

Neonicotinoide / Systemische Insektizide und ihre Auswirkungen auf die Insektenwelt: eine Übersicht im Kontext des Honigbienensterbens im Jahr 2008 in Deutschland

Neonicotinoids / systemic insecticides and their effects on insects in the environment: an overview in context of the honeybee deaths in Germany in 2008

Bernhard Heuvel

Key words: systemic pesticide, honeybee, *Apis mellifera*, ecotoxicology, exposure

Zusammenfassung

Neonicotinoide sind eine Wirkstoffgruppe, die aufgrund ihrer systemischen und hochtoxischen Wirkung auf Insekten eine Sonderstellung unter den Pflanzenschutzmitteln einnehmen. Im Frühjahr 2008 sind in Deutschland 11.000 Honigbienenvölker mit dem Neonicotinoid CLOTHIANIDIN kontaminiert worden, was zu einem Zusammenbruch dieser Honigbienenvölker führte (BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT BVL 2008).

Diese Übersicht untersucht die Expositionswege und die Wirkungen von systemischen Insektiziden auf die Insektenwelt im Kontext der Erfahrungen des Honigbienensterbens in 2008 in Deutschland. Diese Erfahrungen zeigen eine Vielfalt von Expositionen von Nichtzielinsekten mit den Wirkstoffen auf. Des Weiteren wird diskutiert, inwiefern subletale als auch chronische Expositionen einen negativen Einfluss auf die Gesundheit von Insekten haben.

Summary

Neonicotinoids are a group of active substances, which do have exceptional features because of their systemic effects and their high toxicity to insects. About 11.000 bee colonies were contaminated by the neonicotinoid CLOTHIANIDIN in Germany in spring 2008 (BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT BVL 2008). The contamination resulted in the collapse of those colonies. This overview discusses the ways of exposure and the effects of systemic insecticides on insects in the environment in the context of the recent honeybee colony collapse in Germany. Experience shows how non-target insects get in contact with systemic insecticides in different ways. The effects on the health of insects getting into enduring contact with sub-lethal doses of systemic insecticides are discussed.

1. Einleitung

Nicotin ist ein Pflanzenstoff der Tabakpflanze (*Nicotiana L.*) und hat in der Tabakpflanze die Aufgabe, diese vor Schäden durch Insekten zu schützen. In Europa wurde die Tabakpflanze mit der Entdeckung Amerikas maßgeblich von Jean Nicot (*1530 † 1604) verbreitet, welcher Tabak als Heilpflanze anpries. Nach Jean Nicot wurde der Pflanzenstoff benannt: Nicotin. Schon in den Jahren 1600 bis 1700 werden Extraktionen aus Tabak als Pflanzenschutzmittel in Ratgebern für den Haushalt und Garten beschrieben. Im Jahre 1828 isolierten Reimann und Posselt das Alkaloid der Tabakpflanze, worauf Nicotin ab Ende des 18. Jahrhunderts als Bestandteil von Pflanzenschutzmitteln eine weite Verbreitung fand. In den Siebziger Jahren des 20. Jahrhun-

derts ging die Verwendung von Nicotin als Pflanzenschutzmittel zurück. Die Gründe sind die kurze Wirkungsdauer von Nicotin, sowie unerwünschte Wirkungsmechanismen (z. B. die hohe Toxizität bei Warmblütern), die oft zu Unfällen im Hausgarten und in der Landwirtschaft führten.

Schließlich wurde Nicotin für den Einsatz als Pflanzenschutzmittel verboten. Die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA, heute: Julius Kühn Institut; JKI) begründet das Verbot wie folgt.

„Aufgrund der Schäden, die bei Einsatz von Nicotin in der Umwelt und im Naturhaushalt entstehen können, sowie der Gefahren für Mensch und Tier, darf dieses Mittel in Deutschland nicht angewendet werden.“

2. Neonicotinoide

Nicotin ist ein hochwirksames Gift und für den Menschen ist es giftiger als Arsen oder Zyankali. Die neurotoxische Wirkung ist jedem Raucher bekannt, der allein durch die Inhalation von Nicotin und der damit verbundenen geringen Aufnahme sein Nervensystem vermeintlich wohltuend verändert. Im Hintergrund wird jedoch das unbewusste, vegetative Nervensystem in seiner Arbeit behindert. Das Nicotin ist für Insekten hochgradig toxisch und somit als Wirkstoff für den Einsatz im Pflanzenschutz äußerst viel versprechend. Der Einsatz von reinem Nicotin führte jedoch zu den weiter oben angeführten, unerwünschten Wirkungsmechanismen.

Daher entwickelte man ab 1985 ein synthetisches Nicotinoid und schaffte damit die Gruppe der Neonicotinoide. Wie das natürliche Vorbild wirken die Neonicotinoide auf die Nicotin-Acetylcholinrezeptoren. Die Neonicotinoide blockieren bevorzugt die Nicotin-Acetylcholinrezeptoren von Insekten und weniger die Nicotin-Acetylcholinrezeptoren von Säugetieren. Bei Insekten verursachen die Neonicotinoide eine dauerhafte Störung des Nervensystems. Diese dauerhafte Störung kommt einer Zerstörung gleich. Während Neonicotinoide von Insekten nicht schnell genug abgebaut werden können, weisen Studien darauf hin, dass dies nicht für Warmblüter gilt (TOMIZAWA & CASIDA 2005). Die Metabolite der Neonicotinoide lösten jedoch bei Mäusen Lebertumore aus (TOMIZAWA 2004; GREEN et al. 2005a). Für Menschen besteht keine Gefahr, da die Dosierungen in der Umwelt und während der Anwendung als Pflanzenschutzmittel zu gering sind (GREEN et al. 2005b).

Vorteile und Intention der Entwicklung von Neonicotinoiden für den Einsatz im Pflanzenschutz :

- Einsatz geringer Mengen
- Hohe Toxizität bei Fraß- und Sauginsekten
- Selektivität (geringe Toxizität bei Säugetieren)
- Durch Verwendung als Beizmittel wird Kontakt mit Nichtzielinsekten vermieden , da das Saatgut in den Boden verbracht wird
- Schutz der Kulturpflanze während der meisten Wachstums- und Reifephasen

Einige bekannte Neonicotinoide sind IMIDACLOPRID , CLOTHIANIDIN , ACETAMIPRID , THIAACLOPRID und THIAMETHOXAM.

Ein Neonicotinoid zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass es sich in der gesamten Pflanze verteilt. Es wird über die Wurzel aufgenommen und akropetal, also von der Wurzel aufwärts, in alle Pflanzenteile weitergegeben. Der systemische Wirkstoff kommt damit sowohl in den Stengeln, im Blattwerk als auch in der Blüte, speziell im Nektar und Pollen vor (SUR & STORK 2003; BONMATIN 2003). Siehe Abbildung 1.

Daher eignen sich Neonicotinoide für den Einsatz als Beizmittel, die Applikation durch Aufsprühen ist jedoch auch bekannt. Das Saatgut wird mit einem neonicotinoiden Beizmittel versehen, das sich wie ein Mantel um das Saatkorn legt. Die aktive Substanz des Beizmittels wird dazu mit einem Klebstoff an das Saatkorn geheftet. Das Saatgut wird in das Erdreich verbracht und theoretisch wird damit die Exposition von Nichtzielinsekten vermindert. Während die Pflanze heranwächst, wird der Wirkstoff über die Wurzeln ständig aufgenommen und nach oben in alle Pflanzenteile abgegeben. Auf diese Weise wird ein Rundumschutz der Kulturpflanze in den meisten Wachstumsphasen und einen Schutz aller Pflanzenteile vor Fraß- und Sauginsekten erreicht. Grundlegende Eigenschaften zeichnen ein systemisches und neonicotinoides Pflanzenschutzmittel aus. Zum einem ist das die Wasserlöslichkeit, zum anderen die Beständigkeit im Boden, die hohe Toxizität

bei Insekten und die systemische Wirkung (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, CLOTHIANIDIN FACT SHEET 2003).

Damit die Pflanze den Wirkstoff über die Wurzel aufnehmen kann, ist die Wasserlöslichkeit des Wirkstoffs eine Voraussetzung. Die Wasserlöslichkeit ist ebenso notwendig, um den Wirkstoff innerhalb der Pflanze akropetal weiterzugeben. Damit die Kulturpflanze (Mais, Rüben, Raps, Kartoffeln etc.) in allen Wachstumsphasen bis zur Ernte einen Schutz erfährt, darf die Wirkung zumindest für diesen Zeitraum nicht nachlassen. Der Wirkstoff darf sich also nicht zu schnell abbauen. Die hohe Beständigkeit und die hohe Halbwertszeit, die je nach Literatur zwischen 277 Tagen und 1.386 Tagen (>3 Jahren) im Erdreich beträgt, ist abhängig von mehreren Umweltfaktoren wie Bodentemperatur, Bewuchs und Mikrobielen. (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, CLOTHIANIDIN FACT SHEET 2003; FOSSEN 2006; STUPP & FAHL 2003).

3. Honigbienensterben

In der Rheintalebene in Baden-Württemberg, Deutschland und in Italien wurden im Jahr 2008 Honigbienenvölker mit dem Neonicotinoid CLOTHIANIDIN kontaminiert. Allein in Deutschland wurden vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) 11.000 kollabierte und kontaminierte Bienenvölker erfasst und bestätigt. Wie eine anschließende Untersuchung ergab, waren bei der Aussaat von Mais freigesetzte Beizstäube durch Einsatz von pneumatischen Sämaschinen auf andere blühende Pflanzen gelangt, wodurch die Honigbienen den Beizstaub mit dem Blütenpollen dieser Pflanzen aufnahmen.

Pneumatische Sämaschinen benutzen Luftdruck, um einzelne Körner in den Boden zu „schießen“. Dazu werden in einem Sammelbehälter die Körner mit Hilfe eines Luftstroms verwirbelt und anschließend durch eine Leitung in den Boden verbracht. Die Verwirbelung führt zum Anschlag der Körner untereinander, wobei sich Teile des aufgeklebten Beizmittels lösen – es entsteht der Beizstaub. Die Abluft dieser Sämaschinen beinhaltet nun die losgelösten Partikel der Beize (BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT BVL 2008).

Die Folge waren massive Verluste der Flugbienen, da diese beim Sammeln des Pollens durch die hohe Konzentration des Beizstaubes an CLOTHIANIDIN bereits im Felde verendeten. Flugbienen sind die Honigbienen, die im Bienenstock die Sammeltätigkeit ausführen und die Nahrung in Form von Pollen, Nektar und Wasser heranbringen. Einige Flugbienen schafften es zurück in den Stock, wo anschließend junge Bienen und Bienenlarven durch Verzehr der mit Beizstäuben kontaminierten Nahrung starben. Vor den Bienenstöcken waren ganze Flächen mit verendeten Bienen zu verzeichnen. Zudem waren Bienen zu beobachten, die mit Flügelzittern und ausgestrecktem Rüssel eine ausgeprägte Desorientierung zeigten. Diese Bienen verendeten bald an den Folgen der Intoxikation.

Die betreuenden Imker bemerkten und diagnostizierten aufgrund der Schnelligkeit und der Art der Erscheinung sehr bald eine Intoxikation, worauf die Völker am 13. Mai 2008 an andere Standorte verbracht wurden. Die Ursache selbst, die Abdrift von Beizstäuben wurde ebenfalls recht schnell erkannt. Diese Beizstäube waren in die Bienenstöcke verbracht worden, wodurch Wachs, Bienenbrot und Nektar/Honig kontaminiert wurden. Um die Völker zu retten, wurden die Waben dieser Beuten entsorgt. Dazu wurden die gesamten Waben in Containern gesammelt und anschließend in der Müllverbrennungsanlage thermisch zerstört.

Folgeschäden

Die Folgeschäden waren am 16. Mai 2008 in der Königinnenzucht zu bemerken. Von Völkern mit Schwarmtrieb wurde zuvor Brut entnommen und in sogenannten Sammlern zusammengestellt. Alle überlebenden Königinnen von 5 Serien schlüpfen 3 Tage verspätet. 30% der Königinnen schlüpfen nicht und zeigten Missbildungen. Siehe Abbildung 2.

Der weitere Verlauf der Saison 2008

Am 02. Juni 2008 zeigten sich in fast allen Völkern Brutschäden. In den Bereichen, in denen die Brut schlüpft befanden sich stehen gelassene und verdeckelte Zellen, dessen Deckel etwas dunkler sind, als die der umgebenden Zellen. Diese dunklen Zellen ziehen sich in Streifen durch das Brutnest.

In den dunkleren Zellen finden sich missgebildete Honigbienen. Die Bienen sind nicht voll ausgebildet, haben keine Flügel, sind im vorderen Körperbereich dunkel-speckig und im hinteren Körperbereich weiß.

Siehe Abbildung 3.

Dass die Bienen nicht voll ausgebildet sind und das speckig-dunkle Aussehen erinnern an Schäden im Endstadium, wie sie im Zusammenhang mit INSEGAR® (Wachstumsregulator gegen Wicklerarten an Kernobst, Steinobst und Weinreben; bienengefährlich) auftreten. Bei der Kontaminierung mit INSEGAR® jedoch haben die Bienen im Endstadium blau gefärbte Augen, was hier nicht der Fall gewesen ist.

Varroamilben oder deren Kot waren nicht zu finden, obwohl zur Kontrolle eine Vielzahl von Zellen geöffnet wurden. Der natürliche Milbenfall lag durchschnittlich unter 2 Milben pro Woche.

Die Symptome und Kennzeichen der vergifteten Bienenbrut

- Bienen nicht voll ausgebildet
- Vorderleib speckig und dunkel
- Hinterleib weiß
- keine Flügel

Siehe Abbildung 3.

Die Symptome und Kennzeichen der vergifteten Brutflächen

- dunklere Zelldeckel (je nach Alter der Wabe schwerer oder leichter zu erkennen)
- in vielen Völkern wurde ein sehr lückenhaftes Brutnest vorgefunden
- offene und vor allem verdeckelte Brut ist weit verteilt im Gegensatz zum Gelege, wo sich ein Ei neben dem anderen befindet

Siehe Abbildung 4 und 5.

Weitere Symptome und Kennzeichen

- der Hinterleib der Königinnen war auffällig vergrößert

Die oben genannten Symptome traten am 02. Juni 2008 auf – fast drei Wochen nach dem Abtransport vom ursprünglichen Standort und Ort der Kontamination. Es wurde davon ausgegangen, dass die Pollenvorräte mit dem systemischen Insektizid kontaminiert seien und die Fütterung dieses Pollens an die Brut die gezeigten Schäden verursache. Daher wurde im Anschluss ein großer Teil der Völker auf Mittelwände gesetzt und die Waben in der Müllverbrennungsanlage entsorgt. Siehe Abbildung 5.

Alle Völker zeigten trotz großer Wabenflächen schlüpfender Brut ein gehemmtes oder negatives Wachstum. Das Verhältnis von alten zu jungen Bienen war stets gestört – das Missverhältnis dauerte über die gesamte Saison an. Das ausgewogene Verhältnis zwischen alten und jungen Bienen ist wichtig für die Entwicklung und Fortbestand eines Bienenvolkes.

Die Völker zeigten eine stetig wachsende Aggressivität und die Sammelleistung ging erheblich zurück. Das Umweiseln (Austausch der Königin) erwies sich als schwieriges Unterfangen – auch später in der Saison war das Umweiseln fast unmöglich.

Die Brutschäden zogen sich weiter fort bis zur Blüte der Edelkastanie (*Castanea sativa*) bzw. der Goldrute (*Solidago L.*). Von diesem Zeitpunkt an verringerten sich die Brutschäden. Den Völkern fehlte es weiterhin erheblich an Bienenmasse und weiter stand das Verhältnis junger zu alter Bienen im Missverhältnis.

Begleitende Symptome während der gesamten Saison

Besonders in Kalt- und Schlechtwetterperioden nahmen die Brutschäden zu. Vor den Fluglöchern und in den hohen Böden fand sich ausgeräumte Brut. Siehe Abbildung 6. Parallel dazu wurden flugunfähige Drohnen beobachtet. Zitternde Jungbienen fanden sich vor allem über Nacht und am frühen Morgen vor den Fluglöchern.

Während der gesamten Saison waren die beschriebenen Symptome in wiederkehrenden Abständen zu beobachten. Regelmäßig gab es Flugbienenverluste, Brutschäden im Brutnest, tote Brut auf dem Boden des Bienenstockes und desorientierte Bienen mit starkem Flügelzittern.

Nachdem die Aussaat des Mais erfolgte und eine weitere Kontamination über diesen Expositionsweg ausgeschlossen wurde, konnten Beizstäube nicht mehr als Ursache für die oben beschriebenen Symptome herangezogen werden.

Durch Beobachtung wurden daher in der Praxis folgende weitere Expositionswegen festgestellt.

Expositionswegen in der Praxis

Bei der Aussaat kommt es zum Verlust von Saatgut, so dass das Saatgut offen auf dem Boden zu liegen kommt. Der Verlust kommt aus unterschiedlichen Gründen zustande. Die Abbildung 7 zeigt ein dokumentiertes Beispiel, wo auf der Anfahrt der Landmaschine zum Feld Saatgut auf der Straße verloren ging. Bei der Befüllung der Maschinen auf dem Acker wurde ebenfalls festgestellt, dass dabei Saatgut verschüttet wurde und damit offen auf dem Boden zu liegen kam. Ebenfalls wurde beobachtet, dass leere Saatgutsäcke auf dem Feld liegen gelassen wurden. Siehe Abbildung 8. Beim Einsetzen der Sämaschine in den Boden und beim Ausheben zum Wenden des Traktors, wurde ebenfalls Saatgut verschüttet und lag exponiert auf dem Boden.

In dem Fall, in dem die neonicotinoiden Wirkstoffe in den Boden verbracht werden, werden Nichtzielinsekten über die systemische Wirkung über Nektar und Pollen den Neonicotinoide ausgesetzt. Die systemischen Wirkungsmechanismen der Neonicotinoide verursachen eine akropetale Verteilung des Wirkstoffes von der Wurzel aufwärts bis in den Pollen und Nektar der blühenden Pflanze (SCHMUCK & KEPPLER 2003; ELBERT et al. 1991). Dies betrifft nicht nur blühende Kulturpflanzen, sondern auch am Feltrand wachsende blühende Pflanzen (GREATTI et al. 2006). Über Nektar und Pollen stellen die Neonicotinoide ein Risiko für Honigbienen (*Apis Mellifera*) dar (BONMATIN et al. 2003).

Honigbienen und andere Bestäuber wurden dabei beobachtet, wie sie auch den Pollen von Windbestäubern sammeln. Das ist der Fall zum Beispiel bei den Weidengewächsen (*Salix L.*) aber auch bei Kulturpflanzen wie den Mais (*Zea mays L.*). Siehe Abbildungen 9 und 10.

Honigbienen bedienen ihren Wasserbedarf zum Teil auch über Guttationswasser von Pflanzen. Es wurde von Imkern beobachtet und dokumentiert, wie Honigbienen im Mais das Guttationswasser sammeln.

Zu bedenken ist weiter, dass zusätzlich zu der chronischen niedrig-konzentrierten Exposition über Nektar, Pollen und Guttationswasser zusätzlich die Möglichkeit der Exposition über den Honigtau als zuckerhaltiges Ausscheidungsprodukt verschiedener Schnabelkerfe (*Hemiptera*) besteht. Es ist bekannt, dass Honigbienen (*Apis mellifera*) den Honigtau auch für Bienen untypischer Pflanzen abnehmen (z. B. Kartoffeln [*Solanum tuberosum L.*] oder Zuckerrübe [*Beta vulgaris subsp. vulgaris var. altissima*]). In diesen Kulturen kommen ebenfalls Neonicotinoide zur Anwendung.

Sonstige Expositionswegen

Neonicotinoide finden unter anderem auch in der Tierhaltung (Floh Halsbänder bei Hunden (*Canidae*); Anwendung gegen Fliegen im Stall), im Zierpflanzenbau (Schutz gegen Blattläuse) und im Hausgarten (Ameisenköder; sowie Schutz gegen Blattläuse) Anwendung. Auch hier findet eine Exposition von Nichtzielinsekten statt.

Zusammenfassung Expositionswege

Aus den Beobachtungen in der Praxis und der systemischen Wirkung ergeben sich folgende effektive Expositionswege, bei denen Nichtzielinsekten in Berührung mit Neonicotinoiden oder anderen systemischen Pflanzenschutzmitteln kommen.

- Offen herumliegendes Saatgut / Nichteinhaltung der Guten Fachlichen Praxis
- Nektar und Pollen von blühenden Kultur- und Wildkräutern
- Beizstäube
- Guttationswasser
- Zuckerhaltige Ausscheidungsprodukte von Aphidina, Coccina, Psyllina, Aleyrodina
- Spritzungen mit Neonicotinoiden
- Sonstige bisher unbeachtete Expositionswege

4. Neonicotinoide und Naturhaushalt

Neonicotinoide und Apis mellifera

Das offen herumliegende mit Neonicotinoiden gebeizte Saatgut ist als Risiko von der Zulassungsstelle, dem Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, erkannt worden. So heisst es wie folgt in den Anwendungsbestimmungen der Zulassung für Poncho mit dem Wirkstoff Clothianidin.

Zitat:

„NT679: Das Mittel ist giftig für Vögel; deshalb dafür sorgen, dass kein Saatgut offen liegen bleibt. Vor dem Ausheben der Schare Dosiereinrichtung rechtzeitig abschalten, um Nachrieseln zu vermeiden.“

Die Toxizität der des offen herumliegenden Saatguts besteht jedoch nicht nur für Vögel, sondern auch für Insekten.

Die Honigbiene *Apis mellifera* benötigt pro Bienenvolk während der Brutsaison in etwa 180 g Wasser pro Tag. Dazu werden 18.000 Flüge aufgewandt (LÄNDERINSTITUT FÜR BIENENKUNDE). Dabei bevorzugen Honigbienen (*Apis mellifera*) mineralstoffhaltige Lösungen (PISCITELLI 1959), weswegen Honigbienen unter anderem auf dem Boden befindliche Wasserpfützen anfliegen. Die Beize des offen herum liegenden Saatguts wird beim nächsten Niederschlag abgewaschen und findet sich anschließend in hohen Konzentrationen in diesen Pfützen wieder. In einem Hopfenbaugebiet in Bayern wurden in einem kleinen Bach Konzentrationen von 0.9 µg/l Imidacloprid gefunden – Schwebteile enthielten sogar bis zu 344 µg/kg Imidacloprid (HOMMEN 2004). Je nach Intensität der Landwirtschaft ist mit lokalen kurzfristig hohen Konzentrationen in flachen Wasserstellen zu rechnen. Insekten, die ihren Wasserbedarf aus diesen Wasserstellen bedienen, sind den Neonicotinoiden in hohen Konzentrationen ausgesetzt.

Die Schwierigkeit ökotoxikologischer Messungen besteht darin, am richtigen Ort zu richtigen Zeit zu messen (HOMMEN 2004). Zeitliche und lokale hohe Konzentrationen sind daher möglich und bleiben unter Umständen unerkannt.

Im Datenblatt für Poncho mit dem Wirkstoff Clothianidin ist folgendes zu lesen:

Zitat:

„NT677: Verschüttetes Saatgut sofort zusammenkehren und entfernen.“

Die Praxis zeigt, dass es fast nicht zu verhindern ist, dass Saatgut offen herumliegt. Es stellt sich die Frage, ob hier ausreichend geprüft wird, was an Anwendungsbestimmungen und Auflagen für die Zulassung gefordert wird. Hier ist die Umsetzung der vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit aufgestellten „Guten Fachlichen Praxis“ (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ 2006) gefragt, sowie die Sensibilisierung der Anwender für die möglichen Risiken. Eine einfache Umsetzung wäre ein detailliertes Informationsblatt zu jedem Kauf.

Mit der Umsetzung der „Guten Fachlichen Praxis“ sind die folgenden Risiken jedoch nicht behandelt.

Die Neonicotinoide gelangen mit dem Saatgut in den Schoß der Erde, wo sich der Wirkstoff in dem Bereich des Saatkorns ausbreitet. Laut den Angaben des Bundesamts für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit werden jährlich 108.859 Tonnen Pflanzenschutzmittel abgegeben. Davon sind allein 13.585 Tonnen Insektizide, Akarizide und Pheromone. CLOTHIANIDIN und IMIDACLOPRID fanden sich im Jahr 2007 in der Kategorie 25-100 Tonnen der im Inland abgegebenen Pflanzenschutzmittel. (BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT 2007). Daraus folgt eine Abgabe von jeweils 25-100 Tonnen allein dieser beiden neonicotinoiden Wirkstoffe in Deutschland.

Die Ausbringung dieser systemisch-wirkenden Neonicotinoide ist also additiv zu den bisher ausgebrachten Pflanzenschutzmitteln zu sehen. In Deutschland sind 257 Wirkstoffe in der Anwendung (BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT 2007). Das erzeugt ein „Grundrauschen“ an Pflanzenschutzmitteln im Naturhaushalt, der sich auch in den Honigbienenstöcken niederschlägt. Das DEUTSCHE BIENENMONITORING stellte 42 verschiedene Pflanzenschutzmittel im Bienenbrot fest. Das häufigste Insektizid neben COUMAPHOS war das Neonicotinoid THIAACLOPRID mit einer gemessenen maximalen Konzentration von 199 µg/kg (MONITORING-Projekt „VÖLKERVERLUSTE“ 2008).

Das „Grundrauschen“ bestätigt sich in ähnlichen Studien, wie sie in Frankreich und in den USA durchgeführt wurden. In Frankreich wurden 16 verschiedene Insektizide und Akarizide im Wachs gefunden (CHAUZAT & FAUCON 2007), sowie 19 verschiedene Insektizide und Akarizide im Pollen (CHAUZAT et al. 2006). In den USA wurden in einer Untersuchung der COLONY COLLAPSE DISORDER GROUP, die das Honigbienensterben untersucht, im Pollen 46 verschiedene Pflanzenschutzmittel gefunden (FRAZIER et al. 2008 in prep.).

Das „Grundrauschen“ der Pflanzenschutzmittel findet sich auch in den Berichten des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit wieder (BUNDESAMTES FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT 2005) – allerdings in Nahrungsmitteln des Menschen.

In einer Veröffentlichung eines Herstellers von Neonicotinoiden wird folgendes festgestellt.

Zitat:

„Honeybees may be exposed to a seed-dressing agent via ingestion of nectar and/or pollen from seed-treated crop plants. Honeybees, however, may be sublethally affected if they intensively forage on seed-dressed crop plants over longer periods. On a short-term scale sublethal residue levels may affect foraging intensity, food consumption and orientation capability. On a long-term scale, hive development including the egg-laying performance of the honeybee queen may be impaired. For highlighting potential sublethal impacts of clothianidin to honey-bees several tunnel and field tests were performed which examined various testing endpoints.“

(SCHMUCK & KEPPLER 2003)

Die subletale Wirkungsmechanismen der Neonicotinoide wurden in weiteren Studien bestätigt. ACETAMIPRID beeinflusst in subletalen Konzentrationen das Verhalten der Honigbiene (*Apis mellifera*). Das Langzeitgedächtnis/der Geruchssinn und die Lernfähigkeit wurde bei einer subletalen Konzentration von 0.1 µg ACETAMIPRID/Honigbiene gestört (orale Applikation). (EL HASSANI et al. 2008; DECOURTYE et al. 2004; DECOURTYE et al. 2004b). Bei einer Gabe von IMIDACLOPRID in einer Konzentration von 50 µg/Liter wurde ein abnormales Verhalten bei der Futtersuche gefunden (YANG et al. 2008). Die Kommunikation der Honigbienen

mit Hilfe des Bienentanzes wurde ebenfalls durch die Gabe von IMIDACLOPRID gestört (KIRCHNER 1999). Eine gestörte Kommunikation ruft eine Störung des sozialen Verhalten hervor (MEDRZYCKI 2003). Die Entwicklungszeit der Honigbienenbrut wird durch subletale Dosen IMIDACLOPRID verlängert (TOTH 2008 in prep.).

Die chronische Gabe von nicht-akut tödlichen Konzentrationen des Neonicotinoid FIPRONIL in einer Konzentration von 0.1 ng/Honigbiene erwies sich nach einer Woche als tödlich für alle Bienen. FIPRONIL in der Konzentration von 0.01 ng/Honigbiene verursachten signifikant höhere Ruhepausen und Wasseraufnahme bei den Honigbienen. Bei einem Test ihres Geruchssinn konnten sie nicht mehr zwischen bekannten und unbekannt Gerüchen unterscheiden. Auch THIAMETHOXAM verursachte bei einer Konzentration von 0.1 ng / Honigbiene ein Verlust des Geruchssinns oder einen signifikanten Verlust der Lernfähigkeit bei 1 ng/Honigbiene (ALIOUANE et al. 2009).

Die Konzentration von 0.01–1.0 ng/Honigbiene wird auch von SUCHAIL als chronic LD50 für IMIDACLOPRID gefunden (SUCHAIL et al. 2001).

Des weiteren wird IMIDACLOPRID eine ovizide Eigenschaft bei Insekten zugesprochen (ELBERT et al. 1991).

Neonicotinoide im Nektar und Pollen

Eine französische Studie fand bei einer Applikation 1,0 mg IMIDACLOPRID/Saatkorn bis zu 13 ppb IMIDACLOPRID im Sonnenblumenpollen (*Helianthus annuus L.*) (LAURENT & RATHAHO 2003). Im Nektar von Sonnenblumenpollen fanden sich bis zu 10 ppb IMIDACLOPRID (TASEI et al., 2001). BONMATIN stellte bei einer Applikation von 0,7 mg IMIDACLOPRID/Saatkorn im Mais (*Zea mays L.*) eine durchschnittliche Konzentration von 2,1 ppb im Pollen und 6,6 ppb in den männlichen Blütenrispe fest. Die Ergebnisse ähneln den Ergebnissen aus dem Raps (*Brassica napus L.*) und Sonnenblumen (*Helianthus annuus L.*) (BONMATIN et al. 2005).

Mit IMIDACLOPRID behandelte Buchweizen (*Fagopyrum esculentum L.: Polygonaceae*) brachte 16 ppb IMIDACLOPRID in den Blüten hervor (KRISCHIK et al. 2007).

In Sämlingen der Zuckerrübe (*Beta vulgaris subsp. vulgaris var. altissima*) wurden drei Wochen nach der Keimung in den Blättern 15,2 ppm gefunden. Das Saatgut wurde mit 0,9 mg IMIDACLOPRID/Saatkorn behandelt (WESTWOOD et al. 1998; ROUCHAUD et al. 1994).

CLOTHIANIDIN verhält sich ähnlich und wird in Konzentrationen von unter 0,010mg a.s. / kg (< 10 ppb) im Nektar und Pollen gleichermaßen gefunden (SCHMUCK & KEPPLER 2003).

Dies setzt alle bestäubenden Insekten der Kontamination durch Neonicotinoide aus. Dies gilt für windbestäubende Pflanzen gleichermaßen, da diese auch von bestäubenden Insekten aufgesucht werden, wie weiter oben beschrieben wurde. Der Mais (*Zea mays L.*) blüht 1-1,5 Monate. Ein Honigbienenvolk sammelt in Gebieten mit großflächigem Maisanbau 10-20 kg Maispollen pro Jahr. Dort stellt der Maispollen 80-90% der Pollenversorgung. (ODOUX et al. 2004). Der Maispollen stellt in den Maisanbaugebieten in Baden-Württemberg den größten Teil der Wintervorräte an Pollen.

Honigbienen (*Apis mellifera*) kommen auf diese Weise über einen Zeitraum von mindestens 1-1,5 Monate (Maisblüte) bis zu einem Jahr (eingelagerter Pollen) in Berührung mit subletalen und chronischen Dosierungen von Neonicotinoiden. Dies gilt für den Mais (*Zea mays L.*). Die Anwendung von Neonicotinoiden findet jedoch auch in anderen Kulturen statt. Beispielhaft seien hier Raps (*Brassica napus L.*), Zuckerrüben (*Beta vulgaris subsp. vulgaris var. altissima*), Gemüsekulturen und Obstkulturen genannt. Diese werden ebenfalls von Honigbienen und anderen bestäubenden Insekten aufgesucht. Mit der Verbreitung der Neonicotinoiden ist mit einer permanenten Belastung aller bestäubenden Insekten mit diesen systemischen Insektiziden über Pollen und Nektar zu rechnen.

Letale Dosis und chronisch letale Dosis, Apis mellifera

Die letale Dosis LD50 48h bei Honigbienen Apis mellifera von IMIDACLOPRID wird wie folgt beziffert.

8 ng/Honigbiene	EXTOXNET database (Oregon State University, 1998)
5 ng/Honigbiene (oral)	(Suchail et al., 1999)
14 ng/A. m. caucasica (Kontakt) 24 ng/A. m. mellifera (Kontakt)	(Suchail et al., 1999)

Die chronische letale Dosis LD50 chronic bei Honigbienen Apis mellifera von IMIDACLOPRID ist wie folgt.

0.01–1.0 ng/ Honigbiene	(Suchail et al. 2001).
4-8 µg/L	(Dechaume-Moncharmont 2003)

Im Vergleich zu IMIDACLOPRID erweist sich CLOTHIANIDIN als letaler (oral verabreicht). Der LD50 (48h)-Wert von CLOTHIANIDIN bei Honigbienen ist wie folgt.

3.68 ng a.i./Honigbiene	(Pest Management Regulatory Agency Health Canada 2004)
3,79 ng a.s./Honigbiene (oral) 44,26 ng a.s./Honigbiene (Kontakt)	(European Commission Health&Consumer Protection 2005)

a.i. = active ingredient

a.s. = active substance

FIPRONIL erweist sich als äusserst letal in chronischen Dosierungen.

0.1 ng / Honigbiene	(Aliouane et al. 2009)
---------------------	------------------------

Wie viel kontaminierten Pollen und Nektar konsumieren Honigbienen?

ODOUX stellt einen Konsum von 10-20 kg Maispollen pro Jahr und Honigbienenvolk fest (ODOUX et al. 2004). Bei einer Konzentration von 2,1 ppb beim Maispollen (BONMATIN et al. 2005) sind das insgesamt 0,000000021 kg IMIDACLOPRID (21.000 ng IMIDACLOPRID) über Maispollen eingetragener Wirkstoff in einen Honigbienenstock.

Schätzungen einer Studie zufolge konsumieren Honigbienen je nach Alter, Geschlecht und Kaste unterschiedliche Mengen an IMIDACLOPRID über Nektar, Honig und Pollen (RORTAIS et al. 2005). Bei einer veranschlagten Konzentration von 4.75 pg (0,00475 ng) IMIDACLOPRID pro 1 mg Honig/Nektar und 3.4 pg (0,0034ng) pro 1 mg Pollen konsumieren Honigbienenarbeiterinnen als kurzlebige Sommerbiene 0,3 ng IMIDACLOPRID als Larve, 0,5 ng als Wachsproduzent, 1,3-1,9 ng als Brutpflegerin und 1,1- 4,3 ng als Sammlerin. Eine kurzlebige Sommerbiene ist somit einer Gesamtmenge von 3,2 ng bis 7 ng IMIDACLOPRID während ihrer Lebenszeit über den Konsum von Nektar, Honig und Pollen ausgesetzt. Eine Winterbiene ist langlebiger als die Sommerbiene und verbraucht daher wesentlich mehr Pollen und Honig als die Sommerbiene. So nimmt sie 0,3 ng IMIDACLOPRID als Larve, 1,3-1,9 ng IMIDACLOPRID als Brutpflegerin, 1,1-4,3 ng IMIDACLOPRID als Sammlerin und 3,8 ng IMIDACLOPRID als überwinternde Biene auf. Insgesamt konsumiert die Winterbiene 6,5 ng bis 10,3 ng IMIDACLOPRID während ihrer Lebenszeit über den Konsum von Nektar, Honig und Pollen.

Sommerbiene = 3,2 ng bis 7 ng IMIDACLOPRID

Winterbiene = 6,5 ng bis 10,3 ng IMIDACLOPRID

Metabolite

Nicht nur die neonicotinoiden Wirkstoffe selbst, sondern auch deren Metabolite besitzen eine toxische Wirkung auf Insekten. Das Neonicotinoid Thiamethoxam baut sich zu einem weiteren Neonicotinoid (CLOTHIANIDIN) ab (SCHMUCK & KEPPLER 2003). Auf diese Weise verlängert sich das Zeitfenster der toxischen Exposition.

CLOTHIANIDIN zerfällt in Methylguanidine (MG), Thiazolylmethylguanidine (TMG), N-(2-chlorothiazol-5-ylmethyl)-N'-nitro-guanidine (TZNG), N-(2-chlorothiazol-5-ylmethyl)-N'-methylurea (TZMU) und N-methyl-N'-nitro-guanidine (MNG) (SCHMUCK & KEPPLER 2003).

MG ist im Naturhaushalt weit verbreitet und wird als ökotoxikologisch unbedenklich eingestuft (SCHMUCK & KEPPLER 2003). TZNG besitzt einen LD50 von 3,9 µg a.s./Honigbiene bei oraler Verabreichung. TMG besitzt einen LD50 von >151 µg a.s./Honigbiene bei oraler Verabreichung. TZMU besitzt einen LD50 von >113 µg a.s./Honigbiene bei oraler Verabreichung. MNG besitzt einen LD50 von >153 µg a.s./Honigbiene bei oraler Verabreichung (SCHMUCK & KEPPLER 2003).

Nichtzielinsekten und Sonstige

Die Anwendung von IMIDACLOPRID in Gewächshäusern führte zu einer Reduktion der Grünen Florfliege (*Chrysoperla carnea* s.l.), einem Nützling in der biologischen Schädlingsbekämpfung (ROGERS et al. 2007). FIPRONIL zeigt eine hohe Toxizität im Labor auf adulte *Chrysoperla carnea* (MEDINA et al. 2004).

Die Anwendung von IMIDACLOPRID erwies sich als negativ auf die Fitness und das Verhalten des nordamerikanischen Raubkäfers *Coleomegilla maculata*, einem wichtigen Nützling in der biologischen Schädlingsbekämpfung (SMITH et al. 1999).

Auf die Erzwespenart *Anagyrus pseudococci* (Girault) (*Hymenoptera: Encyrtidae*) erwies sich IMIDACLOPRID ebenfalls als toxisch – Verhaltensänderungen und eine reduzierte Überlebensrate waren die beobachteten Folgen. Hier wurde der Wirkstoff von Pflanzen über die Wurzeln aufgenommen und über den Nektar an *Anagyrus pseudococci* (Girault) abgegeben (KRISCHIK et al. 2007). *Anagyrus sp.* ist ein wichtiger Parasit der Schmierläuse (*Pseudococcidae*).

Die Langlebigkeit und das Fouragierverhalten der Brackwespe der Art *Microplitis croceipes* Cresson (*Hymenoptera: Braconidae*) wurde durch systemische Insektizide (IMIDACLOPRID, ALDICARB) negativ beeinträchtigt.

Bei dem Laufkäfer *Harpalus pennsylvanicus* wurde nach Exposition mit Rückständen von IMIDACLOPRID in Rasenflächen festgestellt, dass dieser Lähmungen, Störungen des Bewegungen und exzessives Putzverhalten zeigte. Durch diese Verhaltensstörung war der Laufkäfer Ameisen (*Formicidae*) schutzlos ausgesetzt, welche den Käfer leicht erjagten (KUNKEL et al. 2001).

Bei 18 Laufkäferarten (*Carabidae*) wurde nach Applikation von Neonicotinoiden eine hohe Mortalität (90-100%) festgestellt. Es handelte sich um die Laufkäfer *Agonum cupripenne* (Say), *Agonum muelleri* (Herbst), *Agonum placidum* (Say), *Amara pennsylvanicus* (Hayward), *Anisodactylus sanctaecrucis* (Fabricius), *Bembidion quadrimaculatum oppositum* Say, *Chlaenius tricolor tricolor* Dejean, *Harpalus affinis* (Shrank), *Harpalus caliginosus* (Fabricius), *Harpalus herbivagus* Say, *Harpalus pennsylvanicus* (DeGeer), *Patrobis longicornus* (Say), *Poecilus chalcites* (Say), *Poecilus lucublandus lucublandus* (Say), *Pterostichus melanarius* (Illiger) und *Scarites quadriceps* Chaudoir. Eine Besonderheit ist, dass sich die größeren Laufkäferarten empfindlicher gegenüber den Neurotoxinen zeigten als die kleineren Vertreter (MULLIN et al., 2005).

Populationen einer Gattung der Blumenwanzen *Orius spp.* wurde signifikant durch mit IMIDACLOPRID gebeiztes Saatgut reduziert. Der Verlust des *Orius spp.* könnte dem Europäischen Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*) Vorschub leisten (ALBAJES et al. 2003).

Eine Marienkäferart (*Coccinellidae*), der *Hippodamia convergens* Guerin Meneville, zeigte sich besonders empfindlich gegenüber IMIDACLOPRID im LD sub(50)-Test (mittlere letale Dosis) (KAAKEH et al., 1996).

In Kohlkulturen erwies sich IMIDACLOPRID als äußerst beständig und erwies sich als hochtoxisch auf die nützliche japanische Brackwespe *Aphidius gifuensis* Ashmead (*Hymenoptera: Braconidae*) (KOBORI & AMANO 2004). Die neonicotinoiden Wirkstoffe bleiben erhalten in Blattgemüsen bis in den Supermarkt, wo sie zum Beispiel im Salat wiederzufinden sind (BUNDESAMTES FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT 2005; PRESSEMELDUNG AUS DER SCHWEIZ 2008).

IMIDACLOPRID veränderte das Verhalten der beiden Regenwürmer *Allolobophora icterica* und *Aporrectodea nocturna* bei einer Konzentration von 0.5 or 1 mg kg⁻¹. *Allolobophora icterica* stellte nach 24 Stunden jede Wühlaktivität ein (CAPOSIEZ & BERARD 2006).

Nahrungskreislauf des Menschen

Die Ergebnisse der Untersuchungen des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BUNDESAMTES FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT 2005; BUNDESAMTES FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT 2008) zeigen, dass die Nahrung des Menschen mit Pflanzenschutzmitteln versetzt ist. Neonicotinoide wie IMIDACLOPRID, CLOTHIANIDIN, THIAMETOXAM, THIACLOPRID und ACETAMIPRID finden sich in Supermarkt erhältlichen Lebensmitteln (BUNDESAMTES FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT 2005).

Die Wasserlöslichkeit der Neonicotinoide führt zu einer Ausdehnung im gesamten Umkreis der Ausbringung und laut der Umweltbehörde des New York State (EPA) besteht ebenfalls die Gefahr der Kontaminierung des Grundwassers und damit des Trinkwassers durch Clothianidin.

Zitat UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) 2003:

„The fate and disposition of clothianidin in the environment suggest a compound that is a systemic insecticide that is persistent and mobile, stable to hydrolysis, and has potential to leach to ground water, as well as runoff to surface waters.“

„In addition, there is potential for chronic dietary exposure to clothianidin in drinking water.“

„Potential to Contaminate Groundwater Based on laboratory and field studies, the available data on clothianidin show that the compound is persistent and mobile, stable to hydrolysis, and has potential to leach to ground water and be transported via runoff to surface water bodies.“

5. Diskussion

Neonicotinoide und systemische Insektizide – ein zu hohes Risiko für die Insektenwelt und Naturhaushalt?! Das ist die Frage, die in dieser Diskussion im Kontext des Honigbienensterbens in 2008 in Baden-Württemberg besprochen wird.

Die Ereignisse in Baden-Württemberg sind als dramatisch zu bezeichnen. Während in Deutschland in der Vergangenheit lediglich 350 Honigbienenvölker (60er Jahre) bis 80 Honigbienenvölker (70er Jahre bis 2007) durch Pflanzenschutzmittel oder andere Insektizide vergiftet und gemeldet wurden, schnellte im Jahr 2008 die Anzahl der allein durch das Pflanzenschutzmittel CLOTHIANIDIN in Baden-Württemberg verursachten geschädigten Honigbienenvölker auf 11.000 hoch. Nicht nur in Baden-Württemberg, sondern auch in anderen Teilen Deutschlands, wie in den Neuen Bundesländern, im Raum Passau und Schleswig-Holstein wird von Vergiftungen durch Pflanzenschutzmitteln berichtet. In Italien fand im Frühjahr 2008 fast zeitgleich zu den Schäden in Baden-Württemberg eine Vergiftung durch das Neonicotinoid CLOTHIANIDIN statt.

Seitens der BUNDESREGIERUNG und des BUNDESAMTES FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT (BVL) waren die Ereignisse als ein Unfall und eine Verkettung unglücklicher Umstände erklärt worden (FDP 2008,

BUNDESREGIERUNG 2008, BVL 2008). Die Bundeslandwirtschaftsministerin Frau AIGNER hielt noch am 08.01.2009 weiter an der Aussage der „Verkettung unglücklicher Umstände“ fest (BUNDESLANDWIRTSCHAFTSMINISTERIN 2009). Weiter wird festgestellt, dass die Vergiftungserscheinungen allein auf die Technik der eingesetzten Sämaschinen und auf die mangelhafte Haftung der Beize zurückzuführen sei – hier haben die Firmen unsauber gearbeitet, die solche Beizungen des Saatguts vornehmen.

Die ersten Honigbienenvergiftungen durch Abdrift von neonicotinoiden Beizstäuben wurde in Italien im Jahr 2000 zum ersten Mal beobachtet (GREATTI et al. 2006) und kurz darauf studiert (GREATTI et al. 2003; GREATTI et al. 2006; SCHNIER et al. 2003). Der Hersteller BAYER und die UNIVERSITÄT UDINE untersuchten die Vorgänge damals jeweils für sich. In der Studie von GREATTI et al. werden die Abdrifte als konkrete Gefahr beschrieben und auch konkrete Vorschläge für eine Verringerung der Abdrift vorgeschlagen, zum Beispiel die Anbringung von Filtern bei den pneumatischen Sämaschinen.

Die Studie der BAYER CROP SCIENCE (SCHNIER et al. 2003) kam zum Ergebnis, dass von den Beizstäuben keine Gefahr ausginge und die Gründe für die aufgetretenen Bienenverluste unbekannt sind.

Zitat Schnier et al. 2003:

„This observation in combination with the results of the presented replicated cage study make it very unlikely that the bee colony losses in 2000 were linked to the drilling of Gaucho® dressed corn seeds.“

Die Ergebnisse der Studie von GREATTI et al. wurden im September 2002 auf der INTERNATIONAL COMMITTEE OF PLANT BEE RELATIONSHIP (ICPBR) in Bologna vorgestellt. Der Leiter der BIOLOGISCHEN BUNDESANSTALT (BBA) aus Braunschweig (heute BVL/JKI), sowie fünf Vertreter der deutschen Bieneninstitute nahmen an der ICPBR-Konferenz in 2002 teil. Die Ergebnisse beinhalteten die Beobachtung von Abdrift der Beizmittel bei pneumatischen Sämaschinen und die Kontamination der umgebenden Flora. Eine deutliche Warnung wurde seitens der italienischen Wissenschaftler gegeben, dass der Abrieb und die Abdrift der Beizmittel ein hohes Risiko für Honigbienen darstelle.

Im Jahr 2004 wurden diese Ergebnisse ein weiteres Mal auf der FIRST EUROPEAN CONFERENCE OF APIDOLOGY (EURBEE) diskutiert. Im Jahr 2006 wurde dann von Greatti eine Studie zum Abrieb von Beizmitteln publiziert (GREATTI et al. 2006). Wiederholt wurde dort festgestellt, dass pneumatische Sämaschinen Beizmittelstäube in die umgebende Luft abgeben. Der Abdrift dieser Beizstäube legt sich auf die umgebende Flora nieder und wird dort zur Gefahr für Honigbienen (*Apis mellifera*).

Dass es Abrieb und Abdrift von neonicotinoiden Beizmitteln mit pneumatischen Sämaschinen gibt und dass dieser Mechanismus eine Gefährdung für Honigbienen darstellt, ist also seit dem Jahr 2000 dem Hersteller und spätestens ab dem Jahr 2002 der BBA, heute BVL/JKI bekannt.

Zitat BUNDESLANDWIRTSCHAFTSMINISTERIN FRAU AIGNER Januar 2009:

„Die in diesem Frühjahr aufgetretenen Bienenvergiftungen in Baden-Württemberg sind auf eine bis dahin nicht für möglich gehaltene Verkettung von unsachgemäßer Anwendung des Mittels PONCHO und weiteren ungünstigen Faktoren zurückzuführen.“

Beizstäube stellen jedoch nur ein Expositionsweg dar (der sich in der Praxis nicht auf Null reduzieren lässt – auch nicht mit Filtern und/oder speziellen Sämaschinen). Systemische Insektizide wie die z. B. Neonicotinoide werden über das Wurzelwerk aufgenommen und akropetal über die gesamte Pflanze abgegeben (z. B. Nektar, Pollen, Guttationswasser ...). Alle bestäubenden Insekten, alle pollenfressenden Insekten, alle pflanzensaft-saugenden Insekten (die meisten Schnabelkerfen (*Hemiptera*, *Rhynchota*)), alle Insekten, die Guttationswasser von Pflanzen abnehmen, alle Insekten, die sich von Schnabelkerfen oder deren Ausscheidungen ernähren, sowie Bodeninsekten sind direkt oder indirekt den systemischen Insektiziden exponiert.

Die Exposition zeigt sich nicht nur über Kulturpflanzen, sondern auch über Wildkräuter, welche die aktiven Substanzen über das Erdreich aufnehmen und akropetal in der Pflanze weiterleiten und ausscheiden.

Die Insektenwelt gerät somit während der Aussaat offen und direkt mit den systemischen Insektiziden in Kontakt über Beizstäube und Nichteinhaltung der Guten Fachlichen Praxis. Danach ist die Insektenwelt den systemischen Insektiziden über Pflanzensäfte, Nektar, Pollen und Guttationswasser ausgesetzt. Für staatenbildende Insekten wie die Honigbiene (*Apis Mellifera*) verlängert sich durch Einlagerung von Nektar und Pollen im Honigbienenstock die Exposition.

Imker aus den Ländern USA, Tschechien, Slowakei, Polen, Belgien, Frankreich, Italien und Deutschland berichten von den Auswirkungen der Anwendung. Die Honigbienenvölker zeigen eine zunehmende Mortalität, eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Honigbienenkrankheiten, Änderungen im gesamten Verhalten. Zunehmend werden auch deutliche Vergiftungserscheinungen beobachtet, die typischerweise mit der Anwendung der Neonicotinoide einhergehen. Das sind im Einzelnen eine deutlich schlechtere Entwicklung der Honigbienenvölker im Frühjahr, Missverhältnisse zwischen adulten und jungen Bienen, deutliche Brutschäden und morphologische Missbildungen während der Blüte bestimmter Kulturpflanzen.

Der Deutsche Berufs- und Erwerbsimkerbund (DBIB) hat bereits im Jahre 2006 in einem Schreiben an das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit auf ihre Bedenken hingewiesen und eine Zurücknahme und Überprüfung der Zulassung für neonicotinoide Wirkstoffe gefordert.

Die hohe Toxizität auf Insekten und die dazu benötigten geringen Konzentrationen ergeben ein hohes Risiko für Nichtzielinsekten. Die systemischen neonicotinoiden Insektizide wirken zwar speziell auf den Nicotin-Acetylcholinrezeptor von Insekten, so dass Warmblüter kaum betroffen sind. Innerhalb der Insektenwelt jedoch macht das Insektizid kaum einen Unterschied, so dass hier ein potentiell hohes Risiko für alle Nichtzielinsekten besteht.

Dieses Risiko erhöht sich durch die systemische Wirkung durch Exposition über Nektar, Pollen und Guttationswasser. Das Risiko erhöht sich ein weiteres Mal durch den langsamen Abbau im Naturhaushalt und durch Metabolite, die ebenfalls insektizid sind.

Betrachtet man die Menge an Pollen und Nektar, die ein Honigbienenvolk in einem Jahr benötigt, wird deutlich, dass hier mit der Zulassung von Neonicotinoiden ein schmaler Grat begangen wird. Die geringe benötigte Menge an Neonicotinoiden, die für subletale, letale und/oder chronische Wirkungen benötigt werden, weisen ein hohes Potential für Schäden ausserhalb von Laboren und Experimenten auf. Bisher unbeachtet blieb, dass die Exposition mit unterschiedlich hohen Konzentrationen eine andere Wirkung entfalten kann, als gleich bleibend dosierte Konzentrationen, wie sie in Versuchen appliziert werden. Wechselwirkungen mit anderen Pflanzenschutzmitteln, Metaboliten oder Akariziden sind unbekannt,

Neonicotinoide fügen sich in das Grundrauschen an Pflanzenschutzmitteln ein, so dass die Kombination mit anderen Pflanzenschutzmitteln, insbesondere Insektizide, unerwartete und unerkannte Wirkungen in der Insektenwelt auslösen.

Mit dem Einsatz von Neonicotinoiden werden viele Nützlinge gefährdet, die für einen biologischen Pflanzenschutz sorgen. Integrierter Pflanzenschutz (Integrated Pest Management) verfolgt einen systemaren Ansatz, unter Ausnutzung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen und Wirkungen, und unter Beachtung der Forderungen des Naturschutzes, bei weitgehender Reduzierung der Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß (**MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ online**).

Neonicotinoide verhindern einen systemaren Ansatz durch ihre breitgefächerte Wirkung, insbesondere auf Insekten. Die biologische Nutzung im integrierten Pflanzenschutz – wie durch die Gute Fachliche Praxis (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ BMELV 2006) gefordert – von sogenannten Nützlingen wird damit verhindert. Diese Ansicht teilen mehrere Studien und Empfehlungen, wie folgt zitiert.

„The use of soil-applied systemic insecticide does not appear to be compatible with the use of nectar-feeding insects for biocontrol.“ (KRISCHIK et al. 2007)

„The results reported here indicate that the use of imidacloprid may not be compatible with the coccinellid predator *C. maculata*.“ (SMITH et al. 1999)

„In conclusion, this study indicates that soil applications of imidacloprid adversely affect foraging bumble bees in tomato greenhouses. This would suggest that imidacloprid use is thus incompatible with current greenhouse tomato production, where the bumble bee is depended upon for pollination.“ (MOHAMMAD AL-JABR 1999)

„An imidacloprid seedling drench is not compatible with biological IPM, as the chemical treatment can indirectly kill beneficial insects, or interrupt their natural population growth.“ (MCDUGALL & CREEK 2007)

Durch Wegfall oder Reduzierung von Nützlingspopulationen ist eine Verminderung der Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln nicht zu erwarten. Neonicotinoide und systemische Insektizide sind durch ihre Wirkungsmechanismen inkompatibel mit dem Integriertem Pflanzenschutz (Integrated Pest Management, kurz: IPM).

Die Landwirtschaft hatte nach den Verwüstungen des 2.ten Weltkrieg zunächst die Aufgabe, Nahrungsmittel für die Ernährung der Menschen in Mitteleuropa zu produzieren und diese vor dem Hunger zu bewahren. Daher hiess die Direktive der Gesellschaft an die Landwirtschaft „produzieren, produzieren, produzieren“. Dieser Maßstab für die Landwirtschaft wurde später erweitert zu: „Produziere, so billig wie möglich“. In der heutigen Zeit ändert sich die Einstellung der Verbraucher und der Gesellschaft. Die Produktion der Nahrung soll nun einhergehen mit der Erhaltung des Naturhaushaltes und damit der Lebensgrundlage zukünftiger Generationen. Der Weltagrarbericht der INTERNATIONAL ASSESSMENT OF AGRICULTURAL KNOWLEDGE, SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT (IAASTD 2008) fordert dringlich eine radikale Wende der Agrarpolitik und -forschung, um drohende Hungersnöte zu vermeiden. Der Bericht empfiehlt auf Monokulturen zu verzichten, die einen erhöhten chemischen Pflanzenschutz beanspruchen. Landwirtschaftliche Massenproduktion soll künftig zugunsten von regionaler und klein-strukturierter Produktion vermieden werden. Kleinbäuerliche Strukturen sind die besten Garanten lokaler Ernährungssicherheit und nationaler und regionaler Ernährungssouveränität.

„Business as usual ist schlichtweg keine Option mehr“ (Direktor des IAASTD, BOB WATSON.).

Aus Sicht der Imker ist eine dringende Abkehr von der Anwendung von Neonicotinoiden und anderen systemischen Insektiziden dringlich gefordert, um die Bestäubungssouveränität zu gewährleisten und nachhaltigen Schaden an der Insektenwelt abzuwenden.

6. Zusammenfassung

Nikotin ist ein Pflanzenstoff, der von der Tabakpflanze (*Nicotiana L.*) schon früh Verwendung als Pflanzenschutzmittel fand. Die hohe toxische Wirkung auf Warmblüter jedoch verbot die weitere Anwendung. Die in der Folge entwickelten Neonicotinoide weisen Vorzüge auf, weil sie spezifisch auf den Nicotin-Acetylcholinrezeptor von Insekten wirken und damit den nachteiligen Effekt auf Warmblüter umgehen. Die Toxizität auf Insekten erwies sich als besonders hoch. Die systemische Wirkung in Kombination mit der Ausbringung über die Beize von Saatgut versprach einen Rundumschutz der Kulturpflanze vor beißenden und saugenden Insekten; durch das Verbringen in den Erdboden war zumindest theoretisch eine Kontamination von Nichtzielinsekten ausgeschlossen.

In der Praxis zeigen sich jedoch bei der Anwendung von Neonicotinoiden letale, subletale und chronische Schäden bei den Honigbienen (*Apis mellifera*). Über Nektar, Pollen und Guttationswasser sind Nützlinge und insbesondere die Bestäuber den stark toxischen, neonicotinoiden Insektiziden ausgesetzt. Die Konzentrationen, denen die Insekten ausgesetzt sind, variieren durch Bedingungen aus der Praxis. Leider bieten die LD50- und chronic LD50-Werte für die gängigen Neonicotinoide nicht genügend Spielraum für schwankende Feldbedingungen, so dass Schäden am Naturhaushalt, insbesondere der Insektenwelt, nicht nur wahrscheinlich sind, sondern abzusehen.

Eine Anpassung der Zulassungsverfahren an neuartige Pflanzenschutzmittel, wie systemisch wirkende Pflanzenschutzmittel, scheint nicht nur angebracht, sondern dringend geboten. Die Verantwortung der zuständigen Behörden sowie die notwendige Vorsicht ist hier gefragt.

Die Risikobewertung der Zulassungsverfahren könnte um weitere sinnvolle Kennzahlen zur Risikobewertung systemischer Insektizide erweitert werden. Eine in Frankreich entwickelte und mittlerweile in den USA und Italien diskutierte Kennzahl wäre das sogenannte PEC/PNEC-Verhältnis. Ein Risiko bestimmt sich somit wie folgt.

$$\text{Risiko} = \text{PEC} / \text{PNEC}$$

Diese Kennzahl würde das Verhältnis zwischen der *Predicted Environmental Concentration* (PEC) und der *Predicted No Effect Concentration* (PNEC) aufzeigen. Der daraus resultierende Wert sollte nicht über 1 liegen, sobald dieser Wert über 1 liegt ist das Risiko der Anwendung zu hoch. In diesem Fall wäre die zu erwartende Konzentration im Naturhaushalt höher als die Konzentration, die Wirkungen beim Nichtzielinsekt verursacht. In Verbindung mit der Kennzahl *Toxicity Exposure Ratio* TER würde das Risiko der Schädigung systemisch wirkender Pflanzenschutzmittel besser einschätzen lassen (ALIX & VERGNET 2007).

Weitere Kennzahlen sollten Voraussetzung für Zulassungsverfahren werden. Die Auswirkungen systemischer Insektizide sollte geprüft werden, ob sie ...

- die Arbeitsteilung der Honigbienen,
- das Fouragierverhalten,
- das Lernverhalten,
- das Schwarmverhalten,
- die Wachsproduktion,
- die Fähigkeit des Honigbienenvolkes die Honigbienenkönigin selbst zu erneuern,
- die Fähigkeit der Honigbienenkönigin Eier zu legen,
- die Erkennung der Zugehörigkeit der eigenen Mitbewohner des Bienenstocks

...beeinflussen (THOMPSON 2003). Die oben genannten Eigenschaften sind notwendig für ein Funktionieren des „Superorganismus Honigbienenvolk“. Pflanzenschutzmittel haben das Potential alle der genannten Ei-

genschaften negativ zu beeinflussen, insbesondere die neurotoxisch wirkenden Neonicotinoide. Um das Überleben eines komplexen „Superorganismus Honigbiene“ zu gewährleisten müssen alle wichtige Funktionen, insbesondere das durch Verhalten gebildete Immunsystem der Honigbienen, gewährleistet und mit in die Risikobewertung einbezogen werden. Die Risikobewertung sollte zwangsläufig mit Langzeitbeobachtungen unter Feldbedingungen kombiniert werden, sowie alle Lebensstadien vom Ei zur adulten Honigbiene umfassen.

Die Honigbiene (*Apis mellifera*) eignet sich gut als Indikator für das Funktionieren eines Ökosystems. Sie sammelt in einem weiten Radius Nektar, Pollen und Wasser und verbringt die Stoffe aus dem Naturhaushalt an einem zentralen Punkt, dem Honigbienenstock. Dort können dann Umweltanalysen eines Gebietes an einem zentralen Punkt durchgeführt werden, da die Stoffe in den Bienenkörpern, im Honig, Pollen, Nektar, Wachs und im Propolis wiederzufinden sind. Wasserlösliche Stoffe werden über den Nektar gespeichert, fettlösliche Stoffe im Wachs.

Durch die Konzentration der im Naturhaushalt kursierenden Stoffe im Bienenstock und der Empfindlichkeit der Honigbienen gegenüber Pflanzenschutzmitteln, insbesondere Insektizide (JOHANSEN & KLEINSCHMIDT 1972; ATKINS 1975; DEVILLERS et al. 2002; STEFANIDOU et al. 2003) eignet sich die Honigbiene als Frühwarnindikator für das gesamte Ökosystem, insbesondere für die Insektenwelt. Die Empfindlichkeit der Honigbiene (*Apis mellifera*) gegenüber Insektiziden ist begründet durch eine eingeschränkte Fähigkeit zur Entgiftung. Die verminderte molekulare Entgiftungsfähigkeit ist genetisch bedingt (CLAUDIANOS et al. 2006).

Die Honigbiene (*Apis mellifera*) wurde schon mehrfach für Umweltanalysen herangezogen. Die Messung der Luftverschmutzung durch Schwefeldioxid SO_2 (PONIKVAR et al. 2005), die Messung der Belastung mit Schwermetallen (CONTI & BOTRÈ 2001) und die Erfassung von Pestiziden einer Region in Griechenland (BALAYIANNIS & BALAYIANNIS 2008) wurden mit Hilfe der Honigbiene (*Apis mellifera*) und ihrer Produkte durchgeführt.

Dass Honigbienenvölker in jüngster Zeit kollabieren und durch die betreuenden Imker Warnungen bezüglich der systemischen Insektizide ausgesprochen werden, sollte vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt werden als dies in der Vergangenheit geschah.

Neonicotinoide und neuartige systemische Pflanzenschutzmittel sind nicht alleine an dem Niedergang der Honigbiene beteiligt. Vielmehr kollabiert der Naturhaushalt an der Lebensweise des Menschen. Um den Naturhaushalt als Lebensgrundlage für Pflanzen, Tiere und Menschen zu erhalten, ist ein Paradigmenwechsel der Gesellschaft erforderlich. Der Weltagrarbericht der INTERNATIONAL ASSESSMENT OF AGRICULTURAL KNOWLEDGE, SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT (IAASTD 2008) der UNESCO fordert dringlich eine radikale Wende der Agrarpolitik und -forschung.

Diese Wende ist nur mit vereinten Kräften aller Menschen zu bewältigen. Die Honigbiene (*Apis mellifera*) mag stellvertretend für die gesamte Insektenwelt sprechen. Eine Weiterentwicklung der Pflanzenschutzmittel in Richtung der Neonicotinoide und systemischer Insektizide ist nicht zu vereinen mit dem Integrated Pest Management, wie es der Guten Fachlichen Praxis (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ BMELV 2006) entspricht. Die Weiterentwicklung systemischer Wirkstoffe würde sich gegen die Bemühungen richten, die der Weltagrarbericht propagiert und steht in Widerspruch zur Zukunft der Welt-Agrarpolitik.

Wie vormals das Pflanzenschutzmittel Nicotin bewertet wurde, sind heute mit heutigen Maßstäben die Neonicotinoide zu bewerten.

„Aufgrund der Schäden, die bei Einsatz von Neonicotinoiden in der Umwelt und im Naturhaushalt entstehen können, sowie der Gefahren für Mensch und Tier, darf dieses Mittel in Deutschland nicht angewendet werden.“