

**Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt
für Land- und Forstwirtschaft
Berlin-Dahlem**



**100 Jahre Pflanzenschutzforschung
Pflanzenschutz und Naturhaushalt**

**100 Years Research in Plant Protection
Plant protection and environment**

Zusammengestellt von

Dr. Heidrun Vogt

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Pflanzenschutz im Obstbau,
Dossenheim

Heft 346

Berlin 1998

*Herausgegeben
von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Berlin-Dahlem*

Parey Buchverlag Berlin
Kurfürstendamm 57, D-10707 Berlin

ISSN 0067-5849

ISBN 3-8263-3200-8

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

100 Jahre Pflanzenschutzforschung =

One hundred years research in plant protection

Pflanzenschutz und Naturhaushalt / zsgest. von Heidrun Vogt – Berlin: Parey, [in Komm.], 1998.

(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 346)

ISBN 3-8263-3200-8

© Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

1998 Kommissionsverlag Parey Buchverlag Berlin, Kurfürstendamm 57, 10707 Berlin Printed in Germany by Arno Brynda, Berlin

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

| | | |
|---|---|----|
| F. Klingauf | Vorwort _____ | 5 |
| J. Siebers und D. Gottschild | Pflanzenschutzmittel in der Atmosphäre - Eintrag, Exposition, Deposition, Modelle _____ | 7 |
| R. Spangenberg , M. Streloke, H. Rothert | Prüfung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Wasserorganismen im Zulassungsverfahren _____ | 27 |
| C. Kula, R. Forster G. Joermann, H. Ehle | Prüfung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf terrestrische Nichtzielorganismen _____ | 35 |
| D. Brasse | Zur historischen Entwicklung des Bienenschutzes _____ | 43 |
| S. A. Hassan | Prüfung der initialen Wirkung sowie der Schadwirkungsdauer von Pflanzenschutzmitteln auf Eiparasiten der Gattung <i>Trichogramma</i> _____ | 53 |
| H. Vogt | Erarbeitung, Optimierung und Validierung von Methoden zur Prüfung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nutzorganismen am Beispiel von <i>Chrysoperla carnea</i> (Neuroptera, Chrysopidae) _____ | 69 |
| S. A. Hassan | Die Anwendung von Eiparasiten der Gattung <i>Trichogramma</i> im biologischen Pflanzenschutz in Deutschland - Geschichte, Erfolge und Aussichten für die Zukunft _____ | 83 |

| Contents | Page |
|---|---|
| F. Klingauf | Preface _____ 5 |
| J. Siebers und D. Gottschild | Pesticides in the atmosphere - entry, exposure, deposition, modelling _____ 7 |
| R. Spangenberg , M. Streløke, H. Rothert | Effects of plant protection products on water-organisms within the registration procedure _____ 27 |
| C. Kula, R. Forster G. Joermann, H. Ehle | Effects of plant protection products on terrestrial non-target organisms _____ 35 |
| D. Brasse | On the historical development of honey-bee protection at the Federal Research Centre for Agriculture and Forestry _____ 43 |
| S. A. Hassan | The side effects of pesticides (initial and persistence) on egg parasitoids of the genus <i>Trichogramma</i> _____ 53 |
| H. Vogt | Development, improvement and validation of methods for testing side effects of pesticides on beneficial organisms exemplified with <i>Chrysoperla carnea</i> (Neuroptera, Chrysopidae) _____ 69 |
| S. A. Hassan | The utilisation of egg parasitoids of the genus <i>Trichogramma</i> in biological control - History, achievements and future outlook _____ 83 |

Vorwort

Am 28. Januar 1998 begeht die *Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* (BBA) die einhundertste Wiederkehr ihres Gründungstages. Sie entstand zunächst als *Biologische Abteilung für Land- und Forstwirtschaft* am Kaiserlichen Gesundheitsamt in Berlin. Das vorliegende Heft der „*Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*“ ist Teil einer Sonderserie von Titeln, die anlässlich des 100jährigen Bestehens der BBA herausgebracht werden.

Dabei wenden die einzelnen Beiträge ihren Blick nicht nur in die Vergangenheit, um die vielfältig geleisteten Aufgaben und Erfolge oder die wechselvolle Geschichte der Biologischen Bundesanstalt aufzuzeigen, vielmehr sollen aus dem Selbstverständnis der BBA-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter heraus, die sich seit nunmehr 100 Jahren für die Land- und Forstwirtschaft einsetzen, auch Probleme des Pflanzenschutzes der Gegenwart angesprochen und Prognosen für die Zukunft gewagt werden. In gebotener Kürze werden die oft komplexen Zusammenhänge im phytosanitären Geschehen und die Suche nach Lösungsansätzen für eine „gesunde Pflanze“ aus der Sicht einzelner Fachrichtungen behandelt.

Für die Aktivitäten der BBA zum Pflanzenschutz sind – mit zwei Ausnahmen – heute noch die gleichen Zielrichtungen gültig, wie sie in der Gründungsdenkschrift von 1898 niedergelegt wurden. Es waren insbesondere:

1. Erforschung der Lebensbedingungen und Bekämpfung der tierischen und pflanzlichen Schädlinge der Kulturpflanzen;
2. Studium der Nützlinge aus dem Tier- und Pflanzenreich;
3. Studium der für die Landwirtschaft im allgemeinen nützlichen und schädlichen Mikroorganismen;
4. Beschäftigung mit den durch anorganische Einflüsse, z. B. durch Rauch- und Hüttengase, hervorgerufenen Schädigungen der Land- und Forstkulturen;
5. Forschungen auf den Gebieten der Bienenzucht und der Fischzucht;
6. Sammlung, Sichtung und Veröffentlichung statistischen Materials über das Auftreten der wichtigsten Pflanzenkrankheiten im In- und Ausland; Sammlung der internationalen Literatur und Erstellung eines „referierenden Organs“;
7. Veröffentlichung gemeinverständlicher Schriften und Flugblätter betreffend die wichtigsten Pflanzenkrankheiten, Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und praktischer Landwirtschaft mit alljährlich abzuhaltenden Konferenzen;
8. endlich könnten auch die deutschen Schutzgebiete in den Bereich der Tätigkeit eingeschlossen und Sachverständige, welche später an Ort und Stelle weiter zu arbeiten hätten, ausgebildet werden.

Die Punkte 5 und 8 verloren schon früh ihre Gültigkeit. An deren Stelle trat aber um so mehr die Zusammenarbeit der *Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft* mit dem *Deutschen Pflanzenschutzdienst*. Auch Aktivitäten zu tropischen und subtropischen Pflanzenschutzproblemen wurden mit neuen Fragestellungen fortgesetzt.

Die „*Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*“, die bereits seit dem Jahre 1906 als Veröffentlichungsorgan zur Verfügung stehen, sollen auch nun wieder für die Jubiläumsbeiträge genutzt werden. Sind sie doch ein Spiegelbild der 1898 gegründeten Forschungsanstalt. Bereits zum 75jährigen Bestehen der BBA erschien in dieser Reihe eine kurze Chronik ihrer Geschichte. Für die Wahl der „*Mitteilungen*“ zur Veröffentlichung der BBA-Jubiläumsbeiträge gibt bereits ein Vorwort zum Heft 1 vom Mai 1906 eine zukunftssträchtige Deutung. Dort heißt es:

„ ... (Die Mitteilungen) werden in zwanglosen, fortlaufend nummerierten Heften erscheinen, die einzeln zu einem billigen Preise käuflich sind, und werden in allgemeinverständlicher Form über die Ergebnisse aller von der Anstalt durchgeführten Untersuchungen, gelegentlich aber auch über besonders wichtig erscheinende, dort noch nicht bearbeitete Fragen berichten.“

In dem zitierten Sinne sollen die vorliegenden Jubiläumsbeiträge in den „*Mitteilungen*“ helfen, bestehende Informationslücken zu schließen. Als Präsident der BBA wünsche ich hierzu viel Erfolg.

Braunschweig, den 28. Januar 1998

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'F. Klingauf', with a stylized flourish at the end.

Prof. Dr. F. Klingauf

J. SIEBERS und D. GOTTSCHILD

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik
Fachgruppe Chemische Mittelprüfung

Pflanzenschutzmittel in der Atmosphäre - Eintrag, Exposition, Deposition, Modelle

Abstract: Pesticides in the atmosphere - entry, exposure, deposition, modelling. Plant protection products may enter the atmosphere by spray drift, by wind erosion or by post-application volatilisation. Recent investigations of the evaporation of several plant protection products from crops and soil in the field using both disappearance and micrometeorological methods are reported. Furthermore, experimental work on the exposure of bystanders both in glasshouses and in the field were done due to scanty knowledge on this subject. The obtained results are also used to describe the exposure of the environment at all. Once in the atmosphere, plant protection products are carried away from the target area and short, medium or long-range transport may occur. Plant protection products are eliminated from the atmosphere through dry deposition and in precipitation from air. The results of programmes to test rainwater for selected active substances are described. The progress in mathematical and laboratory modelling of spray drift, volatilisation and photochemical degradation processes in the troposphere is discussed taking into account their utility in the authorization procedure. Finally different risk assessments based on concentrations in air, deposition rates and ecotoxicological data are presented.

Einleitung

Pflanzenschutzmittel können bei der Applikation durch Abtrift und danach durch Winderosion und Verflüchtigung in die Atmosphäre gelangen. In der Troposphäre, die mit durchschnittlich 11 km Höhe die untere Schicht der Atmosphäre darstellt und in der sich die Wettervorgänge abspielen, können manche Wirkstoffe unter bestimmten Bedingungen auch über weite Entfernungen transportiert werden, wie Funde in zivilisationsfernen Gebieten belegen (Gregor, 1990). Die wichtigsten Senken in der Troposphäre sind photochemische Oxidation, direkte Photolyse und Niederschläge. Vorgänge in den erdferneren Schichten der Stratosphäre (bis 50 km) sowie der Mesosphäre und Ionosphäre sind nicht Gegenstand dieses Überblicks.

Seit Inkrafttreten des Pflanzenschutzgesetzes vom 15. September 1986 zielt das Verfahren der Zulassung eines Pflanzenschutzmittels auch auf die Vermeidung von Schäden durch Belastung der Luft bei bestimmungsgemäßer und sachgerechter Anwendung oder als Folge einer solchen Anwendung ab.

Aufgrund dieser neuen gesetzlichen Vorgaben begann die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) grundlegende Untersuchungen zu diesem Prüfbereich durchzuführen: Für eine erste orientierende Abschätzung der in die Atmosphäre eingetragenen Menge wurden Verflüchtigungsexperimente im Labor und Freiland mit unterschiedlichen Meßverfahren durchgeführt. Ferner wurden zeitabhängige Konzentrationsprofile zur Expositionsabschätzung von Betriebspersonal und sonstigen Personen ermittelt. Befunde von Pflanzenschutzmitteln in Regenwasser veranlaßten die BBA zu einem Nachsorgemonitoring zu dieser Problematik. Bei der Wirkstoffauswahl für die genannten Projekte wurde deren Bedeutung in der Praxis berücksichtigt. Außerdem wurden einige weniger wichtige Wirkstoffe wegen ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften untersucht.

Neben experimentellen Untersuchungen werden zunehmend mathematische Modelle für die Beschreibung des Verhaltens von Pflanzenschutzmitteln eingesetzt. Möglichkeiten und Grenzen dieser Modelle werden abschließend anhand von Beispielen vorgestellt.

Eintrag

Nach Himmel et al. (1990) trägt die Abtrift, die sich aus sedimentierenden und luftgetragenen Anteilen zusammensetzt, mit weniger als 5 % der applizierten Wirkstoffmasse zum Eintrag in die Atmosphäre bei. Die Winderosion fällt mengenmäßig kaum ins Gewicht, scheint aber eine gewisse Relevanz für den Ferntransport von Pflanzenschutzmitteln (Taylor and Spencer, 1990) zu haben. Durch Verflüchtigung nach der Applikation können wesentlich höhere Anteile in die Atmosphäre gelangen.

Bereits Anfang der achtziger Jahre war bei Arbeiten zur Berechnung von Initialbelägen festgestellt worden, daß in der ersten Phase nach der Applikation eine starke Abnahme der Rückstandskonzentration stattfand, die nicht auf Abbauprozesse zurückgeführt werden konnte (Siebers et al., 1984). In einem vom Umweltbundesamt geförderten Forschungsprojekt wurde dieses Phänomen in der Biologischen Bundesanstalt weiter untersucht (Boehncke et al., 1990):

Die Verflüchtigung wurde in diesem Projekt durch Abnahme der Rückstandskonzentration auf Pflanzen und im Boden bestimmt (indirekte Methode). Geht man davon aus, daß die Wirkstoffkonzentration innerhalb der Zeit t nur durch Verflüchtigung abnimmt, so kann die relative kumulative Verflüchtigung RKV durch folgende Gleichung bestimmt werden:

$$\text{RKV (in \%)} = (R_0 - R_t) \cdot R_0^{-1} \cdot 100$$

wobei R_0 der Rückstand unmittelbar nach der Applikation und R_t der Rückstand zur Zeit t nach der Applikation ist. Mit dieser indirekten Methode wurde die Verflüchtigung einiger Pflanzenschutzmittelwirkstoffe unter Freilandbedingungen und in Modellexperimenten im Labor ermittelt. Bei den untersuchten Wirkstoffen Mevinphos, Lindan und Deltamethrin war die

Verdunstung nach 24 Stunden im wesentlichen abgeschlossen. Die relative kumulative Verflüchtigung wurde mit 12 bis mehr als 90 % im genannten Zeitraum angegeben. Die Verflüchtigung von Blattoberflächen war wesentlich höher als die aus Boden. Dies kann durch die höhere Adsorptionskapazität des Bodens erklärt werden.

Die indirekte Methode darf nur unter der Voraussetzung angewandt werden, daß im betrachteten Zeitraum keine relevanten Abbau- oder Verlagerungsreaktionen stattfinden. Da diese Bedingung nur für wenige Wirkstoffe gilt, stellt die indirekte Methode kein allgemein anwendbares Verfahren für die Messung der Verflüchtigung im Freiland dar. In der Arbeit von Boehncke et al. wird bereits darauf hingewiesen, daß für Mevinphos der Rückstandsverlust nicht zwangsläufig mit der Verflüchtigung gleichgesetzt werden kann. Spätere Messungen der Konzentration in der Luft zeigten, daß dies auch für Deltamethrin zutrifft. Daher wurde auf der Basis der mikrometeorologischen aerodynamischen Profilmethode (Majewski et al. 1990, Philip 1959) in Zusammenarbeit von BBA und Deutschem Wetterdienst ein prinzipiell anderes Meßverfahren weiterentwickelt, bei dem die Verflüchtigung aus Messungen der Wirkstoffkonzentration in der Luft in zwei verschiedenen Höhen sowie meteorologischen Parametern errechnet wird.

Bei dieser direkten Methode geht man davon aus, daß bei genügend großen Applikationsflächen die horizontalen Gradienten der Wirkstoffkonzentration und damit horizontale Transportprozesse gegenüber dem turbulenten Vertikaltransport vernachlässigbar sind. Der vertikale Wirkstoffmassenstrom F bzw. die relative Verflüchtigungsrate zwischen dem unteren (Z_1) und oberen Meßniveau (Z_2) läßt sich aus der Differenz der Konzentrationen C_1 und C_2 in beiden Höhen und einem atmosphärischen Transportwiderstand wie folgt bestimmen:

$$F = (C_1 - C_2) \cdot r^{-1}$$

Der Transportwiderstand r ist eine Funktion der beiden Meßhöhen, der Rauigkeit der Applikationsoberfläche und der Vertikalgradienten von Windgeschwindigkeit und Temperatur (Haenel und Siebers, 1995). Die direkte Methode wurde zur Untersuchung der Verflüchtigung von Lindan aus Boden und von Zuckerrüben eingesetzt. Gleichzeitig wurde auch die indirekte Methode angewandt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 dargestellt.

Nach der Applikation auf Zuckerrüben lag die relative kumulative Verflüchtigung nach 24 h zwischen 58 und 87 %. Es ist eine gute Übereinstimmung von direkter und indirekter Methode zu verzeichnen. Bei den Bodenversuchen ist wegen der stärkeren Adsorption im Vergleich zu den Pflanzenblättern eine deutlich geringere Verflüchtigung zu beobachten, so daß sich die prinzipiell auftretenden probenahmebedingten Schwankungen bei den für Boden ermittelten Werten stärker bemerkbar machen als bei den für Zuckerrüben gemessenen Daten (Siebers et al., 1993).

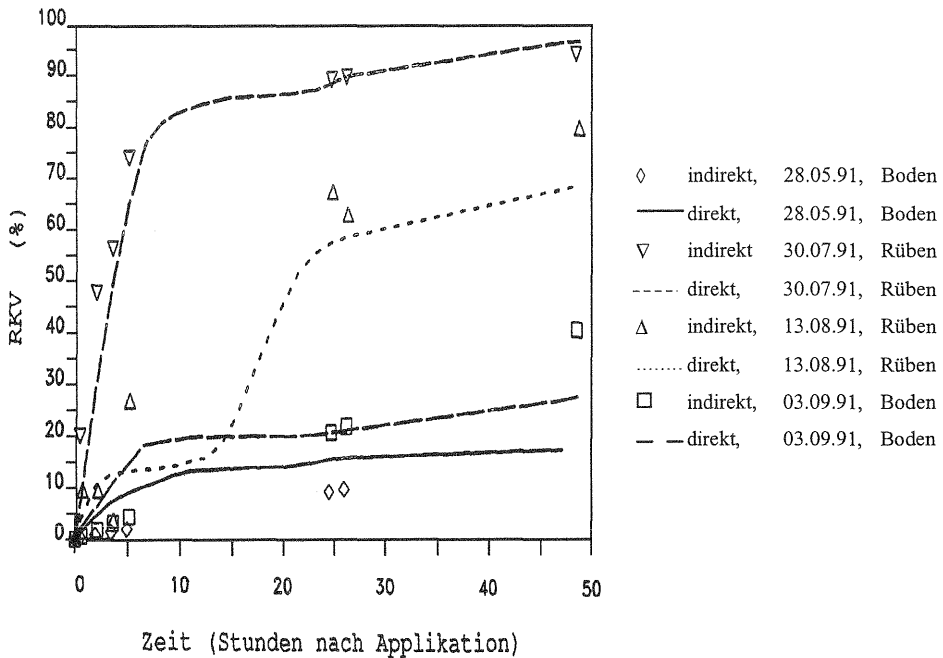


Abb. 1: Relative kumulative Verflüchtigung (RKV) von Lindan nach Anwendung von Nexit stark auf unbewachsenem Boden und Zuckerrüben.

Ergebnisse aus Freilandmessungen anderer Arbeitsgruppen zeigen hohe Verflüchtigungsraten für Chlordan, Dieldrin, EPTC, Heptachlor, Lindan und Trifluralin, wobei eine starke Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen sowie von Bodenparametern und den Kulturen ermittelt wurde (Taylor und Spencer, 1990).

Exposition von Mensch und Umwelt

Bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln kann ein Teil der Behandlungsflüssigkeit mit dem Wind oder dem Gebläseluftstrom aus der Behandlungsfläche ausgetragen werden und zur Kontamination von angrenzenden Kulturen und Gewässern führen. Die entfernungsabhängigen Expositionswerte, die sich aus dem sedimentierten Anteil der Abtrift ergeben, sind von Ganzelmeier et al. (1995) dargestellt worden.

Manche Pflanzenschutzmittel können am Applikationsort während oder kurz nach der Applikation Konzentrationen in der Luft erreichen, die für Menschen gesundheitlich bedenklich sind, sofern

keine Atemschutzmaßnahmen getroffen werden. Die Anwender sind den in der Luft befindlichen Pflanzenschutzmitteln am stärksten ausgesetzt. Aus diesem Grunde wurde bereits früh ein Konzept zum Schutz der Anwender entwickelt (Batel et al., 1990), das im Zulassungsverfahren Anwendung findet. Über die Exposition von Personen durch Verflüchtigung nach der Applikation, z. B. bei Kulturarbeiten, wurde bisher wenig geforscht.

Bei dieser Problematik sind Arbeiten in Gewächshausanlagen als kritischer einzustufen als Freilandarbeiten, da im Gewächshaus der Abtransport verflüchtigter Pflanzenschutzmittel eingeschränkt ist. Daher wurden von der Biologischen Bundesanstalt Versuche mit dem Ziel durchgeführt, die potentielle inhalative Exposition in Gewächshäusern zu ermitteln. Nach praxisüblicher Applikation von Pflanzenschutzmitteln auf Gurken, Tomaten, Chrysanthemen und Begonien wurden die Wirkstoffkonzentrationen in der Luft über mehrere Tage in 1.6 - 1.7 m Höhe bestimmt (Siebers et al., 1994, Siebers und Mattusch, 1996). Die Maximalkonzentrationen in der Luft lagen für die einzelnen Wirkstoffe im Gewächshaus zwischen 0,28 und 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, die Mittelwerte am ersten Arbeitstag nach der Applikation zwischen 0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abb. 2). Das unterschiedliche Verhalten der Wirkstoffe kann durch die Parameter Wirkstoffaufwand, Dampfdruck und Blattadsorption erklärt werden. Außerdem sind die Gewächshausbedingungen wie Temperatur, Lüftung und Art des Pflanzenbestandes ebenfalls als wichtige Faktoren anzusehen. Nach der Applikation fielen die Konzentrationen nicht kontinuierlich ab, sondern zeigten Maxima und Minima, die von Temperatur und Luftaustausch beeinflusst werden (Abb. 3).

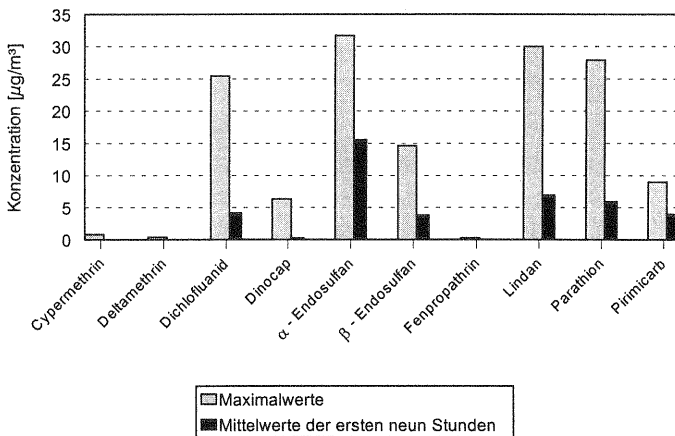


Abb. 2: Konzentrationen von Wirkstoffen in Gewächshausluft nach praxisüblichen Pflanzenschutzmittelanwendungen in Gemüse- und Zierpflanzenkulturen unter Glas (Ergebnisse aus 1 - 6 Versuchen pro Wirkstoff)

Beispielhaft ist der zeitliche Verlauf der Wirkstoff-Konzentration in der Luft wie in Abbildung 4 für Lindan dargestellt. Der zeitliche Verlauf der Lindan-Konzentration in der bodennahen Luft wurde sehr stark durch das turbulente Austauschverhalten dieser Luftschicht beeinflusst. So führen windschwache Verhältnisse, insbesondere nachts, zu einer deutlichen Zunahme der Lindankonzentration, da der horizontale Abtransport in diesem Fall erheblich vermindert ist. Die Maxima und Mittelwerte der in der Luft gemessenen Konzentrationen für die untersuchten Wirkstoffe können Tabelle 1 entnommen werden.

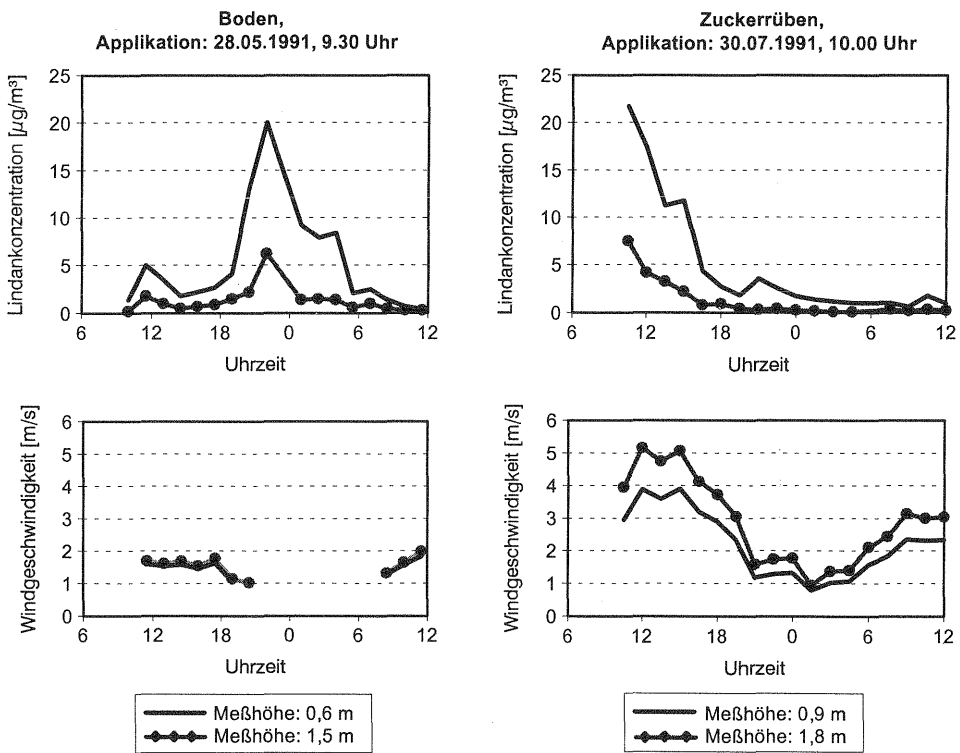


Abb. 4: Konzentration von Lindan in der Luft (Bestandsmitte) nach Anwendung von Nexit stark auf Boden und Zuckerrüben

Vergleicht man die in der Mitte der Applikationsfläche ermittelten Werte mit denen einige Meter außerhalb dieser Fläche in Windrichtung gemessenen, so sind die Werte am Rand nicht regelmäßig wesentlich niedriger. In Zuckerrüben und in der Apfelplantage sind beim Vergleich entsprechender Wirkstoffe die Konzentrationen deutlich geringer als im Gewächshaus (siehe auch Abb. 2).

Tab. 1: Wirkstoffkonzentrationen in der Luft nach praxisüblicher Applikation von Pflanzenschutzmitteln (Höhe: ca. 1,6 m)

| Wirkstoff | Kultur | Anzahl der Versuche | Mitte | | Rand ¹ | |
|-----------------------------------|---------------|---------------------|--|---|--|---|
| | | | Maximalwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Mittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Maximalwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Mittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] |
| Gewächshaus: Endosulfan | Gurken | 2 | 26 | 16 (9h) | * | * |
| | Chrysanthemem | 2 | 44 | 23 (9h) | * | * |
| | Impatien | 1 | 18 | 9,5 (10h) | 8,1 | 2,9 (10h) |
| Freiland: | | | | | | |
| Endosulfan | Apfelplantage | 1 | 4,6 | 1,7 (11h) | 0,36 | 0,25 (11h) |
| Dichlofluanid | Apfelplantage | 2 | 0,55 | 0,30 (11h) | 0,5 | 0,20 (11h) |
| Lindan | Zuckerrüben | 2 | 7,5 | 1,4 (12h) | * | * |
| | Boden | 4 | 6,2 | 1,2 (12h) | * | * |
| Pirimicarb | Getreide | 4 | 0,48 | < 0,10 (12h) | 0,10 | <0,10 (11h) |
| Parathion | Getreide | 4 | 0,41 | 0,10 (12h) | 0,24 | 0,10 (11h) |
| Parathion-methyl | Getreide | 4 | 1,2 | 0,21 (12h) | 0,42 | 0,17 (11h) |
| Fenpropimorph | Getreide | 4 | 1,5 | 0,22 (12h) | 0,48 | 0,15 (11h) |

* nicht untersucht

¹ Abstand von der Applikationsfläche: ca. 5 m

Bei der weiträumigen Verfrachtung der Wirkstoffe sinkt die Konzentration in der Atmosphäre mit zunehmender Entfernung vom Applikationsort durch Verdünnung drastisch ab, wie das Beispiel Endosulfan zeigt: In Gewächshäusern wurden Konzentrationsmaxima von $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen, in einer Obstplantage bis zu $4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (siehe Tab. 1). In den Niederlanden fanden Guicherit und Schulte (1991) im jährlichen Durchschnitt $170 \text{ pg}/\text{m}^3$ mit Spitzenwerten von $1,1 \text{ ng}/\text{m}^3$, und Messungen über dem Persischen Golf und dem Roten Meer zeigten Endosulfanwerte von 3 - $120 \text{ pg}/\text{m}^3$ (Bidleman and Leonard, 1991).

Deposition

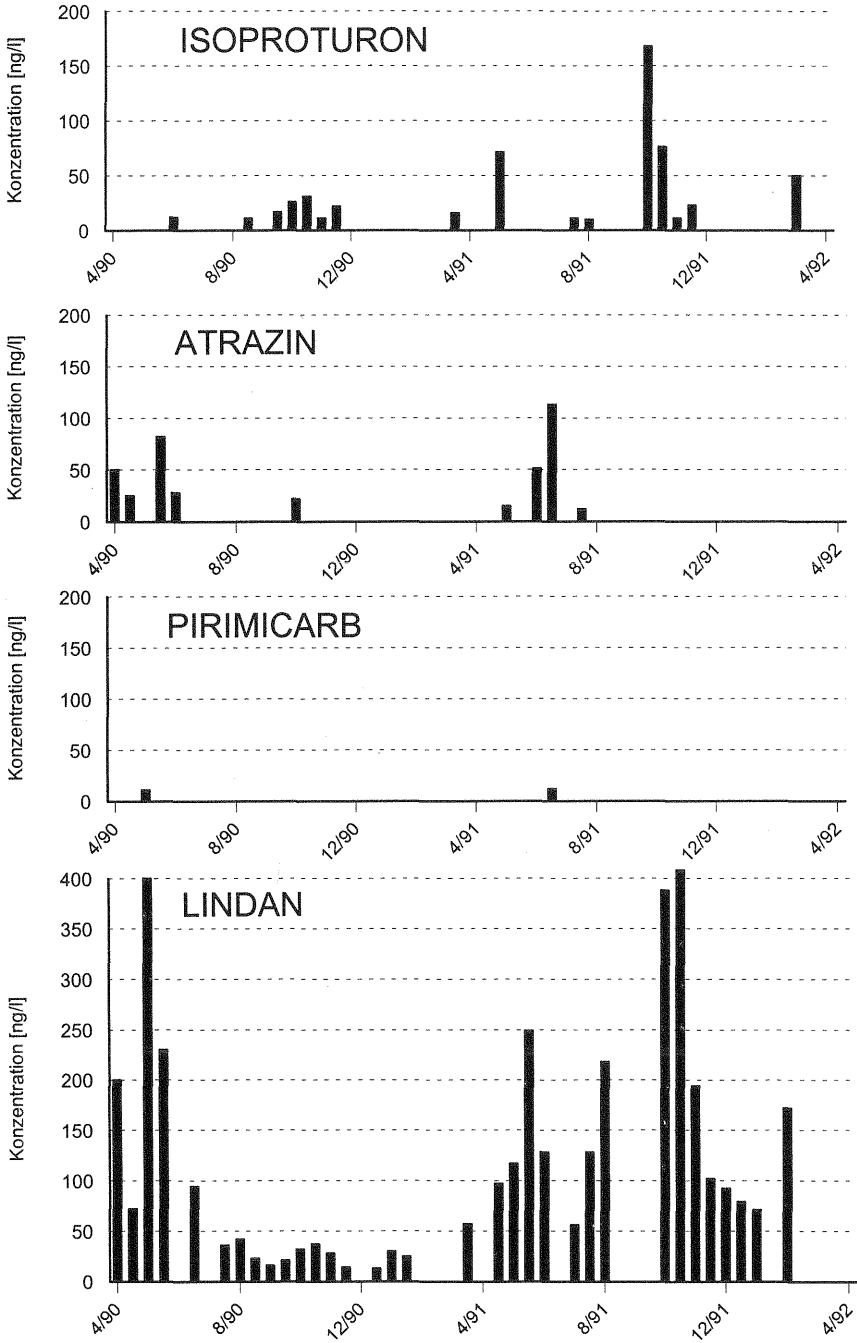
Nach dem Eintritt in die Atmosphäre können Pflanzenschutzmittel über mehr oder weniger weite Entfernungen verfrachtet werden. Während bei der Applikation abgetriftete Partikel typischerweise nach kurzen Entfernungen wieder den Boden erreichen, liegen die Verhältnisse bei verflüchtigten Wirkstoffen anders. Gasförmige oder an Partikel in der Luft gebundene Pflanzenschutzmittel können über mehr oder weniger weite Entfernungen in der Troposphäre transportiert werden.

Transportvorgänge innerhalb der Troposphäre verlaufen schnell. Über lokale Entfernungen dauert es Minuten und über regionale Stunden bis Tage. Infolge der globalen Windverhältnisse beträgt die intrahemisphäre Durchmischungszeit einen halben bis drei Monate, während die interhemisphäre Durchmischung etwa ein Jahr dauert. Demgegenüber dauert der Austausch zwischen Troposphäre und Stratosphäre mehrere Jahre (Korte et al., 1987). Die in die Atmosphäre gelangten Pflanzenschutzmittel können durch direkte Photolyse oder photochemische Oxidation in niedermolekulare Produkte umgewandelt werden.

Der Austrag organischer Verbindungen aus der Troposphäre kann auf unterschiedliche Weise stattfinden: Deposition von großen Aerosolpartikeln, Ausregnen von kleinen Aerosolpartikeln, Auswaschen von in der Gasphase vorliegenden Molekülen durch Regen, Diffusion an der Grenzfläche Atmosphäre/Ozean, Übergang in die Stratosphäre. Dem Regen kommt dabei die zentrale Rolle für den Austrag zu. Die auf der Erde in gasförmiger, flüssiger oder fester Form vorhandene Wassermenge beträgt 1384 Mio. km³. Jährlich verdunsten 510000 km³ Wasser, die dann als Regen auf den Ozean (400000 km³) und dem Festland (110000 km³) niedergehen. In der Troposphäre sind konstant 14000 km³ Wasser vorhanden. Das gesamte in der Troposphäre vorhandene Wasser fällt 36mal im Jahr, somit alle 9 - 10 Tage auf die Erde zurück, wobei in den Tropen etwa 50 % der Niederschläge fallen (Ballschmiter, 1992).

Die Kenntnis des Vorkommens von Pflanzenschutzmitteln in Niederschlägen ist von Bedeutung zur Abschätzung ihrer Verlagerung über den Luftpfad. So wurden von März 1990 bis März 1992 von der BBA in Südostniedersachsen Untersuchungen zu ausgewählten Pflanzenschutzmitteln im Regen durchgeführt (Siebers et al., 1994).

Die drei Probenahmeorte lagen in einer ackerbaulich intensiv genutzten Gegend (Neuenkirchen), einem von Weiden und Wald geprägten Gebiet (Rotenkamp) sowie am Stadtrand von Braunschweig. Der Niederschlag wurde in Gesamtdepositionssammellern und an einem Standort zusätzlich in einem wet only-Sammler aufgefangen. Das Vorkommen der Wirkstoffe in Niederschlägen war hauptsächlich auf die Zeiträume der Pflanzenschutzmittelanwendung beschränkt. Nur Lindan konnte das ganze Jahr hindurch gemessen werden. Abbildung 5 zeigt den jahreszeitlichen Verlauf der gemessenen Konzentrationen. Isoproturon erscheint entsprechend dem Anwendungsmuster hauptsächlich im Herbst und in geringem Umfang im Frühjahr, Atrazin im Frühjahr und Frühsommer, Pirimicarb im Frühsommer. Die Maximalwerte lagen bei 710 ng/l (Lindan/Standort Neuenkirchen). Die jährliche Deposition kann Abbildung 6 entnommen werden. Lindan zeigte hier höhere Werte (0.43 - 0.70 g ha⁻¹ a⁻¹) als die anderen Wirkstoffe (< 0.01 - 0.36 g ha⁻¹ a⁻¹).



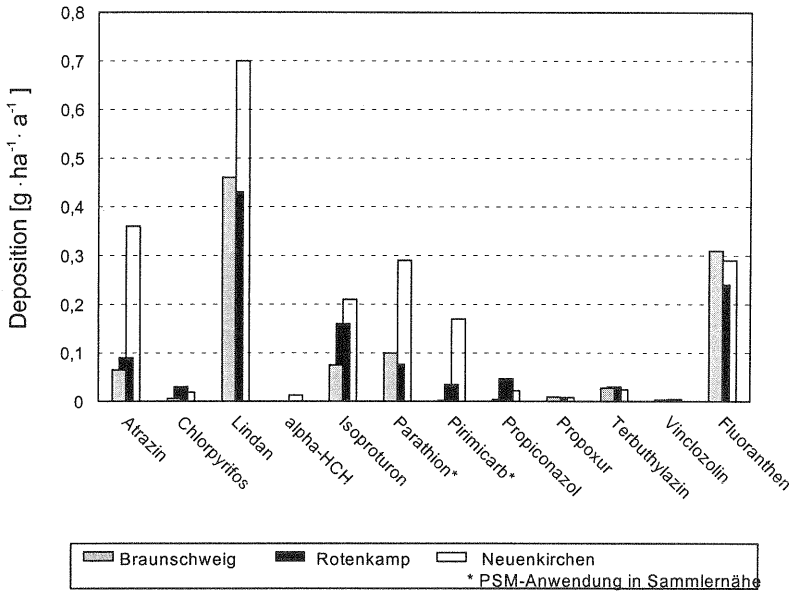


Abb. 6: Jährliche (nasse und trockene) Deposition von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen an drei Standorten in Südostniedersachsen (Neuenkirchen: intensiver Ackerbau, Rotenkamp: Weiden und Forst, Braunschweig: Stadtrand)

Auch von der BBA Kleinmachnow wurden Untersuchungen mit Probenahmestandorten in den neuen Bundesländern durchgeführt (Stähler, 1993; Schmidt et al., 1995). In den Jahren 1991 und 1992 wurden an sieben Standorten in Brandenburg Niederschläge mit Gesamtdepositionssammlern gewonnen. Zwischen Standorten mit intensiver Landwirtschaft, Stadtrandgebieten und dem "unbelasteten" Ort Neuglobsow zeigten sich lediglich tendenzielle Unterschiede in der Gesamtdeposition. Deutlich wurde, daß in Gebieten mit intensivem Getreideanbau höhere Depositionen von Phenoxyalkancarbonsäuren mit ca. 1,5 µg/l erwartet werden müssen. Lindan war 1991 nicht nur in den Monaten der Anwendung zu beobachten. 1992 wurden dagegen Konzentrationen über 0,1 µg/l nur von April bis August nachgewiesen. Im Gegensatz zu den anderen Wirkstoffklassen sind die Schwankungen zwischen den Lindankonzentrationen an den verschiedenen Probenahmepunkten und zu unterschiedlichen Zeiten gering. Es liegt die Vermutung nahe, daß der Lindaneintrag nicht nur aus aktuellen Anwendungen stammt, sondern eher Ausdruck der globalen Gleichgewichtseinstellung dieses Wirkstoffes ist. In den Zeiten der Pflanzenschutzmittelanwendung muß im Schnitt mit 100 bis 200 ng Triazine je Liter Regenwasser gerechnet werden. Teilweise auftretende höhere Konzentrationen von Simazin sind als Ausnahmen anzusehen.

Tab.2: Ergebnisse von Regenwasseruntersuchungen in Deutschland

| Bundesland | Jahr | Anzahl der untersuchten Wirkstoffe | Maximalkonzentration [$\mu\text{g/l}$] | Bereich der jährlichen Deposition [g/ha] | Literatur |
|----------------------------|-------------|------------------------------------|--|---|---------------------------------------|
| Niedersachsen | 1990 - 1992 | 11 | 0,71 | 0,001 - 0,36 | Siebers et al. (1994) |
| Baden-Württemberg | 1989 - 1991 | 26 | 0,33 | 0,2 - 1,1 | Oberwalder et al. (1992) |
| Bayern | 1988 - 1989 | 19 | 0,8 | 0,2 - 0,3 | Braun et al. (1990) |
| Brandenburg | 1991 - 1992 | 8 | 1,0 | 0,1 - 3,2 | Stähler (1993), Schmidt et al. (1995) |
| Hessen / Rheinland Pfalz | 1990 - 1991 | 7 | 0,3 | - | Gath et al. (1992, 1993) |
| Hessen / Baden-Württemberg | 1991 - 1991 | 23 | - | 0 - 0,6* | Scharf und Bächmann (1993) |
| Nordrhein - Westfalen | 1990 | 4 | 0,51 | - | Schössner und Koch (1991) |

* nasse Deposition von 11 Monaten (ohne Dezember)

Diese Ergebnisse wie auch die von weiteren Arbeitsgruppen in Deutschland sind in Tabelle 2 dargestellt. In allen Untersuchungen wurde der bereits erwähnte Zusammenhang zwischen Anwendungszeit und Vorkommen in Niederschlägen bestätigt. Im allgemeinen liegen die Maximalkonzentrationen im Regen unter $1 \mu\text{g/l}$ und die höchste jährliche Deposition um $1 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$. Niederschlagsmessungen, die in Schweden, Finnland und Norwegen durchgeführt wurden (Kirknel, 1992; Helweg, 1994), zeigten, daß auch an abgelegenen Orten, die weit von ackerbaulich bewirtschafteten Flächen entfernt sind, Pflanzenschutzmittel im Regen vorkommen. Insbesondere wurden Lindan, Phenoxyalkancarbonsäuren, Isoproturon und Atrazin nachgewiesen. Die Maximalkonzentrationen ($0.3 - 0.4 \mu\text{g/l}$) und die jährliche Deposition ($0.3 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$) lagen hier niedriger als bei den Untersuchungen in Deutschland.

Unerwartet hohe Konzentrationen von Organochlorverbindungen in aquatischen und terrestrischen Organismen in der Arktis lassen auf eine weiträumige Verfrachtung dieser Stoffe über die Luft schließen (Muir et al., 1988; Norstrom et al., 1988). Weitere Forschung ist notwendig, um die Einträge von persistenten organischen Verbindungen in die empfindlichen arktischen Ökosysteme zu erklären.

Modelle

Beispiele von Modellen als Werkzeuge zum besseren Verständnis des atmosphärischen Eintrags, Transports und Abbaus von Pflanzenschutzmitteln werden im nachfolgenden kurz skizziert. In der Auswahl befinden sich Modelle, die in der BBA oder mit deren Unterstützung entwickelt wurden bzw. im Zulassungsverfahren für Pflanzenschutzmittel Anwendung finden:

Simulationsmodelle zum Abtriftvorgang ermöglichen die Erfassung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen meteorologischen und technischen Bedingungen auf das Sediment als Funktion des Abstandes sowie auf die verschwebte und wiedergefundene Menge. In der Biologischen Bundesanstalt wurden Simulationsmodelle für die direkte Abtrift von Feldgeräten und Agrarflugzeugen entwickelt. Diese sind Bestandteil des Programmes PEDRIMO (Pesticide Drift Model), das in Zukunft z.B. für Sprühgeräte ergänzt werden soll (Kaul et al., 1995, 1996).

Die Modelle basieren auf Gleichungssystemen zur Tropfenverdunstung und -bewegung sowie zur Ausbreitung von verunreinigter Luft, wobei die Verunreinigung in Form von Tröpfchenwolken betrachtet wird.

Die Rechenergebnisse wurden mit umfangreichen Meßresultaten verglichen, wobei auch Ergebnisse zur direkten Abtrift bei Feldgeräten einbezogen wurden, die über mehrere Jahre und unter Beteiligung verschiedener Einrichtungen der Pflanzenschutzdienste der Länder gewonnen wurden (Ganzelmeier et al., 1995). Obwohl der Vergleich zeigt, daß die Simulationsergebnisse die Wirklichkeit im statistischen Sinne richtig beschreiben, kann dieser selbst jedoch nicht als umfassende Validierung bezeichnet werden. Es müssen noch weitere Versuche mit größerer Variation der Einflußparameter einbezogen werden.

In dem Modell AMSIVOL (Agrarmeteorological simulation of volatilisation, Haenel und Siebers, 1996) zur Beschreibung der Verflüchtigung aus Boden finden neben der Verteilung im Bodenluft/Bodenwasser-Gleichgewicht (Henry-Konstante) und der Adsorption im Boden zusätzlich die aus agrarmeteorologischer Sicht besonders wichtigen Einflußfaktoren turbulenter Vertikalaustausch, Feldgrößeneffekt sowie die geringe Eindringtiefe in den Boden Berücksichtigung, so daß die Verflüchtigung auch bei verschiedenen Wettersituationen vergleichend betrachtet werden kann. Die Validierung erfolgte bisher allerdings nur mit dem Wirkstoff Lindan. Dieses Modell wurde in Zusammenarbeit von Biologischer Bundesanstalt und Deutschem Wetterdienst (DWD) Braunschweig entwickelt. Es wird für die Vorhersage günstiger Applikationstermine bei unterschiedlichen Witterungen im Rahmen der landwirtschaftlichen Beratung des DWD eingesetzt.

Die wichtigsten atmosphärischen Abbauprozesse sind die direkte Photolyse und die photochemischen Oxidationen, wobei für Pflanzenschutzmittel die Reaktionen mit OH- und NO₃-Radikalen oder Ozon ausschlaggebend sind. Die experimentelle Bestimmung entsprechender Geschwindigkeitskonstanten ist gemäß der zu dieser Problematik veröffentlichten OECD Monographie (OECD 1992) insbesondere wegen des erheblichen Aufwandes nur für flüchtige,

organische Verbindungen gerechtfertigt. In anderen Fällen stehen entsprechende Abschätzmethoden auf der Basis quantitativer Struktur-Reaktivitätsbeziehung zur Verfügung, die auf einem umfangreichen experimentell gewonnenen Datensatz über die Reaktion organischer Verbindungen mit photochemisch erzeugten OH-Radikalen und Ozon basiert. Ein solches Verfahren stellt die Methode von Atkinson (1988) dar: OH-Radikale reagieren über die H-Abstraktion, Addition an ungesättigte Kohlenstoffverbindungen und/oder an aromatische Ringsysteme. Diese Reaktionen erfolgen bimolekular und sind als nicht abhängig voneinander anzusehen, weshalb die Gesamtgeschwindigkeitskonstante als Summe aller einzelnen Geschwindigkeitskonstanten berechnet werden kann. Meylan und Howard (1993) haben für dieses Verfahren das „Atmospheric oxidation program“ entwickelt, welches durch Auswahl entsprechender Inkremente die Gesamtgeschwindigkeitskonstante berechnet und daraus eine atmosphärische Halbwertszeit bei einer gemittelten OH-Radikalkonzentration von 1.6×10^5 Molekülen/cm³ angibt. Stoffe mit Halbwertszeiten größer als 2 Tage werden als persistent eingestuft (D. Gottschild et al., 1993). Einschränkend ist allerdings festzuhalten, daß bei dieser Abschätzung die Interpolation von Geschwindigkeitskonstanten ähnlicher Verbindungen erlaubt, die Extrapolation auf neue Verbindungen vom wissenschaftlichen Standpunkt aber nicht zulässig sein dürfte. Derzeit wird insbesondere die mangelnde Datenbasis für elektronenziehende Substituenten diskutiert. Die berechneten Halbwertszeiten sind für eine vergleichende Bewertung verschiedener Wirkstoffe geeignet. Reaktionskinetische Modellmessungen sowie der Nachweis von Wirkstoffen in der Arktis lassen vermuten, daß die realen Halbwertszeiten größer sind als die berechneten.

Weitere Modelle zur hier dargestellten Problematik einschließlich deren Erweiterung auf andere Kompartimente sind literaturbekannt, z.B. Taylor und Spencer (1990).

Neben den mathematischen Modellen haben in den vergangenen Jahren zahlreiche Labormodelle zur Verflüchtigung große Bedeutung gewonnen. Auch in der BBA wurden solche Modelle von Krasel et al. (1993) sowie von Walter et al. (1996) entwickelt und für zahlreiche Wirkstoffe Verflüchtigungsraten bestimmt. Auf Initiative des Industrieverbandes Agrar e.V. (IVA) wurde ein Methodenvergleich mit drei Wirkstoffen in 18 Modellkammern durchgeführt, deren Ergebnisse von Walter et al. (1996) zusammengestellt wurde. Obgleich eine erhebliche Variation in den Versuchsergebnissen gefunden wurden, waren diese Differenzen bezüglich der Klassifizierung der Wirkstoffe anhand des im deutschen Zulassungsverfahren gültigen Triggerwertes von 20% Verflüchtigungsverlust innerhalb der ersten 24 Stunden nach Applikation im allgemeinen nicht entscheidend.

Schlußfolgerungen und Ausblick

Die hier vorgestellten Untersuchungsergebnisse zur Verflüchtigung waren eine wichtige Voraussetzung für die BBA-Richtlinie "Prüfung des Verflüchtigungsverhaltens und des Verbleibs von Pflanzenschutzmitteln in der Luft" (Teil IV, 6-1) (BBA, 1990), die die Datenanforderungen für

den Prüfbereich Luft beschreibt. Infolge der Harmonisierung der Pflanzenschutzmittel-Zulassung auf EU-Ebene verlieren nationale Richtlinien aber an Bedeutung. Die Grundzüge der BBA-Richtlinie wurden in das EPPO/Europarat-Schema zur Abschätzung des Umweltrisikos (Luft) übernommen, welches kurz vor der Verabschiedung steht. Außerdem berücksichtigen Leitlinienentwürfe der OECD zum Bereich Luft die Konzepte dieser Richtlinie.

Die Messungen der Konzentrationen in der Luft, insbesondere in Gewächshäusern, stellen Beiträge zur Diskussion über die Wiederbetretungsfristen dar, für deren Festlegung neben der dermalen Exposition auch die inhalative Exposition eine wichtige Rolle spielt. Zur Bewertung des gesundheitlichen Risikos müssen den Expositionsdaten toxikologisch abgeleitete Werte gegenübergestellt werden. Grundsätzlich könnten die MAK-Werte (MAK = Maximale Arbeitsplatzkonzentration) herangezogen werden, doch sind nur für wenige zur Zeit angewandte Pflanzenschutzmittel entsprechende Werte festgesetzt. In Zukunft können zur Risikoabschätzung für Anwender und Betriebspersonal die inhalativen AOEL-Werte (AOEL = Acceptable Operator Exposure Level) benutzt werden, die zur Zeit auf EU-Ebene im Rahmen der EU-Richtlinie 91/414/EWG beraten werden.

Im Rahmen des Zulassungsverfahrens werden neben physikalisch-chemischen Daten Ergebnisse aus Verflüchtigungsversuchen und Modellrechnungen zum photochemisch-oxidativen Abbau nach Atkinson benutzt, um das Verhalten von Pflanzenschutzmitteln in der Luft zu beschreiben. Die Ergebnisse der Regenwasseruntersuchungen ermöglichen eine Kontrolle der vorausberechneten Umweltexposition. Es zeigte sich, daß der Umfang der Anwendung eines Pflanzenschutzmittels eine entscheidende Bedeutung für die in Niederschlägen gemessene Deposition hat, die nur eingeschränkt mit physikalisch-chemischen Daten erklärbar ist. Die meisten Pflanzenschutzmittel sind insbesondere in dem für sie typischen Applikationszeitraum nachweisbar. Dies belegt die kurze Lebensdauer in der Atmosphäre. Nur persistente Wirkstoffe werden auch in Winterniederschlägen gefunden.

Darüber hinaus lieferten die Freilandmessungen in Luft und Regenwasser fundierte Expositionsdaten, welche zur Abschätzung des ökotoxikologischen Risikopotentials verwendet wurden (Köpp et al., 1992; IVA, 1993; Torstenson, 1995; Forster et al., 1996). Die auf unterschiedlicher Datenbasis durchgeführten orientierenden Bewertungen kommen zu dem Schluß, daß mit Pflanzenschutzmitteln kontaminierte Luft oder Niederschläge nur in wenigen Szenarien potentiell ein relevantes Risiko beinhalten, z. B. die Pflanzenexposition durch über den Boden wirkende akkumulierende Herbizide sowie die Exposition von aquatischen Organismen durch extrem toxische und persistente Substanzen. Nur in solchen genannten Fällen scheint es angeraten, eine ausführliche substanzspezifische Betrachtung vorzunehmen. Von mehreren Autoren wurde berichtet, daß bestimmte Herbizide nach Verfrachtung Schäden an empfindlichen Kulturpflanzen verursachen können (Neururer und Womastek, 1991; Al-Khatib et al., 1992; de Jong et al., 1991; Breeze und West, 1987; Guzmán, 1956; Weigle et al., 1970).

Literatur

- AL-KHATIB, K., PARKER, R. & FUERST, E.P. (1992): Foliar absorption and translocation of herbicides from aqueous solution and treated soil. *Weed Science* **40**, 281 - 287
- ATKINSON, D. (1988): Estimation of gas phase hydroxyl radical rate constants for organic chemicals. *Environ. Tox. Chem.* **7**, 435 - 442
- BALLSCHMITER, K. (1992): Transport und Verbleib organischer Verbindungen im globalen Rahmen. *Angew. Chem* **104**, 501 - 528
- BATEL, W., LUNDEHN, J. R., WENZELBURGER, J. & WESTPHAL, D. (1990): Neue Richtlinien zur Verbesserung des Anwenderschutzes beim Umgang mit Pflanzenschutzmitteln. *Ges. Pflanze*, **42**, 56 - 58
- BBA (1990): Richtlinie für die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln im Zulassungsverfahren, Teil IV, 6 - 1, Prüfung des Verflüchtigungsverhaltens und der Verbleib von Pflanzenschutzmitteln in der Luft. Saphir-Verlag, Ribbesbüttel
- BIDLEMAN, T. F. & LEONARD, R. (1982): Aerial transport of pesticides over the northern Indian Ocean and adjacent seas. *Atmos. Environ.* **16**, 1099 - 1107
- BINNER, R., BANASIAK, U., GLITSCHKA, M., REICHMANN, C. & NOLTING, H.-G. (1996): Zur Belastung der Gewächshausluft nach Applikation von Pflanzenschutzmitteln in Chrysanthemen. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **48**, 154 - 158
- BOEHNCKE, A., SIEBERS, J. & NOLTING, H.-G. (1990): Investigations of the evaporation of selected pesticides from natural and model surfaces in field and laboratory. *Chemosphere* **9**, 1109 - 1124
- BRAUN, F., SCHÜSSLER, W., WANZINGER, M., WEHRLE-VON BORZYSKOWSKI, R. unter Mitarbeit von VAN DE GRAAFF, S. & GAST, R. (1990): Neue Untersuchungen zur Analytik und Verbreitung von Polychlorbiphenylen (PCB) und Pflanzenbehandlungsmitteln. Bayer. Landesanstalt für Wasserforschung, München
- BREEZE, V.G. & WEST, C.J. (1987): Long and short term effects of vapour of the herbicide 2,4-D butyl on the growth of tomato plants. *Weed Res.* **27**, 13-21
- FORSTER, R., HEIMBACH, U., KULA, Chr. & ZWERGER, P. (1996): Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nichtzielorganismen - Diskussionspapier zur Risikoabschätzung und Risikominimierung für terrestrische Nichtzielorganismen. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **48**, 275 - 279
- GANZELMEIER, H., RAUTMANN, D., SPANGENBERG, R., STRELOKE, M., HERRMANN, M., WENZELBURGER, H.-J. & WALTER, H.-F. (1995): Untersuchungen zur Abtrift von Pflanzenschutzmitteln. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem* **304**, Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin
- GATH, B., JAESCHKE, W., RICKER, I. & ZIETZ, E. (1992): Depositionsmonitoring von Pflanzenschutzmitteln auf dem Kleinen Feldberg. Erste Ergebnisse. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **44**, 57 - 66

- GATH, B., JAESCHKE, W., KUBIAK, R., RICKER, I., SCHMIDER, F. & ZIETZ, E. (1993): Depositionsmonitoring von Pflanzenschutzmitteln: Teil 2, Süddeutscher Raum. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **45**, 134 - 143
- GOTTSCHILD, D., STORZER, W. & WILKENING, A. (1993): Volatilisation and behaviour in the air. In: Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik. Criteria for assessment of plant protection products in the registration procedure. Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg. Mitt. Biol. Bundesanst. für Land- und Forstwirtschaft. **285**, 65 - 67
- GREGOR, D. J. (1990): Deposition and accumulation of selected agricultural pesticides in Canadian arctic snow. In: D. H. KURTZ (Hrsg.): Long range transport of pesticides. Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, 1990
- GUICHERIT, R. & SCHULTING, F. L. (1991): Sci. Total Environ. **43**, 193 - 219
- GUZMAN, V.L. (1956): Volatility and drift of 2,4-D as a cause of damage to untreated sensitive plants. Soil and crop Sci. Soc. of Fla. Proc. **16**, 283-293
- HAENEL, H.-D. & SIEBERS, J. (1995): Lindane volatilization under field conditions: Estimation from residue disappearance and concentration measurements in air. Agr. Forest Meteorology, **76**, 235 - 257
- HAENEL, H.-D. & SIEBERS, J. (1996): AMSIVOL - Ein agrarmeteorologisches Modell zur Simulation der Pflanzenschutzmittelverflüchtigung bei unbewachsenem Boden. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem **321**, 405
- HELWEG, A. (ed.): Pesticides in precipitation and surface water. Tema Nord 1995: 558, Nordic Council of Ministers, ISBN 9291206784, Kopenhagen 1994
- HIMEL, C. M., LOATS & BAILEY, G. W. (1990): Pesticide sources to the soil and principles of spray physics. In: H.H. CHENG (Hrsg.): Pesticides in the soil environment: Processes, impact and modeling. Soil Science Society of America, Book Series No. 2, Madison, Wisconsin, USA, 1990. IVA (1993): IVA - ad hoc Arbeitsgruppe, persönliche Mitteilung
- DE JONG, E., V. D. VOET & CANTERS, K. J. (1991): The side-effects of airborne pesticides on fungi and vascular plants. Centre of Environmental Science (CML) Leiden University, CML report **74**
- KAUL, P., MEYER, H. & GEBAUER, S. (1995): Direkte Abtrift von Pflanzenschutzmitteln - Flugzeug. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **47**, 36 - 44
- KAUL, P., GEBAUER, S., NEUKAMPF, R. & GANZELMEIER, H. (1996): Modellierung der direkten Abtrift von Pflanzenschutzmitteln- Pflanzenschutzgeräte für Flächenkulturen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **48**, 21 - 31
- KIRKNEEL, E. (1992): Pesticides in precipitation - a review. In: A. HELWEG (ed.): Pesticides in the aquatic environment - Appearance and effect, Tidsskrift for Planteavl's Specialserie, Beretning nr. 52181 - 1992, 31-45, Plantevænscentret, Flakkebjerg, 4200 Slagelse, Denmark
- KÖPP, H., FORSTER, R. & KULA, CHR. (1992): Bewertung der in Luft und Niederschlägen auftretenden Pflanzenschutzmittelwirkstoffe hinsichtlich ihrer möglichen Auswirkungen in verschiedenen Umweltkompartimenten - Versuch einer Risikoabschätzung. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem **283**, 126

- KORTE, F., BAHADIR, M., KLEIN, W., LAY, J. P., PALAR, H. & SCHEUNERT, I. (1987): Lehrbuch der ökologischen Chemie. Thieme Verlag, Stuttgart und New York
- KRASEL, G. & PESTEMER, W. (1993): Pflanzenschutzmittel-Verflüchtigung von Oberflächen. Proceedings of the 8th EWRS Symposium, Braunschweig, 399 - 406
- MAJEWSKI, M. S., GLOTFELTY, D. E.; PAW U, K. T. & SEIBER, J. N. (1990): A field comparison of several methods for measuring pesticides evaporation rates from soil. Environ. Sci. Technol. **24**, 1490 - 1497
- MEYLAN, W. & HOWARD, P. (1993): Atmospheric oxidation program, Version 1.5. Syracuse Research Corporation, Chemical Hazard Assessment Division, Environmental Chemistry Centre, Syracuse, NY 13210
- MUIR, D. C. G., NORSTROM, R. J. & SIMON, M. (1988): Organe Chlorine Contaminants in arctic marine food chain: accumulation of specific polychlorinated biphenyls and chlordane-related compounds. Environ. Sci. Technol. **22**, 1071 - 1079
- NEURURER, H. & WOMASTEK, W. (1991): Über das Auftreten von Pflanzenschutzmitteln in der Luft. Die Bodenkultur **42**, 57 - 70
- NORSTROM, R. J., SIMON, M., MUIR, D. C. G. & SCHWEINSBERG, R. E. (1988): Organochlorine contaminants in arctic marine food chains: identification, geographical distribution and temporal trends in polar bears. Environ. Sci. Technol. **22**, 1063 - 1070
- OBERWALDER, Ch., KIRCHHOFF, J. & HURLE, K. (1992): Vorkommen von Pflanzenschutzmitteln im Niederschlag Baden-Württembergs. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. **XIII**, 363 - 376
- OECD (1992): The rate of photochemical transformation of gaseous organic compounds in air under tropospheric conditions. OECD Environment Monograph **61**
- PHILIP, J. R. (1959): The theory of local advection. J. Meteorolog. **16**, 535 - 547
- SCHARF, J. & BÄCHMANN, K. (1993): Verteilung von Pflanzenschutzmitteln in der Atmosphäre. Nah- und Ferntransportmessungen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **45**, 82 - 87
- SCHMIDT, H., STÄHLER, M. & SCHENKE, D. (1995): Umweltmonitoring für Pflanzenschutzmittel im Land Brandenburg - III. Ergebnisse und Schlußfolgerungen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **47**, 279 - 286
- SCHÖSSNER, H. & KOCH, A. (1991): Pestizide im Regen. Forum Städte-Hygiene **42**, 109 - 112
- SCHWARZENBACH, R.P., GSCHWEND, P.M. & IMBODEN, D.M. (1993): Environmental organic chemistry. John Wiley & Sons, Inc., New York
- SIEBERS, J., NOLTING, H.-G. & WEINMANN, W.D. (1984): Initialbeläge von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen im Gemüsebau. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **36**, 182 - 189
- SIEBERS, J., HAENEL, H.-D. & GOTTSCHILD, D. (1993): Untersuchungen zur Verflüchtigung von Lindan unter Freilandmessungen - Bestimmungen aus Konzentrationsmessungen in der Luft. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **45**, 240 - 246
- SIEBERS, J., GOTTSCHILD, D. & NOLTING, H.-G. (1994): Pesticides in precipitation in northern Germany. Chemosphere **28**, 1559 - 1579

- SIEBERS, J., SMOLKA, S. E. & NOLTING, H.-G. (1994): Untersuchungen zur Belastung von Gewächshausluft mit Dichlofluanid und Endosulfan nach Pflanzenschutzmittelanwendungen in Gurken und Chrysanthemen. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **46**, 282 -286
- SIEBERS, J. & MATTUSCH, P. (1996): Determination of airborne residues in greenhouses after application of pesticides. *Chemosphere* **33**, 1597 - 1607
- STÄHLER, M. (1993): Niederschlagsmonitoring im Land Brandenburg. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **45**, 32 - 36
- STEINBACH, A. C. (1995): Literaturübersicht zur Belastung der Luft in Gewächshäusern und Innenräumen durch behandelte Pflanzen, interner Arbeitsbericht
- STEINBACH, A. C., SIEBERS, J. & MATTUSCH, P. (1996): Zum Vorkommen ausgewählter Insektizide in der Luft - Untersuchungen im Freiland, in Gewächshäusern und in Innenräumen. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem* **321**, 404
- TAYLOR, A.W. & SPENCER W.F. (1990): Volatilization and vapor transport processes. In: H.H. Cheng: *Pesticides in the soil environment: Processes, impacts and modeling*. Soil Science Society of America Book Series, No. 2, Madison, Wisconsin, USA
- TORSTENSON, L. (1994): Pesticides in precipitation. Consequences for terrestrial environment. In: A. Helweg (ed.): *Pesticides in precipitation and surface water*. Tema Nord 1995: 558, Nordic Council of Ministers, ISBN 9291206784, Kopenhagen 1994
- WALTER, U., FROST, M., KRASEL, G. & PESTEMER, W. (1996): Assessing volatilisation of pesticides - a comparison of 18 laboratory methods and a field method, *Berichte Biol. Bundesanst.* **16**, 1 - 44
- WEIGLE, J.L., DENISEN, E.L. & SHERWOOD, C.H. (1970): 2,4 D-as an air pollutant: effect on market quality of several horticultural crops. *Hort Sci.* **4**, 213-214

Anschriften der Verfasser:

DR. J. SIEBERS, DR. D. GOTTSCHILD, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik, Fachgruppe Chemische Mittelprüfung, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

R. SPANGENBERG, M. STRELOKE und H. ROTHERT

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik
Fachgruppe Biologische Mittelprüfung

Prüfung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Wasserorganismen im Zulassungsverfahren

Abstract: Evaluation of side effects on aquatic organisms in the registration procedure of plant protection products.

Important steps in the history of the examination and evaluation of possible side effects of plant protection products on water organisms as part of the registration procedure are described for the period before and after the adoption of the Plant Protection Act of 1986. The authors discuss current problems arising from the implementation of annexes II, III and IV of Council Directive 91/414/EEC and point out further demand for harmonizing with regard to data requirements and application of safety factors with refined risk assessment. The common practice in Germany not to register fields of application or plant protection products to protect surface waters is subjected to critical analysis. It is based on the ratio of the area of surface water and arable land.

Herausbildung des Prüfbereiches

Die Prüfung möglicher Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln bzw. deren Wirkstoffe auf Wasserorganismen begann Anfang der siebziger Jahre mit der Untersuchung von Wasserherbiziden. Unter der Leitung des zuständigen Kollegen Dr. Heidler in der „Fachgruppe für botanische Mittelprüfung“ wurden Tests mit der Wasserlinse (*Lemna spec.*) als Vertreter der höheren Wasserpflanzen zum Nachweis der Wirksamkeit von Herbiziden durchgeführt. Bei den tierischen Organismen wurde zunächst der Schutz von Fischen vorrangig verfolgt. Erst am Ende der siebziger Jahre wurden im Zulassungsverfahren Daten zur Toxizität von Pflanzenschutzmitteln für Wasserflöhe (Daphnien) als Vertreter der Fischnährtiere gefordert. Anhand der vorhandenen Toxizitätsdaten wurden die Pflanzenschutzmittel zur Information für die Anwender hinsichtlich ihrer toxischen Eigenschaften für Wasserorganismen gekennzeichnet.

Mit der Verabschiedung des Pflanzenschutzgesetzes im Jahre 1986 (1) wurde der politischen Zielstellung nach einem besonderen Schutz des Naturhaushaltes vor möglichen schädlichen Auswirkungen bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln entsprochen. Nach § 15 des Pflanzenschutzgesetzes wird ein Pflanzenschutzmittel von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft nur dann zugelassen, wenn u. a. bei dessen bestimmungsgemäßer und sachgerechter

Anwendung keine sonstigen Auswirkungen, insbesondere auf den Naturhaushalt auftreten, die nach dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse nicht vertretbar sind.

Um diesem Anspruch für den Prüfbereich „Auswirkungen auf Wasserorganismen“ gerecht zu werden, wurden von den in dieser Zeit verantwortlichen Ökotoxikologen Frau Dr. Heimann-Detlefsen und Herrn Dipl.-Biol. Köpp im Rahmen einer Richtlinie für die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln im Zulassungsverfahren (2) entsprechende Prüfanforderungen erarbeitet. Danach sind für die Zulassungsentscheidung Unterlagen nach international anerkannten Testrichtlinien zur akuten und verlängerten Toxizität von Pflanzenschutzmitteln, deren Wirkstoffe und Abbauprodukte für Algen, Dahnien und Fischen sowie gegebenenfalls Untersuchungen zur Bioakkumulation und zur chronischen Toxizität bei Fischen vorzulegen. Probleme bei der Antragsbearbeitung entstanden dadurch, daß die erforderlichen Unterlagen durch den in einem kurzen Zeitraum entstandenen hohen Bedarf an spezieller Laborkapazität nicht immer rechtzeitig für eine abschließende Bewertung vorlagen. Zur Gewährleistung des Schutzes der Kulturpflanzen unter Beachtung der Notwendigkeit des Gewässerschutzes waren die Zulassungsentscheidungen in dieser Übergangszeit sowohl vom Vorsorgeprinzip als auch von Flexibilität geprägt, so daß zum Teil Zulassungsentscheidungen ausgesetzt bzw. zeitlich befristete Zulassungen mit erschwerenden Auflagen erteilt wurden, wenn eine abschließende Risikobewertung aufgrund fehlender Unterlagen nicht möglich war.

Die von Dipl.-Biol. Köpp in der inzwischen gebildeten „Fachgruppe Biologische Mittelprüfung“ entwickelten und 1992 veröffentlichten Bewertungsgrundsätze (3) der Biologischen Bundesanstalt für den Prüfbereich „Auswirkungen auf Wasserorganismen“ enthielten bereits alle wesentlichen Grundsätze für eine umfassende Risikobewertung, die für das nationale Zulassungsverfahren bis zur Umsetzung der Richtlinie 91/414/EWG prinzipiell Bestand haben (4, 5, 6).

Entsprechend § 15 Abs. 2 Nr. 2 des Pflanzenschutzgesetzes von 1986 wurden seitdem die Entscheidungen über das Vorliegen der Zulassungsvoraussetzungen hinsichtlich der Vermeidung von Schäden des Naturhaushaltes durch Belastung des Wassers und der Luft sowie durch Abfälle des Pflanzenschutzmittels im Einvernehmen mit dem Umweltbundesamt getroffen.

In einem von der Arbeitsgruppe „Ökotoxikologie“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft unter der Redaktion von Becker, Döpke, Dorn, Heitefuss, Holtschulte und Köpp 1989 organisierten Fachgespräch in Bonn-Bad Godesberg zur „Beurteilung von Pflanzenschutzmitteln in aquatischen Ökosystemen“ wurde der aktuelle Kenntnisstand zum Auftreten von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässern, zu den Hauptexpositionspfaden, zu den Auswirkungen auf Wasserorganismen und zur Risikobewertung als wichtige Grundlage für die behördliche Entscheidungsfindung erarbeitet (7).

Zur „Prüfung und Bewertung der Bioakkumulationsneigung von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen“ wurde aufgrund der Initiative von Wilkening und Köpp 1992 ein Fachgespräch in Braunschweig durchgeführt (8). Im Ergebnis dieser Beratung wurde die Bioakkumulation unter Einbeziehung ab-

zuschätzender Auswirkungen auf Bodenorganismen, Wasserorganismen, Säugetiere und Vögel besonders gewichtet.

Eine wesentliche Verbesserung bei der Risikobewertung möglicher Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf aquatische Biozönosen konnte zu Beginn der neunziger Jahre durch ein von der Biologischen Bundesanstalt koordiniertes Meßprogramm des Industrieverbandes Agrar unter Mitarbeit der „Fachgruppe Anwendungstechnik“ und der Einvernehmensbehörden (Bundesgesundheitsamt, Umweltbundesamt) zur Quantifizierung der abtriftbedingten Exposition von Oberflächengewässern erreicht werden. Im Ergebnis dieser Untersuchungen wurde ein kulturspezifisches Abtriftmodell für Flächenkulturen und Raumkulturen als Grundlage für die Erteilung von Abstandsaufgaben zur Risikominimierung erarbeitet (9).

Mit der 1995 abgeschlossenen Erarbeitung eines Richtlinienentwurfes zur Toxizitätstestung mit einem Sedimentorganismus (*Chironomus riparius*) durch eine von Herrn Dr. Streloke aus der „Fachgruppe Biologische Mittelprüfung“ der Biologischen Bundesanstalt geleiteten internationalen Arbeitsgruppe aus kompetenten Vertretern der Industrie und universitärer Einrichtungen wurde ein weiterer Fortschritt in der Bewertung möglicher Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Wasserorganismen für solche Pflanzenschutzmittel erreicht, die rasch in das Sediment verlagert werden und dort längerfristig vorhanden sind (10).

Aktuelle Probleme

Sowohl im Hinblick auf die Datenanforderungen als auch bezüglich der Bewertung möglicher Auswirkungen auf Gewässerorganismen vollzieht sich momentan der Übergang von den bisher gültigen nationalen Regelungen zu den zukünftig geltenden EU-Regelungen, die in den Anhängen II, III und VI der Richtlinie 91/414/EWG festgelegt sind. Dieser Anpassungsprozess ist im Prüfbereich „Auswirkungen auf Wasserorganismen“ vergleichsweise einfach, da alte und neue Regelungen in weiten Teilen übereinstimmen. Probleme entstehen dadurch, daß die in den genannten Anhängen enthaltenen Vorgaben zum Teil unterschiedlich interpretiert werden können. Um zu einer einheitlichen Auslegung der Dokumente zu kommen, wird gegenwärtig unter Federführung der BBA ein entsprechendes Guidance Paper erarbeitet, wobei gezielt die Zusammenarbeit mit der englischen Zulassungsbehörde gesucht wurde, um die Akzeptanz dieses Dokumentes auf EU-Ebene zu erhöhen. Entwürfe dieses Papiers wurden auf zwei Beratungen in Braunschweig unter Beteiligung der EU-Kommission und eines Großteils der Mitgliedsländer diskutiert, wobei das letzte Treffen als eine offizielle Veranstaltung der Kommission in der European Community Coordination Group (ECCO meeting) stattfand.

Entsprechend den Bewertungsgrundsätzen der Biologischen Bundesanstalt wird die Zulassung eines Pflanzenschutzmittels im Ergebnis einer Einzelfallentscheidung in der Regel immer dann als vertretbar bewertet, wenn bei der bestimmungsgemäßen und sachgerechten Anwendung die mögliche Exposition die biologisch relevante, unbedenkliche Konzentration für den empfindlichsten Orga-

nismus nicht überschreitet. Erreicht die mögliche Exposition den Bereich der unbedenklichen Konzentration für Wasserorganismen, wird über die Vertretbarkeit der Zulassung in Abhängigkeit von der speziellen Datenlage, der Wirkungsweise des Mittels, der Wirkstoffe bzw. relevanter Metaboliten sowie von der Art und den Umfang der zu erwartenden Auswirkungen entschieden. Liegt die Exposition im Effektbereich für Wasserorganismen kann die Zulassungsentscheidung im Ergebnis einer Nutzen/Risiko-Abwägung getroffen werden.

Nach den „Einheitlichen Grundsätzen“ im Anhang VI der Richtlinie 91/414/EWG für die Bewertung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln wird eine Zulassung nicht erteilt, wenn bei einer möglichen Exposition von Wasserorganismen das Verhältnis zwischen Toxizität und Exposition (toxicity exposure ratio, TER) als Kriterium für das akute bzw. chronische Risiko für Fische und Daphnien bei akuter Exposition unter 100 und bei langfristiger Exposition unter 10 liegt, das Verhältnis zwischen der Hemmung des Algenwachstums und der Exposition weniger als 10 beträgt oder der höchste Biokonzentrationsfaktor (BCF) bei Pflanzenschutzmitteln, die biologisch leicht abbaubare Wirkstoffe enthalten, mehr als 1000 und für die Pflanzenschutzmittel mit sonstigen Wirkstoffen mehr als 100 erreicht (6).

Erbringt eine geeignete Risikoabschätzung den praktischen Beweis, daß bei der Anwendung eines Pflanzenschutzmittels unter den vorgeschlagenen Bedingungen keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Lebensfähigkeit der direkt und indirekt (Räuber) exponierten Arten eintreten, ist eine Zulassung auch dann möglich, wenn die o. g. Richtwerte nicht erreicht werden. Demnach ist die Unterschreitung der Richtwerte als ein Hinweis auf ein entsprechendes Gefahrenpotential und als Anlaß für eine vertiefende Risikobewertung unter Beachtung des Verbleibs der Substanz in Wasser in Verbindung mit realitätsnäheren Ergebnissen aus weiterführenden Untersuchungen und Freilandstudien (Mikro- bzw. Mesokosmen) aufzufassen.

Die bei den in den Mitgliedsländern am Zulassungsverfahren beteiligten Behörden bestehenden unterschiedlichen Auffassungen zur Anwendung von Sicherheitsfaktoren und zur Auslegung der „es sei denn Sätze“ nach der Originalformulierung im Anhang VI der Richtlinie 91/414/EWG (6), mit der die Notwendigkeit einer vertiefenden Risikobetrachtung eingeleitet werden, erfordern deren weitere fachliche Konkretisierung, wofür z. Z. von einer Expertengruppe entsprechende Vorschläge erarbeitet werden.

Für die Ableitung bzw. Anwendung von starren Sicherheitsfaktoren, die zur Gewährleistung eines angemessenen Schutzes von Oberflächengewässern „grundsätzlich“ einzuhalten sind, enthalten weder die Bewertungskriterien der Biologischen Bundesanstalt noch die „Einheitlichen Grundsätze“ zwingende Formulierungen.

Die in Deutschland übliche Nichtzulassung von Anwendungsgebieten bzw. von Pflanzenschutzmitteln aus Gewässerschutzgründen, wenn bei der sachgerechten und bestimmungsgemäßen Anwendung unter Beachtung der üblichen, größtmöglichen Abstandsregelungen schädliche Auswir-

kungen auf aquatische Biozönosen mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht ausgeschlossen werden können, sollte kritisch überdacht werden. Diese Entscheidungen beruhen auf der theoretischen Annahme, daß alle Pflanzenschutzmittelanwendungen in Gewässernähe erfolgen. Aufgrund dieser vom Vorsorgeprinzip geprägten Zulassungspraxis bestehen inzwischen erhebliche Probleme bei der Bekämpfung tierischer Schaderreger durch fehlende Zulassungen in unterschiedlichen Anwendungsbereichen mit zahlreichen Anwendungsgebieten, die zum großen Teil als Lückenindikationen eingestuft sind.

Eine grobe Gegenüberstellung des Verhältnisses von landwirtschaftlicher Nutzfläche und Gewässerfläche verdeutlicht einen hohen Vorsorgeaspekt bei dieser Zulassungspraxis. Unter der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung der Wasserfläche von 0,8 Mio. ha in der Gesamtfläche des Landes von 36 Mio. ha ergibt sich bei einer landwirtschaftlichen Nutzfläche von ca. 20 Mio. ha und einer anteiligen Wasserfläche von 0,5 Mio. ha ein prozentualer Anteil von ca. 2,5 % Wasserfläche bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche. Damit ist die Annahme gerechtfertigt, daß von dem überwiegenden Teil der landwirtschaftlichen Nutzfläche (> 50 - 90 %) eine unmittelbare Beeinflussung von Oberflächengewässern nicht zu erwarten ist.

Die Beziehungen zwischen der Ackerfläche und Oberflächengewässern wurden von Gutsche und Enzian (11) auf der Grundlage von repräsentativen Stichproben digitaler Meßtischblattauswertungen für die Bundesländer Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein unter Einbeziehung von Strömen, Flüssen, Bächen, Kanälen und Gräben sowie Binnenseen, Stauseen und Teichen quantitativ untersucht. Auf der Basis des Gewässerindex, der das Verhältnis der Uferlänge zur Ackerfläche (m/ha) beschreibt, wird für Sachsen-Anhalt ein Index von 6,41 und für Schleswig-Holstein ein Wert von 17,25 angegeben. Der Unterschied ergibt sich aufgrund des höheren Anteils von kleinen Fließgewässern in Schleswig-Holstein im Vergleich zu Sachsen-Anhalt.

Unter der Annahme, daß bei einem Abstand von 50 m zu Oberflächengewässern in Flächenkulturen die Exposition durch direkte Abtrift vernachlässigbar gering wird, werden bei beidseitigen Uferbreiten von 50 m der den Gewässerindex bestimmenden Fließgewässer für Sachsen-Anhalt mittlere Anteile von 3,18 % und für Schleswig-Holstein von 9,09 % der Ackerfläche hochgerechnet. In Abhängigkeit von den lokalen topographischen Gegebenheiten werden für kleinregionale Areale Schwankungsbreiten von 0,08 % (Sachsen-Anhalt) bis 29,5 % (Schleswig-Holstein) ermittelt. Damit ist für ausgewählte, repräsentative Regionen mit einem geringen bzw. hohen Gewässeranteil der Nachweis erbracht, daß von dem überwiegenden Teil der landwirtschaftlichen Fläche keine negativen Auswirkungen auf Oberflächengewässer bei der bestimmungsgemäßen und sachgerechten Anwendung von Pflanzenschutzmitteln zu befürchten ist.

Die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln ist daher mit geeigneten Auflagen zur Risikominderung für Oberflächengewässer zu verbinden, die bei Anwendungen in Gewässernähe mit den üblichen Abstandsaufgaben unvermeidbare Auswirkungen auf Wasserorganismen verhindern oder zukünftig durch überdehnte Abstandsaufgaben, sonstigen Auflagen und geeigneten Bewirtschaftungs-

maßnahmen deren Exposition durch Abtrift und Abschwemmung mit hinreichender Sicherheit ausschließen. Dadurch könnte unter Beibehaltung des hohen Schutzniveaus für den aquatischen Lebensraum der notwendige Schutz der Kulturpflanzen aufrechterhalten werden.

Mit der Formulierung im Anhang VI der Richtlinie 91/414/EWG, daß eine Zulassung nur dann nicht erteilt wird, wenn die Möglichkeit einer Exposition von Wasserorganismen besteht, ist der vorgeschlagene Lösungsweg auch im Hinblick auf die bevorstehende Umsetzung der o. g. Richtlinie in nationales Recht abgedeckt.

Literatur

1. ANONYM (1986): Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen vom 15. September 1986, BGBl, I S. 1505
2. Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik der Biologischen Bundesanstalt für Land- u. Forstwirtschaft (1990): Richtlinien für die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln im Zulassungsverfahren. Teil I (1-2), Antrag auf erstmalige/erneute Zulassung eines Pflanzenschutzmittels - Anleitung zum Ausfüllen. Saphir-Verlag, Ribbesbüttel, November 1990
3. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (1992): Bewertung von Pflanzenschutzmitteln im Zulassungsverfahren. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtsch. Berlin-Dahlem, **Heft 284**, 141 S.
4. Council Directive 91/414/EEC concerning the placing of plant protection products on the market (1991): Official Journal of the European Communities, L230, 1-32, 19 August 1991, (OJ L230 of 19-8-91), ISSN 0378-6978
5. Commission Directive 96/12/EC of 8 March 1996 amending Council Directive 91/414/EEC concerning the placing of plant protection products on the market. (Annex II and III, data requirements for ecotoxicology)
6. Council Directive of 27-7-94 establishing Annex VI of Council Directive 91/414/EEC (OJ L227 of 1-9-94)
7. HEITFUSS, R. (1992): Beurteilung von Pflanzenschutzmitteln in aquatischen Ökosystemen. DFG Rundgespräche und Kolloquien, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 173 S.
8. WILKENING, A. & KÖPP, H. (1993): Prüfung und Bewertung der Bioakkumulationsneigung von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtsch., Berlin-Dahlem, **Heft 290**, 148 S.
9. GANZELMEIER, H.; RAUTMANN, D.; SPANGENBERG, R.; STRELOKE, M.; HERRMANN, M.; WENZELBURGER, H.-J. & WALTER, H.-F. (1995): Untersuchungen zur Abtrift von Pflanzenschutzmitteln. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtsch., Berlin-Dahlem, **Heft 304**, 111 S.
10. STRELOKE, M. & KÖPP, H. (1995): Long-term toxicity test with *Chironomus riparius*: Development and validation of a new test system. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtsch., Berlin-Dahlem, **Heft 315**, 96 S.

11. GUTSCHE, V. & ENZIAN, S. (1997, im Druck): Quantitative Untersuchungen zur geographischen Nachbarschaft von Ackerland und Oberflächengewässern am Beispiel von Schleswig-Holstein und Sachsen-Anhalt. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.

Anschriften der Verfasser:

R. SPANGENBERG¹, DR. M. STRELOKE² und DR. H. ROTHERT², Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik, Fachgruppe Biologische Mittelprüfung, ¹Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, ²Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

C. KULA, R. FORSTER, G. JOERMANN und H. EHLE

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik
Fachgruppe Biologische Mittelprüfung, Braunschweig

Prüfung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf terrestrische Nichtzielorganismen

Abstract: Effects of plant protection products on terrestrial non-target organisms. The testing of plant protection products concerning their effects on terrestrial non-target organisms is described with regard to the requirements of the German Plant Protection Act and the Directive 91/414/EEC. Data requirements, exposure assessment, data evaluation and risk mitigation are discussed.

Einleitung

Nach § 15 des deutschen Pflanzenschutzgesetzes (PflSchG) von 1986 darf ein Pflanzenschutzmittel unter anderem nur dann zugelassen werden, wenn es bei bestimmungsgemäßer und sachgerechter Anwendung keine sonstigen Auswirkungen, insbesondere auf den Naturhaushalt, hat, die nach dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis nicht vertretbar sind.

Mit diesem Gesetz und der Einführung des Begriffs „Naturhaushalt“ wurde eine Anpassung der Prüfanforderungen im Zulassungsverfahren vorgenommen. Während die Prüfung der Auswirkungen auf Bienen, Vögel und Säuger bereits seit Beginn der siebziger Jahre Bestandteil des Zulassungsverfahrens war, wurden die Bereiche Bodenmikroflora, Nutzorganismen und Regenwürmer Ende der achtziger Jahre ergänzt. Die Etablierung im Verfahren setzte besonders in den Bereichen Nutzorganismen und Regenwürmer noch die Erarbeitung bzw. Überarbeitung von Richtlinien, Bewertungsgrundsätzen und Umsetzungsstrategien in behördliche Entscheidungen voraus. In den Bewertungsgrundsätzen der Biologischen Bundesanstalt (BBA, 1992) sind für alle Prüfbereiche die Abläufe der Risikoabschätzung dargelegt.

Für die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (EU) wird mit der Richtlinie 91/414/EWG vom 15. Juli 1991 die Prüfung und Bewertung von Pflanzenschutzmitteln harmonisiert. Die Mitgliedsstaaten der EU haben gemäß Anhang VI der Richtlinie 91/414/EWG sicherzustellen, daß ein Pflanzenschutzmittel unter anderem keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Umwelt hat.

Im folgenden werden für den Bereich der terrestrischen Ökotoxikologie die Datenanforderungen im Zulassungsverfahren und die Prüfung und Bewertung dargestellt. Hierbei werden die Regelungen

der EU-Richtlinie zugrundegelegt. Als „Nichtzielorganismen“ werden dabei die Organismen bezeichnet, die nicht das Ziel des Einsatzes des Pflanzenschutzmittels sind.

Geprüfte Arten

In Tabelle 1 sind die Organismengruppen aufgeführt, zu denen gemäß Richtlinie 91/414/EWG Unterlagen erforderlich sind. Die Unterlagen sind nach international anerkannten Richtlinien (z.B. IOBC¹, ISO², EPPO³, OECD⁴, SETAC⁵) zu erarbeiten. Die zu prüfenden Organismen entsprechen mit wenigen Ausnahmen den bereits aus dem nationalen Zulassungsverfahren bekannten Testorganismen. Neu gegenüber dem nationalen Zulassungsverfahren ist der Prüfbereich „andere Bodenmakroorganismen“. Unter dieser Überschrift ist ein Test zum Abbau organischer Substanz im Boden aufgeführt, zu dem jedoch noch keine Richtlinie existiert. Im Bereich der Nichtzielarthropoden ausgenommen Bienen wurde die Vorgehensweise gegenüber dem nationalen Verfahren dahingehend geändert, daß zu Beginn der Risikoabschätzung zwei „Standardarten“ und zwei relevante Arten geprüft werden und in Abhängigkeit von diesen Ergebnissen Tests an weiteren Arten gefordert werden können.

Die EU hat separate Kataloge für Tests mit dem Wirkstoff (Anhang II der Richtlinie 91/414/EWG) und Tests mit dem formulierten Mittel (Anhang III). Letztere werden zum Teil abhängig gemacht von den Ergebnissen der Wirkstofftests. Für die Prüfbereiche „Regenwürmer“, „Bodenmikroflora“ und „Nichtzielarthropoden“ waren bisher im nationalen Zulassungsverfahren in der Regel Versuche mit dem zur Zulassung anstehenden Mittel Grundlage der Entscheidung. Durch das EU-Verfahren werden damit in Zukunft verstärkt, in manchen Fällen auch ausschließlich, Ergebnisse aus Wirkstoffprüfungen oder aus Versuchen mit repräsentativen Formulierungen den Behörden zur Bewertung vorgelegt. Dies bezieht sich jedoch im wesentlichen auf Standard-Laborversuche der Grundstufe, während weiterführende Versuche einschließlich Freilandversuche in der Regel mit dem formulierten Mittel durchgeführt werden.

Bezüglich der Auswirkungen auf terrestrische Nichtzielpflanzen sollen Daten aus dem Prüfbereich „Wirksamkeit“, zum Beispiel Daten bezüglich der Wirkung auf Folgekulturen und benachbarte Kulturen, soweit möglich auch für eine Aussage bezüglich der Wirkung auf andere Nichtzielpflanzen Verwendung finden. Im Einzelfall sind spezielle Forderungen denkbar. Zu diesem Prüfbereich besteht auch auf EU-Ebene noch Abstimmungs- und Konkretisierungsbedarf.

¹ International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants

² International Organization for Standardization

³ European Plant Protection Organisation

⁴ Organization for Economic Cooperation and Development

⁵ Society of Environmental Toxicology and Chemistry - Europe

Ermittlung der Auswirkungen

Versuche zu den Auswirkungen auf terrestrische Nichtzielorganismen sind grundsätzlich notwendig, wenn ein Kontakt der betreffenden Organismen mit dem Mittel nicht ausgeschlossen werden kann.

Bei den meisten der in Tabelle 1 aufgeführten Organismen erfolgen die Tests nach einem Stufensystem. Standard-Laborversuche zur Ermittlung der Toxizität werden in der Regel mit dem Wirkstoff oder mit repräsentativen Formulierungen durchgeführt (siehe Tab. 1). Prüfparameter ist dabei in der Regel die Mortalität. Je nach Organismus und Testdauer können weitere Endpunkte hinzukommen. Höherstufige Versuche können notwendig werden, wenn eine eindeutige und abschließende Bewertung aufgrund der Basisversuche nicht möglich ist. Diese Versuche werden, soweit möglich, unter praxisnahen Bedingungen durchgeführt, und können zusätzlich zu den Testparametern aus den Standardversuchen weitere Auswerteparameter beinhalten wie Reproduktion, Biomasseentwicklung oder Änderung des Verhaltens.

Freilandversuche haben hinsichtlich der Expositionssituation und der ökologischen Relevanz bestimmte Vorteile gegenüber Laborversuchen. Da die Ergebnisse jedoch stark von den speziellen Bedingungen des einzelnen Versuchs abhängig sind, sind sie oft schwer zu verallgemeinern und nicht immer für eine abschließende Bewertung hilfreich. In der EU-Richtlinie ist die Forderung von Freilandversuchen daher meist an „Entscheidungen durch Sachverständige“ gekoppelt.

Expositionsabschätzung

Zur Abschätzung des Risikos ist eine möglichst genaue Kenntnis der Exposition unerlässlich. Grundlage für die Expositionsabschätzung sind das Anwendungsmuster des Pflanzenschutzmittels, insbesondere Mittelaufwand, Anzahl und Zeitpunkt der Anwendungen und Angaben zum Verbleib in Boden, Wasser und Luft. Die Verteilung des Wirkstoffs im terrestrischen Bereich kann sehr komplex sein, besonders oberhalb des Bodens. In Abhängigkeit von der Lebensweise der betreffenden Organismen können unterschiedliche Expositionspfade von Bedeutung sein, z.B. direkter Kontakt mit Spritznebel, Kontakt mit belastetem Boden, Laufen auf belasteten Oberflächen, orale Aufnahme mit der Nahrung. Die Exposition muß entsprechend in unterschiedlichen Maßeinheiten beschrieben werden, z.B. als Deposition ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), Bodenlastung (mg/kg Boden), Dosis (mg/kg Körpergewicht) und Belastung der Nahrung (mg/kg Futter).

Die quantitative Abschätzung der Exposition erfolgt auf der Basis von gemessenen Wirkstoffrückständen und Modellannahmen. Für den terrestrischen Bereich existieren noch kaum international anerkannte und erprobte Expositionsmodelle. Die EU-Richtlinie enthält hierzu keine Details, sondern verweist auf die von der EPPO erarbeiteten Ablaufschemata zur Risikoabschätzung

Tabelle 1: Datenanforderungen zur terrestrischen Ökotoxikologie gemäß Anhang II/III der Richtlinie 91/414/EWG (- = keine Unterlagen gefordert, + = obligatorische Prüfung, k = konditionale Prüfung in Abhängigkeit von bestimmten Bedingungen)

| Organismen/Test | WIRKSTOFF | FORMULIERUNG |
|--|------------------|---------------------|
| <i>Vögel</i> | | |
| Akut-orale Toxizität | + | k |
| 5-Tage Fütterungsversuch | + | - |
| Reproduktionstoxizität | k | - |
| Annahmeversuch | - | k |
| Gehege-/Freilandversuche | - | k |
| <i>Säugetiere</i> | | |
| (Daten aus der Humantoxikologie) | + | + |
| Gehege-/Freilandversuche | - | k |
| <i>Bienen</i> | | |
| Akute Toxizität (oral und topikal) | + | k |
| Fütterungsversuche mit Brut | k | - |
| Zelt- /Tunnelversuche | - | k |
| Freilandversuche | - | k |
| <i>Andere Nichtzielarthropoden</i> | | |
| Labortest, 2 „Standardarten“, 2 relevante Arten) | + | k |
| Erweiterte Labortests | - | k |
| Halbfreilandversuche | - | k |
| Freilandversuche | - | k |
| <i>Regenwürmer</i> | | |
| Akute Toxizität | + | k |
| Reproduktionstoxizität | k | k |
| Freilandversuche | - | k |
| <i>Andere Bodenmakroorganismen</i> | | |
| Freilandversuch | - | k |
| <i>Bodenmikroorganismen</i> | | |
| N-/C-Mineralisierung | + | k |

(EPP0, 1993, 1994). In diesen sind in unterschiedlichem Maß Expositionsabschätzungen beschrieben, eine Validierung ist jedoch auch hier noch nicht in allen Bereichen erfolgt.

Bewertungsgrößen

In manchen Prüfbereichen, z.B. im Bereich „Nichtzielarthropoden“, erfolgen die Versuche mit der höchsten vorgesehenen Aufwandmenge. Damit ist das Ergebnis direkt interpretierbar, und es entfällt die Notwendigkeit einer detaillierten Expositionsabschätzung für dieses Szenario. Der Nachteil ist jedoch, daß eine Übertragung der Prüfergebnisse auf andere relevante Expositionsszenarien nicht möglich ist. Ähnliches gilt für die Bodenmikrofloraprüfung, wo die beantragte maximale Aufwandmenge und ein Mehrfaches davon zu prüfen sind.

Für die Abschätzung des Risikos durch ein Pflanzenschutzmittel werden geschätzte Exposition und Wirkung zueinander in Beziehung gesetzt. Für die Organismen aus Tabelle 1 ergeben sich aufgrund der unterschiedlichen Biologie und Expositionssituation unterschiedliche Maßzahlen für die Beschreibung der Wirkung (z.B. LC50⁶, LD50⁷, NOEC⁸). Aus einem Vergleich von Toxizität und Exposition können Bewertungsgrößen abgeleitet werden, die zur Beschreibung des Risikos verwendet werden (Tab. 2).

Bewertung und Umsetzung der Ergebnisse im Zulassungsverfahren

Für alle der in Tabelle 1 aufgeführten Organismengruppen existieren Bewertungsgrößen, für die in Anhang VI der Richtlinie 91/414/EWG Triggerwerte genannt sind. Bei Überschreitung dieser Trigger kann eine Zulassung nur erteilt werden, wenn „eine geeignete Risikoabschätzung den praktischen Beweis erbringt, daß nach Anwendung des Pflanzenschutzmittels unter den vorgeschlagenen Bedingungen keine unannehmbaren Auswirkungen eintreten“ (Richtlinie 94/43/EG). Maßgaben für „eine geeignete Risikoabschätzung“ und „unannehmbare Auswirkungen“ sind allerdings nicht festgelegt. Die Ergebnisse von Freilandversuchen sind hier ebenso einzuordnen wie andere höherstufige Versuche. Da jedoch keine konkreten Vorgaben gemacht sind, liegt ein relativ großer Ermessensspielraum für die Mitgliedsstaaten der EU vor, was zu einem uneinheitlichen Vorgehen führen kann.

Werden jedoch „unannehmbare“ Auswirkungen festgestellt, kann es im Unterschied zum nationalen Verfahren in allen Prüfbereichen der Terrestrik zu Einschränkungen bei der Zulassung bzw. einer Nichtzulassung kommen.

⁶ lethal concentration

⁷ lethal dosage

⁸ no observable effect concentration

Tabelle 2: Bewertungsgrößen und Akzeptanzkriterien für die terrestrische Ökotoxikologie gemäß Anhang VI der Richtlinie 91/414/EWG

| Bewertungsgröße/Definition | KRITERIUM |
|--|-----------|
| <i>Terrestrische Wirbeltiere</i> | |
| Akutes TER ⁹ (LD50/ETE ¹⁰) | > 10 |
| <ul style="list-style-type: none"> • LD50 akute Toxizität (mg/kg Körpergewicht) • ETE geschätzte Dosis (mg/kg Körpergewicht) | |
| Kurzzeit-TER (LC50/PEC ¹¹) | > 10 |
| <ul style="list-style-type: none"> • LC50 subakute Toxizität (mg/kg Futter) • PEC geschätzte Konzentration in der Nahrung | |
| Langzeit-TER (NOEC/PEC) | > 5 |
| <ul style="list-style-type: none"> • NOEC Langzeittoxizität (mg/kg Futter) • PEC geschätzte Konzentration in der Nahrung | |
| Bioakkumulationsfaktor | < 1 |
| <i>Honigbienen</i> | |
| Gefährdungsquotient (Dosis/LD50) | < 50 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Dosis höchste Aufwandmenge (g/ha) • LD50 akute Toxizität (µg/Biene) | |
| <i>Andere Nichtzielarthropoden</i> | |
| Schädigungsrate im Labortest bei der höchsten Applikationsrate | < 30 % |
| <i>Regenwürmer</i> | |
| Kurzzeit-TER (LC50/PEC) | > 10 |
| <ul style="list-style-type: none"> • LC50 akute Toxizität (mg/kg) • PEC geschätzte Konzentration im Boden (mg/kg) | |
| Langzeit-TER (NOEC/PEC) | > 5 |
| <ul style="list-style-type: none"> • NOEC Langzeittoxizität (mg/kg) • PEC geschätzte Konzentration im Boden (mg/kg) | |
| <i>Bodenmikroorganismen</i> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • N/C-Mineralisierung, Abweichung von der Kontrolle nach 100 d | < 25 % |

⁹ toxicity/exposure ratio

¹⁰ estimated theoretical exposure

¹¹ predicted environmental concentration

Werden Auswirkungen als unannehmbar betrachtet, kann, wie im nationalen Verfahren, eine Zulassung nicht erteilt werden. Zuvor ist allerdings zu prüfen, ob es Möglichkeiten gibt, das Risiko durch geeignete Maßnahmen (z.B. Auflagen) auf ein vertretbares Maß zu reduzieren (zum Beispiel Verringerung der Vogelgefährdung durch Abdecken von mit einem vogeltoxischen Wirkstoff gebeiztem Saatgut).

In einigen Bereichen erteilt die Biologische Bundesanstalt Kennzeichnungsaufgaben, zum Beispiel im Bereich Nichtzielarthropden und Bodenorganismen, die der Information von Anwender und Berater dienen. Eine solche Auflage im Bereich der Bodenfauna beinhaltet eine Information über die gesamte Gruppe, z.B. „Das Mittel wird als schädigend für Regenwurmpopulationen eingestuft“. Die Möglichkeit, über die gesamte Gruppe eine Aussage zu treffen, obwohl in der Regel stellvertretend nur eine Art geprüft wird, wird über Unsicherheitsfaktoren bei der Testbewertung und vergleichende Untersuchungen der Empfindlichkeit der Arten gewährleistet. Dies ist bei der Gruppe der Regenwürmer noch vergleichsweise einfach, da maximal ca. 20 Arten für bewirtschaftete Flächen relevant sind. Im Bereich der Nutzarthropoden werden Kennzeichnungsaufgaben bezogen auf die geprüfte Art erteilt. Die Einstufung erfolgt dabei in Anlehnung an die IOBC-Bewertungsstufen (IOBC, 1992). Wird ein Großteil der geprüften Organismen geschädigt, wird eine übergreifende Kennzeichnungsaufgabe erteilt („Das Mittel wird als schädigend für Populationen relevanter Nutzorganismen eingestuft“).

Es ist davon auszugehen, daß über informative Kennzeichnung nur in begrenztem Maß eine Risikominderung erreichbar ist. Daher müssen in Zukunft verstärkt konkrete Möglichkeiten der Risikominimierung erarbeitet werden. Dies gilt insbesondere für die relativ neuen Prüfbereiche wie Bodenfauna und Nichtzielarthropden. Der Einsatz von Recyclinggeräten ist ebenso ein Beispiel für Risikominimierung wie Teilflächenbehandlungen.

Grundsätzlich ist eine Verminderung des Risikos der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf der Zielfläche für nicht oder wenig vagile terrestrische Organismen schwer zu erreichen, da die Zielfläche das einzige Habitat für diese Organismen darstellt. So kann eine Vermeidung des Kontaktes mit einem Mittel bzw. Wirkstoff zum Beispiel bei Regenwürmern nur durch Rückzug in tiefere Bodenschichten erfolgen. Adulte Regenwürmer sind je nach Art zu einem gewissen Grad in der Lage, in tiefere Bodenschichten auszuweichen. Dies setzt jedoch voraus, daß sie sich z.B. nicht in einem inaktiven Ruhestadium befinden und das entsprechende Mittel repellierend wirkt. Juvenile Regenwürmer halten sich nur in den oberen 5-10 cm des Bodens auf, so daß sie viel stärker exponiert sein können als adulte Tiere.

Risikominimierungsstrategien müssen nicht nur die Kulturfläche selbst einbeziehen, sondern grundsätzlich auch die an die Kulturflächen angrenzenden Biotope. So können beispielsweise durch Abtrift von Pflanzenschutzmitteln (GANZELMEIER et al., 1995) Nichtzielorganismen in angrenzenden Biotopen exponiert sein. Zu dieser Thematik müssen zukünftig konkrete Vorgaben erarbeitet werden (FORSTER et al., 1996).

Literatur

- BBA (1992): Bewertung von Pflanzenschutzmitteln im Zulassungsverfahren. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch. Berlin-Dahlem, **284**, 141 S.
- EPPO (1993, 1994): Decision-making schemes for the environmental risk assessment of plant protection products. EPPO Bulletin **23**, **24**.
- FORSTER, R., HEIMBACH, U., KULA, C. & ZWERGER, P. (1996): Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nichtzielorganismen - Diskussionspapier zur Risikoabschätzung und Risikominimierung für terrestrische Nichtzielorganismen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **48** (12), 275-279.
- GANZELMEIER, H., RAUTMANN, D., SPANGENBERG, R., STRELOKE, M., HERRMANN, M., WENZELBURGER, H.J. & WALTER, H.-F. (1995): Untersuchungen zur Abtrift von Pflanzenschutzmitteln: Ergebnisse eines bundesweiten Versuchsprogrammes. - Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch. Berlin-Dahlem, **304**, 111 S.
- IOBC (1992): Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms: Description of test methods. IOBC/WPRS Bulletin **XV/3**, 186 S.

Anschriften der Verfasser:

DR. C. KULA, R. FORSTER, DR. G. JOERMANN UND DR. H. EHLE, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik, Fachgruppe Biologische Mittelprüfung, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

D. BRASSE

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
 Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

Zur historischen Entwicklung des Bienenschutzes

Abstract: On the historical development of honey-bee protection in the BBA. The historical development of investigations on honey-bee protection is described, beginning at the establishment of the BBA in 1898 up to now and regarding as well honey-bee diseases and their control as testing side-effects of pesticides to bees.

Bereits im Mittelalter waren die Imker (Zeidler genannt) ein privilegierter Berufsstand, mit besonderen Rechten zur freien Berufsausübung ausgestattet. Die Bienenhaltung war vom Mittelalter bis in den Beginn der Neuzeit nicht nur auf dem Lande, sondern auch in den Städten weit verbreitet, da Honig bis ins 19. Jahrhundert hinein der einzige preiswerte Süßstoff von Speisen und Getränken für die Mehrheit der Bevölkerung war. Verständlicherweise wurde die wirtschaftliche Bedeutung der Imkerei lange Zeit ausschließlich an der Honig- und Wachsproduktion gemessen. Noch heute ist es weit verbreitet, ihren volkswirtschaftlichen Nutzen ausschließlich hierauf zu beziehen. Die eigentliche volkswirtschaftliche Bedeutung der Imkerei bzw. Bienenhaltung ist jedoch in der Bestäubungstätigkeit der Bienen zu sehen. Dies hat bereits im Jahre 1790 der Brandenburger Biologe Christian Konrad Sprengel entdeckt und den aus der Blütenbestäubung resultierenden volkswirtschaftlichen Nutzen der Bienen in dieser Forderung zusammengefaßt: Jeder Staat muß ein stehendes Heer von Bienen haben!

Zur Darstellung der volkswirtschaftlichen Bedeutung der Imkerei unter mitteleuropäischen Verhältnissen wird üblicherweise der Wert Jahreshonigernte mit einem Faktor zwischen 12 und 15 multipliziert. Dieser ergibt sich folgendermaßen: Wert der Jahresernte an Obst, Samen und Ölsaaten dividiert durch den Wert der Honig- und Wachserträge.

Es ist zwar nicht zu bestreiten, daß in der Praxis neben der Honigbiene (*Apis mellifera* L.) auch zahlreiche andere Insekten, vor allem Wildbienen, an der Blütenbestäubung beteiligt sind, doch nimmt die Honigbiene diesbezüglich eine Sonderstellung ein, die durch die folgenden 3 Eigenschaften bedingt sind:

1. Nur die Honigbiene ist im Frühjahr, wenn es die Blütezeit der Kulturpflanzen erfordert, in großen Individuenzahlen verfügbar.
2. Sie verfügt über eine Verhaltenseigenschaft, die sie im Hinblick auf den Bestäubungserfolg - die Befruchtung - über die meisten übrigen Bestäuberinsekten hinaushebt: sie ist in höchstem Maße blütenstet, d.h. eine Sammlerin befliegt auf einem Trachtflug in der Regel nur die Blüten einer Pflanzenart.

3. Schließlich ist sie dadurch manipulierbar, daß die Völker in künstlichen Wohnungen (=Beuten) gehalten werden, die bei Bedarf in eine „lohnende“ Trachtregion transportiert werden können.

Diese Eigenschaften - Massenaufreten zur Blütezeit, Blütenstetigkeit und Manipulierbarkeit - sind Obstbauern und Samenerzeugern seit langem bekannt und willkommen und haben eine fruchtbare Zusammenarbeit mit der Imkerschaft gefördert. Ausdruck hierfür ist beispielsweise die Tatsache, daß in manchen Obstbauregionen die Imker Prämien dafür erhalten, daß sie zur Blütezeit die Obstanlagen mit ihren Bienenvölkern anwandern.

Wegen dieser großen volkswirtschaftlichen Bedeutung ist es nicht verwunderlich, daß die Honigbiene sehr frühzeitig auch Objekt wissenschaftlicher Untersuchungen wurde. Bereits in der ersten Denkschrift der Biologischen Abteilung für Land- und Forstwirtschaft am Kaiserlichen Gesundheitsamt aus dem Jahre 1901 wird aus der Kenntnis der volkswirtschaftlichen Bedeutung die wissenschaftliche Beschäftigung mit der Honigbiene angeregt. Deshalb sind in der Auflistung der für die Abteilung vorgesehenen Arbeitsgebiete zwei Hinweise zu finden, die das Studium der Bienen als Garantien sicherer Obst- und Samenernten empfehlen. So heißt es unter Punkt 2: „Ferner fällt in das Arbeitsgebiet der Abtheilung das Studium der Nützlinge aus dem Tier- und Pflanzenreiche, z.B. der die Befruchtung der Kulturpflanzen vermittelnden Insekten, der thierischen und pflanzlichen Feinde der Schädlinge u.a.m.“ und unter Punkt 5 wird gefordert: „Experimentelle Forschungen sind endlich erforderlich auf den Gebieten der Bienenzucht und der Fischzucht. Abgesehen von den Krankheiten der Bienen und der Fische verdient das Studium der Lebensbedingungen der Fische besondere Beachtung“.

Hieraus folgend wurde der Bienenschutz zu einem festen Bestandteil des Aufgabenbereiches der Biologischen Abteilung (später der Kaiserlichen Biologischen Anstalt bzw. Biologischen Reichsanstalt) für Land- und Forstwirtschaft. Jedoch hatten die Arbeiten zum Bienenschutz wegen der im Vergleich zu heute anderen Situationen der Landwirtschaft - die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln war noch nicht weit verbreitet - eine andere Zielrichtung als heute, nämlich die Erforschung und Bekämpfung von Bienenkrankheiten.

Dieser Arbeitsbereich wurde im bakteriologischen Laboratorium angesiedelt und von 1903 bis 1923 durch den Laboratoriumsleiter Professor Dr. Albert Maaßen vertreten. Wegen der seit Ende des 19. Jahrhundert in weiten Teilen Deutschlands grassierenden „Faulbrutseuche“ (heute als bösartige oder amerikanische Faulbrut bezeichnet) war die Suche nach dem Erreger dieser verheerenden Krankheit über viele Jahre Schwerpunkt der Untersuchungen. Der Erreger der Krankheit war noch nicht eindeutig identifiziert. Im Jahre 1906 wurde von Maaßen das als „*Bacillus brandenburgensis*“ beschriebene Bakterium als Erreger der Seuche determiniert. In den folgenden Jahren wurde jedoch nachgewiesen, daß das von Maaßen beschriebene Bakterium identisch ist mit dem im Jahre 1904 von G. F. White beschriebenen *Bacillus larvae* (heutiger Name). Während der Suche nach dem Erreger wurde in Zusammenarbeit mit der Imkerschaft an Bekämpfungsmethoden gearbeitet. So stellte Maaßen im Bericht „Über die „Faulbrut“ genannten seuchenhaften Erkrankungen der Bienenbrut“ aus dem Jahre 1908 bereits fest, daß Bienenstände, die von der Seuche befallen wur-

den, trotz eines Abklingens der Symptome über viele Jahre hinweg infektiös bleiben. Eine Bekämpfung der Krankheit im Bienenvolk hielt er nicht für möglich, da es an entsprechenden Medikamenten mangelte. Er empfahl deshalb eine Hygienemaßnahme, die auch heute noch wie bei anderen Erkrankungen und Parasitierungen angewandt wird: die Bildung „nackter Völker“ (heute Kunstschwarm genannt) und deren Überführung in neue, desinfizierte Beuten. Gleichzeitig sollen die alten Beuten unschädlich beseitigt werden. Diese Methode hat sich im Prinzip bis heute als richtig erwiesen und bei zusätzlicher Ausweisung von Sperrbezirken um die befallenen Stände herum als gängige Sicherungsmaßnahme gegen die Ausbreitung der Seuche erhalten.

Neben der bösartigen Faulbrut wurden von Maaßen und seinen Mitarbeitern noch weitere Bienenkrankheiten hinsichtlich Ursache und Ausbreitung bearbeitet: Ruhr, Nosematose, Kalkbrut, Steinbrut, Maikrankheit und gutartige Faulbrut. Außerdem befaßte man sich mit Bienenparasiten wie Milben (vor allem Tracheenmilbe) und Wachsmotte. Dabei ist hervorzuheben, daß es Maaßen und seinen Mitarbeitern gelang, den ganzen Erregerkomplex der gutartigen Faulbrut - von ihm als Larvenpest bezeichnet - darzustellen. Zu Beginn der Krankheitsuntersuchungen wurde weder zwischen den Erscheinungsbildern der gut- und bösartigen Faulbrut noch den Erregern der beiden Krankheiten unterschieden. Erst durch zahlreiche Versuche zur künstlichen Infektion von Bienenmaterial war es möglich, die beiden Krankheiten nach Erregern und Schadbild voneinander zu trennen. Die Durchführung der zahlreichen Versuche und Untersuchungen war - wie Maaßen mehrfach betonte - nur durch einen engen Kontakt mit der Imkerschaft möglich. Durch die ständige Einsendung und Untersuchung infektiösen Bienenmaterials sowie durch die diesbezügliche Information und Beratung der Imkerschaft hat sich das bakteriologische Laboratorium bald zu einer Untersuchungsstelle für Bienenkrankheiten entwickelt. Der Vollständigkeit wegen sei erwähnt, daß einige Krankheitsuntersuchungen auch auf andere, den Bienen verwandte Hymenopterenarten ausgedehnt wurden. So wurden z.B. Untersuchungen zum Auftreten der Nosematose bei Hummeln und Wespen durchgeführt und die Übertragungsmöglichkeiten auf die Honigbiene überprüft.

Über alle aufgeführten Untersuchungen liegen neben den Tätigkeitsberichten in den Mitteilungen aus der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft zahlreiche Monographien vor. Darüber hinaus fanden die grundlegenden Arbeiten zur Bekämpfung der Bienenkrankheiten, vor allem der gutartigen und der bösartigen Faulbrut, ihren Niederschlag in zahlreichen diesbezüglichen Verordnungen der Länder sowie in der Seuchengesetzgebung des Deutschen Reiches.

Durch die enge Zusammenarbeit mit der Imkerschaft ist die Praxisverbundenheit der Arbeiten zur Bienenpathologie belegt. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß bei der Neugliederung der Anstalt im Jahre 1920 dieser Entwicklung Rechnung getragen wurde: Es wurde ein neues Laboratorium für die Bekämpfung der Bienenkrankheiten eingerichtet, das der sogenannten „Wirtschaftlichen Abteilung“ eingegliedert wurde, während das ursprüngliche bakteriologische Laboratorium der „Naturwissenschaftlichen Abteilung“ zugewiesen wurde. Die Eingliederung der Bienenpathologie in die wirtschaftliche Abteilung macht erneut deutlich, daß man den Bienen als Produktionsfaktor in der Landwirtschaft große Bedeutung beimaß. Dies kam auch dadurch zum Ausdruck, daß bereits im Jahre 1919 das Sachgebiet durch zusätzliche Wissenschaftler verstärkt wurde, den Veterinär Dr.

med. vet. Alfred Borchert und den Zoologen Dr. phil. Walter Trappmann. Borchert, der im Jahre 1923 die Leitung des Laboratoriums für die Bekämpfung der Bienenkrankheiten übernahm, führte die von Maaßen begonnenen Arbeiten fort. Es waren jedoch zu dieser Zeit die Grundlagen für Diagnose und Bekämpfung der wichtigsten Bienenkrankheiten geschaffen, so daß sich die Tätigkeit des Laboratoriums zunehmend in eine Beratung der Imkerschaft wandelte. Die Tätigkeitsberichte belegen dies deutlich. In den Mitteilungen der Biologischen Reichsanstalt finden sich in den folgenden Jahren nur noch wenige Hinweise zur Erforschung von Bienenkrankheiten.

Die Landwirtschaft vollzog in der Zeit nach dem 1. Weltkrieg, auch unter dem Einfluß der aufblühenden chemischen Industrie, einen deutlichen Wandel. Die Zahl der chemischen Mittel zur Bekämpfung von tierischen und pflanzlichen Schadorganismen in Land- und Forstwirtschaft nahmen ständig zu, darunter auch hochgiftige Produkte (z.B. Arsen), die teilweise zur Blütezeit der Kulturpflanzen angewendet wurden. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß im Zusammenhang damit sehr bald Klagen aus der Imkerschaft über Bienenverluste laut wurden. Es war deshalb erforderlich, die Imkerei rasch vor dieser neuen Gefahrenquelle zu schützen.

Bereits im Jahre 1922 finden sich in einem Bericht über die „Prüfung von Pflanzenschutzmitteln in den Jahren 1921/22“ aus den Mitteilungen der Biologischen Reichsanstalt bei einigen Mitteln Angaben zur Auswirkung auf die Honigbiene. Hieraus kann man schließen, daß bereits zu diesem Zeitpunkt für bestimmte Produkte eine entsprechende Prüfung durchgeführt wurde. Im Jahre 1926 geben Hilgendorff und Borchert eine erste Beschreibung ihrer Versuche zur „Ermittlung der Empfindlichkeit der Bienen gegen Arsenstäubemittel“. In diesen Versuchen wurde zunächst nur die Toxizität bei oraler Aufnahme ermittelt. Auch wenn die Entwicklung von Methoden zur Erfassung einer Kontakt- und Atemgiftwirkung später durchgeführt wurde, so bleibt doch festzustellen, daß mit den Untersuchungen von Borchert und Hilgendorff die Prüfung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf die Honigbiene begann. Da es zu dieser Zeit noch kein gesetzlich geregeltes Zulassungsverfahren für Pflanzenschutzmittel gab, war demzufolge auch eine Prüfung auf Bienengefährlichkeit nicht vorgeschrieben. Doch die Pflanzenschutzmittel-Hersteller waren bereits damals daran interessiert, Kenntnisse zur Auswirkung ihrer Mittel auf Bienen zu erhalten, um den Anwendern Empfehlungen zur Anwendung ihrer Mittel geben zu können; denn bald nach dem Auftreten der ersten Schäden an Bienenvölkern durch Arsenhaltige Produkte wurde einerseits von Borchert und seinen Mitarbeitern empfohlen, bienengiftige Pflanzenschutzmittel möglichst nur außerhalb der Blütezeit der Kulturpflanzen anzuwenden, besonders bei Obst und Raps. Falls eine Anwendung in der Blütezeit erforderlich sei, so sollte die Anwendung abends nach dem Bienenflug erfolgen. Auch blühende Unkräuter wurden in die Überlegungen zum Bienenschutz bereits damals einbezogen: so wurde von verschiedenen Autoren vorgeschlagen, blühenden Unterwuchs unter Obstbäumen vor der Anwendung bienengiftiger Pflanzenschutzmittel abzumähen oder abzudecken.

Insgesamt zeigte sich, daß die Aktivitäten des Laboratoriums für die Bekämpfung der Bienenkrankheiten sich bezüglich des Bienenschutzes von der Bearbeitung der Krankheiten hin zur Bearbeitung der schädigenden Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln zu verlagern begann. Aufgrund der Untersuchungen zur Giftigkeit bestimmter Pflanzenschutzmittel für Bienen sowie der Empfehlun-

gen für deren sichere Anwendung wurde in einigen Ländern bzw. Regierungsbezirken der Länder eine „Anordnung zur Bekämpfung von Obstbaumschädlingen und zum Schutz der Bienen“ herausgegeben. Die erste dieser Anordnungen, die fast alle den gleichen Wortlaut hatten, wurde am 1.2.1933 in Mecklenburg veröffentlicht. 10 derartige Anordnungen sind bekannt. Die Anordnungen verpflichten die Eigentümer und Pächter von Obstanlagen zur Bekämpfung von Obstkrankheiten und -schädlingen unter Einhaltung bestimmter Vorschriften des Bienenschutzes. So wird die Anwendung Arsenhaltiger Mittel zur Blütezeit verboten und die Behandlung von Obstbäumen in unmittelbarer Nähe von Bienenständen nur nachts erlaubt. In einem Anhang zur Anordnung werden darüber hinaus die für die vorgeschriebenen Maßnahmen als geeignet bezeichneten Mittel genannt. In einer Erläuterung wird darauf hingewiesen, daß es sich um Mittel handelt, die vom Deutschen Pflanzenschutzdienst geprüft wurden.

Diese Anordnungen aus den Regierungsbezirken bzw. Ländern waren Vorstufen auf dem Weg zu einer einheitlichen Bienenschutz-Verordnung für das Reichsgebiet. Im September 1937 erging vom Reichsernährungsminister an die Biologische Reichsanstalt die Aufforderung, die verschiedenen Anordnungen zu vereinheitlichen und eine für das Reichsgebiet geltende Fassung einer Bienenschutz-Verordnung zu erarbeiten. Der erste Entwurf für eine derartige Verordnung erschien im Jahre 1938; diese Fassung bezog sich aber nur auf die Anwendung Arsenhaltiger Mittel und hieß: „Verordnung über das Verbot der Anwendung arsenhaltiger Pflanzenschutzmittel bei blühenden Kulturpflanzen“. Die Schutzbestimmungen der Verordnung sind aber über den Obstbau hinaus ausgedehnt worden auf „andere blühende gärtnerische und landwirtschaftliche Kulturpflanzen, insbesondere Raps“. Ausgenommen wurden beim Verbot der Behandlung mit Arsenhaltigen Mitteln die Kulturen Wein, Kartoffel und Spargel (heute sind Hopfen und Kartoffeln ausgenommen von der Behandlung mit bienengefährlichen Pflanzenschutzmitteln). Außerdem gab es bereits einen Paragraphen, der die mit Zustimmung des Reichsministers durchgeführten wissenschaftlichen Forschungen und Versuche von den Vorschriften freistellte. Diese Verordnung wurde jedoch in dieser Form nie für das ganze Reichsgebiet in Kraft gesetzt, sondern nur für die Teile des Reichsgebietes, in denen nicht eine der zuvor genannten Anordnungen zur Bekämpfung von „Obstbaumschädlingen und zum Schutze der Bienen“ bestand.

In den 30er Jahren spielte der Schutz der Bienen vor der Anwendung bienengefährlicher Pflanzenschutzmittel eine immer größere Rolle, da zunehmend von umfangreichen Bienenschäden durch die Anwendung von bienengiftigen Pflanzenschutzmitteln berichtet wurde. 1934 beschreibt Springenguth (später Leiter der Abteilung Bienenkunde der Landwirtschaftskammer in Münster) einen Bienenschaden durch die Anwendung von bienengiftigen Pflanzenschutzmitteln im Raps, der so umfangreich war, daß die Versicherung des Anwenders die enorme Summe von 2.000,00 Reichsmark Schadensersatz zahlen mußte. Durch solche und ähnliche Berichte veranlaßt, versuchte man nicht allein die Anwendungsvorschriften der Mittel zu Gunsten der Bienen zu verbessern, sondern suchte auch nach Wegen, die Anwendung der für Bienen giftigen Präparate bei gleichzeitiger Gewährleistung der Sicherheit für die Bienen zu ermöglichen. So erschienen in dieser Zeit zahlreiche Arbeiten - nicht allein aus der Biologischen Reichsanstalt - die sich mit der Auswirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Bienen beschäftigten. Neben der Ermittlung einer „*Dosis letalis minima*“

(Vorläufer der LD 50) wurde versucht, den giftigen Präparaten durch die Beimischung von Repellentien mehr Sicherheit vor der Entstehung von Bienenschäden zu verschaffen. Prof. Dr. E. Zander, ehemaliger Direktion der Bayerischen Landesanstalt für Bienenzucht in Erlangen, gibt 1937 in seinem Artikel „Bienenzucht und Schädlingsbekämpfung“ einen Überblick über Maßnahmen, die bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln eingehalten werden sollten, um Bienenschäden zu verhindern. Besondere Beachtung verdient seine abschließende Forderung, Bienen, die durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln getötet wurden, „müssen in der Biologischen Reichsanstalt einer chemischen Untersuchung unterzogen werden“. Diese weitreichende, vorausschauende Forderung zur Aufklärung von Bienenschäden wurde jedoch erst lange nach dem Ende des 2. Weltkrieges umgesetzt.

Die Zeit des zweiten Weltkrieges ist dadurch gekennzeichnet, daß man einerseits dem Bienenschutz einen hohen Stellenwert einräumte, andererseits aber auch die landwirtschaftliche Produktion forcierte. Konflikte zwischen Landwirtschaft und Imkerei blieben dabei nicht aus, wie aus zahlreichen Aufrufen des Pflanzenschutzdienstes an beide Seiten zu entnehmen ist, alles dazu beizutragen, Schäden an Bienenvölkern zu verhindern. Die durch den Krieg bedingte große wirtschaftliche Not trug sicher viel dazu bei, daß man sich in der Nachkriegszeit rasch der großen Produktionsleistungen der Bienen erinnerte. Bienenhaltung war aus vielen Gründen in Deutschland dieser Zeit weit verbreitet. Es gab schätzungsweise in den verschiedenen Besatzungszonen des ehemaligen Deutschen Reiches mehr als zwei Millionen Bienenvölker (zum Vergleich: z.Zt. gibt es in der Bundesrepublik Deutschland etwa 1 Million Völker). Honig war ein begehrtes, einfach und preiswert zu produzierendes Nahrungsmittel und wieder - wie im 19. Jahrhundert - ein verbreiteter Süßstoff. Doch mit der Steigerung der Nahrungsproduktion in der Landwirtschaft setzten rasch die Probleme für die Bienenhaltung wieder ein. Die Palette der Pflanzenschutzmittel wurde ständig größer und es mehrten sich die Klagen der Imker über die Entstehung von Bienenschäden.

In der sich schrittweise vollziehenden Teilung Deutschlands wurde auch eine Aufteilung der Biologischen Reichsanstalt durchgeführt. Während sich durch die zentrale Organisation allen öffentlichen Lebens in der sowjetischen Besatzungszone bald die Bildung einer zentralen Institution für den Pflanzenschutz, Biologische Zentralanstalt mit späterem Sitz in Kleinmachnow, herausbildete, waren im Westen die einzelnen Institute der Biologischen Reichsanstalt zunächst nicht einheitlich organisiert, da sie in verschiedenen Besatzungszonen lagen. Der Bienenschutz sollte auf der Basis der alten Organisation der Biologischen Reichsanstalt fortgeführt werden. So ist dem „Stellenplan für das Rechnungsjahr 1946/47 der Biologischen Zentralanstalt für das Nordwestdeutsche Gebiet“ zu entnehmen, daß in dieser Zeit in Breloh bei Munster/Lager ein Institut für Bienenkrankheiten bestand, dem als Leiter zunächst Prof. Dr. Borchert zugeordnet war. Aus den weiteren Unterlagen der Anfänge der Biologischen Bundesanstalt muß jedoch geschlossen werden, daß Borchert diese Stelle nie angetreten hat, sondern nach verschiedenen vergeblichen Bemühungen, im Westen Fuß zu fassen, schließlich als Ordinarius des Institutes für Veterinärparasitologie an die Humboldt- Universität in Berlin berufen wurde. Von dort aus baute er den Bienenschutz in der sowjetischen Besatzungszone bzw. der späteren DDR auf. Es gelang hier wegen der zentralen Organisation sehr schnell, die Grundlage für einen wirksamen Bienenschutz zu schaffen. Bereits am 17.3.1948 wurde

- noch vor der Gründung der DDR - eine „Verordnung zum Schutz der Bienen und zur Förderung der Bienenweide“ in Kraft gesetzt. Die entsprechende westliche Verordnung - “Verordnung zum Schutz der Bienen bei der Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen“ - trat erst zwei Jahre später am 25.5.1950 in Kraft. Beide Verordnungen fußten inhaltlich auf der im Jahre 1938 von der Biologischen Reichsanstalt entworfenen Fassung der „Verordnung über das Verbot der Anwendung arsenhaltiger Pflanzenschutzmittel bei blühenden Kulturpflanzen“. Ausgangspunkt des Bienenschutzes in den westlichen Besatzungszonen war vor allem Celle, da das kleinere Bieneninstitut in Breloh nie wirklich mit Leben erfüllt wurde. In Celle gab es die ehemalige Reichsanstalt für Seidenbau (heute Institut für Kleintierzucht der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft) deren Leiter, Prof. Dr. Koch, auch Leiter des Celler Bieneninstitutes gewesen war. Unter seiner Leitung entfalteten von Celle aus zwei Persönlichkeiten zahlreiche Aktivitäten zur Organisation des Bienenschutzes in der Bundesrepublik Deutschland. Dr. Joachim Evenius, der bis zum Kriegsende das Bieneninstitut in Finkenwalde bei Stettin geleitet hatte, betrieb unermüdlich die Gründung der heutigen Arbeitsgemeinschaft der Institute für Bienenforschung. Der Zusammenschluß der Institute, die sich mit allen wissenschaftlichen und praktischen Fragen der Bienenkunde und des Bienenschutzes beschäftigten, gelang am 16.1.1949 in Marburg. Die Institute haben durch intensive Zusammenarbeit bei der Erforschung und Bekämpfung von Bienenkrankheiten und - parasiten maßgebend zur Verbesserung des Bienenschutzes auf diesem Gebiet beigetragen und beteiligen sich bis heute intensiv an der Prüfung von Pflanzenschutzmitteln auf Bienengefährlichkeit.

In der Reichsanstalt für Seidenbau (später Bundesforschungsanstalt für Kleintierzucht) fand bald nach dem Krieg der Chemiker Dr. Karl Stute eine Anstellung. Auf Anregung von Prof. Dr. Koch beschäftigte sich Stute seit 1946 mit Nachweisverfahren für Pflanzenschutzmittel - Rückstände in toten Bienen. Gleichzeitig begann Stute mit der Entwicklung eines standardisierten Verfahrens zur Prüfung der Auswirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Bienen. Veranlaßt durch die stetige Zunahme von Bienenschäden als Folge von Pflanzenschutzmittelanwendungen plante Stute bereits 1950 an der damaligen Bundesforschungsanstalt für Kleintierzucht die Einrichtung einer zentralen Untersuchungsstelle, wie es Zander bereits 1937 vorgeschlagen hatte. Dieses Vorhaben gelang 1951, obwohl einige Bundesländer und sogar der damalige Präsident des Deutschen Imkerbundes anfangs dagegen erheblichen Widerstand geleistet hatten. Diese „Untersuchungsstelle für Bienenvergiftungen“ war eine Gemeinschaftseinrichtung der Länder und wurde aus Mitteln der Länder (aufgeteilt nach Anzahl der in den Ländern entstandenen Bienenschäden/Jahr und der Anzahl der Bienenvölker/Land) sowie einem festgelegten Zuschuß des Deutschen Imkerbundes finanziert. Aus den Geldern der Länder und des Imkerbundes konnten lange Zeit die Stelle eines Wissenschaftlers sowie einer technischen Assistentin finanziert werden. Die Leitung der Untersuchungsstelle hatte Dr. Stute bis zu seiner Pensionierung im Jahre 1976 inne. Zu dieser Zeit hat er zahlreichen Imkern bei der Aufklärung ihrer Bienenschäden geholfen. Durch die Einbeziehung des Pflanzenschutzdienstes und der organisierten Imkerschaft bei der Klärung der Schäden hat er mit dazu beigetragen, zukünftige Schäden zu verhindern.

Die Verordnung zum Schutze der Bienen bei Anwendung giftiger Pflanzenschutzmittel vom 25.5.1950, enthielt noch keine Definition des Begriffes „giftige Pflanzenschutzmittel“, doch regelte

sie die Anwendung „giftiger Pflanzenschutzmittel“ an blühenden Pflanzen, einschließlich der Unkräuter. Hieraus ergab sich die Notwendigkeit, die Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Bienen zu ermitteln, damit die Bestimmungen der Verordnung sinnvoll angewendet werden konnten. Hierzu leistete Stute wertvolle Vorarbeit, indem er zusammen mit Kollegen aus anderen Bieneninstituten eine „Richtlinie für die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln auf Bienengefährlichkeit“ vorbereitete. Deren erste Fassung erschien im Jahre 1953.

Es gab zu dieser Zeit noch kein gesetzlich geregeltes Verfahren für die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln, sondern ein freiwilliges Anerkennungsverfahren. Erst das Pflanzenschutzgesetz vom 10.05.1968 änderte diese Situation. Demzufolge waren auch Prüfungen zur Bienengefährlichkeit bis dahin keine Pflicht, sondern freiwillig. Es lag aber im Interesse der Firmen, mit der Bienengefährlichkeit ihrer Mittel werben zu können, so daß die meisten Präparate einer entsprechenden Prüfung unterzogen wurden. Die Prüfungen, die bereits damals eine 3-Stufigkeit (Labor- Halbfreiland- Freiland) vorsahen, wurden von Stute organisiert. Dazu wurden die bei der Biologischen Bundesanstalt zur Anerkennung angemeldeten Präparate in Prüfpläne eingeteilt, die von Stute zur praktischen Durchführung der Prüfungen auf die Bieneninstitute der Länder verteilt wurden. Dr. Trappmann, der 1919 in das Laboratorium zur Erforschung der Bienenkrankheiten der Biologischen Reichsanstalt eingetreten war und der inzwischen die Mittelprüfstelle leitete, war an der anfänglichen Organisation der Bienenprüfung beteiligt. Zur Beurteilung der Prüfungsergebnisse war nach intensiver Vorarbeit von Stute und Evenius am 07.01.1953 der „Arbeitskreis für die Beurteilung der Einwirkung von Schädlingsbekämpfungsmitteln auf Bienen“ gegründet worden. Der Arbeitskreis erster Obmann war Prof. Koch - war Vorläufer der Fachgruppe Bienenschutz des Sachverständigenausschusses für die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln. An den Sitzungen des Arbeitskreises, auf denen Empfehlungen zur Einstufung der Mittel hinsichtlich der Auswirkungen auf Bienen ausgesprochen wurden, nahmen Vertreter der Mittelprüfstelle der Biologischen Bundesanstalt teil.

Durch das Pflanzenschutzgesetz vom 10.05.1968 wurde das Verfahren der Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln geregelt. Auch wenn die Neufassung der Bienenschutzverordnung erst am 19.12.1972 in Kraft trat, so wurde das bisherige Verfahren zur Prüfung der Auswirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Bienen beibehalten: Die Biologischen Bundesanstalt stellte die Prüfpläne der nunmehr zur Zulassung (nicht mehr Anerkennung) angemeldeten Präparate zusammen und schickte sie zwecks praktischer Durchführung der Prüfungen an die Bundesforschungsanstalt für Kleintierzucht in Celle. Dieses Verfahren wurde erst geändert, als Dr. Stute 1976 in den Ruhestand trat. Zuvor war die Bundesforschungsanstalt für Kleintierzucht als Institut für Kleintierzucht in die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (Braunschweig-Völkenrode) eingegliedert worden. Der von Dr. Stute vertretene Arbeitsbereich Bienen war dabei aus sachlichen Gründen der Biologischen Bundesanstalt zugeschlagen worden. So wurde im Jahre 1976 die Untersuchungsstelle für Bienenvergiftungen mit dem damaligen Personal (Frau Dr. Kaufmann, Chemikerin, und Frau Rath, technische Assistentin und Imkermeisterin) nach Braunschweig verlegt und die Aufgaben der Bienenprüfung der Fachgruppe für zoologische Mittelprüfung der Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik angegliedert. Beide Aufgaben - Prüfung von Pflanzenschutzmitteln auf

Bienengefährlichkeit und Untersuchung von Bienenvergiftungen - wurden von da an mit kurzer Unterbrechung vom Verfasser wahrgenommen.

Die Untersuchungen von Schäden an Bienenvölkern durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln waren in dieser Zeit ein politisch brisantes Thema. Jährlich wurden 300-400 Schadensfälle gemeldet, davon eine große Zahl aus den badischen Weinbaugebieten, die nahezu alle auf die Anwendung bienengefährlicher (Carbaryl-haltiger) Pflanzenschutzmittel zur Reblüte zurückgeführt werden konnten. Durch die enge organisatorische Verbindung zwischen der Untersuchungsstelle für Bienenvergiftungen und der Zulassungsabteilung konnten bezüglich der von der Imkerschaft geforderten Einschränkung der Anwendung Carbaryl-haltiger Präparate rasch Konsequenzen gezogen werden. Die Anwendung dieser Mittel ist heute verboten. Damit hatte sich die Untersuchungsstelle erstmals als zweckmäßiges Regulativ der Zulassung erwiesen. Durch eine Verbesserung der chemischen Untersuchungsmethoden beim Nachweis von Pflanzenschutzmittel-Rückständen in toten Bienen, die nur durch den außerordentlichen Arbeitseinsatz von Dr. A. Koßmann als verantwortlichen Chemiker möglich war, sowie durch intensive Information der Pflanzenschutzmittel-Anwender gelang es in den folgenden Jahren die Zahl der jährlichen Bienenschäden erheblich zu senken. Da die Schadenzahl seit etwa 10 Jahren ungefähr 100 beträgt, kann angenommen werden, daß sie sich kaum noch weiter senken läßt, zumal darin sowohl etwa 20 % Frevefälle (d.h. absichtliche Vergiftung von Bienenvölkern) als auch ebenso viele Schadensfälle ohne bekannte Ursache enthalten sind.

Durch die Fassung des Pflanzenschutzgesetzes vom 15.09.1986 erfuhr der Schutz des Naturhaushaltes vor der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln eine starke Aufwertung. Die hierzu geführten Diskussionen hatten auch Auswirkungen auf die Bienenschutzverordnung. Von Seiten des Naturschutzes wurde gefordert, neben der Honigbiene auch den Schutz der Wildbienen und Hummeln in die Bienenschutzverordnung einzubeziehen. Zahlreiche diesbezügliche Diskussionen in der Fachgruppe Bienenschutz des Sachverständigen- Ausschusses führten aber zu dem Ergebnis, daß die Bestimmungen der Verordnung bei Wildbienenarten nicht anwendbar sind. Die Änderung der Verordnung, die seit Anfang der 80er Jahre betrieben und diskutiert wurde, beschränkte sich schließlich darauf, daß nunmehr neben dem Schutz der Blüte auch der Schutz des Honigtaus, der zweiten großen Trachtquelle, in die Verordnung aufgenommen wurde. Am 22.07.1992 trat die neue Fassung der Bienenschutzverordnung in Kraft. Ihr volle Name lautet fast wie der der ersten Vorläufer: Verordnung über die Anwendung bienengefährlicher Pflanzenschutzmittel.

Die jüngste Zeit ist geprägt vom zunehmenden Einfluß der europäischen Einigungsbestrebungen auch auf dem Gebiet des Bienenschutzes. So wurde nach jahrelanger Vorarbeit der International Commission for Plant-Bee Relationships (ICPBR) eine vereinheitlichte Prüfrichtlinie verabschiedet, die auf dem Wege über die European Plant Protection Organization (EPPO) Eingang in die Europäische Union gefunden hat. Auch die Methoden zur Untersuchung von Bienenvergiftungen werden international diskutiert und sollen auf europäischer Ebene harmonisiert werden. Damit soll dem verstärkten Bedarf an derartigen Untersuchungen in anderen europäischen Ländern Rechnung

getragen werden. Jahrzehntelange deutsche Erfahrungen auf diesem Gebiet könnten hier eine wertvolle Hilfe sein.

Literatur

- ANONYM (1901): Denkschrift über die Begründung und über die bisherige Thätigkeit der biologischen Abtheilung für Land- und Forstwirtschaft am Kaiserlichen Gesundheitsamte.
- BÖTTCHER, F.K. (1937): Die Wirkung der chemischen Schädlingsbekämpfung auf die Bienenzucht. Anzeiger für Schädlingskunde **10**, 121-126.
- BORCHERT, A. (1929): Über die Giftigkeit einiger Pflanzenschutzmittel (Arsenpräparate und Fluornatrium) für die Bienen. Archiv für Bienenkunde **10**, 1, 1-33.
- GÖTZE, G. (1929): Inwieweit wird die Bienenzucht durch die Verwendung zuckerhaltiger Pflanzenschutzmittel gefährdet? Anzeiger für Schädlingskunde **5**, 73-75.
- HERFS, W. (1972): Bienenungefährliche Pflanzenschutzmittel. Prüfung und Zulassung nach dem Pflanzenschutzgesetz. Allgemeine deutsche Imkerzeitung **6**, 4, 1-7.
- HILGENDORFF, G. & A. BORCHERT (1926): Über die Empfindlichkeit der Bienen gegen Arsenstäubemittel. Anzeiger für Schädlingskunde **6**, 37-38.
- MAABEN, A. (1909): Über die unter dem Namen „Faulbrut“ bekannten seuchenhaften Bruterkrankungen der Honigbiene. Parey, Berlin.
- MAABEN, A.: Tätigkeitsberichte des bakteriologischen Laboratoriums der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft in Mitteilungen aus der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft der Jahre 1905, 1906, 1908, 1909, 1910, 1911, 1912, 1914/15, 1916, 1918.
- SCHLUMBERGER, O. (1949): 50 Jahre Deutsche Pflanzenschutzforschung. Festschrift zum 50-jährigen Bestehen der Biologischen Zentralanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem. Deutscher Zentralverlag, Berlin.
- SPRENGEL, C.K. (1793): Das entdeckte Geheimnis der Natur und in der Befruchtung der Blumen. Vieweg, Berlin.
- STUTE, K. (1957): Möglichkeiten des Nachweises von Insektiziden in toten Bienen. Anzeiger für Schädlingskunde **30**, 7, 97-99.
- ZANDER, E. (1937): Bienenzucht und Schädlingsbekämpfung. Anzeiger für Schädlingskunde **13**, 28-31.

Anschrift des Verfassers:

DR. D. BRASSE, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

S. A. HASSAN

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
 Institut für biologischen Pflanzenschutz

**Prüfung der initialen Wirkung sowie der Schadwirkungsdauer von Pflanzenschutzmitteln auf
 Eiparasiten der Gattung *Trichogramma***

Abstract: The side effects of pesticides (initial and persistence) on egg parasitoids of the genus *Trichogramma*.

The Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms" of the International Organisation for Biological Control (IOBC), West Palearctic Regional Section (WPRS) recommends a combination of several laboratory, semi-field and field test methods to assess the side effects of pesticides on beneficial arthropods. The choice of methods was made to screen out harmless preparations using a worst case method at the beginning of the sequential testing, harmless preparations are not tested any further. In the present study, three types of methods were carried out to test the side effects on *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae): (a) laboratory initial worst case toxicity test at the highest recommended concentration of the product on the adult parasitoids, the most susceptible life stage. This is tested by exposing the adult parasitoids to fresh dry pesticide film applied on glass plates, (b) laboratory, less susceptible life stage, spraying of product on parasite pupae within the host eggs, (c) duration of harmful activity, exposure of adults to pesticide residues applied on plants at intervals after treatment. This combination has the advantage of including two different developmental stages of the natural enemy (adult and pupa) that greatly differ in their susceptibility and vulnerability to pesticides. The persistent test (duration of the harmful activity) adds information towards the overall impact of the chemical on the natural enemy. The results of the experiments with a total of 161 preparations (66 insecticides/ acaricides, 53 fungicides, 42 herbicides) revealed that 17 insecticides/ acaricides, 34 fungicides and 27 herbicides were harmless to *Trichogramma* adults. 23 insecticides/ acaricides, 19 fungicides and 7 herbicides were shown to be slightly to moderately harmful to the adults, but only harmless to slightly harmful to the pupa within the host egg. The persistence test demonstrated, with 71 preparations that were harmful to the adults, that 7 were short lived (< 5 days effect), 13 slightly persistent (3 – 10 days), 22 moderately persistent (10 – 24 days) and 29 persistent (> 30 days). The value of the combination of tests used to compare between the side effect of different preparations is emphasised.

Einleitung

Die internationale Zusammenarbeit zur Entwicklung von Standardprüfverfahren wird im Rahmen der internationalen Arbeitsgruppe "Pflanzenschutzmittel und Nutzorganismen" der Internationalen Organisation für Biologische Schädlingsbekämpfung (IOBC) / Westpaläarktische Regionale Sektion (WPRS) durchgeführt. Im Rahmen von gemeinsamen Testprogrammen erfolgten Prüfungen

zur Auswirkung von Präparaten auf den Eiparasiten *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera, Chalcidoidea, Trichogrammatidae). Die Prüfungen dieser Präparate fanden parallel hierzu auch an 20 weiteren Nützlingsarten unter Beteiligung von Kollegen in 13 Ländern statt (FRANZ et al. 1980, HASSAN et al. 1983, 1987, 1988, 1991).

Bei erwiesener Unschädlichkeit im Labortest auf Initialtoxizität kann in der Regel auf weitere Freiland- bzw. Halbfreilandprüfungen verzichtet werden. Präparate mit erwiesener Schädlichkeit für eine Reihe von Nutzarthropoden im Labortest werden anschließend auf ihre Schadwirkungsdauer (Persistenz) geprüft werden, um eine Differenzierung von Präparaten mit starker Initialwirkung zu ermöglichen. Weitere Prüfungen solcher Präparate in Freiland- und Halbfreilandversuchen werden angestrebt.

Die Arbeitsgruppe befaßt sich u.a. mit der Entwicklung von normierten Testverfahren zur Prüfung der Auswirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Nutzarthropoden (HASSAN et al. 1985, HASSAN 1988, 1992 und VOGT 1994). Durch Standardprüfungen und rationelle Aufgabenteilung unter den Mitgliedsländern können Präparate gleichzeitig mit relativ geringem Aufwand an einer Palette wichtiger Nützlingsarten getestet werden. Bisher stehen Prüfverfahren für folgende Prädatoren und Parasitoiden zur Verfügung: *Trichogramma cacoeciae*, Initialtoxizität (HASSAN 1974, 1977), Persistenz (HASSAN 1980); *Encarsia formosa* (HOOGCARSPERL & JOBSEN 1984 und OOMEN 1985); *Leptomastix dactylopii* (VIGGIANI & TRANFAGLIA 1978); *Phygadeuon trichops* (PLATTNER & NATON 1975 und NATON 1983); *Coccygomimus turionellae* (BOGENSCHÜTZ 1975, 1984 und BOGENSCHÜTZ et al. 1986); *Pales pavidus* (HUANG 1981); *Chrysoperla carnea* (SUTER 1978, VOGT et al. 1992, VOGT 1994); *Aphidoletes aphidimyza* (HELYER 1991); *Amblyseius potentillae* (OVERMEER et al. 1982); *Phytoseiulus persimilis* (SAMSOE-PETERSEN 1983 und STOLZ 1990); *Typhlodromus pyri* (BONESS et al. 1982, DUSO et al. 1992), Raubmilben (BAKKER & CALIS 1989); Carabidae (HEIMBACH 1988); Spinnen (MANSOUR, NENTWIG 1988, WEHLING, HEIMBACH 1991 und MANSOUR et al. 1992); *Verticillium lecanii* (TUSET 1975, 1988); *Coelotes terrestris* (ALBERT & BOGENSCHÜTZ 1984); *Anthocoris nemoralis* (STÄUBLI et al. 1984); *Aleochara bilineata* (SAMSOE-PETERSEN 1987, 1995, SAMSOE-PETERSEN et al. 1992) entomopathogene Pilze (KELLER & SCHWEIZER 1991), Freilandprüfungen (GENDRIER & REBOULET 1992 und FOURNIER et al. 1992).

Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* sind weltweit als wichtige natürliche Begrenzungsfaktoren von schädlichen Lepidopteren im Acker-, Gemüse-, Obst- und Weinbau bekannt. Da diese Schlupfwespen Eier von Schädlingen parasitieren und dadurch Fraßschäden durch Larven verhindern können, verwendet man diesen Nützling seit einigen Jahren mit Erfolg zu praktischen Einsätzen im Rahmen der biologischen Schädlingsbekämpfung. In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse der Prüfung einer Reihe von Präparaten auf Initialwirkung und Schadwirkungsdauer gegenüber *T. cacoeciae* dargestellt.

Material und Methoden

Die geprüften Präparate auf *T. cacoeciae* sind in den Tab. 1-3 aufgelistet. Auf Initialwirkung wurden 161 Mittel geprüft (66 Insektizide / Akarizide, 53 Fungizide, 42 Herbizide). Die Prüfung auf Schadwirkungsdauer (Persistenz) erfolgte bei 71 Präparaten.

Die Feststellung der initialen Wirkung auf *T. cacoeciae* erfolgte durch (a) die Exposition adulter Parasiten auf frisch applizierten, angetrockneten Spritzbelägen auf Glasplatten in den empfohlenen Anwendungskonzentrationen, (b) direkte Spritzung von parasitierten Wirtseiern. Die Prüfung auf Schadwirkungsdauer (c) beinhaltete das Spritzen von Rebpflanzen, Exposition von ca. 24 Stunden alten *Trichogramma*-Imagines auf behandelten Blättern in vorgegebenen Abständen bis zu einem Monat nach der Behandlung. Die Verminderung in der Parasitierungsleistung im Vergleich zur Wasser-Kontrolle diente als Maßstab für die Schädlichkeit. 30% Leistungsminderung wurde als Grenzwert für die Unschädlichkeit verwendet. Es wurden vier Bewertungsklassen verwendet: Initialwirkung: 1 = unschädlich (< 30%), 2 = schwach schädigend (30-79%), 3 = mittelstark schädigend (80-99%), 4 = stark schädigend (>99%). Schadwirkungsdauer: 1 = kurz wirksam (<5 Tage), 2 = schwach persistent (5-14 Tage), 3 = mäßig persistent (15-30 Tage), 4 = persistent (>30 Tage).

Prüfung auf Initialwirkung

Zur Feststellung der Initialwirkung wurden adulte Trichogrammen in einem Versuchskäfig Spritzbelägen auf Glasplatten ausgesetzt (HASSAN 1974). Die Prüfung der Präparate erfolgte in den empfohlenen Anwendungskonzentrationen. Behandelte Glasplatten wurden mit Hilfe eines Aluminiumrahmens zu einem quadratischen Käfig von 13 cm Kantenlänge und 1,5 cm Höhe zusammengefügt. Mit Batist verschlossene Öffnungen des Rahmens dienten zur Ventilation. Das Einleiten der am Vortag geschlüpften Versuchstiere in die Käfige erfolgte unter Ausnutzung ihrer positiven Phototaxis. Je Mittel wurden drei Käfige mit jeweils ca. 300 Parasiten eingesetzt. Die überlebenden Tiere erhielten am 2., 3. und 5. Versuchstag insgesamt ca. 15 000 Eier der Getreidemotte *Sitotroga cerealella* Oliv. zur Parasitierung. Die Versuche liefen in Lichtthermostaten bei ständiger schwacher Beleuchtung und wechselnden Temperatur- und Luftfeuchtebedingungen (16 h bei 28°C und 60 - 70 % RLF sowie 8 h bei 18°C und 80 - 95 % RLF). Die Verminderung der Parasitierungsleistung gegenüber der mit Wasser behandelten Kontrolle diente als Maßstab für die Schädlichkeit des Präparates.

Prüfung auf Schadwirkungsdauer

Zur Feststellung der Schadwirkungsdauer von Pflanzenschutzmitteln wurden getopfte Reben der Sorte Müller-Thurgau mit den zu prüfenden Präparaten tropfnaß gespritzt und nach dem

Antrocknen der Beläge im Freiland unter einem lichtdurchlässigen Regenschutzdach eingestellt. *Trichogramma*-Imagines wurden in den zuvor erwähnten Versuchskäfigen mit unbehandelten Glasplatten kontaminierten Rebblättern ausgesetzt, die jeweils 3, 10, 17, 24 und 31 Tage nach der Behandlung den Versuchspflanzen entnommen wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse von 7 Testreihen (1980-1997) sind in den Tabellen 1-3 dargestellt. 17 Insektizide / Akarizide, 34 Fungizide und 27 Herbizide waren unschädlich. 23 Insektizide / Akarizide, 19 Fungizide und 7 Herbizide waren mittelstark bis stark schädigend gegenüber *Trichogramma*-Adulten, jedoch unschädlich bis schwach schädigend gegenüber den im Wirtsei geschützten Puppen.

Bei erwiesener Schädlichkeit im ersten Labortest (Adulte) wurden die Präparate auf Schadwirkungsdauer geprüft (Abbildungen 1-5). Sieben der 71 geprüften Präparate hatten eine Wirkungsdauer von unter 3 Tagen (kurz wirksam, Abb. 1), 13 Präparate von 3–10 Tagen (schwach persistent, Abb. 2), 12 Präparate von 10–17 Tagen (mäßig persistent, Abb. 3), 10 Präparate von 17–24 Tagen (mäßig persistent, Abb. 4) und 29 Präparate eine Wirkungsdauer von über 30 Tagen (persistent, Abb. 5).

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse sollte beachtet werden, daß die unter Laborbedingungen durchgeführten Prüfungen keine direkten Hinweise über die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Nutzarthropoden im Freiland geben können. Es darf jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit von erwiesener Unschädlichkeit im Labortest auf Unschädlichkeit des Mittels im Feld geschlossen werden.

Tab.1: Die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln (Initialwirkung/Schadwirkungsdauer) auf *Trichogramma cacoeciae* Marchal.

| Präparat (Wirkstoff) | Konz. % | Initialwirkung | | Per- sis- tenz |
|---|------------|----------------|--------|----------------------|
| | | Adulte | Puppen | |
| ----- | | | | |
| I n s e k t i z i d e / A k a r i z i d e | | | | |
| 1 Dipel (Bacillus thuringiensis) | 0.10 | 1 | - | - |
| 2 Torque (fenbutatin-oxid) | 0.05 | 1 | - | - |
| 3 Dimilin (diflubenzuron) | 0.05 | 1 | - | - |
| 4 Apollo SOSC (clofentezine) | 0.04 | 1 | - | - |
| 5 Cesar (hexythiazox) | 0.025 | 1 | - | - |
| 6 Insegar (fenoxycarb) | 0.06 | 1 | - | - |
| 7 Applaud (buprofezin) | 0.03 | 1 | - | - |
| 8 Dimilin (diflubenzuron) | 0.05 | 1 | - | - |
| 9 Trigard (cyromazine) | 0.067 | 1 | - | - |
| 10 Neudosan (Kali-Seife) | 2.0 | 1 | - | - |
| 11 Delfin WG (Bacillus thuring.) | 0.10 | 1 | - | - |
| 12 Novodor FC (Bac.thuring.tenebr.) | 0.50 | 1 | - | - |
| 13 Micro Germin (Verticillium lec.) | 0.2 | 1 | - | - |
| 14 Nomolt (teflubenzuron) | 0.10 | 1 | 1 | - |
| 15 AAzomate (benzoximate) | 0.15 | 2 | - | - |
| 16 Match (Lufenuron) | 0.20 | 2 | - | - |
| 17 Admiral (Pyriproxifen) | 0.25 | 2 | - | - |
| 18 Kelthane (dicofol) | 0.15 | 3 | 1 | 2 |
| 19 Evisect S (thiocyclam) | 0.03 | 3 | 3 | 2 |
| 20 Crototex (flubenzimine) | 0.10 | 3 | 1 | 4 |
| 21 Pirimor- Granulat (pirimicarb) | 0.10 | 4 | 1 | 1 |
| 22 Croneton (ethiophencarb) | 0.10 | 4 | 1 | 2 |
| 23 Tedion V 18 (tetradifon) | 0.20 | 4 | 1 | 2 |
| 24 Aseptia Lindane (lindane) | 0.10 | 4 | 3 | 2 |
| 25 Dimecron 20 (phosphamidon) | 0.25 | 4 | 3 | 2 |
| 26 Spruzit-Nova-flüssig (pyrethrum+) | 0.10 | 4 | 4 | 2 |
| 27 Unden (propoxur) | 0.15 | 4 | 4 | 2 |
| 28 Basudine vloeibar (diazinon) | 0.21 | 4 | 4 | 2 |
| 29 Phosdrine W 10 (mevinphos) | 0.58 | 4 | 4 | 2 |
| 30 Telmion (Rapsöl) | 4.0 | 4 | 2 | 2 |
| 31 Vertimec (Abamectin) | 0.375 | 4 | 3 | 2 |
| 32 Dipterex WP 80 (trichlorphon) | 0.10 | 4 | 2 | 3 |
| 33 Thiodan 35 Spritzp. (endosulfan) | 0.10 | 4 | 3 | 3 |
| 34 Hostaquick (heptenophos) | 0.10 | 4 | 4 | 3 |
| 35 Peropal (azocyclotin) | 0.10 | 4 | 1 | 3 |
| 36 Imidan (phosmet) | 0.25 | 4 | 2 | - |
| 37 Zolone Flow (Phosalon) | 0.24 | 4 | 1 | 4 |
| 38 Polo (Difenthiuron) | 0.10 | 4 | 1 | 4 |
| 39 Plictran 25 W (cyhexatin) | 0.10 | 4 | 1 | 4 |
| 40 Rubitox Spritzp. (phosalone) | 0.20 | 4 | 1 | 4 |
| 41 Ambush (permethrin) | 0.02 | 4 | 1 | 4 |
| 42 Orthen (acephate) | 0.15 | 4 | 2 | 4 |
| 43 Maitac (amitraz) | 0.30 | 4 | 2 | 4 |
| 44 Decis (deltamethrin) | 0.06 | 4 | 2 | 4 |
| 45 Gusathion (azinphos-methyl) | 0.20 | 4 | 3 | 4 |
| 46 Kilval (vamidothion) | 0.125 | 4 | 1 | 4 |
| 47 Vydate L (oxamyl) | 0.15 | 4 | 1 | 4 |
| 48 Rody (fenpropathrin) | 0.05 | 4 | 1 | 4 |
| 49 Klartan (fluvalinate) | 0.06 | 4 | 1 | 4 |
| 50 Baythroid 50 (cyfluthrin) | 0.05 | 4 | 2 | 4 |
| 51 Karate (lambda-cyhalothrin) | 0.075 | 4 | 2 | 4 |

| Präparat (Wirkstoff) | Konz. % | Initialwirkung | | Per- sis- tenz |
|---|------------|----------------|--------|----------------------|
| | | Adulte | Puppen | |
| ----- | | | | |
| I n s e k t i z i d e / A k a r i z i d e | | | | |
| 52 Tamaron (methamidophos) | 0.15 | 4 | 4 | 4 |
| 53 Torak E (dialiphos) | 0.25 | 4 | 3 | 4 |
| 54 Lannate (methomyl) | 0.10 | 4 | 4 | 4 |
| 55 Sumicidin (fenvalerate) | 0.075 | 4 | 4 | 4 |
| 56 Actellic 50 (pirimiphos-methyl) | 0.20 | 4 | 4 | 4 |
| 57 Ultracid (methidathion) | 0.075 | 4 | 4 | 4 |
| 58 Folithion (fenitrothion) | 0.10 | 4 | 4 | 4 |
| 59 Hostaquick (heptenophos) | 0.10 | 4 | 4 | 4 |
| 60 Ekamet (etrimfos) | 0.20 | 4 | 4 | 4 |
| 61 Aseptia Nexion (bromophos) | 0.27 | 4 | 4 | 4 |
| 62 Birlane EC 40 (chlorfenvinphos) | 0.33 | 4 | 4 | 4 |
| 63 Dursban Spritzp. (chlorpyrifos) | 0.25 | 4 | 4 | 4 |
| 64 Ambush C (cypermethrin) | 0.04 | 4 | 4 | 4 |
| 65 Perfekthion (dimethoate) | 0.21 | 4 | 4 | 4 |
| 66 Hostathion (triazophos) | 0.24 | 4 | 4 | 4 |
| ----- | | | | |

Tab.2: Die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln (Initialwirkung/Schadwirkungsdauer) auf *Trichogramma cacoeciae* Marchal.

| Präparat (Wirkstoff) | Konz. | Initialwirkung | | Per- sis- tenz |
|--------------------------------------|-------|----------------|--------|----------------------|
| | % | Adulte | Puppen | |
| F u n g i z i d e | | | | |
| 1 Nimrod (bupirimate) | 0.04 | 1 | - | - |
| 2 Cercobin-M (thiophanat-methyl) | 0.10 | 1 | - | - |
| 3 Ortho Difolatan (captafol) | 0.20 | 1 | - | - |
| 4 Orthocid 83 (captan) | 0.15 | 1 | - | - |
| 5 Bayleton (triadimefon) | 0.10 | 1 | - | - |
| 6 Ronilan (vinclozolin) | 0.05 | 1 | - | - |
| 7 Derosal (carbendazim) | 0.05 | 1 | - | - |
| 8 Daconil 500 (chlorothalonil) | 0.30 | 1 | - | - |
| 9 Milgo-E (ethirimol) | 0.18 | 1 | - | - |
| 10 Ortho-Phaltan 50 (folpet) | 0.33 | 1 | - | - |
| 11 Topas (penconazole) | 0.04 | 1 | - | - |
| 12 Baycor (bitertanol) | 0.37 | 1 | - | - |
| 13 Delan flüssig (dithianon) | 0.20 | 1 | - | - |
| 14 Vitigran (copper-oxychlorid) | 1.00 | 1 | - | - |
| 15 Impact (flutriafol) | 0.16 | 1 | - | - |
| 16 Rovral PM (iprodion) | 0.15 | 1 | - | - |
| 17 Sapro (triforine) | 0.15 | 1 | - | - |
| 18 Sumisclex (procymidone) | 0.15 | 1 | - | - |
| 19 Dyrene flüssig (anizaline) | 0.40 | 1 | - | - |
| 20 Bayfidan (triadimenol) | 0.05 | 1 | - | - |
| 21 Anvil (hexaconazole) | 0.03 | 1 | - | - |
| 22 Calixin (tridemorph) | 0.075 | 1 | - | - |
| 23 Alto 100 SL (cyproconazol) | 0.08 | 1 | - | - |
| 24 Score EC 250 (difenoconazol) | 0.05 | 1 | - | - |
| 25 BioBlatt Mehлтаumittel (lecithin) | 0.15 | 1 | - | - |
| 26 Topsin M (Thiophanat-methyl) | 0.114 | 1 | - | - |
| 27 Bavistin (Carbendazim) | 0.40 | 2 | - | - |
| 28 Aliette (Fosetyl) | 1.375 | 2 | - | - |
| 29 Captan 83 W (Captan) | 0.82 | 2 | - | - |
| 30 Dithane Ultra (mancozeb) | 0.10 | 2 | - | - |
| 31 Pomarsol forte (thiram) | 0.20 | 2 | - | - |
| 32 Rubigan Vloeibaar (fenarimol) | 0.12 | 2 | - | - |
| 33 Antracol (propineb) | 0.20 | 2 | - | - |
| 34 Omnex WP 10 (penconazol) | 0.025 | 2 | - | - |
| 35 Tilt (propiconazole) | 0.08 | 3 | 1 | 1 |
| 36 Scala (Pyrimethanil) | 0.50 | 3 | 1 | 2 |
| 37 Dithane Ultra (mancozeb) | 0.20 | 3 | 1 | 2 |
| 38 Trimidal EC (nuarimol) | 0.08 | 3 | 1 | 2 |
| 39 Plondrel (ditalimfos) | 0.075 | 3 | 1 | 3 |
| 40 Netzschwefel Bayer (sulphur) | 0.40 | 3 | 1 | 4 |
| 41 Corbel (fenpropimorph) | 0.17 | 4 | 1 | 1 |
| 42 Euparen (dichlofluanid) | 0.20 | 4 | 1 | 3 |
| 43 Sportak (prochloraz) | 0.187 | 4 | 1 | 3 |
| 44 Euparen (dichlofluanid) | 0.15 | 4 | 1 | 3 |
| 45 Nevikén (lime-sulphur) | 3.00 | 4 | 2 | 3 |
| 46 Polyram-Combi (metiram) | 0.42 | 4 | 1 | 4 |
| 47 Afugan WP 30 (pyrazophos) | 0.05 | 4 | 1 | 4 |
| 48 Thiovit (sulphur) | 0.40 | 4 | 1 | 4 |
| 49 Morestan (chinomethionate) | 0.10 | 4 | 1 | 4 |
| 50 Dithane M 22 (maneb) | 0.50 | 4 | 1 | 4 |
| 51 Euparen M (Tolyfluanid) | 0.625 | 4 | 1 | 4 |
| 52 Dithane M 45 (Mancozeb) | 0.90 | 4 | 1 | 4 |
| 53 Thiram (Thiram) | 0.80 | 4 | 2 | 4 |

Tab.3: Die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln (Initialwirkung/
 Schadwirkungsdauer) auf *Trichogramma cacoeciae* Marchal.

| Präparat (Wirkstoff) | Konz. % | Initialwirkung | | Per- sis- tenz |
|--------------------------------------|------------|----------------|--------|----------------------|
| | | Adulte | Puppen | |
| ----- | | | | |
| H e r b i z i d e | | | | |
| 1 Betanal (phenmedipham) | 2.25 | 1 | - | - |
| 2 Hyvar X (bromacil) | 0.20 | 1 | - | - |
| 3 Gesatop 50 (simazin) | 0.375 | 1 | - | - |
| 4 Fusilade (fluazifop-butyl) | 0.25 | 1 | - | - |
| 5 Luxan 2,4-D amine (aminesalt) | 0.432 | 1 | - | - |
| 6 Tribunil (metabenzthiazuron) | 0.67 | 1 | - | - |
| 7 Ally (metsulfuron-methyl) | 0.076 | 1 | - | - |
| 8 Dirigol-N (alphanaphthyl-acetamid) | 0.02 | 1 | - | - |
| 9 Exp.30004 A (ioxynil) | 0.24 | 1 | - | - |
| 10 Lontrel 100 (clopyralid) | 0.12 | 1 | - | - |
| 11 Targa (quizalofop-ethyl) | 0.30 | 1 | - | - |
| 12 Grasp (tralkoxydim) | 0.50 | 1 | - | - |
| 13 Basagran (bentazone) | 0.40 | 1 | - | - |
| 14 Trammat 500 (ethofumesat) | 1.00 | 1 | - | - |
| 15 Starane 180 (fluroxypyr) | 0.50 | 1 | - | - |
| 16 Arelon flüssig (isoproturon) | 0.75 | 1 | - | - |
| 17 Goltix 70 WG (metamitron) | 2.50 | 1 | - | - |
| 18 Pyramin (Chloridazon) | 1.5 | 1 | - | - |
| 19 Butisan S (Metazachlor) | 1.5 | 1 | - | - |
| 20 Banvel 70WP (Dicamba) | 0.35 | 1 | - | - |
| 21 Duplosan KV (Mecoprop-p) | 1.0 | 2 | - | - |
| 22 Focus (Cycloxydim) | 1.5 | 2 | - | - |
| 23 Illoxan (diclofop-methyl) | 0.75 | 2 | - | - |
| 24 Ustinex PA (amitrol+diuron) | 1.00 | 2 | - | - |
| 25 Gesaprim 50 (atrazin) | 0.67 | 2 | - | - |
| 26 Basta (glufosinate-ammonium) | 0.50 | 2 | - | - |
| 27 Roundup (glyphosate) | 1.00 | 2 | - | - |
| 28 Faneron (bromofenoxim) | 1.70 | 3 | 1 | - |
| 29 Gallant Super (haloxyfop) | 0.50 | 3 | 1 | 1 |
| 30 Cycocel Extra (chlormequat) | 0.70 | 3 | 1 | 3 |
| 31 Kerb 50 W (propyzamid) | 0.75 | 3 | 1 | 4 |
| 32 Fervinal Plus (sethoxydim) | 0.79 | 4 | 1 | 1 |
| 33 Semeron (desmetryne) | 0.25 | 4 | 1 | 2 |
| 34 Avenge (difenzoquat) | 1.00 | 4 | 1 | 2 |
| 35 Rhodofix (1-naphthyl-acetic acid) | 0.15 | 4 | 1 | 2 |
| 36 Certrol B (bromoxynil) | 0.33 | 4 | 1 | 2 |
| 37 Ramrod (propachlor) | 1.00 | 4 | 3 | 2 |
| 38 Kumulus (Netzschwefel) | 2.0 | 4 | 2 | 4 |
| 39 Aretit flüssig (dinoseb) | 1.25 | 4 | 4 | 4 |
| 40 Prosevor (carbaryl) | 0.125 | 4 | 4 | 4 |
| 41 Touchdown (Glyphosatrimesium) | 2.5 | 4 | 1 | - |
| 42 Aresin (monolinuron) | 0.75 | 4 | 2 | - |

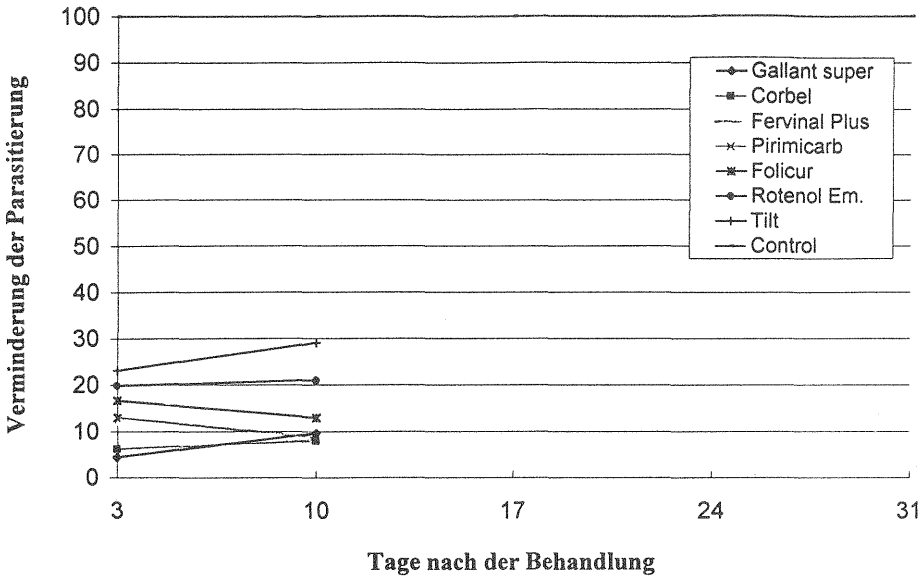


Abb. 1: Schadwirkungsdauer von Pflanzenschutzmitteln auf *Trichogramma*. 7 Präparate mit einer Wirkungsdauer von unter 3 Tagen (kurz wirksam)

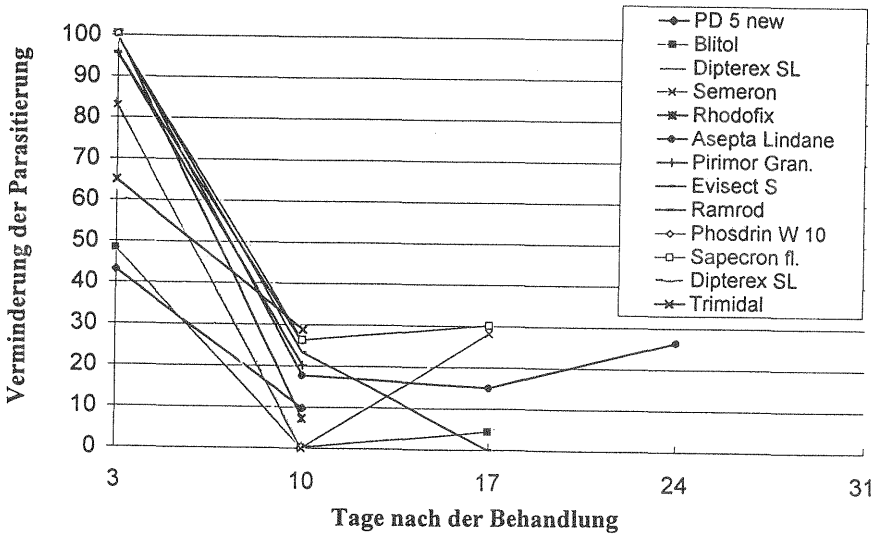


Abb. 2: Schadwirkungsdauer von Pflanzenschutzmitteln auf *Trichogramma*. 13 Präparate mit einer Wirkungsdauer von 3-10 Tagen (schwach persistent)

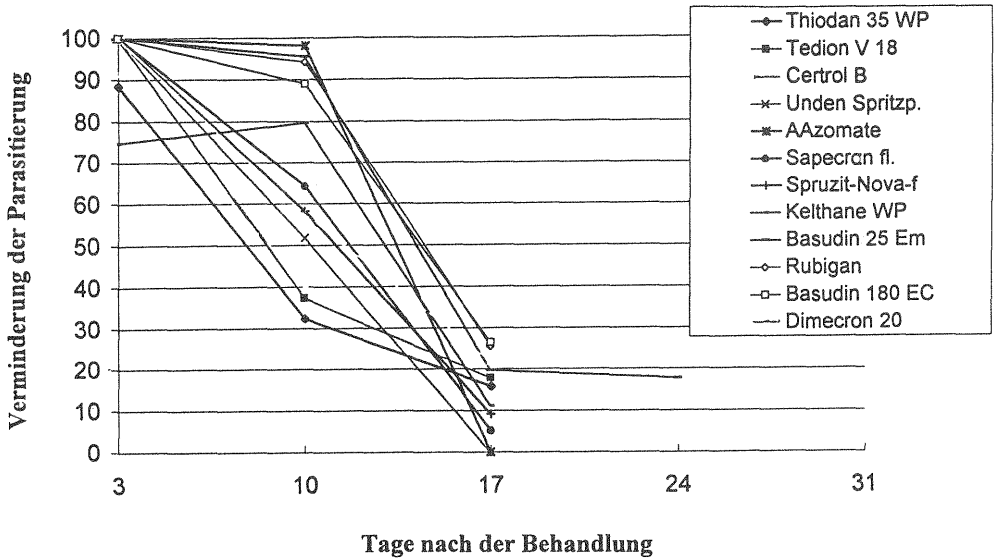


Abb. 3: Schadwirkungsdauer von Pflanzenschutzmitteln auf *Trichogramma*. 12 Präparate mit einer Wirkungsdauer von 10-17 Tagen (mässig persistent)

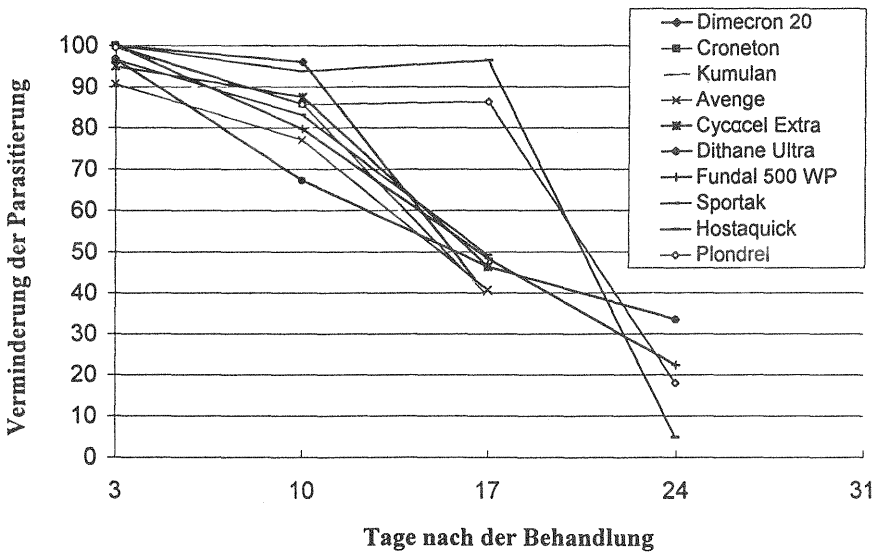


Abb. 4: Schadwirkungsdauer von Pflanzenschutzmitteln auf *Trichogramma*. 10 Präparate mit einer Wirkungsdauer von 17-24 Tagen (mässig persistent)

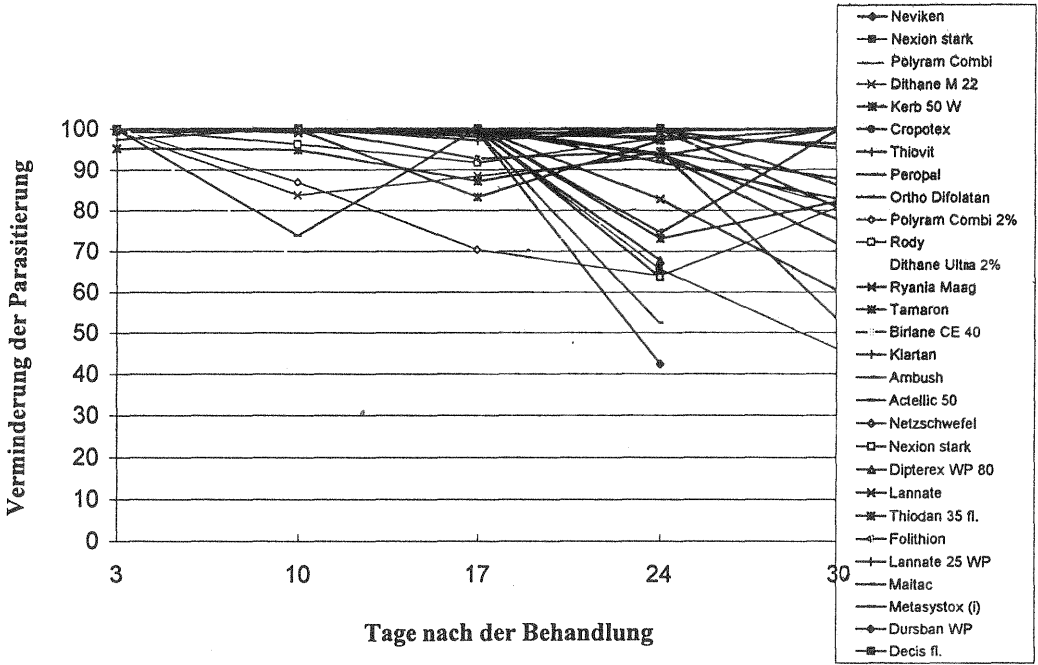


Abb. 5: Schadwirkungsdauer von Pflanzenschutzmitteln auf *Trichogramma*. 29 Präparate mit einer Wirkungsdauer von über 30 Tagen (persistent)

Literatur

- ALBERT, R.; BOGENSCHÜTZ, H. (1984): Prüfung der Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf die Nutzarthropode *Coelotes terrestris* Wider) (Araneida, Agelenidae) mit Hilfe eines Glasplattentest. Anz. Sch.,dlingskde., Planzensch.,Umweltsch. **57**, 111-117.
- BAKKER, F.M. ; CALIS; J.N.M. (1989): A laboratory method for testing side effects of pesticides on phytoseiid mites, based on a ventilated glass box: The coffin cell. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent **54/3a**, 845-851.
- BOGENSCHÜTZ, H. (1975): Prüfung des Einflusses von Pflanzenschutzmitteln auf Nutzinsekten. Z. ang. Ent. **77**, 438-444.
- BOGENSCHÜTZ, H. (1984): Über die Wirkung von Pflanzenbehandlungsmitteln auf die Parasitierungsleistung der Schlupfwespe *Coccygomimus turionellae*. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **36**, 65-67.
- BOGENSCHÜTZ, H.; ALBERT, R.; HRADETZKY, J.; KUBLIN, E. (1986): Ein Beitrag zur Prüfung der unerwünschten Wirkung von Pflanzenbehandlungsmitteln auf Nutzarthropoden im Laboratorium. Agrar- und Umweltforschung in Baden-Württemberg **11**, 5-25.
- BONESS, M.; ENGLERT, W.D.; HAUB; G.; LYRE; H.; SCHROPP, A.; SCHRUFFT, G.; WIRTZ, W.; STELLWAAG-KITTLER, F. (1982): Richtlinie für die Prüfung der Auswirkung von Pflanzenbehandlungsmitteln auf Raubmilben im Weinbau. BBA, Braunschweig.
- DUSO, C.; CAMPORESE, P.; van der GEEST, L.P.S. (1992): Toxicity of a number of pesticides to strains of *Typhlodromus pyri* and *Amblyseius andersoni* (Acari: Phytoseiidae). Entomophaga **37**, 363-372.
- FOURNIER, D.; PRALAVORIO, M.; MALEZIEUX, S.; MOULIN, J.-C. (1992): Rosiers sous abris effets residuels des produits phytosanitaires sur un acarien predateur. Phytoma. La Defense des vegetaux **438**, 1992.
- FRANZ, J. M.; BOGENSCHUTZ, H.; HASSAN, S. A.; HUANG, P.; NATON, E.; SUTER, H.; VIGGIANI, G. (1980): Results of a joint pesticide test programme by the Working Group "Pesticides and Beneficial Arthropods". Entomophaga **25**, 231-236.
- GENDRIER, J.-P.; REBOULET, J.-N. (1992): Choix de produits phytosanitaires en vergers (1992). Phytoma - La Defense des vegetaux, **438**, 26-30.
- HASSAN, S. A. (1974): Eine Methode zur Prüfung der Einwirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* (Hymenoptera, Trichogrammatidae). Ergebnisse einer Versuchsreihe mit Fungiziden. Z. angew. Entomol. **76**, 120-134.
- HASSAN, S. A. (1977): Standardized techniques for testing side-effects of pesticides on beneficial arthropods in the laboratory. Z. Pflanzenkrankh., Pflanzensch. **84**, 158-163.
- HASSAN, S. A. (1980): Reproduzierbare Laborverfahren zur Prüfung der Schadwirkungsdauer von Pflanzenschutzmitteln auf Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Z. angew. Entomol. **89**, 282-289.
- HASSAN, S.A. (editor) (1988): Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficials. IOBC/WPRS Bulletin **XI/ 4**, 143 pp.

- HASSAN, S.A. (editor) (1992): Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms. IOBC/WPRS Bulletin XV/3, 186 pp.
- HASSAN, S.A.; BIGLER, F.; BOGENSCHÜTZ, H.; BROWN, J.U.; FIRTH, S.I.; HUANG, P.; LEDIEU, M.S.; NATON, E.; OOMEN, P.A.; OVERMEER, W.P.J.; RIECKMANN, W.; SAMSOE-PETERSEN, L.; VIGGIANI, G.; ZON, A.Q. van (1983): Results of the second joint pesticide testing programme by the IOBC/WPRS Working Group "Pesticides and Beneficial Arthropods". *Z. angew. Entomol.* **95**, 151-158.
- HASSAN, S.A.; BIGLER, F.; BLAISINGER, P.; BOGENSCHÜTZ, H.; BRUN, J. CHIVERTON, P.; DICKLER, E.; EASTERBROOK, M.A.; EDWARDS, P.J.; ENGLERT, W.D.; FIRTH, S.I.; HUANG, P.; INGLESFIELD, C.; KLINGAUF, F.; KÜHNER, C.; LEDIEU, M.S.; NATON, E.; OOMEN, P.A.; OVERMEER, W.P.J.; PLEVOETS, P.; REBOULET, J.N.; RIECKMANN, W.; SAMSOE-PETERSEN, L.; SHIRES, S.W.; STÄUBLI, A.; STEVENSON, J.; TUSET, J.J.; VANWETSWINKEL, G. and ZON, A.Q. van (1985): Standard methods to test the side-effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* **15**, 214-255.
- HASSAN, S.A.; ALBERT, R.; BIGLER, F.; BLAISINGER, P.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BRUN, J.; CHIVERTON, P.; EDWARDS, P.; ENGLERT, W.D.; HUANG, P.; INGLESFIELD, C.; NATON, E.; OOMEN, P.A.; OVERMEER, W.P.J.; RIECKMANN, W.; SAMSOE-PETERSEN, L.; STÄUBLI, A.; TUSET, J.J.; VIGGIANI, G. and VANWETSWINKEL, G. (1987): Results of the third joint pesticide testing programme by the IOBC/WPRS Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". *Z. angew. Entomol.* **103**, 92-107.
- HASSAN, S.A.; BIGLER, F.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BRUN, J.; CHIVERTON, P.; EDWARDS, P.; MANSOUR, F.; NATON, E.; OOMEN, P. A.; OVERMEER, W.P.J.; POLGAR, L.; RIECKMANN, W.; SAMSOE-PETERSEN, L.; STÄUBLI, A.; STERK, G.; TAVARES, K.; TUSET, J.J.; VIGGIANI, G. and VIVAS, A.G. (1988): Results of the fourth joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". *Z. angew. Entomol.* **105**, 321-329.
- HASSAN, S.A.; BIGLER, F.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BRUN, J.; CALIS, J.N.M.; CHIVERTON, P.; COREMAS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; LEWIS, G.B.; MANSOUR, F.; MORETH, L.; OOMEN, P. A.; OVERMEER, W.P.J.; POLGAR, L.; RIECKMANN, W.; SAMSOE-PETERSEN, L.; STÄUBLI, A.; STERK, G.; TAVARES, K.; TUSET, J.J. and VIGGIANI, G. (1991): Results of the fifth joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". *Entomophaga*. **36**, 55-67.
- HEIMBACH, U. (1988): Nebenwirkungen einiger Fungizide auf Insekten. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig)* **40** (12), 180-183.
- HELYER, N. (1991): Laboratory pesticide screening method for the aphid predatory midge *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera: Cecidomyiidae). *Biocontrol Science and Technology* (1), 53-58.

- HOOGCARSPPEL, A.P.; JOBSEN, J.A. (1984): Laboratory method for testing the side effects of pesticides on *Encarsia formosa* (Hymenoptera, Aphelinidae). Results with pesticides used on tomato in glasshouses in the Netherlands. *Z. angew. Entomol.* **97**, 268-278.
- HUANG, P. (1981): Zur Laborzucht von *Pales pavidus* Meig. (Dipt., Tachinidae) am Ersatzwirt *Galleria mellonella* L. (Lep., Galleriidae). *Z. Pflanzenkrankh., Pflanzensch.* **88**, 177-188.
- KELLER, S.; SCHWEIZER, C. (1991): Die Wirkung von Herbiziden auf das Sporulierungsvermögen des blattlauspathogenen Pilzes *Erynia neoaphidis*. *Anz. Schädlingskde., Pflanzensch., Umweltsch.* **64**, 134-136.
- MANSOUR, F.; HEIMBACH, U.; WEHLING, A. (1992): Effects of pesticide residues on ground-dwelling lycosid and micryphantid spiders in laboratory tests. *Phytoparasitica* **20** (3), 195-202.
- MANSOUR, F.; NENTWIG, W. (1988): Effects of agrochemical residues on four spider taxa: Laboratory methods for pesticide tests with web-building spiders. *Phytoparasitica* **16** (4), 317-325.
- NATON, E. (1983): Testing the side-effects of pesticides on *Phygadeuon trichops*. *Anz. Schädlingskde., Pflanzensch., Umweltsch.* **56**, 82-91.
- OOMEN, P. (1985): Guideline for the evaluation of side-effects of pesticides. *Encarsia formosa*. *Bull. OEPP/EPPO Bull.* **15**, 257-265.
- OVERMEER, W.P.J.; ZON, A.Q.VAN (1982): A standardized method for testing the side effects of pesticides on the predacious mite *Amblyseius potentillae* Garman (Acarina: Phytoseiidae). *Entomophaga* **27**, 357-364.
- PLATTNER, H.C.; NATON, E. (1975): Zur Prüfung der Auswirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Nutzarthropoden. *Bay. Landw. Jb.* 143-147.
- SAMSOE-PETERSEN, L. (1983): Laboratory method for testing side effects of pesticides on juvenile stages of the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acarina, Phytoseiidae) based on detached bean leaves. *Entomophaga* **28**, 167-178.
- SAMSOE-PETERSEN, L. (1987): Laboratory method for testing side-effects of pesticides on the rove beetle *Aleochara bilineata*-adults. *Entomophaga* **32**, (1), 73-81.
- SAMSOE-PETERSEN, L. (1995): Effect of 37 fungicides on the rove beetle *Aleochara bilineata* (Col.: Staphylinidae) in the laboratory. *Entomophaga* **40**, 145-152.
- SAMSOE-PETERSEN, L.; BIERI, M.; BÜCHS, W. (1992): Interpretation of laboratory measured effects of slug pellets on soil dwelling invertebrates. *Aspects of Applied Biology* **31**, 87-96.
- STÄUBLI, A.; HÄCHLER, M.; ANTONIN, P.; MITTAZ, C. (1984): Tests de nocivité de divers pesticides envers les ennemis naturels des principaux ravageurs des vergers de poiriers en Suisse romande. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **16**, 279-286.
- STOLZ, M. (1990): Testing side effects of various pesticides on the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae) in laboratory. *Pflanzenschutzber.* **51** (3), 127-138.
- SUTER, H. (1978): Prüfung der Einwirkung von Pflanzenschutzmitteln auf die Nutzarthropodenart *Chrysopa carnea* Steph. (Neuroptera: Chrysopidae). *Methodik und Ergebnisse. Schweiz. landw. Forschung* **17**, 37-44.

- TUSET, J.J. (1975): Effets d'inhibition du developpement du champignon *Cephalosporium lecanii* Zimm. "in vitro" causes par des produits antiparasitaires. VIIIth International Plant Protection Congress, Section V. Biological and Genetic Control, pp. 201-208. Moscow.
- TUSET, J.J. (1988): *Verticillium lecanii*, hongo entomopatogeno que combate en los agrios al coccido "caparreta" (*Saissetia oleae*). Phytoma Espana, no.4, 31-35.
- VIGGIANI, G.; TRANFAGLIA, A. (1978): A method for laboratory test of side-effects of pesticides on *Leptomastix dactylopii* (How.) (Hym., Encyrtidae). Boll. Lab. Ent. Agr. Portici **35**, 8-15.
- VOGT, H., RUMPF, S., WETZEL, C. & HASSAN, S.A. (1992): A field method for testing effects of pesticides on thebgreen lacewing *Chrysoperla carnea* Steph. (Neuroptera, Chrysopidae): IOBC/WPRS Bulletin **XV/3**: 176-182.
- VOGT, H., (editor) (1994): Side-effects of pesticides on beneficial organisms: Comparison of laboratory, semi-field and field results. IOBC/WPRS Bulletin **17 (10)** 143 pp.
- WEHLING, A.; HEIMBACH, U. (1991): Untersuchungen zur Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Spinnen (Araneae) am Beispiel einiger Insektizide. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **43 (2)**, 24-30.

Anschrift des Verfassers:

DR. S. A. HASSAN. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für biologischen Pflanzenschutz, Heinrichstr. 243, 64287 Darmstadt

H. VOGT

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
 Institut für Pflanzenschutz im Obstbau

Erarbeitung, Optimierung und Validierung von Methoden zur Prüfung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nutzorganismen am Beispiel von *Chrysoperla carnea* (Neuroptera, Chrysopidae)

Abstract: Development, improvement and validation of methods for testing side effects of pesticides on beneficial organisms exemplified with *Chrysoperla carnea* (Neuroptera, Chrysopidae).

An overview is given on the development and the actual state of research activities in the field of side effects of pesticides on beneficial organisms in connection with the German Plant Protection Act and the Council Directive 91/414/EEC. The sequential testing scheme is presented for *C. carnea*. Details are given about the refinement and validation of the laboratory method. The differences between the semi-field and the field method are worked out and discussed with regard to their impact on the outcome of the tests. Results of field tests with pesticides belonging to different chemical groups (organophosphates, insect growth regulators, natural and synthetic pyrethroids, neem products, a nitroguanidin product, sulphur) are compared with laboratory data. Further aspects to be considered in side effect testing are pointed out, e.g. multiple application and oral ingestion of pesticides, stage specific sensitivity of beneficials, dose-response analysis.

Einleitung

Seit etwa der 70er Jahre hat die Erfassung der Nebenwirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nutzorganismen immer mehr an Bedeutung gewonnen. Für die Honigbiene gilt dies sogar für einen noch längeren Zeitraum (FRANZ 1974, BRASSE 1997). Von 1970 bis 1975 befaßte sich eine von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) gegründete Arbeitsgruppe mit der Entwicklung von Methoden zur Prüfung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nutzarthropoden. Bereits 1975 kam es zur Aufnahme der Nützlingsprüfung in das Zulassungsverfahren von Pflanzenschutzmitteln auf freiwilliger Basis (HERFS 1975, BRASSE 1978). Ab 1974 übernahm die von der IOBC/WPRS (International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants/Western Palaearctic Regional Section) gegründete Arbeitsgruppe "Pesticides and Beneficial Organisms" unter Leitung von Dr. J.M. Franz und später von Dr. S.A. Hassan, Institut für biologischen Pflanzenschutz der BBA, Darmstadt, die Aufgaben der BBA-Arbeitsgruppe. Seither befaßt sich diese IOBC-Arbeitsgruppe mit der Entwicklung von Prüfmethoden nach einheitlichen Kriterien, der Durchführung von Ringversuchen mit zugelassenen Pflanzenschutzmitteln sowie der Erarbeitung von Zuchtmethoden für Nützlinge. Durch die Aktivitäten der Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin-Dahlem, H. 346, 1998

Arbeitsgruppe sind zahlreiche Prüf- und Zuchtmethoden entwickelt und in umfangreichen Ringversuchen Kenntnisse über die Auswirkungen vieler Pflanzenschutzmittel auf Nützlinge gewonnen worden. Die Arbeiten der Gruppe sind in zahlreichen Publikationen niedergelegt (s. HASSAN 1997). Die obligatorische Nützlingsprüfung im Zulassungsverfahren wurde in Deutschland mit dem Pflanzenschutzgesetz von 1986 bzw. der "Verordnung über Pflanzenschutzmittel und Pflanzenschutzgeräte von 1987" festgelegt (ANONYM 1986, BRASSE 1990). Im Zuge der Harmonisierung der Pflanzenschutzmittel-Gesetzgebung innerhalb der EU (Council Directive 91/414/EEC, 1991) befassen sich zur Zeit in einer gemeinsamen Initiative von IOBC, BART (Beneficial Arthropod Regulatory Testing Group), COMET (Commercial Ecotoxicology Testing) und EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organisation) mehrere Arbeitsgruppen mit der Optimierung, Standardisierung und Validierung von Prüfverfahren für folgende Nutzarthropoden: *Pardosa* spp. (Araneae, Lycosidae), *Typhlodromus pyri* (Acarina, Phytoseiidae), *Orius laevigatus* (Heteroptera, Anthocoridae), *Poecilus cupreus* (Coleoptera, Carabidae), *Aleochara bilineata* (Coleoptera, Staphylinidae), *Coccinella septempunctata* (Coleoptera, Coccinellidae), *Chrysoperla carnea* (Neuroptera, Chrysopidae), *Aphidius* spp. (Hymenoptera, Braconidae), *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera, Trichogrammatidae), *Episyrphus balteatus* (Diptera, Syrphidae), *Drino inconspicua* (Diptera, Tachinidae). Ziel ist es, EU-weit anerkannte einheitliche Prüfverfahren zu etablieren.

Am Beispiel der Florfliege, *C. carnea*, werden im folgenden der aktuelle Stand der Methodenentwicklung aufgezeigt sowie Überlegungen zu weiteren Fragestellungen in der Nützlingsprüfung angestellt. Für die Larven von *C. carnea* steht bisher ein sequentielles Testverfahren mit den Stufen Labor, Halbfreiland und Freiland zur Verfügung. Die Methoden sind publiziert von SUTER (1978), BIGLER (1988), BIGLER & WALDBURGER (1988, 1994), VOGT et al. (1992) und VOGT (1994). Prüfparameter sind vor allem Mortalität, aber auch Metamorphosestörungen und subletale Auswirkungen auf das Reproduktionsverhalten der sich entwickelnden Adulttiere.

Laborprüfmethode

Derzeit wird die Laborprüfmethode im Rahmen der o.g. Initiative von IOBC, EPPO, BART und COMET in einer Ringtestgruppe unter Leitung der Autorin überarbeitet, optimiert und validiert. Dabei finden insbesondere folgende Parameter Berücksichtigung: Größe der Testarenen, Alter der Prüforganismen, Anzahl der Wiederholungen, Mortalität in der Kontrolle, Wahl und Dosierung des toxischen Standards, Wahl des Futters für Larven und Adulte, Einfluß des Futters, des Geschlechterverhältnisses, der Individuendichte und des Gefäßtyps auf die Reproduktion, natürliche Variabilität in der Reproduktion, Verwendung von CO₂ als Betäubungsmittel. Über den aktuellen Stand der überarbeiteten Methode sowie über die Ergebnisse der bisherigen Ringversuche ist eine Publikation im Druck (VOGT et al. 1997b). Die Einzelheiten der Methode wurden weitgehend vereinheitlicht und festgelegt. Bei den Ringversuchen ergab sich eine überwiegend gute Übereinstimmung der Resultate. Die Reproduktionsprüfung konnte optimiert und vereinfacht werden. Durch Standardisierung des Futters sowohl für die Larven als auch für die Imagines war eine deutliche Verringerung

der Variabilität des Reproduktionsverhaltens zu erzielen. Als Richtwert für die Fekundität in den unbehandelten Kontrollen gelten 20 bis 30 Eier pro Weibchen und Tag, die Fertilität muß mindestens 75% betragen. Die Reproduktion bleibt über einen Zeitraum von über 4 Wochen sehr stabil. Noch zu klären ist, ob außer frischen oder UV-sterilisierten frischen *Sitotroga*- oder *Ephestia*-Eiern auch gefrostete Eier an die Larven verfüttert werden können, ohne daß sich dies nachteilig auf die Reproduktion auswirkt. Das Verfüttern gefrosteter Eier würde eine wesentliche Erleichterung im Versuchsablauf bedeuten, da man auf Vorräte zurückgreifen könnte und nicht auf das regelmäßige Beschaffen frischer Eier angewiesen wäre. Da bisher nicht genügend Daten vorliegen, werden hierzu noch Untersuchungen durchgeführt.

Eine wichtige Fragestellung ist der Einfluß des Geschlechterverhältnisses und der Individuendichte auf die Reproduktion. Beides kann von Versuch zu Versuch sowie zwischen den Varianten eines Versuches stark variieren, da der Labortest mit den Larven angesetzt wird und da die Anzahl überlebender Tiere in den einzelnen Varianten sehr unterschiedlich sein kann. In einem vergleichenden Versuch zum Einfluß der Individuendichte auf die Fekundität war keine Korrelation festzustellen (Tab. 1). Auch die Analyse des Reproduktionsverhaltens in den Kontrollen von Labortests, die nach der gleichen Methode in verschiedenen Labors durchgeführt worden waren, ergab keine Abhängigkeit der Fekundität vom Geschlechterverhältnis oder von der Individuendichte (Abb. 1 und 2). Es wurde desweiteren der Frage nachgegangen, ob es erforderlich ist, die beim Reproduktionstest verwendeten Gefäße in allen Labors möglichst einheitlich zu gestalten und insbesondere die Größe der Gazefläche, die für die Eiablage zur Verfügung steht, zu standardisieren. Dies erscheint nicht notwendig. Die Größe der Gazefläche, die bei den einzelnen Labors erheblich variierte, hatte keinen signifikanten Einfluß auf die Fekundität (Tab. 2).

Tabelle 1: Fekundität von *C. carnea* bei unterschiedlicher Individuendichte im Zuchtgefäß

(Gesamtdurchschnitt von je 3 Wiederholungen pro Variante und 8 Eiablage-Stichproben je Wiederholung; jede Stichprobe umfaßt einen Eiablagezeitraum von 24 h, Entnahme der Stichproben über 4 Wochen; Schlupfrate > 90%)

| Variante | Geschlechterverhältnis (σ^m/φ) | fertile Eier pro φ und Tag (Mittelwert \pm Standardabweichung) (n=24) |
|--------------|--|---|
| 5 ♀♀, 4 ♂♂ | 0,8 | 27,5 \pm 7,7 |
| 8 ♀♀, 6 ♂♂ | 0,75 | 30,2 \pm 7,0 |
| 15 ♀♀, 12 ♂♂ | 0,8 | 28,4 \pm 5,5 |

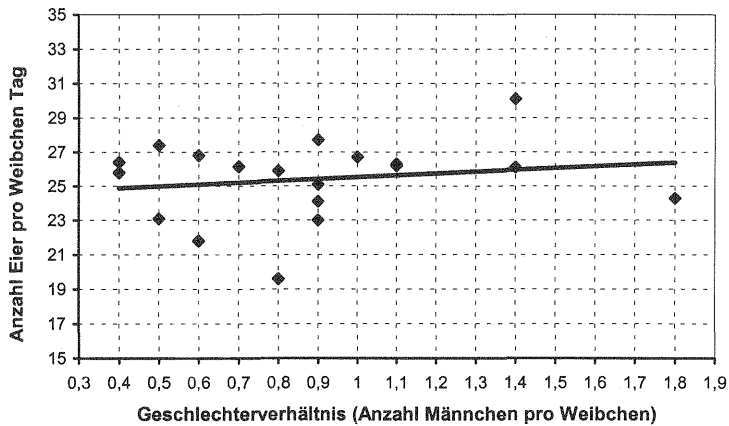


Abb. 1: Fekundität von *C. carnea*: Regressionsanalyse zur Anzahl Eier pro Weibchen und Tag in Abhängigkeit des Geschlechterverhältnisses. Die Daten stammen aus Kontrollen von Labortests, die 1995-1996 in verschiedenen Labors nach gleicher Methode durchgeführt wurden ($n = 19$, $r = 0,17$) (aus Vogt et al. 1997b)

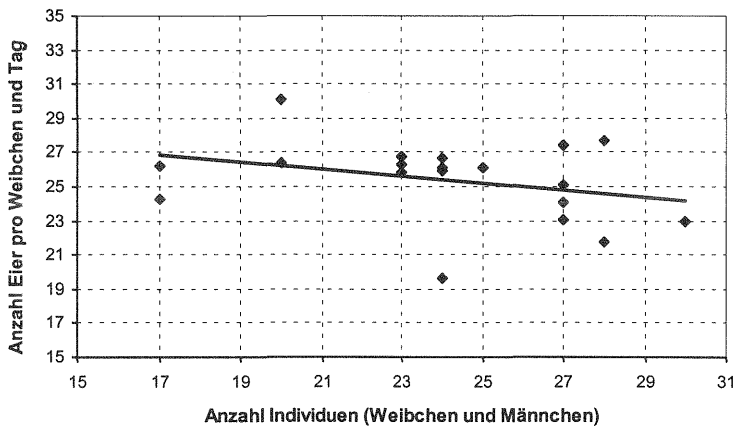


Abb. 2: Fekundität von *C. carnea*: Regressionsanalyse zur Anzahl Eier pro Weibchen und Tag in Abhängigkeit der Individuendichte. Die Daten stammen aus Kontrollen von Labortests, die 1995-1996 in verschiedenen Labors nach gleicher Methode durchgeführt wurden ($n = 19$, $r = -0,31$) (aus Vogt et al. 1997b)

Tabelle 2: Anzahl der Eier pro Weibchen und Tag in Abhängigkeit der für die Eiablage zur Verfügung stehenden Gazefläche (aus VOGT et al. 1997b)

| Labor (Code -Nr.) | Gazefläche cm ² | Durchschnittl. Anzahl Eier pro ♀ und Tag | Anzahl ♀♀ pro Testeinheit | Anzahl ♂♂ pro Testeinheit | Geschlechterverhältnis (♂/♀) |
|-------------------|----------------------------|--|---------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 4 | 204 | 23,0 ± 4,6 | 16 | 14 | 0,9 |
| 6 | 133 | 19,6 ± 5,0 | 13 | 11 | 0,8 |
| 5 | 95 | 21,8 ± 3,6 | 17 | 11 | 0,6 |
| 1 | 78,5 | 26,4 ± 5,0 | 14 | 6 | 0,4 |

Halbfreiland- und Freilandmethode im Vergleich

Bei Pflanzenschutzmitteln, die sich im Laborversuch als schädigend erweisen, gilt es zu prüfen, welche Auswirkungen sich unter praxisnäheren Bedingungen ergeben. Für *C. carnea* stehen hierfür eine Halbfreilandmethode (BIGLER & WALDBURGER 1988, 1994) sowie eine Freilandmethode (Typ b nach IOBC, d.h. die Prüforganismen stammen aus einer Zucht), die am Dossenheimer Institut der BBA entwickelt wurde (WETZEL 1988, WETZEL et al. 1991, RUMPF 1990, VOGT et al. 1992, VOGT 1994) zur Verfügung. Bei beiden Methoden befinden sich die Florfliegen-Larven auf mit dem Prüfpräparat behandelten Pflanzen. Die Auswirkungen des Prüfpräparates werden anhand des Rückfanges überlebender Tiere ermittelt. Sofern sich genügend Imagines entwickeln, kann mit diesen Tieren ein Reproduktionstest durchgeführt werden.

Die Methoden unterscheiden sich in folgenden Punkten:

| | Halbfreilandmethode | Freilandmethode (Typ b) |
|------------------------------------|---|--|
| Versuchseinheit | Schale mit Bohnenpflanzen | kleiner Apfelbaum (freie Spindel, Unterlage M9) |
| Anzahl Prüforganismen pro Variante | 3 x 20 Larven | 4 x 300 Larven |
| Applikation des Prüfpräparates | vor Aussetzen der Larven | nach Aussetzen der Larven |
| Exposition des Versuchsaufbaus | im Freien unter einem durchsichtigen PVC-Schutzdach | im Freien, ohne Schutzdach |
| Futter | Blattläuse und <i>Ephestia</i> -Eier | <i>Sitotroga</i> -Eier |
| Erfassung überlebender Tiere | Absammeln geschlüpfter Imagines (mit Beginn der Verpuppung Abdecken der Versuchseinheiten mit Gaze) | kontinuierlich mit Köderkärtchen, Zurücksetzen der Larven auf den Apfelbaum, Absammeln der Kokons und Bebrütung im Labor |

Beim Freilandtest sind die Florfliegenlarven somit wie in der Praxis der Pflanzenschutzmittelbehandlung direkt ausgesetzt, die Tiere verfügen über einen großen Bewegungsspielraum und das Pflanzenschutzmittel ist der Witterung uneingeschränkt ausgesetzt. Durch die kontinuierliche Erfassung überlebender Tiere kann der Verlauf der Wirkung eines Präparates sehr gut beobachtet werden. So bleiben z.B. knock-down-Effekte nicht unerkannt und bei Insektenwachstumsregulatoren läßt sich genau feststellen, auf welche Entwicklungsstadien sie wirken. Zur Ermittlung der Gesamtauswirkung eines Pflanzenschutzmittels sind beide Methoden aber durchaus ähnlich gut geeignet. Bei einem Vergleich von mit beiden Methoden erzielten Resultaten zeigten sich kaum Unterschiede (VOGT 1994). In bestimmten Fällen, z.B. bei wenig persistenten Pflanzenschutzmitteln oder solchen mit hoher Dampfphase können aber die methodischen Unterschiede, insbesondere das Vorhanden- oder Nichtvorhandensein der Larven zum Zeitpunkt der Applikation, die Wirkungsgrade beeinflussen.

Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Larven der Florfliege im Freilandtest - Ergebnisse und Diskussion

Ergebnisse der am BBA-Institut in Dossenheim durchgeführten Freilandprüfungen sind in der Tab. 3 aufgeführt. Eine Reihe der Pflanzenschutzmittel wurde im Rahmen von Staatsexamens- und Diplomarbeiten sowie einer Doktorarbeit geprüft. Die Tabelle enthält die jeweiligen Quellenangaben. Die Labordaten stammen aus am hiesigen Institut durchgeführten Untersuchungen sowie von BIGLER & WALDBURGER (1994; 7. und 8. Joint Pesticide Testing Programme (JTP) der IOBC-Arbeitsgruppe, Veröffentlichung in Vorbereitung). Beim Vergleich der Freiland- und Laborergebnisse wird ersichtlich, daß in keinem Fall im Labor geringere Effekte zu verzeichnen waren als in der höheren Teststufe. Zweck des Labortests ist es, unschädliche Pflanzenschutzmittel mit größter Sicherheit zu erkennen. Die Exposition der Prüforganismen erfolgt daher im Labortest nach einem "worst-case"-Szenario (HASSAN 1989, BARRETT et al. 1994). Unter praxisähnlicheren Bedingungen im Halbfreiland und Freiland können zahlreiche Faktoren die Wirkung der Pflanzenschutzmittel abschwächen, z.B. beschleunigter Abbau des Pflanzenschutzmittels durch UV-Einwirkung und sonstige Witterungseinflüsse, Einfluß der Pflanzenoberfläche auf die Persistenz des Belages, größere Variabilität des Pflanzenschutzmittelbelages auf der Pflanze, Vorhandensein von Versteck- und Ausweichmöglichkeiten für die Prüforganismen. Andererseits kann im Freiland die perorale Aufnahme des Pflanzenschutzmittels über kontaminierte Beutetiere einen verstärkenden Effekt verursachen. Eine deutlich schwächere Wirkung war im Freilandversuch im Vergleich zum Labor für Imidan, Spruzit, Evisect, die Niempräparate und Schwefel festzustellen. Selbst eine wiederholte Applikation des Schwefels in 3-4tägigen Abständen schädigte die Florfliegenlarven nicht. Auch WETZEL & DICKLER (1994) stellten für Schwefel und Spruzit im Freiland deutlich geringere Auswirkungen auf *Trichogramma* fest, als aus Laborversuchen bekannt war. Beim synthetischen

Tabelle 3: Auswirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Larven von *C. carnea* im Freilandtest (Typ b) im Vergleich zu Labordaten

| Pflanzenschutzmittel-Typ | Wirkstoff | Handelsname | Formulierung | Wirkstoffgehalt | geprüfte Dosis % | Wirkungsgrad % | | IOBC - Kategorie | | Quelle | |
|-------------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------|-------------------|---------------------------|--|---------------------|------------------|-------|------------------------------------|------------------------------------|
| | | | | | | Freiland | Labor ^{d)} | Freiland | Labor | Freiland | Labor |
| Neurotoxine | | | | | | | | | | | |
| | Thiocyclam | Evisect | WP | 50 % | 0,03 | 28,1 ^{a)} | 2 | 58,5 | 3 | Vogt 1994 | Bigler & Waldburger 1994 |
| Organische Phosphorverbindungen | Parathion | E 605 forte | EC | 507,5 g/l | 0,035 | >95 ^{a)} (Freilandtest an Erdbeere u. Roter Johannisbeere) | 4 | - | 4 | Wetzel 1988 Wetzel et al. 1991 | Grafton-Cradwell & Hoy 1985 |
| | Phosmet | Imidan | WP | 50 % | 0,25 | 10,5 ^{a)} | 1 | 100 | 4 | Vogt 1994 | Bigler & Waldburger 1994 |
| Synthetisches Pyrethroid | Cyfluthrin | Baythroid 50 | EC | 50 g/l | 0,05 | 95,9 ^{a)} | 4 | 100 | 4 | Vogt 1994 | Vogt 1994 |
| Natürliche Pyrethrine | Pyrethrine Piperonyl-butoxid | Spruzit flüssig | EC | 36 g/l 144 g/l | 0,1 | 20,2 ^{a)} | 1 | 84 | 3 | Vogt & Händel 1995, Händel 1996 | Vogt & Händel 1995, Händel 1996 |
| Insektenwachstumsregulatoren | | | | | | | | | | | |
| Chitinsyntheseinhibitoren | Diflubenzuron | Dimilin | WP | 25 % | 0,05 | 59,4 ^{b)} + 86,1 ^{c)} | 3-4 | 100 | 4 | Vogt 1994 | Vogt 1994 |
| | Flufenoxuron | Cascade | WDC | 10 % | 0,05 | 63,5 ^{b)} + 54,4 ^{c)} | 3 | 100 | 4 | Vogt 1994 | Vogt 1994 |
| | Teflubenzuron | Nomolt | SC | 15 % | 0,1 | 89,0 ^{b)} + 86,5 ^{c)} | 4 | 100 | 4 | Vogt 1994 | Bigler & Waldburger (7. JTP) |
| | Triflumuron | Alsystin | WP | 230 g/kg | 0,05 | 100 ^{b)} | 4 | - | - | Vogt 1994 | - |
| | Lufenuron | Match | EC | 50 g/l | 0,08 | 88,5 ^{b)} + 100 ^{c)} | 4 | 100 | 4 | Vogt et al. 1996 | Bigler & Waldburger (8. JTP) |
| Juvenoid | Fenoxycarb | Insegar | WP | 25 % | 0,04 | 52,4 ^{b)} | 3 | 100 | 4 | Rumpf 1990 Vogt 1994 | Rumpf 1990 Vogt 1994 |
| Ecdysonagonist | nb | CM-001 | SC | 5 % | 0,4 Labor 0,2 Freiland | 11,2 ^{a)} | 1 | 29,6 | 2 | Veith 1997 | Veith 1997 |

Tabelle 3: Fortsetzung

| Pflanzenschutzmittel-Typ | Wirkstoff | Handelsname | Formulierung | Wirkstoffgehalt | geprüfte Dosis % | Wirkungsgrad % | | | | IOBC - Kategorie | | Quelle | |
|--------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------------|---|-------------------|-------|------|------------------|--|---------------------------------|--|
| | | | | | | Freiland | | Labor | | Freilandtest | Labor | | |
| Insektizid | Azadirachtin | NeemAzal-T/S | EC | 1 % | 0,3 | 5,8 ^{b)} | <1 ^{c)} | 1 | 100 | 4 | Vogt & Händel 1995, Händel 1996, Vogt et al. 1997a | Vogt & Händel 1995, Händel 1996 | |
| | Azadirachtin | NeemAzal-F | EC | 5 % | 0,2 | 19,4 ^{b)} | 4,4 ^{c)} | 1 | 51,6 | 2 | Jakob & Vogt 1993, Jakob 1996 | Jakob & Vogt 1993, Jakob 1996 | |
| | Azadirachtin | NeemAzal-T | EC | 5 % | 0,2 | 26,3 ^{b)} | 8 ^{c)} | 1-2 | - | - | dto. | dto. | |
| Pyrethroid und Pheromon | Cyfluthrin Codlemone | A&K | Gel | 4 % 0,065 % | 5 Tropfen | 16,7 ^{a)} | | 1 | - | - | Vogt et al. 1996, Wirth 1997 | - | |
| | | | | | | 40,6 ^{b)} | | 2 | | | | | |
| Nitroguanidin | Imidacloprid | Confidor | WG | 665 g/kg | 0,1 | 77,2 ^{a)} | | 4 | - | - | Wetzel et al. 1996, Weiß 1997 | - | |
| | Imidacloprid | Confidor | Citrusformulierung | 100 g/l | Stammbehandlung 0,25g pro Baum | 27,1 ^{a)} | | 2 | - | - | dto. | - | |
| Fungizid | Schwefel | Sufran 2 Behandl. | WG | 800 g/kg | 0,4 | Keine Reduktion ^{a)b)c)} | | 1 | 87,3 | 3 | Vogt & Händel 1995, Händel 1996 | Vogt & Händel 1995, Händel 1996 | |
| | Schwefel | Sufran 4 Behandl. | WG | 800 g/kg | 0,4 | 6,1 ^{b)} Keine Red. ^{a)c)} | - | 1 | 88,6 | 3 | dto. | dto. | |

a) WG% Larven, b) WG% Kokons, c) WG% Imagines,

d) Gesamteffekt: Präimaginalmortalität plus Reduktion von Fekundität und Fertilität der entwickelten Imagines

IOBC-Kategorie: Labor: 1 = harmlos (< 30%), 2 = leicht schädigend (30-79%), 3 = mittelstark schädigend (80-99%), 4 = stark schädigend (> 99%)

Freiland: 1 = < 25%, 2 = 25-50%, 3 = 25-75%, 4 = > 75%

Pyrethroid Baythroid blieb die Wirkung auch im Freilandtest voll erhalten. Außergewöhnlich beständig war die Wirkung der synthetischen Insektenwachstumsregulatoren (IGR). Bei den meisten waren Wirkungsgrade zwischen 86 und 100% zu verzeichnen. Damit ist für diese Präparate selbst im Freien eine enorme Kontaktwirkung belegt. Zudem weisen die meisten IGR eine hohe Persistenz auf, so daß das Gefährdungspotential sich über einen langen Zeitraum erstreckt (SCHAAF & VOGT 1995). Nicht auszuschließen sind ferner Auswirkungen auf Adulttiere hinsichtlich der Reproduktion. So führte z.B. die topikale Applikation von Dimilin und Cascade auf Imagines zur Verminderung der Reproduktion (Fekundität und Fertilität) um 72 bzw. 93% (VOGT 1992). Die Untersuchungen mit Confidor belegen, wie allein die Art der Anwendung eines Wirkstoffes die Ausprägung nicht erwünschter Nebenwirkungen beeinflusst. Während bei der Spritzapplikation die Kontaktwirkung des Imidacloprids voll zum Tragen kommt, ist dies bei der Stammapplikation bis zur völligen Aufnahme des systemischen Wirkstoffes über die Rinde bzw. dessen Abbau auf der Oberfläche auf das behandelte, kleinflächige Areal beschränkt. Die schädlichen Auswirkungen waren bei der Stammapplikation signifikant geringer. Hinsichtlich subletaler Auswirkungen wurde bei den Imagines, die aus den erweiterten Freilandtests mit Imidan, Spruzit, den Niempräparaten und Schwefel hervorgingen, das Reproduktionsverhalten untersucht. Es ergaben sich keine oder nur sehr geringfügige Beeinträchtigungen.

Ausblick und Überlegungen zu weiteren Fragestellungen in der Nützlingsprüfung am Beispiel von *C. carnea*

Mit der Labor-, Halbfreiland- und Freilandmethode stehen für die Larven der Florfliege bereits gut etablierte Prüfverfahren zur Verfügung. Sie sind geeignet zur Erfassung der initialen Toxizität, von verzögert auftretenden Effekten im Verlauf der Metamorphose sowie von subletalen Effekten. In der Regel erfolgt eine einmalige Applikation der Prüfpräparate, wie dies im Fall der Insektizide und Akarizide auch praxisgerecht ist. Die Labor- und die Freilandmethode erlauben aber auch eine wiederholte Applikation. Dies ist besonders für Fungizide relevant. Wegen der relativ kurzen Entwicklungszeit der Larven (z.B. 14 Tage bei 21°C) müssen die Abstände jedoch im Vergleich zur Praxisanwendung verkürzt werden. Dies wiederum würde einer "worst-case"-Situation gerecht werden.

Außer über Kontakt kann ein Prädator ein Pflanzenschutzmittel über die Beute aufnehmen. Dieser Kontaminationsweg ist mit Einschränkung bei der Halbfreilandmethode nach BIGLER & WALDBURGER (1988) gegeben: Die Blattläuse werden nach der Pflanzenschutzmittel-Behandlung aufgesetzt und können den Wirkstoff über die Pflanze aufnehmen. Je nach Pflanzenschutzmittel kann es erforderlich sein, gezielte Untersuchungen zur peroralen Aufnahme durchzuführen, z.B. durch Verfüttern frisch besprühter Blattläuse.

Neben den Larven sind selbstverständlich auch alle weiteren Entwicklungsstadien der Gefährdung durch eine Pflanzenschutzmittel-Behandlung ausgesetzt. Während Eier und Puppenkokons relativ geschützte Stadien darstellen (GRAFTON-CARDWELL & HOY 1985), ist dies bei den weichhäutigen Imagines kaum der Fall. Bei topikaler Applikation erwiesen sie sich empfindlicher als die Larven (VOGT & JUST 1997). Auswirkungen auf Imagines können mit verschiedenen Methoden geprüft werden, z.B. topikale Applikation, direktes Besprühen, Auswirkung eines frischen ange-trockneten Belages. Desweiteren kann auch bei Imagines von *C. carnea* die perorale Aufnahme eine Rolle spielen, z.B. über Tautropfen auf einer behandelten Pflanze. Eine Verabreichung über das Trinkwasser oder die synthetische Futterdiät würde sich hier anbieten.

Ein weiterer Aspekt ist die Erarbeitung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen. Diese können für eine Risikoabschätzung für einzelnen Arten bei unterschiedlichen Expositionsbedingungen relevant sein, z.B. in Flächen, die an landwirtschaftliche Kulturen angrenzen und der Abdrift unterliegen. Hierfür sind außerdem Kenntnisse über die Pflanzenschutzmittel-Deposition und Pflanzenschutzmittel-Exposition von Nichtzielorganismen in diesen Habitaten erforderlich. Eine Arbeitsgruppe der BBA hat zu diesem Themengebiet Untersuchungen aufgenommen und erste Ergebnisse publiziert (FORSTER et al. 1997).

Diese Beispiele verdeutlichen, wie komplex Fragestellungen über Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nichtzielorganismen sind. Um eine weitgehend sichere und realistische Beurteilung zu ermöglichen, bedarf es eines mehrstufigen Prüfsystems, aber auch einer Risikoanalyse, in die Expositionsabschätzungen einfließen (vgl. KULA et al. 1997).

Literatur

- ANONYM (1986): Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen vom 15. September 1986 (Pflanzenschutzgesetz - PflSchG), BGBl. I S. 1505.
- BARRETT, K.L., GRANDY, N., HARRISON, E.G., HASSAN, S.A. & OOMEN, P.A. (eds.) (1994): Guidance document on testing procedures for testing pesticides and non-target arthropods. SETAC-Europe, 51 pages.
- BIGLER, F. (1988): A laboratory method for testing side-effects of pesticides on larvae of the green lacewing, *Chrysoperla carnea* Steph. (Neuroptera, Chrysopidae). IOBC/WPRS Bulletin **XI/4**: 71-77.
- BIGLER, F. & WALDBURGER, M. (1988): A semi-field method for testing the initial toxicity of pesticides on larvae of the green lacewing, *Chrysoperla carnea* Steph. (Neuroptera, Chrysopidae). IOBC/WPRS Bulletin **XI/4**: 127-134.
- BIGLER, F. & WALDBURGER, M. (1994): Effects of pesticides on *Chrysoperla carnea* STEPH. (Neuroptera, Chrysopidae) in the laboratory and semi-field. IOBC/WPRS Bulletin **17(10)**: 55-69.

- BRASSE, D. (1978): Erweiterung der amtlichen Prüfung der Auswirkungen von Pflanzenbehandlungsmitteln auf Nutzarthropoden. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **30**, 143.
- BRASSE, D. (1990): Einführung der obligatorischen Prüfung der Auswirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Nutzorganismen in das Zulassungsverfahren. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **42**, 81-86.
- BRASSE, D. (1997): Zur historischen Entwicklung des Bienenschutzes. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., Berlin-Dahlem, dieses Heft.
- Council Directive 91/414/EEC concerning the placing of plant protection products on the market (1991): Official Journal of the European Communities, L230, 1-32, 19 August 1991, (OJ L230 of 19-8-91), ISSN 0378-6978.
- FORSTER, R. BAIER, B., BERENDES, K.-H., HEIMBACH, U., RAUTMANN, D., SÜß, A., VOGT, H. (1997): Vergleichende Laboruntersuchungen zur Sensitivität von Nichtzielorganismen gegenüber Pflanzenschutzmitteln und Möglichkeiten der expositionsabhängigen Risikoabschätzung. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., Berlin-Dahlem, Heft 333.
- FRANZ, J. M. (1974): Die Prüfung von Nebenwirkungen der Pflanzenschutzmittel auf Nutzarthropoden im Laboratorium - ein Sammelbericht. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch., **81**, 141-174.
- GRAFTON-CARDWELL, E.E. & HOY, M.A. (1985): Intraspecific variability in response to pesticides in the common green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). Hilgardis **53**, 1-31.
- HÄNDEL, U. (1996): Evaluierung und Erweiterung von Methoden zur Prüfung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf die Florfliege, *Chrysoperla carnea* (Stephens). Diplomarbeit, Universität Heidelberg, 121 Seiten.
- HASSAN, S.A. (1989): Testing methodology and the concept of the IOBC/WPRS Working Group. In: JEPSON, P.C. (Ed): Pesticides and non-target invertebrates. Intercept, Wimborne, Dorset., 1-18.
- HASSAN, S.A. (1997): Prüfung der initialen Wirkung sowie der Schadwirkungsdauer von Pflanzenschutzmitteln auf Eiparasiten der Gattung *Trichogramma*. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., Berlin-Dahlem, dieses Heft.
- HERFS, W. (1975): Aufnahme der amtlichen Prüfung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nutzarthropoden in das Zulassungsverfahren. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **27**, 142-143.
- JAKOB, G. (1996): Zur Bekämpfung des Apfelschalenwicklers *Adoxophyes orana* F.v.R. (Lepidoptera, Tortricidae) und anderer Apfelschädlinge mit Inhaltsstoffen des Niembaumes *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae) unter Berücksichtigung von Nebenwirkungen auf natürliche Feinde. Dissertation, Universität Gießen, 161 Seiten und 12 Seiten Tabellenanhang.
- JAKOB, G. & VOGT, H. (1993): Einsatz von Niempräparaten gegen *Adoxophyes orana* F.v.R. und Untersuchungen zu Nebenwirkungen. In KIENZLE, J & STRAUB, M.: 6. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 18. und 19.11.1993, Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt, Weinsberg, Tagungsband, 51-61.

- KULA, C., FORSTER, R., JOERMANN, G. & EHLE, H. (1997): Prüfung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf terrestrische Nichtzielorganismen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch., Berlin-Dahlem, dieses Heft.
- RUMPF, S. (1990): Wirkungen des Juvenoids Fenoxycarb auf die Larven des Nutzinsektes *Chrysoperla carnea* Steph.. Diplomarbeit, Universität Heidelberg, 113 Seiten.
- SCHAAF, C. & VOGT, H. (1995): Untersuchungen in Gradationsgebieten des Schwammspinners *Lymantria dispar* L. unter Berücksichtigung verschiedener Bekämpfungsmaßnahmen. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. **10**, 123-128.
- SUTER, H. (1978): Prüfung der Einwirkung von Pflanzenschutzmitteln auf die Nutzarthropodenart *Chrysopa carnea* Steph. (Neuroptera, Chrysopidae) - Methodik und Ergebnisse. Zeitschr. landw. Forschg. **17**: 37-44.
- VEITH, S. (1997): Untersuchungen zur selektiven Bekämpfung von Tortriciden im Apfelanbau mit dem Ecdysis-Induktor CM 001. Staatsexamensarbeit, Universität Heidelberg, 98 Seiten.
- VOGT, H. (1992): Untersuchungen zu Nebenwirkungen von Insektiziden und Akariziden auf *Chrysoperla carnea* STEPH. (Neuroptera, Chrysopidae). Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent, **57/2b**, 559-567.
- VOGT, H. (1994): Effects of pesticides on *Chrysoperla carnea* STEPH. (Neuroptera, Chrysopidae) in the field and comparison with laboratory and semi-field results. IOBC/WPRS Bulletin **17(10)**: 71-82.
- VOGT, H. & HÄNDEL, U. (1995): Beurteilung der Nebenwirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nichtzielorganismen. Jahresbericht der Biol. Bundesanst., 88-89.
- VOGT, H. & JUST, J. (1997): Ermittlung der letalen Dosis (LD₅₀) von fünf Insektiziden für *Adoxophyes orana* (Lepidoptera, Tortricidae) und *Chrysoperla carnea* (Neuroptera, Chrysopidae). Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., Berlin-Dahlem, Heft **333**, 75-90.
- VOGT, H., RUMPF, S., WETZEL, C. & HASSAN, S.A. (1992): A field method for testing effects of pesticides on the green lacewing *Chrysoperla carnea* Steph. (Neuroptera, Chrysopidae): IOBC/WPRS Bulletin **XV/3**: 176-182.
- VOGT, H., VEITH, S. & WIRTH, J. (1996): Untersuchungen zur Beurteilung der Nebenwirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nichtzielorganismen. Jahresbericht der Biol. Bundesanst., 79-80.
- VOGT, H., HÄNDEL, U. & VINUELA, E. (1997a): Field investigations on the efficacy of NeemAzal-T/S against *Dysaphis plantaginea* (Passerini)(Homoptera:Aphididae) and its effects on larvae of *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae). Practice Oriented Results on Use and Production of Neem-Ingredients and Pheromones, Proceedings of the 5th Workshop, Wetzlar, 105-114.
- VOGT, H., DEGRANDE, P., JUST, J., KLEPKA, S., KÜHNER, C., NICKLESS, A., UFER, A., WALDBURGER, M., WALTERSDORFER, A. & BIGLER, F. (1997b): Side-effects of pesticides on larvae of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera, Chrysopidae): Actual state of the laboratory method. In: Haskell, P.T. (ed.): Ecotoxicology: Pesticides and Beneficial Organisms, Chapman & Hall. In Press.

- WEIß, S. (1997): Untersuchungen zur Wirksamkeit von Stammbehandlungen mit Imidacloprod - einem Insektizid mit neuer Wirkungsweise - auf Schad- und Nutzarthropoden im Obstbau. Staatsexamensarbeit, Universität Heidelberg, 123 Seiten.
- WETZEL, C. (1988): Untersuchungen zur Biologie von *Chrysoperla carnea* Steph. (Neuroptera, Chrysopidae) und Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Beurteilung der Nebenwirkungen von Pflanzenschutzmitteln im Freiland auf dieses Nutzinsekt. Diplomarbeit, Universität Heidelberg, 70 Seiten.
- WETZEL, C. & DICKLER, E. (1994): Side effects of sulphur and a natural pyrethroid on *Trichogramma dendrolimi* Matsura (Hym., Trichogrammatidae). IOBC/WPRS Bulletin **17(10)**: 123-131.
- WETZEL, C., KRCZAL, H. & HASSAN, S.A. (1991): Investigations to evaluate the side effects of pesticides on the green lacewing *Chrysoperla carnea* Steph. (Neuroptera, Chrysopidae) in the field. J. Appl. Ent. **111**, 217-224.
- WETZEL, C., WEIß, S. & DICKLER, E. (1996): Untersuchungen zum Einsatz von Imidacloprid durch Stammapplikation und zu den Nebenwirkungen diesen Verfahrens auf Nutzarthropoden im Apfelanbau. Jahresbericht der Biol. Bundesanst., 78.
- WIRTH, J. (1997): Untersuchungen zur Auswirkung der Attract & Kill- Methode auf Ziel- und Nichtzielorganismen. Staatsexamensarbeit, Universität Heidelberg, 87 Seiten.

Anschrift der Verfasserin:

DR. H. VOGT, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz im Obstbau, Schwabenheimer Str, 101, 69221 Dossenheim

S. A. HASSAN

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
 Institut für biologischen Pflanzenschutz

Die Anwendung von Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* im biologischen Pflanzenschutz in Deutschland - Geschichte, Erfolge und Aussichten für die Zukunft

Abstract: The utilisation of egg parasitoids of the genus *Trichogramma* in biological control - history, achievements and future outlook .

Species of the hymenopterous genus *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae) occur world wide on a broad range of crops and hosts. At present, about 17 different *Trichogramma* species are being mass reared to control pests on 18 million hectares in 16 countries. The first attempt to use *Trichogramma* in biological control in Germany is dated back to 1926 when experiments were carried out at the Federal Biological Research Centre (BBA) in Berlin to control cabbage pests. This was followed by trials on wine (Neustadt an der Haardt – 1928), corn (Baden – 1939), forst (Hannoversch Münden – 1934), and apple (Darmstadt - 1960). Starting from 1972, intensive research on *Trichogramma* was conducted at the (BBA) Institute for Biological Pest Control in Darmstadt. Emphasis was given to the selection of effective species to be used in biological control. Research was carried out to increase efficacy by improving mass production techniques, quality control, application time, releasing device and dose. At present, two companies produce *Trichogramma* for commercial use and about 7000 ha of corn are being treated annually to control the European corn borer *Ostrinia nubilalis*. Commercial applications on smaller areas are also being made on plums (*Cydia funebrana*), cabbage (*Mamestra brassicae*), apple (*Cydia pomonella*, *Adoxophyes orana*), stored products (*Plodia interpunctella* and *Ephestia kuehniella*). At present, research is being made to select more effective *Trichogramma* species to control pests on wine (*Eupoecilia ambiguella*, *Lobesia botrana*) and to increase the efficacy of the parasitoid, especially on apple.

Einleitung

Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* sind natürliche Gegenspieler zahlreicher Schädlinge - vor allem Lepidopteren - in vielen Kulturen. Sie sind in der Natur vorhanden, doch leider nicht immer zum richtigen Zeitpunkt und in der notwendigen Anzahl, um Schäden an den Kulturpflanzen wirksam entgegenzutreten zu können. So lag es nahe, hier manipulierend einzugreifen und in Massen gezüchtete Nützlinge gezielt freizulassen. Bisher sind etwa 150 *Trichogramma*-Arten beschrieben worden. Von diesen werden jedoch weltweit nur zehn Arten zur biologischen Bekämpfung von Schadlepidopteren in wichtigen Kulturen wie Mais, Baumwolle, Zuckerrohr, im Obst- und Weinbau sowie im Forst eingesetzt.

Die winzigen Schlupfwespen benötigen zu ihrer Entwicklung einen Wirt. Die Weibchen suchen nach geeigneten Insekteneiern, legen in diese - je nach Größe - ein oder mehrere Eier. Die Larven der Schlupfwespen entwickeln sich in den Wirtseiern, zehren deren Inneres auf und verpuppen sich, um als flugfähige Vollinsekten die schützende Hülle des Wirtes zu verlassen. *Trichogramma* eignet sich aufgrund seiner Lebensweise sehr gut zur biologischen Bekämpfung von Schädlingen, da dieser Nützling bereits die Eier von Schadinsekten zerstört und keine Larven schlüpfen.

Der Einsatz von *Trichogramma* ist zwar teurer als die Anwendung von chemischen Insektiziden, doch hat dieses biologische Verfahren große Vorteile: die Methode ist absolut umweltfreundlich, die Nützlinge werden meistens von Hand ausgebracht. Ein Hektar Maisfläche kann von einer Person in etwa 15 Minuten behandelt werden. Der Einsatz teurerer Geräte entfällt, es werden keine Energien und kein Wasser benötigt. Nützliche Organismen werden geschont. Die freigelassenen Schlupfwespen können sich im Kulturbestand vermehren, solange sie dort geeignete Wirte finden. Es gibt keine Wartezeiten nach einer Behandlung, keine Wasserschutzverordnungen und keine Gefahr von Resistenzbildungen gegenüber chemischen Insektiziden.

Die ersten Ansätze zur Massenzucht und Anwendung von Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* im biologischen Pflanzenschutz gehen in die zwanziger Jahre dieses Jahrhunderts zurück. Wissenschaftler der damaligen Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft befaßten sich mit der Anwendung von Eiparasiten gegen Schädlinge in den Hauptkulturen Kohl (Berlin-Dahlem 1926), Wein (Neustadt an der Haardt - 1928), Mais (Baden - 1930), Forst (Hannoversch Münden - 1934) und Apfel (Darmstadt - 1960). Die Erfolge waren oft bescheiden, da weniger wirksame Arten verwendet sowie Terminierung und Dosierung nicht optimal festgelegt wurden. Bei den verwendeten Freilassungseinheiten fehlten in den meisten Fällen Schutzvorrichtungen gegen Regen und Prädatoren.

Beiträge zur Biologie der Schlupfwespe *Trichogramma evanescens* Westw. publizierte HASE (1925) mit dem Hinweis, daß *Trichogramma* Verwendung finden könnte bei der Bekämpfung von Forstschädlingen, Weinbauschädlingen, Obst- und Gartenbauschädlingen sowie bei Haus- und Vorratsschädlingen. Über mißlungene Versuche zur Freilassung von *Trichogramma* gegen Schadlepidopteren in Deutschland während der zwanziger und dreißiger Jahre dieses Jahrhunderts berichteten STELLWAAG (1929), WELLENSTEIN (1934) sowie ZWÖLFER (1930). VOELKEL (1926) gelang es, auf kleinen Flächen *Mamestra brassicae* und *Pieris* sp. erfolgreich zu bekämpfen. STEIN (1960 und 1961), STEIN und FRANZ (1960), SCHÜTTE (1962) sowie SCHÜTTE und FRANZ (1961) untersuchten Möglichkeiten zur Bekämpfung des Apfelwicklers *Cydia pomonella* mit *Trichogramma cacoeciae* Marchal. Über weitere Arbeiten zum Verhalten und zur Biologie von Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* berichteten FRANZ (1961), KLINK (1961, 1963, 1964), MAYER (1960), MAYER & QUEDNAU (1959), QUEDNAU (1955, 1956a und b, 1957a und b, 1958). Über Arbeiten zur Systematik berichteten QUEDNAU (1960), HOCHMUT & MARTINEK (1963).

Aufgrund der Verbreitung von Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* in den verschiedensten Agro-Ökosystemen und ihrer spezifischen Wirksamkeit gegenüber Schadlepidopteren kann ihre Anwendung im Pflanzenschutz durch Intensivierung der Forschung wesentlich und erfolgreich erweitert werden. Die Erfahrungen der letzten Jahre haben deutlich gezeigt, daß die *Trichogramma*-Arten in ihrer Wirtspräferenz sehr unterschiedlich sind. Diese Eigenschaft ermöglicht den gezielten Einsatz ausgewählter *Trichogramma* Arten zur Bekämpfung von Schadlepidopteren. Durch enge Zusammenarbeit von Forschungsinstitutionen, Nützlingsproduzenten, Pflanzenschutzdiensten und landwirtschaftlichen Genossenschaften können geeignete Massenzucht- und Ausbringungsverfahren zur Bekämpfung von Schadlepidopteren erarbeitet werden.

Bekämpfung von Schadlepidopteren an Kohl

VOELKEL (1926) untersuchte in der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem die praktische Bedeutung der Schlupfwespe *T. evanescens* Westw. bei der Bekämpfung von Kohlschädlingen. Er stellte auf den Versuchsfeldern an Kohlpflanzen verschiedener Sorten starke Eiablagen der Kohleule *Mamestra brassicae* L., des Rapsweißlings *Pieris napi* L. und des Kohlweißlings *Pieris brassicae* L. fest. Die Eigelege wurden eingesammelt und im Labor untersucht. Dabei ergab sich eine natürliche Parasitierung der Kohleuleneier durch den Eiparasiten *T. evanescens* bis zu 80 %. Die aus diesen Eigelegen geschlüpften Parasiten wurden im Labor vermehrt und zur Bekämpfung von Schädlingen auf kleinen Flächen freigelassen. Auf diesen Freilassungsfeldern in einer Entfernung von mehr als 2 km vom Institutsfreiland wurde zuvor keine natürliche Parasitierung festgestellt. Innerhalb von 6 Wochen nach der Freilassung waren alle Eier von *Mamestra* und *Pieris* vernichtet.

ROST und HASSAN (1983, 1985) untersuchten Gemüsegärten und Kohlfelder in Südhessen und Nordbaden und stellten in mehrjährigen Untersuchungen fest, daß es auf allen untersuchten Flächen natürliche Parasitierung von Eiern der Kohleule durch *T. evanescens* gab. Die erste Generation dieses Schädlingens war durchschnittlich zu ca. 30%, die zweite Generation zu ca. 80% natürlich parasitiert. Eine biologische Bekämpfung ist nach HASSAN und ROST (1985) bereits ab Anfang Juni durchzuführen. Die Parasiten vermehren sich dann im Kohlbestand weiter, auch auf Eiern von Kohlweißlingsarten oder des Kohlzünslers.

HASSAN und ROST (1985) führten in Brokkoli-Feldkulturen in Dossenheim Versuche zur biologischen Bekämpfung der Kohleule und anderer Schadlepidopteren mit *T. evanescens* durch. Es wurden zwei Parasiten-Stämme miteinander verglichen: (1) der Ökotyp Moldawien, der seit vielen Jahren zur Bekämpfung des Maiszünslers verwendet wird und (2) ein Stamm aus einem Kohlfeld im Raum Darmstadt. Drei aufeinanderfolgende Feldversuche enthielten jeweils zwei Parzellen von 10 x 18 m für die beiden *Trichogramma*-Stämme und eine gleichgroße Parzelle für die unbehandelte Kontrolle. Die einzelnen Teilstücke waren mindestens 30 m voneinander entfernt. In Intervallen von zwei bis drei Wochen erfolgten Freilassungen von jeweils ca. 3000 *Trichogrammen* in drei verschiedenen Altersgruppen im Zentrum einer jeden Versuchsparzelle. In wöchentlichen In-

tervallen gelangten in jeder Versuchspazelle und bei der unbehandelten Kontrolle 33 Brokkoli-pflanzen zur Untersuchung, wobei die Anzahl der parasitierten und nicht parasitierten Eier von *M. brassicae* festgestellt wurde. Die Ergebnisse sind in der nachstehenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 1: Vergleich der Wirksamkeit von zwei Stämmen des Eiparasiten *Trichogramma evanescens* bei der Bekämpfung der Kohleule *Mamestra brassicae* in Brokkoli, Dossenheim 1982

| Versuchsglied | Freilassungsdaten | Untersuchungsdaten | Eier total | % Parasitierung |
|------------------|-----------------------|----------------------------------|------------|-----------------|
| <u>Versuch 1</u> | | | | |
| "Moldawien" | 16.6./7.7. | 7.7./13.7./20.7. | 1115 | 90,6 |
| "Darmstadt" | 16.6./7.7. | 7.7./13.7./20.7. | 865 | 96,1 |
| unbehandelt | | 7.7./13.7./20.7. | 873 | 16,4 |
| <u>Versuch 2</u> | | | | |
| "Moldawien" | 16.7./27.7. /12.8. | 27.7./3.8./10.8. /17.8./24.8. | 6713 | 69,3 |
| "Darmstadt" | 16.7./27.7. /12.8. | 27.7./3.8./10.8. /17.8./24.8. | 7491 | 69,5 |
| unbehandelt | | 27.7./3.8./10.8. /17.8./24.8. | 5387 | 45,2 |
| <u>Versuch 3</u> | | | | |
| "Moldawien" | 3.8./17.8. | 26.8./2.9./9.9. | 1813 | 65,7 |
| "Darmstadt" | 3.8./17.8. | 26.8./2.9./9.9. | 964 | 72,0 |
| unbehandelt | | 26.8./2.9./9.9. | 891 | 62,0 |

Bei den Kontrollen der Pflanzen wurden außer Kohleuleneiern nur wenige andere Schädlinge beobachtet. Letztere wurden daher in der Tabelle nicht berücksichtigt. Diese Versuchsserie hat gezeigt, daß die Freilassungen von *T. evanescens* Mitte Juni und Anfang Juli zu hohen Parasitierungsraten führten. Mit Versuch 1 wurde die erste Generation des Schädlings erfaßt. Die Parasitierung der Eier in der unbehandelten Kontrolle durch natürlich auftretende Trichogrammen ist noch relativ gering. In den Versuchen 2 und 3 (Mitte Juli bis September) ist ein deutlicher Anstieg der natürlichen Parasitierung in den unbehandelten Parzellen festzustellen. Die beiden untersuchten *T. evanescens*-Stämme ließen keine Unterschiede in der Leistung erkennen. Die praktische Bekämpfung der Kohleule und anderer Lepidopteren-Schädlinge in Kohlkulturen mit *T. evanescens* ist möglich und wird inzwischen auch kommerziell angewandt.

In den vergangenen Jahren wurden umfangreiche Untersuchungen zur Auswahl von wirksamen Stämmen zur Bekämpfung des Hauptschädlings *M. brassicae* durchgeführt. Das erste Selektionskriterium stellte hierbei die Präferenz von *Trichogramma* für den Zielschädling dar. In dem standar-

disierten Test wurde einzelnen *Trichogramma*-Weibchen die Wahl geboten zwischen Eiern des zu untersuchenden Zielschädlings und des Massenzuchtwirtes *S. cerealella*. Die Bewertung der Präferenz erfolgte aufgrund der parasitierten Wirtseier. Es wurden bei diesem Test vier verschiedene Arten unterschiedlicher Herkunft miteinander verglichen: *T. brassicae* (BRA-1 bis BRA-3), *T. dendrolimi* (DEN-1), *T. evanescens* (EVA-1 bis EVA-4) und *T. meyeri* sowie zwei bislang unbestimmte Stämme TSP-1 und TSP-2. Diese Arten wurden ausgewählt, da bekannt ist, daß sie in der Natur *M. brassicae* parasitieren. In dem Test wurden die Kohleuleneier von allen Stämmen gut angenommen, jedoch variierte die Anzahl parasitierter Eier und die Präferenz für den Zielorganismus.

Anschließend wurde die Suchleistung in Käfigen mit *Mamestra*-Eiern auf Kohlpflanzen getestet, wobei *Trichogramma*-Weibchen im Parasit-Wirt-Verhältnis von 1:1 freigelassen und die Parasitierungsrate sowie der Larvenschlupf aus nicht parasitierten Eiern ermittelt wurde. Es ergaben sich sehr deutliche Unterschiede in der Parasitierungsrate der angebotenen Wirtseier. Während EVA-4 und BRA-2 über 75% der *Mamestra*-Eier parasitierten und keine Schädlinglarven mehr schlüpften, parasitierten EVA-3 und BRA-3 weniger als 30% der angebotenen Eier.

Im Freiland wurde 1995 und 1996 der aufgrund seiner sehr guten Suchleistung ausgewählte Stamm EVA-4 in einer biologisch und einer konventionell bewirtschafteten Anlage mit gutem Erfolg getestet. In der biologischen Anlage konnten 1995 bei insgesamt vier Ausbringungen von jeweils 70 *Trichogramma*-Kärtchen (d.h. 140.000 Schlupfwespen pro ha und Ausbringung) bereits in der ersten Generation Parasitierungsraten zwischen 62 und 100% erzielt werden. Bei 9 Boniturterminen zwischen dem 24.5. und 15.8. waren durchschnittlich 69,7% der gefundenen *Mamestra*-Eier parasitiert. Auch 1996 war die Parasitierungsrate der Eier der ersten Generation sehr hoch, aufgrund der sehr späten Eiablage der zweiten Generation sowie Temperatureinbrüchen war jedoch die Parasitierung in der zweiten Generation etwas niedriger. In der konventionellen Anlage war nach Freilassung von 100.000 *Trichogrammen* pro Freilassung in beiden Jahren die Parasitierung in der ersten Generation sehr gering. Da der Befallsdruck aber nur sehr niedrig war, führte dies nicht zu wirtschaftlichen Schäden. In der zweiten Generation lag die Parasitierungsrate dagegen 1995 bei 100% und 1996 bei ca. 70%. Probleme traten hier allerdings im Juni durch einen starken Kohlmottenbefall auf. 1997 sollen daher weitere Untersuchungen zur Präferenz und Suchleistung von *Plutella*-Eiern durchgeführt werden.

Bekämpfung des Maiszünslers mit *Trichogramma*

Ein erfolgreicher Verlauf der Laborversuche zur Parasitierung von Maiszünsler-Eiern durch *T. evanescens* war der Anlaß zu den Untersuchungen von ZWÖLFER (1930) in Feldversuchen in Rastatt und Sasbach /Wyhl (Baden). Auf drei verschiedenen Feldern wurden jeweils an drei ca. 25 m auseinanderliegenden Punkten insgesamt rund 30 000 *Trichogrammen* unter Benutzung einer besonders konstruierten, einfachen Apparatur freigelassen. Die Schlupfwespen wurden im Labor auf Eiern der Mehlmotte (*Ephestia kuehniella*) vermehrt. Die Freilassung erfolgte am 6. Juli, nachdem am Vortage bereits Eigelege im Feld gefunden worden waren, und wurde auf den

verschiedenen Feldern einmal nach 8 bis 9 Tagen wiederholt. Zu diesem Zeitpunkt schwankte die Anzahl der Eigelege je 100 untersuchter Maispflanzen zwischen 8 und 14. Die Bonitierung der Versuche fand jeweils 8 bis 10 Tage nach dem Aussetzen statt. Zu diesem Zweck wurden sämtliche Maispflanzen in einem Umkreis von 8 bis 10 m Durchmesser um die Freilassungsstellen untersucht. Dabei wurden insgesamt nur drei parasitierte Eigelege gefunden, eines davon war nur teilweise parasitiert. Der Autor schätzte, daß dieses Ergebnis einer Parasitierung von etwa 1 % aller Eigelege im Feld entspräche und gab dem Verfahren zur biologischen Bekämpfung des Maiszünslers mit *T. evanescens* daher keine Chance in der Praxis.

Heute, 65 Jahre nach den Arbeiten von ZWÖLFER(1930), ist das Eiparasitierungsverfahren zur Bekämpfung des Maiszünslers dagegen vor allem im Vermehrungs- und im Körnermaisbau voll etabliert und wird aufgrund seiner Vorteile gegenüber den Anwendungen chemischer Pflanzenschutzmittel gerne eingesetzt. Aufgrund der Erkenntnisse von 20 Jahren *Trichogramma*-Einsatz gegen den Maiszünsler lassen sich die Mißerfolge der Feldversuche von 1930 wie folgt erklären:

1. Es wurde ein Stamm von *T. evanescens* eingesetzt, der weder auf den Zielschädling adaptiert, noch im Labor durch Passagen auf Eiern des Maiszünslers dem Schädling angepaßt war.
2. Die Freilassungsstellen lagen mit 25 m viel zu weit voneinander entfernt. Bei Körnermais sind Abstände von 14 m und bei Süßmais von 10 m erforderlich.
3. Der Beginn der *Trichogramma*-Freilassungen nach dem Auffinden von Maiszünsler-Eigelegen im Feld war viel zu spät gewählt.
4. Da nur gleichaltrige Parasiten freigelassen wurden, waren nicht ständig aktive Nützlinge vorhanden.
5. Eine Erfolgskontrolle fand praktisch nicht statt. Es gab keine unbehandelte Parzellen. Das Aufsuchen parasitierter Eigelege kann nur Hinweise geben über die Wanderungsbewegungen der Parasiten.

Seit 1980 stehen dem Maisanbauer Eiparasiten zur gezielten Bekämpfung des Maiszünslers *Ostrinia nubilalis*, der in Deutschland eine Generation pro Jahr ausbildet, zur Verfügung. Ein Ökotyp von *T. evanescens* hat sich hier gut bewährt (HASSAN 1981a,b und c, 1982, 1984, 1995, HASSAN & HEIL 1980, HASSAN et al. 1978, 1984, 1990, 1993, NEUFFER 1979, 1980, STEIN & HASSAN 1988). Die Anwender von *Trichogramma* haben sich inzwischen an das biologische Verfahren gewöhnt. Sie sind mit dem Einsatz der Nützlinge vertraut und wissen, daß mit den Freilassungen begonnen werden muß, bevor die ersten Eier des Schädlings im Feld gefunden werden. Die Entscheidung für die biologische Behandlung mit Eiparasiten muß daher schon bis Ende März getroffen werden. Mit der rechtzeitigen Bestellung der Nützlinge bei den Produzenten wird die termingerechte Auslieferung garantiert. In Deutschland produzieren inzwischen mehrere Unternehmen *T. evanescens* zur Bekämpfung des Maiszünslers. Die Nützlinge werden in Eiern der Getreidemotte, welche auf ausgestanztem Karton aufgeklebt sind, geliefert. Die Getreidemotte eignet sich sehr gut als Ersatzwirt bei der Massenproduktion von *Trichogramma*. Die Papprähmchen werden mit jeweils ca. 2000 parasitierten Wirtseiern verschiedener Altersgruppen beklebt. Das hat den Vorteil, daß die Parasiten in Raten ausschlüpfen, wodurch eine längere Aktivitätsphase der ausgebrachten Nützlinge erreicht wird. Da aus den im Feld parasitierten Eiern des Schädlings wieder *Trichogrammen* schlüpf-

fen, kann mit ein bis zwei Ausbringungen im Abstand von 7 bis 10 Tagen die gesamte Dauer der Flugzeit des Maiszünslers mit aktiven Parasiten abgedeckt werden. Für einen Hektar Maisfläche werden 50 Rähmchen benötigt, das sind pro ha und Freilassung ca. 100.000 Parasiten. Die Ausbringung erfolgt von Hand wie folgt: in jeder 18. Reihe wird alle 18 Schritte (ca. 14 x 14 m) ein Rähmchen mit dem Bügel an einem Maisblatt befestigt. *Trichogramma* ist zwar flugfähig, doch die aktive Fortbewegung erfolgt hauptsächlich durch Hüpfen und Springen von Blatt zu Blatt. Langjährige Praxisversuche haben gezeigt, daß die genannte Dosis ausreichend ist. Den Zeitpunkt der Ausbringung in den Feldern legen die Pflanzenschutzdienste im Zusammenwirken mit den Produzenten und Verteilungsstellen fest. Sobald die ersten Maiszünslereibchen in Lichtfallen festgestellt werden, werden die Nützlinge angefordert. Seit einigen Jahren wird *Trichogramma* aus einer französischen Produktion auf den deutschen Markt gebracht. Hierbei handelt es sich um Kapseln aus gepreßter Pappe, die im Maisbestand durch Auswerfen verteilt werden. In jeder Kapsel befinden sich etwa 500 parasitierte Eier der Mehlmotte *Ephestia kuehniella*. Pro ha und Ausbringung werden 200 Kapseln, das sind ca. 100.000 Parasiten, freigelassen. Die Wirkung der *Trichogramma*-Freilassungen nach beiden Verfahren ist häufig besser als die Ergebnisse von Insektizidbehandlungen. Die Kosten für die beiden genannten Bekämpfungsverfahren liegen derzeit bei ca. 150,- DM pro ha bei zwei Behandlungen. In einigen Bundesländern, Landkreisen oder auch Gemeinden werden Zuschüsse bei Anwendung des biologischen und umweltfreundlichen Verfahrens bis zu 100,- DM/ha bezahlt. Das bietet einen Anreiz, auf die chemische Behandlung, die etwa 70,- DM kostet, zu verzichten.

Die Entwicklungsgeschwindigkeit von *T. evanescens* ist stark abhängig von der Temperatur. Bei 27°C beträgt die Entwicklung vom Ei bis zur Imago 9 Tage. Das Maximum liegt bei 30°C und bei 10°C kommt die Entwicklung zum Stillstand. Auch die Aktivität der Nützlinge im Feld wird von der Temperatur beeinflusst. Bei weniger als 15°C bewegen sich die Nützlinge im Bestand sehr langsam. Da sie unter diesen Bedingungen weniger Energie verbrauchen, verlängert sich ihre Lebensdauer dementsprechend. Interessant ist die Feststellung, daß sich auch der Schädling ähnlich verhält. Nützling und Schädling finden bei Temperaturen über 25°C optimale Bedingungen zur Eiablage. Die *Trichogramma*-Weibchen verbleiben auf einem gefundenen Eigelege des Schädlings so lange, bis alle Eier parasitiert sind. Die Nützlinge vermehren sich im Bestand und sterben dort im Spätsommer, wenn keine Eier des Schädlings mehr zur Verfügung stehen. Nur ein geringer Teil der Trichogrammen hat die Chance, Eier anderer Insekten in Hecken am Feldrand zu finden. Diese Eier werden jedoch nicht vollständig parasitiert, da hierfür kaum Präferenz besteht. Die Anzahl der auf diese Weise überlebenden Schlupfwespen reicht nicht aus, um die Bekämpfung des Maiszünslers in der folgenden Saison zu gewährleisten.

T. evanescens ist in der Lage, Wirtseier über mehrere Maispflanzen hinweg zu finden. Die Weibchen verfolgen Spuren von sogenannten Kairomonen (Duftstoffen), welche die Falter an den Pflanzenblättern hinterlassen. Untersuchungen haben gezeigt, daß die Wirkung auf den Schädling abhängig ist von der Entfernung der Freilassungsstellen innerhalb und quer zu den Pflanzenreihen. Durch Veränderung der Abstände zwischen den Freilassungsstellen ließ sich die Dosis der ausgebrachten Nützlinge pro ha variieren. So wurden bei Abständen von 20 x 20 m 38.000 Parasiten pro

ha ausgebracht, bei 15 x 15 m 67.000, bei 10 x 10 m 150.000 und bei 5 x 5 m 600.000 Parasiten pro ha. Die Verminderungen des Maiszünslerbefalls (Wirkungsgrade) betragen bei den entsprechenden

Tabelle 2: Wirkung der Freilassungen von *Trichogramma evanescens* zur Bekämpfung des Maiszünslers

| Jahr | Anzahl Behandlungen | Parasiten pro ha insgesamt | Verminderung des Larvenbefalls | |
|------|---------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------|
| | | | Forschung | kommerzielle Anwendung |
| 1977 | 4 | 180 000 | 84% | - |
| 1978 | 4 | 180 000 | 91% | - |
| 1979 | 3 | 135 000 | 66% | - |
| 1980 | 1 | 135 000 | 93% | 83% |
| 1981 | 1 | 135 000 | 79% | 52% |
| 1982 | 1 | 135 000 | 88% | 68% |
| 1983 | 2 | 135 000 | 82% | 70% |
| 1984 | 2 | 150 000 | 73% | 71% |
| 1985 | 2 | 150 000 | 85% | 78% |
| 1986 | 2 | 150 000 | 79% | 73% |
| 1987 | 2 | 150 000 | - | 80% |
| 1988 | 2 | 150 000 | 84% | 83% |
| 1989 | 2 | 150 000 | - | 79% |
| 1990 | 2 | 150 000 | - | 86% |
| 1991 | 2 | 150 000 | - | 55% |
| 1992 | 2 | 150 000 | - | 84% |
| 1993 | 2 | 150 000 | 73% | 70% |
| 1994 | 2 | 200 000 | 67% | 71% |
| 1995 | 2 | 200 000 | 82% | 61% |
| 1996 | 2 | 200 000 | - | 79% |

Freilassungsmengen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle 62, 77, 83 und 91% in dieser Reihenfolge. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen, daß bei den gegenwärtig in der Praxis üblichen zwei Behandlungen *Trichogramma*-Freilassungen von je 100.000 Parasiten/ha bei Körnermais bzw. 150.000 bei Süßmais ausreichend sind. Um die günstigsten Freilassungstermine für *T. evanescens* zur Bekämpfung des Maiszünslers feststellen zu können, fanden in verschiedenen Feldparzellen einmalige Ausbringungen von *Trichogramma* in drei verschiedenen Entwicklungsstadien statt, wobei je ha etwa 135.000 Parasiten freigelassen wurden. Diese einmaligen Ausbringungen erfolgten in den Monaten Juni und Juli in Abständen von 7 Tagen und begannen etwa zwei Wochen vor Eiablagebeginn des Schädling. Der günstigste Zeitpunkt für die Freilassungen wurde dann in den Monaten September bis Oktober, kurz vor der Ernte, durch Auswertung des Larvenbefalls in den verschiedenen Parzellen ermittelt. Es zeigte sich, daß der

geeignete Termin für die Freilassung von *T. evanescens* etwa eine Woche vor Beginn der Eiablage des Schädlings im Maisfeld liegt. Behandlungen nach Beginn der Eiablage des Maiszünslers waren weniger wirksam. Der Praxis wird daher empfohlen, mit der Freilassung von *T. evanescens* zu beginnen, sobald die ersten Maiszünslerepizootien in Lichtfallen erscheinen. Die Erfahrungen aus 15 Jahren haben gezeigt, daß dieser Zeitpunkt zwischen Mitte Juni und Anfang Juli zu erwarten ist. Es darf auf keinen Fall gewartet werden, bis die Eiablage des Schädlings beginnt. Lichtfallen werden von den Pflanzenschutzdiensten der Länder, in denen der Maiszünsler als Schädling auftritt, betreut.

Wo der Maiszünsler in Befallsgebieten regelmäßig auftritt, ist es möglich, die Stärke des zu erwartenden Befalls durch Untersuchungen im Herbst des Vorjahres abzuschätzen. Bei mehr als 0,5 Larven in der Stoppel einer Pflanze ist mit Schäden oberhalb der Schadensschwelle im Folgejahr zu rechnen. In diesem Falle ist die Freilassung von *Trichogramma* zu empfehlen. Obwohl aus Gründen der Sicherheit zwei Behandlungen mit *T. evanescens* im Abstand von 7 bis 10 Tagen durchgeführt werden, ist es möglich, auch mit einer einmaligen Freilassung dieses Nützlings eine ausreichende Wirkung gegen den Maiszünsler zu erzielen. Voraussetzungen hierfür sind der rechtzeitige Bekämpfungstermin sowie ein Schutz der Freilassungseinheiten vor Regen und räuberischen Insekten im Feld. Zu diesem Zweck wurde vom Institut für biologischen Pflanzenschutz in Darmstadt eine neue Freilassungstasche aus Karton entwickelt und erprobt, die sich mittlerweile auch in der Praxis etabliert hat.

Bei der Anwendung von breitwirksamen Insektiziden besteht die Gefahr, daß die natürlich vorhandenen Nützlinge so geschädigt werden, daß ein Neubefall durch Blattläuse sich ungehemmt ausbreiten kann. Es konnte beobachtet werden, daß in zwei benachbarten Maisfeldern in dem mit einem synthetischen Pyrethroid gespritzten Feld der Blattlausbefall zunächst zum Erliegen kam, während in dem mit *Trichogramma* behandelten Feld die Blattläuse sich nicht weiter vermehrten und nach vier Wochen total verschwunden waren. Zu diesem Zeitpunkt war auf dem mit Insektizid behandelten Feld erneut ein starker Blattlausbefall zu verzeichnen. Die Ursache hierfür war das Fehlen der Blattlausfeinde.

Bekämpfung des Apfelwicklers

STEIN (1960) sowie SCHÜTTE und FRANZ (1961) untersuchten Möglichkeiten zur biologischen Bekämpfung des Apfelwicklers *Cydia pomonella* mit Eiparasiten der Gattung *Trichogramma*. STEIN experimentierte in den Jahren 1958 und 1959 mit einem Stamm von *T. cacoeciae*, der im Labor auf Eiern der Getreidemotte *S. cerealella* aber auch auf Eiern der Wachsmotte *Galleria mellonella* vermehrt wurde. Im Feld wurden die Eiparasiten als Imagines ausgebracht. Dabei wurden Pappstücke mit parasitierten Eiern auf die Böden von Pappbechern gelegt. Auf der Innenwand wurde Honig zur Fütterung der ausgeschlüpften Parasiten in dünnen Strichen aufgetragen und der Becher verschlossen. In der Seitenwand befand sich ein mit einem Korkstopfen verschließbares Loch von 1 cm Durchmesser. Nach dem Schlüpfen der Trichogrammen wurde der Becher an den untersten Ast eines Apfelbaumes gebunden und der Korkstopfen entfernt, so daß die Parasiten dem

Licht zustrebend den Becher verlassen konnten. In jedem Becher befanden sich maximal 10.000 Parasiten. STEIN (1960) erwähnt eine briefliche Mitteilung von FLANDERS, derzufolge als Norm für die Freilassung von *Trichogramma* 60.000 Schlupfwespen für einen normalen Apfelhochstamm anzusehen sind. Durch Auszählung der gesamten Blattoberfläche eines solchen Baumes konnte die Anzahl von 800-900 Tieren pro m² Blattoberfläche ermittelt werden. Durch Abschätzung der Kronengröße der Versuchsbäume wurden *Trichogramma*-Zahlen je Baum zwischen 20.000 und 60.000 für die einzelnen Versuchsanlagen berechnet. In den Versuchen fanden zwei bis vier Freilassungen statt.

SCHÜTTE & FRANZ (1961) bezogen die Zahl der freizulassenden Eiparasiten pro Baum auf die Fläche des Stammquerschnittes. 1961 wurde folgende Dosierung als Norm gewählt: 40 Parasiten/cm² Stammquerschnitt. Die Freilassung der Nützlinge erfolgte in Kunststoffröhren von 10 cm Länge und 14 mm Durchmesser, deren offene Enden mit Drahtgaze von 0,8 mm Maschenweite verschlossen waren, um ein Eindringen von Räufern zu verhindern. Die beschriebenen Behälter wurden nicht nur mit *Trichogrammen* gefüllt, die kurz nach dem Aussetzen schlüpften, sondern auch mit solchen, die ihre larvale Entwicklung etwa zur Hälfte abgeschlossen hatten. Diese Tiere sollten im Freiland erst 14 Tage nach dem Aussetzen schlüpfen. Die Ausbringung der Behälter erfolgte einmal je Apfelwicklergeneration. Im Vergleich zu unbehandelten Kontrollbäumen konnte der Schaden bei der Sorte Kaiser Wilhelm um 55 %, bei anderen um 37 % signifikant reduziert werden.

SCHÜTTE & FRANZ (1961) verglichen die Wirkung dieses Verfahrens mit dem Aufspritzen von Parasiten im Puppenstadium über die gesamte Baumkrone. Mit dieser Methode sollte den *Trichogrammen* unnötig lange Wege vom Stamm bis zu den Apfelwicklereiern erspart werden. Es wurde ein Gerät entwickelt, um präimaginale Parasiten in Wirtseiern (Getreidemotte) auf die Vegetationsteile zu spritzen. In dieser "Dosierungstrommel" mit einem Querschnitt von 4,8 cm verlaufen 6 kleine Rohre durch einen inneren Hohlraum. An einem Ende stoßen die Rohre durch die Trommelwand nach außen, während sie an den anderen verschlossen sind; lediglich an einer Seite ist in der Drehrichtung ein 1,8 mm großes Loch eingestanz. Vor dem Einsatz des Gerätes wird der Behälter der Rückenspritze mit Wasser gefüllt, dem als Haftmittel 0,5 % Methylzellulose zugesetzt wurde. Durch eine in Höhe der Achse angebrachte, verschließbare Öffnung ist es möglich, die Trommel mit der benötigten Zahl parasitierter Getreidemotteneier zu füllen. Die Spritzungen erfolgten in den Versuchen mit etwa 7 Umdrehungen pro Minute. Zur Erfolgskontrolle wurde wie bei STEIN (1960) der Wicklerbefall an den Äpfeln ermittelt. Bei SCHÜTTE & FRANZ (1961) dienten zusätzlich Eikarten zur Feststellung der Parasitierung. Dabei wurden 2 x 2 cm große Stücke Sandpapier mit einem Kleister aus Methylzellulose bespritzt und anschließend mit Wirtseiern bestreut. Diese Eikarten wurden mit Nadeln an die Zweige der Bäume geheftet, jeweils 10 Karten an jeden behandelten und unbehandelten Baum. Alle 14 Tage wurden diese Eikarten ausgewechselt und im Laboratorium untersucht. Obwohl die aufgestreuten Eier in den Fugen der Sandkörnchen relativ geschützt lagen, haben Räuber einen großen Teil der Eier vernichtet. Für die Auswertung wurden daher nur solche Karten herangezogen, an denen noch mindestens 3 getrennt liegende, unversehrte Eier klebten. Die Wirksamkeit der *Trichogrammen* ergab sich aus dem Verhältnis der Anzahl Karten, an denen parasitierte Eier hafteten, zu der Zahl aller als brauchbar befundenen Karten. Anhand der Ei-

kartenauswertung ergaben sich bei den bespritzten Bäumen die höchsten Parasitierungswerte. Statistisch gesichert waren jedoch lediglich die Unterschiede zwischen behandelten und unbehandelten Bäumen. Da die Zahlen der kontrollierten Äpfel und die Prozentsätze des Apfelwicklerbefalls in den Versuchsanlagen sehr niedrig lagen, konnten diese nicht zur Feststellung der Wirkung herangezogen werden.

Beurteilung nach dem heutigen Kenntnisstand: 1. Die Untersuchungen von STEIN (1960) fanden mit einem zufällig vorhandenen Stamm von *T. cacoeceiae* statt. Es konnte daher keine Auswahl aufgrund von vorausgegangenen Leistungsprüfungen erfolgen.

2. Die Anzahlen der Freilassungen waren nicht ausreichend. Aus heutiger Sicht würde man mit dem Ende des natürlichen Fruchtfalles mit den Freilassungen in 14tägigen Abständen beginnen, um die gesamte Periode der Eiablage des Schädlings mit aktiven Trichogrammen abdecken zu können. Hierzu könnten 5 Freilassungen erforderlich sein. Die Anzahl von ca. 60.000 freigelassenen Trichogrammen pro Baum entspricht in etwa der heutigen Praxis.

3. Die Anlage von Praxisversuchen mit verwertbaren Ergebnissen bereitet auch heute noch große Schwierigkeiten. Erfahrungsgemäß führen Befallsprozente in der Kontrolle von <5% nur selten zu statistisch gesicherten Resultaten. Die Anzahl der untersuchten Früchte pro Versuchsglied sollte zwischen 3000 und 5000 liegen.

4. Für die kommerzielle praktische Anwendung ist es erforderlich, mit wenig Aufwand an Personal und Zeit Freilassungseinheiten zu produzieren, die leicht auszubringen sind.

5. Die Verwendung von Getreidemotteneiern auf Papierstücken oder Kärtchen zur Köderung von *Trichogramma* ist auch heute noch sehr problematisch. Ein Erfolg ist sehr abhängig von der Populationsdichte der Räuber sowie vom Vorhandensein ausreichender natürlicher Beute. Um totalen Fraß durch Prädatoren zu verhindern, sollte das Exponieren von Ködereiern die Dauer von 3 Tagen nicht überschreiten.

6. Das Verfahren zum Verspritzen von schlüpfbereiten Trichogrammen (SCHÜTTE & FRANZ 1961) in die Baumkrone bringt die Parasiten direkt in die Nähe ihrer natürlichen Wirte. Die Methode läßt sich jedoch für den kommerziellen Einsatz kaum realisieren.

Während 1989 *Trichogramma dendrolimi* zur Bekämpfung von Wicklern im Apfelanbau eingesetzt wurde, ist seit 1992 eine Kombination aus *T. dendrolimi* und *T. cacoeceiae* kommerziell erhältlich (HASSAN & ROST 1988, 1993, HASSAN et al. 1988a und b, ROST & HASSAN 1988). Die Nützlinge werden in Eiern der Getreidemotte vermehrt. Als Freilassungseinheiten dienen vorgestanzte Pappkärtchen mit einem Bügel zum Befestigen an Zweigen. Unterhalb des Bügels gibt es eine Fläche, von der ein Teil mit parasitierten Wirtseiern beklebt wird. Dieses Pappkärtchen wird zu einer Tasche gefaltet und verschlossen. Dabei entstehen Schlitze, aus denen die Parasiten herauschlüpfen können, während räuberische Insekten am Eindringen und Vertilgen der parasitierten Wirtseier gehindert werden. In jeder Freilassungseinheit sind Trichogrammen mehrerer Altersstadien vorhanden, insgesamt ca. 3000 Parasiten je Einheit. Das Vorhandensein verschiedener Altersstadien verlängert den Zeitraum, in dem geschlüpfte Trichogrammen auftreten. Mit Hilfe der Freilassungstaschen lassen sich die Nützlinge in den Apfelanlagen dosiert verteilen.

Die Freilassungen sind so zu regeln, daß ab der 1. Julidekade kontinuierlich aktive Schlupfwespen in der Apfelanlage vorhanden sind. Auf Behandlungen im Juni kann bei gutem Behang unter Umständen verzichtet werden, da die befallenen Früchte zu dieser Zeit zur Fruchtausdünnung (Junifall) beitragen. Dieses biologische Verfahren zur Bekämpfung von schädlichen Wicklerarten mit *Trichogramma* ist besonders für Apfelanbauer geeignet, die keine chemischen Insektizide verwenden wollen oder dürfen. Diese Zielgruppe sind in der Regel umweltbewußte Kleinanbauer oder Obstselbstversorger sowie der biologisch-dynamische Anbau.

Tabelle 3. Verteilung von *Trichogramma* an Apfelbäumen

| Baumform | Abstände | Standfläche | Anzahl Freilassungseinheiten |
|--|-------------|-------------|------------------------------|
| Rundkrone (Busch, Meter- oder Halbstamm) | 6 m x 6 m | 36 qm | 3 je Baum |
| Hecken oder Dreiastrkronen | 4 m x 2,5 m | 10 qm | 1 je Baum |
| Pillar | 4 m x 1,5 m | 6 qm | 1 je dritter Baum |

Um die Qualität der in Massen gezüchteten Eiparasiten zu erhalten, ist es erforderlich, diesen Passagen durch natürliche Wirte (Zielorganismen) zu ermöglichen. Die Eier der natürlichen Wirte sind zu diesem Zweck im Gewächshaus an geeigneten Pflanzen, wie Apfelwildlingen und Topfreben, zu deponieren. Diese Maßnahme fördert das Suchverhalten der Nützlinge. Nach derartigen Passagen der *Trichogrammen* erfolgt die Weiterzucht auf dem Ersatzwirt Getreidemotte.

Das Darmstädter Institut für biologischen Pflanzenschutz hat in Schaafheim und Otzberg (Kreis Darmstadt-Dieburg) Untersuchungen zur Optimierung des Einsatzes von *Trichogramma* bei der Bekämpfung des Apfelwicklers und des Apfelschalwicklers durchgeführt. Dabei gelangten folgende *Trichogramma*-Arten bzw. -stämme zum Einsatz:

- T. dendrolimi* Stamm 22, arrhenotok, kommerziell in Massen produziert 1989 und 1990.
- T. dendrolimi* Stamm 26, Herkunft: Ortenberg (Ortenaukreis) 1990, auf Ködereiern der Getreidemotte in einer Apfelanlage gefunden, arrhenotok, kommerziell in Massen produziert seit 1991.
- T. embryophagum* Stamm 42, Herkunft: Neustadt /Weinstraße 1983, aus Eiern des Einbindigen Traubenwicklers, thelitok.
- T. cacoeciae* Stamm 39, Herkunft: Ortenberg (Ortenaukreis) 1990, auf Ködereiern der Getreidemotte in einer Zwetschenanlage gefunden, thelitok, kommerziell in Massen produziert seit 1992.

Bei den Versuchen mit diesen Stämmen gab es in Schaafheim 1991 und 1992 jeweils drei Varianten: *T. dendrolimi* (Stamm 26) allein, *T. cacoecciae* (39) allein sowie die Kombination beider Stämme im Verhältnis 1 : 1, während 1990 dort *T. dendrolimi* (22) allein mit der Kombination von *T. dendrolimi* (22) und *T. embryophagum* (42) im Verhältnis 1 : 1 verglichen wurde. In Otzberg wurden nur 1992 Versuche durchgeführt mit der Kombination von *T. dendrolimi* (26) und *T. cacoecciae* (39) im Verhältnis 1 : 1. Bei allen Varianten gab es je Freilassungseinheit ca. 3000 Parasiten. Die bewährte Dosierung von 1 Einheit an jedem dritten Pillarbaum bzw. 3 Einheiten je Rundkrone blieb unverändert. Zu jedem Versuch und jeder Apfelsorte gehörte eine unbehandelte Kontrollparzelle.

Anzahl der Behandlungen und Freilassungstermine:

in Schaafheim 1990: 19.6./4.7./18.7./3.8./16.8./5.9., 1991: 27.6./9.7./23.7./8.8./22.8., 1992: 9.6./29.6./15.7./29.7./12.8./26.8., 1994: 16.6./4.7./20.7./8.8.,
in Otzberg 1992: 15.6./1.7./13.7./29.7./12.8./26.8.

Die Bonitierung der Versuche erfolgte während der Apfelernte. In jeder Parzelle wurden 4 Bäume total abgeerntet, die Gesamtzahl der Äpfel sowie die Anteile der Früchte mit Apfelwickler- bzw. Apfelschalwicklerbefall festgestellt. 1990 wurden jeweils 1000 Früchte im Zentrum der Parzellen der Parzellen bonitiert.

Tabelle 4: Wirkung von *Trichogramma* gegen den Apfelwickler und den Apfelschalwickler

| Jahr | <i>Trichogramma</i> Stamm | unter- suchte Früchte | <i>Apfelwickler</i> | | <i>Apfelschalwickler</i> | |
|--|------------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
| | | | Befall in % | Wirkungs- grad | Befall in % | Wirkungs- grad |
| Versuchsort: Schaafheim, Pillarpflanzung | | | | | | |
| 1990 | 22 | 1000 | 18,1 | 42,0% | 3,9 | 23,5% |
| Jonagold | 22+42 | 1000 | 14,7 | 52,9% | 3,1 | 39,2% |
| | ub | 1000 | 31,2 | | 5,1 | |
| 1990 | 22 | 1000 | 3,5 | 78,0% | 1,2 | 70,7% |
| James Grie | 22+42 | 1000 | 2,5 | 84,3% | 0,6 | 85,4% |
| | ub | 800 | 15,9 | | 4,1 | |
| 1990 | 22 | 1000 | 2,7 | 66,7% | 0,9 | 25,0% |
| Idared | 22+42 | 1000 | 2,1 | 74,1% | 1,0 | 16,7% |
| | ub | 1000 | 8,1 | | 1,2 | |
| 1991 | 26 | 2295 | 2,88 | 41,2% | 1,87 | 16,5% |
| Idared | 26+39 | 2744 | 1,64 | 66,5% | 1,2 | 46,4% |
| | 39 | 1472 | 3,80 | 22,4% | 1,43 | 36,2% |
| | ub | 1429 | 4,90 | | 2,24 | |

| | | | | | | |
|----------------------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| 1992 | 26 | 1256 | 9,71 | 55,9% | 2,87 | 61,8% |
| Idared | 26+39 | 1226 | 7,59 | 65,5% | 2,45 | 67,4% |
| | 39 | 1078 | 9,28 | 57,8% | 2,88 | 61,7% |
| | ub | 1318 | 22,00 | | 7,51 | |
| 1992 | 26 | 929 | 8,83 | 65,3% | 6,03 | 56,7% |
| Jonagold | 26+39 | 1003 | 7,58 | 70,2% | 4,69 | 66,4% |
| | 39 | 1093 | 8,60 | 66,2% | 5,40 | 61,3% |
| | ub | 1370 | 25,47 | | 13,04 | |
| 1992 | 26 | 581 | 3,44 | 83,6% | 2,58 | 71,0% |
| Oldenburg | 26+39 | 624 | 3,21 | 84,7% | 2,40 | 73,1% |
| | 39 | 708 | 5,23 | 75,1% | 3,39 | 62,0% |
| | ub | 853 | 20,98 | | 8,91 | |
| 1992 | 26 | 496 | 7,06 | 78,1% | 3,23 | 70,4% |
| Jamba | 26+39 | 397 | 4,79 | 83,5% | 2,27 | 79,2% |
| | 39 | 396 | 8,33 | 71,3% | 4,29 | 60,6% |
| | ub | 376 | 28,99 | | 10,90 | |
| 1994 | 39 | 531 | 3,20 | 53,5% | 0,75 | 82,0% |
| Jamba | 39+26 | 462 | 2,16 | 68,5% | 4,11 | 1,7% |
| | ub | 741 | 6,88 | | 4,18 | |
| 1994 | 39 | 1299 | 6,31 | 50,8% | 1,15 | -- |
| Idared | 39+26 | 1422 | 9,77 | 23,8% | 1,20 | -- |
| | ub | 1014 | 12,82 | | 1,18 | |
| 1995 | 39 | | 9,90 | 78,6% | 0,91 | 65,9% |
| | 39+26 | | 10,2 | 77,9% | 0,98 | 63,1% |
| | ub | | 46,1 | | 2,66 | |
| Versuchsort: Otzberg, Rundkronen | | | | | | |
| 1992 | 26+39 | 1643 | 13,88 | 58,4% | 3,77 | 70,1% |
| Roter Boskoop | ub | 921 | 33,33 | | 12,60 | |
| 1992 | 26+39 | 2440 | 8,93 | 73,0% | 3,57 | 67,8% |
| Golden Deli. | Ub | 433 | 33,03 | | 11,09 | |

Die mehrjährigen Untersuchungen haben gezeigt, daß die Freilassung einer Kombination der beiden *Trichogramma*-Arten *T. dendrolimi* und *T. cacoeciae* im Verhältnis von 1 : 1 eine bessere Wirkung erzielte, als jede der beiden Arten für sich allein. Die erstgenannte Art hat eine hohe Parasitierungsleistung, eine kurze Entwicklungsdauer, eine bessere Verteilung im oberen Bereich des Baumes und eine gute Wirkung gegen den Apfelwickler und den Apfelschalenwickler. *T. cacoeciae* hingegen hat eine geringere Parasitierungsleistung, eine längere Lebensdauer, bessere Verteilung im unteren und mittleren Bereich des Baumes, jedoch eine geringere Wirkung gegen den Apfelschalenwickler.

Bekämpfung des Pflaumenwicklers

Der Pflaumenwickler *Cydia funebrana* (Treitschke) ist ein in ganz Europa verbreiteter Schädling von Zwetschen, Pflaumen, Mirabellen und Renekloden; Pfirsiche und Aprikosen werden gelegentlich befallen. Das Institut für biologischen Pflanzenschutz in Darmstadt führte mehrjährige Versuche zur Bekämpfung des Pflaumenwicklers mit Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* durch (ROST & HASSAN 1994). Die Untersuchungen fanden unter praktischen Bedingungen in mehreren kommerziell betriebenen Zwetschenanlagen in der Ortenau statt. Hier wurden drei *Trichogramma*-Arten miteinander verglichen: *T. dendrolimi*, *T. embryophagum* und *T. cacoeciae*. *T. dendrolimi* zeigte eine geringe Wirkung, während die beiden anderen getesteten Arten den Befall um mehr als 80% reduzierten. Mit einem weiteren, in der Ortenau an Zwetschenbäumen gefundenen Stamm von *T. cacoeciae* wurden kontinuierlich hohe Wirkungsgrade erzielt. Dieser Stamm ist derzeit bei einem kommerziellen Nützlingsproduzenten verfügbar.

Bei der Anwendung von chemischen Insektiziden müssen die jungen Räumchen in der kurzen Zeitspanne zwischen Schlüpfen und Einbohren durch Kontakt oder Fraß genügende Mengen des Präparates aufgenommen haben, um daran zu verenden. Zwetschen- und Pflaumenbäume sind aber auch wichtige Wirtspflanzen der Obstbaumspinnmilbe. Beim Einsatz von Insektiziden werden die Gegenspieler des zuletzt genannten Schädlings, vor allem die Raubmilben, stark reduziert oder gar völlig eliminiert. Es kommt dann zwangsläufig zu Übervermehrungen und erheblichen wirtschaftlichen Schäden durch die Obstbaumspinnmilbe, die bei Schonung der wichtigen natürlichen Feinde nicht entstehen würden. Als Folge von Spinnmilbenübervermehrungen müßten dann Spritzungen von Akariziden erfolgen. Irgendwann treten dann resistente Spinnmilben auf, die sich mit Pflanzenschutzmitteln nicht mehr unter Kontrolle bringen lassen. Um in diesen Teufelskreis nicht erst hinein zu geraten, haben zahlreiche Obstanbauer erkannt, daß die Schonung der wichtigen Gegenspieler der Obstbaumspinnmilbe vorrangig vor allen anderen Pflanzenschutzmaßnahmen anzusehen ist. Hier bietet sich die biologische Methode zur Bekämpfung des Pflaumenwicklers mit Eiparasiten an.

Da erst die Raupen der zweiten Generation des Pflaumenwicklers die bei der Ernte sichtbaren Schäden verursachen, und diese Generation in den Monaten Juli und August in Erscheinung tritt, muß mit den Freilassungen der Schlupfwespen auch erst Ende Juni/Anfang Juli begonnen werden. Danach erfolgen, je nach dem ungefähren Erntetermin, eine oder zwei weitere Freilassungen in Abständen von zwei bis drei Wochen. Bei Frühsorten in weniger gefährdeten Lagen kann im allgemeinen auf Bekämpfungsmaßnahmen verzichtet werden. Für Frühsorten in Befallslagen werden zwei, für mittelspäten Sorten hingegen drei Ausbringungen von Eiparasiten empfohlen.

Die Schlupfwespen werden, wie im Apfelanbau, in Form von parasitierten Eiern der Getreidemotte in Kartontaschen angeboten, die ungeöffnet an den Bäumen zu befestigen sind. Jede Tasche enthält etwa 3000 Nützlinge in verschiedenen Altersstadien. Aus den Ritzen dieser geschlossenen Kartontaschen können die winzigen Nützlinge ungehindert nach außen gelangen. Diese Tasche schützt die zarten Tierchen vor Regen und vor allem vor räuberischen Insekten. Der Ausschluß der Eiparasiten aus diesen Taschen beginnt bald nach dem Ausbringen und hält etwa 10 Tage lang an. Deshalb

sollten diese Freilassungseinheiten an den Bäumen verbleiben. Für Halbstämme im vollen Ertrag werden, je nach Größe des Baumes, 2 bis 3 dieser Freilassungseinheiten benötigt. Bei jüngeren Bäumen genügen 1 bis 2 Kartontaschen pro Baum.

Tabelle 5: Ergebnisse der Freilassungen von Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* zur Bekämpfung des Pflaumenwicklers, Ortenberg (Ortenaukreis) 1989-1992

| Jahr | <i>Trichogramma</i> -Art | (Stamm) | unter- suchte Früchte | Befall in % | Wirkungs- grad |
|---------------------------|--------------------------|---------|-----------------------------|----------------|-------------------|
| <u>Sorte "Ortenauer"</u> | | | | | |
| 1989 | <i>T.dendrolimi</i> | (22) | 9 239 | 5,80 | 36,4% |
| | <i>T.embryophagum</i> | (42) | 5 815 | 3,87 | 57,6% |
| | <i>T.cacoeciae</i> | (48) | 6 380 | 4,70 | 48,5% |
| | ub Kontrolle | | 6 751 | 9,12 | |
| 1990 | <i>T.embryophagum</i> | (42) | 9 712 | 4,06 | 66,4% |
| | <i>T.embryophagum</i> | (41) | 6 846 | 3,25 | 73,1% |
| | ub Kontrolle | | 7 904 | 12,09 | |
| 1990 | <i>T.embryophagum</i> | (42) | 4 668 | 4,16 | 57,6% |
| | <i>T.embryophagum</i> | (41) | 2 453 | 3,95 | 59,7% |
| | ub Kontrolle | | 1 785 | 9,80 | |
| 1991 | <i>T.embryophagum</i> | (41) | 6 618 | 6,42 | 61,8% |
| | <i>T.cacoeciae</i> | (39) | 3 496 | 3,32 | 80,2% |
| | ub Kontrolle | | 3 302 | 16,51 | |
| <u>Sorte "Ersinger"</u> | | | | | |
| 1991 | <i>T.embryophagum</i> | (41) | 2 055 | 0,54 | 86,9% |
| | <i>T.cacoeciae</i> | (39) | 2 465 | 1,05 | 74,6% |
| | ub Kontrolle | | 703 | 4,13 | |
| 1992 | <i>T.embryophagum</i> | (41) | 4 344 | 0,99 | 75,3% |
| | <i>T.cacoeciae</i> | (39) | 4 981 | 1,33 | 66,8% |
| | ub Kontrolle | | 3 413 | 4,01 | |
| <u>Sorte "Fellenberg"</u> | | | | | |
| 1992 | <i>T.embryophagum</i> | (41) | 3 689 | 0,27 | 92,5% |
| | <i>T.cacoeciae</i> | (39) | 4 086 | 0,20 | 94,4% |
| | ub Kontrolle | | 3 489 | 3,58 | |

Die Anwendung der Schlupfwespe *T.cacoeciae* schont die natürlichen Feinde der Obstbaumspinnmilbe und anderer Schädlinge an Zwetschen- und Pflaumenbäumen. Das Verfahren läßt sich einfach von Hand durchführen und ist absolut umweltfreundlich. Es ist daher besonders für den biologischen Anbau geeignet.

Bekämpfung des Traubenwicklers

Über die Verwendungsmöglichkeit von *T. evanescens* zur Bekämpfung von Traubenwicklerarten referierte STELLWAAG (1929) im Rahmen einer Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie. Für einen Feldversuch in Neustadt an der Haardt wurde *T. evanescens* aus einer Laborzucht von Professor Dr. Hase, Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem, verwendet. Als Ersatzwirt in der Laborzucht diente die Mehlmotte *E. kuehniella*. Am 5. Mai wurden etwa 1,5 Millionen parasitierte Eier von Berlin nach Neustadt gebracht und in der Zeit vom 10. bis 20. Mai 1928 im Weinberg freigelassen. Während dieser Zeitspanne wurde in Fanggläsern ein Höhepunkt des Traubenwicklerfluges der Heuwurmgeneration festgestellt. Es wurde beobachtet, daß die im Mai freigelassenen Trichogrammen schlüpften und lebensfähig waren. Es war beabsichtigt, mit einer einzigen Freilassung eine wirksame Bekämpfung sowohl der Heuwurm- als auch der Sauerwurmgeneration zu erreichen. Parasitierte Mehlmotteneier wurden in kleinen Näpfchen aus Kork, die mit einem Deckel aus Papier als Schutz gegen Regen versehen waren, ausgebracht. Diese Näpfchen wurden in Abständen von 10 bis 20 cm an den Rebstöcken festgebunden. Es liegen keine Angaben über die Dosierung vor. Von Anfang Juni bis 8. Juli flogen keine Falter. Die Traubenwickler der Sauerwurmgeneration waren vom 9. bis 25. Juli aktiv. Deren Eiablage erfolgte zwischen dem 12. und 20. Juli. Nach STELLWAAG war das Ergebnis dieses Versuches ein Mißerfolg, weil eine sehr starke zweite Generation des Schädlings zu verzeichnen war. Der Autor führt die Unwirksamkeit auf folgende Umstände zurück: 1. Die ungünstige Witterung im Mai verzögerte die Eiablage der Parasiten. 2. Die Eier der Traubenwickler werden einzeln und verborgen abgelegt, und die Parasiten benötigen zu viel Zeit mit dem Aufsuchen der Wirte. 3. Andere Wirte im Weinberg fehlten. Von Mitte Juni bis Mitte Juli standen keine Wirtseier zur Verfügung.

Beurteilung nach dem heutigen Kenntnisstand: 1. Mit *T. evanescens* stand ein zufällig vorhandener Stamm zur Verfügung. Es war keine Auswahl nach vorausgegangenen Leistungsprüfungen erfolgt. 2. Eine einzige Freilassung zu Beginn der Eiablage der ersten Generation des Schädlings ist völlig unzureichend, um damit auch noch eine Wirkung auf die Eier der zweiten Generation zu erzielen. Da in Rebanlagen außer den Traubenwicklern keine weiteren Lepidopteren in nennenswerter Zahl angetroffen werden, standen den im Mai freigelassenen Parasiten wochenlang keine geeigneten Wirte zur Verfügung. 3. Über die Art der Erfolgskontrolle hat STELLWAAG nicht berichtet. Es liegt nahe, daß keine unbehandelte Parzelle zum Vergleich des Larvenbefalls zur Verfügung stand, und daß als Kriterium ein starker Sauerwurmbefall diente. Über erfolgreichen Einsatz von *Trichogramma* gegen Traubenwickler berichteten KAST und HASSAN (1986) sowie CASTANEDA SAMAYOA (1990).

KAST und HASSAN (1986) erprobten in Rebanlagen der Staatlichen Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau in Weinsberg Möglichkeiten der Anwendung von *Trichogramma* zur Bekämpfung der Sauerwurmgeneration des Einbindigen Traubenwicklers *Eupoecilia ambiguella* Hbn.. Hierbei gelangten der *T. embryophagum* Stamm 42 und der *T. dendrolimi* Stamm 22 zum Einsatz. Jede Parzelle bestand aus 8 Rebzeilen (bei einer Gassenbreite von 1,80 m) in einer Länge von 18 m. In jeder Rebzeile waren 2 Freilassungsstellen in Abständen von 9 m; das entspricht 550 Freilassungsstellen pro ha. Als Freilassungseinheiten dienten Saransäckchen zum Schutz vor Prädatoren und Regen. In jeder Einheit befanden sich ca. 3000 parasitierte *Sitotroga*-Eier in drei verschiedenen Altersgruppen. Insgesamt fanden drei Behandlungen statt (21.6., 8.7. und 25.7.1985), wobei auf die erste Freilassung hätte verzichtet werden können. In jeder Parzelle wurden 300 zufällig ausgewählte Trauben auf Befall untersucht. Die Anwendung von *T.embryophagum* führte zu Wirkungsgraden von durchschnittlich 68 %, während *T. dendrolimi* keine signifikante Verminderung des Traubenwicklerbefalls bewirkte.

Während der Jahre 1986 bis 1989 wurden Ringversuche mit drei verschiedenen *Trichogramma*-Arten in der zuvor genannten Versuchsanstalt in Weinsberg, im Institut für Biologie, Fachrichtung Phytomedizin der Forschungsanstalt in Geisenheim sowie in der Landes- Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Weinbau und Gartenbau in Neustadt (Weinstraße) durchgeführt. Bei diesen Untersuchungen wurde ausschließlich die Sauerwurmgeneration bekämpft. Ab Beginn des Falterfluges der zweiten Generation fanden zwei bis drei Freilassungen in Abständen von 2 Wochen statt. Dabei wurden *T. embryophagum*, *T. cacoeciae* und *T. dendrolimi* erprobt (CASTANEDA SAMAYOA 1990). Das Institut für biologischen Pflanzenschutz in Darmstadt koordinierte die Versuche und lieferte die in Massen gezüchteten Parasiten für die Ausbringungen in den Versuchsanlagen. Jede Freilassungseinheit beinhaltete ca. 3000 Parasiten in drei verschiedenen Altersgruppen. Diese Freilassungseinheiten dienten mehreren Zwecken: (1) der Dosierung der Nützlinge, (2) dem Schutz vor räuberischen Insekten und (3) dem Schutz vor Regen und sonstigen Witterungseinflüssen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in der folgenden Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Ergebnisse der Freilassungen von *Trichogramma* zur Bekämpfung der Traubenwickler-Arten *Eupoecilia ambiguella* und *Lobesia botrana*. Ringversuche von 1985 bis 1990

| Jahr | Ort (Lage) | <i>Trichogramma</i> -Art | Traubenwickler | |
|------|---------------------------|-----------------------------|----------------|--------|
| | | | % Befall | WG |
| 1986 | Geisenheim (Dachsberg) | <i>cacoeciae</i> | 3,67 | 83,3 % |
| | | ub | 22,00 | |
| 1987 | Geisenheim (Dachsberg) | | 2,67 | 79,8 % |
| | | ub | 13,20 | |
| 1987 | Geisenheim (Fuchsberg) | | 25,34 | 22,5 % |
| | | ub | 32,70 | |
| 1987 | Weinsberg | | 3,49 | 72,7 % |
| | | ub | 12,80 | |

| | | | | |
|------|---------------------------|----|-------|---------|
| 1987 | Neustadt | | 3,00 | 65,1 % |
| | | ub | 8,60 | |
| 1988 | Weinsberg | | 3,98 | 51,5 % |
| | | ub | 8,20 | |
| 1989 | Geisenheim (Dachsberg) | | 8,32 | 58,0 % |
| | | ub | 19,80 | |
| 1989 | Geisenheim (Fuchsberg) | | 28,50 | 52,9 % |
| | | ub | 60,50 | |
| 1992 | Geisenheim (Fuchsberg) | | 22,00 | 69,20 % |
| | | ub | 71,30 | |

| | | | | |
|------|-----------|---------------------|-------|--------|
| 1985 | Weinsberg | <i>embryophagum</i> | 13,60 | 68,3 % |
| | | ub | 42,90 | |

| | | | | |
|------|---------------------------|----|-------|--------|
| 1986 | Geisenheim (Dachsberg) | | 6,34 | 71,2 % |
| | | ub | 22,00 | |
| 1987 | Geisenheim (Dachsberg) | | 4,01 | 69,6 % |
| | | ub | 13,20 | |
| 1987 | Geisenheim (Fuchsberg) | | 22,86 | 30,1 % |
| | | ub | 32,70 | |
| 1987 | Weinsberg | | 6,90 | 46,1 % |
| | | ub | 12,80 | |
| 1987 | Neustadt | | 6,67 | 22,4 % |
| | | ub | 8,60 | |
| 1988 | Geisenheim (Dachsberg) | | 21,31 | 33,0 % |
| | | ub | 31,80 | |
| 1988 | Geisenheim (Fuchsberg) | | 25,87 | 26,5 % |
| | | ub | 35,20 | |

| | | | | |
|------|---------------------------|-------------------|-------|--------|
| 1985 | Weinsberg | <i>dendrolimi</i> | 35,99 | 16,1 % |
| | | ub | 42,90 | |
| 1987 | Weinsberg | | 5,58 | 56,4 % |
| | | ub | 12,80 | |
| 1988 | Weinsberg | | 5,59 | 31,8 % |
| | | ub | 8,20 | |
| 1988 | Geisenheim (Dachsberg) | | 14,66 | 53,9 % |
| | | ub | 31,80 | |
| 1988 | Geisenheim (Fuchsberg) | | 19,50 | 44,6 % |
| | | ub | 35,20 | |
| 1989 | Geisenheim (Dachsberg) | | 10,32 | 47,9 % |
| | | ub | 19,80 | |
| 1989 | Geisenheim (Fuchsberg) | | 34,48 | 43,0 % |
| | | ub | 60,50 | |

Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß der eingesetzte Stamm von *T. cacaoeciae* im Vergleich zu *T. embryophagum* und *T. dendrolimi* am wirksamsten war. Bei den thelytoken Stämmen von *T. cacaoeciae* und *T. embryophagum* läßt sich nach den relativ hohen Wirkungsgraden von 1985 bis

1987 ein deutlicher Leistungsabfall erkennen. Eine mögliche Ursache hierfür wäre, daß diese Stämme 1984 im Freiland geködert und danach im Labor ausschließlich auf *Sitotroga*-Eiern vermehrt wurden. Aus der Tabelle geht auch hervor, daß *T.dendrolimi* für die Bekämpfung von Traubenwicklern nicht geeignet zu sein scheint. Das zeigten auch Untersuchungen von CASTANEDA SAMAYOA (1990). Zu einem interessanten Ergebnis gelangten WÜHRER et al. (in Vorbereitung) bei Feldversuchen zur biologischen Bekämpfung beider Traubenwicklergenerationen. In laufenden Untersuchungen zum Einsatz von *T. cacoeciae* gegen Traubenwickler wurden verschiedene Bekämpfungsstrategien miteinander verglichen. Zum einen wurde nur die zweite Generation des Schädlings bekämpft, zum anderen sowohl die erste als auch die zweite Generation. Außerdem wurden die Ausbringungsabstände innerhalb der Rebzeilen variiert. Eine Bekämpfung der ersten und der zweiten Traubenwicklergeneration mit *Trichogramma*-Kärtchen (jeweils 3000 parasitierte *Sitotroga*-Eier) führte bei einem Ausbringungsabstand von ca. 5 Metern in einer biologisch bewirtschafteten Anlage bei Martinthal zu Wirkungsgraden bis zu 83,3%. Er verglich Freilassungen von *T.cacoeciae* in verschiedenen Parzellen und stellte fest, daß mit je einer Freilassung zu Beginn einer der beiden Generationen ein höherer Wirkungsgrad erzielt werden konnte als mit zwei Freilassungen gegen die zweite Generation. Das könnte seine Ursache darin haben, daß die aus Traubenwicklereiern schlüpfende Population der *Trichogrammen* dann zur Parasitierung von Eiern der zweiten Generation zusätzlich zur Verfügung stand.

Einsatz gegen die Forleule

WELLENSTEIN (1934) informierte über Möglichkeiten zur Bekämpfung von Schäden durch die Forleule mit *Trichogramma*. Im Rahmen eines Programmes zur Bekämpfung der Forleule des Zoologischen Instituts der Forstlichen Hochschule zu Hannoversch Münden wurden 1934 in der damaligen Preußischen Staatsoberförsterei Pütt (Regierungsbezirk Stettin) erstmals Versuche zur Bekämpfung dieses wichtigen Forstschädlings durch Freilassungen von Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* durchgeführt. Der Entwicklungsverlauf der Forleule wurde durch periodische Kronenuntersuchungen beobachtet, um den richtigen Zeitpunkt für die Freisetzung von in Massen gezüchteten Eiparasiten feststellen zu können. Herr Professor Dr. Hase von der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem stellte für die Durchführung dieser Untersuchungen etwa 8 Millionen Schlupfwespen der aus Amerika stammenden Art *T. minutum* zur Verfügung, die im Labor auf Eiern der Mehlmotte gezüchtet wurden. Im nachhinein sieht der Autor in der Verwendung dieser Art einen grundlegenden Fehler, dem er in erster Linie den Mißerfolg dieser Versuche zuschreibt. Einige Spezialisten waren der Meinung, daß die verwendete Art *T. minutum* mit der in Deutschland heimischen Art *T. evanescens* identisch wäre.

Mit *Trichogramma*-Puppen besetzte Mehlmotteneier wurden auf mit Schellack bestrichenes Kartonpapier gestreut. Aus diesem Kartonpapier wurden dann runde Eikärtchen mit einem Durchmesser von 2,5 cm herausgestanzt, die jeweils etwa 3000 Parasiten enthielten. WELLENSTEIN hält diese Eikartenmethode für Großversuche nicht geeignet. Es wurden Eikarten sowohl am Stamm befestigt, als auch in sogenannten Infektionskörbchen im Kronenbereich befestigt. Der Schlüpfver-

lauf der Trichogrammen wurde an zahlreichen Eikarten, die teils in Zuchtröhren steckten, teils frei aufgehängt waren, durch periodische Beobachtungen ermittelt. Die Wespen einer Eikarte schlüpfen schlagartig, so daß der Schlupf in wenigen Tagen beendet war. Der Erfolg der biologischen Bekämpfung wurde durch laufende Probestammfällungen ermittelt. Das Eimaterial von 73 Stämmen aus dem Infektionsgebiet sowie 72 Stämmen aus dem nicht behandelten Areal wurde während eines Zeitraums von vier bis sechs Wochen zweimal auf Parasitierung untersucht.

In den Beständen ohne *Trichogramma*-Freilassung wurde eine natürliche Parasitierung der Forleuleneier von 0,75 % festgestellt. Ein Vergleich mit den Freilassungsflächen war wegen großer örtlicher Schwankungen nicht möglich. Die natürliche Parasitierung der Schädlingeier erfolgte in erster Linie durch *Telenomus phalaenarum* und weniger durch *T. evanescens*. Die freigelassenen Parasiten der amerikanischen Art *T. minutum* bewirkten eine Parasitierungsrate von 0,25 %.

Bekämpfung des Erbsenwicklers

1987 und 1988 führten HASSAN und ROST (unveröffentlicht) in Rütschdorf im Kreis Buchen (Odenwald) Feldversuche zur Bekämpfung des Erbsenwicklers *Cydia nigricana* (Steph.) mit verschiedenen *Trichogramma*-Arten durch. Als Versuchsflächen dienten Felder mit Futtererbsen, die im Trockenzustand geerntet wurden und als Ersatz für teure Sojabohnen-Importe Verwendung fanden. In Parzellen von 35 x 21 m wurden 1987 folgende *Trichogramma*-Stämme getestet: *T. dendrolimi* (Stamm 22), *T. cacoeciae* (Stamm 48) und *T. embryophagum* (Stamm 42). Freilassungen erfolgten am 22.6., 7.7. und 29.7.1987, wobei in Abständen von 7 m längs und quer zu den Saatreihen je eine Freilassungseinheit mit ca. 2000 Eiparasiten in drei verschiedenen Entwicklungsaltern ausgelegt wurden. Kurz vor der Ernte fand am 11.8.1987 die Bonitierung des Feldversuches statt. In jeder Parzelle wurde eine Fläche von 5 m² total abgeerntet. Im Labor wurden dann die Gesamtzahl der untersuchten Schoten, der Anteil vom Erbsenwickler befallener Schoten sowie der prozentuale Befall festgestellt und die einzelnen Versuchspartellen mit der unbehandelten Kontrollparzelle verglichen. Die unbehandelte Parzelle war mehr als 70 m von den Freilassungspartellen entfernt.

Die Freilassungen haben im Versuch 1987 zu spät begonnen (bei voller Blüte). Die Ergebnisse lassen dennoch erkennen, daß mit *T. dendrolimi* und *T. cacoeciae* Verminderungen des Erbsenwicklerbefalls erzielt werden können. Im Versuch 1988 wurde nur noch der beste der drei *Trichogramma*-Stämme aus dem Vorjahresversuch eingesetzt. Die Freilassungen erfolgten mit beginnender Blüte am 15.6., am 7.7. und 27.7.1988. *T. dendrolimi* wurde in zwei verschiedenen Auslegungsdichten getestet, und zwar 7 x 7 m sowie 14 x 14 m längs und quer zu den Saatreihen. Die Bonitierung fand nach dem gleichen Modus des Vorjahres statt. Das zu untersuchende Material wurde im Feld am 11.8.1988 entnommen.

Tabelle 7: Freilassung von *Trichogramma*-Arten zur Bekämpfung des Erbsenwicklers

| Parzelle | Anzahl Schoten insgesamt | Anzahl Schoten befallen | % Befall | Wirkungs- grad |
|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------|-------------------|
| 1987 | | | | |
| ub Kontrolle | 2 339 | 177 | 7,57 | |
| <i>T. dendrolimi</i> | 2 410 | 97 | 4,33 | 42,8 % |
| <i>T. cacoeciae</i> | 2 240 | 101 | 4,51 | 40,4 % |
| <i>T. embryophagum</i> | 2 657 | 204 | 7,68 | 0 % |
| 1988: | | | | |
| ub Kontrolle | 1 821 | 219 | 12,03 | |
| <i>T. dendrolimi</i> | | | | |
| 14 x 14 m | 2 374 | 172 | 7,25 | 39,7 % |
| 7 x 7 m | 1 788 | 70 | 3,91 | 67,5 % |

Der Freilassungsbeginn am 15.6.1988 zu Blütenbeginn führte bei den vergleichbaren Parzellen *T. dendrolimi* 7 x 7 m zu einem besseren Ergebnis als im Vorjahr, wo die erste Freilassung während der Vollblüte erfolgte. Der Wirkungsgrad von 67,5 % für die Freilassungsabstände 7 x 7 m ist deutlich besser als 39,7 % bei Abständen von 14 x 14 m. Da im Trockenerbsenanbau wegen fehlender Fahrgassen keine Insektizide angewandt werden, ist dieses Ergebnis interessant.

Bekämpfung des Getreidewicklers und des Ährenwicklers

Seit 1977 wurden in Südwestdeutschland Schäden an Getreide festgestellt, die von den Raupen zweier Kleinschmetterlinge verursacht werden. Es handelt sich hier um den Getreidewickler *Cnephasia pumicana* (Z.) und den Ährenwickler *C. longana* (Haw.). Beide Wickler sind sich in ihrer Entwicklungsweise sehr ähnlich. Die unscheinbaren gräulichen Falter haben eine Flügelspanne von 15 bis 20 mm. Beide haben im Jahr nur eine Generation. Der Falterflug dauert etwa einen Monat und liegt, je nach Witterung, zwischen Mitte Juni und Anfang August. Die Eier werden an den Stämmen und Ästen verschiedener Bäume und Sträucher abgelegt. Hier können sie von Eiparasiten erfaßt werden.

GLAS und HASSAN (1985) berichten über Versuche zur Bekämpfung dieser Wickler mit *T. evanescens* an Solitärgehölzen in Dirmstein (Pfalz). Sechs große Walnußbäume auf einem Areal von 50 ha Getreide ergaben eine Einzugsfläche von 8,3 ha für einen Baum. Mit einer einmaligen

Ausbringung von 900 000 Trichogrammen pro Baum in Säckchen aus Sarangewebe (zum Schutz vor Prädatoren und Regen) konnte 1983 eine Wirkung von 68,3 bzw. 70,8 % erzielt werden. Diese Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß eine biologische Bekämpfung der genannten Schädlinge nach dem Eiparasitierungsverfahren möglich ist.

Bekämpfung von „Lebensmittelmotten“ im Einzelhandel und im Haushalt

Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Bekämpfung von Schadlepidopteren, wie Dörrobstmotte *Plodia interpunctella* und Mehlmotte *Ephestia kuehniella* (sogenannte „Lebensmittelmotten“), im Lebensmitteleinzelhandel, in der Lebensmittel verarbeitenden Industrie sowie im Haushalt. Die Falter legen ihre Eier meist in der Nähe von Lebensmitteln ab. Die nach wenigen Tagen schlüpfenden Raupen beginnen unverzüglich mit ihrem zerstörerischen Fraß. Verpackungen aus Papier oder Plastik stellen dabei kein Hindernis dar, sondern werden einfach durchgenagt.

Auch hier ist es gelungen, einen für die Bekämpfung geeigneten *Trichogramma*-Stamm zu selektieren, der seit Mitte 1996 erfolgreich in der Praxis eingesetzt wird. Versuche von Prozell et al. (1997) haben gezeigt, daß durch wöchentliche Freilassungen von *Trichogramma* in Bäckereien und Einzelhandelsgeschäften ein Rückgang der mit Pheromonfallen gefangenen Motten um 75% gegenüber der Kontrolle ohne Nützlingseinsatz erfolgte. Die Freilassungen führten weder zu Reklamationen seitens der Anwender noch zu Störungen der Betriebsabläufe durch die freigelassenen Eiparasiten. Die Anzahl der nach dem Einsatz von *Trichogramma* in Pheromonfallen gefangenen Motten halbierte sich im Untersuchungszeitraum gegenüber der Kontrolle ohne *Trichogramma*.

Derzeitiger Stand der Anwendung und Ausblick

Obwohl die ersten Forschungsarbeiten zur Massenzucht und Anwendung von Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* im biologischen Pflanzenschutz auf die zwanziger Jahre dieses Jahrhunderts zurückgehen, wurde mit der kommerziellen Anwendung erst ab 1980 begonnen. Heute ist die Anwendung von Eiparasiten im Maisanbau ein etabliertes Verfahren, das von der Praxis gerne angenommen wird. Die Pflanzenschutzdienste der Länder haben durch ihre gute Zusammenarbeit mit dem Darmstädter Institut für biologischen Pflanzenschutz, den *Trichogramma*-Produzenten und den Vertriebsstellen für diese Nützlinge wesentlich zum Gelingen dieses biologischen Verfahrens beigetragen.

Neben *T. evanescens* werden bei uns noch zwei weitere Arten von Eiparasiten eingesetzt, zwar nicht in dem Umfang wie im Maisanbau, doch mit steigender Tendenz. Im Apfelanbau wird gegen Apfelwickler und Apfelschalwickler eine Kombination von zwei *Trichogramma*-Arten angeboten, die sich gegenseitig gut ergänzen. Es handelt sich hier um *T. dendrolimi* und *T. cacoeciae*. Zur wirksamen Bekämpfung der genannten Schädlinge muß jedoch deren gesamte Flugzeit mit aktiven Schlupfwespen, die in der Regel nur bis zu zwei Wochen leben, abgedeckt werden. Dazu sind fünf

bis sechs Freilassungen erforderlich. Im Pflaumenanbau ist der Einsatz von *T.cacoeciae* gegen den Pflaumenwickler weniger problematisch, da hier nur eine Schädlingsart und meistens nur deren zweite Generation zu bekämpfen ist. Mehrjährige Untersuchungen haben ergeben, daß sich auch Traubenwickler-Arten durch Freilassungen von *Trichogramma* unter Kontrolle halten lassen. Da die Wirkung gegenüber Traubenwicklern von Jahr zu Jahr schwankte, wurden bisher noch keine Empfehlungen an die Praxis gegeben.

Literatur

- CASTANEDA SAMAYOA, O.R. (1990): Untersuchungen zur Parasitierung der Traubenwickler durch Parasitoiden der Gattung *Trichogramma*. Diss. Univ. Hohenheim und Inst. f. Biologie, Phytomedizin Fachhochschule Geisenheim, 111 S.
- FRANZ, J. (1961): Biologische Schädlingsbekämpfung. In: SORAUER: Handbuch der Pflanzenkrankheiten 6, 2. Aufl., 3. Lieferung.
- GLAS, M. & HASSAN, S.A. (1985): Massenzucht und Anwendung von *Trichogramma*: 5. Bekämpfung von zwei Wicklerarten an Getreide, *Cnephasia longana* (Haw.) und *C. pumicana* (Z.) (Lep., Tortricidae). Z. angew. Ent. 99 (4), 393-399.
- HASE, A. (1925): Beiträge zur Lebensgeschichte der Schlupfwespe *Trichogramma evanescens* Westwood. Arb. Biol. Reichsanst. 14 (2), 171-224.
- HASSAN, S.A. (1981): Forschungsaufgaben beim Einsatz von *Trichogramma evanescens* zur Bekämpfung des Maiszünslers. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. 2, 214-217.
- HASSAN, S.A. (1981): Massenproduktion und Anwendung von *Trichogramma*: 1. Produktion des Wirtes *Sitotroga cerealella*. Entomophaga 26 (4), 339-348.
- HASSAN, S.A. (1981): Mass-production and utilization of *Trichogramma*: 2. Four years successful biological control of the European corn borer. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 46 (2), 417-427.
- HASSAN, S.A. (1982): Mass-production and utilization of *Trichogramma*: 3. Results of some research projects related to the practical use in the Federal Republic of Germany. Les Trichogrammes, Antibes (France), 20-30 avril 1982, Ed. INRA Publ. (Les Colloques de l' INRA, no.9), 213-218.
- HASSAN, S.A. (1984): Massenproduktion und Anwendung von *Trichogramma*: 4. Feststellung der günstigsten Freilassungstermine für die Bekämpfung des Maiszünslers *Ostrinia nubilalis* Hübner. Gesunde Pflanzen 36 (2), 40-45.
- HASSAN, S.A. (1989): Selection of suitable *Trichogramma* species to control the codling moth *Cydia pomonella* and the two summer fruit tortrix moths *Adoxophyes orana* and *Pandemis heparana* (Lep., Tortricidae). Entomophaga 34, 19-27.
- HASSAN, S.A. (1995): Improved method for the production of the Angoumois grain moth *Sitotroga cerealella* (Oliv.). *Trichogramma* and other egg parasitoids Cairo (Egypt), October 4-7, 1994, Ed. INRA, Paris 1995 (Les Colloques, no.73).
- HASSAN, S.A., ALBERT, R. & ROST, W.M. (1993): Pflanzenschutz mit Nützlingen im Freiland und unter Glas. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 192 S.

- HASSAN, S.A., BEYER, H., DANNEMANN, K., HEIL, M., PFISTER, J.A., REICHEL, W., SCHLEGEL, C., STEIN, E., WEISLMAIER, H. & WINSTEL, K. (1990): Massenzucht und Anwendung von *Trichogramma*: 11. Ergebnisse von Ringversuchen zur Bekämpfung des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis*). Gesunde Pflanzen, **42** (11), 387-394.
- HASSAN, S.A. & HEIL, M. (1980): Bekämpfung des Maiszünslers mit einer einmaligen Freilassung des Eiparasiten *Trichogramma evanescens*. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **32**, 97-99.
- HASSAN, S.A., KOCH, F. & NEUFFER, G. (1984): Maiszünslerbekämpfung mit *Trichogramma*. Angewandte Wissenschaft, Heft 299, Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, 35 S.
- HASSAN, S.A., KOHLER, E. & ROST, W.M. (1988): Mass-production and utilization of *Trichogramma*: 10. Control of the codling moth *Cydia pomonella* and the summer fruit tortrix moth *Adoxophyes orana* (Lep.: Tortricidae). Entomophaga **33** (4), 413-420.
- HASSAN, S.A., KOHLER, E. & ROST, W.M. (1988): Erprobung verschiedener *Trichogramma*-Arten zur Bekämpfung des Apfelwicklers *Cydia pomonella* L. und des Apfelschalenwicklers *Adoxophyes orana* F.R. (Lep., Tortricidae). Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **40** (5), 71-75.
- HASSAN, S.A., LANGENBRUCH, G.A. und NEUFFER, G. (1978): Der Einfluß des Wirtes in der Massenzucht auf die Qualität des Eiparasiten *Trichogramma evanescens* bei der Bekämpfung des Maiszünslers, *Ostrinia nubilalis*. Entomophaga **23**, 321-329.
- HASSAN, S.A. & ROST, W.M. (1985): Mass-production and utilization of *Trichogramma*: 6. Studies towards the use against cabbage lepidopterous pests. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent, **50/2a**, 389-398.
- HASSAN, S.A., STEIN, E. & DANNEMANN, K. (1984): Integration des Einsatzes von *Trichogramma evanescens* zur Bekämpfung des Maiszünslers *Ostrinia nubilalis* mit Insektizidspritzungen gegen Blattläuse. Gesunde Pflanzen **36** (8), 268-273.
- HASSAN, S.A. & ROST, W.M. (1988): Biologische Bekämpfung von Wicklerarten im Apfelanbau mit Erzwespen. Obst und Garten **12**, 598-600.
- HASSAN, S.A. & ROST, W.M. (1993): Massenzucht und Anwendung von *Trichogramma*: 13. Optimierung des Einsatzes zur Bekämpfung des Apfelwicklers *Cydia pomonella* L. und des Apfelschalenwicklers *Adoxophyes orana* F.R.. Gesunde Pflanzen **45** (8), 296-300.
- HOCHMUT, R. & MARTINEK, V. (1963): Beitrag zur Kenntnis der mitteleuropäischen Arten und Rassen der Gattung *Trichogramma* Westw. (Hymenoptera, Trichogrammatidae). Z. ang. Entomol. **52**, 255-274.
- KAST, W.K. & HASSAN, S.A. (1986): Massenzucht und Anwendung von *Trichogramma*: 9. Wirksame Bekämpfung des Einbindigen Traubenwicklers *Euoeecilia ambiguella* Hbn.. Die Wein-Wissenschaft **41** (4), 278-286.
- KLINK, G. (1961): Über die endogene und exogene Abhängigkeit der Parasitierungs- und Flugaktivität einiger *Trichogramma*-Arten. Z. ang. Zool. **48**, 475-492.
- KLINK, G. (1963): Antagonistischen Wirkungen verschiedener Lichtstrahlen auf den Eiparasiten *Trichogramma* und ihre Abhängigkeit von lichtschützenden Pigmenten. Z. vergl. Physiol. **46**, 439-448.

- KLINK, G. (1964): Flügelgröße und Flugaktivität von *Trichogramma* (Hym., Chalcidoidea). Z. ang. Entomol. **53**, 449-454.
- MAYER, K. (1960): Verhaltensstudien bei Eiparasiten der Gattung *Trichogramma*. Mitt. Biol. Bundesanst. **100**, 3-10.
- MAYER, K. & QUEDNAU, W. (1959): Verhaltensveränderungen bei Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* unter dem Einfluß des Wirtes. Z. Parasitenkde. **19**, 35-41.
- NEUFFER, G. (1979): Bemerkungen zur biologischen Bekämpfung des Maiszünslers *Ostrinia nubilalis* Hübn.mit *Trichogramma evanescens* Westw. (Hym., Chalcidoidea) in Baden-Württemberg 1977 und 1978. Gesunde Pflanzen **31**, 161-165.
- NEUFFER, G. (1980): Über die Technik der Zucht, Lagerung und Freilassung von *Trichogramma evanescens* Westw. Gesunde Pflanzen **32**, 134-140.
- QUEDNAU, W. (1955): Über einige neue *Trichogramma*-Wirtes und ihre Stellung im Wirt-Parasiten-Verhältnis. Ein Beitrag zur Analyse des Parasitismus bei Schlupfwespen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **7**, 145-148.
- QUEDNAU, W. (1956a): Der vollständige Parasitismus bei *Trichogramma* als biologisches Phänomen (Hymenoptera, Chalcididae). Z. Parasitenkde. **17**, 360-364.
- QUEDNAU, W. (1956b): Die biologischen Kriterien zur Unterscheidung von *Trichogramma*-Arten. Z. Pflanzenkrankh. **63**, 333-344.
- QUEDNAU, W. (1957a): Über den Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Eiparasiten *Trichogramma cacoeciae* Marchal. (Eine biometrische Studie). Mii. Biol. Bundesanst. Berlin-Dahlem **90**, 1-63.
- QUEDNAU, W. (1957b): Der Wert des physiologischen Experiments für die Artsystematik von *Trichogramma* (Hym., Chalcididae). Ber. Hundertjahrfeier Deutsch. Entomol. Gesellsch., Berlin 1956, 87-92.
- QUEDNAU, W. (1958): Über einige Orientierungsweisen des Eiparasiten *Trichogramma* (Hym., Chalcididae) auf Grund von Licht- und Schwerereizen. Anz. Schädlingkde. **31**, 83-85.
- QUEDNAU, W. (1960): Über die Identität der *Trichogramma*-Arten und einiger ihrer Ökotypen (Hymenoptera, Chalcidoidea, Trichogrammatidae). Mitt. Biol. Bundesanst. Berlin-Dahlem **100**, 11-50.
- ROST, W.M. & HASSAN, S.A. (1983): Natürlich auftretende Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* (Trichogrammatidae, Chalcidoidea, Hymenoptera) und deren Bedeutung als Gegenspieler von Kohlschädlingen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **35** (11), 184-188.
- ROST, W.M. & HASSAN, S.A. (1985): Auftreten von Schadlepidopteren an Kohl und deren Eiparasiten aus der Gattung *Trichogramma* (Chalcidoidea, Hym.). Das Ergebnis vierjähriger Untersuchungen. Gesunde Pflanzen **37** (9), 388-391.
- ROST, W.M. & HASSAN, S.A. (1988): Bekämpfung von Apfelwicklern und Apfelschalenwicklern mit Eiparasiten - ein praxisreifes umweltfreundliches Verfahren. Gesunde Pflanzen **40** (5), 194-197.
- ROST, W.M. & HASSAN, S.A. (1994): Bekämpfung des Pflaumenwicklers *Cydia funebrana* Treitschke. Obstbau **19** (11), 534-536.
- SCHÜTTE, F. (1962): Aktuelle Fragen des *Trichogramma*-Einsatzes. Z. ang. Entomol. **50**, 131-137.

- SCHÜTTE, F. & FRANZ, J.M. (1961): Untersuchungen zur Apfelwicklerbekämpfung (*Carpocapsa pomonella* (L.)) mit Hilfe von *Trichogramma embryophagum* Hartig. Entomophaga **6**, 237-247.
- STEIN, E. & HASSAN, S.A. (1988): Stand und Weiterentwicklung der biologischen Bekämpfung des Maiszünslers. mais **3**, 20-22.
- STEIN, W. (1960): Versuche zur biologischen Bekämpfung des Apfelwicklers durch Eiparasiten der Gattung *Trichogramma*. Entomophaga **5**, 237-259.
- STEIN, W. (1961): Die Verteilung des Eiparasiten *Trichogramma cacoeciae* in den Baumkronen nach seiner Massenfreilassung zur Bekämpfung des Apfelwicklers. Z. Pflanzenkrankh., Pflanzensch. **68** (9), 502-508.
- STEIN, W. & FRANZ, J.M. (1960): Die Leistungsfähigkeit von Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* nach Aufzucht unter verschiedenen Bedingungen. Naturwissensch. **47** (11), 262-263.
- STELLWAAG, F. (1929): Neuere Erfahrungen in der biologischen Bekämpfung schädlicher Insekten. Verh. Deutsch. Gesellsch. angew. Ent. 1928. 7. Mitgliedervers. (München), 15-32.
- VOELKEL, H. (1926): Über die praktische Bedeutung der Schlupfwespe *Trichogramma evanescens* Westw.. Arb. Biol. Reichsanst. **14**, 97-101.
- WELLENSTEIN, G. (1934): Die biologische Bekämpfung der Forleule durch den Eiparasiten *Trichogramma minutum* Riley. Mitt. Forstwirtschaft., Forstwiss. **5**, 153-185
- ZWÖLFER, W. (1930): Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung des Maiszünslers (*Pyrausta nubilalis* Hb.) in Süddeutschland. II. Teil. Arb. Biol. Reichsanst. **17**, 459-498.

Anschrift des Verfassers:

DR. S. A. HASSAN. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für biologischen Pflanzenschutz, Heinrichstr. 243, 64287 Darmstadt