

Wie Pestizide die Intelligenz von bestäubenden Insekten stören

Randolf Menzel

Freie Universität Berlin

<http://www.bcp.fu-berlin.de/biologie/>

[arbeitsgruppen/neurobiologie/ag_menzel/index.html](http://www.bcp.fu-berlin.de/biologie/arbeitsgruppen/neurobiologie/ag_menzel/index.html)

Neubrandenburg

November 2018

Intelligentes Planen, Suchen, Auswählen und Entscheiden



The intelligent solution of pollination



Die intelligente Bestäubung von Blüten

300 Millionen Jahre gemeinsame Evolution von Blütenpflanzen und Bestäubern

- Geben (Pflanze) und Nehmen (Bestäuber): eine Geschäftsbeziehung
- Anpassung der Blütensignale und der Wahrnehmung
- Blütenpflanzen züchten sich die intelligenten Bestäuber

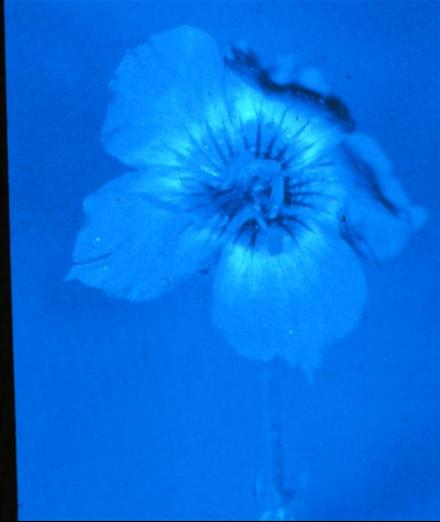
Was die intelligenten Bestäuber alles lernen müssen

- Wie komme ich sicher wieder zu meinem Nest zurück
(Versorgung der Larven): Navigation
- Wo gibt es gerade Nektar und Pollen (Wasser, Harz):
Wahrnehmen, Suchen, Auswählen, Manipulieren, Lernen
- Ist die Energiebilanz positiv (Aufwand und Ertrag):
als einzelnen Tier, als Kolonie
- Was wird benötigt (Nektar oder Pollen): soziale Kommunikation

Lernen und Gedächtnis: Die Regeln in der Natur erkennen:

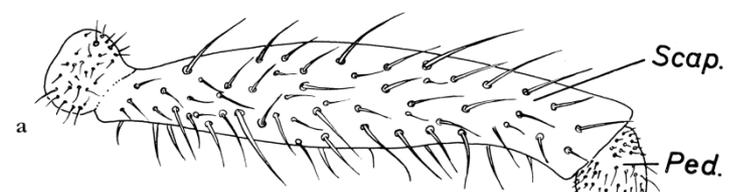
Tagesrhythmik, von einander lernen (soziale Kommunikation)

Blumenfarben für Insekten



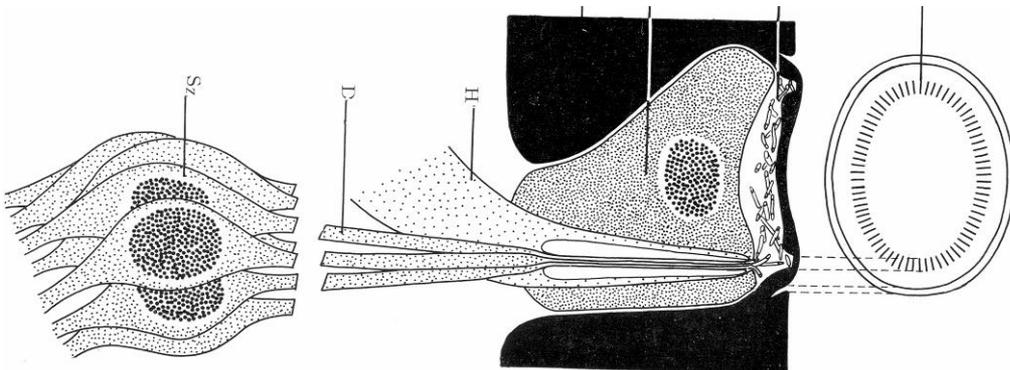
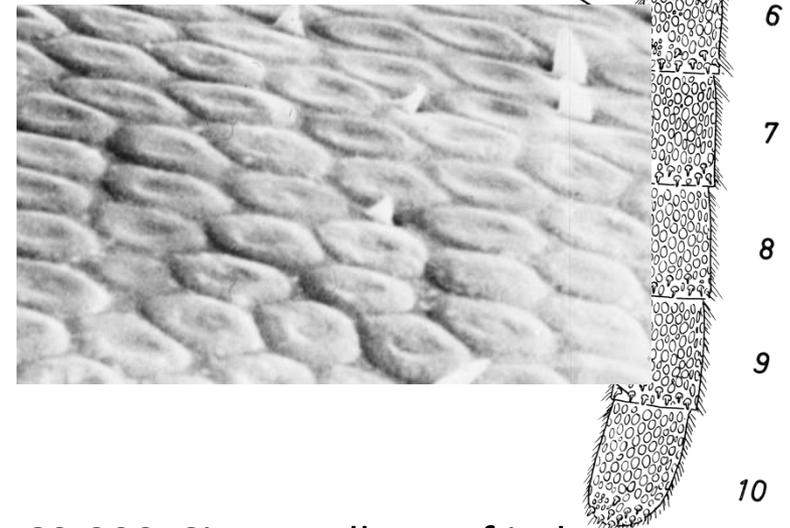
Die Schönheit der Blumen ist in der Evolution der letzten 300 Millionen Jahre für die bestäubenden Insekten entstanden, nicht für uns

Die Duftwelt ist eine komplexe Welt



Bienen riechen und fühlen mit den Antennen

- Duft
- Berührung
- Wind
- Temperatur
- Feuchte
- CO₂
- elektrostatische Felder



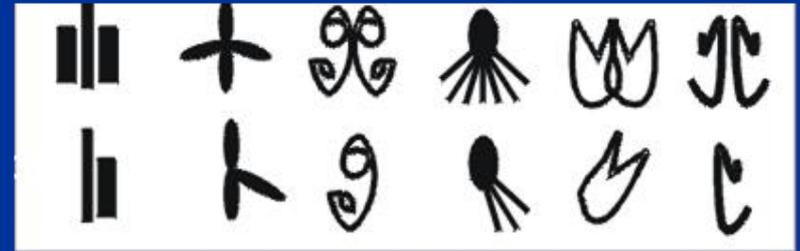
60.000 Sinneszellen auf jeder Antenne sind allein in den Porenplatten versammelt

Bienen lernen nicht nur einfache Aufgaben:

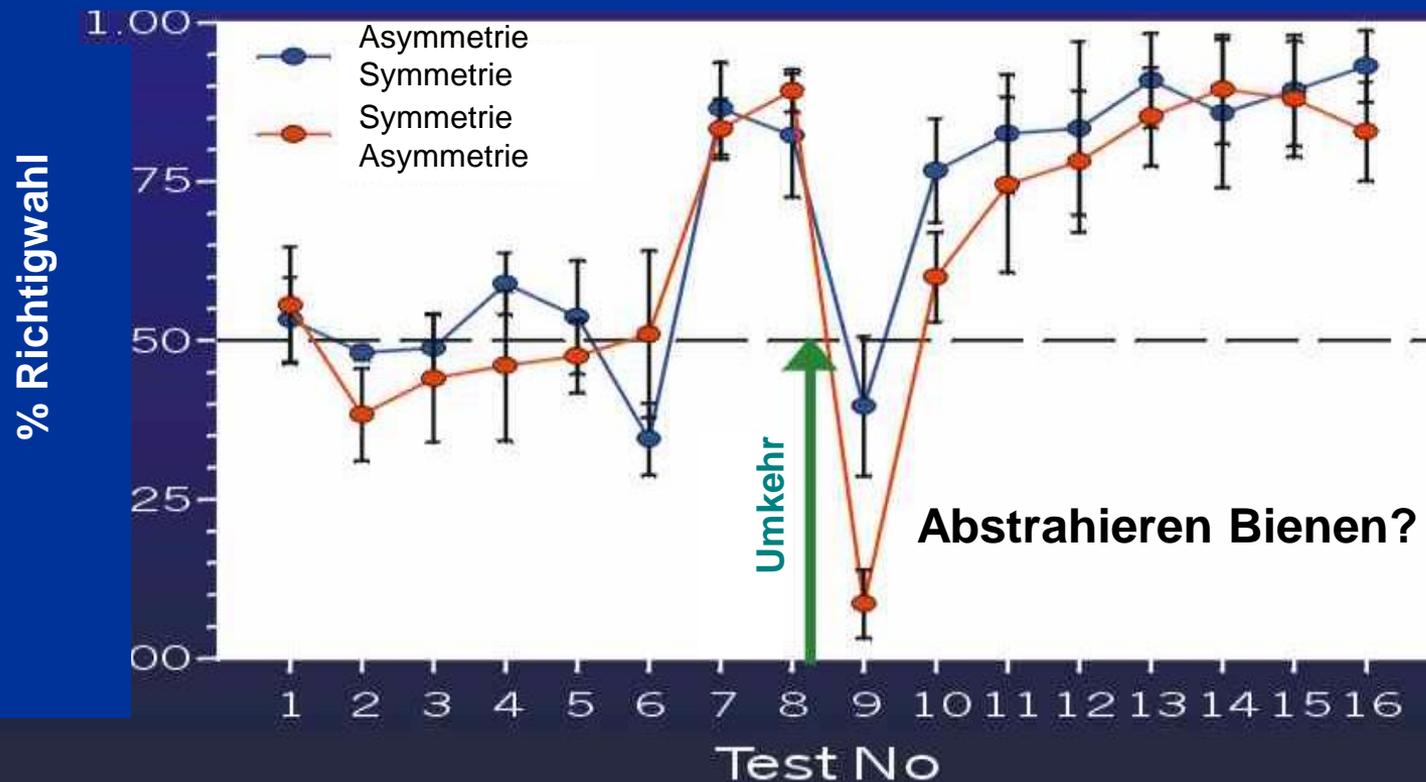
Spiegel symmetrische von unsymmetrischen Formen unterscheiden



Testmuster



Dressurmuster

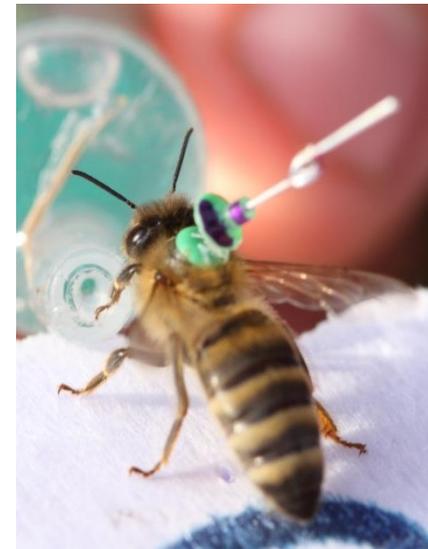
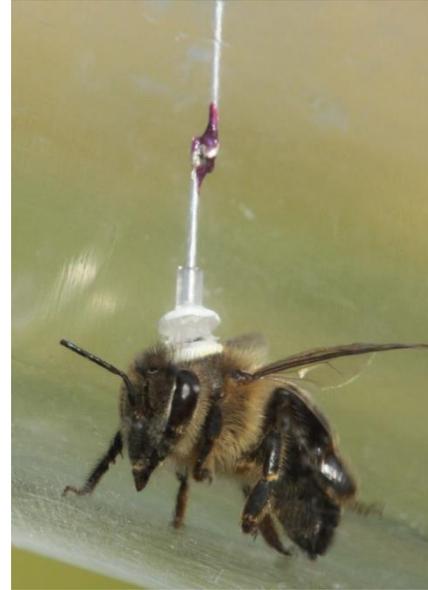


Wenn man die Navigation der Bienen verstehen will, muss man wissen, wo sie herumfliegt

Verfolgen der Bienen mit einem
speziellen Radargerät



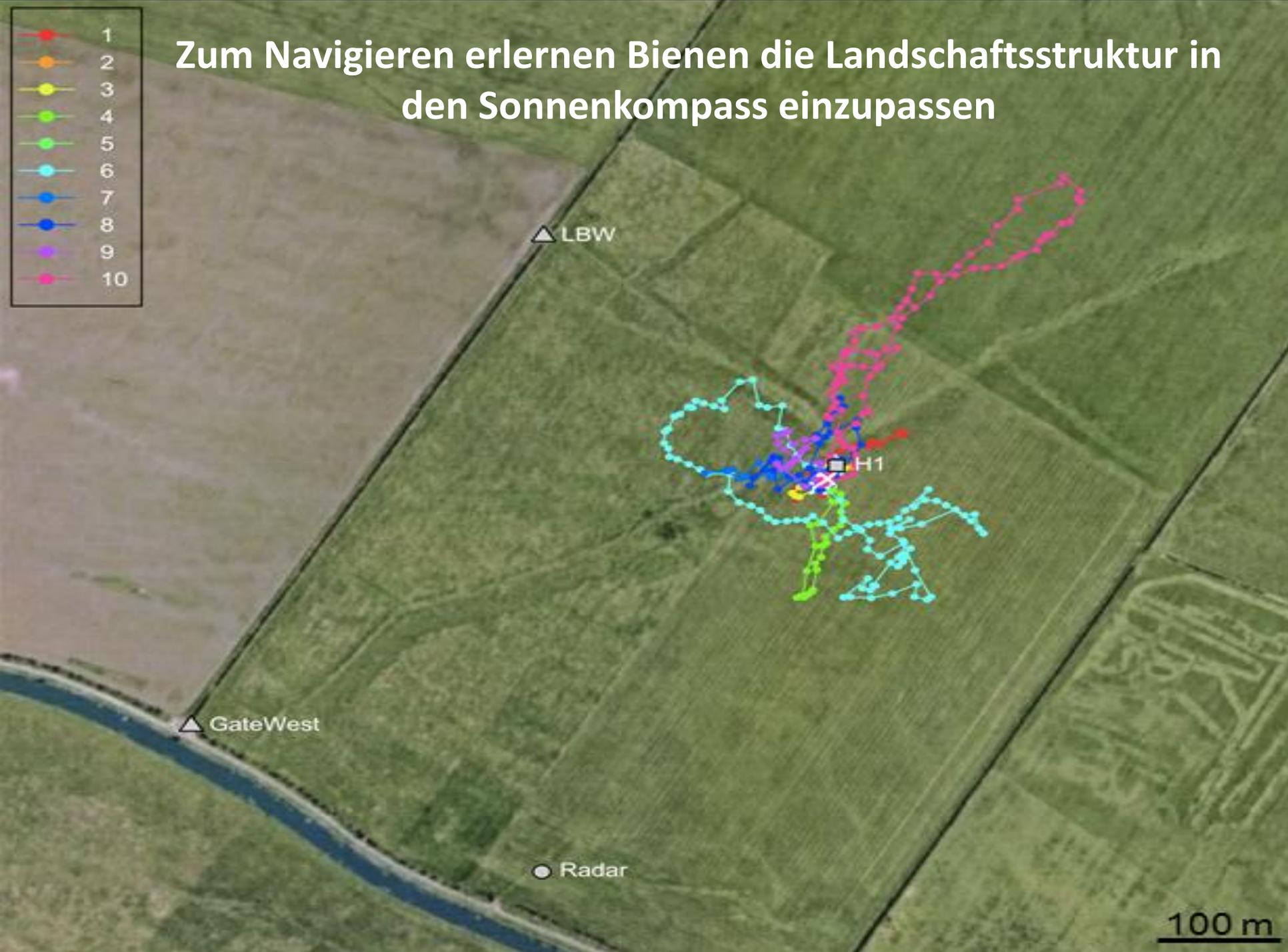
Harmonisches Radar





Aus dem Film "More than Honey"

Zum Navigieren erlernen Bienen die Landschaftsstruktur in den Sonnenkompass einzupassen

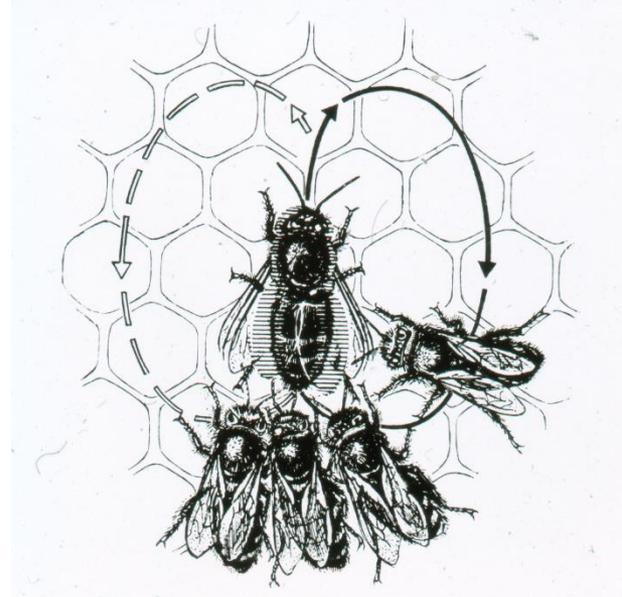


100 m

Schwänzeltanz:

die tanzende Biene codiert die Richtung und Entfernung zu einer Nahrungsquelle/neue Niststelle.

Die Folgebienen bestimmen daraus den Ort zu dem sie fliegen sollen



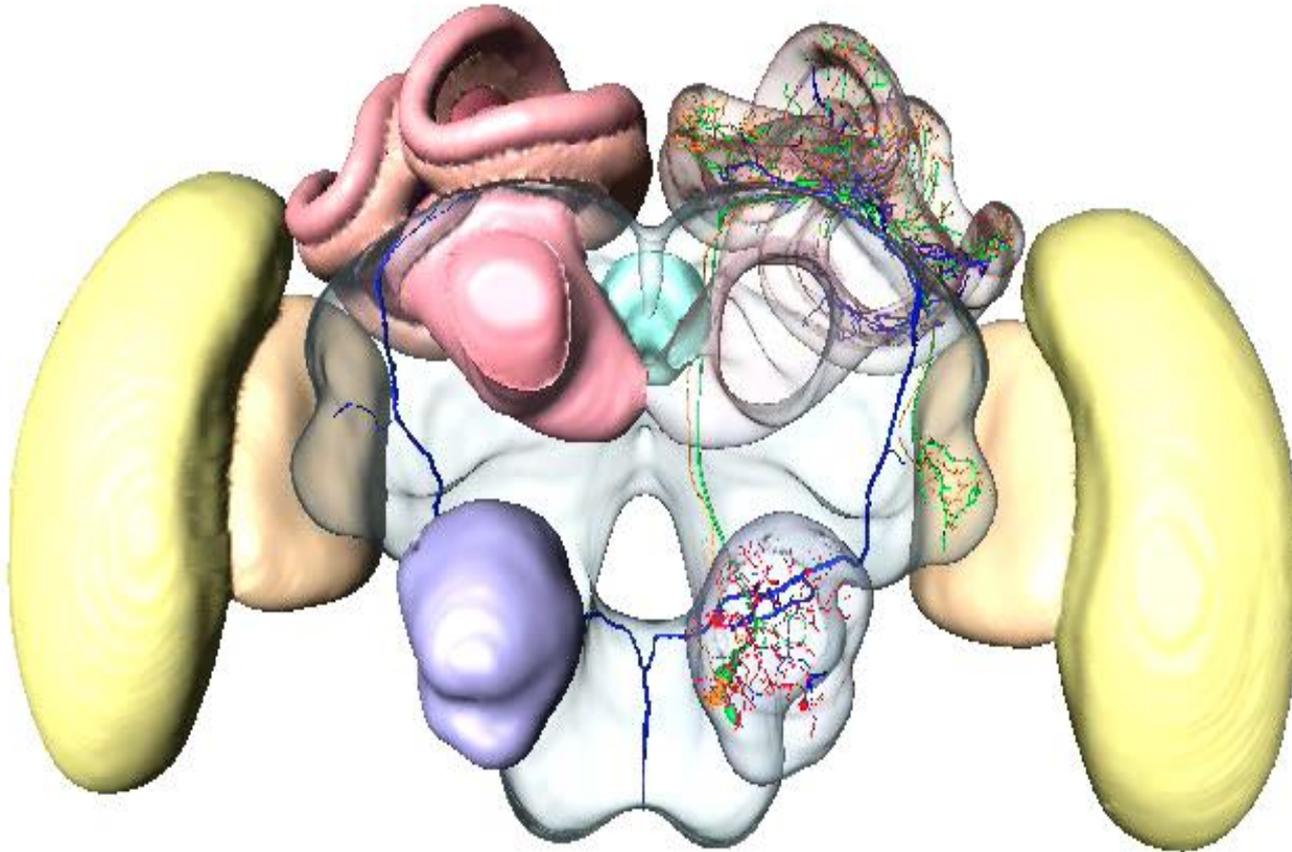
Richtung: **Flug** relativ zum Sonnenstand

Tanz: relative zur Schwerkraft.

Entfernung: **Flug** mit den Augen (optischer Fluß)

Tanz: Länge/Zeit des Schwänzellaufs
Schwänzelszahl

Das Bienehirn ist winzig (1 qmm) und enthält
knapp 1 Million Nervenzellen



Wir kennen schon viele Nervenzellen und wissen was sie tun

Nahezu alle Pestizide wirken als Gehirndrogen - insbesondere in den für komplexe Leistungen zuständigen Regionen



Die komplexesten Verhaltenssteuerungen im Insectengehirn finden in den Pilzkörpern statt.

Nikotinischer Acetylcholin Rezeptoren.

Bei höheren Dosen ist dies tödlich, bei sehr niedrigen Dosen stört dies die Gehirnprozesse:

Wahrnehmen, Lernen, Erinnern,
Orientieren, Navigieren,
Kommunizieren

Die Wirkung von Neonikotinoide und andere Insektizide

Kontakt- und Fraßgifte. Über die Wurzeln (gebeizter Samen) oder über die Blättern (Spritzen) aufgenommen. Gelangen sie in alle Teile der Pflanzen (Pollen, Nektar, Gutationssaft) und in die Pflügen und den Staub vom Acker.

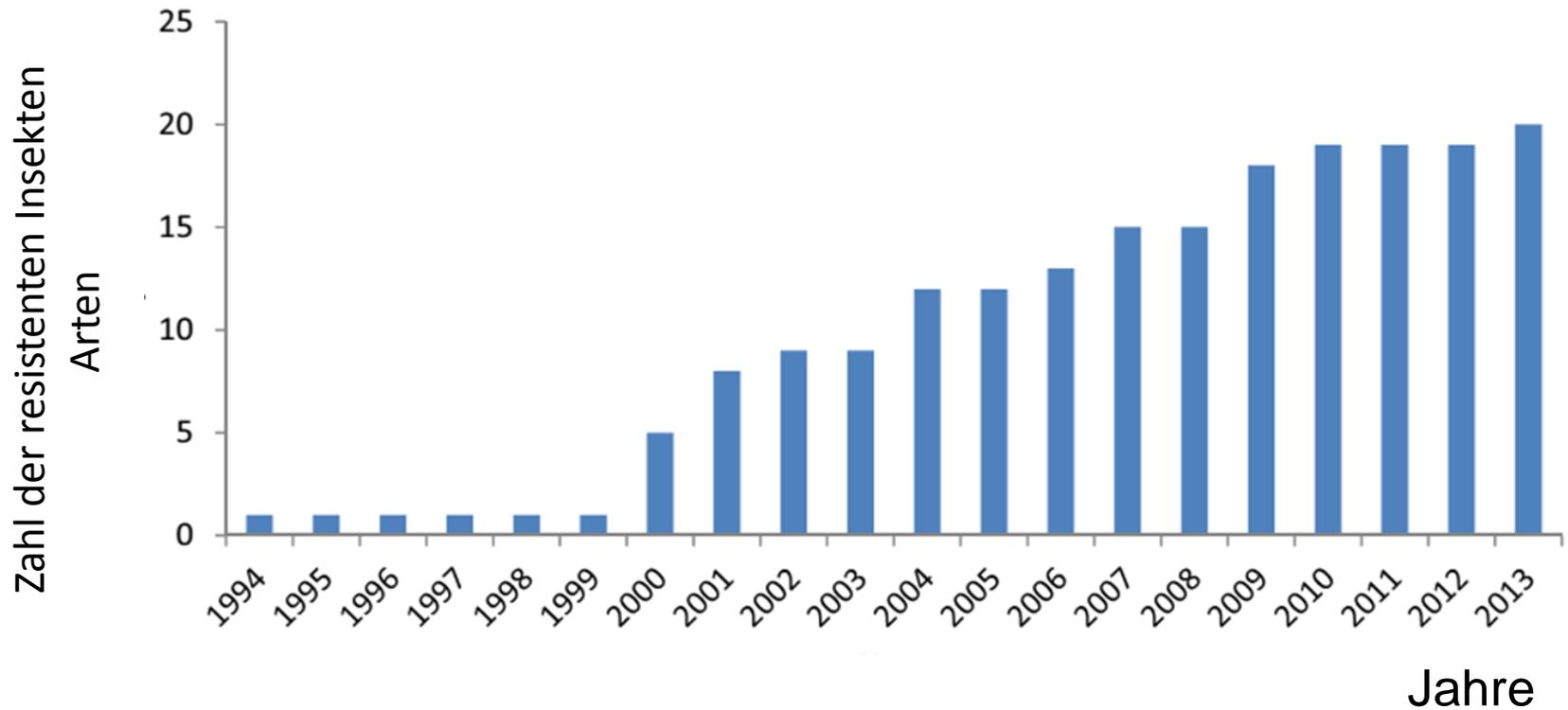
Neonicotinoide und andere Insektizide wirken auf das Gehirn und andere Körperteile: **Acetamiprid, Clothianidin, Imidacloprid, Nitenpyram, Thiacloprid, Thiamethoxam, Nithiazin.** Zur Zeit wird vor allem **Thiacloprid** (Calypso, Biscaya) und **Mospilan** (Acetamiprid) verwendet, wobei sich die Anwendungsvorschriften ständig ändern (z.B. kein Spritzen in die Blüte, kein Beizen von Samen bestimmter Pflanzen, z.B. Raps aber nicht Erbse).
Gegen Rapsglanzkäfer, Kartoffelkäfer, Blattläuse, weiße Fliege, u.m.

In Frankreich sind seit kurzem alle Neonicotinoide verboten (in der Verfassung verankert).

EFSA (European Food Safety Authority):

Für 3 Wirkstoffe ist die Anwendung in der EU verboten: Clothianidin, Imidacloprid, Thiamethoxam (dagegen strengt die erzeugende Industrie ein Gerichtsverfahren am Europäischen Gerichtshof an)

Die große Gefahr und der Grund für neue Insektizide: Zunahme der Resistenz von Insekten Arten seit Einführung der Neonicotinoide



Andere Insektizide, die auf den selben Rezeptor wirken:

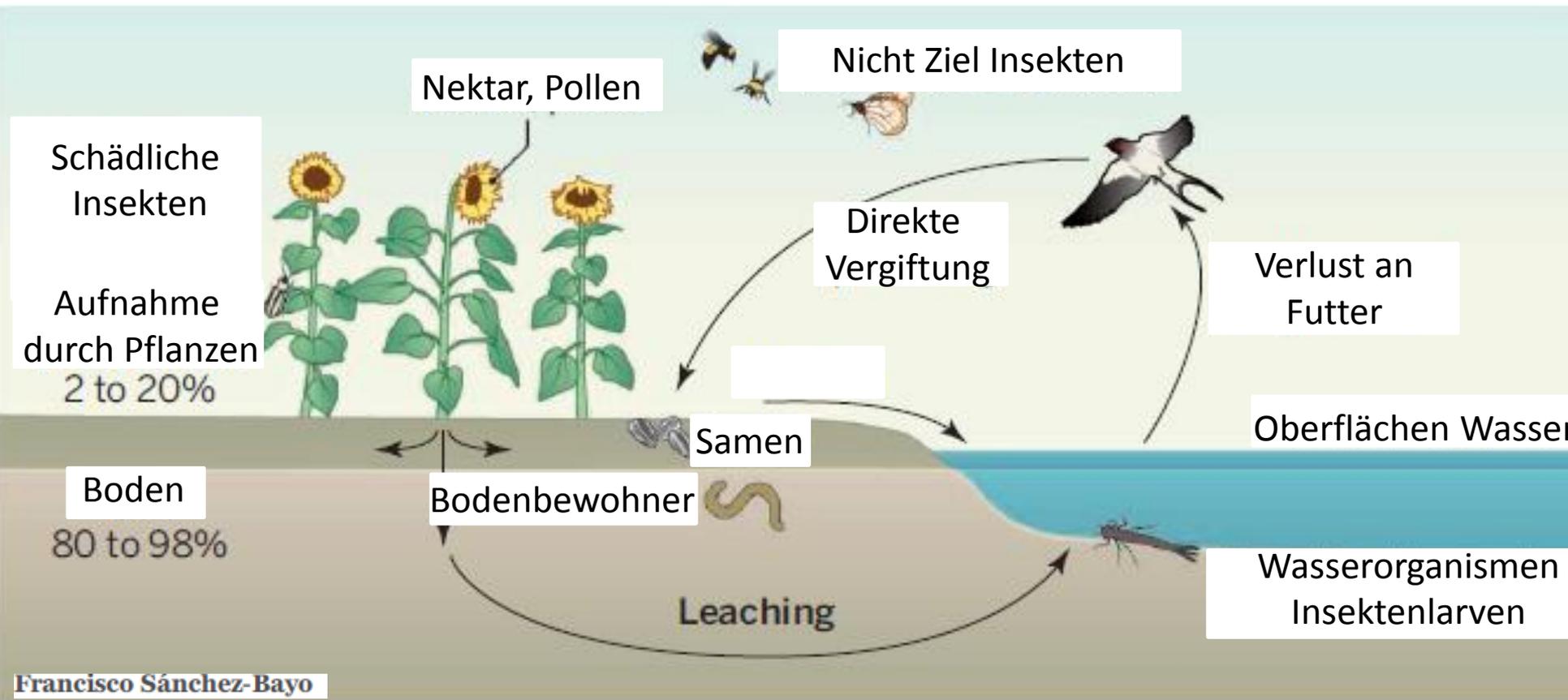
Sulfoxaflor: Sulfoximine, Dow Chemicals, in Europa seit August 2015 zugelassen, in den USA zur Zeit nicht zugelassen (Gerichtsurteil: Schutz der Bestäuber. Es gibt praktisch nur Untersuchungen der Firma Dow Chemicals, und in deren Veröffentlichungen sind die wichtigen Daten geschwärzt. Auf eine neuen Arbeit gehe ich später ein.

Flupyradifuron: Butenolide, Sivanto von Bayer Crop. Laboruntersuchungen an Bienen führt bei einer Dosis von 1,2 Mikrogramm pro Biene zu deutlich reduzierten Wahrnehmungs- und Lernleistungen. Anträge auf Zulassung liegen bei den Behörden vor. Wir haben ganze Bienen Kolonien der Substanz ausgesetzt. Daten werden gerade ausgewertet.

Cyantraniliprol: Lumiposa, wirkt auf ein anderes Molekül (Ryanidin Rezeptor, insbesondere in Muskeln von Nicht-Wirbeltieren. Hochtoxisch für Bienen. Jetzt in Polen zugelassen. „Empfehlungen“ des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL): 48 Std. vorher Imker benachrichtigen, wenn die Bienenvölker näher als **60 m** entfernt stehen.

Fibronil: viele Namen, BASF, wirkt auf GABA Rezeptor, Verdacht: Krebs erzeugend. In Deutschland nur noch ausnahmsweise als Beizmittel zugelassen (im Freien: Drahtwürmer Kartoffel, Gemüse), in Gewächshäuser. Verboten: Mais, Sonnenblumen

Das Problem mit den Neonicotinoiden und anderen Insektiziden



Francisco Sánchez-Bayo

Science **346**, 806 (2014)

Beizen von Samen: 1 – 17 ng Neonicotinoide pro g.
Im Pflanzensaft sind dann 5 – 10 ng pro g (= ppb)

Konzentrationen, Mengen und Dosen

Konzentration: **ppb**: part per billion= 1 Anteil in 1 Milliarde,
also: 1 ng/g = **1 g in 1000 m³** Wasser

Menge von Neonicotinoiden in Pflanzen

1 – 10 ng/g Thiamethoxam in Pollen und Nektar

0.5 – 36 ng/g Imidacloprid in Sonnenblumen Pollen

bis 90 ng/g Thiacloprid im Pollen von Obstblüten

Innerhalb der Kolonie, die Rapsblüten aus gebeiztem
Samen ausgesetzt waren:

6.6 - 23 ng/g Imidacloprid in Pollen oder Honig

10 – 14 ng/g Clothianidin in Pollen oder Honig

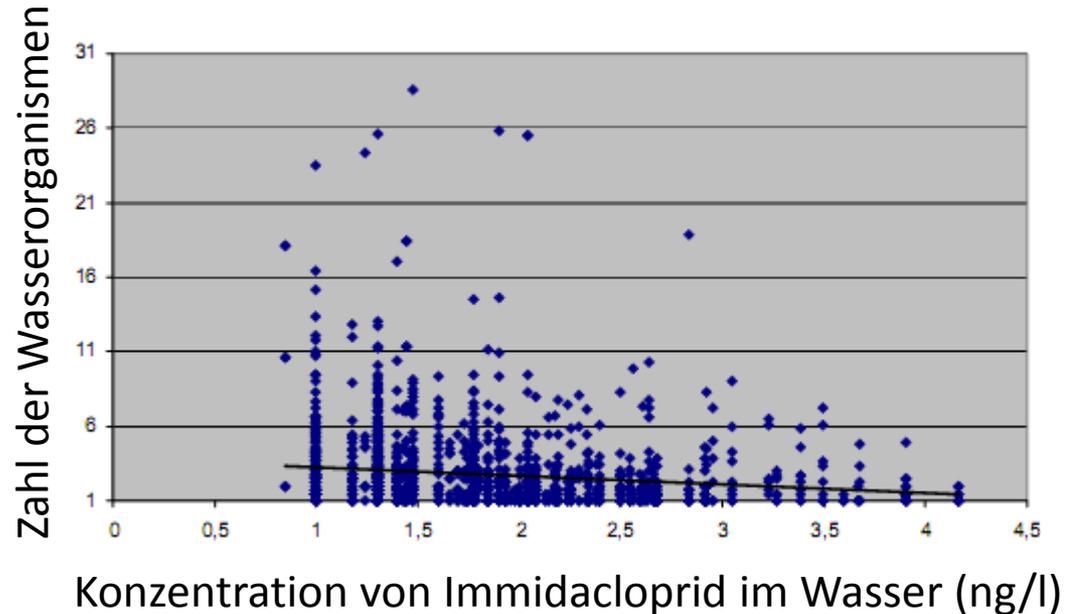
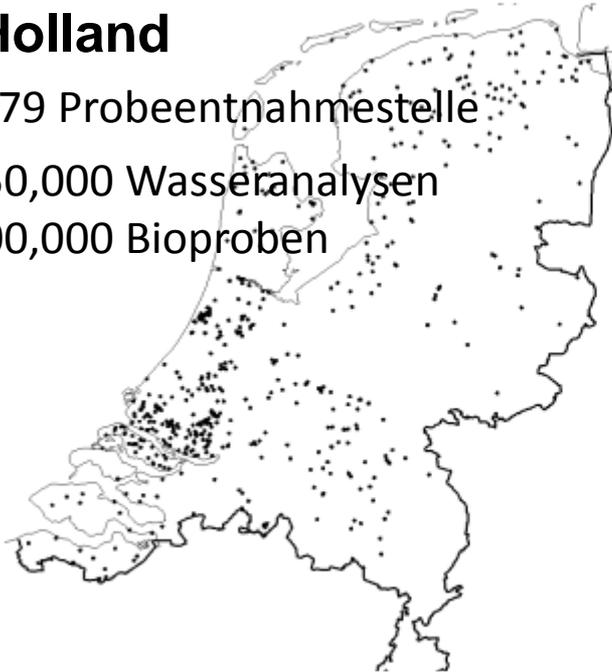
Gewässerbelastung mit dem Neonicotinoid Imidacloprid beeinträchtigt im Wasser lebende Nicht-Wirbeltiere und indirekt Fische und Vögel

Holland

579 Probeentnahmestelle

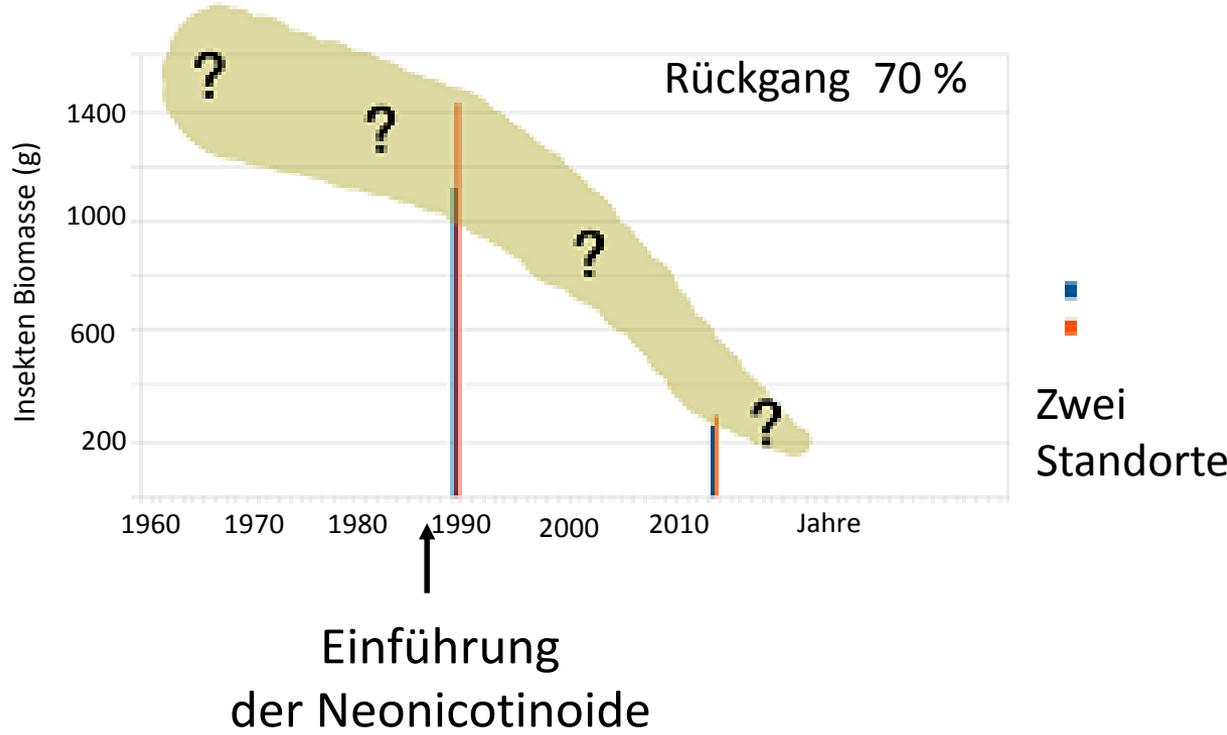
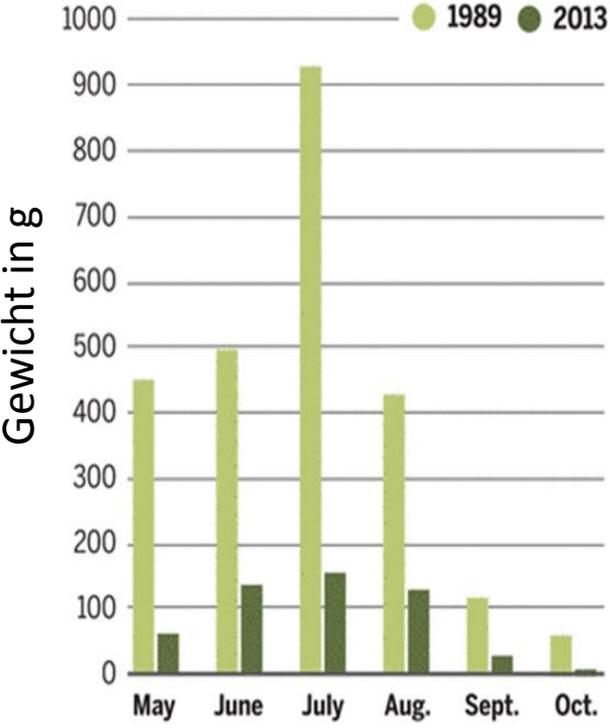
750,000 Wasseranalysen

300,000 Bioproben

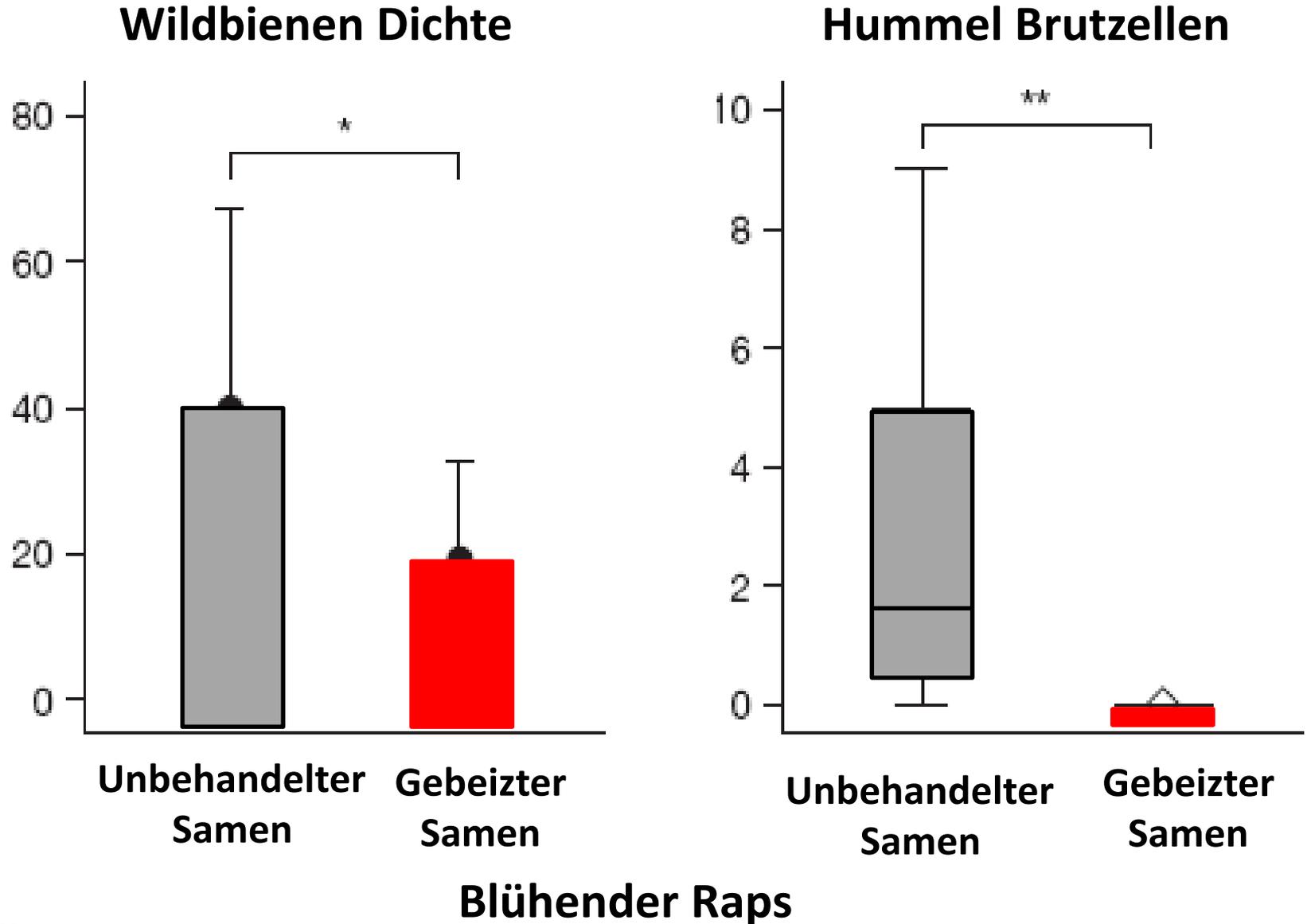


Deutschland: Bäche und kleine Flüsse: 1,7 Millionen Proben, 478 Pestizide und Metaboliten
Gefährliche Konzentrationen wurden in 26% der Flüsse gefunden. Diese waren nahe zu 4 mal
höher wenn sie in der Nähe von Ackerbau Flächen waren.

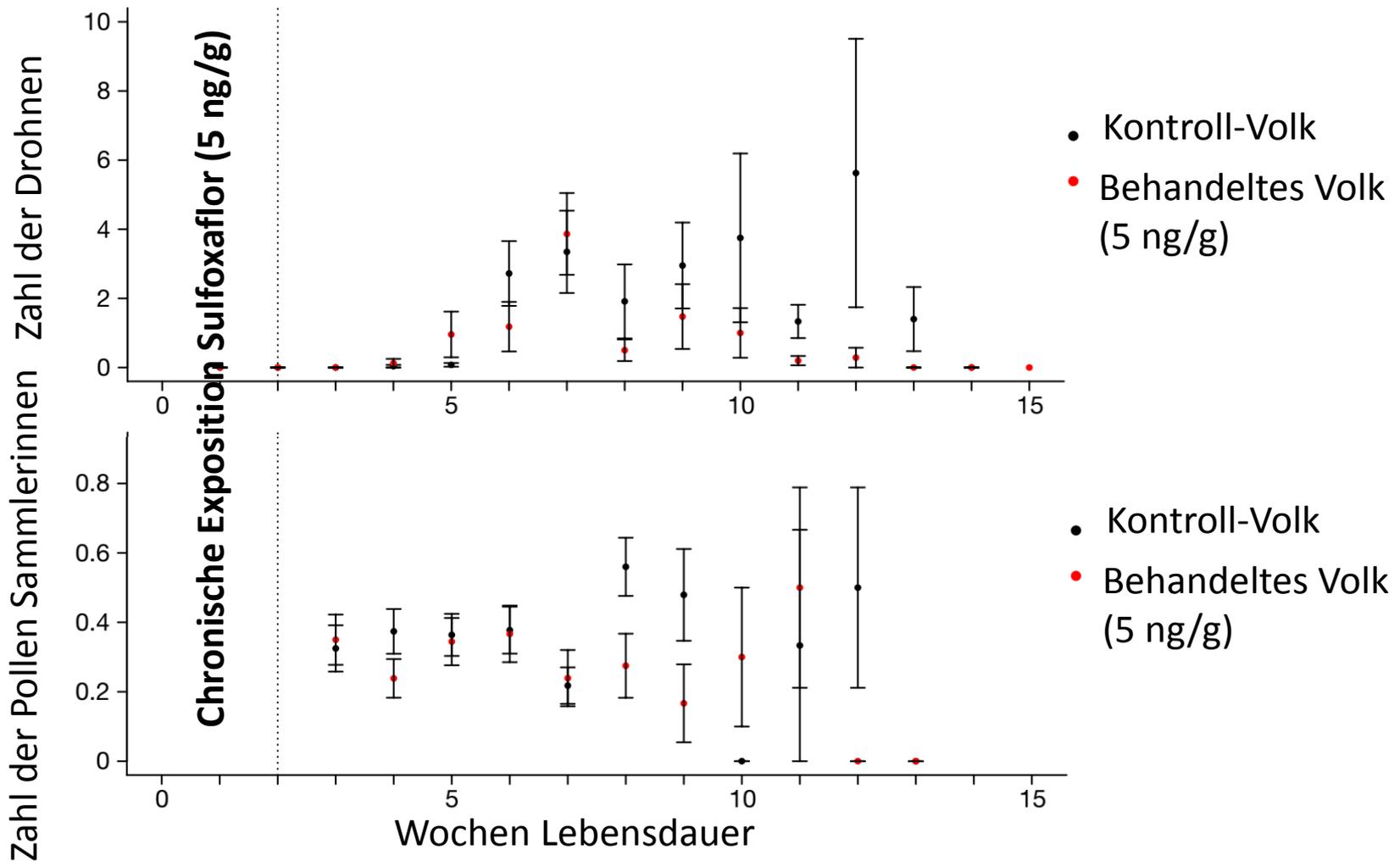
Abnahme der Biomasse flugfähiger Insekten Ein Vergleich zwischen 1989 und 2013 im Ruhrgebiet



Wildbienen und Hummeln sind mehr gefährdet als Honigbienen



Die Aufnahme von Sulfoxaflor reduziert die Zahl der Drohnen und der Brut bei Hummeln

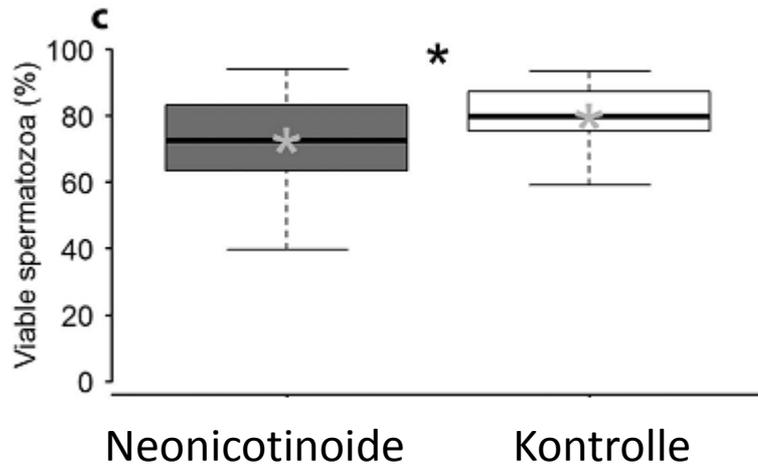


H. Siviter, M.J.F. Brown and E. Leadbeater (2018) Sulfoxaflor exposure reduces bumblebeereproductive success. Nature 561, 109 – 112,,

Honigbienen

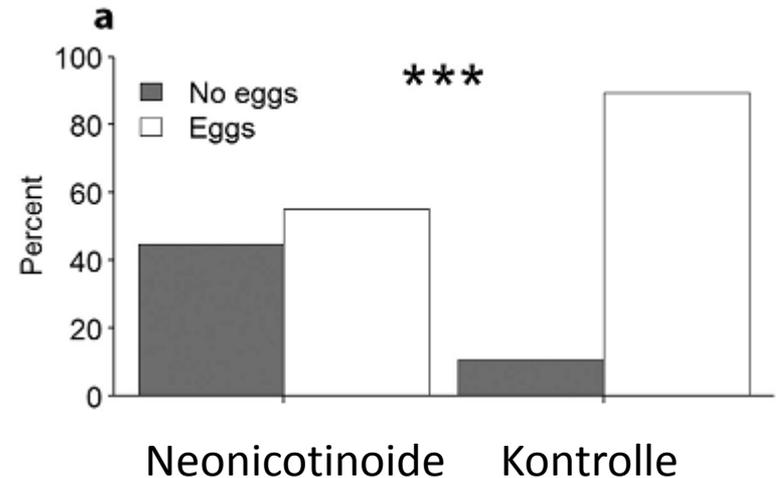
Neonikotinoide in Raps Pollen: Königin

reduziert die lebenden Spermien in der Königin



Weniger Spermien in der Spermatheka

Die Königin legt weniger Arbeiterinnen Eier



Weniger Arbeiterinnen Eier gelegt

Bern (Schweiz) Pollen behandelt mit 4 ng/g Thiamethoxam und 1 ng/g Clothianidin (vergleichbar mit dem Gehalt an Neonikotinoiden in Raps Pollen)

Warum scheint es als ob Bienenvölker nicht (oder massiv: Kolaps) auf Pestizidbelastung reagieren?

Das Bienenvolk ist ein „Superorganismus“, ein vielfältig und hoch geregeltes System. Solche Systeme sind **robust**.

Systemtheorie: synergistisch und antagonistisch geregeltes Wirkungsgefüge
Komplexe und verborgene Kompensationsvorgänge gegen störende Eingriffe
Nichtlinearität und Chaos: plötzliches Zusammenbrechen bei
scheinbar geringen Störungen.

Imker kümmern sich um diesen „Superorganismus“

Da die Wahrscheinlichkeit nach Aufnahme von Neonicotinoiden in den Stock zurück zu kehren geringer ist reichern sich die Pestizide dort nur im geringen Umfang an und die akut schädlichen Einflüsse werden nicht erfasst, weil die Bienen im Stock nicht gemessen werden.

Laborexperimente: Lernen von Düften durch Belohnung



belohnter Duft

Dressur



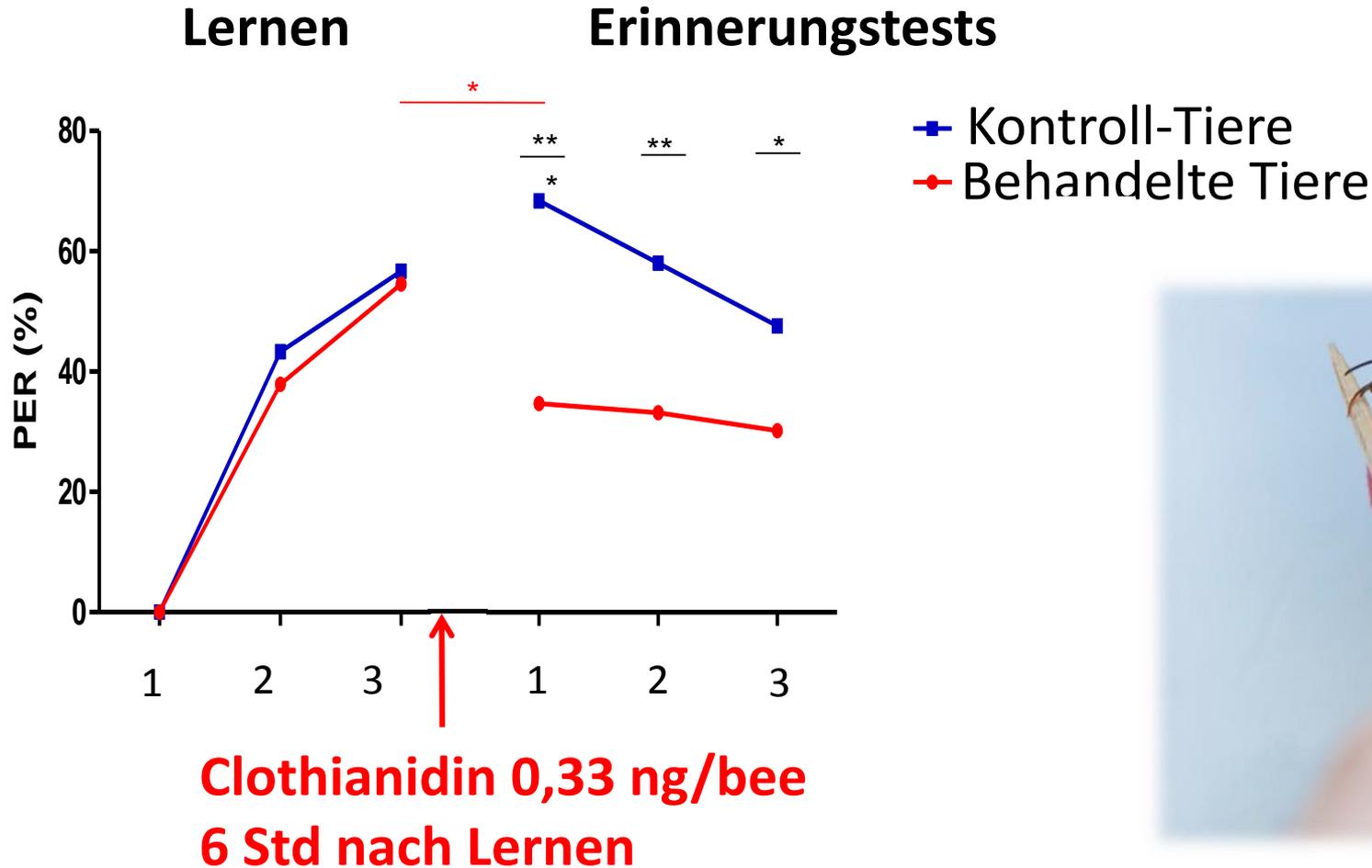
belohnter Duft

Gedächtnis

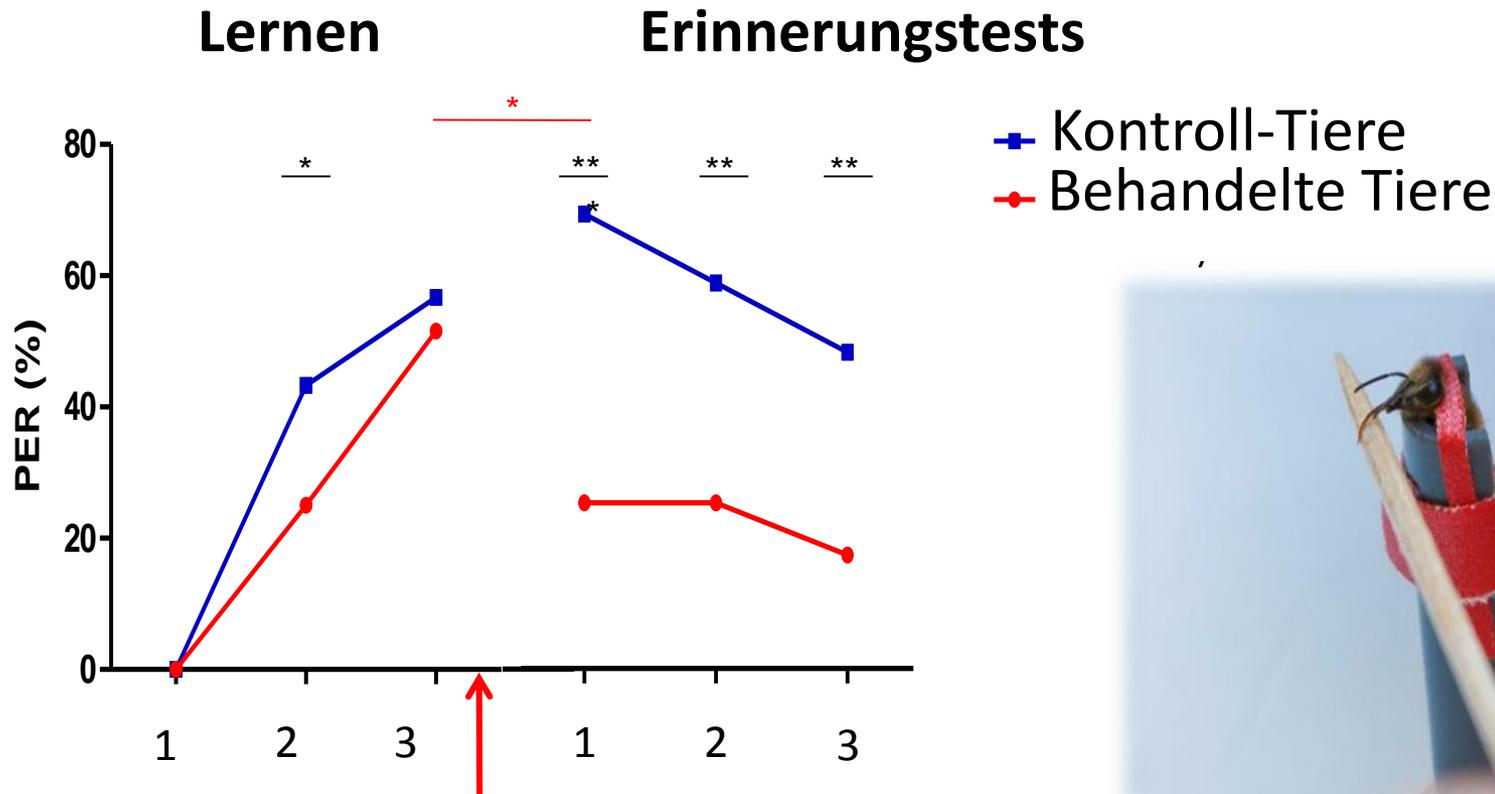
Gedächtnisbildung



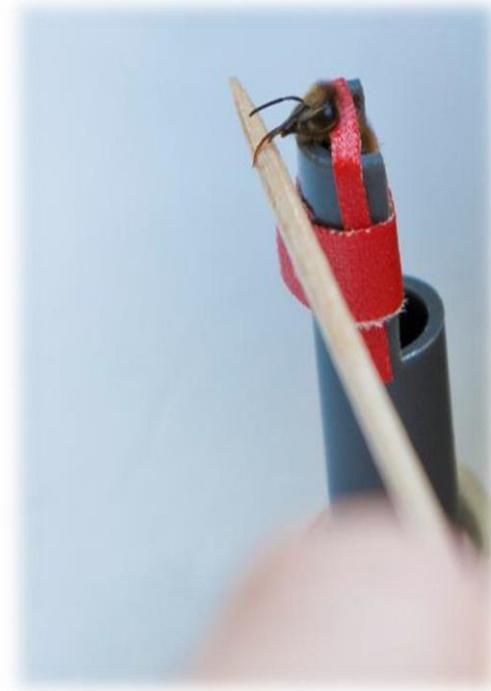
Clothianidin stört die Bildung des Gedächtnisses



Thiacloprid stört die Bildung des Gedächtnisses



**Thiacloprid 64 ng/bee
6h nach Lernen**



Im Laborexperiment zeigt sich, dass Clothianidin und Thiacloprid die Gedächtnisbildung und den Gedächtnisabruf massiv stören.

Dosis: 0,33 ng /Biene Clothianidin; 64 ng/ Biene Thiacloprid

Die dabei verwendeten Dosen liegen im Bereich was Bienen z.B. von gebeiztem Raps aufnehmen können

Clothianidin: 10ng/ml Nektar, Biene sammelt 50 µl, dann nimmt also ca 0,5 ng in einem Sammelflug auf
Thiacloprid ca. 100 ng Nektar/Biene (z.B. Calypso).

**Tödliche Dosen (LD50 Werte): 18ng/Bienen bei Imidacloprid;
22ng/Biene bei Clothianidin;
Thiacloprid etwa 150 fache Dosis.**

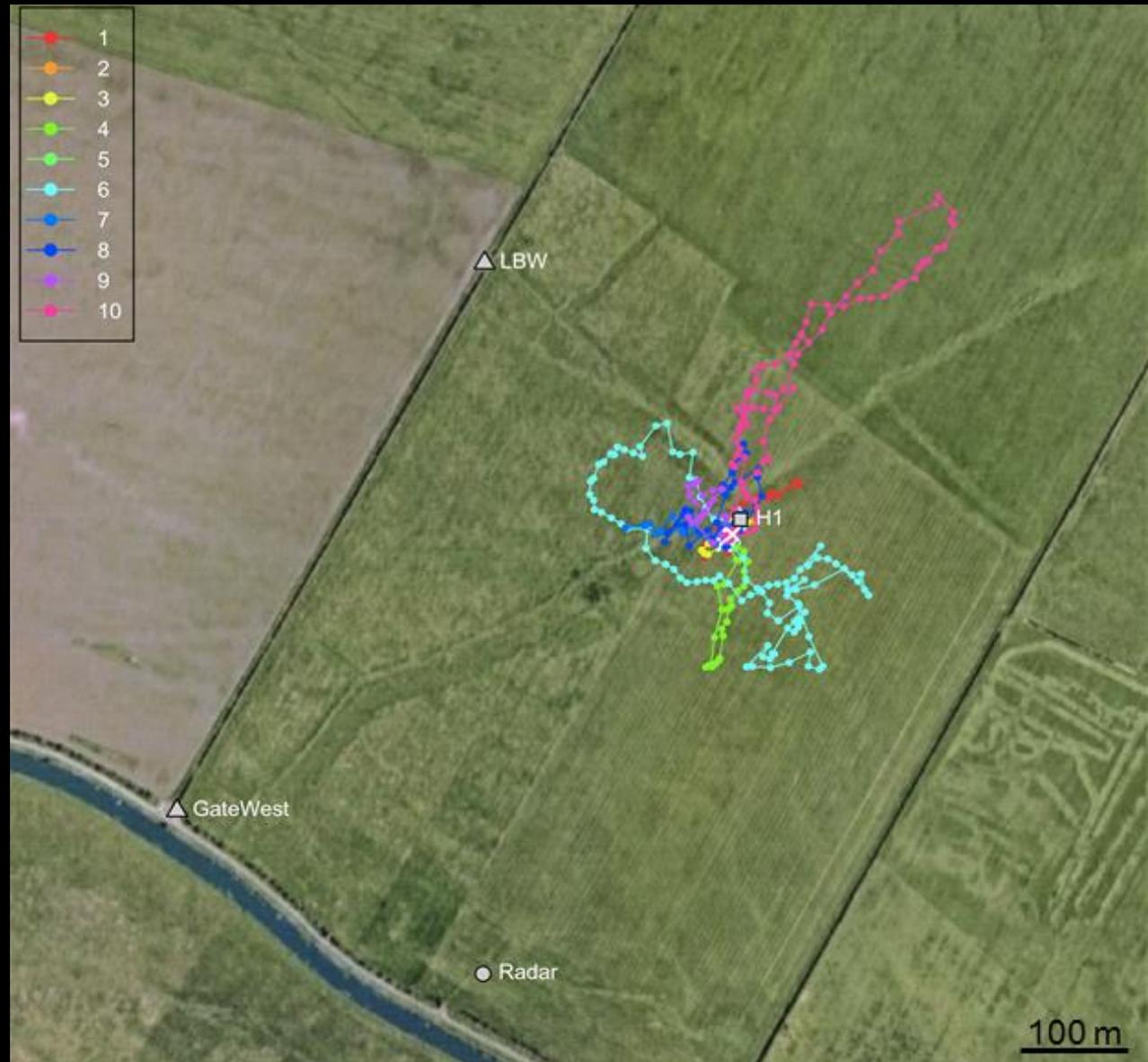
Wirken sich solche Dosen auch auf das natürliche Verhalten von Bienen aus?



Navigation (Heimfindevermögen), Kommunikation (Schwänzeltanz)

Wie Bienen ihr Landschaftsgedächtnis erlernen und in den Sonnenkompass einpassen

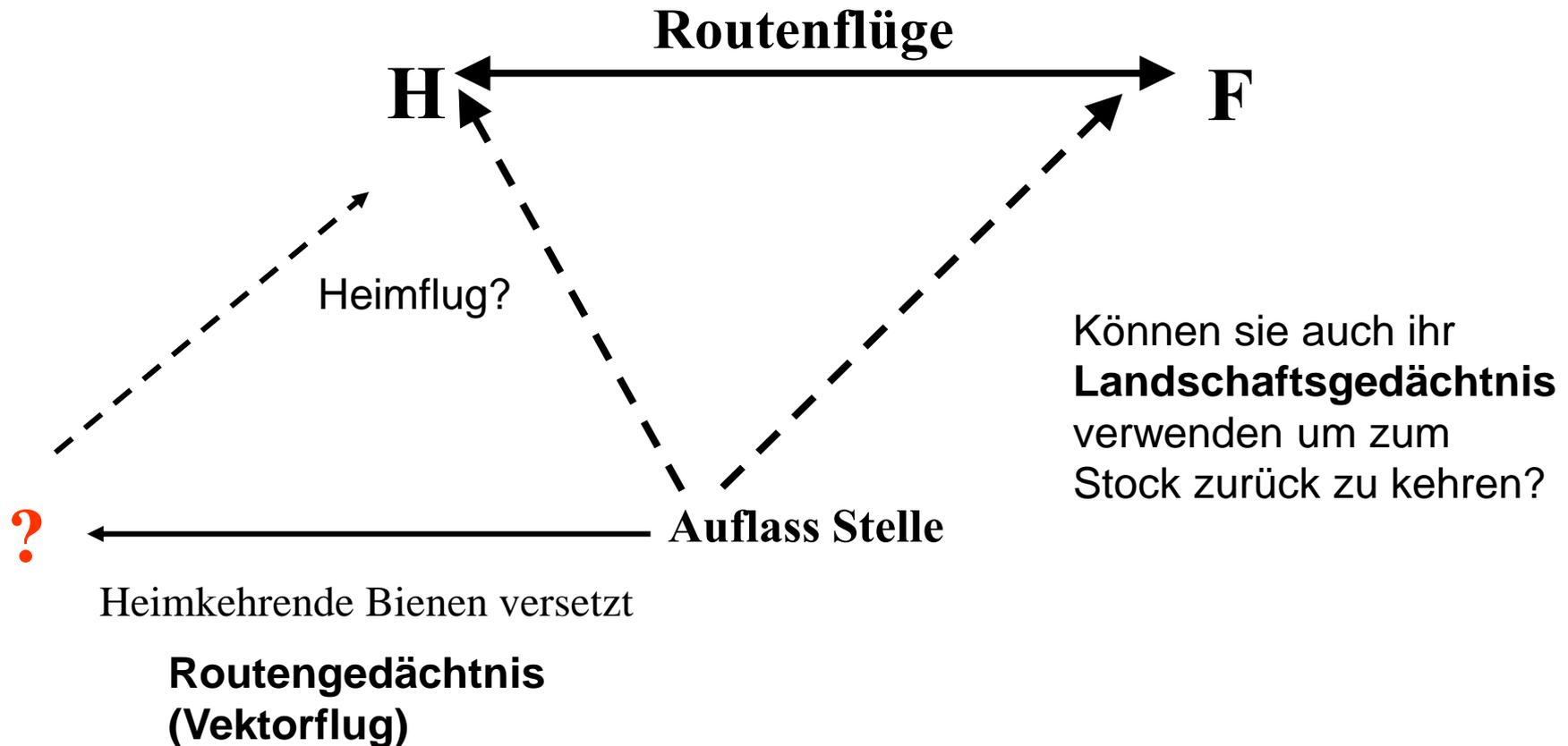
zweite Orientierungsflüge
10 verschiedenen Bienen



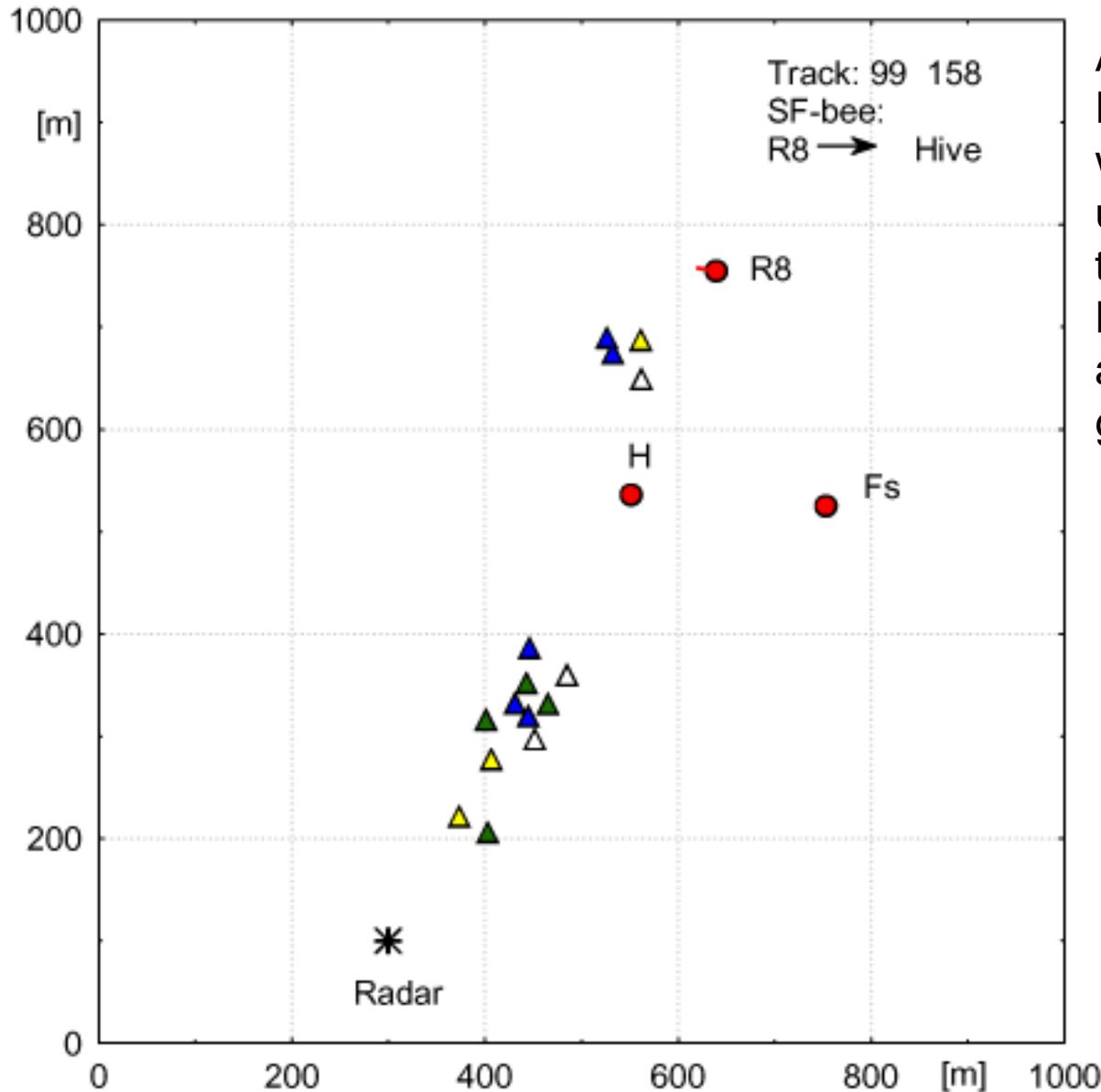
Degen Menzel 2015

Wie wir das Landschaftsgedächtnis testen:

Dressieren, Einsammeln, Transportieren und Freilassen



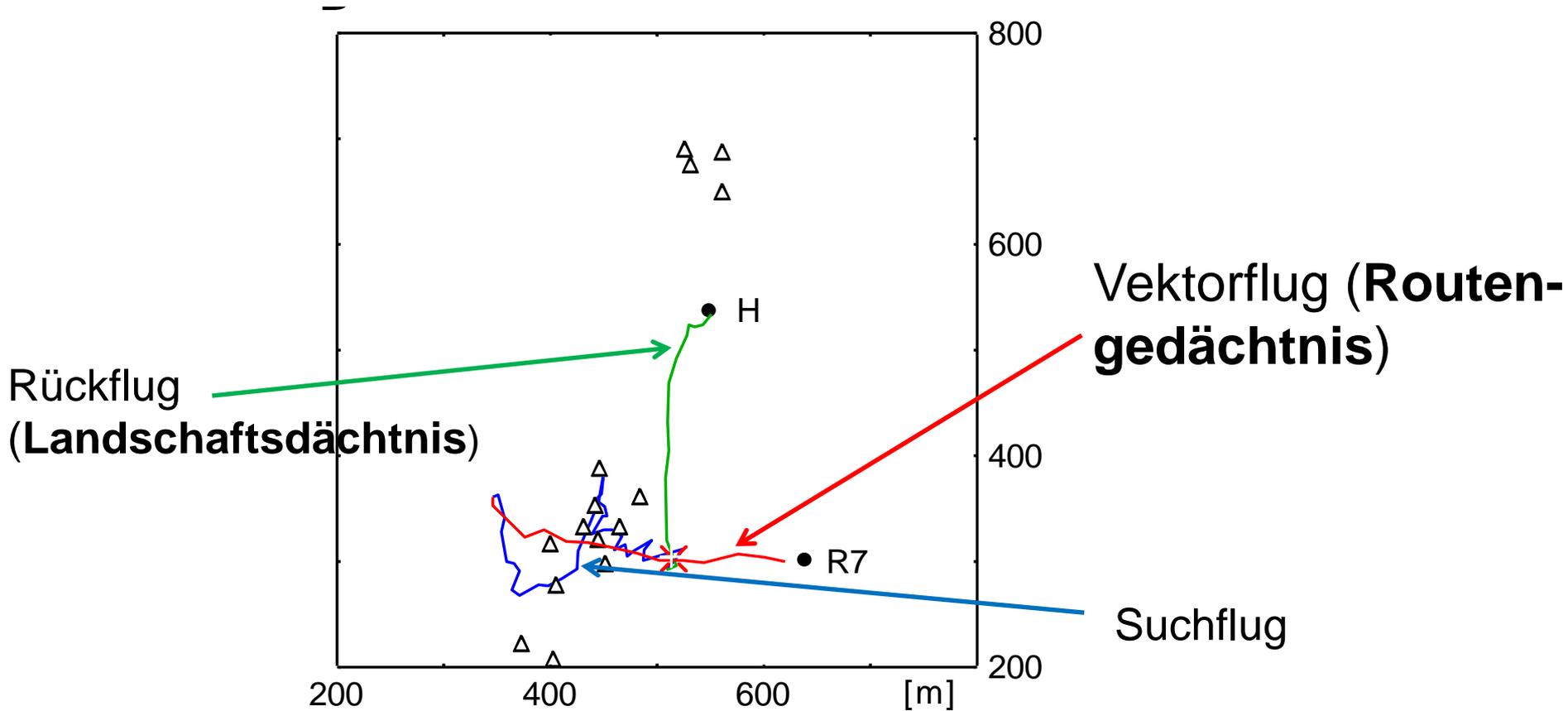
Die Biene war vom Stock (H) über 200 m nach Osten zur Futterstelle (Fs) dressiert



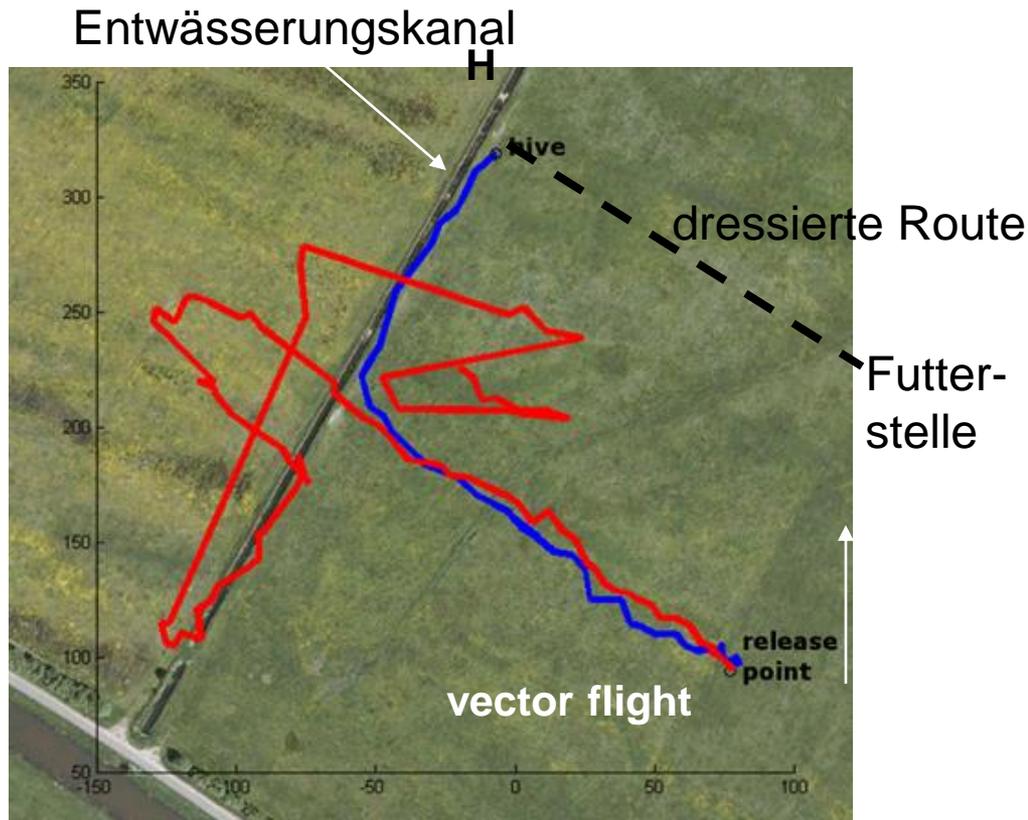
Als sie an Fs nach dem Füttern abfliegen wollte, wurde sie eingefangen und zur Stelle R8 transportiert. Dort mit einem Transponder ausgestattet und fliegen gelassen.

Es lassen sich drei Phasen der Heimkehrflüge unterscheiden:

- **Vektorflug** (Routengedächtnis)
- **Suchflug**
- **Heimflug** (bestehend aus Suchflug und Rückflug)



Die akute Wirkung von 3 verschiedenen Neonikotinoiden auf die Navigation



- Kontroll-Biene
- Thiacloprid behandelte Biene

Clothianidin: 1.3 ng/Tier
Imidacloprid: 3.7 ng bzw. 5.5 ng/Tier
Thiacloprid : 0.75 μg (= 750 ng/Tier)

Behandelte Bienen kommen seltener zum Stock zurück als nicht behandelte Bienen

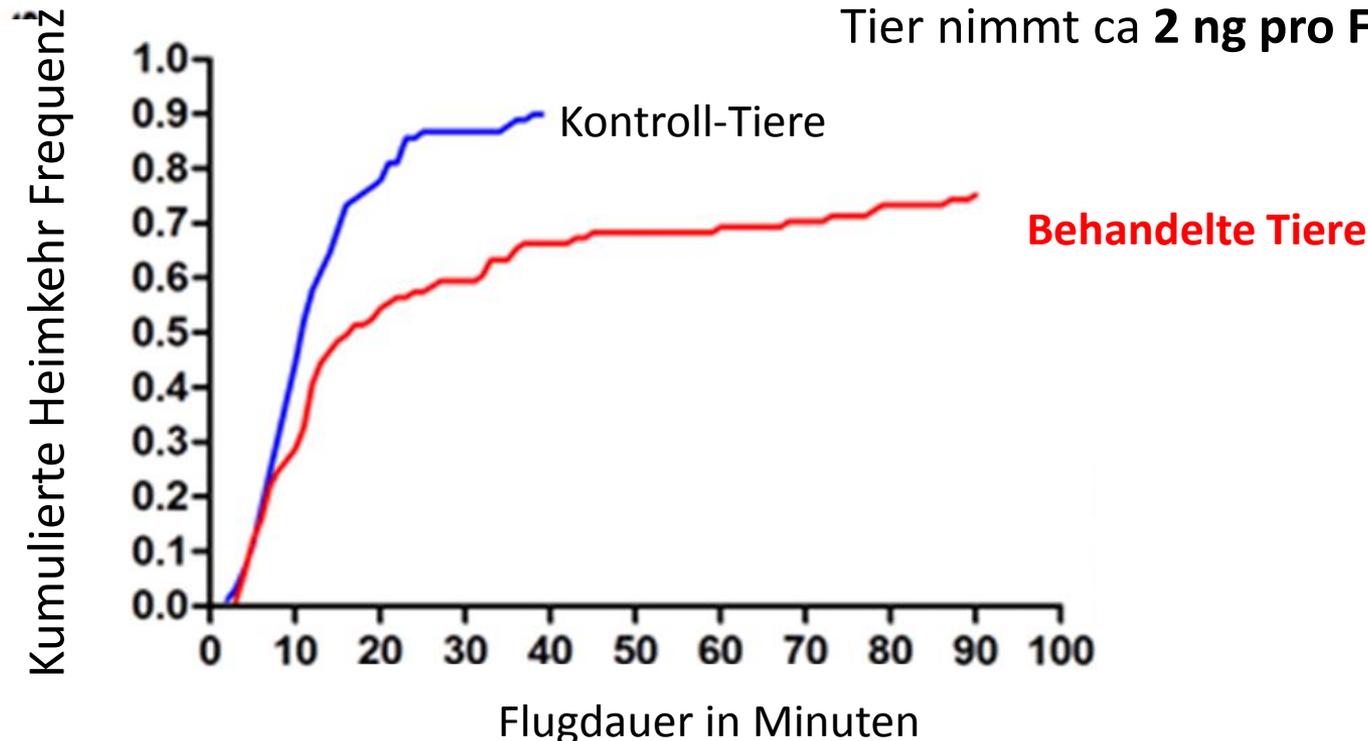
Übergang vom Vektorflug zum Heimflug ist gestört

Die Länge des Heimfluges ist signifikant länger bei der Clothianidin Gruppe

Die Zeit für den Heimflug ist signifikant länger bei der Clothianidin und der Thiacloprid Gruppe

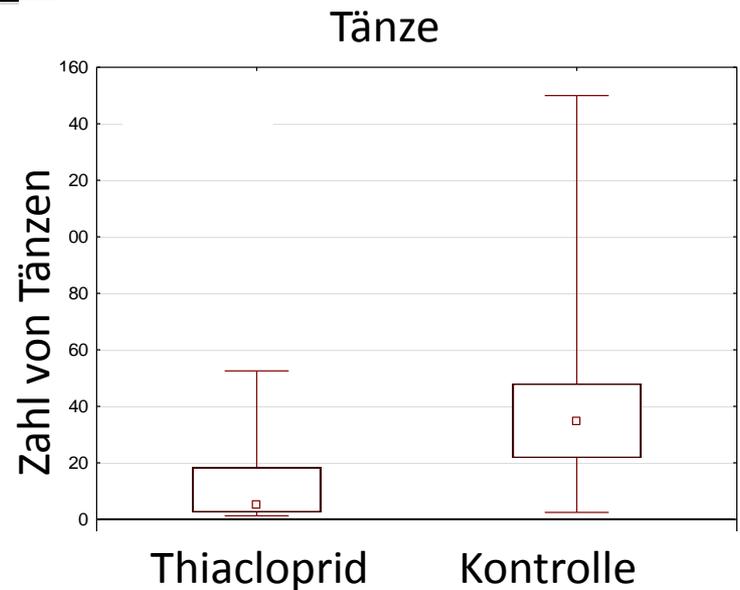
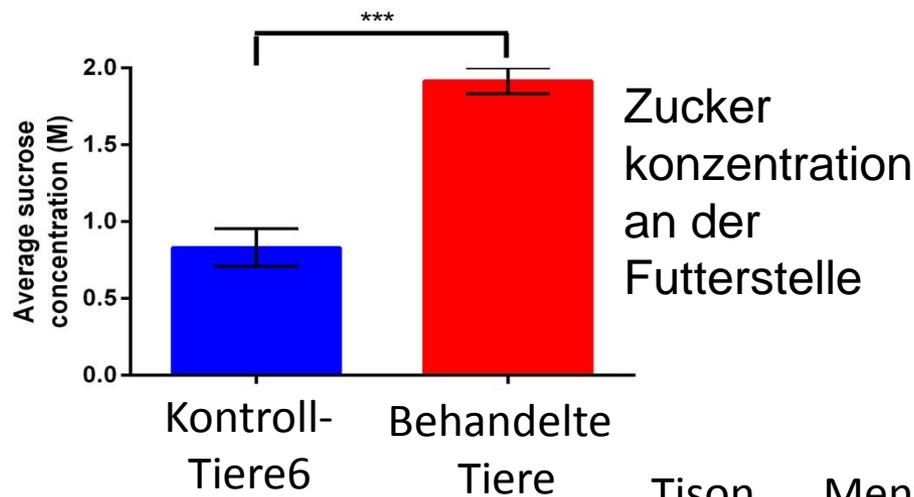
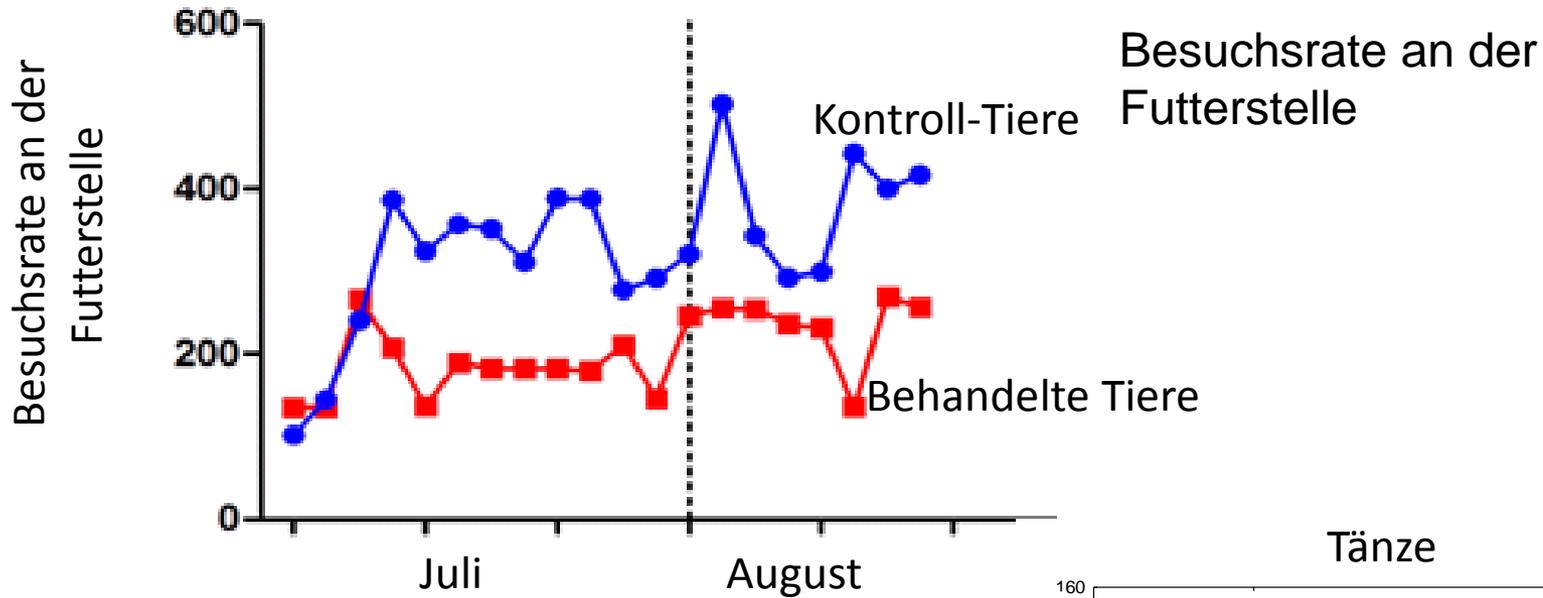
Die chronische Wirkung sehr geringer Thiacloprid Dosen auf die Navigation

Thiacloprid Konzentration: 0,02 mM
entspricht: 5,4 ng/ μ l,
entspricht 170 ng/Tier pro Sammelflug
Tier nimmt ca **2 ng pro Flug** auf



Außerdem tanzen diese behandelten Tiere weniger und benötigen eine sehr viel höhere Zuckerkonzentration um ihre Sammeltätigkeit aufrecht zu erhalten.

Die Besuchsrate nimmt ab, eine höhere Zuckerkonzentration ist nötig und die Tänze werden eingestellt





7g **Thiacloprid** verdünnt auf 50 l ergibt 140 ng/μl

Wenn die Biene 30 μl auf gespritzten Blüten sammelt nimmt sie auf einem Sammelflug **420 ng** Thiacloprid auf.

Wir fanden drastische Effekte bei **170 ng/Sammelflug = 2ng/Flug** (chronisch); und bei **64 ng/Tier** (akut) auf Gedächtnisabruf



Bereits bei 10 bis 100 facher Verdünnung signifikante Abnahme der Gedächtnisbildung

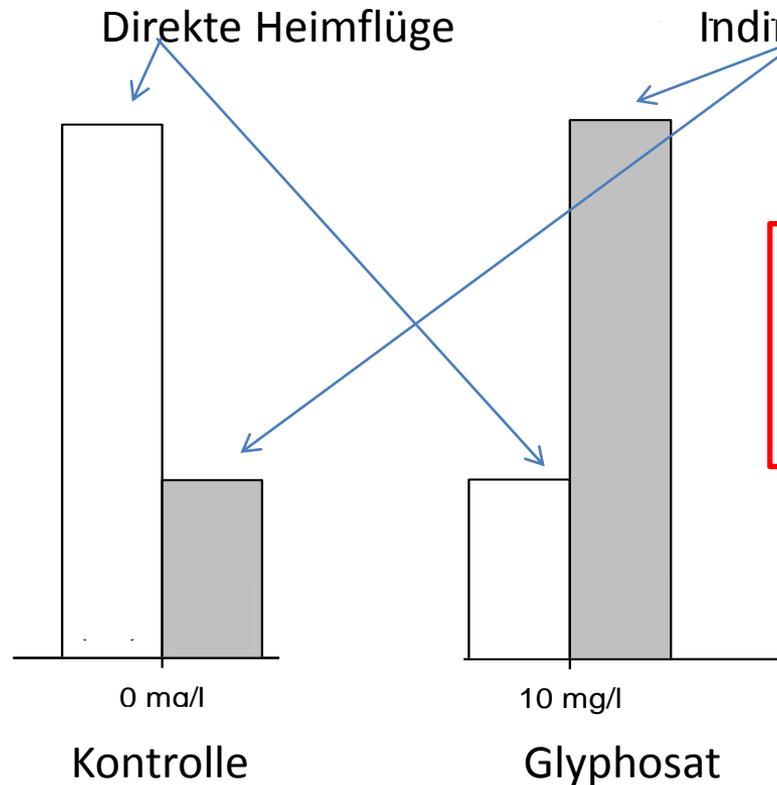
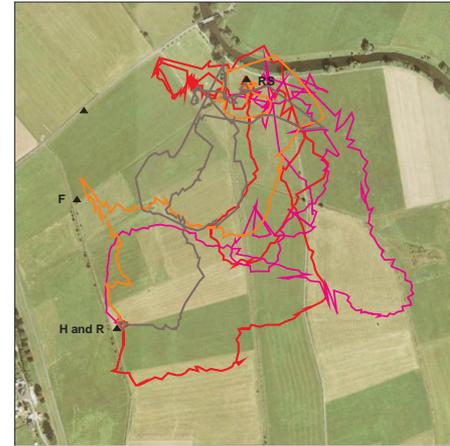
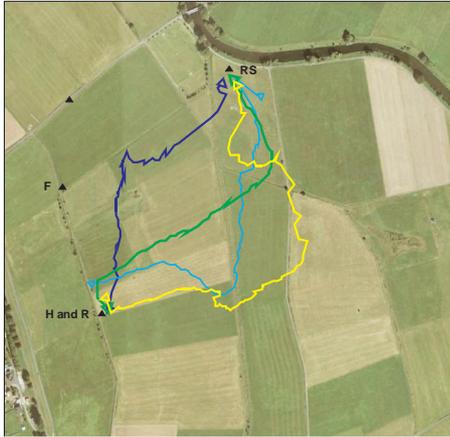


De-Toxifizierung von Thiacloprid durch ein bestimmtes Enzym (Cytochromoxidase)

Neonicotinoide stören die Gedächtnisbildung in Laborexperimenten und die Navigation und Kommunikation massiv

- Akute subletale Dosen, die Sehen und Fliegen nicht stören, beeinträchtigen massiv Gehirnfunktionen, die dem Lernen und der Navigation zugrunde liegen.
- Wenn Tiere chronisch sehr geringe Dosen aufnehmen und in den Stock transportieren, dann reichert sich das Pestizid im Tier (und auch im Stock) an und beeinträchtigt die Navigation. Außerdem benötigen sie sehr viel höhere Zuckerkonzentration um ihr Sammelverhalten aufrecht zu erhalten. Der Schwänzeltanz wird nahezu ganz eingestellt.
- Die wirksamen Dosen liegen in dem Bereich denen die Bienen in der Landwirtschaft ausgesetzt sind.
- Cocktail-Effekt: Formulierungen wirken stärker (z.B. Calypso). Mischungen von Pestiziden (Insektizide, Acarizide, Fungizide) führen zu potenzierten Wirkungen.

Wirkung des Herbizids Glyphosat (round up) auf die Navigation



Glyphosat stört die Navigation von Bienen bei Dosen wie sie in der Landwirtschaft auftreten

World Health Organisation (WHO):
wahrscheinlich krebserregend

Dr. Bonmatin (Centre National de la Recherche Scientifique , Frankreich):

"Die heutigen Erkenntnisse bestätigen die Notwendigkeit, den massiven Einsatz von systemischen Pestiziden zu beenden, einschließlich der dringendsten vorbeugenden Verwendung bei der Saatgutbehandlung. Die Verwendung dieser Pestizide steht im Gegensatz zu umweltverträglichen landwirtschaftlichen Praktiken. Es bietet keinen wirklichen Nutzen für die Landwirte, verringert die Bodenqualität, schadet der Biodiversität und verunreinigt Wasser, Luft und Nahrung. Es gibt keinen Grund mehr, diesen Weg der Zerstörung fortzusetzen. "

Es lässt sich nicht leugnen, dass der Verlust an Artenvielfalt und die Schädigung bestäubender Insekten in unserer Landschaft von dem übermäßig starken Einsatz von Pestiziden mit bedingt werden.

Imker haben eine besondere Verantwortung, weil sie diese Schäden an ihren Völkern sehen.

Ich danke Ihnen für Ihr Interesse.

Unsere web sites:

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

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

<http://www.neurobiologie.fu-berlin.de/Umweltspäher/Spendeninfo.html>

Finanzielle Unterstützung unserer Forschungen:

Deutsche Forschungsgemeinschaft, Hertie Stiftung, Dr. Klaus Tschira Stiftung, OLIN Stiftung, Freie Universität Berlin

DIE Randolf Menzel
Matthias Eckoldt
INTELLIGENZ
DER BIENEN

Wie sie denken, planen, fühlen
und was wir daraus lernen können



KNAUS

Wenn Sie mehr über die Intelligenz der Bienen erfahren wollen, können Sie sich dieses Buch anschauen.