

Wie Pflanzenschutzmittel das Verhalten von bestäubenden Insekten verändern

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

Lahr
April 2018

Was wir so in Supermärkten kaufen



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.



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.

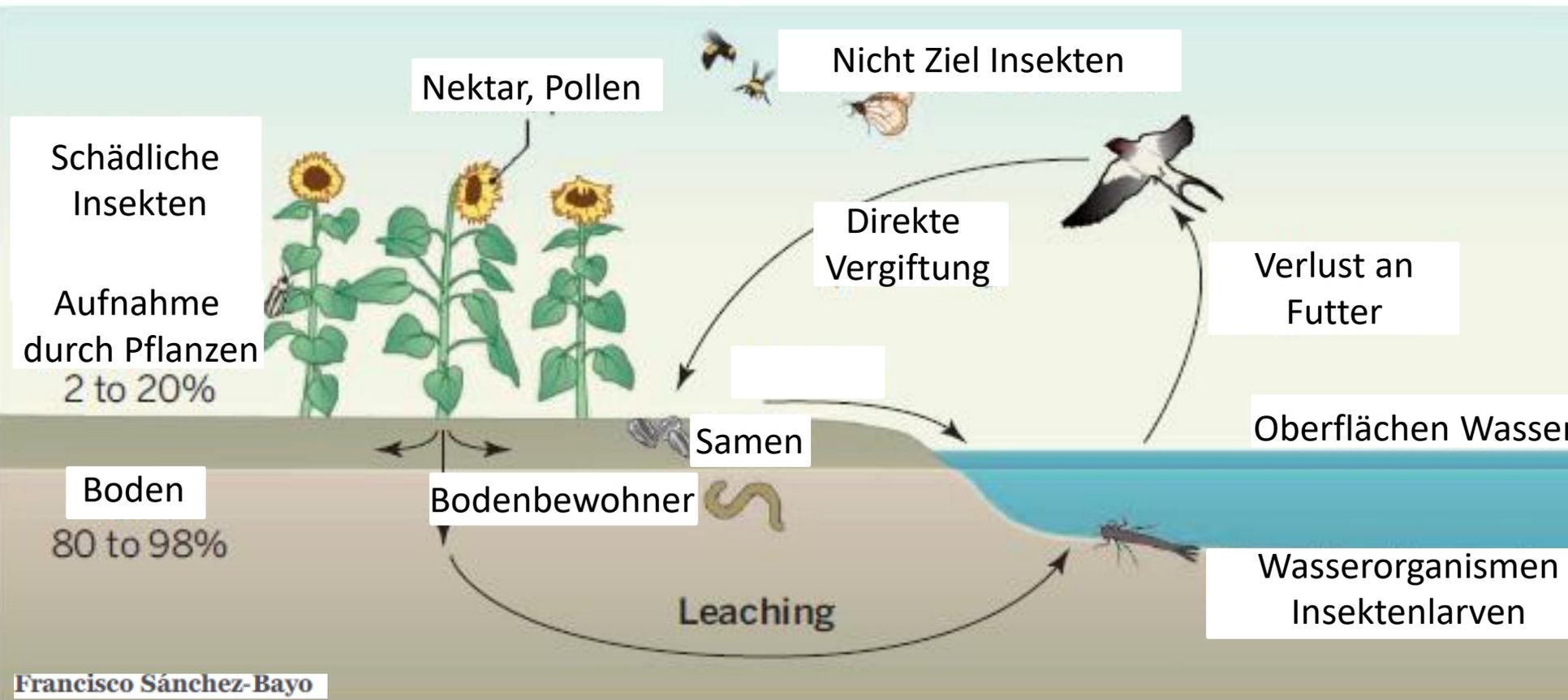
Zur Zeit wird vor allem **Thiacloprid** (Calypso, Biscaya) und **Mospilan** (Acetamiprid) verwendet, wobei sich die Anwendungsvorschriften ständig ändern (z.B. kein Spritzen in die Blüte, kein Beizen von Samen bestimmter Pflanzen, z.B. Raps aber nicht Erbse). Gegen Rapsglanzkäfer, Kartoffelkäfer, Blattläuse, weiße Fliege, u.m.

Ähnliche Wirkung hat: **Sulfoxaflor** (in USA unter strikter Kontrolle, nicht in Europa)

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)

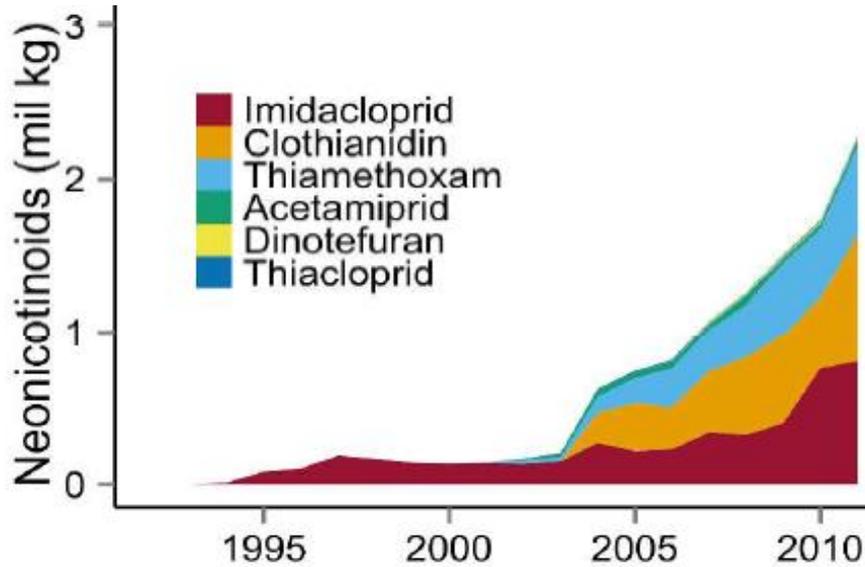
Das Problem mit den Neonicotinoiden



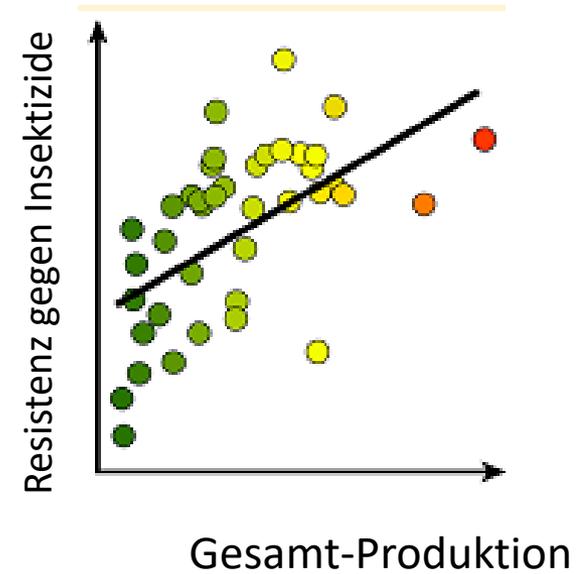
Francisco Sánchez-Bayo
Science **346**, 806 (2014)

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

Zunahme der Anwendung von Neonicotinoiden in den USA



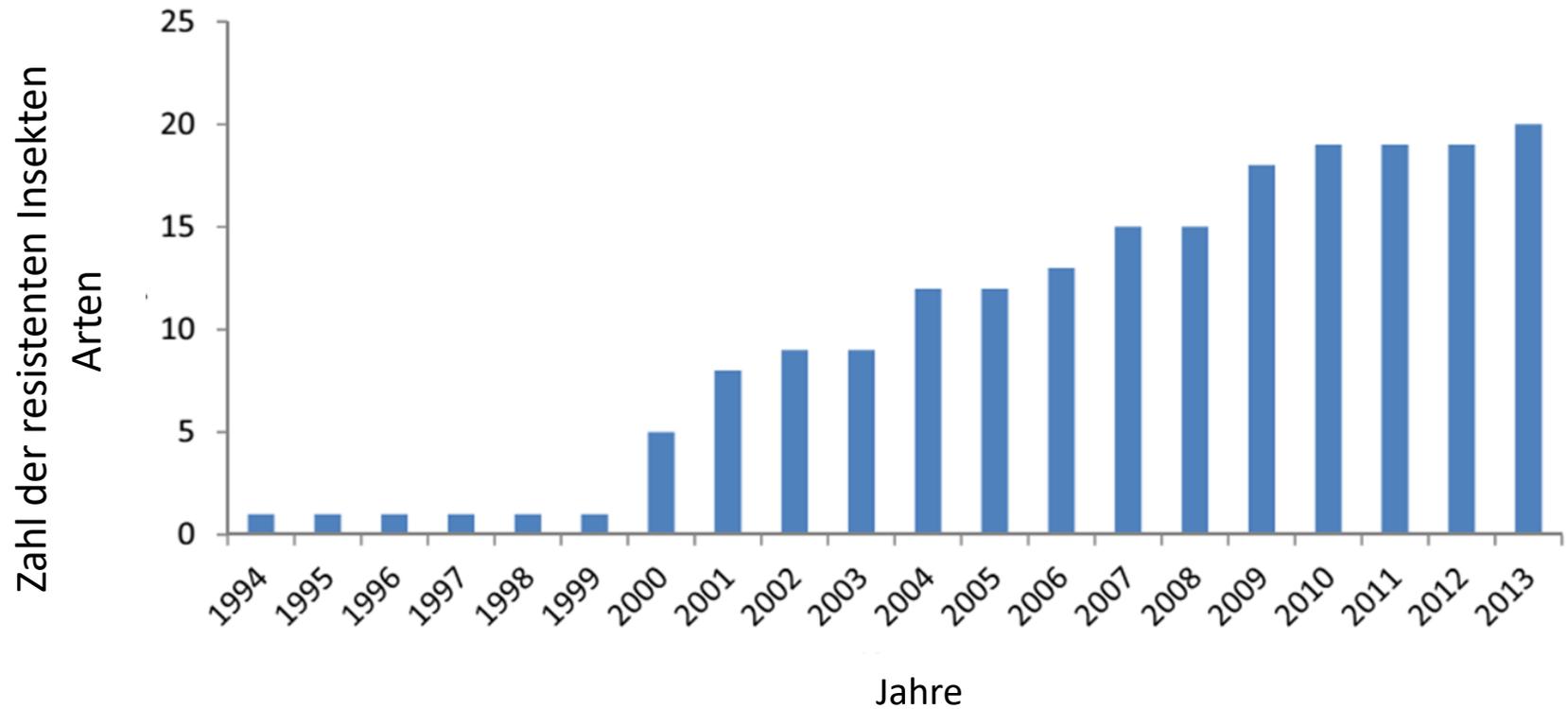
Zunahme der Resistenz gegen Insektiziden in den USA



A.S. Huseh (2018)
Envir. Sci. Technol. 52, 2314ff.

Die große Gefahr:

Zunahme der Resistenz von Insekten Arten seit Einführung der Neonicotinoide

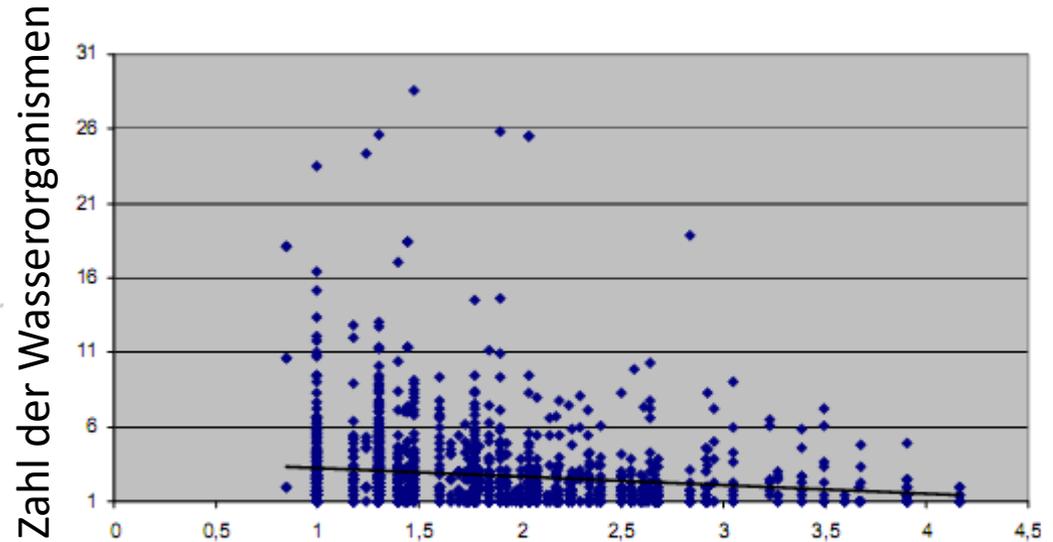


Gewässerbelastung mit dem Neonicotinoid Imidacloprid beeinträchtigt im Wasser lebende Nicht-Wirbeltiere und indirekt Fische und Vögel



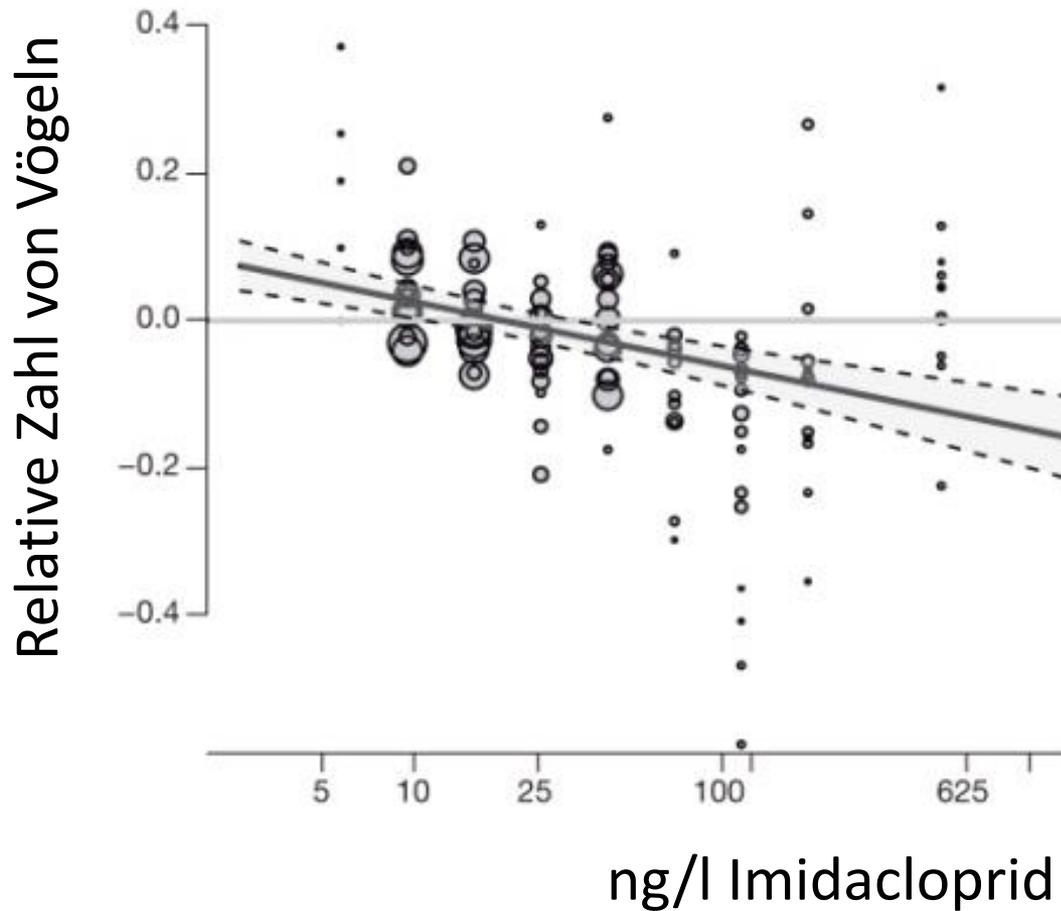
579 Probeentnahmestelle

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

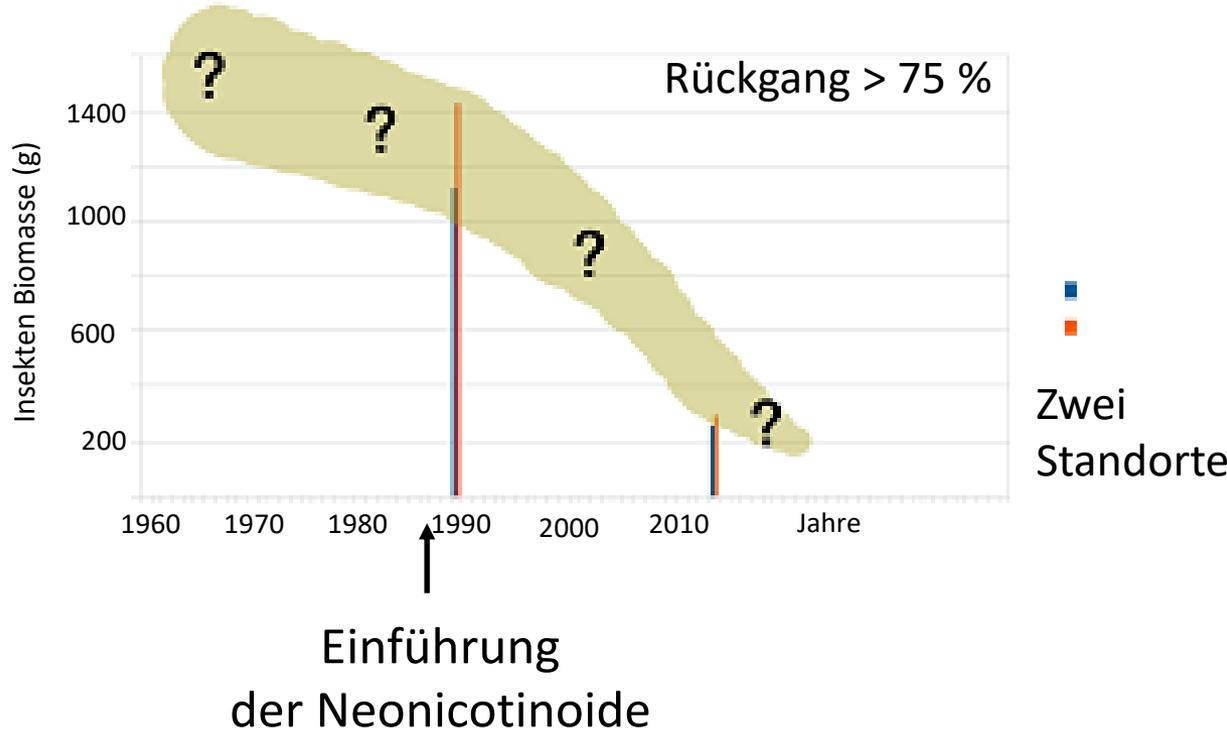
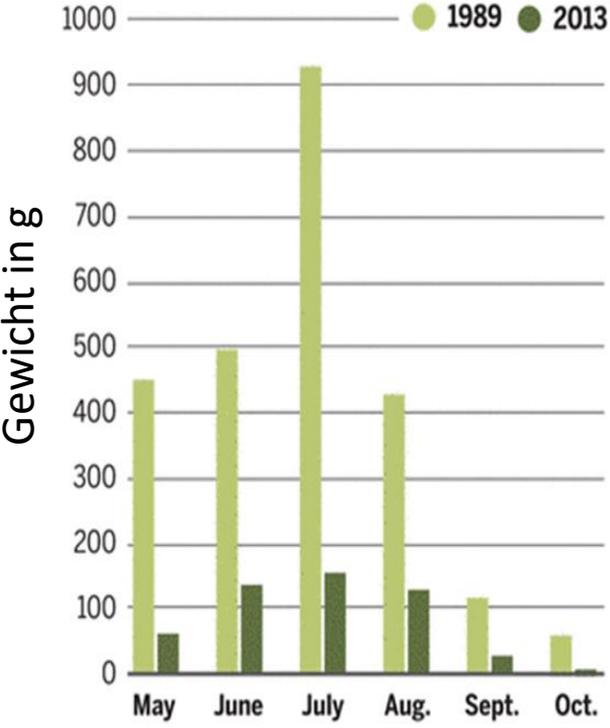


nature

CA Hallmann et al. Nature 000, 1-3 (2014) doi:10.1038/nature13531

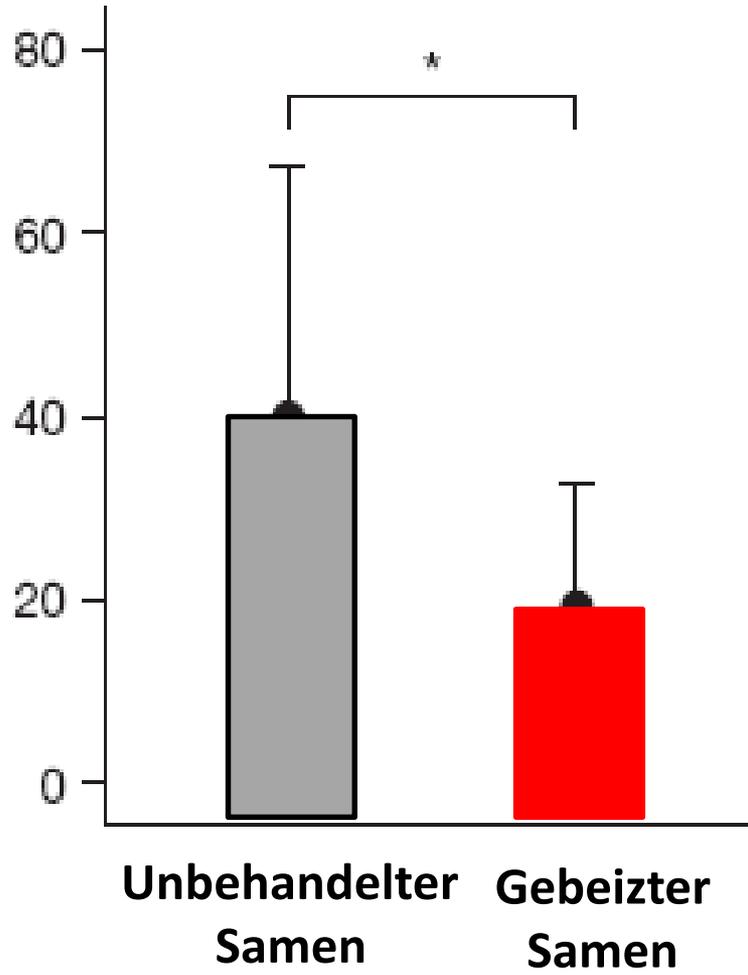
H A Tennekes (2010) The Systemic Insecticides: A Disaster in the Making. ETS Nederland BV, Zutphen, The Netherlands

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

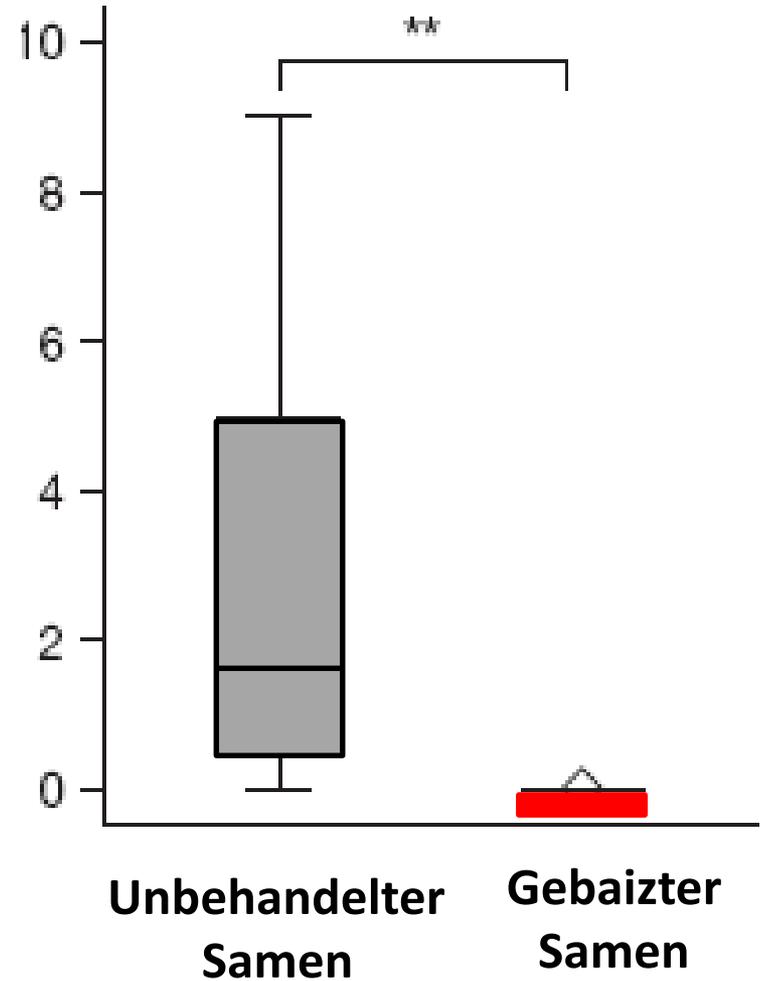


Wildbienen und Hummeln sind mehr gefährdet als Honigbienen

Wildbienen Dichte



Hummel Brutzellen

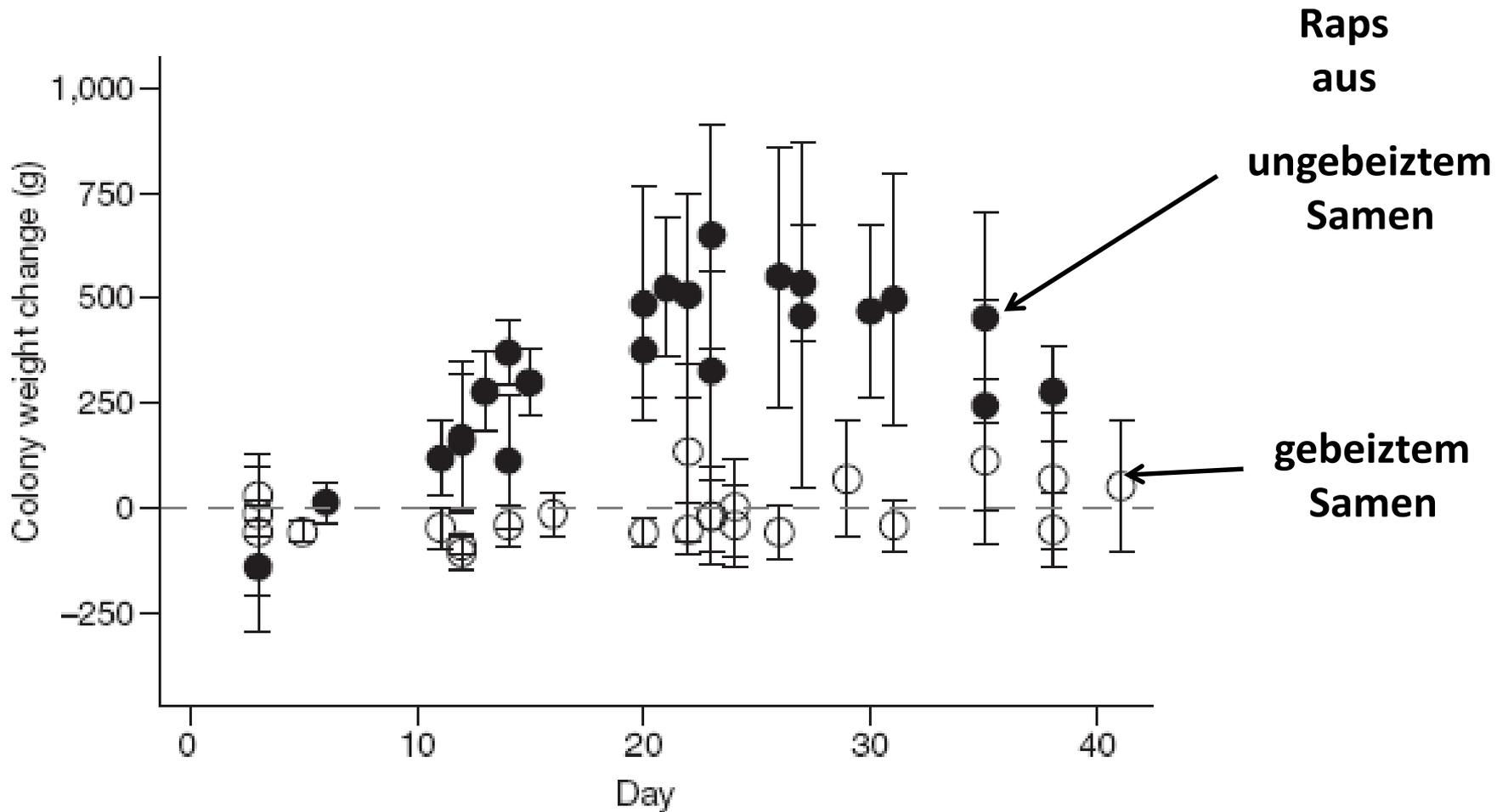


Blühender Raps

Rundlöf et al. 2015 Nature

Gebeizter Samen: Clothianidin + Pyrethroid β -Cyfluthrin

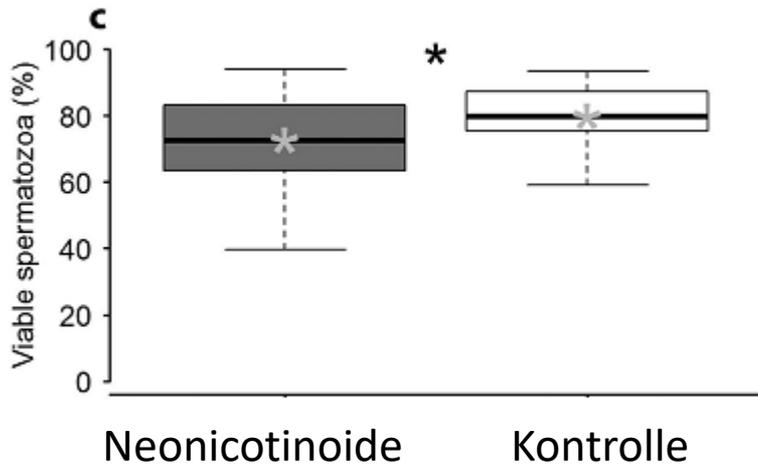
Entwicklung von Hummel Kolonien ist massiv beschädigt in Feldern von gebeiztem Rapssamen



Honigbienen

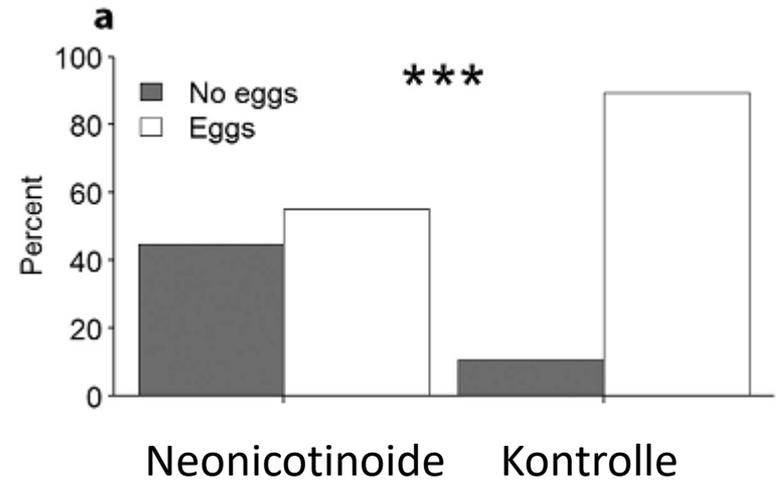
Neonikotinoide in Raps Pollen: Königin

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

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:

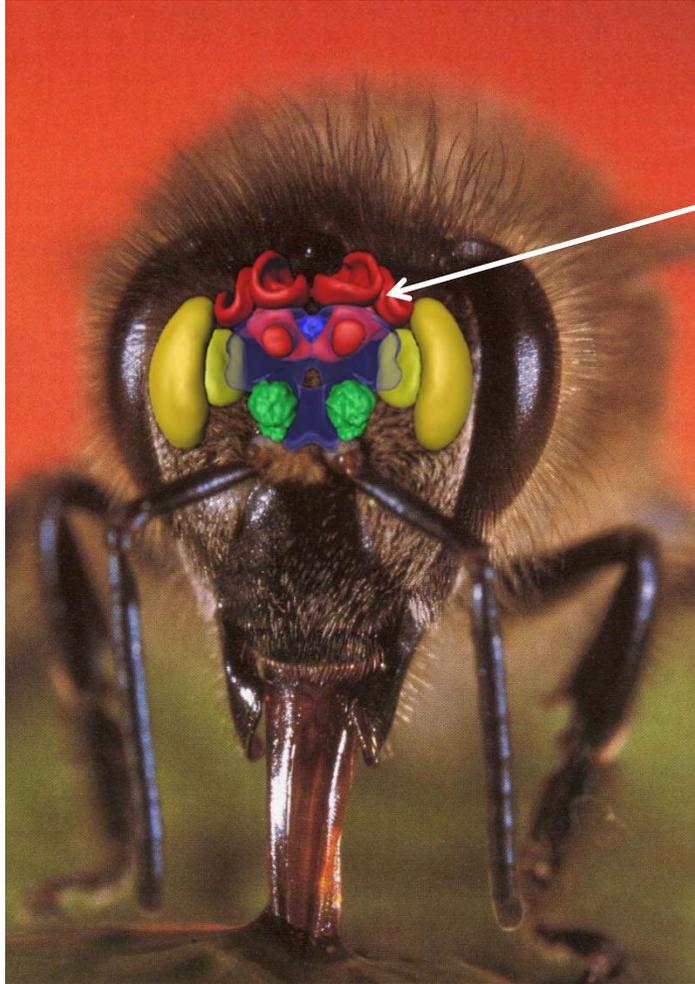
LD50 Werte: 18ng/Bienen bei Imidacloprid; } Entspricht ca. 1 g in 100 m³
22ng/Biene bei Clothianidin; } (1 g in 100 Tonnen Wasser gelöst)
Thiacloprid etwa 150 fache Dosis.

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 niedrigen, nicht tödlichen Dosen der Neonicotinoide im Insectengehirn wirken



Die komplexesten Verhaltenssteuerungen im Insectengehirn 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

Der komplexe Blumenmarkt



Laborexperimente: Lernen von Düften durch Belohnung



belohnter Duft

Dressur



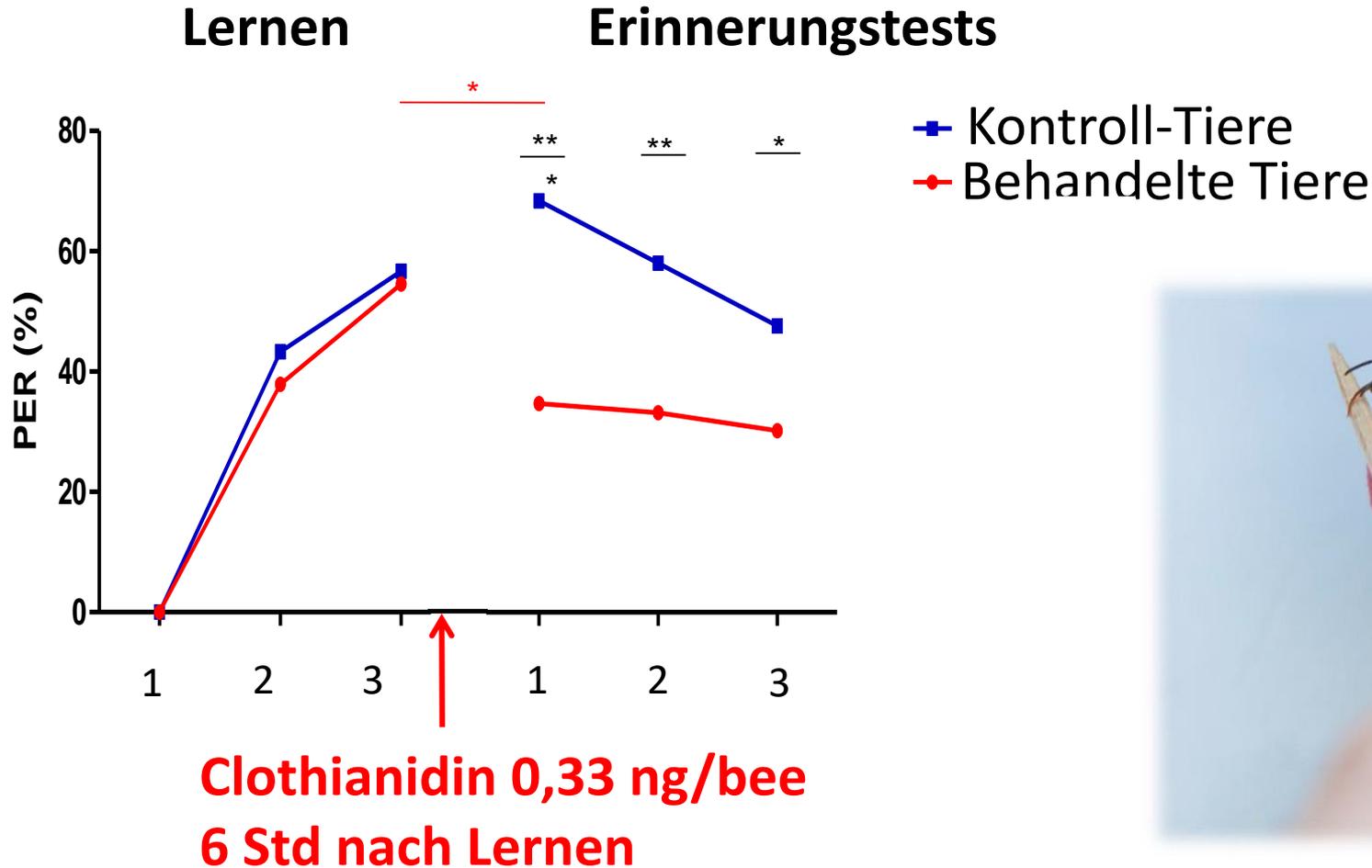
belohnter Duft

Gedächtnis

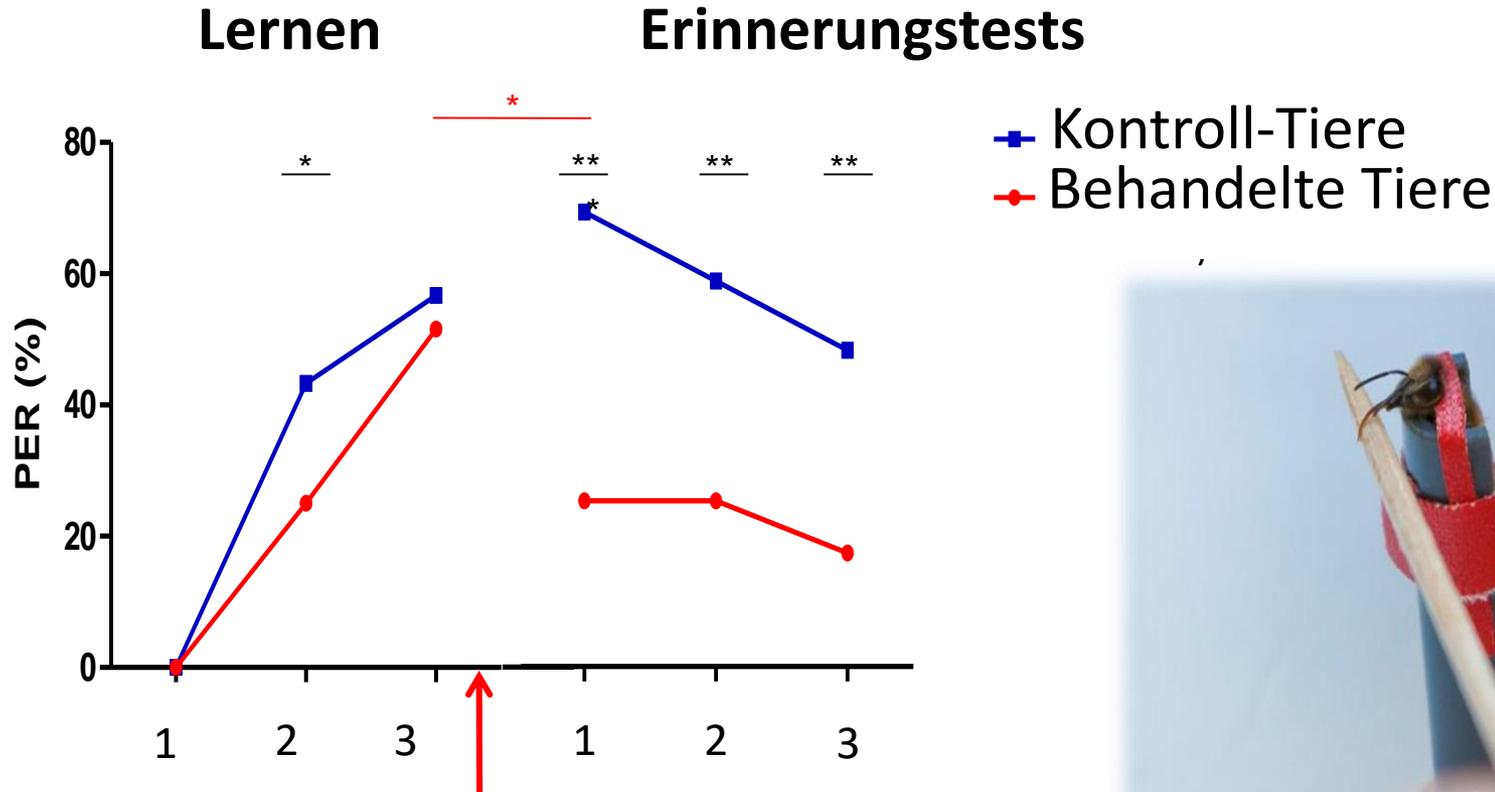
Gedächtnisbildung



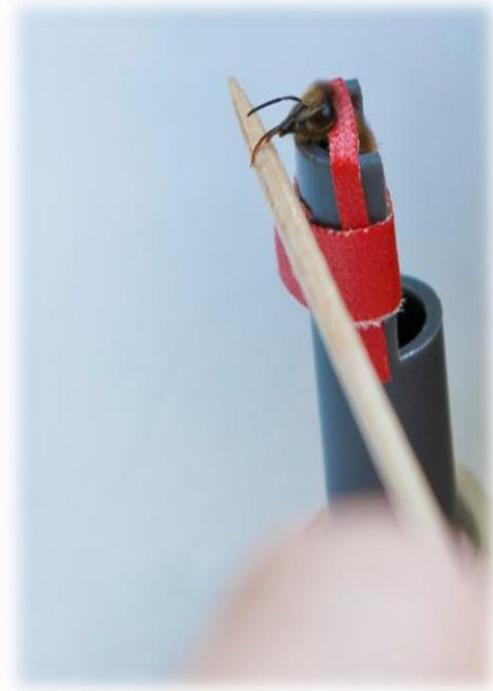
Clothianidin stört die Bildung des Gedächtnisses



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 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?



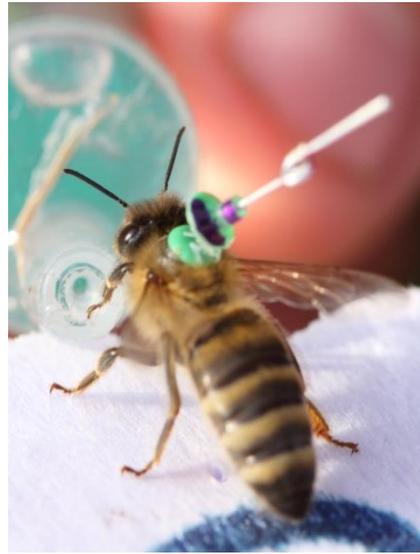
Navigation (Heimfindevermögen), Kommunikation (Schwänzeltanz)

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

Verfolgen der Bienen mit einem
speziellen Radargerät



Harmonisches Radar



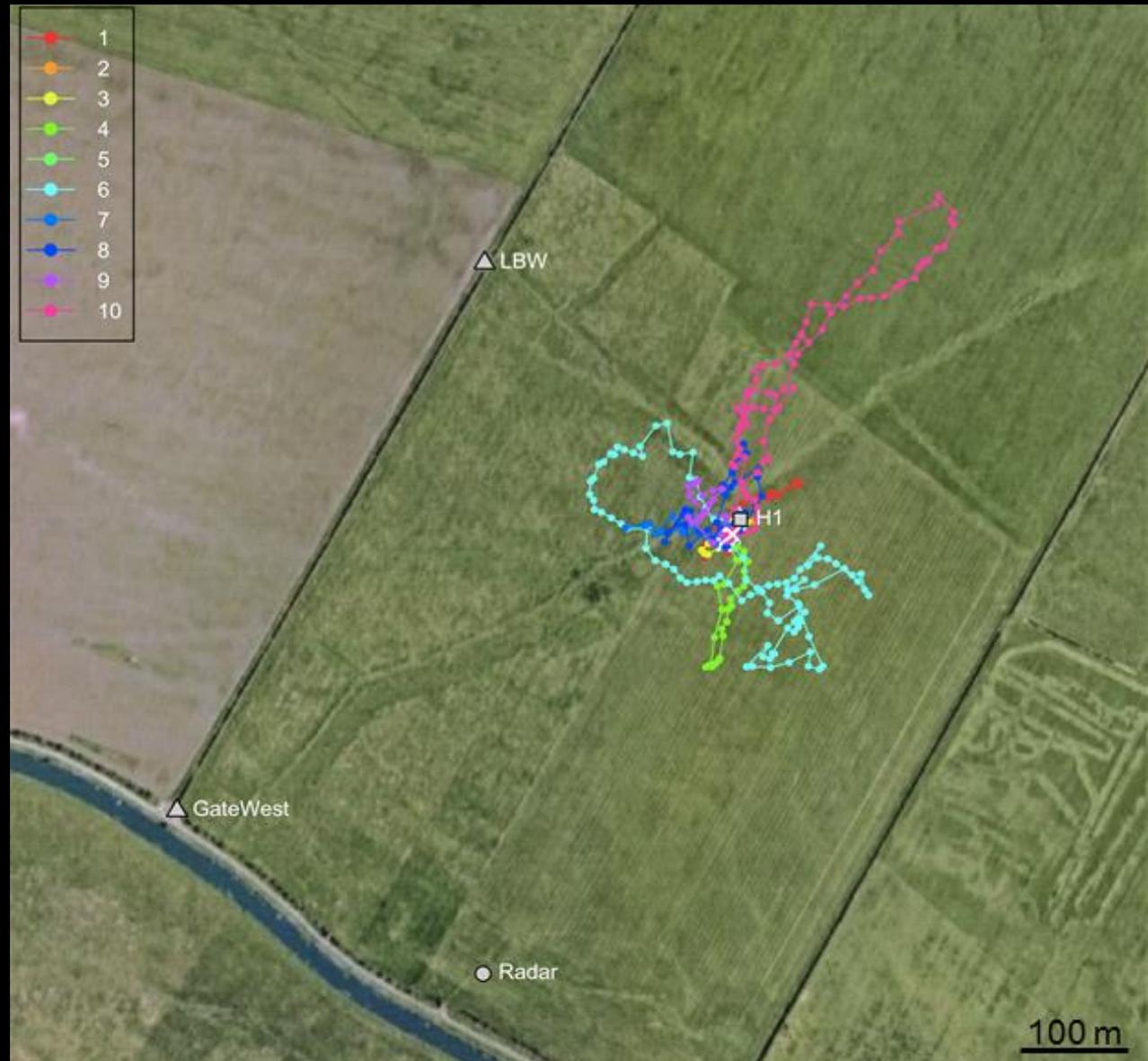
Henry et al. 2014



Aus dem Film "More than Honey"

Wie Bienen ihr Landschaftsgedächtnis erlernen und in den Sonnenkompass einpassen

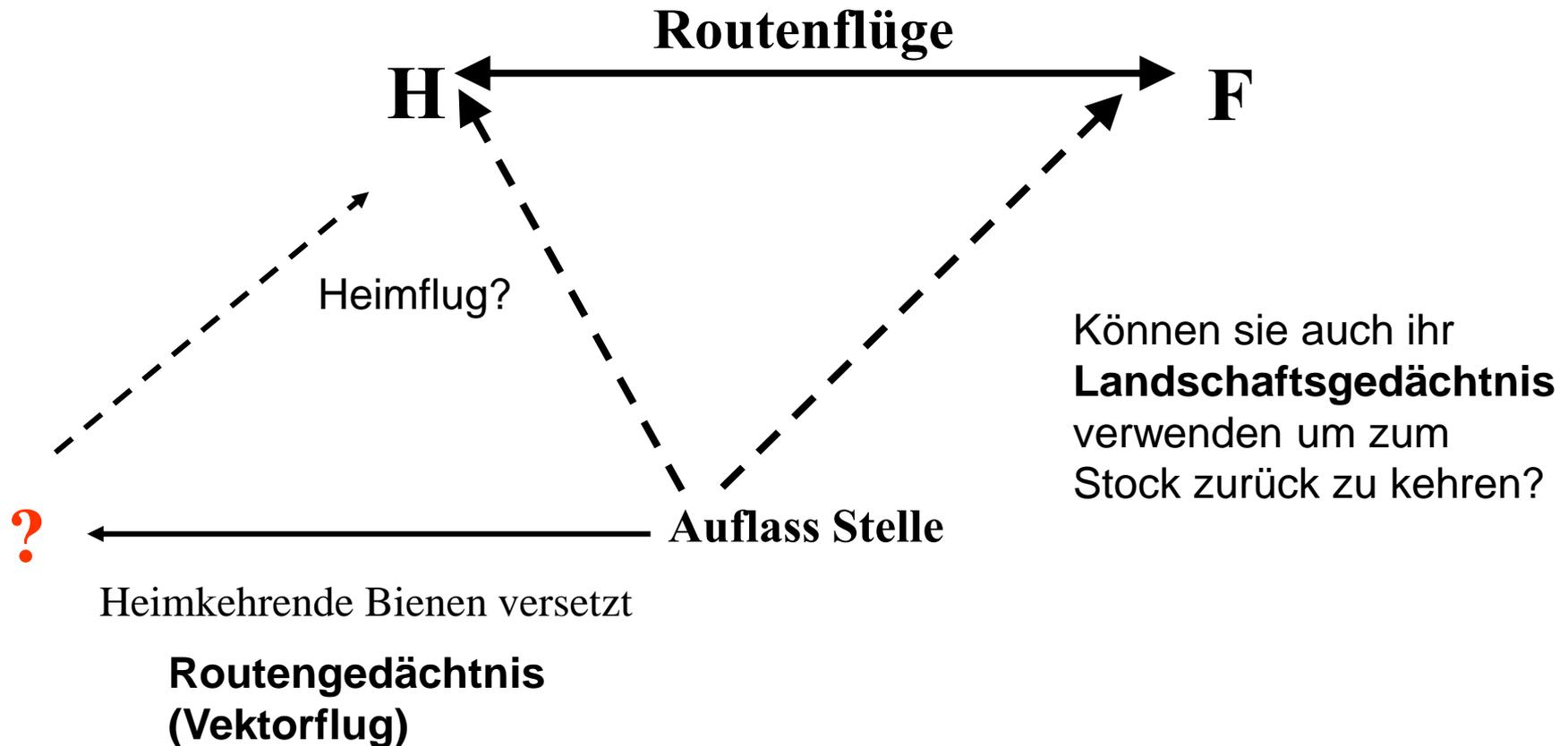
zweite Orientierungsflüge
10 verschiedenen Bienen



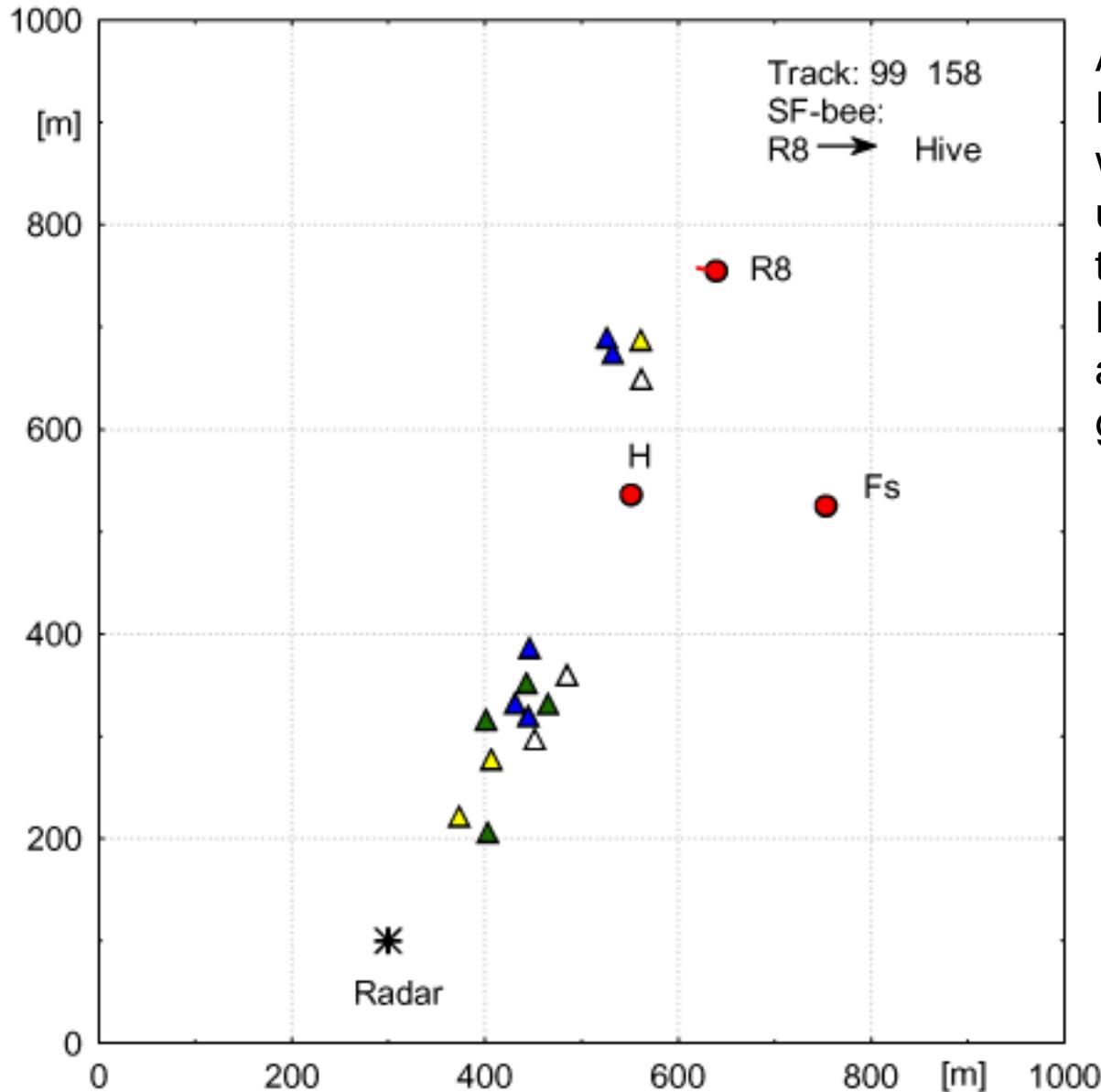
Jacqueline Degen u.a. 2015

Wie wir das Landschaftsgedächtnis testen:

Dressieren, Einsammeln, Transportieren und Freilassen



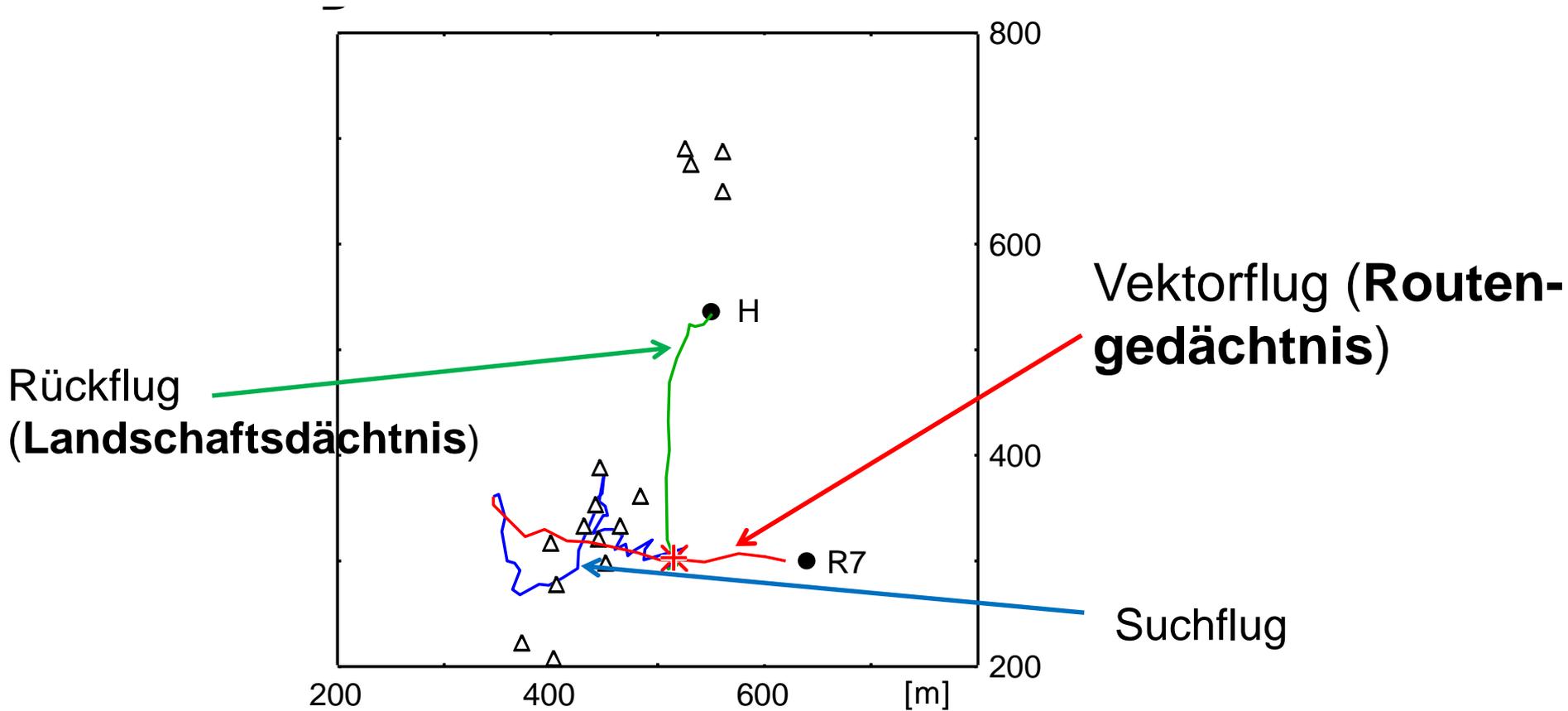
Die Biene war vom Stock (H) über 200 m nach Osten zur Futterstelle (Fs) dressiert



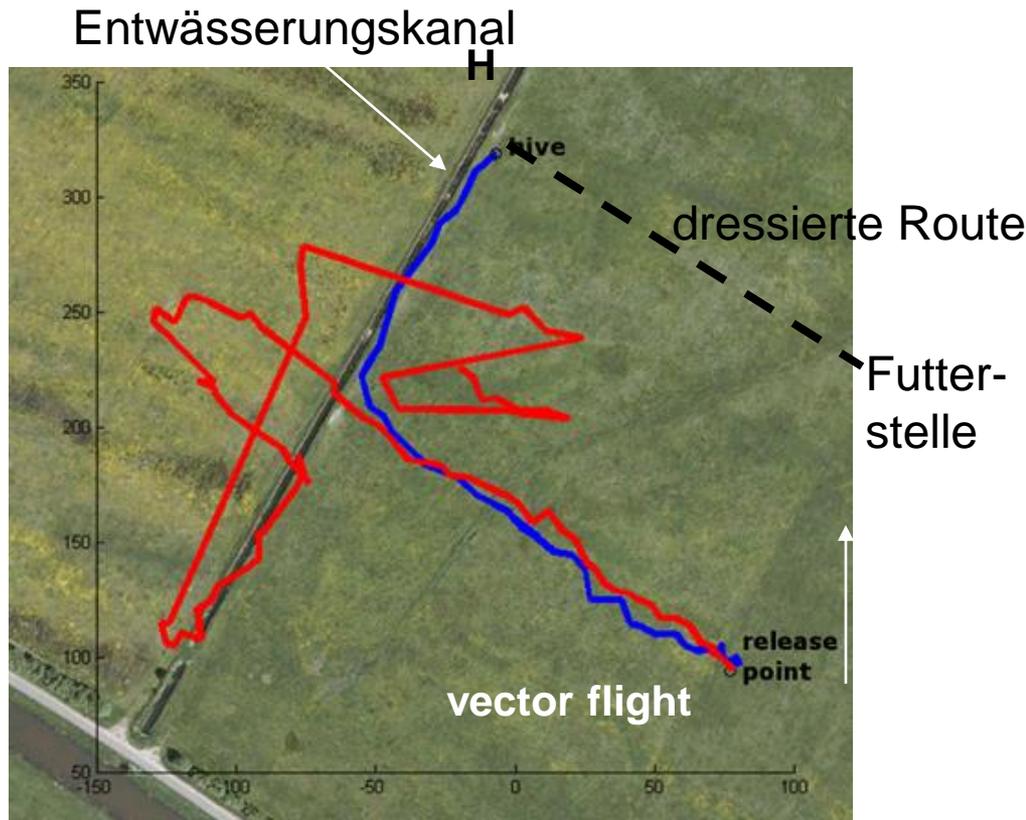
Als sie an Fs nach dem Füttern abfliegen wollte, wurde sie eingefangen und zur Stelle R8 transportiert. Dort mit einem Transponder ausgestattet und fliegen gelassen.

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

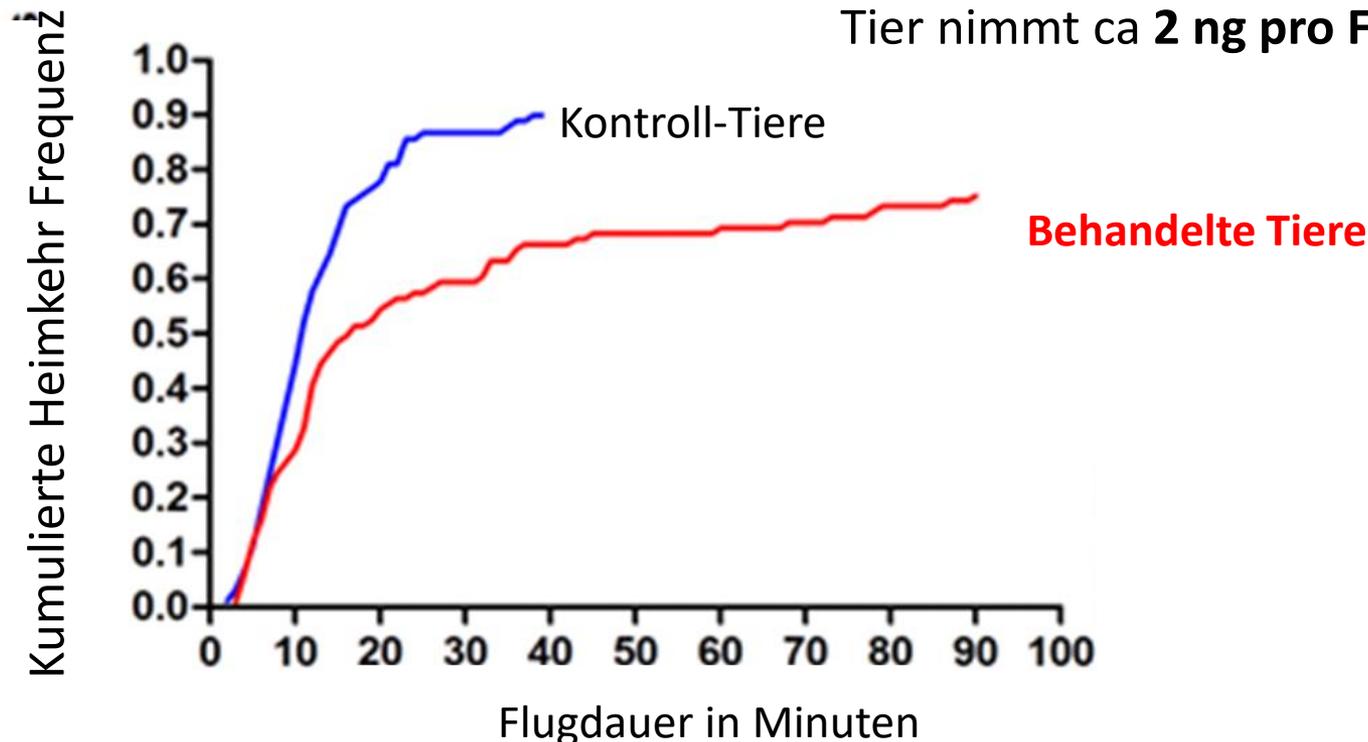
Übergang vom Vektorflug zum Heimflug ist gestört

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

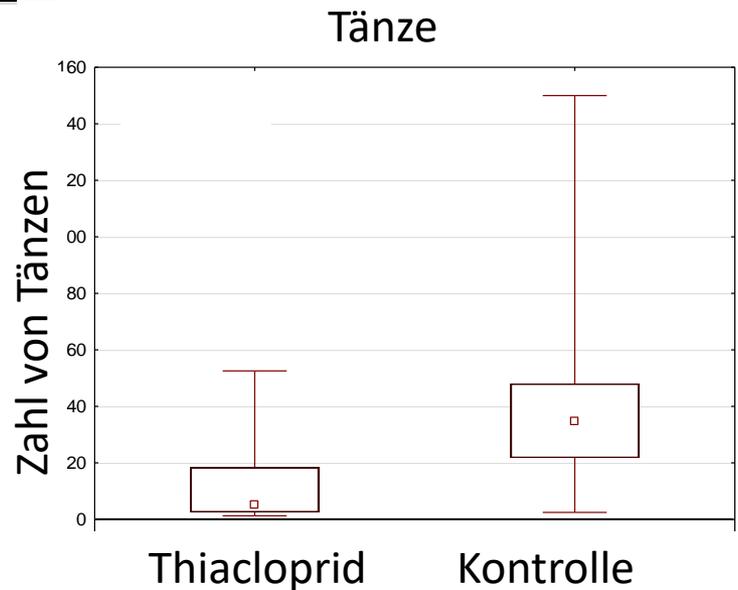
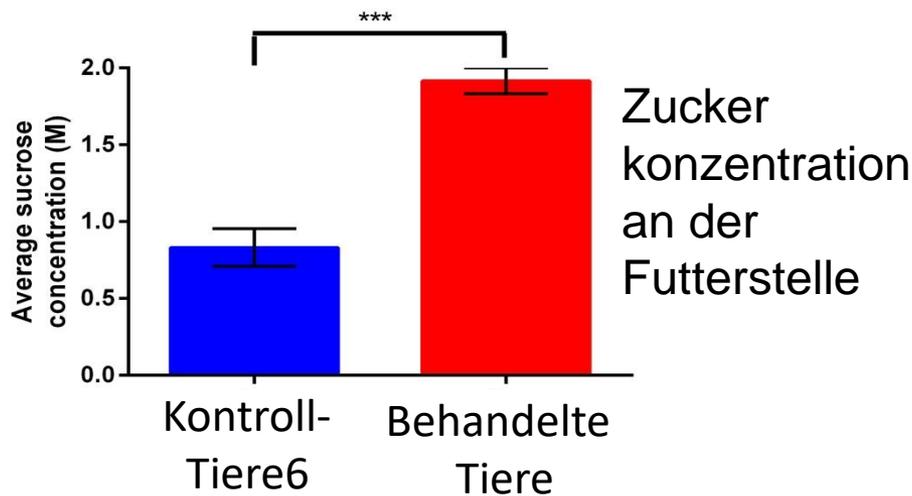
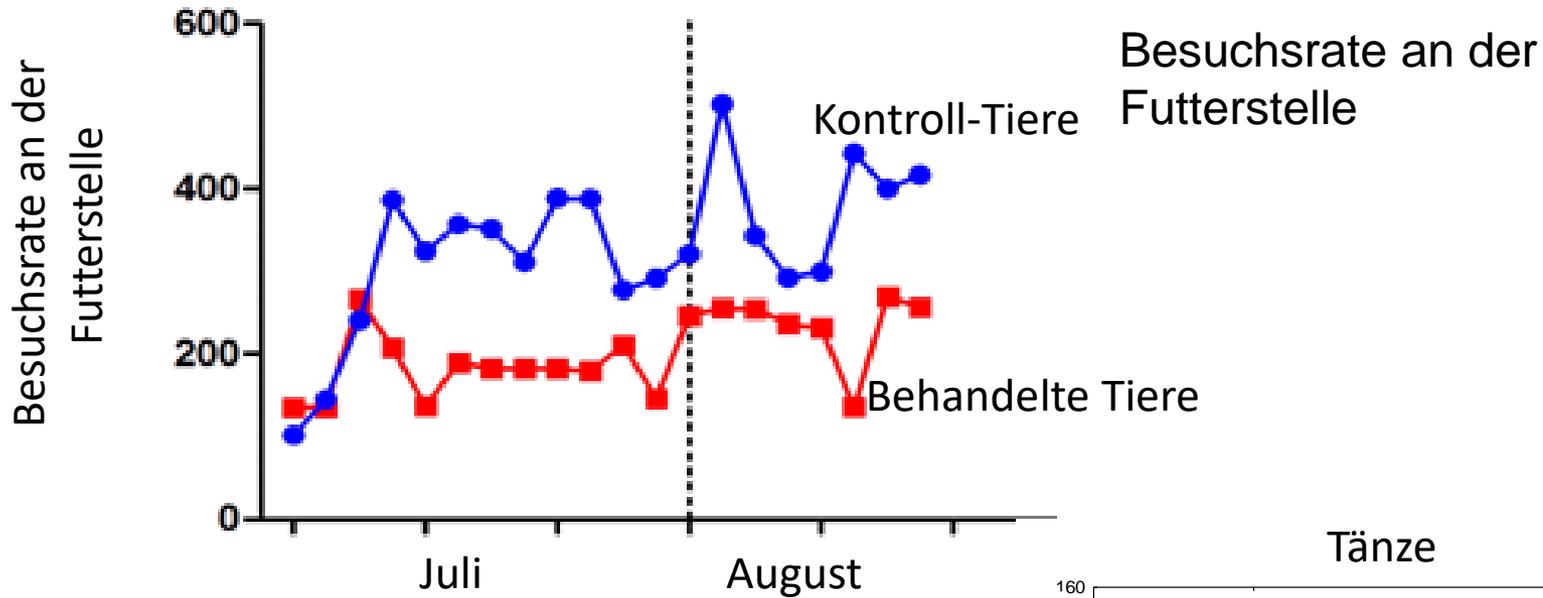
Die chronische Wirkung sehr geringer Thiacloprid Dosen auf die Navigation

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/ μ l

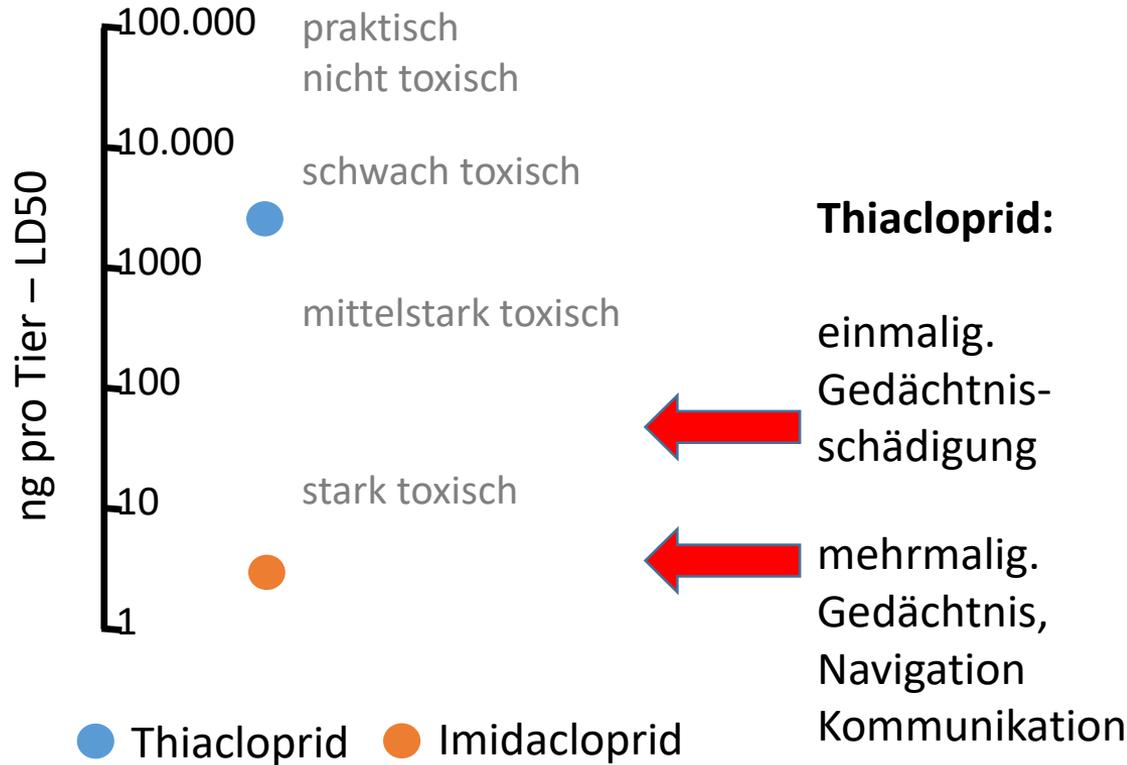
Wenn die Biene 30 μ l auf gespritzten Blüten sammelt nimmt sie auf einem Sammelflug **420 ng** Thiacloprid auf.

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

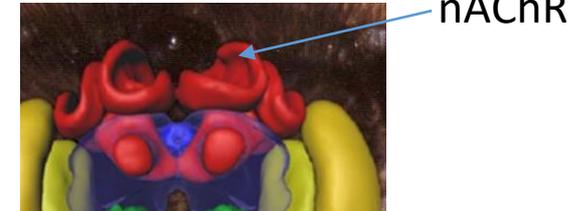


Bereits bei 10 bis 100 facher Verdünnung signifikante Abnahme der Gedächtnisbildung

Thiacloprid: nicht gleich tödlich aber massiv gefährlich



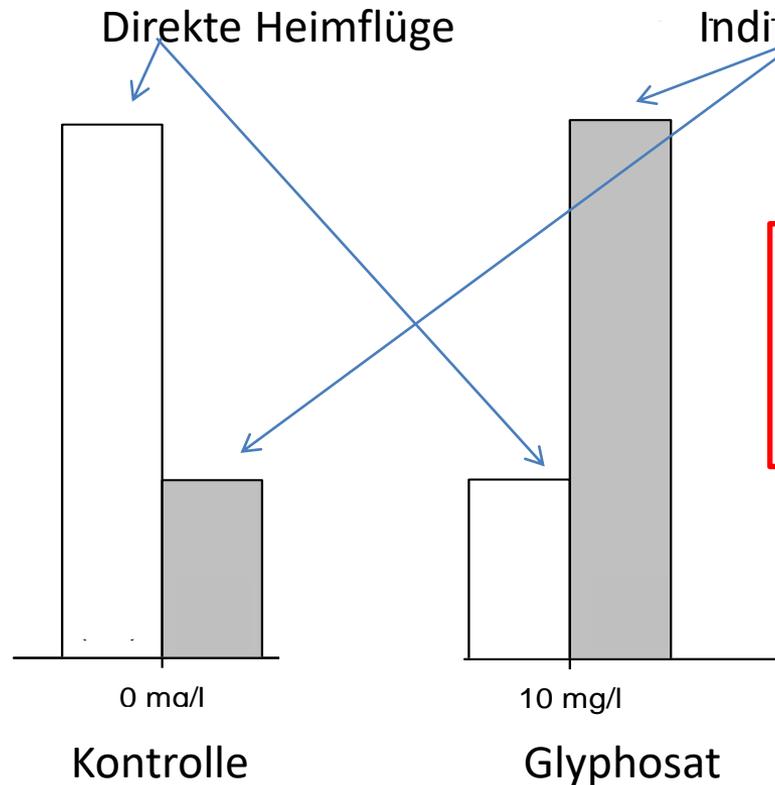
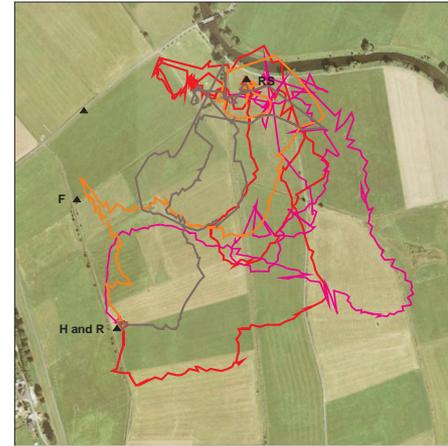
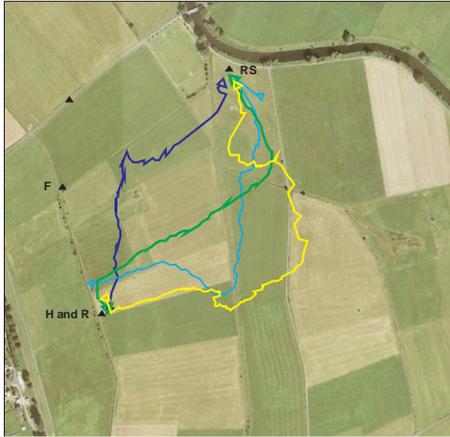
Thiacloprid und Imidacloprid binden gleich stark an das Gehirn Molekül (nAChR)



Das de-toxifizierende Enzym Cytochrom P450s (YP9Q3) bindet an ein Abbauprodukt von Thiacloprid

Thiacloprid tötet Bienen und Hummeln bei höherer Dosis als Imidacloprid

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

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“

Außerdem:

Die Messgrößen zur Wirkung auf der Kolonieebene sind sehr grob.

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.

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.
- Die Zahl der gelegten Arbeiterinnen Eier nimmt ab

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 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.bcp.fu-berlin.de/biologie/arbeitsgruppen/neurobiologie/ag_menzel/index.html

http://www.bcp.fu-berlin.de/biologie/arbeitsgruppen/neurobiologie/ag_menzel/umweltpaehher/index.html

http://www.bcp.fu-berlin.de/biologie/arbeitsgruppen/neurobiologie/ag_menzel/umweltpaehher/unterstuetzung/index.html

Finanzielle Unterstützung unserer Forschungen:

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