

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

Heft 246

November 1988



**Umwelthygienische Aspekte bei der Bewertung  
von Pflanzenschutzmitteln aus Mikroorganismen  
und Viren im Zulassungsverfahren**

Evaluating the impact on environment during clearance procedure  
for microorganisms and viruses used as pesticides

**Kolloquium am 24. November 1987 in Braunschweig**

bearbeitet von  
**Dr. Erdmann Bode**

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

Berlin 1988

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

Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg  
Lindenstraße 44-47, D-1000 Berlin 61

ISSN 0067-5849

ISBN 3-489-24600-4

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek  
**Umwelthygienische Aspekte bei der Bewertung von Pflanzenschutzmitteln aus Mikroorganismen und Viren im Zulassungsverfahren:** Kolloquium am 24. November 1987 in Braunschweig = Evaluating the impact on environment during clearance procedure for microorganisms and viruses used as pesticides / Biolog. Bundesanst. für Land- und Forstwirtschaft, Abt. für Pflanzenschutzmittel u. Anwendungstechnik. Hrsg. von d. Biolog. Bundesanst. für Land- u. Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem.  
Bearb. von Erdmann Bode. – Berlin; Hamburg: Parey [in Komm.] 1988

(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 246)  
ISBN 3-489-24600-4

NE: Bode, Erdmann [Bearb.]; Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft <Berlin, West; Braunschweig> / Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik; PT; Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft <Berlin, West; Braunschweig>; Mitteilungen aus der . . .

© 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 Funk- sendung, 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 vergütungs- pflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

1988 Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, Lindenstraße 44-47, D-1000 Berlin 61. Printed in Germany by Arno Brynda GmbH, 1000 Berlin 62.

**Beilagenhinweis:** Dieser Ausgabe liegt der Prospekt „Umwelt/Natur/Ökologie“ des Verlages Paul Parey, Berlin und Hamburg, bei.

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
E. Bode: Vorwort .....	7
G. Schuhmann: Grußwort .....	9
F. Klingauf: Einführung in den biologischen Pflanzenschutz .....	13
E. Bode: Die Rolle des biologischen Pflanzen- schutzes nach Inkrafttreten des Gesetzes zum Schutze der Kultur- pflanzen (Pflanzenschutzgesetz).....	24
H.-A. Carganico: Der Grundwasserschutz bei der Zulas- sung von Pflanzenschutzmitteln aus Mikroorganismen und Viren - Einige Probleme aus rechtlicher Sicht .....	37
E. König: Der biologische Pflanzenschutz in der Praxis - Erwartungen und Bedarf aus der Sicht des Waldschutzes .....	50
G. Meinert: Der biologische Pflanzenschutz in der Praxis - Erwartungen und Bedarf aus der Sicht der Landwirtschaft .....	62
G. Klein: Biologische Pflanzenschutzmittel aus der Sicht der Trinkwasserhygiene ....	67
A. Krieg: Sicherheitsaspekte bei der Anwendung von Bacillus thuringiensis als Pflanzenschutzmittel.....	81

	Seite
R. Helmuth: Bacillus thuringiensis - gesundheitliche Auswirkungen auf Mensch und Tier .....	95
K. Seidel: Bacillus thuringiensis - Auswirkungen auf Grund- und Trinkwasserhygiene ...	102
Diskussion .....	115
G. Zimmermann: Antagonistische Pilze im Pflanzenschutz: Einsatzmöglichkeiten und umwelthygienische Aspekte .....	130
F. Staib: Grundsätzliches zur Problematik eines Einsatzes von Pilzen im Pflanzenschutz .....	154
J. Huber: Einsatzmöglichkeiten von Baculoviren im Pflanzenschutz .....	167
J. M. Lopez-Pila: Auswirkungen von Baculoviren auf Grund- und Trinkwasser .....	178
Diskussion .....	191
Teilnehmer .....	204



C O N T E N T S

	PAGE
E. Bode: PREFACE .....	7
G. Schuhmann: ADDRESS OF WELCOME .....	9
F. Klingauf: GENERAL ASPECTS OF BIOLOGICAL CONTROL .....	13
E. Bode: THE ROLE OF BIOLOGICAL CONTROL AFTER ENFORCING THE ACT CONCERNING THE PROTECTION OF CROP PLANTS (PLANT PROTECTION ACT - PFLANZENSCHUTZGESETZ) OF SEPTEMBER 15th, 1986 .....	24
H.-A. Carganico: GROUNDWATERPROTECTION AND AUTHORIZATION OF MICROBIOLOGICAL AGENTS USED AS PESTICIDES - SOME LEGAL PROBLEMS .....	37
E. König: BIOLOGICAL CONTROL IN PRACTICE - EXPECTATIONS AND DEMAND FROM THE VIEWPOINT OF FOREST PROTECTIONS ...	50
G. Meinert: BIOLOGICAL CONTROL IN PRACTICE - EXPECTATIONS AND DEMAND IN AGRICULTURE .....	62
G. Klein: BIOLOGICAL PESTICIDES AND DRINKING WATER HYGIENE .....	67
A. Krieg: SAFETY ASPECTS RELATED TO THE USE OF BACILLUS THURINGIENSIS IN PLANT PROTECTION .....	81

	PAGE
R. Helmuth: BACILLUS THURINGIENSIS - HEALTH EFFECTS ON MAN AND ANIMAL ..	95
K. Seidel: BACILLUS THURINGIENSIS - HYGIENIC EFFECTS ON GROUND WATER AND DRINKING WATER .....	102
DISCUSSION .....	115
G. Zimmermann: ANTAGONISTIC FUNGI IN PLANT PROTECTION: PRACTICAL AND ENVIRONMENTAL ASPECTS .....	130
F. Staib: FUNDAMENTAL COMMENTS ON PROBLEMS OF THE USE OF FUNGI FOR PLANT PROTECTION .....	154
J. Huber: USE OF BACULOVIRUSES IN PLANT PROTECTION .....	167
J. M. Lopez-Pila: EFFECT OF BACULOVIRUSES ON GROUNDWATER AND DRINKING WATER.....	178
DISCUSSION .....	191
PARTICIPANTS .....	204

## V O R W O R T

Seit langem werden unter Fachleuten intensive Diskussionen über die Stellung des biologischen Pflanzenschutzes geführt. Doch erst mit der vor einigen Jahren begonnenen kritischen Auseinandersetzung in Fragen des Umweltschutzes ist der Pflanzenschutz zunehmend in das Blickfeld der Öffentlichkeit geraten. Wenn seine Notwendigkeit nicht grundsätzlich in Frage gestellt wird, stößt man bei Befürwortern dennoch nicht selten auf eine undifferenzierte Ablehnung des chemischen Pflanzenschutzes bei gleichzeitig nahezu uneingeschränkter Befürwortung des biologischen Pflanzenschutzes, von dem die Lösung aller gedachten und tatsächlichen Probleme erwartet wird. Diese bedauerliche Polarisierung wird sicher nicht der Herausforderung zur Entwicklung eines wahrhaft modernen Pflanzenschutzes gerecht, wie ihn die FAO umrissen hat: Integrated control is a form of pest management which in the context of the associated environment and the population dynamics of the pest uses all the appropriate techniques and methods in a compatible way, maintaining the pest population at a lower level than that which causes economic injury to the crop.

Die Entwicklung biologischer Pflanzenschutzmittel aus Mikroorganismen und Viren stellt einen zweifellos bedeutenden Beitrag zum integrierten Pflanzenschutz dar, dessen Verwirklichung mit dem Pflanzenschutzgesetz vom 15. September 1986 gefordert wird. Die Beurteilung mikrobieller Mittel im Zulassungsverfahren wirft aber heute noch eine Reihe von Problemen auf. Es ist sicher fachlich nicht zu rechtfertigen, daß wegen des natürlichen Vorkommens der biologischen "Wirkstoffe" ohne Prüfung eine generelle Unbedenklichkeit für die Gesundheit von Mensch und Tier und den Naturhaushalt angenommen werden darf. Andererseits sind, von Ausnahmen abgesehen, häufig die für eine fundierte Risikobewertung erforderlichen Daten und Erfahrungen nicht vorhanden. Den richtigen Weg zu finden zwi-

schen dem, was manche Kritiker als "übermäßige Vorsicht" und andere wiederum als "Leichtfertigkeit" bezeichnen, ist nicht leicht. Die Verantwortung hierfür lastet gerade im Falle der biologischen Pflanzenschutzmittel schwer auf Zulassungsbehörde und Einvernehmenbehörden; denn wegen hoher Entwicklungskosten bei gleichzeitig geringen Gewinnerwartungen läßt jede auch noch so berechtigte Forderung nach Vorlage von Untersuchungsergebnissen die Wahrscheinlichkeit sinken, eine Firma für die Mittelentwicklung und die Stellung eines Antrages auf Zulassung zu interessieren.

Das heutige Kolloquium ist ein Beleg dafür, daß man sich den Aufgaben stellt, Bewertungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittel aus Mikroorganismen und Viren zu erarbeiten. Wer sich fundiert mit Fragen des biologischen Pflanzenschutzes auseinandersetzen will, wird die in Vorträgen und Diskussion dargelegten Gedanken und Positionsbeschreibungen in seine Überlegungen einbeziehen müssen. Die vorliegende Veröffentlichung liegt daher wohl im allgemeinen Interesse, wenn sich auch Lösungen der angesprochenen Fragen erst ansatzweise abzeichnen.

Dr. E. Bode  
Biologische Bundesanstalt  
für Land- und Forstwirtschaft  
Fachgruppe  
für zoologische Mittelprüfung

## GRUSSWORT

von Prof. Dr. G. Schuhmann,  
Präsident der Biologischen Bundesanstalt  
für Land- und Forstwirtschaft

Ich begrüße Sie ganz herzlich zu unserem heutigen Kolloquium über "Umwelthygienische Aspekte bei der Bewertung von Pflanzenschutzmitteln aus Mikroorganismen und Viren im Zulassungsverfahren". Ich bin Ihnen sehr dankbar, daß Sie meiner Einladung gefolgt sind und damit das Zustandekommen dieser Expertenrunde ermöglicht haben. Meinen besonderen Dank spreche ich dem Herrn Präsidenten des Bundesgesundheitsamtes für seine Teilnahme aus. Ich weiß aus Erfahrung, Herr Kollege Großklaus, was es bedeutet, sich trotz vieler anderer Verpflichtungen einen ganzen Tag der Diskussion eines derart speziellen Themas zu widmen, wie es uns heute beschäftigen soll.

Gestatten Sie mir zur Einleitung eine kurze Schilderung der Beweggründe, die den Anlaß unseres heutigen Fachgespräches bilden:

Es besteht ein großes Interesse der Bundesregierung und auch der Öffentlichkeit, biologische Verfahren im Pflanzenschutz einzuführen. Zu diesen biologischen Verfahren gehört vorrangig die Anwendung mikrobieller Pflanzenschutzmittel zur Regulation von Schadorganismen. Im Hinblick auf einen möglichen Einsatz in Land- und Forstwirtschaft sind die Entwicklungsarbeiten für Mittel gegen tierische Schädlinge am weitesten fortgeschritten. Neben Bacillus thuringiensis müssen insbesondere Viren und Pilze als Krankheitserreger von Insekten beachtet werden. Der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft liegen Anträge auf Zulassung für Mittel mit diesen Wirkstoffen vor oder sind im Vorfeld mit interessierten Firmen diskutiert worden.

Es ist hinlänglich bekannt, daß biologische Pflanzenschutzmittel nur schwer in die Praxis eingeführt werden können. Hierfür gibt es eine Reihe von Gründen; nicht zuletzt sind aber die im Vergleich zu chemischen Mitteln hohen Preise entscheidend. Die Entwicklungskosten eines neuartigen chemischen Pflanzenschutzmittels bis zur Zulassung betragen heute circa 100 Millionen DM. Wenn auch im Einzelfall die Entwicklung eines mikrobiologischen Pflanzenschutzmittels billiger sein mag, werden dennoch hohe finanzielle Aufwendungen erforderlich. Hieraus folgt zum einen, daß die notwendigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten nur von großen Unternehmen geleistet werden können, zum anderen aber, daß es trotz der erwähnten hohen Preise nur schwer oder gar nicht möglich sein wird, in absehbarer Zeit die Aufwendungen durch Gewinne aus dem Verkauf biologischer Pflanzenschutzmittel abzudecken. Die begrüßenswerte Selektivität wirkt ja naturgemäß als begrenzender Faktor beim Absatz!

Wenn wir biologischen Mitteln die Chance geben wollen, sich eine Marktlücke zu erobern, dann liegt es nahe, ihre Vorteile zunächst dort zur Geltung kommen zu lassen, wo andere Pflanzenschutzmittel nicht eingesetzt werden dürfen. Ich denke hierbei an den Einsatz in Wasserschutzgebieten. Mir ist bewußt, daß es hierzu sehr unterschiedliche Auffassungen gibt. Diese divergierenden Ansichten bilden ja auch den Hauptgrund für unser heutiges Gespräch, in dem wir die Diskussion über umwelthygienische Aspekte bei der Bewertung von Pflanzenschutzmitteln aus Mikroorganismen und Viren insbesondere zur Klärung der Frage nutzen wollen, inwieweit Wasserschutzgebietsauflagen tatsächlich notwendig sind. Wir wissen, daß z. B. in Baden-Württemberg ca. 20 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Einzugsgebieten für die Trinkwassergewinnung liegen. Gerade Obstanbaugebiete, in denen sich besondere Erwartungen an die Einführung des biologischen Pflanzenschutzes knüpfen, liegen zu großen Teilen in derartigen Schutzzonen und fallen daher für die Anwendung der bisher zugelassenen Mittel aus Bacillus thuringiensis aus. Entsprechendes trifft zu, sollte mit der

in Kürze notwendigen Zulassungsentscheidung für ein Mittel mit Apfelwickler-Granulosevirus die Erteilung einer Wasserschutzgebietsauflage verbunden sein.

Wir haben in der jüngeren Vergangenheit leider feststellen müssen, daß Pflanzenschutzmittel entgegen früheren Vorstellungen in das Grundwasser gelangen können. Es gibt wohl kein Pflanzenschutzmittel, auch kein biologisches, das nicht irgendwo in das Grundwasser gelangen kann. Diese Prognose wage ich. Für die Bewertung sollte aber allein die Menge und das davon möglicherweise ausgehende Risiko dienen. Ich will diese Diskussion nicht vertiefen. Fest steht jedoch, daß die Nutzen-Risiko-Bewertung zunehmend schwieriger wird, weil die Gesamtzusammenhänge der einzelnen Fachgebiete vom einzelnen kaum noch überblickt werden können. Daher schätze ich den Vorteil besonders, wenn durch die hier versammelten Fachleute die Darstellung der verschiedenen Aspekte möglich wird, die im Zusammenhang mit den heute zu behandelnden Fragen stehen.

Die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft wird durch die sich zukünftig ergebenden Folgerungen aus dem heutigen Kolloquium mehrfach betroffen: Als Zulassungsbehörde trägt sie innerhalb ihrer Kompetenzen die Verantwortung, daß dem biologischen Pflanzenschutz der Weg in die Praxis geebnet wird und er die ihm zukommende Bedeutung im integrierten Pflanzenschutz einnehmen kann. Auf der anderen Seite gilt es zu überdenken, in welchem Rahmen die vielfältigen Forschungsarbeiten zur biologischen Schädlingsbekämpfung fortgeführt werden sollten, damit das Ziel erreicht wird, den Bedürfnissen der Praxis entsprechende Verfahren und Mittel zu entwickeln. Nicht zuletzt sind Auswirkungen auf die Beratung von Bundesregierung und Pflanzenschutzmittelindustrie zu Fragen des biologischen Pflanzenschutzes zu erwarten.

Ich freue mich daher, unter den Teilnehmern auch Vertreter aus verschiedenen Ministerien begrüßen zu dürfen: Herrn Dr. Petzold (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten), Herrn Dr. Warmuth (Bundesministerium für Forschung und Technologie), Herrn Dr. Böhringer (Ministerium für ländlichen Raum, Landwirtschaft und Forsten, Stuttgart).

Im Interesse der Fortentwicklung des biologischen Pflanzenschutzes wünsche ich Ihnen und mir eine fruchtbare Diskussion des heute zu behandelnden umfangreichen Fragenkomplexes.



Fred Klingauf

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,  
Institut für biologische Schädlingsbekämpfung, Darmstadt

## EINFÜHRUNG IN DEN BIOLOGISCHEN PFLANZENSCHUTZ

### GENERAL ASPECTS OF BIOLOGICAL CONTROL

#### Summary

Biological control is often defined as release of mass reared beneficials. However, the conservation and augmentation of naturally occurring antagonists of pests, diseases and weeds is an important and often neglected biological approach to a prophylactic plant protection and needs more attention. If the development in time and numbers of naturally occurring beneficials is not sufficient, seven mass reared beneficials are available for additional releases in the Federal Republic of Germany, including one microorganism (Bacillus thuringiensis). Specific viruses, bacteria, fungi, and other microorganisms are often responsible for the natural suppression of pest organisms. The further development of microbial control of pests and also of plant diseases depends on the issue of adequate regulations for registration of beneficial microorganisms. Environmentally sound and nontoxic biological control methods will have only a commercial chance, if their registration and use are not restricted by limitations (e. g. exclusion in water protection areas) more rigid than those applied to many chemical pesticides.

#### 1. Einleitung

Die Prinzipien des biologischen Pflanzenschutzes sind aus eingehenden Naturbeobachtungen abgeleitet, die zeigen, daß die Vermehrung von Schaderregern durch räuberische und parasitische Feinde oder durch antagonistische Mikroorganismen auf natürli-

che Weise begrenzt wird. Die Haltung von Katzen zur Mäusebekämpfung im alten Ägypten ist wohl eine der ersten bewußten Maßnahmen zur biologischen Bekämpfung von Schädlingen. Der schwedische Botaniker FORSKÅL berichtete von einer Forschungsreise, die ihn ab 1761 durch verschiedene arabische Länder schließlich bis in den damals unerforschten und rätselhaften Jemen führte, daß die Araber offenbar schon seit langem bestimmte Ameisen auf Dattelpalmen pflegen, um andere, schädliche Ameisen zu bekämpfen. Die größte Aufmerksamkeit wurde sicherlich den verschiedenen Feinden von Schadinsekten zuteil. Aber auch die Erreger von Pflanzenkrankheiten werden durch Gegenspieler in ihrer Vermehrung begrenzt. Meist handelt es sich um antagonistische oder konkurrierende Mikroorganismen, die beispielsweise für die Bodengesundheit eine große Rolle spielen. Durch die Wahl geeigneter Standorte für die Kulturpflanzen und weitere acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen, die die nützlichen Mikroorganismen fördern, wurde deren Tätigkeit im Grunde genommen seit Beginn des geregelten Ackerbaues für den Pflanzenschutz nutzbar gemacht, wenn auch nur durch praktisches Erfahrungswissen und ohne Kenntnis der eigentlichen Zusammenhänge.

Die wissenschaftliche Beschäftigung mit den Ursachen der dynamischen und teilweise rhythmischen Veränderungen in der Häufigkeit von Lebewesen hat zu der verallgemeinernden Erkenntnis geführt, daß tatsächlich der Antagonismus zwischen den Lebewesen der entscheidende Regulationsfaktor ihrer Dichte ist, während im wesentlichen Klima, Witterungseinflüsse und andere Erscheinungen der unbelebten Natur die allgemeinen Grenzen der Vermehrung bestimmen.

Die Prinzipien des biologischen Pflanzenschutzes lassen sich wie folgt gliedern:

1. Schonung und Förderung von Nutzorganismen
2. Nachführung, Einbürgerung von Nutzorganismen

### 3. Wiederholte Anwendung von Nutzorganismen

- antagonistisch gegen Schädlinge:

Viren

Bakterien

Pilze

Protozoen

Insekten

Spinnentiere u.a.

- antagonistisch gegen Krankheitserreger:

Bakterien

Pilze u.a.

- antagonistisch gegen Unkräuter:

Pilze

Insekten u.a.

- die pflanzliche Widerstandskraft stärkend:

abgeschwächte Stämme von (sonst pathogenen) Viren,

Bakterien

nicht pathogene Mikroorganismen oder ihre Stoffwechselprodukte u.a.

### 2. Schonung und Förderung von Nutzorganismen

Die Schonung und Förderung von Nutzorganismen ist ein wichtiges Gebot des vorbeugenden Pflanzenschutzes. Alle acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen sind Eingriffe in die natürliche Umwelt; sie sind notwendig, um den Anbau von Nutzpflanzen zu ermöglichen. Die Art und Weise dieser Eingriffe mußte jedoch in jahrhundert- und jahrtausendelanger Erfahrung in eine Richtung hin optimiert werden, die den Kulturpflanzen möglichst gesunde Wachstumsbedingungen sichert. Das bedeutet nicht nur, die Widerstandskraft der Kulturpflanzen gegen Schaderreger und andere Streßfaktoren zu stärken, sondern auch die Nutzorganismen soweit wie möglich zu schonen. Aussaat- und Pflanzzeiten,

Bodenbearbeitung, Fruchtfolge und viele andere Maßnahmen waren in der Vergangenheit viel mehr als heute diesen Zielen angepaßt. Erst die Entwicklung gezielter Pflanzenschutzmaßnahmen, insbesondere die Einführung chemischer Mittel, gestatteten eine Vernachlässigung der vorbeugenden Gesundheitspflege.

Unsere Bemühungen im biologischen Pflanzenschutz gehen deshalb zunächst dahin, den Gedanken der Vorbeuge wieder zu stärken. Auch der integrierte Pflanzenschutz hat sich aus dem Bestreben entwickelt, die natürlichen Begrenzungsfaktoren zu fördern und alle umweltfreundlichen Verfahren wieder bewußt zu machen, die die Pflanzengesundheit stärken und den Einsatz chemischer Mittel begrenzen helfen. Dazu zählt auch die Beachtung von Schadensschwellen im Gegensatz zur bedingungslosen Schaderreger-Bekämpfung, also die Durchführung von Bekämpfungsmaßnahmen nur dann, wenn ein wirtschaftlicher Schaden droht.

Einige Schädlinge lassen sich durch die Schonung ihrer natürlichen Gegenspieler so weit unterdrücken, daß sie in der Regel nicht mehr bekämpfungswürdig sind. Dazu zählen die Spinnmilben im Obst- und Weinbau. Die wirksamsten Feinde der Spinnmilben sind Raubmilben, die natürlicherweise in ausreichender Anzahl in den Obst- und Weingärten auftreten. Sie werden jedoch durch eine Reihe von Pflanzenschutzmitteln unbeabsichtigt dezimiert. Wenn nur solche Pflanzenschutzmittel verwendet werden, die die Raubmilben schonen, kann auf die Anwendung von besonderen Milbenmitteln meist verzichtet werden. Mindestens 90 % der eingesetzten Insektizide und Akarizide sind aber als breitwirksam einzustufen, d. h. sie wirken nicht nur gegen bestimmte Schädlinge, sondern auch gegen Nützlinge und andere Arten in der Lebensgemeinschaft. Eine wichtige Forschungsaufgabe besteht also darin, Methoden zur Ermittlung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nutzorganismen zu entwickeln, um die Anwendung solcher Mittel zu fördern, die möglichst selektiv nur den Schaderreger reduzieren.

Anders als bei den Spinnmilben, reicht die Aktivität der Nutzorganismen in vielen anderen Fällen jedoch nicht aus, um die Vermehrung der Schaderreger regelmäßig unter der Schadensschwelle zu halten. Doch kann die Schonung der Gegenspieler den Schaden oft begrenzen oder ihn fallweise ganz verhindern. Außer dem Verzicht auf breitwirksame Pflanzenschutzmittel können eine geeignete Fruchtfolge, gegebenenfalls Unterkulturen oder die Tolerierung einer Restverunkrautung die Nützlinge fördern.

Aber nicht nur die acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen, sondern darüber hinaus auch die Gestaltung der Agrarlandschaft können wesentlich zur Nützlingsförderung beitragen. Hecken, Feldraine und andere Ausgleichsflächen bieten vielen Nutzorganismen Ausweichnahrung und Zuflucht. Abbildung 1 zeigt die Bedeutung eines breiten, naturbelassenen Feldrains für die Erhaltung der Gegenspieler von Getreideblattläusen.

### 3. Einbürgerung von Nutzorganismen

Die Einbürgerung von Nutzorganismen aus anderen Gebieten bietet sich dann an, wenn ein Schädling neu in das Land eingeschleppt wurde, der im Ursprungsland durch Gegenspieler wirksam niedergehalten wird. In solchen Fällen kann die Nachfuhr der Nützlinge die ungebremsste Massenvermehrung des Schädlings brechen.

Der erste große Erfolg auf der Grundlage dieses Prinzips war die Einführung des Marienkäfers Rodolia cardinalis gegen die Citrus-Schildlaus Icerya purchasi in Kalifornien, der - im Gegensatz zu anderen Maßnahmen - den Schädling dauerhaft und selbsttätig kontrolliert. Von herausragender Bedeutung ist die Einführung eines von HUGER (1963) in Malaysia entdeckten Virus des Indischen Nashornkäfers in den südpazifischen Raum. Der über die Inseln im Südpazifik verschleppte gefährliche Palmenschädling bedrohte die Lebensgrundlage der Bevölkerung. Die Einfuhr und später selbsttätige Ausbreitung und Persistenz des Virus brachte anhaltende Bekämpfungserfolge.

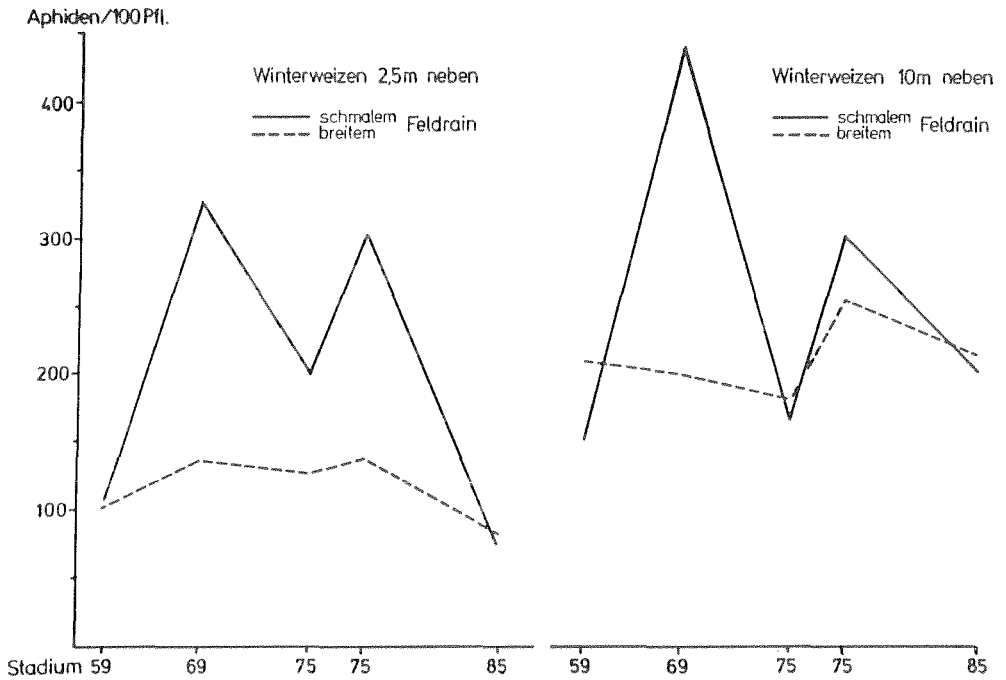


Abb. 1 Blattlausbefall in Abhängigkeit von verschieden breiten Feldrainen

Entwicklung von Blattläusen in einem Winterweizenfeld in 2,5 bzw. 10 m Entfernung von einem schmalen (0,5 m) bzw. breiten (4 m) Feldrain  
(WELLING & KLINGAUF)

#### 4. Wiederholte Anwendung von Nutzorganismen

Die dauerhafte Regulation von Schaderregern durch Einbürgerung von Antagonisten wie im Falle des Rodolia cardinalis und des Nashornkäfer-Virus gelang jedoch nur in besonderen Fällen. Oft entwickeln sich die Nutzorganismen in der freien Natur nicht ausreichend oder nicht rechtzeitig genug, so daß sie in Massenzuchten vermehrt und ausgebracht werden müssen. Beispiele aus der heimischen Landwirtschaft sind der Eiparasit Trichogramma evanescens gegen den Maiszünsler oder Bacillus thuringiensis gegen schädliche Schmetterlingsraupen. Erste Versuche zur bewußten Anwendung von Mikroorganismen erfolgten in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in Europa, zum Beispiel mit dem für verschiedene Schadinsekten infektiösen Pilz Metarhizium anisopliae, und in diesem Jahrhundert mit gegen die Larven von Blattwespen sehr wirksamen Viren. Eine Übersicht über die derzeit in der Bundesrepublik Deutschland im Handel erhältlichen Nutzorganismen gibt Tabelle 1.

Mit zunehmendem Erkenntnisstand wenden sich die bisher weitgehend auf die biologische Bekämpfung von Schädlingen konzentrierten Forschungen schrittweise auch der natürlichen Begrenzung von Pflanzenkrankheiten zu. Zu nennen sind Untersuchungen zum Einsatz von Trichoderma sp. u. a. gegen verschiedene Pilzkrankheiten. Neuerdings wurden hoffnungsvolle Erfolge in der Stärkung der Widerstandskraft der Kulturpflanzen durch Anwendung nicht pathogener Mikroorganismen, ihrer Stoffwechselprodukte oder anderer Naturstoffe erzielt. In einem derartig erweiterten Konzept des biologischen Pflanzenschutzes wird die Pflanze selbst zum natürlichen Gegenspieler von Schaderregern, während die eingesetzten Mikroorganismen als Mittler zur Hebung ihrer Widerstandskraft dienen.

Tabelle 1: In der Bundesrepublik Deutschland im Handel erhältliche Nutzorganismen für biologischen Pflanzenschutz (Oktober 1987)

Nutzorganismus	Anwendungsgebiet
Trichogramma evanescens (Eiparasit)	Maiszünsler
Encarsia formosa (Larvenparasit)	Weißer Fliege (Unterglas-Anbau)
Phytoseiulus persimilis (Raubmilbe)	Spinnmilbe (Unterglas-Anbau)
Aphidoletes aphidimyza (Räuberische Gallmücke)	Blattläuse (Unterglas-Anbau)
Amblyseius mckenziei (Raubmilbe)	Thripse (Unterglas-Anbau)
Chrysopa carnea (Florfliege)	Blattläuse u.a. Schädlinge
Bacillus thuringiensis	verschiedene schädliche Raupen
Heterorhabditis spec. (Fadenwurm)	Dickmaulrüßler u.a.



## 5. Schlußfolgerungen für die Entwicklung des biologischen Pflanzenschutzes

Die Erfahrungen mit dem in den letzten drei Jahrzehnten forcierten chemischen Pflanzenschutz haben gezeigt, daß dieser keineswegs alle Pflanzenschutzprobleme lösen kann. Zunehmende Sicherheitsauflagen werden künftig die Anwendung toxischer Chemikalien weiter einschränken. Diese Entwicklung macht die Erarbeitung neuer Strategien erforderlich. Mit den biologischen Verfahren steht ein zusätzliches Instrumentarium von Schutzmaßnahmen zur Verfügung, das auf natürlichen Prinzipien fußt.

Das neue Pflanzenschutzgesetz vom 15. September 1986 legt fest, daß Pflanzenschutzmittel nur nach guter fachlicher Praxis unter Beachtung der Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes angewandt werden dürfen. Der integrierte Pflanzenschutz wird definiert als "eine Kombination von Verfahren, bei denen unter vorrangiger Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt wird". Für die Durchsetzung des integrierten Pflanzenschutzes ist die weitere Entwicklung biologischer Verfahren unverzichtbar. Alle derzeit angewendeten biologischen Maßnahmen wirken selektiv auf einzelne oder eine eng begrenzte Gruppe von Schadorganismen. Damit sind auch ihre Nebenwirkungen auf Nichtzielorganismen natürlicherweise gering. Dies entspricht einer weiteren Forderung des Pflanzenschutzgesetzes zur Schonung des Naturhaushalts.

Die hohe Selektivität biologischer Präparate schränkt jedoch den Anwendungsumfang und damit den Markt ein. Wie Tabelle 1 zeigt, ist das Angebot biologischer Verfahren in der Bundesrepublik Deutschland noch begrenzt. Gegen Pflanzenkrankheiten steht bisher in der Bundesrepublik Deutschland kein biologisches, auf natürlichen Antagonisten beruhendes Handelspräparat zur Verfügung.

Ein Durchbruch ist hier wie bei vielen Schädlingen nur durch die Entwicklung von mikrobiologischen Präparaten zu erwarten. Es sind zahlreiche Mikroorganismen als spezifische und für Mensch und Umwelt deshalb ungefährliche Gegenspieler von Schadorganismen bekannt. Diese sind auch natürlicherweise an der Regulation der Schaderreger beteiligt. So brechen Kalamitäten durch Forstschädlinge oft nach zwei bis drei Jahren durch die epidemische Ausbreitung von Insektenviren und anderen Krankheitserregern von Insekten zusammen. Ihr gezielter Einsatz zur Vorbeuge einer Massenvermehrung setzt die Zulassung als Pflanzenschutzmittel voraus. Hier bestehen jedoch noch erhebliche Unsicherheiten im Gegensatz zu konkurrierenden Chemikalien. Wenn diese nicht durch wissenschaftlich fundierte Regelungen abgebaut werden, wird der biologische Pflanzenschutz auch in Zukunft nur eine untergeordnete Rolle spielen. Jede weitere Erschwerung der Zulassung und Anwendung biologischer Mittel, z. B. durch eine Wasserschutzauflage, verengt den kleinen Spielraum dieser Verfahren und hat unweigerlich negative Auswirkungen auf die Entwicklung selektiver biologischer zugunsten breitwirksamer chemischer Mittel, deren Reduzierung aber aus ökotoxikologischen Gründen zu fordern ist.

## 6. Zusammenfassung

Der biologische Pflanzenschutz hat zum Ziel, die natürlichen Regulationsmechanismen zur Bekämpfung von Schädlingen und Krankheiten bewußt zu nutzen. Als vorbeugende Maßnahme sollten die Möglichkeiten zur Schonung und Förderung der natürlicherweise vorhandenen Nutzorganismen wieder verstärkt beachtet werden. In vielen Fällen vermehren sich die Nutzorganismen in der freien Natur jedoch nicht ausreichend oder nicht rechtzeitig genug, so daß sie in Massen gezüchtet und angewendet werden müssen. Die in der Bundesrepublik Deutschland im Handel verfügbaren Nützlinge umfassen fast ausschließlich Parasiten oder Räuber einiger Schadinsekten und -milben. In der natürlichen Regulation von Schaderregern spielen spezifisch wirkende Mikroorganismen eine bedeutende Rolle. Die Entwicklung biologi-

scher Verfahren gegen weitere Schädlinge und besonders auch gegen Pflanzenkrankheiten setzt die Schaffung der Zulassungsvoraussetzungen für mikrobiologische Präparate voraus. Umweltfreundliche und unbedenkliche biologische Verfahren sind als Alternative zu chemischen Mitteln nur konkurrenzfähig, wenn Zulassung und Anwendung nicht mit verschärften Auflagen (z. B. Wasserschutzauflage) belegt werden.

Erdmann Bode

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,  
Fachgruppe für zoologische Mittelprüfung, Braunschweig

**DIE ROLLE DES BIOLOGISCHEN PFLANZENSCHUTZES  
NACH INKRAFTTRETEN DES GESETZES ZUM SCHUTZE DER  
KULTURPFLANZEN (PFLANZENSCHUTZGESETZ - PflSchG)  
VOM 15. SEPTEMBER 1986**

THE ROLE OF BIOLOGICAL CONTROL AFTER ENFORCING THE ACT  
CONCERNING THE PROTECTION OF CROP PLANTS (PLANT PROTECTION  
ACT - PFLANZENSCHUTZGESETZ) OF SEPTEMBER 15th, 1986

Summary

According to public opinion and in the view of the German legislator biological control by its minimal hazards to the environment is of great importance for establishing integrated pest management systems. Consequently, financial support has been given to research concerning the development of biological control agents based on baculoviruses, bacteria, or fungi and their proper application in integrated pest management. In spite of these efforts, at present there are only some preparations with Bacillus thuringiensis available for common use. The reasons for this are manifold, but from the view of authorization holders and farmers there is one prevailing obstacle: Bacillus thuringiensis may not be used in water catchment areas thus being deprived of a most essential advantage when competing with chemical pesticides. As far as health is concerned the consent for authorization has to be given by the Federal Health Office prior to the authorization by the Federal Biological Research Centre (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft). In the case of baculoviruses the Federal Health Office may decide similarly to Bacillus thuringiensis and require banning the use in water catchment areas. In the meantime it has become obvious that financial support for the development of biological control

agents by the Federal Government or the governments of the "Länder" will only be granted if there is no need for protection of these areas. Moreover, there are efforts being made to withdraw the authorization for plant protection substances having a ban or restriction for use in water catchment areas. All these prerequisites reveal the importance of decisions taken by the responsible authorities for future development of biological control in the Federal Republic of Germany. If it will prove to be necessary from a scientific point of view to protect water catchment areas from biological control agents (the authorization for them by the way will only be given if there is no risk for health of man and animals!) one must consider seriously whether investigations on biological control by microbials and viruses should further be encouraged and supported financially.

- - - - -

"Der Boden gehört uns nur zur Hälfte. Wir müssen die Reichtümer, die er hervorbringt, mit der unzähligen Legion von Parasiten teilen, die sich auf ihm festsetzen, und wir ernten in Wirklichkeit nur, was uns die Parasiten übrig lassen." (Emil Roux, zitiert nach BRAUN, 1956). Diese Feststellung umreißt die Situation, in der sich die Menschen seit Beginn des Anbaues von Kulturpflanzen bis heute befinden und wohl auch zukünftig befinden werden.

Eine leistungsfähige Pflanzenerzeugung, "Über"-Lebensgrundlage für die wachsende Zahl von Menschen, hat daher zu jeder Zeit Pflanzenschutz als wichtige und notwendige Voraussetzung. Pflanzenschutz ist also keinesfalls eine "Abirrung" während der letzten Jahrzehnte. Den fortschreitenden wissenschaftlichen Erkenntnissen und den technischen Möglichkeiten entsprechend, nahm jedoch

seine Schlagkraft im Laufe der Zeit zu (vgl. auch BERAN, 1976; BRAUN, 1933; BRAUN, 1956; SCHWINN, 1986; ORLOB, 1964). Während man in früheren Jahrhunderten vorwiegend auf meist unzulängliche physikalische und chemische Verfahren angewiesen war (BRAUN, 1933; BRAUN, 1956), beschäftigte man sich seit den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts zunehmend mit den Möglichkeiten des biologischen Pflanzenschutzes (FRANZ, 1961; MÜLLER-KÖGLER, 1965; REH, 1913). Trotz einiger beachtlicher Erfolge (vgl. u.a. FRANZ und KRIEG, 1982; DeBACH, 1964), konnte der biologische Pflanzenschutz, der bis heute überwiegend eine "biologische Schädlingsbekämpfung" ist (vgl. hierzu die Anmerkung am Ende der Arbeit), den in den vierziger Jahren einsetzenden und noch andauernden Siegeszug des chemischen Pflanzenschutzes nicht aufhalten.

Insbesondere in Ländern mit hoch entwickelter Landwirtschaft setzte schon frühzeitig aus wirtschaftlichen Zwängen heraus eine Intensivierung des chemischen Pflanzenschutzes ein. Es dauerte nicht lange, und Kritik an dieser Entwicklung wurde laut: Man sah Gefahren für Mensch, Tier und Umwelt und wandte sich mit diesen Bedenken an ein breiteres Publikum (CARSON, 1962), diskutierte die Probleme aber ebenfalls in der Fachwelt. Die Überlegungen, wie man einen Ausgleich zwischen den Forderungen nach Pflanzenschutz, insbesondere durch chemische Mittel, und gleichzeitig minimalen Auswirkungen auf die Umwelt erreichen könne, führten zur Entwicklung der Theorie vom "integrierten Pflanzenschutz": "Integrated control, originally coined to define the blending of biological control agents with chemical control interventions (BARTLETT, 1956), has now assumed wider meaning. GEIER and CLARK (1961) have called this conception of pest control protective management of noxious species or pest management for short, in which all available techniques are evaluated and

consolidated into a unified program to manage pest populations so that economic damage is avoided and adverse side effects on the environment are minimized (NAS, 1969)". (LUCKMANN and METCALF, 1975).

Dieses Konzept ist in der Definition der IOBC / WPRS (International Organization for Biological Control of noxious animals and plants / West Palaearctic Regional Section) unter Einbeziehung der Auswirkungen auf den Menschen erweitert und fortentwickelt worden:

"Ein Verfahren, bei dem alle wirtschaftlich, ökologisch und toxikologisch vertretbaren Methoden verwendet werden, um Schadorganismen unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle zu halten, wobei die bewußte Ausnützung aller natürlichen Begrenzungsfaktoren im Vordergrund steht" (FRANZ und KRIEG, 1982).

In der Bundesrepublik Deutschland wuchs unter dem Eindruck neuer Erkenntnisse "über ökologische Auswirkungen der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln aufgrund verfeinerter Untersuchungsmethoden" der Wille des Gesetzgebers, "zu mehr Umweltschutz in der Landwirtschaft beizutragen" (PAG und LINN, 1987). Hieraus ergab sich die Notwendigkeit, die bisherigen, aus dem Jahre 1968 stammenden und in der Folgezeit mehrfach ergänzten gesetzlichen Regelungen durch ein neues Pflanzenschutzgesetz abzulösen.

In diesem "Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen" (Pflanzenschutzgesetz - PflSchG) vom 15. September 1986 wird als eine bedeutende Neuerung der Schutz des Naturhaushalts (§ 2 Abs. 1. Nr. 6 PflSchG: Boden, Wasser, Luft, Tier- und Pflanzenarten sowie das Wirkungsgefüge zwischen ihnen) "gleichrangig neben den Schutz der Gesundheit von Mensch und Tier - aber auch den Schutz der Kulturpflanzen - gestellt" (PAG und LINN, 1987; vgl. ebenfalls § 1 PflSchG).

Diese Vorgaben gilt es, bei der Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln zu beachten (vgl. § 15 PflSchG), doch wird der Anwender gleichfalls in die Pflicht genommen: "Pflanzenschutzmittel dürfen nur nach guter fachlicher Praxis angewandt werden. Zur guten fachlichen Praxis gehört, daß die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes berücksichtigt werden ..." (§ 6 PflSchG).

Von der Verwirklichung des integrierten Pflanzenschutzes, insbesondere in der umfassenden und ausgewogenen Auffassung der IOBC / WPRS, kann man all das erwarten, was der Gesetzgeber als Zwecke des Pflanzenschutzgesetzes genannt hat: Schutz der Kulturpflanzen und Pflanzenerzeugnisse, Abwendung der Gefahren für Mensch, Tier und Naturhaushalt, die aus der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln entstehen können. Interessant ist in diesem Zusammenhang, welche Schwerpunkte im Pflanzenschutzgesetz bei der Definition des integrierten Pflanzenschutzes gesetzt worden sind: "eine Kombination von Verfahren, bei denen unter vorrangiger Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt wird" (§ 2 Abs. 1 Nr. 2 PflSchG). In der amtlichen Begründung zum Pflanzenschutzgesetz wird betont, daß in diesem System in dem erforderlichen Umfang auch der Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel seinen Platz habe. Von der Bevorzugung einer ganzen Reihe anderer Maßnahmen, und hierbei nicht zuletzt des biologischen Pflanzenschutzes, erwartet man aber offenbar, daß sie die Absichten des Pflanzenschutzgesetzes erst in vollem Umfang verwirklichen helfen.

Der Gesetzgeber hat hiermit auf die in aller Welt erarbeiteten Forschungsergebnisse zum integrierten und biologischen Pflanzenschutz reagiert, vielleicht nicht zuletzt auch aufgrund der überwiegend positiven Bewertung in der Öffentlichkeit. Welchen Rang die Bundesregierung dem bio-



logischen Pflanzenschutz beimißt, wird in einer Antwort auf eine parlamentarische Anfrage deutlich:

"Die Bundesregierung mißt der Förderung, der Erforschung und Entwicklung biologischer und biotechnischer Pflanzenschutzverfahren sowie deren Einführung in die Praxis seit langem große Bedeutung bei. Die erforderlichen Maßnahmen wurden dementsprechend innerhalb eines weit gesteckten Rahmens ergriffen. Es sind Mittel für Forschung und Entwicklung bereitgestellt, qualifizierte Beratungsgremien eingesetzt und insbesondere im Geschäftsbereich des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML) spezielle Forschungseinrichtungen geschaffen worden (Institut für biologische Schädlingsbekämpfung; Institut für Resistenzgenetik). Hinzu kommt eine intensive wissenschaftliche Abstimmung mit den für die Pflanzenschutzberatung zuständigen Ländern sowie entsprechende Kontakte mit den auf diesem Gebiet ebenfalls tätigen Staaten. ... Auf dieser Grundlage und um den Umweltschutz in der landwirtschaftlichen Produktion weiterhin voranzutreiben, wird die Bundesregierung die Forschung über biologische Schädlingsbekämpfung auch zukünftig tatkräftig unterstützen" (Bundesregierung, 1985).

In Anbetracht der aufgewandten Fördersummen ist die Ernsthaftigkeit dieser Aussagen, die übrigens nicht nur vom BML und Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT), sondern auch vom Bundesminister für Jugend, Familie, Frauen und Gesundheit (BMJFFG) mitgetragen wurde, nicht zu bezweifeln.

So wurden im Rahmen der BMFT-Förderung "Insektenviren" ca. 20 Millionen DM aufgewandt. Als sich bei der Zusammenstellung und Prüfung der Unterlagen eines Antrages auf Zulassung für ein Mittel mit Apfelwicklergranulosevirus das Fehlen grundlegender Daten zum Versickerungsverhalten von Baculoviren zeigte, wurden rasch und problemlos noch einmal ca. 150.000,-- für die erforderlichen Untersuchungen bereitgestellt.

Im Gegensatz zu der großen Bedeutung, die dem biologischen Pflanzenschutz in Politik und Öffentlichkeit beigemessen wird, spielt der Einsatz biologischer Pflanzenschutzmittel - übrigens nicht nur in der Bundesrepublik Deutschland - in der landwirtschaftlichen Praxis so gut wie keine Rolle (BODE, 1987). Es gibt nur einige zugelassene Pflanzenschutzmittel mit Bacillus thuringiensis, sämtlich mit einer Wasserschutzgebietsauflage (W 2). Andererseits ist das Interesse der Industrie vorhanden, neue Mittel zur Praxisreife zu entwickeln, und zwar nicht nur Mittel mit Bacillus thuringiensis, sondern auch mit entomopathogenen Pilzen und Baculoviren. Daß dieses zweifellos vorhandene Interesse an Entwicklung und Zulassung mikrobiologischer Pflanzenschutzmittel insgesamt noch gering ist, liegt primär sicher an ihren Besonderheiten, die sie am Markt im Vergleich zu chemischen Mitteln wenig konkurrenzfähig sein lassen: Selektivität, hoher Verkaufspreis, Schwierigkeiten beim Einbau in herkömmliche Pflanzenschutzsysteme. Im übrigen ist es gar nicht leicht und zudem sehr teuer, ein den heutigen Anforderungen an Wirksamkeit, Wirkungssicherheit und Unbedenklichkeit entsprechendes Mittel aus Mikroorganismen oder Viren bis zur Marktfähigkeit zu bringen. Kleinere und mittlere Firmen kommen hierfür in der Regel nicht in Betracht. Die Entwicklungskosten sind vor dem Hintergrund der relativ geringen Absatzchancen, auch im Weltmaßstab gesehen, sehr hoch. Insbesondere fallen beträchtliche Kosten für die Erarbeitung der im Verfahren der Prüfung und Zulassung der Zulassungsbehörde vorzulegenden Untersuchungsergebnisse an (vgl. hierzu bei BODE, 1987). Hervorzuheben ist allerdings, daß die im Zulassungsverfahren der Bundesrepublik Deutschland zur Beurteilung biologischer Pflanzenschutzmittel erforderlichen Unterlagen im großen und ganzen nicht von den Rahmenempfehlungen des Europarates (1984) abweichen. Nicht zuletzt im langfristigen zu sehenden Interesse am biologischen Pflanzenschutz besteht die

Notwendigkeit, über Kenntnisse im vorgegebenen Rahmen vor der Zulassung zu verfügen. Hierin besteht auch keine Meinungsverschiedenheit zwischen Zulassungsbehörde und Industrie, wie sich in zahlreichen Besprechungen erwiesen hat. Es soll jedoch nicht verschwiegen werden, daß im Einzelfall das Erfordernis der einen oder anderen Untersuchung durchaus divergent beurteilt wird. Auch bei der Bewertung der Untersuchungsergebnisse und den daraus u. U. resultierenden Kennzeichnungsaufgaben besteht nicht immer Einmütigkeit zwischen Zulassungsbehörde, Einvernehmensbehörden und Antragstellern.

Wegen der besonderen Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Wasserschutzgebietsaufgabe (W 2) zu erwähnen, die nicht zuletzt aufgrund der von MÜLLER (1977) vertretenen Auffassung bei der Zulassung der Bacillus thuringiensis-haltigen Pflanzenschutzmittel erteilt wird. Biologische Pflanzenschutzmittel aus Mikroorganismen und Viren werden in Bezug auf eine Gefährdung durch Kontamination des Grund- und Trinkwassers generell kritisch betrachtet, auch wenn sie, und das ist Voraussetzung für eine Zulassung, apathogen für Mensch und Wirbeltiere sind. Als Beispiel sei auf die oben erwähnten aufwendigen Untersuchungen zum Versickerungsverhalten bei Baculoviren verwiesen. Nach Auffassung der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft sollte immer dann von einer Wasserschutzgebietsaufgabe abgesehen werden, wenn die betreffenden Mikroorganismen und Viren autochthon in der Palaearktis vorkommen und der Nachweis der Apathogenität und Atoxigenität für Mensch und Nutztiere geführt ist. Im Falle einer möglichen Toxigenität, wie z. B. bei Bacillus thuringiensis, sollte man einer quantitativen Betrachtungsweise gegenüber aufgeschlossen sein (Mengenvergleich zwischen Bacillus cereus und B. thuringiensis).

In den Wasserschutzgebietsauflagen sehen nicht nur Zulassungsinhaber, Antragsteller oder grundsätzlich an der Entwicklung mikrobiologischer Pflanzenschutzmittel interessierte Firmen eine starke Einschränkung des Kreises potentieller Anwender, sondern auch die Biologische Bundesanstalt und für den Pflanzenschutz zuständige Länderbehörden. Mit dieser Auflage wird den biologischen Pflanzenschutzmitteln der wesentliche Wettbewerbsvorteil genommen. Überdies wird es der Öffentlichkeit gegenüber nicht leicht sein zu erklären, warum diese Mittel, die nach Pflanzenschutzgesetz, nach zahlreichen öffentlichen Bekundungen der Bundesregierung und in deren Antworten auf parlamentarische Anfragen als besonders umweltschonend anzusehen sind, eine Wasserschutzgebietsauflage erhalten. Nach neueren Informationen wird überdies die Förderung zur Weiterentwicklung biologischer Pflanzenschutzmittel durch öffentliche Mittel von der Nichterteilung einer Wasserschutzgebietsauflage abhängig gemacht.

Alle diese Gründe machen die zentrale Rolle deutlich, die die Beurteilung zum Aspekt "Wasserschutz" für die fernere Entwicklung des biologischen Pflanzenschutzes durch Verwendung von Mikroorganismen und Viren spielt. Darüber hinaus sollten alle an der Zulassung beteiligten Behörden die Gelegenheit des Fachgespräches nutzen und prüfen, ob unter Beachtung der grundlegenden Forderungen des § 1 PflSchG bisher wirklich alles getan worden ist, die Entwicklung des biologischen Pflanzenschutzes zu fördern. Falls aus fachlicher Sicht kein Abweichen von der gewohnten Verfahrensweise bei der Zulassung biologischer Mittel aus Mikroorganismen und Viren möglich ist, wird sich unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen wohl kaum etwas an der geringen Zahl zugelassener biologischer Mittel ändern. Unter diesen Umständen wäre allerdings auch dringend die Frage zu beantworten, inwieweit Forschungsförderung und an die

Öffentlichkeit gerichtete politische Erklärungen und Forderungen zur Fortentwicklung des biologischen Pflanzenschutzes überhaupt vertretbar sind.

Die Öffentlichkeit und nicht zuletzt alle mit der Entwicklung mikrobiologischer Pflanzenschutzmittel Beschäftigten haben einen Anspruch auf eine klare Antwort. Von ihrem Inhalt wird die zukünftige Entwicklung des biologischen Pflanzenschutzes in der Bundesrepublik Deutschland wesentlich bestimmt.

---

#### Anmerkung

- \* "Unter biologischer Schädlingsbekämpfung verstehen wir die Verwendung von Lebewesen, um mit ihnen ... die Populationen bestimmter schädlicher Tiere oder Pflanzen zu begrenzen. Dabei bedienen wir uns ... solcher Nutzorganismen, wie sie als natürliche Feinde vorkommen, ... oder wir verändern die Individuen einer Schädlingsart ... so, daß sie ihre ... Artgenossen schädigen. Im Bereich der Verwendung und Bekämpfung von Mikroorganismen (einschließlich der Viren) bewährt es sich, den Begriff des Nutzorganismus so zu erweitern, daß dieser außer intakten Lebewesen auch Einzelzellen, Virionen und genetisches Material einbezieht" (FRANZ und KRIEG, 1982).

SCHÖNBECK (1985) fordert, daß "biologischer Pflanzenschutz" mehr sein sollte als biologische Schädlingsbekämpfung: Er umfaßt Verfahren, die a) auf biologischen Wegen Schaderregerpopulationen dezimieren oder deren parasitische Leistungsfähigkeit beeinträchtigen und b) unter Einbeziehung des Stoffwechsels der Pflanze deren Widerstandsfähigkeit gegen biotische oder abiotische Schadfaktoren erhöhen. Nicht mehr die Schaderreger, sondern Gesundheit und Leistungsfähigkeit

stehen im Zentrum des Blickfeldes. KLINGAUF (1983) betont innerhalb dieses Konzeptes die Bedeutung der "Anwendung von Pflanzensubstanzen als Lockstoffe oder als Insektizide", und zwar für den chemischen Selbstschutz der Pflanzen sowie die Anwendung isolierter Pflanzeninhaltsstoffe zur Bekämpfung von Schädlingen und Pflanzenkrankheiten.

### Literatur

- BARTLETT, B.R., 1956: Natural predators. Can selective insecticides help to preserve biotic control? Agr.Chem. 11, 42-44, 107.
- BERAN, F., 1976: Chemischer Pflanzenschutz in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. In: Wegler, R. (Hg.): Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel. Bd. 3, S. 1-38, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- BODE, E., 1987: Zulassung von biologischen Pflanzenschutzmitteln. Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 344, 81-98.
- BRAUN, Hans, 1956: Neues Wissen und alte Weisheit in der Phytomedizin. Bonner Akademische Reden, H. 16, 26. S., P. Hanstein Verlag, Bonn.
- BRAUN, K., 1933: Überblick über die Geschichte der Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschädlinge (bis 1880). In: Appel, O. (Hg.): Handbuch der Pflanzenkrankheiten 1, Die nichtparasitären und Virus-Krankheiten. Erster Teil, 1-79.

- BUNDESREGIERUNG, 1985: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der SPD "Einstellung der Förderung der Forschung zur biologischen Schädlingsbekämpfung". Deutscher Bundestag, 10. Wahlperiode, Drucksache 10/3831 vom 16.09.1985
- CARSON, Rachel, 1962: Der stumme Frühling. Biederstein, München, 355 S.
- DeBACH, P. (Hg.), 1964: Biological Control of Insect Pests and Weeds. Chapman and Hall, Ltd., London, 844 S.
- EUROPARAT (Hg.), 1984: Pesticides. Advice and recommendations to be used by national and other authorities as well as manufacturers concerned with the registration of agricultural and non-agricultural pesticides. Selbstverlag, Straßburg.
- FRANZ, J.M., 1961: Biologische Schädlingsbekämpfung. In: Sorauer: Handbuch der Pflanzenkrankheiten, VI, 3. Lief., 2. Aufl., P. Parey, Berlin, 1-302.
- FRANZ, J.M. und A. KRIEG, 1982: Biologische Schädlingsbekämpfung. P. Parey, Berlin und Hamburg, 252 S.
- GEIER, P.W. and L.R. CLARK, 1961: An ecological approach to pest control. Proc. Techn. Meeting Inter. Union Conserv. Nature Nat. Res. 8th, 1960, Warsaw, 10-18.
- KLINGAUF, F., 1983: Selbstschutz der Pflanzen vor Insektenbefall. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent. 48 (2), 137-147.

- LUCKMANN, W.H. and R.L. Metcalf, 1975: The pest-management concept. In: Metcalf, R.L. and W.H. Luckmann (eds): Introduction to pest management. J. Wiley and Sons, New York, London, Sidney and Toronto, 3-35.
- MÜLLER, Gertrud, 1977: Zur Frage der Anwendung von Bacillus-Präparaten in Wasserschutzgebieten. Bundesgesundheitsblatt 20, 153-156.
- MÜLLER-KÖGLER, E., 1965: Pilzkrankheiten bei Insekten. Anwendung zur biologischen Schädlingsbekämpfung und Grundlagen der Insektenbiologie. P. Parey, Berlin, 444 S.
- National Academy of Sciences (NAS), 1969: Insect pest management and control. Publ.1695. Washington D.C., 508 pp.
- ORLOB, G.B., 1964: Vorstellungen über die Ätiologie in der Geschichte der Pflanzenkrankheiten. Pflanzenschutz-Nachrichten "Bayer" 17 (4), 185-272.
- PAG, H. und H. LINN, 1987: Das neue Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen. Gesunde Pflanzen 39 (1), I-III.
- REH, L., 1913: Die tierischen Feinde. Band 3. In: Sorauer, P. (Hg.): Handbuch der Pflanzenkrankheiten. P. Parey, Berlin
- SCHÖNBECK, F., 1985: Neue Entwicklungen im biologischen und biotechnischen Pflanzenschutz. Nachrichtenbl.Deut.Pflanzenschutzd. 37, 1-5.
- SCHWINN, F.J., 1986: Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten älter als die Chemie. CIBA-GEIGY Magazin 16 (1), 22-26.



Hans-Albrecht Carganico

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

DER GRUNDWASSERSCHUTZ BEI DER ZULASSUNG VON  
PFLANZENSCHUTZMITTELN AUS MIKROORGANISMEN UND VIREN -  
EINIGE PROBLEME AUS RECHTLICHER SICHT

GROUNDWATERPROTECTION AND AUTHORIZATION OF MICROBIOLOGICAL  
AGENTS USED AS PESTICIDES - SOME LEGAL PROBLEMS

**Zusammenfassung**

Pflanzenschutzmittel dürfen nur zugelassen werden, wenn ihre bestimmungsgemäße und sachgerechte Anwendung keine schädlichen Auswirkungen auf das Grundwasser hat. Schädliche Auswirkungen setzen hinreichend wahrscheinliche, nicht unerhebliche Grundwasserbeeinträchtigungen voraus.

Darüber hinaus fordert § 15 Abs. 1 Nr. 3 b Pflanzenschutzgesetz, daß Pflanzenschutzmittel keine sonstigen, nach dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis unvermeidbaren Auswirkungen haben dürfen. Diese Bestimmung, die das bei der Zulassung gebotene Maß an Vorsorge regelt, ermöglicht den beteiligten Behörden, bereits dem möglichen Entstehen schädlicher Auswirkungen auf das Grundwasser vorzubeugen.

Im Rahmen der Vertretbarkeitsprüfung sind aber nicht ausschließlich wasserrechtliche, sondern auch andere Gemeinwohlbelange zu berücksichtigen. Für Pflanzenschutzmittel aus Mikroorganismen und Viren können beispielsweise die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes von Bedeutung sein.

Für die Erteilung von Auflagen gilt, daß sie dem jeweiligen Gefahren- und Risikopotential angemessen sein müssen.

Auch in den Vorschriften des Wasserhaushaltsgesetzes findet sich kein absolutes Verbot jeglicher Einwirkung auf das Grundwasser. Die wasserrechtlichen Grundsatznormen erlauben vielmehr dessen umfassende Bewirtschaftung. Gleichzeitig dienen sie dem Ziel, eine möglichst hohe Grundwasserqualität für zukünftige Nutzungen sicherzustellen.

Wasserhaushaltsrechtliche Vorschriften, die Grundwasserbenutzungen zum Inhalt haben, sind auf eine sachgerechte Pflanzenschutzmittelausbringung regelmäßig nicht anwendbar.

Bei Zulassungs- bzw. Einvernehmensentscheidungen darf davon ausgegangen werden, daß die zuständigen Landesbehörden ihre wasserrechtlichen Aufgaben verantwortlich wahrnehmen. Eventuelle Vollzugsdefizite sind zwar in Rechnung zu stellen, nicht jedoch sämtlich in der Zulassungsentscheidung aufzufangen.

- - - - -

## I.

Im Rahmen der Zulassung bzw. Auflagenerteilung für Pflanzenschutzmittel aus Mikroorganismen und Viren sind verschiedene, für den Grundwasserschutz einschlägige gesetzliche "Rahmendaten" von Bedeutung. Auf einige der zentralen Bestimmungen soll im folgenden näher eingegangen werden. Die Entscheidung über die Zulassung und damit auch die rechtliche Bewertung von Pflanzenschutzmitteln aus Mikroorganismen und Viren hängt im Einzelfall davon ab, wie das jeweilige Mittel und die von ihm ausgehenden Gefahren aus naturwissenschaftlicher Sicht beurteilt werden.

§ 15 des Gesetzes zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz - PflSchG) vom 15. September 1986, der in Absatz 1 die näheren Zulassungsvoraussetzungen regelt, stellt klar, daß die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln "keine schädlichen Auswirkungen ..... auf Grundwasser" haben darf (§ 15 Abs. 1 Nr. 3a). Damit wird der Schutz des Grundwassers gleichrangig neben den der Gesundheit von Mensch und Tier gestellt. Des weiteren verlangt § 15 Abs. 1 Nr. 3 b PflSchG, daß Pflanzenschutzmittel "keine sonstigen Auswirkungen, insbesondere auf den Naturhaushalt" haben dürfen, "die nach dem Stande der wissenschaftlichen Erkenntnisse nicht vertretbar sind". Das Grundwasser wird hier als Bestandteil des Naturhaushaltes mitgeschützt (s. § 2 Abs. 1 Nr. 6 PflSchG). Für die Erteilung von Auflagen gilt entsprechend, daß sie "zum Schutz vor ... schädlichen Auswirkungen" auf das Grundwasser erforderlich sein müssen (§ 15 Abs. 3 Ziff. 1 PflSchG).

1.

Der unbestimmte Rechtsbegriff der "schädlichen Auswirkungen" auf das Grundwasser bedarf der Konkretisierung. Es sind hierunter diejenigen Pflanzenschutzmittelauswirkungen zu verstehen, die hinreichend wahrscheinlich zu einem Schaden, d. h. einer nicht unerheblichen Beeinträchtigung des Schutzgutes "Grundwasser" führen; insofern enthält § 15 Abs. 1 Nr. 3a PflSchG im wesentlichen herkömmliches Gefahrenabwehrrecht. Erheblich ist eine Beeinträchtigung dann, wenn sie nach Qualität oder Quantität eine Intensität erreicht, die eine nicht nur kurzfristige "Funktionsstörung" des geschützten Grundwassers zur Folge hat (vgl. für das Immissionsschutzrecht: JARASS, Bundesimmissionsschutzrecht, 1983, § 3 Randziffer (RZiff.) 5). So darf z.B. sein Nutzwert, insbesondere als späteres Trinkwasser, nicht

gemindert werden. Des weiteren sind Anreicherungen bzw. ständig steigende Belastungen durch Pflanzenschutzmittel zu den "erheblichen Beeinträchtigungen" zu zählen.

Demgemäß kann noch nicht jedes Durchtreten von Pflanzenschutzmitteln in das Grundwasser, etwa im Ultraspurenbereich, per se als "schädliche Auswirkung" verstanden werden und damit gleichsam die Diskussion über eine Zulassung beenden. Es kommt vielmehr darauf an, in welchem Umfang, mit welcher Intensität und über welchen Zeitraum die Anwendung eines Pflanzenschutzmittels Beeinträchtigungen des Grundwassers erwarten läßt; die jeweilige Grenzziehung zwischen unerheblicher und erheblicher Beeinträchtigung des Grundwassers und seiner Funktion bedarf einer wertenden Betrachtung im Einzelfall (vgl. allgemein für das Gefahrenabwehrrecht: HANSEN-DIX, Die Gefahr im Polizeirecht, im Ordnungsrecht und im technischen Sicherheitsrecht, 1982, S. 26, 130).

Bei der Beurteilung der Frage, inwieweit eine Anwendung etwa von Bacillus thuringiensis-Präparaten (B. t.) zu schädlichen Auswirkungen auf das Grundwasser führt, ist daher zu berücksichtigen, daß B. t. in aller Regel während der Passage der oberen Schichten im Boden zurückgehalten wird. Von Bedeutung ist weiterhin, daß die natürlich vorhandene Grundwasserkontamination ungleich höher ist, als sie durch die Anwendung der hier in Rede stehenden Mittel bewirkt werden könnte. Darüber hinaus ist von erheblicher Relevanz, ob und inwieweit B. t. als pathogen zu bewerten ist.

Lassen sich erhebliche Grundwasserbeeinträchtigungen durch Pflanzenschutzmittel aus Mikroorganismen oder Viren nicht ausschließen, erfordert eine Zulassungsversagung nach § 15 Abs. 1 Nr. 3a PflSchG - wie dargelegt - die hinreichende Wahrscheinlichkeit eines künftigen Schadenseintrittes. Damit ist der Wahrscheinlichkeitsgrad angesprochen, mit dem "schädliche Auswirkungen" für das Grundwasser zu erwarten sein müssen.

Festzuhalten ist, daß lediglich theoretische Möglichkeiten, Befürchtungen oder Spekulationen nicht ausreichen, eine hinreichende Wahrscheinlichkeit zu begründen (vgl. Bundesverwaltungsgerichtsentscheidung (BVerwGE) 55, 250, 254). Es bedarf vielmehr konkreter Anhaltspunkte, daß und welche Gefahren von der Anwendung eines Pflanzenschutzmittels ausgehen.

Darüber hinaus aber läßt sich ein allgemein gültiger, fixer Wahrscheinlichkeitsmaßstab nicht angeben. Nach der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichtes (ständige Rechtsprechung des BVerwG, s. nur: NJW 1970, S. 1890, 1892) gilt, daß an den Grad der Wahrscheinlichkeit um so geringere Anforderungen zu stellen sind, je größer das Ausmaß und die Intensität des zu erwartenden Schadens ist. Da das Grundwasser in § 15 Abs. 1 Nr. 3a PflSchG ausdrücklich neben der Gesundheit von Mensch und Tier erwähnt wird und angesichts seiner hohen Bedeutung für die allgemeine Wasserversorgung, werden auch entferntere Möglichkeiten einer Grundwasserschädigung genügen, eine hinreichende Wahrscheinlichkeit anzunehmen.

## 2.

Des weiteren dürfen Pflanzenschutzmittel, wie eingangs erwähnt, keine sonstigen Auswirkungen haben, die nach dem Stande der wissenschaftlichen Erkenntnisse nicht vertretbar sind, § 15 Abs. 1 Nr. 3b PflSchG. Diese Alternative des § 15 PflSchG ermöglicht, bereits dem Entstehen schädlicher Auswirkungen vorzubeugen und damit im Rahmen der Vorsorge eine "Sicherheitszone" im Vorfeld der zuvor beschriebenen Gefahrenabwehr zu schaffen (vgl. für das Immissionsschutzrecht: JARASS, a. a. O., § 5 RZiff. 26, FELDHAUS, Bundes-Immissionsschutzgesetz, Wiesbaden, 1986, § 1 RZiff. 4, vgl. zur Abgrenzung von Gefahrenabwehr und Vorsorge im Gewerbe-, Sicherheits- und Immis-

sionsschutzrecht REHBINDER, KAYSER, KLEIN, Chemikaliengesetz, 1985, Einführung I, RZiff. 47 m.w.N.; HANSEN-DIX, a.a.O., S.212 ff). Daß die Bestimmung Vorsorgeaspekte umfaßt, ergibt sich aus dem systematischen Zusammenhang mit § 1 Nr. 4 PflSchG, nach dem Zweck des Gesetzes u. a. ist, Gefahren abzuwenden, die durch Pflanzenschutzmittelanwendungen entstehen können, sowie aus der Entstehungsgeschichte, nach der die Vorschrift "dem Vorsorgeprinzip bei der Zulassung ..... noch stärker als bisher Rechnung" tragen soll (Bundestags-Drucksache 10/4618 vom 02.01.1986, S. 48).

Erfordert § 15 Abs. 1 Nr. 3b PflSchG demnach ebenfalls eine in die Zukunft gerichtete Prognose, nämlich die Abschätzung, inwieweit Pflanzenschutzmittelanwendungen unter Berücksichtigung künftiger Entwicklungen Quelle nachteiliger Auswirkungen werden können (vgl. für das Immissionsschutzrecht: FELDHAUS, a.a.O., § 5 RZiff. 7), hat dies nach Maßgabe des Standes wissenschaftlicher Erkenntnis zu erfolgen. Hierunter sind die aktuellen anerkannten Ergebnisse wissenschaftlicher Forschungen zu verstehen: Auf ihrer Grundlage muß unter Würdigung aller Umstände die Annahme gerechtfertigt sein, daß es im Falle einer Mittelzulassung aller Voraussicht nach nicht zu unvertretbaren Auswirkungen kommen wird (zum Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis und der hinzunehmenden Restrisiken bei atomaren Anlagen siehe: BVerfGE 49,89,136 ff; BVerfGE 53, 30 ff, 59).

Diese Risikoabschätzung, die für verschiedene Pflanzenschutzmittel aus Mikroorganismen und Viren erhebliche Relevanz erlangen kann, muß die Möglichkeit unvertretbarer Auswirkungen erkennbar werden lassen, um eine Zulassungsver-sagung zu begründen. Dabei wird die Vertretbarkeitsentscheidung neben der Bedeutung des jeweiligen Schutzgutes, hier des Grundwassers und seiner Funktionen, die Prognose-sicherheit, den Wahrscheinlichkeitsgrad möglicher Auswirkungen sowie deren Erheblichkeit berücksichtigen müssen.

Bedeutsam sind aber auch, zumindest soweit ganze Mittelgruppen in Rede stehen, die Notwendigkeiten einer leistungsfähigen Pflanzenerzeugung, für die ein wirksamer Pflanzenschutz Voraussetzung ist. Die in § 1 PflSchG benannten unterschiedlichen Zwecksetzungen müssen im Wege der Abwägung miteinander zum Ausgleich gebracht werden.

Des weiteren sind die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes zu beachten. Im Rahmen der Vertretbarkeitsprüfung ist der vorrangigen Bedeutung des biologischen Pflanzenschutzes vor chemischen Mitteln im Sinne von § 2 Abs. 1 Nr. 2 PflSchG Rechnung zu tragen.

### 3.

Die bisherigen Ausführungen galten in erster Linie der Zulassungsentscheidung; sie können sinngemäß auf die Erteilung von Auflagen übertragen werden.

Auflagen dienen, wie eingangs erwähnt, ebenfalls dem Schutz vor schädlichen Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln, § 15 Abs. 3 Nr. 1 PflSchG. Allerdings beeinträchtigen sie Antragsteller und Zulassungsinhaber weniger stark als Zulassungsversagungen. Sie sind deshalb als mildere Mittel der Nichtzulassung vorzuziehen, soweit sie das Ziel einer wirksamen Gefahren- bzw. Risikoabwehr in gleicher Weise erreichen können.

Dennoch ist zu berücksichtigen, daß Auflagen als belastende Maßnahmen sachlich gerechtfertigt und dem jeweiligen Gefahren- bzw. Risikopotential angemessen sein müssen. Insbesondere bei der Erteilung einer Wasserschutzgebietsauflage ist zu beachten, daß sie in ihrer Wirkung einer teilweisen Nichtzulassung gleichkommen kann.

II.

Verschiedentlich ist die Notwendigkeit einer Zulassungsver-  
sagung oder einer durch Wasserschutzgebietsauflagen beschränk-  
ten Zulassung für Pflanzenschutzmittel aus Mikroorganismen  
und Viren auf die Vorschriften des Wasserhaushaltsgesetzes  
(Wasserhaushaltsgesetz - WHG) vom 23. September 1986 gestützt  
worden. Dabei wurde insbesondere auf § 34 Abs. 1 WHG abge-  
stellt, nach dessen materiellem Inhalt beim Einleiten von  
Stoffen in das Grundwasser keine schädlichen Verunreini-  
gungen oder sonstige nachteilige Veränderungen seiner Eigen-  
schaften zu besorgen sein dürfen.

§ 34 Abs. 1 WHG ist jedoch nicht anwendbar, soweit Pflan-  
zenschutzmittel bestimmungsgemäß und sachgerecht, d. h.  
nach guter fachlicher Praxis ausgebracht werden. Das Ein-  
leiten von Stoffen setzt ein auf das Grundwasser bezogenes,  
zweckgerichtetes Verhalten voraus, das über lediglich  
kausale Wirkzusammenhänge hinausgeht (SIEDER, ZEITLER,  
DAHME, Wasserhaushaltsgesetz, Stand: Januar 1987, § 34  
RZiff. 7 i. V. m. § 3 RZiff. 17). Als Einleitungen sind  
deshalb lediglich mißbräuchliche Pflanzenschutzmittel-  
anwendungen anzusehen, bei denen nach den gegebenen tat-  
sächlichen Verhältnissen damit zu rechnen ist, daß das  
Mittel in das Grundwasser hineingelangt (vgl. HEINS, Pflan-  
zenproduktion und Umweltrecht, 1981, S. 160 f.). Im Gegen-  
satz dazu zielt ein sachgerechtes Ausbringen von Pflanzen-  
schutzmitteln darauf ab, Stoffe lediglich in bzw. auf die  
Pflanze selbst oder in den Boden gelangen zu lassen.

§ 34 Abs. 1 WHG enthält eine abschließend spezielle Rege-  
lung für den zuvor genannten Tatbestand. Ein darüber hin-  
ausgehender Schutz des Grundwassers gegen jegliche nach-  
teilige Veränderung läßt sich der Vorschrift nicht ent-  
nehmen. Auch wenn es den Zielen des Wasserhaushaltsgeset-  
zes entspricht, eine höchstmögliche Grundwasserqualität



sicherzustellen, sieht es gleichzeitig dessen nachhaltige Bewirtschaftung und damit dessen vielfältige Nutzung nach Maßgabe der einschlägigen Bestimmungen vor.

Für die sonstigen Vorschriften des Wasserhaushaltsgesetzes, die wie § 34 Abs. 1 Grundwassereinleitungen im Sinne des § 3 WHG regeln, gilt ebenfalls, daß sie ein zweckgerichtetes Handeln im Hinblick auf das Grundwasser erfordern. (Nach überwiegender Auffassung werden Pflanzenschutzmittelanwendungen deshalb von diesen Bestimmungen nicht erfaßt (GIESEKE, WIEDEMANN, CZYCHOWSKI, Wasserhaushaltsgesetz, 1985, § 3 RZiff. 49; HEINS, a.a.O., S. 160 f., m.w.N.; für Düngemittel: SIEDER, ZEITLER, DAHME, a.a.O., § 3 RZiff. 3 a, RZiff. 17).

Im Ergebnis nichts anderes folgt aus § 3 Abs. 2 Nr. 2 WHG, der als Auffangtatbestand solche Maßnahmen den bewilligungs- oder erlaubnispflichtigen Grundwasserbenutzungen gleichstellt, "die geeignet sind, dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß schädliche Veränderungen der ... Beschaffenheit des Wassers herbeizuführen" (s. GIESEKE, WIEDEMANN, CZYCHOWSKI, a.a.O., § 3 RZiff. 74; HEINS, a.a.O., S. 163; je nach Lage des Einzelfalles: SIEDER, ZEITLER, DAHME, a.a.O., § 3 RZiff. 29). Allerdings wird erwogen, § 3 Abs. 2 Nr. 2 WHG auf großflächig angelegte Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen aus Luftfahrzeugen anzuwenden und sie damit einer besonderen wasserrechtlichen Erlaubnis zu unterwerfen (s. GIESEKE, WIEDEMANN, CZYCHOWSKI, a.a.O., § 3 RZiff. 74; HEINS, a.a.O., S. 163; SIEDER, ZEITLER, DAHME, a.a.O., § 3 RZiff. 29; offen bleibt, ob dies aus Gründen des Grundwasser- oder des Oberflächenschutz erfolgen soll). Im übrigen dürften Pflanzenschutzmittel, deren bestimmungsgemäße und sachgerechte Anwendung generell geeignet ist, schädliche Veränderungen in dem in § 3 Abs. 2 Nr. 2 WHG genannten Ausmaß herbeizu-

führen, den Voraussetzungen des § 15 Abs. 1 PflSchG nicht genügen. Die Zulassung wäre zu versagen, soweit nicht Auflagen entsprechenden Beeinträchtigungen wirksam begegnen können.

Des weiteren ist in § 6 WHG, der die Anforderungen an entsprechende Benutzungen im allgemeinen enthält, vorgesehen, daß im jeweiligen Einzelfall eine Abwägung zwischen sämtlichen berührten Belangen des Gemeinwohls stattzufinden hat. Hierzu zählen auch solche Belange, die in anderen Bestimmungen als denen des WHG verankert sind, beispielsweise die einer leistungsfähigen Pflanzen-erzeugung.

Auch aus den sonstigen Vorschriften des Wasserhaushaltsgesetzes, insbesondere seiner Grundsatznorm § 1 a, läßt sich eine generelle Vorrangstellung des Grundwasserschutzes im Sinne eines Verbots jeglicher Einwirkung auf das Grundwasser nicht herleiten. Ziel des Wasserhaushaltsrechts ist es zwar, vermeidbare Beeinträchtigungen zu unterbinden und so einen möglichst hohen Qualitätszustand des Grundwassers zu gewährleisten. Gleichzeitig schließen die wasserrechtlichen Regelungen aber eine Bewirtschaftung auch des Grundwassers nicht aus. Rahmen- und Bewirtschaftungspläne schaffen beispielsweise die notwendigen Voraussetzungen, um künftige wasserwirtschaftliche Nutzungen sicherzustellen, §§ 36, 36b WHG.

Die Bewirtschaftung des Grundwassers hat dem Wohl der Allgemeinheit zu dienen, § 1 a Abs. 1 WHG. Zu solchen Gemeinwohlbelangen zählen neben der öffentlichen Wasserversorgung etwa die Reinhaltung der Gewässer oder eine sparsame Gewässerbenutzung. Zusätzlich zu den wasserrechtlichen Belangen sind jedoch auch andere, außerhalb des Wasserrechts geregelte Gemeinwohlinteressen beachtlich (SIEDER, ZEITLER, DAHME, a.a.O., § 1 a Rziff. 6, § 6 Rziff. 7).

Auf eine leistungsfähige Pflanzenerzeugung, die Pflanzenschutz im Sinne des § 1 PflSchG erfordert, ist zuvor bereits hingewiesen worden. Stehen Belange des Wasserrechts anderen Gemeinwohlinteressen entgegen, wird jeweils abzuwägen sein, welche der widerstreitenden Belange überwiegen. Daß im Rahmen eines solchen Interessenausgleichs der öffentlichen Wasserversorgung eine besondere Bedeutung zukommt, ist ebenfalls bereits dargetan worden.

### III.

Abschließend sollen die Befugnisse der Länder bei der Sicherung einer möglichst hohen Grundwasserqualität erwähnt werden. Deren jeweils zuständigen Behörden obliegt es, die Bestimmungen des Wasserhaushaltsgesetzes und der Landeswassergesetze zu vollziehen und so für einen wirksamen Grundwasserschutz vor Ort Sorge zu tragen. Dies kann beispielsweise durch die Festsetzung von Wasserschutzgebieten geschehen. § 19 Abs. 1 Nr. 3 WHG sieht ausdrücklich vor, daß Wasserschutzgebiete festgesetzt werden können, um den Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in das Grundwasser zu verhüten. Handlungen, die mit dem durch die Gebietsfestsetzung verfolgten Schutzzweck nicht in Einklang stehen, können verboten oder für nur beschränkt zulässig erklärt werden.

Aber auch außerhalb von Wasserschutzgebieten stellt das Wasserrecht ein vielfältiges Instrumentarium zur Verfügung, um den erforderlichen Grundwasserschutz zu gewährleisten. So erlaubt § 25 Abs. 3 Hessisches Wassergesetz, Handlungen und Maßnahmen zu untersagen, "wenn diese auf das Grundwasservorkommen einwirken oder einwirken können und dadurch entweder der Bestand einer Wasserversorgungsanlage gefährdet wird oder die Gefährdung eines für die Wasserversorgung benötigten Grundwasservor-

kommens zu besorgen ist". Regelungen ähnlichen Inhalts finden sich in § 36 Abs. 3 saarländisches Wassergesetz (Befugnis, Handlungen zu untersagen, "wenn ... die Gefährdung eines für die künftige Wasserversorgung vorgesehenen Gewässers zu besorgen ist") und § 13 Abs. 3 rheinland-pfälzisches Wassergesetz.

Unter den in den jeweiligen landesrechtlichen Bestimmungen genannten Voraussetzungen dürfen beispielsweise die Anzahl der landwirtschaftlich genutzten Flächen beschränkt, die Art ihrer Nutzung festgelegt oder der Umfang der auszubringenden Pflanzenschutzmittel vorgeschrieben werden.

Auch das bayerische Wassergesetz sieht die Möglichkeit vor, Verordnungen über die Reinhaltung des für die Wasserversorgung bestimmten Wassers zu erlassen, wenn die Aufrechterhaltung der öffentlichen Reinlichkeit oder Gesundheit dies erfordern und geht damit deutlich über die Schutzmöglichkeiten nach § 19 WHG hinaus.

Im übrigen enthalten die Wassergesetze Niedersachsens (§ 50), Bremens (§ 49), Baden-Württembergs (§ 24 Abs. 2), Nordrhein-Westfalens (§ 15 Abs. 4), Schleswig-Holsteins (§ 15 Abs. 3) und Hamburgs (§ 27 Abs. 4) im Vorfeld zukünftiger Festsetzungen Möglichkeiten, vorläufige Anordnungen zu treffen, um die mit einer späteren Wasserschutzgebietsfestsetzung verfolgten Schutzzwecke sicherzustellen.

Die genannten Vorschriften versetzen die zuständigen Landesbehörden regelmäßig in die Lage, spezifischen Standortproblemen, etwa besonderen hydrogeologischen Verhältnissen, Rechnung zu tragen (s. neuerdings auch § 3 Abs. 3 des Entwurfs der Verordnung über Anwendungsverbote für Pflanzenschutzmittel, Stand 14.07.1988). Grundwasserunreinigungen, wie sie z. B. für Bacillus thuringiensis bei zerstörten Bodendeckschichten (klüftiges Gestein, Karstge-

biete) oder kurzen Uferfiltrationsstrecken beobachtet wurden (G. MÜLLER, Zur Frage der Anwendung von Bacillus-Präparaten in Wasserschutzgebieten, Bundesgesundheitsblatt 20, Nr. 12, vom 10. Juni 1977, S. 153-154), kann durch entsprechende wasserrechtliche Maßnahmen begegnet werden.

Diese, der Gefahrenabwehr und Vorsorge im Grundwasserbereich dienenden Kompetenzen der Länder haben die Zulassungs- und Einvernehmensbehörden bei ihren Entscheidungen zu berücksichtigen. Sie sind nicht berechtigt, eventuelle Vollzugsdefizite durch Zulassungsversagungen oder Auflagen umfassend aufzufangen. Zulassungs- und Einvernehmensbehörden müssen im Rahmen ihrer jeweiligen Gefahren- bzw. Risikoabwehraufgaben nach § 15 PflSchG insoweit lediglich die regelmäßig vorzufindenden tatsächlichen Gegebenheiten in Rechnung stellen.

Erwin König

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt  
Baden-Württemberg, Abteilung Waldschutz, Freiburg i. Br.

**DER BIOLOGISCHE PFLANZENSCHUTZ IN DER PRAXIS -  
ERWARTUNGEN UND BEDARF AUS DER SICHT DES WALDSCHUTZES**

BIOLOGICAL CONTROL IN PRACTICE - EXPECTATIONS AND  
DEMAND FROM THE VIEWPOINT OF FOREST PROTECTION -

Summary

Forests are relatively stable ecosystems with a high potential for self-regulation. Besides the production of wood, they have to fulfill important ecological and social functions. Therefore the use of chemical pesticides in the forest should be greatly restricted; in case of dangers microbial control methods should be preferred. Some examples illustrating successful application of microorganisms and viruses are presented, and additional needs existing in practice are pointed out. Facilitating the clearance procedure is prerequisite to harnessing pathogens for microbial control in practice.

**1. Einleitung und Problemstellung**

Die Kulturart Wald bedeckt in der Bundesrepublik Deutschland 29 % der Gesamtfläche. Von anderen Arten der Bodennutzung unterscheidet sich die Forstwirtschaft durch folgende Besonderheiten:

- Die Produktionszeiträume, die zwischen 100 Jahren (beim Fichtenbetriebszieltyp) und rund 300 Jahren (beim Furiereichenbetriebszieltyp) betragen, sind ungewöhnlich lang.

- Die Wälder haben in einer Industriegesellschaft neben der Holzproduktion sehr wichtige ökologische und soziale Funktionen zu erfüllen (z. B. als Ausgleichsräume für Ballungszentren und Intensivkulturen, als Erholungsräume für dicht besiedelte Gebiete, zur Bereitstellung großer Mengen einwandfreien Trinkwassers und zur Reinigung der Luft).
- Auch Wirtschaftswälder, vor allem standortgerecht bestockte Bestände, sind relativ stabile Ökosysteme mit hoher Kraft zur Selbstregulierung, die es zu bewahren gilt.

Im Laufe des langen Bestandeslebens wird die Erfüllung der vielfältigen Funktionen der Waldökosysteme durch zahlreiche Gefahren abiotischer (z. B. Sturm, Schnee, Eis, Hitze, Dürre, Feuer, Immissionen) und biotischer Art (durch Schädlinge und Krankheiten) bedroht. Um die Widerstandskraft von Bäumen und Beständen zu steigern und die Schaderreger in Schach zu halten, stehen vor allem waldbauliche Verfahren, mit denen standortgerechte und stabile Bestände begründet und erzogen werden, sowie physikalische, chemische und biologische Methoden des Waldschutzes zur Verfügung.

Zur bestmöglichen Erfüllung der übergeordneten ökologischen und sozialen Funktionen ist im Wald der Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel einerseits möglichst weitgehend einzuschränken. Andererseits zwingen heute die neuartigen Waldkrankheiten oft zu raschem Handeln, wenn durch Schadorganismen zusätzliche Blatt- oder Nadelverluste drohen. Aus diesem Dilemma kann der Einsatz selektiv wirkender, mikrobiologischer Präparate am ehesten herausführen. Dieselben müssen jedoch zur Verfügung stehen - oder besser: im Handel erhältlich, d. h. zugelassen sein.

## 2. Erprobte Krankheitserreger zur biologischen Bekämpfung von Forstinsekten in Europa

Seit der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts werden mikrobiologische Verfahren in unterschiedlichem Umfang auch gegen verschiedene Forstschädlinge eingesetzt. Mit Bacillus thuringiensis, das sich relativ leicht (in vitro) herstellen läßt und Wirkstoff mehrerer bereits zugelassener und im Handel befindlicher Mittel ist, wurden bereits größere Bestände erfolgreich behandelt.

Der Einsatz von insektenpathogenen Viren, deren Vermehrung wirtschaftlich bisher nur über infiziertes Wirtsmaterial (in vivo) möglich ist, erfolgt in Europa überwiegend versuchsweise auf relativ kleinen Flächen.

### 2.1 Einsatz von Bacillus thuringiensis-Präparaten gegen forstschädliche Lepidopteren-Larven

Einen Überblick über bisherige Bekämpfungsaktionen mit erfolgreichem Verlauf soll nachstehende Übersicht vermitteln (Tabelle 1).

Eigene Erfahrungen liegen uns aus einem Einsatz im Jahre 1967 im Forstbezirk Kandern (Vorbergzone des Südschwarzwaldes) vor. Hier galt es, den durch den Grünen Eichenwickler (Tortrix viridana) drohenden Kahlfraß in Traubeneichenbeständen zu verhindern, um die für die Eichennachzucht dringend benötigte Eichelmast zu retten (KÖNIG, 1970). In einer Dosierung von 0,5 kg und 1,0 kg/ha wurde das Bacillus thuringiensis-Präparat Thuricide 90 TS flowable (=  $1,5 \times 10^{13}$  bzw.  $3 \times 10^{13}$  Sporen/ha) vom Hubschrauber aus versprüht. Die mittels Kotfallkontrollen nachgewiesenen Wirkungsgrade lagen zwischen 72 und 82 %.



Tabelle 1: Beispiele befriedigender Bekämpfungserfolge mit Bacillus thuringiensis gegen forstliche Lepidopteren (nach FRANZ/KRIEG, 1982, verändert).

Schaderreger	Behandelte Wirtsbäume	Land
Bupalus piniarius	Nadelholz	DDR
Lymantria dispar	Laubholz	BR Deutschland, Frankreich, Jugoslawien, Rumänien, Spanien, UdSSR
Stilpnotia salicis	Laubholz (Pappel)	Österreich, CSSR, Belgien, Schweiz
Thaumetopoea pityocampa	Kiefer	Frankreich, Italien, Grie- chenland, Jugo- slawien, Spanien, Portugal
Thaumetopoea processionea	Eiche	Frankreich, Italien, Rumänien
Tortrix viridana	Eiche	BR Deutschland, DDR, Frankreich, UdSSR
Zeiraphera diniana	Lärche	Frankreich, Schweiz

Zwar erzielte das zum Vergleich eingesetzte DDT mit 93 bzw. 94 % einen deutlich höheren Wirkungsgrad; aber die breite Wirkung auf die gesamte Entomofauna und die hohe Persistenz dieses Insektizids sind so schwerwiegende Nachteile, daß das Bacillus thuringiensis-Präparat insgesamt günstiger zu beurteilen ist.

Bei der Anwendung von Bacillus thuringiensis wird als nachteilig empfunden, daß der Erreger keine Epidemien erzeugt. Er wirkt also nur auf die behandelte Generation und breitet sich räumlich nicht aus. Weiterhin sollen nach dem Einsatz von Bacillus thuringiensis gute Witterungsbedingungen herrschen: Mittlere Temperaturen (15 bis 25° C) sind erforderlich, damit die Raupen eine hohe Fraßaktivität entfalten, um mit dem Futter hinreichend Sporen und toxinhaltige parasporale Kristalle aufzunehmen, die dann zusammen im Mitteldarm eine Paralyse mit tödlicher Sepsis hervorrufen.

Die größte Einschränkung für den Einsatz von Bacillus thuringiensis-Präparaten im Forst stellt deren Belegung mit der Wasserschutzgebietsauflage W 2 dar. Denn die mit Bacillus thuringiensis gut bekämpfbaren Organismen (z. B. Eichenwickler, Schwammspinner) schädigen häufig in Wuchsgebieten (z. B. im Rheintal), in denen der Flächenanteil ausgewiesener Wasserschutzgebiete besonders hoch ist. Dadurch wird der nach dem Prinzip des integrierten Pflanzenschutzes an sich erwünschte Einsatz mikrobiologischer Präparate außerordentlich stark behindert.

## 2.2 Einsatz von insektenpathogenen Viren gegen Forstschädlinge

Insektenpathogene Viren sind in der Natur weit verbreitet und führen häufig zu epidemischen Zusammenbrüchen von Massenvermehrungen (z. B. Kernpolyedervirus bei Nonne, Schwammspinner, Roter Kiefernbuschhornblattwespe, Granulosevirus bei Tannentriebwickler). Einige Bekämpfungsversuche mit Einschließungskörpern von Viren gegen Forstschädlinge in Europa sind in Tabelle 2 zusammenstellt.

Tabelle 2: Beispiele von Bekämpfungsversuchen mit Virus-Einschließungskörpern gegen Larven von Lepidoptera und Hymenoptera in europäischen Wäldern (nach FRANZ/KRIEG 1982, verändert)

Virustyp	Schädlingsart	Behandelte Wirtsbäume	Land
Granulosevirus	<i>Choristoneura murinana</i>	Tanne	BR Deutschland
Kernpolyeder-virus	<i>Lymantria dispar</i>	Laubholz	BR Deutschland, Italien, Jugoslawien, Rumänien, UdSSR
	<i>Lymantria monacha</i>	Nadelholz	BR Deutschland, Schweden, Dänemark
	<i>Diprion hercyniae</i>	Fichte	England
Zytoplasma-polyeder-viren	<i>Neodiprion sertifer</i>	Kiefer	BR Deutschland u. a. europäi-Länder
	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	Kiefer	Frankreich

Die aus der Bundesrepublik Deutschland vorliegenden Versuchserfahrungen wurden gegen Tannentriebwickler (*Choristoneura murinana*) im Schwarzwald, gegen Schwammspinner (*Lymantria dispar*) und Rotköpfige Kiefernbuschhornblattwespe (Neo-

diprion sertifer) u. a. im Oberen Rheintal und gegen die Nonne (Lymantria monacha) in der Lüneburger Heide gesammelt.

Nachteilig für den Einsatz insektenpathogener Viren sind die großen Schwierigkeiten bei der (meist Selbst-) Herstellung des erforderlichen Virusmaterials, da zumindest in Deutschland noch keine Präparate zugelassen und im Handel zu beziehen sind.

Da die Larven, z. B. der Nonne, erst 2 bis 3 Wochen nach erfolgter Behandlung absterben, waren bei hoher Raupendichte starke Fraßschäden nicht zu verhüten. Bei empfindlichen Baumarten, wie der Fichte, führte Kahlfraß sogar zum Absterben der Bäume.

Die aufgezeigten Nachteile versuchten mehrere Forscher mit unterschiedlichen Ansätzen aufzuheben:

- In Laborversuchen konnten SCHÖNHERR und KETTERER (1979) durch eine **Kombination** von Kernpolyedervirus (NPV) des Schwammspinners mit einer niedrigen Dosis (1/10 der Normalanwendung) Bacillus thuringiensis (B.t.) einen synergistischen Effekt erzielen, in dem die Mortalität erhöht und trotz gleicher Inkubationszeit die hemmende Wirkung des B.t.-Zusatzes auf die Fraßaktivität die Schäden merklich verringert hat. ALTENKIRCH, HUBER und KRIEG (1986) prüften diese Kombination in zwei Befallsherden in einem Naturschutzgebiet der Lüneburger Heide. Die Kombination NPV + B.t. führte gegenüber NPV allein in einem Fall zu deutlich erhöhter Anfangsmortalität und damit zu geringeren Schäden. In einem zweiten Gebiet mit sehr hoher Raupendichte machte sich dies jedoch kaum bemerkbar, da trotz eines Wirkungsgrades von mehr als 90 % die überlebenden Raupen Kahlfraß verursacht haben. Da sich das Virus aber im Folgejahr weiter ausbreitete, brach die Massenvermehrung hier mit einjähriger Verzögerung doch noch zusammen.

- Zur Verkürzung der langen Inkubationszeit der Virosen prüfte WELLENSTEIN (1973) mit seinen Mitarbeitern verschiedene **chemische Stressoren**. Unter den geprüften Substanzen führte ein Zusatz von 0,05 - 0,1 % Kupfersulfat zu Lymantria monacha-NPV ( $10^5$  Polyeder/ml) zum besten Ergebnis. Mit Stressorzusatz wurde nach 21 Tagen 100 % Mortalität erreicht gegenüber 58 % bei NPV allein.

- Erhebliche Möglichkeiten zur Einsparung von Viruspräparaten liegen in einer **veränderten Anwendungstechnik**. Da sich künstliche Virusinfektionen - insbesondere bei hoher Schädlingdichte oder geselliger Lebensweise der Schadorganismen - sowie durch die Tätigkeit bestimmter Vektoren (z. B. Insekten, Vögel) räumlich seuchenhaft ausbreiten, ist eine lückenlose Flächenbehandlung in der Praxis nicht unbedingt erforderlich.

Mit einer gezielten Behandlung einzelner bodennaher Larvenfamilien von Neodiprion sertifer an Bestandesrändern konnte SCHÖNHERR (1965) bereits nach 12 Tagen die sprunghafte Ausbreitung der Epidemie an mehreren, teilweise bis zu 150 m entfernten Orten in einer 2,6 ha großen Kiefern-dickung nachweisen.

In ähnlicher Weise gelang TRZEBITZKY, BOGENSCHÜTZ, HUBER und LOHMANN (1987) durch Behandlung vom Boden aus erreichbarer Eigelege des Schwammspinners mit einer Virussuspension im Jahr 1986 in der Nähe von Kehl die Ausbreitung einer Virusepidemie in den Kronen eines ca. 4 ha großen Eichenaltholzbestandes. Sieben Wochen nach der Behandlung mit dem amerikanischen Präparat Gypchek (mit  $10^7$  bzw.  $10^8$  Polyeder/ml) starben von aufgesammelten Larven wöchentlich 40 - 66 % an der künstlichen Virusepidemie. Die Beteiligung eines endemischen Stammes war hier mittels Restriktionsanalyse auszuschließen. Der hohe Parasitierungsgrad durch Entomophagen erhöhte die Mortalitätsrate auf 67 - 91 % pro Woche. Dadurch sank die L. dispar-Population nach Berechnungen aus den sukzessiven Mortalitätsraten auf unter 0,1 % der Ausgangspopulation. Die spätere Erfolgskontrolle erbrachte einen Rückgang der Eigelegedichte um über 99 %.

### 3. Bedarf an weiteren wirksamen Krankheitserregern

Gegen eine Reihe weiterer Schadorganismen ist der forstlichen Praxis an der Bereitstellung wirksamer biologischer Präparate aus Mikroorganismen und Viren besonders gelegen.

#### 3.1 Waldmaikäfer (Melolontha hippocastani)

Bei ansteigender Populationsdichte haben die Schäden durch Engerlinge des Waldmaikäfers örtlich ein bedrohliches Ausmaß erreicht. Besonders schmerzlich ist der Verlust von Laubholzvorbauten, die zur Stabilisierung von Monokulturen während der letzten Jahrzehnte in diesen verstärkt eingebracht worden waren. Die stärksten Ausfälle sind im nördlichen oberrheinischen Tiefland zu verzeichnen. Bei der Durchführung eines größeren Bekämpfungsversuches im Raum Karlsruhe wurde uns klar, daß sich in diesem Raum weder größere Insektizideinsätze gegen den schwärmenden Käfer noch umfangreiche Bodenbehandlungsmaßnahmen mit lindanhaltigen Mitteln durchsetzen lassen, die als einzige mit diesem Anwendungsgebiet zugelassen sind.

Da Versuche mit dem Pilz Beauveria brongniartii beim Feldmaikäfer (Melolontha melolontha) erfolgversprechend verliefen, setzten wir in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Pflanzenschutz, Stuttgart, und der Biologischen Bundesanstalt, Institut für biologische Schädlingsbekämpfung, Darmstadt, 1987 ein Blastosporenpräparat gegen den schwärmenden Waldmaikäfer ein, das aus verschiedenen Pilzstämmen bestand, die aus Feldmaikäferpopulationen isoliert worden waren. Desgleichen wurden Konidiosporen der gleichen Stämme gegen Engerlinge des Waldmaikäfers eingesetzt. Die Suche soll jetzt auf Waldmaikäferstämme des Pilzes gerichtet werden, die möglichst effektiv Engerlinge und Käfer infizieren.

### 3.2 Blattwespen-Arten

In verschiedenen Wuchsgebieten Süddeutschlands führen hohe Populationsdichten der Fichtengespinstblattwespe (Cephalcia abietis) immer wieder zu starken Fraßschäden. Sie wiegen insbesondere in den Grenzgebirgen zur CSSR, wo auch die Wald-erkrankung am weitesten fortgeschritten ist, besonders schwer. Von der Roten Kiefernbuschhornblattwespe ist ein hochwirksames Virus bekannt. Die Suche nach Viren bei Cephalcia abietis, aber auch anderen Blattwespenarten (Pristiphora abietina, Diprion pini) sollte intensiviert werden.

Da wir 1972 und 1973 in Freilandversuchen eine Wirkung von Bacillus thuringiensis auch gegen die Kleine Fichtenblattwespe feststellen konnten (KÖNIG, 1974), soll dieses Ergebnis bestätigt und die Wirkung dieses mikrobiologischen Präparates gegebenenfalls auf andere Blattwespen-Arten geprüft werden.

### 4. Erwartungen an die Zulassungsbehörde

Unter den neuen Forderungen des Gesetzes zum Schutze der Kulturpflanzen vom 15.09.1986 und nach Herabsetzung der Grenzwerte für Pflanzenschutzmittel im Trinkwasser (auf 0,1 µg/l je Wirkstoff bzw. 0,5 µg/l als Summenwert) kommt dem Einsatz mikrobiologischer Präparate im Forst eine erhöhte Bedeutung zu. Ihrem Einsatz stehen aber in der Praxis, wie teilweise bereits aufgezeigt, noch große Schwierigkeiten entgegen. Sie bestehen bei Bacillus thuringiensis-Präparaten in der Belegung mit einer Wasserschutzgebietsauflage. Noch schwieriger ist die Situation beim Einsatz von Viruspräparaten. Obwohl in anderen Ländern wirksame Präparate auf dem Markt sind, können dieselben bei uns mangels Zulassung nicht eingeführt oder vertrieben werden. Dies wirkt sich auch äußerst lähmend auf an sich notwendige Initiativen zur Herstellung weiterer Viruspräparate aus.

Um in der Praxis dem gesetzlichen Auftrag zum integrierten Pflanzenschutz noch besser nachkommen zu können, sind Erleichterungen im Rahmen der Zulassung dringend notwendig.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Wälder sind relativ stabile Ökosysteme mit hoher Kraft zur Selbstregulierung. Sie haben neben der Holzproduktion wichtige ökologische und soziale Funktionen zu erfüllen. Deshalb ist im Wald der Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel möglichst einzuschränken, und bei drohenden Gefahren sind selektiv wirkende mikrobiologische Verfahren vorzuziehen. Einige Beispiele über erfolgreiche Aktionen mit biologischen Präparaten werden vorgestellt, auf zusätzlichen Bedarf in der Praxis wird hingewiesen.

Um mikrobiologische Präparate in der Praxis verstärkt einsetzen zu können, sind aber vor allem Erleichterungen im Rahmen der Zulassung notwendig.

## Literatur

- ALTENKIRCH, W., J. HUBER, A. KRIEG, 1986: Versuche zur biologischen Bekämpfung der Nonne (Lymantria monacha L.) Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch. 93, 479-493.
- FRANZ, J.M., A. KRIEG, 1982: Biologische Schädlingsbekämpfung. 3. Auflage, Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg.



- KÖNIG, E., 1970: Die Auswirkung der Bekämpfung des Grünen Eichenwicklers (Tortrix viridana) auf die Fruktifikation von Stieleiche (Quercus robur L.) und Traubeneiche (Quercus petraea Mattuschka Liebl.) Z. angew. Entomol., 65, 319-333.
- KÖNIG, E., 1974: Zur Bekämpfung der Kleinen Fichtenblattwespe (Pristiphora abietina Christ.) mit Bacillus thuringiensis-Präparaten. Z. angew. Entomol., 77, 424-429.
- SCHÖNHERR, J., 1965: Einsatz und Ausbreitung einer Viruskrankheit zur biologischen Bekämpfung der Roten Kiefernbuschhornblattwespe (Neodiprion sertifer) (Geoffr.). Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch., 72, 466-477.
- SCHÖNHERR, J., R. KETTERER, 1979: Zur Frage der kombinierten Anwendung von Polyedervirus und Bacillus thuringiensis bei der Nonne (Lymantria monacha). Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch., 86, 483-488.
- TRZEBITZKY, C., H. BOGENSCHÜTZ, J. HUBER, K. LOHMANN, 1987: Versuch zur Bekämpfung von Lymantria dispar L. (Lepidoptera: Lymantriidae) durch Behandlung der Eigelege mit Kernpolyederviren und Erfolgskontrolle durch Restriktionsanalyse der viralen DNA. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent., im Druck.
- WELLENSTEIN, G., 1973: The Use of Insect Viruses for the Protection of Forests. EPPO Bull. no. 9, 43-52.

Georg Meinert

Landesanstalt für Pflanzenschutz, Stuttgart

DER BIOLOGISCHE PFLANZENSCHUTZ IN DER PRAXIS -  
ERWARTUNGEN UND BEDARF AUS DER SICHT DER LANDWIRTSCHAFT

BIOLOGICAL CONTROL IN PRACTICE -  
EXPECTATIONS AND DEMAND IN AGRICULTURE

Summary

To follow the concept of integrated pest control one important aspect is the reduction in the use of chemical pesticides by favouring microbial pesticides instead.

Up to now there are only few commercially available preparations with Bacillus thuringiensis which have been cleared in the Federal Republic of Germany. These insecticides, however, are not allowed to be used in water catchment areas and thus do not materialize the expectations of farmers. Consequently, they do not sell well. Nevertheless, there is still a great demand for microbial pesticides, e. g. in glasshouses (in addition to mass release of beneficial arthropods), in fruit-growing, vegetable cultivation, allotments or for aerial application. But prerequisites to fulfil this demand in practice are as follows: selectivity; sufficient and reliable efficacy; no or minor impact on ecosystems and man, no or short pre-harvest intervals; no restrictions for water catchment areas; application techniques and machinery as well as costs similar to those of chemical pesticides.

Pflanzenschutzmittel dürfen nur nach guter fachlicher Praxis angewandt werden. Zur guten fachlichen Praxis gehört, daß die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes berücksichtigt werden (§ 6 Abs. 1 PflSchG). Eine wesentliche Forderung

an den integrierten Pflanzenschutz ist die Beschränkung der Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß. Um diesem Verlangen gerecht werden zu können, müssen der Praxis noch andere direkte Bekämpfungsmaßnahmen zur Verfügung stehen, weil die vorbeugenden acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen in der Regel nicht allein ausreichen, die Schadorganismen unter die wirtschaftliche Schadensschwelle zu drücken. Biologische Pflanzenschutzmittel wären deshalb eine sehr gut geeignete Alternative zu chemischen Mitteln.

### 1. Derzeitiger Stand

Bisher sind von der Biologischen Bundesanstalt nur einige mikrobiologische Pflanzenschutzmittel zugelassen worden, und zwar ausschließlich auf der Basis von Bacillus thuringiensis. Die bei den Zulassungen vorgesehenen Anwendungsgebiete erstrecken sich auf die Bekämpfung verschiedener Schmetterlingsraupen in Kulturen des Ackerbaus (Mais), Gemüsebaus (Gemüsekohl), Obstbaus (Kern- und Steinobst), Zierpflanzenbaus (Ziergehölze, Park- und Alleebäume) und Weinbaus (zur Situation im Forst vgl. vorstehenden Artikel von KÖNIG). Die Mittel sind nicht bienengefährlich, und es brauchen keine Wartezeiten berücksichtigt zu werden. Das alles wird von der Praxis als sehr vorteilhaft angesehen. Dennoch stagniert die Anwendung, weil Mittel aus Bacillus thuringiensis relativ teuer sind (vgl. nachstehende Tabelle) und in Wasserschutzgebieten nur bedingt angewendet werden können.

Anwendungsmöglichkeiten und Kosten von <i>Bacillus thuringiensis</i>			
Kulturen	Aufwand	Mittelkosten DM/ha	Vergl.-Mittel Deltamethrin DM/ha
Ackerbau	2,0 kg/ha	236,--	64,--
Gemüsebau	0,3-0,6 kg/ha	35,-- bis 70,--	38,--
Obst- und Weinbau	0,1 %	118,--	38,--
Ziergehölze, Park- und Alleebäume	0,1 %	118,--	38,--

(Landesanstalt für Pflanzenschutz Stuttgart)

## 2. Erwartungen

Folgende Voraussetzungen sollte ein biologisches Pflanzenschutzmittel aus Mikroorganismen oder Viren erfüllen:

- Wirksamkeit gegen spezielle Schadorganismen oder
- selektive Wirkung als Ergänzung zum Nützlingseinsatz,
- hinreichende Wirkungsdauer,
- sichere Wirkung bei normalen Witterungsbedingungen (Temperatur, relative Luftfeuchte u. a.),
- Schonung des Naturhaushalts, besonders der Nützlingsfauna und Bienen,
- keine Einschränkung der Anwendung in Wasserschutzgebieten oder anderen Schutzgebieten,
- Unbedenklichkeit und einfache Handhabung für den Anwender,
- keine oder kurze Wartezeiten für die Anwendung in rückstandsrelevanten Kulturen,

- keine relevanten Rückstände auf/in Lebensmitteln sowie im Boden und Wasser,
- Ausbringung mit herkömmlichen Methoden,
- vergleichbare Kosten zu chemischen Pflanzenschutzmitteln.

Landwirte, Gärtner und Obstbauern erwarten, daß diese Art Pflanzenschutzmittel vordringlich entwickelt, geprüft und zugelassen wird. Es ist für die Praxis unverständlich, wenn ständig öffentliche Forderungen nach ökologisch günstigen Pflanzenschutzmitteln erhoben werden und letztlich aus der genannten Gruppe erst einige Pflanzenschutzmittel mit Bacillus thuringiensis zugelassen worden sind, die zudem die Wasserschutzgebietsauflage W 2 erhalten haben. Diese Auffassung wird auch von der amtlichen Pflanzenschutzberatung geteilt.

### 3. Bedarf

Wenn die vorstehend aufgeführten Voraussetzungen erfüllt werden können, wäre ein großer Bedarf für diese Pflanzenschutzmittel in der Praxis vorhanden:

- a) Diese Mittel könnten in Gewächshäusern gegen bestimmte Schadorganismen integriert mit Nützlingen ausgebracht werden. Derzeit werden Nützlinge auf ca. 38 ha Unterglasfläche in Baden-Württemberg eingesetzt.
- b) Da keine relevanten Rückstände zu erwarten sind, bringt die Abtrift keine Probleme mit sich; wäre die Anwendung in Raumkulturen, Gemüsekulturen, im Kleingartenbereich, auf Kulturflächen in Ballungsgebieten und von Luftfahrzeugen aus zu empfehlen. Die Anwendung biologischer Mittel gegen bodenbürtige Schadorganismen könnte helfen, eine zunehmend größer werdende Lücke zu schließen, weil die Bodenentseuchungsmittel nur noch beschränkt eingesetzt werden

dürfen und die meistens sehr breit wirksamen Mittel gegen Bodenschädlinge i. d. R. eine Wasserschutzgebietsauflage haben.

- c) Nicht zuletzt wären diese Mittel gegen resistente Schadorganismen einsetzbar.
- d) Im übrigen würden diese von den Nebenwirkungen her günstigen Mittel mit den chemischen Mitteln erfolgreich konkurrieren, wobei die Herbizide bisher angenommen werden können.

Der Bedarf würde sich aber auf ein Minimum reduzieren, wenn diese Pflanzenschutzmittel aus Mikroorganismen oder Viren eine Wasserschutzgebietsauflage erhielten. Allein in Baden-Württemberg befinden sich 20 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (d. h. ca. 360.000 ha) in Wasserschutzgebieten, in denen diese Mittel nach der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung nicht eingesetzt werden dürfen.

Der Handel wäre nicht bereit, diese Mittel wegen der hohen Lagerkosten für die übrigen Flächen dennoch anzubieten. Nach Auskunft von Industriefirmen wäre unter diesen Umständen eine Produktion ausgeschlossen, zumal die Industrie vornehmlich Mittel entwickelt, die keine W-Auflage haben.

Wenn der integrierte Pflanzenschutz in seiner Breite - durch den Gesetzgeber vorgeschrieben - umgesetzt werden soll, dann sind biologische Mittel zur direkten Bekämpfung der Schadorganismen unerlässlich. Mit intensiver Forschung müßte begonnen werden, um in einigen Jahren die Ergebnisse praktisch umzusetzen.

Günter Klein

Bundesgesundheitsamt, Institut für Wasser-,  
Boden- und Lufthygiene, Berlin

**BIOLOGISCHE PFLANZENSCHUTZMITTEL AUS  
DER SICHT DER TRINKWASSERHYGIENE**

BIOLOGICAL PESTICIDES AND DRINKING WATER HYGIENE

Summary

The application of biological pesticides has been restricted to areas without importance for drinking water production. The instrument for these regulations are the so called "W-Auflagen" (water protection measures). They are based on the empirical knowledge that water protection zones are well suited for the protection of water works against the penetration of pathogenic bacteria.

Because of this knowledge it seems to be important for the protection of ground water catchment areas against the pollution by biological pesticides to keep the protection zones free from these agents. This is valid even though the water catchment areas cannot be described sufficiently for every water supply systems.

Therefore besides the protection areas we need further controlling devices for the behaviour of anthropogenic contaminants (chemical as well as microbial). These are :

- Analytical methods for the detection on very low levels of contamination
- Inactivation of all spore forming biological materials used in agriculture

- Restrictions for the use of biological materials in the catchment area of water works using surface water
- Research on the hydrogeological conditions in water catchment areas, and under unfavourable conditions restrictions of use for certain areas.

## 1. Grundsätzliches

Mit wenig Besonnenheit wird in Politik und Öffentlichkeit auf die zur Zeit ablaufende Erhebung von Grund- und Trinkwasser-  
verunreinigungen mit chemischen Stoffen zur Pflanzenbehand-  
lung und Schädlingsbekämpfung reagiert. Wegen der offenbar  
bestehenden Inkompatibilität der derzeitigen Anwendungsbe-  
dingungen chemischer Pflanzenschutzmittel und der bestehenden  
gesetzlichen Vorgaben im Wasserhaushaltsgesetz, der EG-Richt-  
linie "Wasser für den menschlichen Gebrauch" und der dahin-  
gehend novellierten Trinkwasserverordnung wird von verschiede-  
nen Seiten auch der biologische Pflanzenschutz als Hand-  
lungsalternative in die Diskussion geworfen. Um zu vermeiden,  
daß auf der allgemeinen Öko- und Biomode diese zweifellos  
bedeutende Option zum Schlagwort verkommt, sind einige grund-  
sätzliche Aspekte der Debatte zu klären.

### 1.1 Biologische Pflanzenschutzmittel als Alternative zu chemischen Präparaten

Mißverständlich ist bereits die Darstellung des biologischen  
Pflanzenschutzes als Alternative zum chemischen Pflanzen-  
schutz. Schon wegen ihrer Begrenzung auf eine geringe Zahl  
von Anwendungsbereichen kann die Applikation biologischer  
Mittel zum Pflanzenschutz lediglich als Ergänzung zu den  
bestehenden Möglichkeiten aufgefaßt werden. Hierher gehört  
z. B. die Frage, ob mittels biologischer Schädlingsbekämp-  
fung die heute problematischen Grundwasserkontaminationen ver-  
mindert werden können. Für die überwiegend auf Herbizide und  
Bodenentseuchungsmittel beschränkten Problemfälle ist dies  
mit Sicherheit zu verneinen.



Insofern ist die unter anderem auch von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) und der Pflanzenschutzindustrie gewählte Argumentation unkorrekt, die das Forcieren des biologischen Pflanzenschutzes als Förderung des Pflanzenschutzgesetzes hervorhebt. Ganz im Gegensatz zu dieser Auffassung stellt das Pflanzenschutzgesetz heraus, daß Pflanzenschutzmittel "nur nach guter fachlicher Praxis angewandt werden" dürfen, welche die Berücksichtigung der "Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes" einschließt und voraussetzt. Diese Regeln zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln beinhalten damit wesentlich mehr als nur die Erfüllung des Slogans "Bakterien statt Chemie" (s. Pflanzenschutzgesetz § 6).

## 1.2 Mikrobiologie und Sicherheit der Trinkwasserversorgung

Mit dem Begriff "biologisch" wird in der Öffentlichkeit und offensichtlich auch in der Auffassung einer großen Anzahl Fachleute Naturnähe und hygienische Unbedenklichkeit verknüpft. Dies Bild sollte korrigiert werden.

- Eines der ersten großen Aufgabenpakete der öffentlichen Gesundheitspflege war die Beherrschung biologischer, nämlich durch Mikroorganismen ausgelöster Krankheiten, deren Ausbreitung sich auf dem Wasserwege vollzog. Mit den wegweisenden Arbeiten großer Hygieniker der Jahrhundertwende wurde die Grundlage für den heutigen Stand der Trinkwasserversorgung gelegt: Die Seuchenausbreitung über den Transmitter Trinkwasser ist heute in unserem Land praktisch ohne Bedeutung, und der erreichte Standard der Einzugsgebietspflege und Wasseraufbereitung läßt die Aufrechterhaltung dieses Standes für die Zukunft sicher erwarten.

- Zur Vermeidung aller Mißverständnisse soll hier hervor-  
gehoben werden, daß diese Sicherheit nicht durch eine  
regelmäßige Überwachung auf eventuell sich ausbreitende  
Krankheitserreger erreicht wird, sondern durch die Ge-  
staltung und Aufrechterhaltung von Betriebsbedingungen  
der Wasserversorgung, die mit einem geringen analytischen  
Aufwand die Gewährleistung eines gesundheitlich und  
ästhetisch einwandfreien Wassers garantiert. Wo immer  
von den Prinzipien einer "guten Wasserversorgungspraxis"  
(hier eingeführt als Pendant zur guten landwirtschaft-  
lichen Praxis) abgewichen wurde, sind Korrekturmaßnahmen  
nötig, die sowohl eine aufwendigere Qualitätskontrolle  
als auch verfahrenstechnische Höchstleistungen bei der  
Eliminierung bedenklicher Mikroorganismen erfordern.  
Angesichts der Tatsache, daß die Mehrzahl der Wasser-  
versorgungsanlagen mit der Nutzung von Grundwasser ohne  
weitere Aufbereitungsmaßnahmen sicher betrieben werden  
konnte, ist aus der Sicht der Trinkwasserhygiene Grund  
zur Zufriedenheit gegeben, solange dieser Zustand nicht  
durch schädliche Veränderungen des Grundwassers in  
Frage gestellt wird.
  
- Bei fast allen in der Trinkwasserverordnung festgesetz-  
ten Grenzwerten für chemische Stoffe oder Mikroorganismen  
gilt die langjährige Erfahrung, daß im allgemeinen  
über 90 % der abgegebenen Wässer die Grenzwerte nur zu  
weniger als 10 % ausschöpfen. Auf diese Weise wird in aller  
Regel auch bei kurzfristigen Schwierigkeiten größeren Aus-  
maßes die Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben sicherge-  
stellt. Dieser hohe Stand der Versorgungssicherheit wurde  
in den letzten Jahren des öfteren als überzogen und nicht  
mit den übrigen Gegebenheiten unseres Daseins kompatibel  
bezeichnet. Diese Gedanken kommen im wesentlichen aus zwei  
Richtungen:
  
- Aus allgemeinen Überlegungen des Umweltschutzes und des  
Biotopschutzes wird die Ausbeutung der Grundwasservorräte

angeprangert, da sie mit unübersehbaren Folgeschäden für den Naturhaushalt einhergeht. Auf lange Sicht wird eine Änderung unseres Nutzungsprinzips unvermeidbar sein, wenn flächenhafte Schäden an Böden und Ökosystemen nicht als hinnehmbar angenommen werden. Es sollte aber nicht verkannt werden, daß ein großer Teil dieser Probleme als Folge der nachhaltigen Verschmutzung der Oberflächengewässer und daraus resultierender Nutzungseinschränkungen anzusehen ist.

In der Diskussion um den chemischen Pflanzenschutz und die daraus resultierenden Grundwasserkontaminationen kommt des öfteren bei Abwägung der Nutzungsansprüche eine historisierende Betrachtung in den Vordergrund. Dabei wird der Wasserversorgungswirtschaft entgegengehalten, daß an vielen Orten die Landwirtschaft die älteren Rechte und damit gewissermaßen ein Recht auf die Verunreinigung "ihres" Grundwassers habe. Diese Auffassung ist mit den inzwischen in Kraft getretenen Gesetzen zum Schutz der Gewässer und des Naturhaushaltes nicht vereinbar. Sie offenbart darüber hinaus eine Auffassung vom Umgang mit Gemeingut, die zumindest als zweifelhaft bezeichnet werden muß. Auf alle Fälle haben solche Überlegungen in einer wissenschaftlichen Auseinandersetzung ebensowenig zu suchen, wie der Hinweis, daß das gute Grundwasser für den Betrieb der Toiletten-spülung zu schade sei. Wer jemals diese Argumente in die Diskussion eintrug, sollte darauf hinweisen, daß dies nicht einer fortgesetzten Verunreinigung des (nun ja nicht mehr benötigten) Grundwassers Vorschub leisten darf. Gerade die Landwirtschaft steht in einer äußerst schwierigen Argumentationslage, denn der Verschwendung von Grundwasser für die Klospülung ist mit mindestens ebenso zynischer Schärfe die unnötige Produktion von Nahrungsmitteln für die Halde bzw. für den zügigen Abfluß von Subventionen als keineswegs erfreulichem Auswuchs entgegenzuhalten.

### 1.3 Klassischer biologischer Pflanzenschutz und Gentechnologie

Hin und wieder wird der Versuch gemacht, die zur Zeit laufende Debatte über biologische Pflanzenschutzmittel aus natürlichen Bakterienstämmen (klassische mikrobiologische Pflanzenschutzmittel) von den ebenfalls öffentlich aufflammenden Fragen der Gen- und Biotechnik zu trennen. Gleichwohl wird zu der Veranstaltung der Biologischen Bundesanstalt mit dem Hinweis eingeladen, heute gehe es zunächst nur um die klassischen biologischen Pflanzenschutzmittel, in nicht allzu ferner Zukunft allerdings auch um gentechnisch manipulierte Organismen. Weder hier noch in der Öffentlichkeit kann diese Trennung glaubwürdig aufrechterhalten werden.

Darüber hinaus sollte mit aller Deutlichkeit festgestellt werden, daß die zuständigen Behörden weder zur Zeit noch in absehbarer Zukunft personell oder apparativ in der Lage sein werden, einen ordnungsgemäßen Vollzug notwendiger gesetzlicher Regelungen zur Gentechnologie sicherzustellen.

Für die Klärung wichtiger Fachfragen ist es zweifellos wichtig, innerhalb abgegrenzter Themenkreise vorzugehen. Jedoch gelten die grundlegenden Prinzipien der Trinkwasserhygiene in beiden Bereichen der Problematik gleichermaßen.

## 2. Prüfverfahren für die Zulassung von biologischen Pflanzenschutzmitteln

Wie bei den chemischen Pflanzenschutzmitteln bedarf es einer gründlichen Kenntnis der Haupt- und Nebenwirkungen eines Präparates und seiner Wirkstoffe. Bei chemischen Pflanzenschutzmitteln liegen nebeneinander Hauptwirkkomponenten (mit Haupt- und Nebenwirkungen) und Nebenprodukte sowie Verunreinigungen in einer Matrix von Binde- und Lösungsmitteln vor.

Man hat sich zur Bewertung der Pflanzenschutzmittel in den meisten Fällen auf die Hauptkomponenten und auf die im Vorversuch prüfbareren Wirkungen konzentriert.

In ähnlicher Weise werden auch hochreine Produkte biologischer Pflanzenschutzmittel zu bewerten sein. Allein der Einblick in die Wirkungsweise des bestens bekannten Bacillus-thuringiensis-Toxins macht es schwer, der Absolutheit zu folgen, mit der die gesundheitliche Unbedenklichkeit als wissenschaftlich gesichert bezeichnet wird. Nach unseren derzeitigen Kenntnissen haben die B.t.i.- bzw. B.t.k.-Toxine mehrere toxische Wirkgruppen, von denen eine einzige die gewünschte Zielwirkung bei der Anwendung als Schädlingsbekämpfungsmittel auslöst. Die Anzahl der unerforschten Wirkgruppen sagt zwar nichts über ihre gesundheitliche Relevanz, wohl aber über das Ausmaß unserer Unkenntnis. Wenn dem biologischen Pflanzenschutz der Garaus gemacht werden soll, dann am besten durch die Verbreitung nachweislich nicht abgesicherter Behauptungen durch wissenschaftliche Einrichtungen der Öffentlichen Hand und der Pflanzenschutzindustrie.

Das Bundesgesundheitsamt (BGA) hat bereits an anderer Stelle auf den grundlegenden Mangel unserer Zulassungs- und Bewilligungspraxis hingewiesen: Es fehlt an einem wirkungsvollen Korrektiv, das bei der Nachprüfung im Freiland festgestellte Befunde in die Neubewertung einfließen läßt. Eine Folge ist die Detektivarbeit relativ schlecht ausgestatteter, mitunter von Presseorganen gestützter Einrichtungen, die auf die Inkongruenz der Sicherheitsannahmen aufgrund eines Bewilligungs- oder Zulassungsverfahrens mit den wirklichen Gegebenheiten in der (z. B. landwirtschaftlichen) Praxis hinweisen. Dies mit gründlichen wissenschaftlichen Mitteln zu klären, ist eine Aufgabe der öffentlichen Einrichtungen des Bundes und der Länder, die nur so ihren gesetzlichen Auftrag wahrnehmen können.

### 3. Nachweisbarkeit und Untersuchungsverfahren

Methodisch ergeben sich für die Nachweisbarkeit von B.t.-Sporen erhebliche Schwierigkeiten. Die derzeitige wissenschaftliche Diskussion läßt erkennen, daß mit Hilfe der üblichen biochemischen und bakteriologischen Bestimmungsverfahren B.t. sich beispielsweise von Bacillus cereus, der unter anderem als verbreitetes Bodenbakterium und als Verursacher von Lebensmittelintoxikationen in Erscheinung tritt, nicht mit hinreichender Zuverlässigkeit unterscheiden läßt. Als zuverlässiges Identifizierungsmerkmal ist zur Zeit nur die Produktion pathogener Toxine des B.t.i. in Lepidopterenlarven brauchbar. Eine routinemäßige Überwachung von Grund- oder Trinkwasser nach großflächigen Einsätzen wird daher nicht mit vernünftigem Aufwand realisierbar sein.

Daher muß die Sicherung der Trinkwasserversorgung durch die Festlegung von Bedingungen erfolgen, die eine Nachprüfung nur im Verdachtsfalle notwendig erscheinen läßt. Man muß sich im übrigen darauf verlassen können, daß eine ordnungsgemäß betriebene Wasserversorgungsanlage nicht mit biologischen Pflanzenschutzmitteln kontaminiert ist.

Die Auffassung einiger Wissenschaftler, daß beispielsweise B.t.i. auch im Zusammenhang mit unspezifischen Lebensmittelvergiftungen gesehen wird, ist sicher bei der Bewertung des Kontaminationspfades Pflanzenschutzmittelanwendung - Gewässer - Rohwasser - Trinkwasser nicht von allzu großem Gewicht. Sie läßt jedoch die immer wieder in den Vordergrund gestellte humanpathologische Unbedenklichkeit zumindest zweifelhaft erscheinen.

B.t.i. ist inzwischen als äußerst gründlich untersuchte Subspecies anzusehen. Bei anderen in Entwicklung oder in Erprobung befindlichen biologischen Pflanzenschutzmitteln ist der Kenntnisstand hingegen auf einem deutlich niedrigeren Niveau, so daß sich die wissenschaftliche Aussage schlechthin ver-

bietet, derzufolge keinerlei gesundheitliche Risiken zu erwarten seien. Für die Bearbeitung eventuell anstehender Fälle einer Bewertung von Kontaminationsfällen stehen insbesondere für den Bereich der Mykologie kaum Fachleute zur Verfügung.

#### 4. Ausbringung vermehrungsfähiger Mikroorganismen oder Sporen

In der Praxis steht mit der Gammastrahleninaktivierung eine auch nach Auffassung der Trinkwasserkommission des Bundesgesundheitsamtes zuverlässige Methode zur Inaktivierung zur Verfügung. Außerdem ist nachgewiesen, daß die Wirksamkeit des B.t.i.-Toxins dadurch nicht beeinträchtigt wird. Inwieweit für andere biologische Pflanzenschutzmittel eine gleichlautende Aussage möglich ist, entzieht sich zur Zeit unserer Kenntnis.

Das Bundesgesundheitsamt hat bereits mehrfach auch in der konkreten Beratung von Einzelfällen geplanter B.t.i.-Anwendung im Freiland die Auffassung vertreten, daß die Ausbringung inaktivierter Sporen selbst unter der Annahme vertretbar erscheint, daß es eine 100-%ige Inaktivierung nicht gibt. Jedoch ist das verfügbare Aktivitätspotential in diesem Fall um einige Größenordnungen geringer. Aus den umfassenden Untersuchungen über das Verhalten von Bakterien bei der Infiltration und Untergrundpassage ist bekannt, daß für das Ausmaß einer Grundwasserkontamination das Inokulum am Ort der Versickerung sehr wohl eine wichtige Rolle spielt.

Zu den Mechanismen der Bakterieneliminierung gehören neben Adsorptionsmechanismen vor allem die gezielte oder ungezielte Aufnahme durch die Interstitialfauna. Da viele Bakterienfresser unselektiv das adsorbierte Bakterienmaterial vom Bodenkörper abgrasen, ist eine gute Eliminierung eingeschwemmter Bakterien nur sichergestellt, wenn dem Eintrag an Nahrung eine leistungsfähige Interstitialpopulation gegenübersteht.

Da sich die Bodenfauna mit Anpassungszeiträumen von Wochen oder Monaten nicht an die kurzfristige und einmalige Stoßbelastung mit organischem Material adaptieren kann, sind schnelle Durchbrüche besonders in poröse Grundwasserleiter sehr wahrscheinlich.

In einer umfangreichen Studie des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene über das Verhalten pathogener und anderer Mikroorganismen im Grundwasser zeigten fast alle applizierten Bakterienspezies Überlebensraten, die ohne biologische Eliminierung durch höhere Organismen keine Gewähr für die hygienische Unbedenklichkeit eines Wassers nach 50 Tagen Aufenthaltszeit im Grundwasser bieten. Die in der Praxis denkbare Kombination von Bodenentwesung mit der Ausbringung biologischer Pflanzenschutzmittel läßt eine völlig unzureichende Eliminierung während der Untergrundpassage erwarten.

##### **5. Handlungsrahmen für den Schutz von Grund- und Trinkwasser vor biologischen Pflanzenschutzmitteln**

Auslöser für die derzeitige Diskussion über die Existenzfähigkeit biologischer Pflanzenschutzmittel ist die Festlegung der W-Auflage für die Zulassung durch das Bundesgesundheitsamt. Mit Entschiedenheit vertreten die Biologische Bundesanstalt und die Pflanzenschutzindustrie die Ansicht, daß mit einer W-Auflage dem biologischen Pflanzenschutz jede Entfaltungsmöglichkeit genommen wird. Dem ist nicht zuzustimmen, denn unter den chemischen Pflanzenschutzmitteln mit W-Auflage befinden sich ausgesprochene "Marktrenner" (z. B. Atrazin). Da außerdem die Fläche der ausgewiesenen Grundwasserschutzgebiete (50-Tage-Zone) zur Zeit nur wenige Prozent der Fläche der Bundesrepublik Deutschland ausmacht, kann die W-Auflage allein nicht als Hemmschuh angesehen werden.



Sollte sich die Anwendung biologischer Pflanzenschutzmittel als unerlässlich und unter Berücksichtigung der Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes als wünschenswert erweisen, stände der Anwendung auch in größerem Stile nichts entgegen. Wenn die W-Auflage einen hemmenden Einfluß ausübt, dann eher aus dem Grunde, daß mit der unrichtigen Aussage von völliger Unbedenklichkeit geworben wird, die sich natürlich nicht mit der formal restriktiven Wirkung einer W-Auflage vereinbaren läßt.

Was bedeutet dies nun für die Zukunft einer friedlichen Koexistenz von Wasserversorgung und biologischem Pflanzenschutz?

1. Angesichts der bisherigen Erfahrungen mit der Wirksamkeit des Schutzzonenkonzeptes gegenüber Verunreinigungen des Grund- und Trinkwassers ist zumindest Zweifel angebracht, daß mit einer W-Auflage allein eine Kontamination von Grund- und Trinkwasser verhindert werden kann. Für einen geringen Anteil der Einzugsgebiete der Wasserversorgungsanlagen unseres Landes sind Schutzgebiete ausgewiesen worden. Viele der ausgewiesenen Schutzgebiete sind nicht mit den Einzugsgebieten identisch. Die Überwachung von Schutzvorschriften in Wassereinzugsgebieten ist angesichts der desolaten Personalsituation bei den Fachbehörden nicht ausreichend.
2. Sollen biologische Pflanzenschutzmittel zugelassen werden, so hat dies unter Berücksichtigung der im Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) festgelegten Regelungen zu geschehen. Dazu gehört nach § 12 Abs. 3 PflSchG auch die Angabe eines geeigneten, mit allgemein gebräuchlichen Geräten und vertretbarem Aufwand durchführbaren Analyseverfahrens, mit dem Rückstände zuverlässig bestimmt werden können. Für den chemischen Pflanzenschutz scheint diese Forderung allgemeine Akzeptanz zu finden. Sie sollte auch eine Entscheidungsgrundlage für den biologischen Pflanzenschutz sein.

3. Unter Berücksichtigung der in den meisten Fällen vorliegenden Kenntnis hydrogeologischer Bedingungen in den Einzugsgebieten von Wasserversorgungsanlagen muß in Zusammenarbeit mit den Wasserbehörden festgestellt werden, ob aus der Anwendung biologischer Pflanzenschutzmittel eine Verunreinigung des Grund- oder Trinkwassers erfolgen kann. Ist eine nachteilige Veränderung der Beschaffenheit des Grundwassers infolge der Pflanzenschutzmittel-Anwendung zu erwarten, so sind in die nach § 2 PflSchG geforderte Berücksichtigung biologischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen auch die Wechselwirkungen zwischen Landbau und Wasserhaushalt einzubeziehen. Dies kann und muß im konkreten Fall auch die Entscheidung gegen bestimmte Anbauformen und Feldfrüchte beinhalten.
  
4. Abschwemmungen oberflächlich aufgebrachtter Pflanzenschutzmittel mit der Bodenkrume sind auch bei chemischen Pflanzenschutzmitteln die Ursache für die Verunreinigung von Oberflächengewässern, die für die Trinkwasserversorgung genutzt werden. In einigen Fällen hat dies beträchtliche Kontaminationen des Trinkwassers nach sich gezogen, die mit den Mitteln der Versorgungsunternehmen nur unter großem Aufwand oder gar nicht ausgeglichen werden können. Es ist sicher, daß bei einer allgemeinen Anwendung biologischer Pflanzenschutzmittel auch auf diesem Pfad eine Verunreinigung des Trinkwassers eintritt.

Bisher konnten sich die Betreiber und Nutzer von Trinkwassertalsperren in der Regel darauf verlassen, daß ihre überwiegend land- oder forstwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiete keine bedeutenden Verunreinigungen mit Mikroorganismen und Viren einbringen, denn die Abwasser-einleitung wird in solchen Einzugsgebieten einigermaßen konsequent begrenzt und überwacht. Diese Sicherheit darf auch nach der breiten Zulassung von biologischen Pflanzenschutzmitteln nicht in Frage gestellt werden.

5. Insbesondere für den Bereich der Schädlingsbekämpfung und der Entwesung (z. B. entomologische Stallhygiene) wurde vom Bundesgesundheitsamt mehrfach auf gravierende Mängel hinsichtlich der Sachkunde der Anwender aufmerksam gemacht. Demzufolge ist es zur Zeit überhaupt nicht möglich, eine auch nur annähernd sachgerechte Anwendung sowie Einsichten in die Rückstands- und Resistenzproblematik bei neu in den Verkehr gebrachten biologischen Pflanzenschutzmitteln mit der vom Pflanzenschutzgesetz gebotenen Sicherheit zu erwarten.

Aus diesen Gegebenheiten resultieren folgende Anforderungen für Zulassung und Anwendung von biologischen Pflanzenschutzmitteln:

- Zulassung der biologischen Pflanzenschutzmittel nach den üblichen Kriterien, die das Pflanzenschutzgesetz der zulassenden Behörde und den Einvernehmensbehörden vorgegeben hat. Diese Kriterien beinhalten auch die Festsetzung der W-Auflage für den Fall, daß der Schutz des Grund- und Trinkwassers anders nicht gewährleistet werden kann.
- Bereitstellung eines Nachweisverfahrens für die Überprüfung des Ausbreitungsverhaltens eines angewandten biologischen Pflanzenschutzmittels in Grundwasser und dessen Auftreten im Trinkwasser
- Inaktivierung der Mikroorganismen und Sporen, damit nur äußerst geringe Mengen vermehrungsfähiger Organismen in die Umwelt gelangen
- Nachweis der Befähigung zur sachgerechten Anwendung der Pflanzenschutzmittel und Nachprüfung der Befähigung durch entsprechend ausgestattete Behörden bei allen Anwendern, mit besonderem Augenmerk auf Kenntnissen des Verhaltens der Präparate im und am Wasser

- Restriktion bei der Anwendung biologischer Pflanzenschutzmittel in Einzugsgebieten von Wasserversorgungsanlagen, die Oberflächenwasser fördern
  
- Überprüfung der hydrogeologischen Voraussetzungen für den Transport biologischer Pflanzenschutzmittel in den Untergrund oder in Oberflächengewässer, und bei ungünstigen Gegebenheiten Versagung der Anwendung durch die zuständigen Landesbehörden im Einvernehmen mit der Biologischen Bundesanstalt (Mitwirkung der BBA bei der Überwachung zugelassener Pflanzenschutzmittel gemäß § 33 Abs. 2 PflSchG).

Abschließend soll nochmals mit aller Deutlichkeit festgestellt werden, daß eine unserer Leistungsgesellschaft angemessene Beherrschung des Umgangs mit Pflanzenschutzmitteln nicht ohne bindende Verknüpfung des Zulassungsverfahrens mit der Anwendungskontrolle denkbar ist. Wird allein die Vorprüfung im Zulassungsverfahren als Kriterium anerkannt, so muß der Anwender nach allen uns vorliegenden Kenntnissen damit rechnen, daß die Anwendung schädliche Auswirkungen auf das Grund- und Trinkwasser insbesondere auf den Naturhaushalt, gegebenenfalls möglicherweise auch auf die Gesundheit von Mensch und Tier hat. Das Pflanzenschutzgesetz in der Fassung vom 15. September 1986 weist im § 15 auf Auswirkungen hin, die nach dem Stande der wissenschaftlichen Erkenntnisse nicht vertretbar sind. Kontaminationen von Grund-, Oberflächen- und Trinkwasser mit biologischen und chemischen Pflanzenschutzmitteln sind nach den verfügbaren wissenschaftlichen Kenntnissen vermeidbar und nicht mehr hinnehmbar. Auch die Erfüllung bestehender gesetzlicher Regelungen (Trinkwasserverordnung, Wasserhaushaltsgesetz) setzt neue Maßstäbe für den verantwortungsvollen Umgang mit Pflanzenschutzmitteln.

Aloysius Krieg

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,  
Institut für biologische Schädlingsbekämpfung, Darmstadt

**SICHERHEITSASPEKTE BEI DER ANWENDUNG VON  
BACILLUS THURINGIENSIS ALS PFLANZENSCHUTZMITTEL**

SAFETY ASPECTS RELATED TO THE USE OF  
BACILLUS THURINGIENSIS IN PLANT PROTECTION

Summary

At present commercial preparations of Bacillus thuringiensis are used world-wide and in a large scale in plant protection. The bacillus only effects target insects (e.g. Pathotype A only Lepidoptera) and is harmless for bees and entomophagous insects. The ecology of B. thuringiensis and its environmental impact is discussed. Experimental results on the fate of spores in nature are presented and compared with data on the natural level of contaminations of soil, food and water with the closely related B. cereus. A pertinent risk assessment reveals the harmlessness of applications of B. thuringiensis in forests and in the field, including water catchment areas.

Bei Bacillus thuringiensis handelt es sich um einen ubiquitär vorkommenden Sporenbildner der B. cereus-Gruppe, der aber insektenpathogene Eigenschaften hat. Im Gegensatz zu B. cereus erzeugt B. thuringiensis einen Pathotyp-spezifischen parasporalen Proteinkristall, der auf bestimmte Insekten toxisch wirkt. Das Wirtsspektrum von Pathotyp A (subsp. thuringiensis, kurstaki, galleriae u.a.m.) umfaßt über 250 Lepidopteren-Arten. Der Pathotyp B (subsp. israelensis) wirkt hingegen nur auf eine Reihe von Dipteren (Nematocera) und der Pathotyp C (subsp. tenebrionis) ausschließlich auf bestimmte Coleopteren (Chrysomelidae).

Somit sind die bekannten Pathotypen nicht nur für die Honigbiene und andere Pollinatoren, sondern auch für Entomophagen erfahrungsgemäß unbedenklich. Ihre Wirkung ist die eines jeweils selektiven Insektizids. B. thuringiensis wirkt nicht phytotoxisch, verschwindet alsbald wieder weitgehend aus dem behandelten Feld- oder Forstbereich und belastet in Form seiner inerten Sporen nicht den Naturhaushalt. Er keimt weder in Wasser noch im Boden aus, er reichert sich in Nahrungsketten nicht an und ist auch im Sinn des Bundesseuchengesetzes und des Viehseuchengesetzes kein Erreger von Infektionskrankheiten bei Mensch und Vieh. Darauf beruht die Zulassung von Präparaten auf der Basis des Pathotyps A als Pflanzenschutzmittel bei uns ebenso wie deren Registrierung im Ausland. Andernfalls würde man sowohl eine auffällige Beeinträchtigung von Nicht-Zielarthropoden als auch von Wild- und Nutztieren im Bereich seiner Anwendung beobachtet haben, was nachweislich nicht der Fall ist. Dies war allerdings nach entsprechenden Safety-Untersuchungen auch nicht zu erwarten.

Es soll hier noch einmal ausdrücklich betont werden, daß B. thuringiensis für Wirbeltiere kein invasiver Keim ist (SIEGEL et al., 1987). Er kann lediglich - ebenso wie der bodenbürtige B. cereus - etwa im Zusammenhang mit einer Cornea-Verletzung oder einer subkutanen Injektion (aus Unachtsamkeit beim Experimentieren) als "worst case" einen fokalen Infekt bewirken, der aber im allgemeinen auf Gentamycin- oder Clindomycin-Behandlung gut anspricht.

Von B. thuringiensis Pathotyp A werden in Deutschland seit 1964 amtlich zugelassene Präparate im Pflanzenschutz verwendet. Es handelt sich hierbei um das weltweit am häufigsten eingesetzte Biopräparat in der Land- und Forstwirtschaft, von dem etwa 3.000 bis 4.000 Tonnen pro Jahr produziert werden. Mit dieser Menge werden alljährlich Kulturpflanzen auf mehreren Millionen Hektar behandelt, und zwar ohne Auflagen für die Anwendung und ohne Warte-

zeiten für Ernteprodukte (KRIEG, 1986; KRIEG und HUGER, 1986). Lediglich in der Bundesrepublik Deutschland wurden bisher auf Veranlassung des Bundesgesundheitsamtes (BGA) Zulassungen von B. thuringiensis-Präparaten nur in Verbindung mit einer Wasserschutzgebiets-Auflage W 2 erteilt. Dies führte zu einem starken Rückgang der B. thuringiensis-Anwendung, da erhebliche Teile von Schadgebieten im Obstbau sowie im Forst in der Wasserschutzzone II liegen. Aber auch im Hinblick auf eine Anwendung außerhalb von Wasserschutzzonen wurden die Anwender durch praxisirrelevante hygienische Bedenken verunsichert.

Was die Ökologie der aeroben Sporenbildner betrifft, so kommen diese aufgrund ihres differenzierten Nährstoffbedarfs primär im organischen Material der oberen Bodenschichten hochtitrig vor. Infolge von Auswaschung und Abschwemmung im Anschluß an Niederschläge finden sich bodenbürtige Sporen sekundär auch im Oberflächenwasser. In nährstoffarmen Biotopen aber können sie weder keimen noch sich vermehren. Dies gilt sowohl für den Unterbodenbereich als auch für das Grundwasser (vgl. auch SCHUBERT, 1975).

Die Begründung einer Wasserschutzgebietsauflage W 2 durch G. MÜLLER (1977) vom Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene (WaBoLu) des Bundesgesundheitsamtes stützt sich daher auf die doppelt-hypothetische Möglichkeit einer Kontamination leicht verderblicher Lebensmittel (Säuglingsnahrung, Milch- und Fleischprodukte) über sporenhaltiges Trink- oder Brauchwasser unter der Voraussetzung, daß der zum Pflanzenschutz ausgebrachte B. thuringiensis bei gestörtem Bodenprofil in Brunnen-Einzugsgebieten im Bereich der Wasserschutzzone II bis ins Grundwasser versickern und dann im Trinkwasser wieder auftauchen könnte. Eigenartigerweise wird in diesem Zusammenhang das ubiquitäre hochtitrige Vorkommen von B. cereus im Boden und auch in Lebensmitteln von der Autorin völlig ignoriert.

Zunächst einmal ist festzuhalten, daß ein direkter Sporenkonsum von B. thuringiensis via Trinkwasser selbst bei Konzentrationen von über  $10^6$  Sporen/ml auf den Menschen keinerlei Wirkung hat. Die Sporen werden in jedem Fall unverändert über den Darm ausgeschieden. Eine andere Situation liegt dagegen vor, wenn erhebliche Mengen von Sporen die Chance erhalten, in einem geeigneten komplexen Nährsubstrat auszukeimen und sich unter entsprechenden Bedingungen (in bezug auf pH und Temperatur) zu vermehren. Unter diesen Umständen kann bei der Vermehrung von B. cereus und anderen Sporenbildnern u. U. auch ein Enterotoxin gebildet werden. Erfolgt dies in leicht verderblichen Speisen, so kann hieraus ggf. eine sog. Lebensmittelvergiftung resultieren. Diese ist im Fall von B. cereus als Verursacher relativ harmlos, wobei die Erkrankung (mit Durchfall oder Erbrechen) auch ohne Behandlung nach etwa 24 Stunden wieder abgeklungen ist. Etliche Fälle derartiger Lebensmittel-Verderbnis wurden beschrieben nach dem Genuß entsprechend kontaminierter, längerfristig vorbereiteter und fehlerhaft aufbewahrter Speisen (vgl. ESCHMENT, 1983). Es handelt sich bei den bekannt gewordenen Fällen jedoch nicht um ein Trinkwasserproblem, sondern stets um eine Frage unzulänglicher Lebensmittel- und Küchenhygiene, wobei aerobe Sporenbildner noch die harmlosesten Kontaminanten sind. - Aber auch für Instant-Säuglingsnahrung dürfte vom Trinkwasser her keine besondere Gefährdung bestehen, denn sie wird mit frisch abgekochtem Wasser angesetzt und sofort konsumiert. - Schließlich befürchtete MÜLLER auch eine potentielle Gefahr für die Getränkeindustrie, wenn erhöhte Mengen von Sporen im Trinkwasser auftreten sollten. Wir sind dieser Frage experimentell nachgegangen und haben festgestellt, daß in gängigen Produkten dieses Industriezweiges wie Bier, Wein, Fruchtsäften, Limonaden oder Coca-Cola der Bacillus thuringiensis weder keimen noch sich vermehren und deshalb auch nicht zu einer Verderbnis beitragen kann (KRIEG, 1978).



Ansonsten ist wohlbekannt, daß in Deutschland eine Lebensmittelverderbnis durch Bakterien oder Pilze praktisch kaum durch kontaminiertes Leitungswasser erfolgt, sondern durchweg als Folge einer direkten Kontamination der Lebensmittel selbst auftritt. Dies ist ein Grundsatz der Lebensmittelhygiene und ist durch entsprechende Befunde gut untermauert. Dabei stimmen in bezug auf aerobe Sporenbildner eigene Ergebnisse (KRIEG, 1982) mit Recherchen von anderer Seite (HOLBROOK & ANDERSON, 1980) überein, wonach z. B. bei Getreide und Getreideprodukten die Keimzahlen bezüglich des wichtigsten Kontaminanten, nämlich B. cereus, in der Regel bei  $10^3 \dots 10^4$  Sporen/g liegen. Was aber die von MÜLLER als besonders gefährdet angesehenen Milch- bzw. Fleischprodukte betrifft, so sind diese von vornherein stark mit Bacillus-Arten kontaminiert, und zwar infolge der Praktiken bei der Milchgewinnung auf Bauernhöfen und Molkeereien einerseits sowie der Verarbeitungsverhältnisse in Schlachthöfen und Metzgereien andererseits. So liegt beispielsweise die Kontaminationsrate von pasteurisierter Trinkmilch immerhin bei  $10^3 \dots 10^4$  B. cereus/ml (HOLBROOK & ANDERSON, 1980), und in Fleischerzeugnissen wie Kochwurst, Rohwurst und Rohschinken fanden sich sogar Sporengehalte bis zu  $10^7$  /g (HADLOK, 1983).

Bei dem zur Diskussion stehenden Trinkwasser aus Tiefbrunnen dagegen liegt die Kontaminationsrate durch Sporenbildner in einem ganz anderen Bereich, nämlich bei 1 Spore/ml und weniger (MÜLLER, 1977); lediglich bei der Nutzung von sog. Uferfiltrationsstrecken können im Trinkwasser gelegentlich Werte von über  $10^2$  Sporen/ml auftreten (SCHUBERT, 1975). Das heißt aber, daß selbst bei einer artifiziellen Erhöhung der Sporenzahl im Tiefbrunnenwasser um das Hundertfache die Kontaminationsrate erst im Bereich von Uferfiltraten liegen dürfte, die zur Trinkwassergewinnung genutzt werden.

Was nun die für eine Wasserschutzgebiets-Auflage relevante Versickerung von Sporen des B. thuringiensis betrifft, so

waren hier Experimente mit Erdsäulen unter Standardbedingungen aufschlußreich. Hierbei sank nach Aufbringung einer versuchsrelevanten Menge und Berechnung entsprechend 200 mm Niederschlag der spezifische Sporentiter von  $9 \times 10^5$  /g an der Oberfläche bereits in 5 cm Tiefe auf  $5 \times 10^3$  /g ab. Die letzten Sporen waren in etwa 15 cm Tiefe nachweisbar. Dabei war kein auffälliger Unterschied zwischen humusarmem Sand und humösem lehmigem Sand feststellbar (KRIEG, 1983a). Das bedeutet aber, daß sich Mikroorganismen und speziell Bacillus-Sporen deutlich anders verhalten als etwa Düngemittel, synthetische Pestizide und andere Umweltchemikalien, die relativ gut durch Humus, aber kaum von Sand zurückgehalten werden (QUENTIN, 1973). Unserem Befund entspricht durchaus die allgemeine Beobachtung, daß in der Natur selbst bei Sandböden im Unterbodenbereich die Keimzahl vertikal nach unten sehr schnell abnimmt, so daß sie bereits in 2 m Tiefe fast durchweg weniger als  $10^3$  Keime/g beträgt. Somit ist nach dem Ergebnis von Versickerungsversuchen eine Grundwasserkontamination bei Tiefbrunnen durch B. thuringiensis selbst beim Vorliegen von Sandböden nicht zu befürchten. Ganz entscheidend aber ist doch, daß bei ernststen Störungen im Bodenprofil nicht etwa B. thuringiensis-Sporen im Grundwasser zahlreich auftreten würden, sondern vielmehr die Sporen des im Oberboden massenweise vorkommenden B. cereus. Im Fall eines solchen Einbruchs bodenbürtiger B. cereus-Sporen in den Grundwasserbereich ist es aber völlig belanglos, ob auf theoretisch 100 ins Trinkwasser gelangende erdbürtige Sporen maximal noch eine Spore von B. thuringiensis hinzukommt. Ein solches Zahlenverhältnis liegt aber vor, wenn nach einer routinemäßigen B. thuringiensis-Applikation der Gehalt von B. thuringiensis im Vergleich zu B. cereus im Oberboden maximal 1 % beträgt (KRIEG, 1983a). Entscheidend ist nämlich nicht, ob irgendwo eine Spore mehr vorhanden ist, sondern wie diese im Verhältnis zur Gesamtsporenzahl des Bodens steht.

Das Schicksal der Sporen von B. thuringiensis im Boden war u. a. Gegenstand von Laborversuchen von WEST et al. (1984). Sie zeigten bei einer sehr hohen Inokulationsdosis von  $10^9$  Sporen/g im Verlauf von 1.000 Tagen einen Rückgang der spezifischen Keimzahl im nativen Boden um 4 Zehnerpotenzen (dagegen nur um eine Zehnerpotenz in sterilisiertem Boden). - Bei Feldversuchen in Japan ermittelten SANO & IWANAMI (1975) nach einmaliger Applikation einer praxisrelevanten Dosis von B. thuringiensis eine spezifische Keimzahl von  $6 \times 10^5$ /g Boden. Auf dieser Höhe blieb dann der B.thuringiensis-Titer fixiert trotz weiterer 7 Applikationen im gleichen Jahr, und er veränderte sich auch im Verlauf von wenigen Monaten nach der letzten Applikation nicht auffallend. - KRIEG (1983) wiederum konnte 2 Jahre nach einer Maiszünslerbekämpfung mit B. thuringiensis den ausgebrachten B. thuringiensis-Typ im Erdboden des behandelten Feldes nicht mehr nachweisen, was einer Eliminationsrate von mindestens zwei Zehnerpotenzen entspricht. - Auch de LUCCA et al. (1981) konnten aus Feldern in den USA, auf die zu Schädlingsbekämpfungszwecken B. thuringiensis-Präparate über Jahre hin ausgebracht worden waren, den verwendeten B. thuringiensis-Typ nur noch selten reisolieren. Häufig fanden sie dagegen dort autochthone B. thuringiensis-Typen neben dem ansonsten stets hochtitrig vorhandenen ubiquitären B. cereus. Dies demonstriert auch, daß B. thuringiensis in geringer Dichte als normaler Bodenkeim vorkommt.

Es ist bekannt, daß die Inaktivierungsrate für Bakterien in Abhängigkeit von Boden und Klima unterschiedlich ist. Besonders gering ist die Persistenz von Bakterien an der Oberfläche des Bodens, wo sie ebenso wie auf den behandelten Pflanzen relativ schnell durch den UV-Anteil des natürlichen Lichtfeldes abgetötet werden. Auf die in den Erdboden eingetragenen Bakterien wirkt u. a. dessen antimikrobielles Potential. Dabei handelt es sich (entsprechend dem Vergleich von Inaktivierungsraten im natürlichen und sterilisierten Boden - s. o. - ) in erster

Linie um die antagonistische Wirkung der autochthonen Boden-Mikroflora in Abhängigkeit von ihrer Zusammensetzung und Aktivität. Und diese wird wiederum beeinflusst von Bodenart, Nährstoffgehalt, Bodenreaktion, Wassergehalt und Temperatur. Das US Federal Register (1987) nennt in den Sicherheitsrichtlinien für die Freisetzung genetisch veränderter Bakterien eine Halbwertszeit von 68 Tagen für B. thuringiensis im Boden.

So wichtig die Einrichtung von Wasserschutzgebieten aus seuchenhygienischen Gründen ist und bleibt, so wenig akzeptabel ist nach wie vor die bisherige Begründung einer Wasserschutzgebiets-Auflage für B. thuringiensis (vgl. KRIEG, 1983b). Auch läßt sich die Notwendigkeit einer mikrobiologischen Bekämpfung von Schadinsekten zur Einsparung von toxikologisch bedenklichen Pestiziden, wie sie u. a. von FAO und WHO und auch durch das neue Pflanzenschutzgesetz zum Schutz von Verbraucher, Nicht-Zielorganismen und Umwelt nachdrücklichst gefordert wird, nicht allein vom Trinkwasserschutz her beurteilen - insbesondere nicht, wenn die den entsprechenden Auflagen zugrunde liegenden Vorstellungen nicht überzeugen können.

Vor allem sollte auch bedacht werden, daß es sich bei der Wasserschutzzone II nicht um den Fassungsbereich von Tiefbrunnen handelt mit einem durch den Brunnenbau selbst gestörten Bodenprofil, wie dies wohl in der Schutzzone I der Fall sein kann. Vielmehr handelt es sich bei der Zone II - und nur diese steht hier zur Diskussion - um ein Gebiet, von dessen Grenze das Grundwasser in Fließrichtung 50 Tage bis zum Fassungsbereich braucht und in dem doch wohl eine intakte Bodenstruktur mit guter Sorptionsleistung vorausgesetzt wird, sonst dürfte diese Fläche kaum land- oder forstwirtschaftlich genutzt werden.

In diesem Zusammenhang müssen auch noch neuere Befunde von FILIP und Mitarb. (1986) aus dem Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes erwähnt werden, die "Untersuchungen über das Verhalten von Mikroorganismen und Viren im Hinblick auf die Bemessung von Wasserschutzzonen" betreffen. Aufgrund von Versuchen über das Transportverhalten in einem Modell-Grundwasserleiter stellten die Autoren fest, daß nach der Passage einer Wegstrecke von 30 cm Sand (aus dem Grundwasserleiter des Segeberger Forsts) der mitgeprüfte Sporenbildner die geringste Rückgewinnungsrate erzielte, also am stärksten adsorbiert wurde im Vergleich zu Streptococcus faecalis und Escherichia coli, zwei nicht-sporenbildenden wasserhygienisch relevanten Indikatorkeimen, die im allgemeinen zur Beurteilung der hygienischen Wassergüte herangezogen werden. Selbst wenn die Inaktivierungsrate eines Sporenbildners in Boden und Wasser niedriger anzusetzen ist im Vergleich zu den genannten Nicht-Sporenbildnern, so wird dieser aber - im Gegensatz zu jenen - bereits auf verhältnismäßig kurzen Sand-Fließstrecken völlig zurückgehalten.

In einer kürzlich erschienenen Veröffentlichung aus dem Max-von-Pettenkofer-Institut des Bundesgesundheitsamtes schreibt HERZEL (1987): "Für den wirksamen Schutz des Trinkwassers vor einer Kontamination mit Pflanzenschutzmitteln ist es erforderlich, diejenigen Stoffe herauszufinden, die aufgrund ihrer Eigenschaften in das Grundwasser gelangen können. Ausschlaggebend hierbei sind die Beständigkeit und die Sorption der Wirkstoffe und ihrer Hauptmetaboliten im Boden. Fällt die Prüfung aller vorliegenden Daten hierzu ungünstig aus, so werden Anwendungseinschränkungen auf gefährdeten Flächen in Form sogenannter W-Auflagen erteilt". Diese allgemeine Feststellung wird dann dahingehend präzisiert, daß in dieser Hinsicht vier Gruppen von Pflanzenschutzmitteln voneinander zu differenzieren sind:

Immobilie Instabile, immobile Stabile, mobile Instabile und mobile Stabile. Entscheidend aber ist dann die Aussage "aus immobilen aber stabilen Wirkstoffen erwachsen für das Grundwasser in der Regel weniger Probleme, da sie selbst nicht versickern und etwaige mobile Metabolite nur so langsam entstehen, daß sie weitgehend sorbiert und/oder zersetzt werden können". Genau dies aber trifft nach allen vorliegenden Daten auf B. thuringiensis zu.

Zweck dieser Diskussion war, die Notwendigkeit einer Wasserschutzgebiets-Auflage W 2 für B. thuringiensis-Präparate nochmals kritisch zu hinterfragen. Dies erscheint vor allem deshalb wichtig, weil sie - wenn auch nur als eine Vorsichtsmaßnahme gedacht - die selektiv wirkenden B. thuringiensis-Präparate dem Verdacht aussetzt, nicht ganz harmlos zu sein. Tatsächlich aber sind sie jedoch hygienisch nicht bedenklicher als gewöhnliche, an B. cereus reiche Gartenerde. Bei Aufrechterhaltung der Begründung für die W 2 für B. thuringiensis müßte man konsequenterweise den Konsum aller Lebensmittel (Getreideprodukte, Milch, Fleischerzeugnisse) verbieten, in denen B. cereus hochtitrig vorkommt.

#### **NACHTRAG:**

Einschlägige Untersuchungen haben gezeigt, daß bei manchen Zielinsekten schon das Kristalltoxin von B. thuringiensis allein eine hohe Mortalität bewirken kann. So gelingt es z. B., mit sporeninaktivierten Präparaten des Pathotyps B von B. thuringiensis Stechmückenlarven gut abzutöten. Da bei der Mückenbekämpfung B. thuringiensis direkt in das Oberflächenwasser eingetragen wird, wurden seit 1986 in der Bundesrepublik nur noch durch Gammastrahlen sporeninaktivierte Präparate eingesetzt, um jede unnötige Belastung von Oberflächenwassern zu minimieren.

In welchen Fällen vielleicht auch im Pflanzen- und vor allem im Vorratsschutz eine Anwendung von sporeninaktiven Präparaten von B. thuringiensis des Pathotyps A möglich ist, wird in unserem Institut derzeit mit einem durch Chemikalien inaktivierten Präparat geprüft. Schwierigkeiten bestehen allerdings darin, daß bei diesem Pathotyp nach einer Abtötung von Sporen oft eine erhebliche Effizienzminderung gegenüber einer ganzen Reihe von wichtigen Schadlepidopteren eintritt. Eine mögliche Kompensation dieses Wirkungsverlustes durch eine höhere Dosierung würde jedoch bei dem gegenwärtig hohen Preis der Mittel eine Anwendung im Pflanzenschutz weitgehend illusorisch machen. So bleibt man hier vorerst noch auf B. thuringiensis-Präparate mit aktiven Sporen angewiesen.

#### Literatur:

- DeLUCCA II, A.J., SIMONSON, J.G., LARSON, A.D., 1981: Bacillus thuringiensis distribution in soils of the United States. Can. J. Microbiol. 27, 865-870.
- ESCHMENT, R., 1983: Sonstige bakterielle Enteritis-Erreger (u. a. Sporenbildner, Nicht-Cholera-Vibrionen). Bundesgesundheitsblatt 26, 395-399.
- FILIP, Z., DIZER, H., KADDU-MULINDWA, D., KIPER, M., LOPEZ-PILA, J.M., MILDE, G., NASSER, A., SEIDEL, K., 1986: Untersuchungen über das Verhalten pathogener und anderer Mikroorganismen und Viren im Grundwasser im Hinblick auf die Bemessung von Wasserschutz-zonen. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin-Dahlem. WaBoLu - Heft 3, 121 pp.

- HADLOK, R., 1983: Die Bedeutung der Gattung Bacillus in der Lebensmittelhygiene. In: Neue Erkenntnisse über die Erreger mikrobieller Nahrungsmittel-Vergiftungen. Schriftenr. Schweiz. Ges. für Lebensmittelhyg. 13, 68-106.
- HERZEL, F., 1987: Die Einstufung von Pflanzenschutzmitteln aus der Sicht des Trinkwasserschutzes. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) 39, 97-104.
- HOLBROOK, R., ANDERSON, J.M., 1980: An improved selective and diagnostic medium for the isolation and enumeration of Bacillus cereus in food. Can. J. Microbiol. 26, 753-759.
- KRIEG, A., 1978: Insektenbekämpfung mit Bacillus thuringiensis-Präparaten und deren Einfluß auf die Umwelt. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschd. (Braunschweig) 30, 177-181.
- KRIEG, A., 1982: Über das natürliche Vorkommen von Bacillus thuringiensis in Getreide und Getreideprodukten im Hinblick auf eine mikrobiologische Bekämpfung von Mehlmotten (Phycitidae) im Vorratsschutz. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) 34, 153-157.
- KRIEG, A., 1983a: Zum spezifischen Nachweis von Bacillus thuringiensis in Bodenproben. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) 35, 26-29.



- KRIEG, A., 1983b: Bekämpfung von Insekten im Pflanzenschutz mit Bacillus thuringiensis und deren Einfluß auf die Umwelt. 2. Mitteilung. Anz. Schädlingk. Pflanzensch. Umweltsch. 56, 41-52.
- KRIEG, A., 1986: Bacillus thuringiensis, ein mikrobielles Insektizid, Grundlagen und Anwendung. Acta phytomedica, Verlag Paul Parey, Berlin. No. 10, 191 pp.
- KRIEG, A. & HUGER, A.M. (Herausgeb.), 1986: Symposium in memoriam Dr. Ernst Berliner anläßlich des 75. Jahrestages der Erstbeschreibung von Bacillus thuringiensis, Darmstadt. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., Berlin-Dahlem. No. 233, 111 pp.
- MÜLLER, G., 1977: Zur Frage der Anwendung von Bacillus-Präparaten in Wasserschutzgebieten. Bundesgesundheitsblatt 20, 153-156.
- QUENTIN, K.E., WEIL, I., UDLUFT, P., 1973: Grundwasserverunreinigungen durch organische Umweltchemikalien. Z. dt. geol. Ges. (Hannover) 24, 417-422.
- SCHUBERT, R.H.W., 1975: Der Nachweis von Sporen der Bacillus-Species im Rahmen der hygienischen Wasserbeurteilung. Zentralbl. Bakteriol. I. Abt. Orig. 160. 155-162.
- SANO, T., IWANAMI, S., 1975: (Protective effects of continuous application of Bacillus thuringiensis as a biological insecticide and its viability in soil) Orig. Japanisch. Bull. Shizuoka Agr. Exp. Sta. No. 20, 56-61.

SIEGEL, J.P., SHADDUCK, J.A., SZABO, J., 1987: Safety of the entomopathogen Bacillus thuringiensis var. israelensis for mammals. J. econ. Entomol. 80, 717-723.

US-Guidelines for research involving recombinant DNA molecules. Federal Register. 51, No. 88, 16958-16985.

WEST, A.W., BURGESS, H.D., WHITE, R.J. WYBORN, C.H., 1984: Persistence of Bacillus thuringiensis parasporal crystal insecticidal activity in soil. J. Invert. Pathol. 44, 128-133.

Reiner Helmuth

Bundesgesundheitsamt, Institut für Veterinärmedizin, Berlin

**BACILLUS THURINGIENSIS -  
GESUNDHEITLICHE AUSWIRKUNGEN AUF MENSCH UND TIER**

BACILLUS THURINGIENSIS - HEALTH EFFECTS ON MAN AND ANIMAL

Summary

The microbiological concerns regarding the possible presence of viable Bacillus thuringiensis spores in drinking water and the use of this organism in cereal protection result from its close taxonomic relationship to Bacillus cereus, a species which has frequently been involved in food poisoning. B. cereus differs from B. thuringiensis only by its lack of the parasporal crystal ( $\delta$ -toxin) which is toxic for lepidopterans. The gene for the  $\delta$ -toxin in B. thuringiensis is plasmid-encoded and the loss of the plasmid would convert B. thuringiensis to B. cereus in diagnostic terms. Both species produce many other toxins which have been investigated for their effects on vertebrates and cell lines. It turned out that at very high doses these toxins were also effective on non-target animals. There have been several reports associating B. thuringiensis with infections in man and B. cereus isolates were found to exhibit enterotoxin activity. Therefore, both the Federal Health Office and the responsible Japanese authorities have asked for studies to be conducted on possible enterotoxin production by commercial B. thuringiensis preparations (in the ileal loop of the rabbit), before a full approval can be granted. The data obtained in Japan did not fulfil all requirements for these experiments; they indicated, however, an enterotoxin activity of B. thuringiensis in rabbits. Till now, however, this questions has never been

completely resolved. From the microbiological point of view, the Federal Health Office is in favour of experiments trying to separate the endotoxin from the other toxins by genetic engineering or physical means.

- - - - -

Bacillus thuringiensis ist ein gram-positives Bakterium, das die Fähigkeit besitzt, mehrere für Insekten toxische Substanzen zu bilden. Von besonderer Bedeutung ist dabei das  $\delta$ -Endotoxin, das während der Sporulation gebildet wird und hochtoxisch für viele Lepidopterenarten ist. Bei ihm handelt es sich um einen bipyramidalen Proteinkristall. Er setzt sich aus mehreren Untereinheiten eines Glycoproteins von ca. 12.000 D Molekulargewicht zusammen und hat selber ein Molekulargewicht von 268.000 D. Aus diesem Protoxin wird im basischen Milieu des Darmes der Insektenlarve das 68.000 D große aktive Toxin gebildet, das die Darmzellen angreift (LUTHY und EBERSOLD, 1981). Dieses weist je nach B. thuringiensis-Art eine hohe Insekten-toxische Spezifität auf und bietet die Grundlage des auf B. thuringiensis-Präparaten basierenden Pflanzenschutzes.

Bedenken gegen den uneingeschränkten Einsatz von B. thuringiensis ergeben sich hauptsächlich aus seiner Verwandtschaft zu B. cereus. Bei diesem handelt es sich um einen Keim, der im Zusammenhang mit Lebensmittelvergiftungen, auch in Gemeinschaftsverpflegungen, steht. In der Bundesrepublik Deutschland und anderen Ländern wird in den letzten Jahren häufiger darüber berichtet (WHO Surveillance Programme, 1983). Das einzige Differenzierungskriterium für B. thuringiensis gegenüber B. cereus ist der Besitz des  $\delta$ -Endotoxins. Es konnte jedoch in mehreren Arbeiten gezeigt werden, daß die Gene zu seiner Bildung auf Plasmiden lokalisiert sind (GONZALES und CARLTON, 1980 und GONZALES, DULMAGE und CARLTON, 1981). Dadurch ist es nicht auszuschließen, daß der Verlust eines Plasmids dazu führen kann, daß ursprünglich B. cereus zugeschriebene Lebensmittelvergiftungen eigentlich auf B. thuringiensis zurückzuführen sind.

Neben dem von B. thuringiensis gebildeten  $\delta$ -Toxin bilden die Stämme der B. cereus/B. thuringiensis-Gruppe eine große Vielzahl anderer Toxine und Stoffwechselprodukte. Diese sind im Detail in den Arbeiten von KRIEG und LYSENKO (1979) und TURNBULL (1981) dargestellt. In Tabelle 1 sind die darin beschriebenen Erkenntnisse - soweit möglich - zusammengefaßt und die wesentlichen Eigenschaften einiger Toxine beschrieben. Diese Aufstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, und es ist in vielen Fällen noch ungeklärt, inwieweit die einzelnen toxischen Aktivitäten auf ein und dasselbe Toxinmolekül zurückzuführen sind. Neben den Aktivitäten der Phospholipase C und Proteinase, die sich nur *in vitro* bestimmen lassen, gibt es für die anderen Toxine eine Reihe von Biotests. Es ließ sich zeigen, daß speziell das  $\alpha$ - und  $\beta$ -Exotoxin in hohen Konzentrationen auch auf Mäuse pathogen oder letal wirken können. Wegen der dazu notwendigen hohen Dosierung werden sie jedoch generell nicht als sehr bedenklich angesehen. Weitere Bedenken gegen den uneingeschränkten Einsatz von B. thuringiensis-Präparaten ergaben sich jedoch nach Veröffentlichungen von SPIRA und GOEPFERT (1972), die zeigten, daß B. cereus ein in seiner Wirkung dem Enterotoxin von Escherichia coli und Vibrio cholerae ähnliches Protein bildeten. Dieses ist sowohl im Kaninchenhauttest als auch im Darmschlingentest positiv. Zusammen mit japanischen Stellen verlangte deshalb das Bundesgesundheitsamt die Durchführung solche Enterotoxintests an B. thuringiensis-Präparaten. Die seitens verschiedener Firmen vorgelegten Versuche entsprachen jedoch nicht in allen Bereichen den experimentellen Anforderungen. Teilweise fehlten notwendige Kontrollversuche, oder die extreme Abhängigkeit der Toxinbildung vom Medium bzw. der Wachstumsphase wurde nicht beachtet. Trotzdem lieferten die vorgelegten Daten durchaus starke Hinweise darauf, daß auch einige der getesteten B. thuringiensis-Präparate Enterotoxine bildeten. Deren genauere Eigenschaften wurden jedoch bis heute nicht durch entsprechende Versuche abgeklärt.

Tabelle 1: Einige Toxine der *B. cereus*/*B. thuringiensis*-Gruppe (nach KRIEG und LYSENKO sowie TURNBULL)

TOXIN	SPECIES	NACHWEIS	BIOCHEMIE	WIRKUNG	TOXISCH
$\delta$ -Endotoxin parasporaler Kristall	nur <i>B. thuringiensis</i>	Biotest durch Fütterung am Zieltier	kristallines Peptid 68.000 D aktives Toxin	Zerstörung der Darmzellen	für Lepidopteren
$\alpha$ -Exotoxin	<i>B. cereus</i> <i>B. thuringiensis</i>	orale oder per- orale Applikation	thermolabiles Protein von 30.000-50.000 D	Hepatitis Nephritis (100-800 $\mu$ g/Maus)	oral für Blattwespen, Bienen in hohen Dosen i.p. für Mäuse
$\beta$ -Exotoxin	<i>B. cereus</i> <i>B. thuringiensis</i>	orale oder per- orale Applikation	thermostabiles Nucleotid	Hepatitis Nephritis (100-800 $\mu$ g/Maus)	oral für Fliegenlarven, Blattwespen, Bienen, Milben, i.p. auch Mäuse
$\beta$ -Haemolysin	<i>B. cereus</i> <i>B. thuringiensis</i>	trübe Haemolyse auf Schafsblut- platten	Protein 50.000 D	auf Zellmembranen	i.p. auch für Mäuse
Phospholipase $\gamma$ -Exotoxin egg yolk clearance factor	<i>B. megaterium</i> , einige <i>B. cereus</i> , <i>B. thuringiensis</i>	an Lecitho- vitellin	Phosphodiester- hydrolase 24.000-30.000 D		
Proteinase	<i>B. cereus</i> <i>B. thuringiensis</i>	Gelatineverflüs- sigung	Protein 40.000 D	genereller Proteinabbau	
Enterotoxin	<i>B. cereus</i> , einige <i>B. thuringiensis</i>	Hautpermeabili- täts-Darmschlin- gentest am Kaninchen	Protein	Flüssigkeits- sekretion in den Darm	für Kaninchen

Zusätzlich zu diesen Bedenken gibt es Veröffentlichungen, die auch auf Erkrankungen bei Mensch und Tier durch B. thuringiensis hinweisen. 1977 beschrieb GORDON einen fatalen Mastitisverlauf bei einem Rind. 1983 wiederum berichteten SAMPLES und BUETTNER über eine Augeninfektion bei einem Landarbeiter, der sein Auge mit B. thuringiensis kontaminierte. Im selben Jahr berichtete ESCHMENT in einem Symposium über Enteritis-Erreger, daß B. thuringiensis auch zu den unspezifischen Lebensmittelvergiftern gehört. Leider liegen jedoch keine genaueren Angaben über die Häufigkeit dieser Fälle vor. 1984 schließlich schilderten WARREN und Mitarbeiter eine B. thuringiensis-Infektion bei einem Studenten, der sich während eines Experiments eine Mischkultur von B. thuringiensis und Acinetobacter injizierte. Darauf kam es zu einer Anschwellung der Lymphknoten, die sich jedoch durch Antibiotika-Therapie beherrschen ließ.

In letzter Zeit sind von seiten der Industrie einige Versuche unternommen worden, das  $\delta$ -Toxin gentechnologisch in anderen Spezies zu exprimieren. Dieser Weg erscheint besonders interessant, da er die Möglichkeit bietet, das  $\delta$ -Toxin in Abwesenheit der anderen Toxine zu erhalten. Versuche in dieser Richtung sollten deshalb vermehrt gefördert werden.

#### Literatur

- ESCHMENT, R., 1983: Sonstige Enteritis-Erreger.  
Bundesgesundheitsblatt 26, 395-399.
- GONZALES, J.M. and B.C. CARLTON, 1980: Patterns of plasmid DNA in crystalliferous and acrySTALLIFEROUS strains of Bacillus thuringiensis.  
Plasmid 3, 92-98.

- GONZALES, J.M., H.T. DULMAGE, B.C. CARLTON, 1981: Correlation between specific plasmids and  $\delta$ -Endotoxin production in Bacillus thuringiensis. Plasmid 5, 351-365.
- GORDON, R.E., 1977: Some taxonomic observations on the genus Bacillus. In: Briggs J.D. (ed.). Biological regulations of vectors: the saprophytic in aerobic bacteria and fungi. US Department of Health, Education, and Welfare publication no. NIH-77-1180. Washington, DC: US Government Printing Office, 67-82.
- KATSARAS, K. und U.P. ZELLER, 1977: Nachweis von Bacillus-cereus-Toxinen. Zentralbl. Bakteriol. 1. Abt. Orig. A 238, 255-262.
- KRIEG, A. and O. LYSENKO, 1979: Toxine und Enzyme bei einigen Bacillus-Arten unter besonderer Berücksichtigung der B. cereus/B. thuringiensis-Gruppe. Zentralbl. Bakteriol. II Abt. 134, 70-88.
- LUTHY, P. and H.R. EBERSOLD, 1981: The entomocidal toxins of Bacillus thuringiensis. Pharmacol. Ther. 13, 257-283.
- SAMPLES, J.R., BUETTNER, H., 1983: Ocular infection caused by a biological insecticide. J. Infect. Diseases, 148: 614.
- SPIRA, W.A. and J.M. GOEPFERT, 1972: Bacillus cereus - induced fluid accumulations in rabbit ileal loops. Appl. Microbiol. 24, 341-348.
- TURNBULL, P.C.B., 1981: Bacillus cereus toxins. Pharmac. Ther. 13, 453-505.



WARREN, R.E., D. RUBENSTEIN, D.J. ELLAR, J.M. KRAMER,  
R.J. GILBERT, 1984: Bacillus thuringiensis  
var. israelensis: Protoxin activation  
and safety. The Lancet, March 24, 678-679.

WHO Surveillance Programme for control of foodborne  
infections and intoxications in Europe,  
1983: Second report 1983. Institute for  
Veterinary Medicine, Robert von Ostertag-  
Institute, Berlin (West).

Karsten Seidel

Bundesgesundheitsamt, Institut für Wasser-,  
Boden- und Lufthygiene, Berlin

BACILLUS THURINGIENSIS -  
AUSWIRKUNGEN AUF GRUND- UND TRINKWASSERHYGIENE

BACILLUS THURINGIENSIS -  
HYGIENIC EFFECTS ON GROUND WATER AND DRINKING WATER

Summary

Around the turn of the century large epidemics of cholera and typhoid fever occurred also in Germany. Still in 1978 about 2000 people got sick during an epidemic of dysentery due to contaminated ground water (gw) for drinking water supply. Experiences of the past have shown, that protection of ground water and therefore drinking water for human consumption against microbial threats needs different barriers. The most important and effective is exclusion of certain activities in the immediate vicinity of wells (zone I) and nearby areas (50-days line, zone II). One of those restrictions is the use of pesticides. Since active preparations of Bacillus thuringiensis bear risks for human health, via drinking water too, their spreading into those zones is forbidden. From the viewpoint of hygiene the search for alternative types of preparations is necessary. Bacillus thuringiensis could be used in those zones as pesticide, when the non-spore preparation is applied. In its var. israelensis, Bacillus thuringiensis is allowed in types, where multiplication is excluded. The previously mentioned type of inactivated preparation is used in Japan, too. Due to the German situation in drinking water supply, the use of microbiological agents like Bacillus thuringiensis, still able to multiply has to be restricted in order to balance advantages and risks of all concerned areas.

Trinkwasserhygiene ist ein essentieller Bestandteil unseres Lebens. Weltweit führen noch heute mikrobiell verursachte Trinkwasserkontaminationen pro Jahr zu millionenfachen Erkrankungen und Todesfällen. Damit sind diese Risiken das mit Abstand wichtigste Dauerproblem der Trinkwasserversorgung. Ohne jeden Zweifel ist dabei die Kontamination des Trinkwassers mit Mikroorganismen und Viren fäkalen Ursprunges das größte Risiko. Wir erfuhren letztmalig 1978, wie schnell sich eine trinkwasserübertragbare Epidemie infolge Mißachtung von Grundwasserschutz ereignen kann; in Ismaning bei München erkrankten über 2.000 Menschen an Ruhr (METZ, 1978).

In den letzten Jahren haben sich jedoch auch wegen anderer Bakterien im Trinkwasser zunehmend Bedenken ergeben. Dazu zählen seuchenhygienisch unerwünschte Vermehrungen von Pseudomonadaceen, Vibrionaceen und Legionellaceen, obwohl diese mehr oder minder als originärer Bestandteil der Mikroflora von Süßwasser anzusehen sind. Sie bereiten in Bereichen der Trinkwasserversorgung jedoch erst heute, infolge geänderter technischer Umstände, seuchenhygienisch relevante Probleme für die menschliche Gesundheit. Das Beispiel Legionellen, mit einer nicht unerheblichen Anzahl von Erkrankungs- und Todesfällen auch bei uns (SEIDEL, SEEBER und HÄSSELBARTH, 1987), belegt exemplarisch, wie wenig wir noch über das Verhalten der meisten natürlichen Mikroorganismen im Wasser wissen.

Es stellt sich damit die Frage, ob bei der Ausbringung von vermehrungsfähigen Mikroorganismenpräparaten, z. B. mit Bacillus thuringiensis für den Pflanzenschutz, vitale Interessen des Gesundheitsschutzes im Bereich der Trinkwasserhygiene betroffen sind. Dies gilt umso mehr, als in der Zukunft auch im Bereich der Pflanzenschutzmittel noch andere Präparate als B. thuringiensis zum Einsatz bereit stehen können. Darüber hinaus wird sich die Frage einer Anwendungsmöglichkeit von gentechnisch veränderten Mikroorganismen und Viren sowie die des Einsatzes von außereuropäischen Präparaten stellen. Dabei ist zu erwarten,

daß die naturwissenschaftlich-medizinischen Forderungen der Trinkwasserhygiene in einem Spannungsfeld mit Interessen aus anderen Bereichen nicht nur bei uns, sondern auch in der EG insgesamt stehen werden. Am aktuellen Beispiel Bacillus thuringiensis sollen die Situation sowie mögliche Gefährdungspotentiale für die hygienisch einwandfreie Trinkwasserversorgung der Bundesrepublik Deutschland und Nutzen-Risikoabwägungen erläutert werden.

### **Worauf basiert unsere Trinkwasserversorgung?**

In der Bundesrepublik Deutschland gibt es keine Sorgen um die quantitative, wohl aber eine zunehmende Sorge um die qualitativ einwandfreie Trinkwasserversorgung. Die Trinkwasserversorgung hängt bei uns zu etwa 70 % von Grundwasser ab. Die verbleibende Menge entfällt auf Oberflächenwassernutzung. Wir müssen daher dem Grundwasserschutz, und damit den nur längerfristig wirksamen Maßnahmen, verstärkt Beachtung schenken. Das Bundesgebiet ist fast durchgehend sehr stark besiedelt und landwirtschaftlich intensiv genutzt. In Ländern wie z. B. den USA, der UdSSR oder Frankreich gibt es in einem auf unsere Verhältnisse nicht übertragbaren Maße Flächenreserven mit nutzbaren Grundwässern.

Unsere Trinkwasserversorgung verteilt sich auf etwa 6.500 zum Teil sehr kleine Wasserversorgungsunternehmen und rund 300.000 Einzelversorgungen! In den USA stellen die vielen kleinen Versorgungen den größten Anteil bei den seuchenhygienischen Problemfällen.

An den vorgenannten Fakten können wir im großen und ganzen wenig ändern, auch wenn sich die Zahl der Klein- und Kleinstversorgungen langsam vermindern dürfte.

Wir gewährleisten, besonders in mikrobiologischer Sicht, bundesweit einen weitestgehend gleichen Standard der Trinkwasserqualität. In den USA gibt es Bereiche, in denen aufgrund der

extrem großen verfügbaren Flächen sogar zum Teil die Entsorgung von Flüssigabfällen in den Untergrund und damit grundwasserrelevante Bereiche verlagert wird. In bezug auf die mikrobiologische Qualität des Trinkwassers haben die USA und Großbritannien trotz massiver Desinfektion und der daraus resultierenden hygienisch-toxikologisch unerwünschten Reaktionsprodukte ständig trinkwasserübertragene Infektionserkrankungen (GALBRAITH, BARRETT und STANWELL-SMITH, 1987 und CRAUN, 1986).

### **Worauf begründet sich unser Konzept der Trinkwasserschutzgebiete?**

Es muß hier wieder in Erinnerung gebracht werden, daß es noch um die Jahrhundertwende auch in Deutschland trinkwasserübertragene Epidemien mit Tausenden von Erkrankten und Todesfällen gab. Bei uns wird, beginnend mit den Erfahrungen aus der Hamburger Cholera-Epidemie von 1892 und der Gelsenkirchener Typhusepidemie von 1901 (BORNEFF, 1982), von den Gesundheitsbehörden die Auffassung vertreten, daß sinnvolle Vorsorge vor Infektionserregern schon für das Rohwasser betrieben werden muß. Nur so werden mehr oder minder unvermeidbare Mängel oder Störungen bei der Gewinnung, Fortleitung und Verteilung, ggf. auch in der Aufbereitung und Desinfektion, die in vielen Fällen bei uns heute nicht mehr dauernd erforderlich ist, nicht zu einem akuten Gesundheitsrisiko.

Die Desinfektion kann immer nur als die letzte, aber nicht immer voll wirksame Barriere in der Trinkwasserhygiene angesehen werden. Zudem ist die Obergrenze der dem Trinkwasser zusetzbaren Desinfektionsmittel durch die Trinkwasser-Aufbereitungs-Verordnung aus hygienischen Gründen limitiert. Bei Verwendung von z. B. Chlor dürfen bei uns im Ausnahmefall maximal 0,6 mg/l Chlor dem Trinkwasser zugesetzt werden, sonst 0,3 mg/l (BORNEFF, 1982).

Der Vorsorgegedanke wurde seit Jahrzehnten u. a. in Form der Nutzung natürlicher Schutzmechanismen gestärkt, und 1975

wurden bereits längere Zeit bestehende Richtlinien neu überarbeitet herausgegeben (DVGW-Regelwerk, 1975). Damit wird zum einen bereits eine Minimierung der Eintragsmöglichkeiten u. a. hygienisch relevanter Bakterien erreicht. Zum anderen werden hier natürliche Inaktivierungsvorgänge wie Adsorption und Filtration, sicher auch antibiotisch wirksame Wechselbeziehungen, im Bereich Boden/Grundwasser protektiv wirksam.

Das Schutzkonzept kennt drei Zonen und differenziert weiterhin nach Schutz von Grundwasser, Trinkwassertalsperren und Seen. Hier soll wegen der vorgegebenen Thematik, Wasserschutz-Auflage für Bacillus thuringiensis (B.t.), nur vom Grundwasserschutz gesprochen werden.

Die Zone I umfaßt hier den unmittelbaren Brunnenbereich, etwa 10 m um den Brunnen herum. Dieser Bereich ist von menschlichen Eingriffen im weitesten Sinne völlig freizuhalten. Dieser Brunnenbereich ist eingezäunt und wird damit sogar von der Begehrbarkeit durch Fußgänger freigehalten, um eine unmittelbare Verunreinigung der Brunnenschächte und damit eines der größten Risiken sicher ausschließen zu können.

Die Grenze der anschließenden Zone II nach außen ist für den Grundwasserschutz so definiert, daß Grundwasser (etwa 50 Tage bis zum Eintreffen im Brunnenbereich benötigt. Diese Zone ist speziell eingerichtet und so dimensioniert worden, um alle potentiellen mikrobiellen Kontaminationsrisiken für das Grundwasser in weiter entfernte Bereiche zu verlegen. In dieser Zone werden u. a. auch Kleingärten und das Zelten als gefährlich und in der Regel nicht tragbar betrachtet.

Auch in der Zone III, deren Beschränkungen auch in der Zone II gelten, gibt es Beispiele für in der Regel nicht tragbare Tätigkeiten, die nicht immer und unmittelbar zur akuten Gefährdung der Trinkwässer führen.

Die beispielhafte Aufzählung dieser Beschränkungen verdeutlicht, wie besonders schutzbedürftig diese Bereiche sind und daß es durch die mit den Richtlinien eingeschränkten Tätigkeiten/Einrichtungen sonst zu einer Gefährdung des Rohwassers und damit für die Trinkwassergewinnung kommen kann bzw. früher bereits gekommen ist. Die Erteilung von Wasserschutz-Auflagen für Pflanzenschutzmittel ist damit auch ein Beispiel erforderlichen vorsorglichen Handelns. Daher wurde für die vermehrungsfähig ausgebrachten B.t.-Präparate auch eine sog. W 2-Auflage erteilt, deren Gründe und Ursachen von MÜLLER 1975 dargelegt wurden.

#### Wie verhalten sich Bacillus-Spezies im Wasser?

Die vorliegenden grundwasserhygienischen Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Vertreter der Gattung Bacillus können sich in nährstoffarmen Biotopen und damit auch dem Wasser selbst nicht vermehren.
- Im Oberflächenwasser liegt die Konzentration von Bacillus-Spezies bei etwa 20 bis 200/ml.
- Im Uferfiltrat wurden Werte um 20 Sporenbildner/ml ermittelt.
- Im ungestörten Grundwasser sind sie im Milliliter nicht nachweisbar; in 100 ml, dem trinkwasserhygienischen Standardbeurteilungsvolumen, werden maximal etwa 10 Sporen nachgewiesen (MÜLLER, 1977, SCHUBERT, 1975).
- Bacillus thuringiensis-Sporen sind von außerordentlicher Tenazität. Mit Bacillus thuringiensis var. kurstaki durchgeführte Modellversuche zum Überleben in Wasser haben gezeigt, daß in Süßwasser die Konzentration innerhalb von 2 Monaten bei 20° C um weniger als eine logarithmische Einheit absinkt (MENON u. DE MESTRAL, 1985)

- In der Bundesrepublik Deutschland wurden nach 1980 Untersuchungen zur Überlebensfähigkeit verschiedener, auch sporenbildender Bakterien unter Grundwasserbedingungen, d. h. für unsere Breiten mit Temperaturen um  $10^{\circ}$  C, durchgeführt. Die Ergebnisse belegen, daß eine nennenswerte Inaktivierung oft erst im Bereich von mehreren Monaten liegt (Umweltbundesamt, (Hg.), 1985).

**Was würde aus einer Ausbringung von vermehrungsfähigem B. t. in den Trinkwasserschutzgebieten I und II resultieren?**

Für den Pflanzenschutz werden nach KRIEG (1983) Mengen von  $7,5 \times 10^{12}$  bis  $6 \times 10^{13}$  B. thuringiensis-Sporen pro Hektar in Form von Spritzpulver ausgebracht (KRIEG, 1983). Diese Zahl muß im Zusammenhang mit direkten Eintragsmöglichkeiten in das Grundwasser gesehen werden und kann nicht nur auf den längst nicht immer vorkommenden Status des ungestörten Oberbodens/Grundwasserleiters bezogen werden. U. a. deshalb sind Lysimeterversuche hier nur begrenzt aussagefähig.

Ein möglicher verstärkter Eintrag würde in vielen Gebieten, wenn nicht generell, zwangsläufig die Einführung erhöhter Desinfektionsmittelkonzentrationen bedeuten, um die Sporen sicher zu inaktivieren. Nach MENON und DE MESTRAL sind für B. t. kurstaki zur Inaktivierung von zwei logarithmischen Einheiten mindestens 1,5 mg/l Chlor mit einer Einwirkungszeit von mindestens 60 Minuten erforderlich (MENON und De MESTRAL, 1985). Eine derartig hohe Desinfektionsmittelkonzentration ist bei uns nicht erlaubt, daher nicht möglich (BORNEFF, 1982) und auch nicht im geringsten hygienisch wünschenswert.

Eine sichere Desinfektion wäre aber erforderlich, da Bacillus thuringiensis eng mit Bacillus cereus verwandt ist, einem Problemkeim der Lebensmittelhygiene. Trinkwasser u. a. zur Bereitung von Instant-Nahrung für Säuglinge und kranke Menschen verwendet, kann sehr rasch eine Verkeimung bis in gesundheit-



lich relevante Konzentrationen auslösen. So kann Bacillus cereus binnen 3 - 6 Stunden bei 25° C von Werten unter 100 zu  $10^3$  bis  $10^4$  / g und damit infektionsrelevanten Dosen führen (BECKER, EL-BASSIONY und TERPLAN, 1984).

Es ist daher hygienisch erforderlich, nicht nur anthropogen bedingte Belastungen mit Mikroorganismen fäkalen, sondern auch anderen Ursprungs, mit möglicher gesundheitlicher Relevanz für den Menschen aus dem Trinkwasser fernzuhalten. In ganz besonderem Maße muß dies für die Sporenbildner wie B. thuringiensis gelten.

Es muß in diesem Zusammenhang auch berücksichtigt werden, daß Bacillus thuringiensis nicht als völlig apathogen für den Menschen betrachtet werden kann. Aus den USA ist beschrieben, daß Kontakt mit dem Bacillus thuringiensis enthaltenden Präparat DIPEL zu entzündlicher Geschwürbildung (Ulcus) der Hornhaut eines Arbeiters geführt hat, welche eine intensive Antibiotikabehandlung notwendig machte (SAMPLES und BUETTNER, 1983). Auf die Problematik der "unspezifischen Lebensmittelvergiftungen" und Zusammenhänge mit Bacillus thuringiensis wird ebenfalls hingewiesen (ESCHMENT, 1983).

**Gibt es bei Bacillus thuringiensis-Präparaten Möglichkeiten, trinkwasserhygienische Risiken auszuschalten?**

Diese Frage ist, zumindest bedingt, zu bejahen. So ist es bei Anwendung der Varietät Bacillus thuringiensis israelensis möglich, die Sporen auf physikalischem Wege zu inaktivieren, ohne daß damit ein nennenswerter Aktivitätsverlust eintritt. In dieser Hinsicht ist die Forderung, nur entsprechend inaktivierte Präparate bei der Schnakenbekämpfung z. B. am Oberrhein zu benutzen, in vollem Umfang berechtigt. Sie ist ein Beispiel vorsorglich begründeten Handelns zum Schutze der Wasserversorgung in diesen Bereichen.

In Japan werden aus allgemein-ökologischen Gründen nur solche inaktivierten Präparate ausgebracht. Es ist daher überhaupt nicht verständlich, daß eine Wasserschutz-Auflage für das nicht inaktivierte Präparat bei uns als unvertretbar teuer bezeichnet, in Japan aber die Inaktivierung akzeptiert wird.

Ein weiterer möglicher Weg der Vermeidung mikrobiell bedingter Risiken ist es, den relativ komplizierten Weg der Sporenbildung unmittelbar nach der Entstehung des Toxinkristalles abubrechen, d. h. bevor die extrem umweltstabilen Sporenhüllen gebildet werden.

Das Gesagte belegt, daß es bei uns auch für Bacillus thuringiensis-Präparate erforderlich und möglich ist, am beschriebenen Vorsorgegedanken des Grund-/Trinkwasserschutzes festzuhalten. Es ist selbstverständlich, daß im begründeten Ausnahmefall ein Abweichen möglich sein muß. Wenn derartige Präparate wie z. B. in Afrika oder Amerika zur Bekämpfung der Malaria-Überträger oder der Verursacher der Onchocerkose eingesetzt werden müssen (MARGALITH und DEAN, 1985), hat eine Nutzen-Risiko-Abwägung ganz andere Voraussetzungen als bei uns.

Es ist für die Bundesrepublik Deutschland aber nicht erkennbar, daß eine zwingende Notwendigkeit besteht, auch die spezifisch zum Schutz gegen mikrobielle Kontaminanten eingerichteten Schutzzonen I und II der Trinkwasserschutzgebiete mit den genannten Sporenbildnern in deren vermehrungsfähiger Form zu behandeln.

#### **Was ist bei unseren Grundwassergewinnungen zu beachten?**

Hier müssen vier Punkte beachtet werden:

1. Der Schutz des Grundwassers vor oberflächlich ausgebrachten Stoffen aller Art hängt u. a. von der intakten Biologie des Bodens/Unterbodens ab. Wir befinden uns zur Zeit noch in einer Situation, in der diese komplexen Vorgänge

im Boden erst schrittweise in ihren Zusammenhängen erkannt werden. Die Diskussionen um Veränderungen der Böden, dargestellt am Beispiel Versauerung, ist längst noch nicht abgeschlossen. Neben Fragen der Transportierbarkeit durch ggf. nur lokal veränderte Bodenbedingungen ist die Komplexität der "Mikrobiologie des Grundwassers" als weitgehend unbekannt zu bezeichnen.

2. Unter unseren Grundwassertemperaturbedingungen von etwa 8 - 12° C findet praktisch kaum eine Inaktivierung eingebrachter Mikroorganismen statt. Überlebenszeiten von mehreren hundert Tagen, wobei der Titer der Keime nur leicht absinkt, sind experimentell sicher belegt. Eine Verwendung sporenhaltigen Wassers wird bei der Lebensmittelzubereitung zum Risiko.
3. Der wichtigste natürliche Inaktivierungsfaktor für Mikroorganismen, die UV-Strahlung, fällt de facto aus. Daher sind Vergleiche von Verhalten im Grundwasser mit z. B. Rückständen auf Pflanzenteilen oder anderen Oberflächen nicht möglich. Neben der UV-Strahlung fällt natürlich im Wasserbereich auch die Austrocknung als weiterer wichtiger Inaktivierungsfaktor weg.
4. Es bliebe zu fragen, ob die gemäß Trinkwasserverordnung als wichtig bewährte Bestimmung der Koloniezahl nach ubiquitärer Ausbringung von Bacillus thuringiensis noch so eingehalten werden kann.

### Zusammenfassung

Es sei nachdrücklichst daran erinnert, daß wir bis zum Beweis des Gegenteiles in begründeten Verdachtsfällen hygienisch, d. h. präventiv handeln müssen! Ein begründeter Verdacht liegt ohne jeden Zweifel vor, wenn vermehrungsfähige, mit einem lebensmittelhygienischen Problemkeim taxonomisch sehr eng verwandte Sporenbildner in mehr

oder minder direkter Form in das Grundwasser gelangen können. Ohne eine entsprechende Wasserschutz-Auflage ist ein zuverlässiger Schutz von Wasserversorgungen nicht zu erreichen. Die zumindestens zum Teil erforderliche Ausbringung durch Flugzeuge/Hubschrauber führt ohne eine entsprechende Auflage unmittelbar zu Kontaminationen im besonders gefährdeten Brunnenbereich (Schutzzone I).

Es kann aus hygienischen Überlegungen nicht hingenommen werden, daß auf seuchenhygienisch risikolose Alternativen mit vergleichbarer Wirksamkeit verzichtet wird. Hierbei muß auch der Fall einer notstandsbedingten Trinkwasserversorgung in unsere Überlegungen eingehen. Wenn es Gebiete in der Bundesrepublik Deutschland gibt, bei denen es aufgrund vielfältiger Bemühungen möglich ist, auf Aufbereitung und Desinfektion des Trinkwassers zu verzichten, darf dies nicht durch vermeidbare Aktivitäten gefährdet werden.

Ein Einhalten der Wasserschutz-Auflage für die Zone II gewährt Behörden und Wasserversorgungen im Falle von Störfällen, wie z. B. bei transportbedingten Unfällen, einen Zeitraum von mindestens 50 Tagen für Präventionsmaßnahmen. Dazu zählt auch die Durchführung der dann erforderlichen umwelthygienischen Analysenverfahren, um das Ausmaß der Kontamination richtig beurteilen zu können.

#### Literatur

- BECKER, H., EL-BASSIONY, T.A. und TERPLAN, G., 1984: Zum Vorkommen von Bacillus cereus und anderen pathogenen Mikroorganismen in Säuglings- und Kleinkindernahrung. Zentralbl. Bakteriол. Hyg., 1. Abt. Orig. B 179, 198-216.
- BORNEFF, J., 1982: Hygiene. 4. Auflage. Thieme Verlag Stuttgart/New York, 586 S.

- CRAUN, G.F., 1986: Waterborne Disease in the United States.  
CRC Press, Boca Raton, Florida, 73-170.
- DVGW-Regelwerk, 1975: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete. I. Teil Schutzgebiete für Grundwasser. Arbeitsblatt W 101, Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern e.V., Eschborn/Ts.
- ESCHMENT, R., 1983: Sonstige bakterielle Enteritis-Erreger (u.a. Sporenbildner, Nicht-Cholera-Vibrionen). Bundesgesundheitsblatt. 26, 395-399.
- GALBRAITH, N.S., BARRETT N.J. and STANWELL-SMITH, R., 1987: Water and Disease after Croydon: A Review of Water-borne and Water-associated Disease in the UK 1937-86. J. Inst. Water and Environ. Management 1, 7-21.
- KRIEG, A., 1983: Bekämpfung von Insekten im Pflanzenschutz mit Bacillus thuringiensis-Präparaten und deren Einfluß auf die Umwelt. Anz. Schädlingsk. Pflanzensch., Umweltsch. 56, 41-52.
- MARGALITH, J. and DEAN, D., 1985: The story of Bacillus thuringiensis var. israelensis (B.t.i.) J. Am. Mosq. Control Assoc. 1, 1-7.
- MENON, A.S. and DE MESTRAL, J., 1985: Survival of Bacillus thuringiensis var. kurstaki in waters. Water Air and Soil Pollut. 25, 265-274.
- METZ, H., 1978: Verlauf einer E-Ruhr-Epidemie, verursacht durch verseuchtes Trinkwasser. Bundesgesundheitsblatt 21, 214-216.

- MÜLLER, G., 1977: Zur Frage der Anwendung von Bacillus-Präparaten in Wasserschutzgebieten. Bundesgesundheitsblatt 20, 153-156.
- SAMPLES, J.R. und BUETTNER, H., 1983: Corneal Ulcer Caused by a Biologic Insecticide (Bacillus thuringiensis). Amer. J. Ophthalmol. 95, 258-260.
- SCHUBERT, R.H.W., 1975: Der Nachweis von Sporen der Bacillus-Species im Rahmen der hygienischen Wasserbeurteilung. Zentralbl. Bakteriol. 1. Abt. Orig. B 169, 155-162.
- SEIDEL, K., SEEBER, E. und HÄSSELBARTH, U., 1987: Legionellen - Beiträge zur Bewertung eines hygienischen Problem. Schr.-Reihe Verein Wasser-, Boden- und Lufthyg., 72. G. Fischer Verlag Stuttgart - New York, 164 S.
- Umweltbundesamt (Hg.) 1985: Lebensdauer von Bakterien und Viren in Grundwasserleitern. Zusammengefaßter Abschlußbericht. Materialien 2/85 des Umweltbundesamtes, Erich Schmidt Verlag Berlin, 11-19.

## D I S K U S S I O N

Bei der Wiedergabe der Diskussion wird Wert darauf gelegt, den Leser in vollem Umfange am Gesprächsverlauf teilnehmen zu lassen. Diesem Ziel läuft die aus verschiedenen Gründen gebotene Straffung der einzelnen Beiträge nicht zuwider, da sorgfältig auf die Bewahrung aller für den Fortgang des Gespräches wichtigen Gedanken geachtet wurde.

- - - - -

Schubmann: Die Diskussion zu Bacillus thuringiensis sollte zweckmäßig unter den Gesichtspunkten "Wasserschutzgebietsauflagen und deren Auswirkungen in der Praxis", "rechtliche Situation in betreff auf die absolute Freihaltung des Grundwassers von Kontaminanten" und "Gesamtbewertung einer möglichen Grundwasserkontamination unter Berücksichtigung toxikologischer Faktoren" geführt werden. Es bedarf keiner Diskussion: Trinkwasser muß entsprechend den vom Gesetzgeber vorgegebenen Grenzwerten von Belastungen durch chemische Pflanzenschutzmittel freigehalten werden. Wir sind uns wohl auch insoweit einig, daß diese Vorgabe nur beim Zusammenwirken von Mittelzulassung unter Berücksichtigung der für eine mögliche Wasserbelastung verantwortlichen Kriterien, Einhaltung der Gebrauchsanleitung und nicht zuletzt der Ausweisung von Wasserschutzgebieten einzuhalten ist. Einen Spielraum gibt es in diesem Bereich nicht. Im Falle des biologischen Pflanzenschutzes mit Mitteln aus Mikroorganismen und Viren sollte man aber eine mögliche Kontamination des Grundwassers in Beziehung zu der mikrobiellen Gesamtbelastung setzen. Hierzu haben wir sicherlich noch Wissenslücken; wir müssen jedoch Stellung beziehen, welche Auswirkungen sich für eine mögliche Zulassung ergeben.

Großklaus: Da in diesem Kreise so viele Fachleute zusammengekommen sind, hätte ich gerne beantwortet bekommen, welche Rolle eigentlich die Wasserschutzgebiete in der Bundesrepublik Deutschland spielen. Bisher sind ja erst 50 % der angestrebten Zahl ausgewiesen worden. Ich hätte auch gerne etwas über die Erfolge oder Ergebnisse gewußt, und in diesem Zusammenhang muß ich auf den chemischen Pflanzenschutz zurückkommen, die wir durch die Ausweisung von Wasserschutzgebieten erzielt haben. Ich halte diese Frage für wichtig, denn in der heutigen Diskussion wird ein besonderes Augenmerk auf die im Zusammenhang mit Wasserschutzgebieten oder Wasserschutzzonen gesehenen Schwierigkeiten für Pflanzenschutzmittel aus Mikroorganismen oder Viren gerichtet werden. Die Beantwortung meiner Frage wird ganz wesentlich dazu beitragen, wie wir die Rolle der Wasserschutzgebiete bewerten, und sie wird zukünftig Bedeutung für unsere hoffentlich einvernehmlichen Entscheidungen im Rahmen der Zulassung biologischer Pflanzenschutzmittel erlangen.

Schuhmann: Sprechen wir dies zunächst grundsätzlich an? Ich gehe davon aus, daß die Länder der Bundesrepublik Deutschland sich z.Z. intensiv bemühen, die noch ausstehenden Lücken bei der Ausweisung von Wasserschutzzonen zu schließen. Baden-Württemberg ist in diesem Bemühen am weitesten vorangekommen. Man kann sicherlich darüber diskutieren, welche Kriterien bei der Festlegung herangezogen werden sollten. Aber ohne eine derartige Ausweisung wird es nach meiner Einschätzung der Sachlage zukünftig keinen chemischen Pflanzenschutz mehr geben. Auf jeden Fall sehe ich eine große Diskrepanz in den Zielen, die das Pflanzenschutzgesetz vorgibt, und den Vorstellungen, die manche Wasserfachleute hegen.

Milde: Ich will versuchen, eine Antwort auf die von Herrn Professor Großklaus gestellte Frage zu finden. Grundwasser ist eindeutig geschützter als Oberflächenwasser. Dennoch hat sich gezeigt, daß es keinen vollständigen Schutz gibt. Aus diesem Grunde müssen die Einzugsräume des zu nutzenden Grundwassers, und das sind die Einzugsgebiete, von Belastungen aller Art frei gehalten werden. Man muß sie vollständig von persistenten und hochwirksamen Belastungen freihalten. Bei nur zeitweilig dauernden Belastungen reicht ein partielles Freihalten. Hier liegt also ein "Raum - Zeit - Konzept" vor. Beim Vergleich früherer und heutiger Beurteilungen ergeben sich insofern Probleme, als man ursprünglich annahm, daß alle Chemikalien diesem "Raum - Zeit - Konzept" unterliegen. Auf Grund vorliegender Erfahrungen gilt dies aber für eine Vielzahl von Chemikalien nicht. Sie können große Entfernungen zurücklegen - bis zu mehreren zehn Kilometern - und sind daher aus den Wassereinzugsgebieten völlig herauszuhalten. In der Bundesrepublik Deutschland hat man mit dem Stande von 1981 ca. 50 % der erforderlichen Wasserschutzgebiete ausgewiesen. Es gibt keinen sicheren Beleg dafür, daß man heute wesentlich weiter gediehen ist. Ich vermute einen Ausweisungsgrad von etwa 60 bis 70 %. Nach der erwähnten Aufstellung aus dem Jahre 1981 nehmen aber die Wasserschutzzonen I und II nur 1,3 % der Fläche der Bundesrepublik Deutschland in Anspruch. Wenn man eine vollständige Ausweisung unterstellt, ergäbe eine Extrapolation auch nur einen Flächenanteil von vielleicht 2,3 bis 3 %. Grundwasserschutzgebiete I und II beanspruchen also keineswegs erhebliche Teile der Bundesrepublik Deutschland. Ein ganz anderes Problem liegt darin, daß Schutzgebiete in der Regel nicht identisch mit den Einzugsgebieten sind. Einzugsgebiete sind häufig wesentlich größer. Daher finden wir heute, und das sollten meine einleitenden Ausführungen auch zeigen, trotz Ausweisung von Schutzgebieten Belastungen chemischer Art in den Fassungsanlagen. Es bleibt festzustellen, daß das Schutzgebietenkonzept grundsätzlich erforderlich ist, daß die Ausweisungspraxis aber häufig zu restriktiv gehandhabt wurde und sich daraus Belastungen chemischer Art in den Fassungsanlagen ergeben. Nun wende ich mich dem biologischen Bereich zu. Früher herrschte die Auffassung, wonach Mikroorganismen im Grundwasser nach 50 Tagen abgestorben sind. In der Arbeit von Filip et al., an der auch ich beteiligt war (Anm.: zu den bibliographischen Daten vgl. KRIEG), ist belegt worden, daß Bakterien und Viren im Grundwassermilieu meist nicht innerhalb



50 Tagen absterben. Das "50 Tage - Konzept" reicht also insofern nicht. Es wird dadurch ausreichend, wenn gleichzeitig die Überwindung einer bestimmten Distanz gefordert ist. Hierin liegt der Grund, warum die in der Praxis auf dieser Basis - Zeit und Entfernung - ausgewiesenen "Lockergesteinsschutzgebiete" außerordentlich wirksam sind. In Karstgebieten und bei Kluftgesteinen reicht aber wegen der mangelnden Zurückhaltung des Wassers das "50 Tage - Konzept" für biologische Agentien nicht aus. Die Besonderheiten der Oberflächenwässer erfordern eine spezielle Betrachtung, die aber bei dieser Gelegenheit nicht angestellt werden soll. Wenn ich jedoch höre, daß der biologische Pflanzenschutz, speziell die Anwendung von Bacillus thuringiensis-haltigen Mitteln, auf Grund der Wasser-schutzgebietsauflagen nicht zum Einsatz gekommen sei, vermute ich, daß es sich um den Schutz von Oberflächenwasser handelt. In diesem Falle bestreicht die Wasserschutzgebietsauflage 2 (W 2) nicht nur das "50 Tage - Gebiet", sondern das gesamte Einzugsgebiet. Man muß klar zwischen Grund- und Oberflächenwasser unterscheiden.

Petzold: Das Wasserschutzkonzept ist aus der Sicht der Bundesregierung ein tragendes Konzept, das weiter verfolgt wird. Diese Haltung zeigt sich in der Bodenschutzkonzeption und im Wasserhaushaltsgesetz (5. Novelle). Die Bundesländer sind gefordert, vermehrt Wasserschutzgebiete auszuweisen. Die Schwierigkeiten, die sich dabei ergeben, werden durchaus gesehen. Daher ist auch im § 19 Abs. 4 WHG eine Regelung für die speziellen Möglichkeiten eines Ausgleichs vorgesehen. Leider ist die Diskrepanz zwischen ausgewiesenen Wasserschutzgebieten und dem Erforderlichen heute noch beachtlich groß: Einmal besteht in einzelnen Bundesländern noch ein großer Nachholbedarf bei der Ausweisung, zum anderen sind Schutzzonen und Einzugsgebiete nicht deckungsgleich. Diese Angleichung zwischen Schutzgebiet und dem eigentlich erforderlichen Schutzgebiet (d. h. dem Einzugsgebiet) ist eine wichtige Forderung und wird derzeit im Umweltausschuß behandelt. Zur Bedeutung des biologischen Pflanzenschutzes möchte ich folgendes sagen: Wir müssen uns darüber klar werden, inwieweit Bacillus thuringiensis als Stellvertreter für das gesamte Konzept des biologischen Pflanzenschutzes in der Zukunft steht. Es ist notwendig, die uns heute beschäftigenden Fragen exemplarisch zu behandeln. Es reicht nicht, auf der Ebene nur eines Mittels zu diskutieren. Wir sollten den gedanklichen Kreis weiter ziehen.

Meinert: In Baden - Württemberg wird der Ausweisung von Wasserschutzgebieten schon seit Jahren eine hohe Priorität beigemessen. Bisher sind ca. 85 % unserer geplanten 3 000 Wasserschutzgebiete ausgewiesen. Insbesondere bei der Ausweisung der Zonen II und III treten Probleme wegen außerordentlich ungünstiger hydrogeologischer Verhältnisse auf. Die "50 Tage - Linie" kann z. B. auf der Alb bei Fließgeschwindigkeiten von 120 - 150 m/h überhaupt nicht eingehalten werden. Hinzu tritt als Fernziel, das jeweilige Einzugsgebiet mit dem Wasserschutzgebiet deckungsgleich zu machen. Die Regierung des Landes Baden - Württemberg wird nicht zuletzt aus den

angeführten Gründen in Kürze die sogen. "Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung" erlassen. Nach ihrem Inkrafttreten darf kein Pflanzenschutzmittel mit einer Wasserschutzgebietsauflage (W 1, W 2 oder W 3) mehr in einem Wasserschutzgebiet eingesetzt werden. Bei Zuwiderhandlungen wird ein Bußgeldverfahren eingeleitet. Ich glaube, wir werden mit dieser Verordnung gut fahren und möglicherweise auch die von der Trinkwasserverordnung vorgegebenen Grenzwerte einhalten können.

Schuhmann: Herr Meinert, können Sie noch etwas zu Herrn Mildes Anmerkung beitragen, wonach nur 2 bis 3 % der Bundesrepublik Deutschland von "W 2 - Bereichen" in Anspruch genommen werden?

Meinert: In Baden - Württemberg liegen etwa 360 000 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche in Wasserschutzzonen. Hier von entfallen 7 % auf die Wasserschutzzone II, der Rest liegt in der Zone III.

Schnetter: Wie bereits Herr Petzold betont hat, kommt Bacillus thuringiensis im Rahmen dieser Diskussion nur eine Stellvertreterfunktion für mikrobiologische Pflanzenschutzmittel allgemein zu. Im Vergleich zum Ausland ist die Entwicklung biologischer Pflanzenschutzmittel in der Bundesrepublik Deutschland doch weit zurückgeblieben. Die Frage, wie man hier mit neuen biologischen Mitteln verfahren will, wird sich zwangsläufig immer wieder stellen, und zwar sowohl für Mittel aus natürlich vorkommenden Mikroorganismen als auch aus gentechnisch "maßgeschneiderten" Mikroorganismen. Ein Beispiel ist Pseudomonas fluorescens, in das das für die Endotoxinproduktion verantwortliche Gen von Bacillus thuringiensis eingebaut werden soll, um so ein Mittel gegen wurzelfressende Schadinsekten zu erhalten. Das Transferieren der Toxingene von B. t. in andere Organismen ist insbesondere in den U S A ein intensiv bearbeitetes Gebiet. Drei Kulturpflanzen enthalten bereits dieses Gen; weitere Pflanzen kommen hinzu. Ich bin der Auffassung, daß wir erfolgversprechende und im Sinne des Umweltschutzes notwendige Entwicklungen blockieren, wenn die bisherige Auffassung der zuständigen Einvernehmensbehörde beibehalten und eine Wasserschutzgebietsauflage für notwendig erachtet wird. Seit über zehn Jahren befaße ich mich intensiv mit Fragen der biologischen Stechmückenbekämpfung durch Bacillus thuringiensis israelensis am Oberrhein. Im Laufe dieser Tätigkeit habe ich im Umgang mit Behörden und in Presseberichten Argumente gegen den B.t.i.-Einsatz erfahren, die, fachlich gänzlich unhaltbar, letztlich auf Stellungnahmen zum gesundheitlichen Risiko durch B. t. aus dem Bundesgesundheitsamt beruhen. Ich möchte noch einiges zu dem vorhin im Vortrag von Herrn Dr. Helmuth angesprochenen Darmschlingentest ergänzen: Hier wurde ein aus in vitro-Kulturen von B. t. gewonnenes Toxin injiziert und geprüft. Man hat jedoch nicht die Auswirkungen geprüft, die natürlicherweise nach Verschlucken von B. t. im Verdauungssystem eines Warmblüters auftreten können. Als Beleg für die Gefährlichkeit von B. t. wird, wie auch heute gesehen, gerne ein aus der Literatur bekannter Fall einer Augeninfektion zitiert. Ob die Entzündung von Begleitbakterien oder tatsächlich von B. t. verursacht wurde, ist je-

doch nicht sicher geklärt. Auch die Behauptung einer Gefährdung des Menschen bei Injektion entbehrt einer sicheren wissenschaftlichen Grundlage. Shadduk hat hingegen durch Untersuchungen exakt nachgewiesen, daß bei der Ratte sowohl nach oraler Applikation als auch intraperitonealer Injektion von B. t. kurstaki und B. t. israelensis von  $10^7$  Sporen/Tier keine auffällige Reaktion beobachtet wurde. Jungratten vertrugen die Injektion von  $10^5$  Sporen/Tier ins Gehirn! (Anm. des Bearbeiters: SHADDUK, J. (1980): WHO/VBC/80.763. Geneva. 12 pp.) Mit wissenschaftlich nicht stichhaltigen Untersuchungsergebnissen wird eine von mir nicht zu tolerierende Diskriminierung von B. t. betrieben.

Schumann: Vielen Dank. Die Diskussion zu toxikologischen Problemen wollen wir - wie besprochen - aber noch zurückstellen. Über die Bedeutung des biologischen Pflanzenschutzes und die Zielvorstellung, ihn möglichst voranzutreiben, besteht in diesem Kreis wohl Einigkeit. Eine vertiefte Diskussion hierzu scheint mir entbehrlich.

Dickler: Ich möchte dennoch mit einem Beispiel kurz erläutern, welche Bedeutung ich diesem Fachgespräch für die Entwicklung des integrierten Pflanzenschutzes und die notwendige Einbeziehung der biologischen Schädlingsbekämpfung in diese umwelt-schonende und vernünftige Pflanzenschutzstrategie beimesse. Wenn über Erfolge der biologischen Schädlingsbekämpfung gesprochen wird, werden regelmäßig die Freilassung von Prospaltella perniciosi, einem Parasiten der San José - Schildlaus, und von Aphelinus mali, einem Parasiten der Blutlaus, genannt. Im Erwerbsobstbau können Freilassungen dieser beiden Parasiten jedoch keine Bedeutung erlangen, denn jedes dort einzusetzende chemische Insektizid tilgt sie in den Anlagen. Erst die Anwendung hochselektiver mikrobiologischer Pflanzenschutzmittel bildet die Grundlage für ihren effizienten Einsatz. Diese Grundlage zu schaffen, ist dringend geboten.

Klingauf: Herr Dr. Klein hat in seinem Vortrag die Belastungen durch den Pflanzenschutz in einem ökosystemaren Zusammenhang dargestellt. Das begrüße ich durchaus. Aber der biologische Pflanzenschutz wird ja gerade deshalb favorisiert und soll auch nicht zuletzt nach dem Willen des Gesetzgebers weiter entwickelt werden, weil man erkannt hat, daß das einseitige Konzept des chemischen Pflanzenschutzes auf Dauer nicht erfolgreich sein kann. Hierfür möchte ich ein Beispiel geben: Wenn man den Apfelwickler mit breitenwirksamen chemischen Mitteln bekämpft, und die meisten Mittel sind breitenwirksam, dann steht man regelmäßig vor der Notwendigkeit einer Spinnmilbenbekämpfung. Nach einer Bekämpfung mit dem Apfelwicklergranulosevirus ergibt sich dieser Zwang nicht. Die Raubmilben bleiben am Leben; ihr antagonistisches Potential wird bewußt genutzt. Das ist ökosystemares Denken im Pflanzenschutz! Wir fordern den biologischen Pflanzenschutz aus diesen ökologischen Erwägungen heraus. Wir bieten die Ergebnisse unserer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur industriellen Nutzung an. Das Echo darauf ist bedauerlicherweise gering.

Schuhmann: Die Schonung des Naturhaushalts - "Boden, Wasser, Luft, Tier- und Pflanzenarten und das Wirkungsgefüge zwischen ihnen" nach der gesetzlichen Definition - ist eine Zielvorstellung des Gesetzgebers, ist eine Vorbedingung für Pflanzenschutz. Das ist sicherlich ein hoher Anspruch, der aber in diesem Kreise gewiß nicht in Frage gestellt wird. Einen Dissens gibt es allenfalls darin, was man heute schon mit v e r t r e t b a r e m Aufwand erreichen kann.

Klein: Ich möchte meine Auffassung zum biologischen Pflanzenschutz ganz deutlich umreißen: Es kann nicht darum gehen, beim Pflanzenschutz chemische durch bakteriologische Mittel zu ersetzen, sondern nur darum, ein Gesamtkonzept zu finden. Dieses Konzept ist m. E. nur in einem Falle angesprochen worden, und zwar in Herrn Klingaufs Vortrag bei der Schilderung des Einflusses der Feldraine auf die Blattlausdichte. Ich sehe eine wichtige Funktion unseres heutigen Gespräches auch darin, zu überlegen, wie man durch einen Wandel in unserem ökologischen Verständnis von der Landwirtschaft zu einer Minimierung im Einsatz nicht nur der chemischen, sondern auch der biologischen Bekämpfungsmittel kommen kann.

Schuhmann: Herr Klein, ich bewerte die von Ihnen angesprochene Thematik nicht gering. Im Zusammenhang mit den von uns heute vorrangig zu behandelnden Fragen zur Zulassung von Pflanzenschutzmitteln muß die Diskussion jedoch mit anderer Zielsetzung geführt werden und z. B. auf die Bewertung eines Mittels hinsichtlich seiner Auswirkungen auf den Naturhaushalt eingehen. Ich vereinfache jetzt einmal: Wenn wir ein breiter wirksames chemisches Insektizid anwenden, dann greifen wir u. U. stärker störend in den Naturhaushalt ein. Mit den biologischen Pflanzenschutzmitteln und ihrer hohen Selektivität ist es uns jedoch in nahezu idealer Weise möglich, die biologischen Störeffekte gering zu halten. Diese Tatsache haben wir bei der Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln zu beachten. Alle anderen Gesichtspunkte, wie z. B. Fruchtfolge, Artenvielfalt, vernetztes Ökosystem, spielen hierbei keine Rolle, obwohl sie ganz allgemein sicher nicht von geringem Interesse sind. In der Welt besteht Einmütigkeit darin, möglichst nur selektive Pflanzenschutzmittel zu entwickeln und anzuwenden. Diese Selektivität, das muß ich immer wieder betonen, haben wir bei Bacillus thuringiensis, bei Baculoviren und wahrscheinlich auch bei pilzlichen Gegenspielern von Insekten und Phytopathogenen. Wir sind uns, so glaube ich wenigstens, in der Zielvorstellung einig, diesen selektiven Mitteln soweit wie sachlich vertretbar die Zulassung zu erleichtern, weil sie unbestreitbare Vorteile bieten. Vorhin hat ein Kollege aus dem Bundesgesundheitsamt am Rande dieses Gespräches zu mir gesagt, auch wenn zukünftig keine Wasserschutzgebietsauflage für Bacillus thuringiensis-haltige Pflanzenschutzmittel erteilt würde, gebe es in der Folge nicht mehr biologische Pflanzenschutzmittel als heute. Hiermit ist ein schwerwiegendes Problem angesprochen worden. Biologische Pflanzenschutzmittel sind deutlich teurer als chemische Mittel. Wenn wir diese Mittel auf den Markt bringen und dort halten wollen, und die Chance dafür besteht, dann muß man die z. Z. erkennbaren bescheidenen Nischen öffnen. Vor-

aussetzung ist jedoch, vorhandene Hindernisse, auch emotioneller Art, beiseite zu räumen. Je mehr biologische Mittel angewendet werden, desto billiger werden sie auch. Dessen bin ich sicher. Ich sehe sehr wohl eine Chance für kleinere Firmen, die heute finanziell überfordert sind, wenn sie Entwicklungskosten von etwa 100 Millionen DM für ein Mittel aufbringen müssen, wie es die hohen Anforderungen an chemische Pflanzenschutzmittel beispielsweise notwendig machen.

Bode: Herr Professor Schuhmann hat soeben einen für den biologischen Pflanzenschutz ganz wichtigen Punkt angesprochen, der nicht genug betont werden kann. Über die Frage des Wasserschutzes hinaus gibt es eine Vielzahl weiterer Aspekte, deren wissenschaftliche Klärung als Zulassungsvoraussetzung immense Kosten verursacht. Auch bei optimistischer Einschätzung der Marktchancen ist ein Gewinn, der die Aufwendungen wettmacht, nicht zu erwarten. Es wundert daher nicht, daß seitens der Industrie die Forschungsergebnisse z. B. des Instituts für biologische Schädlingsbekämpfung nur verhaltenes Echo finden. Herr Professor Klingauf hat das vorhin erwähnt. Wir müssen den Gesamtkomplex unserer Anforderungen im Rahmen des Zulassungsverfahrens sorgfältig prüfen, inwieweit tatsächlich im Einzelfall eine genaue Klärung erforderlich ist. Wir dürfen uns nicht berechtigt vorwerfen lassen müssen, übertriebenes Sicherheitsdenken habe die nach Pflanzenschutzgesetz gebotene Förderung des biologischen Pflanzenschutzes verhindert. Der Risikoabschätzung im Bereich "Naturhaushalt" kommt in diesem Zusammenhang besondere Bedeutung zu.

Hahn: Ich halte es grundsätzlich für fragwürdig, wenn in diesem Gremium, das insgesamt das Konzept des integrierten Pflanzenschutzes befürwortet, eben dieses Konzept wegen eines so geringen Streitpunktes in Frage gestellt wird, wie wir ihn mit der Wasserschutzgebietsauflage vor uns haben. Wenn ich die hier aus wirtschaftlicher Sicht vorgetragenen Auffassungen zum biologischen Pflanzenschutz bezüglich der Sicherheitstechnologie auf andere Stoffe übertrage, dann müßte ich z. B. die Verordnung über brennbare Flüssigkeiten außer Kraft setzen und Wasserstofftransport in Luftballons erlauben, wenn das eher zu machen wäre. Bei einem solchen Diskussionsverlauf wird dieses Gremium womöglich Argumente für die Gegner des integrierten Pflanzenschutzes liefern. Hier stehen sich unterschiedliche Auffassungen zur Sicherheit gegenüber. Wenn die Wasserschutzgebietsauflage, die unter dem Vorsorgeaspekt wegen eines letztlich vielleicht nicht belegbaren ökologischen Risikos notwendig ist, aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus wegfällt, wird der integrierte Pflanzenschutz auch nicht schneller möglich. Hierfür sind andere Maßnahmen erforderlich. Man sollte sich hüten, die Sicherheitsinstrumentarien abzubauen, die sich, unter Vorsorgeaspekten eingeführt, in der Vergangenheit als erfolgreich erwiesen haben, nur um wirtschaftlich etwas möglich zu machen, was späterhin politisch nicht vertreten werden kann.

Langenbruch: Ich möchte die bereits mehrfach angesprochene Selektivität biologischer Pflanzenschutzmittel für Bacillus thuringiensis konkretisieren. Die Selektivität eines Mittels

kann man u. a. daran erkennen, ob es bienengefährlich ist, ob es fischgiftig ist oder ob es ein Gefahrensymbol trägt. Unter diesem Gesichtspunkt findet man als selektiv unter sämtlichen derzeit zugelassenen Pflanzenschutzmitteln außer den Bacillus thuringiensis-haltigen Mitteln nur noch ein Mittel aus Kaliseife, ein Mittel mit dem Pheromon des Traubenwicklers und insektizid wirksame Stäbchen, die für den Liebhabergärtner bestimmt sind.

Schuhmann: Ich glaube, aus dieser Sicht gibt es keine Meinungsverschiedenheiten, Herr Langenbruch.

Schnetter: Die Wasserschutzgebietsauflage ist die entscheidende Diskriminierung für Bacillus thuringiensis und damit für alle biologischen Mittel. Bei der Stechmückenbekämpfung mit B. t. i. können wir glücklicherweise sporenfreies Material verwenden. Obwohl wir keinerlei Nebenwirkungen kennen, bringt es die Wasserschutzgebietsauflage immer wieder mit sich, daß unser Mittel in der Öffentlichkeit als giftig diskutiert wird, zuletzt im Zusammenhang mit dem tödlichen Unfall eines Mitarbeiters. Ich halte auf Grund meiner Kenntnisse und Erfahrungen die Erteilung einer Wasserschutzgebietsauflage für entbehrlich und bitte zu überlegen, ob sie nicht wenigstens für einige Zeit aufgehoben werden kann. Diese Auflage ist tatsächlich ein wichtiger Grund für den geringen Einsatz von Bacillus thuringiensis in der Praxis.

Schuhmann: Der entscheidende Punkt bei der Diskussion um die Wasserschutzgebietsauflage scheint mir die Beurteilung der möglichen Gefährdung von Grund- und Trinkwasser und damit verbunden der menschlichen Gesundheit zu sein. Hierauf sollten wir im folgenden unser Augenmerk richten.

Seidel: Die Wasserschutzgebietsauflage wird für sporenhaltige Mittel erteilt. Es ist für mich daher befremdlich, daß man sich bei uns immer nur auf sporenhaltige Präparate konzentriert, wogegen nach zuverlässigen Informationen aus Japan die Sporeninaktivierung wirtschaftlich kein Problem darstellt und dort wohl auf jeden Fall vorgenommen wird. Des weiteren kann ich überhaupt nicht erkennen, daß diese W 2 - Auflage ein großes Hindernis für eine weitere Verbreitung von Bacillus thuringiensis-haltigen Mitteln darstellt. Sowohl kleine als auch große Firmen können weltweit aktiv sein und die Welt als einen Markt ansehen. Abschließend möchte ich mich noch auf einen Vortrag beziehen, der im August letzten Jahres in Darmstadt gehalten wurde (Anm.: WEISER, J. (1986): Impact of Bacillus thuringiensis on Applied Entomology in Eastern Europe and in the Soviet Union. In: Symposium in memoriam Dr. Ernst Berliner anlässlich des 75. Jahrestages der Erstbeschreibung von Bacillus thuringiensis. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin - Dahlem, H. 233, 37 - 49). Damals wurde u. a. berichtet, daß es in Sibirien nicht die geringsten Probleme mit der Anwendung von Bacillus thuringiensis gegeben habe. Diese Argumentation überzeugt natürlich weniger, wenn man an die dicht besiedelten Regionen z. B. in Baden - Württemberg denkt.

Seeber: Ich frage mich, mit welchen Argumenten man sich angesichts der von Herrn Helmuth vorgetragene Daten der Notwendigkeit einer W 2 - Auflage noch verschließen kann. Leider muß ich auch Herrn Schnetters Auffassung widersprechen, wenn er sagt, bei Bacillus thuringiensis seien keinerlei toxikologische oder humanpathogenetische Eigenschaften zu verzeichnen. In den letzten zehn Jahren hat sich die Bewertung der humanpathogenen Situation jedoch verschärft. So ist etwa 1983 in der Literatur aus den USA ein Fall bekanntgeworden, in dem trotz sofort einsetzender Erste-Hilfe-Maßnahmen mit intensiver Augenspülung ein Cornealulcus bei einem Anwender von Bacillus thuringiensis entstanden ist. Die mikrobiologische Untersuchung eines Abstriches hat den Nachweis von Bacillus thuringiensis in Reinkultur und in hoher Konzentration erbracht. Erst der Einsatz spezifischer Antibiotika ermöglichte nach 20 Tagen ein Abklingen und Abheilen dieses menschlichen Augenulcus. Bei Kühen ist es beispielsweise durch Aufnahme des nahe verwandten Bacillus cereus zu schweren Mastitiden mit letalem Ausgang gekommen. Nur der Verlust des für die Bildung des  $\delta$  - Endotoxins verantwortlichen Plasmids bei Bacillus thuringiensis läßt gewissermaßen Bacillus cereus entstehen! Im übrigen ist zu berücksichtigen, daß die Immunitätslage heutiger Hochleistungsrassen nicht mehr mit der früherer Züchtungen vergleichbar ist. Wir beobachten heute, daß nach alter Auffassung lediglich saprophytische Mikroorganismen ausgeprägte Pathogenitätsprofile erzeugen können. In den letzten zwei Jahren zeichnet sich daher in der Hygiene die Tendenz ab, daß wir von dem alten KOCHSchen Humanpathogenitätsprinzip abrücken und auch die apathogenen Keime kritisch betrachten müssen. In hoher Konzentration können sie plötzlich pathogen werden. Man darf also nicht die Ergebnisse eines Versuches zur Klärung eines akuten humantoxikologischen oder humanpathologischen Risikos allein als Bewertungskriterium für eine Zulassung heranziehen. Ende der siebziger Jahre sind mit Bacillus cereus als Verursacher hämorrhagische infektiöse Gangrän, septische Meningitiden, Lungenabszesse, ein Fall von Endocarditis und nicht zuletzt die von Frau Eschment beschriebenen Fälle hämorrhagischer Enteritis oder schwerer Brechdurchfälle bei ca. 900 Teilnehmern an einer Thermophorenverpflegung bekannt geworden. Das alles müßten eigentlich genug Hinweise sein, sich sorgfältig zu überlegen, ob man das Prinzip der W 2 - Auflage so leichtfertig aufgeben sollte.

Schuhmann: Frau Dr. Seeber, Sie bringen mich in arge Not. Mittel mit Bacillus thuringiensis sind zugelassen; dabei sind Anwendungsgebiete mit direkter Behandlung von Obst und Gemüse vorgesehen! Eine Wartezeit wurde in Übereinstimmung mit dem Bundesgesundheitsamt als nicht erforderlich betrachtet. Wie läßt sich diese im Vergleich zur möglichen Trinkwasserkontamination ungleich höhere Belastung des Verbrauchers z. B. bei Verzehr frisch mit Bacillus thuringiensis behandelten Obstes vertreten?

Helmuth: Manche Äußerungen während der Diskussion lassen den Eindruck entstehen, ich habe einen einseitigen Bericht zu Bacillus thuringiensis gegeben. Erlauben Sie mir daher einige ergänzende Anmerkungen. Es war angezweifelt worden, daß durch

einen Tropfen Spritzflüssigkeit, der bei Anwendung von Bacillus thuringiensis in das Auge des Anwenders gelangte, eine Infektion verursacht wurde. Dieser Mann ging zehn Tage nach dem Unfall zum Arzt, der ein Hornhautgeschwür diagnostizierte und aus diesem Geschwür Bacillus thuringiensis isolierte. Ich weiß nicht, was man zusätzlich hätte tun sollen. Des weiteren möchte ich nochmals betonen, daß sowohl für Bacillus cereus als auch Bacillus thuringiensis die Fähigkeit zur Enterotoxinbildung nachgewiesen worden ist, und zwar an Hand von Umweltisolaten. Was es noch zu klären gilt, und dafür reichen die vorgelegten Versuchsergebnisse nicht aus, ist, ob auch der in den Pflanzenschutzmitteln enthaltene Bacillus thuringiensis zur Enterotoxinbildung befähigt ist. Zwar deuten alle Anzeichen darauf hin, doch liegen noch keine abschließenden Berichte hierzu vor.

Miltenburger: Zum Bereich der gesundheitlichen Auswirkungen wurden für Bacillus thuringiensis heute weitgehend Einzelbefunde vorgestellt; die für eine Risikoabschätzung erforderlichen quantitativen Daten vermisste ich noch. Herr Carganico hat vorhin den § 6 des Wasserhaushaltsgesetzes zitiert. Dort wird herausgestellt, daß eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit vermieden werden müsse. In § 7a WHG sind weitergehende Anforderungen an das Einleiten von Abwasser beschrieben. Danach gilt "Stoffen oder Stoffgruppen, die wegen der Besorgnis einer Giftigkeit, Langlebigkeit, Anreicherungsfähigkeit oder einer krebserzeugenden, fruchtschädigenden oder erbgutverändernden Wirkung als gefährlich zu bewerten sind", besondere Beachtung. Für chemische Substanzen sind also in diesem Gesetz Kriterien festgelegt, die bei Einleitung oder Verunreinigung zu beachten sind. Für die "Wirkstoffe" biologischer Präparate ist offensichtlich nichts Ähnliches formuliert worden. Das Fehlen entsprechender Daten ist sicher das Hauptproblem während unserer Diskussion.

Schuhmann: Ich sehe das auch so.

Großklaus: Meine Damen und Herren, lassen Sie mich bitte zunächst eine kurze Feststellung treffen, was die Rolle des Bundesgesundheitsamtes während des heutigen Fachgespräches anlangt. Gehen Sie bitte davon aus, daß wir die in Vorträgen und Diskussion gewonnenen Erkenntnisse in einen Meinungsbildungsprozeß einfließen lassen, um in der Frage der umwelthygienischen Bewertung von Pflanzenschutzmitteln aus Mikroorganismen und Viren zu einer Nutzen - Risiko - Abwägung zu kommen und schließlich der Öffentlichkeit eine einheitliche Auffassung hierzu bekanntzugeben. Verkennen Sie aber bitte nicht, und damit stelle ich mich vor meine Mitarbeiter, die von uns zu tragende große Verantwortung, die uns von Ihnen in den anderen beteiligten Anstalten unterscheidet. Auf uns liegt die Last, eine Nutzen - Risiko - Abwägung durchzuführen, die auch in Zukunft Bestand hat. Wir fühlen uns nicht einer Bestandsaufnahme des gegenwärtigen Standes der Entwicklung verpflichtet, wir sind mit unseren Überlegungen und Stellungnahmen in einen dynamischen Prozeß eingebunden. Vor diesem Hintergrund und vielleicht auch im Vergleich zu anderen Substraten, die wir zu beurteilen haben, erkennen Sie bitte die



besondere Problematik und das daraus resultierende Ringen um die Wahrheit. Der von mir angesprochene Meinungsbildungsprozeß schließt auch die Frage ein, wie denn das Pathogenitätsproblem bei Bacillus cereus und Bacillus thuringiensis wirklich zu beurteilen ist. Ich verkenne gar nicht, daß ich als Mikrobiologe, der sich in der Vergangenheit auch mit Bacillus cereus beschäftigt hat, einigen Ausführungen zur möglichen Gefährdung durch Bacillus thuringiensis ein wenig skeptisch gegenüberstehe. Sollten wir heute schon den Argumenten zustimmen müssen, erübrigen sich sämtliche Diskussionen: Die Zulassungen von Mitteln mit Bacillus thuringiensis wären sofort zu widerrufen. Verstehen Sie diese Aussage nicht als gegen meine Mitarbeiter gerichtet. Sie soll nur beispielhaft belegen, wie wir in unserem Hause ringen werden, um zu einer einheitlichen Meinung zu kommen. Wichtig erscheinen mir im Zusammenhang mit unserer Diskussion zum Wasserschutz insbesondere folgende Fragen: Zunächst, verzeihen Sie bitte die polemische Frage, hätte ich gerne gewußt, ob von Wasserschutzgebieten tatsächlich die behaupteten segensreichen Wirkungen ausgehen und man das Trinkwasser, nehmen wir als Beispiel den biologischen Pflanzenschutz, vor einer Kontamination mit Bacillus thuringiensis bewahren kann. Liegen eigentlich schon Erkenntnisse darüber vor, mit welcher Geschwindigkeit oder unter welchen Bedingungen Bacillus thuringiensis durch den Boden wandert und in das Grundwasser und damit auch in das Trinkwasser gelangt? Diese Erkenntnisse müssen wir haben, weil ja sonst Entscheidungen nur auf Hypothesen und Spekulation beruhen.

Schuhmann: Vielen Dank, Herr Großklaus. Auch in meinem Hause, das will ich hier betonen, gibt es durchaus keine einheitliche Auffassung über die Bedeutung des biologischen Pflanzenschutzes oder darüber, welche Kriterien sinnvoll bei der Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln zu berücksichtigen sind. Wir befinden wir uns in einem schwierigen Entwicklungsprozeß, alle Spezialkenntnisse richtig zusammenzuführen und unter Abwägung der verschiedensten Gesichtspunkte eine möglichst ausgewogene Bewertung abzugeben. Zur Bewältigung dieser Aufgabe ist gegenseitiges Vertrauen notwendig.

Langenbruch: In Ergänzung zu Herrn Dr. Seidels Diskussionsbeitrag möchte ich verdeutlichen, warum man in Japan mit Bacillus thuringiensis besonders vorsichtig ist. Bacillus thuringiensis wirkt auch gegen Seidenraupen, weshalb jede Erhöhung des Sporentiters vermieden werden soll. Es liegt nahe, die Sporen abzutöten und nur mit dem Toxin zu arbeiten. Leider kann man aber nicht generell auf die Sporen verzichten - sie erhöhen die Wirksamkeit und beschleunigen zudem die Mittelwirkung. Die Kohlmotte Plutella xylostella (L.) (= P. maculipennis (Curt.)) kann man wohl allein mit dem Toxin bekämpfen, bei einer Bekämpfung der Mehlmotte Ephestia kuehniella (Zeller) benötigt man aber bei Verwendung nur des Toxins den zwei- bis dreifachen Mittelaufwand, verglichen mit einem sporenhaltigen Mittel. Die übrigen Zielorganismen liegen in ihrer Empfindlichkeit zwischen diesen beiden Arten. Bei der Notwendigkeit eines erhöhten Mittelaufwandes ist allerdings die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes in Frage gestellt. Dies gilt umso mehr, als das angeführte japanische

Präparat mit inaktivierten Sporen etwa doppelt so viel kostet wie das ohnehin für eine breite Anwendung leider viel zu teure "Dipel", das übrigens auch in Japan vertrieben wird.

Klein: Herr Großklaus fragte vorhin nach dem Wert der Wasserschutzgebiete. Lassen Sie mich ein Beispiel geben. In einem Wasserwerk im Münsterland traten hin und wieder kurzzeitig Spitzen hinsichtlich der Kolonienzahl auf, gelegentlich fand man einige Salmonellen. Diese Vorkommnisse wiesen auf Mängel im Betriebszustand hin. Man ergriff alle möglichen Maßnahmen, einschließlich der Brunnenreinigung, bis eines Tages ein Probennehmer des Wasserwerkes zufällig beobachtete, daß auf einer angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Fläche Hühnergülle ausgebracht wurde. Ein wenig Wind reichte aus, Mikroorganismen massenhaft über die Belüftungsschächte des Brunnens in die Versorgungsanlage einzutragen. Ein Abstand von 20 bis 50 m von dem Brunnen hätte als Schutzzone ausgereicht. Bei einer Ausbringung z. B. von Bacillus thuringiensis var. israelensis in einem Schutzgebiet von kleinem Durchmesser oder in einem nicht ausgewiesenen Schutzgebiet werden mit Sicherheit erhöhte Koloniezahlen auftreten. Die Ursachenerkundung seitens der Wasserversorgungsunternehmen oder der Gesundheitsbehörden wird erhebliche Kosten verursachen. Ich habe bewußt die Kolonienzahl angesprochen, um über die Frage der Pathogenität hinaus auch auf diesen, für eine Bewertung wichtigen Aspekt einzugehen. Seit Jahren weigert sich das "Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene" standhaft, Trinkwasser als etwas aufzufassen, das man nach seiner Schädlichkeit zu bewerten hat und bei Nachweis von Unschädlichkeit zum Trinken freigeben darf. Insofern spielt bei unseren Diskussionen auch die Frage der Pathogenität von Bacillus thuringiensis eine Rolle. Es geht uns um die Aufrechterhaltung betriebssicherer Wasserversorgungsanlagen unter den realen Verhältnissen in der Bundesrepublik Deutschland. Bei einem "Freischein" für biologische Pflanzenschutzmittel treten mit Sicherheit regelmäßig hier und da Problemfälle auf, die wir zu lösen haben.

Krieg: Bacillus thuringiensis ist ein ubiquitärer Keim, dem wir gar nicht ausweichen können. So sind beispielsweise unsere Lebensmittel grundsätzlich kontaminiert.

Milde: Ich möchte doch noch einmal auf das dem Wasserschutz zugrunde liegende Vorsorgeprinzip eingehen. Vor mir liegt die "Richtlinie für Trinkwasserschutzgebiete" (Anm.: Regelwerk des DVGW, Arbeitsblatt W 101), Grundlage der Ausweisung von Schutzgebieten. In ihr ist aufgeführt, was alles in dieser Zone II, über die wir uns unterhalten, nicht geduldet werden kann; z. B. jegliche Bebauung, Zelten, Lagern, jeglicher Badebetrieb, jegliche Viehansammlung, jeglicher Kleingarten, jeglicher Vorflutgraben. Jede einzelne dieser aufgezählten Nutzungsweisen, könnten Sie sagen, ist eigentlich ohne besonderen Belang. Trotzdem werden sie aber aus dem Vorsorgegedanken heraus als untragbar aufgefaßt, weil hiervon Belastungen induziert werden können. In diesem Zusammenhang müssen Sie die Diskussion zum Wasserschutz sehen. Sie dürfen auch nicht vergessen, daß sich mit der Erstellung dieser auf dem Vorsorgeprinzip beruhenden Regeln nicht einzelne Menschen, sondern verschiedene Gruppen in jahre-

langem Ringen beschäftigt haben. Das Trinkwasserschutzkonzept hat sich in biologischer Hinsicht, also im Hinblick auf Krankheitserreger, bewährt. Diese eindeutige Aussage ist durch die Ergebnisse eines umfangreichen Forschungsauftrages zu belegen.

Die Trinkwasserversorgung in der Bundesrepublik Deutschland ist aus biologischer Sicht sicher, und zwar im wesentlichen aufgrund des "Schutzkonzeptes". Daß diese Sicherheit für die chemischen Mittel nicht in diesem Maße gegeben ist, ist ein anderes Problem, sollte hier aber nicht weiter betrachtet werden. Wenn man in Baden-Württemberg neuerdings im ganzen Wasserschutzgebiet keinen Einsatz von Mitteln mit Wasserschutzgebietsauflagen mehr dulden will, ist das berechtigt, weil, wie gesagt, das Schutzkonzept für chemische Stoffe nicht ausreichend wirksam ist. Für biologische Stoffe ist eine derartige Forderung aber unnötig, denn das Raum-Zeit-Prinzip funktioniert. Die in Baden-Württemberg ergriffenen Maßnahmen, denen sich zukünftig vielleicht auch andere Bundesländer anschließen werden, können jedoch nicht Anlaß sein, das für biologische Stoffe aufgrund langjähriger Erfahrungen erfolgreiche Schutzkonzept in der Hoffnung zu zerlegen, damit für biologische Pflanzenschutzmittel Erleichterungen beim Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis zu erreichen.

Schnetter: Auch ich akzeptiere den von Ihnen hervorgehobenen Grundsatz der Vorsorge, halte ihn für notwendig. Man darf aber nicht übertreiben. Es ist noch kein Fall bekannt geworden, daß Grundwasser durch Bacillus thuringiensis verseucht worden ist: Mit der Ausbringung von B. t. erhöhen wir den natürlich vorhandenen Bacillus cereus-Titer um 1 %. Dieses 1 % ernst zu nehmen, die restlichen 99 % in Bezug auf den Wasserschutz aber zu ignorieren, empfinde ich als überzogen. Ich möchte aber nochmals zu Herrn Seidels Ausführungen Stellung nehmen. Wir müssen bei den biologischen Mitteln klar zwischen solchen unterscheiden, die natürlich vorkommende Mikroorganismen enthalten oder solchen mit genetisch manipulierten Mikroorganismen. Von letzteren wird in den nächsten Jahren eine große Zahl auf uns zukommen. Sie haben aber nur eine Chance, wenn sie frei angewendet werden und sich ausbreiten können. Diese Etablierung von Bakterien wie z.B. Bacillus popilliae oder Viren im Freiland entspricht ja der Idealvorstellung. Diese Chance darf nicht durch eine restriktive Haltung zunichte gemacht werden! Wir hätten dann kein selektives Mittel (B. popilliae) zur Bekämpfung z. B. des Waldmaikäfers. Eine andere Angelegenheit ist die Forderung nach Bestrahlung der Bacillus thuringiensis-haltigen Mittel. Das ist kein Problem, weder für die mückenspezifisch (var. israelensis), käferspezifisch (var. tenebrionis) noch schmetterlingsspezifisch (var. kurstaki) wirkenden Stämme von B. t.: In den meisten Fällen kann man Bacillus thuringiensis ohne lebende Sporen anwenden.

Ich sehe das wirkliche Problem in der Diskriminierung durch eine Wasserschutzgebietsauflage, und zwar bei solchen Organismen aus den Gruppen der Viren, Pilze, Bakterien, die - ohnehin natürlich vorkommend - sich im Freiland vermehren können und damit eine ideale Voraussetzung für eine effiziente biologische Schädlingsbekämpfung bilden. Durch diese in der Welt einmalige Diskriminierung wird die Entwicklung des biologischen Pflanzenschutzes bei uns stagnieren. Bis jetzt gibt es keinen Beweis, daß von den mikrobiologischen Pflanzenschutzmitteln Gefahren wie von anderen Pflanzenschutzmitteln zu erwarten sind. Die Natur hat sich im Laufe der Entwicklung darauf eingestellt! Aus meinen Erfahrungen mit der Stechmückenbekämpfung am Rhein durch Bacillus thuringiensis var. israelensis kann ich begründet behaupten, daß hierbei die Wasserschutzgebietsauflage für B. t. im Pflanzenschutz das größte Hindernis wegen der daraus abgeleiteten Gefährlichkeit darstellt: In Baden-Württemberg werden die Gegner des B. t.-Einsatzes wieder die Anwendung chemischer Insektizide propagieren, und wir können nichts dagegen tun.

Schuhmann: Wir werden am Nachmittag noch über die Anwendung von Viren und Pilzen im biologischen Pflanzenschutz sprechen. Im Rahmen einer Gesamtdiskussion sollten wir die hier ange deutete Problematik aufgreifen, nicht nur eng begrenzt für Bacillus thuringiensis. Am Ende des heutigen Fachgespräches sollten generelle Überlegungen stehen, wie wir insgesamt in unserem Verfahren der Prüfung und Zulassung biologischer Pflanzenschutzmittel aus Mikroorganismen und Viren vorankommen können. Vor der Mittagspause möchte ich nur noch die bereits vorliegenden Meldungen von Herrn Dr. König, Herrn Dr. Langenbruch und Frau Dr. Hans berücksichtigen.

König: Ich möchte mit meiner Frage an Ihre Ausführungen anknüpfen, Herr Präsident Großklaus. Ich glaube, daß jeder, der Bacillus thuringiensis zur biologischen Schädlingsbekämpfung einsetzen möchte, gleichzeitig auch ein Interesse daran hat, das Wasser nicht zu kontaminieren. Gibt es denn überhaupt genügend Hinweise, daß durch die Wasserschutzgebietsauflage ein Eindringen von Bacillus thuringiensis in das Grundwasser vermieden wird oder daß bei einer Anwendung in der Zone II auch tatsächlich Grundwasser kontaminiert wird?

Schuhmann: Das ist eine Frage des Nachweises.

Langenbruch: Herr Professor Milde hat vorhin aufgezählt, welche Nutzungsbeschränkungen in der Schutzzone II gefordert werden. Ich zitiere in diesem Zusammenhang aus den öffentlichen Bekanntmachungen der Stadt Reinheim/Odenwald Verbote für die Zone II: "In der Zone II gelten die Verbote für die Zone III a, darüber hinaus ist u. a. verboten die organische Düngung, sofern die Dungstoffe nach der Anfuhr nicht sofort verteilt werden oder die Gefahr einer oberirdischen Abschwemmung in die Zone I besteht." Ich leite

hieraus ab, daß der Landwirt unter bestimmten Voraussetzungen Gülle oder mehrere Tonnen Stallmist je ha ausbringen darf, deren Ablagerung aber als weniger gefährlich als die Applikation von 300 bis 600 g eines B. t.-haltigen Mittels pro ha gilt.

Hans: Ich beziehe mich auf die von Herrn König und anderen Rednern gestellten Fragen zur möglichen Belastung des Grund- und Trinkwassers durch Bacillus thuringiensis. Wir müssen einschlägige Daten erhalten, damit wir besser abschätzen können, ob oder mit welcher Wahrscheinlichkeit die Ausbringung von Bacillus thuringiensis als Pflanzenschutzmittel eine Kontamination möglich ist. Diese Abschätzung ist in vielerlei Hinsicht notwendig, auch unter dem Blickwinkel der umwelthygienischen Aspekte.

Schuhmann: Vielen Dank für diese Anregung. Ich glaube, hiermit haben Sie die zentrale Frage angesprochen. Ich unterbreche für die Mittagspause, möchte aber jetzt schon ankündigen, daß wir die nächsten vier Vorträge über entomopathogene Pilze und Viren in der biologischen Schädlingsbekämpfung nacheinander hören und dann unter Berücksichtigung aller relevanten Gesichtspunkte diskutieren werden.

Gisbert Zimmermann

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,  
Institut für biologische Schädlingsbekämpfung, Darmstadt

**ANTAGONISTISCHE PILZE IM PFLANZENSCHUTZ:  
EINSATZMÖGLICHKEITEN UND UMWELTHYGIENISCHE ASPEKTE**

ANTAGONISTIC FUNGI IN PLANT PROTECTION:  
PRACTICAL AND ENVIRONMENTAL ASPECTS

Summary

The use of antagonistic fungi in plant protection is one component of biological control. In general, these microorganisms can be applied in the field as well as in the greenhouse for control of pest insects, plant pathogens, nematodes or weeds. Depending on the target organism, applications are possible in the soil and on plant parts above the soil. Various formulations, such as liquids, wettable powders, granules or pellets can be produced. So far, many antagonistic fungi have already been tested in practice, e.g. species from the genera Beauveria, Metarhizium, Trichoderma or Colletotrichum. With practical use of fungi in plant protection, environmental and safety aspects have to be considered. In this connection the following subjects are discussed (1) mycoses, (2) mycoallergoses, (3) mycotoxicoses, and (4) a potential contamination of ground water by migration of spores through the soil. For risk analysis, the fungus species, the application site, the type of formulation and the mode of application have to be taken into account.

**1. Einleitung**

Landwirtschaft und der mit ihr verbundene Pflanzenschutz stehen seit längerer Zeit immer wieder im Blickpunkt der

Öffentlichkeit. Die Diskussionen bewegen sich meist im Spannungsfeld zwischen Ertragsmaximierung und Überproduktion auf der einen sowie Existenz- und Umweltgefährdung auf der anderen Seite. Hierbei wird auch die Forderung nach einem umweltschonenden Pflanzenschutz immer größer, was in den letzten Jahren die Entwicklung von integrierten Pflanzenschutzverfahren begünstigt hat. Biologische Maßnahmen, zu denen auch die Anwendung antagonistischer Pilze gehört, sind ein wesentlicher Teil des integrierten Pflanzenschutzes. Ein Hauptgesichtspunkt für ihre Entwicklung und ihren Einsatz ist zweifellos die umweltschonende Wirkung. In den letzten Jahren ist jedoch zunehmend ein weiterer Aspekt hinzugekommen. Trotz des permanenten Pflanzenschutzmitteleinsatzes in nahezu allen Kulturen werden die Schädlings- und Krankheitsprobleme keineswegs geringer. Dies hat den Ruf nach alternativen Bekämpfungsmöglichkeiten verstärkt, so z. B. bei wichtigen Bodenschädlingen oder bodenbürtigen Krankheitserregern. Hier und in anderen Fällen könnten nun antagonistische Pilze zum Einsatz kommen. Ihre Anwendung erfordert aber auch die Abklärung der damit verbundenen umwelthygienischen Aspekte.

## 2. Einsatzmöglichkeiten antagonistischer Pilze

### 2.1 Allgemeines

Die Idee, Pilze als Gegenspieler von Schadorganismen im Pflanzenschutz einzusetzen, ist keineswegs neu. Erste Versuche mit insektenpathogenen Pilzen wurden bereits Ende des 19. Jahrhunderts, also vor etwa 100 Jahren, durchgeführt. Damals benutzte man Beauveria brongniartii (= B. tenella) zur Bekämpfung von Maikäferengerlingen in Frankreich und Metarhizium anisopliae gegen zwei schädliche Käferarten in der UdSSR (MÜLLER-KÖGLER, 1965). Etwa zur gleichen Zeit wurde in den USA versucht, die Ackerkratzdistel, Cirsium arvense, mit dem Rostpilz

Puccinia punctiformis zu eliminieren (FRANZ und KRIEG, 1982). Vor mehr als 50 Jahren erkannte WEINDLING (1932) die antagonistischen Fähigkeiten von Trichoderma und die Möglichkeit einer biologischen Pilzbekämpfung, und nur wenige Jahre später erschienen die ersten Arbeiten über Förderung und Anwendung von nematodenfangenden Pilzen (s. BARRON, 1977).

Mit der Entwicklung des chemischen Pflanzenschutzes und seinen eindrucksvollen Erfolgen nach dem zweiten Weltkrieg gerieten die ersten Versuche mit antagonistischen Pilzen wieder in Vergessenheit. Erst in den letzten 15 Jahren haben die eingangs erwähnten Probleme zu neuen Forschungsaktivitäten geführt, wobei neue Technologien und Erkenntnisse hinzukamen. Dies hat in Westeuropa und den USA zur Entwicklung der in Tabelle 1 aufgeführten Pilzpräparate geführt, von denen einige zur Zeit noch eingesetzt werden und andere, wie z. B. 'MYCOTAL' und 'VERTALEC' inzwischen wieder aus verschiedenen Gründen vom Markt verschwunden sind.

Grundsätzlich lassen sich antagonistische Pilze in solchen Bereichen des Pflanzenschutzes einsetzen, in denen üblicherweise chemische Mittel angewendet werden. Eine Übersicht darüber gibt Abbildung 1. Entsprechend ihrer Verwendung werden sie auch ähnlich formuliert wie chemische Präparate, nämlich (1) als Suspension oder Emulsion, (2) als Pulver, (3) als Granulat oder (4) als Pellet. Die Zahl der in verschiedenen Pflanzenschutzprojekten getesteten Antagonisten ist in den letzten Jahren stark gestiegen. Die wichtigsten und in der Literatur am häufigsten genannten Vertreter sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Im folgenden soll über einige ausgewählte Beispiele berichtet werden.

## 2.2 Schädlinge

Insektenpathogene Pilze kommen als natürliche Begrenzungsfaktoren bei fast allen Schädlingen vor und führen immer



Tabelle 1 : In Westeuropa und den USA bisher produzierte Pilzpräparate.

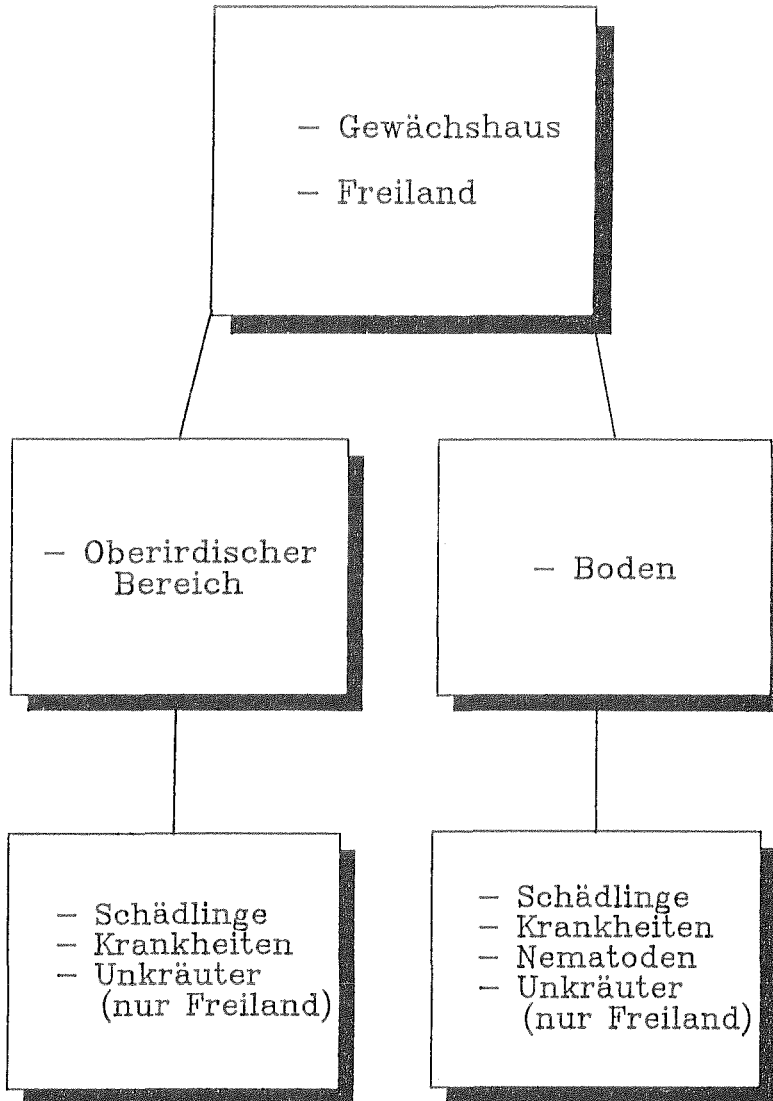
(Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit; verändert nach FRANZ, 1984)

Einsatzgebiet	Präparat Name	Pilzart	Herkunftsland	Anwendung gegen
Schädlinge	Mycar	<i>Hirsutella thompsonii</i>	USA	Rostmilben an Citrus
	Mycotal	<i>Verticillium lecanii</i>	England	Weißer Fliege (Gewächshaus)
	Vertalec	<i>Verticillium lecanii</i>	England	Blattläuse (Gewächshaus)
Krankheiten	Binab T	<i>Trichoderma</i> spp.	Schweden	Bleiglanz
	Mycostop	<i>Streptomyces</i> spp.	Finnland	Bodenpilze
	Phior P	<i>Trichoderma</i> spp.	Frankreich	Bleiglanz
Nematoden	Royal 350	<i>Arthrobotris irregularis</i>	Frankreich	Meloidogyne-Arten
Unkräuter	Collego	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> f.sp.aeschynomene	USA	Unkraut in Reis
	Devine	<i>Phytophthora palmivora</i>	USA	Unkraut in Citrus

Tabelle 2 : Wichtige antagonistische Pilze und ihr Einsatzgebiet im Pflanzenschutz

SCHÄDLINGE (Insekten und Milben)	KRANKHEITEN	NEMATODEN	UNKRÄUTER
Aschersonia	Ampelomyces	Arthrobotrys	Alternaria
Beauveria	Chaetomium	Dactyllela	Ascochyta
Entomophthorales	Coniothyrium	Hirsutella	Cercospora
Hirsutella	Fusarium	Meria	Colletotrichum
Metarhizium	Gliocladium	Paecilomyces	Fusarium
Nomuraea	Hansfordia	Verticillium	Phragmidium
Paecilomyces	Peniophora		Phytophthora
Verticillium	Phialophora		Puccinia
	Pythium		Uromyces
	Scytalidium		
	Sporidesmium		
	Trichoderma		
	Verticillium		

Abb. 1: Einsatzmöglichkeiten antagonistischer Pilze im Pflanzenschutz



wieder zum Zusammenbruch von Kalamitäten. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß diese Gegenspieler als erste versuchsweise im Pflanzenschutz eingesetzt wurden. Grundsätzlich lassen sie sich sowohl im Gewächshaus als auch im Freiland im oberirdischen Bereich wie im Boden anwenden (Abb. 1). Aufgrund der hohen Abhängigkeit der Pilze von Feuchtigkeitsbedingungen ist jedoch ein Einsatz im Gewächshaus oder gegen Schädlinge im Boden zur Zeit am aussichtsreichsten.

Wegen der Regulierbarkeit von Temperatur, Luftfeuchtigkeit und anderer Faktoren ist das Gewächshaus nahezu ein idealer Ort für biologische Pflanzenschutzmaßnahmen. Hinzu kommen zunehmende Probleme bei der chemischen Bekämpfung der Hauptschädlinge Blattläuse, Weiße Fliege, Spinnmilben und Thripse. Im Jahr 1982 wurden in einigen westeuropäischen Staaten die ersten beiden Mycoinsektizide für das Gewächshaus in den Verkehr gebracht. Es handelte sich um die englischen Produkte 'VERTALEC' und 'MYCOTAL', die den Pilz Verticillium lecanii enthielten und gegen Blattläuse bzw. die Weiße Fliege eingesetzt wurden. Beide Biopräparate bestanden aus einer pulverförmigen, sporenhaltigen Formulierung, die als Suspension versprüht wurde (Näheres siehe ZIMMERMANN, 1984 a). In der UdSSR ist die Anwendung biologischer Bekämpfungsmittel im Unterglasanbau in den letzten Jahren ständig gewachsen. Die mit Verticillium lecanii ("VERTICILLIN"), Aschersonia sp. und Beauveria bassiana ("BEAUPERIN") behandelte Fläche wird mit mehreren 100.000 qm angegeben (POSPELOWA und FLIEß, 1987).

Wie bereits erwähnt, bieten sich insektenpathogene Pilze aus verschiedenen Gründen zur Bekämpfung von Bodenschädlingen an. Zum einen handelt es sich um natürlich im Boden vorkommende Gegenspieler, zum anderen wirken chemische Maßnahmen in vielen Fällen nicht ausreichend. Dabei darf allerdings nicht übersehen werden, daß der Boden ein äußerst komplexes System ist, in dem künstlich zugeführte Mikroorganismen den verschiedensten Wechselwirkungen unterliegen. In mehreren Arbeiten der letzten Jahre wurden überwiegend die Arten B. bassiana und

M. anisopliae sowohl im Freiland als auch in Gewächshauskulturen gegen schädliche Curculioniden eingesetzt (MÜLLER-KÖGLER und STEIN, 1970, 1976; GOTTWALD und TEDDERS, 1983; ZIMMERMANN, 1984b). Neben der Verwendung von Konidiensuspensionen kommen besonders Pilzgranulate in Betracht, entweder als Mycelgranulate oder als Mycel-/Konidiengranulate auf organischer Basis. Derartige Produkte werden in der Regel mit üblichen Geräten in den Boden eingearbeitet. Auch die Verwendung solcher Formulierungen als Köder durch Ausbringung auf die Bodenoberfläche wurde bereits erfolgreich erprobt (LATCH und KAIN, 1983).

Unter den Freilandanwendungen ist besonders die Bekämpfung des Maikäfers mit Beauveria brongniartii zu nennen. Hier wird der Pilz als Blastosporen-Suspension vom Hubschrauber aus direkt auf die schwärmenden Käfer gesprüht. Ein entsprechender Großversuch wurde 1985 in der Schweiz auf 90 ha Waldfläche durchgeführt (KELLER et. al., 1986). Ein ähnlicher Versuch fand 1987 auch in Karlsruhe-Hardt statt. Die Strategie einer solchen Anwendung zielt auf eine Kontamination der Weibchen, die den Pilz als Vektor in ihre Brutgebiete in Wiesen- oder Waldböden verschleppen, dort verpilzen und dabei ihre Nachkommen gleich infizieren. In der UdSSR und der Volksrepublik China werden insektenpathogene Pilze wesentlich häufiger im Freiland gegen oberirdisch lebende Schädlinge eingesetzt. POSPELOWA und FLIEB (1987) erwähnen die Anwendung von Beauveria bassiana ("BEAUVERIN") gegen Kartoffelkäfer, Apfelwickler und Maiszünsler, von Paecilomyces farinosus ("PEZILOMIN") ebenfalls gegen den Apfelwickler und von Aschersonia spp. gegen die Citrus-Mottenschildlaus. In China werden der Maiszünsler und vor allem Kiefernspinner-Arten, die zu den Kardinalschädlingen im Forst gehören, ebenfalls mit einem selbsthergestelltem Beauveria-Produkt bekämpft (FRANZ und KRIEG, 1980). Eine großflächige Anwendung findet der Pilz Metarhizium anisopliae in Brasilien, wo er gegen verschiedene Zikaden-Arten im Zuckerrohr verwendet wird (ZIMMERMANN, 1986a).

### 2.3 Krankheiten

Auch Schadpilze an unseren Kulturpflanzen unterliegen zahlreichen Wechselwirkungen mit antagonistischen Mikroorganismen. Die Mechanismen der einzelnen Interaktionen sind sehr vielfältig und lassen sich mit den Begriffen Antibiose, Parasitismus und Konkurrenz charakterisieren. Zahlreiche Pilzarten sind bisher beschrieben worden, die Wachstum und Entwicklung von Krankheitserregern an Pflanzen beeinträchtigen. Die Aufgabe besteht nun darin, solche Antagonisten entweder zu manipulieren oder sie in eine handhabbare Form zu bringen, um mit ihrer Hilfe Pflanzenkrankheiten wirksam zu bekämpfen. Prinzipiell sind antagonistische Pilze auch in solchen Bereichen einsetzbar, in denen Fungizide angewandt werden. Aufgrund der erwähnten hohen Abhängigkeit ihrer Wirkung von den umgebenden Feuchtigkeitsverhältnissen ist auch hier eine Anwendung im Gewächshaus oder im Boden zur Zeit erfolversprechender. Eine zusammenfassende Arbeit über pilzliche Antagonisten und ihren Einsatz gegen oberirdisch vorkommende Phytopathogene wurde kürzlich von DUBOS (1987) publiziert. Aus der Vielzahl der in der Literatur beschriebenen Versuche soll im folgenden nur auf einige grundsätzliche Besonderheiten eingegangen werden.

Zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten im Gewächshaus stehen verschiedene Antagonisten zur Verfügung. In der Bundesrepublik Deutschland hat man sich vor allem mit dem Hyperparasiten Ampelomyces quisqualis und den Möglichkeiten einer biologischen Mehлтаubekämpfung an Gurken unter Glas beschäftigt (PHILIPP et al., 1984). Ein weiterer Kandidat ist z. B. Hansfordia pulvinata, der gegen die durch Cladosporium fulvum verursachte Braunfleckenkrankheit der Tomate geprüft wurde (DUBOS, 1987). In allen Fällen wurde das Agens als sporen- oder mycelhaltige Suspension auf die Pflanzen gesprüht.

Wie bereits mehrfach erwähnt, bereitet die chemische Bekämpfung bodenbürtiger Schadorganismen in den verschiedensten Kulturen teilweise Schwierigkeiten. Unter den schwer bekämpfbaren Schadpilzen sind insbesondere die Gattungen Fusarium, Verticillium, Gaeumannomyces, Pythium, Rhizoctonia, Sclerotinia und Sclerotium zu nennen. Aber auch andere Gründe lassen das Interesse und den Bedarf an alternativen Verfahren wachsen. Im Zusammenhang mit den genannten Pathogenen werden in der Literatur folgende Antagonisten als besonders effektiv erwähnt (siehe Tabelle 2): Trichoderma, Chaetomium, Coniothyrium, Gliocladium, Phialophora, Phythium, Sporidesmium sowie apathogene Stämme von Fusarium (PAPAVIZAS und LUMSDEN, 1980; COOK und BAKER, 1983). Die Gattung Trichoderma und ihre Einsatzmöglichkeiten gegen Bodenpathogene wurde kürzlich ausführlich von CHET (1987) abgehandelt. Auch die heute zu den Bakterien gestellten Streptomyceten sollen hier erwähnt werden, da sie das wirksame Agens in dem finnischen Biopräparat "MYCOSTOP" sind (siehe Tabelle 1).

Die Anwendung antagonistischer Pilze gegen Pathogene im Boden zielt im wesentlichen auf eine Stabilisierung des biologischen Gleichgewichts. Folgende Ausbringungsmethoden sind bisher erprobt worden:

- (1) Direkte Applikation von Sporensuspensionen oder Pilzgranulaten in das Saatbeet oder in Saatrillen und
- (2) Saatgutbehandlung durch Beizung mit Antagonisten.

Die nächsten Jahre werden zeigen, ob sich praktikable Verfahren für den Einsatz im biologischen Pflanzenschutz entwickeln lassen.

Neben den genannten Beispielen einer direkten Antagonisten-Pathogen-Wirkung gibt es noch eine zweite Einsatzmöglichkeit von Mikroorganismen. Seit langem ist bekannt, daß die

Resistenz von Pflanzen gegen Krankheitserreger keine absolute Größe ist. Zahlreiche Untersuchungen der letzten Jahre haben ergeben, daß sich die natürliche Widerstandsfähigkeit der Pflanzen sowohl gegen biotische als auch gegen abiotische Schadensursachen erhöhen läßt (KUC, 1987; SCHÖNBECK, 1987). Zu den induzierenden Agenzien gehören neben bestimmten Substanzen, Pflanzenextrakten und Stoffwechselprodukten von Mikroorganismen auch schwach oder nicht virulente Stämme von Phytopathogenen, saprophytische Mikroorganismen und Mycorrhiza-Pilze. Da ihr Einsatz zur Stärkung der Widerstandskraft von Kulturpflanzen (induzierte Resistenz) dient, müßten zukünftige Biopräparate mit dieser Indikation nach dem neuen Pflanzenschutzgesetz als "Pflanzenstärkungsmittel" eingeordnet werden.

#### 2.4 Nematoden

Als Antagonisten von Nematoden kommen zahlreiche endoparasitische und räuberische Pilzarten vor. Untersuchungen der letzten Jahre haben ergeben, daß solche Gegenspieler in Ackerböden relativ weit verbreitet sind, wenn auch ihr Einfluß auf die Nematodenfauna nicht immer leicht abzuschätzen ist (THOMAS, 1982; DÜRSCHNER, 1983). Bei der biologischen Nematodenbekämpfung mit Pilzen verfolgt man zwei Ziele, und zwar (1) eine Förderung der natürlicherweise im Boden vorkommenden Antagonisten durch vermehrte organische Düngung oder Zwischenfruchtanbau sowie (2) eine direkte Applikation der Pilze in geeigneter Form in den Boden. Eine Kombination beider Verfahren könnte ebenfalls wirkungsvoll sein. Im Hinblick auf die hier anstehenden Fragen ist nur die zweite Maßnahme von Interesse. In bisherigen Versuchen wurden Sporensuspensionen oder mit den Pathogenen bewachsene Getreidekörner in den Boden eingebracht (CAYROL, 1983; KERRY et al., 1984; RODRIGUEZ-KABANA et al., 1984; JANSSON et al., 1985). In der Praxis ist nur das in Tabelle 1 erwähnte französische Produkt "ROYAL 350" mit der räuberischen Pilzspezies Arthrobotrys irregularis ein-



gesetzt worden. Ein Überblick über den derzeitigen Stand der biologischen Bekämpfung von Phytonematoden wurde kürzlich von JATALA (1986) veröffentlicht.

## 2.5 Unkräuter

Bei der biologischen Unkrautbekämpfung mit Pilzen werden zwei Strategien angewendet: (1) Die klassische Methode und (2) die Mykoherbizid-Methode. Im ersten Fall werden in bestimmte Länder eingeschleppte Unkräuter durch nachträgliche Einfuhr von phytopathogenen Pilzen bekämpft, die hier als Antagonisten fungieren. Man bedient sich vorzugsweise obligater Pathogene mit hoher Wirtsspezifität, wie z. B. Rostpilze. Zum ersten Mal wurde dieses Verfahren in Australien zur Bekämpfung des Knorpellattichs, Chondrilla juncea, mit dem in Italien isolierten Rostpilz Puccinia chondrillina durchgeführt. Die mit einer derartigen Maßnahme verbundenen Probleme sowie weitere Beispiele finden sich bei HASAN (1980) und in dem Standardwerk von CHARUDATTAN und WALKER (1982). Bei der zweiten Strategie werden Pathogene in einer entsprechend formulierten Form wie chemische Präparate eingesetzt. Hierzu gehören die in Tabelle 1 aufgeführten Mykoherbizide "COLLEGO" und "DEVINE", die die phytopathogenen Arten Colletotrichum gloeosporioides f.sp. aeschynomene bzw. Phytophthora palmivora enthalten. COLLEGO wurde 1982 in den USA zur selektiven Bekämpfung von Aeschynomene virginica, einem bedeutenden Unkraut in Reis und Soja, zugelassen. Es handelt sich um ein Sporenpulver, das zusammen mit Formulierungshilfsstoffen als wäßrige Suspension auf die Jungpflanzen gespritzt wird. DEVINE dagegen wird gleich als Chlamydosporen-enthaltende Suspension geliefert. Das Mittel wurde 1981 in den USA zur Bekämpfung von Morrenia odorata in Citrusplantagen zugelassen. Es wird direkt auf den Boden an die Stengelbasis appliziert. Nähere Ausführungen zu den beiden Biopräparaten sowie einige Safety-Aspekte wurden von TEBEEST und TEMPLETON (1985) abgehandelt.

### 3. Umwelthygienische Aspekte beim Einsatz antagonistischer Pilze

#### 3.1 Allgemeines

Pilze rufen beim Menschen sowohl positive als auch negative Assoziationen hervor. Zu ersteren zählt vor allem ihre Verwendung als Lebensmittel oder in der Medizin (Antibiotika), zu letzteren ihr Vorkommen als Krankheitserreger bei Mensch, Tier und Pflanze sowie als Verursacher von Vergiftungen und Allergien. Bei der Entwicklung antagonistischer Pilze für den Einsatz im Pflanzenschutz ist es daher unerlässlich, potentielle negative Auswirkungen zu untersuchen, um so zu einer sachlich orientierten Betrachtung umwelthygienischer Aspekte zu kommen.

In der humanmedizinischen Mykologie sind vier Hauptgruppen von Krankheitserscheinungen bekannt: (1) Mykosen, (2) Mykoallergosen, (3) Mykotoxikosen und (4) Myzetismus. Unter letzterem versteht man die durch bestimmte Giftpilze, wie z. B. den Grünen Knollenblätterpilz, verursachte Vergiftungserscheinungen. Im Zusammenhang mit den im Pflanzenschutz relevanten Pilzen sind nur die drei ersten Krankheitskategorien von Interesse. Sie wurden ausführlich und zusammenfassend von AUSTWICK (1980) abgehandelt. Des Weiteren ist das Versickerungsverhalten von Pilzpräparaten durch den Boden zu klären und eine potentielle Grundwasserkontamination zu diskutieren.

#### 3.2 Mykosen

Bei den Mykosen handelt es sich um durch bestimmte Pilze verursachte Infektionen der Haut oder der inneren Organe. Zu den Erregern von Humanmykosen gehören Dermatophyten (Hautpilze), bestimmte Hefen und allgemein als Schimmelpilze bezeichnete Arten, wie z. B. Aspergillus fumigatus.

Die in Tabelle 2 aufgeführten Pilzgattungen, die zur Anwendung im biologischen Pflanzenschutz anstehen, gehören in keine der drei Gruppen und sind nicht als humanpathogen bekannt. Eine Ausnahme macht hier vielleicht die zur Bekämpfung von Nematoden geeignete Pilzspezies Paecilomyces lilacinus, bei der zumindest Verdacht auf Humanpathogenität besteht (SAMSON, persönl. Mittlg.). Alle anderen zur Zeit untersuchten Pilze sind als typische Antagonisten von Arthropoden (Insekten und Milben), anderen Pilzen, Nematoden oder Pflanzen bekannt. Es sind in der Natur vorkommende Arten, mit denen der Mensch seit jeher in Berührung gekommen ist, ohne daß sie in irgendeiner Weise bei ihm als Pathogen aufgetreten sind. Dennoch sollte die Ungefährlichkeit antagonistischer Pilze rechtzeitig durch entsprechende Versuche geprüft und belegt werden.

### 3.3 Mykoallergosen

Durch Pilze verursachte allergische Erkrankungen sind seit langem bekannt und relativ weit verbreitet. Ursache für derartige Allergien ist weniger der Hautkontakt mit Mycel als vielmehr der Kontakt zwischen Pilzelementen und der Schleimhaut der Atemwege, was normalerweise durch Einatmen von Sporen erfolgt. Grundsätzlich scheint wohl jede Pilzart in der Lage zu sein, allergische Reaktionen beim Menschen hervorzurufen. Man sollte sich jedoch vor Verallgemeinerungen hüten und das Problem unbedingt differenziert betrachten. Auch bei der Anwendung antagonistischer Pilze im Pflanzenschutz muß die potentielle Allergiegefahr abgeklärt werden. Dabei ist es wichtig, die einzelnen Pilzarten, ihre Anwendungsorte, die Art der Formulierung und die Anwendungsweise zu berücksichtigen.

Bei der allergologischen Relevanz einer Pilzart spielen folgende Faktoren eine Rolle (KREMPL-LAMPRECHT, 1983; BRASCH und KIETZMANN, 1987):

- (1) Allergene Potenz der Sporen
- (2) Sporentyp und Verbreitungsmöglichkeit
- (3) Sporengröße
- (4) Entwicklungsstadium des Pilzes, wie Mycel, Konidien oder Blastosporen.

Generell ist bekannt, daß die allergene Potenz von Pilzarten sehr unterschiedlich sein kann. So reichen bei Alternaria alternata bereits 100 Sporen/m<sup>3</sup> Luft aus, um eine allergische Reaktion auszulösen, während bei Cladosporium herbarum hierfür etwa 3.000 Sporen/m<sup>3</sup> Luft nötig sind (KREMPL-LAMPRECHT, 1983; BRASCH und KIETZMANN, 1987). Hinzu kommt die sehr unterschiedliche Disposition der einzelnen Menschen.

Bei der Anwendung von Pilzen im Pflanzenschutz besteht ganz allgemein eine Allergiegefahr dann, wenn sie in Form von Sporensuspensionen versprüht oder vernebelt und dabei eingeatmet werden. Dies könnte beim Einsatz im Gewächshaus oder im Freiland der Fall sein, wenn Pilze gegen Schaderreger an oberirdischen Pflanzenteilen ausgebracht werden. Vorbeugend sollten hier grundsätzlich bestimmte Vorsichtsmaßnahmen, wie das Anlegen von Atemschutzmasken, eingehalten werden. Bei einer Applikation von Pilzsporen in Suspension auf den Boden ist die Allergiegefahr wesentlich geringer, und bei einer Anwendung von Mycelgranulaten kann man sie praktisch ausschließen.

Ein weiterer allergologisch relevanter Faktor ist das in der Praxis verwendete Entwicklungsstadium des Pilzes. Es ist bekannt, daß Konidien generell stärker allergieauslösend sind als das entsprechende Pilzmycel (KREMPL-LAMPRECHT, 1983). Gegen oberirdisch lebende Schaderreger werden Anta-

gonisten meist als Konidien eingesetzt. Bei insektenpathogenen Arten kennt man jedoch auch eine Anwendung der in Flüssigkultur als Sproßzellen aus Mycel gebildeten Blastosporen, wie z. B. bei Verticillium lecanii gegen Blattläuse im Gewächshaus (HALL, 1979) oder bei Beauveria brongniartii gegen Maikäfer im Freiland (KELLER et al., 1986). Der Schluß liegt nahe, daß sich Blastosporen allergologisch anders verhalten als Konidien, indem sie grundsätzlich eine schwächere allergene Potenz besitzen. Tatsächlich wurde bereits von MÜLLER-KÖGLER (1967) nach einer entsprechenden Beobachtung auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht. Aus allergologischer Sicht könnte also die Verwendung von Mycel oder von Blastosporen als Grundlage für Biopräparate von Vorteil sein.

#### 3.4 Mykotoxikosen

Während des Wachstumsprozesses in einem Nährmedium oder auf einem Substrat scheiden Pilze in ihre Umgebung verschiedene Stoffwechselprodukte aus. Erweisen sich solche Metabolite als toxisch für Mensch und Tier, werden sie als Mykotoxine bezeichnet und die von ihnen verursachten Vergiftungen als Mykotoxikosen. Besitzen sie dagegen bei geringer Konzentration eine Hemmwirkung gegenüber Mikroorganismen, so nennt man sie Antibiotika. Die Begriffe 'Antibiotikum' und 'Mykotoxin' sind deshalb oft nur zwei Aspekte derselben Substanz (LÖFFLER, 1984). Vergiftungserscheinungen durch Mykotoxine, wie z. B. die Aflatoxine, haben in den letzten Jahren immer wieder zu Schlagzeilen geführt. Am häufigsten werden die Gattungen Aspergillus, Penicillium und Fusarium genannt, die auf verschiedenen landwirtschaftlichen Produkten vorkommen können (PURCHASE, 1974). Die Frage nach der Bildung von toxischen Metaboliten bei Pilzen, die im biologischen Pflanzenschutz eingesetzt werden sollen, ist durchaus berechtigt, und ihr muß im Einzelfall sorgfältig nachgegangen werden.

So sind beispielsweise toxische Metabolite von bestimmten Arten und Stämmen der Gattungen Alternaria, Chaetomium, Gliocladium und Trichoderma bekannt. - Stoffwechselprodukte von Pilzen können auch unter einem ganz anderen Gesichtspunkt betrachtet werden. Bei einigen insektenpathogenen Arten, wie z. B. Beauveria bassiana oder Metarhizium anisopliae, steht die insektizide Wirkung im Vordergrund des Interesses (ROBERTS, 1981). Auch von vielen Saprophyten und einigen phytopathogenen Arten sind Metabolite mit insektiziden Eigenschaften bekannt (WRIGHT et al., 1982). Desgleichen sind zahlreiche mikrobielle Stoffwechselprodukte mit fungizider Wirkung von zunehmendem Interesse.

### 3.5 Versickerungsverhalten und potentielle Grundwasserkontamination

Pilze kommen in fast allen Lebensbereichen vor und leisten aufgrund ihrer enzymatischen Fähigkeiten unentbehrliche Dienste beim Abbau nahezu aller organischen Materialien in der Natur. Dies gilt im besonderen für den Boden, wo Pilze an wichtigen Stoffumsetzungen und Abbauprozessen beteiligt sind. Landwirtschaftlich genutzte Böden sind ebenso betroffen wie Waldböden oder selbstverständlich auch Böden in Naturschutz- und Wasserschutzgebieten. Das Artenspektrum und die Pilzdichte im Boden sind von den verschiedensten Faktoren abhängig, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. In den oberen 15 cm eines landwirtschaftlich genutzten Bodens wird beispielsweise die Anzahl Pilze je Gramm mit 400.000 (=  $4 \times 10^5$ ) angegeben (SCHEFFER/SCHACHT-SCHABEL, 1976). An diesen Gegebenheiten sowie der Tatsache, daß künstlich in den Boden eingebrachte Mikroorganismen zahlreichen Wechselwirkungen unterliegen, wird sich die Einschätzung einer potentiellen Grundwassergefährdung durch das Versickern von Pilzsporen orientieren müssen.

Die Frage, in welcher Form Pilze beim Einsatz im Pflanzenschutz in den Boden gelangen können, wurde bereits oben an

verschiedenen Beispielen näher erläutert. Zusammengefaßt handelt es sich (1) um Sporen aus einer in der Regel mit Netzmitteln versehenen Suspension, (2) um Sporen und Mycelteile, die meist mit Haftmitteln auf die Oberfläche von Saatgut im Rahmen einer Beizung aufgebracht werden und (3) um Pilzgranulate im weitesten Sinn, bei denen die Sporulation bereits vor Anwendung abgeschlossen ist oder sich erst nach der Ausbringung im Boden vollzieht.

Eigene Untersuchungen zum Versickerungsverhalten der Konidien von Metarhizium anisopliae haben ergeben, daß sich in einer Suspension befindliche, benetzte Sporen anders verhalten als trockene, direkt vom Mycel gebildete Konidien, die meist eine hydrophobe Oberfläche besitzen (ZIMMERMANN, 1986 b und unveröffentl.). Während der größte Teil der benetzten Konidien bei zwei Standardböden etwa 10-20 cm tief eingewaschen wurde, zeigten trockene Sporen in ersten Versuchen eine höhere Immobilität. Auf die Bedeutung der Formulierung und von Netzmittelzusätzen hinsichtlich der Migration von Pilzsporen im Boden haben auch STOREY und GARDNER (1987) aufmerksam gemacht. Diese Beobachtungen zeigen, daß man bei der Betrachtung einer potentiellen Grundwassergefährdung die Form der pilzlichen Anwendung unbedingt mit berücksichtigen muß.

Ein anderer Gesichtspunkt ist die Adsorptionsfähigkeit verschiedener Böden. Bei chemischen Pflanzenschutzmitteln spielt der Anteil an organischer Substanz oder der Humusgehalt eine besondere Rolle. Untersuchungen mit M. anisopliae haben aber gezeigt, daß die Konidien besser von humusarmem Sand als von humusreichem, lehmigem Sand festgehalten wurden (ZIMMERMANN, 1986 b). In anderen Versuchen mit B. bassiana stellten STOREY und GARDNER (1987) fest, daß die Konidien in Böden mit einem hohen Sandanteil besser adsorbiert wurden als in solchen mit hohem Lehmanteil. Diese und andere Untersuchungen lassen den Schluß zu, daß chemische und pilzliche Präparate hinsichtlich ihres Versickerungsverhaltens eine differenzierte Bewertung erfordern.

#### 4. Schlußbetrachtung

Die vorliegenden Ausführungen sollten einen Überblick über die derzeitigen Einsatzmöglichkeiten von antagonistischen Pilzen im Pflanzenschutz geben und gleichzeitig die mit ihrem praktischen Einsatz verbundenen umwelthygienischen Aspekte abklären. Innovationen in der Landwirtschaft und auch im Pflanzenschutz sind notwendig, wie z. B. im Bereich der Lückenindikation. In der Palette der uns zur Verfügung stehenden Pflanzenschutzmaßnahmen könnten antagonistische Pilze durchaus einen Teilbereich einnehmen. Wenn auch solche natürlichen Gegenspieler bisher bei uns in der Praxis noch keine Rolle spielen, sollten doch die zulassungsbedingten Voraussetzungen geschaffen werden, um Forschung und Industrie rechtzeitig über die auf sie zukommenden Aufgaben zu informieren.

#### Literatur

- AUSTWICK, P.K.C., 1980: The pathogenic aspects of the use of fungi: The need for risk analysis and registration of fungi. In: LUNDHOLM, B. and STACKERUD, M. (eds.), Environmental Protection and Biological Forms of Control of Pest Organisms. Ecol. Bull. (Stockholm) 31, 91-102.
- BARRON, G.L., 1977: The Nematode-Destroying Fungi. Topics in Microbiology. No. 1, Lancaster Press, 140 S.
- BRASCH, J. und KIETZMANN, H., 1987: Allergene Pilzsporen in der Luft - Epidemiologie und klinische Bedeutung. GIT-Suppl. 6, 50-52.
- CAYROL, J.C., 1983: Lutte biologique contre les Meloidogyne au moyen d'Arthrobotrys irregularis. Rev. Nématol. 6, 265-273.



- CHARUDATTAN, R., and WALKER, H.L., 1982: Biological control of weeds with plant pathogens. J. Wiley & Sons, New York, 293 S.
- CHET, I., 1987: Trichoderma - application, mode of action, and potential as a biocontrol agent of soilborne plant pathogenic fungi. In: CHET, I. (ed.), Innovative Approaches to Plant Disease Control. J. Wiley & Sons, New York, 137-161.
- COOK, R.J. and BAKER, K.F., 1983: The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens. The American Phytopath. Soc., Minnesota, 539 S.
- DUBOS, B., 1987: Fungal antagonism in aerial agrobiocenoses. In: CHET, I. (ed.), Innovative Approaches to Plant Disease Control. J. Wiley & Sons, New York, 107-135.
- DÜRSCHNER, U., 1983: Pilzliche Endoparasiten an beweglichen Nematodenstadien. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem. H. 217, 83 S.
- FRANZ, J.M., 1984: Welche Nutzorganismen sind in Europa für den biologischen Pflanzen- und Gesundheitsschutz verfügbar? Anz. Schädlingsk.Pflanzensch. Umweltsch. 57, 105-111.
- FRANZ, J.M. und KRIEG, A., 1980: Mikrobiologische Schädlingsbekämpfung in China. Ein Reisebericht. forum mikrobiol. 3, 173-176.
- FRANZ, J.M. und KRIEG, A., 1982: Biologische Schädlingsbekämpfung. 3. Aufl., P. Parey, Berlin, Hamburg, 252 S.
- GOTTWALD, T.R. and TEDDERS, W.L., 1983: Suppression of pecan weevil (Coleoptera: Curculionidae) populations with entomopathogenic fungi. Environ. Entomol. 12, 471-474.

- HALL, R.A., 1979: Pathogenicity of Verticillium lecanii conidia and blastospores against the aphid, Macrosiphoniella sanborni. Entomophaga 24, 191-198.
- HASAN, S., 1980: Plant pathogens and biological control of weeds. Rev. Plant Pathol. 59, 349-356.
- JANSSON, H.-B., JEYAPRAKASH, A. and ZUCKERMAN, B.M., 1985: Control of root-knot nematodes on tomato by the endoparasitic fungus Meria coniospora. J. Nematol. 17, 327-329.
- JATALA, P., 1986: Biological control of plant-parasitic nematodes. Ann. Rev. Phytopathol. 24, 453-489.
- KELLER, S., KELLER, E. und AUDEN, J.A.L., 1986: Ein Großversuch zur Bekämpfung des Maikäfers (Melolontha melolontha L.) mit dem Pilz Beauveria brongniartii (Sacc.) Petch. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges. 59, 47-56.
- KERRY, B.R., SIMON, A. and ROVIRA, A.D., 1984: Observations on the introduction of Verticillium chlamyosporium and other parasitic fungi into soil for control of the cereal cyst-nematode Heterodera avenae. Ann. appl. Biol. 105, 509-516.
- KUĆ, J., 1987: Plant immunization and its applicability for disease control. In: CHET, I. (ed.), Innovative Approaches to Plant Disease Control. J. Wiley & Sons, New York, 255-274.
- KREMPL-LAMPRECHT, L., 1983: Pilzsporen als Allergene. GIT-Suppl. 3, 39-40.

- LATCH, G.C.M. and KAIN, W.M., 1983: Control of porina caterpillar (Wiseana spp.) in pasture by the fungus Metarhizium anisopliae. New Zeal. J. of Exp. Agr. 11, 351-354.
- LOEFFLER, W., 1984: Antibiotikabildung durch Pilze - Eine taxonomische Betrachtung. forum mikrobiol. 7, 219-229.
- MÜLLER-KÖGLER, E., 1965: Pilzkrankheiten bei Insekten. P. Parey, Berlin, Hamburg, 444 S.
- MÜLLER-KÖGLER, E., 1967: Nebenwirkungen insektenpathogener Pilze auf Mensch und Wirbeltiere: Aktuelle Fragen. Entomophaga 12, 429-441.
- MÜLLER-KÖGLER, E. und STEIN, W., 1970: Gewächshausversuche mit Beauveria bassiana (Bals.) Vuill. zur Infektion von Sitona lineatus (L.) (Coleopt., Curcul.) im Boden. Z. angew. Entomol. 65, 59-76.
- MÜLLER-KÖGLER, E. und STEIN, W., 1976: Gewächshausversuche mit Metarhizium anisopliae (Metsch.) Sorok. zur Infektion von Sitona lineatus (L.) (Col., Curculionidae) im Boden. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch. 83, 96-108.
- PAPAVIZAS, G.C. und LUMSDEN, R.D., 1980: Biological control of soilborne fungal propagules. Ann. Rev. Phytopathol. 18, 389-413.
- PHILIPP, W.-D., GRAUER, U. und GROSSMANN, F., 1984: Ergänzende Untersuchungen zur biologischen und integrierten Bekämpfung von Gurkenmehltau unter Glas durch Ampelomyces quisqualis. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch. 91, 438-443.

- POSPELOWA, G. und FLIEß, H., 1987: Biologischer Pflanzenschutz in der Sowjetunion. Osteuropastudien der Hochschulen des Landes Hessen, Reihe 1: Gießener Abh. zur Agrar- und Wirtschaftsforschung des europäischen Ostens. Bd. 147, 218 S.
- PURCHASE, I.F.H. (ed.), 1974: Mycotoxins. Elsevier Scient. Publ. Comp., Amsterdam, 443 S.
- ROBERTS, D.W., 1981: Toxins of entomopathogenic fungi. In: BURGESS, H.D. (ed.), Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980. Academic Press, London, 441-464.
- RODRIGUEZ-KABANA, R., MORGAN-JONES, G., GODOY, G. and GINTIS, B.O., 1984: Effectiveness of species of Gliocladium, Paecilomyces and Verticillium for control of Meloidogyne arenaria in field soil. Nematropica 14, 155-170.
- SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 1976: Lehrbuch der Bodenkunde. 9. Aufl., neubearbeitet von P. SCHACHTSCHABEL, BLUME, H.-P., HARTGE, K.H. und SCHWERTMANN, U. F. Enke Verlag Stuttgart, 394 S.
- SCHÖNBECK, F., 1987: Induzierte Resistenz. In: Biologischer Pflanzenschutz, Schriftenreihe des BML, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, H. 344, 41-57.
- STOREY, G.K. and GARDNER, W.A., 1987: Vertical movement of commercially formulated Beauveria bassiana conidia through four Georgia soil types. Environ. Entomol. 16, 178-181.
- TEBEEEST, D.O. and TEMPLETON, G.E., 1985: Mycoherbicides: Progress in the biological control of weeds. Plant Dis. 69, 7-10.

- THOMAS, E., 1982: Über das Vorkommen parasitärer Pilze sowie anderer Pathogene und deren Einfluß auf die Populationsentwicklung des Rübennematoden (Heterodera schachtii) im Landesteil Nordrhein. Gesunde Pflanzen 34, 162-168.
- WEINDLING, R., 1932: Trichoderma lignorum as a parasite of other soil fungi. Phytopathology 22, 837-845.
- WRIGHT, V.F., VESONDER, R.F. and CIEGLER, A., 1982: Mycotoxins and other fungal metabolites as insecticides. In: KURSTAK, E. (ed.), Microbial and Viral Pesticides. Marcel Decker, New York, 559-583.
- ZIMMERMANN, G., 1984a: Pilze zur biologischen Bekämpfung von Blattläusen. Stand der Forschung und Anwendung von Verticillium lecanii. Gärtnerbörse und Gartenwelt 17, 406-407.
- ZIMMERMANN, G., 1984b: Weitere Versuche mit Metarhizium anisopliae (Fungi imperfecti, Moniliales) zur Bekämpfung des Gefurchten Dickmaulrüsslers, Otiorhynchus sulcatus F., an Topfpflanzen im Gewächshaus. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) 36, 55-59.
- ZIMMERMANN, G., 1986a: Insect pathogenic fungi as pest control agents. In: FRANZ, J.M. (ed.): Biological Plant and Health Protection. Fortschritte der Zoologie, Bd. 32. G. Fischer Verlag, Stuttgart, 217-231.
- ZIMMERMANN, G., 1986b: Laboruntersuchungen zum Versickerungsverhalten des insektenpathogenen Pilzes Metarhizium anisopliae in Bodensäulen. Jahresbericht BBA. S. 82.

Friedrich Staib

Bundesgesundheitsamt, Robert Koch-Institut,  
Fachgebiet Mykologie, Berlin

**GRUNDSÄTZLICHES ZUR PROBLEMATIK EINES EINSATZES  
VON PILZEN IM PFLANZENSCHUTZ**

FUNDAMENTAL COMMENTS ON PROBLEMS OF THE USE  
OF FUNGI FOR PLANT PROTECTION

Summary

The fungal species Beauveria bassiana, B. brongniartii, Metarhizium anisopliae and Verticillium lecanii being pathogenic for insects have not been found to be pathogenic for man so far. It is obvious, that an evaluation of a possible use of fungi pathogenic for insects as a pest control product in the sense of biological plant protection which should be promoted should consider efficacy of the product as well as criteria for the safety of man and animals. For this reason, pest control products of this type should be developed by close cooperation between entomologists, botanical and medical mycologists. Only products developed in this way will reduce the problems posed by the requirements from the angles of medicine such as infectivity, toxicity, allergenic potential, and ecology. Research on these lines must not be seen as merely specific to this purpose. Rather it should be part of microecological research which has been successfully conducted on fungal species of current medical interest and should be intensified.

Seit der Beobachtung von BASSI (1835, MÜLLER-KÖGLER, 1965) über die obligate Pathogenität des nach ihm benannten Pilzes Beauveria bassiana für die Seidenraupe und dem Einsatz von Metarhizium anisopliae im Sinne des heute aktuellen biologischen Pflanzenschutzes durch METSCHNIKOFF (1879, MÜLLER-KÖGLER, 1965) und KRASSILST-SCHIK (1888, MÜLLER-KÖGLER, 1965) wird weltweit die Beziehung zwischen Pilzen und Insekten eingehend untersucht (HALL and PAPIEROK, 1982; MÜLLER-KÖGLER, 1965; ZIMMERMANN, 1980, 1986). Parallel zu dieser auf Insekten ausgerichteten Mykologie entwickelte sich die medizinische Mykologie mit dem Studium menschenpathogener Pilze, unter besonderer Berücksichtigung ihrer fakultativen und obligaten Pathogenität, einschließlich ihrer Biotope und-Substratspezifitäten (EMMONS et al., 1977; STAIB, 1981, 1984; STAIB und EVANGELINOS, 1968; STAIB et al., 1978). Obwohl zwischen diesen beiden Gebieten, der Entomomykologie und der medizinischen Mykologie, wenig bis gar keine Zusammenarbeit besteht, ließ sich doch sehr schnell aus den Ergebnissen beider Wissenschaftszweige bis heute feststellen, daß die weltweit für den biologischen Pflanzenschutz gewählten obligat-insektenpathogenen Pilzarten, wie z. B. Beauveria bassiana, B. brongniartii, Metarhizium anisopliae und Verticillium lecanii, nicht zum Spektrum menschenpathogener Pilze gehören (MÜLLER-KÖGLER, 1965, 1967; ZIMMERMANN, 1980, 1986). Damit war die wesentliche Voraussetzung für den Einsatz dieser Pilze zur Bekämpfung von Schadinsekten, insbesondere bei Kulturpflanzen, erfüllt.

Die Feststellungen, daß bei einer natürlichen Epizootie dieselbe hohe Sporendichte dieser Pilze vorliegt wie bei ihrem künstlichen Einsatz und daß danach ihr Persistieren zeitlich begrenzt ist, entkräften die Befürchtungen einer Pilzfloraverschiebung zugunsten dieser Pilze mit einer daraus resultierenden ökologisch bedenklichen und gesundheitsschädigenden Wirkung (ZIMMERMANN, 1986).

Aus diesen Feststellungen ergeben sich vielmehr die praktischen Probleme für den Biologen bezüglich eines effizienten Einsatzes solcher Pilze als Schädlingsbekämpfungsmittel. Umfangreiche Untersuchungen über die Biologie dieser Pilze waren notwendig, um die gewünschte Wirkung bei dem jeweiligen Schadinsekt zu erreichen (HALL and PAPIEROK, 1982; MÜLLER-KÖGLER, 1965; ZIMMERMANN, 1980, 1986). So spezifisch die entomomykologischen Fragen nach der notwendigen Dichte und Keimungsfähigkeit der Sporen und ihrer zielgerichteten Pathogenität gegen das Schadinsekt auch sein mögen, sollte in dieses Ökosystem von Anfang an auch der Mensch in medizinisch-mykologischer Sicht einbezogen werden, zumal mit der daraus resultierenden Entwicklung biologischer Präparate und ihrer Kommerzialisierung sich zwangsläufig Forderungen durch die Zulassungsbehörde ergeben, die nicht zum Hindernis werden sollten.

Aus medizinisch-mykologischer Sicht erscheint es deshalb begrüßenswert, daß aus dieser Situation heraus von aktiv auf diesem Gebiet tätigen Biologen, wie HALL (England), ZIMMERMANN (Bundesrepublik Deutschland) und VEY (Frankreich) gemeinsam Richtlinien für die Registrierung insektenpathogener Pilze als Insektizide erarbeitet wurden, die nicht nur Angaben über die gegen das Schadinsekt gerichtete Wirksamkeit, sondern auch Sicherheitsprüfungen für den Menschen bezüglich Infektiosität, Toxizität, Allergenität und Mutagenität fordern wie auch Untersuchungen zur Überwachung von Personen, die mit der Herstellung und dem Einsatz dieser Produkte beschäftigt sind (HALL et al., 1982). In Europa wurde Verticillium lecanii als erster Pilze für den Einsatz im Pflanzenschutz kommerzialisiert. Wie vor kurzem von EATON et al. berichtet, konnten bei entsprechend exponierten Personen keine auffälligen allergologischen und toxikologischen Befunde erhoben werden (EATON et al.,



1986). Ebenso ergab sich auch kein Hinweis auf Infektionen. Damit wurden die vom Referenten in einer Stellungnahme zu diesem Pilz als Pflanzenschutzmittel vorgeschlagenen Prüfungen auf Unschädlichkeit für den Menschen durchgeführt (STAIB, 1982).

### **Pflanzenschutzgesetz und Zulassung biologischer Pflanzenschutzmittel**

Im neuen Pflanzenschutzgesetz wird erstmalig der Naturhaushalt gleichrangig neben den Schutz der Gesundheit von Mensch und Tier gestellt, wobei der Naturhaushalt das Zusammenspiel der Leistungen aller Ökosysteme umfaßt (VOSS, 1986). In diesem Komplex von Systemen nehmen Pilze vielfältigste Funktionen ein, wie auch die eingehenden Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Pilzen, Insekten und Pflanzen zeigen (HALL und PAPIEROK, 1982; MÜLLER-KÖGLER, 1965; ZIMMERMANN, 1980, 1986). Bedauerlicherweise blieben diese Funktionen medizinisch-mykologisch, bis auf spezielle pathogene Pilze ausgerichtete Fragen, weitgehend unberücksichtigt. Mit dem Versuch, insektenpathogene Pilze als biologische Pflanzenschutzmittel zum Einsatz zu bringen, wird durch die Forderungen für ihre Zulassung die medizinische Mykologie erstmals auf Ökosysteme mit einer fraglichen Gesundheitsgefährdung von Mensch und Tier aufmerksam gemacht, wobei Pilze, einschließlich ihrer Antigene und Stoffwechselprodukte, zur Diskussion gestellt werden, die bisher medizinisch-mykologisch weder als Erreger von Mykosen noch als Allergene oder Toxine auffällig in Erscheinung getreten sind. Trotzdem erscheint es unbedingt erforderlich, bei dem von ZIMMERMANN in seiner jüngsten Übersichtsarbeit (1986) eindrucksvoll dargestellten Entwicklungsgang eines Pilzpräparats als Pflanzenschutzmittel die Belange der medizinischen Mykologie nicht erst am Ende mit einer u.U. fragwürdigen Sicherheitsprüfung einzugliedern, sondern

schon an den Beginn zu stellen. Diese frühe Eingliederung der medizinischen Mykologie könnte manche komplizierte Prüfung und Dauer von Zulassungsverfahren mindern helfen.

#### **Menschen- und insektenpathogene Pilze im Naturhaushalt aus medizinisch-mykologischer Sicht**

Eine Gefährdung des Menschen durch den Einsatz insektenpathogener Pilze im Pflanzenschutz kann nur gemessen werden an den Kenntnissen über Pilze, die als menschenpathogen bekannt sind, und zwar als Erreger von Infektionen, Allergien und Intoxikationen (EMMONS et al., 1977; GRAVESEN, 1979; MUCKELMANN et al., 1981; SCOTT et al., 1987; STAIB, 1984; STAIB et al., 1974a, 1978, 1987; WILKEN-JENSEN and GRAVESEN 1984). Als Beispiele seien die weltweit vorkommenden Gattungen Aspergillus (EMMONS et al., 1977; STAIB, 1984; STAIB et al., 1987), Cryptococcus (EMMONS et al., 1977; STAIB et al., 1978, 1987), Sporothrix (EMMONS et al., 1977; SCOTT et al., 1987; STAIB et al., 1974a, 1974b) und die keratinophilen Pilze Trichophyton, Epidermophyton und Microsporum genannt (EMMONS et al., 1977; STAIB und EVANGELINOS, 1968); sie alle sind für den Abbau biologisch inaktiven Materials bestimmt. Die Gattung Aspergillus, enzymatisch breit ausgestattet, ist wesentlich am Kompostierungsprozeß beteiligt (DOMSCH et al., 1980) und stellt auch fakultativ pathogene Arten für Insekten (z. B. A. flavus für die Biene) (MÜLLER-KÖGLER, 1965). Eine intensive Biotopforschung über Aspergillen in der Rhizosphäre von Topfpflanzen führte modellartig bis zur Isolierung Polyen-bildender Streptomyzeten (wirksamste Antimykotika) (STAIB et al., 1983). Der immunkompetente bzw. gesunde Mensch ist auch bei stärkerer Exposition gegen Aspergillen auf die Unschädlichmachung inhalierter Sporen eingestellt. Bei fehlender oder gestörter Abwehr (Alkoholismus, Leukämie, Organtransplantation, Hydrocortison-Therapie usw.) werden inhalierte Aspergillus-Sporen zu Erregern akuter und tödlich verlaufender Infektionen (STAIB et al., 1987).

Die Gattung Cryptococcus ist für den Abbau niedermolekularer Stickstoffsubstanzen, wie sie sich im Vogelharn in höchst konzentrierter Form finden, bestimmt. C. neoformans (perfekte Form Filobasidiella neoformans) wird beim Menschen im Falle eines definierten zellulären Abwehrdefekts (Lymphopathie, AIDS usw.) zum Erreger einer akuten und tödlich verlaufenden Inhalationsinfektion (EMMONS et al., 1977; STAIB et al., 1978, 1987). Nur eine intensive Forschung über pflanzliches und tierisches Material als fragliches Nährsubstrat führte zum Biotop Vogelharn und dabei auch zur Entwicklung des ersten Differentialnährbodens für diesen Pilz (STAIB et al., 1978) einschließlich seiner Biotop-bezogenen morphogenetischen Eigenschaften (STAIB, 1981). Auf die möglichen allergenen Eigenschaften der apathogenen Cryptococcus-Arten, die nicht nur in Vogelfäkalien, sondern auch an Pflanzensamen und bei Wespen reichlich gefunden wurden (STAIB et al., 1978), wurde bisher noch nicht untersucht (GRAVESEN, 1979; KUNKEL, 1982; WILKEN-JENSEN and GRAVESEN, 1984).

Sporothrix schenckii (perfekte Form Ceratocystis stenoceras (STAIB et al., 1974)) besiedelt abgestorbenes pflanzliches Material und galt bisher beim Menschen als typischer Erreger von sogen. Verletzungsmykosen (EMMONS et al., 1977; STAIB et al., 1974a). Erstmals wird 1987 aus Oklahoma/USA über mehrere Fälle von Hirnhautentzündungen durch diesen Pilz berichtet (SCOTT et al., 1987). Hiermit wird gezeigt, daß das Spektrum der Meningitis-Erreger durch eine Pilzart erweitert wurde, die bisher als Erreger einer subcutan-lymphangitisch sich ausbreitenden Verletzungsmykose im Bereich der Extremitäten und des Gesichts bekannt war. Ob es sich hierbei um eine Virulenzsteigerung der Pilzstämme oder um eine definierte Abwehrschwäche der betroffenen Menschen, die diesen Befall des ZNS zuließen, handelte, ist nicht bekannt. Von grundsätzlichem Interesse jedoch ist, daß es sich um eine Pilzart handelte, von der eine gewisse Pathogenität für den Menschen seit ihrer Erstbeschreibung bekannt ist.

Aus der großen Zahl keratinophiler Pilze des belebten Bodens (sogen. geophile Dermatophyten) (EMMONS et al., 1977; STAIB und EVANGELINOS, 1968) entwickelten sich die Gattungen Trichophyton, Epidermophyton und Microsporum zu Erregern von Mykosen der Haut und ihrer Anhangsorgane bei Mensch und Tier.

Bei keiner der zur Diskussion gestellten insektenpathogenen oder verwandten Arten wurde eine Pathogenität im Sinne der genannten Erreger von Mykosen des Menschen beobachtet, auch nicht bei Personen mit schwerster Abwehrschwäche (STAIB et al., 1987).

Auf Einzelbeobachtungen, wo über Infektionen durch insektenpathogene Pilze beim Menschen berichtet wurde, dabei aber schwer zwischen einer Kontamination biologisch inaktiven Gewebematerials und einer fakultativen Pathogenität unterschieden werden konnte, sei hier nicht eingegangen (MÜLLER-KÖGLER, 1967).

Wenn es bei der weiten Verbreitung der zur Diskussion stehenden insektenpathogenen Pilzarten Beauveria bassiana, B. brongniartii, Metarhizium anisopliae und Verticillium lecanii eine fakultative Pathogenität, wie z. B. von Aspergillus-Arten für den Menschen gäbe, wäre man schon bald nach der Entdeckung durch BASSI darauf aufmerksam geworden.

Die Tatsache, daß die für den abwehrgeschwächten Menschen tödlichen Arten A. fumigatus und A. flavus im belebten Boden (auch jeder Wasserschutzzone) und an vegetabilischen Produkten (Lebensmitteln) wie auch in der umgebenden Luft (insbesondere Raumluft) (MUCKELMANN et al., 1981; STAIB, 1984, STAIB et al., 1987) neben insektenpathogenen Pilzen als normal vorkommend akzeptiert werden, sollte die Mutmaßung, daß von einer Exposition des Menschen gegenüber insektenpathogenen Pilzen eine Gesundheitsgefährdung aus-

gehen könnte, mindern. Bekanntlich wird die berufliche Exposition von Landwirten, Gärtnern und Vogelzüchtern gegenüber Sporen fakultativ-pathogener Pilze und Erreger tiefer Mykosen, wie A. fumigatus, A. flavus, S. schenckii und C. neoformans nur im Krankheitsfall, aber nicht in prophylaktischer Sicht zur Diskussion gestellt (DOMSCH et al., 1980; STAIB, 1984; STAIB et al., 1974a, 1978, 1987). Aus allergologischer Sicht kann jeder Pilz von Interesse sein (GRAVESEN, 1979; JORDE, 1979; KUNKEL, 1982; MUCKELMANN et al., 1981; WILKEN-JENSEN and GRAVESEN, 1984). Nachdem es sich bei dem hier gegen Schadinsekten zu schützenden Material um die Pflanze und damit auch um Lebensmittel handelt, sollten künftig die Antigene sämtlicher insektenpathogener Pilze in die allergologische Routinediagnostik beim Menschen einbezogen werden, was bisher z. B. nicht der Fall war (GRAVESEN, 1979; JORDE, 1979; KUNKEL, 1982; MUCKELMANN et al., 1981, WILKEN-JENSEN und GRAVESEN, 1984). Mit einer solchen Ausgangsbasis, d. h. dem Wissen um die natürliche aerogene und enterogene Auseinandersetzung des Menschen mit diesen Antigenen, müßte die allergologische Beurteilung eines entsprechenden Pflanzenschutzmittels schnell und problemlos möglich sein.

### **Biotope und Substratspezifitäten von Pilzen**

Nur eine konsequente Forschung über Substratspezifitäten einzelner Pilze (STAIB, 1981, 1984; STAIB et al., 1978), d. h. ihrer Biotope, läßt natürliche Funktionen zur Darstellung bringen, die zu weitreichenden Methoden und Kenntnissen von der Pilzdiagnostik (STAIB, 1981; STAIB et al., 1978) und dem Stoffwechsel (STAIB et al., 1978) über die Pathogenese einer Pilzinfektion (STAIB, 1984; STAIB et al., 1978, 1987) und der Funktion von Antagonismen (STAIB, 1984; STAIB et al., 1978, 1983) bis zur Entwicklung eines Antimykotikums (STAIB et al., 1983) führen können. Deshalb sollte die zu empfehlende gemeinsame Forschung von Entomologen zusammen mit botanischen und medizinischen Mykologen über die

Biologie insektenpathogener Pilze nicht nur zweckgebunden, sondern als Teil einer zu verstärkenden mykologisch-ökologischen Forschung gesehen werden.

### **Empfehlung**

Mehr Förderung von Mykologie in Biologie und Medizin als bisher. Verstärkte Zusammenarbeit von Entomologie, botanischer und medizinischer Mykologie über insektenpathogene Pilze als Pflanzenschutzmittel.

### **Zusammenfassung**

Im Vergleich zu den aktuellen menschenpathogenen Pilzen wurde festgestellt, daß es sich bei den insektenpathogenen Pilzarten Beauveria bassiana, B. brongniartii, Metarhizium anisopliae und Verticillium lecanii bisher um keine Krankheitserreger des Menschen handelt. Die Einsatzfähigkeit insektenpathogener Pilze gegen Schadinsekten im Sinne des zu fördernden biologischen Pflanzenschutzes setzt neben der Wirksamkeit gegen das Schadinsekt auch Sicherheitskriterien für Mensch und Tier voraus. Deshalb sollten solche Pflanzenschutzmittel das Produkt einer engen Zusammenarbeit von Entomologen, botanischen und medizinischen Mykologen sein. Nur so entwickelte Produkte können problemloser medizinisch-infektiologischen, toxikologischen, allergologischen und ökologischen Anforderungen genügen. Eine diesbezügliche Forschung sollte nicht nur zweckgebunden gesehen werden, sondern als Teil einer zu verstärkenden mikroökologischen Forschung, wie sie am Beispiel derzeit aktuellster medizinisch interessierender Pilzarten erfolgreich praktiziert wurde.

## Literatur

- DOMSCH, K.-H., A. von KLOPOTEK, F. STAIB und G. KUNKEL, 1980: Epidemiologie und Ökologie von menschen- und tierpathogenen Aspergillus-Arten. Bericht über eine Vortragsreihe bei der 37. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie, Berlin, 1.-4.10.1979. Bundesgesundheitsblatt 23, 215-216.
- EATON, K.K., T.J. HENNESSY, D.J. SNODIN and D.W. McNULTY, 1986: Verticillium lecanii. Allergological and toxicological studies on work exposed personnel. Ann. occup. Hyg. 30, 209-217.
- EMMONS, Ch.W., Ch.H. BINFORD, J.P. UTZ and K.J. KWON-CHUNG, 1977: Medical Mycology. Lea & Febiger, Philadelphia.
- GRAVESEN, S., 1979: Fungi as a cause of allergic disease. Allergy 34, 135-154.
- HALL, R.A. and B. PAPIEROK, 1982: Fungi as biological control agents of arthropods of agricultural and medical importance. Parasitology 84, 205-240.
- HALL, R.A., G. ZIMMERMANN and A. VEY, 1982: Guidelines for the registration of entomogenous fungi as insecticides. Entomophaga 27, 121-127.
- JORDE, W., 1979: Ökologische Hinweise zur Diagnostik von Schimmelpilzallergien. Allergologie 2, 214-217.
- KUNKEL, G., 1982: Persönliche Mitteilung.

- MUCKELMANN, R., G. KUNKEL, F. STAIB, B. BLOHM, R. RUDOLPH, S.K. MISHRA, J.A. MÜLLER, H. MAST und M. SLADEK, 1981: Respirationsallergien verursacht durch Aspergillus-Arten aus der Topferde von Zimmerpflanzen. *Prax. Pneumol.* 35, 363-366.
- MÜLLER-KÖGLER, E., 1965: Pilzkrankheiten bei Insekten. P. Parey, Berlin.
- MÜLLER-KÖGLER, E., 1967: Nebenwirkungen insektenpathogener Pilze auf Mensch und Wirbeltiere: Aktuelle Fragen. *Entomophaga* 12, 429-441.
- SCOTT, E.N., L. KAUFMAN, A.C. BROWN and H.G. MUCHMORE, 1987: Serologic studies in the diagnosis and management of meningitis due to Sporothrix schenckii. *N. Engl. J. Med.* 317, 935-940.
- STAIB, F., 1981: The perfect state of Cryptococcus neoformans, Filobasidiella neoformans on pigeon manure filtrate agrar. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. A* 248, 575-578.
- STAIB, F., 1982: Entomopathogene Pilze als Pflanzenschutzmittel - Verticillium lecanii. Stellungnahme an das Max von Pettenkofer-Institut des Bundesgesundheitsamtes, Berlin, 07.12.1982.
- STAIB, F. 1984: Ecological and epidemiological aspects of aspergilli pathogenic for man and animal in Berlin (West). *Zbl. Bakt. Hyg., A* 257, 240-245.
- STAIB, F. und P. EVANGELINOS, 1968: Zum Vorkommen von geophilen Dermatophyten im Raum Würzburg. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig.* 207, 528-540.



- STAIB, F., G. GROSSE, O. MALE und A. BLISSE, 1974a:  
Zur Verwertung von Kreatinin, Kreatin und Guanidinoessigsäure durch Sporothrix schenckii. Mikrobiologische, epidemiologische und pathologisch-anatomische Beobachtungen über Erreger von Sporotrichose-Erkrankungen in Österreich. Z.Hautkr. 49, 607-613.
- STAIB, F., K.K. SETHI und A. BLISSE, 1974b: Assimilation von Kreatinin, Kreatin und Guanidinoessigsäure durch Ceratocystis stenoceras Stamm IP 1013-70 von F. Mariat. Zbl.Bakt.Hyg., I. Abt. Orig. A 226, 402-404.
- STAIB, F., B. GRAVE, L. ALTMANN, S.K. MISHRA, Th. ABEL and A. BLISSE, 1978: Epidemiology of Cryptococcus neoformans. Mycopathologia 65, 73-76.
- STAIB, F., S.K. MISHRA, R.A. FROMTLING, A. BLISSE, H. KLEINKAUF, I. MAHMUTOGLU, K.D. MÜLLER, J. SALNIKOW, G. HÖHNE and H. SCHWARZ, 1983: A new polyene with antimycotic activity produced by a streptomycete from the rhizosphere of an indoor plant. Arzneim.-Forsch./Drug Res. 33, 84-87.
- STAIB, F., M. SEIBOLD and M. HEIBENHUBER, 1987: Indoor air mycology - aspergillosis, mucormycosis and cryptococcosis caused by fungal spores from indoor air. In: Indoor Air '87 - Proceedings of the Fourth Conference on Indoor Air Quality and Climate. Vol. 1, B. Seifert, H. Esdorn, M. Fischer, H. Rüden, J. Wegner (Eds.), Oraniendruck GmbH, Berlin, 694-698.

VOSS, Th., 1986: Forderungen des neuen Pflanzenschutzgesetzes an die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem, Heft 232, 43-56.

WILKEN-JENSEN, K. and S. GRAVESEN, 1984: Atlas of Moulds in Europe, Causing Respiratory Allergy. Foundation for Allergy in Europe. ASK Publishing, ISBN 87-88488-03-9.

ZIMMERMANN, G., 1980: Pilze als Krankheitserreger bei Insekten und ihr Einsatz in der biologischen Schädlingsbekämpfung. forum microbiol. 3, 164-172.

ZIMMERMANN, G., 1986: Insect pathogenic fungi as pest control agents. In: Biological Plant and Health Protection. J.M. Franz (Hrsg.) Stuttgart, Fortschritte der Zoologie 32, 217-231.

Jürg Huber

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,  
Institut für biologische Schädlingsbekämpfung, Darmstadt

## EINSATZMÖGLICHKEITEN VON BACULOVIREN IM PFLANZENSCHUTZ

### USE OF BACULOVIRUSES IN PLANT PROTECTION

#### Summary

Baculoviruses have been found in arthropod hosts only, most of them in larvae of Lepidoptera. They are highly specific and therefore ideally suited for use in integrated pest control programs. There are three different modes of using baculoviruses in plant protection: (a) application as a biological insecticide, (b) inoculative release to start an epizootic, and (c) manipulation of naturally occurring epizootics. Commercial virus preparations usually fall into the first category. Baculoviruses have been widely safety tested. No indication of a potential risk for man or environment has been found.

Die Baculoviren nehmen innerhalb der Insektenviren eine Sonderstellung ein. Viren mit Insekten als Wirtsorganismen finden sich zwar in einer Reihe verschiedener Virusfamilien (Tab. 1), mit Ausnahme der Baculoviren treten aber in all diesen Familien auch Viren auf, die Wirbeltiere oder sogar Säugetiere und den Menschen befallen. Einige dieser Virusfamilien enthalten außerdem auch phytopathogene Viren. Baculoviren dagegen, von denen bis heute etwa 700 bekannt sind (MARTIGNONI und IWAI, 1986), wurden bisher nur bei Arthropoden gefunden, nicht bei anderen Invertebraten und erst recht nicht bei Wirbeltieren. Schon aus diesem Grund werden Vertreter dieser Virusfamilie bevorzugt in der biologischen Schädlingsbekämpfung eingesetzt.

Tabelle 1: Übersicht über die bei Insekten vorhandenen Virusfamilien mit Beispielen von wirbeltier- und pflanzenpathogenen Viren aus den selben Familien.

Virus - Familie	Insektenviren	Wirbeltierviren (Beispiele)	Pflanzenviren (Beispiele)
Baculoviridae	Kernpolyederviren Granuloseviren	_____	_____
Iridoviridae	Iridescentviren	Afrik. Schweinefieber Froschviren	_____
Parvoviridae	Densoviren	Aleutenkrankheit (Nerz) Gastroenteritis (Mensch)	_____
Picornaviridae	Cricket-Paralysis- virus	Polio (Mensch) Maul-& Klauenseuche	_____
Poxviridae	Entomopoxviren	Pocken (Mensch) Myxomatose (Kaninchen)	_____
Reoviridae	Cytoplasmapolyeder- viren	Rotaviren (Mensch) Blauzungenkrrh. (Schaf)	Rauhverzweigung (Mais) Fijikrankheit (Gramineen)
Rhabdoviridae	Sigmavirus	Tollwut Stomatitis (Rind)	Gelbverzweigung (Kartoffel) Blattrollkrrh. (Zuckerrübe)
Togaviridae	Arboviren	Gelbfieber Zeckenencephalitis	_____

## Morphologie und Pathogenese von Baculoviren

Baculoviren sind DNS-Viren mit stäbchenförmigen Nucleocapsiden von ca. 600 nm Länge und 35 nm Durchmesser. Mit einer Reihe anderer Insektenviren, wie den Entomopoxviren und den Zytoplasmapolyederviren, haben sie gemeinsam, daß ihre Virionen in dicke Proteinhüllen, die sogenannten Einschließungskörper, eingebettet sind. Diese Hülle schützt die Viren vor Umwelteinflüssen und ermöglicht ihnen ein Überleben über längere Zeit auch außerhalb der Wirtszellen. Aufgrund dieses Schutzmechanismus können sich Baculoviren "erlauben", ihren Wirt innerhalb kürzester Zeit abzutöten, ohne damit ihren eigenen Fortbestand zu gefährden. Nur gegen übermäßige Hitze und gegen die UV-Strahlung der Sonne bieten die Einschließungskörper keinen Schutz.

Das Protein, aus dem die Einschließungskörper gebildet werden, hat bei allen Baculoviren annähernd dasselbe Molekulargewicht von 28.000 bis 30.000. Auch in serologischer und biochemischer Hinsicht unterscheiden sich die Einschließungskörperproteine der verschiedenen Baculoviren - im Gegensatz zu den eigentlichen Virusproteinen - untereinander nur wenig (ROHRMANN, 1986).

Baculoviren befallen in erster Linie die Larvenstadien ihrer Insektenwirte. Die Infektion erfolgt dabei über den Mitteldarm, d. h. die Viren müssen mit der Nahrung zusammen aufgenommen werden. Im alkalischen Milieu des Darms werden die Einschließungskörper aufgelöst und die Virionen freigesetzt. Über die Mikrovilli dringen sie in die Epithelzellen des Mitteldarms ein, in deren Kern sie häufig schon einen Vermehrungszyklus durchlaufen (GRANADOS und WILLIAMS, 1986). Anschließend werden sie in die Hämolymphe ausgeschleust und durch den Blutkreislauf im ganzen Körper verteilt. Von dort aus befallen sie eine ganze Reihe von Geweben, wie Fettkörper, Tracheenmatrix, Hypodermis u. w. m., und vermehren sich in den verschiedenen Gewebezellen intensiv. In einer einzigen Raupe werden zum Teil mehr als  $10^{11}$  Viren gebil-

det. In der Endphase der Pathogenese werden schließlich auch wieder virushaltige Einschließungskörper ausgeformt, die von den in Lysis übergehenden Zellen freigesetzt werden. Die Viren töten ihren Wirt nicht etwa durch die Produktion eines Toxins, sondern nur dadurch, daß die ungeheure Vermehrung der Viren und die anschließende Lyse der Zellen lebenswichtige Organe des Wirtes funktionsunfähig macht.

Anhand der Morphologie der Einschließungskörper erfolgt die Einteilung der Baculoviren in drei Gruppen (MATTHEWS, 1982):

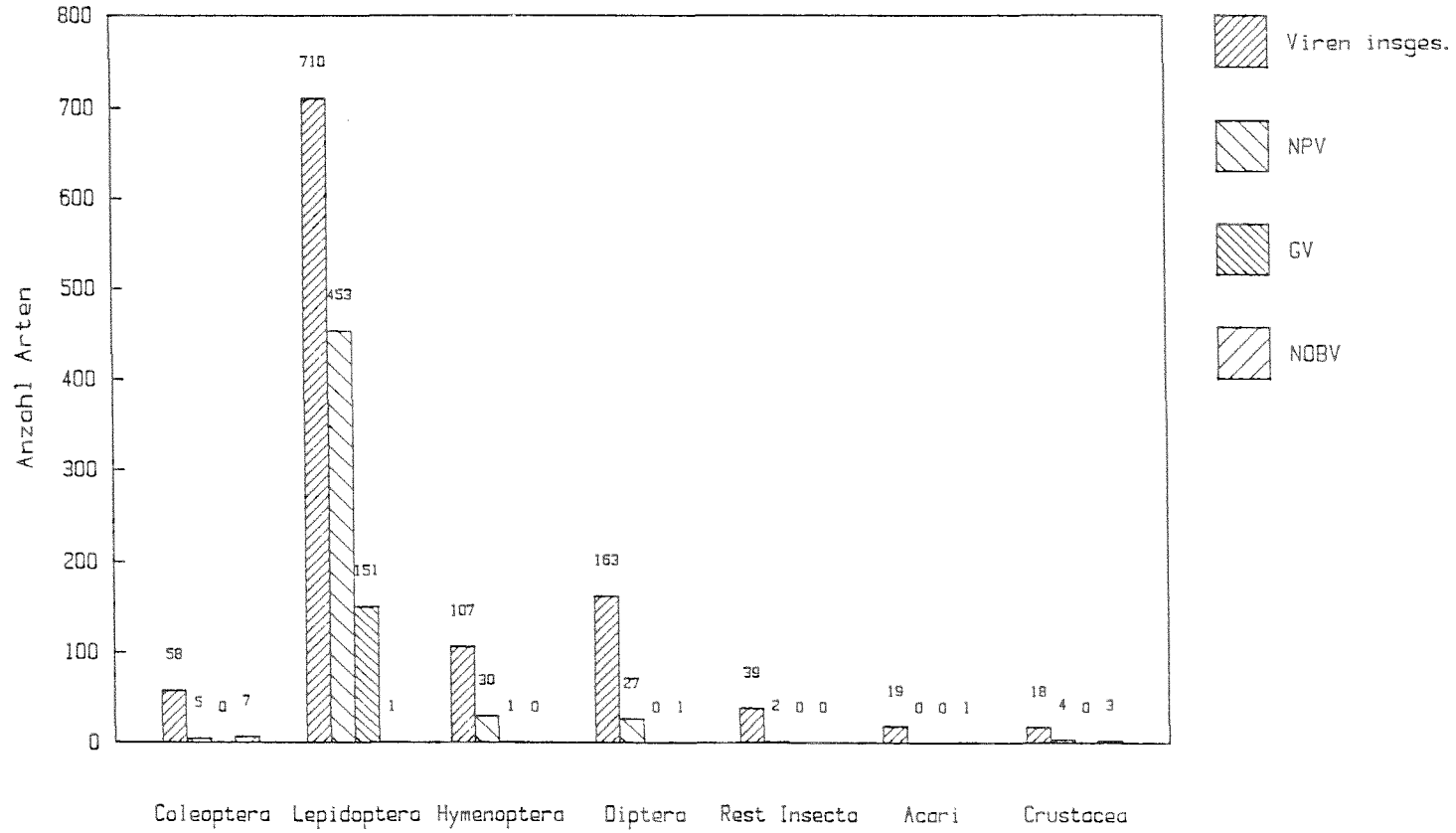
- A. Kernpolyederviren (NPV): mehrere Virionen einzeln in große, häufig polyederförmige Einschließungskörper eingebettet.
- B. Granuloseviren (GV): Virionen einzeln in reiskornförmigen Einschließungskörpern.
- C. Baculoviren ohne Einschließungskörper (NOBV).

#### **Spezifität und Wirtsbereich von Baculoviren**

Baculoviren sind zwar, wie der Überblick in Abb. 1 zeigt, schon in verschiedenen Klassen der Arthropoden, wie Krebse, Spinnentiere und Insekten, gefunden worden. Mehr als 88 % aller bis heute beschriebenen Baculoviren wurden aber aus Wirten aus der Insektenordnung der Lepidopteren isoliert. Granuloseviren wurden sogar praktisch ausschließlich in Larven von Schmetterlingen nachgewiesen.

Die Tatsache, daß Baculoviren noch in verschiedenen anderen Arthropoden gefunden worden sind, darf aber nicht zu der Annahme verleiten, daß ein einzelner Vertreter von ihnen ein so breites Wirtsspektrum besitzt. Vielmehr han-

Abb. 1: Übersicht über die Häufigkeit von Viren bei Gliedertieren und ihre Verteilung auf verschiedene Klassen und Ordnungen der Arthropoden.



delt es sich hier um äußerst spezifische Viren, die im allgemeinen nur einige wenige, nah verwandte Wirtsarten (fast immer aus derselben Familie) befallen (GRÖNER, 1986). Diese hohe Selektivität macht Baculoviren zu idealen Komponenten von integrierten Pflanzenschutzprogrammen.

Zwei der grundlegenden Prinzipien im integrierten Pflanzenschutz sind die Beachtung von Schadensschwellen und die gezielte Bekämpfung nur derjenigen Schaderreger, die diese Grenzen überschreiten. Ersteres hat vor allem zum Ziel, eine unnötige Belastung der Umwelt durch Pflanzenschutzmittel zu meiden. Durch letzteres, d. h. durch die Verwendung möglichst selektiv wirkender Bekämpfungsmaßnahmen gegen einige wenige Schlüsselschädlinge, soll erreicht werden, daß das Ökosystem in der zu schützenden Kultur möglichst wenig gestört wird. Insbesondere sollen die vorhandenen natürlichen Gegenspieler der Schädlinge weitestgehend geschont werden. Die dabei an ein selektiv wirkendes Insektizid gestellten Anforderungen erfüllen die Baculoviren in geradezu idealer Weise (HUBER, 1987). Sie wirken nur auf das Zielinsekt und lassen selbst andere indifferente Lepidopteren-Larven unbehelligt, die möglicherweise Räubern und Parasiten als Nahrungsgrundlage dienen.

#### **Einsatz von Baculoviren im Pflanzenschutz**

Bei der Verwendung von Baculoviren in der biologischen Schädlingsbekämpfung gibt es je nach Virus, Schädling und Kultur drei verschiedene Möglichkeiten ihres Einsatzes:

##### **a) Ausbringung als biologisches Insektizid:**

Hierbei wird nur die direkte Wirkung des ausgebrachten Virus genutzt. Das Virus persistiert nicht in der Schädlingspopulation und muß wie ein herkömmliches Insektizid ggf. mehrmals ausgebracht werden. Dafür tritt die Wirkung relativ kurzfristig ein, und es erfolgt ein direkter Schutz



der Kultur vor Schaden. Ein typisches Beispiel in dieser Gruppe ist das Granulosevirus des Apfelwicklers, Cydia pomonella (DICKLER und HUBER, 1984). Es schützt die Früchte unmittelbar vor Fraßschäden durch den Apfelwickler, muß aber im Laufe einer Saison mehrmals ausgebracht werden, da es innerhalb kürzester Zeit inaktiviert wird und keine ausreichende horizontale oder vertikale Übertragung und Vermehrung innerhalb der Apfelwicklerpopulation stattfindet.

b) Inokulative Freisetzung von Viren:

Eine relativ geringe Menge des Virus wird in die zu bekämpfende Schädlingspopulation eingebracht, wo es sich vermehrt und schließlich über eine Epizootie zum Zusammenbruch der Gradation des Schädlings führt. Dabei wird das Zielinsekt nicht ausgerottet, sondern es stellt sich eine Gleichgewichtssituation ein, die natürlich unter der Schadensschwelle für die betreffende Kultur liegen sollte. Da das Virus sich zuerst in der Schädlingspopulation vermehren und ausbreiten muß, dauert es einige Zeit, bis eine ausreichende Wirkung der Virusbehandlung eintritt. Dafür erzielt man eine Langzeitwirkung, die ggf. über mehrere Jahre anhält. Ein geradezu klassisches Beispiel dieser Art der Virusanwendung bietet die Bekämpfung des indischen Nashornkäfers, Oryctes rhinoceros, mit Hilfe eines Baculovirus ohne Einschließungskörper im Südpazifik (HUGER, 1978). Durch Freilassung von jeweils einigen wenigen virus-infizierten Käfern konnte dort auf vielen Inseln dieser gefürchtete Kokossschädling unter Kontrolle gebracht werden.

c) Manipulation natürlicher Virus-Epizootien:

Durch geeignete Kulturverfahren oder andere Maßnahmen werden Bedingungen für eine Virusvermehrung oder -ausbreitung geschaffen, so daß ein natürlicherweise in geringen Mengen vorhandenes Virus epizootische Maßstäbe

annehmen kann und die Schädlingspopulation unter die Schadensschwelle absinkt. Es ist leicht einzusehen, daß diese Art der Nutzung von Viren bis jetzt in der Praxis nur selten Verwendung gefunden hat. Im allgemeinen unterliegt die Wahl der Kulturverfahren anderen Sachzwängen und kann nicht ohne weiteres geändert werden. Möglichkeiten ergeben sich am ehesten in extensiv genutzten Kulturen, wie das Beispiel der Bekämpfung von Wiseana ssp. im Weideland Neuseelands zeigt (KALMAKOFF und MOORE, 1975). Durch geeignete Bodenbearbeitungsmethoden und die Art der Beweidung können die Bedingungen für ein natürlicherweise vorkommendes Kernpolyedervirus so optimiert werden, daß die Schäden durch Wiseana am Weideland stark zurückgehen.

### **Industrielle Viruspräparate**

Viren, die für eine Kommerzialisierung von Interesse sind, finden sich vor allem in der ersten der drei Kategorien der Einsatzmöglichkeiten. Nur diese Viren werden in solchen Mengen eingesetzt und sind in der Handhabung für den Benutzer so einfach, daß sich eine industrielle Produktion und ein Vertrieb über den Handel lohnt.

Weltweit haben bis jetzt etwas mehr als ein Dutzend Präparate auf der Basis von Baculoviren eine amtliche Zulassung erhalten (HUBER, 1987). Drei davon sind in Kanada und vier in den Vereinigten Staaten zugelassen. In Europa hat bis jetzt erst ein Viruspräparat eine amtliche Zulassung: In Großbritannien darf das Produkt Virox gegen Blattwespenlarven im Forst eingesetzt werden. Bei einer Reihe anderer Präparate in der Bundesrepublik Deutschland, Frankreich und der Schweiz wird die Zulassung zur Zeit betrieben.

### **Unbedenklichkeit von Baculoviren**

Trotz des indirekten Nachweises ihrer Unbedenklichkeit für Wirbeltiere aufgrund ihrer Beschränkung auf Arthropoden-Wirte,

hatten die Baculoviren für ihre Zulassung eine Vielzahl von Tests zu bestehen, die zum Teil weiter gingen als für chemische Pflanzenschutzmittel gefordert, da sie auch Untersuchungen über Infektiosität beinhalteten. Die Tests umfaßten auch Langzeit-Untersuchungen auf Karzinogenität und Teratogenität bei Säugertieren, unter anderem sogar bei Primaten. Sämtliche geprüften Baculoviren erwiesen sich als ungefährlich für - und nicht vermehrungsfähig in - Mikroorganismen, Pflanzen, Invertebraten außer Arthropoden und Vertebraten einschließlich Mensch (Übersicht bei BURGES et al., 1980 und GRÖNER, 1986).

Damit stehen sie im Gegensatz zu fast allen chemischen Insektiziden (IGNOFFO, 1975). Unter den in der Bundesrepublik zugelassenen chemischen Präparaten mit insektizider Wirkung finden sich nur zwei, die in keiner Giftklasse und weder fischgiftig noch bienengefährlich sind: ein Insektenpheromon und ein Kaliseifenpräparat. Die Zulassung vieler chemischer Pflanzenschutzmittel ist mit der Erteilung von Kennzeichnungsaufgaben verbunden, deren Beachtung zur Abwendung von Gefahren für die Gesundheit von Mensch und Tier oder für den Naturhaushalt verbunden ist. So müssen z. B. Wartezeiten eingehalten werden, bevor behandelte Pflanzenteile zum Verzehr freigegeben werden, oder bestimmte Ausbringungstechniken, bei denen die Gefahr von Abdrift groß ist, sind verboten. Bei Präparaten auf der Basis von Baculoviren können diese Beschränkungen wegfallen, da bis heute keine Erkenntnisse irgendwelcher Art vorliegen, aus denen sich eine mögliche Gefährdung des Menschen und seiner Umwelt durch diese Viren ableiten ließe.

## Literatur

- BURGES, H. D., CROIZIER, G. and HUBER, J., 1980: A review of safety tests on baculoviruses. *Entomophaga* 25, 329-340.

- DICKLER, E. und HUBER, J., 1984: Das Apfelwickler-Granulosevirus: Stand der Forschung und Möglichkeiten seiner Einführung in die Obstbaupraxis. *Gesunde Pflanzen* 36, 285-289.
- GRANADOS, R. R. and WILLIAMS, K. A., 1986: In vivo infection and replication of baculoviruses. In: *The Biology of Baculoviruses. Vol. I. Biological Properties and Molecular Biology* (GRANADOS, R. R. and FEDERICI, B. A., Eds.). CRC Press, Boca Raton. S. 89-108.
- GRÖNER, A., 1986: Specificity and safety of baculoviruses. In: *The Biology of Baculoviruses. Vol. I. Biological Properties and Molecular Biology* (GRANADOS, R. R. and FEDERICI, B. A. Eds.). CRC Press, Boca Raton, S. 177-202.
- HUBER, J., 1987: Hochselektive Pflanzenschutzmittel am Beispiel der Insektenviren. In: *Biologischer Pflanzenschutz. Schriftenreihe des BMFT. Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 344.* Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup, S. 73-80.
- HUGER, A. M., 1978: Virusanwendung als Komponente eines integrierten Programms zur Bekämpfung des Indischen Nashornkäfers, Oryctes rhinoceros (L.) (Col.). *Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Entomol.* 1, 246-250.
- IGNOFFO, C. M., 1975: Evaluation of in vivo specificity of insect viruses. In: *Baculoviruses for Insect Pest Control: Safety Considerations.* (SUMMERS, M., ENGLER, R., FALCON, L. A., VAIL, P., Eds.), American Society for Microbiology, Washington, S. 52-57.

- KALMAKOFF, J. and MOORE, S. G., 1975: The ecology of nucleopolyhedrosis virus in *Porina* (Wiseana spp.) (Lepidoptera: Hepialidae). *New Zealand Entomol.* 6, 73-76.
- MARTIGNONI, E. M. and IWAI, P. J., 1986: A catalog of viral diseases of insects, mites and ticks. *Gen. Techn. Rep. PNW-195, USDA, Forest Service, 51 S.*
- MATTHEWS, R. E. F., 1982: Classification and nomenclature of viruses. *Intervirol.* 12, 1-199.
- ROHRMANN, G. F., 1986: Polyhedrin structure. *J. gen. Virol.* 67, 1499-1513.

Juan M. Lopez-Pila

Bundesgesundheitsamt, Institut für Wasser-,  
Boden- und Lufthygiene, Berlin

**AUSWIRKUNGEN VON BACULOVIREN  
AUF GRUND- UND TRINKWASSER**

EFFECT OF BACULOVIRUSES ON GROUNDWATER AND DRINKING WATER

**1. Einführung**

**1.1 Rolle von Grundwasser bei der Trinkwasserversorgung -  
Bedeutung des Bodenbiotops als regenerierender Filter**

Grundwasser ist in Mitteleuropa ein überaus wichtiges Wasserreservoir, aus dem ca. 70 % des Trinkwassers gewonnen werden. Die Eigenschaften, die dem Grundwasser eine besondere Eignung als Trinkwasser verleihen, beruhen in erster Linie auf der Funktion des Untergrundes als physikalischer und biologischer Filter. Durch den Boden werden eingebrachte Schadstoffe aus Oberflächengewässern oder aus Niederschlägen während der Passage durch den Grundwasserleiter entfernt, organische Inhaltsstoffe durch Oxidation oder anaerobe Vorgänge abgebaut und viele Schwermetalle und radioaktive Isotope dauernd wirksam gebunden. Die Vorzüge des Grundwassers beruhen jedoch nicht nur auf der reinigenden Wirkung des Grundwasserleiters, sondern ebenso auf den Mineralien und Spurenelementen (z. B. Jodid, Fluorid), die während der Untergrundpassage an das Wasser abgegeben werden und wichtige ernährungsphysiologische Funktionen erfüllen.

Leider sind unsere Kenntnisse über die ökologischen Zusammenhänge im Biotop Grundwasser sehr lückenhaft. Dementsprechend mangelhaft ist unsere Urteilsfähigkeit hinsicht-

lich der Umweltverträglichkeit von Agentien, die, ohne offenkundig humantoxisch oder pathogen zu sein, nicht grundwasserautochthon sind. Daher dürfen solche Agentien, auch wenn sie anscheinend harmlos oder umweltneutral sind, nicht ohne weiteres im Grundwasser toleriert werden. Die Tolerierung eines Agens nur aufgrund des humantoxikologischen Tageswissensstandes könnte unvorhersehbare Schäden nach sich ziehen.

Dieser restriktive Standpunkt ist durch den hohen Grad an Vorsorge begründet, der einem so wichtigen "Lebensmittel" wie dem Trinkwasser gebührt.

## 1.2. Viren als Pestizide

Bereits seit einiger Zeit wird in der Bundesrepublik der Einsatz von insektenpathogenen Viren als Pestizide erwogen. Die in Betracht kommenden Baculoviren sind nach allen heute verfügbaren Erkenntnissen für den Menschen und andere Wirbeltiere nicht pathogen; lediglich Insekten wurden bisher als Wirtsorganismen von Baculoviren beobachtet. Dabei ist die Anzahl von Insektenspezies, die von den als Pestizide in Frage kommenden Viren befallen wurden, gering. Als Vorzug dieser Agentien hinsichtlich des Naturhaushaltes wird daher angeführt, daß das Wirkungsspektrum von Baculoviren geringer ist als das von chemischen Pestiziden mit vergleichbarem Anwendungsbereich.

Pflanzenschutzmittel mit dem Anspruch besonderer Umweltverträglichkeit haben hohen Anforderungen an die Selektivität gegenüber den jeweiligen Zielorganismen zu genügen und dürfen gegenüber dem Menschen und anderen Nichtzielorganismen nicht schädlich sein. Die Schädlingsbekämpfung mit spezifischen insektenpathogenen Viren scheint diesen Anforderungen nach dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse zwar zu genügen, trotz-

dem darf man aus Vorsorgeerwägungen nicht hinnehmen, daß es zu einem nennenswerten Einbruch dieser Organismen in für sie fremde Biotope kommt. Insbesondere muß sehr genau darauf geachtet werden, daß das Biotop Grundwasser frei von denjenigen Agentien (Chemikalien, Mikroorganismen, Viren) bleibt, die dort nicht natürlicherweise vorkommen.

### 1.3 Aufgabenstellung

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Versickerung von Baculoviren durch Oberboden und Sand zu prüfen. Bedingt durch die geologische Beschaffenheit des Bodens, durch atmosphärische Einflüsse oder durch weitere, die Adsorption beeinträchtigende Faktoren ist es problematisch, Ergebnisse aus Modell- oder begrenzten Feldversuchen auf die Zustände im Freiland zu übertragen. Angesichts der Vielfalt der Faktoren und der Komplexität der Vorgänge, die die Adsorption von Viren an Böden bestimmen, können Versickerungsversuche im Laboratorium oder auch im Freiland nicht für alle möglichen in der Natur vorkommenden hydrogeologischen Gegebenheiten repräsentativ sein. Das Ziel dieser Untersuchung konnte daher nicht darin bestehen, ein absolut gültiges Urteil hinsichtlich der Versickerungsfähigkeit von Baculoviren zu fällen. Die Untersuchung wurde vielmehr in der Absicht durchgeführt, die Versickerungseigenschaften von Baculoviren mit denjenigen von Polioviren zu vergleichen, denn für diese liegen umfangreiche und langjährige Erfahrungen vor. Aufgrund dieses Vergleiches sollte dann eine experimentell begründete Evaluation der Versickerungsneigung von Baculoviren erfolgen.

Voraussetzung für die Validität solcher Untersuchungen ist, daß sie unter einer Vielzahl von Randbedingungen und streng parallel mit den Vergleichsviren durchgeführt werden. Nur unter diesen Voraussetzungen



erscheint es berechtigt, die Versickerungseigenschaften des "bekannten" Poliovirus mit denen der "unbekannten" Baculoviren (Granuloseviren - GV - und Kernpolyederviren - NPV -) zu vergleichen und über die Versickerungseigenschaften der letzteren allgemeingültige Aussagen zu machen.

## 2. Ergebnisse und Diskussion

Um einen möglichst gültigen Bezug zu der für Agrochemikalien vorgeschriebenen Versickerungsprüfung herzustellen, war ursprünglich vorgesehen, die Versickerungsparameter von Baculoviren analog zu den im Arbeitsblatt für die amtliche Prüfung von Pflanzenschutzmitteln vorgeschriebenen Bedingungen zu gestalten. Entsprechende Vorversuche zeigten jedoch, daß das hohe Bindungsvermögen der im o. g. Arbeitsblatt angegebenen Standardböden eine Quantifizierung der eluierten Baculoviren nicht erlauben würde. Aus diesen Gründen wurden zwei wesentliche Änderungen vorgenommen: Anstelle der im Arbeitsblatt vorgeschriebenen 392 ml wurden die Säulen mit einem Volumen von 2.400 ml beregnet. Darüber hinaus wurde die in dem Arbeitsblatt vorgesehene Säulenhöhe um ein Drittel von 30 cm auf 20 cm herabgesetzt. Bezüglich der verwendeten Böden wurde auf den Einsatz der tonhaltigen Böden verzichtet und stattdessen ein organisch hochbelasteter Oberboden eingesetzt. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Abweichungen der vorliegenden Untersuchung zu den im Arbeitsblatt vorgegebenen Prüfbedingungen zusammengefaßt.

### 2.1 Adsorption an Sandsäulen

Erwartungsgemäß kam es in den Sandsäulen, die mit organisch nicht belastetem Wasser beregnet wurden, zu einer wirksamen Retention sowohl von Granuloseviren (GV) als auch von Polioviren und f2-Bakteriophagen (Abb. 1). Die ebenfalls wirksame Zurückhaltung von Kernpolyederviren

Tabelle 1

VERSICKERUNGSBEDINGUNGEN

	Prüfungsbedingungen nach den BBA- Richtlinien	Prüfungsbedingungen im FV "Versickerungsverhalten von Baculoviren"
Säulen	50 mm Durchm. 350 mm Länge	48 mm Durchm. 350 mm Länge
Säulen- bett	50 mm Durchm. 300 mm Länge	48 mm Durchm. 200 mm Länge
Füll- material	Sand lehmiger Sand sandiger Lehm	Sand org. belasteter Boden
Berechnung	entionisiertes Wasser	entionisiertes Wasser gepuff. Wasser, pH 5,1 gepuff. Wasser, pH 7,4 Grundwasser Abwasser (roh) Abwasser (biol. geklärt)
Menge (Höhe)	392 ml (200 mm)	2.400 ml (1.300 mm)
Referenz- organismus	-	Polio 3 (atten. Stamm) Bakteriophage f2

(NPV) war angesichts der Größe der NPV-Konglomerate eher überraschend (siehe Erläuterungen dazu unter 4.5). Die Beregnung von Sandsäulen mit organisch belastetem Wasser (Abwasser) brachte zwar bei Polioviren und Bakteriophagen einen erhöhten Durchbruch mit sich, wirkte sich jedoch auf die Granuloseviren nicht aus (Abb. 2). Bei GV hatte man sogar den Eindruck, daß die organischen Inhaltsstoffe eher zu einer stärkeren Bindung der Viren an den Sand führten. Bei NPV kam es zu einem mäßig starken Durchbruch, der aber etwas unter demjenigen von Polioviren und Bakteriophagen blieb. Aus diesen Ergebnissen ist zu schließen, daß die Versickerungsneigung in Sand sowohl von GV als auch von NPV geringer ist als diejenige von Polioviren.

## 2.2 Säulenchromatographie von NPV, f2-Bakteriophagen und Polioviren in Sand

Die Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit der in der Abbildung 2 dargestellten Versuche mit Abwasser sind naturgemäß von der augenblicklichen Zusammensetzung des verwendeten Abwassers abhängig. Um den Vergleich zwischen Polioviren, NPV und f2-Bakteriophagen hinsichtlich ihrer Versickerungsneigung in Gegenwart von organisch belastetem Wasser zu objektivieren und reproduzierbar zu machen, wurden Versickerungsversuche mit tensidhaltigem Wasser durchgeführt, wobei als organische Belastung das Tensid Nonylphenolsulphonsäure eingesetzt wurde.

Vorversuche zur Optimierung der Säulentrennleistung hatten eine gut experimentell erfaßbare differentielle Trennung der drei untersuchten Viren bei einer NPS-Konzentration von 0,8 mg/ml ergeben. Die übrigen Bedingungen sind in der Legende der Abbildung 3 angegeben. Aus der Bestimmung von NPV, Polioviren und f2-Bakteriophagen in den gesammelten Fraktionen ist zu ersehen,

Abbildung 1

Zusammenfassungen der Ergebnisse aus den Sand- und Bodenversickerungsversuchen (nur entionisiertes und gepuffertes Wasser)

Die Mengen an Viren in den einzelnen Fraktionen jeweils eines Versickerungsversuchs wurden addiert und als Säule dargestellt. Die Abbildung faßt daher die Ergebnisse aus mehreren Versuchsreihen zusammen.

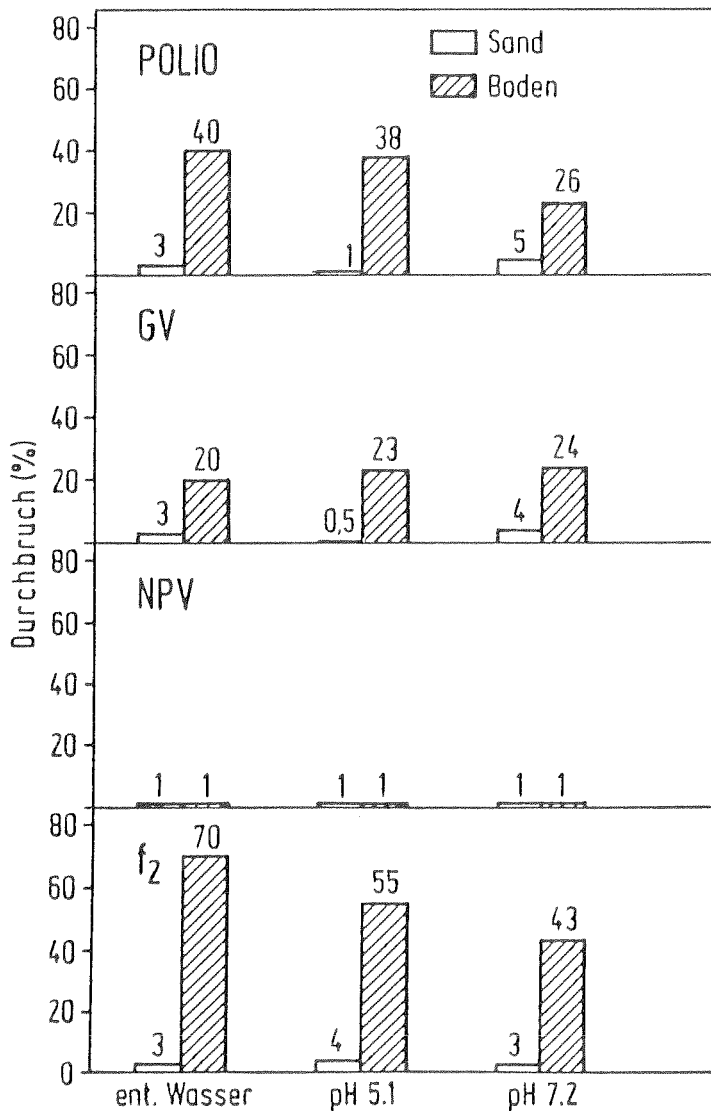
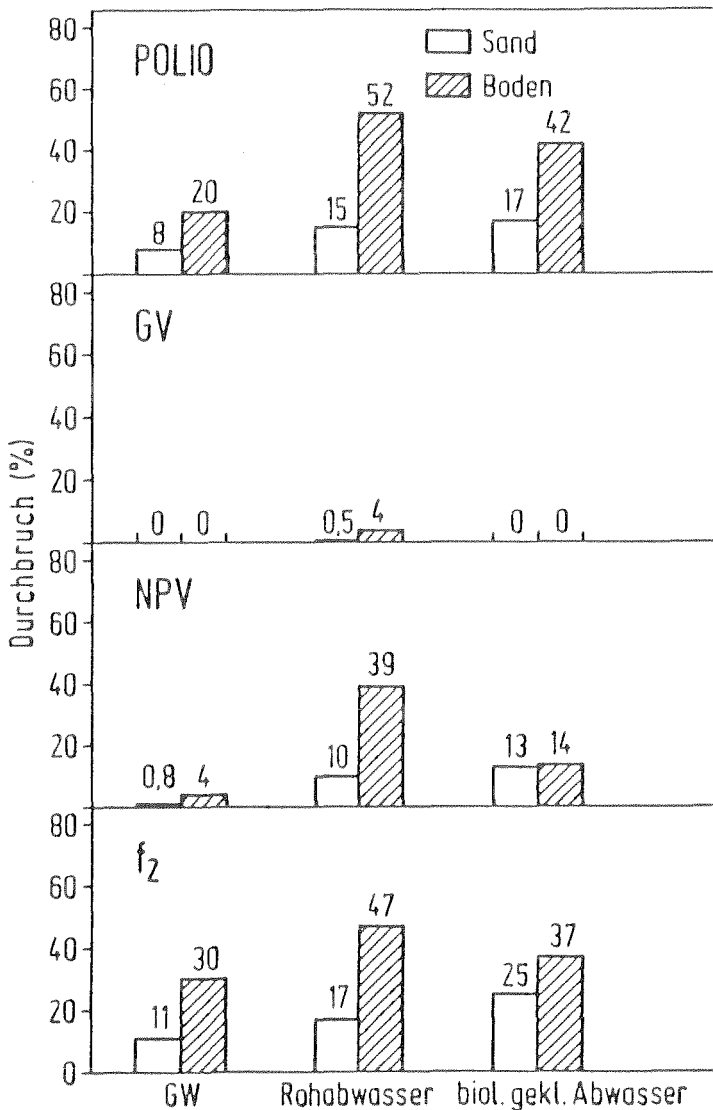


Abbildung 2

Zusammenfassungen der Ergebnisse aus den Sand- und Bodenversickerungsversuchen (Grundwasser und Abwasser)

Die Mengen an Viren in den einzelnen Fraktionen jeweils eines Versickerungsversuchs wurden addiert und als Säule dargestellt. Wie in Abb. 1 fassen die in den Säulen dargestellten Ergebnisse mehrere Versuchsreihen zusammen.



(Abb. 3), daß die drei untersuchten Viren unter den gewählten Bedingungen einer unterschiedlichen Verzögerung unterlagen. Der Unterschied zwischen Polioviren und Bakteriophagen war dabei geringer als derjenige zwischen Polioviren und NPV.

### 2.3 Passive Versickerung von GV in einem Feldlysimeter

Um das Verhalten von GV bezüglich ihrer Versickerung unter naturnahen Bedingungen zu untersuchen, wurde ein im Freien stehender Lysimeter aus gewachsener Erde mit GV, suspendiert in 20 l Leitungswasser, beladen (Abb. 4). Dieser Lysimeter wurde nicht aktiv mit Wasser beschickt, sondern lediglich durch die natürlichen Niederschläge mit Wasser versorgt. Das Sickerwasser aus diesem Lysimeter wurde in 14-tägigen Abständen gesammelt. In den Sammelproben wurde die Menge an GV bestimmt. Während einer nunmehr 7-monatigen Betriebszeit konnte keine einzige virushaltige Probe gewonnen werden.

### 2.4 Schlußfolgerungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, daß bei allen geprüften Versickerungsbedingungen die Baculoviren genauso stark oder stärker von Sand zurückgehalten wurden wie die als Referenz eingesetzten Polioviren. Dieses traf sowohl bei der Beregnung mit entionisiertem Wasser als auch bei der Perkolation mit gepuffertem, tensidhaltigem oder organisch belastetem Wasser (Rohabwasser oder biologisch geklärtes Abwasser) zu. Überraschenderweise zeigten Granuloseviren eine stärkere Adsorption in Gegenwart von Abwasser als z. B. bei der Versickerung mit entionisiertem Wasser. Dieses Verhalten steht im Gegensatz zu den Befunden mit Polioviren und anderen Enteroviren, bei denen Abwasser eine stark desorbierende Wirkung gezeigt hat. Eine physikalisch-chemische Interpretation für das Verhalten von GV

Abbildung 3

Säulenchromatographie von Polioviren 3 (offene Kreise), f2-Bakteriophagen (geschlossene Kreise) und NPV (Kreuze) durch Sand

Eine Säule mit Standardabmessungen (siehe Tabelle 1) wurde mit einer gemischten Virensuspension beladen (Polioviren:  $10^7$  plaque forming units (pfu); f2-Bakteriophagen:  $10^7$  pfu; NPV:  $5 \times 10^8$  Polyeder). Nach dem Eindringen der Suspension in das Säulenbett wurde die Säule mit einem Reservoir von NPS (0,8 mg/ml) verbunden und die Geschwindigkeit des Wassers auf ca. 1 m/Tag eingestellt. Fraktionen von je 150 ml Volumen wurden gesammelt und in den Fraktionen die Konzentration der drei versickerten Viren bestimmt.

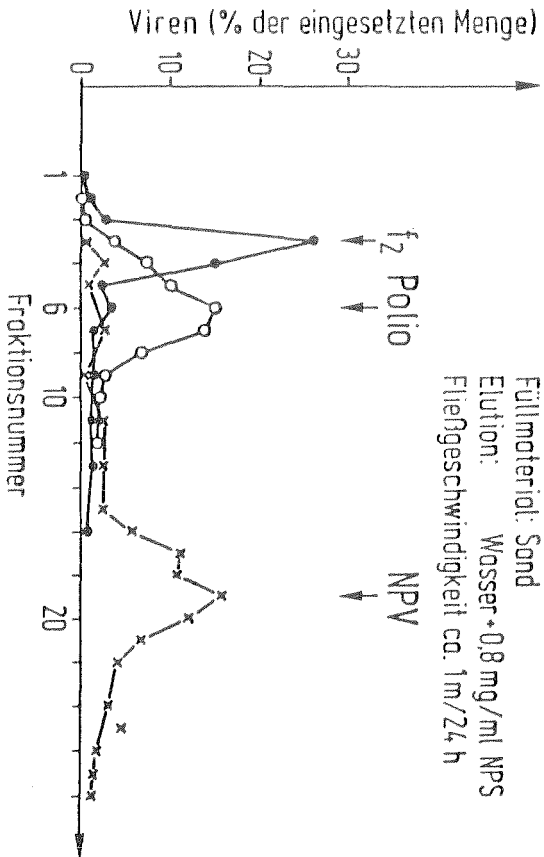
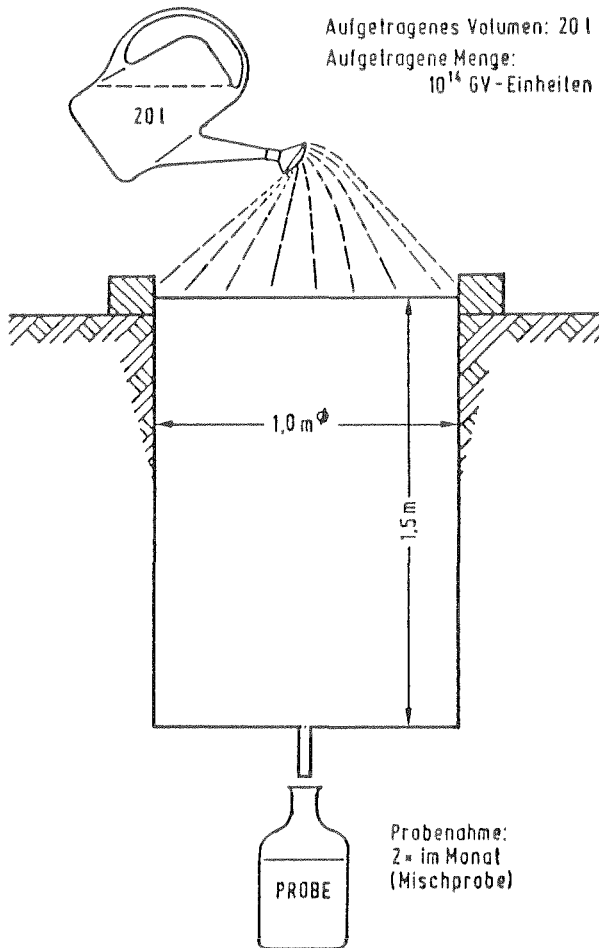


Abbildung 4

Skizze zum Versickerungsversuch  
mit einem Großlysimeter

Eine Menge von  $10^{14}$  Einheiten Granuloseviren wurde in 20 l Leitungswasser suspensiert und auf die Oberfläche des Lysimeters aufgetragen. Alle zwei Wochen wurde das Sammeleluat nach Granuloseviren untersucht. Datum der Beschickung mit GV: 08.05.1987

Lysimeterversuch





kann zur Zeit nicht gegeben werden. Es soll lediglich darauf hingewiesen werden, daß, da GV simultan mit den anderen Viren versickert wurde, der Unterschied zu diesen als real anzusehen und nicht etwa in einer unterschiedlichen Zusammensetzung des Abwassers zu suchen ist.

Hinsichtlich der Adsorption an organisch belastetem Boden gilt ebenfalls, daß die Baculoviren besser adsorbierten als Polioviren, wobei der verwendete Boden allgemein alle untersuchten Viren wesentlich schlechter zurückhielt als Sand. Eine Ausnahme bildeten hier die NPV, die von Boden genauso gut gebunden wurden wie von Sand (Abb. 1).

Der aus den Standardversickerungsversuchen gewonnene Eindruck, nach dem die Adsorptionsneigung an Sand in der Reihenfolge f2-Bakteriophagen - Polioviren - Baculoviren zunimmt, konnte in dem Sandchromatographieversuch (Abb. 3) in Gegenwart von 0,8 mg NPS/ml objektiviert werden.

Wie in der Einführung dargelegt, können Laborversuche ebensowenig wie Modellversuche im Feld ein als endgültig zu betrachtendes Urteil über das Versickerungsverhalten von Chemikalien, Mikroorganismen oder Viren erlauben. Eine solche Beurteilung kann nur das Ergebnis von repräsentativen Feldmessungen im Grundwasser nach entsprechendem Virenaustrag im Einzugsgebiet sein. Jedoch können Modellversuche, wenn sie auf den Vergleich mit Referenzviren ausgelegt werden, zu gültigen Aussagen führen.

Bei Betrachtung der Gesamtheit der dargelegten Ergebnisse erscheint es als ein sehr unwahrscheinliches Ereignis, daß nennenswerte Mengen von Baculoviren bis in die grundwassertragenden Bodenschichten durchbrechen. Die bisher negativen Befunde des Großlysimeterversuchs, in dessen Rahmen eine tausend- bis zehntausendfache Menge der in der Landwirtschaft empfohlenen Dosis appliziert wurde, stimmen mit dieser Schlußfolgerung überein.

Unabhängig von dem genauen Mechanismus der Adsorption von NPV und GV an Sandpartikel ist mit Gewißheit anzunehmen, daß die äußere virale Begrenzung, d. h. das Polyhedrin, eine wichtige Rolle beim Adsorptionsvorgang spielt. Es bestehen zur Zeit Bestrebungen, Baculovirenstämme einzusetzen, die eine äußere Polyhedrinummantelung nicht besitzen. Man verspricht sich von solchen Stämmen eine bessere Effizienz bei der Dispersion der viralen Suspension und darüber hinaus eine erhöhte UV-Empfindlichkeit, die möglicherweise zu einer besseren Kontrolle über die freigesetzten Stämme führen könnte. Es ist jedoch aufs Ausdrücklichste darauf aufmerksam zu machen, daß solche "nackten" Stämme u. U. ganz andere Versickerungseigenschaften besitzen werden als diejenigen Stämme, die in Polyhedrin eingebettet sind.

Eine Evaluation der Versickerungsfähigkeit von Baculoviren ohne Polyhedrin wird gesondert gewonnen werden müssen; die in den vorliegenden Untersuchungen erarbeiteten Ergebnisse haben lediglich hinsichtlich der Polyhedrin-eingebetteten Baculoviren Gültigkeit.

## D I S K U S S I O N

Bei der Wiedergabe der Diskussion wird Wert darauf gelegt, den Leser in vollem Umfange am Gesprächsverlauf teilnehmen zu lassen. Diesem Ziel läuft die aus verschiedenen Gründen gebotene Straffung der einzelnen Beiträge nicht zuwider, da sorgfältig auf die Bewahrung aller für den Fortgang des Gespräches wichtigen Gedanken geachtet wurde.

- - -

Schuhmann: Ich schlage vor, mit der Diskussion zum Komplex "Pilze" zu beginnen. Haben Sie noch Fragen an die Vortragenden zu eventuell nicht ausreichend angesprochenen Sachverhalten zu stellen?

Klein: Zur Bewertung der Auswirkungen von Pilzen im Trinkwasser möchte ich einiges anmerken. Auf diesem Gebiet wird bekanntermaßen nur mit sehr begrenzter Kapazität gearbeitet; hierauf hat ja auch Herr Staib hingewiesen. Andererseits wissen wir aus Einzeluntersuchungen im Uferfiltrat, daß Pilze die Wasserqualität maßgeblich beeinflussen können. Wenn man sich die geringe Zahl der Experten in Europa vor Augen hält, ist es natürlich selbstverständlich, wenn aufgrund des daraus resultierenden Fehlens von Wissen und Arbeitsmethoden die Mykologie bisher praktisch keine Rolle in der Bewertung der Trinkwasserqualität gespielt hat.

Schuhmann: Es wäre sicherlich falsch anzunehmen, Pilze gelangten nicht in das Trinkwasser hinein. Ich weiß, daß in Berlin viele Fusarien nachgewiesen worden sind; möglicherweise stammen sie aber nicht aus dem Grundwasser.

Lopez-Pila: Wie schwer ist es eigentlich, einen Nachweis auf Fehlen oder Vorkommen der für den Pflanzenschutz relevanten Pilze im Wasser zu führen? Wenn es hierfür praktikable Nachweismethoden gäbe, könnte das Bundesgesundheitsamt wenigstens nachträglich erfahren, ob im Gefolge einer Anwendung eines Pflanzenschutzmittels aus Pilzen überhaupt mit einer Kontamination des Grundwassers zu rechnen ist.

Zimmermann: Ich habe u. a. mit Metarhizium anisopliae Versickerungsversuche nach Merkblatt Nr. 37 der Biologischen Bundesanstalt mit Standardböden durchgeführt. Während der Versuche wurde das Sickerwasser aufgefangen, nach ihrer Beendigung die Bodensäule in Scheiben aufgeschnitten. Wir machen Verdünnungsplatten und können dann mittels eines selektiven Nährbodens Metarhizium direkt nachweisen. Pilze verhalten sich übrigens hinsichtlich ihrer Versickerungseigenschaften wie andere Mikroorganismen und weichen damit von dem bei chemischen Substanzen zu beobachtenden Verhalten ab. Anders als ursprünglich vermutet, werden Pilze im humusreichen Boden weniger adsorbiert als im sandigen Lehm. Hier wurde Metarhizium in den oberen

15 cm völlig adsorbiert, obwohl die Konidiensuspension mit einem Netzmittelzusatz versehen worden war. In dem humusreichen Standardboden hingegen gelangten die Konidien etwas tiefer, und zwar in einigen Versuchen mit geringer Zahl bis zu 30 cm Tiefe. In der Regel verbleiben jedoch ca. 90 % der ausgebrachten Konidien in den oberen 10 bis 15 cm der Bodensäule.

Ohnesorge: Mich hat, und das ist positiv gemeint, Ihre Aussage erstaunt, Herr Staib, wonach es in bezug auf die Allergisierung z. B. mit entomopathogenen Pilzen wohl Probleme geben könne, in praxi seien sie bisher aber noch nicht aufgetreten. Die Gefahr der Inhalation und der Sensibilisierung ist doch insbesondere beim Umgang mit pulverförmigen Präparaten und beim Spritzen relativ groß. Die Anwendung von Pellets verursacht sicherlich eine wesentlich geringere Anwendergefährdung. Man müßte aber eine sehr genaue Risikoabschätzung vornehmen, um angemessene Sicherheitsratschläge geben zu können.

Staib: Jeder Pilze kann allergisieren. Ich darf wiederholen, was ich in meinem Vortrag gesagt habe: Ich habe darauf hingewiesen, daß, wenn wir auch bisher keine Infektiosität erwarten können, wir aber selbstverständlich mit Allergisierung zu rechnen haben. Aber bis heute haben wir in der Routinediagnostik der allergischen Erkrankungen des Menschen noch keine Antigene von irgendeinem der hier zur Diskussion stehenden insektiziden Pilze, und zwar deshalb nicht, weil in Deutschland die medizinische Mykologie, anders als die Bakteriologie oder die Virologie, noch nicht die gebührende Anerkennung gefunden hat. Demzufolge gibt es keine mykologisch denkenden Ärzte und demzufolge haben wir keine Basis für die Bewertung solchen pilzlichen Materials hinsichtlich seiner allergisierenden Wirkung.

Wir haben gelernt, welche Bedeutung Insekten in unserer Umwelt haben, und wir haben erfahren, daß diese Insekten natürlicherweise an Pilzen erkranken. Wir sollten daher diese Pilze respektieren. Der Biologe und der medizinische Mykologe müssen fachlich zusammenkommen! Der medizinische Mykologe muß wissen, welche Pilze in der Natur oder in Pflanzenschutzmitteln Bedeutung als Antagonisten haben, damit er sich um diese Antigene kümmert. Denken Sie an die vielen unklaren Erkrankungen des Magen-Darm-Traktes, bei denen wir mit einer Allergisierung als Ursache zu rechnen haben. Jene Antigene, denen wir z. B. in Lebensmitteln begegnen können, müssen in unsere Überlegungen einbezogen werden!

Ohnesorge: Unglücklicherweise haben wir in der Toxikologie nur sehr unvollkommene Methoden, um die experimentell im Tierversuch ermittelte allergische Potenz eines Stoffes auf ihre Bedeutung für den Menschen abzuschätzen. Das trifft zwar für alle Stoffe gleichermaßen zu, ist aber bei solchen Stoffen mit einer vermuteten sehr stark allergisierenden Wirkung besonders bedeutsam.

Staib: Ich nehme dieses Gremium, in dem ja auch Vertreter einiger Bundesministerien sitzen, ernst genug, um auf die unbefriedigende Situation der medizinischen Mykologie hinzuweisen. Zukünftig muß dafür gesorgt werden, daß in Medizinaluntersuchungsämtern, in Hygieneinstituten, einschließlich des Instituts für Wasser-,

Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Mykologen sitzen. Sie müssen in der Lage sein, zu ökologischen Fragen aus ihrer fachlichen Sicht Stellung zu beziehen. In den Medizinaluntersuchungsämtern gibt es einen Arbeitsplatz für Salmonellen, Mycobacterium tuberculosis und für die üblichen Bakterien. Es bleibt dem Zufall überlassen, ob jemand auch etwas von Pilzen versteht. Eine Änderung dieser Situation wäre dringend vonnöten, insbesondere vor dem Hintergrund, daß im Zusammenhang mit der Anwendung von biologischen Pflanzenschutzmitteln mit Pilzen Fragen auftauchen. Sogar im Bundesgesundheitsamt gibt es nur ein Fachgebiet "Mykologie". Hier sollen mit geringstem Personalaufwand alle anfallenden Fragen aus dem gesamten Komplex der Mykologie bearbeitet werden. In jedem Einzelfall muß die gesamte mikroökologische Situation des jeweils zu berücksichtigenden Pilzes diskutiert werden, d. h. der Mykologe muß die gesamte bakteriologische Diagnostik gleichzeitig mit übernehmen. Der Pilz darf nicht solitär, sondern muß in dem gesamten Spektrum von Einflußfaktoren gesehen werden. Und darin sehe ich auch eine Notwendigkeit für die in diesem Gremium zu behandelnden Fragen des biologischen Pflanzenschutzes. In Deutschland steht es allgemein schlecht um die Fähigkeit, fundiert zu aktuellen Fragen der Mykologie Stellung zu beziehen. Eine Zusammenführung der biologischen und medizinischen Aspekte in der Mykologie, wie sie im heutigen Fachgespräch einmal möglich geworden ist, gibt es leider noch nicht generell. Die mykologische Forschung liegt weitestgehend bei der pharmazeutischen Industrie, wo sie sehr egoistischen Zielen dient. Eine breit gefächerte, neutrale Forschung oder gar entsprechende Fortbildungsmöglichkeiten auf dem Gebiet der medizinischen Mykologie gibt es bei uns bedauerlicherweise nicht. Als ich an das Bundesgesundheitsamt berufen wurde, dachte ich, ich könnte an dieser zentralen Institution mein Wissen z. B. in Fortbildungskursen an junge Leute weitergeben - das ist unmöglich.

Schuhmann: Herr Staib, Ihre Sorgen teile ich auch aus meiner Sicht. Ich beobachte ähnliche Entwicklungen auf dem Gebiete des Pflanzenschutzes: In Bereichen, in denen man bereits breite Kenntnisse hat, sucht man mit äußerster Akribie nach der Klärung immer kleinerer Wissenslücken, vernachlässigt derweil jedoch Arbeiten, die der Verbesserung der Situation unserer Landwirtschaft insgesamt dienlich wären. Ich will das hier nicht vertiefen. Fest steht jedoch, daß bei begrenzter Kapazität, mit der wir leben müssen, durch diese zum Teil politisch in Gang gesetzte Entwicklung kein Raum mehr bleibt für wirklich risikoreiche Forschung, mit der tatsächliche Fortschritte zu erzielen wären. Risikoreich meine ich im Hinblick auf den Erfolg! Wir haben die Aufgabe, unter Beachtung wissenschaftlicher Kriterien dieser Tendenz entgegenzusteuern und zu überlegen, wo wir unsere Kräfte konzentrieren müssen, um für den Schutz der Umwelt und der Gesundheit des Menschen Optimales zu erreichen. Doch zurück zum Thema unseres Fachgespräches. Ich habe den Eindruck gewonnen, daß die Fakten, die über die aus heutiger Sicht für den biologischen Pflanzenschutz wichtigen Pilze bekannt sind, wenig Grund zur Besorgnis geben. Anders scheint die Bewertung im Bereich Grund- und Trinkwasser zu sein, wenn ich auch aus toxikologischer Sicht in Anbetracht der ohnehin

vorhandenen natürlichen Belastung von Mensch und Umwelt durch die im Pflanzenschutz ggf. Bedeutung erlangenden Pilze keine Probleme zu entdecken vermag.

Ohnesorge: Denken Sie an die Belastung oder mögliche Gefährdung der Anwender!

Schuhmann: Der Anwender wird immer höher belastet sein als z.B. der Konsument. Aber immerhin kommen die Menschen doch schon seit Jahrtausenden mit den Organismen in Berührung, über die wir heute sprechen.

Ich darf jetzt zur Besprechung eventuell offen gebliebener Sachverhalte im Falle der Baculoviren überleiten.

Miltenburger: Ich möchte noch zu dem von Herrn Huber gehaltenen Vortrag einige ergänzende Daten aus unserer Arbeit nachtragen. In Zusammenarbeit mit der Biologischen Bundesanstalt und einem Industrieunternehmen haben wir uns einige Jahre mit der Replikation von Baculoviren in vitro beschäftigt. Aus diesem Forschungsprojekt ergab sich die Frage nach der Vergleichbarkeit mit jenen Baculoviren, die in vivo produziert wurden. Schließlich wurde ein "safety-Programm" entwickelt, dessen Ergebnisse in einer Monographie erschienen sind (Anmerkung: Miltenburger, H.G. (ed.), 1978: Safety Aspects of Baculoviruses as Biological Insecticides. Bundesministerium für Forschung und Technologie). Etwa gleichzeitig ist auch eine amerikanische "safety"-Studie von ähnlichem oder etwas größerem Umfang publiziert worden. Im deutschen Projekt wurde in vivo und in vitro die Zellinteraktion mit Baculoviren untersucht, und zwar mit polyhedrinfreien, also freigesetzten Virionen. Wir haben in Größenordnungen geprüft, die etwa der auf 100 ha auszubringenden Menge entsprechen. Im einzelnen wurden folgende Fragen bearbeitet:

Möglichkeit der DNA-Hybridisierung mit Säugerzellen (Prof. DOERFLER, Institut für Genetik der Universität Köln); Antigenreaktionen (Prof. MUSSGAY, Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere in Tübingen); zytogenetische Aspekte (meine Arbeitsgruppe an der TH Darmstadt); Prüfung, ob durch den beim Einbringen von Baculoviren in das System erzeugten Streß endogene Viren, also C-Partikel, freigesetzt werden. Alle diese Untersuchungen, die breit angelegt waren und vier Jahre dauerten, sind negativ verlaufen. Diese Untersuchungen wurden freilich nicht unter dem hier und heute im Vordergrund stehenden Aspekt der umwelthygienischen Bewertung, insbesondere mit dem Bezug auf die Wasserqualität durchgeführt, sondern im Hinblick auf mögliche Auswirkungen auf den Menschen bei der Produktion und der Anwendung von Baculoviren. Insbesondere stellten wir uns die Frage, ob Schädigungen auf der chromosomalen Ebene auftreten, denn man weiß ja, daß sehr viele Viren zu Chromosomenschäden führen. Früher wurde dies nicht untersucht; man betrachtete in der Regel nur die klinischen Aspekte. Vereinfacht gesagt, suchte man zu ergründen, ob jemand erkranken könne oder nicht. Nach allen Erfahrungen gibt es offensichtlich beim Menschen keine akuten Krankheiten. Hieraus ergibt sich jedoch nicht zwingend der Schluß, daß zytogenetisch keine negativen

Effekte auftreten. In Versuchen mit Mäusen, denen wir oral und intraperitoneal große Mengen Virus ( $10^{12}$  NPV bzw.  $10^{14}$  GV pro Tier bzw. pro 25 g) verabreichten, und Versuchen in etablierten und primären Zelllinien (menschliche Lymphozyten) gingen wir der angesprochenen Frage nach: Die Virionen werden durch Phagozytose in die Zellen aufgenommen, werden dort auch längere Zeit in den Vakuolen gehalten, bis sie schließlich entweder ausgeschleust werden oder disintegrieren, d. h. in einer vom Mechanismus her noch nicht genau bekannten Art in den Säugerzellen zerfallen. Zusammenfassend ist festzustellen, daß in keiner Untersuchung die natürliche Spontanrate der zytogenetischen Effekte überschritten wurde. Es gibt also keine Induktion von Chromosomenschäden, weder in der Struktur noch hinsichtlich der sogenannten "sister-chromatid-exchange". Sämtliche "safety-Untersuchungen" in den USA und in der Bundesrepublik Deutschland haben bei ähnlichem Verlauf nicht den geringsten Hinweis erbracht, daß Baculoviren mit Säugerzellen interagieren oder sie physiologisch oder genetisch schädigen.

Lopez-Pila: Wie groß ist die Nachweiseffizienz von Baculoviren in Zellkulturen? Wieviele Plaques bekommen Sie in einer Zellkultur, wenn Sie im elektronenmikroskopischen Bild 100 Partikel/ml zählen?

Miltenburger: In den Zellkulturen von Säugetieren bekommen wir überhaupt keine Plaques; es gibt keine Infektion. Eine Aufnahme in die Zellen findet man bei der von uns gewählten hohen Dosierung relativ häufig. In den gleichzeitig durchgeführten Untersuchungen mit Insekten und Insektenzelllinien trat hingegen volle Infektiosität auf.

Klein: Wir kommen jetzt zu den Bewertungsfragen im Regelkreis "Trinkwasserentstehung - Trinkwasserverteilung - Trinkwasserüberwachung". Sowohl bei den Pilzen, bei denen wir wahrscheinlich noch sehr lange brauchen, um einen Befund über die Trinkwasserkontamination zu erhalten, als auch bei den Viren, bei denen es nicht ganz einfach ist zu reagieren, findet sich ein gravierender Unterschied zur derzeitigen Situation der Trinkwasserüberwachung. In allen Versorgungseinrichtungen, in denen wir uns aufgrund des Umfeldes darauf verlassen können, daß eine gelegentliche Überwachung auf Mikroorganismen ausreicht, nehmen wir die Standarduntersuchungen gewissermaßen als Betriebsparameter für das System der Trinkwasserentstehung und in der Regel werden dabei die Koloniezahlen eingehalten.

In problematischen Fällen, z. B. bei der Nutzung von Oberflächenwasser, findet sich bei Großversorgungsanlagen eine on-line-Kontrolle mit ganztägiger Überwachung im gesamten Versorgungssystem. Dies Verfahren beinhaltet die Möglichkeit, auf Veränderungen zu reagieren: Wenn in einem großen Wasserwerk im Rohwasser oder in der ersten Verarbeitungsetappe ein Befund mit erhöhter Koloniezahl vorliegt, dann wird daraus gefolgert, daß man die Betriebsanlage auf die Einhaltung des Grenzwertes einstellen, d. h. in der Regel eine Desinfektion nachschalten muß. Wir sind ziemlich sicher, daß bei den bekannten Viren, aber auch bei den Pilzen, die üblichen Desinfektionsverfahren nicht im entferntesten das bewirken, was z. B. an Wachstumshemmung bei den meisten

Bakterien zu erreichen ist, die derzeit in der Überwachung sind und die sich wie beschrieben in dem genannten Regelkreis auch beherrschen lassen. Einer der schwierigsten Punkte in der gesamten Diskussion, die wir hier führen, ist die Frage, wie wir überhaupt eine Bewertung in bezug auf im Betrieb befindliche Wasserversorgungsanlagen ohne grundlegende Änderung der Bewertungsprinzipien herbeiführen können, wenn sich die Entstehungsbedingungen geändert haben.

Schumann: Wenn wir an die Vielzahl von Mikroorganismen denken, die natürlicherweise und ohne Bezug zum biologischen Pflanzenschutz in das Wasser gelangen, werden wir niemals in der Lage sein, diesen Status zu überwachen und zu analysieren. Das ist undenkbar. Wir finden überall im Wasser, weit verbreitet, z. B. alle möglichen phytopathogenen Viren. Wenn wir unsere Untersuchungen intensivieren, werden noch mehr zu finden sein als die, von denen man heute weiß. Wir können aber nicht alles in Routineuntersuchungen einbeziehen; dazu fehlt die Kapazität, oder man vernachlässigt wirklich Wichtiges. Wir müssen viel mehr sorgfältig prüfen, wo mit einiger Wahrscheinlichkeit Risiken zu erwarten sind. Wir werden jedenfalls keine biologischen Pflanzenschutzmittel zulassen, die tatsächlich eine Entkeimung oder Sterilisation des Grundwassers zur Folge haben. In solchen Mitteln wäre keine Alternative zu anderen Pflanzenschutzmitteln zu sehen.

Staub: Ich möchte an dieser Stelle deutlich machen, daß die Aspergillen, die bezüglich ihrer toxikologischen und allergologischen Eigenschaften, aber auch hinsichtlich der Infektiosität, die für den Menschen absolut gefährlichsten Pilze darstellen. Diese Aspergillen wirken in der Natur am Abbau toten pflanzlichen Materials mit, auch neben und in Wasser, und kommen unmittelbar mit dem klaren Quellwasser in Berührung. Diese Pilze nehmen wir überhaupt nicht zur Kenntnis! Einerseits von höchster Gefährlichkeit, tragen sie andererseits durch ihre Funktion in der Natur letztlich zu unserer Gesundheit bei. Phylogenetisch haben sich unsere körpereigenen Abwehrkräfte auf die existierenden Mikroorganismen eingestellt. Die von uns täglich inhalieren Aspergillus-Sporen sind in der Regel nach 30 Minuten durch Phagozytose eliminiert. Bei der heute geführten Diskussion behandeln wir jedoch Pilze, die überhaupt keine Infektiosität oder Pathogenität für den Menschen haben. Das sollte doch bedacht werden!

Klein: Ich möchte nur ein Mißverständnis ausräumen, das in der Diskussion immer wieder auftaucht. Es geht bei der Bewertung zur Trinkwasserhygiene und bei der Bewertung der Trinkwasserentstehungsbedingungen nicht darum, und das ist von unserer Seite auch immer gesagt worden, nur auf Stoffe oder andere Agentien von unmittelbar gesundheitlicher Relevanz zu untersuchen. Es geht darüber hinaus um einen langfristigen Aspekt, um die Frage, wie wir eine Ressource im wahrsten Sinne des Wortes "sauber" halten, aber nicht, wie wir sie "unschädlich" halten. Aus dieser Ressource müssen wir immerhin viele Jahrzehnte unser Trinkwasser beziehen können, eines unserer wichtigsten Lebensmittel. Ich stimme mit Ihnen völlig darin überein, daß eine Pilzspore in einer Quelle,



sei sie natürlichen Ursprungs oder stamme sie aus einer pflanzenschutzlichen Maßnahme, genauso wenig gesundheitliche Bedeutung hat wie eine Fliege in der Suppe.

Schuhmann: Die Fliege in der Suppe wäre mir unangenehmer. Wenn ich abschätze, welche Menge an Pilzen wir eines Tages im Pflanzenschutz unter günstigen Voraussetzungen einsetzen werden, werden wir im Vergleich zum natürlichen Vorkommen dieser Pilze höchstens ein Verhältnis von 1 : 1000 haben. Das sind die Größenordnungen, mit denen wir uns beschäftigen und über die wir uns die Köpfe heiß reden. Wir sollen gewiß den angesprochenen Fragen nachgehen, aber eine quantifizierende Betrachtung ist erforderlich. Wir müssen diese Fakten einordnen; man darf nicht allein das System "klares Wasser" sehen, sondern muß das gesamte Ökosystem betrachten, den Lebensraum, in dem wir uns bewegen. Wenn wir soweit kommen, dann ist doch die geringe durch den Pflanzenschutz zu der natürlicherweise vorkommenden Zahl von Pilzen hinzugekommene Anzahl Sporen völlig ohne Belang. Entsprechendes gilt auch für die Baculoviren. Wir nehmen diese Mikroorganismen mit unserer täglichen Nahrung auf, zum Teil sogar auf günstigen Nährböden. Das mag in Einzelfällen gewisse Probleme bringen, aber unter Berücksichtigung der Größenordnungen zwischen natürlichem Vorkommen und Einbringen durch Maßnahmen des Pflanzenschutzes kann ich bei allem Respekt vor kritischer Betrachtung keine besonderen Probleme erkennen.

Staub: Zur Veranschaulichung möchte ich ein Beispiel geben. Candida tropicalis ist die zweithäufigste Candida-Art. Sie kommt u. a. auf Beerenobst vor, nicht wie Candida albicans in oder auf dem Menschen, und ist unter allen Candida-Arten die für den Menschen gefährlichste, weil sie über eine primäre Resistenz gegenüber den aktuellen Antimycotica verfügt. Aber wir alle essen täglich mit dem Obst Candida tropicalis. Auch dies ist ein Pilz, den wir hinsichtlich seiner Pathogenität überhaupt nicht mit Beauveria oder Verticillium vergleichen können.

Schuhmann: Die Gegensätzlichkeiten in der Diskussion beruhen, wenn ich das aus dem bisherigen Gesprächsverlauf richtig erkannt habe, auf der Auslegung der verschiedenen Gesetze. Wenn Sie das Ziel des Wasserhaushaltsgesetzes, das Wasser reinzuhalten, wörtlich auslegen, besteht sicher ein schwerwiegender Unterschied zum Pflanzenschutzgesetz, wonach als Folge einer bestimmungsgemäßen und sachgerechten Pflanzenschutzmittelanwendung keine schädlichen Auswirkungen auf das Grundwasser auftreten dürfen. Diese Diskrepanz bedarf der Klärung. Bei Beachtung aller Regeln zur guten fachlichen Praxis wird die landwirtschaftliche Nutzung immer mit einer Belastung der Umwelt, auch des Grundwassers, einhergehen, die in geringem Maße auch tolerierbar sein muß. Ohne diese Einsicht wird es keine Landwirtschaft geben können, und damit ist nichts gewonnen. Denken wir an die Nitratbelastung des Grundwassers: Allein durch das Umgraben einer Wiese bringen Sie soviel Nitrat in den Untergrund, wie es mit keinem Düngemittel zu schaffen ist. Ich habe dieses Beispiel gegeben, um zu zeigen, daß wir derartige ganz selbstverständliche Dinge in eine bilanzierende Gesamtbewertung zur Umweltbeeinflussung einbeziehen müssen. Ich bin der Auffassung, daß Ihre An-

nahme, Wasser müsse grundsätzlich rein bleiben, gewissermaßen als ein "heiliges Gut", nicht zu halten ist; zumindest gibt es nach meiner Kenntnis hierzu gegensätzliche juristische Auffassungen. Das Vorsorgeprinzip allein, das hat uns ein kürzlich verlorener Prozeß beim Verwaltungsgericht gelehrt, reicht als Basis für eine negative Entscheidung im Zulassungsverfahren für Pflanzenschutzmittel nicht aus. Der Nachweis einer schädlichen Auswirkung muß erbracht werden, und zwar wissenschaftlich begründet. Das bedeutet zunächst, eine Auswirkung zu erkennen, sie zu definieren und schließlich zu bewerten. Die anschließenden Entscheidungen müssen dann nach dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse getroffen werden, nicht nach dem gewünschten Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse.

Lopez-Pila: Ihre Ausführungen, Herr Professor Schuhmann, können nicht unwidersprochen bleiben. Jede Tolerierung eines fremden Agens ist angesichts der Einmaligkeit des Biotops "Grundwasser" und unserer aller Abhängigkeit vom Grundwasser ein Wechsel auf die Zukunft.

Vorhin hatten Sie erwähnt, man finde viele Pflanzenviren im Grundwasser. Ich hätte hierüber gerne mehr gewußt, weil damit die Frage des natürlichen Wasserstatus doch in hohem Maße berührt ist.

Schuhmann: In meinem Hause, im Institut für Viruskrankheiten der Pflanzen, wurde ein Forschungsvorhaben eingeleitet, um das Vorkommen phytopathogener Viren im Wasser etwas eingehender zu untersuchen. Im Oberflächenwasser wurden alle Viren gefunden, auch solche, deren nächstes Vorkommen, z. B. in einem Forst, über 100 km weit entfernt lag. Ich gehe davon aus, daß alles, was im Oberflächenwasser und im Uferfiltrat vorkommt, eines Tages auch in das Grundwasser eingetragen wird.

Lopez-Pila: Nach meinen Untersuchungen nicht!

Schuhmann: Umso besser, dann brauchen wir ja über die Viren nicht weiter zu diskutieren.

Klein: Seit die Diskussion über die Trinkwasserbeeinflussung in Gang gekommen ist, müssen wir uns immer wieder mit dem Vorwurf auseinandersetzen, in Wunschenken und übersteigerte Ideale in bezug auf die Reinheit des Grundwassers zu verfallen. Man stellt uns dar, als hätten wir in dieser Diskussion den Boden unter den Füßen verloren. Es ist aber dringend erforderlich, Grundwasserleiter so zu bewirtschaften, daß keine Kontaminationsprobleme auftauchen. Ich sehe unsere Aufgabe auch darin, nicht zur Kenntnis zu nehmen, wenn einige Verwaltungsrichter in Münster sagen, daß die geringen Mengen von Atrazin in den Gelsenwasser-Versorgungsanlagen in Haltern nicht gesundheitsschädlich seien, demnach auch kein Schaden entstehe.

Schuhmann: Lassen Sie bitte den chemischen Pflanzenschutz außer acht. Wir diskutieren hier über biologischen Pflanzenschutz und Organismen, die in der Natur ohnehin in großer Zahl vorkommen. Wir sollten das sorgfältig beachten.

Großklaus: Wie Sie gemerkt haben, halte ich mich sehr zurück, greife jetzt aber doch ein, damit wir nicht vom zentralen Anliegen dieses Fachgespräches wegkommen und damit nachher die vorgesehene Zusammenschau von Herrn Schuhmann und mir möglich wird. Ein Wort an meine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter: Wir werden das Problem der umwelthygienischen Bewertung mikrobiologischer Pflanzenschutzmittel in unserem Hause zu Ende zu diskutieren haben. Es wäre sicher völlig irrig, Herr Klein, wenn wir glauben, in dem von Ihnen angesprochenen Punkt hier Einigkeit herbeizuführen. Aber müssen wir diese Diskussion zur Zeit überhaupt führen? Ich habe keinen Redner gehört, der berichtet hat, Bacillus thuringiensis gelange nachweislich in das Grund- oder Trinkwasser. Es scheint so, daß wir hierzu leider keine Untersuchungsergebnisse haben. Baculoviren besitzen zufolge der in unserem Hause durchgeführten Untersuchungen ein so großes Adsorptionsverhalten, daß sie weder im Grund- noch im Trinkwasser erscheinen. Ferner erklären Herr Staib und Herr Zimmermann, die ja nun wirklich ausgewiesene Fachleute sind, übereinstimmend, daß auch für die Pilze ein Eindringen in das Grund- und Trinkwasser nicht nachgewiesen und auf Grund des Adsorptionsverhaltens auch nicht zu erwarten ist. Wir sollten die Diskussion also auf der Basis des vorhandenen Wissens führen. Das ändert nichts daran, daß wir in der Bewertung der Fakten später in unserem Hause eine eindeutige und einhellige Meinung dazu finden müssen, welche Maßnahmen wir zukünftig bei mikrobiologischen Mitteln unter dem Blickwinkel der Reinhaltung des Wassers zu treffen haben.

Seeber: Ich glaube, wir können den erwünschten Konsens auf einer fachlich-naturwissenschaftlichen Entscheidungsgrundlage erreichen. Vorhin hatten Sie, Herr Schuhmann, eine in bezug auf eine Risikobewertung wichtige Aussage gemacht. Sie hatten gesagt, bei einer geringen Kontamination des Grundwassers durch Mikroorganismen aus biologischen Pflanzenschutzmitteln sehen Sie keine Gefährdung, denn diese Mikroorganismen kommen ja in viel höherer Anzahl auch natürlicherweise vor. Dieser Feststellung stimme ich zu, wobei vorerst offen bleiben soll, welche Größenordnung der Kontamination noch tolerabel ist. Die heute vormittag zu Bacillus thuringiensis geführte Diskussion hatte auch den Vergleich mit den Eigenschaften des Bacillus cereus zum Inhalt. Hieran möchte ich jetzt anknüpfen. Sowohl in der Hygiene als auch in der Trinkwasserhygiene sehen wir das Risiko in der Vermehrungsfähigkeit der zum Pflanzenschutz angewandten Mikroorganismen. Sie haben ja im Vergleich zu den Wirkstoffen chemischer Mittel leider die Eigenschaft, sich unter für sie günstigen Bedingungen rasend schnell zu vermehren, z. B. in Lebensmitteln. Kommen Trinkwasser und Lebensmittel zusammen, dann entstehen beim Fehlen einer angemessenen Erhitzung innerhalb kürzester Zeit Keimkonzentrationen, die zu gesundheitlichen Risiken führen können. Wer unter Hinweis auf die in relativ hohen Konzentrationen natürlicherweise in der Umwelt vorkommenden Sporen kein Risiko gelten lassen will, der bagatellisiert die Gefahr, die sich beim Eintrag der Sporen aus dem Grundwasser über das Trinkwasser in Lebensmittel ergeben kann, wenn es dort nachfolgend zu einer Konzentrierung ungeahnten Ausmaßes kommt. Hieraus resultierende Lebensmittelvergiftungen haben wir aufgezeigt. Eine Möglichkeit,

einer solchen Gefährdung vorzubeugen, besteht nach meiner Einschätzung in der klassischen Trinkwasserhygiene durch den Schutz des Grundwassers vor Kontaminationen. Die Anzahl der koloniebildenden Einheiten pro ml Wasser gibt einen Hinweis auf die Belastung, wobei eine Anzahl von 100 schon einen relativ kritischen Wert darstellt, bei dem nach aller Erfahrung meist etwas geschieht. Wenn wir uns das Ziel setzen, unter 10 koloniebildenden Einheiten zu bleiben, dann sind wir nach heutigem Wissensstand in aller Regel abgesichert. Die Sporenzahl muß um zwei bis drei Zehnerpotenzen darunter liegen. Höhere Werte bergen nach unserer Auffassung aus hygienischer Sicht bereits Risiken. Wie vorhin ausgeführt wurde, fehlen empirische Daten zum Vorkommen von Bacillus thuringiensis im Grundwasser. Hier besteht Forschungsbedarf. Im Falle der Baculoviren wäre es bisher sicher etwas gewagt, wollte man aus den Versickerungsversuchen schließen, sie gelangten aufgrund ihres guten Adsorptionsvermögens keinesfalls in das Grundwasser. Herr Lopez hat darauf hingewiesen, daß bei dem von ihm untersuchten Granulosevirus des Apfelwicklers die Proteinhülle für die gute Adsorption verantwortlich ist. Man muß folglich jedes neue Produkt mit einem anderen Virus empirisch auf seine Versickerungsfähigkeit untersuchen. Nach etwa zehn Jahren haben wir vielleicht soviel Datenmaterial gesammelt, um einigermaßen verlässliche Hinweise für adäquate Prüfrichtlinien und Bewertungskataloge zu bekommen.

Böhringer: Als Vertreter eines Ministeriums möchte ich zu dem bisher Gehörten doch einige Anmerkungen machen: Wir können und wir sollen vom Pflanzenschutz her gesehen nicht die agrarpolitischen Probleme zu lösen suchen. Hierum müssen sich unsere Politiker kümmern. Grundsätzlich will ich noch etwas zu der im Falle des Bacillus thuringiensis besonders intensiv diskutierten Wasserschutzgebietsauflage sagen. In Baden - Württemberg stellt die Wasserschutzgebietsauflage beispielsweise ein ganz wesentliches Entscheidungskriterium des Handels im Hinblick auf die Bevorratung mit Pflanzenschutzmitteln dar. Da bei uns ab dem 01.01.1988 die von Herrn Dr. Meinert schon angesprochene sogen. "Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung" in Kraft treten wird und somit nach dem Positivkatalog auch in den Zonen III und IV der Wasserschutzgebiete nur noch Mittel ohne Wasserschutzgebietsauflage eingesetzt werden dürfen, wird sich der Handel grundsätzlich vorwiegend mit Präparaten ohne derartige Auflagen bevorraten. Das ist der Industrie bekannt. Darüber hinaus weiß man, das ist ja in vielen Sitzungen und Verlautbarungen deutlich zum Ausdruck gebracht worden, daß die Wasserversorgungsunternehmen darauf hinarbeiten, alle mit "W - Auflagen" verbundenen Zulassungen von Pflanzenschutzmitteln zu widerrufen. Die Wasserschutzgebietsauflage spielt also, anders als hier bisweilen angeklungen, doch eine sehr bedeutende Rolle. Und das gilt auch für sogen. biologische Mittel auf mikrobieller Basis. Mir wurde heute klar, daß wir gerade im Hinblick auf Bacillus thuringiensis noch viele grundlegende Forschungen bezüglich der Notwendigkeit für eine Wasserschutzgebietsauflage zu betreiben haben. Hier sind wir gefordert. Nicht zuletzt um zu erfahren, wo Forschungsbedarf liegt, sind Herr Dr. Warmuth vom BMFT und ich hier. Wir müssen unseren Vorgesetzten, unseren Ministern, darüber berichten, wie die Entwicklung auf dem Gebiete des biologischen Pflanzenschutz-

zes, eines wichtigen Bausteines im integrierten Pflanzenschutz, weitergehen soll. Vor allem in Baden - Württemberg stehen wir unter starkem politischen Druck, den integrierten Pflanzenschutz mit allen Mitteln intensiv voranzutreiben. Wir akzeptieren durchaus, wenn ein in diesem Zusammenhang interessantes Mittel wegen seiner grundwassergefährdenden Eigenschaften eine entsprechende Auflage erhält und damit für unsere Belange nicht mehr in Frage kommt. Nur meine ich, es geht nicht an, bei allen mikrobiologischen Pflanzenschutzmitteln nach dem Vorsorgeprinzip oder weil man nichts weiß, grundsätzlich eine Wasserschutzgebietsauflage zu erteilen. Wir werden von der Industrie und von der Wissenschaft gleichermaßen gefordert, Forschungsmittel zur Verfügung zu stellen, um die Grundlagen für den integrierten Pflanzenschutz zu entwickeln. Deshalb sollte man so schnell wie möglich danach trachten, bei allen für den integrierten Pflanzenschutz eventuell relevanten Mitteln, insbesondere spreche ich heute die biologischen Mittel an, die noch offenen Fragen herauszuarbeiten. Wir hätten dann die Möglichkeit, durch gezielte Forschungsförderung die Voraussetzung für eine Zulassung zu schaffen. Wie Sie gehört haben, liegt in Baden - Württemberg ein großer Teil der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Wasserschutzgebieten. Insbesondere sind bedeutende Obstbaugebiete betroffen. Zudem wird mit Unterstützung des Landes und der Kommunen die Ausweitung des Streuobstbaues vorangetrieben. Wir legen daher Wert darauf, wegen ihrer bekannten Vorteile biologische Pflanzenschutzmittel einsetzen zu können. Ich wäre Ihnen dankbar für eine Antwort, die uns eine Forschungsförderung an der richtigen Stelle ermöglicht, daß wir nicht grundlegende Dinge außer acht lassen.

Carganico: Im Hinblick auf vorangegangene Diskussionsbeiträge weise ich nochmals darauf hin, daß es keine umweltrechtliche Regelung gibt, die jegliches Restrisiko für irgend jemanden oder irgend eine geschützte Materie ausschließt. Das gilt z. B. auch für das Atomgesetz. Aus der Sicht des Seuchen- oder Hygienerechts ist nicht ableitbar, daß das Grundwasser völlig geschützt sein muß. In der Trinkwasserverordnung sind konkrete Grenzwerte festgelegt worden, an denen man sich orientieren kann. Auch das Wasserhaushaltsgesetz beinhaltet nicht die Forderung nach einem absoluten Schutz des Grundwassers. Die Normen der §§ 19g und 34 sind ganz abschließend spezielle.

Schuhmann: Wir haben etliche Stunden mit Vorträgen und Diskussionen zur umwelthygienischen Bewertung biologischer Pflanzenschutzmittel aus Mikroorganismen und Viren gehört. Herr Großklaus, geben Sie bitte ein Schlußwort aus Ihrer Sicht.

Großklaus: Ich will versuchen, das zusammenzufassen, was wir für unsere interne Diskussion mit nach Hause nehmen. Zunächst sei meinen Mitarbeitern für ihre Teilnahme an diesem Gespräch gedankt; Ihnen, Herr Schuhmann, danke ich für die Gastfreundschaft, die Organisation und nicht zuletzt dafür, daß Sie dieses Fachgespräch ermöglicht haben. Es war, glaube ich, überfällig. Wir sollten solche Gespräche öfters führen, weil sich hierbei zeigt, daß die Behörden trotz des Gebots der Zusammenarbeit im Laufe der Zeit allzu stark das Lied dessen singen, dessen Brot sie essen. Wenn ich mich laufend mit der Nutzen - Risiko -

Bewertung aus gesundheitlicher Sicht befassen muß, dann wird mir zuweilen der Blick für Ihre Aufgaben verstellt, die Sie in der Biologischen Bundesanstalt haben, mit dazu beizutragen, daß die landwirtschaftlichen Produktionsmethoden weiter entwickelt werden. Umgekehrt habe ich den Eindruck, daß Sie und die Mitarbeiter Ihres Hauses, man könnte das auch auf andere Häuser übertragen, sich nicht immer der Verantwortung bewußt sind, die auf unseren Schultern liegt. Das Bundesgesundheitsamt ist zum Prügelknaben geworden; Sie brauchen nur in die Presse zu schauen. Alles, was sich im Bereich einer möglicherweise sich wandelnden Gesundheits- oder Landwirtschaftspolitik abgespielt hat und zu einer Nutzen - Risiko - Bewertung drängt, muß von meinen Mitarbeitern bewältigt werden. Hierbei sind sie nicht selten allein. Das ist keine leichte Situation. Ich wollte daher an dieser Stelle nochmals darauf eingehen.

Es ist deutlich geworden, und hierin stimmen wir wohl überein, daß alle Entwicklungen auf dem Gebiete des integrierten Pflanzenschutzes dem Schutze des Naturhaushaltes, eingeschlossen sind Grund- und Trinkwasser, nicht zuwiderlaufen dürfen. Ich, der ich auf diesem Gebiet fachlich nicht zu Hause bin, habe schon gut zugehört, wie ernst es auch meine Mitarbeiter aus dem Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene meinen, wenn sie immer wieder den Schutz des Wassers gefordert haben. Wir müssen uns im Bundesgesundheitsamt noch einmal zusammensetzen und sehr sorgfältig überlegen, wie wir künftig unseren Auftrag im Rahmen der heute im Mittelpunkt stehenden Thematik erfüllen können. Wir stehen ja nicht allein in der Welt, sondern sind eingebunden in die Europäische Gemeinschaft und in andere internationale Verflechtungen.

Ich möchte nun auf das Pathogenitätspotential all der Stoffe eingehen, von denen wir heute gesprochen haben - Bakterien, vertreten durch B. thuringiensis, Pilze und Viren. Mir scheint nach allen Berichten die Einschätzung bei Pilzen und Viren sicherer als bei Bacillus thuringiensis. Aufgrund der in meiner früheren Tätigkeit gewonnenen Kenntnisse habe ich allerdings Probleme, das Pathogenitätsproblem bei der Anwendung von Bacillus thuringiensis im integrierten Pflanzenschutz zu sehen, wenn ich diese Anwendung vor dem Hintergrund der ubiquitären Verbreitung von Bacillus cereus sehe. Allein in einer herkömmlichen Leberwurst befinden sich pro Gramm  $10^3$  bis  $10^4$  Keime!

Wie ich die Diskussion verstanden habe, ist die Frage nach dem Versickerungsverhalten eng mit dem Pathogenitätsproblem verbunden. Als Wissenschaftler möchte ich selbstverständlich gerne wissen, was bei der Anwendung eines mikrobiologischen Pflanzenschutzmittels vom Grundsatz her in einem Wasserschutzgebiet geschieht. Wie schnell erscheint der jeweilige Mikroorganismus nach einer Anwendung im Grundwasser? Diese Frage ist wohl für Pilze und Viren beantwortet worden. Ich habe aber keine Vorstellung über das Versickerungsverhalten der Bacillaceae gewonnen. Werden sie adsorbiert? Sollte dies der Fall sein, stellt sich die Frage, warum sie adsorbiert werden. Wie lange bleibt Bacillus thuringiensis eigentlich im Grundwasser vermehrungsfähig? Es kann doch nicht sein, daß es zu all diesen Fragen bei der weltweiten und langjährigen Beschäftigung mit diesem Keim keine Literatur gibt! Wir müssen dem nachgehen. Ganz wichtig erscheint mir aber

eine Einigung darüber zu erzielen, wie wir einen Mikroorganismus im Zulassungsverfahren überhaupt behandeln, wie wir seine Eigenschaften bewerten wollen, wenn er als Wirkstoff eines Pflanzenschutzmittels interessant wird. Nicht zuletzt erkenne ich tatsächlich einen dringenden Bedarf an weiteren Forschungen, gerade bei Bacillus thuringiensis. Diese Forschungsarbeit ist ganz einfach zur Mehrung des Wissensstandes erforderlich, sie sollte aber die laufenden Entscheidungsprozesse nicht unnötig aufhalten. Ich bin 1962 bei meinem Eintritt in das Bundesgesundheitsamt, in die damalige Abteilung für Veterinärmedizin, mit Bacillus thuringiensis bekannt geworden, als man sich dort im Zusammenhang mit diesem Mikroorganismus zu seuchenhygienischen Fragen äußern mußte. Er wurde als begeisternde Alternative im Pflanzenschutz befürwortet. Seitdem sind viele Jahre vergangen, manches wurde an zusätzlichen Erkenntnissen gewonnen. Dennoch hätten diejenigen, die sich wissenschaftlich mit Bacillus thuringiensis beschäftigt haben, in dieser Zeit die heute angesprochenen offenen Fragen sehen müssen. Ich verstehe daher nicht, warum wir heute hierzu keine besseren Ergebnisse zu hören bekamen, bei allem Respekt vor den hervorragenden Beiträgen.

Ich möchte mit dem Ausdruck meines Respektes an die Referenten schließen. Daß ich dies besonders gern meinen Mitarbeitern gegenüber tue, werden Sie mir nicht verübeln. Herr Schuhmann, die in meinen Schlußbemerkungen gezogene Bilanz wird Sie wahrscheinlich nicht befriedigen. Für meine Mitarbeiter und für mich reicht das heutige Besprechungsergebnis. Ich bin sehr dankbar für dieses Fachgespräch und gehe voller Eindrücke nach Hause. Die eigentliche Aufgabe beginnt für uns aber erst im Bundesgesundheitsamt, und ich verspreche, daß wir in absehbarer Zeit eine einheitliche Auffassung des Bundesgesundheitsamtes zu den Fragen erarbeitet haben werden, die uns heute beschäftigt haben. Vielen Dank.

Schuhmann: Ich werde mich in meinem Schlußwort kurz fassen. Auch ich betrachte das heutige Gespräch als nützlich. Jede Behörde muß hiernach für sich allein die notwendigen Entscheidungen treffen. Wir sollten aber die Fronten abbauen und vertrauensvoll zusammenarbeiten. Nur auf dieser Basis ist ein Fortschritt möglich. Es ist nach meiner Ansicht nicht gut, in der Öffentlichkeit unterschiedliche Aussagen zu einem derart wichtigen Fragenkomplex zu machen. Das kann auf Dauer allen an den Entscheidungen beteiligten Behörden nur Schaden zufügen. Eines möchte ich jedoch abschließend herausstellen: Alle unsere Entscheidungen müssen letztlich einer gerichtlichen Überprüfung standhalten können. Das wird nur gelingen, wenn wir die wissenschaftliche Basis nicht verlassen. Ich stimme Ihnen zu, Herr Kollege Großklaus, daß uns die Forschung immer begleiten muß, wenn wir sinnvolle Arbeit leisten wollen. Aber eine stets voll befriedigende und absolut sichere Grundlage für alle unsere Entscheidungen werden wir wohl nie erreichen. Wenn wir bereit sind, Verantwortung für die Gesamtheit zu tragen, müssen wir auch den Mut zu Entscheidungen aufbringen, die nicht mit letzter Sicherheit getroffen werden können. Ich danke Ihnen noch einmal, daß Sie gekommen sind und würde es begrüßen, wenn das heutige Gespräch eine Fortsetzung fände.

T E I L N E H M E R

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Prof. Dr. G. Schuhmann	Präsident
Dr. H. Backhaus	Institut für Biochemie
K.-H. Berendes	Fachgruppe für zoologische Mittelprüfung
Dr. E. Bode	Fachgruppe für zoologische Mittelprüfung
Dr. D. Brasse	Fachgruppe für zoologische Mittelprüfung
W. Büchs	Fachgruppe für zoologische Mittelprüfung
H.-A. Carganico	Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik
Dr. E. Dickler	Institut für biologische Schädlingsbekämpfung
Frau Dr. E. Heinrich-Siebers	Fachgruppe für zoologische Mittelprüfung
Dr. J. Huber	Institut für biologische Schädlingsbekämpfung
Prof. Dr. F. Klingauf	Institut für biologische Schädlingsbekämpfung
H. Köpp	Fachgruppe für botanische Mittelprüfung
Dr. H. Kohsiek	Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik
Frau C. Kokta	Fachgruppe für zoologische Mittelprüfung
Dr. A. Krieg	Institut für biologische Schädlingsbekämpfung
Dr. G.-A. Langenbruch	Institut für biologische Schädlingsbekämpfung
Dr. H. Lyre	Fachgruppe für botanische Mittelprüfung



Dr. G. Nolting	Fachgruppe für chemische Mittelprüfung
Dr. H. Rothert	Fachgruppe für zoologische Mittelprüfung
Dr. K. Schinkel	Fachgruppe für chemische Mittelprüfung
Frau Dr. E. Wolf	Fachgruppe für zoologische Mittelprüfung
Dr. G. Zimmermann	Institut für biologische Schädlingsbekämpfung

### **Bundesgesundheitsamt**

Prof. Dr. D. Großklaus	Präsident
Dr. J. Hahn	Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
Frau Dr. R. Hans	Max-von-Pettenkofer-Institut
Dr. K. Hansen	Max-von-Pettenkofer-Institut
Dr. R. Helmuth	Institut für Veterinärmedizin
Dr. F. Herzel	Max-von-Pettenkofer-Institut
Dr. G. Klein	Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
Dr. W. Lingk	Max-von-Pettenkofer-Institut
Dr. J. M. Lopez-Pila	Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
Prof. Dr. G. Milde	Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
Dr. U. Müller-Wegener	Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
Frau Dr. E. Seeber	Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
Dr. K. Seidel	Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
Prof. Dr. Dr. F. Staib	Robert-Koch-Institut, Fach- gebiet Mykologie

Umweltbundesamt

Prof. Dr. W. Hertel

Dr. P. Muhs-Bonte

Weitere Teilnehmer

Dr. M. Böhringer

Ministerium für ländlichen Raum,  
Landwirtschaft und Forsten

Dr. E. König

Forstliche Versuchs- und Forschungs-  
anstalt Baden-Württemberg

Dr. G. Meinert

Landesanstalt für Pflanzenschutz

Prof. Dr. H. Miltenburger

Technische Hochschule Darmstadt

Prof. Dr. F. K. Ohnesorge

Universität Düsseldorf

Dr. R. Petzold

Bundesministerium für Ernährung,  
Landwirtschaft und Forsten

Dr. Schmidt

Kernforschungsanlage Jülich

Dr. W. Schnetter

Universität Heidelberg

Dr. Warmuth

Bundesministerium für Forschung  
und Technologie