

TOXIZITÄT ALS FUNKTION DER EINWIRKUNGSDAUER

Risikoprofil der neonicotinoiden Insektizide und die Folgen

Henk Tennekes

Experimental Toxicology Services (ETS) Nederland bv



Druckrey, H., und Küpfmüller, K. (1949).
Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen
Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau.

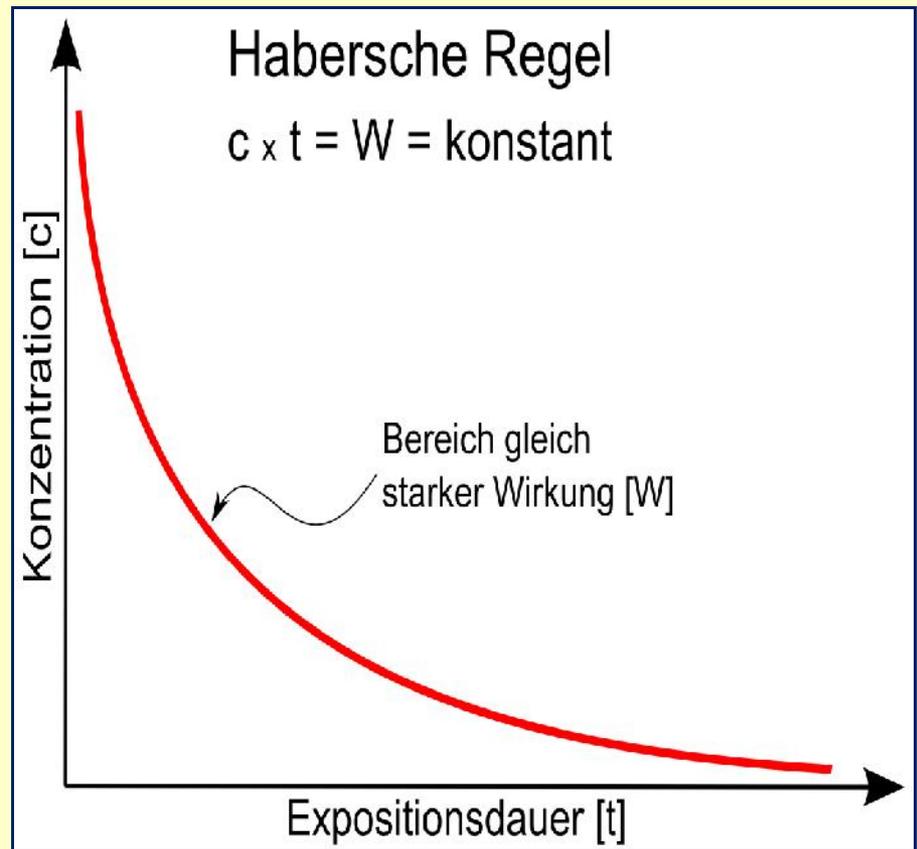
- ▶ “Auf dem schwierigen Gebiet der quantitativen Beziehungen zwischen Dosis und Wirkung hat das vorhandene Material an experimentellen Beobachtungen einen solchen Umfang erreicht, dass die Gefahr besteht, die Übersicht über die Fülle unzusammenhängender Daten zu verlieren.
- ▶ Deshalb erscheint es hier besonders an der Zeit, den grundlegenden Gesetzmässigkeiten nachzugehen”



Die Habersche Regel

Fritz Haber: Zur Geschichte des Gaskrieges. In fünf Vorträge aus den Jahren 1920-1923. Julius Springer, Berlin

- ▶ Die Habersche Regel besagt, dass das Produkt aus Konzentration (c) und Expositionsdauer (t) einer konstanten biologischen Wirkung entspricht
- ▶ Mit anderen Worten besagt die Habersche Regel, dass identische Produkte von Konzentration und Dauer der Verabreichung dazu führen, dass die gleiche Wirkung eintritt. Das heißt, dass bei ständiger Zufuhr einer unterschwellig toxischen Dosis die Giftigkeit mit der Zeit ansteigt
- ▶ Im Diagramm mit linear skalierten Achsen ergibt sich die hyperbelartigen Kurvenform. In doppeltlogarithmischer Darstellung dagegen eine Gerade

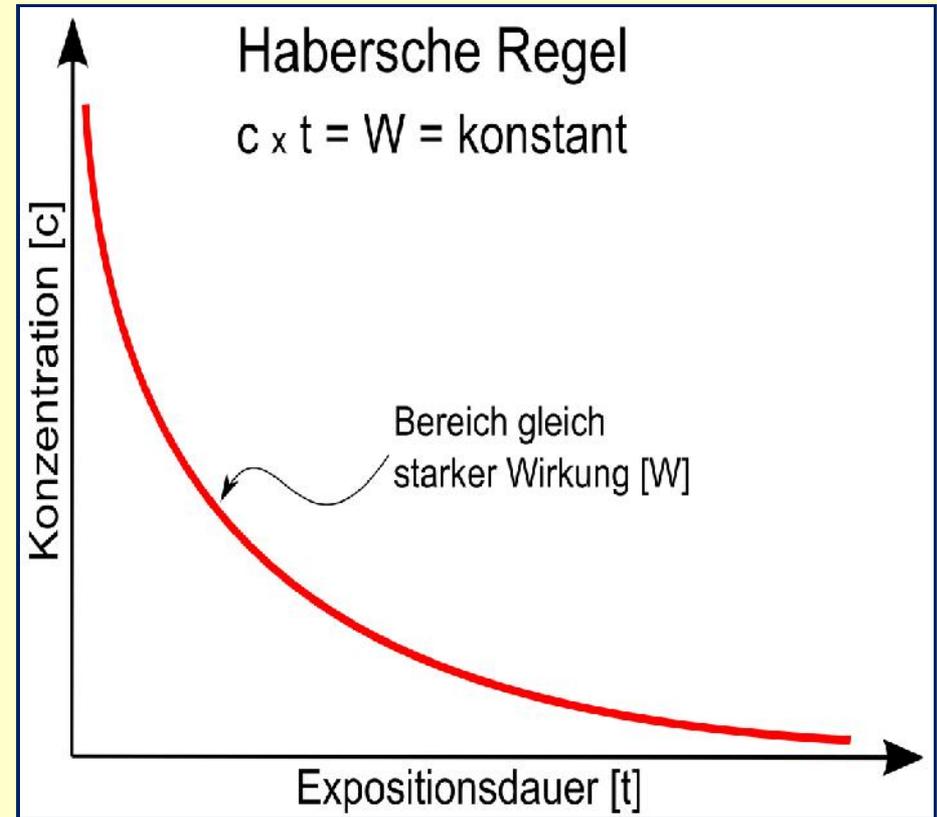


Quantitative Grundlagen der Krebserzeugung

Hermann Druckrey, Klinische Wochenschriften (1943)

▶ “Die geschwulsterzeugende Wirkung des Dimethylaminoazobenzols ist allein abhängig von der Gesamtmenge der applizierten krebserregenden Substanz und vollkommen unabhängig sowohl von der Zeit, auf welche die Behandlung mit dieser Gesamtmenge verteilt ist, als auch von der Grösse der Einzeldosen”

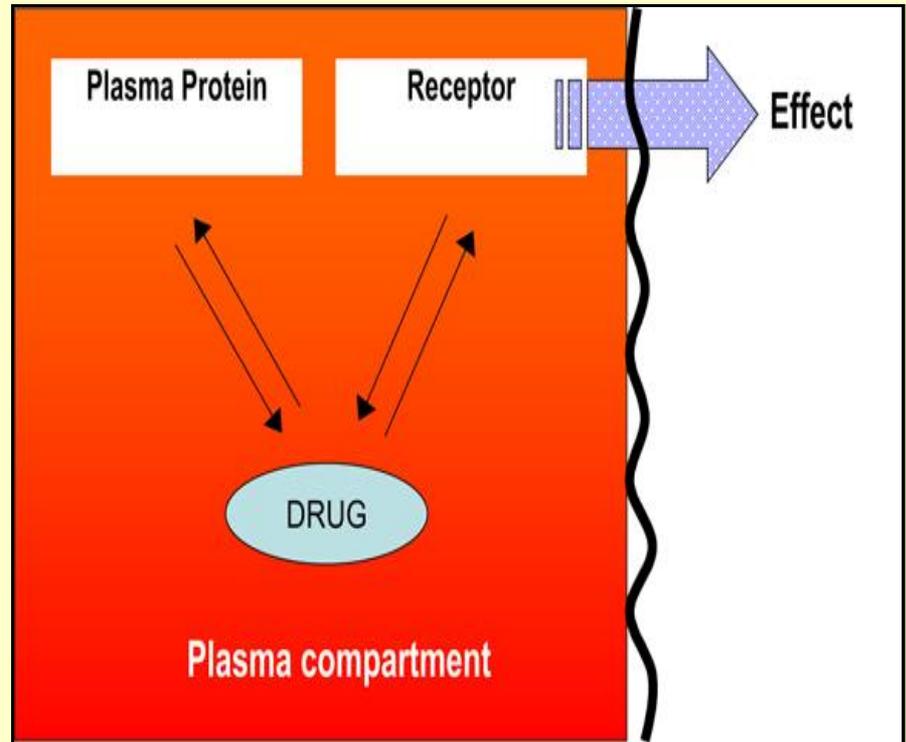
▶ “c.t-Gifte sind interessanterweise dadurch ausgezeichnet, dass sie irreversible Bindungen mit Zellbestandteilen eingehen oder irreversible Funktions- oder Zustandsänderungen an diesen erzeugen”



Druckrey, H., und Küpfmüller, K. (1949).
Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen
Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau.

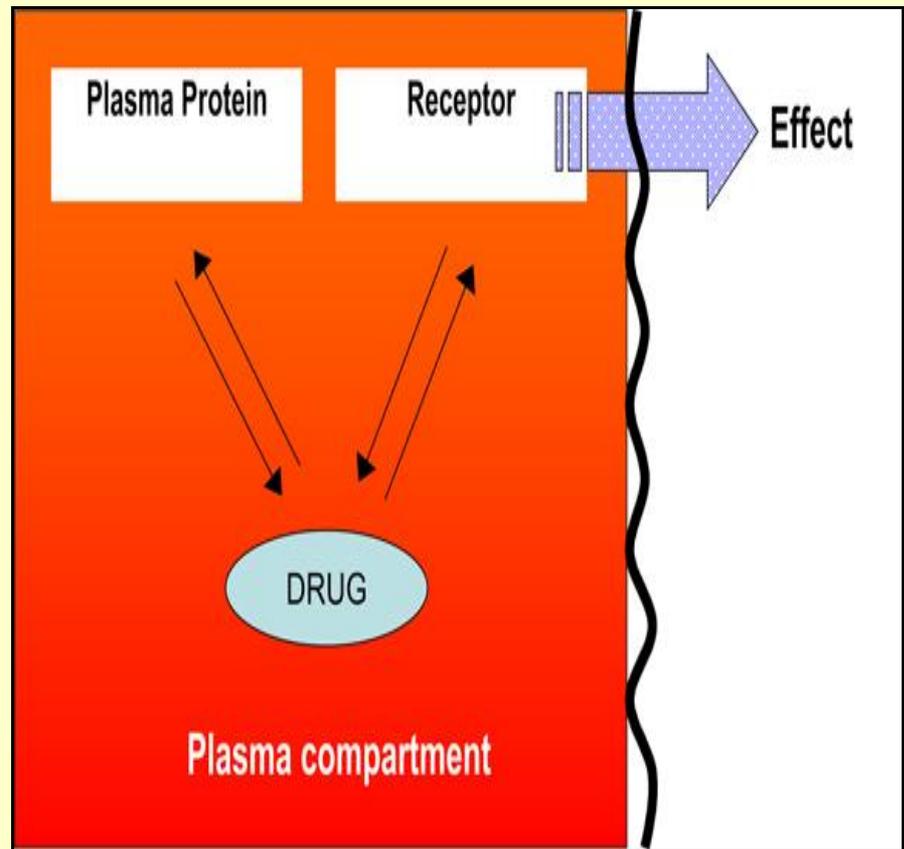
- ▶ “Die auf die Vorstellung Ehrlichs zurückgehende Auffassung, welche die pharmakologische Wirkung auf eine chemische (oder physikalische) Reaktion des Giftes mit spezifischen Rezeptoren bezieht, hat sich als höchst fruchtbar erwiesen. Sie ermöglicht die Anwendung der reaktionskinetischen Ansätze in der Biologie”

Bei der Darstellung erschien es unerlässlich, die komplexen Beziehungen zwischen Dosis und Wirkung in die grundlegenden Einzelvorgänge aufzulösen”



Druckrey, H., und Küpfmüller, K. (1949).
Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen
Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau.

- ▶ “Der erste ist stets der Vorgang der Resorption. Aus ihm folgen die Beziehungen zwischen der Dosis und die Höhe der Giftkonzentration am Wirkungsort sowie dem zeitlichen Verlauf, den diese in den verschiedenen Teilen des Körpers nimmt.
- ▶ Der zweite Vorgang umfasst die chemische Reaktion des Giftes mit funktionswichtigen Bestandteilen der Zellen, also die Beziehung zwischen der Konzentration des Pharmakons am Wirkungsort und der durch sie bewirkten Rezeptoren-Besetzung.
- ▶ Von ihr hängt dann schliesslich drittens die eigentliche biologische Wirkung ab”



Quantitative Analyse der Krebsentstehung

H. Druckrey und K. Küpfmüller, Z. Naturforschg. (1948)

- ▶ Reaktionskinetische Ansatz für den Fall der bimolekularen Reaktion von 4-DAB mit spezifischen Rezeptoren

$$dCR / dt = K (R - CR) C - CR / TR \quad (1)$$

$$dCR / dt = K (R - CR) C \quad (2)$$

$$dCR / dt = K R C \quad (3)$$

$$CR = K R C t \quad (4)$$

- ▶ R: Anfangskonzentration der spezifischen Rezeptoren, mit dem 4-DAB reagiert

CR: Konzentration der bereits veränderten Rezeptoren, $CR \ll R$

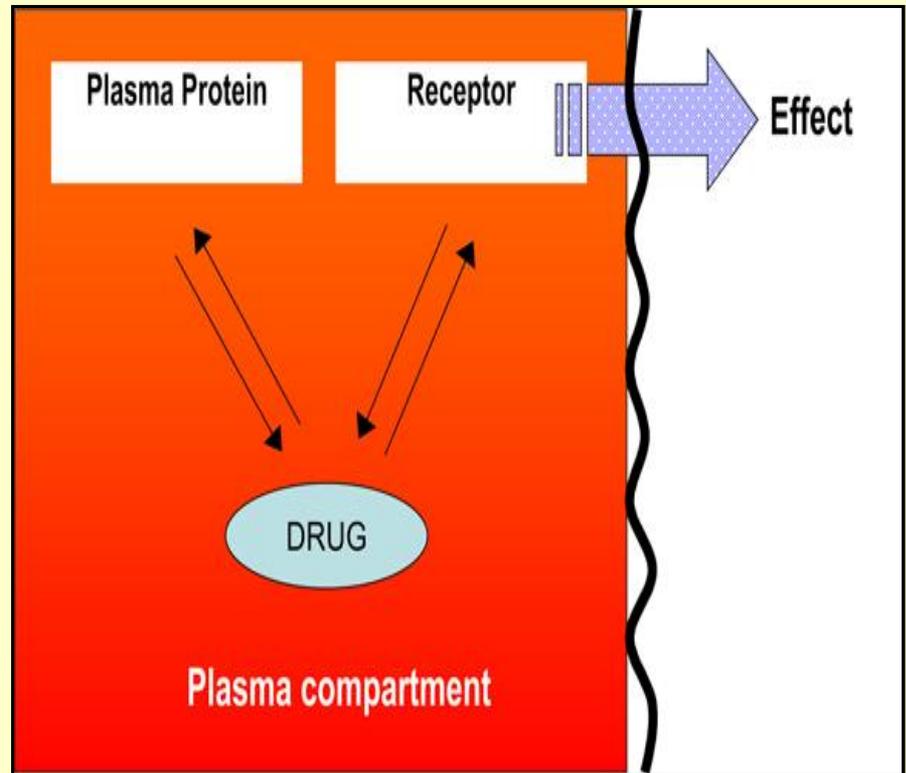
C : mittlere Konzentration des 4-DAB, die durch die täglichen Dosen 4-DAB im Tier erzeugt wird, die als konstant gelten kann

K : Reaktionskonstante der Kombination

TR : Zeitkonstante der rückläufigen Reaktion = ∞

Druckrey, H., und Küpfmüller, K. (1949).
Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen
Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau.

- ▶ " Bei diesen Überlegungen ist die vereinfachende Annahme gemacht worden, dass zwischen der Wirkung und der relativen Rezeptoren-Besetzung stets eine einfache Proportionalität besteht und die Besetzung der Rezeptoren bereits die Wirkung angibt. Das braucht nun nicht der Fall zu sein.
- ▶ Vor allem ist,..., die Beziehung zwischen Giftkonzentration und der Wirkung keine unmittelbare; vielmehr liegen wenigstens zwei Stufen vor.
- ▶ Die erste ist die durch das Gift herbeigeführte Rezeptoren-Besetzung, die zweite die dieser folgende Wirkung.
- ▶ Daher kann die Reversibilität der Wirkung dieselbe Bedeutung für den Wirkungscharakter des Giftes haben wie die Reversibilität der Rezeptoren-Besetzung."



Druckrey, H., und Küpfmüller, K. (1949).
 Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen
 Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau.

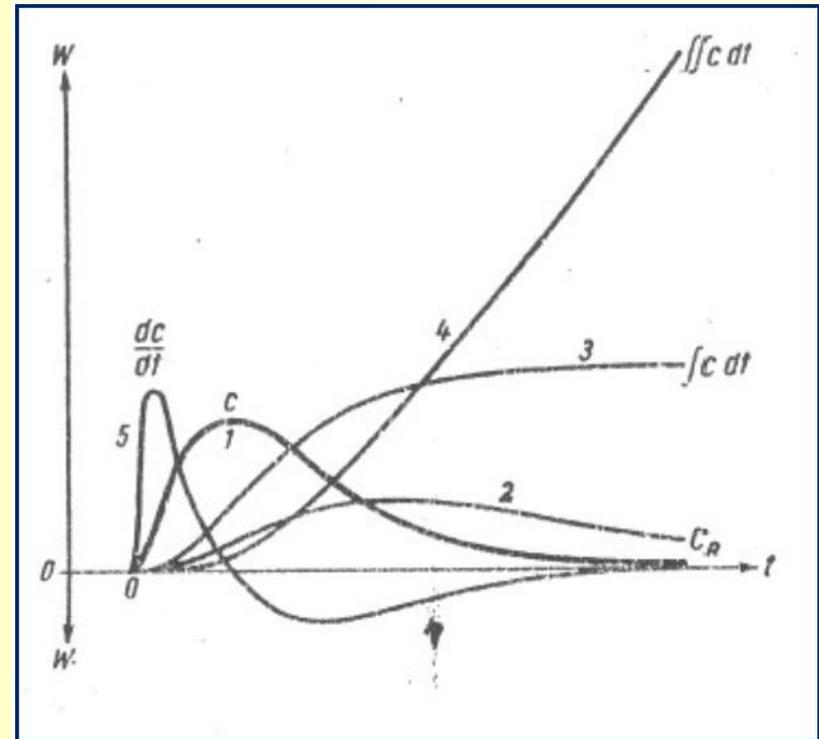
Zeitkonstante der Reversibilität der Rezeptoren-Besetzung	Abhängigkeit der Rezeptoren-Besetzung von der Giftkonzentration	Zeitkonstante der Reversibilität der Wirkung	Abhängigkeit der Wirkung von der Rezeptoren-Besetzung	Abhängigkeit der Wirkung von der Giftkonzentration	Gifftyp
$T_R \rightarrow 0$	$C_R \sim c$	$T_r \rightarrow 0$	$W \sim C_R$	$W \sim c$	„Konzentrationsgift“
		$T_r \rightarrow \infty$	$W \sim \int C_R dt$	$W \sim \int c dt$	„c t-Gift“
$T_R \rightarrow \infty$	$C_R \sim \int c dt$	$T_r \rightarrow 0$	$W \sim C_R$	$W \sim \int c dt$	„c t-Gift“
		$T_r \rightarrow \infty$	$W \sim \int C_R dt$	$W \sim \int \int c dt$	„Verstärkerwirkung“

Tabelle 2. Die theoretisch möglichen Beziehungen zwischen der Giftkonzentration c und der Wirkung W in Abhängigkeit von der Größe der Zeitkonstanten T_R für die Reversibilität der Rezeptoren-Besetzung durch das Gift und der Größe der Zeitkonstanten T_r für die Reversibilität der Wirkung.

c = Giftkonzentration, C_R = Konzentration der besetzten Rezeptoren.

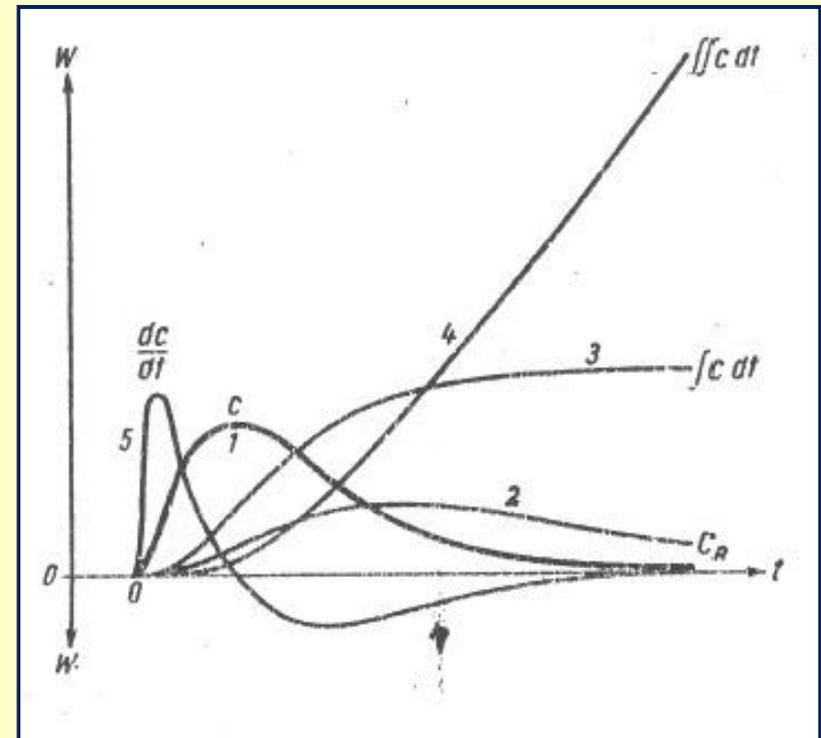
Druckrey, H., und Küpfmüller, K. (1949).
Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen
Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau.

- ▶ “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



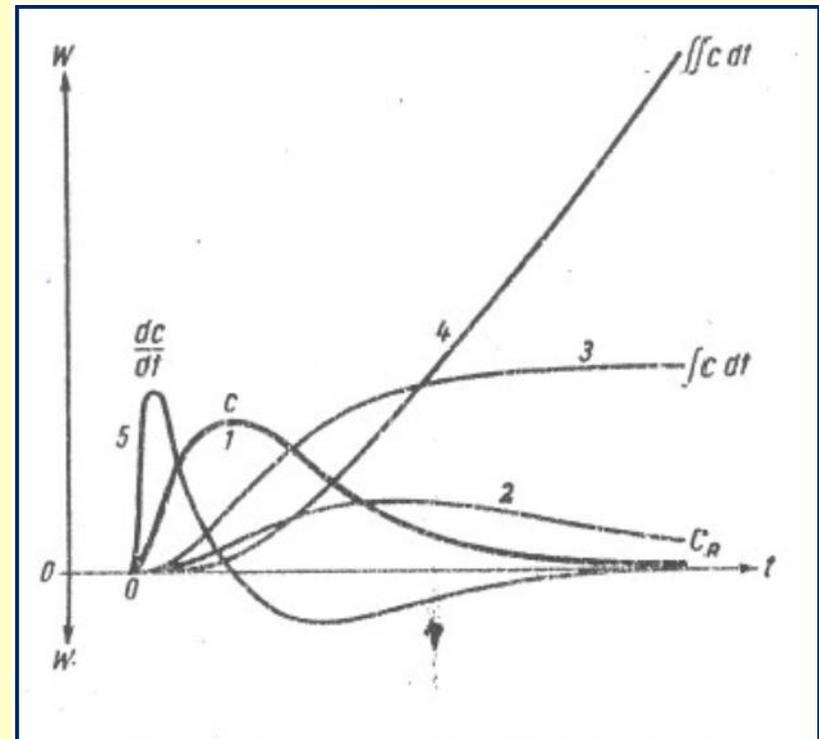
Druckrey, H., und Küpfmüller, K. (1949).
Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen
Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau.

- ▶ “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.
- ▶ Dies sind die sog. “c t – Gifte”. Ihre Wirkung ist irreversibel und tritt erst nach einer gewissen Latenzzeit ein”



Druckrey, H., und Küpfmüller, K. (1949).
Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen
Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau.

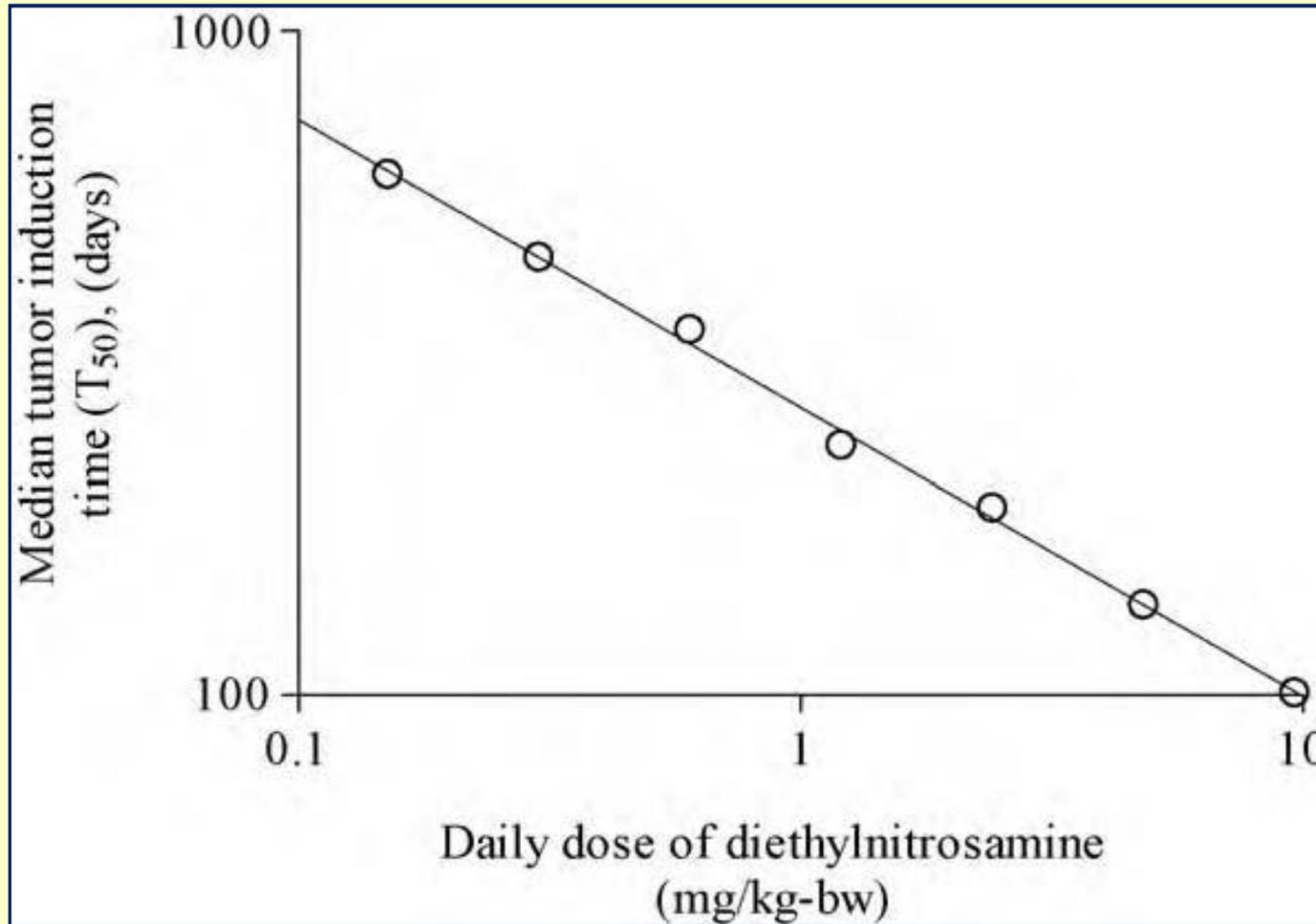
- ▶ "Wenn sowohl die Rezeptoren-Besetzung als auch die durch sie ausgelöste Wirkung irreversibel und irreparabel sind, so kommt es mit der Zeit zu einer enormen Wirkungsverstärkung. Die Wirkung entspricht dem doppelten Integral aus der Giftkonzentration über die Zeit.
- ▶ Bei derartigen Giften kann also 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."



Erzeugung von Leberkrebs bei Ratten mit Diäthylnitrosamin

In doppeltlogarithmischer Darstellung ergibt sich eine Gerade

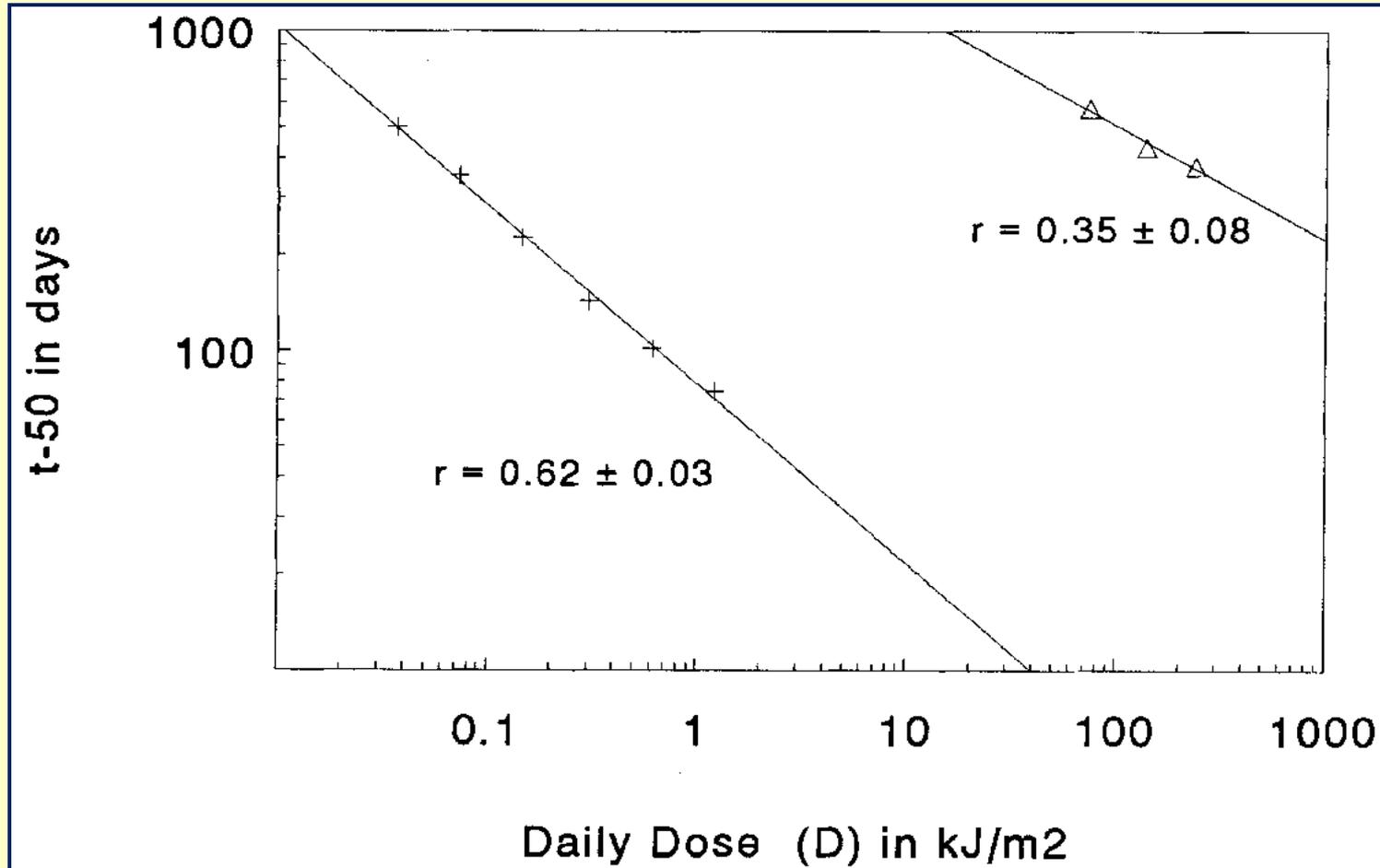
Druckrey, H., Schildbach, A., Schmaehl, D., Preussmann, R., Ivankovic, S., 1963. Quantitative analysis of the carcinogenic effect of diethylnitrosamine. *Arzneimittelforschung* 13, 841–851



Hauttumoren in einer Photokarzinogenität-Studie in haarlosen Mäusen

In doppeltlogarithmischer Darstellung ergibt sich eine Gerade

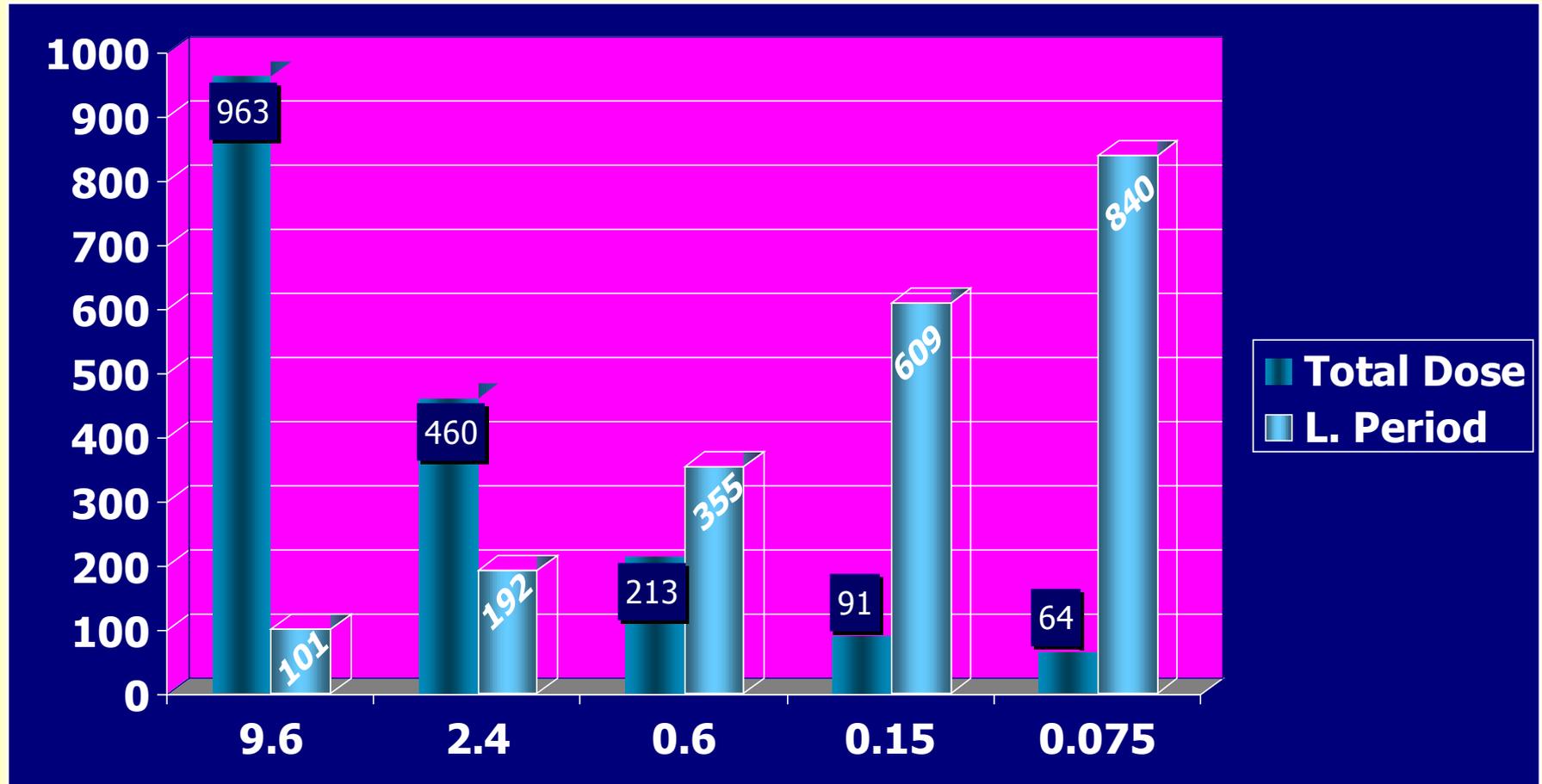
de Laat, A., van der Leun, J. C., and de Gruijl, F. R. (1997) *Carcinogenesis* 18, 1013-20



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. Quantitative analysis of the carcinogenic effect of diethylnitrosamine. *Arzneimittelforschung* 13, 841–851

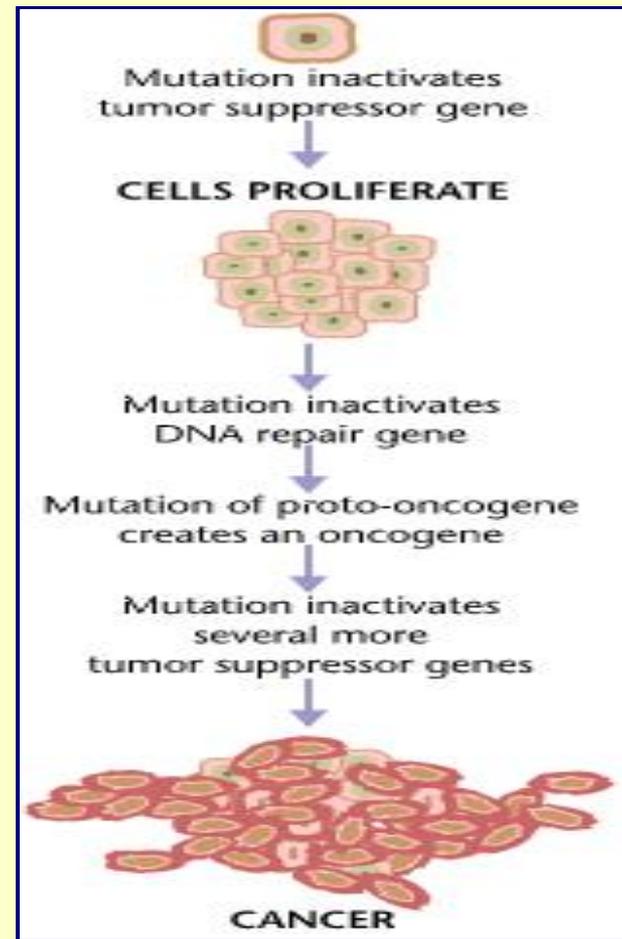


EINZELDOSIS

Wirkungsverstärkung: Rezeptoren-Besetzung und die durch sie ausgelöste Wirkung sind irreversibel und irreparabel

- ▶ “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.”
- ▶ Mutationen von Tumorsuppressor-, DNA-repair- und proto-oncogene.

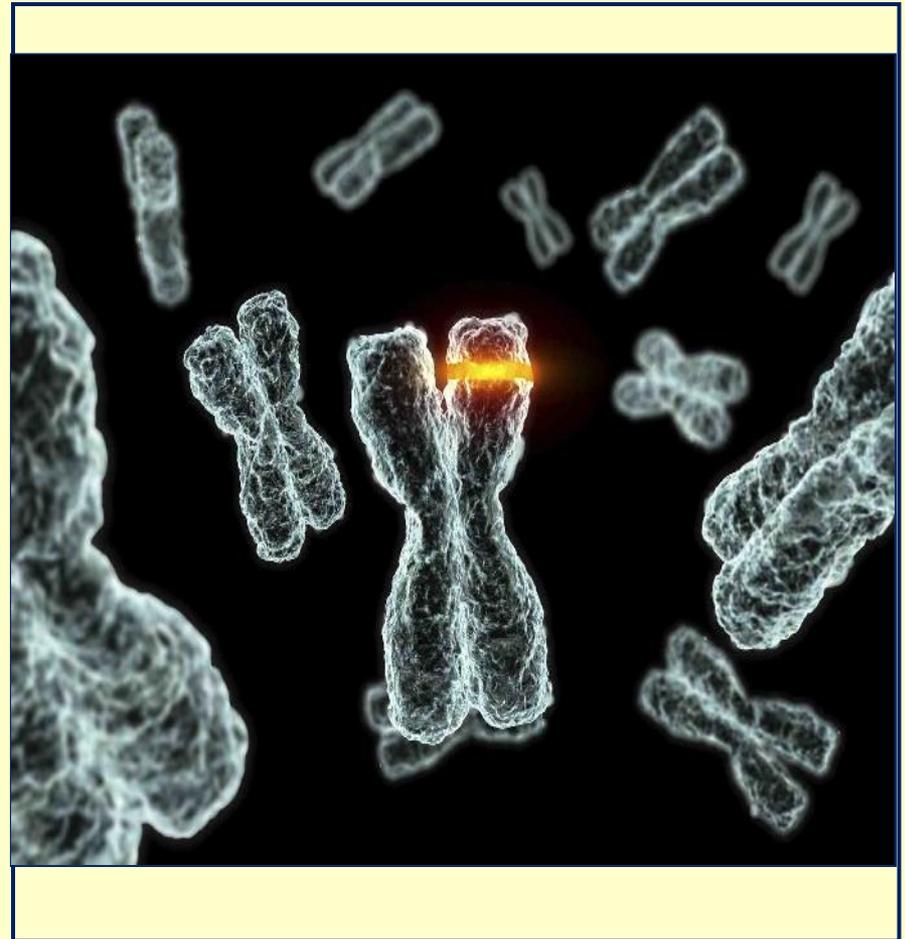
Druckrey, H., und Küpfmüller, K. (1949).
Dosis und Wirkung. Beiträge zur
theoretischen Pharmakologie, Editio
Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau



Eine Toleranzdosis ist kaum definierbar für Karzinogene

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 klassische Tumorsuppressorgen ist das für die Entstehung des Retinoblastoms verantwortliche Retinoblastom-(Rb1)Gen. Der Verlust des Genproduktes durch Inaktivierung (Mutation) beider Allele führt zur Tumorentwicklung.
- ▶ Der erste Treffer (englisch: hit) bedeutet Zerstörung des ersten Allels entweder als ererbter Faktor oder durch Mutation.
- ▶ Der zweite Treffer vollbringt die Zerstörung des zweiten Allels mit Heterozygotieverlust und Transformation zum Retinoblastom.



Toxizität der neonicotinoiden Insektizide bei Gliedertiere (Arthropoden)

Popular Species - Info, Specimens & More



Arachnids



Beetles



Butterflies

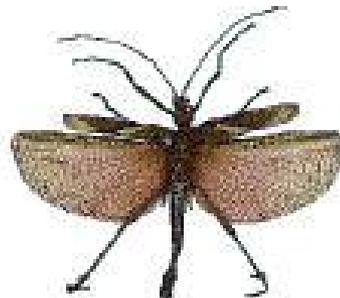


Cicada



Dragonflies

Riker Style Mount



Grasshoppers



Walking Sticks

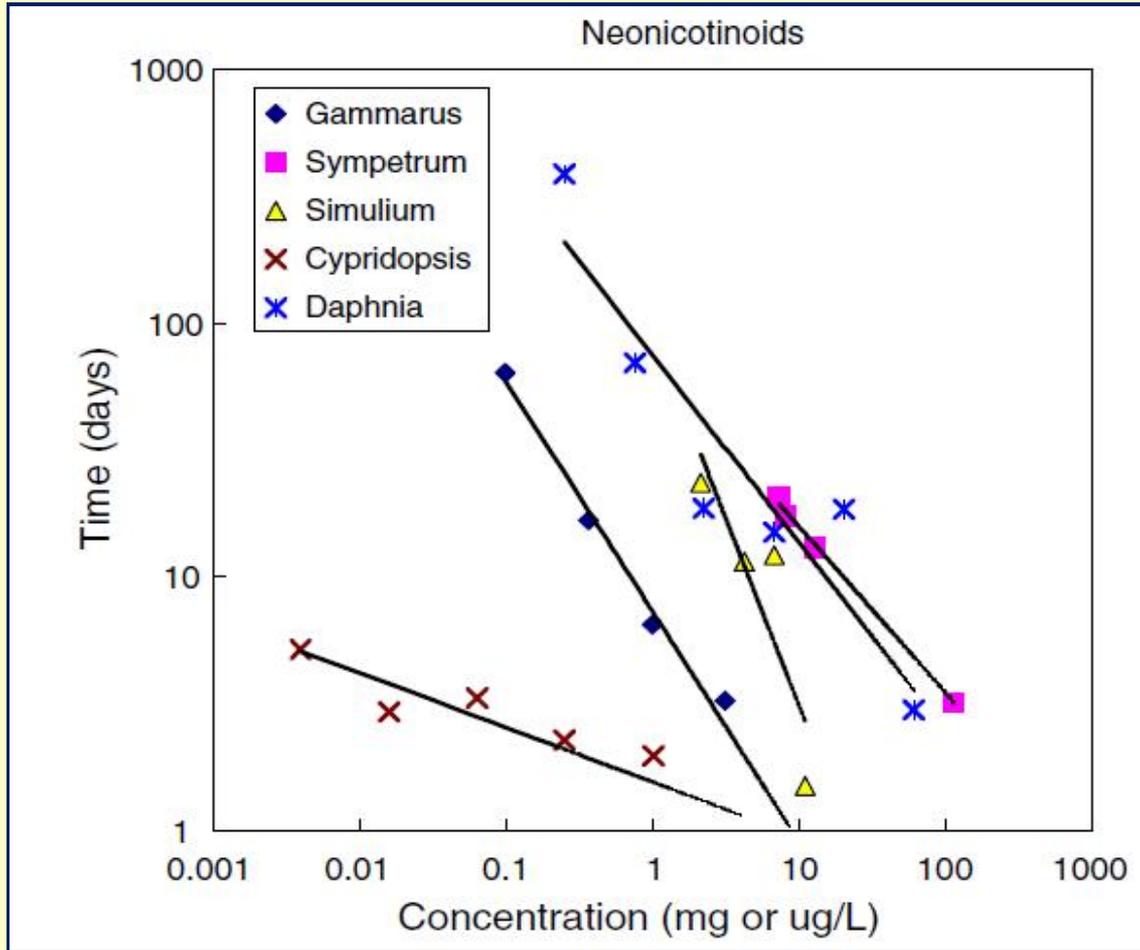


Moths

Toxizität von Imidacloprid & Thiacloprid bei Arthropoden

In doppeltlogarithmischer Darstellung ergibt sich eine Gerade

Sanchez-Bayo, F., 2009. Ecotoxicology 18, 343–354.



**Einwirkungsdauer
bis zu 50% Mortalität (Y)**

gegenüber

**Imidacloprid Konzentration
(*Cypridopsis* & *Daphnia*) (X)**

oder

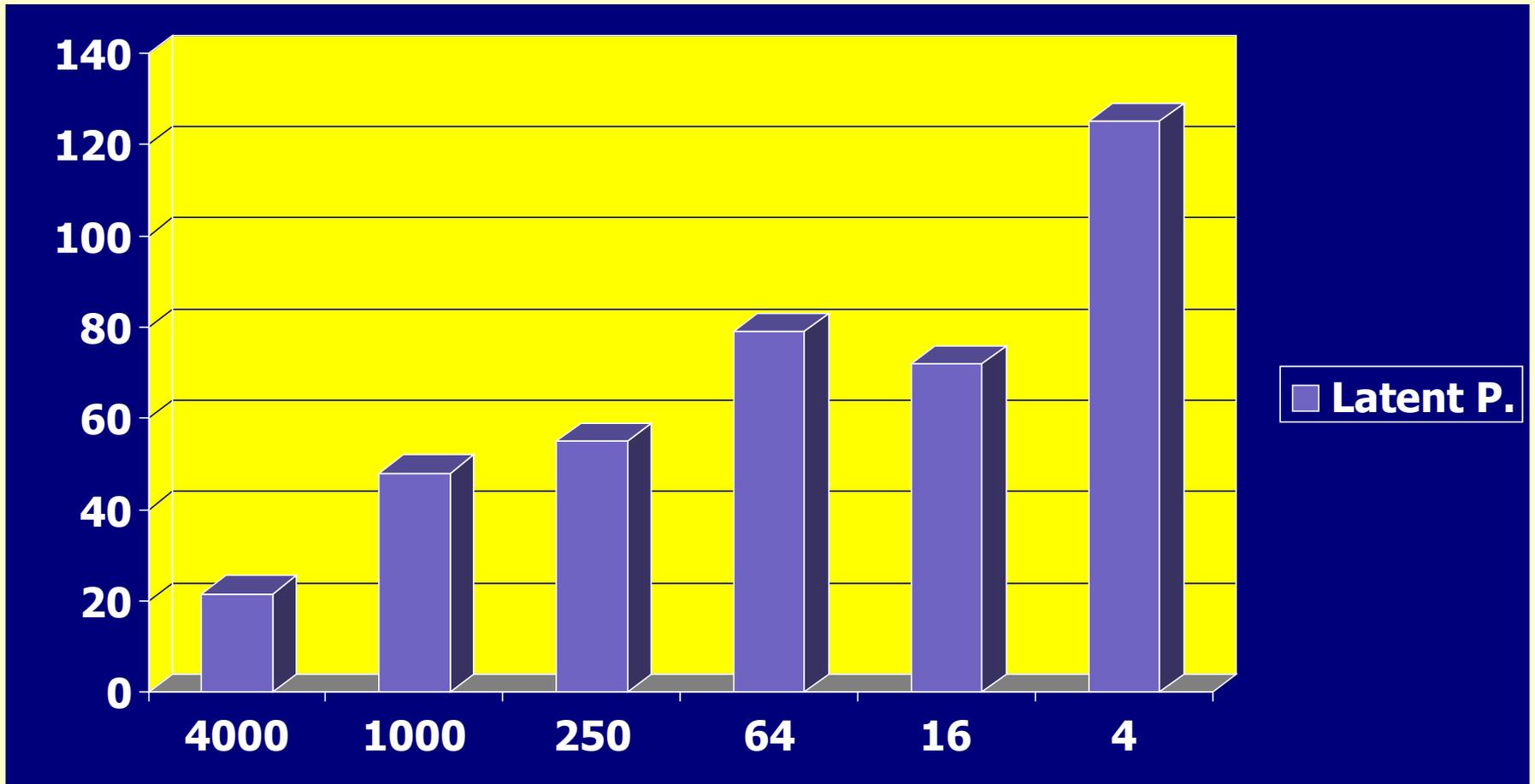
**Thiacloprid Konzentration
(andere Species).**

**Konzentrationen für
Sympetrum & Simulium : $\mu\text{g/L}$;
für andere Species in mg/L .**

Letale Wirkung des Imidacloprid bei *Cypridopsis vidua*

Latenzzeit ist umgekehrt proportional zur Konzentration

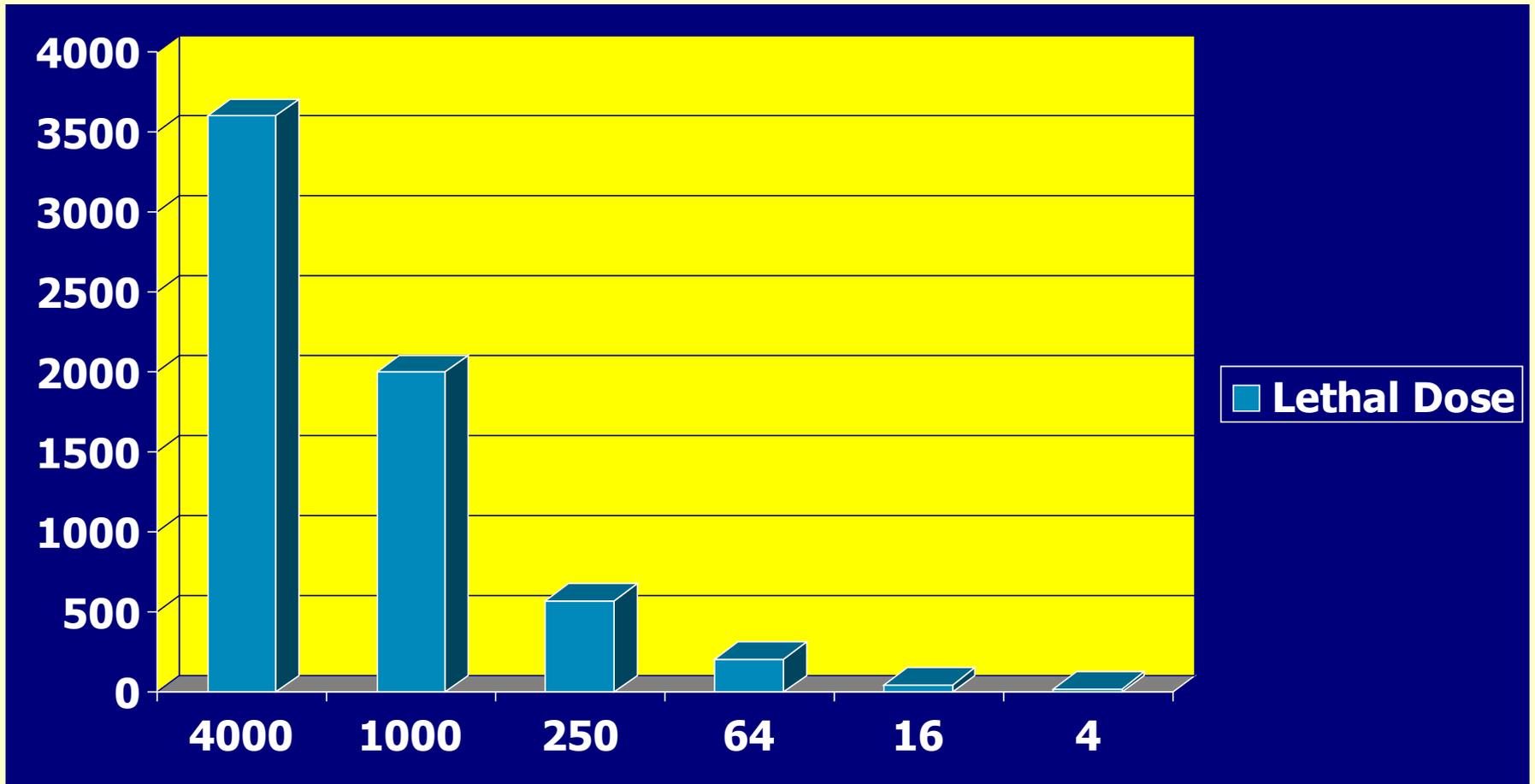
Tennekes, H.A. (2010) Toxicology 276, 1-4



Letale Wirkung von Imidacloprid bei *Cypridopsis vidua*

“Es kommt mit der Zeit zu einer enormen Wirkungsverstärkung”

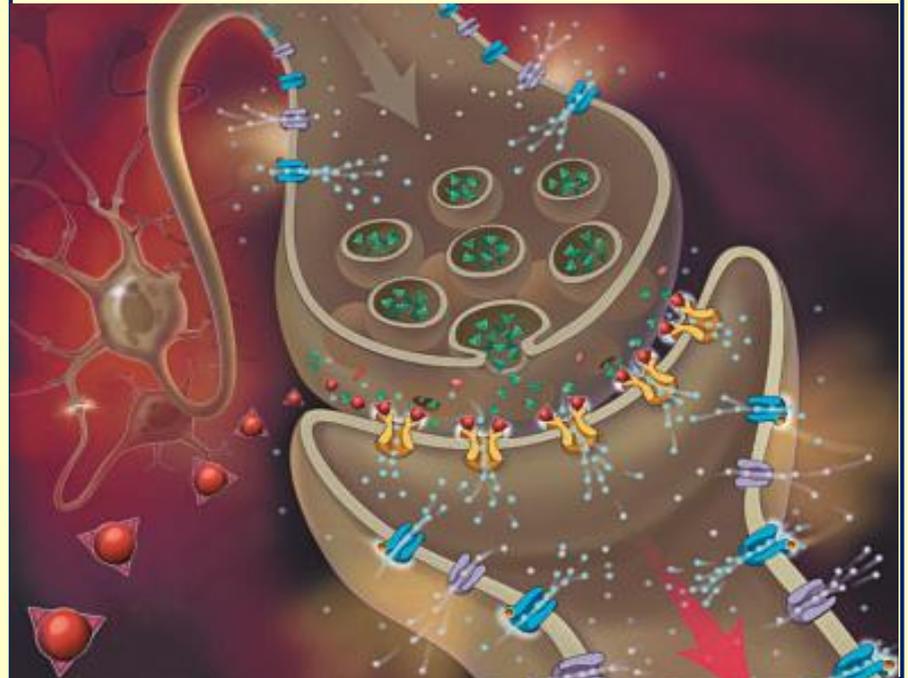
Tennekes, H.A. (2010) Toxicology 276, 1-4



Wirkungsmechanismus der neonicotinoiden Insektizide

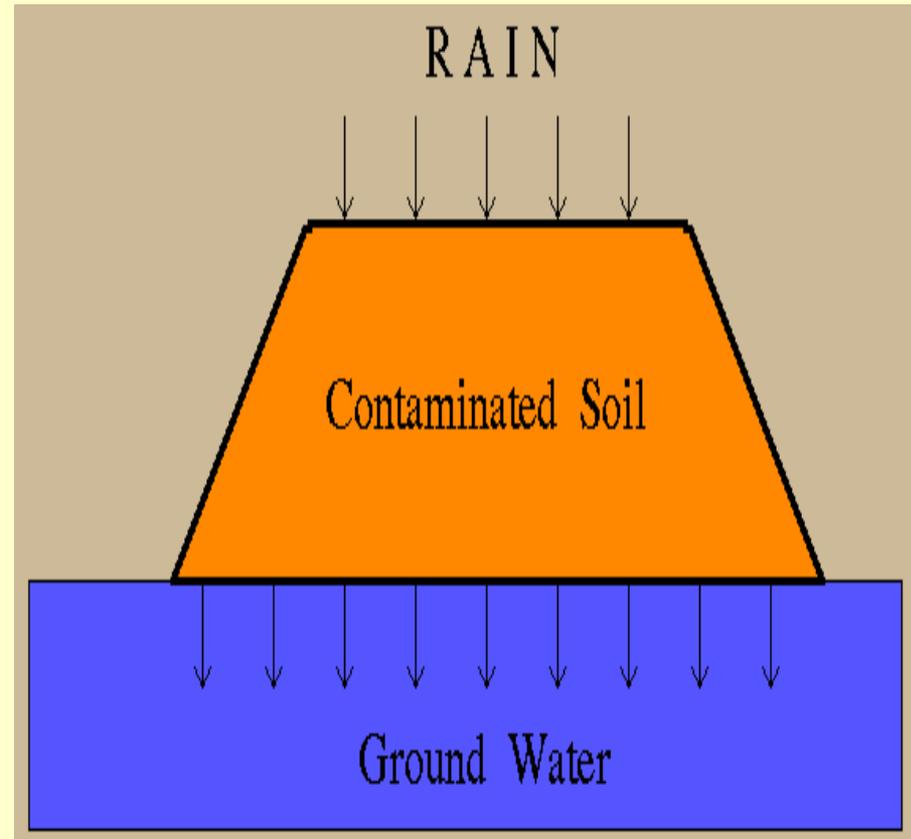
- ▶ Imidacloprid bindet fast vollständig und nahezu irreversibel an die nicotinischen Acetylcholin-Rezeptoren und blockiert diese damit.
- ▶ Imidacloprid wird nicht durch das Enzym Acetylcholinesterase abgebaut.
- ▶ Durch den ausgelösten Dauerreiz wird die chemische Signalübertragung gestört.

Nicotinische Acetylcholin Rezeptoren (nAChRs)



Auswaschung, Persistenz und Mobilität von Imidacloprid im Boden

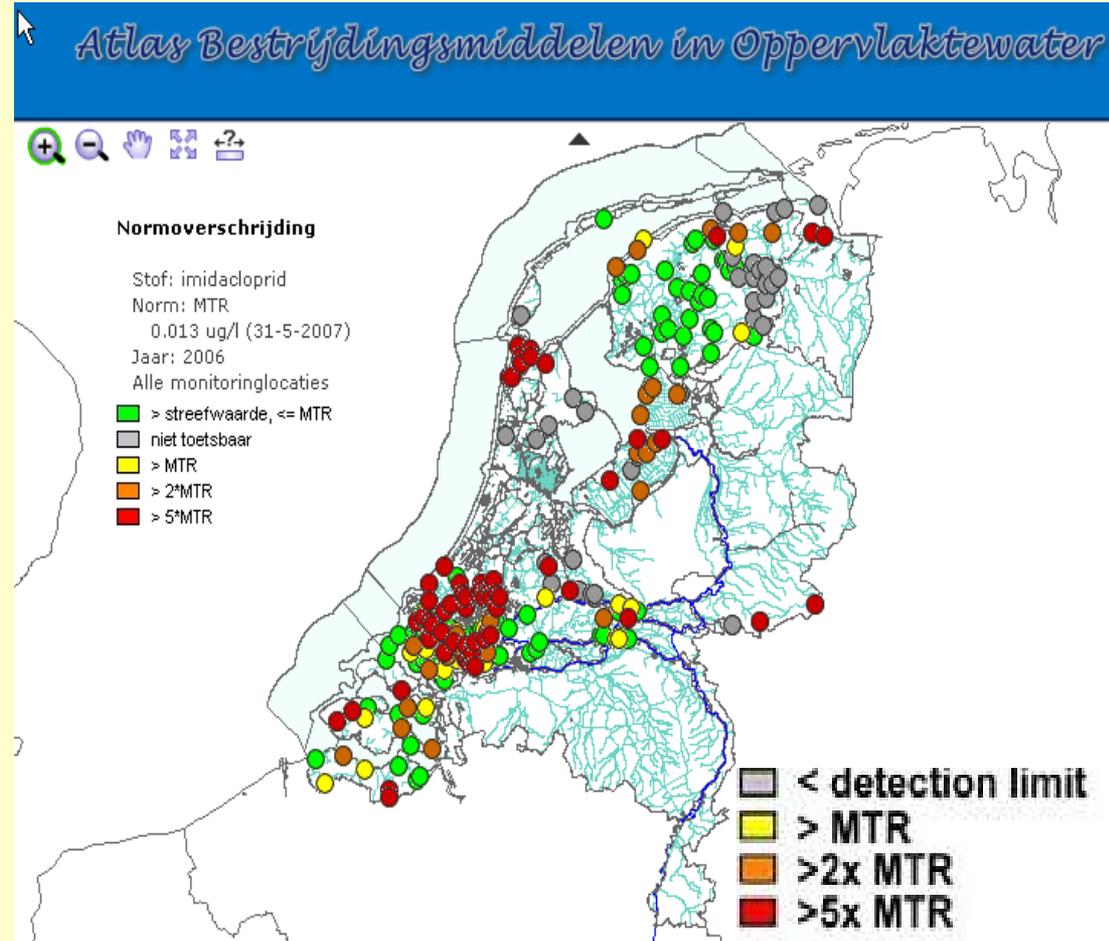
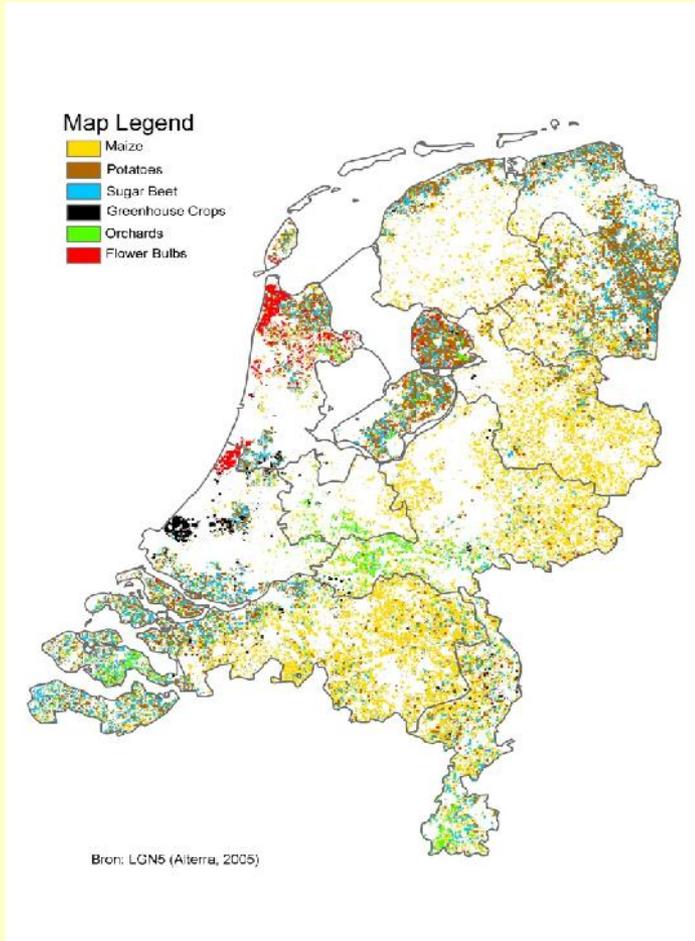
- ▶ Als Auswaschung bezeichnet man in der Bodenkunde einen Prozess, bei dem Stoffe im Boden in Lösung gehen und diese Lösung durch versickerndes Wasser abgeführt wird.
- ▶ Imidacloprid hat eine ausgeprägte Persistenz und Mobilität im Boden und kann im gelösten Zustand ins Grundwasser verlagert werden.
- ▶ Diese Gefahr ist auf leichten, humusarmen und flachgründigen, grundwassernahen Standorten besonders groß.



Belasting van Oppervlaktengewässern mit Imidacloprid

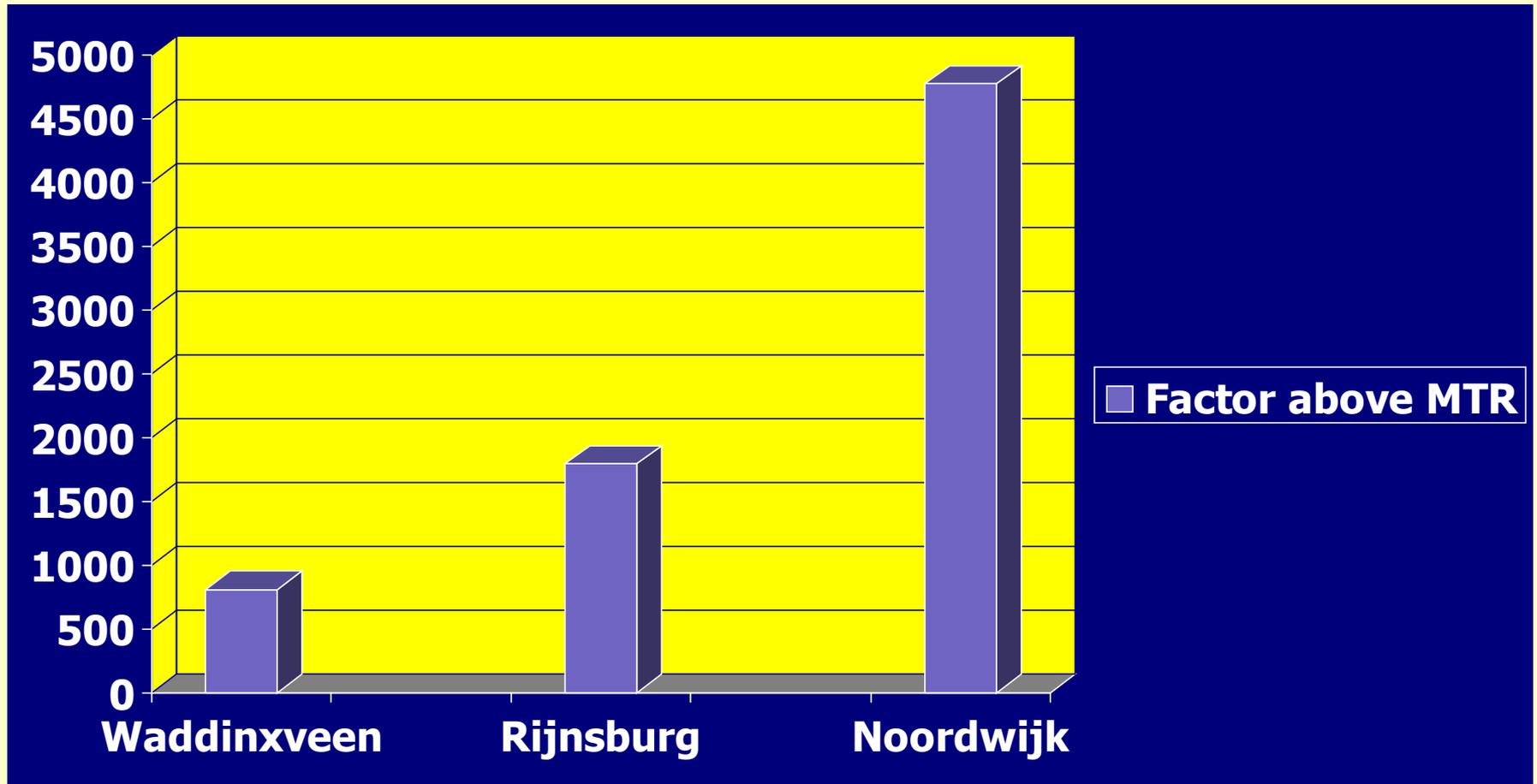
Niederlande

Dutch Water Boards, Pesticides in Surface Water



Niederlande: die Belastung von Oberflächengewässern mit Imidacloprid ist teilweise extrem und gefährdet Insekten

Dutch Water Boards, Pesticides in Surface Water



Insektizide haben negative Effekte

auf Pflanzen, Laufkäfer, bodenbrütende Ackervögel
& biolog. Schädlingsbekämpfung

F. Geiger et al. (2010) Basic and Applied Ecology 11, 97-105

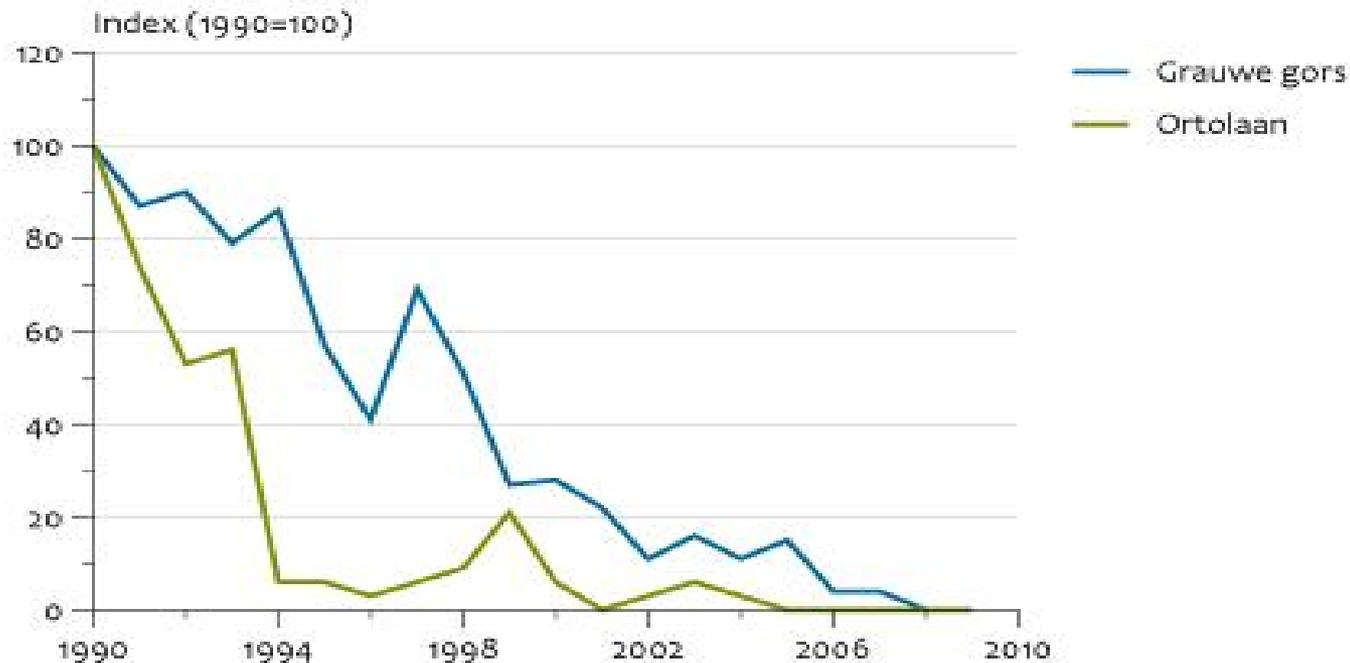
- ▶ "In einer europaweiten Studie, in acht West- und Ost-Europäischen Ländern haben wir weitgehende, negative Effekte der landwirtschaftlichen Intensivierung auf Pflanzen, Laufkäfer, bodenbrütende Ackervögel und die biologische Schädlingsbekämpfung – die Anzahl durch natürliche Feinde gefressener Blattläuse - gefunden.
- ▶ Von den dreizehn Faktoren der landwirtschaftlichen Intensivierung die wir gemessen haben, hatte der Gebrauch von Insektiziden und Fungiziden konsequent negative Effekte auf die Biodiversität.
- ▶ Insektizide reduzierten ebenfalls die biologische Schädlingsbekämpfung"



Ackervögel: Aussterben der **Graummer (blau)** und **Ortolan (grün)** seit Einführung der Neonikotinoiden

Netzwerk Ecologische Monitoring (SOVON, CBS)

Grauwe gors en ortolaan

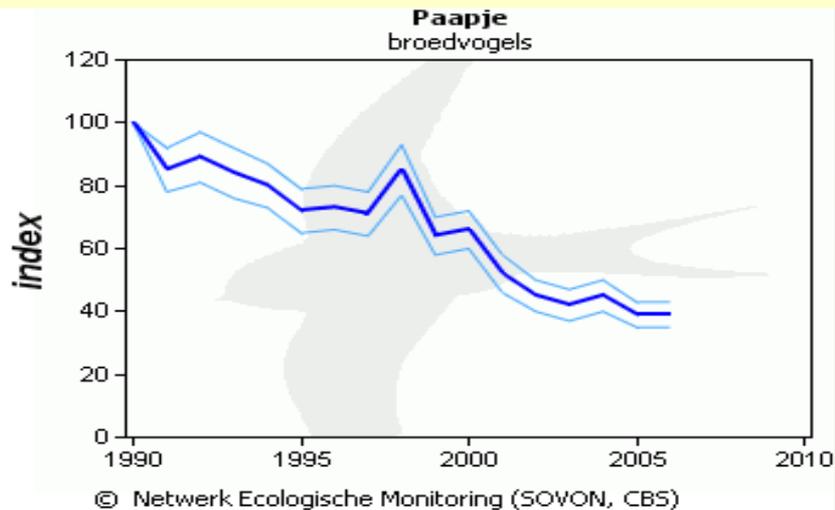


Bron: NEM (SOVON, CBS).

CBS/nov09/1189
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl

Das **Braunkehlchen** kommt als Ackervogel in Holland nicht mehr vor

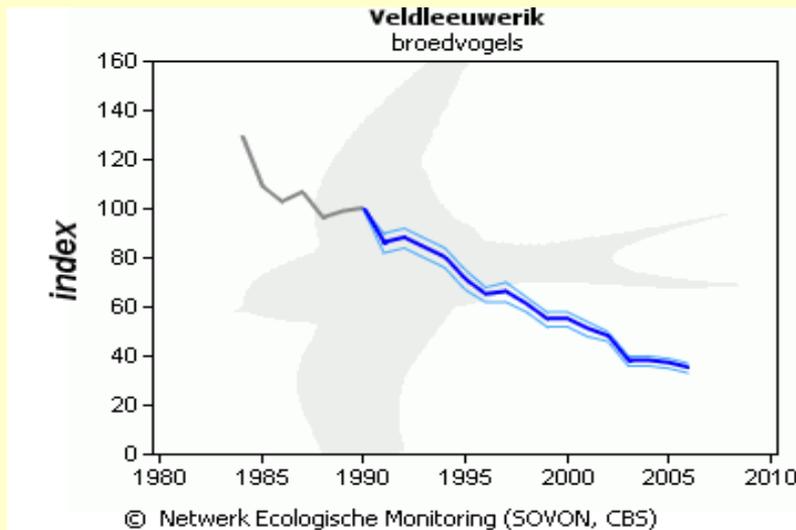
Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, CBS)



Deze gegevens zijn afkomstig van landelijke tellingen van kolonievogels en zeldzame broedvogels, het Landelijk Soortonderzoek Broedvogels. Weergegeven is de jaarlijkse populatie-index, gebaseerd op de gehele Nederlandse populatie of aantallen in de belangrijkste broedgebieden.

Ackervögel: Die **Feldlerche** zeigt in Holland gravierende Bestandsrückgänge

Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, CBS)

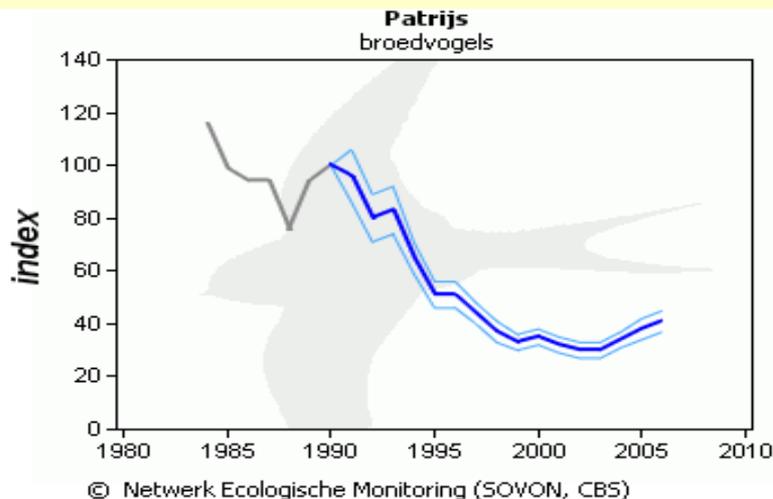


Deze gegevens zijn afkomstig van het Broedvogel Monitoring Project (BMP). Weergegeven is de jaarlijkse populatie-index en het betrouwbaarheids-interval, gebaseerd op tellingen in steekproefgebieden in het hele land. De gegevens uit 1984-1989 kunnen minder betrouwbaar zijn.



Ackervögel: Der Bestand des **Rebhuhns** in Holland ist gefährdet

Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, CBS)

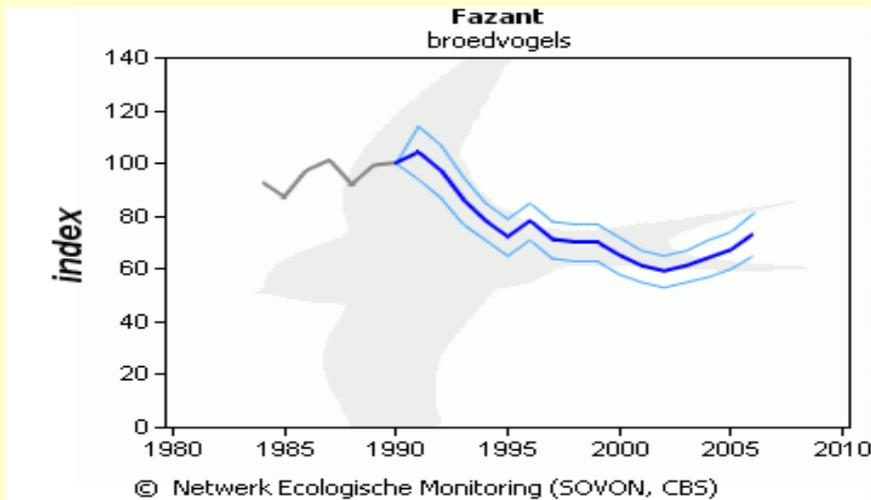


Deze gegevens zijn afkomstig van het Broedvogel Monitoring Project (BMP). Weergegeven is de jaarlijkse populatie-index en het betrouwbaarheids-interval, gebaseerd op tellingen in steekproefgebieden in het hele land. De gegevens uit 1984-1989 kunnen minder betrouwbaar zijn.



Ackervögel: Negativer Trend auch bei den **Fasanen**

Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, CBS)

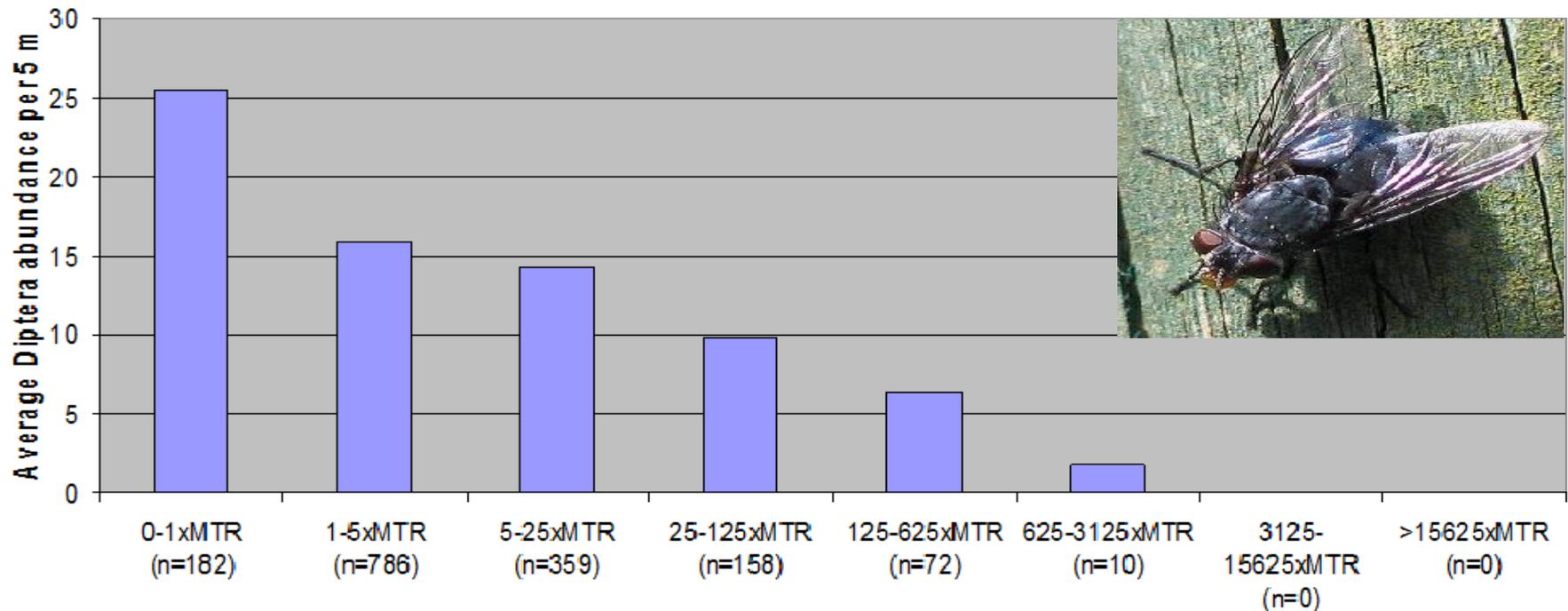


Deze gegevens zijn afkomstig van het Broedvogel Monitoring Project (BMP). Weergegeven is de jaarlijkse populatie-index en het betrouwbaarheids-interval, gebaseerd op tellingen in steekproefgebieden in het hele land. De gegevens uit 1984-1989 kunnen minder betrouwbaar zijn.

Belastung von Oberflächengewässern mit Imidacloprid korreliert mit einer Abnahme der Diptera (Zweiflügler) Abundanz

van Dijk, T., M.Sc. Diplomarbeit, Utrecht Universität, Juli 2010

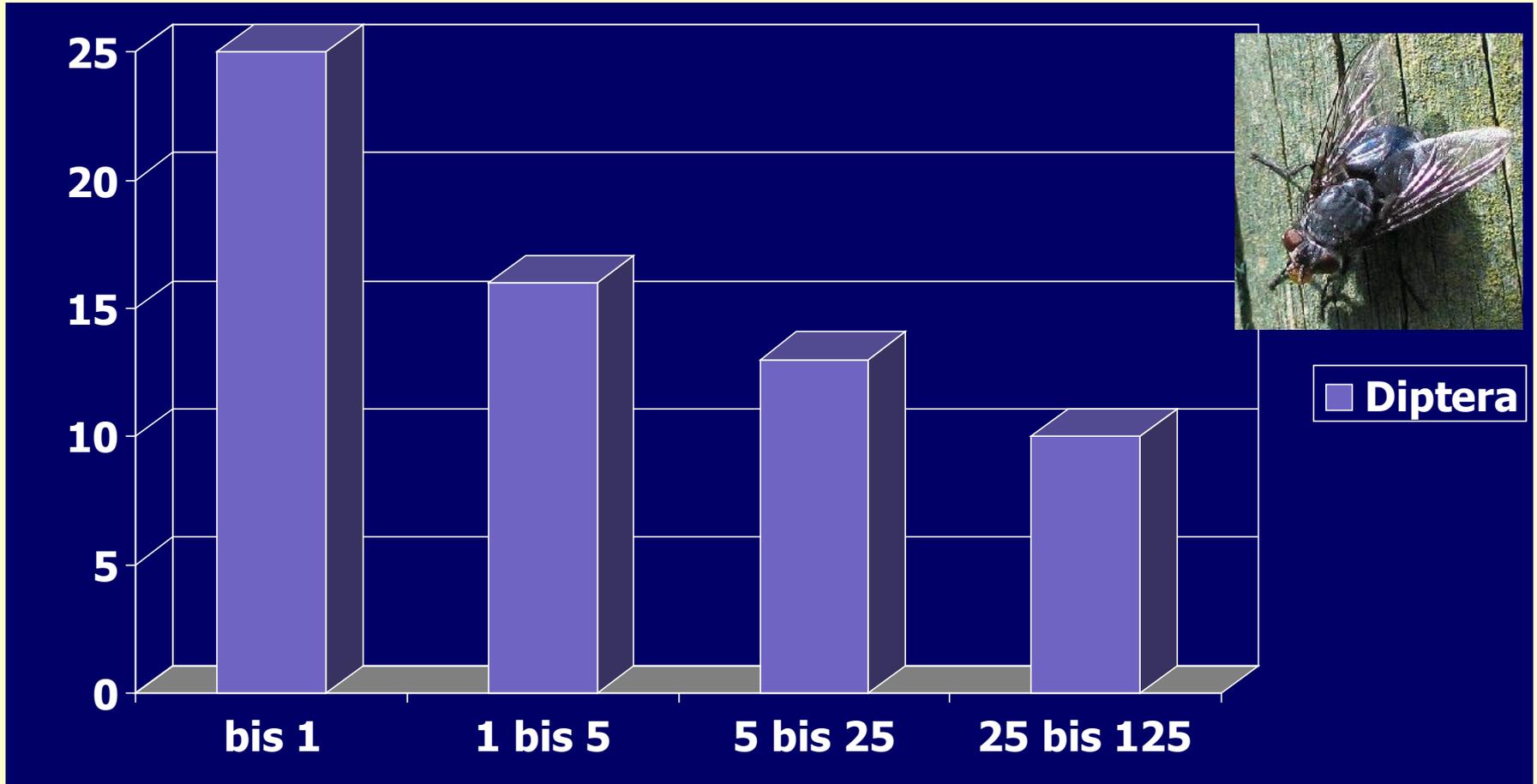
Diptera abundance versus nearby imidacloprid concentrations



Average of imidacloprid measurements within a radius of 2 km and a timeframe of minus 160 days relative to the place and time of each diptera abundance measurement (1x MTR = 13 ng/liter)

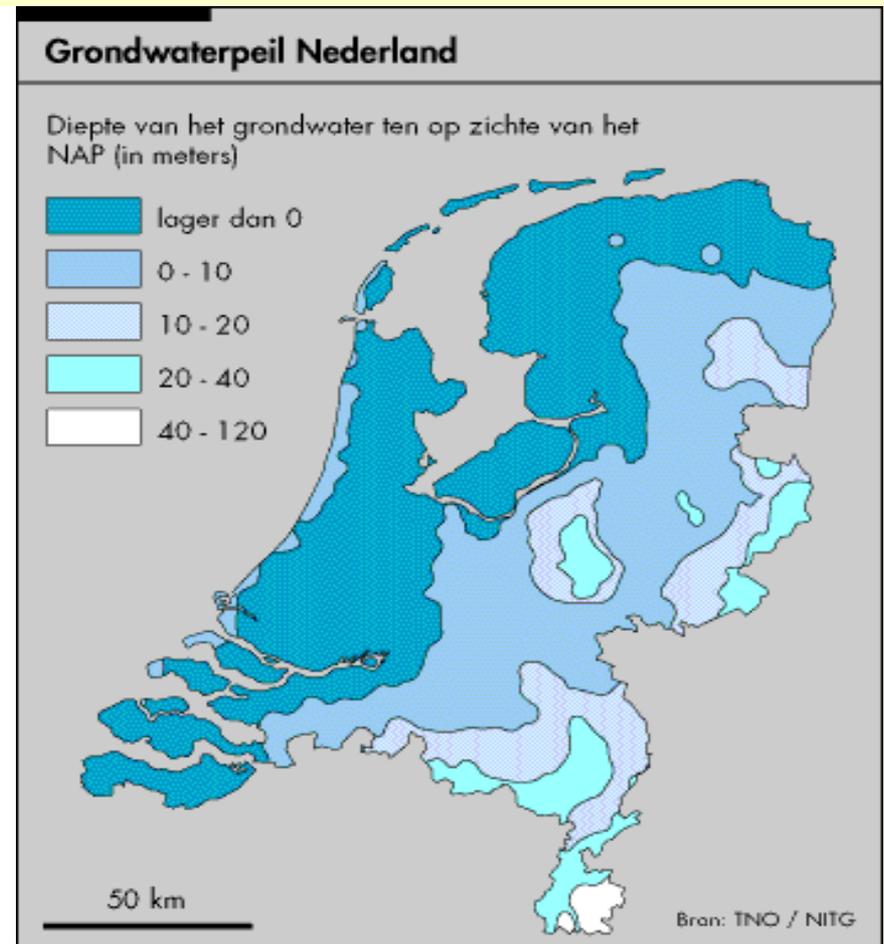
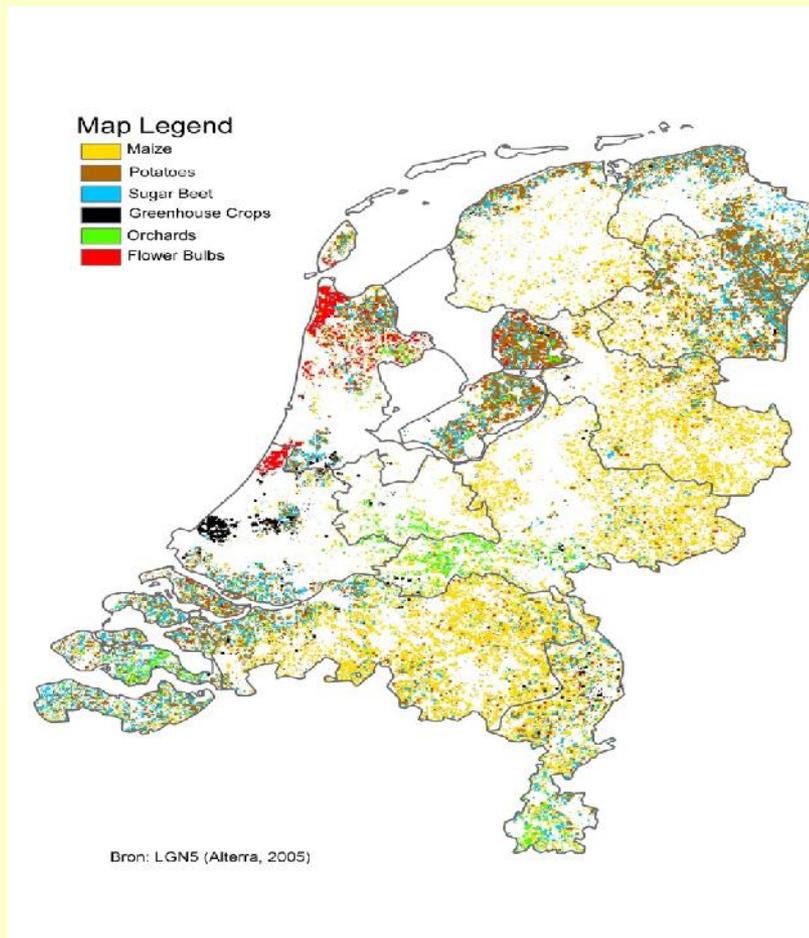
Belastung von Oberflächengewässern mit **Imidacloprid** in Grenzwerteinheiten und **Diptera (Zweiflügler) Abundanz** Grenzwert: 13 ng/L

van Dijk, T., M.Sc. Diplomarbeit, Utrecht Universität, Juli 2010



Belasting des niederländischen Grundwassers mit Imidacloprid

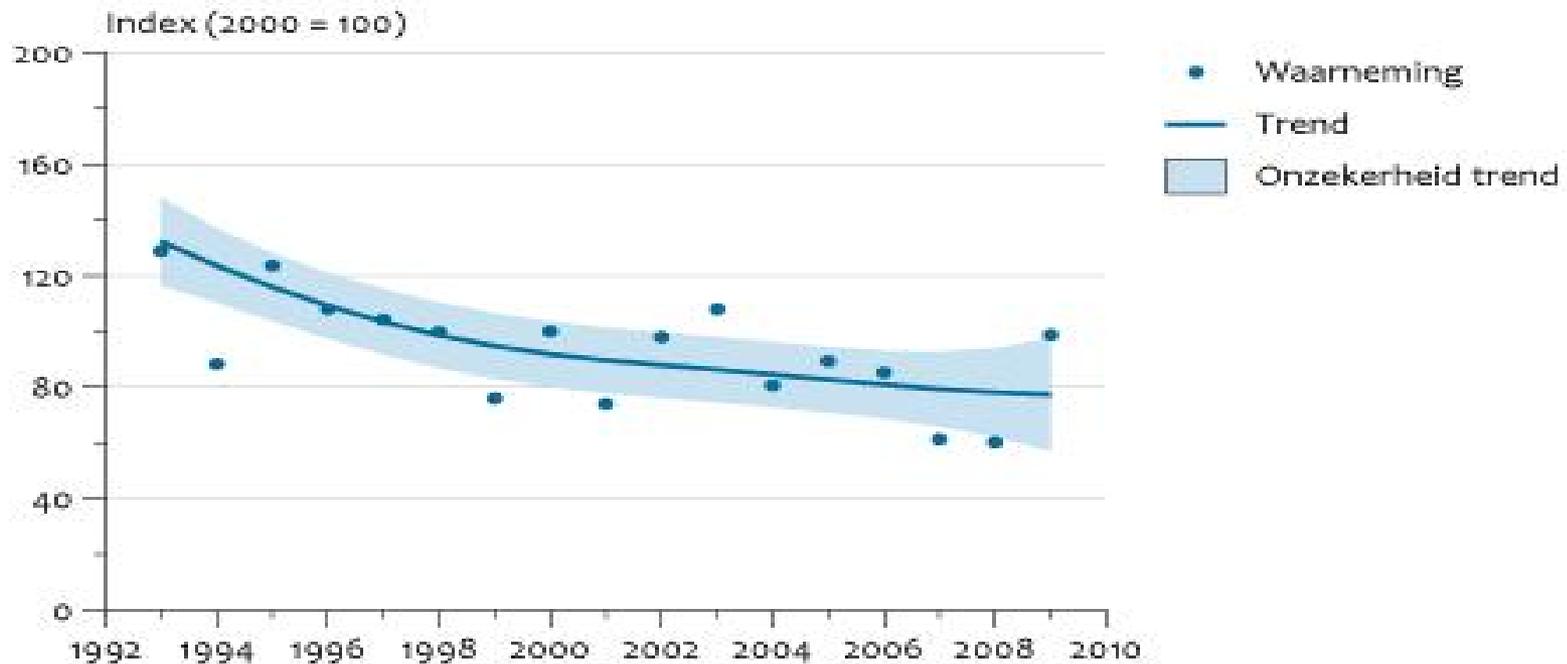
Dutch Water Boards, Pesticides in Surface Water



Niederlande: **Rückgang der Schmetterlinge** seit der Einführung der neonicotinoiden Insektizide

Netzwerk Ecologische Monitoring (Vlinderstichting, CBS)

Aantalontwikkeling vlinders

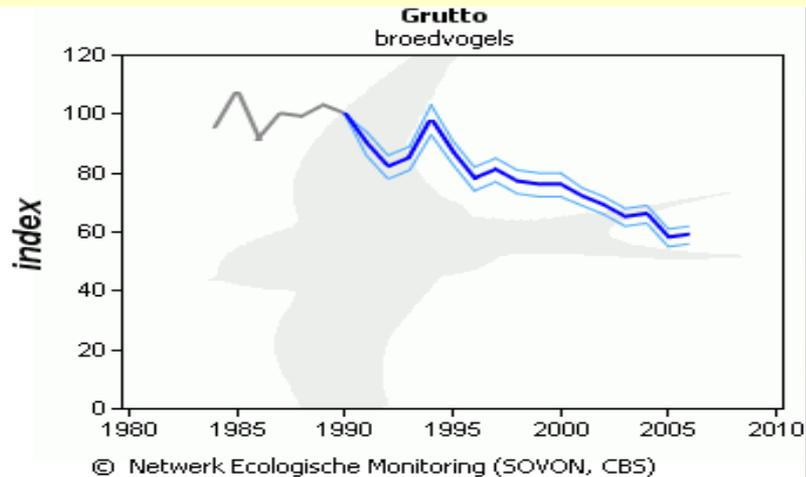


Bron: NEM (Vlinderstichting, CBS).

CBS/julto/1386
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl

Uferschnepfe: Auf Feuchtwiesen brütender Symbolvogel der Niederlande steht jetzt auf der roten Liste

Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, CBS)

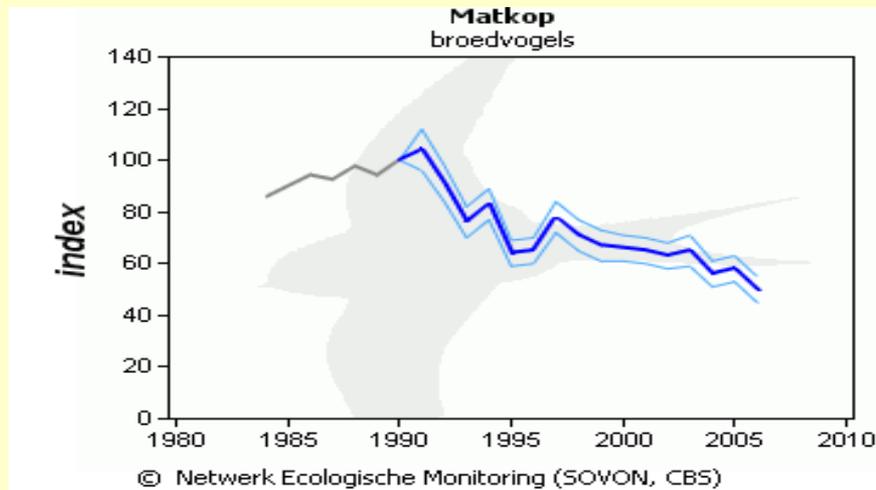


Deze gegevens zijn afkomstig van het Broedvogel Monitoring Project (BMP). Weergegeven is de jaarlijkse populatie-index en het betrouwbaarheids-interval, gebaseerd op tellingen in steekproefgebieden in het hele land. De gegevens uit 1984-1989 kunnen minder betrouwbaar zijn.



Die in Mischwäldern brütende **Weidenmeise** zeigt erhebliche Bestandsrückgänge in Holland

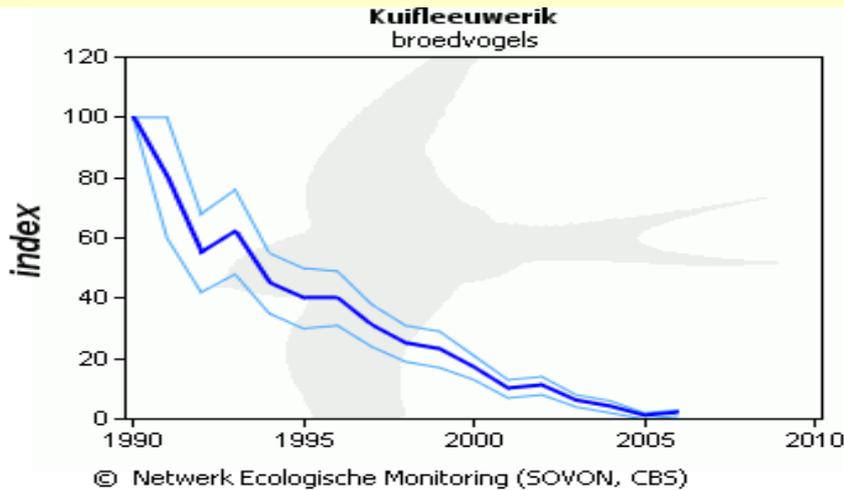
Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, CBS)



Deze gegevens zijn afkomstig van het Broedvogel Monitoring Project (BMP). Weergegeven is de jaarlijkse populatie-index en het betrouwbaarheids-interval, gebaseerd op tellingen in steekproefgebieden in het hele land. De gegevens uit 1984-1989 kunnen minder betrouwbaar zijn.

Die **Haubenlerche** bevorzugt offenes trockenes Grasland, ist auch in in Städten anzutreffen – ausgestorben in Holland

Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, CBS)

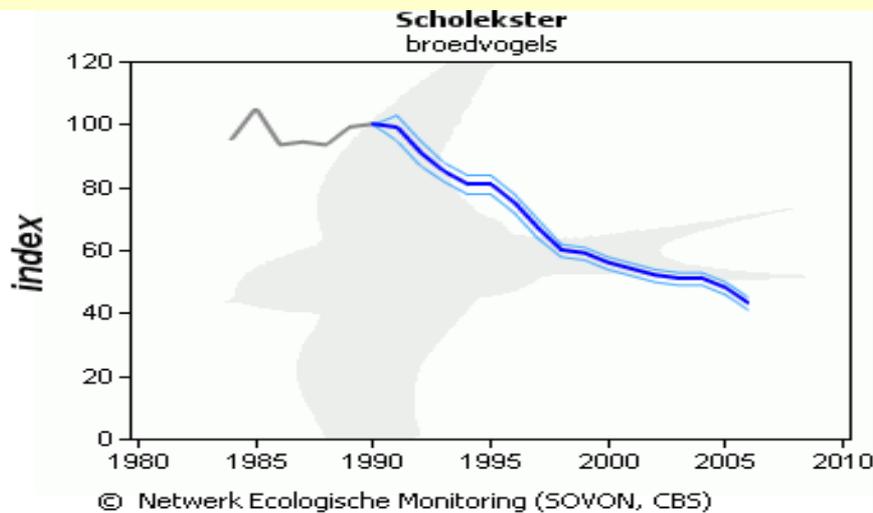


Deze gegevens zijn afkomstig van landelijke tellingen van kolonievogels en zeldzame broedvogels, het Landelijk Soortonderzoek Broedvogels. Weergegeven is de jaarlijkse populatie-index, gebaseerd op de gehele Nederlandse populatie of aantallen in de belangrijkste broedgebieden.



Bei gleichbleibender Tendenz wird einer der charakteristischsten Vögel der Nordseeküste, der **Austernfischer**, im Jahre 2020 in Holland aussterben

Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, CBS)

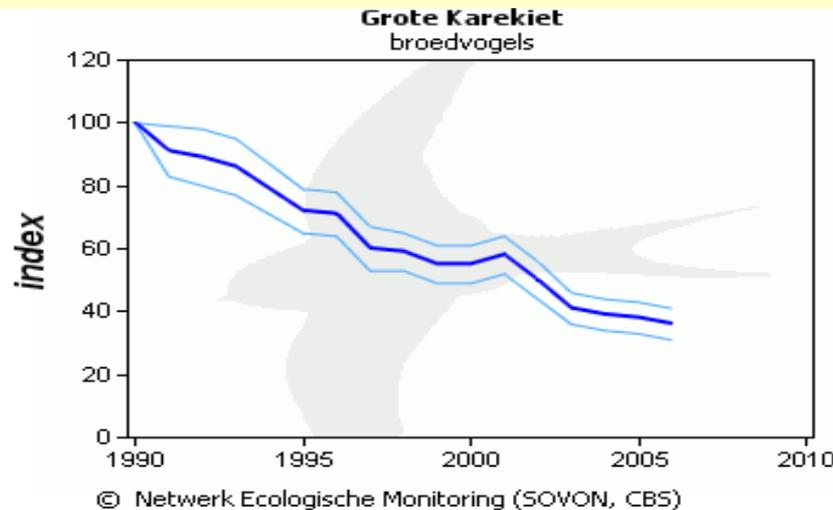


Deze gegevens zijn afkomstig van het Broedvogel Monitoring Project (BMP). Weergegeven is de jaarlijkse populatie-index en het betrouwbaarheids-interval, gebaseerd op tellingen in steekproefgebieden in het hele land. De gegevens uit 1984-1989 kunnen minder betrouwbaar zijn.



Der **Drosselrohrsänger** lebt im dichten Schilf und Ufergebüsch und ist stark bedroht in Holland

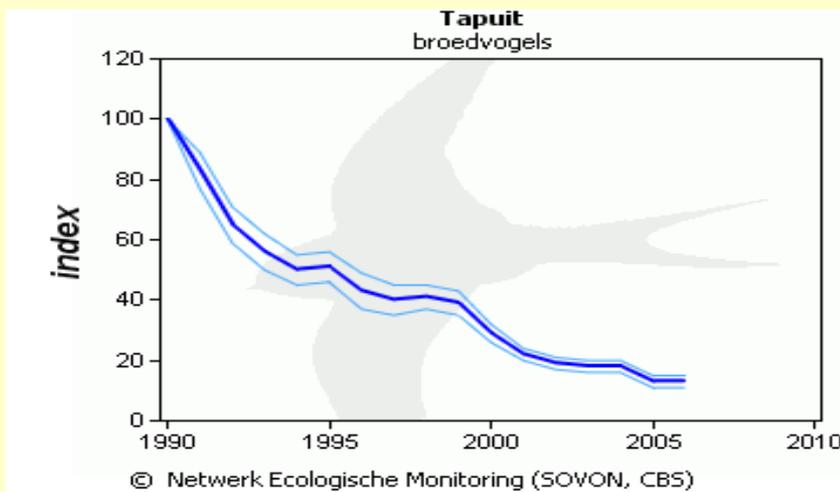
Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, CBS)



Deze gegevens zijn afkomstig van landelijke tellingen van kolonievogels en zeldzame broedvogels, het Landelijk Soortonderzoek Broedvogels. Weergegeven is de jaarlijkse populatie-index, gebaseerd op de gehele Nederlandse populatie of aantallen in de belangrijkste broedgebieden.

Der in den Dünen lebende **Steinschmätzer** ist in Holland so gut wie ausgestorben

Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, CBS)

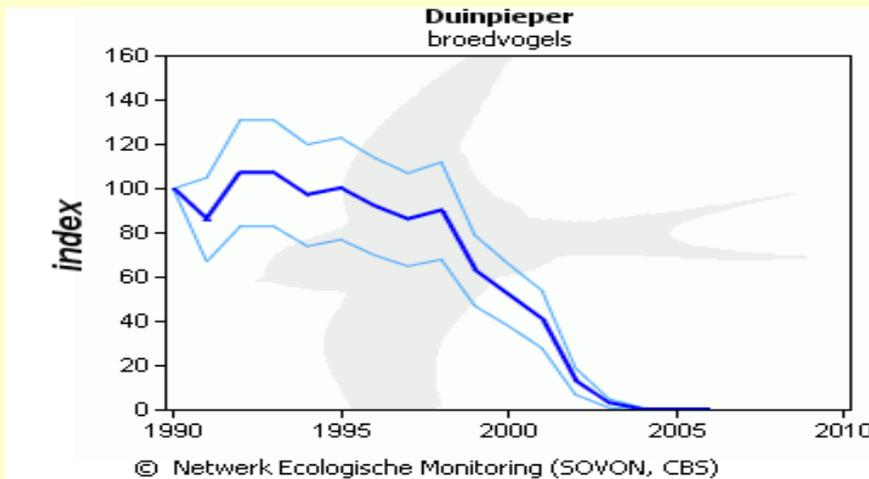


Deze gegevens zijn afkomstig van landelijke tellingen van kolonievogels en zeldzame broedvogels, het Landelijk Soortonderzoek Broedvogels. Weergegeven is de jaarlijkse populatie-index, gebaseerd op de gehele Nederlandse populatie of aantallen in de belangrijkste broedgebieden.



Der auf der Heide lebende **Brachpieper** ist ausgestorben in Holland

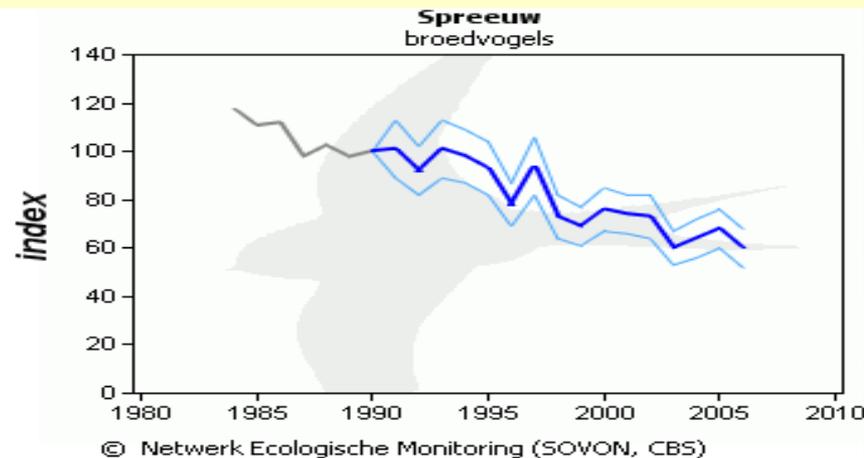
Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, CBS)



Deze gegevens zijn afkomstig van landelijke tellingen van kolonievogels en zeldzame broedvogels, het Landelijk Soortonderzoek Broedvogels. Weergegeven is de jaarlijkse populatie-index, gebaseerd op de gehele Nederlandse populatie of aantallen in de belangrijkste broedgebieden.

Die Bestände der um Siedlungen herumlebende **Stare** sind rückläufig

Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, CBS)

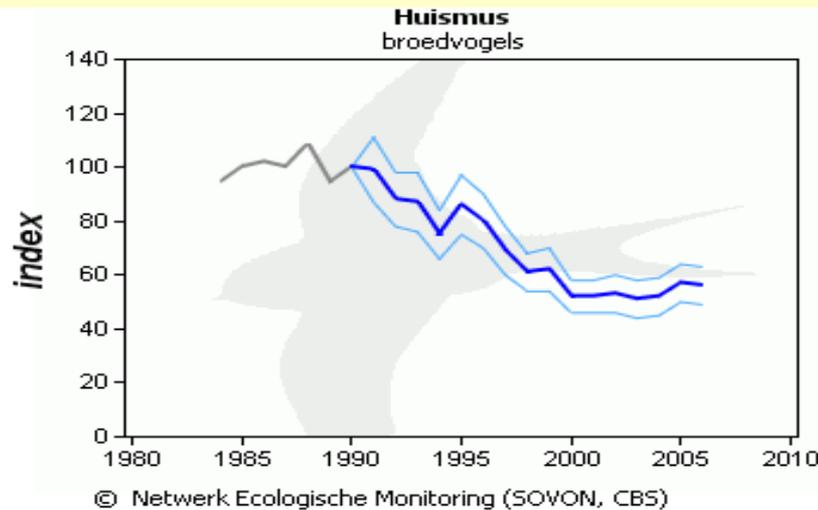


Deze gegevens zijn afkomstig van het Broedvogel Monitoring Project (BMP). Weergegeven is de jaarlijkse populatie-index en het betrouwbaarheids-interval, gebaseerd op tellingen in steekproefgebieden in het hele land. De gegevens uit 1984-1989 kunnen minder betrouwbaar zijn.



Wegen des Bestandsrückgangs wurde der Haussperling auch auf die Vorwarnliste der gefährdeten Arten aufgenommen

Netwerk Ecologische Monitoring (SOVON, CBS)

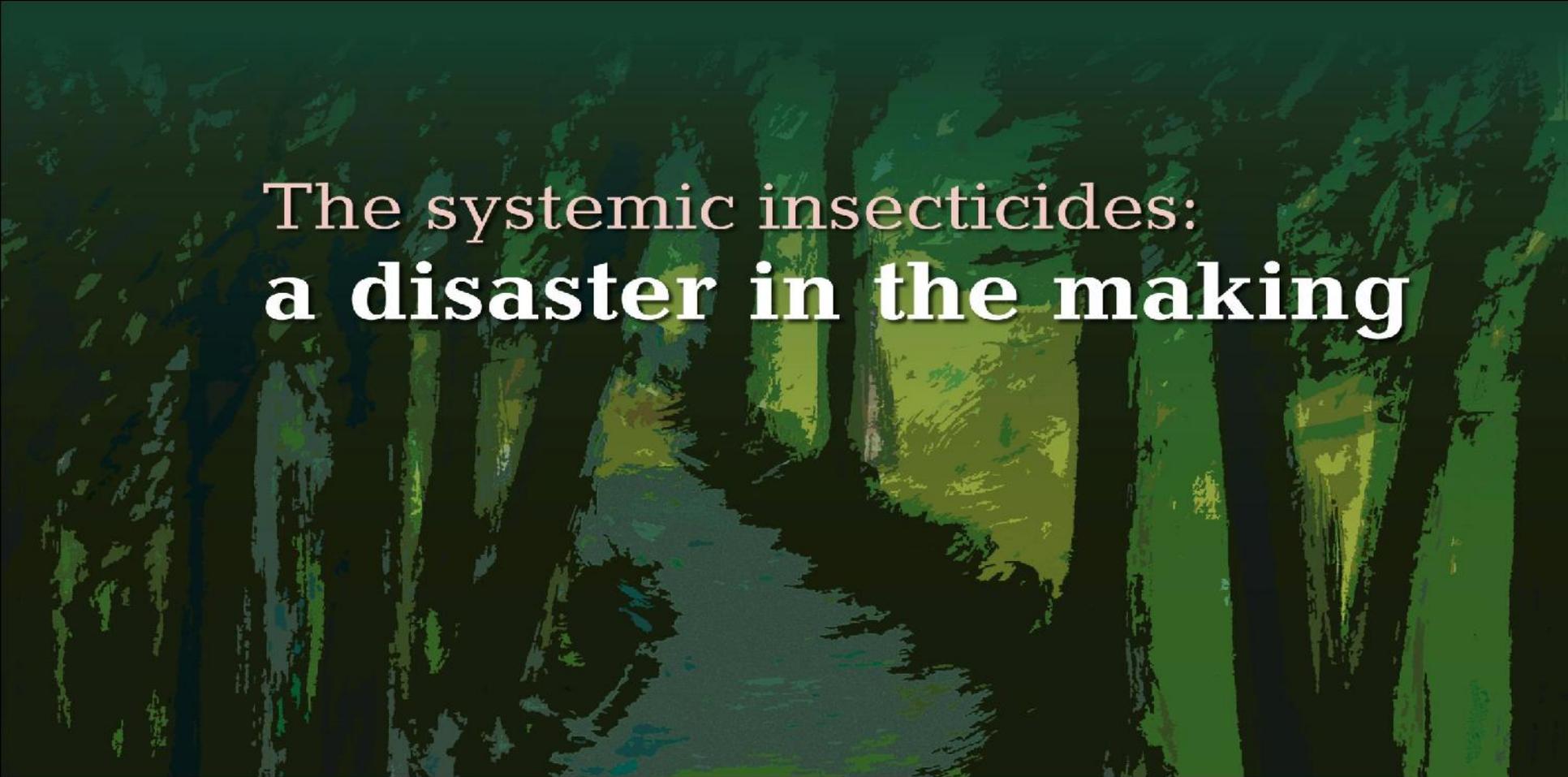


Deze gegevens zijn afkomstig van het Broedvogel Monitoring Project (BMP). Weergegeven is de jaarlijkse populatie-index en het betrouwbaarheids-interval, gebaseerd op tellingen in steekproefgebieden in het hele land. De gegevens uit 1984-1989 kunnen minder betrouwbaar zijn.

Schlussfolgerungen

- ▶ Neonicotinoide Insektizide binden fast vollständig und nahezu irreversibel an die nicotinischen Acetylcholin-Rezeptoren und blockieren diese damit
- ▶ Bei Neonicotinoiden kommt es ähnlich wie bei Cancerogenen mit der Zeit zu einer enormen Wirkungsverstärkung
- ▶ Imidacloprid hat eine ausgeprägte Persistenz und Mobilität im Boden und kann im gelösten Zustand ins Grundwasser verlagert werden
- ▶ In Holland ist die Belastung von Oberflächengewässern mit Imidacloprid teilweise extrem und gefährdet Insekten
- ▶ Bei der landwirtschaftlichen Intensivierung haben Insektiziden und Fungiziden konsequent negative Effekte auf die Biodiversität (Pflanzen, Laufkäfer, bodenbrütende Ackervögel)
- ▶ Belastung von Oberflächengewässern mit Imidacloprid korreliert mit einer Abnahme der Diptera (Zweiflügler) Abundanz
- ▶ Starker Rückgang der Schmetterlinge seit der Einführung der neonicotinoiden Insektizide
- ▶ Viele von Insekten abhängige Vogelarten sterben aus oder zeigen gravierende Bestandsrückgänge (in sehr unterschiedliche Habitats)

www.disasterinthemaking.com



The systemic insecticides:
a disaster in the making

Author Dr. Henk Tennekes | Artwork Ami-Bernard Zillweger