß

Szyszka et al. 2008

Pilzkörpers

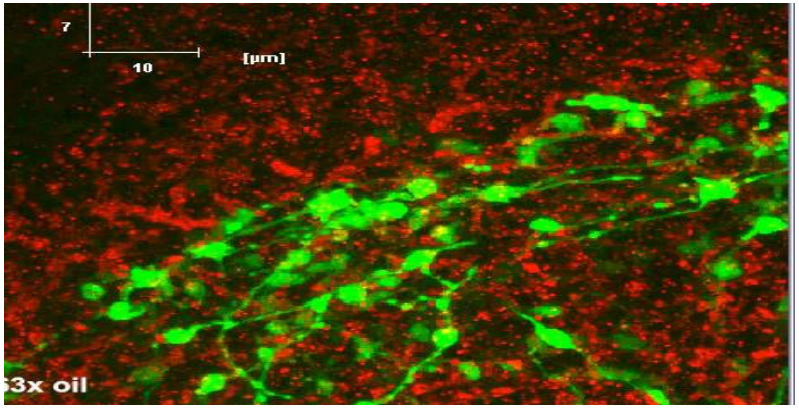


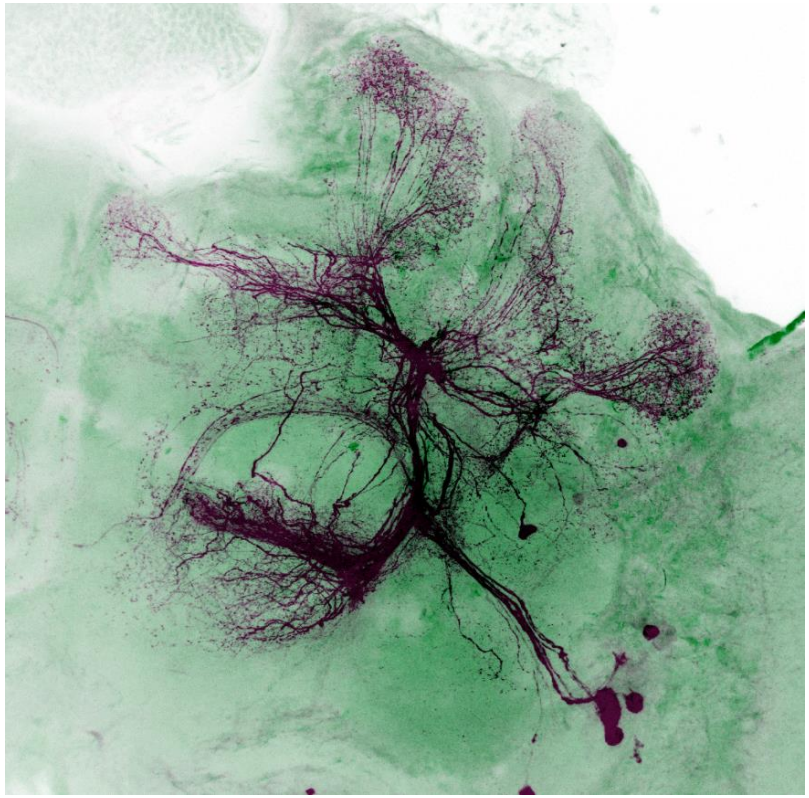
Duft Kodierung und Duft Speicherung im Eingang zum Pilzkörper

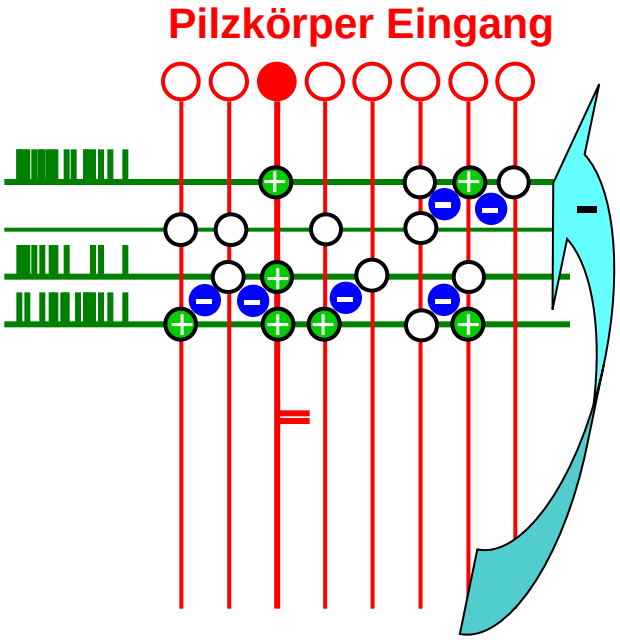


- Übersetzung eines komplexen zeitlich-räumlichen Eingangscode in einen binären räumlichen Code
- Sparsame Codierung der Duft Information

Hemmende Rückkopplungsneurone des Pilzkörpers



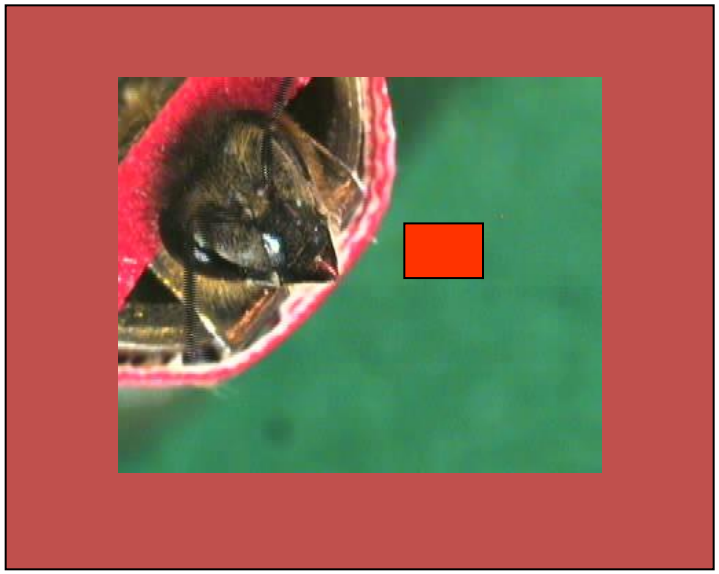


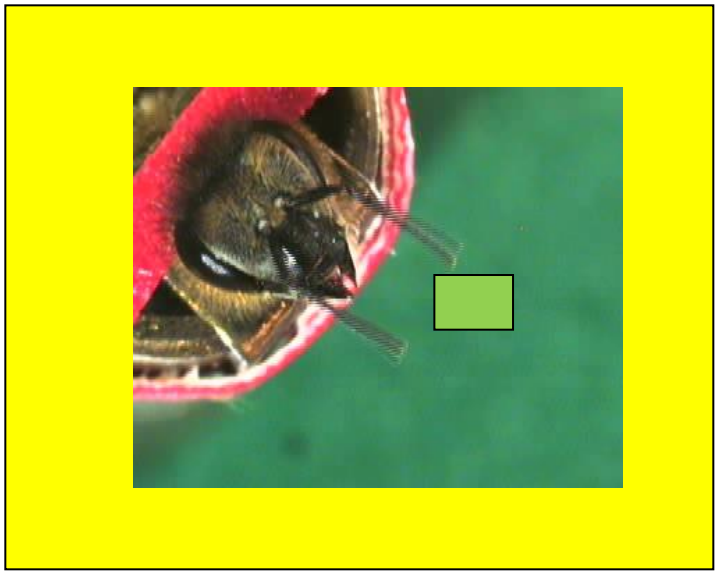


Melden diese Rückkopplungsneurone gelernte Reizkonstellationen?

Wozu könnte diese hemmende Rückmeldung dienen?

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





belohnte Farbe
F+

belohnter Duft
D+

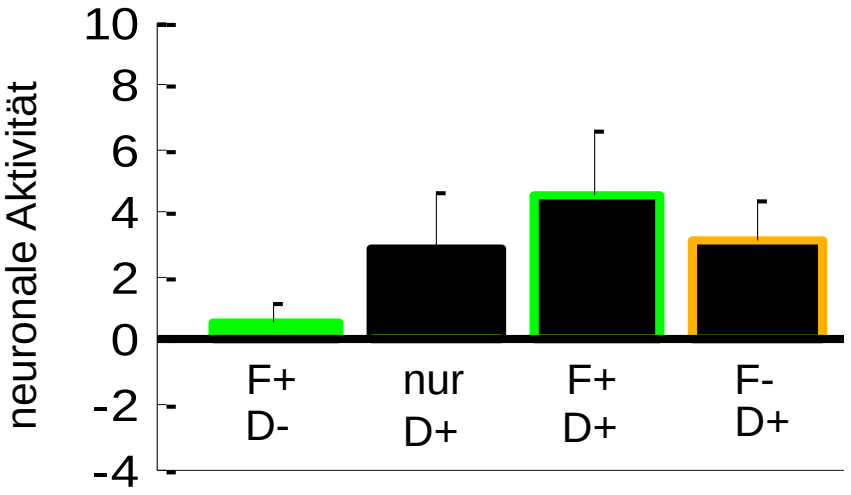
nicht
belohnte Farbe
F-

nicht
belohnter Duft
D-

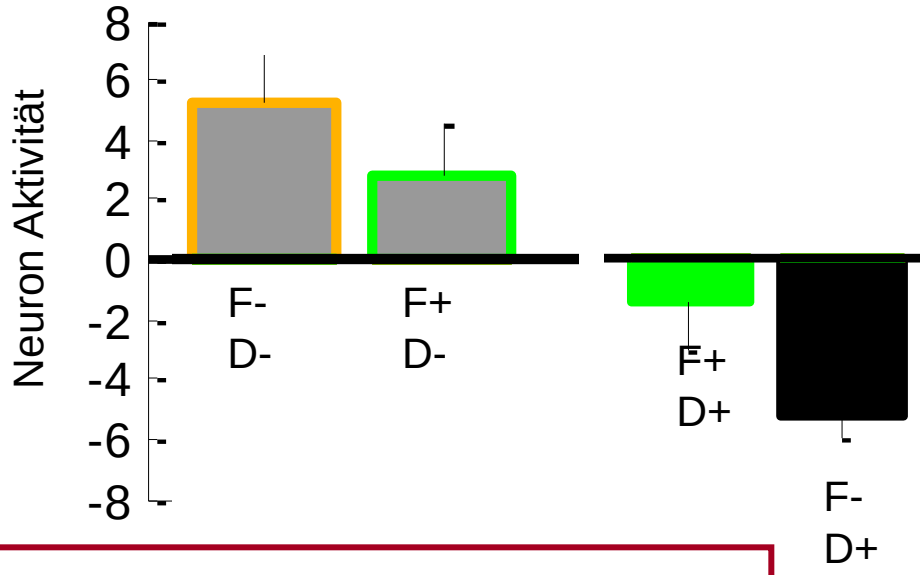
Im Erinnerungstest werden die einzelnen Reize getestet (**F+, D+, F-, D-**) und alle Kombinationen (**F+D+; F+D-; F-D+; F-D-**).

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

Richtiges Verhalten



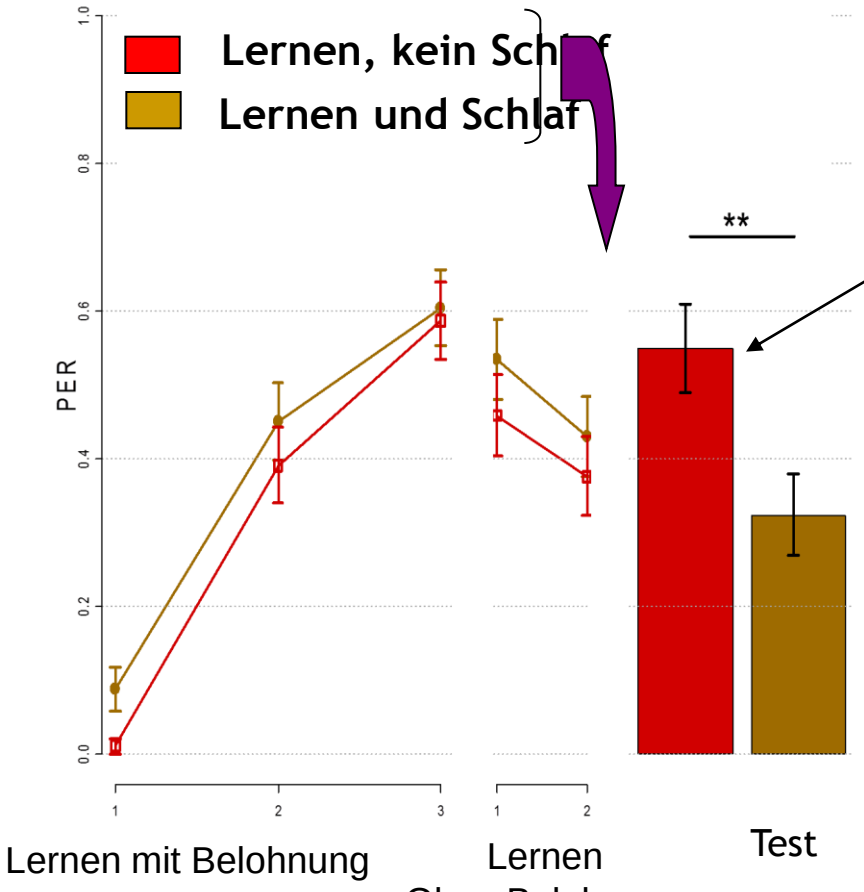
Fehlerhaftes Verhalten



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“

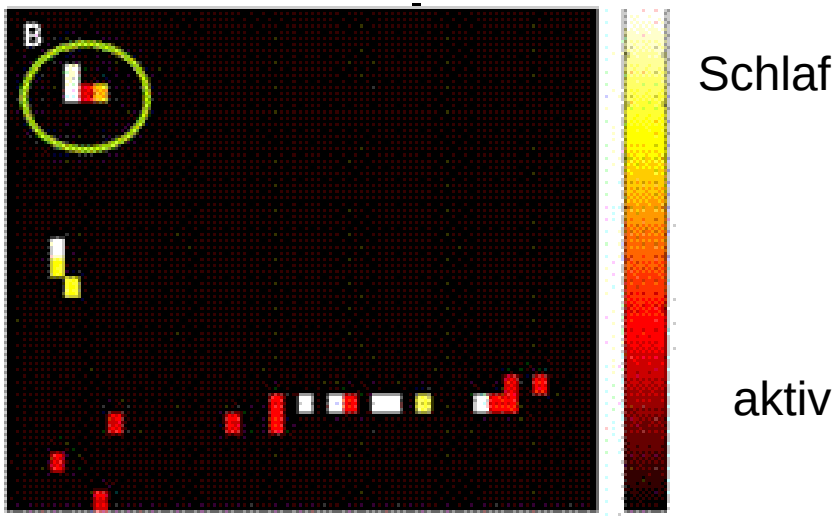
Gedächtnisbildung im Schlaf

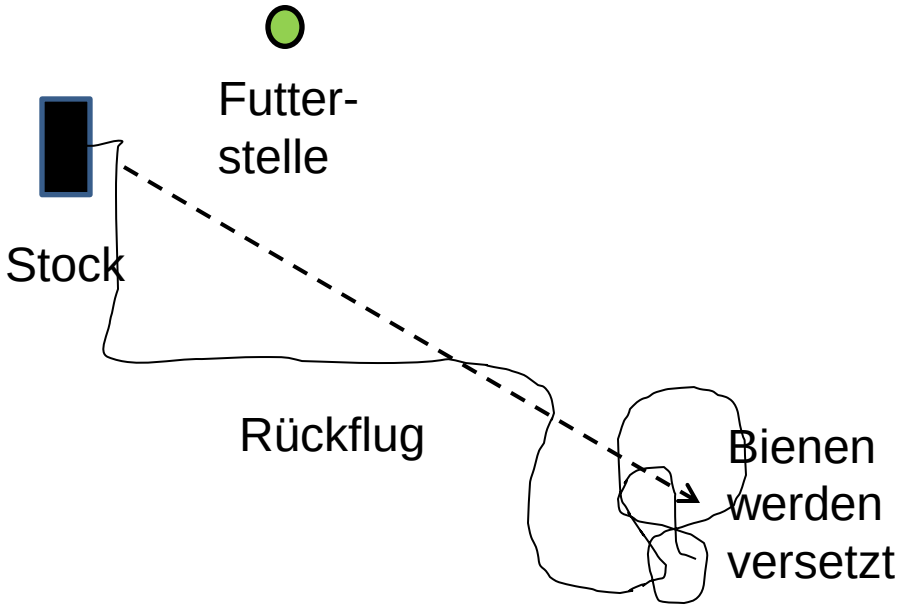


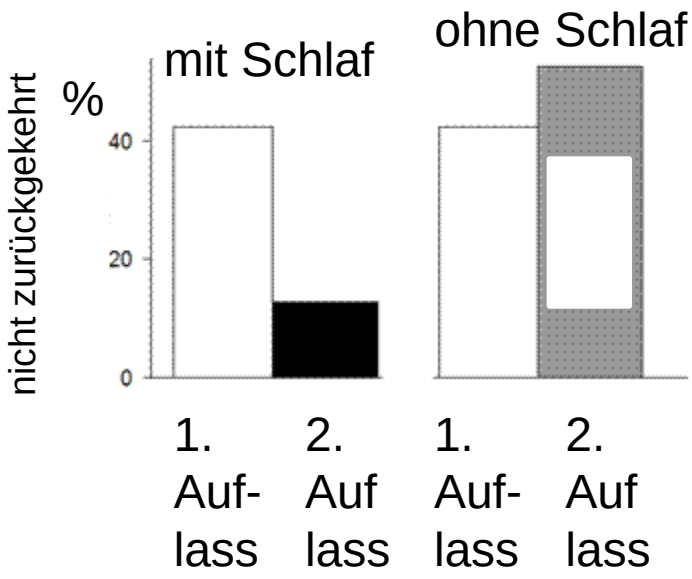
Schlafverhinderung durch Schütteln

Schlaf fördert auch das Gedächtnis für das Zurückfinden zum Stock

Bienen schlafen an bevorzugten Stellen auf der Wabe.

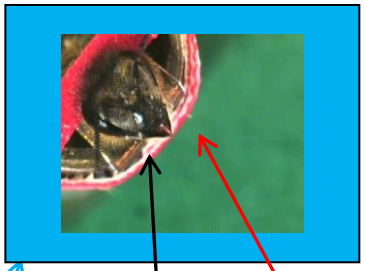






Wenn man Bienen im Schlaf an das Gelernte erinnert ist ihr Gedächtnis am nächsten Tag besser

20 Bienen im Schlaflabor



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

Lernen

Schlaf
in der Nacht

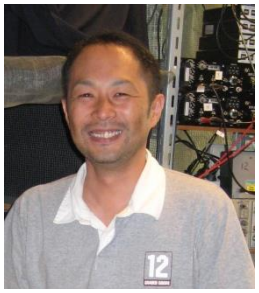
Martin Giurfa
Mariana Gil
Jacqueline Fuchs
Andreas Kirbach
Uwe Greggers
Gisela Manz
Martin Hammer
Ryuichi Okada
Jürgen Rybak
Paul Szyszka
Ryuichi Okada
Martin Strube-Bloss
Martin Nawrot
Ina Sella

Martin Strube-Bloss

Gisela Manz

Paul Szyszka

Martin Hammer



Ryuichi Okada

Ina Sella

das Radar Team

Unterstützt durch:

Deutsche Forschungsgemeinschaft,
Bernstein Center of comoputational 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