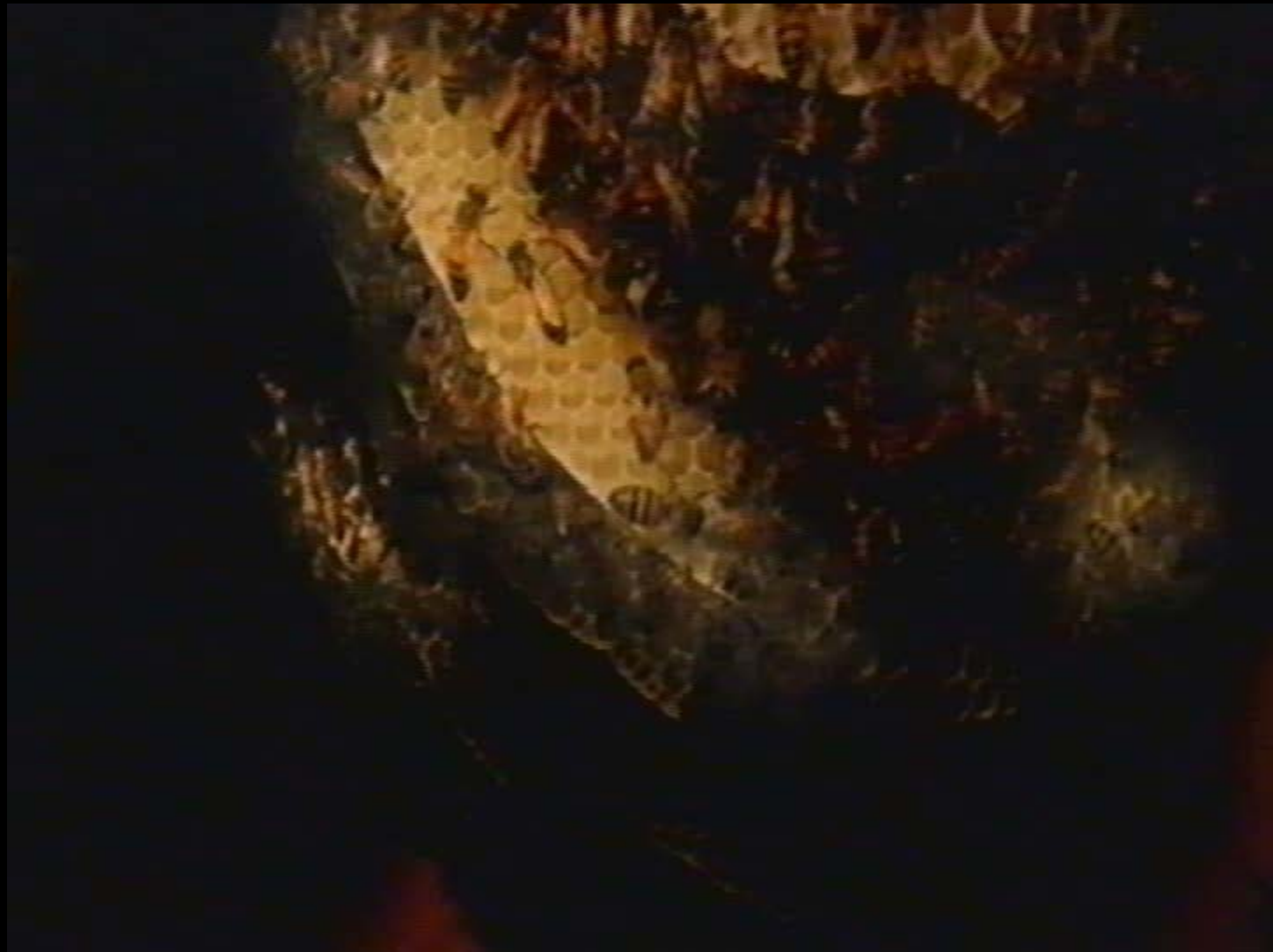


Navigation und Kommunikation bei Bienen

Randolf Menzel
Freie Universität Berlin
www.neurobiologie.fu-berlin.de







Was Bienen wahrnehmen und lernen

Sehen

Riechen

Fühlen

Lernen/Gedächtnis

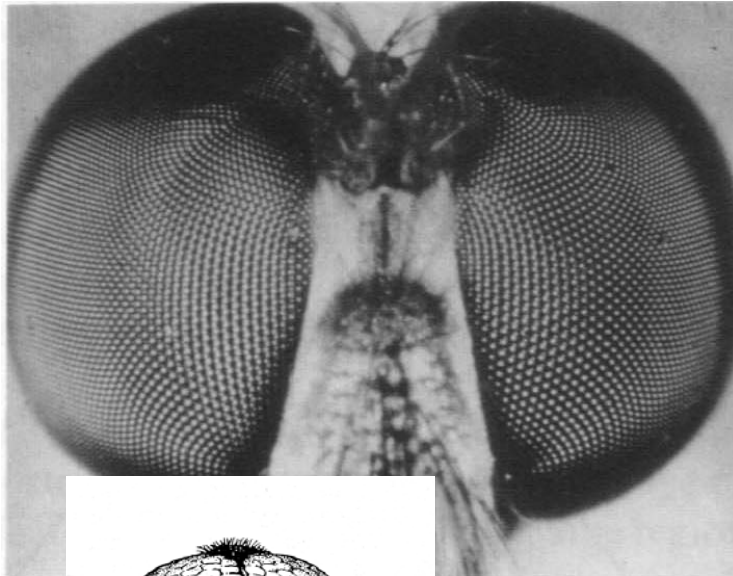
Wie Bienen kommunizieren

Schwänzeltanz

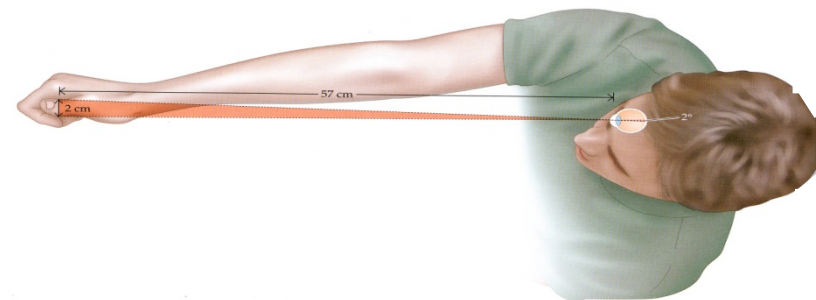
Was Bienen bei ihren ersten Ausflügen lernen

Welche Struktur hat das Landschaftsgedächtnis der Bienen

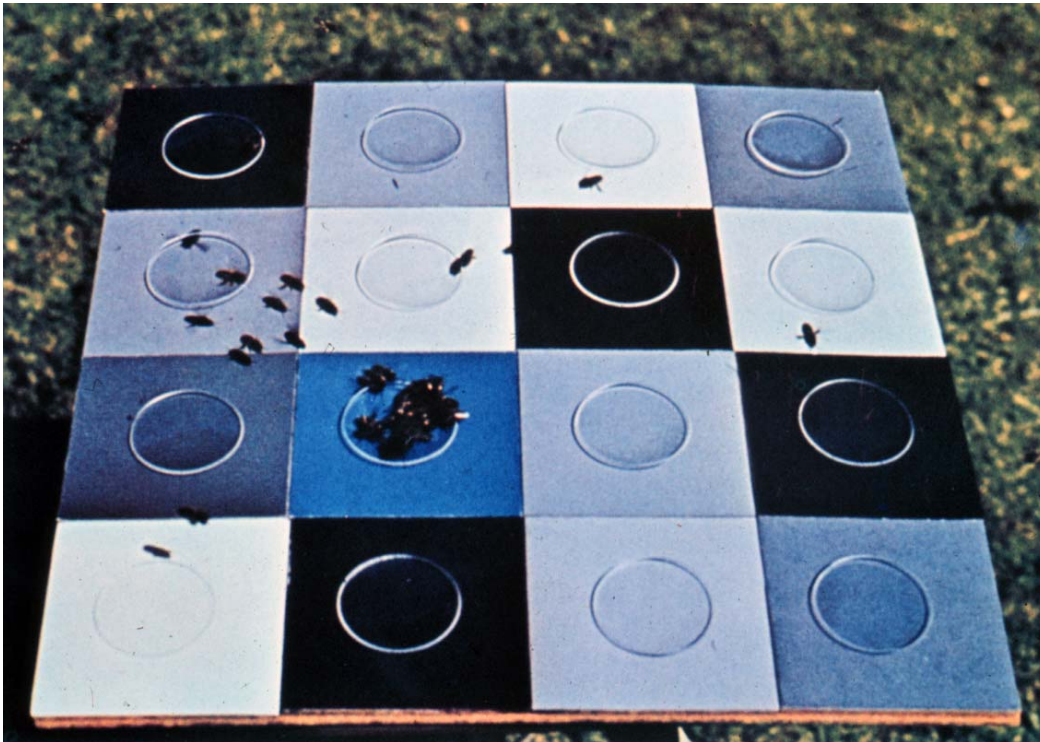
Bienen haben Komplexaugen (Facettenaugen)



Das Auge erzeugt ein verkleinertes aufrechtes Bild
Die räumliche Auflösung beträgt 2 Grad (Daumenregel)
Die zeitliche Auflösung liegt bei ca 250 Hz
Bienen haben einen Rundumblick



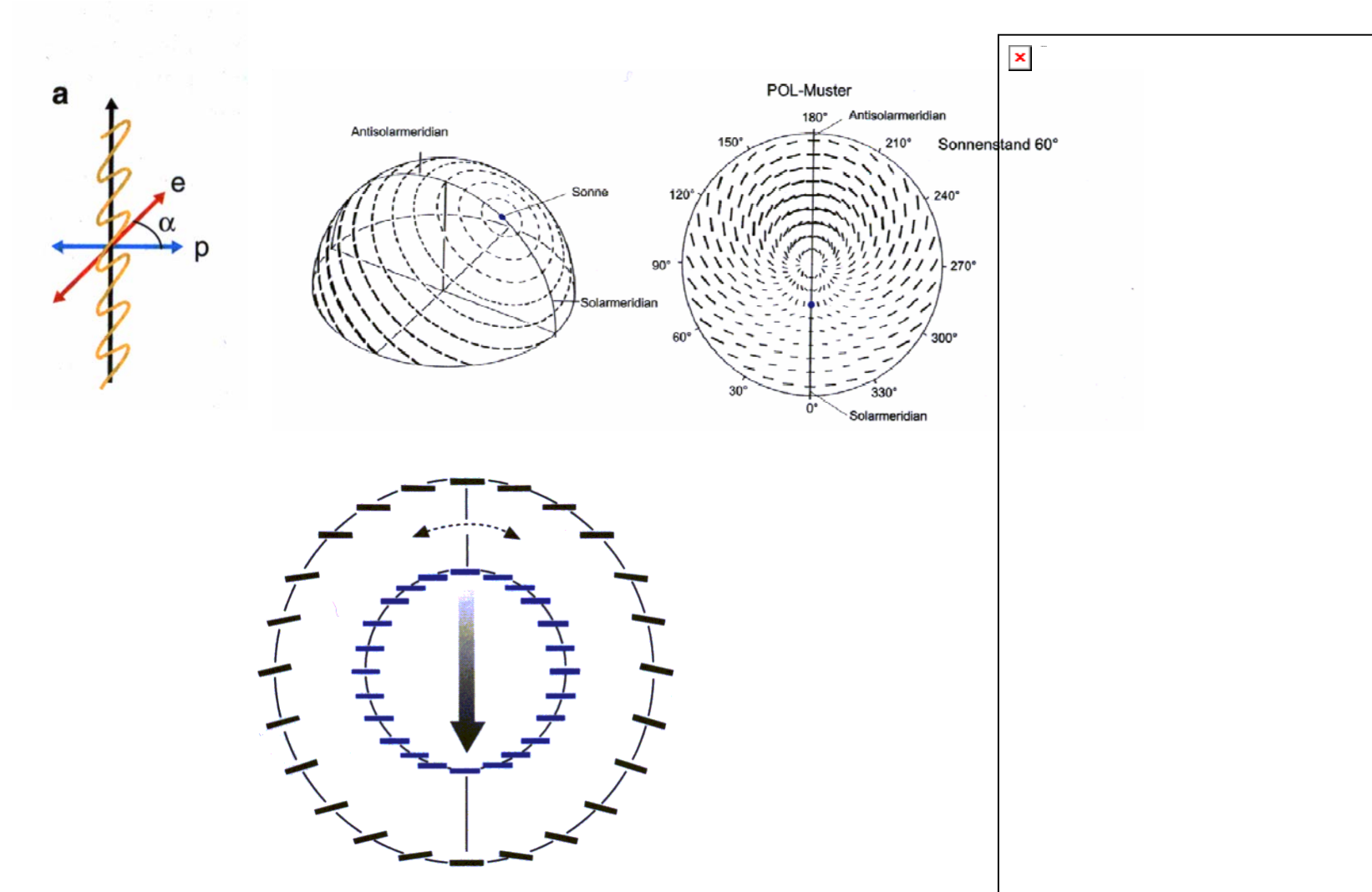
Bienen sehen Farben, aber anders als wir
sie sehen kein Rot aber UV
in der Farbunterscheidung sind sie so gut wie wir



Karl von Frisch überprüfte 1910 das Farbensehen
der Bienen mit diesem berühmten
Dressurexperiment



Bienen sehen das Muster des polarisierten Lichts im blauen Himmel



Bienen verwenden die Sonne und das Polmuster als Kompass.
Dazu müssen sie einen sehr guten Zeitsinn haben

Bienen messen die Flugstrecke mit den Augen

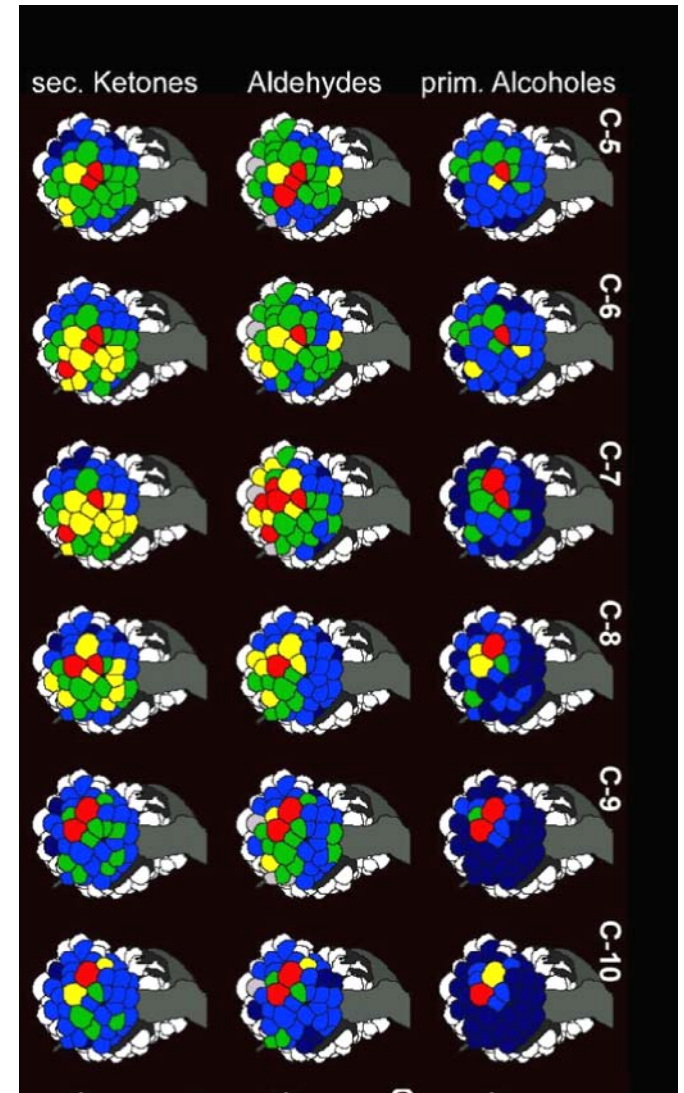
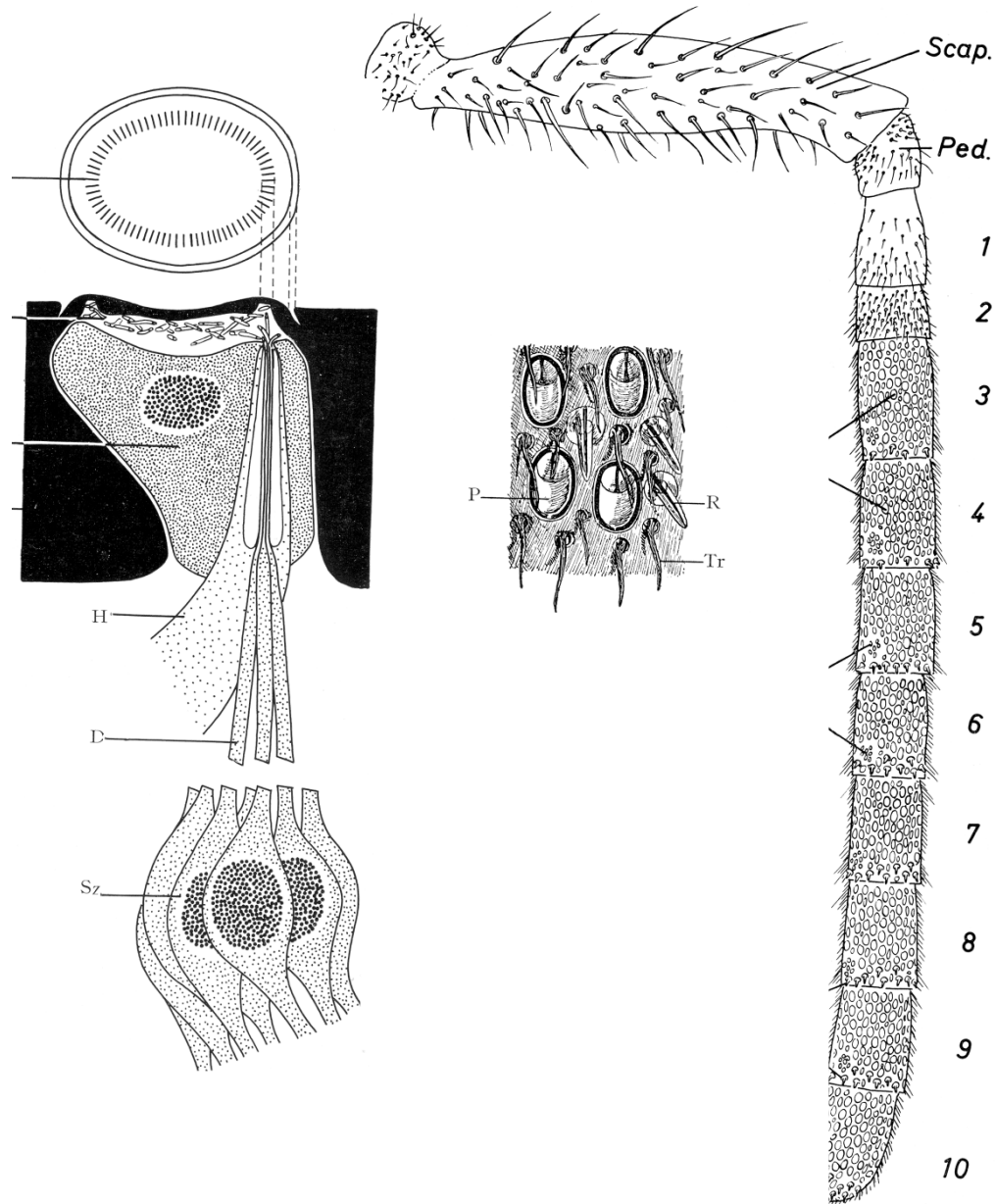


Wenn sie in größerer Höhe fliegen,
dann erscheint ihnen die Entfernung kürzer.

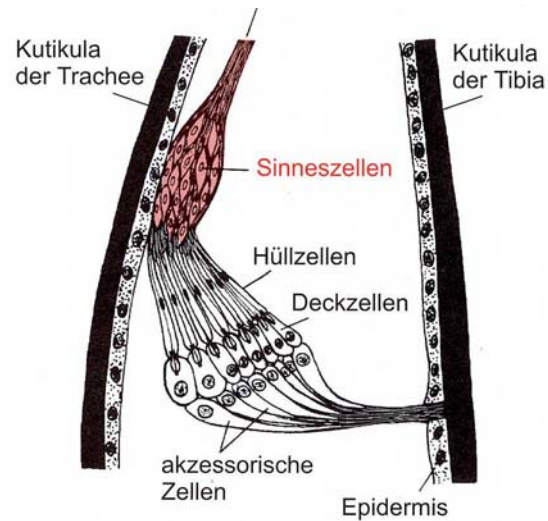
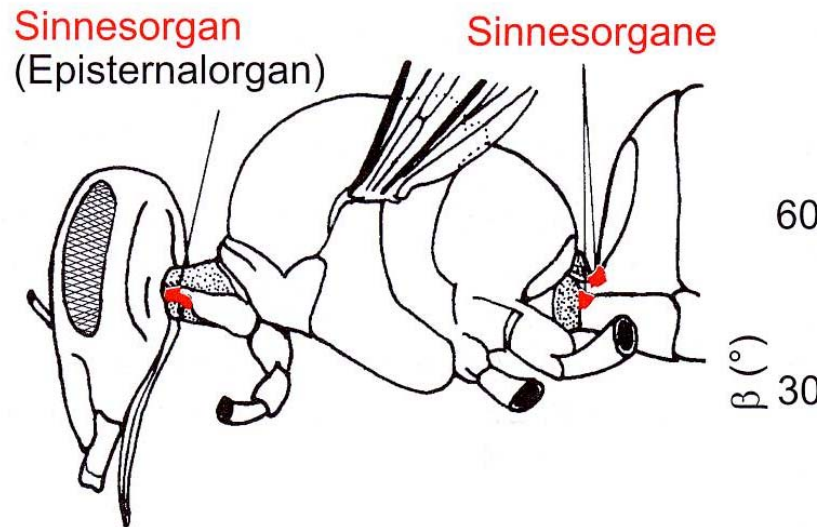
Lässt man Bienen in einem Tunnel fliegen
erscheint ihnen die Entfernung
ca. 7 mal weiter als im freien Flug

Sonnenkompass und Entfernungsmessung liefern eine Vektorinformation zu einem Ziel.

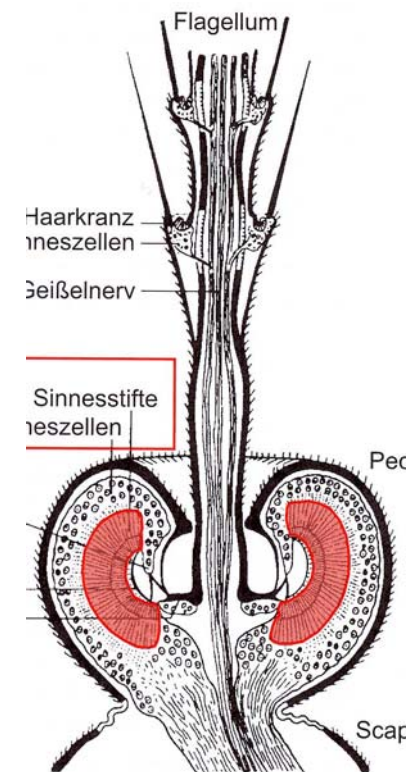
Bienen riechen mit der Antenne



Bienen haben eine Fülle von Sinnesorganen mit denen sie die Lage im Raum und die Stellung der Körperteile zueinander genau messen können

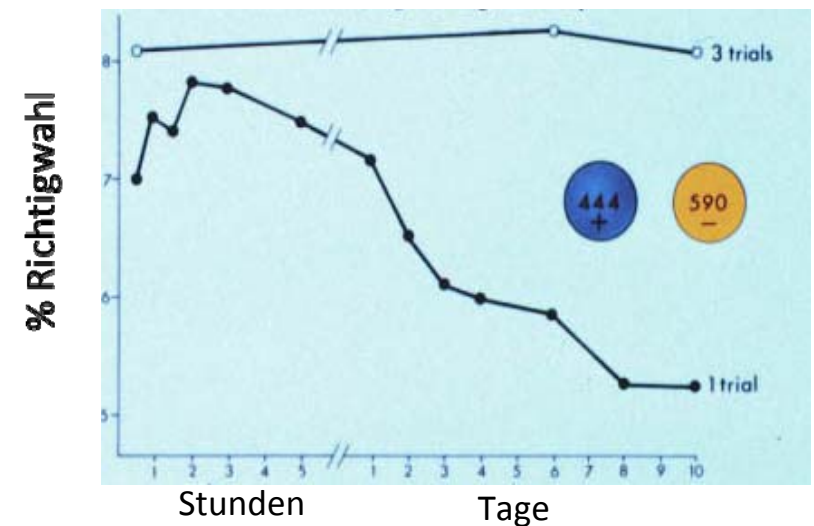


In den Beinen



In den Antennen

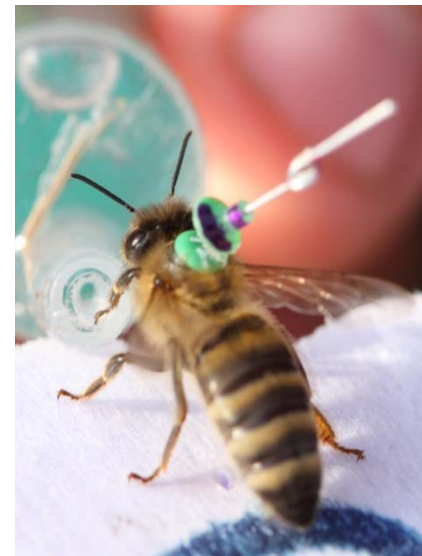
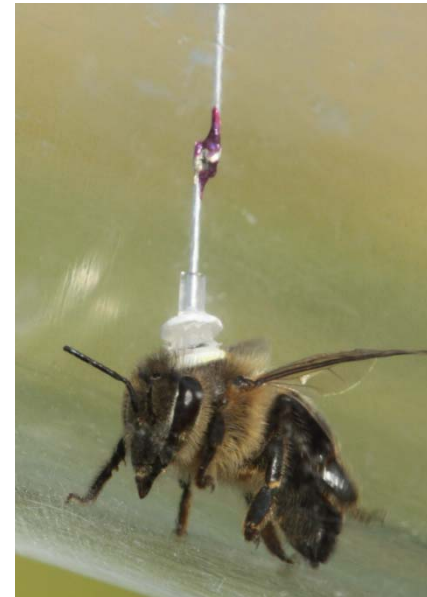
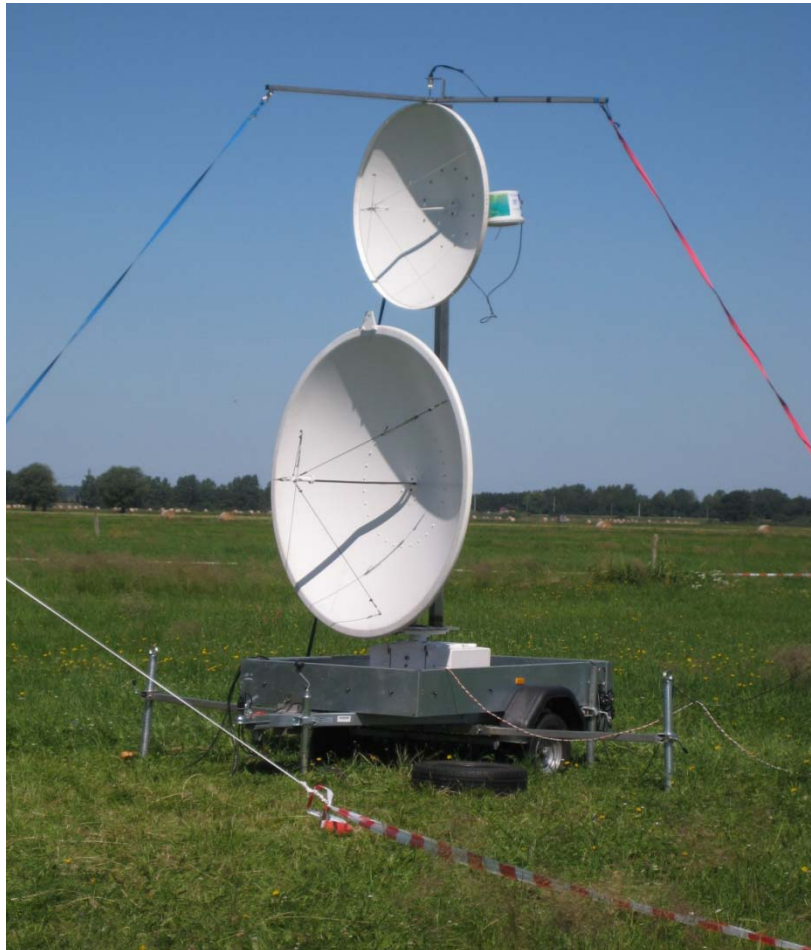
Bienen lernen schnell Farben, Düfte, Landmarken und vieles mehr. Sie bilden ein Langzeitgedächtnis nach mehreren Lernerfahrungen

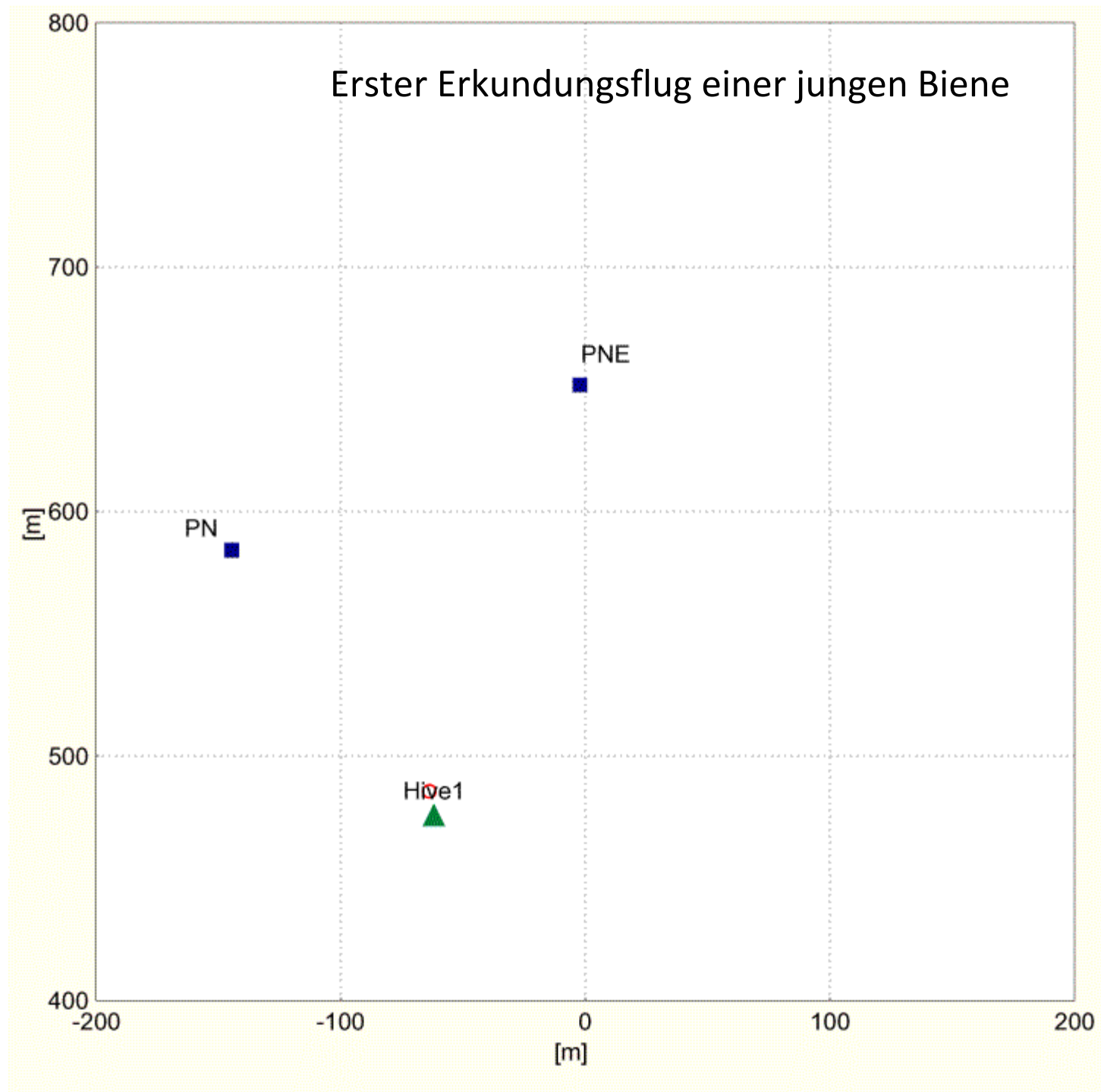


Intervall zwischen Lernen und Test

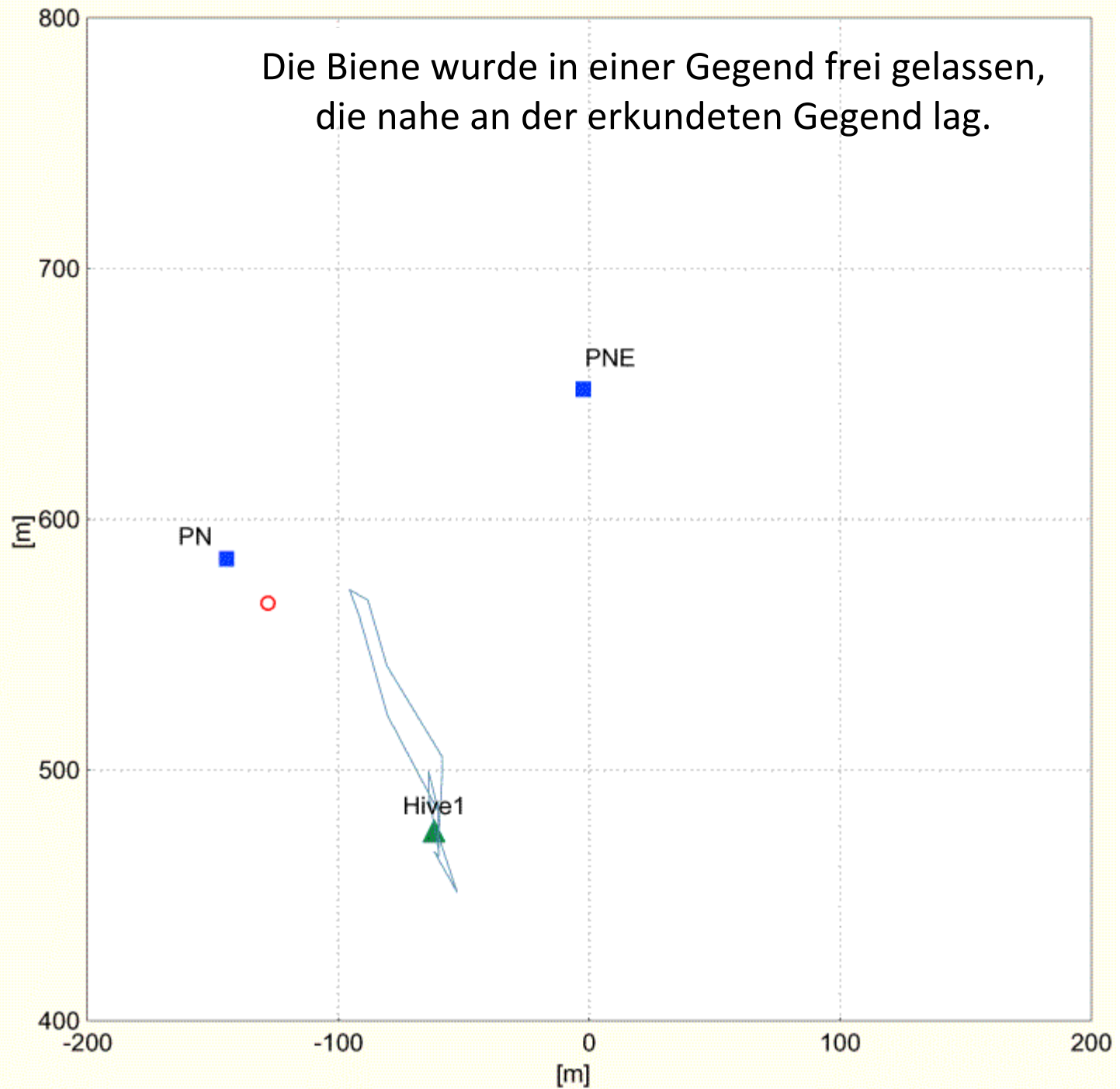
Navigation

Verfolgen der Bienen mit einem speziellen Radargerät

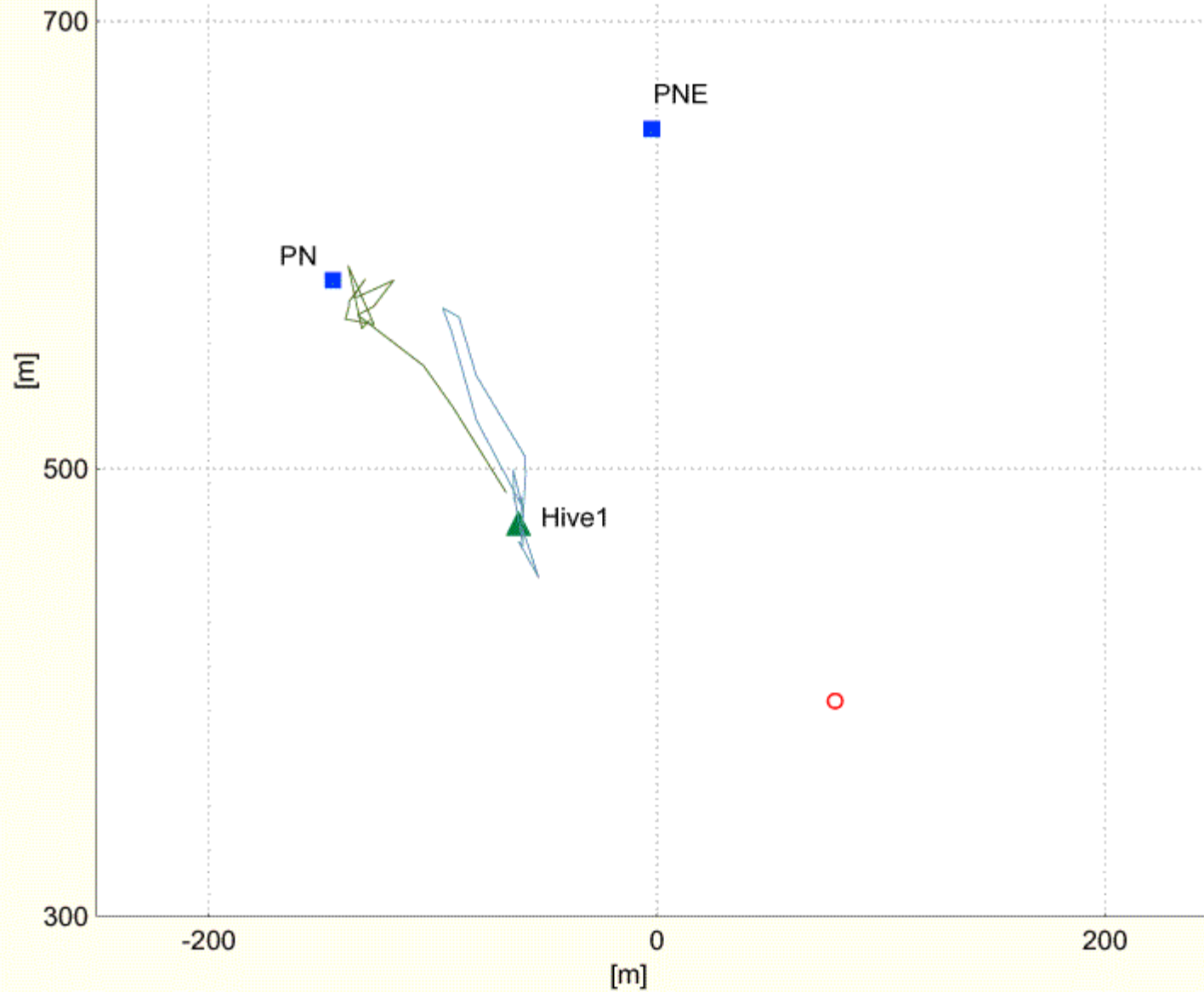




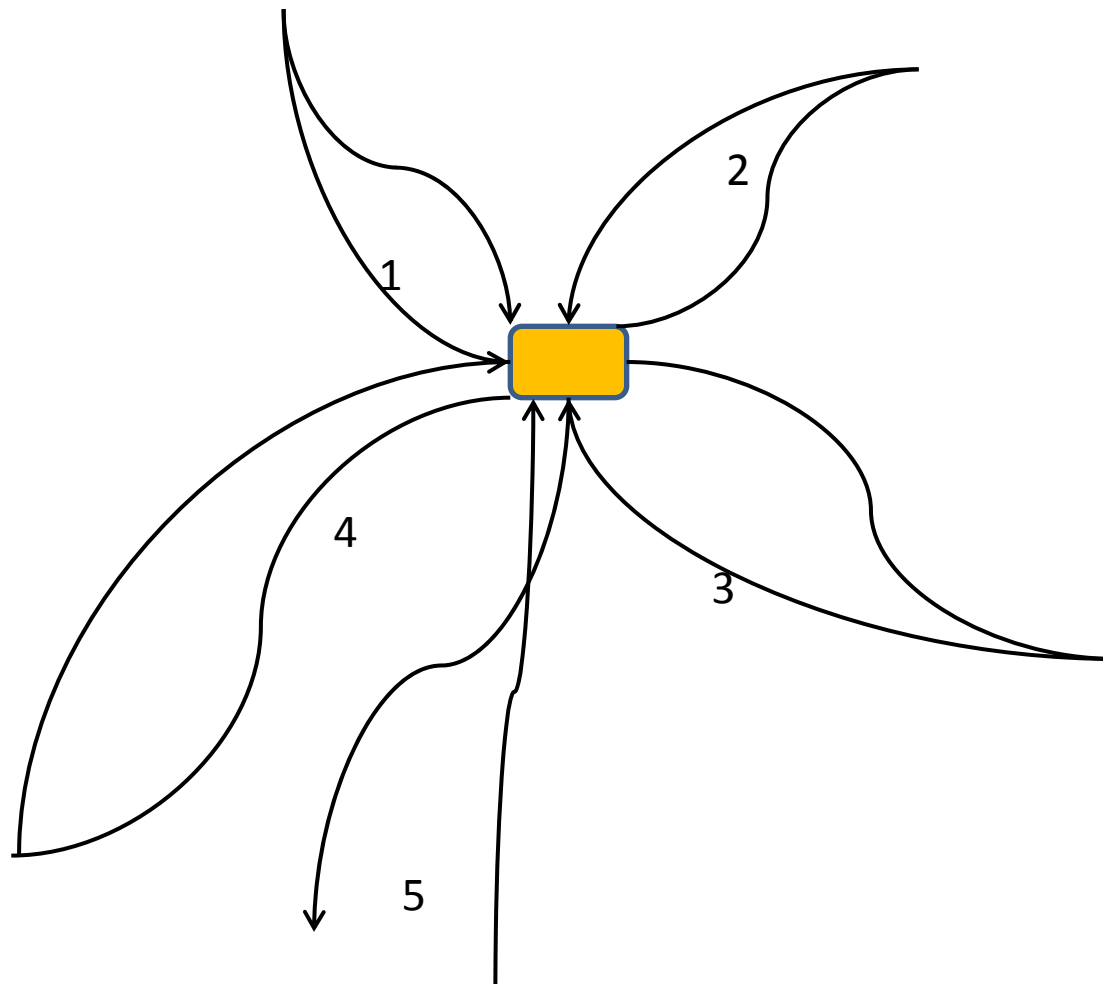
Die Biene wurde in einer Gegend frei gelassen,
die nahe an der erkundeten Gegend lag.



Die Biene wurde in einer Gegend freigelassen,
die sie nicht erkundet hatte



In aufeinanderfolgenden Erkundungsflügen wird die Landschaft systematisch und mit immer längeren Flügen erlernt



Auf den Erkundungsflügen erlernt die Biene die Struktur der Landschaft.

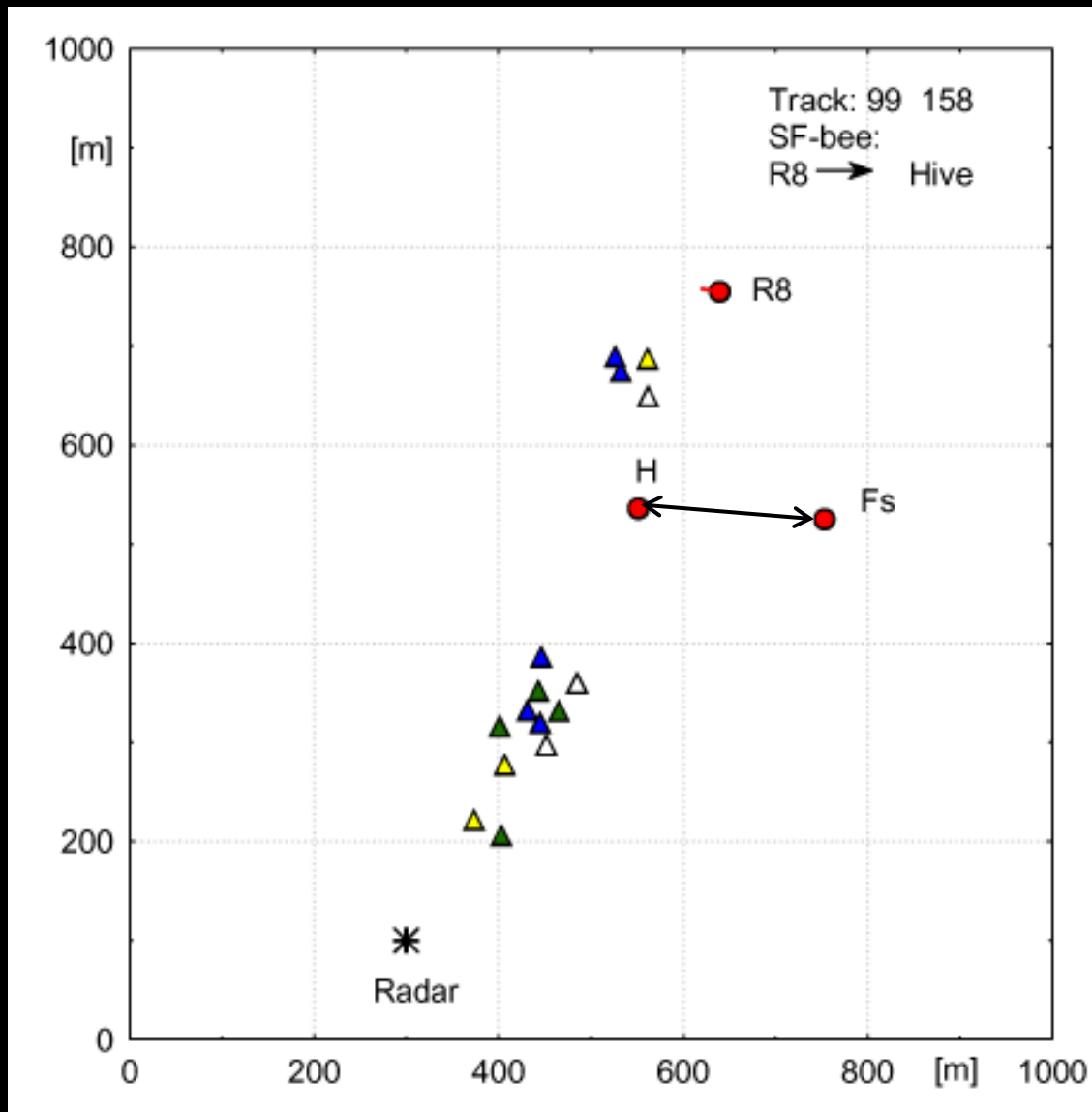
Stört man die Gedächtnisbildung, dann kann sie sich nur schlecht oder gar nicht orientieren.

Pestizide, die als Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden, können solche Störfaktoren sein: nehmen Bienen Insektizide in Dosen auf, die ihr Überleben nicht gefährden, sind sie dennoch in ihrer Navigation massiv gestört

Ein anderer Störfaktor ist Schlafentzug.

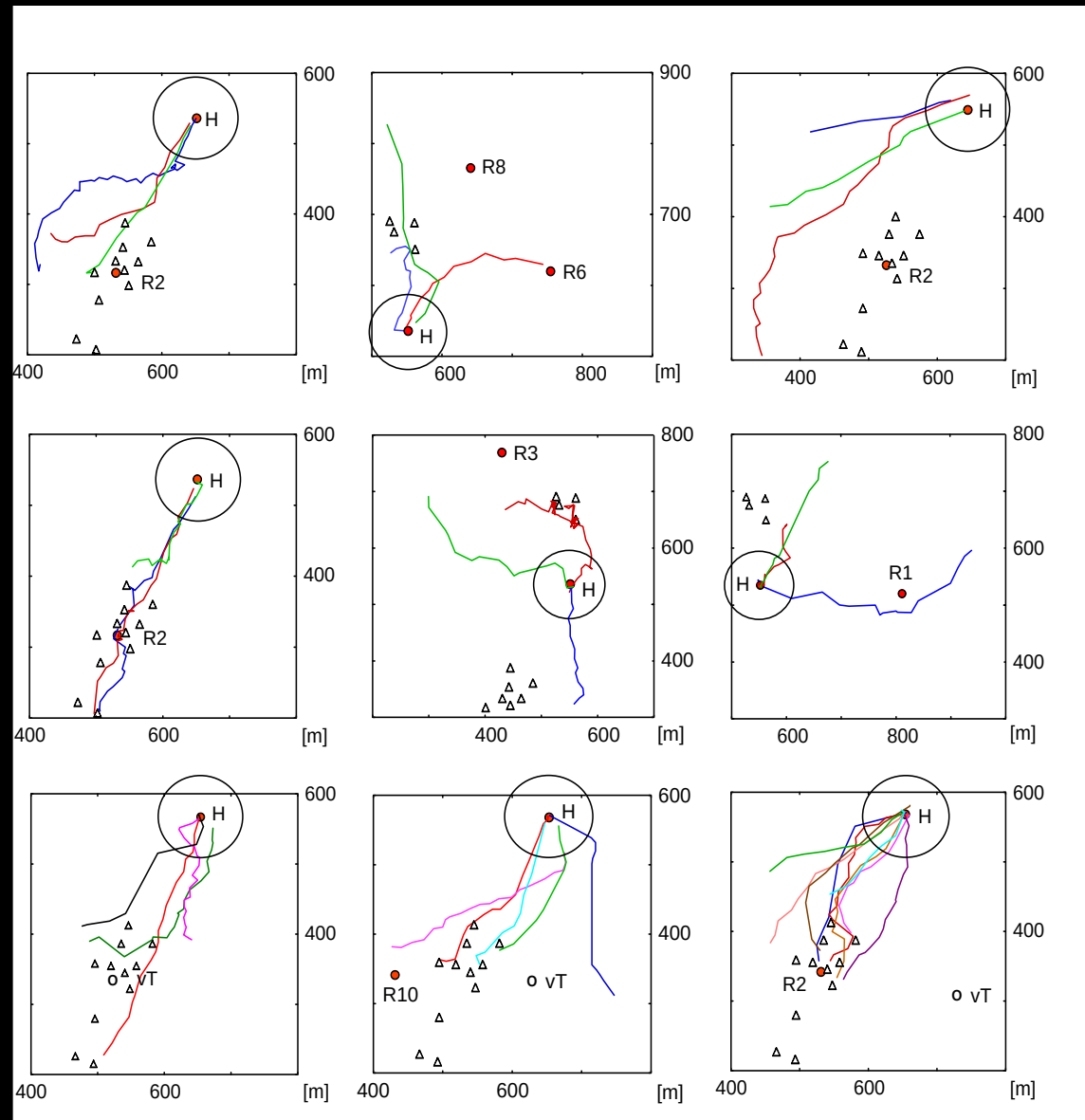


Nachdem die Biene die Landschaft erkundet hat wird
sie auf eine Futterstelle 200 m im Osten vom Stock
dressiert

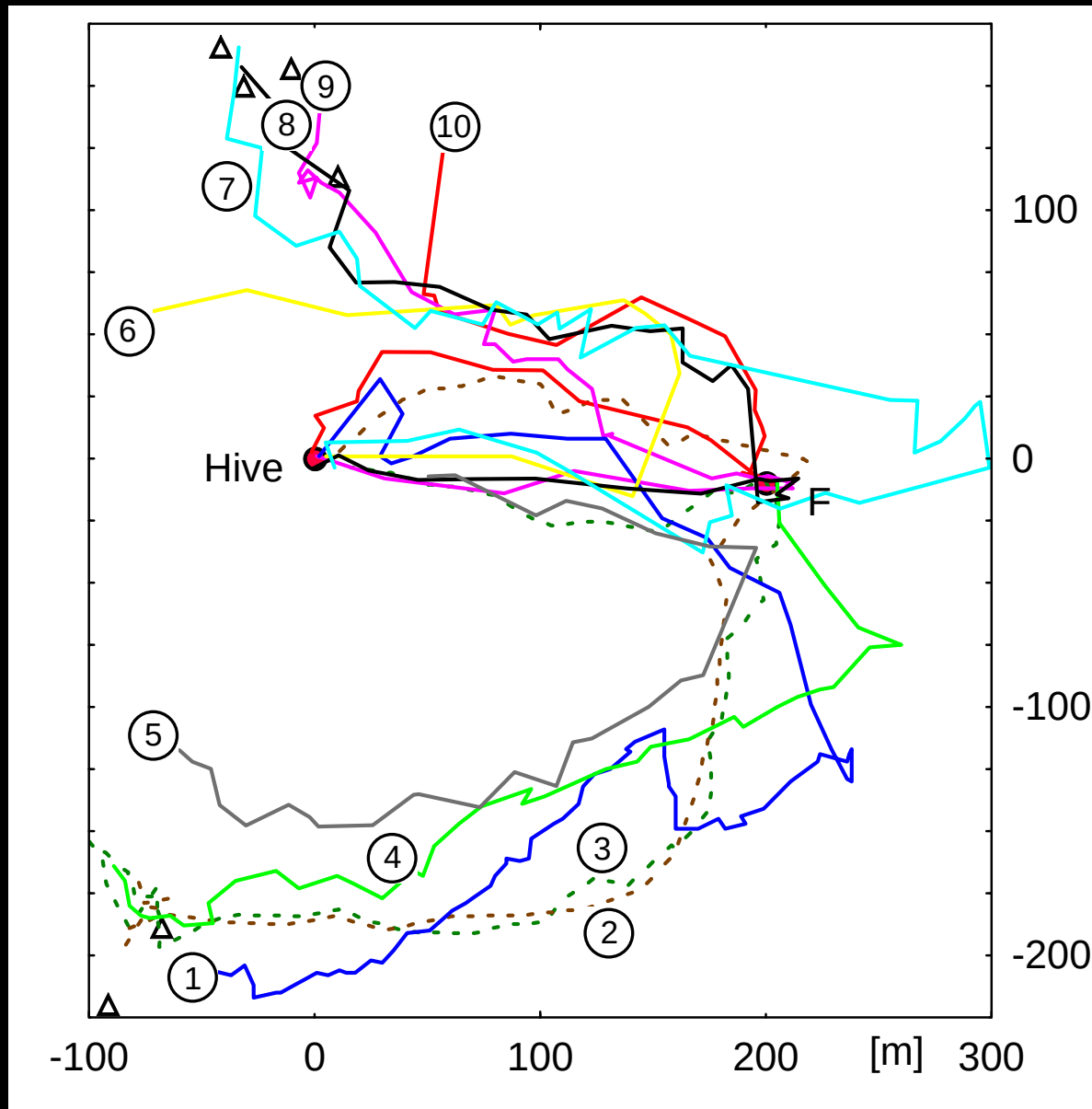


Dann wird sie von
der Futterstelle nach
R8 transportiert und
freigelassen

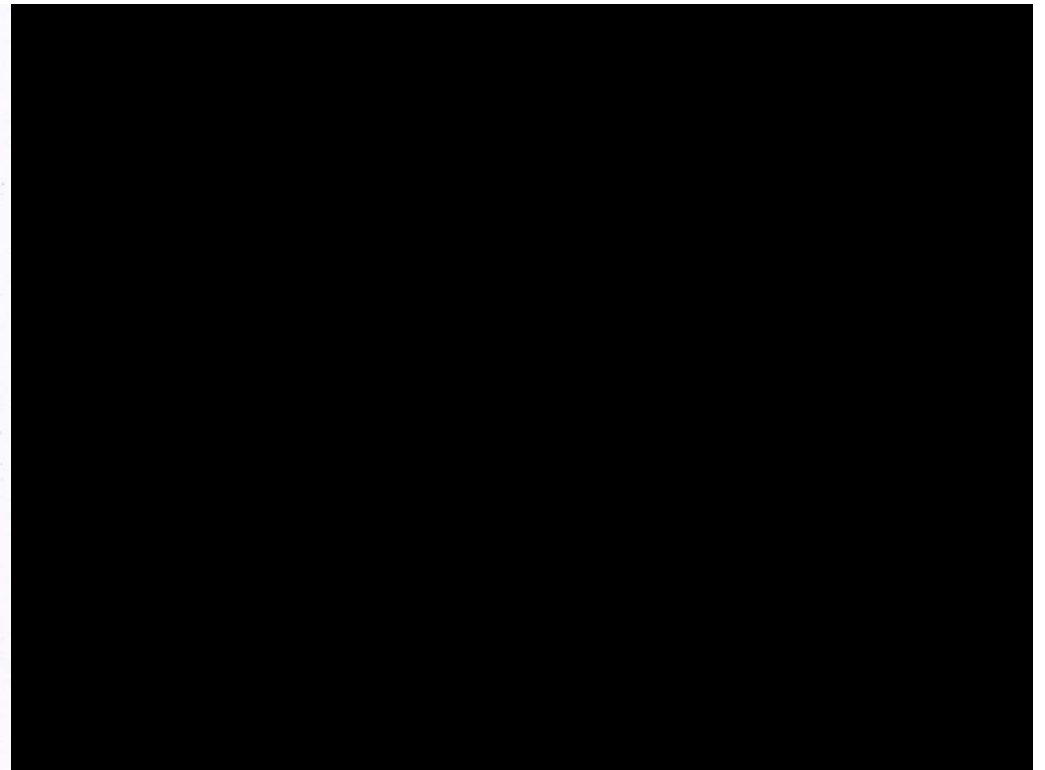
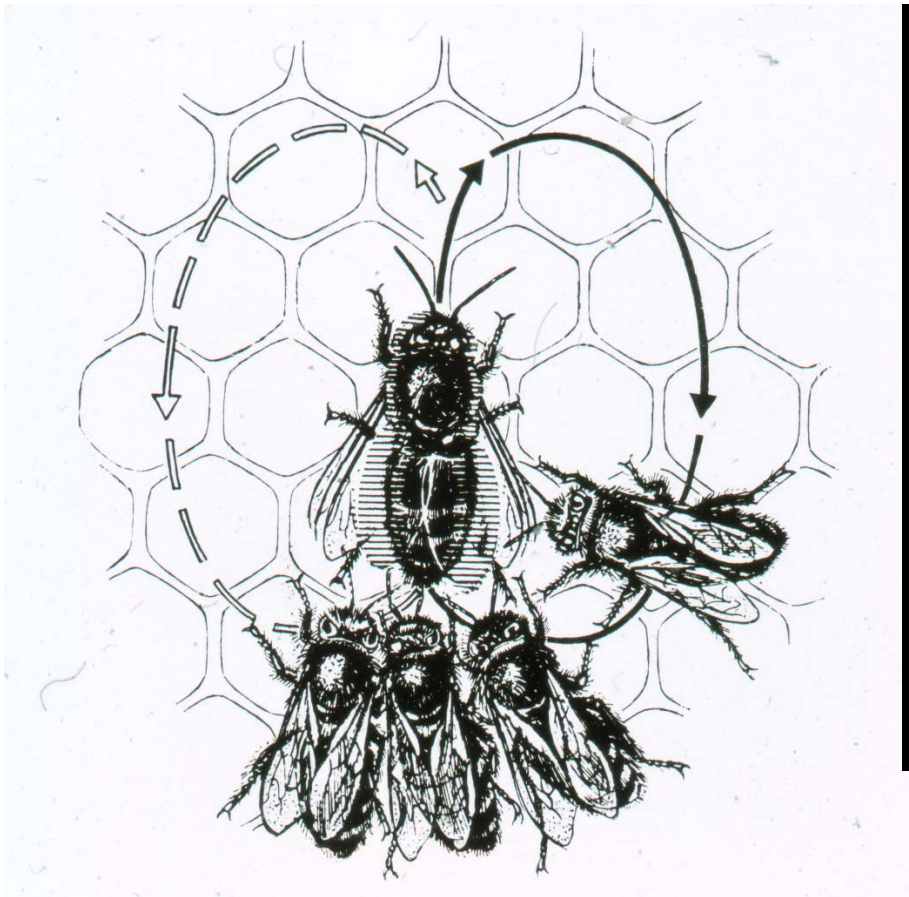
Bienen kehren aus allen Richtungen zum Stock zurück
ohne dass sie den Stock aus dieser Entfernung sehen können



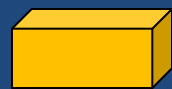
Sie können auch entscheiden
zu erst zu ihrer Futterstelle zu fliegen und dann zu ihrem Stock



Bienen können zwischen
möglichen Zielorten
entscheiden



Bienen kommunizieren ihren
Flugvektor mit dem Schwänzeltanz



Stock

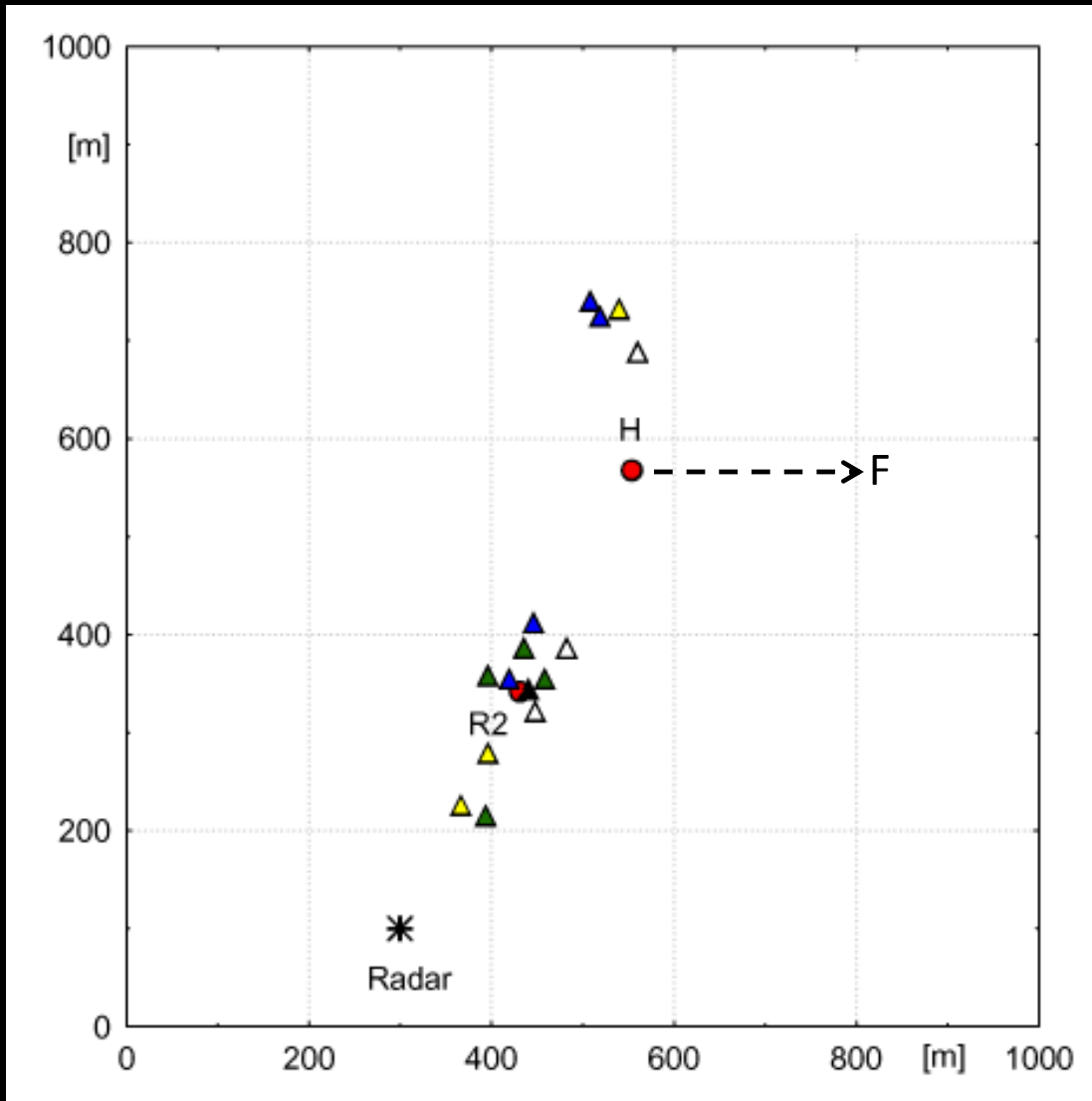
Winkel zum Sonnenazimut → Winkel zur Schwerkraft



Futterquelle

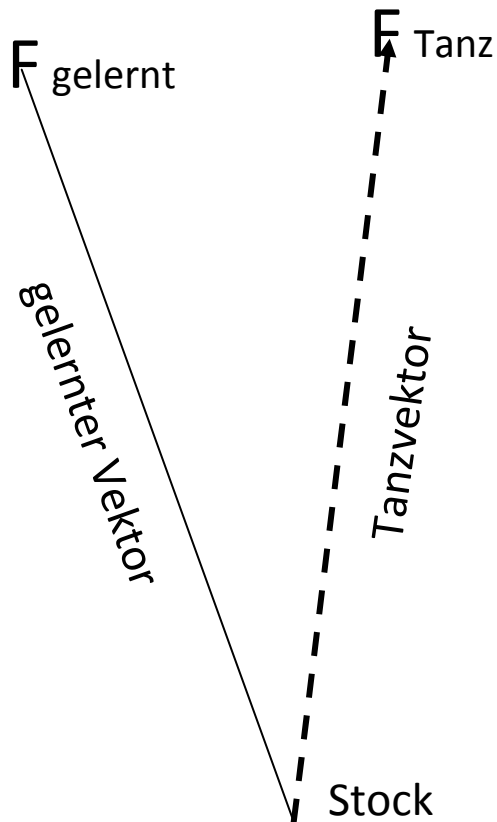
Flugstrecke → Zahl der Schwänzelbewegungen

Diese Biene ist einer Tänzerin gefolgt,
die eine Futterstelle F in 200 m im Osten angezeigt hat



Im Schwänzeltanz wird
in der Tat die Vektor-
information übermittelt.

Wie ist die Struktur des Landschaftsgedächtnisses der Bienen?
Können sie einen gelernten Ort mit einem im Tanz kommunizierten Ort verbinden?



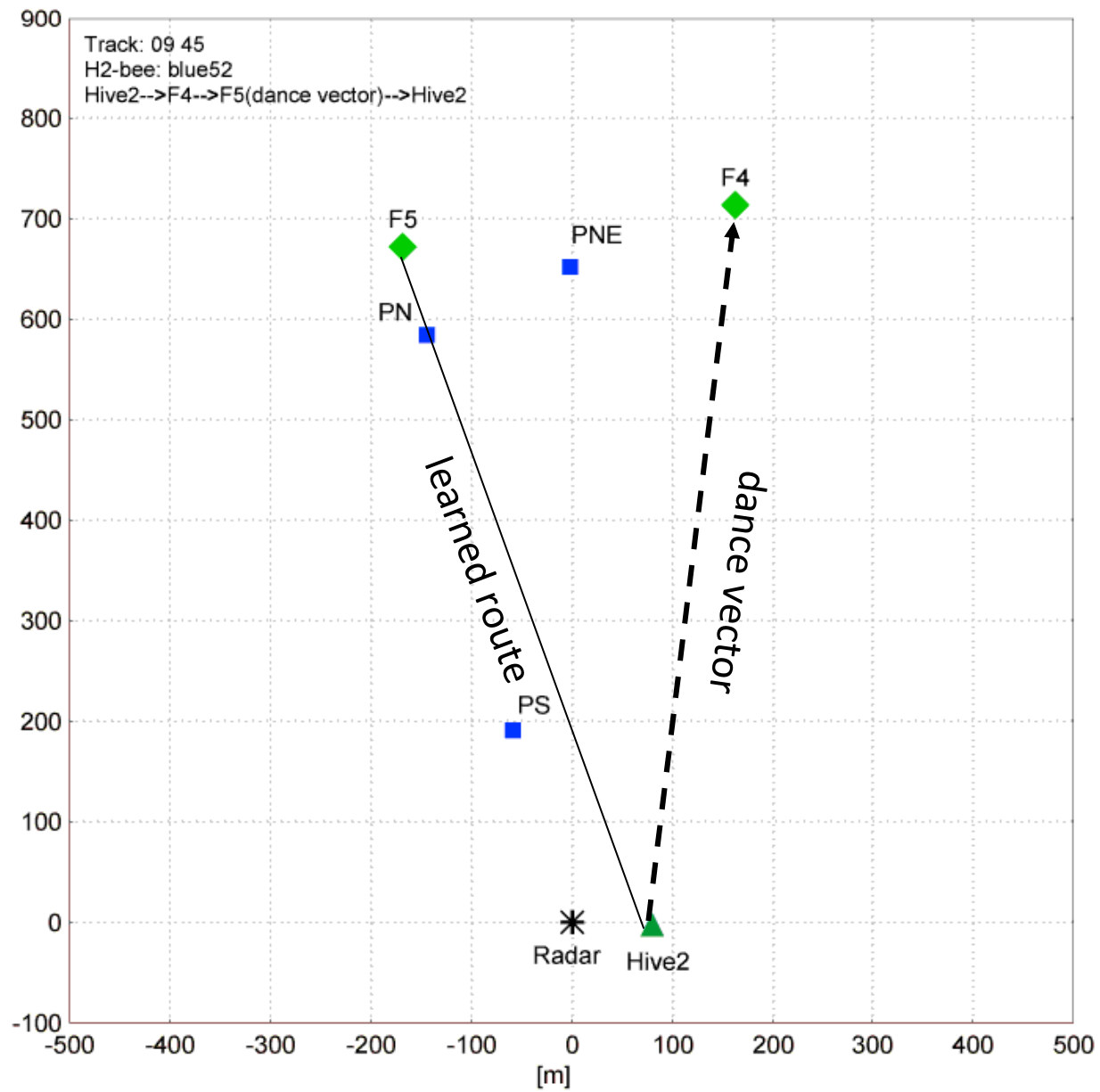
Bienen lernen erst die Futterstelle F_{gelernt}

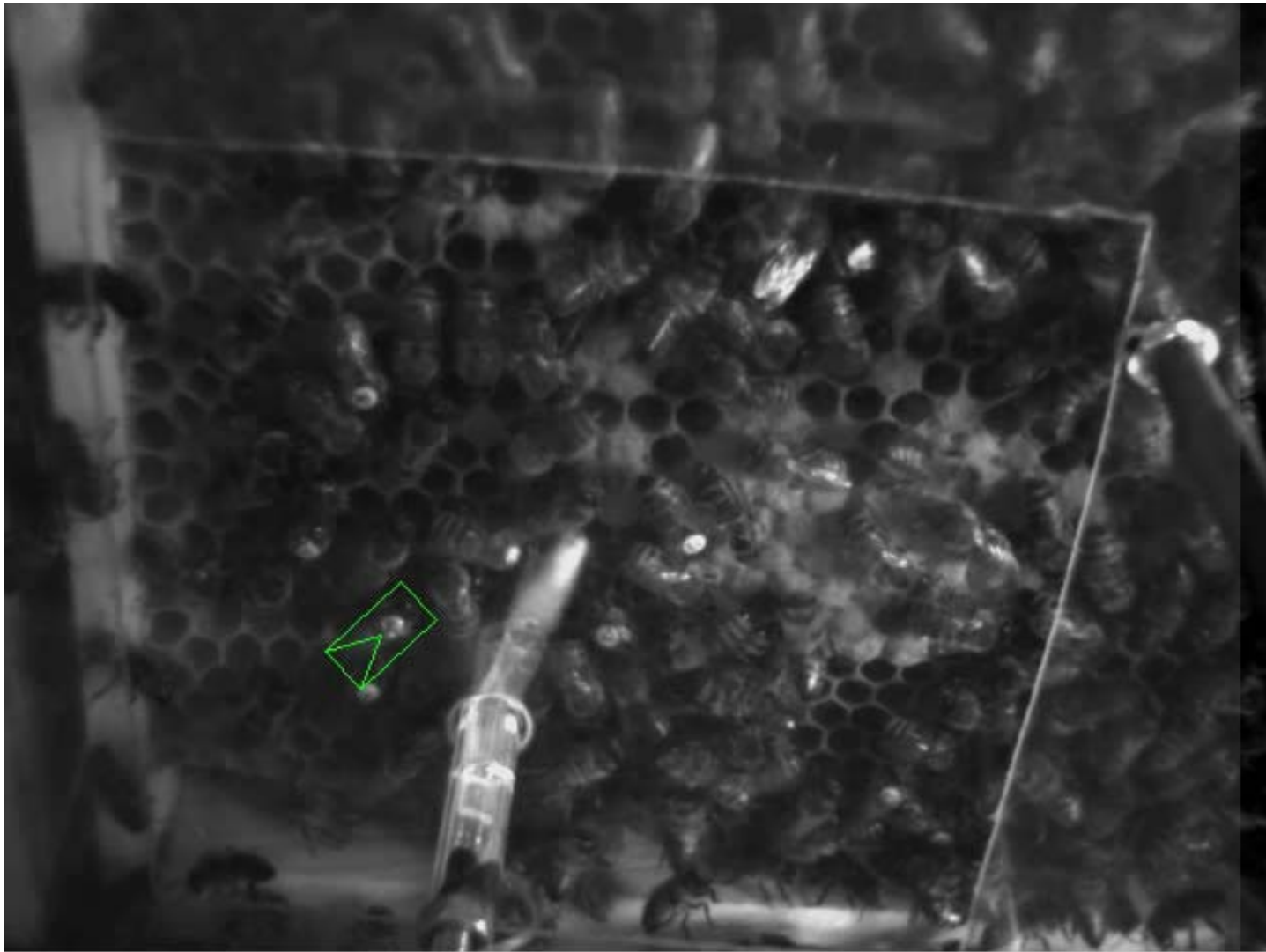
Dann erfahren sie, dass es dort nichts mehr gibt und bleiben darauf hin im Stock

Dann tanzt eine Biene für die Stelle F_{Tanz}

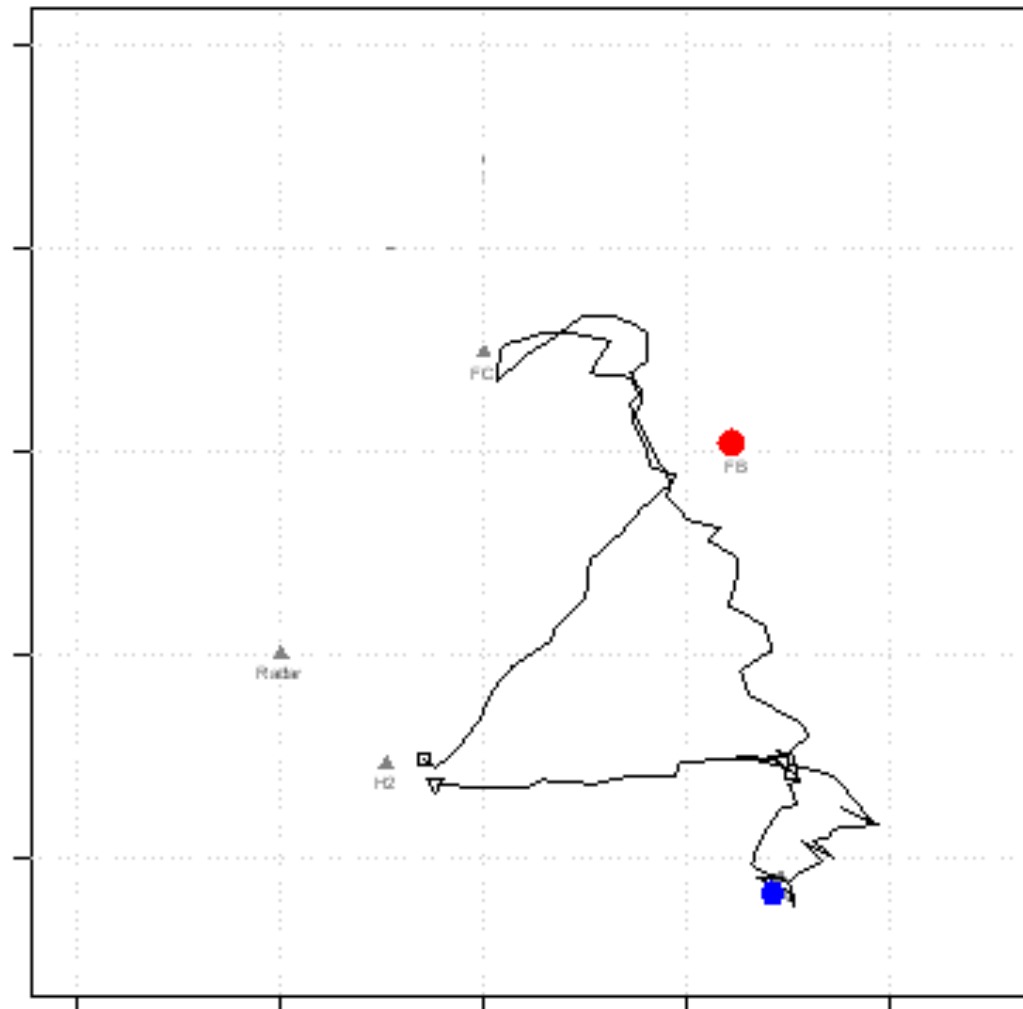
Eine Biene folgt dem Tanz und fliegt aus. Wo fliegt sie hin?

Wir verfolgen mit dem Radar Gerät den Flug dieser Biene

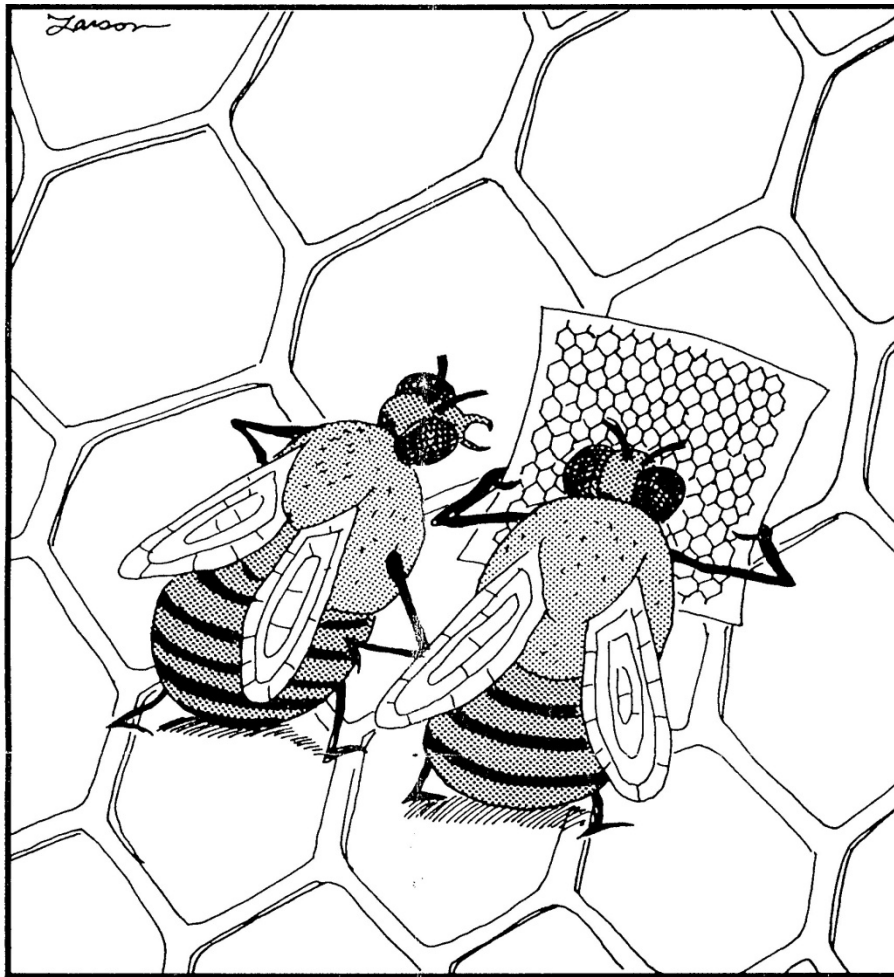




Mit einer tanzenden Roboter „Biene“ kann man Bienen auf die Reise schicken
Und auf diese Weise ihre Kommunikation und Navigation untersuchen.
Tim Landgraf, Raul Rojas, FU Informatik



Eine Biene hatte früher an der roten Stelle Futter gefunden, als es dort nichts mehr gab folgte sie der Roboter „Biene“, die die blaue Stelle anzeigte.



"Face it, Fred—you're lost!"

Bienen lernen die Merkmale der Landschaft im Bezug zu ihrem Sonnenkompass.

Das Landschaftsgedächtnis ist so strukturiert, dass sie

- Entscheidungen treffen können zwischen möglichen Zielorten und dann eine neue und direkte Strecke fliegen.
- gelernte Orte in einen geometrischen Bezug zu Tanz kommunizierten Orten setzen, und direkte neue Strecken zwischen ihnen fliegen.

Diese Eigenschaften lassen sich am besten erklären, wenn man annimmt, dass das **Landschaftsgedächtnis** eine geometrische Struktur hat, also eine Art **kognitive Karte** darstellt.

Tolman (1948) die kognitive Erklärung der Navigation von Tieren:
eine neue und direkte Strecke zwischen zwei Orten zurücklegen.
(**kognitive Karte**)

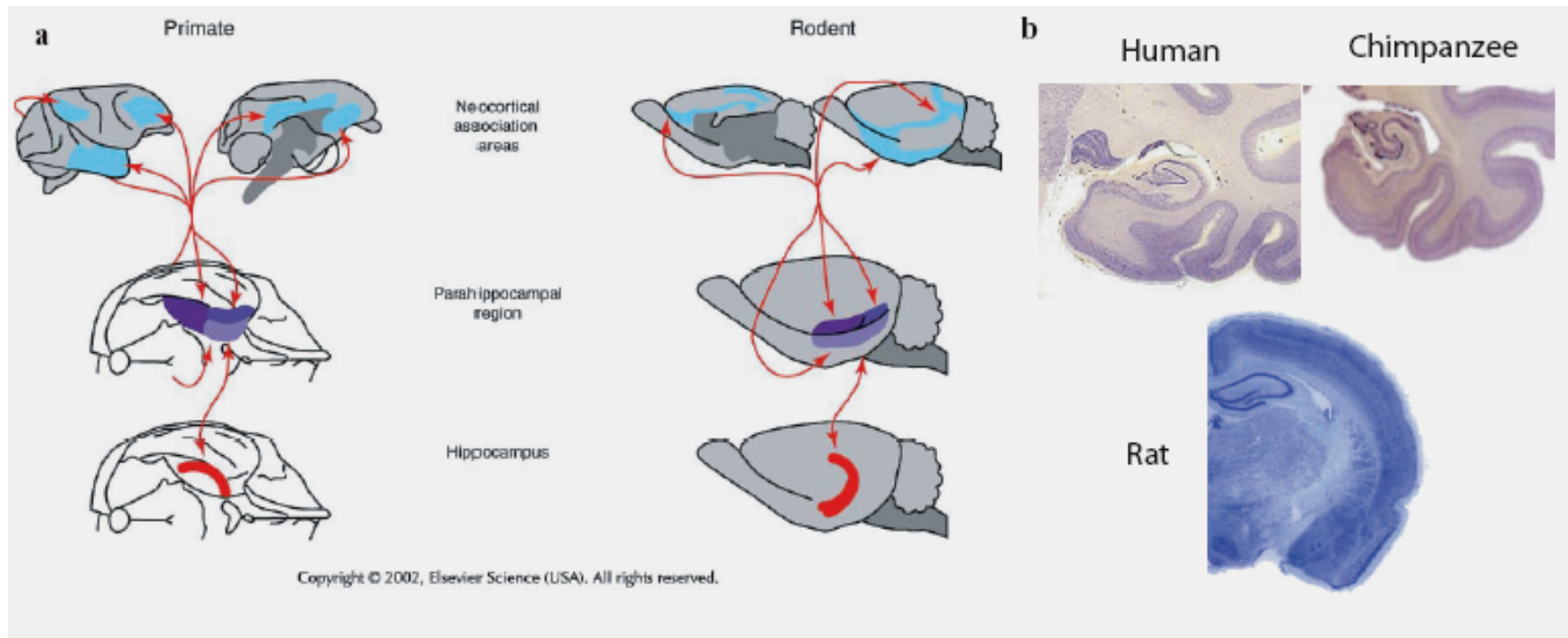
Hippokampus, ein Ort im Säuger- und Menschen Gehirn, der die Welt als Karte abbildet

Primaten

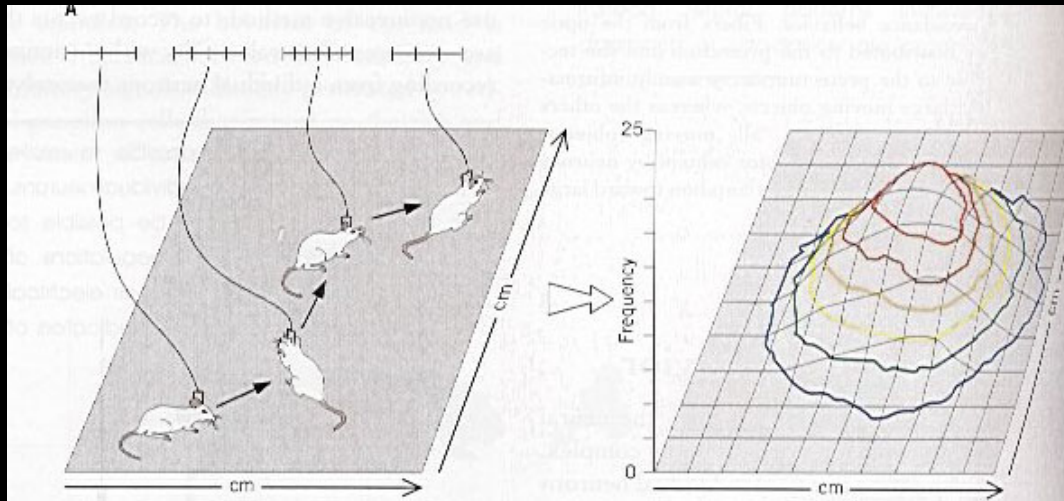
Säugetiere

Mensch

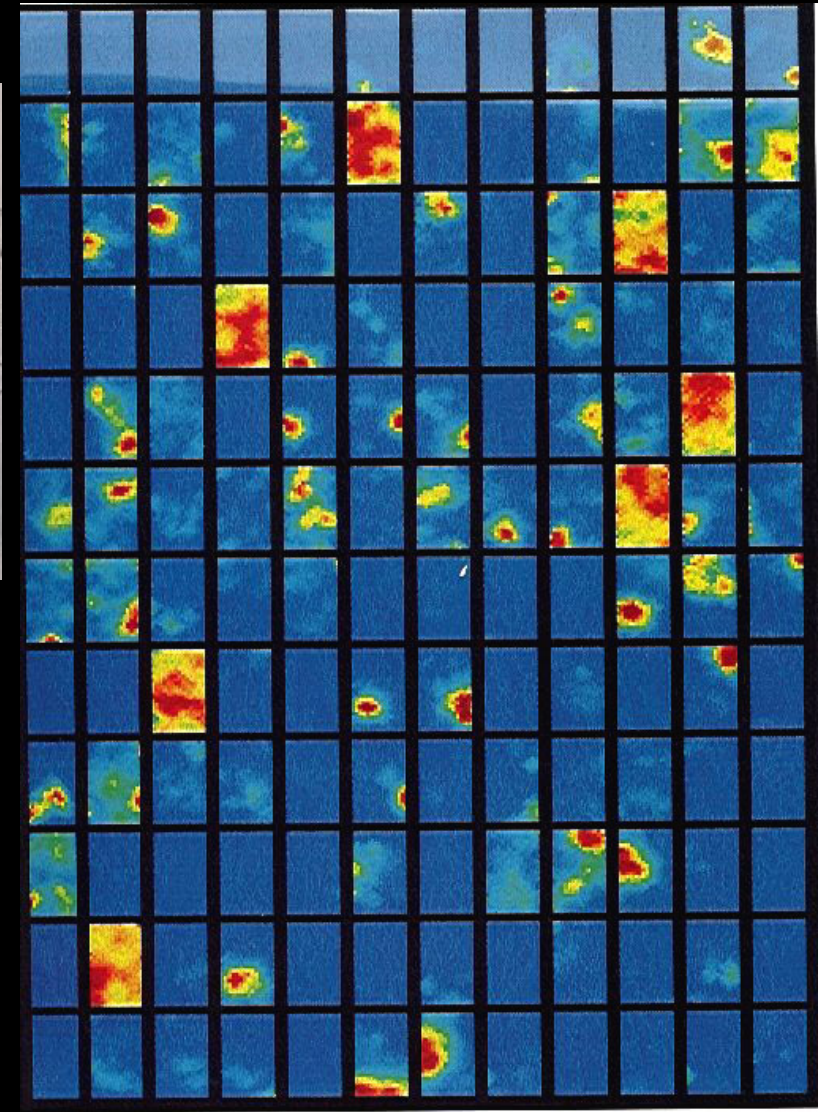
Schimpanse



Die neuronalen Mechanismen der kognitiven Karte



Multiелеktroden Registrierungen von
144 Ortsneuronen im Hippokampus
einer sich verhaltenden Ratte.
*Wilson and McNaughton, Science 261,
1055-1058, 1993*



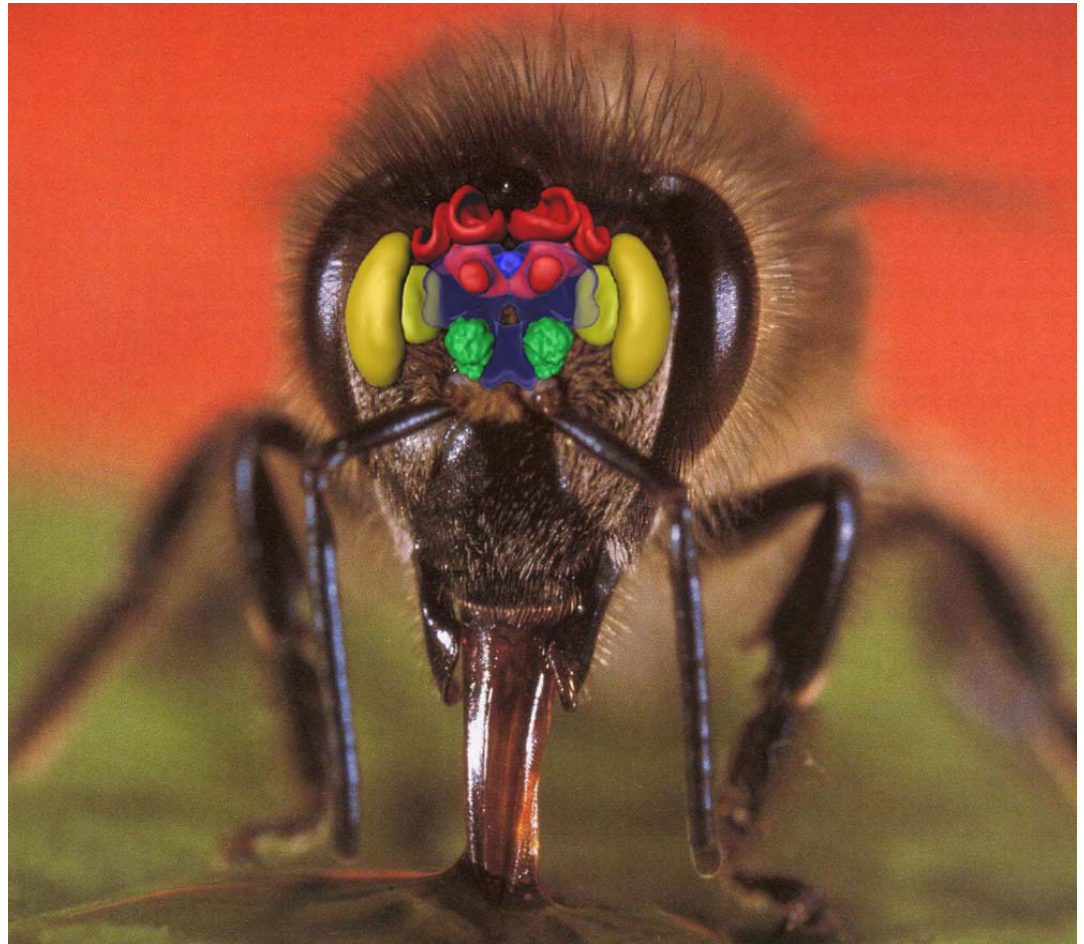
Kann ein Insekt mit einem so kleinen Gehirn (1 mm³, 1 Million Neurone) kognitive Leistungen wie die Navigation nach einer Gedächtnisstruktur entsprechend einer kognitiven Karte leisten?

Die Alternativen zu einer kognitiven Interpretation:

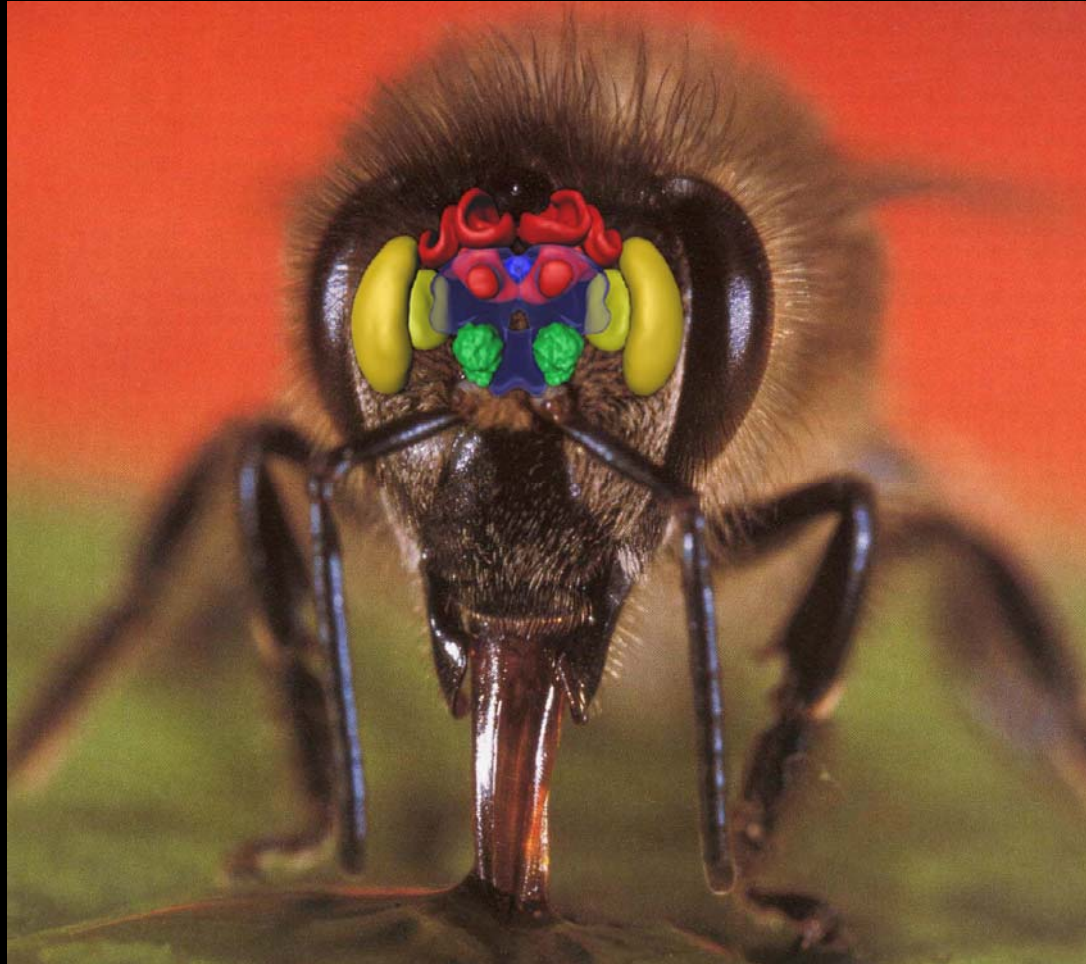
- Wegintegration
- Objekt am Ziel
- Bildgedächtnis für das Panorama
- Integration von Flug-Vektoren

Das Konzept einer kognitiven Karte enthält mehr Annahmen als nur solche, die sich auf das Gedächtnis für die Landschafts-Struktur beziehen.

- Tiere navigieren nicht im leeren Raum (Vektorberechnungen)
- Tiere erwarten Ziele und entscheiden zwischen diesen



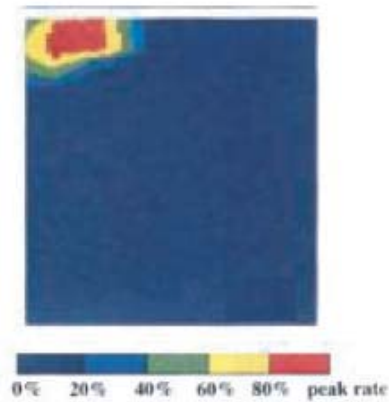
Die Entscheidungen zwischen elementaren und kognitiven Interpretationen werden erst auf der Grundlage von Messungen der Gehirnaktivität möglich sein.



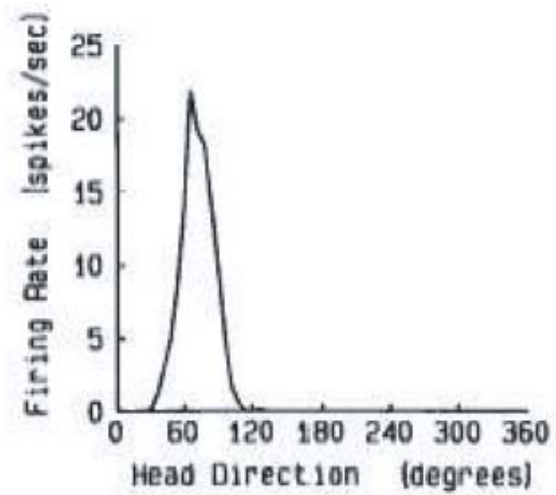
Sie können mehr über die Sinnesleistungen, die Navigation,
die Kommunikation und die dabei sich abspielenden
Gehirnvorgänge erfahren wenn Sie unsere web site besuchen:

www.neurobiologie.fu-ber.in.de

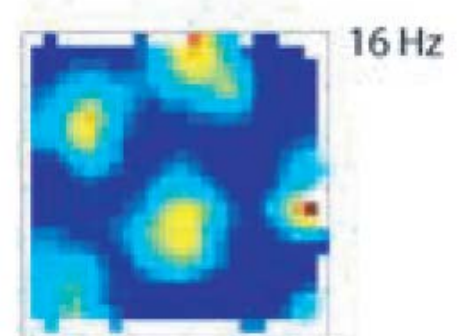
a



b



c



Kopf Richtungsneurone im Hippokampus

Navigation und Kommunikation von Honigbienen

Randolf Menzel, Freie Universität Berlin

Karl von Frisch's berühmte Entdeckung des Schwänzeltanzes der Bienen wurde immer wieder in Frage gestellt. Wir konnten in den letzten Jahren mit Hilfe eines besonderen Radargeräts die Richtigkeit seiner Interpretationen nachweisen. Darüber hinaus stellt sich die Frage, was im Schwänzeltanz mitgeteilt wird, eine Fluganweisung über eine bestimmte Entfernung in eine bestimmte Richtung zu fliegen oder zu einem bestimmten Ort zu fliegen. Ich werde darstellen, welche gravierenden konzeptuellen Unterschiede zwischen diesen beiden Möglichkeiten bestehen. Unsere Experimente zeigen, dass der Informationstransfer im Schwänzeltanz eingebettet ist in ein Navigationsgedächtnis, das am zutreffendsten als eine kognitive Karte beschrieben wird. Daraus lässt sich schließen, dass auf einen Ort mit bestimmten Eigenschaften symbolhaft hingewiesen wird, sodass die rekrutierten Bienen sich nicht nach einer Fluganweisung verhalten sondern einen Ort in ihrem Navigationsgedächtnis ansteuern. Allerdings ist es außerordentlich schwierig andere Interpretationen auszuschließen. Ich werde diese Thematik zum Anlass nehmen über die Denkweise der kognitiven Verhaltensforschung nachzudenken.