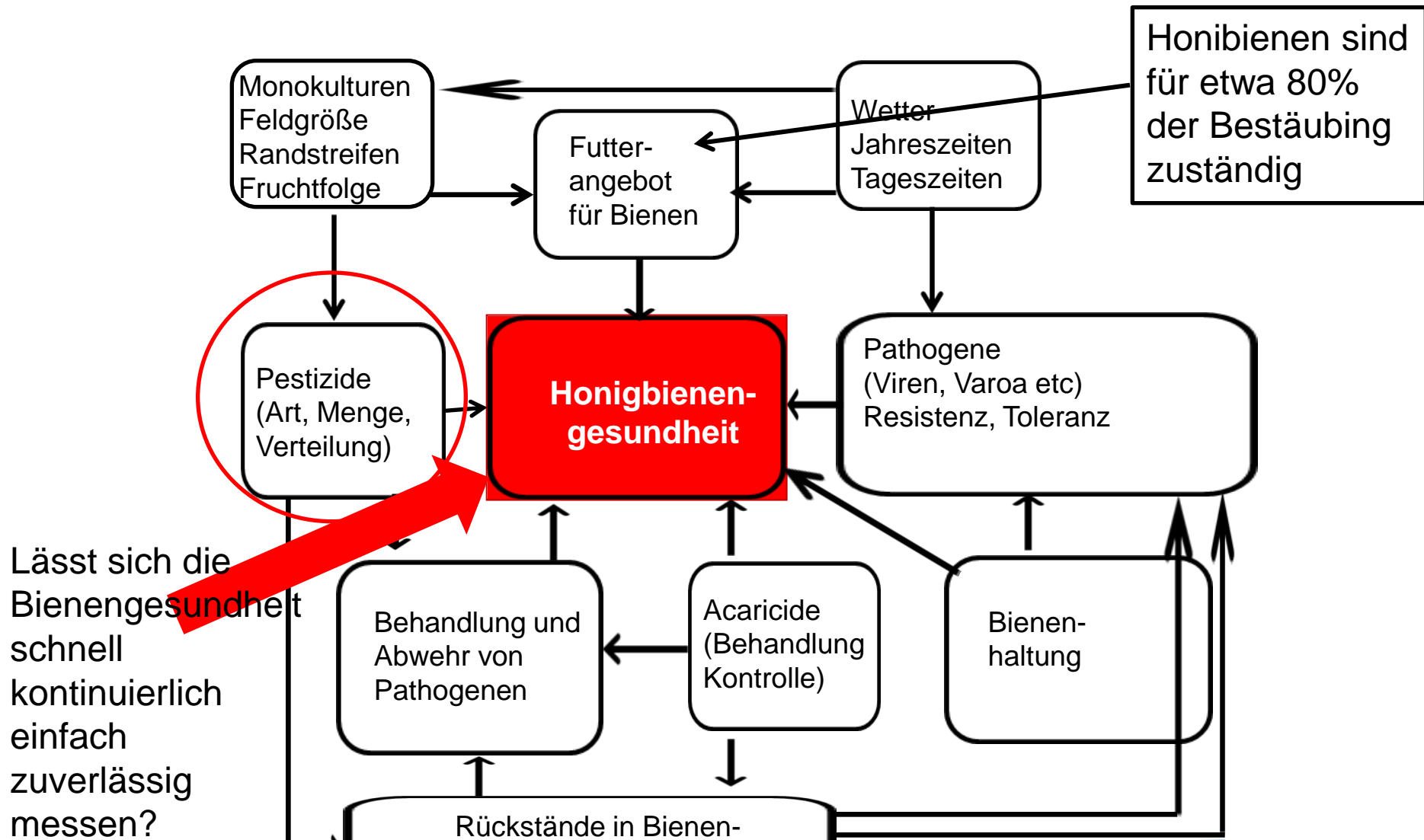


Die Intelligenz der Bienen und wie sie durch Pflanzenschutzmittel manipuliert wird

Randolf Menzel,
Freie Universität Berlin

www.neurobiologie.fu-berlin.de

Netzwerk der Wirkungen auf die Bienengesundheit



Dabei geht es um mehr als um die Bienengesundheit:
Ökologischer Zustand unserer Umwelt

Neonicotinoide

sind Insektizide (Pestizide), die als Kontakt- und Fraßgifte wirken.

Sie werden über die Wurzeln (gebeizter Samen) oder durch Spritzen aufgenommen aufgebracht. So gelangen sie in alle Teile der Pflanzen (Pollen, Nektar, Guttationssaft, Staub vom Acker).

Bekannte Wirkstoffe: Acetamiprid, **Clothianidin**, **Imidacloprid**, Nitenpyram, **Thiacloprid**, Thiamethoxam, Nithiazin.

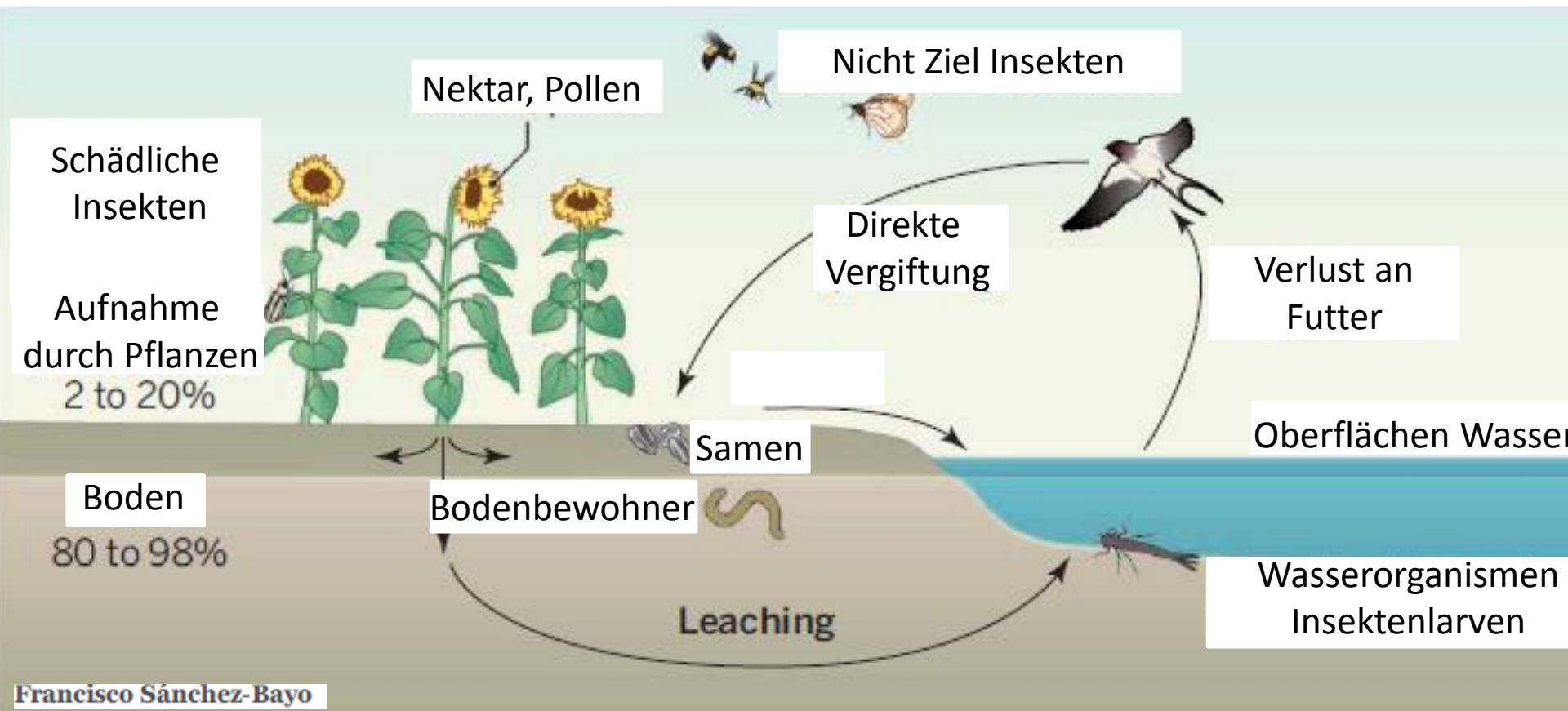
Zur Zeit wird vor allem **Thiacloprid** (Calypso, Biscaya) verwendet, wobei sich die Anwendungsvorschriften ständig ändern (z.B. kein Spritzen in die Blüte, Kein Beizen von Samen bestimmter Pflanzen, z.B. Raps aber nicht Erbse).

Ähnliche Wirkung hat: **Sulfoxaflor** (wurde gerade in den USA aus dem Verkehr gezogen weil es hoch giftig für Bienen ist)

EFSA (European Food Safety Authority):

Für 3 Wirkstoffe ist die Anwendung noch gesperrt: z.B. Clothianidin, Imidacloprid, Thiamethoxam (dagegen strengt die erzeugende Industrie ein Gerichtsverfahren am Europäischen Gerichtshof an)

Das Problem mit den Neonicotinoiden



Francisco Sánchez-Bayo

Science **346**, 806 (2014)

Beizen von Samen: 1 – 17 mg Neonicotinoide pro kg.
Im Pflanzensaft sind dann 5 – 10 µg pro Liter (= ppb)

Systemische Wirkung von Neonics

Tennekes, H. (2010): *The Systemic Insecticides: A Disaster in the Making*. ETS Nederland BV, Zutphen

- Neonicotinoide, die beispielsweise als Beizmittel für Saatgut verwendet werden, gelangen auf Grund ihrer guten Wasserlöslichkeit in alle Teile der Pflanze.
- Aus Sicht des chemischen Pflanzenschutzes sind sie gerade deswegen ein voller Erfolg.
- In viel geringeren Mengen ausgebracht als die traditionell verwendeten Insektizide, haben die dafür umso toxischeren Neonicotinoide jedoch katastrophale Folgen: Bienen oder Schmetterlinge, die Pollen, Nektar oder Guttationswasser von behandelten Pflanzen aufnehmen, vergiften sich daran.

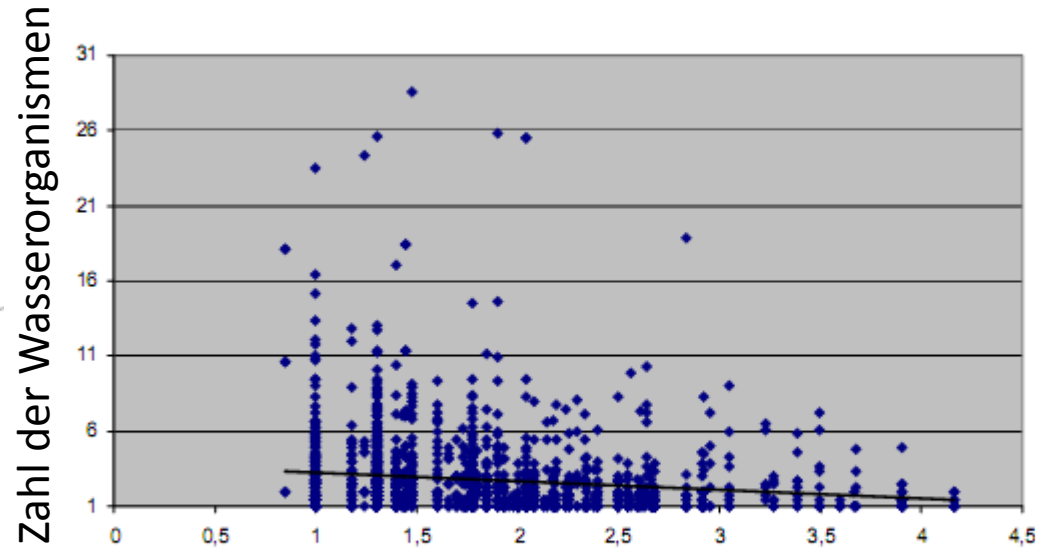


Gewässerbelastung mit dem Neonicotinoid Imidacloprid beeinträchtigt im Wasser lebende Nicht-Wirbeltiere und indirekt Fische und Vögel



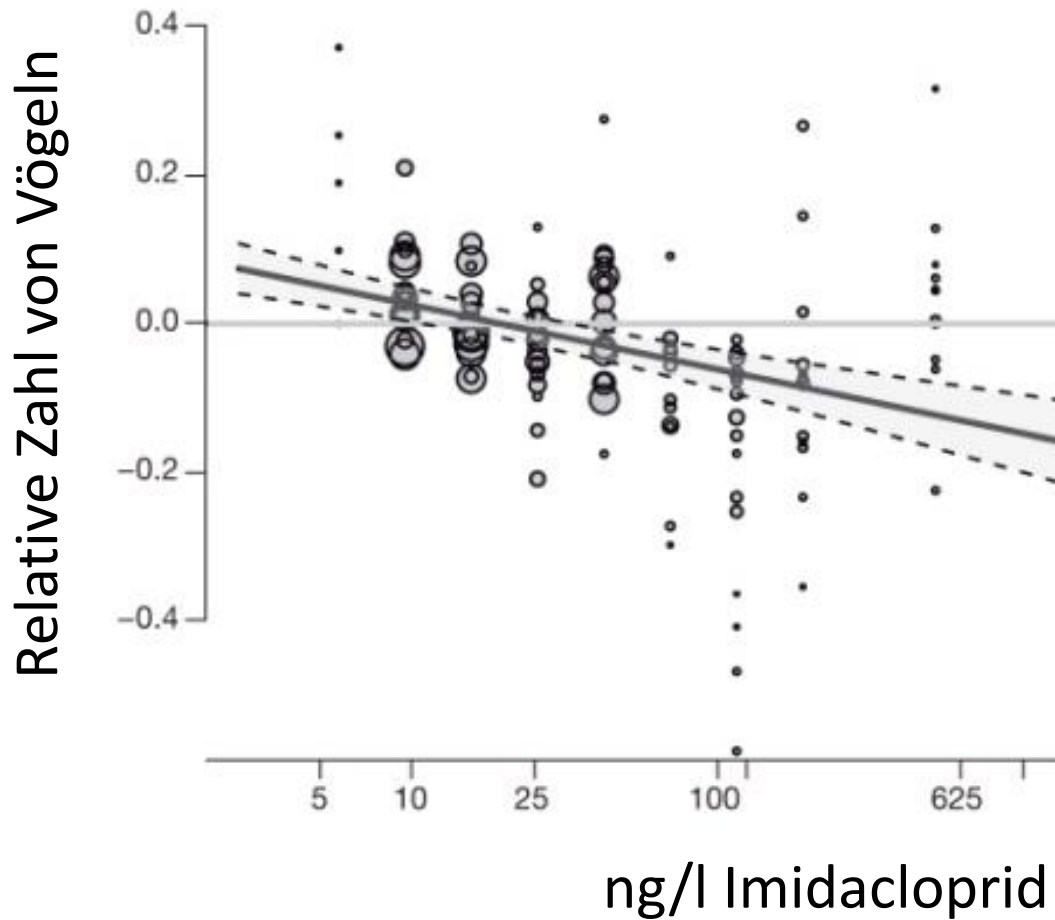
579 Probeentnahmestelle

Mittlerweile ausgewertet:
750,000 Wasseranalysen
300,000 Bioproben



Konzentration von Imidacloprid im Wasser (ng/l)

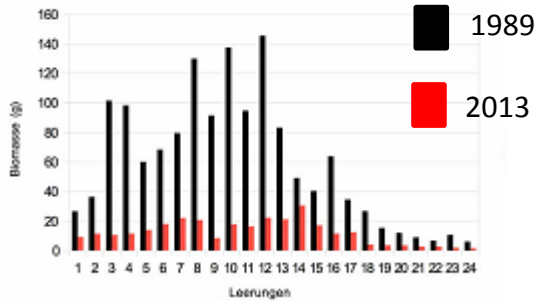
Die Konzentration von Imidacloprid korreliert mit der Abnahme von Insekten fressenden Vögeln



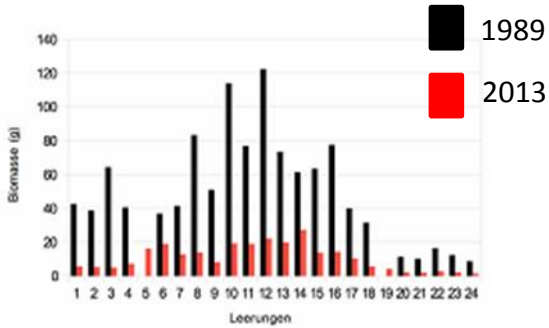
nature

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

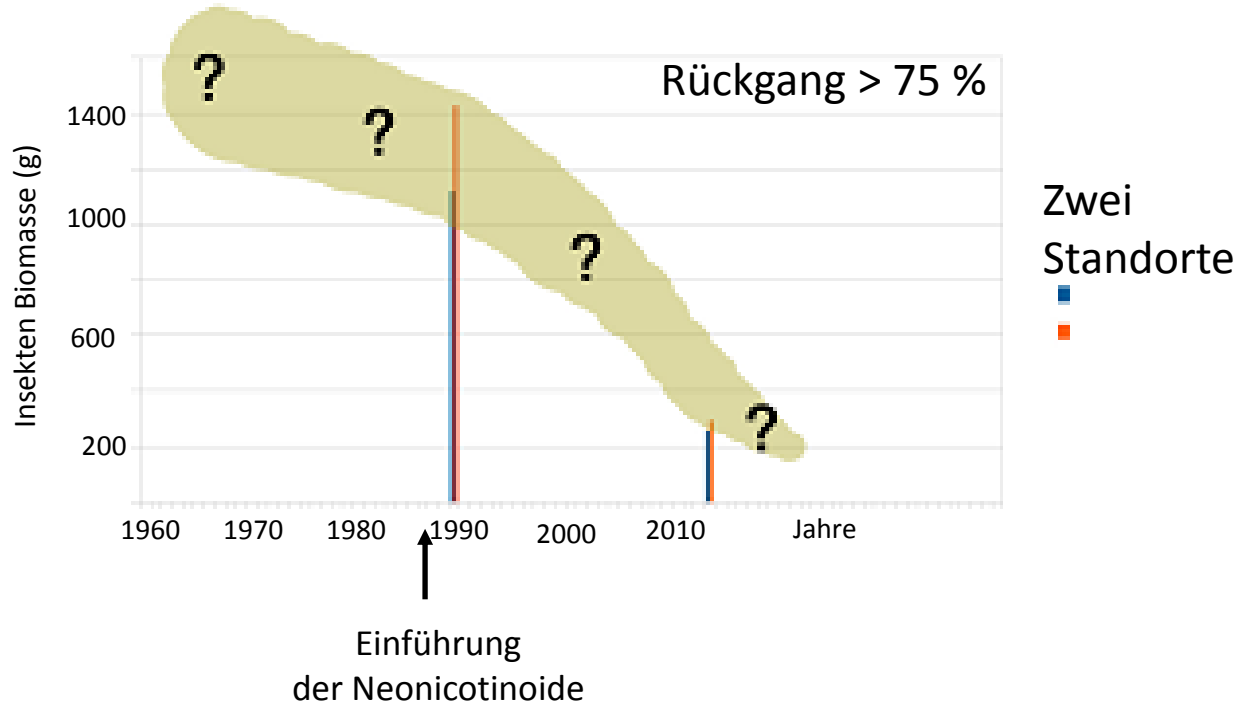
Standort 1



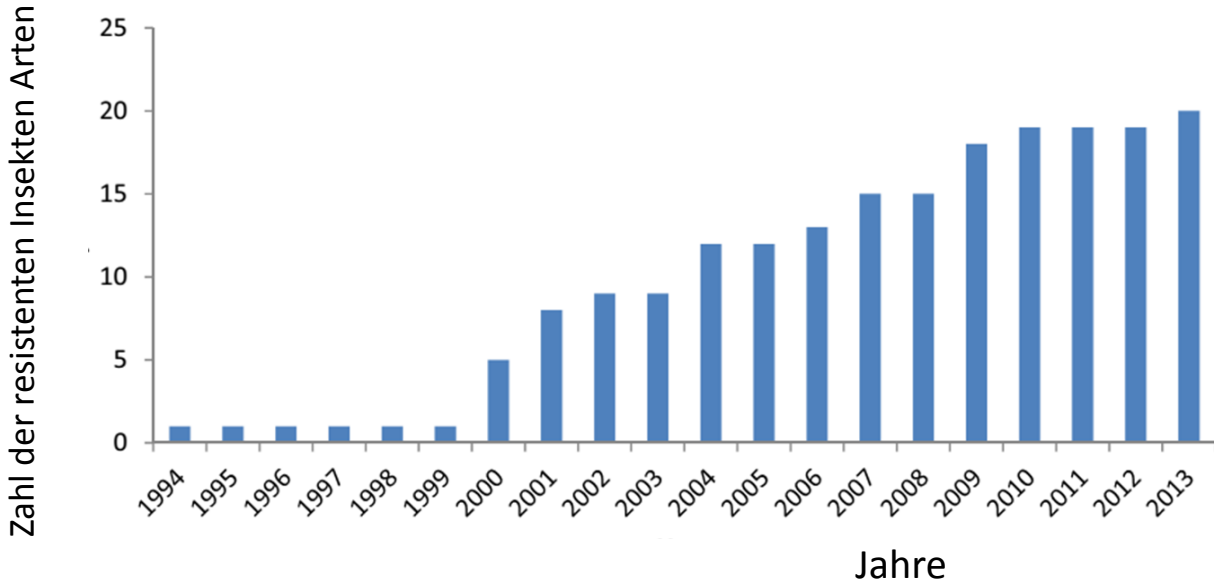
Standort 2



Messzeitpunkte

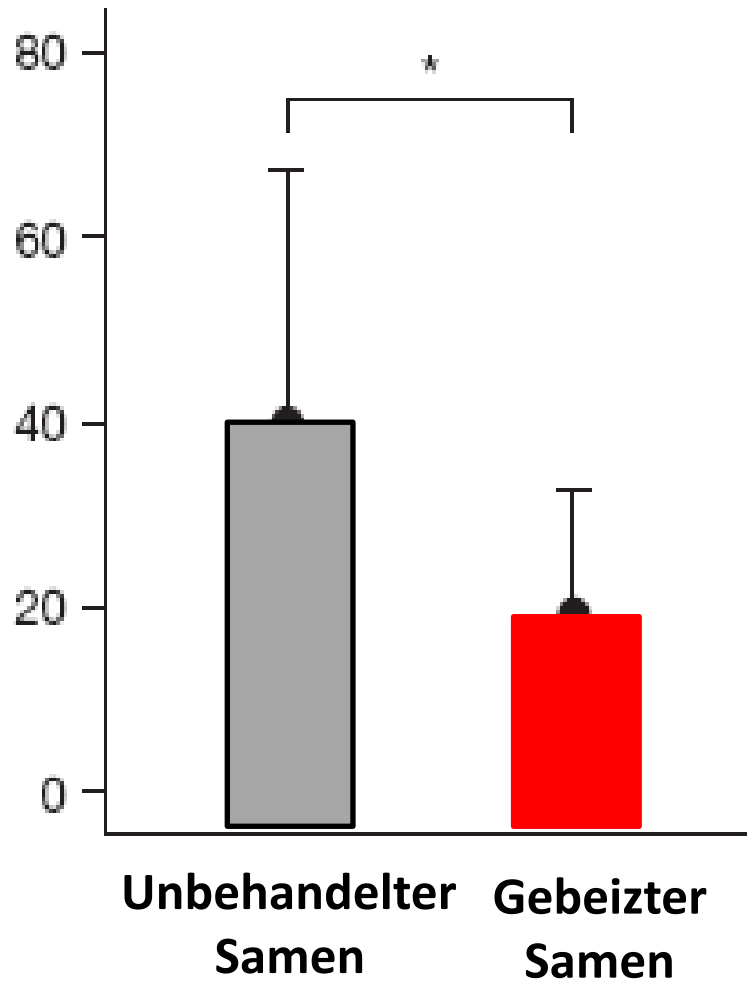


Zunahme der Resistenz von Insekten Arten seit Einführung der Neonicotinoide

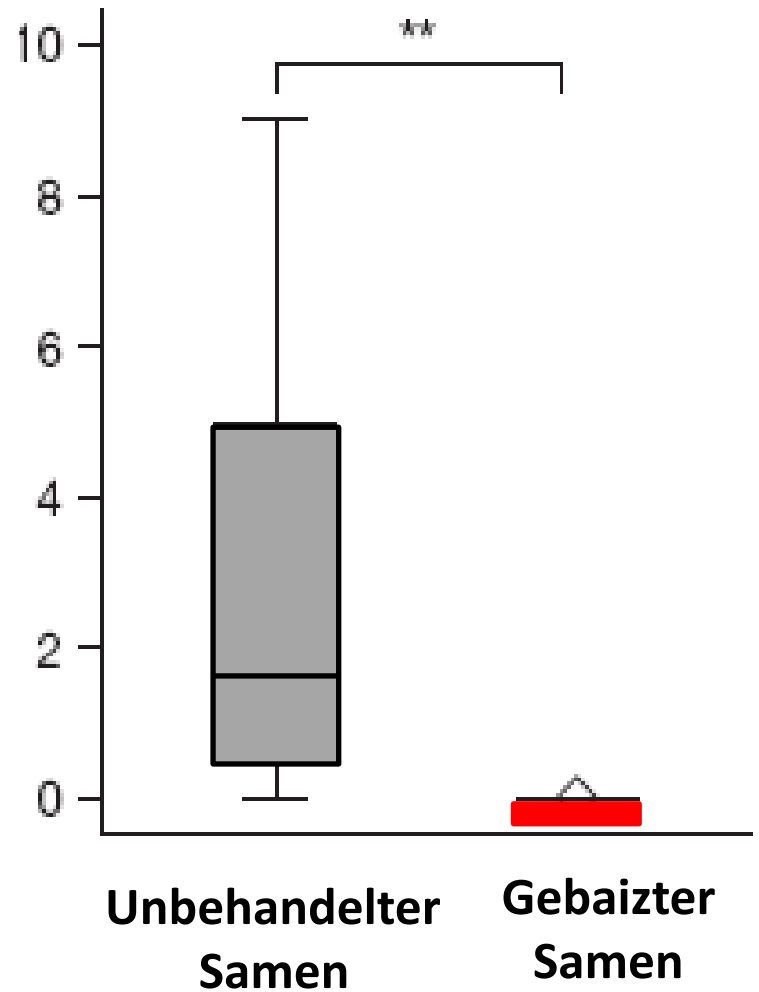


Bass et al. 2015

Wildbienen Dichte

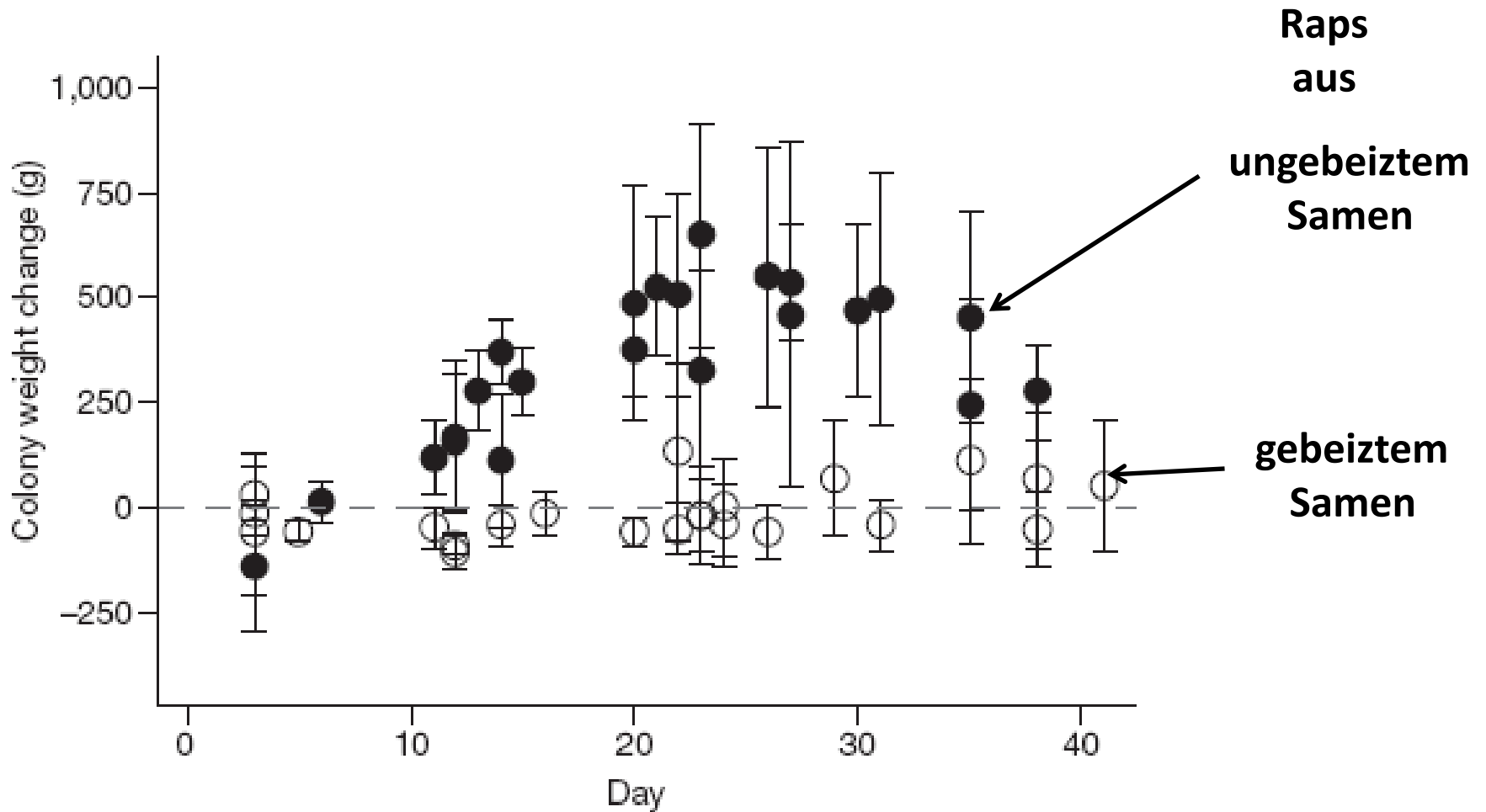


Hummel Brutzellen



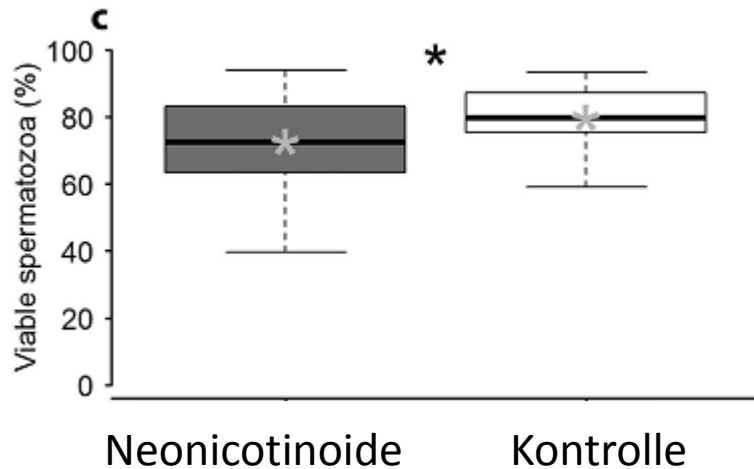
Blühender Raps

Entwicklung von Hummel Kolonien ist massiv beschädigt in Feldern von gebeiztem Rapssamen



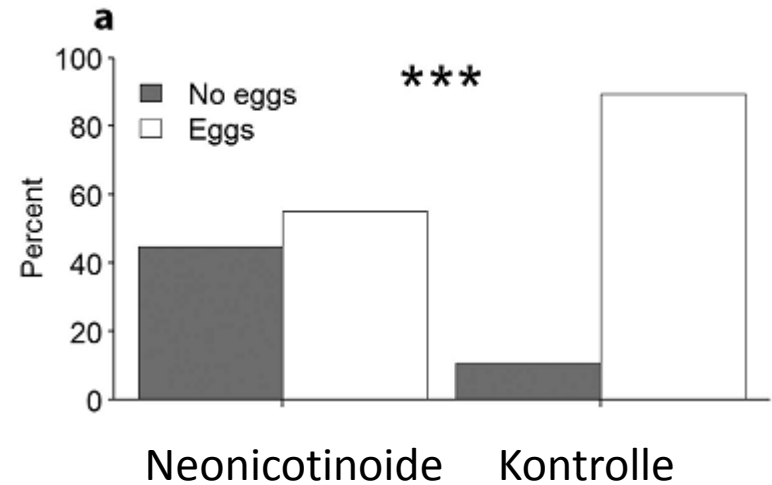
Neonikotinoide in Raps Pollen: Königin

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 4ppb Thiamethoxam und 1 ppb Clothianidin (vergleichbar mit dem Gehalt an Neonikotinoiden in Raps Pollen)

Konzentrationen, Mengen und Dosen

Konzentration: **ppb**: part per billion= Anteil in 1 Milliarde, also $1:10^9$
in 10^9 g ist 1 g Substanz bzw in 1 g ist 10^{-9} g Substanz
1 ppb bedeutet also: 1 ng/g (oder $\mu\text{g}/\text{kg}$) (=1 g in 1000 m^3)

Konzentrationen von Neonicotinoiden in Pflanzen

1 – 10 ng/g (ppb) Thiamethoxam in Pollen und Nektar

0.5 – 36 ng/g (ppb) 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 (ppb) Imidacloprid in Pollen oder Honig

10 – 14 ng/g (ppb) Clothianidin in Pollen oder Honig

Dosis (Menge pro Tier)

Die Menge, die ein Tier aufgenommen hat oder die in einem Tier gefunden werden

Die Wirkung von Pestiziden ist Dosis abhängig:

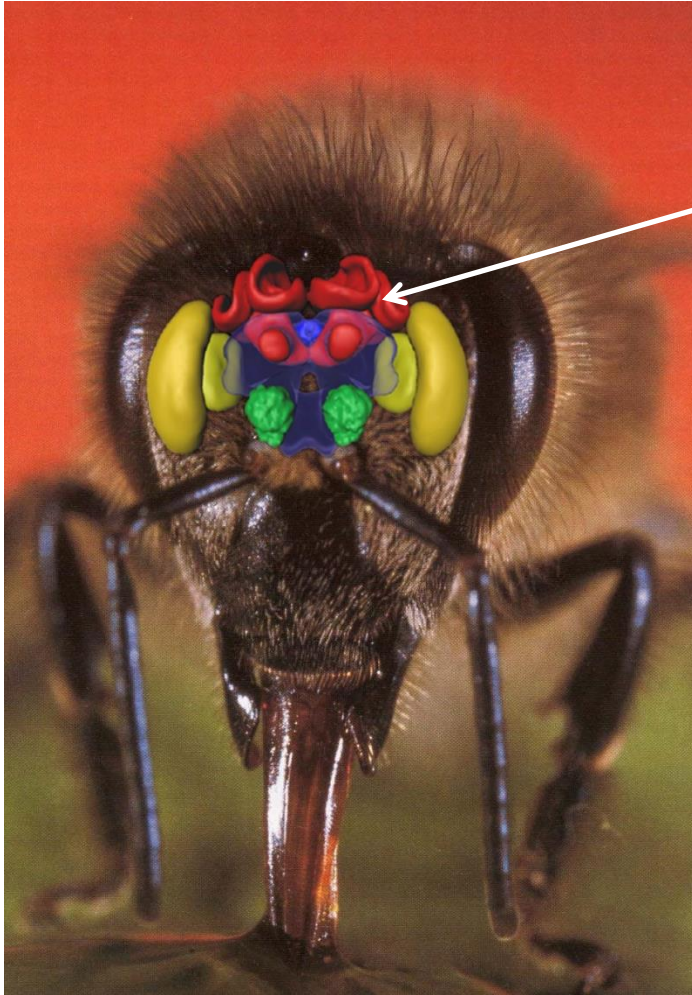
LD50 Werte: 18ng/Bienen bei Imidacloprid; } Entspricht ca. 1 g in 100 m³
22ng/Biene bei Clothianidin; } (1 g in 100 Tonnen Wasser gelöst)
Thiacloprid etwa 150 fache Dosis.

Subletale Dosen sind sehr viel niedriger: meist in der Größenordnung 1 ng/Biene, bei Thiacloprid ca 150 ng/Biene.

Unterscheidung zwischen akuter und chronischer Wirkung

Cocktail Effekt: Und Effekte durch Kombination mit anderen Faktoren (z.B. Virus Infektionen)

Wo die Neonicotinoide im Insektengehirn wirken



Die komplexesten Verhaltenssteuerungen im Insektengehirn finden in den Pilzkörpern statt.

Die Eingänge von den Sinnesorganen und von den vorverarbeitenden Regionen im Gehirn sowie die Verarbeitung innerhalb des Pilzkörpers erfolgt über nikotinische Acetylcholin Rezeptoren.

Neonicotinoide wirken auf diese Gehirnprozesse.

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

Wahrnehmen, Lernen, Erinnern, Orientieren, Navigieren, Kommunizieren

Laborexperimente: Lernen von Düften durch Belohnung



belohnter Duft

Dressur



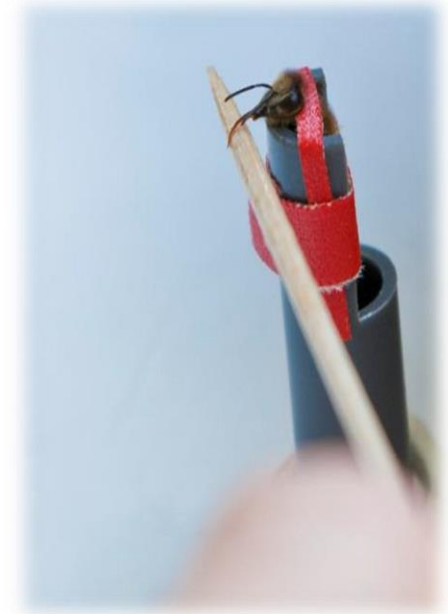
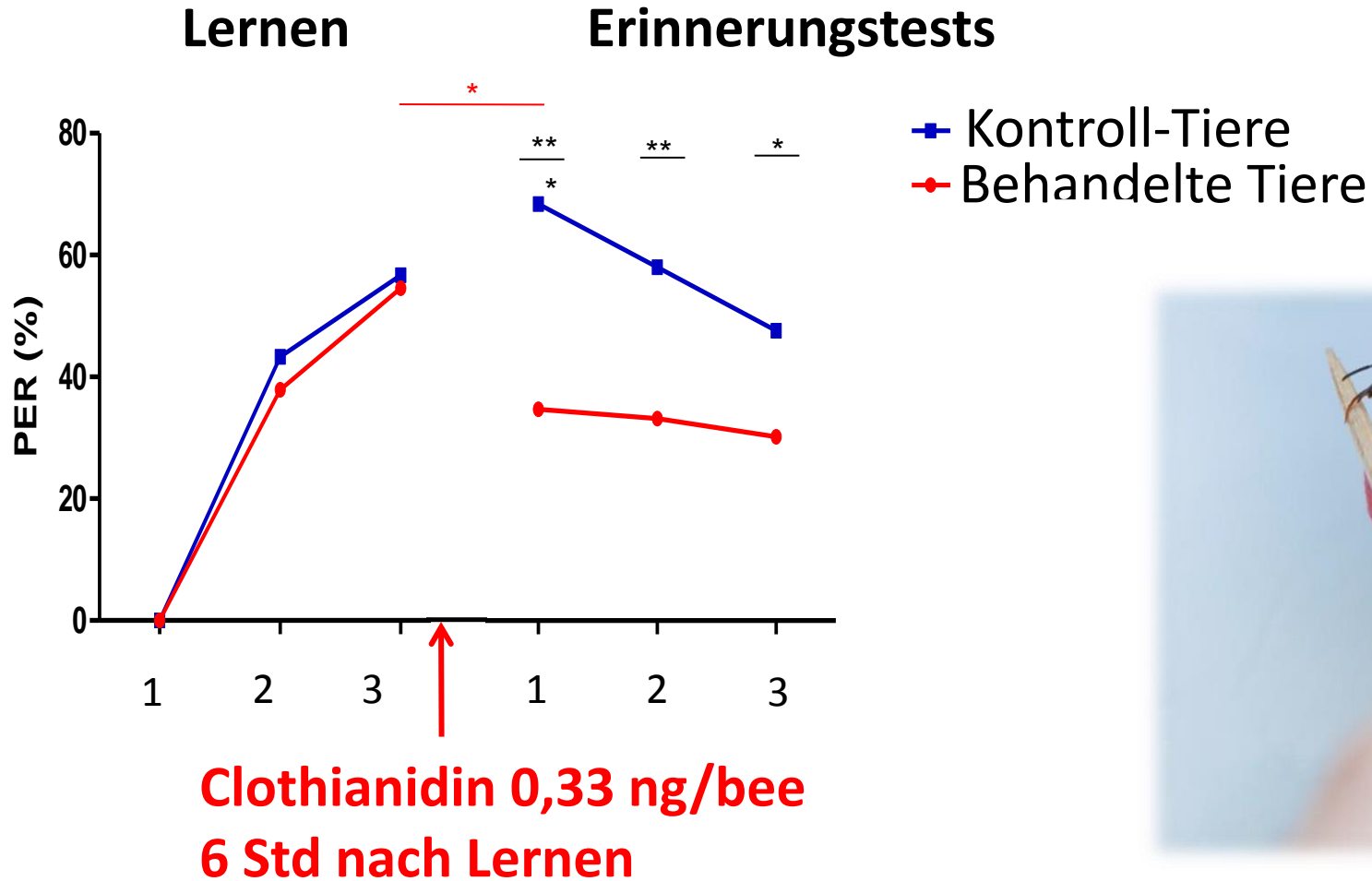
belohnter Duft

Gedächtnis

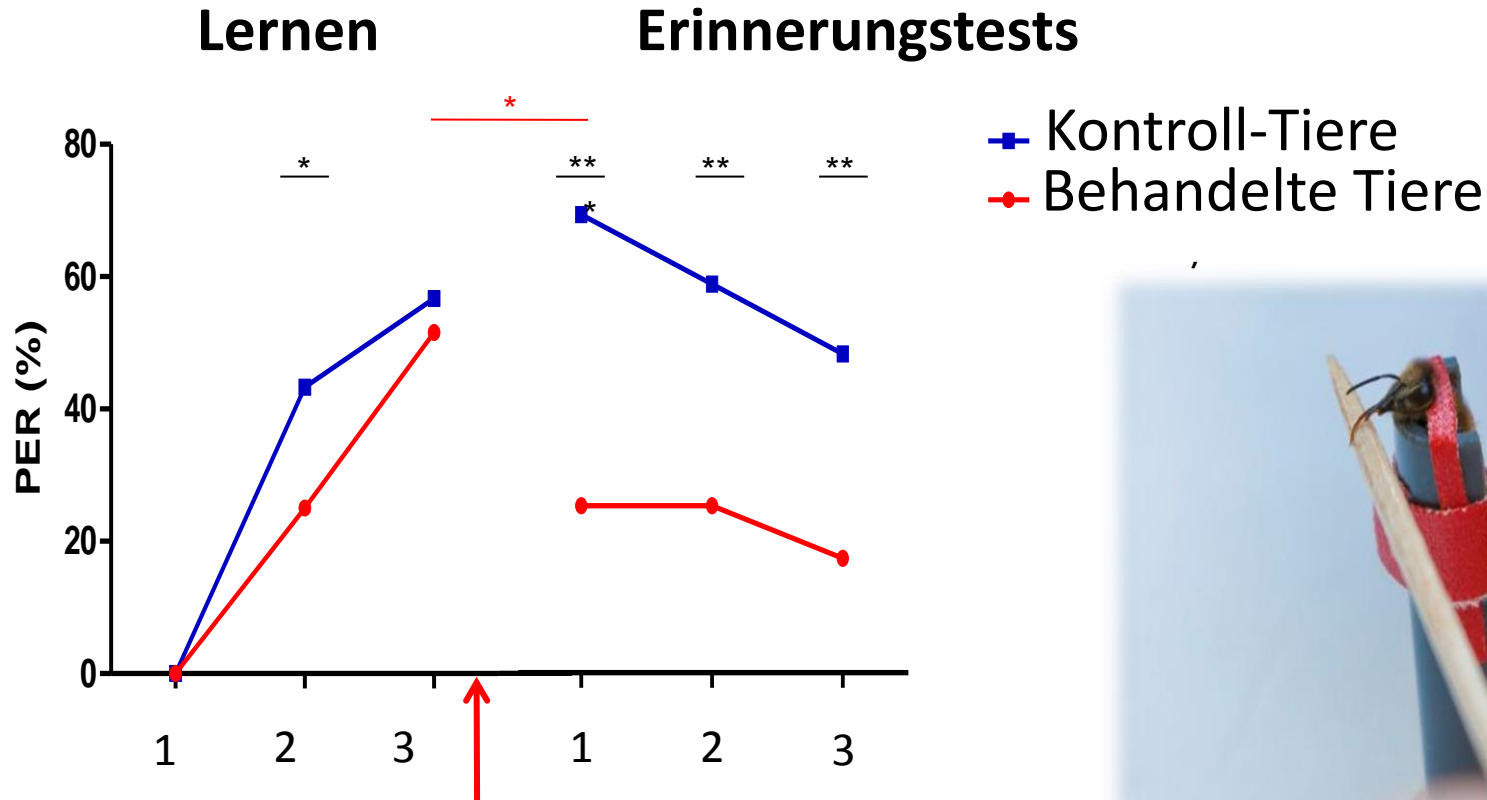
Gedächtnisbildung



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 μ l, dann nimmt also ca 0,5 ng auf

Thiacloprid ca. 100 ng Nektar/Biene (z.B. Calypso).

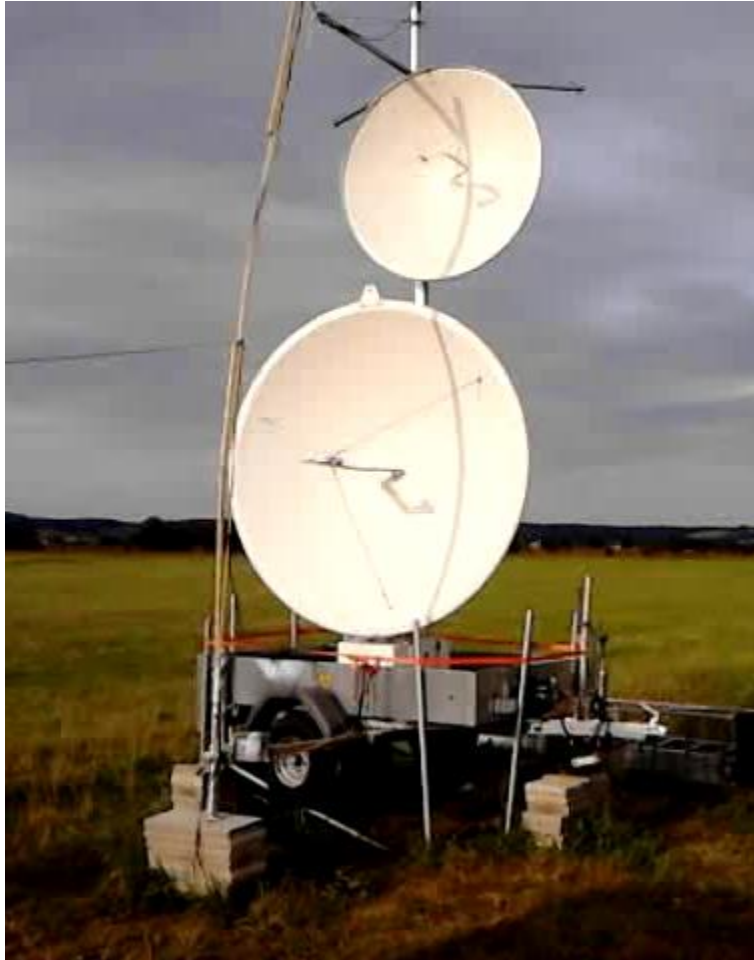
Wirken sich solche Dosen auch auf das natürliche Verhalten von Bienen aus?



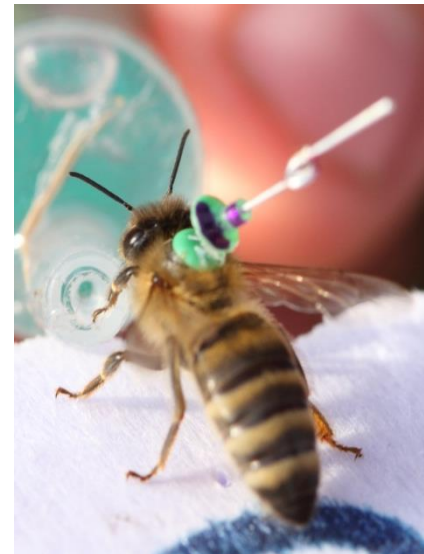
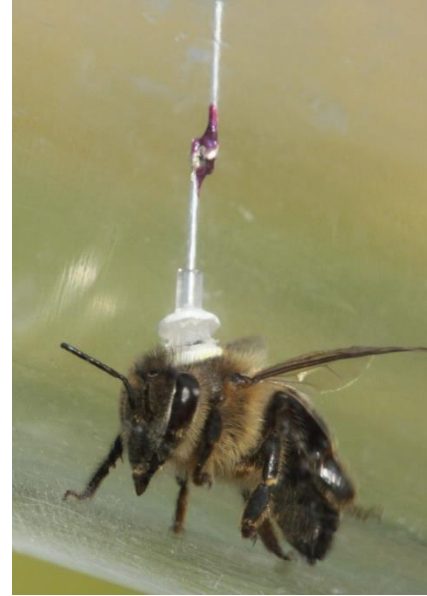
Navigation (Heimfindevermögen), Kommunikation (Schwänzeltanz)

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

Verfolgen der Bienen mit einem
speziellen Radargerät



Harmonisches Radar



A close-up photograph of a person's hand holding a small, thin metal tool. The tool has a yellow label with the word "grob" written on it. The tool is held between the thumb and index finger, with the tip pointing downwards. The background is a blurred red surface.

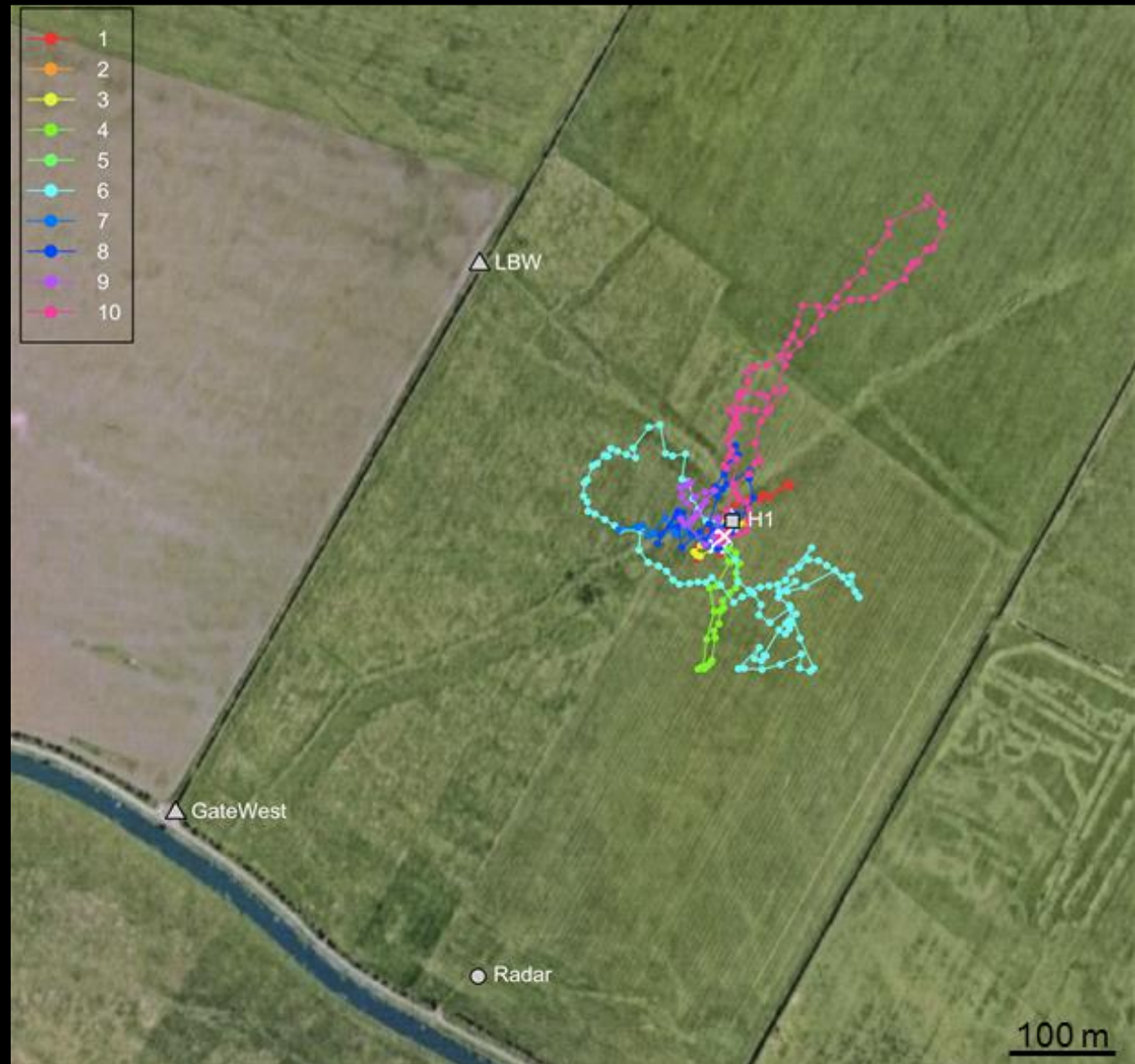
**Transponder
ein passives Sendeelement**



Aus dem Film "More than Honey"

Wie Bienen ihr Landschaftsgedächtnis erlernen und in den Sonnenkompass einpassen

zweite Orientierungsflüge
10 verschiedenen Bienen



Jacqueline Degen u.a. 2015

Das Landschaftsgedächtnis der Bienen:

Auf Orientierungsflügen lernen die Bienen nicht nur zum Stock zurück zu kommen (Wegintegration) sondern auch die Gegend im Bereich der Orientierungsflüge.

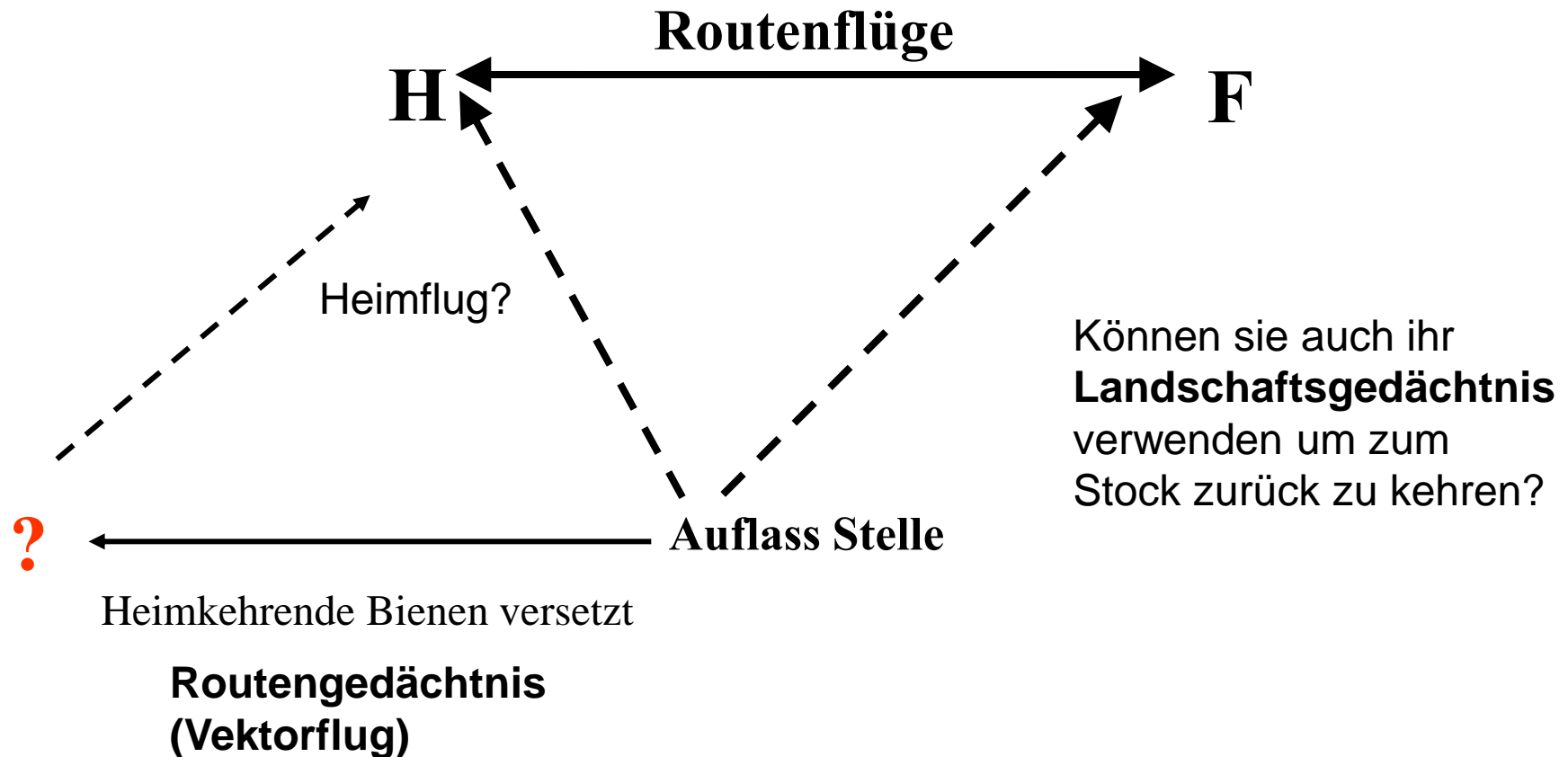
Aufeinander folgende Orientierungsflüge sind in verschiedene Richtungen orientiert und erreichen zunehmend größere Entfernungen.

Zur Orientierung dient der Sonnenkompass, größere Landschafts-strukturen und lokale Landmarken.

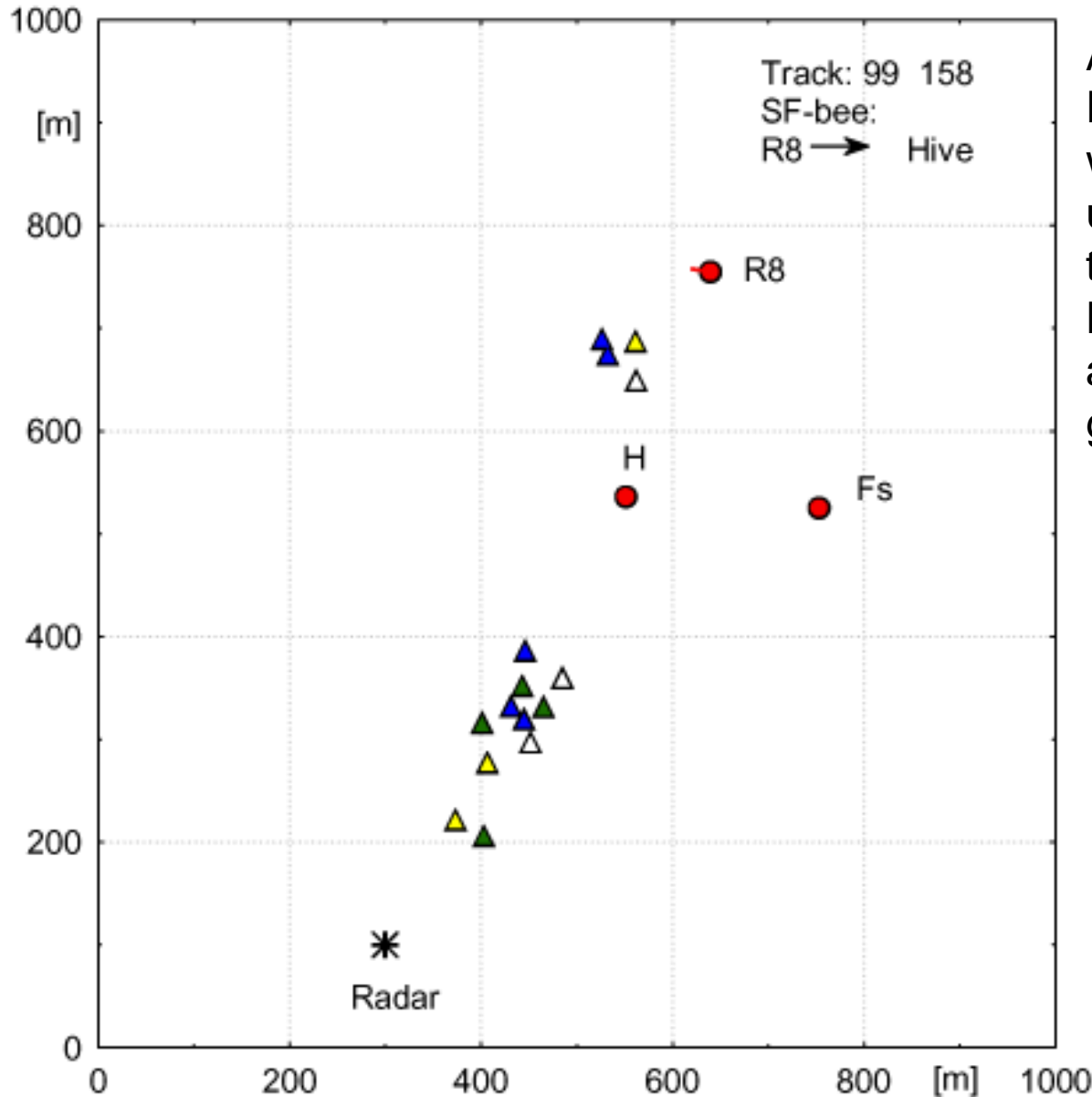
Wie nutzen die Bienen ihr Landschaftsgedächtnis?

Wie wir das Landschaftsgedächtnis testen:

Einsammeln, Transportieren und Freilassen



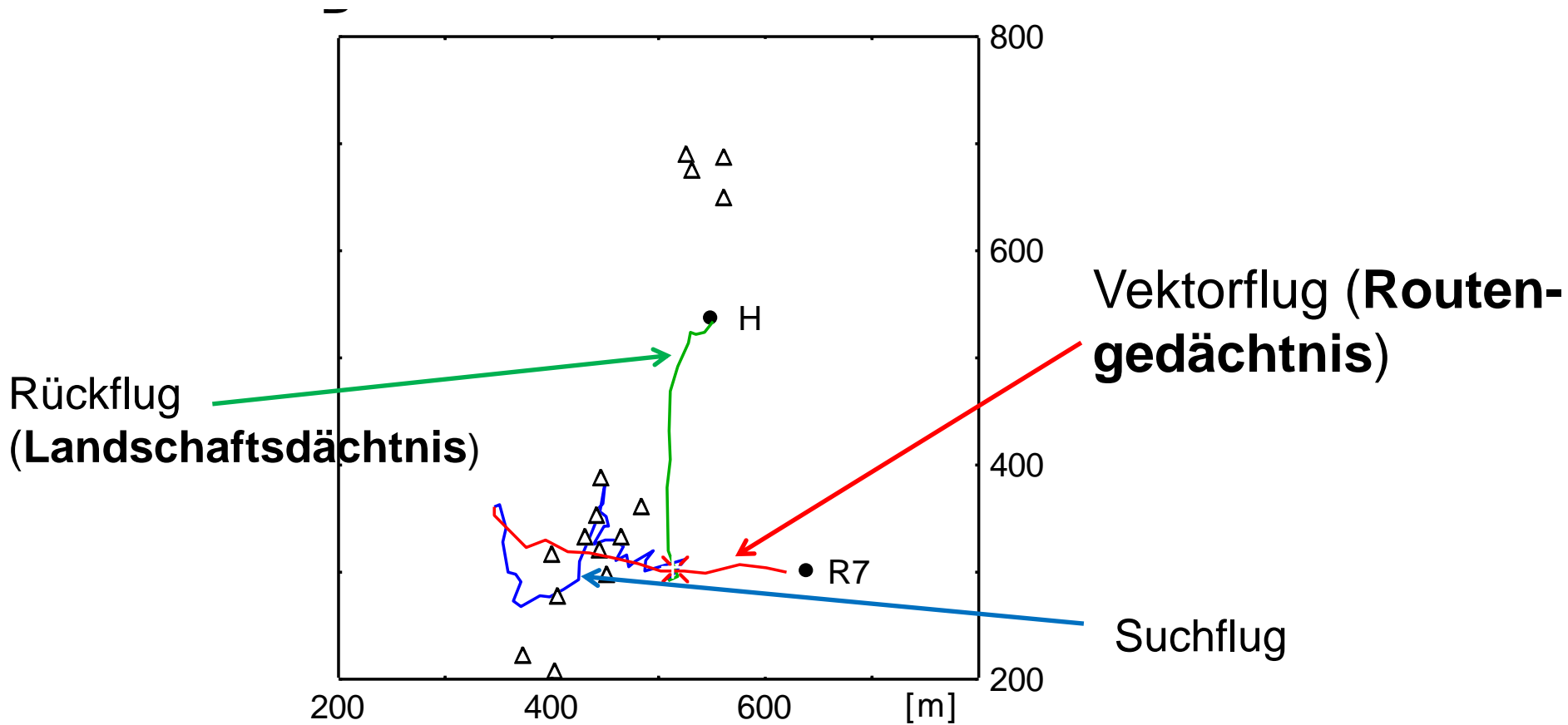
Die Biene war vom Stock (H) über 200 m nach Osten zur Futterstelle (Fs) dressiert



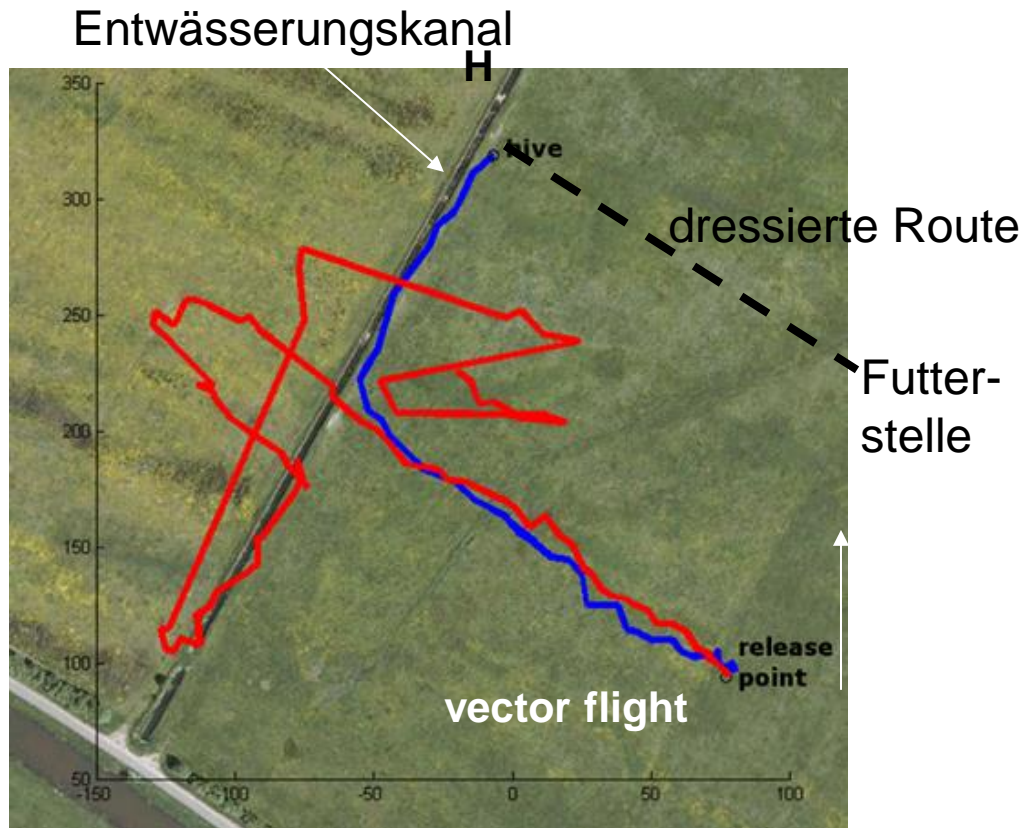
Als sie an Fs nach dem Füttern abfliegen wollte, wurde sie eingefangen und zur Stelle R8 transportiert. Dort mit einem Transponder ausgestattet und fliegen gelassen.

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

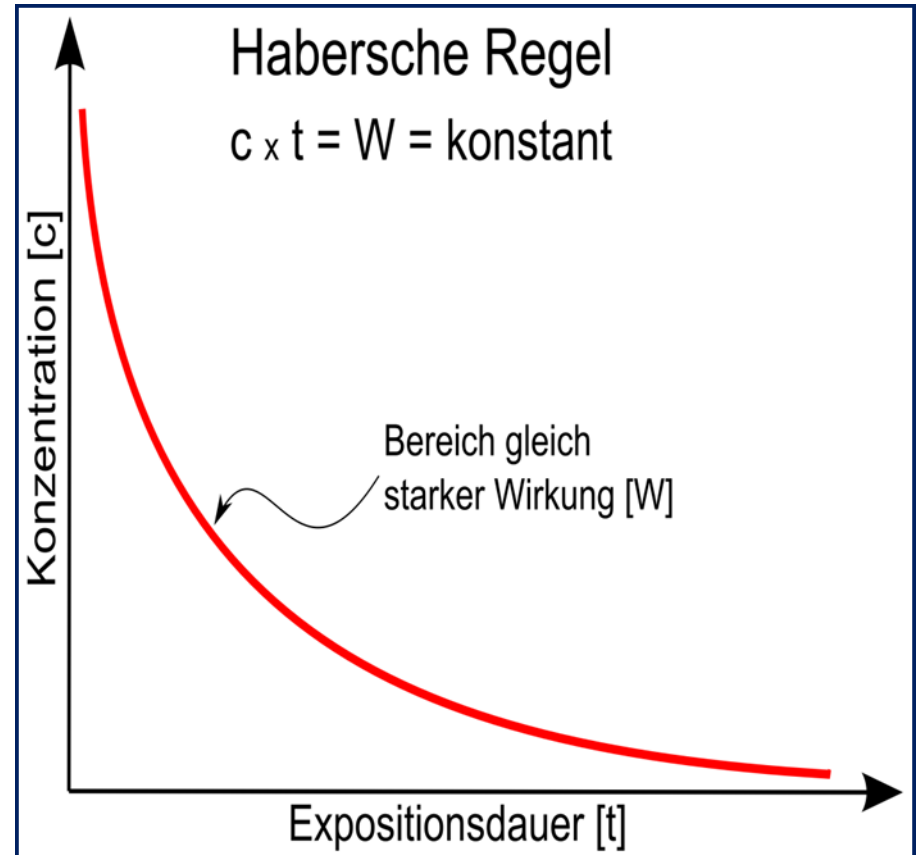
Die Zeit für den Heimflug ist signifikant länger bei der Clothianidin und der Thiacloprid Gruppe

Dosis und Wirkung in der Toxikologie

Je länger toxische Substanzen einwirken um so stärker ist ihr Effekt.

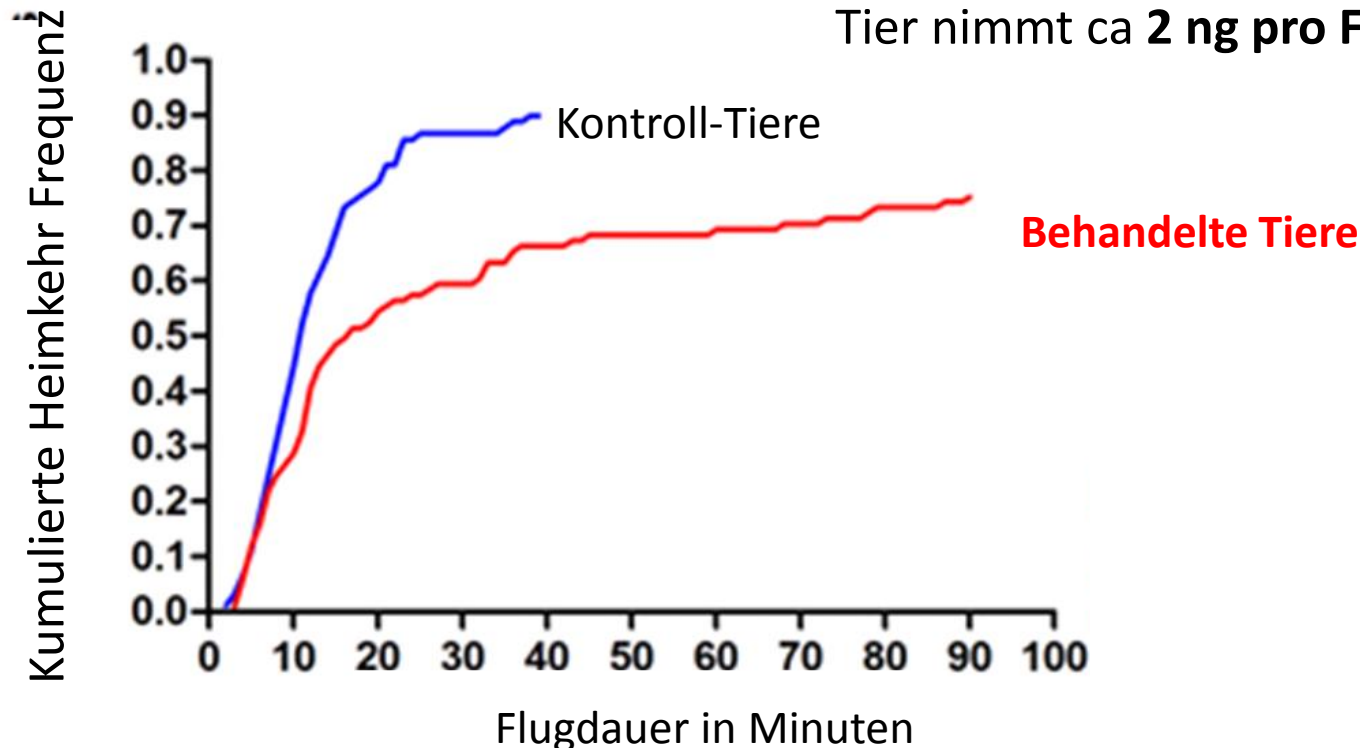
Akute Vergiftung

Chronische Vergiftung



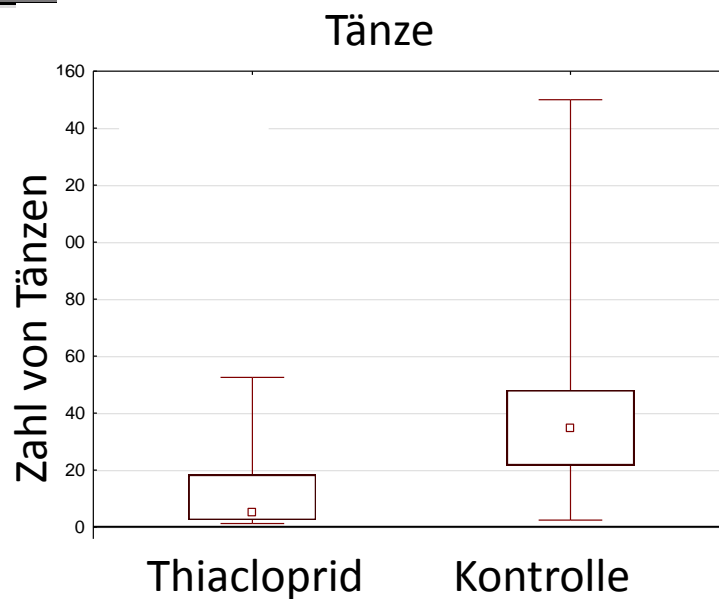
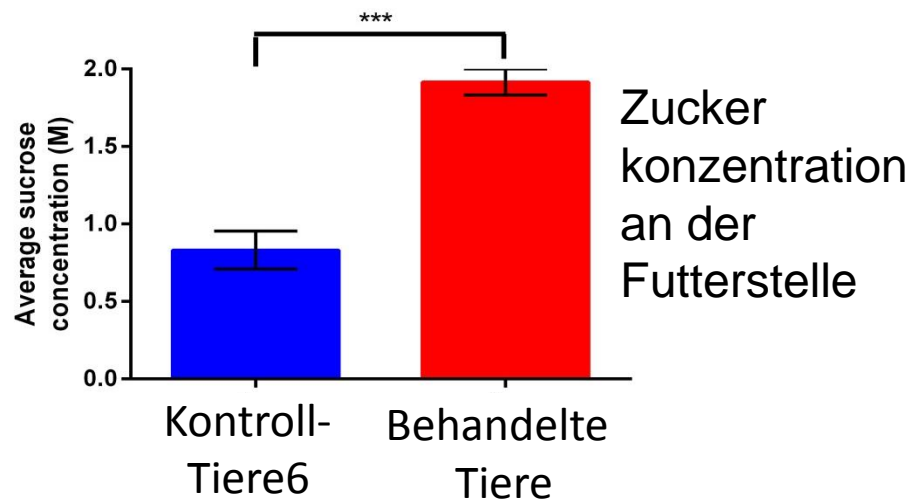
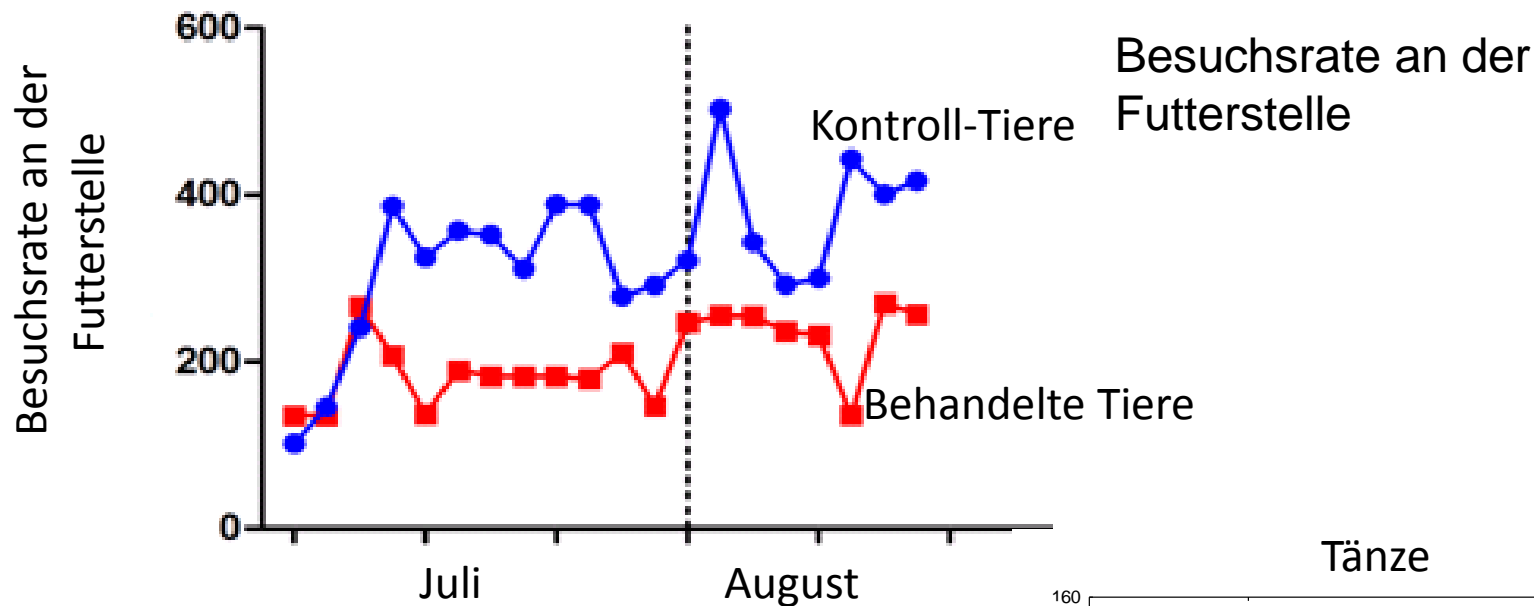
Die chronische Wirkung sehr geringer Thiacloprid Dosen auf die Navigation

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/ μ l

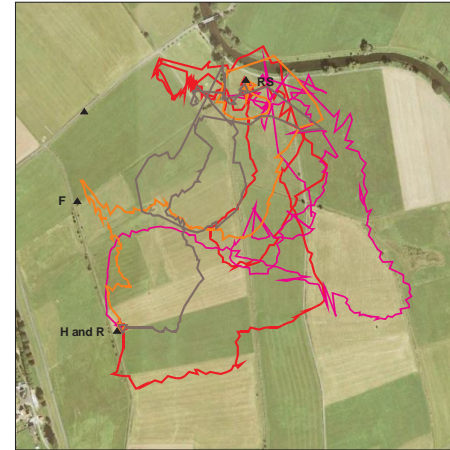
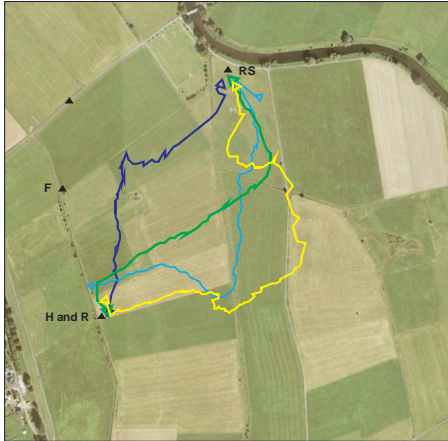
Wenn die Biene 30 μ l auf gespritzten Blüten sammelt nimmt sie auf einem Sammelflug **420 ng** Thiacloprid auf.

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



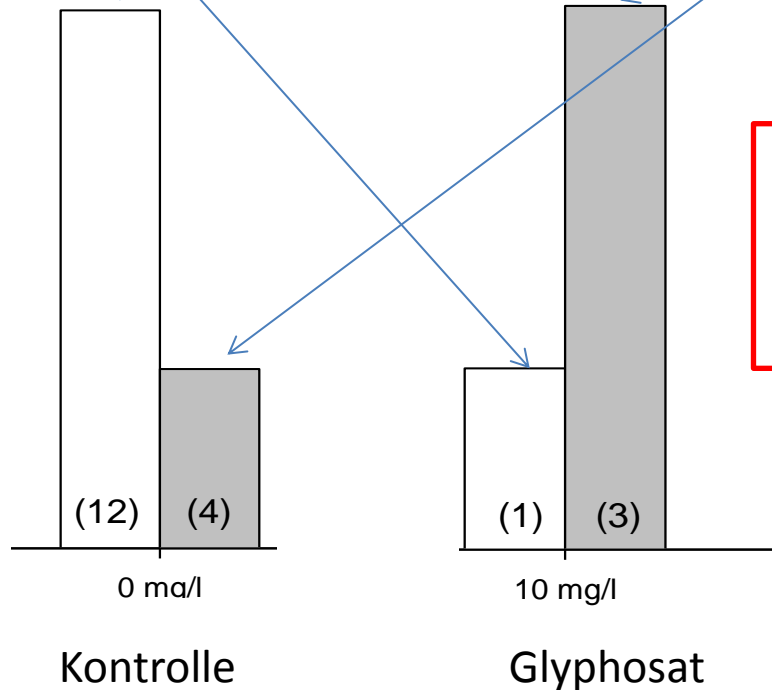
Bereits bei 10 bis 100 facher Verdünnung signifikante Abnahme der Gedächtnisbildung

Wirkung des Herbizids Glyphosat (round up) auf die Navigation



Direkte Heimflüge

Indirekte Heimflüge



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

World Health Organisation (WHO):
wahrscheinlich krebserregend

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 ihre Navigation. Außerdem benötigen sie sehr viel höhere Zuckerkonzentration um ihr Sammelverhalten aufrecht zu erhalten und zu tanzen.
- Die wirksamen Dosen liegen in dem Bereich denen die Bienen in der Landwirtschaft ausgesetzt sind.
- Die Zahl der gelegten Arbeiterinnen Eier nimmt ab

Bienen als Kooperationspartner: Umweltspäher

Mit Material (Pollen, Nektar) sammeln Bienen Information

Da Bienen auf zwei verschiedene Arten auf Pestizide reagieren bedarf es zwei verschiedener Messeinrichtungen, solche für

- (1) nicht zurückkehrende Sammelbienen
- (2) für zurückkehrende aber gestört reagierende Sammlerinnen

Unsere neue Methode:

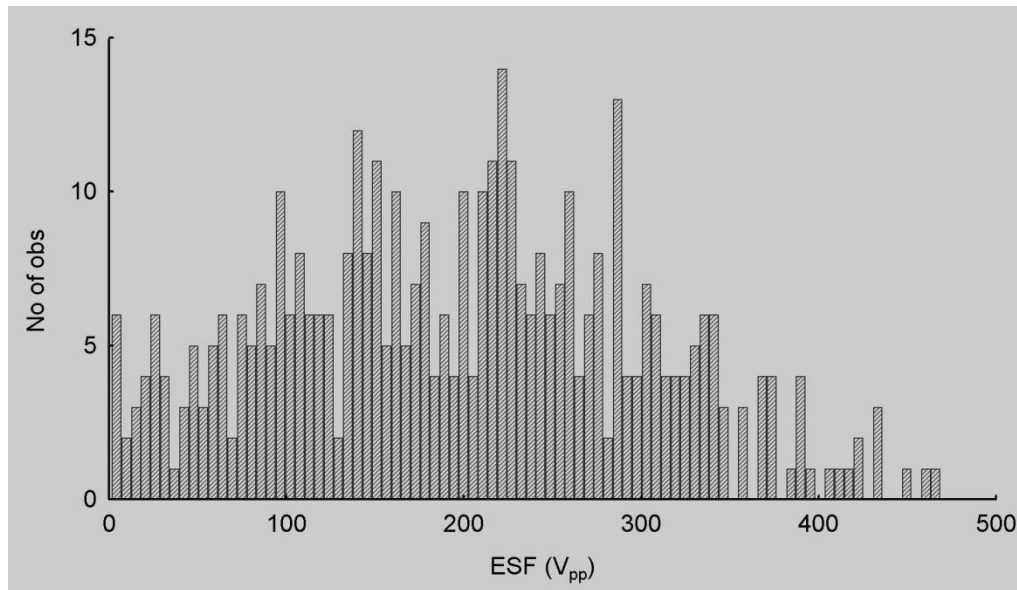
Messung der Kommunikationsvorgänge im Stock

- zeitlich hochauflösend, reichhaltige Signale, Extraktion spezifischer Signalkomponenten
- gezielt und kurzfristig Proben entnehmen für physikalisch-chemische Analysen

Hochspannung im Stock:

warum elektrische Felder zwischen Bienen eine Rolle spielen

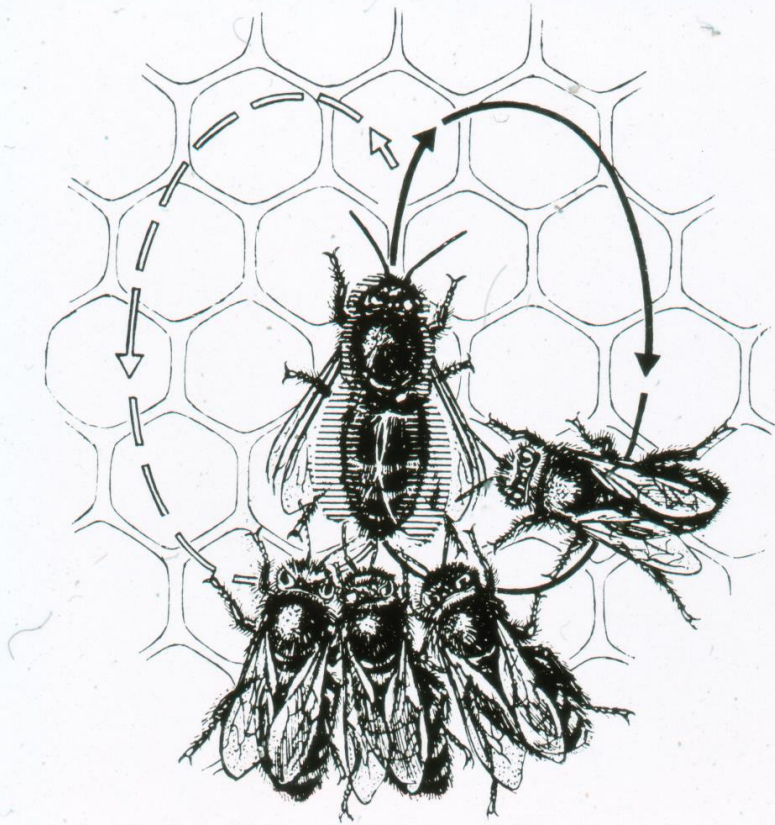
Bienen laden sich im Flug elektrisch auf.



Hanna auf dem Trampolin

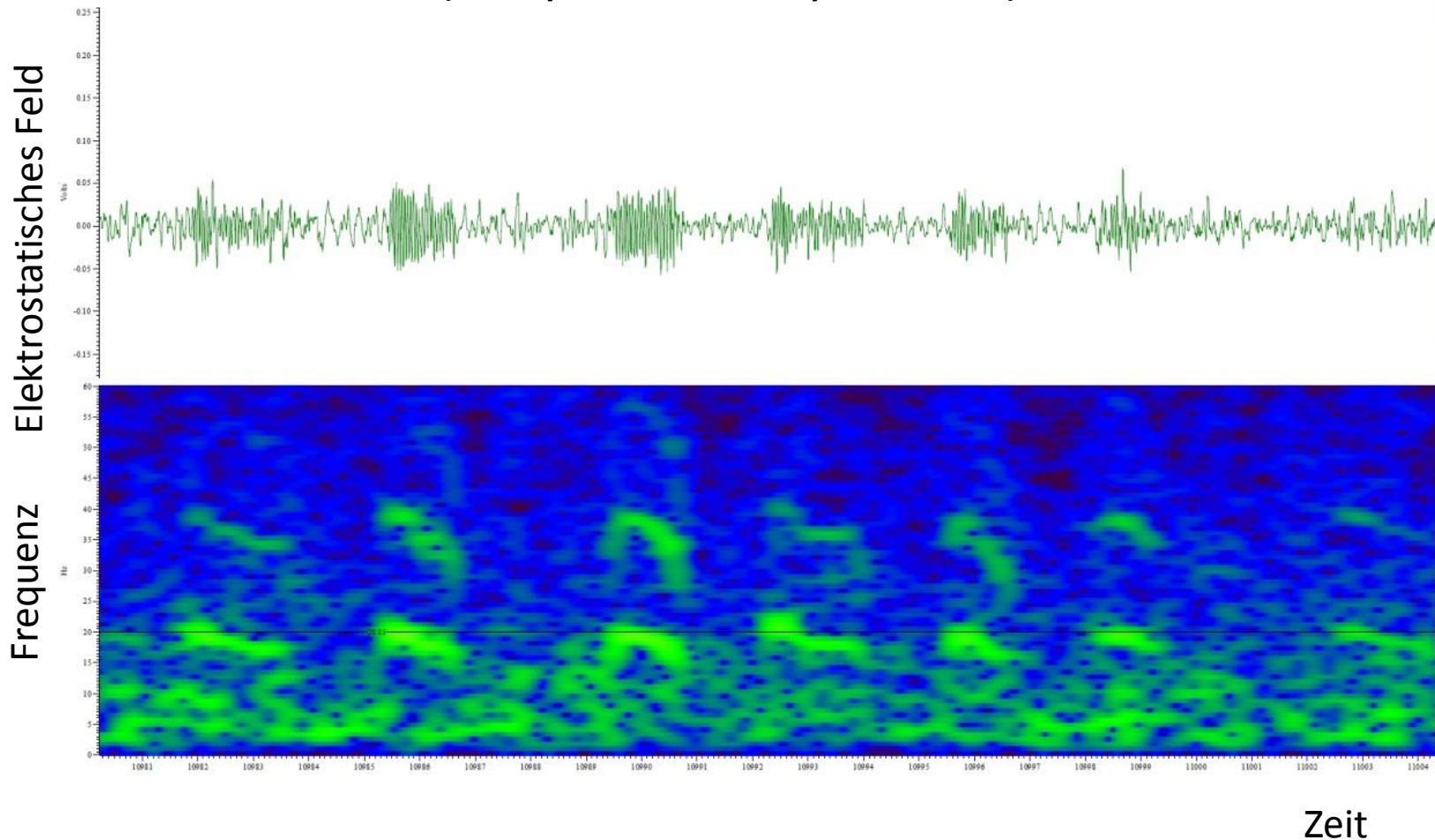
Elektrische Spannung auf der Körperoberfläche ankommender
Sammelbienen

Kann man den veränderten Gesundheitszustand eines ganzen Volkes nach Pestizidaufnahme messen?



Die Effekte auf die Kommunikation im Stock lassen sich verwenden, um den Gesundheitszustand des ganzen Bienenvolkes zu messen

Sechs Schwänzelläufe einer Biene im Sonogramm (Frequenz-Zeit Spektrum)



Während eines Schwänzellaufes verändern sich die hochfrequenten Anteile
in einer systematischen Weise

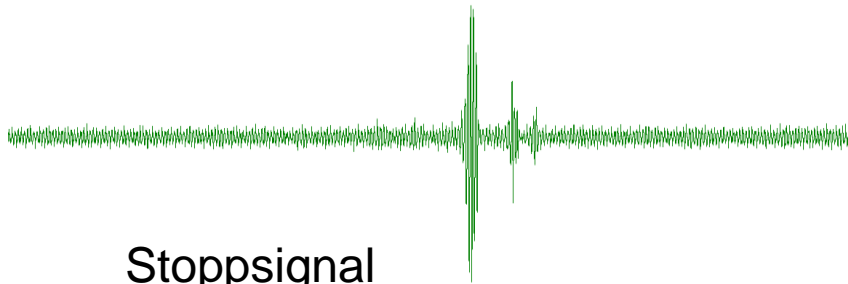
Verschiedene elektrische Signale im Stock



Rundtanz



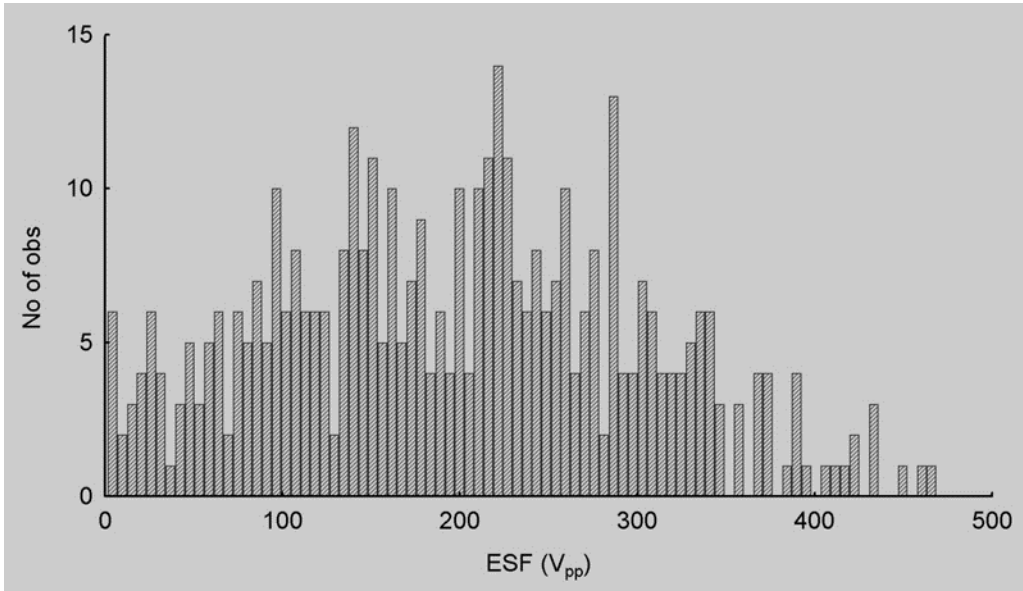
Schwänzeltanz



Stoppsignal



Fächeln



Electrostatic charge of foragers arriving at the hive entrance



Round dance



Stop signal

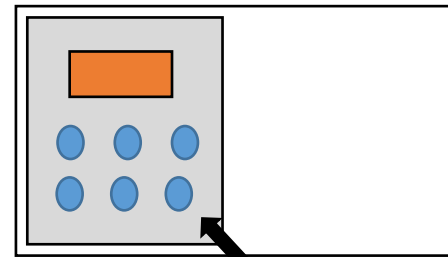
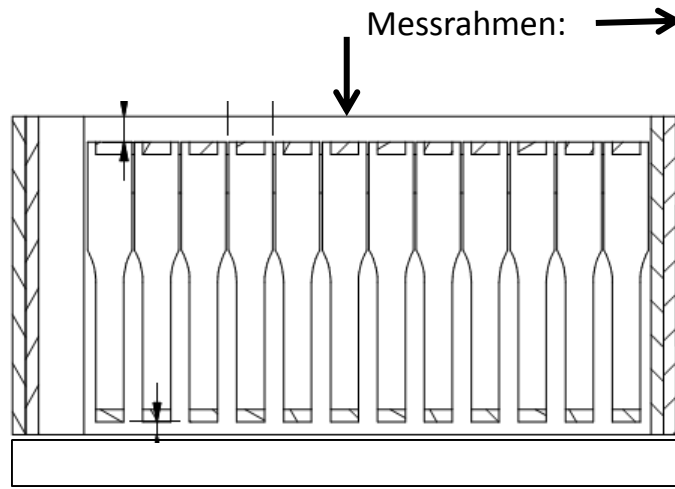


Waggle dance



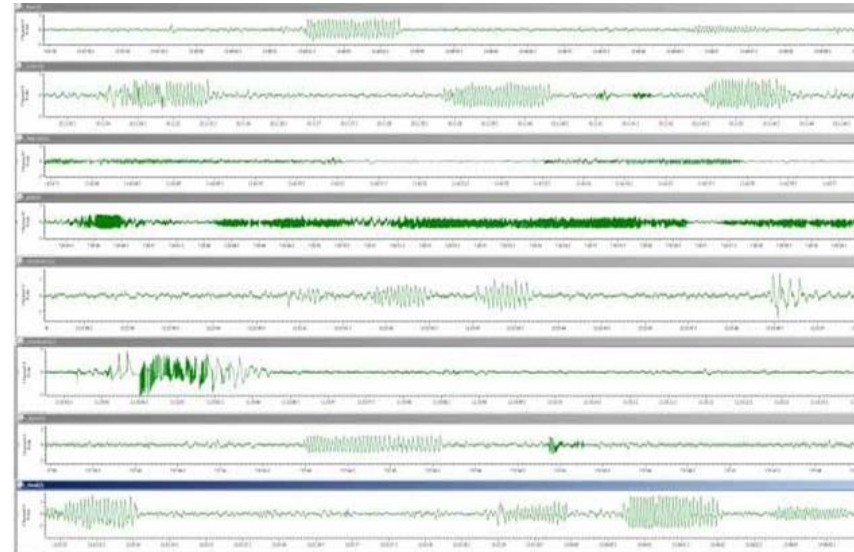
Fanning

Die Umweltspäher Bienenkolonie



Sonden für
elektrostatische Felder

Weitere Messgrößen:
Gewicht, Flugaktivität (Ausflug, Einflug),
Temperatur und Feuchte (innen und außen)
Akustische Signale, u.a.



Bienen als Verbündete für eine weniger belastete natürliche Umwelt

Der Gesundheitszustand eines Bienen Volkes lässt sich mit unsrem Meßsystem kontinuierlich und sehr empfindlich messen.

Krankheiten und Pestizidbelastungen lassen sich feststellen.

Aus den elektrostatischen Signalen des Schwänzeltanz lässt sich die Lage der Pestizidbelastung grob erschießen.

Wir prüfen zur Zeit ob sich auch die Schwarmstimmung und das Vorhandensein von Weiselzellen nachweisen lässt.

Unser System ist mit dem Internet oder dem Mobilfunk verbunden und liefert fortlaufend Daten

Wer an unserem Umweltpäher Projekt teilnehmen will
kann sich gerne an mich wenden:

menzel@neurobiologie.fu-berlin.de

Web site:

http://www.neurobiologie.fu-berlin.de/Umweltpaeher/Startseite_BienenUmweltpaeher.html

Spenden Konto:

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

**„Mit dem, was ich weiß, gäbe es keinen Frieden für mich, wenn
ich stillhalten würde...“**

Rachel Carson

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.

Es lässt sich nicht leugnen, dass der Verlust an Artenvielfalt in unserer Landschaft von dem übermäßig starken Einsatz von Pestiziden mit bedingt wird.

Bienen sind nicht nur Opfer, sie sind auch Verbündete.

Wir können sie als Umweltpäher einsetzen, weil sie uns mit dem Material, das sie eintragen, Information über die Umwelt liefern.

Bienen können helfen, unsere Umwelt zu schützen.

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/Umweltpaeh/Startseite_BienenUmweltpaeh.html

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

Finanzielle Unterstützung unserer Forschungen:

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