

Das Ende der Artenvielfalt: Neuartige Pestizide töten Insekten und Vögel

Dr. Henk Tennekes

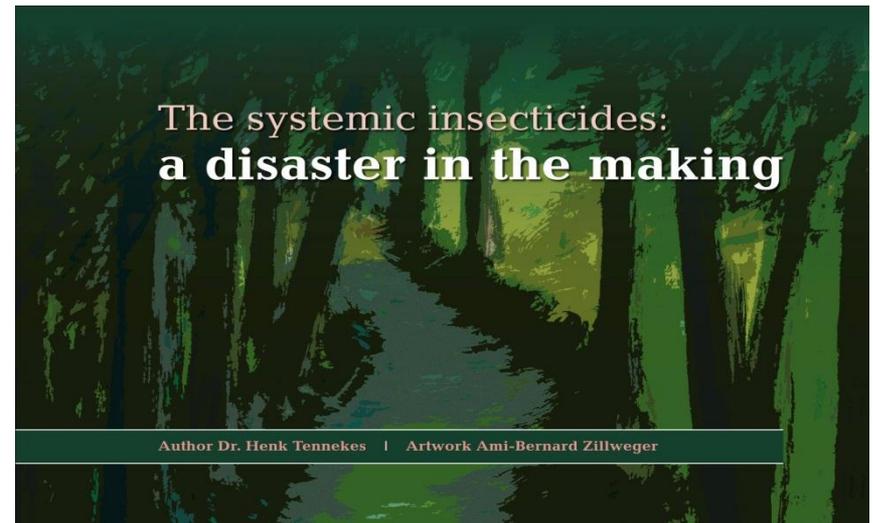
Vortrag an der Universität Koblenz-Landau
Kolloquium des Instituts für Umweltwissenschaften
am 29. November 2012



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

Rachel Carson

- Henk A. Tennekes arbeitete 1980 - 1985 am Krebsforschungszentrum in Heidelberg.
- In dieser Zeit wurde der bekannte Krebsforscher Hermann Druckrey (1904 - 1994) sein Mentor.
- Tennekes Entdeckung (2009): die Wirkungsweise der Insektizide aus der Gruppe der Neonicotinoide zeigt etliche Gemeinsamkeiten mit krebserzeugenden Chemikalien auf
- Umweltverschmutzung mit diesen Insektiziden hat furchtbare Konsequenzen



Kommt der stumme Frühling?

- Mitte der sechziger Jahre erschien in Deutschland das Buch "Der stumme Frühling" der amerikanischen Biologin Rachel Carson
- Darin entwickelt die Autorin die Vision vogelfreier und deshalb stummer Landschaften



Kaum ein Insektizid wurde so bekannt wie DDT

- DDT reichert sich wegen seiner chemischen Stabilität und guten Fettlöslichkeit im Gewebe von Menschen und Tieren am Ende der Nahrungskette an
- Greifvögel legten Eier mit dünneren Schalen, was zu erheblichen Bestandseinbrüchen führte



Neuartige Insektizide: Die Neonicotinoide

- Neonicotinoide sind dagegen wasserlöslich, durchdringen mit dem Wachstum die gesamte Pflanze (systemische Insektizide)
- Sie werden in viel geringeren Mengen ausgebracht als die traditionell verwendeten Insektizide
- Nachteil: Bienen oder Schmetterlinge, die Pollen oder Nektar von einer behandelten Pflanze fressen, werden vergiftet.



Sterblichkeit von Honigbienen durch Imidacloprid

Es kommt mit der Zeit zu einer enormen Wirkungsverstärkung

Suchail S, Guez D, Belzunces LP, 2001. Environ. Toxicol. Chem. 20: 2482-2486

Tennekes HA, Sánchez-Bayo F, 2012. J. Environment. Analytic Toxicol. S4- 001

- Die benötigte Gesamtdosis für einen tödlichen Effekt verringert sich mit abnehmender Giftkonzentration.

Konzentration (µg/L)	Latenzzeit (Stunden)	Gesamtdosis (µg/L x Stunden)
57	48	2.736
37	72	2.664
10	173	1.730
1	162	162
0,1	240	24

Sterblichkeit von Muschelkrebs durch Imidacloprid

Es kommt mit der Zeit zu einer enormen Wirkungsverstärkung

Sánchez-Bayo F. 2009. *Ecotoxicology* 18: 343-354

Tennekes HA. 2010. *Toxicology* 276, 1-4.

Tennekes HA, Sánchez-Bayo F. 2012. *J. Environment. Analytic Toxicol.* S4- 001

- Die benötigte Gesamtdosis für einen tödlichen Effekt verringert sich mit abnehmender Giftkonzentration.

Konzentration (µg/L)	Latenzzeit (Tagen)	Gesamtdosis (µg/L x Tagen)
4.000	0,9	3.600
250	2,3	575
64	3,3	211,2
4	5,2	20,8

Erzeugung von Leberkrebs bei Ratten mit Diäthylnitrosamin

Es kommt mit der Zeit zu einer enormen Wirkungsverstärkung

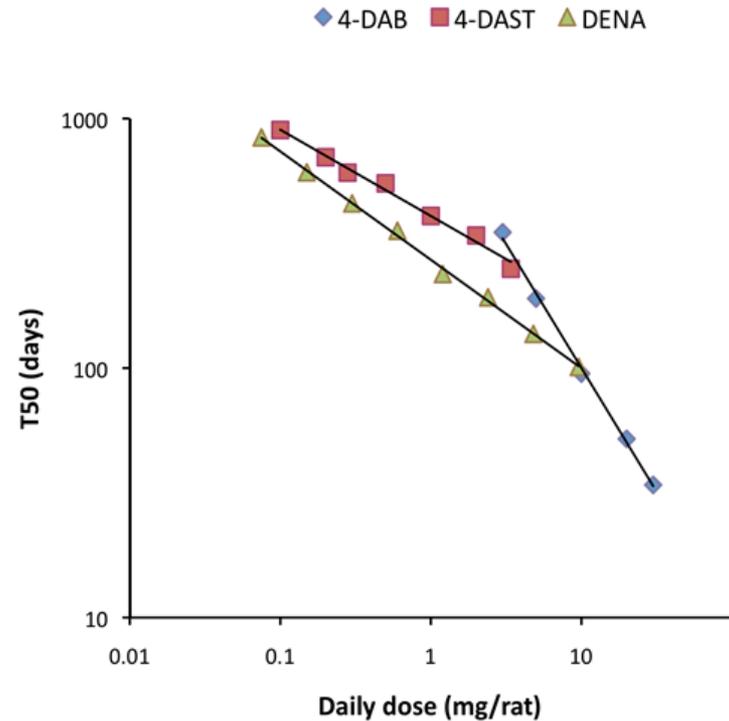
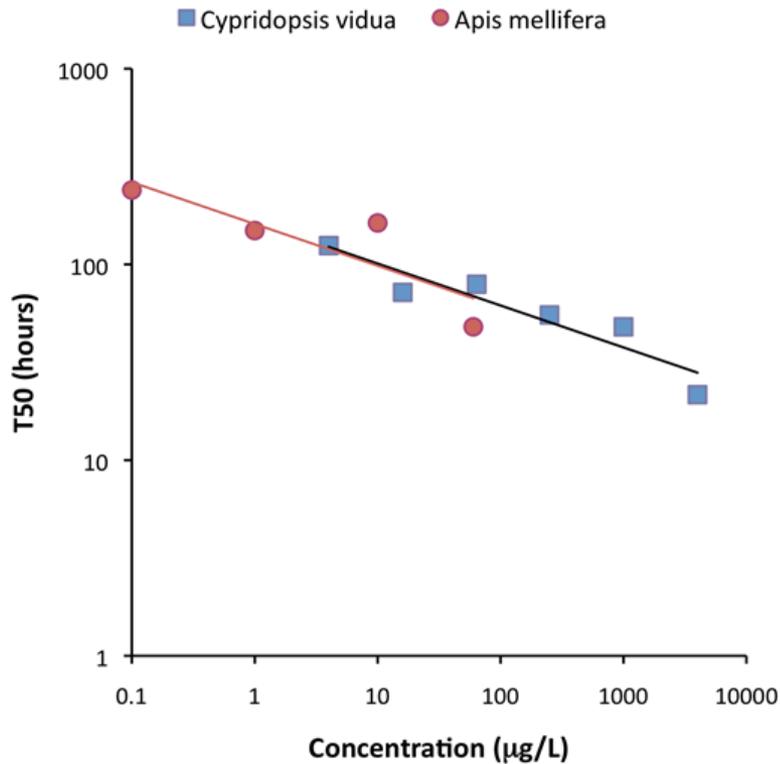
Druckrey, H., Schildbach, A., Schmaehl, D., Preussmann, R., Ivankovic, S., 1963. Arzneimittelforsch. 13, 841–851

- Die zur Krebserzeugung erforderliche Gesamtdosis wird bei zunehmender Fraktionierung in geringere Tagesdosen über längere Zeit nicht größer, **sondern nimmt im Gegenteil erheblich ab.**

Tagesdosis (mg/kg)	Latenzzeit (Tage)	Gesamtdosis (mg/kg)
9,6	101	963
1,2	238	285
0,3	457	137
0,075	840	64

Die Charakteristik der Dosis-Wirkung von krebserregenden Substanzen (rechts) und Neonikotinoide (links) ist sehr ähnlich

Tennekes, H.A. (2010) Toxicology 276, 1–4.

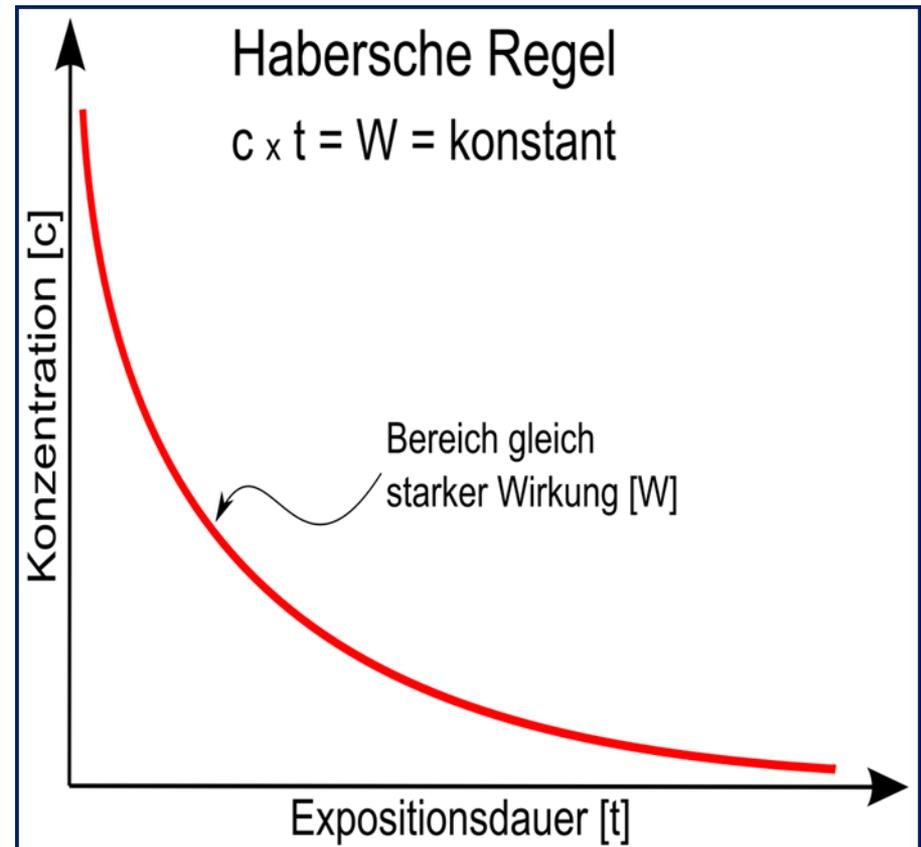


Druckrey-Küpfmüller-Schriften

Dosis und Wirkung in der Toxikologie

Wunderlich, V., 2005. *Medizinhistorisches Journal* 40: 369-97

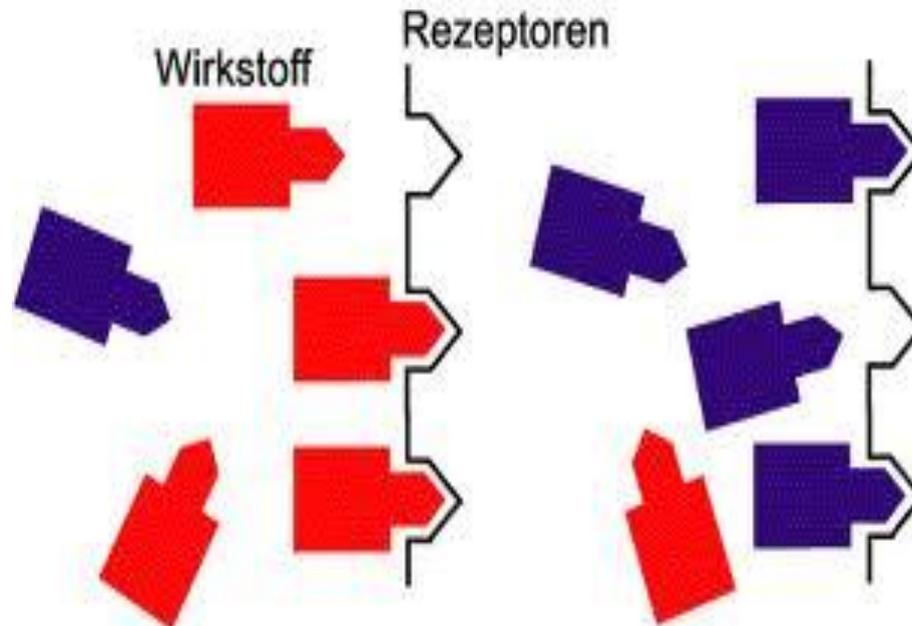
- Die theoretischen Kenntnisse über die Beziehungen von Dosis und Wirkung in der Toxikologie gehen zu einem beträchtlichen Teil auf zwei Arbeiten zurück:
- Der Aufsatz „*Quantitative Analyse der Krebsentstehung*“ von Hermann Druckrey und Karl Küpfmüller (1897–1977) in der Zeitschrift für Naturforschung (1948)
- Die von denselben Autoren verfasste Schrift *Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen Pharmakologie* (1949)



“Ein Gift wird am Wirkungsort kraft seiner speziellen Eigenschaften und nach Massgabe seiner Konzentration mit bestimmten funktionswichtigen Bestandteilen, z.B. der Zellen, in physikalische oder chemische Wechselwirkungen treten, deren Ausmass dann erst die Stärke der Wirkung bestimmt”

Druckrey, H. & Küpfmüller, K. (1949).

Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau

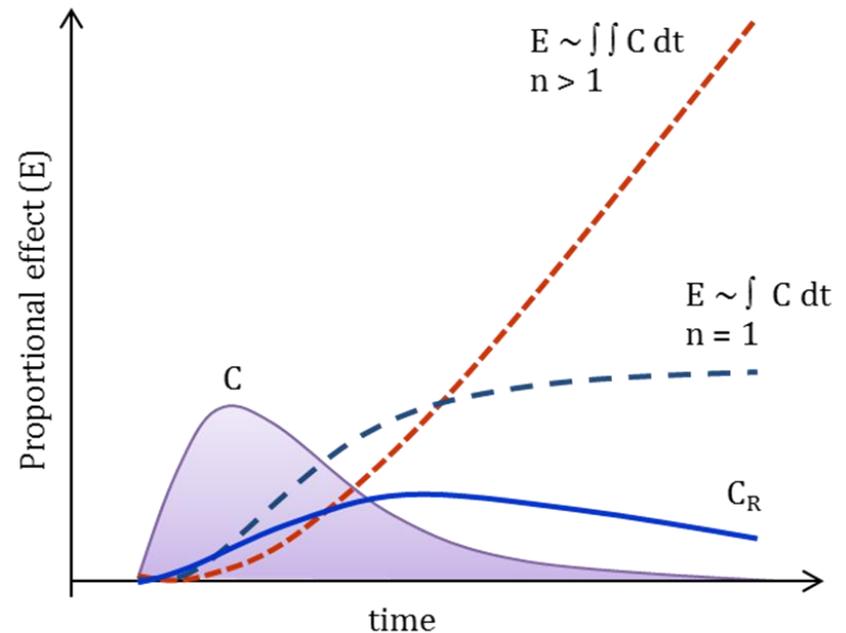


Konzentrationsgifte

Druckrey, H. & Küpfmüller, K. (1949).

Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau

- Ein „Konzentrationsgift“ liegt nur dann vor, ...wenn sowohl die Rezeptoren-Besetzung als auch die Wirkung schnell reversibel sind.
- So deckt sich der zeitliche Verlauf der Rezeptoren-Besetzung und damit auch der Wirkung praktisch mit der Kurve der Giftkonzentration am Wirkungsort

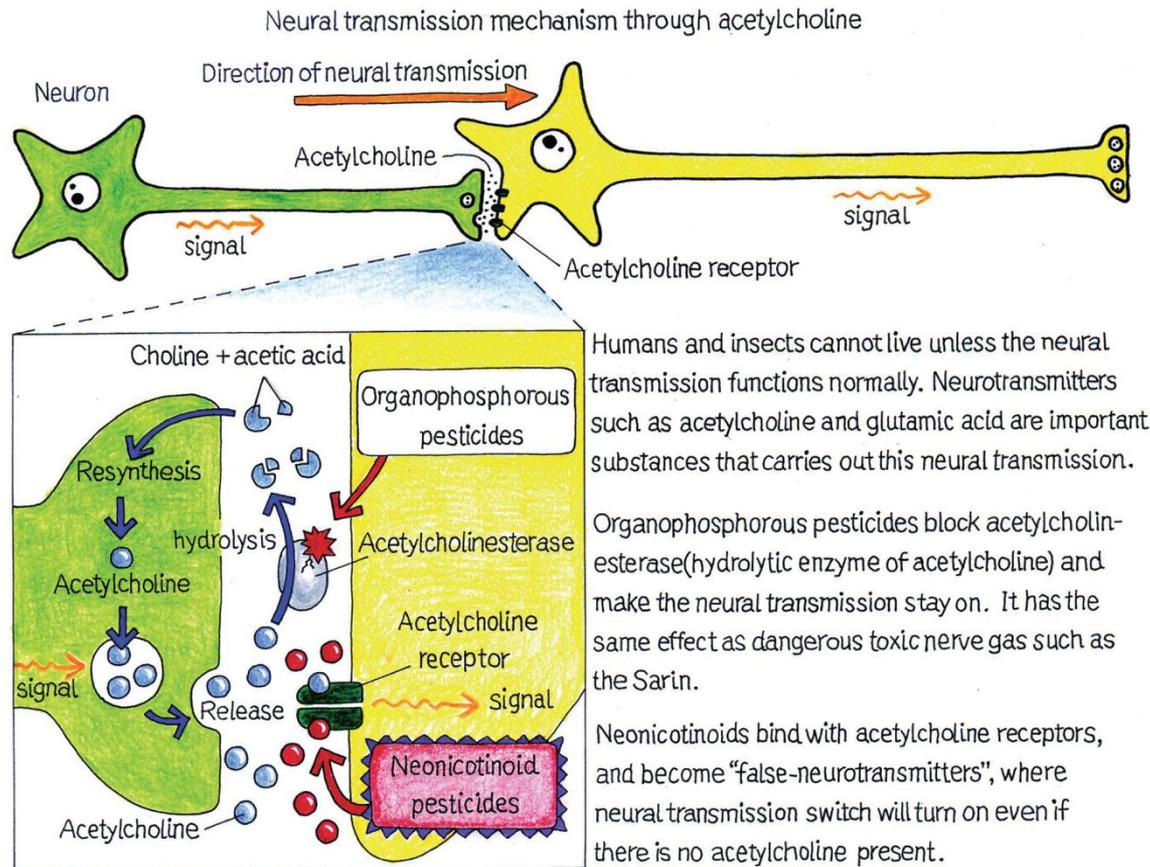


Neonicotinoide sind neurotoxisch wirkende Pestizide

Die Wirkungsweise beruht auf so gut wie unumkehrbare Blockade der postsynaptischen nikotinischen Acetylcholinrezeptoren

Abbink, J. (1991) Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer, Serial ID-ISSN 0340-1723

Neonicotinoid / Organophosphorous pesticides disrupt the neural transmission

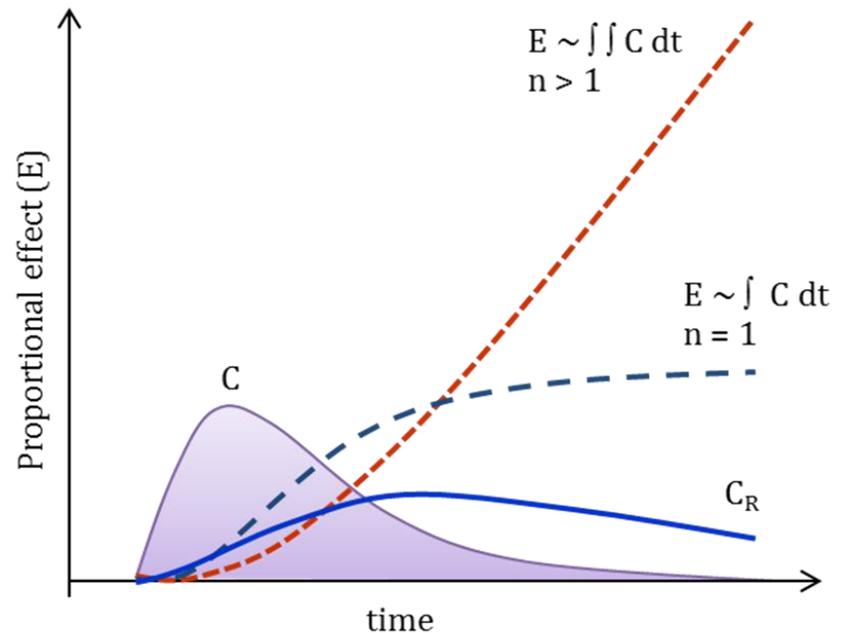


c t – Gifte: Die Wirkung tritt erst nach einer gewissen Latenzzeit ein

Druckrey, H. & Küpfmüller, K. (1949).

Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau

- Ist die Rezeptorenbesetzung praktisch irreversibel, so entspricht die Wirkung dem Integral der Giftkonzentration über die Zeit.
- Bei konstanter Giftkonzentration folgt die Wirkung im einfachsten Falle aus dem Produkt der Konzentration und der Zeitdauer der Einwirkung (= Habersche Regel).
- Dies sind die sog. “c t – Gifte”. Ihre Wirkung ist irreversibel und tritt erst nach einer gewissen Latenzzeit ein

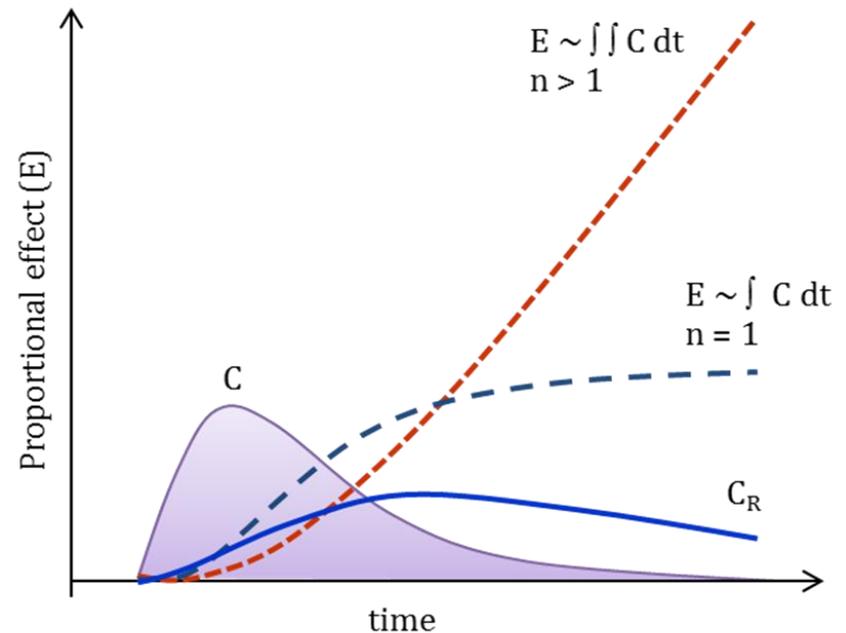


Wirkungsverstärkung mit der Zeit

Druckrey, H. & Küpfmüller, K. (1949).

Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau

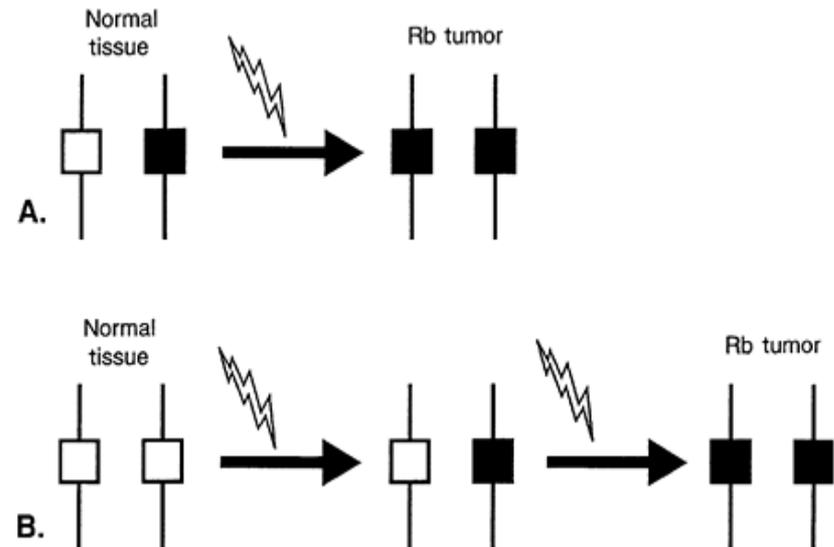
- Wenn sowohl die Rezeptoren-Besetzung als auch die durch sie ausgelöste Wirkung irreversibel und irreparabel sind, so kommt es mit der Zeit zu einer enormen Wirkungsverstärkung. Die Wirkung entspricht dem doppelten Integral aus der Giftkonzentration über die Zeit.
- Bei derartigen Giften kann also unter Umständen während der Zeit ihrer Einwirkung überhaupt kein sichtbarer Effekt auftreten, während später, wenn das wirksame Agens vielleicht schon längst ausgeschaltet ist, immer zunehmende und schliesslich katastrophale Wirkungen an der Zelle bzw. am Organismus auftreten



Eine Toleranzdosis ist nicht definierbar für Cancerogene

Knudson AG (1971) Mutation and cancer: statistical study of retinoblastoma Proc Natl Acad Sci U S A. 68(4):820-3

- Ein einziges Cancerogen Molekül kann genügen, um Krebs auszulösen, vorausgesetzt, das Molekül trifft die entscheidende Stelle in der Zelle



Das Risiko von Imidacloprid wird erheblich unterschätzt

Suchail S, Guez D, Belzunces LP, 2001. Environ. Toxicol. Chem. 20: 2482-2486

Bonmatin JM et al., 2007. Environmental fate and ecological effects of pesticides. Pp. 827-834

Mullin CA et al, 2010. PloS One 5, e9754

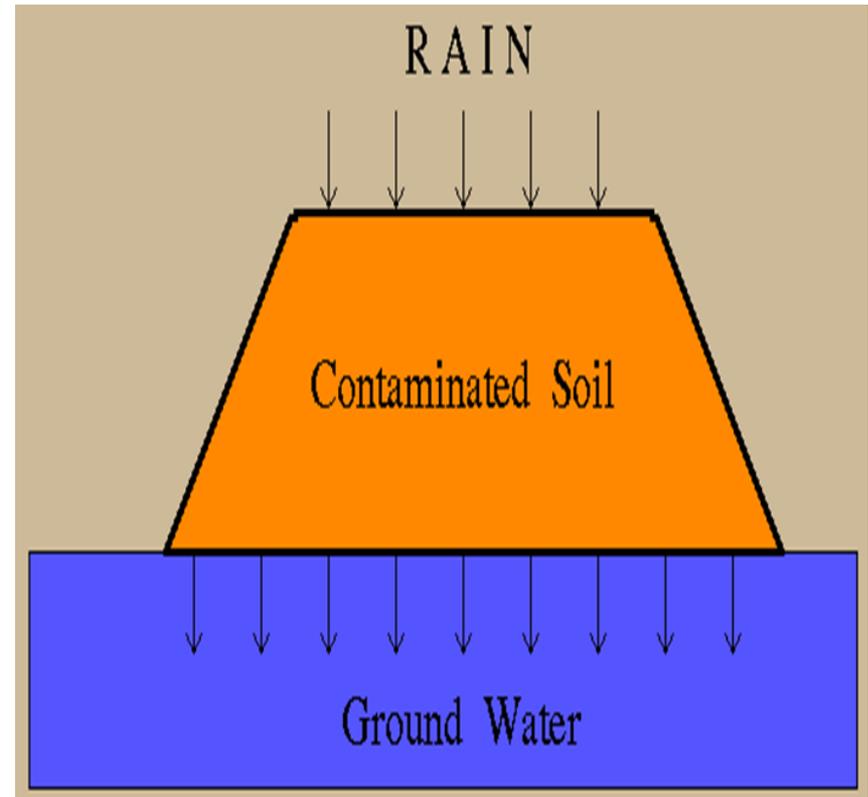
- Setzt man Honigbienen über einen längeren Zeitraum einer niedrigen Konzentration von Imidacloprid aus, so kommt es zu letalen Effekten

Nahrung	Imidacloprid Belastung (µg/kg)	Erwartete Latenzzeit (Tage)
Nektar	1	6,9
	3	5,4
Pollen	0,7	7,5
	10	4,2

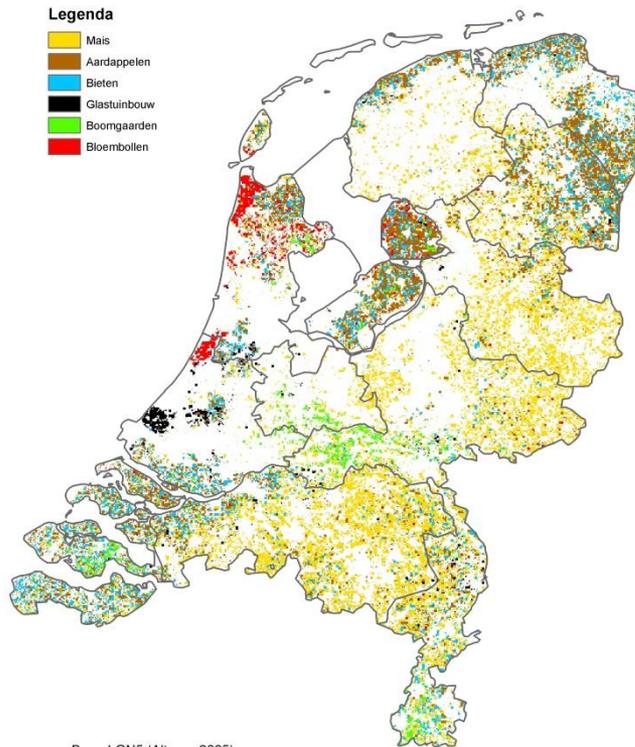
Auswaschung, Persistenz und Mobilität der Neonikotinoide im Boden

- Neonikotinoide können leicht aus dem Boden in Wasserläufe und ins Grundwasser gewaschen werden und sich so in der Umwelt ausbreiten.

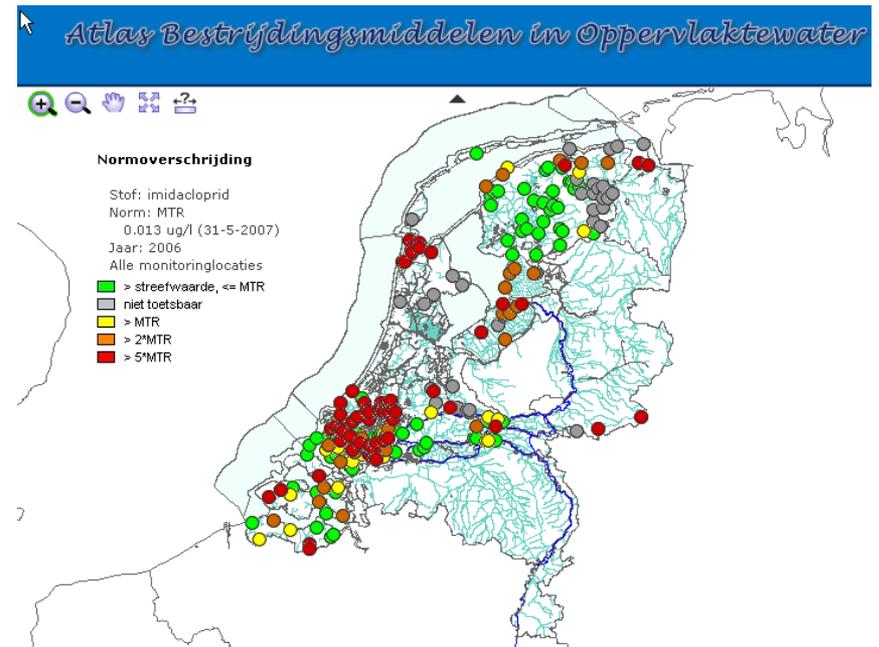
Sie sind einerseits wasserlöslich und nicht an Bodenpartikel gebunden, andererseits werden sie im Wasser und im Boden sehr schwer abgebaut



Die Anwendung des Imidacloprid hat zu einer starken Belastung der niederländischen Oberflächengewässer geführt



Bron: LGN5 (Alterra, 2005)



Geringe Konzentrationen von Neonicotinoiden in der Umwelt bedrohen Insekten und beeinträchtigen Nahrungsketten

- Bereits geringe Konzentrationen von Neonicotinoiden in der Umwelt, die unterhalb der als "akut toxisch" geltenden Konzentration liegen, können über einen längeren Zeitraum schädlich für zahlreiche im Wasser und auf dem Land lebende Wirbellose sein



Der augenfälligste Dienst, den uns die Insekten - wenn auch unbewusst - erweisen: die Bestäubung

May Berenbaum (Entomologin, University of Illinois) NZZ Folio 07/01 - Thema: Käfer und Co

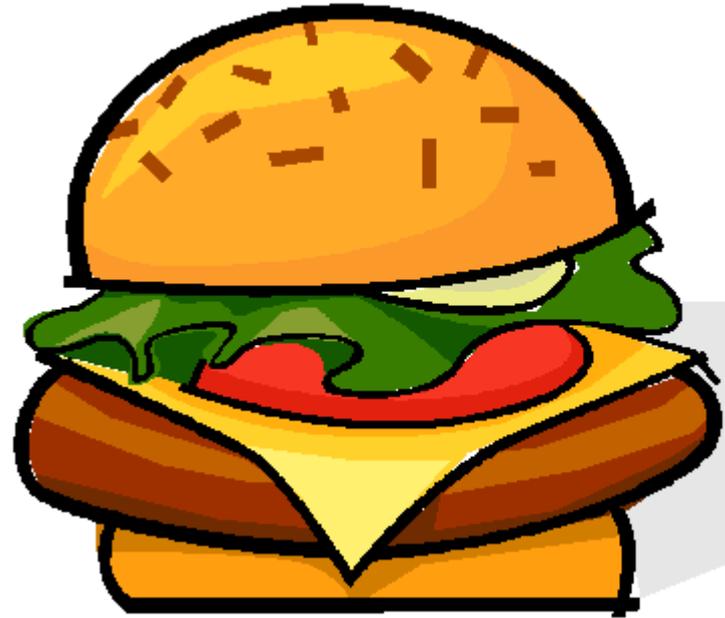
- Pflanzen greifen auf tierische Helfer zurück, um männliche und weibliche Individuen zur Befruchtung zusammenzubringen
- Insekten leisten diesen Hilfsdienst (durch Pollentransport) bei einer enormen Zahl von Pflanzen
- Rund ein Drittel aller Nahrungsmittel geht direkt auf die Bestäubung durch Insekten zurück.



Vom Big Mac zum McBrötchen

May Berenbaum (Entomologin, University of Illinois) NZZ Folio 07/01 - Thema: Käfer und Co

- In einer bienenlosen Welt gäbe es bei McDonald's einen Big Mac ohne Fleisch, Salat, Käse, Gürkchen, Zwiebeln und Ketchup.

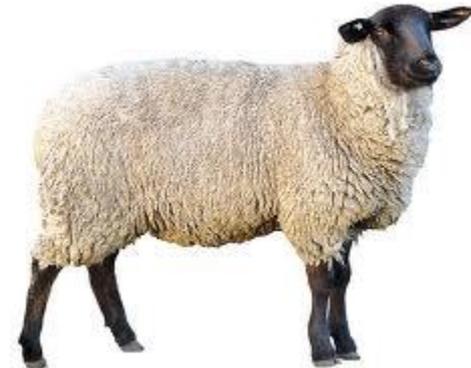


Nach der Nahrung ginge uns die Kleidung aus

Die wichtigsten Naturfasern gäbe es ohne Insekten nicht

May Berenbaum (Entomologin, University of Illinois) NZZ Folio 07/01 - Thema: Käfer und Co

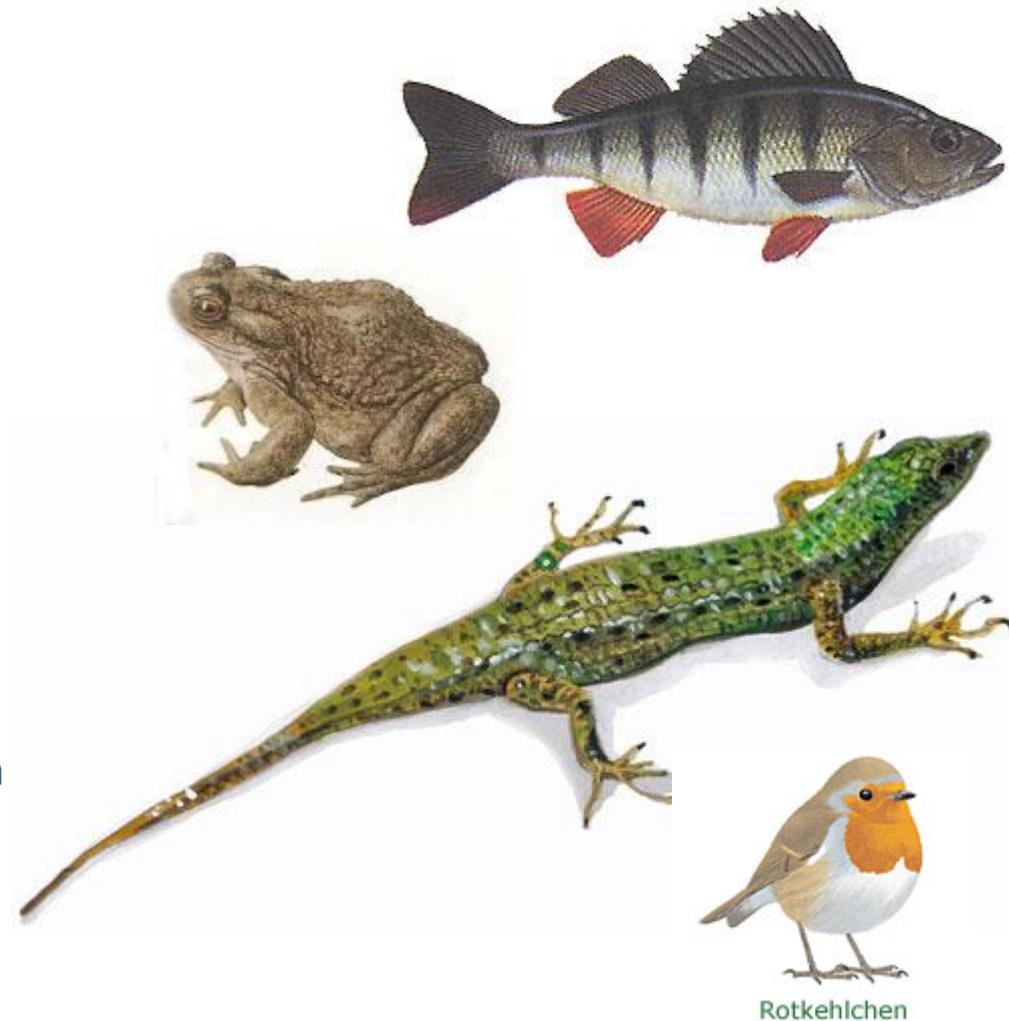
- Die Baumwollpflanze wird von Insekten bestäubt
- Wolle und Leder stammen von Schafen und Rindern, die von Insekten bestäubte Leguminosen gefressen haben
- Die Seide ist eine Naturfaser, die unmittelbar von einem Insekt gebildet wird - von *Bombyx mori* (Maulbeerseidenspinner)



Die meisten Vertebraten sind auf Insekten angewiesen

May Berenbaum (Entomologin, University of Illinois) NZZ Folio 07/01 - Thema: Käfer und Co

- Bei Süßwasserfischen stellen diese 40 bis 90 Prozent der Nahrung
- Amphibien wie Frösche, Kröten und Salamander brauchen Insekten; der Speiseplan der Erdkröte besteht zu 75 Prozent aus Insekten.
- Bei den Reptilien verspeisen Eidechsen, Chamäleons, Blindschleichen und Krötenechsen bevorzugt Insekten.
- Insekten und ihre Verwandten stellen einen Drittel der Nahrung von Federwild und Singvögeln



Rotkehlchen

Insektenfressende Säugetieren

May Berenbaum (Entomologin, University of Illinois) NZZ Folio 07/01 - Thema: Käfer und Co

- Lang ist auch die Liste der insektenfressenden Arten bei den Säugetieren:

Ameisenigel, Schnabeltiere, Opossums, Kuskuse, Opossummäuse, Beuteldachse, Beutelmaulwürfe, Igel, Maulwürfe, Borstenigel, Schlitzrüssler, Spitzmäuse, Fledermäuse, Ameisenbären, Gürteltiere, Schuppentiere, Waschbären.

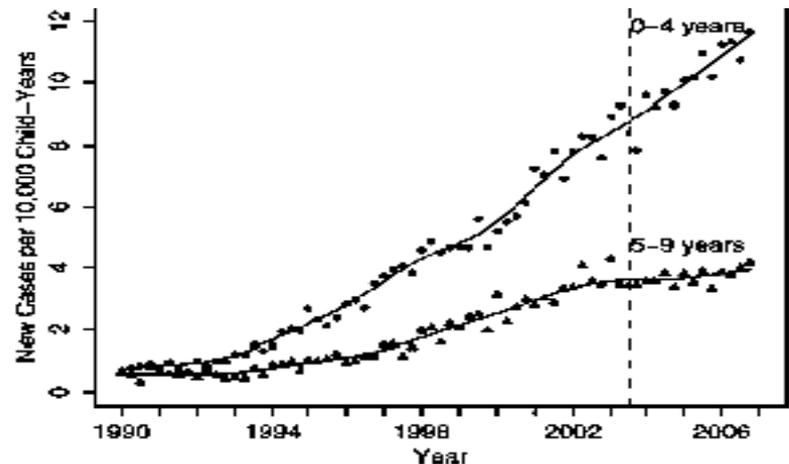
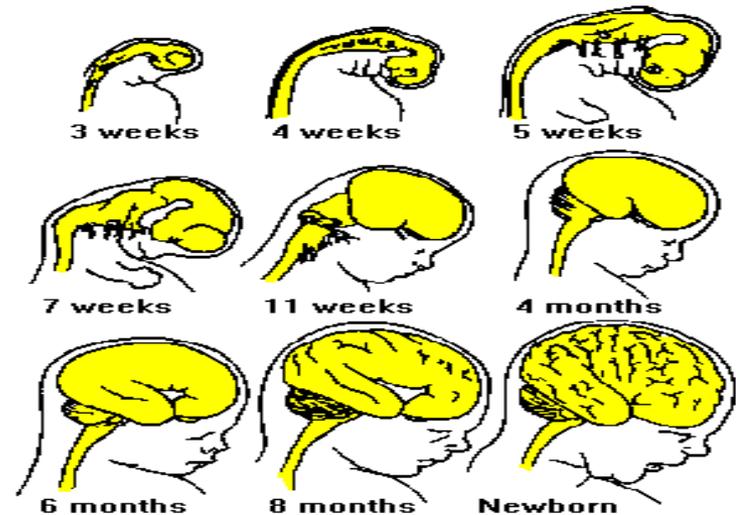
- Selbst bei unseren nächsten Verwandten, den Primaten, ist der Verzehr von Insekten die Norm;

Lemuren, Aye-Ayes (Fingertiere), Loris, Marmosetten (Krallenäffchen) und einige Menschenaffen sind in unterschiedlichem Ausmass insektenfressend.



Nikotin und Neonikotinoide

- Das Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitäts-Syndrom ist mit einem Nikotinkonsum der Mütter der Betroffenen während der Schwangerschaft assoziiert.
- Die bisher bekannten Folgen sind unter anderem ein zu niedriges Geburtsgewicht, die erhöhte Gefahr durch den plötzlichen Kindstod (SID), sowie Hyperaktivität und Lernschwierigkeiten im Schulalter
- Rechts: Die Zunahme von Autismus in Kalifornien seit der Einfuehrung der Neonikotinoiden.



A Generation in Jeopardy

How pesticides are undermining our children's health & intelligence

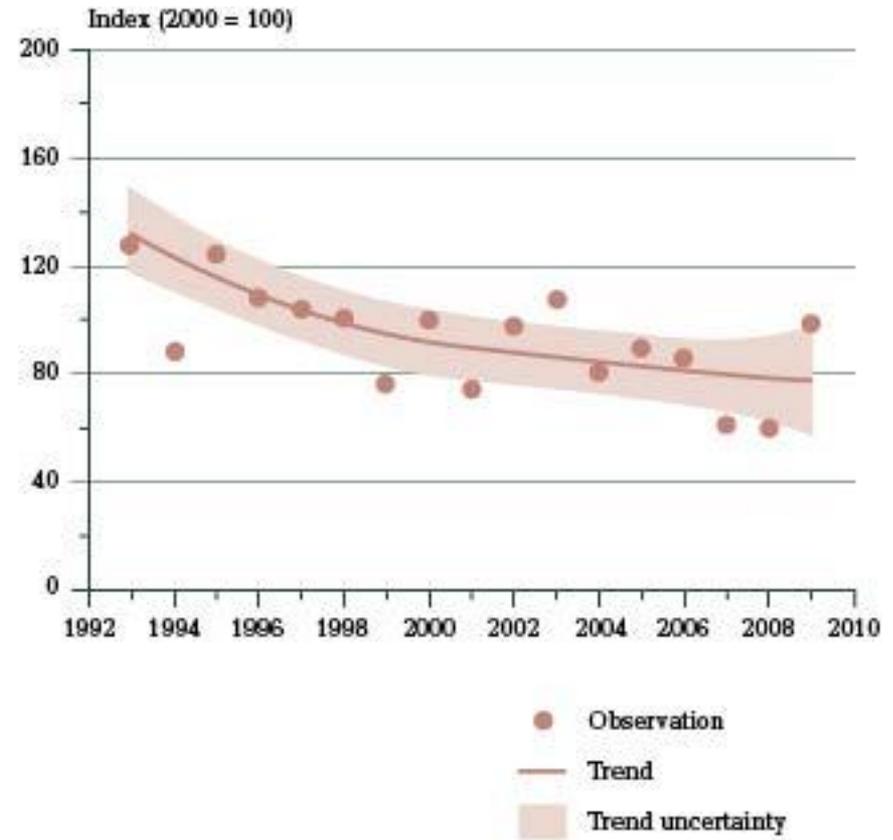
PESTICIDE ACTION NETWORK NORTH AMERICA , OCTOBER 2012



Geringe Konzentrationen von Neonikotinoiden in der Umwelt bedrohen Insekten und beeinträchtigen Nahrungsketten

- Neonikotinoide blockieren die postsynaptischen nikotinischen Acetylcholinerezeptoren im zentralen Nervensystem der Insekten nahezu unumkehrbar
- Es kommt bei fortdauernder Einwirkung zu einer Summierung, so dass auch kleinste Giftwirkungen sich zu einer realen Gefahr entwickeln.
- Mit jeder neuen Belastung werden weitere Rezeptoren blockiert. Eine Toleranzdosis ist daher kaum zu ermitteln.
- Neonikotinoide sind im Boden schwer abbaubar und werden nicht an die Bodenpartikel gebunden. Die Pestizide können leicht aus dem Boden ins Grundwasser gewaschen werden.
- Niederländische Wasserbehörden stellten in Oberflächengewässern seit 2004 hohe Konzentrationen von Imidacloprid fest
- Dadurch verringert sich auch zunehmend die Anzahl wirbelloser Tiere, die vielen Vögeln als unabdingbare Nahrungsgrundlage dienen

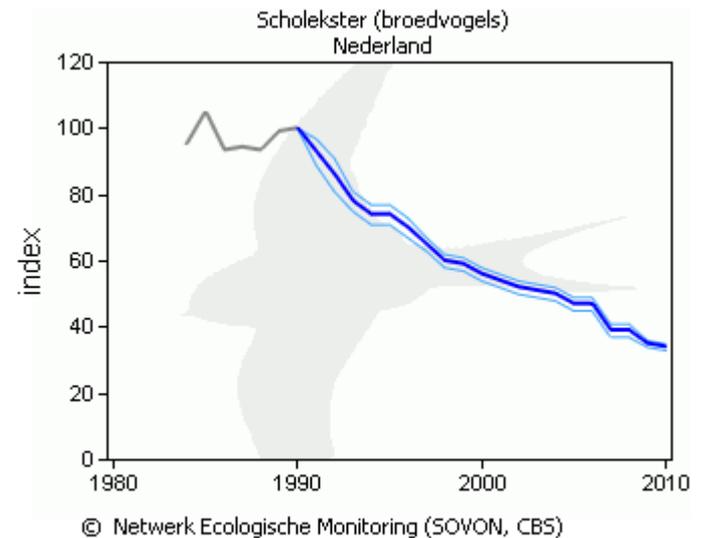
Die Anzahl der Schmetterlinge in den Niederlanden befindet sich derzeit auf dem tiefsten Stand seit Aufzeichnungsbeginn



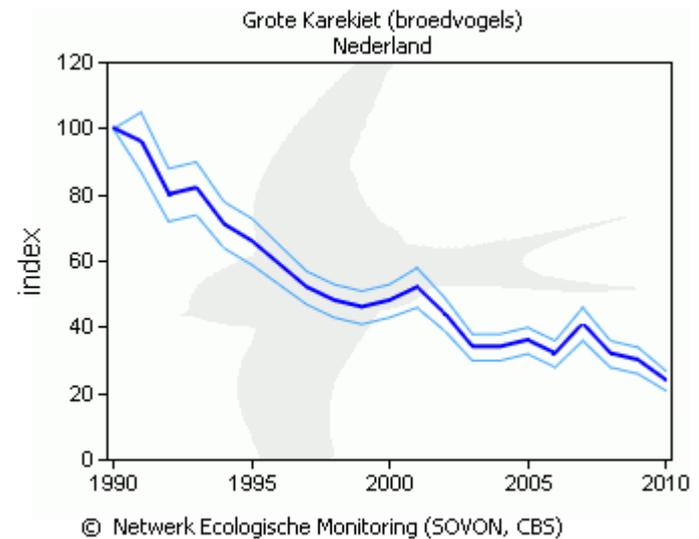
Der Rückgang von Wiesenvögeln der Niederlande Austernfischer



- Auch in Deutschland gehen die Bestände zurück

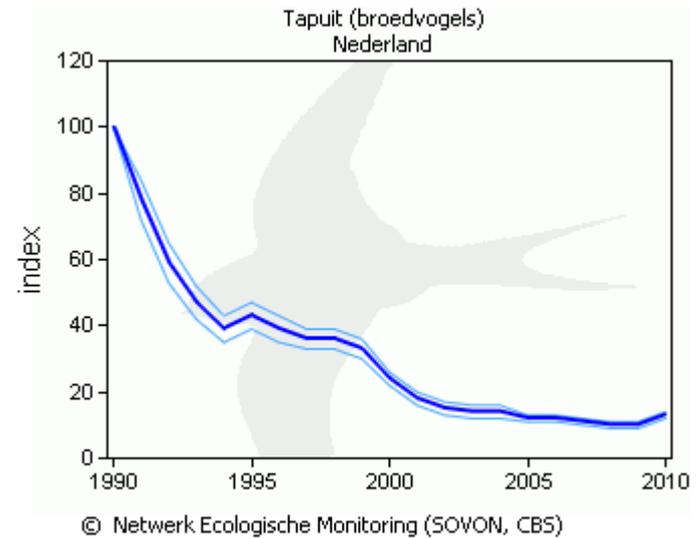


Der Rückgang von Sumpfvögeln der Niederlande Drosselrohrsänger



- **Deutschland - Kategorie V –
Vorwarnliste**

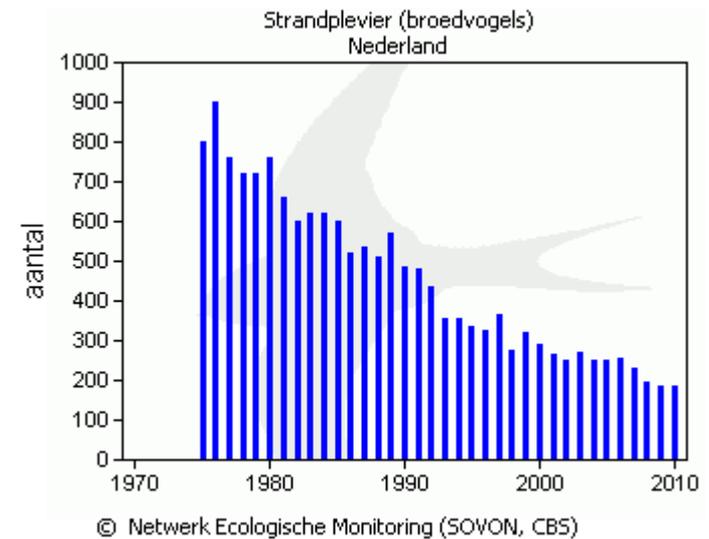
Der Rückgang von Vogelarten in den Heidelandschaften der Niederlande Steinschmätzer



- **Deutschland - Kategorie 1 - vom Aussterben bedroht**

Der Rückgang von Vogelarten an den Küsten der Niederlande

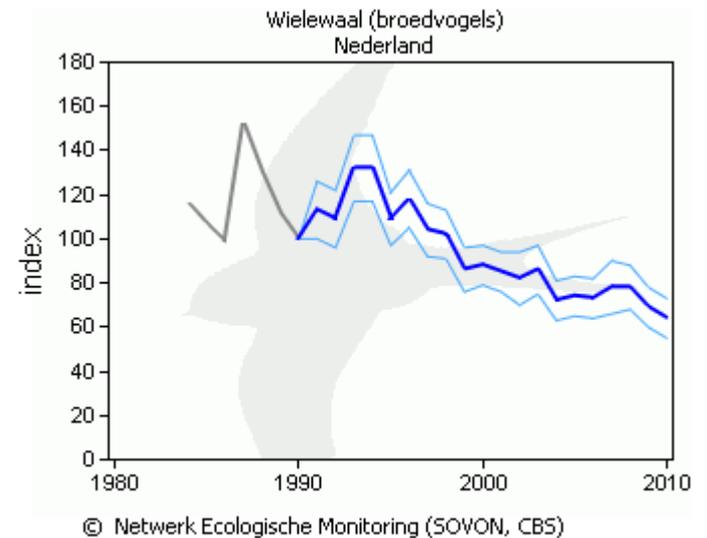
Seeregenpfeifer



- **Deutschland - Kategorie 1 - vom Aussterben bedroht**

Der Rückgang von Waldvögeln der Niederlande

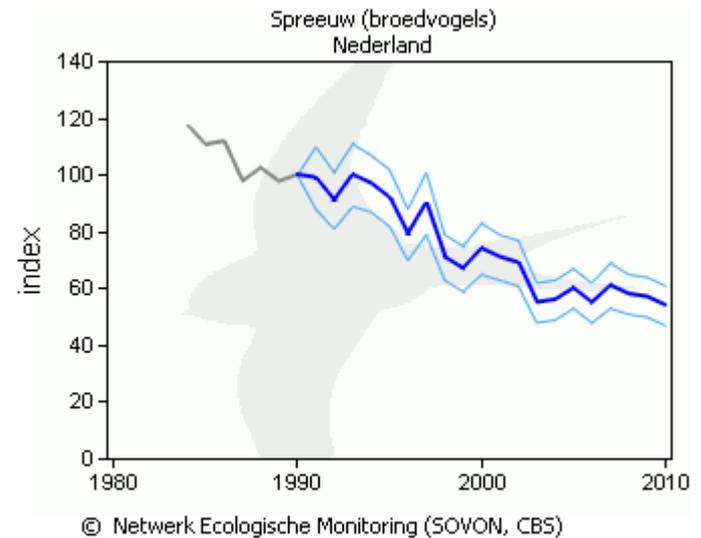
Pirol



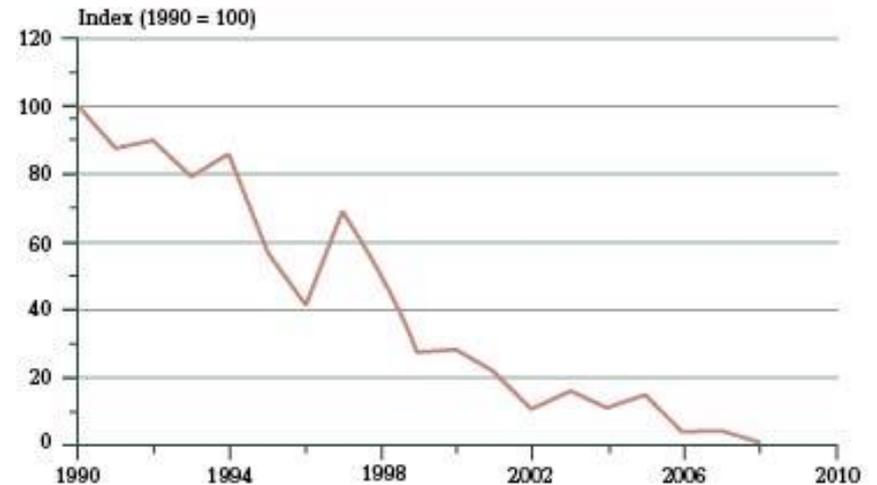
- **Deutschland - Kategorie V – Vorwarnliste**

Rückgang von Vogelarten in Wohngebieten der Niederlande

Star



Rückgang von Vogelarten der Agrarlandschaft der Niederlande Grauammer

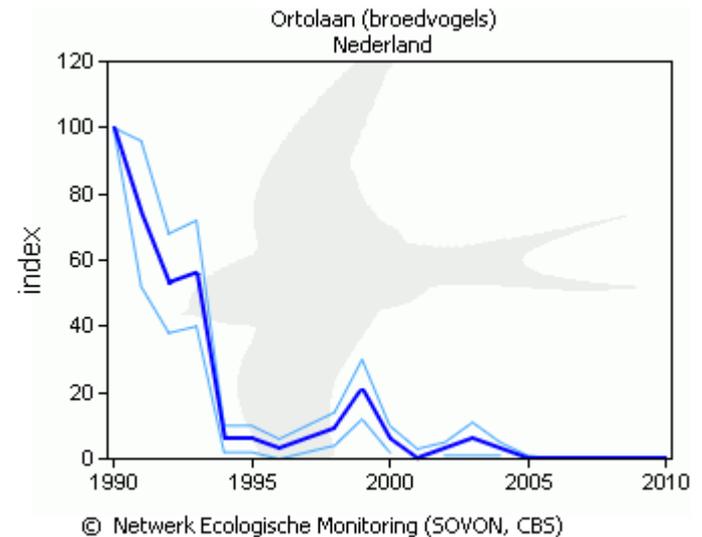


Source: NEM (SOVON, CBS)
CBS/nov09/1389
www.compendiumvoordalestofomgeving.nl

- **Deutschland - Kategorie 3 – gefährdet**

Rückgang von Vogelarten der Agrarlandschaft der Niederlande

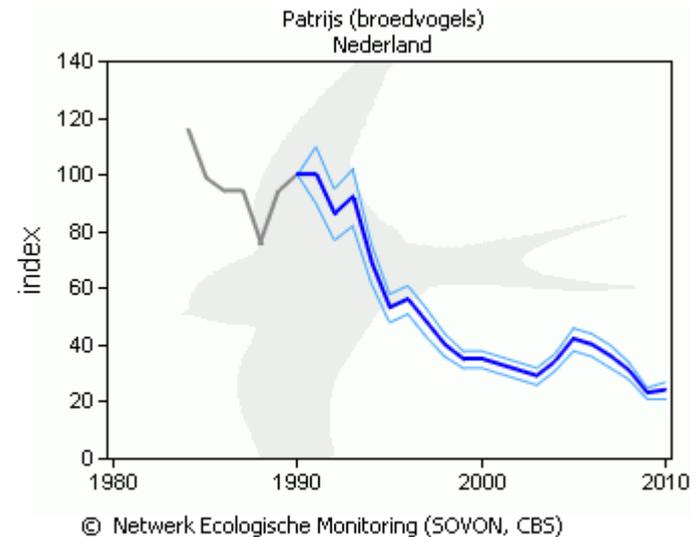
Ortolan



- **Deutschland - Kategorie 3 – gefährdet**

Rückgang von Vogelarten der Agrarlandschaft der Niederlande

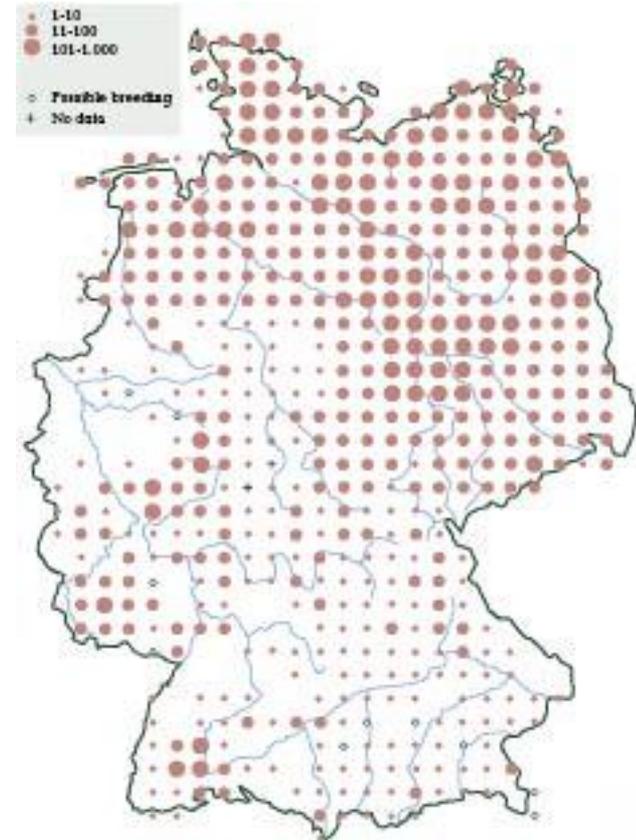
Rebhuhn



- **Deutschland - Kategorie 2 - stark gefährdet**

Verbreitung des Steinschmätzers (links) und des Braunkehlchens (rechts) während der Brutsaison 1985 in Deutschland

Rheinwald, G. (1993): Atlas der Verbreitung und Häufigkeit der Brutvögel Deutschlands – Kartierung um 1985.
Schriftenr. Dachverband Dt. Avifaunisten 12



Der Rückgang von bodenbrütenden Vögeln der Agrarlandschaft (Brutpaare) in Sachsen seit Mitte der 1990er Jahre

Ist das Artensterben in der Agrarlandschaft noch aufzuhalten? Dokumentation der Fachtagung „Biodiversität“ der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen im Sächsischen Landtag am 17. November 2008

Vogelarten	1993 - 1996	2004 – 2007
Rebhuhn	1.500 - 3.000	300 - 400
Kiebitz	900 - 1.600	500 - 800
Braunkehlchen	2.500 - 5.000	1.500 - 2.500
Steinschmätzer	600 - 1.000	350 - 600
Wiesenpieper	2.500 - 5.000	1.500 - 2.500
Haubenlerche	500 - 800	250 - 400



Bestandsentwicklung von Waldvögeln in Deutschland 1989 - 2003

Flade M & Schwarz J (2004) Vogelwelt 125:177-213.



Vogelarten	West (% pro Jahr)	Ost (% pro Jahr)
Waldlaubsänger	- 8,2	- 3,4
Weidenmeise	- 1,5	- 3,3
Trauerschnäpper	- 2,5	- 4,7
Grauschnäpper	- 0,7	- 3,0
Fitis	- 3,7	- 1,7
Sumpfmehle	- 0,6	- 2,3
Grauspecht	- 6,5	- 9,2
Wendehals	- 4,3	- 5,1
Pirol	- 2,1	- 4,3
Baumpieper	- 3,5	- 4,5
Habicht	- 7,7	- 4,8

Der Rückgang von Vogelarten in Wohngebieten Deutschlands 1989-1998

Schwarz J & Flade M (2000) Vogelwelt 121: 87-106

Vogelarten	Veränderung pro Jahr (%)
Haussperling	- 13,1
Mauersegler	- 6,2 (ost)
Mehlschwalbe	- 3,6 (west)
Rauchschwalbe	- 1,5 (ost)
Star	- 0,4



Zusammenfassung

- Es vollzieht sich ein Vogelsterben in einer bisher nie gekannten Dimension. Dieses Artensterben betrifft die verschiedensten Lebensräume
- In den Niederlanden sind in den letzten Jahren die Bestände unzähliger Vogelarten, die sich von Wirbellosen ernähren, in großem Umfang zurückgegangen
- Die dargelegten Belastungen unseres Grund- und Oberflächenwassers mit langlebigen, schwer abbaubaren Insektiziden, die unumkehrbare und sich summierende Schäden an wasser- und landlebenden Nicht-Ziel-Insekten hervorrufen, führt unausweichlich zu riesigen Umweltschäden, denen unbedingt und umgehend Einhalt geboten werden muss



Immunsuppression und Neonikotinoide: Ursache fuer den dramatischen Rückgang der Frösche und Kröten ?

- Neue Forschungen zeigen: Ein Pilz aus Afrika hat eine verheerende Wirkung.
- Salamander wurden in riesigen Mengen dahingerafft. Einzelne Arten sind ausgestorben, andere bis auf wenige Restbestände dezimiert.
- In Spanien traf es etwa die Erdkröte, den Feuersalamander und die Geburtshelferkröte – Amphibienarten, die auch in der Schweiz heimisch sind.
- Die Amphibienspezialisten sind alarmiert. Ein Massensterben dieses Ausmasses war bisher nicht bekannt.
- Der Pilz – mit wissenschaftlichem Namen *Batrachochytrium dendrobatidis*, kurz Chytridpilz – wurde unterdessen auch in jedem zweiten Weiher in der Schweiz nachgewiesen.



Immunsuppression und Neonicotinoide

- Das aus Afrika stammende Usutu-Virus hat in Südwestdeutschland ein Massensterben bei Amseln ausgelöst



Deutsche Ausgabe

Vorwort von Prof. Hubert Weiger, Vorsitzender des BUND

Deutsche Bearbeitung: Sven Buchholz Tomas Brückmann Patricia Cameron



Das Ende der Artenvielfalt: **Neuartige Pestizide töten Insekten und Vögel**

Autor: Dr. Henk Tennekes | Illustrationen: Ami-Bernard Zillweger

Herausgeber: Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND)