

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



Massenvermehrungen von Forstschnettlingen

Erkenntnisse, Erfahrungen und Bewertungen zu den jüngsten
Kalamitätsereignissen

Mass outbreaks of caterpillars in forests

Experience and conclusions from the recent outbreaks

Symposium am 07. und 08. November 1995
in Braunschweig

bearbeitet von

Priv.-Doz. Dr. Alfred Wulf

und

Dipl.-Forstw. Karl-Heinz Berendes

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Pflanzenschutz im Forst

Heft 322

Berlin 1996

Herausgegeben

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

Parey Buchverlag Berlin
Kurfürstendamm 57, D-10707 Berlin

ISSN 0067-5849

ISBN 3-8263-3127-3

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Massenvermehrung von Forstschmetterlingen: Erkenntnisse, Erfahrungen und Bewertungen zu den jüngsten Kalamitätsereignissen; Symposium am 07. und 08. November 1995 in Braunschweig = Mass outbreaks of caterpillars in forests / Hrsg. von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem. Bearb. von Alfred Wulf und Karl-Heinz Berendes. - Berlin: Parey, [in Komm.], 1996.

(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 322)

ISBN 3-8263-3127-3

NE: Wulf, Alfred [Bearb.]; Mass outbreaks of caterpillars in forests; Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft <Berlin; 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 Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

1996 Kommissionsverlag Parey Buchverlag Berlin, Kurfürstendamm 57, 10707 Berlin Printed in Germany by Arno Brynda, Berlin

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

A. Wulf	Vorwort _____	7
	Symposiumsprogramm _____	9
K. Schröter	Grußwort des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten _____	12
G. Lobinger U. Skatulla	Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Insektenbefall, Witterungsfaktoren und Eichenschäden in Unterfranken ____	14
H. Schröter D. Seemann	Schwammspinnergradation 1993/94 in Baden-Württemberg - Prognose und Bekämpfung im Jahr 1994 - _____	25
G. Wezel	Folgeschäden der Schwammspinner-Gradation 1993/94 in Baden-Württemberg _____	41
H. Delb	Untersuchung der Folgeschäden nach Fraß durch Schwammspinner (<i>Lymantria dispar</i>) im Bienwald 1993/94 _____	52
J. Gonschorrek	Versuche zur Schwammspinner-Bekämpfung in Hessen _____	65
H. Bathon	Zur Bedeutung der Parasitoide beim Zusammenbruch der Schwammspinner-Gradation in Südhessen _____	74
R. G. Kleespies G.-A. Langenbruch	Diagnostische Untersuchungen über Krankheiten von Forstschmetterlingen: Methoden und mikroskopische Details _____	91
G.-A. Langenbruch R. G. Kleespies J. Huber	Versuchsergebnisse zur Wirkung von Viren und Bakterien gegen Schwammspinner und Nonne _____	103
E. Graser	Clusteranalysen mit RAPD-PCR-Mustern: Eine Möglichkeit zur Rassendifferenzierung beim Schwammspinner (<i>Lymantria dispar</i>) _____	117
A. Reineke C. P. W. Zebitz H. Bogenschütz	Nachweis des Vorkommens und der Verbreitung neuer Rassen des Schwammspinners <i>Lymantria dispar</i> L. in Baden-Württemberg mit Hilfe DNA-analytischer Methoden _____	127
C. Kraus A. Reineke C. P. W. Zebitz	Untersuchung zur Flugfähigkeit von <i>Lymantria dispar</i> -Weibchen unterschiedlicher Rasse und Herkunft _____	131

M. Habermann	Zur Bekämpfungsentscheidung bei Nonnenbefall (<i>Lymantria monacha</i> L.) in Kiefernbeständen (<i>Pinus sylvestris</i> L.) des Niedersächsischen Flachlandes _____	137
U. Baier	Massenvermehrung der Nonne <i>Lymantria monacha</i> L. in den Fichtenbeständen Thüringens _____	145
C. Majunke K.-H. Apel P. Heydeck M. Müller	Zum Verlauf der Gradation des Kiefernspinners in Brandenburg und erste Ergebnisse über Untersuchungen zur Schadwirkung _____	153
K. Möller C. Majunke	Vorläufige Ergebnisse zum Einfluß von Bekämpfungsmaßnahmen gegen Kiefernspinner und Nonne auf waldbewohnende Arthropoden _____	164
C. Schaaf H. Vogt	Nebenwirkungen von Dimilin bei Bekämpfungsmaßnahmen gegen den Schwammspinner, <i>Lymantria dispar</i> L. _____	173
A. Ruf J. Römbke	Erste Ergebnisse einer Untersuchung zur Wirkung von Dimilin und <i>B.t.k.</i> auf Bodenfauna und Streuabbau _____	175
P. Zub W. A. Nässig P. M. Kristal	Lepidopterologische Begleituntersuchung zur Bekämpfung einer Gradation des Schwammspinners (<i>Lymantria dispar</i>) mit <i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i> (<i>B.t.k.</i>) und dem Häutungshemmer Dimilin im Jahr 1994 im Staatsforst bei Lampertheim ____	188
G. Bornholdt U. Brenner	Auswirkungen der Dimilin-Ausbringung auf die Käfer, Wanzen und Geradflügler von Eichenwäldern im Bereich der Forstämter Mörfelden-Walldorf und Lampertheim (Südhessen) _____	195
Ch. Nohl-Weiler E. Dorn	Zum Verhalten von Diflubenzuron im Boden und im Wasser _____	211
R. Kehr A. Wulf J. Siebers	Einfluß von Diflubenzuron auf die Fruchtkörperbildung und den Fruchtkörperertrag des Austernseitlings (<i>Pleurotus ostreatus</i>) _____	219
	Diskussion _____	227
A. Wulf	Resümee aktueller Erkenntnisse aus den jüngsten Schmetterlingskalamitäten im Forst _____	239
	Abkürzungsverzeichnis _____	245
	Teilnehmerverzeichnis _____	247

CONTENTS

page

A. Wulf	Preface _____	7
	Programme _____	9
K. Schröter	Address of welcome by the Ministry for Agriculture and Forestry _____	12
G. Lobinger U. Skatulla	Trials on the relation between insect damage, weather conditions, and damage to oaks in Unterfranken _____	14
H. Schröter D. Seemann	Gypsy Moth outbreak 1993/94 in Baden-Württemberg - Prognosis and control in 1994 - _____	25
G. Wezel	Damage resulting from mass outbreak of Gypsy Moth in 1993/94 in Baden-Württemberg _____	41
H. Delb	Damage resulting from defoliation by Gypsy Moth (<i>Lymantria dispar</i>) in the "Bienwald" district 1993/94 _____	52
J. Gonschorrek	Control trials against Gypsy Moth in Hessia _____	65
H. Bathon	Role of parasitoids in the collapse of the Gypsy Moth outbreak in Southern Hessia _____	74
R. G. Kleespies G.-A. Langenbruch	Diagnostic investigations on the diseases of caterpillars in forests - methods and microscopical details _____	91
G.-A. Langenbruch R. G. Kleespies J. Huber	Results on the effect of viruses and bacteria on Gypsy Moth and Nun Moth _____	103
E. Graser	Cluster analysis using RAPD-PCR patterns. A method for differentiating strains of Gypsy Moth (<i>Lymantria dispar</i>) _____	117
A. Reineke C. P. W. Zebitz H. Bogenschütz	Proof for occurrence and spread of new strains of Gypsy Moth, <i>Lymantria dispar</i> L., in Baden-Württemberg using DNA analysis _____	127
C. Kraus A. Reineke C. P. W. Zebitz	Investigations on the flight capability of <i>Lymantria dispar</i> - females of various strains and locality _____	131

M. Habermann	Factors in deciding on control measures against Nun Moth (<i>Lymantria monacha</i> L.) in Pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) stands in the lowlands of Lower Saxony _____	137
U. Baier	Mass outbreak of Nun Moth, <i>Lymantria monacha</i> L., in Spruce stands of Thuringia _____	145
C. Majunke K.-H. Apel M. Müller	Development of the outbreak of Pine Moth in Brandenburg und preliminary results regarding its damage _____	153
K. Möller C. Majunke	Preliminary results on the effect of control measures against Pine Moth and Nun Moth on forest-inhabiting arthropods _____	164
C. Schaaf H. Vogt	Side effects of Dimilin following control measures against Gypsy Moth, <i>Lymantria dispar</i> L. _____	173
A. Ruf J. Römbke	Preliminary results of trials regarding the effect of Dimilin and <i>B.t.k.</i> on soil fauna and litter decomposition _____	175
P. Zub W. A. Nässig P. M. Kristal	Lepidopterological studies concerning control measures against Gypsy Moth (<i>Lymantria dispar</i>) using <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (<i>B.t.k.</i>) and Dimilin in 1994 in a state forest near Lampertheim _____	188
G. Bornholdt U. Brenner	Effects of control measures with Dimilin on beetles, <i>Heteroptera</i> and <i>Orthoptera</i> in oak woods of forest districts near Mörfelden-Walldorf and Lampertheim (Southern Hessa) _____	195
Ch. Nohl-Weiler E. Dorn	On the fate of Diflubenzuron in soil and water _____	211
R. Kehr A. Wulf J. Siebers	Effect of Diflubenzuron on the fruit body production of the oyster fungus (<i>Pleurotus ostreatus</i>) _____	219
	Discussion _____	227
A. Wulf	Conclusions from the recent mass outbreaks of caterpillars in forests _____	239
	List of abbreviations _____	245
	List of participants _____	247

Vorwort

Nachdem bereits im Oktober 1993 ein Symposium zum Thema Schwammspinner bei der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) in Braunschweig stattgefunden hatte (vgl. Mitteilungen aus der BBA Heft 293, 1993), mag es vielleicht verwunderlich erscheinen, wenn bereits zwei Jahre später eine Folgeveranstaltung mit ähnlichem Schwerpunkt organisiert wird. Nun galt es bei dem ersten Treffen, vor dem sich abzeichnenden Höhepunkt der Schwammspinnerkalamität, insbesondere den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisstand zusammenzutragen, um den Praktikern im Forstschutz Entscheidungshilfen über Art und Umfang von Bekämpfungsmaßnahmen sowie Informationen bezüglich der hierfür verwendbaren Mittel zu geben. Weiterhin war beabsichtigt, wegen der großen öffentlichen Resonanz und der vorhersehbar konträren Standpunkte bei diesem Thema, eine möglichst umfangreiche, wissenschaftlich fundierte Datenbasis vorzulegen, um Auseinandersetzungen im Interesse der Waldgesundheit und -erhaltung auf dieser Grundlage weniger emotional, sondern mehr sachlich führen zu können.

Allerdings ist schnell deutlich geworden, daß bei einem so komplexen Ereignis, wie es die erste in Zentraleuropa auftretende Kalamität einer bis dahin dort eher als latent bekannten Schmetterlingsart darstellt, nicht nur Unsicherheiten bezüglich der Prognose, sondern auch hinsichtlich der Bewertung des Gradationsverlaufs auftreten. Daher ist nach dem Ende der Massenvermehrung von mehreren Seiten der Wunsch nach einem Folgesymposium geäußert worden, in dem die offenen bzw. kontrovers diskutierten Fragestellungen retrospektiv einer Antwort näher gebracht werden sollten. Auch die Vielzahl der im Zusammenhang mit den jüngsten Massenvermehrungen verschiedener Forstschmetterlinge durchgeführten Forschungsvorhaben ließ ein erneutes Treffen geboten und fruchtbar erscheinen. Aus diesem Grunde haben die Mitarbeiter des Institutes für Pflanzenschutz im Forst der BBA gerne die Aufgabe übernommen, im November 1995 das zweite Symposium zum genannten Themenkreis zu organisieren, dessen Beiträge in dem hier vorliegenden Tagungsband zusammengestellt sind. Im Vorfeld sind dabei einige der drängendsten, im Zusammenhang mit den Schmetterlingskalamitäten aufgetretenen Fragen formuliert worden, die z. T. auch durch gegensätzliche Standpunkte charakterisiert waren:

- **Wo liegen die Ursachen für die Schwammspinner-Kalamität? Ist ein Eindringen aggressiver, asiatischer Herkünfte nach Mitteleuropa für die Massenvermehrung mitverantwortlich?**
- **Kann es bei massivem Befall durch Schmetterlingsraupen auch im Laubholz zu nachhaltigen Waldschäden kommen?**
- **Gibt es neue Ansätze für die Bekämpfung von Forstschmetterlingen?**
- **Verzögert eine praxisübliche Bekämpfung mit Häutungshemmern den natürlichen Zusammenbruch einer Massenvermehrung?**

- **Wie und in welchem Umfang kann es durch die Anwendung von Häutungshemmern zur Entstehung von Chloranilin kommen?**
- **Machen neue Erkenntnisse zur Beeinträchtigung von Nichtzielorganismen ein Überdenken bisheriger Bewertungen bei Forstschutzmitteln erforderlich?**

Die Symposiumsbeiträge, einschließlich des Diskussionsprotokolls, liefern nunmehr unter anderem auch eine gute Grundlage zur weitgehenden Beantwortung der aufgeworfenen Fragestellungen. Abgesehen von einer Ausnahme sind zu allen Referaten Manuskripte eingegangen, die nachfolgend publiziert werden. Eine weitere Untersuchung, die inhaltlich gut in den Rahmen paßt, aus Zeitgründen aber nicht auf dem Symposium präsentiert werden konnte, ist zusätzlich in den Band aufgenommen worden. Mit dem letzten Übersichtsbeitrag wird unter Berücksichtigung des vorangestellten Fragenkatalogs ein Resümee angeboten.

Für die Herausgeber des Heftes ist die Dokumentation neuer, zukunftsweisender wissenschaftlicher Erkenntnisse, die während der jüngsten Schmetterlingskalamitäten im Forst gewonnen wurden, ein wichtiges Anliegen. Gerade bei Insekten mit langen Latenzphasen im Massenwechsel besteht die Gefahr, daß nicht hinreichend aufgearbeitete und dokumentierte Erfahrungen aus der Gradationszeit verloren gehen und für spätere, ähnlich gelagerte Problemsituationen nicht mehr als Entscheidungsbasis zur Verfügung stehen. Da diesmal mehr die ausgefeilte Dokumentation im Vordergrund stand und weniger die akute Beratungsgrundlage, hat die redaktionelle Bearbeitung des Tagungsbandes mehr Zeit in Anspruch genommen, wofür um Verständnis gebeten wird.

Die Veranstalter haben es als bedauerlich und enttäuschend empfunden, daß aus den Reihen der renommierten Umwelt- und Naturschutzorganisationen bzw. -institutionen (BUND, NABU, UBA, BfN) eine Beteiligung am Symposium wiederum nicht erreicht werden konnte und die Einladungen hierzu nicht angenommen wurden. Gerade von dieser Seite waren die Forstschutzmaßnahmen zur Schwammspinner-Bekämpfung massiv und medienwirksam angeprangert worden, und es wäre sehr wertvoll gewesen, die in diesem Zusammenhang getroffenen Aussagen rückblickend gemeinsam zu erörtern.

Die Organisatoren danken dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sowie der Gemeinschaft der Förderer und Freunde der BBA für die finanzielle Unterstützung des Symposiums. Der technischen Assistentin Uta Scheidemann gilt der Dank der Herausgeber für ihre redaktionelle Mitwirkung bei der Fertigstellung der Druckvorlagen.

Braunschweig, Juli 1996

Alfred Wulf,

Institut für Pflanzenschutz im Forst der BBA

Symposium "Forstschmetterlinge"
bei der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
am 07./08. November 1995 in Braunschweig,
Großer Sitzungssaal

Beginn: Am 07. November um 14.00 Uhr Ende: Am 08. November um ca. 13.00 Uhr

Dienstag, 07. November

Begrüßung und Einführung	Schröter, Kerstin , BML Bonn Wulf, A. , Biol. Bundesanstalt, Braunschweig	14.00
--------------------------	---	-------

Schwammspinner - Bekämpfung/Schäden

Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Insektenbefall, Witterungsfaktoren und Eichenschäden	Lobinger, Gabriela , Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising	14.20
Erfahrungen aus der Schwammspinner-Gradation 1993/94 in Baden-Württemberg hinsichtlich Prognose und Bekämpfung	Schröter, H. , Forstliche Versuchsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg	14.40
Folgeschäden der Schwammspinner-Gradation 1993/94 in Baden-Württemberg	Wezel, G. , Forstliche Versuchsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg	15.00
Untersuchung der schweren Folgeschäden nach starkem Fraß durch den Schwammspinner (<i>Lymantria dispar</i>) im Bienwald (Rheinland-Pfalz) 1993/94 - Konzeption und erste Ergebnisse	Delb, H. , Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Trippstadt	15.20
Versuche zur Schwammspinner-Bekämpfung in Hessen	Gonschorrek, J. , Hessische Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie, Hann. Münden	15.40
Diskussion		16.00

Schwammspinner - Antagonisten

Zur Bedeutung der Parasitoide beim Zusammenbruch der Schwammspinner-Gradation in Südhessen 1995	Bathon, H. , Institut für biologischen Pflanzenschutz der BBA, Darmstadt	16.50
Diagnostische Untersuchungen über Krankheiten von Forstschmetterlingen: Methoden und mikroskopische Details	Kleespies, Regina , Institut für biologischen Pflanzenschutz der BBA, Darmstadt	17.10
Versuchsergebnisse zur Wirkung von Viren und Bakterien gegen Schwammspinner und Nonne	Langenbruch, G.A.; Kleespies, Regina; Huber, J. , Institut für biologischen Pflanzenschutz der BBA, Darmstadt	17.30
Diskussion		17.50

Schwammspinner - Rassendifferenzierung

Clusteranalyse mit RAPD-PCR-Mustern - eine Möglichkeit zur Rassendifferenzierung bei <i>Lymantria dispar</i>	Graser, Elke; Wulf, A.; Burgermeister, W. , Institut für Pflanzenschutz im Forst der BBA, Braunschweig	18.10
Nachweismöglichkeiten zu Vorkommen und Verbreitung neuer Rassen des Schwammspinners in Baden-Württemberg mit Hilfe DNA-analytischer Methoden.	Reineke, Annette; Zebitz, C.P.W.; Bogenschütz, H. , Institut für Phytomedizin, Universität Hohenheim	18.30
Untersuchungen zur Flugfähigkeit von <i>Lymantria dispar</i> unterschiedlicher Rasse und Herkunft.	Kraus, Christina; Zebitz, C.P.W.; Reineke, Annette , Institut für Phytomedizin, Universität Hohenheim	18.50
Diskussion		19.10
Ende		19.30

Mittwoch, 08. November

Nonne/Kiefernspinner

Kriterien für die Entscheidung hinsichtlich Bekämpfungsmaßnahmen gegen Nonne	Habermann, M. , Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen	8.20
Massenvermehrung der Nonne in den Fichtenbeständen Thüringens	Baier, U. , Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Gotha	8.40
Zum Auftreten des Kiefernspinners in Brandenburg unter besonderer Berücksichtigung aufgetretener Schäden	Majunke, C. , Forstliche Forschungsanstalt, Eberswalde	9.00
Vorläufige Ergebnisse zum Einfluß von Bekämpfungsmaßnahmen gegen Kiefernspinner auf waldbewohnende Arthropoden	Möller, Katrin; Majunke, C. , Forstliche Forschungsanstalt, Eberswalde	9.20
Diskussion		9.40

Nebenwirkungen

Nebenwirkungen von Dimilin bei Bekämpfungsmaßnahmen	Schaaf, Christine; Vogt, Hei- drun , Institut für Pflanzenschutz im Obstbau der BBA, Dossenheim	10.20
Erste Ergebnisse aus einer Untersuchung zur Wirkung von Dimilin und <i>B.t.k.</i> auf Bodenfauna und Streuabbau	Ruf, Andrea; Römbke, J. , Staatliches Museum für Naturkunde, Karlsruhe	10.40
Lepidopterologische Begleituntersuchung zur Schwammspinnerbekämpfung in Südhessen 1994	Nässig, W.A.; Zub, Petra , Frankfurt/Main	11.00
Auswirkungen der Dimilin-Ausbringung auf die Käfer, Wanzen und Geradflügler von Eichenwäldern im Bereich der Forstämter Mörfelden-Walldorf und Lampertheim (Südhessen)	Bornholdt, G.; Brenner, U. , Planungsgruppe Natur & Umwelt, Frankfurt/Main	11.20
Aspekte der Beeinflussung von Nichtzielorganismen beim Einsatz von Diflubenzuron gegen Schadinsekten im Forst	Pfefferkorn, V.; Grosscurt, A. , Industrieverband Agrar, Frankfurt	11.40
Zum Verhalten von Diflubenzuron im Boden und im Wasser	Nohl-Weiler, Christine; Dorn, E. , Hoechst Schering AgrEvo GmbH, Frankfurt	12.00
Abschluß-Diskussion		12.20

Grußwort

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich freue mich außerordentlich, am heutigen Symposium teilnehmen zu können und darf Ihnen herzliche Grüße im Namen des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten überbringen.

In den zwei Tagen dieses Symposiums werden wir ein Programm mit sehr anspruchsvollen Themen absolvieren. Wir werden Erfahrungen und Erkenntnisse über Schadinsekten, Verlauf von Kalamitäten und durchgeführten Bekämpfungen zusammentragen, erörtern und versuchen Schlußfolgerungen zu formulieren. Das ist keine einfache Aufgabe, denn das eiserne Gesetz des Örtlichen wird erneut am Beispiel des Bienwaldes bestätigt.

Anknüpfend an das bereits vor zwei Jahren bei der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft durchgeführte Symposium, wird der Schwammspinner auch dieses Mal breiten Raum einnehmen. Da der Schwammspinner ein wärmeliebendes Insekt ist, ist es meines Erachtens im Zusammenhang mit der viel diskutierten globalen Erwärmung erforderlich, sich auch dieses Schadinsektes anzunehmen.

Ich sehe mit Interesse auch den Ausführungen zur Flugfähigkeit der Schwammspinner im Zusammenhang mit der Rassendifferenzierung entgegen. Diese Untersuchungen sind von großer Relevanz für die Verbreitung dieses Schadinsektes und haben möglicherweise Auswirkungen auf phytosanitäre Vorschriften.

Mit dem Zusammenbruch der Schwammspinnergradation in fast allen Befallsgebieten ist er auch wieder aus den Schlagzeilen der Presse verschwunden. Für die Forstleute sind insbesondere die Spätfolgen von Interesse. Während vor allem Nadelbäume einmaligen Kahlfraß oft nicht überstehen und sofort absterben, zeigt sich bei Laubbäumen das Ausmaß der Schädigung erst nach einigen Jahren. Auch aus diesem Grund halte ich das Symposium zum gegenwärtigen Zeitpunkt - zwei Jahre nach dem ersten Auftreten des Schwammspinners und den ersten Berichten über Kahlfraß - für sehr wertvoll.

Es ist sehr schwer, den Schaden zu quantifizieren, wenn Waldbestände absterben. Häufig werden nur die Kosten der Wiederaufforstung in Ansatz gebracht. Doch die landeskulturellen Leistungen, der Erholungs- und Freizeitwert oder auch der Schutz vor Wind, Erosion oder Lawinen, all das bleibt unberücksichtigt. Der Forstschutz hat unter anderem auch die Aufgabe Maßnahmen einzuleiten, damit der Wald für gegenwärtige und künftige Generationen erhalten bleibt.

Im Zusammenhang mit dem Für und Wider der Bekämpfung von Schadinsekten wurden Fragen möglicher Auswirkungen von bestimmten Pflanzenschutzmitteln auf Nichtzielorganismen

diskutiert. Ich begrüße es sehr, daß sich ein Schwerpunkt des heutigen Symposiums mit dieser Thematik befaßt. Es ist meines Erachtens außerordentlich wichtig, bei einer verantwortungsvollen Entscheidung hinsichtlich der Auswahl des Pflanzenschutzmittels auch diese Seite zu beachten.

Ich freue mich, daß das Institut für Pflanzenschutz im Forst der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft das Symposium veranstaltet und Wissenschaftlern und Praktikern die Möglichkeit bietet, in den letzten Jahren gesammelte Erfahrungen vorzutragen, auszuwerten und Schlußfolgerungen zu ziehen. Ich darf mich beim Institut für Pflanzenschutz im Forst für die Organisation, bei den Vortragenden für ihre Beiträge und bei den Anwesenden herzlich für Ihre Teilnahme bedanken.

Ich hoffe, daß wir bei der Beantwortung vieler Fragen ein Stück weiter vorankommen werden und wünsche dieser Veranstaltung einen guten Verlauf.

Kerstin Schröter

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten,
Referat 613, Bonn

Gabriela Lobinger und Ulrich Skatulla

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Sachgebiet VI: Waldschutz, Freising

Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Insektenbefall, Witterungsfaktoren und Eichenschäden in Unterfranken

Seit Ende der 70er Jahre werden in fast allen europäischen Ländern Vitalitätseinbußen und Absterbeerscheinungen an Eichenarten beobachtet. Man macht hierfür einen Ursachenkomplex aus diversen Schadfaktoren verantwortlich, denen in verschiedenen Regionen unterschiedliches Gewicht beigemessen wird (HARTMANN, 1992; IGMANDY et al., 1986 u.v.a.). Allgemein deckt sich der Schwerpunkt der Eichenerkrankungen meist mit den Kalamitätsgebieten von Schadinsekten, insbesondere des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) und des grünen Eichenwicklers (*Tortrix viridana*).

In Bayern war zwischen 1983 und 1994 eine Zunahme erkrankter Eichen der Schadstufen 2 - 4, d.h. mit deutlichen Schäden wie Laubmassenverlust > 25 %, von 34 % auf 71 % zu verzeichnen (s. Waldzustandsbericht des Bay. StMELF). In den Kahlfraßgebieten des Schwammspinners von 1992 bis 1994 werden bis zu 84 % der Eichen den Schadstufen 2-4 zugeordnet (z. B. Unterfranken). Ein für eine Dauer von 5 Jahren konzipiertes Forschungsprojekt an der Bayer. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft in Freising stellt aus dem Komplex biotischer und abiotischer Schadeinwirkungen 2 Elemente in den Vordergrund:

1. Kahlfraß durch Schwammspinner, z. T. über mehrere Jahre, häufig in Kombination mit chronisch auftretendem Wicklerfraß oder Frostspannerfraß
2. zusätzlich negative Beeinflussung der Schadensentwicklung durch Witterungsextreme.

Versuchsflächen

In verschiedenen Regionen Unterfrankens wurden 10 Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet:

- 6 unbehandelte Flächen, die vom Schwammspinnerkahlfraß betroffen waren und in unterschiedlichem Maße, z.T. chronisch, vom Wickler befallen werden
- 4 Flächen, die durch Bekämpfungsmaßnahmen zwischen 1992 und 1994 vom Schwammspinnerfraß, z. T. auch Wicklerfraß, verschont blieben.

Es handelt sich stets um Mittelwald (50- bis 150jährig), z.T. mit deutlichem Alteichenanteil und Unterwuchs von Hainbuche, Feldahorn, Linde und anderen Laubholzarten.

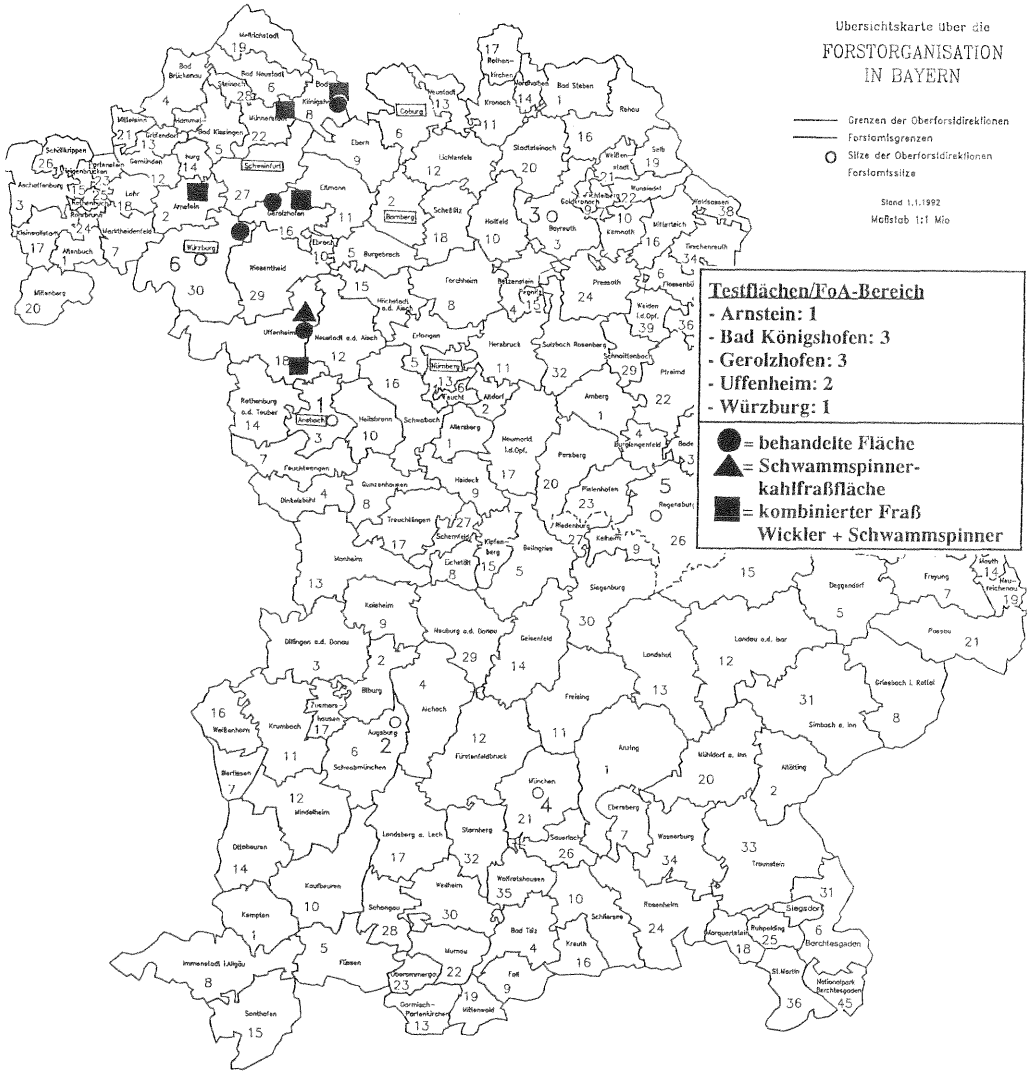


Abb. 1: Lage der Versuchsflächen

Beurteilung der Eichenschäden

In den Jahren 1994 und 1995 erfolgte eine regelmäßige Begutachtung der Flächen während der Vegetationsperiode in 1- bis maximal 2wöchigem Abstand. Neben der Gesamtbewertung des Vitalitätszustandes wurden auf jeder Fläche 120 markierte Probestämme einzeln nach den

im Folgenden aufgeführten Kriterien beurteilt. Die Auswahl der Bäume war repräsentativ für die Fläche (BHD, Belaubungszustand).

Tab. 1: Erhebungsparameter der Versuchsflächen

<p>ZUSTANDBEWERTUNG (Fläche/Einzelbäume)</p> <p><u>Stamm, Geäst</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Zuwachsmessung - Auftreten von Rindenschäden (Risse, Schleimfluß, evtl. Ursachen) - Zahl der Totäste - Ausbildung von Feinreisig - Ausbildung von Wasserreisern und Klebästen <p><u>Krone</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Mai- und Johannistrieb: Austriebszeitpunkt, Belaubungsgrad, Blattmerkmale, Trieblänge - Auftreten von Ersatztrieben (z. B. nach Schädlingsfraß), Anteil an Belaubung - Knospenanlage - Fruktifikation
<p>BIOTISCHE SCHÄDEN</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fraßschäden: Schädlingsart, Zeitraum und Rate der Entlaubung, Verteilung der Schäden im Kronenraum - Befall durch Blattpilze (Mehltau, Blattbräune): Zeitpunkt, Umfang, Entlaubungsrate - Sekundärschädlinge: Borkenkäfer, Prachtkäfer
<p>PHOTOGRAPHISCHE DOKUMENTATION DER SCHADBILDER</p>
<p>FLÄCHIGE SCHADENSBEWERTUNG</p> <ul style="list-style-type: none"> - vom Boden (Mortalitätsrate /1.000 Bäume) - Luftbildauswertung

Ergebnisse

1. Auswirkungen von Fraßschäden

In den nicht behandelten Beobachtungsflächen kam es 1993 zu starkem Licht-, meist aber zu Kahlfraß durch den Eichenwickler, der in weiten Teilen Unterfrankens chronisch auftritt, d.h. seit mehr als 5 Jahren Fraßschäden verursacht. Der Maitrieb wurde zum großen Teil noch in der Knospe zerstört. Ab 10. Mai trat zusätzlich der Schwammspinner in Kalamität auf (mit mehreren 100 bis 1.000 Eigelegen/Stamm). Dieser vernichtete die Reste des Maitriebes, den nachfolgenden Ersatztrieb sowie den gesamten Johannistrieb. Durch die Nahrungskonkurrenz dehnte sich die Entwicklungszeit des Schwammspinners bis Ende Juli aus. Wiederholt nachgebildete Ersatztriebe (1993 bis zu 5 Blattgenerationen) wurden noch vor Entfaltung der Blätter vom Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides*) und Blattbräunepilzen (*Gnomonia spec.*) befallen. Hier wirken die sonst als sekundär angesehenen Blattpilze durch die Vernichtung der noch nicht ausgehärteten Triebe primär schädlich.

Durch die Kombination von Eichenwickler- und Schwammspinnerfraß sowie dem darauffolgenden Mehltaubefall waren die Eichen über einen großen Teil der Vegetationsperiode weitgehend kahlgestellt und nur in minimalem Ausmaß zu Assimilation und Anlage von Reservestoffen befähigt. Eine Mast fiel durch die Vernichtung der Blütenknospen durch *T. viridana* völlig aus.

In nachstehenden Abbildungen wird die Kahlstellungszeit bzw. der Belaubungsgrad im Verlauf der Vegetationsperiode bei alleinigem Wickler- oder Schwammspinnerfraß sowie bei Kombinationsfraß Wickler + Schwammspinner und nachfolgendem Mehltau verdeutlicht.

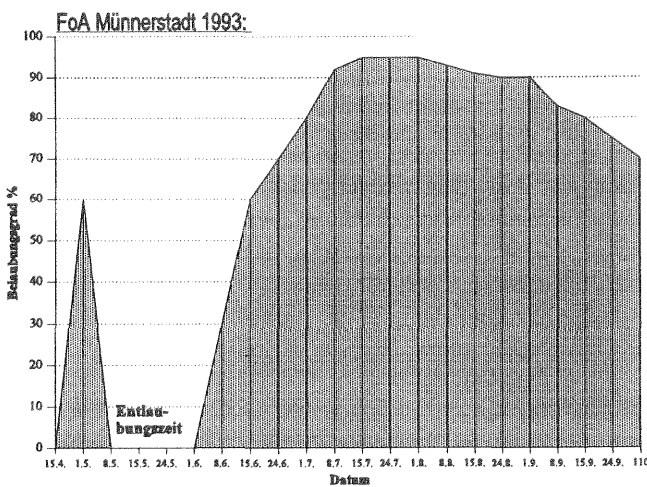


Abb. 2: Entwicklung der Belaubung nach Eichenwicklerfraß (Forstamt Münnerstadt 1993)

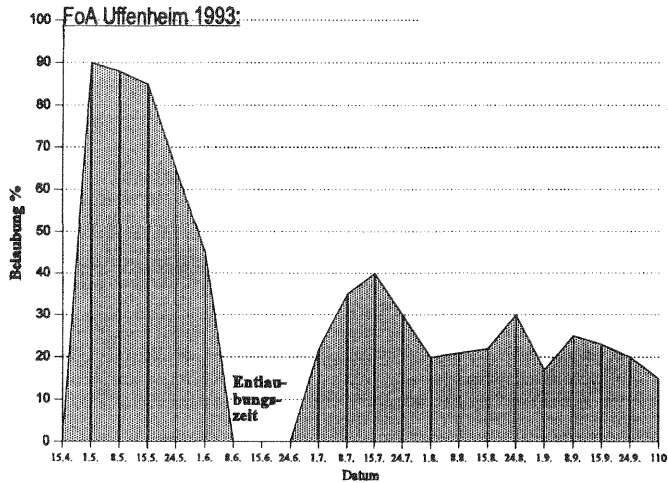


Abb. 3: Entwicklung der Belaubung nach Schwammspinnerkahlfraß und Mehltaubefall (Forstamt Uffenheim 1993)

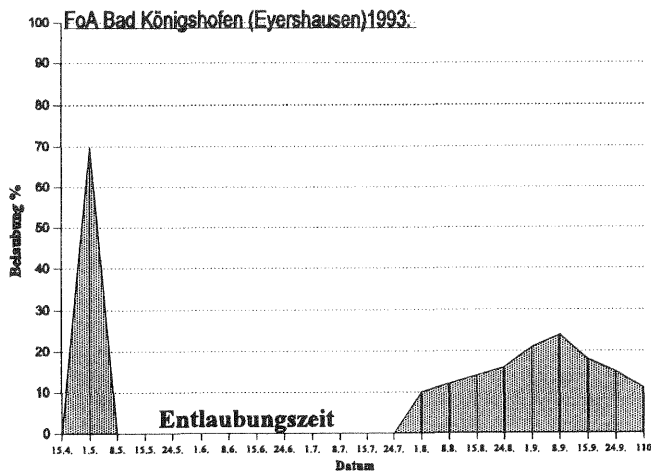


Abb. 4: Entwicklung der Belaubung nach Eichenwickler- u. Schwammspinnerkahlfraß mit nachfolgendem Mehltaubefall (Forstamt Bad Königshofen [Eyershausen] 1993)

Die weiteren Beobachtungen in den oben dargestellten Beständen zeigten, daß die Entwicklung der Eichenschäden davon abhängig ist zu welchem Zeitpunkt und über welchen Zeitraum hinweg die Bäume kahlgestellt waren.

Alleiniger Wicklerfraß kann von der Eiche toleriert werden, da hier nur der Maitrieb betroffen ist; die Blattmasse wird durch den folgenden Johannistrieb wiederhergestellt. In den nur vom Eichenwickler befallenen Beständen wurden in der Folge keine Zunahme der Schäden oder erhöhte Absterberaten beobachtet (s. Forstamt Münnerstadt). Es bleibt allerdings zu klären,

inwieweit auch Eichenwicklerfraß allein in den durch Schwammspinnerkahlfraß bereits stark geschädigten Beständen auf Dauer doch zu Vitalitätseinbußen führen kann.

Schwammspinnerfraß ohne Beteiligung des Wicklers lag im Raum Unterfranken nur selten vor (s. Forstamt Uffenheim). Neben dem Maitrieb wurde 1993 auch der Johannistrieb durch Schwammspinnerfraß und Mehлтаubefall großenteils vernichtet. Dieser Bestand zeigte im Folgejahr des Fraßes eine deutliche Zunahme der höheren Schadkategorien. Die Blattmasse erreichte im Durchschnitt nur ca. 50 % der Vollbelaubung. 10 - 15 % der Bäume zeigten keinerlei Austrieb bzw. bildeten lediglich an Wasserreisern geringfügige Belaubung aus. Die Absterberate ging allerdings nicht über 10 % hinaus.

Besonders schwerwiegend dagegen sind die Folgen bei kombiniertem Wickler- und Schwammspinnerfraß, wie er für weite Bereiche Unterfrankens typisch war (s. Beispiel Bad Königshofen). Durch die zusätzliche Einwirkung des Mehltaus stand der Eiche hier über die gesamte Vegetationsperiode nur eine minimale Blattmasse zur Verfügung, die eine Anlage von Reservestoffen weitgehend unmöglich machte. Bereits im ersten Jahr nach dem Fraß trieben nur ca. 40 % der Bäume im Mai aus, wobei selten Belaubungsgrade über 60 % erreicht wurden. Weitere 30 % bildeten erst mit dem Johannistrieb spärliche Blattmasse, z.T. nur an Wasserreisern und Klebästen. Die restlichen 30 % der Eichen waren zu diesem Zeitpunkt bereits abgestorben.

Infolge der physiologischen Schwächung waren die Bäume in den vom Schwammspinnerkahlfraß betroffenen Flächen prädisponiert für Schwäche- oder Sekundärparasiten wie Prachtkäfer (*Agrilus* spec.), Borkenkäferarten (*Scolytus intricatus*, *Xyloterus lineatus*) und Pilze (*Armillaria* spec., *Fusarium* spec., *Phytophthora* spec.). Auch im Jahre 1994 war in weiten Teilen des Untersuchungsgebietes starker Licht- bis Kahlfraß durch Eichenwickler zu verzeichnen (z. B. Uffenheim: 48 - 52 % Entlaubung). 1995 verursachte der Wickler mit Ausnahme einer Fläche (Prosselsheim mit > 60 % Entlaubung) nur geringe Schäden (allgemein unter 30 % Entlaubung). Massiver Befall mit Blattpilzen (Mehltau, Bräunepilze) trat 1994 bereits sehr früh auf (Anfang Juni), 1995 dagegen waren nur geringe Blattverluste durch diese Pilze zu beobachten (< 10 %).

Die Aufnahme der Schadentwicklung auf verschiedenen Versuchsflächen im Verlauf 1994/95 ergab, daß die Erkrankung der Eichen auf den unbehandelten Nullflächen stark fortschreitet (s. Tab. 2).

Neben einem hohen Anteil an Bäumen mit Belaubungsgraden unter 75 % (bis über 80 % der Testbäume) ist auch ein sprunghafter Anstieg der Mortalitätsrate mit Werten > 50 % zu verzeichnen, während die Absterberate auf behandelten Flächen meist weit unter 10 % blieb. Die Flächen Uffenheim und Ergersheim, auf denen es zu Schwammspinnerkahlfraß ohne Beteiligung des Eichenwicklers kam, fallen durch eine deutlich geringere Absterberate auf (< 10 %). Auf den Bekämpfungsflächen ist allgemein nur eine geringe Mortalität (< 10 %) festzustellen.

Auch die Anteile deutlich geschädigter Eichen sind niedriger; eine Ausnahme bildet die Fläche Prosselsheim. Sie zeigt trotz des Bekämpfungseinsatzes einen hohen Anteil geschädigter Bäume, was auf die Vernichtung des Maitriebes durch chronischen Wicklerfraß zurückzuführen ist.

Tab. 2: Vergleich der Schadstufen 2 bis 4 und der Mortalitätsraten auf den behandelten und unbehandelten Versuchsflächen in den Jahren 1994 und 1995.

Fläche	Anteil Schadstufen 2 - 4	Mortalitätsrate zwischen 1994/95	
<u>unbehandelt:</u> W + S - Bad Königshofen (Eyershausen)	60,1 %	48,9 %	
	- Bad Königshofen (Sulzfeld)	80,8 %	76,5 %
	- Arnstein	58,3 %	46,3 %

S - Uffenheim	51,3 %	< 10 %	
	- Ergersheim	47,6 %	< 10 %
<u>behandelt:</u> W - Bad Königshofen	33,8 %	11,8 %	
	- Heidenfeld	39,5 %	< 10 %
	* - Prosselsheim	51,7 %	< 10 %

W = Eichenwicklerfraß

S = Schwammspinnerfraß 1993

W+S = Kombinationsfraß 1993

* = chronischer Wicklerfraß mit Entlaubung > 60 %

Dieses ist ein deutlicher Hinweis darauf, daß der Ausfall des Maitriebes, der bei gesunden Bäumen i. d. R. keine weitere Beeinträchtigung der Vitalität bedeutet, bei vorgeschädigten Eichen erheblich zur Beschleunigung der Schadentwicklung beitragen kann.

Vom Ausfall betroffen waren besonders Bäume mit BHD unter 20 cm sowie Alteichen. Zwischen Herbst 1994 und Frühjahr 1995 starben zu über 70 % Bäume mit Belaubungsgrad unter 30 % ab sowie nahezu alle Bäume mit abgestorbener Krone, aber üppig ausgebildeten Wässerisern.

2. Einfluß von Witterungsfaktoren

Die Wirkung extremer Witterungsereignisse wie harte und langanhaltende Frostperioden, Früh- und Spätfröste, stark wechselnde Temperaturverhältnisse sowie von Wasserdefiziten auf die Eiche ist bekannt (FÜHRER, 1992; KLEIN und PERKINS, 1988, SCHWERDTFEGGER, 1981).

Solche zusätzlichen schädigenden Einflüsse müssen bei der Untersuchung der Eichenerkrankungen und der Beurteilung des Schadverlaufs unbedingt berücksichtigt werden. Zu diesem Zweck wurden zur lückenlosen Erfassung relevanter Witterungsfaktoren auf 5 Beobachtungsflächen elektronische Wetterstationen installiert (Spessart, Bad Königshofen, Heidenfeld, Prosselsheim, Uffenheim). Mit Hilfe der Meßergebnisse dieser Stationen kann die Wirkung einzelner und kombinierter Wetterparameter auf vorgeschädigte Bestände unter besonderer Berücksichtigung regionaler und kleinklimatischer Unterschiede erfolgen. Folgende Daten wurden erhoben:

Meßdaten:

Temperaturen:

- Lufttemperatur, Temperatur im Kronenraum
- Bodentemperatur in verschiedenen Tiefen (20, 40, 80 cm)

Bodenfeuchte:

Niederschläge:

- Intensität (Tropfenzahl/Zeiteinheit)
- Zeit und Dauer der Niederschläge

WEITERE UNTERSUCHUNGEN ZUR WASSERVERSORGUNG UND -VERFÜGBARKEIT

- **Humuslysimeter** (3 - 5 / Fläche)
- **Sickerwasserkerzen** (3 - 5 / Fläche in 40 cm Tiefe)

Temperaturextreme:

Auf den Flächen des Untersuchungsgebietes wurden in den Jahren 1993, 1994 und 1995 Früh- bzw. Spätfrostperioden registriert. So trat z. B. im Bereich Uffenheim zwischen dem 10.11. und 8.12.1993 Frühfrost mit Temperaturen bis -15 °C auf. Da in diesem Jahr durch Schwammspinnerekahlfraß sowie nachfolgenden Mehltau zum Teil bis zu 5 Blattgenerationen gebildet worden waren, konnten die neu angelegten Triebe bis zum Herbst nicht verholzen und wurden durch diese Frostperiode weitgehend zerstört.

Im selben Gebiet treten regelmäßig Spätfröste zur Zeit des Maitriebes auf (1993, 1994 und besonders 1995, s. Graphik), durch die ein großer Teil des frischen Austriebes zerstört wird. Betroffen sind vor allem exponierte Bestandesränder und Hanglagen.

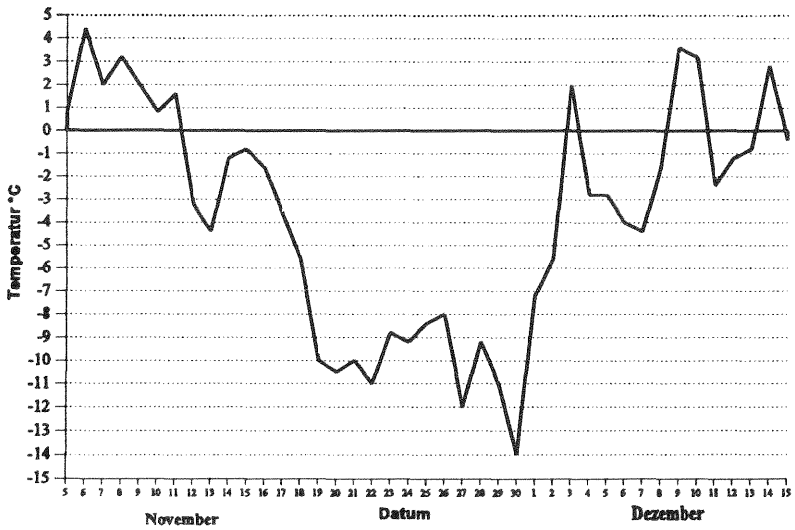


Abb. 5: Frühfrostperiode Forstamt Uffenheim, November/Dezember 1993 [Tagesminima]

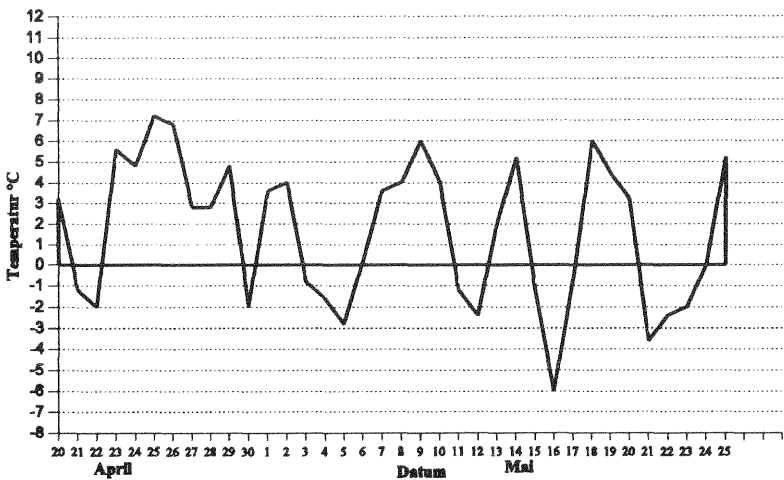


Abb. 6: Spätfrostperiode Forstamt Uffenheim, April/Mai 1995, [Tagesminima]

Solche regional auftretenden zusätzlichen Beeinträchtigungen der ohnehin geschädigten Eichen müssen im Falle einer Schädlingskalamität in die Entscheidungsfindung für oder gegen Bekämpfungsmaßnahmen unbedingt einbezogen werden.

Wasserversorgung (Eintrag/Verfügbarkeit von Niederschlägen)

Obwohl die Eiche allgemein eine relativ hohe Toleranz gegenüber Wasserdefiziten besitzt, kann ein Trockenjahr in vorgeschädigten Beständen eine erhebliche Verschlechterung der Vitalität bewirken (FÜHRER, 1992). Insgesamt waren 1994 in weiten Teilen der Fränkischen Platte nur geringe Niederschlagsmengen zu verzeichnen. Diese Trockenheit trug wesentlich zur Verschlechterung der Konstitution der Eiche bei. Auf vielen Flächen wurde Anfang Juli 1994 ein massives Auftreten von Absprüngen mit einem Laubmassenverlust von ca. 30 %, ein Kennzeichen von Trockenstreß (HUBER, 1955), beobachtet.

Vergleiche der Niederschlagsmengen sowie der Verteilung des Wassereintrages im Jahreslauf auf den verschiedenen Flächen zeigten, daß selbst sehr nahe benachbarte Bestände eine sehr unterschiedliche Wasserversorgung aufweisen können, worin eine weitere Ursache für die unterschiedliche Schadentwicklung bei Flächen ähnlicher Ausgangssituation liegen kann.

Nachstehend ist als Beispiel die Verteilung der Niederschläge in den Monaten Mai/Juni 1995 auf einer Fläche des Forstamtsbereichs Uffenheim sowie auf zwei nur 30 km voneinander entfernten Testflächen, Heidenfeld (Forstamt Gerolzhofen) und Prosselsheim (Forstamt Würzburg), dargestellt. Die von einem Auffangtrichter der Fläche 200 cm² erfaßten Niederschläge sammeln sich und bilden am Auslauf des Trichters Tropfen weitgehend gleichen Volumens. Die Messung der Niederschlagsintensität erfolgte elektronisch durch Zählung der auf einen Sensor fallenden Tropfen/Zeiteinheit.

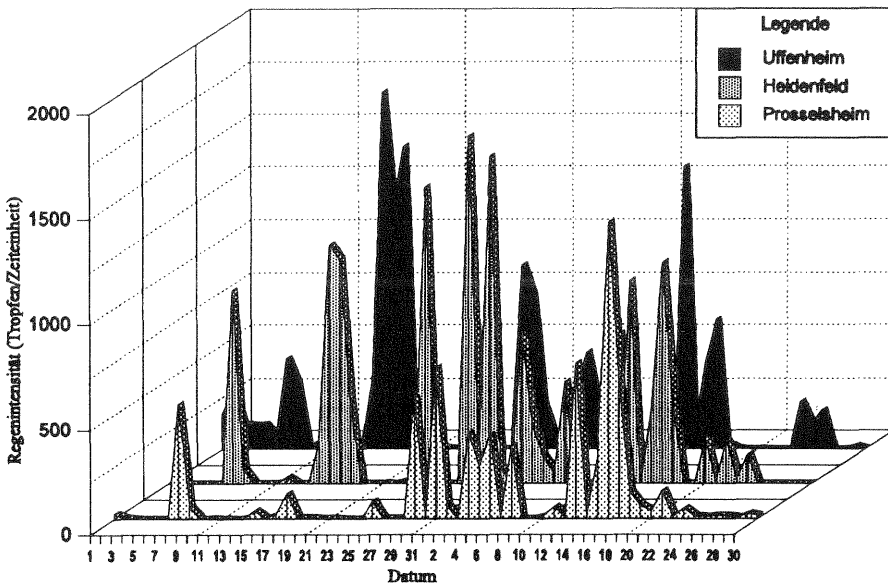


Abb. 7: Verteilung der Niederschläge im Mai/Juni 1995

Die im selben Zeitraum konventionell gemessene Niederschlagsmenge (mm/m^2) zeigte ebenfalls deutliche Unterschiede zwischen den Flächen:

Uffenheim:	86,8 mm/m^2
Heidenfeld:	104,4 mm/m^2
Prosselsheim:	166,6 mm/m^2

Ausblicke

Wie sich in den Jahren 1994/95 deutlich erwiesen hat, führen die Fraßschäden infolge der Schwammspinnerkalamität 1992/93 sehr viel schneller als erwartet zu Vitalitätsrückgang und Absterben der befallenen Bestände. Besonders die Kombination von Eichenwickler- und Schwammspinnerfraß hat für die Eiche schwerwiegende, z.T. bestandesbedrohende Folgen. Um eine möglichst verlässliche Prognose über zu erwartende Schäden und Ausfälle nach Schädlingskalamitäten treffen zu können, ist es notwendig, einen Zusammenhang zwischen Zeitpunkt und Ausmaß der Entlaubung durch Insektenfraß sowie zusätzliche Einflüsse (z. B. Witterung) und der daraus resultierenden Entwicklung der Eichenschäden herzustellen.

Diese Erkenntnisse sollen Entscheidungshilfen für die Zukunft geben, bezogen auf die Bedingungen in den jeweiligen Beständen selektiv Fraßschäden zu tolerieren bzw. kurzfristig in Form von Bekämpfungsaktionen oder langfristig durch waldbauliche Eingriffe zu reagieren.

Dabei darf die Abklärung der Nebenwirkungen von Insektizideinsätzen nicht außer acht gelassen werden. Hierzu sollten Weiserarten gefunden werden, die eine nachhaltige Auswirkung auf die Faunenzusammensetzung be- oder widerlegen. Auch Veränderungen der Artenzusammensetzung durch neue Bedingungen in Kahlfraßflächen (Ausfälle der Eiche und infolgedessen Verlichtung und Vergrasung der Bestände) sind zu klären. Ziel soll es sein, den jeweiligen Bedingungen angemessene Bekämpfungsstrategien zur Erhaltung der Eichenbestände unter größtmöglicher Schonung des Ökosystems zu entwickeln.

Literatur

- FÜHRER, E. G. (1992): Der Zusammenhang zwischen der Dürre und der Erkrankung der Traubeneichenbestände in Ungarn. Forstw. Cbl., **111**: 129-136.
- HARTMANN, G.; H. G. KONTZOG (1994): Beurteilung des Gesundheitszustandes von Alteichen in vom Eichensterben geschädigten Beständen. Forst und Holz **49** (1):
- HUBER, B. (1955): Zweigabsprünge. Allg. Forstz. (10): 620-621.
- IGMANDY, Z.; H. PAGONY; P. SZOUTAGH; F. VARGA (1986): Bericht über das in den Traubeneichenbeständen Ungarns aufgetretene Eichensterben. Acta Facultatis Florestalis der Forst- und Holzwirtschaftlichen Universität Sopron, Ungarn.
- KEHR, R. D.; A. WULF (1983): Fungi associated with above-ground portions of declining oaks (*Quercus robur*) in Germany. Eur. J. For. Pathol. **23**: 18-20.
- KLEIN, R. M.; T. D. PERKINS (1988): Primary and Secondary Causes and Consequences of Contemporary Forest Decline. The Botanical Review **54**: 1-42.
- SCHRÖDTER, H., (1987): Wetter und Pflanzenkrankheiten - Biometeorologische Grundlagen der Epidemiologie. Springer Verlag, Berlin.

Hansjochen Schröter und Dieter Seemann

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) Baden-Württemberg, Abteilung Waldschutz, Freiburg i. B.

Schwammspinnergradation 1993/94 in Baden-Württemberg - Prognose und Bekämpfung im Jahr 1994 -

1. Einleitung

Bereits im Sommer 1993 war zu erkennen, daß die Gradation des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) in Baden-Württemberg, über die BOGENSCHÜTZ und SCHRÖTER (1993) berichteten, vor allem in Nordbaden und Nordwürttemberg noch nicht zusammengebrochen war. Deswegen war die Forstverwaltung im Herbst 1993 mit mehreren Forderungen bezüglich der Bewältigung des Schwammspinnerproblems im Jahr 1994 konfrontiert:

- Forderung der Waldbesitzer und Bewohner in den Befallsgebieten:

Es müssen 1994 bei einer ähnlichen Situation wie 1993 Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Diese Forderung machten sich vor allem die Repräsentanten der betroffenen Gemeinden zu eigen. Der Grund für diese Forderungen waren einmal befürchtete wirtschaftliche Schäden an den betroffenen Wäldern und in den an den Wald angrenzenden landwirtschaftlichen Kulturen, zum anderen fürchtete die Bevölkerung die Belästigungen durch in Massen in Gebäude und Gärten einwandernde Raupen.

- Forderung der Naturschutz- und Umweltschutzverbände:

Nach Auffassung dieser Interessengruppen sollten aufgrund der befürchteten Nebenwirkungen keine Bekämpfungen mit Insektiziden erfolgen. Die Selbstregulierungskräfte der Natur seien so stark, daß die Bestände ein- und zweimaligen Kahlfraß ohne Schaden überstünden. Zumindest sei der ökologische Schaden durch Nebenwirkungen der Insektizide weitaus größer als der ökonomische Nutzen einer Bekämpfung (SCHANOWSKI und SPÄTH, 1994).

Somit bestand die Herausforderung an die FVA darin, aus den wenigen Erfahrungen, die bislang für Mitteleuropa vorlagen, eine auf wissenschaftlichen Grundlagen beruhende, aber unterschiedliche Interessen berücksichtigende Strategie zur Bewältigung des Schwammspinnerproblems im Jahr 1994 zu erarbeiten.

Bestandteile dieser Strategie sollten sein

– eine treffsichere Prognose zur Abgrenzung der Befallsflächen mit Kahlfraß

- treffsichere Kriterien zur Risikoabschätzung bezüglich der Folgewirkungen für die befalle-
nen Bestände als Grundlage für Bekämpfungsempfehlungen an die Waldbesitzer
- eine klare Darstellung der Alternativen bei der Wahl der Pflanzenschutzmittel
 - hinsichtlich der Bekämpfungswirkung
 - hinsichtlich der möglichen Nebenwirkungen
 - hinsichtlich der Kosten
- Herbeiführung einer höchstmöglichen Akzeptanz der vorgeschlagenen Strategie bei den
Waldbesitzern und bei der Bevölkerung durch eine enge Zusammenarbeit der Forstdienst-
stellen (Ministerium, Forstdirektionen, Forstämter)
 - mit den Waldbesitzern
 - mit den politischen Entscheidungsträgern (Ministerium, Gemeinderäte, Bürgermeister
u.a.)
 - mit den berührten Interessenverbänden und
 - mit den Medien
- die Initiierung eines wissenschaftlichen Begleitprogramms. Dieses sollte dazu dienen, die
gewählte Strategie kritisch zu begleiten und zu überprüfen, um in künftigen ähnlichen Si-
tuationen über bessere Entscheidungsgrundlagen zu verfügen.

2. Ablauf der Prognose und Bekämpfung

Die folgenden Ausführungen befassen sich hauptsächlich mit dem Ablauf der Prognose und der Bekämpfung (Übersicht 1).

2.1 Befallsprognose für 1994

2.1.1 Eigelegesuche

Über die Grundlagen für die Prognose für das Gradationsjahr 1993 berichteten bereits BOGENSCHÜTZ und SCHRÖTER (1993). Erster Schritt der Befallsprognose war eine Eigelegesuche in den potentiellen Befallsgebieten (planare und kolline Laubwälder in den warmen Weinbauregionen im Bereich des Rheins, Neckars und Tauber/Mains). In Anlehnung an die von BOGENSCHÜTZ und SCHRÖTER (1993) beschriebenen Suchmethode wurden je nach Ausdehnung des Waldgebiets und nach vorgefundener Gelegedichte unterschiedliche Rasterdichten für die systematische Stichprobenermittlung vorgegeben (Übersicht 2). Die Gelegesuche führte meist das örtliche Forstpersonal durch, wobei dessen Ortskenntnis von großem Vorteil war.

Übersicht 1: Zeitplan Prognose und Bekämpfung

1993

ab Mitte Oktober bis Mitte Dezember

Gelegezählungen in den Revieren (nach Laubfall)

1994

bis Ende Januar

Überblick über die ungefähre Fläche auf der Kahlfraß droht

Abschätzung der Gefährdung für die Bestände durch FA, FD, FVA

bis Ende Februar

Empfehlung für Maßnahmen durch FA, FD, FVA an die Waldbesitzer

bis Ende März

Beschluß der Waldbesitzer über zu erfolgende Maßnahmen: Bekämpfung ja/nein

April

Vorbereitung der Bekämpfung

Ende April / Anfang Mai

Bekämpfung (L2/L3-Raupen)

Ende Juni / Anfang Juli

Erfolgskontrolle (Fraßgradbonitierung)

FA = Forstamt

FD = Forstdirektion

FVA = Forstliche Versuchsanstalt

Als Schwierigkeiten bei der Gelegesuche ergaben sich einmal das Auffinden von Eigelegen in dickborkigen Eichen sowie die Zuordnung von Eigelegen in den oberen Kronenbereichen, an Stubben und an am Boden liegenden Ästen. Weiterhin mußten in bereits 1993 befallenen Beständen verlassene und neue Eigelege unterschieden werden, was in größeren Stammhöhen nicht immer leicht möglich war. Die Ergebnisse der Eigelegesuche wurden in Betriebskarten und Protokollen festgehalten.

In einem weiteren Arbeitsschritt wurden auf den Betriebskarten die Bestände abgegrenzt, in denen aufgrund der Gelegezahl Kahlfraß zu erwarten war. Grundlage hierfür waren die bei BOGENSCHÜTZ und SCHRÖTER (1993) aufgeführten "kritischen Zahlen", die vom Bestandesalter abhängig sind (Abbildung 1). Für weitere Faktoren, welche die Raupendichte und damit die Kahlfraß-Wahrscheinlichkeit beeinflussen wie

- Größe der Eigelege und Zahl der Eier/Gelege sowie
- Schlüpftrate

wurden bei der FVA Stichproben untersucht. Diese Untersuchungen gaben vor allem auch Aufschluß über den Massenwechsel (BOGENSCHÜTZ und KAMMERER, 1995).

Übersicht 2: Ermittlung der Eigelegedichten

(1) Systematische Suchraster (Quadratraster)

Suchstelle = 10 Bäume bis 4 m Höhe

- in **zusammenhängenden** Waldgebieten

- über 100 ha:
300 m = 1 Suchstelle/9 ha
- 10 ha bis 100 ha:
100 m = 1 Suchstelle/ha

3 zusätzliche Suchstellen bei Gelegedichten von 0,5 bis 10 Eigelege/Baum

- In **kleinen isolierten** Beständen oder Bestandeskomplexen < 10 ha
1 Suchstelle/ha, jedoch mindestens 4 Suchstellen/Bestand

(2) Liniens Stichproben

In schwer begehbarem Gelände entlang von Fahr- und Wanderwegen
Abstand der Suchstellen = 50 m

(3) Pauschale Erfassung

In sehr stark belegten Beständen (> 10 Gelege/Baum)

Das Auftreten weiterer blattfressender Insekten wie Eichenwickler und Frostspanner konnte bei der starken Dominanz des Schwammspinners vernachlässigt werden. Nicht prognostizierbar war eine mögliche Windverdriftung der Eiraupen nach dem Schlüpfen, die eine Ausbreitung der bestehenden Befallsherde hätte bewirken können.

2.1.2 Risikoabschätzung für Bestände

Aus bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnissen aus Schwammspinnergradationen war bekannt, daß nicht alle kahlgefressenen Bestände gleich gefährdet sind. Für Mitteleuropa jedoch war sehr wenig Literatur vorhanden, um eine fundierte Gefährdungsreihe für verschiedene Baumarten, Bestandesalter und Standorte herzuleiten.

Wichtige Informationen lieferte für den Bereich des Rheintals eine Diplomarbeit von ROTH (1989), der die Folgeschäden der Schwammspinnergradation 1984 - 1986 im Stadtwald Offenbürg untersuchte.

Aus dieser Arbeit und aus anderen Literaturquellen (GOTTSCHALK, 1993; HOUSTON, 1981) wurde eine Risikoabschätzung hergeleitet, die neben den Baumarten und dem Bestandesalter auch den Kronenzustand, ausgedrückt durch den Laubverlust gemäß den für Europa einheitlichen Kriterien der Waldschadenserhebung (ECE, 1994), berücksichtigt. Ein Beispiel für eine Matrix für die Risikoabschätzung bei Stiel- und Traubeneichenbeständen zeigt Übersicht 3.

Übersicht 3: Matrix für die Risikoabschätzung bei Kahlfraß in unterschiedlichen Bestandestypen und -alter

Stiel-/Traubeneichenbestände

a) Baumholz / Altholz

Ausfälle in den nächsten 5 Jahren:

Kahlfraß	Kronenzustand vor Kahlfraß	
	gut $\leq 40\%$ LV *)	schlecht $\geq 40\%$ LV *)
einmalig	—————	$\leq 5\%$ der Alteichen
zweimalig in Folge	$\leq 5\%$ der Alteichen	5 - 20 % der Alteichen

*) LV = Laubverlust entsprechend den Kriterien der Waldschadenserhebung

b) Stangenholz

Ausfälle in den nächsten 5 Jahren / Wasserreiserbildung:

Kahlfraß	Bestockung	
	dicht / geschlossen	locker / licht
einmalig	—————	Bestandeslücken mäßig Wasserreiser
zweimalig in Folge	kleine Bestandeslücken mäßig Wasserreiser	Bestandeslücken bis horstweise, irreversible Wasserreiserbildung

Auf der Basis dieser Risikoabschätzung wurden in Absprache mit den Forstdirektionen "Vorschläge zur Bekämpfung des Schwammspinners nach ausschließlich forstlichen Gesichtspunkten" erarbeitet. Keine Berücksichtigung fanden bei der Risikoabschätzung die Standortverhältnisse, da hierfür noch keine sicheren Grundlagen vorhanden waren. Die Parameter der Risikoabschätzung sollen im Rahmen des jetzt laufenden Projekts "Schwammspinnerfolgeuntersuchungen" nachträglich überprüft werden (WEZEL, 1996).

3. Bekämpfung

3.1 Festlegung der Bekämpfungsflächen

Der weitere, sehr aufwendige Arbeitsschritt, die Festlegung der Bekämpfungsflächen, erfolgte nur, wenn eine grundsätzliche Bereitschaft des jeweiligen Waldbesitzers vorhanden war, beim Zusammentreffen der von der Forstverwaltung vorgegebenen Voraussetzungen, hohe Kahlfraßwahrscheinlichkeit (Prognose) und hohes Risiko für die Bestände (Risikoabschätzung), überhaupt eine Bekämpfung durchzuführen.

Der Arbeitsablauf von der Prognosekarte über die Festlegung der Bekämpfungsflächen bis zur Flugkarte, ist in Übersicht 4 dargestellt.

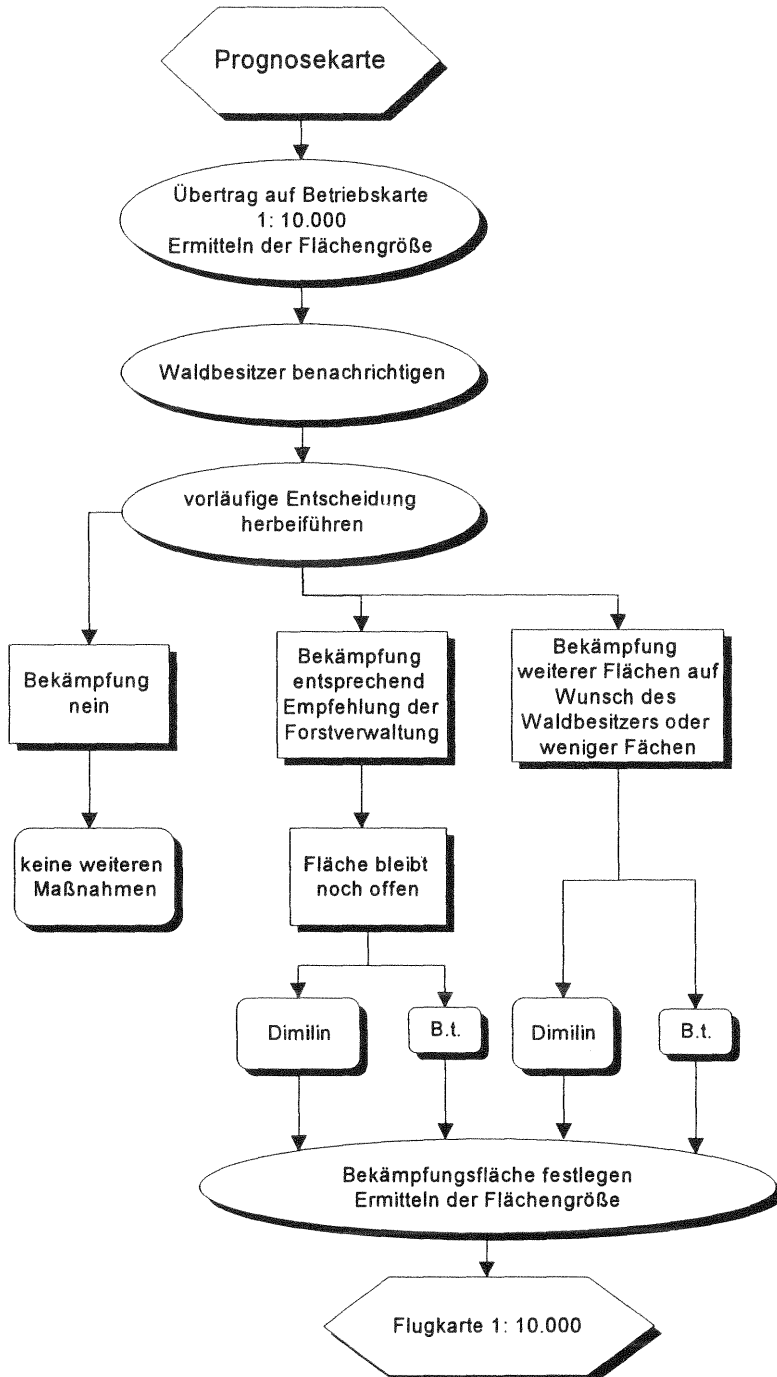
Die Bekämpfungskarten wurden durch Überdeckung der Prognosekarten (Eigelegedichte) und der Betriebskarten (Risikoabschätzung) hergestellt. Die Durchführung dieser Arbeiten lag für alle Waldbesitzer bei den Forstämtern. Bekämpfungsflächen, die nicht den Empfehlungen der Forstverwaltung entsprachen, aber von den Gemeinden ausdrücklich gewünscht wurden, wurden z. T. mit einbezogen.

Mit der Festlegung der Bekämpfungsflächen erfolgte auch die Entscheidung für das Pflanzenschutzmittel, wobei ein Diflubenzuron-Präparat (DIMILIN[®]) und *Bacillus-thuringiensis* (*B. t.*)-Präparate zur Auswahl standen.

Der Häutungshemmer Diflubenzuron wurde von den meisten kommunalen Waldbesitzern überwiegend aus Kostengründen gewählt. Welche Insektizide am Ende auf welcher Fläche eingesetzt wurden, zeigt Tabelle 3.

Aus der Bekämpfungskarte wurde als letzter Schritt die Flugkarte erstellt, wobei bei der Erstellung zum einen auf technisch realisierbare Flugfiguren, zum anderen auf "gefährdete Objekte" zu achten war. Grundlage für die Herstellung der Flugkarten waren die "Richtlinien der BBA zur Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln mit Luftfahrzeugen" (BBA, 1991).

Übersicht 4: Arbeitsablauf zur Festlegung der Bekämpfungsfläche



3.2 Kosten der Bekämpfung

Bei der Festlegung der Bekämpfungsfläche ist die Kostenfrage sehr wesentlich. Aufgrund der Erfahrungen aus dem Vorjahr (BOGENSCHÜTZ und SCHRÖTER, 1993) wurde für 1994 eine zweite Ausbringung von *B. t.*-Präparaten für notwendig erachtet. Überdies mußte für *B. t.*-Präparate die Wirkstoffmenge je ha deutlich erhöht werden. Demgegenüber wurde die Wirkstoffmenge für Diflubenzuron um ein Drittel reduziert.

Über die Bekämpfungskosten mit den zur Verfügung stehenden Wirkstoffen gibt Tabelle 1 Auskunft.

Tabelle 1: Mittelverbrauch und Kosten je ha 1994

Wirkstoff Pflanzenschutzmittel	Diflubenzuron	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	
	Dimilin 25 WP	Dipel ES	Foray 48 B
Ausbringungsmenge	0,2 kg	2 x 2 l	2 x 4 l
Mittelkosten	32,20 DM	236,-- DM	216,-- DM
Flugzeugkosten	58,-- DM	116,-- DM	116,-- DM
Kosten für Absper- rung, Markierung, Wasserbereitstellung	40,-- DM	80,-- DM	80,-- DM
Gesamtkosten	130,20 DM	432,-- DM	412,-- DM
Mit Förderung	98,50 DM	278,-- DM	265,-- DM

Die finanzielle Förderung wurde vom Land Baden-Württemberg bereitgestellt. Nicht berechnet sind die Aufwendungen für Organisation bei Forstdirektionen, Forstämtern und FVA. Sie sind allerdings ein Teil der gesetzlich vorgeschriebenen Aufgaben im Rahmen des Pflanzenschutzes.

3.3 Bekämpfungsablauf

Ende März/Anfang April lagen die Flugkarten vor und waren die Ausschreibungen für die Hubschrauber und Pflanzenschutzmittel erfolgt.

Vom 28.03.1994 an wurde eine geographisch repräsentative Auswahl von Bekämpfungsflächen regelmäßig zu Schlüpfkontrollen aufgesucht. Dabei wurde festgestellt, wann die Raupen schlüpfen bzw., was wichtiger für den Bekämpfungszeitpunkt war, wann sie zum Fressen in die Krone abwanderten.

Neben den Schlüpfkontrollen wurde regelmäßig der Belaubungszustand erfaßt, um den günstigsten Bekämpfungszeitpunkt zu erfassen. Bei den eingesetzten Fraßgiften wird ein Belaubungsgrad von mindestens 25 % für erforderlich gehalten.

Zur Wirkungskontrolle wurden in ausgewählten Beständen Kotfalluntersuchungen mit 30 x 30 cm großen Leimtafeln durchgeführt. Diese Kotfalluntersuchungen erfolgten kurz vor der Befliegung und in etwa einwöchigem Abstand bis etwa einen Monat nach der Befliegung.

Das organisatorische Umfeld des Hubschraubereinsatzes zeigt Übersicht 5.

Übersicht 5: Organisation des Hubschraubereinsatzes

1.) Anzahl der Hubschrauberteams

- FD Karlsruhe: 4 für ca. 5.800 ha
- FD Stuttgart: 1 für ca. 1.500 ha

2.) Zusammensetzung der Begleitteams

- **ständiges** Begleitteam
 - Einsatzleiter: 1 Forstbeamter höherer Dienst
 - Kontrolleure des Tröpfchenbelags: 2 Techniker
- **örtliches** Begleitteam
 - Revierleiter
 - Ballonsetzer: Waldarbeiter

3.) Kommunikationsmittel

- **Funktelefon:** Einsatzleiter
- **Sprechfunk:** Pilot, Einsatzleiter, Waldarbeiter

Die Befliegungen zur Ausbringung der Insektizide begannen am 02.05.1994. Zunächst wurden die *B. t.*-Präparate (DIPEL[®] und FORAY[®]), unmittelbar danach das DIMILIN ausgebracht. In 10- bis 14tägigem Abstand erfolgte die 2. Ausbringung der *B. t.*-Präparate.

Die Befliegungen erfolgten ohne Zwischenfälle, obwohl auch äußerst komplizierte Verhältnisse (Wohngebiete, Autobahn, Hochspannungsleitungen u. ä.) im dicht besiedelten nordbadi-schen Raum zu bewältigen waren. Einen großen Verzögerungsfaktor stellten die z. T. sehr

wechselhaften Witterungsbedingungen Anfang bis Mitte Mai dar, die an manchen Tagen aufgrund von starkem Wind oder Niederschlägen einen Flugeinsatz unmöglich machten.

Die begleitenden Tröpfchenbelags-Kontrollen erwiesen sich als wichtige Maßnahme, konnten durch sie doch sehr gut z. B. das Einsetzen der Thermik oder kleinere Orientierungsfehler der Piloten erkannt werden. Das große Interesse der betroffenen Kommunen am Erfolg der Aktion wurde dadurch sichtbar, daß diese den Einsatz sehr tatkräftig durch Bereitstellung von Logistik (Personal, Gerät usw.) unterstützten.

3.4 Erfolgskontrolle

Tabelle 2 zeigt die Erfolgskontrolle in ausgewählten Beständen, die sich auf Kotfalluntersuchungen und abschließenden Fraßgradbonitierungen gründet. Auf nahezu allen Flächen wurde bezüglich des Fraßgrades sowohl mit DIMILIN als auch mit *B. t.* ein hoher Wirkungsgrad erzielt.

Mit Eintreten des Kahlfraßes ließen sich die Grenzen der Bekämpfungsflächen im Gelände meist sehr genau nachvollziehen, indem die behandelten Flächen noch belaubt, die unbehandelten kahl waren. Somit konnte die Schwammspinnerbekämpfung insgesamt als Erfolg angesehen werden, war doch meist das Bekämpfungsziel, nämlich die Verhinderung von Kahlfraß, erreicht. Die Flächenbilanz für das Land Baden-Württemberg zeigt Tabelle 3.

Aus dieser ist auch zu erkennen, daß die Prognose für den Kahlfraß recht treffsicher war: Addiert man die Kahlfraßfläche 1994 und die Bekämpfungsfläche 1994, so kommt man auf 8.696 ha. Die Prognose belief sich auf 10.285 ha Kahlfraßfläche. Die räumliche Verteilung der prognostizierten und eingetretenen Kahlfraßflächen zeigen die Abbildungen 2 und 3.

4. Ausblick

Die Untersuchungen der FVA zum Massenwechsel (BOGENSCHÜTZ und KAMMERER, 1995) zeigten bereits frühzeitig, daß die Population des Schwammspinners durch die Einwirkungen von Parasitoiden und eine Epizootie durch Kernpolyederviren zusammenbrechen würde.

Dennoch war, auch nachträglich gesehen, die Bekämpfung der Raupen im Grundsatz richtig, weil ein Kahlfraß in den behandelten und zuvor als gefährdet eingestuften Beständen verhindert werden konnte. Ob die eingeschlagene Strategie auch im Detail richtig war, um größere Schäden in den befallenen Beständen zu verhindern, soll das Schwammspinnerfolgen-Projekt zeigen, über das WEZEL (1996) berichtet. Daß eine Unterlassung der Bekämpfung schwerwiegende Folgen haben kann, wurde bereits im Bienwald (Rheinland-Pfalz) festgestellt (BLOCK et al., 1995).

Tabelle 2: Wirkung des Einsatzes von Insektiziden gegen den Schwammspinner 1994

Forstbezirk	Wirkungsgrad (%) ermittelt mit Kotfall-Kontrolle			Mittlere Belaubung (%)		
	Dimilin	Dipel	Foray	Dimilin	Dipel	Foray
Bruchsal-West	92		99	86		90
	96			88		
	92			90		
Philippsburg	31 *	97		92	91	
	0 *	79		92	82	
Bruchsal-Ost	89	86		88	82	
	78 *	90		9	93	
Maulbronn	99		98	93		93
Vaihingen	98			92		
	40 *			96		
	64 *			91		
Güglingen	10 ***			95		
	0 ***			91		
	64 **			92		
Eppingen	90			76		
Öhringen	92			89		
Heilbronn	91			88		
	Rechnerisch ungünstige Wirkungsgrade ergeben sich, wenn auf der UB-Vergleichsfläche starker Rückgang des Kotfalls erfolgt wegen Mitbehandlung *, Abtrift ** oder hoher natürlicher Mortalität ***.					

Weitere wissenschaftliche Untersuchungen, die von der FVA bzw. in Zusammenarbeit mit der FVA in Baden-Württemberg durchgeführt werden, betreffen folgende Themen:

- Wie verläuft der Massenwechsel in unbehandelten Wäldern ? (FVA)

- Kann der natürlich vorkommende Krankheitserreger LdNPV (Kernpolyedervirus) auch künstlich zur Schadensreduktion eingesetzt werden ? (FVA)
- Hat der Einsatz von DIMILIN und *B. t.* negative Auswirkungen auf die Insektenfauna behandelter Bestände (ILN, Bühl, Staatl. Museum für Naturkunde, Karlsruhe)
- Sind in den Schwammspinner-Populationen Baden-Württembergs Genotypen vertreten, die möglicherweise in rezenter Zeit aus Asien eingeschleppt wurden ? (Universität Stuttgart-Hohenheim).

Tabelle 3: Fraß- und Bekämpfungsflächen 1993 und 1994 (in ha)

Fraßflächen

Forst- direktion	* Fraßfläche 1993		Prognose Kahlfraß 1994	Fraßfläche 1994	
	Kahlfraß	Lichtfraß		Kahlfraß	Lichtfraß
Stuttgart	590	799	1.825	369	622
Karlsruhe	3.096	1.805	8.410	1.024	2.329
Freiburg	509	822	50	19	13
Summe Ba-Wü	4.195	3.426	10.285	1.412	2.964

* Kahlfraß: > 80 % Entlaubung Lichtfraß: 50-80 % Entlaubung

Bekämpfungsflächen

Forst- direktion	Wirkstoff				Summe	
	Diflubenzuron		<i>Bacillus thuringiensis</i>		1993	1994
	1993	1994	1993	1994		
Stuttgart	-	1.496	-	-	-	1.496
Karlsruhe	-	3.705	-	2.083	-	5.788
Freiburg	86	-	200	-	286	-
Summe Ba-Wü	86	5.201	200	2.083	286	7.284

Über einige dieser Projekte wurde bereits berichtet (BOGENSCHÜTZ und SCHRÖTER, 1993; BOGENSCHÜTZ und KAMMERER, 1995; REINEKE et al., 1996; RUF und RÖMBKE, 1996; WEZEL, 1996).

Von allen diesen Untersuchungen erhoffen wir uns für die Praxis fundierte Entscheidungsgrundlagen, um bei möglichen zukünftigen Gradationen bei einem großen ökonomischen Nutzen die ökologischen Nebenwirkungen bei der Schwammspinnerbekämpfung so gering wie möglich zu halten.

5. Zusammenfassung

Es wird der chronologische Ablauf der Prognose und Bekämpfung des Schwammspinners in Baden-Württemberg im Gradationsjahr 1994 beschrieben. Dabei wird auch darauf eingegangen, warum die Bekämpfung notwendig war. Weiterhin werden die organisatorischen und logistischen Aspekte der Aktion beschrieben und welche wissenschaftliche Begleituntersuchungen durchgeführt werden.

Literatur

- BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (1991): Richtlinien für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln mit Luftfahrzeugen. Selbstverlag. 13 S.
- BLOCK, J., DELB, H., HARTMANN, G., SEEMANN, D. und H.-W. SCHRÖCK (1995): Schwere Folgeschäden nach Kahlfraß durch Schwammspinner im Bienwald. AFZ/Der Wald **50**: 1278-1281.
- BOGENSCHÜTZ, H.; SCHRÖTER, H. (1993): Bericht über die Schwammspinner-Situation 1993 in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. In: Schwammspinner-Kalamität im Forst. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch. Berlin-Dahlem, **293**, 24 - 34.
- BOGENSCHÜTZ, H., KAMMERER, M. (1995): Untersuchungen zum Massenwechsel des Schwammspinners, *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera Lymantriidae), in Baden-Württemberg. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Entomol. **10** (1-6): 113-117.
- ECE (1994): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analyses of effects of air pollution on forests. Programmzentrum-West im ICP Forests, 3. Aufl., Hamburg.
- GOTTSCHALK, K. (1993): Silvicultural Guidelines for Forest stand threatened by the Gypsy moth. USDA, Forest Service, Techn. Rep. NE-171.
- HOUSTON, D. R. (1981): Effects of defoliation on trees and stands. In: DOANE, Ch., McMANUS, M. (Eds.). The Gypsy Moth: Research towards integrated pest management. USDA, Forest Service, Techn. Bull. 1584: 217-297.
- KAMMERER, M., BOGENSCHÜTZ, H. (1995): Beeinflussung des Massenwechsels von *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera, Lymantriidae) durch den Einsatz von Kernpolyeder-viren. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Entomol. **10** (1-6): 119-122.
- REINEKE, A., ZEBITZ, C. P. W., BOGENSCHÜTZ, H. (1996): Nachweismöglichkeit zu Vorkommen und Verbreitung neuer Rassen des Schwammspinners in Baden-Württemberg mit Hilfe DNA-analytischer Methoden. Mitt. Biolog. Bundesanstalt: im Druck.

- ROTH, R. (1989): Die Massenvermehrung des Schwammspinners und ihre Folgeschäden im Stadtwald Offenburg. Diplomarbeit am Institut für Forstzoologie der Univ. Freiburg i.Br. (unveröffentlicht).
- RUF, A., RÖMBKE, J. (1996): Erste Ergebnisse aus einer Untersuchungen zur Wirkung von Dimilin und *B.t.k.* auf Bodenfauna und Streuabbau. Mitt. Biolog. Bundesanstalt: im Druck.
- SCHANOWSKI, A., SPÄTH, V. (1994): Der Schwammspinner - Vorbote der Klimaerwärmung? Hrsg.: Naturschutzbund Deutschland (NABU) Landesverband Baden-Württemberg, Kornwestheim: 24 S.
- WEZEL, G. (1996): Folgeschäden der Schwammspinner-Gradation 1993/94 in Baden-Württemberg. Mitt. Biolog. Bundesanstalt: im Druck.

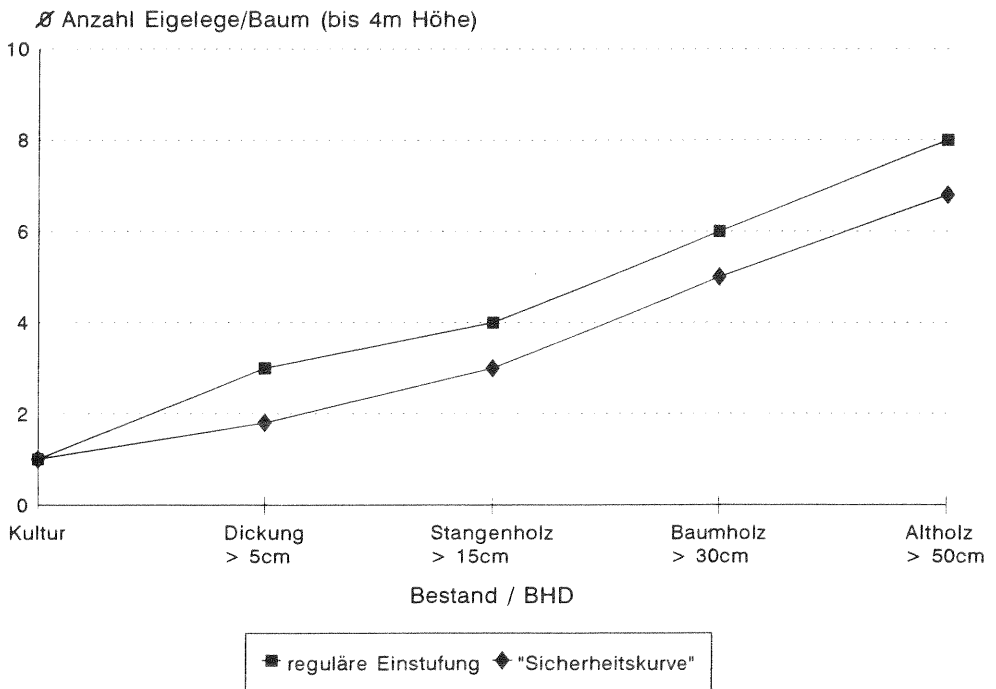


Abb. 1: Kritische Eigelegedichte in Abhängigkeit vom Bestandesalter

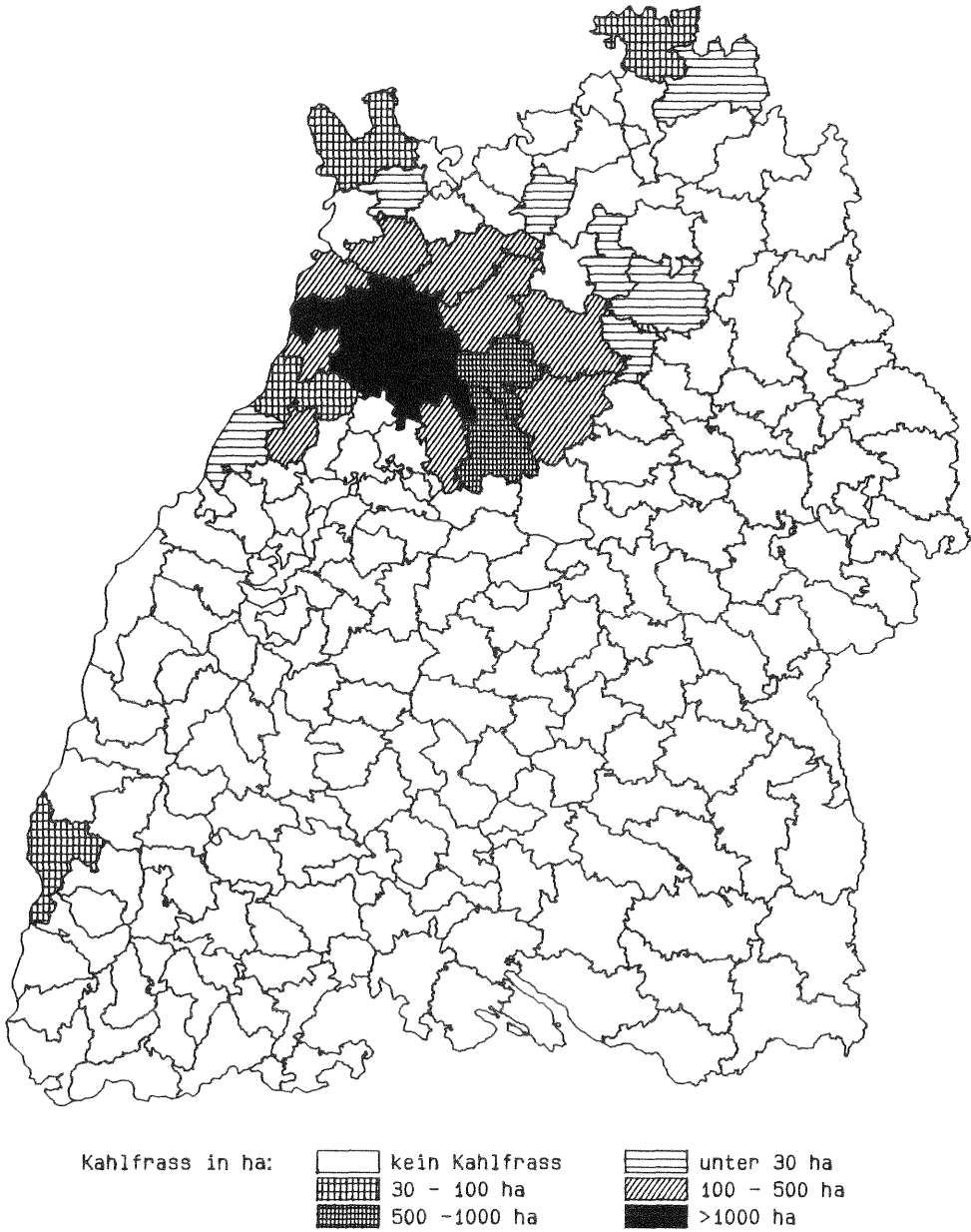


Abb. 2: Schwammspinner-Kahlfräß / Prognose 1994

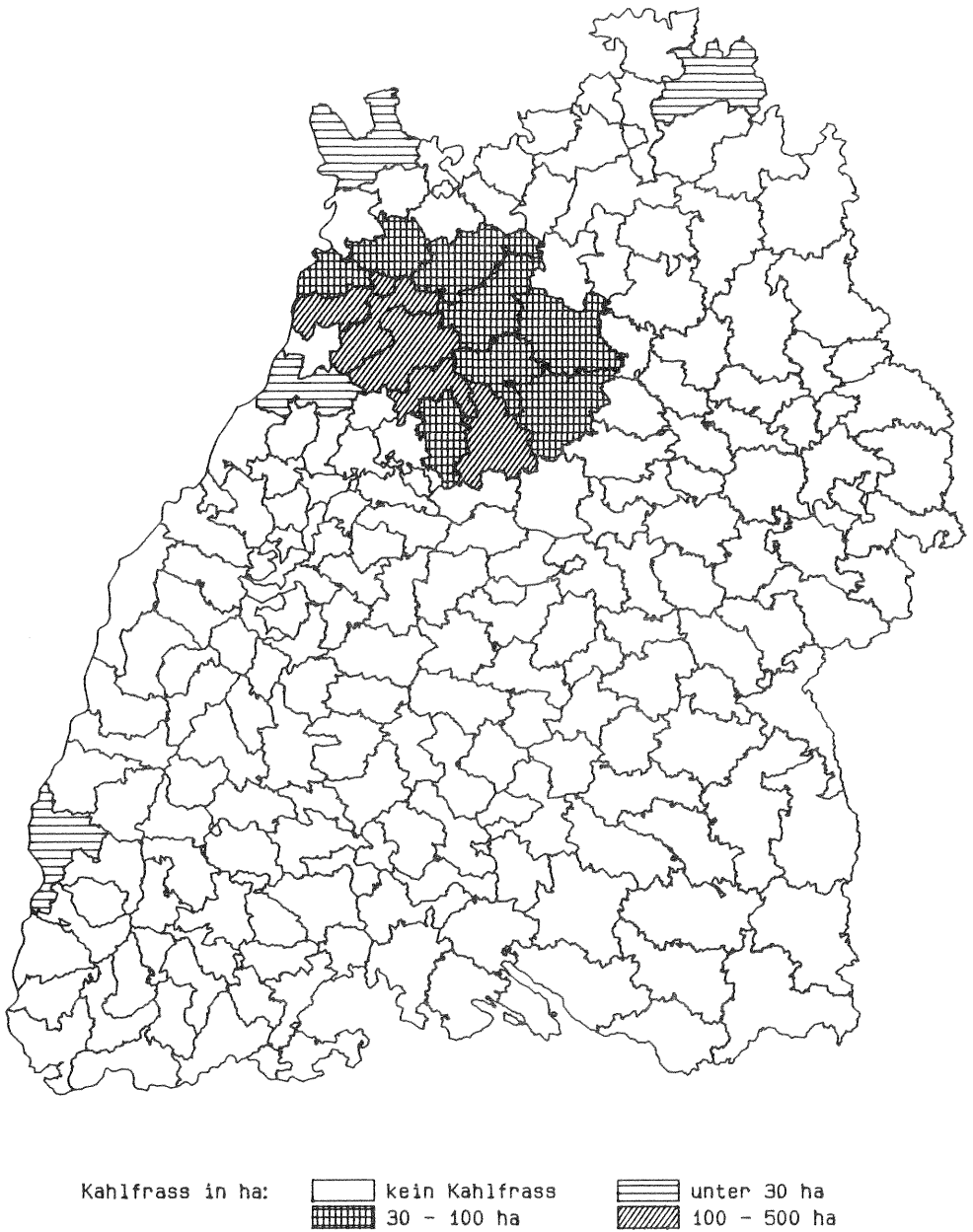


Abb. 3: Schwammspinner-Kahlfraß 1994

Gerhard Wezel

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) Baden-Württemberg, Abt. Waldschutz,
Freiburg im Breisgau

Folgeschäden der Schwammspinner-Gradation 1993/94 in Baden-Württemberg

1. Einleitung

Die Gradation von 1993/94 war die bisher größte, bekannte Massenvermehrung des Schwammspinners in Südwestdeutschland. Noch nie zuvor war die durch dieses Insekt geschädigte Waldfläche so groß. Frühere Massenvermehrungen, wie z.B. die letzte bedeutende Gradation in Südbaden in den Jahren 1984-1986 im Raum Offenburg/Kehl, hatten nur lokalen Charakter. Daher ist über Folgeschäden von Kahlfraß durch Schwammspinner an mitteleuropäischen Waldbäumen bisher nur wenig bekannt. Aufgrund der unterschiedlichen klimatischen, botanischen und waldbaulichen Voraussetzungen können die zahlreichen Erfahrungen aus Nordamerika und Südosteuropa nur sehr eingeschränkt auf unsere Verhältnisse übertragen werden (HOUSTON 1981, GOTTSCHALK 1993). Ebenso wenig kann Kahlfraß durch Eichenwickler und Frostspanner mit dem des Schwammspinners verglichen werden, da der Zeitpunkt und die Dauer des Fraßes unterschiedlich sind.

Nach bisherigem Kenntnisstand kommt es im Fraßjahr kaum zu Ausfällen im Laubholz, da die Bäume nach Abschluß des Fraßes wieder austreiben. Der Kahlfraß schwächt die Bäume jedoch erheblich, so daß es zu einem verstärkten Befall durch Folgeschädlinge kommen kann. Somit ist erst nach einer zeitlichen Verzögerung mit Ausfällen zu rechnen. So stieg die zufällige Nutzung aufgrund von Insektenfraß bzw. Dürre in den Forstbezirken Kehl und Offenburg nach WURTH (1987) und ROTH (1989) erst in den Folgejahren der Schwammspinnerkalamität stark an.

Um fundierte Erkenntnisse über die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen des Schwammspinnerfraßes zu erhalten, wurden in Baden-Württemberg schon während des letzten Gradationsjahres 1994 die Untersuchungen über mögliche Folgeschäden aufgenommen. Ziel dieser Untersuchungen ist es, bei künftigen Kalamitäten Entscheidungshilfen und Empfehlungen bezüglich der Bekämpfungsnotwendigkeit für die Praxis bereitstellen zu können. Dabei soll bei prognostiziertem Kahlfraß eine abgestufte Gefährdungseinschätzung der Bestände anhand ihrer spezifischen Merkmale möglich sein.

2. Methodik

Die räumliche Verteilung der Versuchsbestände folgt im wesentlichen der Verbreitung des Schwammspinnerfraßes in Baden-Württemberg (SCHRÖTER und SEEMANN 1996). Untersuchungsschwerpunkte liegen in den Forstbezirken Kehl, Offenburg (Wuchsgebiet Oberrheinisches Tiefland) sowie Maulbronn und Bretten (Wuchsgebiet Neckarland). Die für die Untersuchungen ausgewählten Bestände wurden unter vorläufiger Hiebsruhe gestellt und werden seit ihrer Anlage in regelmäßigen Abständen bonitiert. In der Regel handelt es sich um Eichen- bzw. eichenreiche Bestände unterschiedlicher Altersstufen. Daneben werden auch einige Buchen- und Roteichenbestände untersucht. Bei der Standortauswahl wurde darauf geachtet, daß ein breiteres Spektrum im Bezug auf Wasserhaushalt, Bodenart und Exposition vertreten ist. Alle ausgewählten Standorte sind aus standortkundlicher Sicht für die Eiche geeignet, in keinem Fall wurden Extremstandorte mit einbezogen. Am häufigsten werden Bestände mit einmaligem Kahlfraß beobachtet.

Zur Charakterisierung der Versuchsbestände wurden die üblichen Bestandesparameter durch Stichproben erfaßt oder den Forsteinrichtungswerken entnommen (z. B. n/ha, mittlere Baumhöhe, Kronenschlußgrad, Baumartenmischung, etc.). Zur Erfassung der Folgeschäden wurden auf jeder Fläche folgende Parameter erfaßt:

1. Mortalität	<ul style="list-style-type: none"> • Ausmaß und Struktur (Stammzahl/ha, Durchmesserverteilung) • Räumliche Verteilung • Chronologischer Verlauf
2. Beteiligte Absterbeursachen	<ul style="list-style-type: none"> • Prachtkäfer • Hallimasch • Unbekannte Ursachen
3. Vitalitätsentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • Feinreisstufen nach Roloff als Anhalt für die Vorschädigung (im kahlen Zustand) • Gesundheitszustand nach Kriterien der Waldschadensinventur (belaubter Zustand)
4. Qualitätsentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • Wasserreiserbildung • Zwieselbildung in Kulturen • Schleimfluß am Stamm
5. Einfluß anderer Schadfaktoren auf die Vitalität	<ul style="list-style-type: none"> • Mehltau • Eichenwickler, Frostspanner (Fraßbonitur im Frühsommer)
6. Waldbauliche Folgen	<ul style="list-style-type: none"> • Vergrasung • Betriebsziel gefährdet?

Die Anlage der Versuchsfleichen erfolgte i.d.R. als Paarvergleich, mit jeweils einem kahlgefressenen und einem vergleichbaren, unbefressenen Bestand. Auf diese Weise ist die Trennung der „natürlichen“ Mortalität und der des Eichensterbens von der schwammspinnerbedingten Mortalität gewährleistet. Im Idealfall ist die Vergleichsfläche eine mit Insektizid behandelte Teilfläche des gleichen Bestandes. Insgesamt wurden 26 solcher Pärchen angelegt. Die Mindestfläche orientiert sich am Baumalter und beträgt in Altbeständen ca. 3 ha. Bei geringer Mortalität werden die abgestorbenen Bäume durch Vollaufnahme erfaßt, ansonsten mittels Stichproben.

Für detaillierte Untersuchungen wurde die Einzelbaumannsprache gewählt. In 7 Altbeständen wurden über 600 unterschiedlich stark befallene Bäume markiert, so daß sich Kollektive mit unterschiedlich starkem Fraßgrad ergeben. Eine umfangreiche Einzelansprache (n = 6.000) wurde auch auf 2 Kulturflächen durchgeführt. Um weitere Informationen zu erhalten, werden zusätzlich von den Forstämtern gemeldeten Schadensflächen untersucht.

3. Ergebnisse

3.1. Schwammspinnerbedingte Absterbeerscheinungen

Die vorgestellten Ergebnisse geben den Stand der laufenden Untersuchungen wieder. Die Abbildung 1 zeigt die bisher festgestellten Mortalitätsraten auf den Eichen -Versuchsfleichen aus dem Paarvergleich. Bei allen Pärchen, bei denen es bisher zu Ausfällen kam, ist die Mortalitätsrate in kahlgefressenen Beständen gegenüber ihren jeweiligen Vergleichsflächen deutlich höher. Erwartungsgemäß gilt dies auch für den Vergleich zwischen zweimaligem und einmaligem Kahlfraß. Eine erhöhte Mortalität auf den Schadfleichen ist demnach als Folge des vorausgegangenen Kahlfraßes durch Schwammspinner interpretierbar.

Diesen Zusammenhang zeigt auch die Betrachtung der räumlichen Verteilung der Ausfälle. Die Ausfälle folgen nämlich häufig genau der Verbreitung des vorausgegangenen Kahlfraßes. So konnte man z.B. in einem Altholz im Forstbezirk Vaihingen die Befliegungsgrenze vom Vorjahr (1994) anhand der aufgetretenen Schäden genau wiedererkennen. In einem von der Bekämpfung ausgenommenen Bestandesstreifen kam es dort zu massiven Ausfällen. Auch in einem Stangenholz im Forstbezirk Offenburg verlief die Kahlfraßgrenze 1993 mitten durch den Bestand. 1994 wurde auf der kahlgefressenen Teilfläche ein Totalausfall festgestellt, im lichtgefressenen Bereich kam es zu mäßigen Ausfällen, während die unbefressene Teilfläche ganz von Ausfällen verschont blieb. In beiden Beständen kann die räumliche Verteilung der Ausfälle nicht auf Standortsunterschiede zurückgeführt werden.

Die Auswertung von sämtlichen kahlgefressenen Versuchsbeständen, einschließlich der von den Forstämtern gemeldeten Schadfleichen zeigt, daß die Mortalitätsraten der kahlgefressenen Bestände sehr stark streuen, so daß eine Mittelwertangabe nicht sinnvoll ist. Insgesamt überwiegen jedoch die Bestände, in denen es bisher zu keinen oder nur geringen Ausfällen kam.

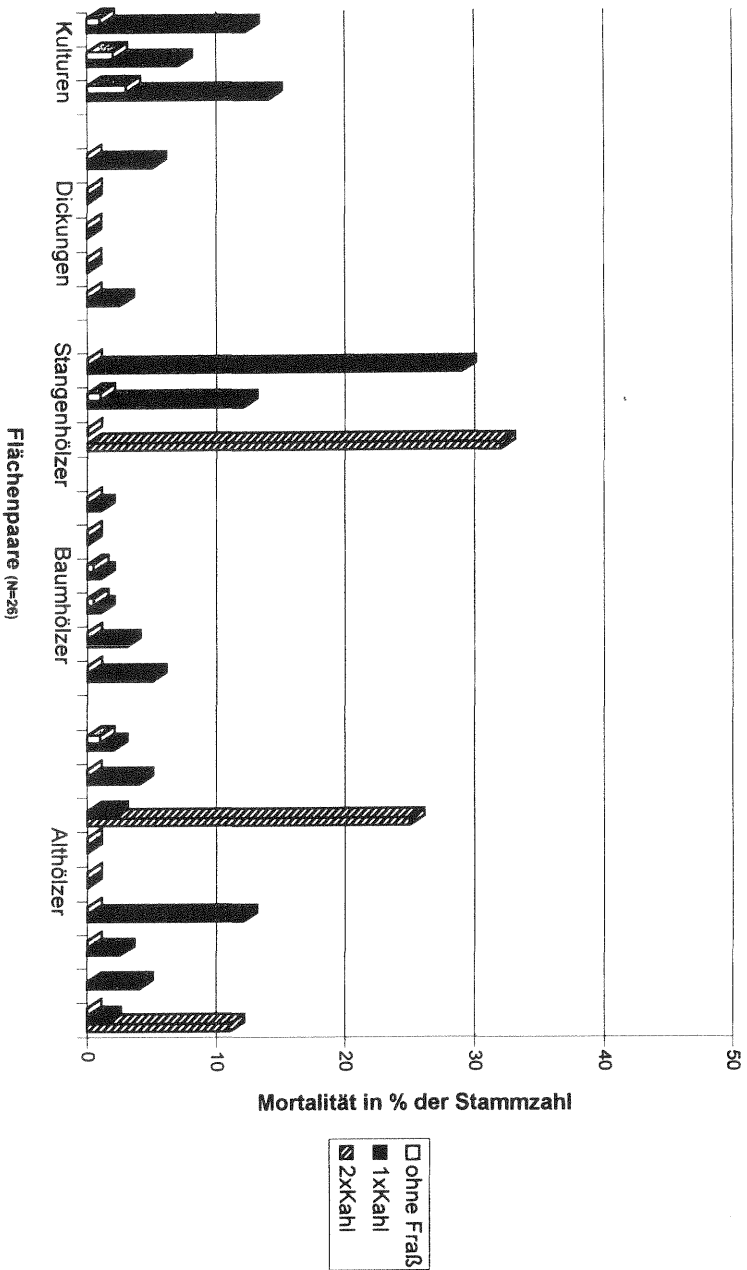


Abb. 1: Vergleich der Mortalitätsraten zwischen kahlgefressenen und unbefressenen Eichenbeständen.

So liegt die Mortalitätsrate in 19 von 34 Beständen mit einmaligem Kahlfraß deutlich unter 5 %. In 6 Beständen ist die Mortalität mit 5 - 20 % als mäßig hoch einzustufen, und zu sehr hohen Ausfällen mit über 20 % der Stammzahl kam es in 9 Beständen. In drei Fällen ist eine komplette Wiederbegründung der Bestände erforderlich. Bemerkenswert sind zwei Altbestände, die trotz zweimaligem Kahlfraß bisher keine Ausfälle aufweisen.

Von schwammspinnerbedingten Ausfällen sind alle Altersstufen betroffen. Nur in Baumhölzern sowie in Kulturen erreichten die Ausfälle bisher nie ein bestandesbedrohendes Ausmaß. Erschreckend sind die flächenhaften Totalausfälle in Dickungen und jüngeren Stangenhölzern. So ist die bisher größte zusammenhängende Schadfläche eine auf 3 ha abgestorbene Eichendickung. Größere Schäden wurden jedoch auch in Althölzern festgestellt. Hier können - im Gegensatz zu den stammzahlreichen Jungbeständen - schon niedrige Mortalitätsraten für die Bestandesstruktur von Bedeutung sein.

Erste Untersuchungen deuten darauf hin, daß für die unterschiedliche Reaktion der Bestände nach Kahlfraß der Standort eine wichtige Rolle spielt. So konzentrieren sich starke Ausfälle häufig auf Standorte, die zeitweise zur Vernässung neigen. Dort kommt es vermutlich zu folgendem von BLOCK et al. (1995) beschriebenen Zusammenhang: Nach Kahlfraß tritt eine Feinwurzelschädigung auf, zu der infolge hoher Niederschläge auf wassergesättigten Stau-nässeböden eine Wurzelsterkung hinzukommt. Für gesicherte Aussagen besteht jedoch noch Untersuchungsbedarf.

In Roteichen- und Buchenbeständen kam es bisher zu keinen (Roteiche), bzw. sehr geringen Ausfällen (Buche). Beide Baumarten wiesen 1995 eine gute Belaubung auf.

3.2. Chronologischer Verlauf der Mortalität und der Vitalitätsentwicklung nach Kahlfraß

Im Fraßjahr selbst kam es zu relativ geringen Ausfällen. In der Regel erfolgte ein befriedigender Wiederaustrieb. Nur bei 4 % der bonitierten Alteichen war die Wiederbelaubung mangelhaft. In Beständen, bei denen der Kahlfraß schon zwei Jahre zurückliegt, läßt sich erkennen, daß die Absterbeerscheinungen gewöhnlich im Folgejahr ihren Höhepunkt erreicht haben. Wann die Mortalitätsraten wieder das Niveau unbefressener Bestände erreichen, läßt sich jedoch noch nicht genau sagen.

Abb. 2 zeigt die Ausfälle einer Kulturfläche, die im Frühjahr 1993 mit Eichenheistern begründet wurde. Die Mortalitätsrate der kahlgefressenen Teilfläche liegt vor allem im Folgejahr deutlich über dem entsprechenden Wert der unbefressenen, behandelten Teilfläche. Die Ausfälle sind hier, aufgrund der hohen Individuenzahl und ihrer gleichmäßigen Verteilung über die Fläche, von geringer Bedeutung. Auf einer weiteren untersuchten Kulturfläche (o. Abb.) waren die schwammspinnerbedingten Ausfälle bis 1995 mit 12 % gegenüber der unbefresse-

nen Teilfläche (1 %) jedoch deutlich höher und ließen auch 1995 nur einen schwachen Rückgang erkennen.

Erwartungsgemäß blieben die kahlgefressenen Pflanzen gegenüber dem Vergleichskollektiv deutlich im Höhenwachstum zurück. Die Aufnahme von jeweils 180 Eichenheistern zwei Jahre nach Kahlfraß ergab eine um 60 cm niedrigere Mittelhöhe gegenüber dem Vergleichskollektiv. Dadurch entstehen zusätzliche Kultursicherungskosten.

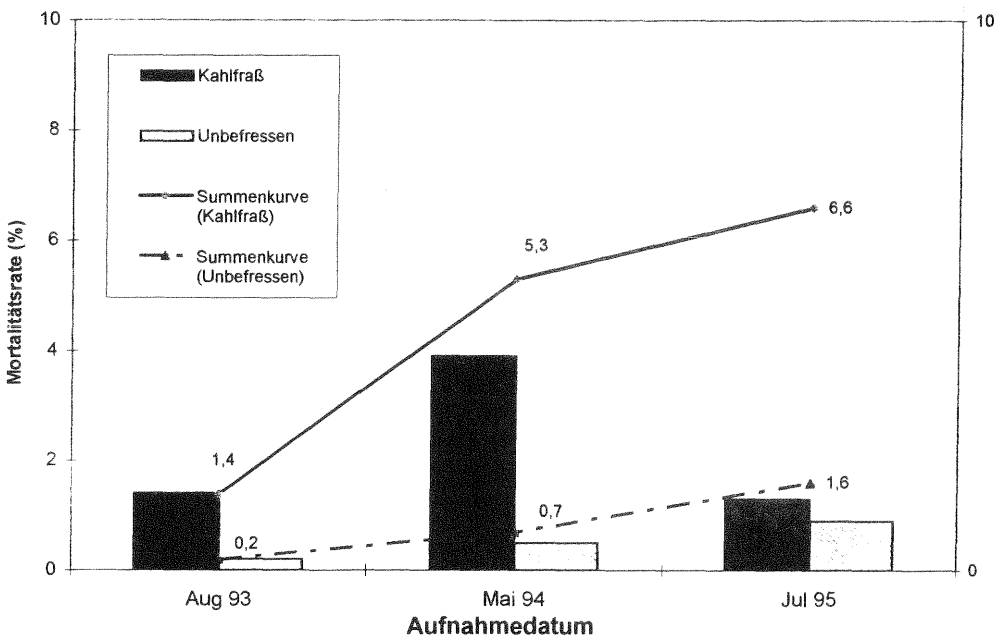
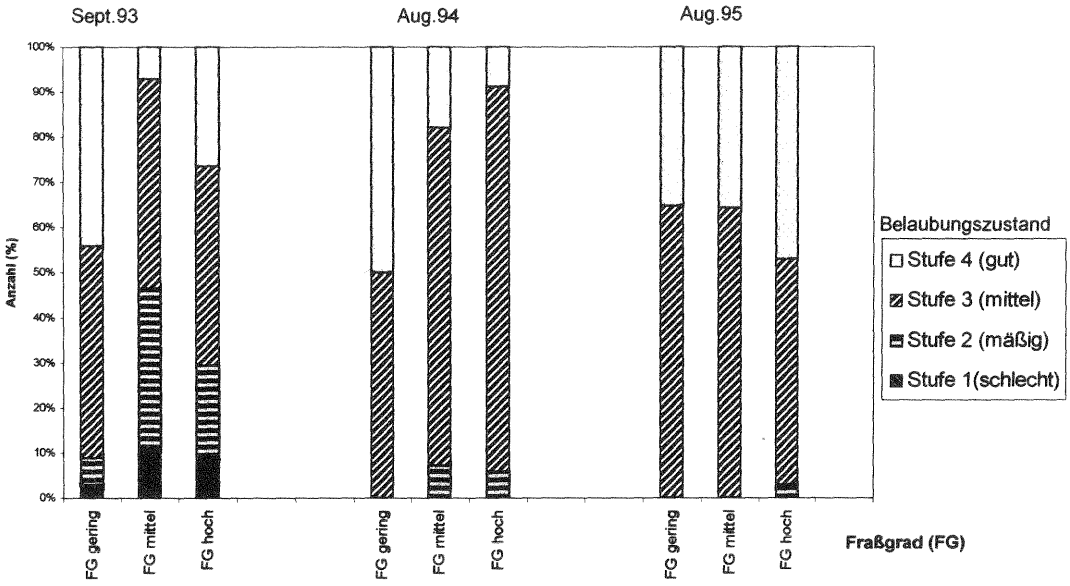


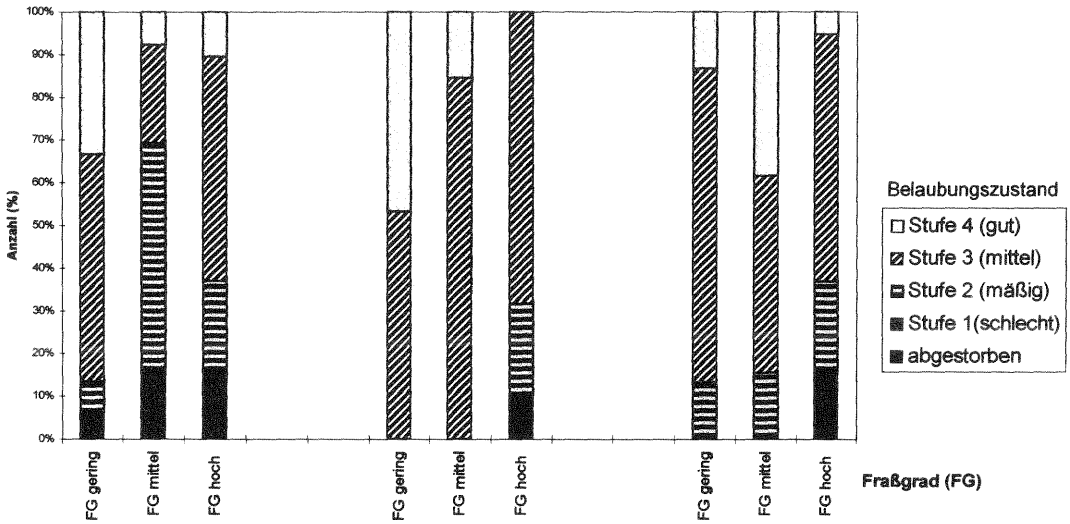
Abb. 2.: Mortalitätsverlauf in einer Eichenkultur im Forstbezirk Offenburg.
Vergleich: Kahlfraß - Unbefressen (= Behandelte Teilfläche)

Abb. 3 zeigt die Entwicklung des Belaubungszustandes unterschiedlich stark befressener Eichen in einem Altholz in Abhängigkeit ihrer Vorschädigung (Schadklassen 1-4). In der Schadklasse 1, also bei geringer Vorschädigung (< 25 % Feinreisverlust) sind, unabhängig von der Fraßstärke (Fraßgrad), keine Bäume abgestorben. Zwei Jahre nach dem Fraß haben sich die kahlgefressenen Bäume fast ausnahmslos wieder erholt. Auch beim etwas stärker vorgeschädigten Kollektiv (Schadklasse 2) erholten sich, allerdings etwas zögerlicher, die meisten Bäume. Hier starben einige der stark befressenen Bäume ab.

Nicht in der Abbildung enthalten sind 5 stark vorgeschädigte Bäume der Schadklassen 3 und 4 (> 50 % Feinreisverlust), die 1993 alle kahlgefressen wurden. Von diesen Bäumen sind inzwischen 3 abgestorben und 2 weisen eine sehr kritische Belaubung auf.



A. Schadklasse 1 (Feinreisverlust < 25%)



B. Schadklasse 2 (Feinreisverlust 26-50%)

Abb. 3: Entwicklung des Belaubungszustandes nach Schwammspinnerfraß in einem Eichen-Altholz in Abhängigkeit der Vorschädigung (Schadklasse) und der Fraßstärke (Fraßgrad).

Starker Schwammspinnerfraß in Verbindung mit einer stärkeren Vorschädigung verzögerte in diesem Fall also die Regeneration und erhöhte die Absterbewahrscheinlichkeit.

3.3. Struktur der Ausfälle

Es gibt einen deutlichen Zusammenhang zwischen der soziologischen Baumklasse (nach Kraft) und ihrer Absterbewahrscheinlichkeit (Abb. 4). Die vorherrschenden und herrschenden Bäume haben eine deutlich geringere Mortalität als die anderen Baumklassen. In jüngeren Beständen, in denen noch ein starker Konkurrenzdruck herrscht, ist dieser Zusammenhang ausgeprägter als in ausdifferenzierten Altbeständen. Von einem gewissen Schadausmaß an tritt dieser Zusammenhang in den Hintergrund. So fielen z.B. in einem zweimal kahlgefressenen Stangenholz bei einer Gesamtmortalität von 34 % auch fast ein Drittel der Ausleseebäume aus.

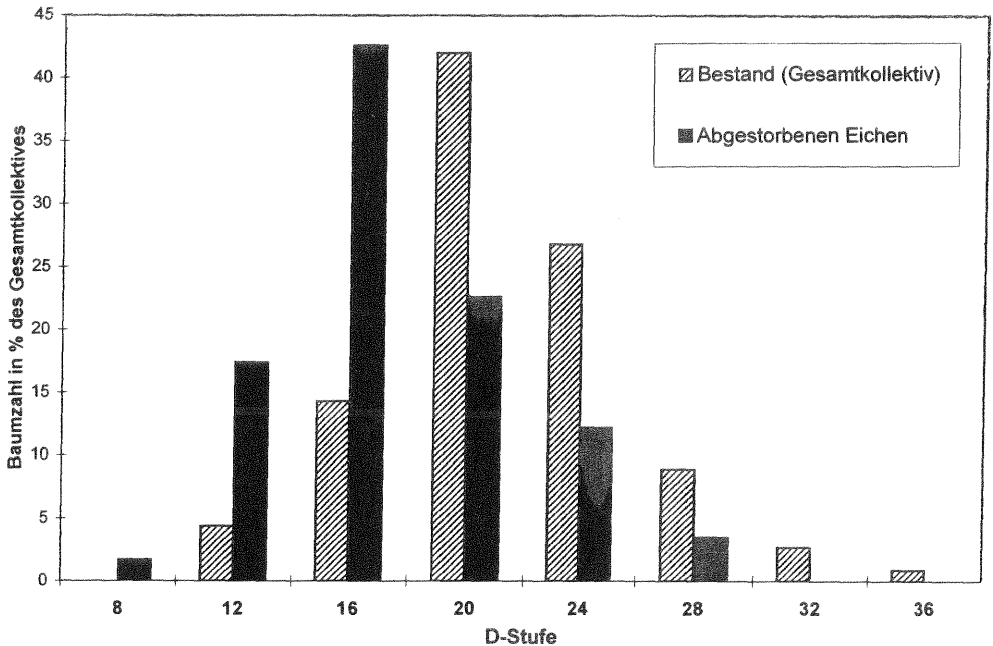


Abb. 4: Durchmesserverteilung abgestorbener Eichen (Forstbezirk Offenburg)

3.4. Beteiligte Absterbeursachen

Beim Absterben der Eichen spielt der Befall durch Prachtkäfer (v.a. *Agrilus biguttatus* F.) eine große Rolle. Nach SEEMANN (1996) neigen diese Käfer in Kahlfraßgebieten zur Massenvermehrung. Sie befallen dort auch völlig gesunde Bäume und bringen sie zum Absterben. Auch ESCHERICH (1923) und SCHÖNHERR (1974) berichten über eine starke Disposition schwammspinnergeschädigter Eichen für Prachtkäfer. Die Untersuchungen bestätigen diese Aussagen. Fast sämtliche abgestorbenen und abgängigen Eichen ab dem Stangenholzalter wiesen einen sehr starken Prachtkäferbefall auf. Auch bei einigen Probefällungen noch mäßig belaubter Eichen, denen die örtlichen Revierleiter noch Überlebenschancen einräumten, wurde i.d.R. schon starker Prachtkäferbefall festgestellt. Der Absterbeprozess verlief oft sehr schnell und betraf auch gering vorgeschädigte Bäume. Da die Licht- und Wärmeverhältnisse in den Beständen nach den ersten Ausfällen für den Prachtkäfer noch günstiger werden, und das rechtzeitige Erkennen des Befalls sowie Gegenmaßnahmen schwierig sind, besteht unter Umständen die Gefahr, daß dieser Käfer zu weiteren chronischen Ausfällen in den Beständen führen kann.

In Dickungen ist der Prachtkäfer weniger am Absterben beteiligt. Dort ist wahrscheinlich vor allem die unter 3.1. beschriebene „Wurzelerstickung“ für das Absterben der Bäume verantwortlich. Bei den abgestorbenen Bäumen wurde auch häufig Hallimaschbefall (*Armillaria mellea* s.l.) festgestellt, jedoch ist es unklar, zu welchem Zeitpunkt dieser Pilz den Baum angreift. Nach SEEMANN (1996) tritt er erst im Endstadium des Krankheitsverlaufes auf.

Zu einer weiteren Schwächung kahlgefressener Eichen führt der ektoparasitische Blattpilz Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides*). Er kann am leichtesten in junge Blätter eindringen, deshalb sind die Bäume, die nach starkem Fraß neue Blätter ausgetrieben haben, stark disponiert. Diesen Zusammenhang zeigt Abb. 5. WURTH (1987) und ROTH (1989) führen das Absterben von Eichen nach der Schwammspinnergradation 1984 bis 1986 sogar hauptsächlich auf das zusätzliche Auftreten von Eichenmehltau zurück.

3.5. Auswirkung auf die Qualität

Auch wenn es nicht zum Absterben kommt, kann der Kahlfraß zu einem ökonomisch relevanten Qualitätsverlust der Eichenstämme führen. Eine Aufnahme an 100 kahlgefressenen Alteichen ergab eine Wasserreiserbildung an 28 Bäumen, während von 50 lichtgefressenen Eichen nur 3 Wasserreiser bildeten. Inwieweit die Wasserreiserbildung reversibel ist, werden die nächsten Aufnahmen zeigen.

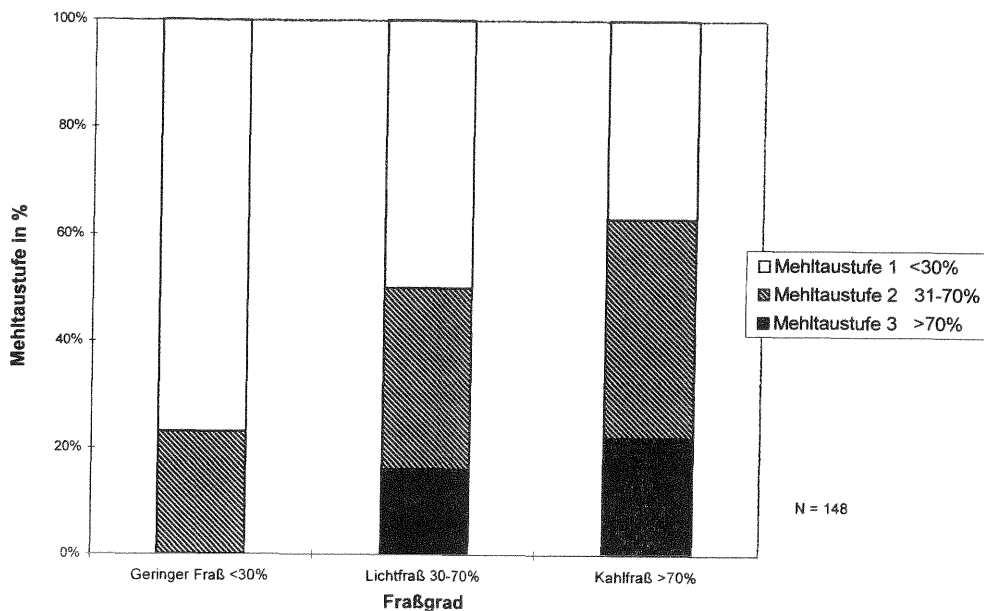


Abb. 5: Mehltaubefall unterschiedlich stark befallener Eichen im Forstbezirk Offenburg

4. Ausblick

Die noch laufenden Auswertungen und Aufnahmen lassen weitere Erkenntnisse über die Folgeschäden erwarten. In einigen Bereichen besteht noch Untersuchungsbedarf. So muß insbesondere der Einfluß des Standortes noch genauer untersucht werden. Außerdem soll eine genauere Differenzierung der beiden Eichenarten Traubeneiche und Stieleiche innerhalb der Bestände erfolgen. Im Gradationsgebiet von 1984 bis 1986 im Raum Offenburg sind bestandesgeschichtliche Untersuchungen vorgesehen. Gegen Ende der Untersuchungen ist auch eine ökonomische Schadensbewertung anhand einzelner Beispiele geplant.

5. Zusammenfassung

Durch den Vergleich kahlgefressener Laubholz-Bestände mit entsprechenden unbefressenen Beständen sowie Einzelbaumbeobachtungen und zusätzliche Aufnahmen auf Flächen mit starken Folgeschäden werden die Auswirkungen von Schwammspinnerkahlfraß untersucht. Die bisherigen Untersuchungen zeigen, daß eine erhöhte Mortalität ausschließlich auf Kahlfraßflächen entstand. Die kahlgefressenen Bestände reagieren allerdings sehr unterschiedlich. Einerseits kam es in den meisten Beständen zu keinen oder nur geringen Ausfällen. Unter

günstigen Bedingungen kann offensichtlich auch zweimaliger Kahlfraß ohne größere Ausfälle überstanden werden. Andererseits kam es in einigen Beständen schon nach einmaligem Kahlfraß zu gravierenden Ausfällen. Im Fraßjahr selbst starben nur wenige Bäume ab. Zu starken Ausfällen kommt es erst in den Folgejahren. Der Wiederaustrieb nach Kahlfraß wird sehr stark von Mehltau befallen. Dies führt zu einer zusätzlichen Schwächung der Bäume.

Außerdem sind die Bäume nach Kahlfraß für einen Befall durch Prachtkäfer aber auch Hallimasch disponiert. Beide können zum schnellen Absterben führen. Die Tatsache, daß die Bestände sehr unterschiedlich auf diese Belastungen reagieren, läßt darauf schließen, daß das Ausmaß der Folgeschäden auch standortsbedingt ist.

Literatur

- BLOCK, J., DELB. H., HARTMANN, G., SEEMANN, D. und SCHRÖCK, H. W. (1995): Schwere Folgeschäden nach Kahlfraß durch Schwammspinner im Bienwald. AFZ/Der Wald. **23**, 1278-1281.
- ESCHERICH, K. (1923): Die Forstinsekten Mitteleuropas. Bd.II. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin.
- GOTTSCHALK, K. W. (1993): Silvicultural guidelines for forest stands threatened by the gypsy moth. USDA, Forest Service, Tech. Rep. NE 171.
- HOUSTON, D. R. (1981): Effects of defoliation on Trees and Stands. In: C. DOANE, M. MCMANUS (Hrsg.): The Gypsy Moth: Research Towards integrated Pest Management. USDA, Forest Service, Tech. Bull. 1584, 217- 297.
- ROTH, R. (1989): Die Massenvermehrung des Schwammspinners und ihre Folgeschäden im Stadtwald Offenburg. Diplomarbeit am Institut für Forstzoologie der Univ. Freiburg. (unveröffentlicht).
- SCHÖNHERR, J. (1974): Buprestidae, Prachtkäfer. In: W. SCHWENKE (Hrsg.): Die Forstschädlinge Europas. 2. Bd.: Käfer, 31-55, Paul Parey Hamburg und Berlin.
- SEEMANN, D. (1996): Biotische Aspekte der Eichenerkrankung. Agrarforschung in Baden-Württemberg. In Vorber.
- SCHRÖTER, H., SEEMANN, D. (1996): Schwammspinnergradation 1993/94 in Baden-Württemberg - Prognose und Bekämpfung im Jahr 1994. Mitt. Biolog. Bundesanst. Land- Forstw. **322**: 12 - 13.
- WURTH, T. (1987): Weitere Entwicklung und Folgeschäden der Massenvermehrung des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) im Forstbezirk Kehl. Referendararbeit am Staatlichen Forstamt Kehl (unveröffentlicht).

Horst Delb

Forstamt Hagenbach, Rheinland-Pfalz

Untersuchung der Folgeschäden nach Fraß durch Schwammspinner (*Lymantria dispar*) im Bienwald 1993/94 - Konzept und erste Ergebnisse -

1. Einleitung

Wie auch in anderen Teilen des Bundesgebietes sind in Rheinland-Pfalz in den Jahren 1992 bis 1994 Schwammspinner-Massenvermehrungen aufgetreten. Nach starkem Licht- bis Kahlfraß wurde zur Ermittlung der mittelfristigen Folgen der Schwammspinnerkalamität im Herbst 1994 ein "Schwammspinner-Folgeschadensprojekt" durch die Landesregierung Rheinland-Pfalz initiiert. Das Projekt ist für die Dauer von drei Jahren bis voraussichtlich Ende 1997 angelegt¹.

Der Schwerpunkt der Schwammspinnerkalamität war im Bienwald zu verzeichnen, einem in der Nördlichen Oberrheinischen Tiefebene gelegenen ca. 12.000 ha großen und geschlossenen Waldgebiet, das sich linksrheinisch unmittelbar westlich von Karlsruhe befindet. Dort hat die Massenvermehrung vorwiegend in Stieleichenbeständen mit Hainbuchenunterstand stattgefunden, die größtenteils auf Grund- und Stauwasserböden stocken. Diese Standorte sind oft aus basenarmen, teilweise aber auch aus karbonathaltigen Flußablagerungen entstanden. Der Bienwald war in Rheinland-Pfalz 1994 auch Schwerpunkt der Bekämpfung mit zugelassenen Insektiziden.

Inzwischen zeigen sich hier schwere Folgeschäden in den betroffenen Stieleichenbeständen, die in allen Altersklassen bis hin zum nahezu vollständigen Ausfall ganzer Bestandeskomplexe reichen. Demgegenüber wurde bei Bereisungen festgestellt, daß es in anderen rheinland-pfälzischen Befallsgebieten, insbesondere Traubeneichen-Niederwälder in wärmebegünstigten Flußallagen und Bereichen des Nordpfälzer Berg- und Hügellandes, bisher zu keinen wesentlichen Schäden gekommen ist. Nicht zuletzt aus diesem Grund konzentrieren sich die Untersuchungen über Folgeschäden auf den Bienwald.

2. Vorgeschichte

Im Jahr 1993 trat offenbar zum ersten Mal, seit aus diesem Staatswaldgebiet Aufzeichnungen vorliegen, ein starker Licht- bis Kahlfraß durch Raupen des Schwammspinners auf. Betroffen

¹ In diesem Projekt arbeiten ein Angestellter des höheren Forstdienstes als Projektleiter und eine Mitarbeiterin aus dem gehobenen Forstdienst. Desweiteren werden studentische Hilfskräfte eingesetzt. Das Projektteam sitzt am Forstamt Hagenbach. Die wissenschaftliche bzw. fachliche Betreuung obliegt der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz in Trippstadt.

waren auf ca. 1.600 ha hauptsächlich Eichenbestände aller Altersklassen und Mischungsformen. Eine darauffolgende Fraßprognose für 1994 ergab eine voraussichtliche Befallsfläche von ca. 3.000 ha. Dem Zentrum des Befalls drohte somit ein zweimaliger Kahlfraß (Tab. 1).

Tab. 1: Fraßschäden 1993 und Prognose 1994 in ha

Forstamt	1993		Prognose für 1994
	Kahlfraß	starker Lichtfraß	starker Licht- bis Kahlfraß
Hagenbach	460	263	1850
Schaidt	479	377	1150
Summe	939	640	3000

Über die Folgen eines zweimaligen Kahlfraßes gab es aufgrund fehlender Informationen über Schwammspinnerschäden in Mitteleuropa erhebliche Meinungsunterschiede. Dementsprechend umstritten waren auch die geplanten Bekämpfungsmaßnahmen vor allem bei den Naturschutzverbänden (vgl. z.B. KOLMET 1993, KLEIN 1994, SCHANOWSKI und SPÄTH 1994). Schließlich wurde in enger Zusammenarbeit der rheinland-pfälzischen Forstverwaltung und der FVA Baden-Württemberg ein Kriterienkatalog für zu schützende Bestände festgelegt, der im wesentlichen das Alter der Bestände und Vorschädigungen berücksichtigte. Eine Bekämpfung aus der Luft mit zugelassenen Insektiziden wurde schließlich auf ca. 1.450 ha weitestgehend erfolgreich durchgeführt (Tab. 2). Die überwiegende Fläche wurde zweimalig mit *B.t.k.* (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*) behandelt, wobei die Wetterverhältnisse im Anschluß an die Bekämpfungsmaßnahmen günstig waren. In nichtgeschützten Flächen trat 1994 auf ca. 1.500 ha starker Licht- und Kahlfraß auf (Tab. 2). Vom zweimaligen Kahlfraß waren vor allem Dickungen bis schwache Baumhölzer sowie bachnahe Bestände betroffen. Diese Flächen waren nicht behandelt worden, da in jüngeren Beständen eine höhere Vitalität und damit geringere Empfindlichkeit gegenüber Kahlfraß erwartet wurde. Entlang der Bachläufe waren Sicherheitsabstände einzuhalten (BBA 1991). Zusätzlich wurden Naturwaldreservate und forstliche Versuchsflächen aufgrund ihrer speziellen Zielsetzungen nicht mit Insektiziden behandelt und deshalb zweimalig befallen.

1994 wurde der reduzierte Neuaustrieb der Stiel- und Traubeneichen wie auch bereits im Vorjahr extrem stark von Mehltau befallen.

Die Schwammspinnergradation brach erwartungsgemäß und bekämpfungsunabhängig im Sommer 1994 vor allem aufgrund von Virus- und Parasitenbefall zusammen. Detailliertere Ausführungen zur Vorgeschichte sind in BLOCK et al. 1995 enthalten.

Tab. 2: Bekämpfungsfläche und Fraßfläche 1994 in ha

Forstamt	Bekämpfungsfläche		Fraß		Summe
	Dimilin	<i>B. t. k.</i>	Kahlfraß	starker Lichtfraß	
Hagenbach	--	800	886	94	1780
Schaidt	188	456	398	94	1136
Summe	188	1256	1284	188	2916

3. Untersuchungskonzept

3:1 Ziel und Fragestellungen

Hauptzielsetzung der Untersuchung ist die Risikoabschätzung der Folgeschäden nach Schwammspinnerbefall und die Entwicklung einer daraus abgeleiteten Handlungsempfehlung für zukünftige Kalamitäten. Hierzu sollen die in den ersten drei Jahren nach dem Schwammspinnerfraß entstehenden Folgeschäden in Abhängigkeit von unterschiedlichen Rahmenbedingungen erfaßt werden. Es soll geklärt werden, welche Schäden bei unterschiedlicher, vorausgegangener Fraßgeschichte (zwei- oder einmalig befallen bzw. 1994 bekämpft) aufgetreten sind oder noch auftreten. Auf der Standortsabhängigkeit der Schäden wird das hauptsächliche Augenmerk liegen. Zudem sollen die Schäden unter Berücksichtigung verschiedener Bestockungskriterien, wie beispielsweise unterschiedliche Mischungsanteile der Eiche, Unterstandsausprägungen und Bestockungsgrade, betrachtet werden. Insbesondere wird folgenden Fragestellungen nachgegangen:

1. Unter welchen Rahmenbedingungen treten Schäden auf?
2. Wie hoch sind die vorzeitigen Massen- und Flächenverluste?
3. Wie entwickeln sich befallene Bäume im Vergleich zu unbeeinflussten?
4. Wie verläuft die Qualitätsentwicklung der Eichen sowie die Vergrasung in aufgelichteten Schadflächen?
5. Wie entwickeln sich geschädigte Dickungen weiter?

Die erste Fragestellung zielt auf die großräumige Ermittlung relativer Schadenshäufigkeiten und -intensitäten bei unterschiedlichen Standorts- und Bestockungsbedingungen sowie unterschiedlicher Fraßgeschichte. Überprüft werden soll auch, unter welchen Witterungsbedingungen die Folgeschäden entstanden sind.

Die zweite Frage betrachtet das Ausmaß der Schadholtzanfälle und die Anzahl der Flächen, wo aufgrund erheblicher Ausfälle Wiederbegründungen notwendig wären.

Bei der dritten Fragestellung stehen Einzelbaumbetrachtungen im Vordergrund. Es wird beobachtet, unter welchen Voraussetzungen sich der Gesundheitszustand von Eichen verbessert oder verschlechtert. Dabei ist zu klären, welche Rolle beispielsweise der Eichenprachtkäfer (*Agrilus spec.*), Hallimasch (*Armillaria mellea* Kumm.) und andere Pilzarten, das Wettergeschehen (Niederschläge, Trockenheit, Frost, usw.), die Entwicklung der Grundwasserstände sowie nachfolgender Eichenwickler-/Frostspannerbefall (*Tortrix viridana* L. / *Operophtera brumata* L. und *Erannis defoliaria* Cl.) bei dieser Entwicklung spielen. Darüber hinaus wird der Befall dieser Eichen durch kernholzentwertende Insekten² beobachtet.

Zudem soll betrachtet werden, wie sich stark geschädigte Dickungen weiter entwickeln, um Entscheidungshilfen für zu treffende Maßnahmen zu geben. Die Frage, ob solche Schadflächen aufgegeben und wieder aufgeforstet werden müssen, steht hierbei im Vordergrund. Zu prüfen ist, ob diese Bestände trotz hoher Ausfallraten bei gleichmäßiger Verteilung überlebender und vitaler Eichen in ausreichender Zahl beispielsweise durch Pflanzung eines Unterbaus wieder einem Produktionsziel näher gebracht werden können.

3.2 Untersuchungsebenen und -parameter

Die im vorherigen Kapitel angesprochenen Fragestellungen sollen in drei Untersuchungsebenen bearbeitet werden:

1. Großräumige und flächendeckende Betrachtung
2. Untersuchungsflächen mit Teilaufnahmen
3. Untersuchungsflächen mit Intensivaufnahmen

In der ersten Ebene wird die vom Schwammspinner betroffene Gesamtwaldfläche des Bienwaldes in den Forstämtern Hagenbach und Schaidt flächendeckend betrachtet. Mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems sollen aus CIR-Luftbildern ermittelte Schadflächen mit verschiedenen Flächeninformationen aus vorhandenen Karten verschnitten werden. Dazu gehören die Fraß-, Fraßprognose- und Bekämpfungskarten. Ein besonderer Schwerpunkt wird

² Nach einer Untersuchung der FVA BADEN-WÜRTTEMBERG 1993 sind daran vorwiegend die Käfer *Xyleborus monographus* F., *X. dryographus* Rtzb. und *X. dispar* F. beteiligt. Weniger häufig wurden Eichenkern-, Werft- und Schiffswerftkäfer (*Platypus cylindrus* F., *Hylecoetus dermestoides* L., *Lymexylon navale* L.) gefunden. In schon anbrüchigen, weißfaulen Stammteilen kamen Holzwespen und kleinere Eichenbockarten vor. Der Laubnutzholzborkenkäfer (*Xyloterus signatus* F.) wurde in stehendem Holz nicht beobachtet.

auf der Verschneidung der Schadflächen mit den forstlichen Standortskarten liegen. Unter anderem soll auch eine Karte der heutigen potentiellen natürlichen Vegetation in diese Betrachtungen einbezogen werden. Parallel hierzu soll in Zusammenarbeit mit der Universität Trier³ im Rahmen einer Diplomarbeit geklärt werden, inwiefern Satellitenbilder (Landsat-Daten) zur Ermittlung der Fraß- und Folgeschadensflächen herangezogen werden können. Außerdem ist vorgesehen, ausgewählte Bestandesdaten der Forsteinrichtung (beipielsweise Mischungsanteile) beim Einsatz des Geographischen Informationssystems einzubinden.

Die zweite Ebene besteht aus Untersuchungsflächen in Eichenbeständen verschiedener Altersklassen. In Alt- und Baumhölzern wurden über das gesamte Waldgebiet 33 Flächen ausgewählt, mit einer Gesamtausdehnung von ca. 115 ha. Die Flächen erfassen sowohl nasse und/oder nährstoffreichere als auch weniger nasse und/oder nährstoffärmere Standortvarianten. Den mit unterschiedlichen Fraß- und Bekämpfungsgeschichten ausgewählten Flächen sind jeweils im Paarvergleich fraßunbeeinflusste Flächen mit ähnlichen Standortseigenschaften zugeordnet. Auf diesen Flächen wurden mit Hilfe einer Linientaxation insgesamt etwa 3.150 Stichprobenbäume ausgewählt und dauerhaft gekennzeichnet.

In schwachen Baum- und Stangenhölzern wurden in 5 im Jahr 1995 stark geschädigten Beständen (ca. 21 ha) beispielhaft etwa 160 Eichen verschiedener Kronenzustandskategorien (schwach, mittel, gut belaubt) auf sowohl nassen als auch weniger nassen Standorten mit unterschiedlicher Fraßgeschichte ausgewählt. Hier soll v.a. die weitere Kronenzustandsentwicklung beobachtet werden.

In allen Untersuchungsbeständen sind die wichtigsten aufzunehmenden Baumparameter: Kronenzustand nach den Kriterien der Waldzustandserhebung, aktueller Laubverlust durch Insekten- bzw. Raupenfraß, einzelbaumweise Standort- bzw. Nässeansprache, Wasserreiserklassen und Schleimflußflecken. Desweiteren werden u.a. der Baumdurchmesser, Kraft'sche Baumklasse, Kronenentwicklung, Kronenstruktur nach ROLOFF (1989) im Winterzustand, Kroneneinsehbarkeit, Belaubungstyp, Dürrastanteil, Blattnekrosen, Kleinblättrigkeit, Fruktifikation, Unterstand lebend/tot und Stammschäden erhoben. Ergänzend zu diesen Aufnahmen werden exemplarisch Einzelbäume unterschiedlichen Kronenzustandes mit Hilfe einer Symptomanalyse nach der von HARTMANN und BLANK (1992) beschriebenen Methodik untersucht. Dazu wird die Rinde über den gesamten Baum vollständig schichtweise abgetragen, wobei vornehmlich der Befall durch Eichenprachtkäfer (*Agilus spec.*), Hallimasch (*Armillaria mellea* Kumm.) und diversen Rindenpilzen untersucht wird. Das Ausmaß des Befalls durch kernholzentwertende Käfer kann gleichzeitig eingeschätzt werden. Die Untersuchungsbestände sind vorerst aus der regulären Bewirtschaftung herausgenommen.

Die dritte Ebene besteht zum einen aus einer 97jährigen Stieleichen-Dauerbeobachtungsfläche der FVA Rheinland-Pfalz zur Umweltkontrolle im Wald (BML 1995), die auf nassem Gley liegt. Von dort gibt es aus Teilbereichen u. a. Kronenzustandserhebungen seit 1991 (vgl.

³ Universität Trier, Fachbereich 6, Geographie und Geowissenschaften, Abteilung Fernerkundung

Abb. 2), genauere Vegetationsbeobachtungen und -kartierungen sowie eine Detailkartierung der Nässebereiche. CIR-Luftbildmaterial von 1992 (ein Jahr vor dem erstmaligen Schwammspinnerfraß) und 1995 (das Jahr nach zweimaligem Schwammspinnerfraß) soll hier einzelbaumweise ausgewertet werden. Innerhalb dieser Fläche liegt auch eine Untersuchungsfläche der zweiten Ebene.

Zum anderen werden in ca. 20jährigen, stark geschädigten Stieleichendickungen auf 5 Untersuchungsflächen Vollaufnahmen durchgeführt. Die Flächen sind 900 bis 2.500 qm groß, mit einer Gesamtuntersuchungsfläche von 1 ha. Dort werden vordringlich die Parameter: Stammfußkoordinaten der Bäume, Kronenzustandsklassen (schwach, mittel, gut belaubt), Mortalität, Wasserreiserklassen, Kraft'sche Baumklassen und Kronenentwicklung betrachtet.

4. Erste Ergebnisse

Gegen Ende der Vegetationszeit 1994 waren bereits erste vereinzelte Folgeschäden des Schwammspinner-Kahlfraßes auf nicht mit Insektiziden behandelten Flächen erkennbar. Das beträchtliche Ausmaß der Schäden wurde aber erst im Frühjahr 1995 deutlich. Überwiegend in Eichenbeständen aller Altersklassen sind einzelstamm- bis flächenweise Ausfälle zu verzeichnen.

Zur Erfassung und Dokumentation des derzeitigen Ausmaßes der Schäden (Untersuchungsebene 1, vgl. Kap. 3.2) erfolgte am 27. Juni 1995 ein den gesamten betroffenen Bereich des Bienwaldes abdeckender CIR-Bildflug im Maßstab 1:5.500. Eine erste orientierende und flächige Auswertung der Luftbilder ergibt das in Tab. 3 dargestellte Schadausmaß (Kulturflächen noch unberücksichtigt). Von 523 ha sind je etwa hälftig 258 ha schwere und schwerste Bestandesschäden mit Ausfallraten von 31 bis über 90 % und weitere 265 ha leichte bis mittelstarke Bestandesschäden mit Ausfallraten von 5 bis 30 % zu verzeichnen. Als Ausfallrate wird hierbei der prozentuale Anteil hauptständiger Bäume bezeichnet, die eine bereits völlig abgestorbene Krone oder eine Kronenverlichtung (Blatt- oder Nadelverlust) von 70 % und mehr aufweisen. Bei Eichen mit letzterem Schaden ist nach den aktuellen Beobachtungen die Überlebenswahrscheinlichkeit gering. Solche Eichen sind zum Teil schon im Spätsommer 1995 abgestorben.

Kronenschäden mit einer Verlichtung von weniger als 70 % wurden beim ersten Auswertungsdurchgang noch nicht erfaßt, da hierzu eine differenzierte, einzelbaumweise Bonitierung notwendig ist. Das tatsächliche Schadausmaß dürfte daher noch höher liegen.

Sowohl aus den CIR-Luftbildern als auch bei den örtlichen Begehungen springen die oft trennscharfen Grenzen von Bekämpfungsflächen auch ein Jahr nach der Maßnahme noch

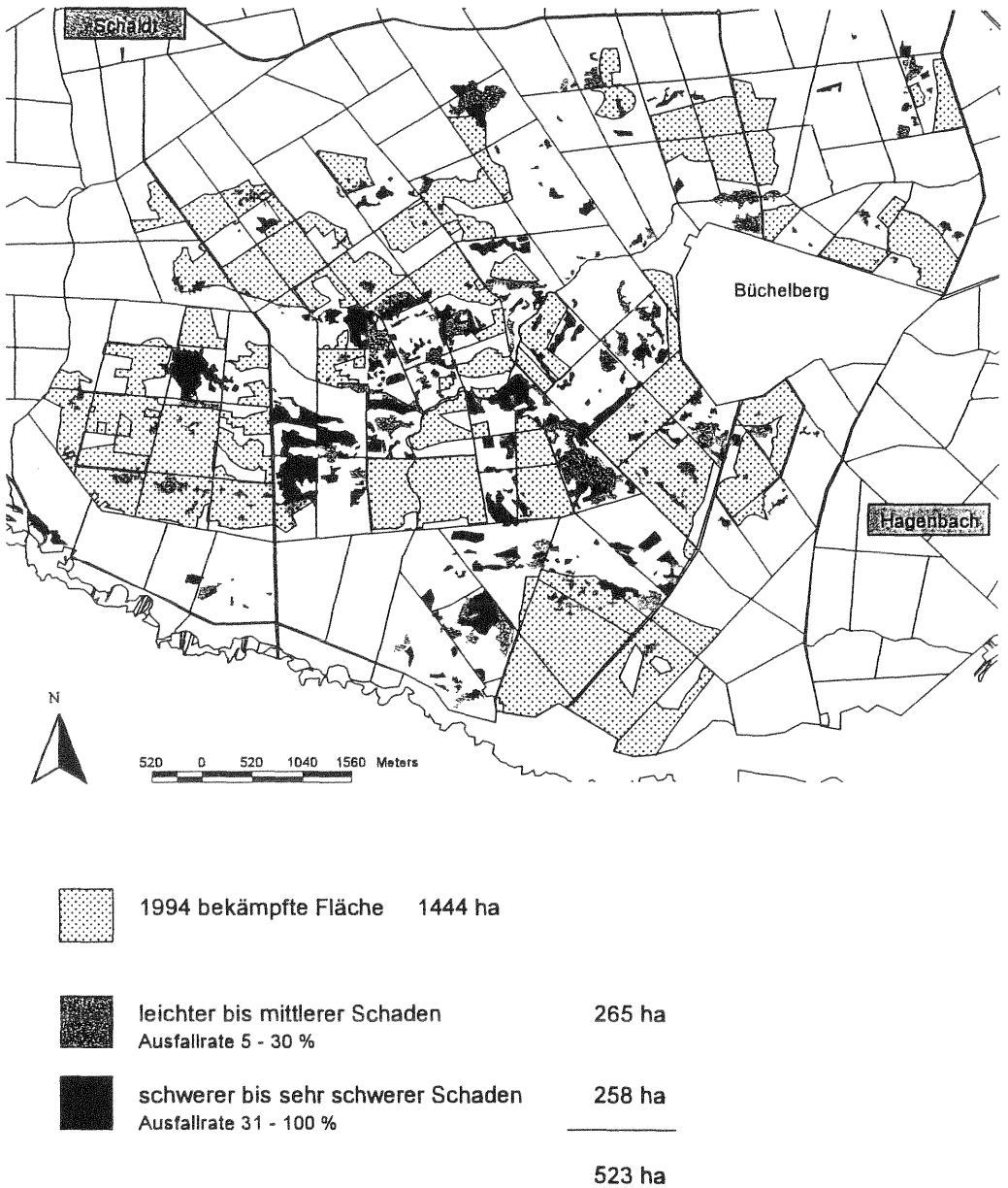


Abb. 1: Flächenvergleich der Schwammspinnerbekämpfung 1994 mit den Schadflächen 1995

deutlich ins Auge: weitgehend intakte Bestände in den behandelten Bereichen, große Ausfälle in den unbehandelten Bereichen. Dies läßt sich mit Hilfe der Abb. 1 beim Vergleich der Bekämpfungsf lächen 1994 mit den Schadfl ächen 1995 leicht erkennen. Vielerorts sind dort, wo in der Bekämpfungsf läche Lücken zu erkennen sind, regelrechte Schadfl ächenkorridore vorhanden. Die Schadfl ächen finden sich vorwiegend in 1994 nichtgeschützten und zweimalig befressenen Fl ächen, wie sie in Kap. 2 beschrieben sind. Nach BLOCK et al. 1995 läßt diese Beobachtung und die Tatsache, daß grundsätzlich nur Bestände mit prognostiziertem Kahlfraß mit Insektiziden behandelt worden sind, den Schluß zu, daß ohne Bekämpfungsmaßnahme das Ausmaß der Schäden weitaus größer gewesen und ein erheblicher Teil der Eichenbestände des Bienwaldes schwer geschädigt oder vernichtet worden wäre.

Tab. 3: Umfang der Folgeschäden des Schwammspinner-Kahlfraßes im Bienwald; angegeben sind Schadfl ächen (ha) mit unterschiedlichen Ausfallraten (prozentualer Anteil von toten oder absterbenden hauptständigen B äumen) aufgeteilt nach Altersklassen; Stand: Ende Juni 1995

Ausfallrate	Bestandesalter					Σ
	10-30 Jahre	31-50 Jahre	51-110 Jahre	111-140 Jahre	> 140 Jahre	
5-30 %	46	48	73	20	78	265
31-60 %	50	20	45	8	28	151
61-90 %	39	3	12	2	18	74
> 90 %	16	7	2	2	6	33
Σ	151	78	132	32	130	523

Die Genese der Schäden im Bienwald kann anhand der bereits genannten Stieleichen-Dauerbeobachtungsfl äche veranschaulicht werden (siehe Abb. 2). Seit 1991 erfolgen dort durch die FVA Rheinland-Pfalz jährlich im Juni einzelbaumweise Ansprachen zum Umfang des Laubverlustes durch Raupenfraß sowie im August Kronenzustandsansprachen nach den Kriterien der Waldzustandserhebung (vgl. SCHRÖCK 1994).

In den Jahren 1991 und 1992 wiesen die Eichen dieser Dauerbeobachtungsfl äche bei der Augustbonitierung einen mittleren Blattverlust von 18 bzw. 24 % auf. Die Fraßschäden durch Schmetterlingsraupen waren in diesen beiden Jahren nur unbedeutend. 1993 erfolgte dann ein Lichtfraß durch Schwammspinnerraupen, der zu einem merklichen Anstieg des mittleren Blattverlustprozentes auf 37 % im August 1993 führte. 1994 wurde dieser Bestand durch Schwammspinner völlig kahlgefressen. Der Kahlfraß betraf neben den hauptständigen Eichen auch den Hainbuchenunterstand und die Bodenvegetation. Nur die wenigen beigemischten Eschen blieben belaubt. Bis auf drei Eichen trieben alle B äume der Versuchsfl äche wieder aus, allerdings stieg das durchschnittliche Blattverlustprozent der Augustaufnahme auf 69 %

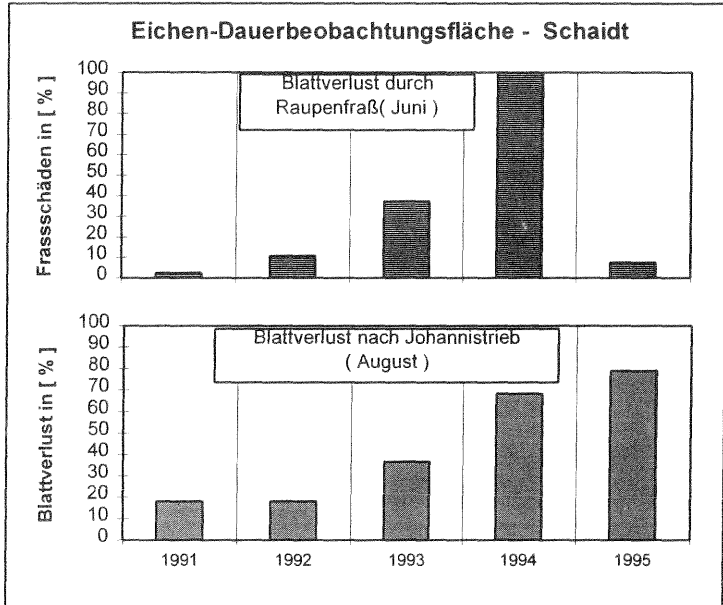


Abb. 2: Entwicklung der Blattverluste durch Raupenfraß jeweils im Juni (oben) und der Blattverluste nach Johannistrieb jeweils im August (unten) auf einer ca. 0,25 ha großen, 97jährigen Stieleichen-Dauerbeobachtungsfläche im Forstamt Schaidt von 1991 bis 1995; aufgeführt sind die mittleren Blattverluste des beobachteten Baumkollektivs

an. Im Frühjahr 1995 trieben 23 der 53 Beobachtungsbäume nicht mehr aus. Bis zum August fielen weitere 6 Beobachtungsbäume aus. Dieser ehemals vergleichsweise vitale, wüchsige Stieleichenbestand wurde demnach durch den Schwammspinnerfraß aufs schwerste geschädigt. Mehr als die Hälfte der beobachteten Eichen sind hier abgestorben (Abb. 2).

Wie in Kap. 3.2 beschrieben, wird die Weiterentwicklung stark geschädigter Stieleichendickungen beobachtet. In Abb. 3 ist die räumliche Verteilung der im Sommer 1995 noch weitgehend vitalen Bäume (relativer Blattverlust nach den Kriterien der Waldzustandserhebung $\leq 30\%$ bzw. Blattmasse $> 70\%$) auf einer 2.500 qm großen Fläche mit schwarzen Punkten dargestellt. Sollten diese Bäume weiter vital bleiben, stünden dem Forstbetrieb etwa 500 Bäume der ersten beiden Kraft'schen Baumklassen je Hektar mit der in Abb. 3 dargestellten Verteilung weiterhin zur Verfügung. Über die weitere Beobachtung der Vitalität und Qualität (Wasserreiserbildung, Astreinigung, Steilastbildung) dieser Bäume soll geprüft werden, ob sich mit diesem „Ausgangsbestand“ ein abgewandeltes forstliches Produktionsziel verwirklichen läßt.

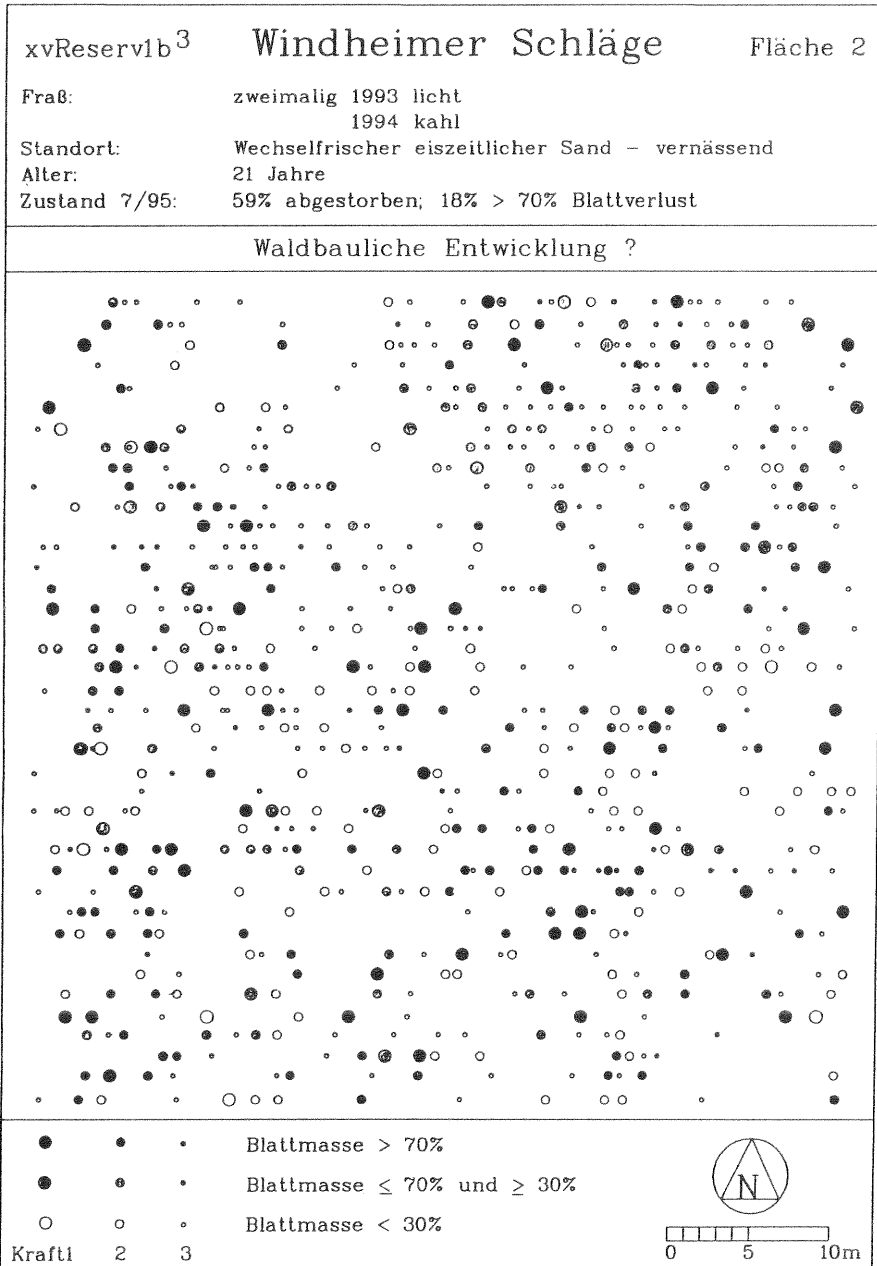


Abb. 3: Räumliche Verteilung überlebender Bäume nach Schwammspinnerfraß in einer Eichendickung

5. Mögliche Ursachen und erwartete Entwicklung

BLOCK et al. 1995 kommen aufgrund erster Befunde zu folgender **Ursachenhypothese**: Hohe Winter- und Frühjahrsniederschläge sowie starke sommerliche Gewitterregen haben 1994 zu hoher Wassersättigung der ohnehin zur Vernässung neigenden Böden geführt, wie dies im Bienwald immer wieder vorkommt. Gleichzeitig war die Transpiration der Eichenbestände aufgrund ihrer Entlaubung durch Schwammspinnerfraß und Mehltaubefall anhaltend und stark eingeschränkt. Zusätzlich dürfte die Zersetzung großer Mengen Raupenkot und abgestorbener Raupen im Sommer 1994 dem Boden Sauerstoff entzogen haben. Zu dieser Zeit herrschten verhältnismäßig hohe Lufttemperaturen. Durch das Zusammenwirken dieser Gegebenheiten sind im Boden wahrscheinlich anaerobe Bedingungen entstanden, mit der Folge eines vermehrten Absterbens der Feinwurzeln.

Als wesentliches Indiz für diese Hypothese steht die augenscheinliche Beschränkung der besonders schweren Schäden auf stau- und grundnasse Standorte. Auch die Beobachtung, daß starke Schäden offensichtlich bei nur einmaligem Kahlfraß im wesentlichen nur im Sommer 1994, nicht aber im Sommer 1993 entstanden sind, bekräftigen dies. Nur im Sommer 1994 waren die soeben beschriebenen Rahmenbedingungen gleichzeitig gegeben.

Im Juli 1994 durchgeführte Wurzeluntersuchungen sprechen dafür, daß erhebliche Feinwurzelverluste als direkte Folge des Schwammspinner-Kahlfraßes auf allen Standorten, auch auf nicht vernässten, auftreten können. Die offensichtlich wesentlich höhere Mortalität in vernässten Bereichen des Bienwaldes dürfte daher durch weitere, in den besonderen Standortverhältnissen liegende, Gründe bedingt sein (vgl. BLOCK et al. 1995).

Von einer ähnlichen Ursachenhypothese für ein massives Stieleichensterben in Ungarn geht auch VARGA (1987) aus. Auch von PRPIC und RAUS (1987) wurde ein Stieleichensterben in Kroatien mit "Anaerobiosis" in Verbindung gebracht.

Nach den Ergebnissen einer ersten Symptomanalyse im Frühsommer 1995 geht im schwachen Astbereich ein offensichtlich sehr rascher sekundärer Absterbeprozess mit einer schnellen Ausbreitung von Rindenpilzen einher. An stärkeren Ästen und an Stämmen war teilweise Prachtkäferbefall (*Agrius spec.*) zu beobachten. Daneben wurden aber auch absterbende 100-jährige Eichen mit so geringem Befall festgestellt, daß der Prachtkäfer nicht überall als wesentliche sekundäre Absterbeursache in Betracht kommt. In mittelalten und alten Beständen war im Frühsommer 1995 noch kein nennenswerter Hallimaschbefall (*Armillaria mellea* Kumm.) an den Wurzelanläufen festzustellen. Lediglich an absterbenden Eichen im Dikungsalter war er zu beobachten.

Im gesamten vom Schwammspinnerfraß betroffenen Bereich des Bienwaldes sind weitere Folgeschäden zu erwarten. In angeschlagenen Beständen aller Altersklassen dürfte der Befall

durch **Hallimasch** (*Armillaria mellea* Kumm.) im Wurzelraum und anderen **Rindenpilzen** im Kronenbereich eine Erholung von Bäumen mit starken Kronenschäden behindern.

Besonders bedrohlich erscheint die aufgrund des immensen bruttauglichen Materials zu erwartende, weitere Vermehrung der **Eichenprachtkäfer** (*Agrilus* spec.).

Infolge des Ausfalls zahlreicher Eichen kommt es vielerorts zur Auflichtung der Bestände. Die **Vergrasung** lichter Bestände v.a. durch Pfeifengras (*Molinia caerulea* L.) und Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa* L.) stellt im Bienwald ein großes Hindernis dar und hat infolge der Schwammspinnerkalamität deutlich zugenommen. Wiederbegründungen sind dort oft nur noch künstlich und mit hohem Aufwand möglich. Der durch die Auflichtung verursachte hohe Lichteinfall bewirkt an Eichen die Ausbildung von Wasserreisern, was bekanntermaßen meist zu erheblichen **Qualitätseinbußen** für das zu produzierende Holz führt. Aufgelichtete und nach Fällungsmaßnahmen angerissene Bestände stören die räumliche Ordnung und können bei den vorherrschenden nassen Verhältnissen unter Umständen einer **erhöhten Sturmwurfgefahr** unterliegen.

Weiterhin stellt der Stehendbefall absterbender und abgestorbener Eichen durch **kernholzentwertende Insekten** in Folge der Schwammspinnerkalamität eine große Gefahr für das zu verwertende Holz dar.

Literatur

- BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (BBA) (1991): Richtlinien für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln aus Luftfahrzeugen. BBA, 2. Auflage, 12 S.
- BLOCK J., DELB H., HARTMANN G., SEEMANN D. und SCHRÖCK H.W. (1995): Schwere Folgeschäden nach Kahlfraß durch Schwammspinner im Bienwald. Allgemeine Forst Zeitschrift/Der Wald, 50. Jg., Nr. 23, 1278-1281.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (BML) (Hrsg.) (1995): Dauerbeobachtungsflächen zur Umweltkontrolle im Wald, Deutscher Beitrag zum europäischen Waldschadensmonitoring (Level II - Programm). 25 S. und Anhang.
- FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT BADEN-WÜRTTEMBERG (1993): Kernholzentwertende Insekten an Eichenstammholz (Stehendbefall). Internes Merkblatt der Abteilung Waldschutz, 12/93, 2 S.

- HARTMANN, G. und BLANK, R. (1992): Winterfrost, Kahlfraß und Prachtkäferbefall als Faktoren im Ursachenkomplex des Eichensterbens in Norddeutschland. *Forst und Holz*, 47. Jg. Nr. 15, 443-452.
- KLEIN, H. (1994): Der Schwammspinner-Forstschädling oder Bioindikator? BUND-Kommentare. Hrsg.: Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (Bonn), 28 S.
- KOLMET, C. (1993): Schwammspinnerbekämpfung im Frühjahr 1994? - Risiken und Folgen, GNOR aktuell, 2/1994, 13. S.; Hrsg.: Landesgeschäftsstelle der GNOR, Bachgasse 4, 56373 Nassau.
- PRPIC, B. und RAUS, D. (1987): Stieleichensterben in Kroatien im Licht ökologischer und vegetationskundlicher Untersuchungen. *Österreichische Forstzeitung* 3/1987, 55 - 57.
- ROLOFF, A. (1989): Entwicklung und Flexibilität der Baumkrone und ihre Bedeutung als Vitalitätsweiser. Teil I und Teil II, *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 140 Jg., 9/11, 775-789, 943-963.
- SCHANOWSKI, A. und SPÄTH, V. (1994): Der Schwammspinner - Vorbote der Klimaerwärmung? - Denkanstöße für ein Langfrist-Konzept zur Erhaltung der Wälder - Hrsg.: Naturschutzbund Deutschland (NABU) Landesverband Baden-Württemberg e.V.; 24 S.
- SCHRÖCK, H.W. (1994): Kronenzustand auf Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz - Entwicklung und Einflußfaktoren -. *Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz*, Nr. 28/1994, 229 S. und Anhang.
- VARGA, F. (1987): Erkrankung und Absterben der Bäume in den Stieleichenbeständen Ungarns. *Österreichische Forstzeitung* 3/1987, 57-58.

Joachim Gonschorrek

Hessische Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie,
Abteilung Waldschutz, Hann. Münden

Versuche zur Schwammspinner-Bekämpfung in Hessen

Einführung

Im zweiten Jahr des verstärkten Auftretens des Schwammspinners (*Lymantria dispar* LINNÉ) in Südhessen, 1994, wurden von der Abteilung Waldschutz der Hessischen Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie in Zusammenarbeit mit dem Institut für biologischen Pflanzenschutz der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft umfangreiche Bekämpfungsversuche durchgeführt. Das Hauptziel dieser Versuche war, die Wirksamkeit verschiedener Pflanzenschutzmittel auf der Basis von *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (B.t.k.) in unterschiedlichen Aufwandmengen im Vergleich zu dem chemischen Häutungshemmer Diflubenzuron (Dimilin®) unter Praxisbedingungen zu prüfen. Gleichzeitig ergaben sich zusätzliche Informationen zur Populationsdynamik des Schwammspinners.

Material und Methode

In Südhessen wurden insgesamt 53 behandelte und unbehandelte Versuchsflächen in Eichenbeständen im Alter zwischen 20 und 200 Jahren angelegt. Zum einen waren es 37 nebeneinanderliegende, neunzig Meter breite Behandlungspartellen mit Längen zwischen 350 und 700 Metern in zwei Versuchsarealen und zum anderen 16 Dauerbeobachtungsflächen unterschiedlicher Größe, verteilt über das Befallsgebiet. Auf letzteren soll in den kommenden Jahren auch die Reaktion der Eichen auf Schwammspinnerfraß untersucht werden. Die Breite der Behandlungspartellen ergab sich aus der dreifachen Sprühbahnbreite von je 30 Metern. Die mittlere Bahn kam in die Auswertung, die beiden äußeren dienten als Sicherheitsabstand zur Nachbarpartelle. Bei den Dauerbeobachtungsflächen wurde die Auswertungsfläche in das Zentrum gelegt.

Auf den Dauerbeobachtungsflächen wurde an jeweils zehn Bäumen die Eigelegezahl am unteren Stammabschnitt (bis 4 m Höhe) sowie darüber ermittelt. Mit Hilfe eines guten Fernglases war es möglich, die Gelegezahl auch im Kronenbereich hinreichend genau zu erfassen. Weiterhin wurde auf drei Linien von je zehn aufeinanderfolgenden Bäumen das zur Augenhöhe nächstgelegene Eigelege zur Eizählung abgenommen.

Unmittelbar vor der Behandlung, Anfang Mai, sowie zwei und vier Wochen danach wurde auf allen Flächen der Kotfall der Raupen unter Verwendung von Kotfalltafeln erfaßt. Die Applikation der Pflanzenschutzmittel erfolgte durch Hubschrauber mit einer Wasseraufwandmenge von 50 l pro Hektar. Die eingesetzten Mittel und ihre Mengen sind der Abb. 3 zu entnehmen.

Ergebnisse

Zur Populationsdynamik

Über 85 % der Eigelege wurden 1994 an den Stämmen und Ästen oberhalb vier Metern abgelegt. Die Auswertung der Eizahlen je Gelege bestätigte die Notwendigkeit einer systematischen Gelegesammlung, z.B. in der oben beschriebenen Weise. Bei einer zum Vergleich durchgeführten wahllosen Sammlung ohne ein bestimmtes Muster wurden offensichtlich unbewußt durchschnittlich größere Gelege gesammelt.

Tab. 1: Daten zur Populationsdichte auf den Dauerbeobachtungsflächen

Fläche	Alter	Ø Gelege/Baum	Ø Eier/ Gelege	Ø Eier/Baum	Eier/ha	Ø Kotfall 1.Termin	Eier/ha : Kotfall 1.Termin
108D11	64	34,9	206	7.172	3.370.817	324,1	10.401
108D16	139	85,3	252	21.496	8.383.284	555,9	15.081
108D74A	50	7,5	260	1.952	1.327.530	100,5	13.209
108D74B	88	15,0	236	3.537	2.051.460	171,0	11.997
129D9	131	27,0	98	2.641	1.571.157	94,0	16.714
129D10	129	48,7	110	5.372	821.856	133,9	6.138
129D38	61	15,3	202	3.086	1.944.186	159,3	12.205
129D52	122	45,7	119	5.447	800.773	341,6	2.344
129D603	89	50,0	140	6.995	2.119.485	246,1	8.612
129D610	108	28,3	177	4.944	2.363.237	278,8	8.476
150D9	45	58,8	106	6.256	5.317.872	438,1	12.138
150D106	116	78,2	354	27.691	20.767.965	508,0	40.882
150D127	39	48,5	100	4.831	5.410.272	422,0	12.821
150D128	94	132,2	186	24.563	3.242.284	547,6	5.921
150D501	131	239,7	301	72.149	14.862.838	517,3	28.732
150D621	83	4,6	254	1.166	522.413	115,0	4.543

Aus den Eizahlen je Gelege, den Gelegezahlen je Baum und der über einen Probekreis berechneten mittleren Stammzahl je Hektar konnte die Eizahl je Hektar ermittelt werden. Bei einer Schlupfrate von über 95 % im Frühjahr 1994 dürfte dieser Wert der Dichte der Raupenpopulation unmittelbar nach dem Schlüpfen entsprechen (Tabelle 1, Eier/ha). In Tabelle 1 ist weiterhin der durchschnittliche Kotfall der Raupen vor der Behandlung dargestellt (Ø Kotfall

1. Termin). Bei ungestörter Populationsentwicklung müßte es eine enge Beziehung geben zwischen der Kotfallmenge und der Anzahl der Raupen, d.h. eine bestimmte Menge Kotkrümel müßte eine bestimmte Anzahl Raupen repräsentieren. Der Quotient aus der Populationsdichte und dem Kotfall (Eier/ha : Kotfall 1. Termin) zeigt allerdings sehr unterschiedliche Größen. In Abbildung 1 ist dieser Quotient in Abhängigkeit von der Populationsdichte (Eier/ha) aufgezeichnet. Mit steigender Populationsdichte steigt der Quotient auf den meisten Flächen (fast linear) an. Das bedeutet, daß die Populationsdichte in den etwa zwei Wochen

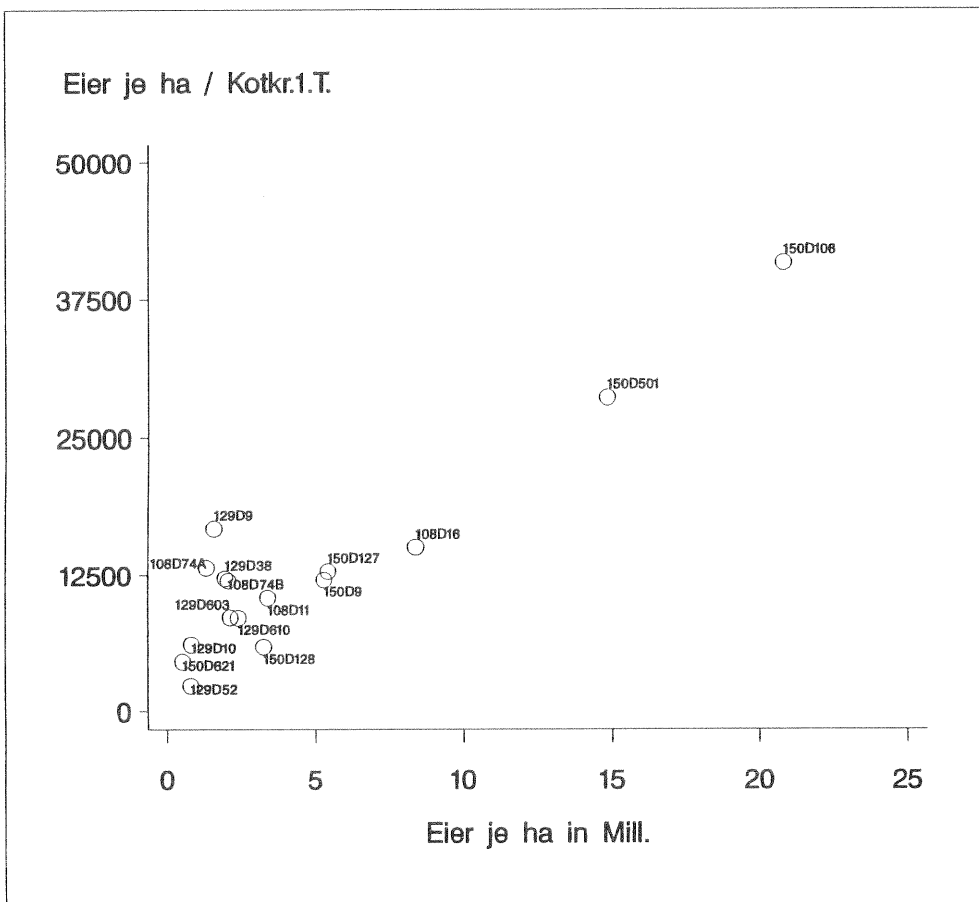


Abb. 1: Quotient aus Eiern/ha und Kotfall in Abhängigkeit von der Populationsdichte (Eier/ha)

zwischen dem Schlupf der ersten Raupen und der Messung des Kotfalls dichteabhängig reduziert worden sein muß. Als wesentlicher Reduktionsfaktor kann die in der Literatur beschriebene Vertriftung der Schwammspinnerraupen im L1-Stadium angenommen werden (WELLENSTEIN, G., SCHWENKE, W., 1978), die durch Hunger und möglicherweise intraspezifische Regulationsfaktoren der Populationsdichte (evtl. Streß) ausgelöst wird. Möglich ist auch, daß unspezifische Räuber, die die noch kleinen Raupen überwältigen können, wie beispielsweise Ameisen (*Formicidae*), einen flächenweise unterschiedlichen, aber deutlichen Einfluß auf die Populationsdichte gehabt haben (BATHON, mdl.). Eine auffällig hohe Raupenreduktion war bei relativ geringer Populationsdichte (Eizahl/ha) auf den Flächen 108D74A und B, 129D9 und 38 festzustellen. Auf diesen Flächen waren auch im weiteren Verlauf der Versuche überdurchschnittlich hohe Populationsrückgänge zu verzeichnen, die nicht allein auf die Bekämpfungsmaßnahmen zurückzuführen sind. Es ist zu vermuten, daß hier von Anfang an Antagonisten eine größere Rolle gespielt haben als auf den übrigen Flächen.

In Abbildung 2 sind die Verteilungen der Eizahlen je Gelege ($n = 30$) aus den Dauerbeobachtungsflächen von 1994 und einer Neubefallsfläche von 1995 dargestellt, eingeteilt in drei Klassen. Klasse 1 beinhaltet die Gelege aus Flächen, in denen bereits 1993 starker Fraß zu verzeichnen war, Klasse 2 die Gelege aus Flächen ohne oder mit nur schwachem Fraß im Jahr 1993 und Klasse 3 Gelege aus einer Neubefallsfläche von 1995. Die Gelegegrößen der Klassen 1 und 2 unterscheiden sich signifikant, während die Klasse 3 den Gelegegrößen der im Jahr 1994 neubefallenen Flächen (Klasse 2) gleicht. Nach Zahlenangaben von WELLENSTEIN und SCHWENKE, die sie auf rumänische Quellen zurückführen, geben die Gelegegrößen einen Hinweis über den Stand der Populationsentwicklung. Bei einer mittleren Eizahl unter 150 je Gelege (\cong Klasse 1) ist bereits die Retrogradation eingetreten, während sich die Population bei durchschnittlich 250 - 350 Eiern (\cong Klasse 2 und 3) noch in der Eruptionsphase befindet. Die Schwammspinnerpopulation in Südhessen hat sich demnach nicht auf allen Befallsflächen gleichmäßig entwickelt, sondern es haben sich, ausgehend von Altbefallszentren, neue Teilpopulationen aufgebaut. Die Neubefallsfläche von 1995 (Klasse 3) ist mit Sicherheit auf in 1994 vertriftete Raupen zurückzuführen, da hier nur in einem Randstreifen zum Altbefallsgebiet Eigelege gefunden wurden. Die vertrifteten Raupen fanden gute Ernährungsbedingungen, da die intraspezifische Fraßkonkurrenz klein und außerdem der Einfluß der natürlichen Gegenspieler noch gering war. Die Raupen konnten sich gut entwickeln und die späteren weiblichen Falter legten relativ große Gelege ab. Ein Überflug von Weibchen ist auszuschließen, da diese im Neubefallsgebiet, ebenso wie im Altbefallsgebiet nur kleine Eigelege mit durchschnittlich 150 Eiern abgelegt hätten. Raumgreifende Wanderungen von Raupen wurden im Gebiet nicht beobachtet, so daß allein die Windvertriftung als bedeutender Faktor für die Ausweitung des Gradationsgebietes bleibt. Bei künftigen Massenentwicklungen sollte daher dem zeitlich verschobenen Gradationsverlauf in neuen Infektionsherden besondere Beachtung geschenkt werden.

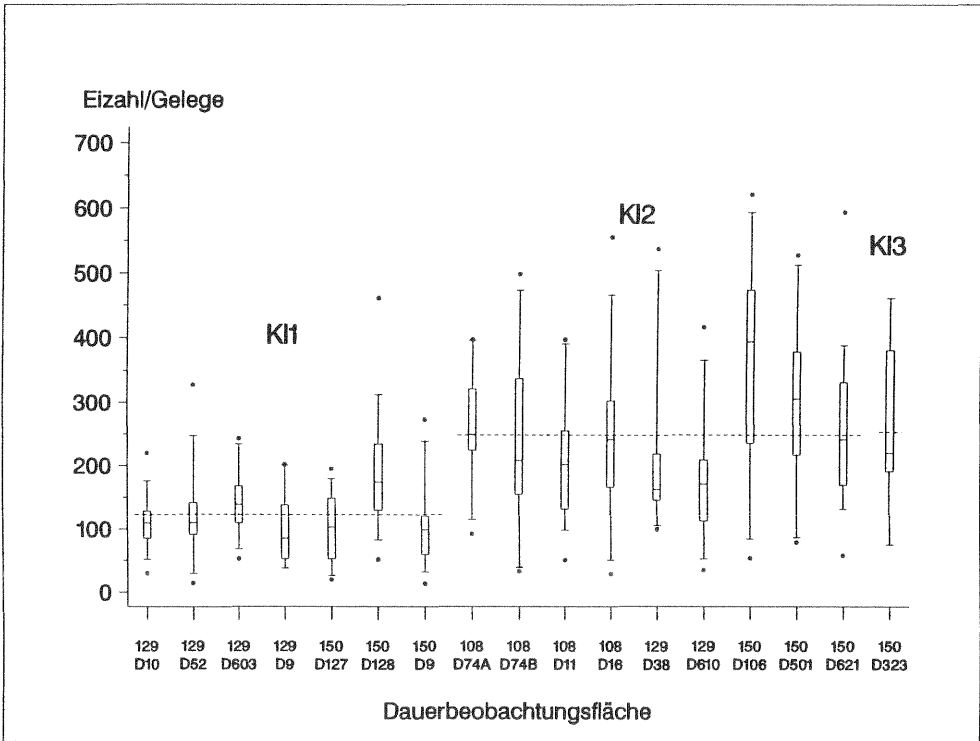


Abb. 2: Boxplotdarstellung der Eigelegegrößen auf den Dauerbeobachtungsflächen (KI 1: Befall 1993 und 1994, KI 2: Befall 1994, KI 3: Neubefall 1995)

Behandlungsversuche

Die Wirkungsprozente der verschiedenen *B.t.k.*-Präparate in unterschiedlichen Aufwandmengen im Vergleich zu Dimilin® mit einer Aufwandmenge von 150 g/ha sind in Abb. 3 dargestellt. Die dunklen Säulen stehen für das Wirkungsprozent W1, etwa zwei Wochen nach der Behandlung, und die helleren Säulen für W2, etwa vier Wochen nach der Behandlung. Auffällig sind die sehr großen Differenzen des W1 bei *B.t.k.*-Applikation, die nicht auf die Unterschiede in der Pflanzenschutzmittel-Konzentration der Spritzbrühen zurückgeführt werden können. Bei der Überprüfung im Gelände zeigte sich, daß *B.t.k.*-Präparate überall dort schlecht gewirkt hatten, wo eine sehr dichte Belaubung und / oder dichter Unterstand eine Benetzung der gesamten Blattfläche verhinderte. Es ist offensichtlich, daß bei der Applikation hauptsächlich die oberen Blattschichten benetzt wurden, die unteren dagegen nur wenig oder gar nicht. So konnten Raupen in den unteren Bestandesschichten überleben und nach Abbau

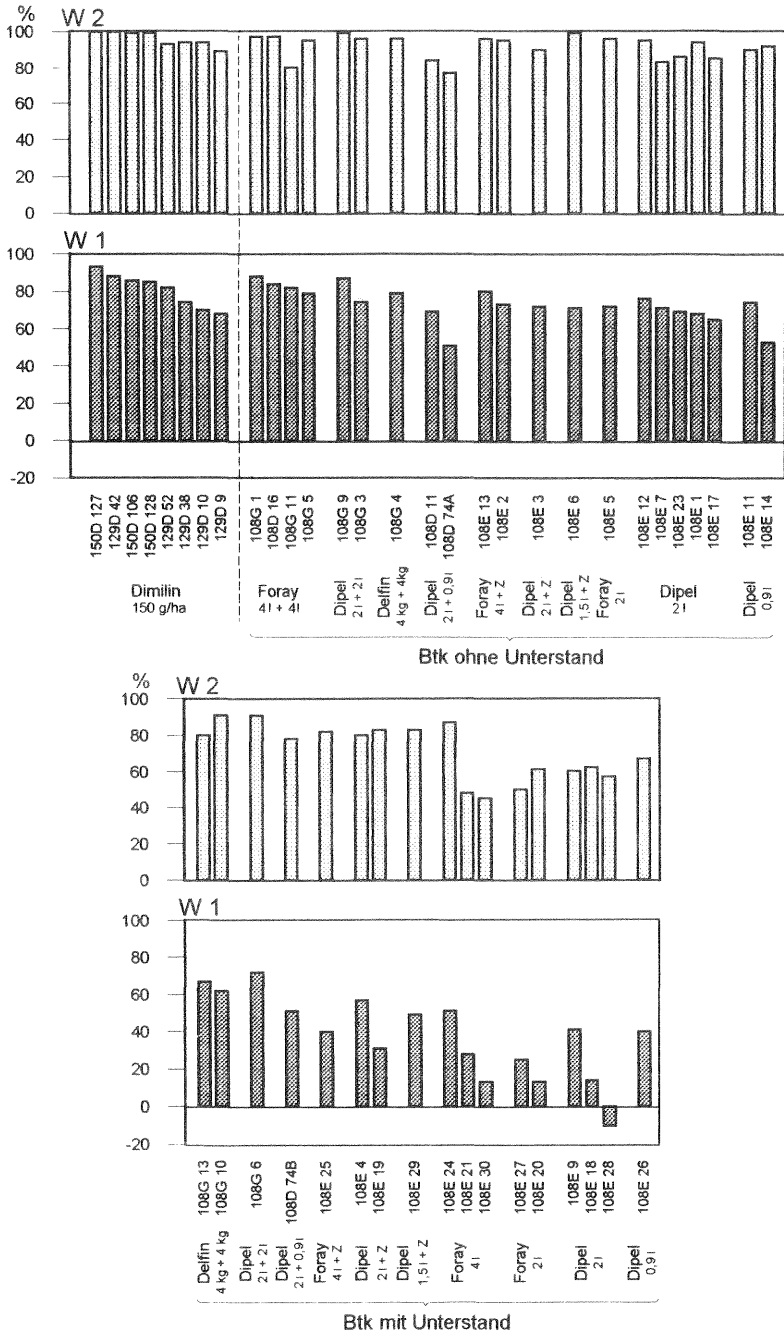


Abb. 3: Wirkungsprozente der ausgebrachten Pflanzenschutzmittel zwei (W1) und vier Wochen (W2) nach der Applikation

des *B.t.k.* innerhalb von 24 bis 48 Stunden auch in den oberen weiterfressen. Weiterhin ist denkbar, daß sich ein Teil der Raupen aufgrund der Turbulenzen bei der Befliegung hat fallen lassen und somit keine *B.t.k.*-behandelten Blätter gefressen hat. Bei Dimilin®-Einsatz spielen derartige Effekte wegen der langanhaltenden Wirkung keine Rolle.

Faßt man die Wirkungsprozente getrennt nach Beständen mit bzw. ohne Dichtscluß oder Unterstand zusammen (Abb. 4), so zeigt sich, daß bei günstiger Bestandesstruktur mit *B.t.k.*-Präparaten im Vergleich zu Dimilin® annähernd gleich hohe Wirkungsprozente erzielt werden können.

Die Wirkungsprozente etwa vier Wochen nach der Applikation (W2) sind schon sehr stark überlagert von der Wirksamkeit der natürlichen Gegenspieler und daher nicht mehr ausschließlich auf die Pflanzenschutzmittel zurückzuführen. Sie zeigen aber, daß auch bei anfänglich ungenügender Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln integriert mit anderen Faktoren noch eine ausreichende Steigerung möglich ist, bevor die Raupen die gefährlichen älteren Entwicklungsstadien erreichen.

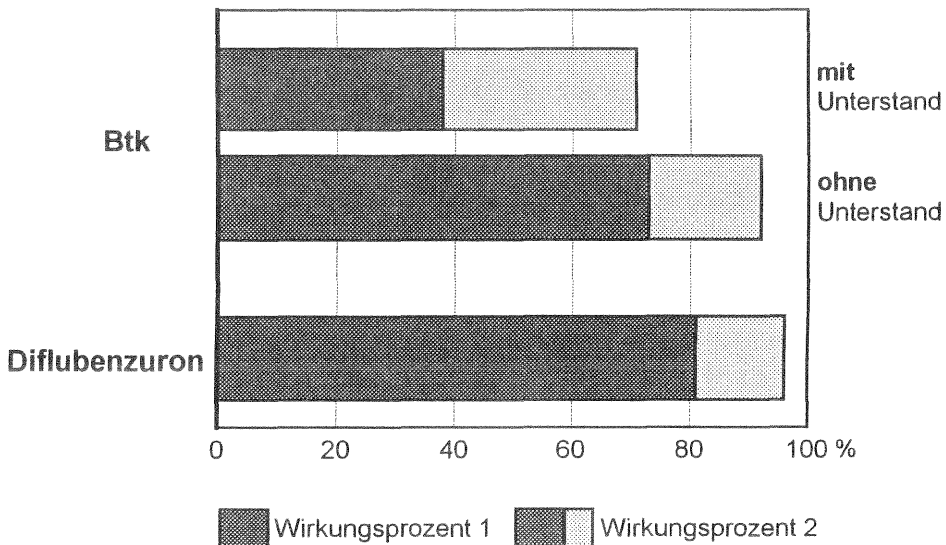


Abb. 4: Durchschnittliche Wirkungsprozente von *B.t.k.*-Präparaten in Beständen mit und ohne Unterstand bzw. Dichtscluß, sowie von Diflubenzuron

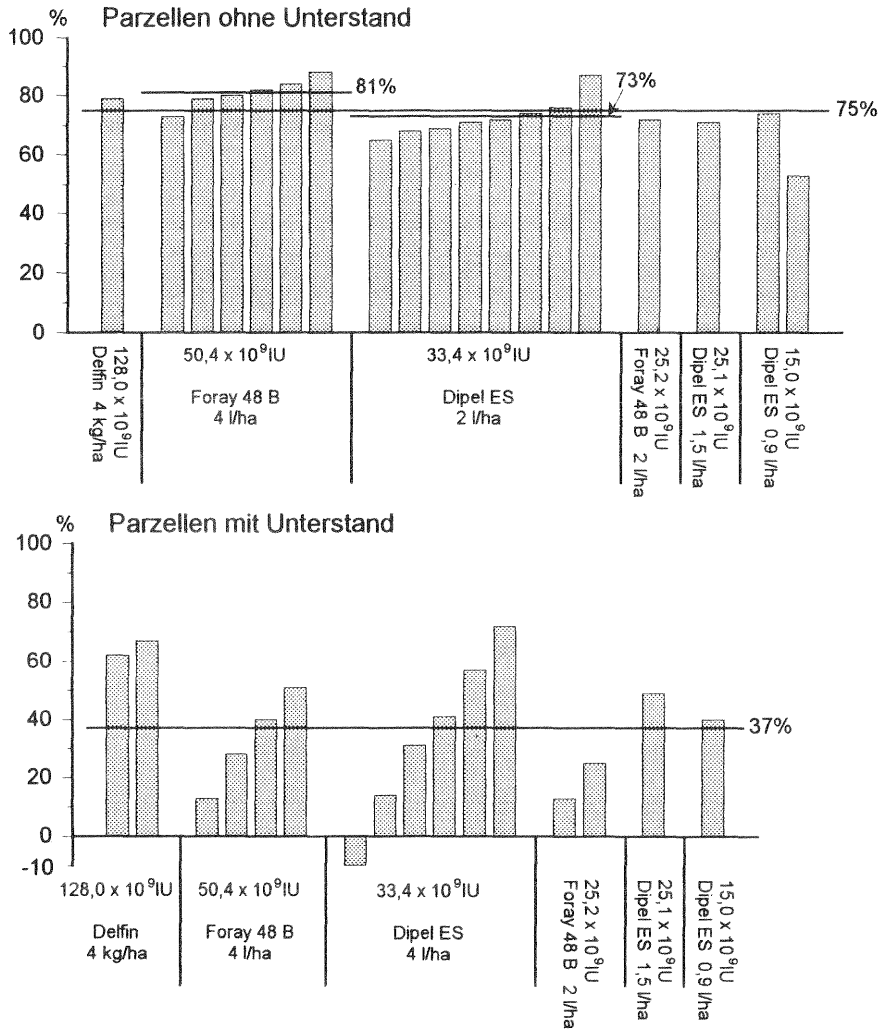


Abb. 5: Wirkungsprozente zwei Wochen nach der Applikation (W1) geordnet nach der Sporenaktivität

Auf einigen Parzellen wurde der Spritzbrühe 0,5 % Zucker (+ Z) als mögliche Fraßstimulanz zugesetzt (Abb. 3). Eine Wirkungssteigerung hierdurch konnte nicht festgestellt werden. Auch eine Erhöhung der ausgebrachten *B.t.k.*-Menge über einen Grenzwert hinaus zeigt keine deutliche Wirkungssteigerung (Abb. 5). In Abbildung 5 sind die Wirkungsprozente zwei Wochen nach der Applikation (W1) nach der jeweils ausgebrachten Sporenaktivität (IU = International Units) geordnet. Es zeichnet sich ab, daß in Beständen ohne Unterstand mit einer Sporenaktivität von etwa 25×10^9 IU / ha das im Pflanzenschutzmittel-Zulassungsverfahren der Biologischen Bundesanstalt geforderte Wirkungsprozent für *B.t.k.*-Präparate von 70 % erreicht werden kann. Diese Menge entspricht 2 l/ha Foray®, 1,5 l/ha Dipel ES® oder 780 g/ha Delphin®.

Zusammenfassung

Mit Pflanzenschutzmitteln auf der Basis von *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* lassen sich Schwammspinnerraupe ausreichend sicher bekämpfen, wenn das Präparat gleichmäßig im gesamten Kronenraum verteilt ist. In Beständen mit Dichtschluß und / oder dichtem Unterstand ist dies bei der herkömmlichen Ausbringung mit 50 l Wasser je Hektar kaum möglich.

Die Windvertriftung der L1-Stadien hatte eine große Bedeutung bei der Ausweitung des Befallsgebietes in Südhessen und bei der Prognose der Populationsentwicklung. 1994 und 1995 war die Schwammspinnerpopulation in Südhessen in einigen Gebieten bereits in der Retrogradation, während sie sich in anderen noch in der Eruptionsphase befand. Neben der Feststellung der Eizahlen je Hektar zur Abgrenzung des Schadgebietes müssen neue Infektionsherde durch vertriftete Raupen rechtzeitig erkannt und gegebenenfalls mit bekämpft werden.

Literatur

- GONSCHORREK, J. (1996): Versuche zur Bekämpfung von Schwammspinnern (*Lymantria dispar* LINNÉ) mit *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*-Präparaten im Jahr 1994 in der Hessischen Rhein-Main-Ebene. Forschungsberichte der Hessischen Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie. Bd. 21: 7 - 45.
- WELLENSTEIN, G., SCHWENKE, W. (1978): *Lymantria* HBN. In SCHWENKE, W.: Die Forstschädlinge Europas. Bd. 3. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 467 S.

Horst Bathon

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt

Zur Bedeutung der Parasitoide beim Zusammenbruch der Schwammspinner-Gradation in Südhessen

Summary

The relevance of parasitoids for the breakdown of a gradation of the Gypsy Moth (*Lymantria dispar* L.) in southern Hesse. - During a severe outbreak of the Gypsy Moth (*Lymantria dispar* L.) (Lepidoptera: Lymantriidae) in southern Hesse (Germany) the composition of the fauna of beneficial insects and their relevance for the population dynamics of the Gypsy Moth was studied from autumn 1993 to summer 1995. A total of 13 parasitoids and 4 predators has been collected. The eggs were exclusively parasitized by *Ooencyrtus kuwanae* (HOW.) (Hym.: Encyrtidae). The most important parasitoids of the caterpillars were *Parasetigena silvestris* (ROB.-DES.) (Dipt.: Tachinidae) and *Glyptapanteles porthetriae* (MUES.) (Hym., Braconidae). Promoted by the wet and cold spring in 1995 the populations of *L. dispar* broke down due to the activity of the parasitoids and a nuclear polyhedrosis virus.

Zusammenfassung

Während der Gradation des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) (Lepidoptera: Lymantriidae) wurden zwischen Herbst 1993 und Sommer 1995 in Südhessen Untersuchungen zur Zusammensetzung und Bedeutung der Antagonistenfauna durchgeführt. Insgesamt konnten 13 Parasitoiden- und 4 Prädatoren-Arten nachgewiesen werden. Die Eier des Schwammspinners waren ausschließlich von dem Eiparasitoiden *Ooencyrtus kuwanae* (HOW.) (Hym.: Encyrtidae) parasitiert. Als bedeutendste Larvenparasitoide traten in Neubefallsgebieten *Glyptapanteles porthetriae* (MUES.) (Hym., Braconidae) und in Altbefallsgebieten *Parasetigena silvestris* (ROB.-DES.) (Dipt.: Tachinidae) auf. Begünstigt durch das naß-kalte Frühjahrswetter 1995 führten diese Parasitoide zusammen mit der *L. dispar*-Kernpolyedrose zum Zusammenbruch der Gradation.

Einleitung

Zwischen 1993 und 1995 kam es im süddeutschen Raum zur bedeutendsten Gradation des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) (Lep., Lymantriidae), die bisher aus Deutschland bekannt wurde. Auf die Ursachen dieser Massenvermehrung und der weiterer Forstschädlinge geht SCHWENKE (1994) ein. Die abiotischen und biotischen Voraussetzungen sollen hier daher nicht näher beleuchtet werden. Die Situation nach den ersten großflächigen Entlaubungen von Wäldern durch die Raupen des Schwammspinners 1993 wird bei WULF & BERENDES (1993) eingehend dargestellt.

Durch das Fehlen natürlicher Gegenspieler in Nordamerika konnte sich der Schwammspinner nach seiner Einschleppung im Jahre 1868 ungehindert ausbreiten und führte regelmäßig zu großflächigem Kahlfraß in den Wäldern. Bereits früh wurde daher von amerikanischen Entomologen nach natürlichen Gegenspielern in Europa und Japan gesucht. Von den mehr als 120 im THOMPSON-Katalog (1946) verzeichneten Antagonisten wurden etwa 45 in Nordamerika freigesetzt, von denen sich 11 etabliert haben (CLAUSEN 1978). Dennoch treten dort immer wieder Schwammspinner-Gradationen auf, die nach wenigen Generationen durch die Aktivität von Parasitoiden, Prädatoren und das epizootische Auftreten einer Virose wieder zusammenbrechen.

Aus Südhessen war bisher noch keine Massenvermehrung des Schwammspinners bekanntgeworden, die zum großflächigen Kahlfraß in den Wäldern geführt hätte. Allerdings gehört der Schwammspinner zumindest in den letzten Jahrhunderten zu den in der Region verbreiteten Schmetterlingsarten. Er schädigte bislang hauptsächlich Obstbäume (NÄSSIG & ZUB, 1994) und trat immer wieder in eng begrenzten Gebieten in größeren Populationen auf, die rasch wieder verschwanden. Über eine erste großflächige Massenvermehrung und ihren durch Parasitoiden und das Schwammspinner-Kernpolyedervirus bedingten Zusammenbruch im südwestdeutschen Raum Mitte der achtziger Jahre berichteten MAIER & BOGENSCHÜTZ (1990).

In Mitteleuropa scheinen nur wenige Gegenspieler beim Zusammenbruch der Schwammspinner-Gradationen von Bedeutung zu sein (MAIER & BOGENSCHÜTZ, 1990). Zu den in Deutschland wichtigen Antagonisten trat 1993 ein weiterer ursprünglich in Ostasien beheimateter Eiparasitoid hinzu, *Ooencyrtus kuwanae* (HOW.) (Hym., Encyrtidae) (BATHON, 1993), der bereits etwa 1920 im Mittelmeergebiet zur Schwammspinnerbekämpfung freigesetzt wurde und sich dort circummediterran ausgebreitet hat.

Für 1994 wurde ein Zusammenbruch der Gradation des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) in einigen Bereichen Hessens aufgrund hochgradiger Parasitierung durch Raupenfliegen (*Parasetigena sylvestris*) prognostiziert (BATHON, 1993), die bereits 1993 in einigen Forstabteilungen bis zu 58% der zwischen dem 25. Juni und 20. Juli eingesammelten Raupen zum Absterben brachten. Die Untersuchungen in 1994 und 1995 sollten klären, welchen Anteil der Antagonistenkomplex am postulierten Zusammenbruch der Schwammspinnergradation hat und welche Antagonisten daran beteiligt sind. In den beiden Jahren mußten unterschiedliche Befallsflächen bearbeitet werden, da auf den Untersuchungsflächen von 1994 in 1995 nur noch sehr vereinzelt Schwammspinner auftraten. Von besonderem Interesse war auch ein Vergleich der Populationsentwicklung in Befallsflächen, die 1994 kahlgefressen worden waren, und solchen, die 1995 erstmals Schwammspinnerbefall aufwiesen.

Während des ersten Schwammspinner-Symposiums (WULF & BERENDES 1993) stellte BATHON (1993) Parasitoiden und Räuber vor, die in Mitteleuropa als Antagonisten des Schwammspinners von Bedeutung sein könnten. Die aus dem THOMPSON-Katalog (1946) zusammengestellte Liste kann aufgrund der Untersuchungen in 1994 und 1995 eingeschränkt werden. Nur wenige Arten spielten im Antagonistenkomplex eine wesentliche Rolle. Neben den Parasitoiden und den nur schwer quantifizierbaren Räufern führten insbesondere die

Kernpolyedrose des Schwammspinners LANGENBRUCH et al. (1996) und der Witterungsverlauf zum natürlichen Zusammenbruch der Gradation.

Versuchsflächen 1994

Die Untersuchungen 1994 fanden auf unbehandelten Kontrollflächen der Forstämter Lampertheim (Langwaden, Forst-Abt. 610: Eichen-Buchen-Hochwald; 5 Probenahmen), Rüdesheim (Aulhausen, Abt. 42: Eichen-, Buchen- und Kiefern-Mischwald; Abt. 34: Eichen- und Kiefern-'Niederwald' in Hanglage; je 6 Probenahmen) und Darmstadt (Messel, Abt. 684/686: Eichen-Buchen-Stangenholz zwischen *B.t.k.*-behandelten Versuchsflächen; 3 Probenahmen) statt. Die geringe Zahl an Probenahmen in Messel ist darauf zurückzuführen, daß die Fläche erst spät als Ersatz für ein Gebiet ausgewählt wurde, in dem zwischenzeitlich Dimilin^R zur Schwammspinnerbekämpfung ausgebracht worden war.

Versuchsflächen 1995

1995 wurden Waldflächen bei Lampertheim (Abt. 306 und 411) und Messel (Abt. 708) untersucht. Die Abt. 306 stellt einen Eichen-Buchen-Hochwald dar, der bereits im Vorjahr vom Schwammspinner befallen war. Die Abt. 411 weist einen Buchen-Kiefern-Hochwald mit Erstbefall durch den Schwammspinner auf. Beide Gebiete sind grundwasserfern und haben einen sandigen Untergrund. In Messel wurde ein Buchen-Eichen-Hochwald (Alter etwa 144 Jahre) auf einem grundwassernahen Standort mit sandigem Boden untersucht, der im Vorjahr durch den Schwammspinner kahlgefressen worden war.

Material und Methoden

Gelege des Schwammspinners wurden zwischen dem 10.08.1994 und dem 1.02.1995 im Bereich des Forstamtes Lampertheim eingetragen bzw. uns zur Untersuchung auf Parasitierung überlassen. Die Gelege wurden weitgehend einzeln ausgewertet. Hierzu wurden sie zwischen Handtuchpapier von den anhaftenden Haaren freigerieben, gleichzeitig die Eier vereinzelt und anschließend gezählt sowie auf Parasitierung untersucht. Bereits von Parasitoiden verlassene Eier zeichnen sich durch ein kleines meist kreisrundes Loch aus, während die schlüpfenden Räumchen die Eihülle in weit größerem Maße unregelmäßig zerstören. Die Eier wurden sodann mindestens für weitere vier Wochen bei Zimmertemperatur aufbewahrt, um die ggf. noch schlüpfenden Parasitoide abfangen und zählen zu können.

In etwa 14-tägigen Abständen wurden zwischen Anfang Mai und Mitte Juli 1994 und 1995 je Probenahmetermin und Fläche zwischen 100 und 300 Raupen bzw. Puppen eingesammelt und einzeln im Labor gehalten. Diese Anzahl konnte, abhängig von der Populationsentwicklung und der anfänglichen Befallsstärke nicht immer erreicht werden. So waren bei den letzten Probenahmen in beiden Untersuchungsjahren kaum noch Raupen oder Puppen zu finden. Anfänglich wurden die Raupen zufällig verteilt auf den gesamten Probeflächen von Zweigen und

Stämmen eingesammelt. Später wurde auf jeder Fläche in rund 2 m Stammhöhe um 5 bis 10 Stämme je ein etwa 30 cm breiter Jutestreifen angebracht, unter dem sich die Raupen bei ihren tagesperiodischen Wanderungen ansammelten und leicht entnommen werden konnten.

1994 wurden die eingetragenen Raupen im Labor in Plastikdosen (Bellaplast 18,3 x 13,6 x 5 cm) gehalten und mit Blättern von Eiche, Buche und Hainbuche gefüttert. Um gegenseitige Infektionen durch Kernpolyederviren zu vermeiden, wurden die Raupen 1995 bereits bei der Aufsammlung einzeln in Plastikbecher (Bellaplast Nr. 810 von etwa 100 ml Inhalt) mit je einem Würfel Nährmedium versorgt (Zusammensetzung s. BATHON & RUPPERT, 1996). Bei den mindestens zweimal in jeder Woche durchgeführten Kontrollen der Raupen wurden die toten Exemplare entnommen und möglichst umgehend auf ihre Todesursache(n) untersucht. Geschlüpfte Parasitoide wurden abgetötet, nach Familien sortiert und an verschiedene Spezialisten zur Artbestimmung weitergegeben. Aus den Puppen-Tönnchen der Tachiniden (Diptera) schlüpften wegen ungünstiger Haltungsbedingungen keine Imagines. Ein Großteil der Tönnchen konnte jedoch nach SABROSKY & REARDON (1976) bis zur Gattung bestimmt werden. Puppen des Schwammspinners waren in beiden Jahren nur in sehr geringer Anzahl zu erhalten, weshalb Puppenparasitoide in den Auswertungen unterrepräsentiert sind.

Ergebnisse

1) Artenspektrum der Parasitoide

Im den südhessischen Untersuchungsgebieten traten 1994/95 mindestens ein Eiparasitoid, 13 Raupen- bzw. Puppenparasitoide und drei räuberische Käfer im Zusammenhang mit dem Schwammspinner in Erscheinung. Eine Zusammenstellung aller zwischen 1993 und 1995 in Südhessen nachgewiesener Antagonisten findet sich in Tabelle 1. In diese Tabelle sind die von MAIER (1995) in Baden-Württemberg nachgewiesenen Antagonisten integriert, die aus den südhessischen Aufsammlungen nicht erhalten wurden (2 Ei und 10 Raupen- und Puppenparasitoide). In geringer Anzahl traten auch mehrere Hyperparasitoide auf (Tabelle 2). Als einziger Eiparasitoid wurde in Südhessen *Ooencyrtus kuwanae* aus den Gelegen gezogen (s.a. BATHON & JUNG, 1996). Von den Raupenparasitoiden erlangten nur drei Arten besondere Bedeutung: die Tachinide *Parasetigena silvestris* sowie die Brackwespen *Glyptapanteles porthetriae* und *G. liparidis*. Bei den Hyperparasitoiden, die in sehr geringer Dichte erhalten wurden, sei auf die außerordentlich polyphage Pteromalide *Dibrachys cavus* hingewiesen, die möglicherweise auch als primärer Parasitoid auftreten kann.

2) Räuber

Schlecht zu quantifizieren ist der Einfluß räuberischer Käfer, so des Großen Puppenräubers (*Calosoma sycophanta*), der erstmals seit langen Jahren wieder in größerer Anzahl in Südhessen (Aulhausen, Frankfurter Stadtwald) und Rheinland-Pfalz (NIEHUIS & SCHNEIDER, 1994) auftrat. Sein Einfluß ist sicher erheblich größer als es Fütterungsversuche zeigen. So rissen sowohl Imagines als auch Larven von *C. sycophanta* Schwammspinner-Raupen regelrecht auseinander, verzehrten jedoch nur einen Teil dieser Beute.

Tabelle 1: Liste der 1994/95 in Südhessen aufgefundenen Parasitoide und Räuber des Schwammspinners (gerastert) unter Einbeziehung der von MAIER (1995) in Baden-Württemberg nachgewiesenen Arten.

Name	Ordnung/Familie	Wirtsstadium	Häufigkeit
<i>Parasetigena sylvestris</i> ROBINEAU-DESVOIDY	Dipt.: Tachinidae	Raupe	+++
<i>Blepharipa pratensis</i> MEIGEN	Dipt.: Tachinidae	Raupe (Puppe)	++
<i>Blepharipa schineri</i> MESNIL	Dipt.: Tachinidae	Raupe (Puppe)	++
<i>Ceranthia samarensis</i> VILLENEUVE	Dipt.: Tachinidae	Raupe	+
<i>Compsihura concinnata</i> MEIGEN	Dipt.: Tachinidae	Raupe	+
<i>Exorista larvarum</i> LINNAEUS	Dipt.: Tachinidae	Raupe	+
<i>Peribaea tibialis</i> ROBINEAU-DESVOIDY	Dipt.: Tachinidae	Raupe	+
<i>Zenilla libatrix</i> PANZER	Dipt.: Tachinidae	Raupe (Puppe)	+
<i>Zophomyia temula</i> SCOPOLI	Dipt.: Tachinidae	Raupe	+
<i>Cotesia melanoscelus</i> RATZEBURG	Hym.: Braconidae	Raupe	++
<i>Glyptapanteles liparidis</i> BOUCHÉ	Hym.: Braconidae	Raupe	+
<i>Glyptapanteles porthetriae</i> MÜESEBECK	Hym.: Braconidae	Raupe	++/+++
<i>Meteorus versicolor</i> WESMAEL	Hym.: Braconidae	Raupe	+
<i>Brachymeria intermedia</i> NEES	Hym.: Chalcididae	Puppe	+
<i>Ooencyrtus kawanae</i> HOWARD	Hym.: Encyrtidae	Ei	++
<i>Anastatus catalonicus</i> BOL. & PIEL	Hym.: Eupelmidae	Ei	+
<i>Anastatus japonicus</i> ASHMEAD	Hym.: Eupelmidae	Ei	+
<i>Hyposoter tricoloripes</i> VIERECK	Hym.: Ichneumonidae	Raupe	+
<i>Lymantrichneumon disparis</i> PODA	Hym.: Ichneumonidae	Puppe	++
<i>Scambus elegans</i> WOLDSTEDT	Hym.: Ichneumonidae	Raupe	+
<i>Phobocampe uncinata</i> GRAVENHORST	Hym.: Ichneumonidae	Raupe	+
<i>Phobocampe lymantriae</i> GUPTA	Hym.: Ichneumonidae	Raupe	+
<i>Pimpla hypochondriaca</i> RETZIUS	Hym.: Ichneumonidae	Puppe	+
<i>Pimpla turionellae</i> LINNAEUS	Hym.: Ichneumonidae	Raupe/Puppe	+
<i>Theronia atalantae</i> PODA	Hym.: Ichneumonidae	Puppe	+
<i>Monodontomerus aereus</i> WALKER	Hym.: Torymidae	Puppe	+
<i>Calosoma sycophanta</i> LINNAEUS	Col.: Carabidae	Raupe/Puppe	++
<i>Xylodrepa quadripunctata</i> LINNAEUS	Col.: Silphidae	Raupe/Puppe	+
<i>Megatoma undata</i> LINNAEUS	Col.: Dermestidae	Eier	+

+ einzelne bis wenige Exemplare; ++ in Anzahl gezogen; +++ sehr häufig gezogen. Col.: Coleoptera, Dipt.: Diptera, Hym.: Hymenoptera.

Tabelle 2: Liste der 1994 und 1995 in Südhessen aufgefundenen Hyperparasitoide aus der Ordnung Hymenoptera bei *L. dispar*.

Name	Familie	Häufigkeit
<i>Elachertus</i> cf. <i>charondas</i> WALKER	Eulophidae	+
<i>Eupelmus</i> sp.	Eupelmidae	+
<i>Gelis</i> sp.	Ichneumonidae	+
<i>Mesochorus</i> sp.	Ichneumonidae	+
<i>Acrolyta marginata</i> BRIDGMAN	Ichneumonidae	+
<i>Bathythrix thomsoni</i> KERRICH	Ichneumonidae	+
<i>Dibrachys boarmiae</i> WALKER	Pteromalidae	+
<i>Dibrachys cavus</i> WALKER	Pteromalidae	++
<i>Pteromalus chrysos</i> WALKER	Pteromalidae	+

+ einzelne bis wenige Exemplare; ++ in Anzahl gezogen.

Wesentlich häufiger als *C. sycophanta* wurde der Vierpunkt-Aaskäfer, *Xylodrepa quadripunctata*, angetroffen. In Langwaden konnte Mitte Mai 1994 ein Massenschlüpfen der Art beobachtet werden, wobei die Käfer an den Halmen des dichtstehenden Grasbewuchses hochklettern und von dort zum Flug in die Baumkronen starteten. Diese Käfer und ihre Larven waren häufig beim Verzehr von Raupen zu sehen. Selbst virusinfizierte, moribunde Tiere wurden angenommen. - Vereinzelt konnte *Megatoma undata* L. (Col., Dermestidae) in Lampertheim und Messel zusammen mit Schwammspinner-Gelegen eingesammelt werden. Dieser Speckkäfer soll die Gelege zerstören, was allerdings in Südhessen nicht zu beobachten war.

3) Parasitierung der Schwammspinner-Gelege

In Südhessen wurde als einziger Eiparasitoid die Encyrtidae *Ooencyrtus kuwanae* festgestellt. Eine Zusammenstellung der Parasitierungsraten im Bereich des Forstamtes Lampertheim findet sich bei BATHON & JUNG (1994). Die höchste Parasitierungsrate trat in einer Altbefallsfläche auf (49% der Gelege bei einer mittleren Parasitierungsrate der Eier von 55%, max. 95%). In Neubefallsflächen waren dagegen nur wenige oder keine Gelege parasitiert, wobei aktive Parasitoide noch bei recht niedriger Temperatur am 21. Oktober 1994 auf den Gelegen anzutreffen waren.

4) Raupen- und Puppenparasitoide

In den Abbildungen 1 bis 6 sind die Todesursachen sowie die Verpuppungs-Prozente der eingetragenen Raupen zusammengefaßt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß am letzten Termin

1995 (18. bzw. 20. Juli) nur noch jeweils 9 bis 10 Raupen aufgesammelt werden konnten, da die Schwammspinner-Population bereits weitestgehend zusammengebrochen war.

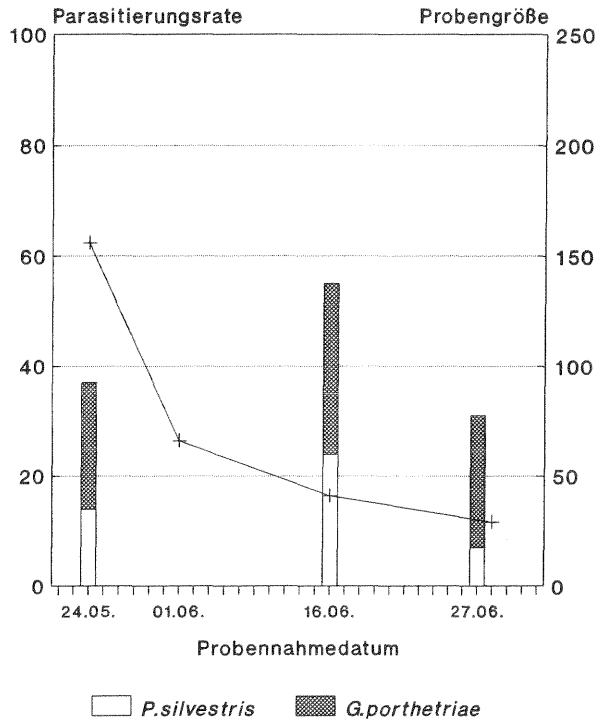


Abb. 1: Parasitierung des Schwammspinners in Aulhausen, Abt. 34. Dargestellt sind auf der linken Ordinate die Parasitierungsrate (%), auf der rechten die Probeumfänge (durchgehende Linie) in Abhängigkeit von den Probenahmeterminen von Mai bis Juli 1994. Die Probe vom 1.06. konnte nicht ausgewertet werden.

4.1) Auswirkungen des Antagonistenkomplexes 1994

In Aulhausen, Abt. 34 (Abb. 1) und Abt. 42 dominierte bei insgesamt geringer Individuendichte des Schwammspinners die Brackwespe *G. porthetriae*. Diese Art parasitiert bereits junge Raupen und kann bei gleichzeitig kurzer Entwicklungsdauer die Wirtspopulation frühzeitig in erheblichem Maße reduzieren. Auf Blättern der von Schwammspinner-Raupen besiedelten Bäume wurden Ende Mai bis Anfang Juni häufig jüngere Raupen beobachtet, die über einem einzelnen Kokon dieser Brackwespe langsam eintrockneten. Mitte Juni bis in den Juli hinein verließen bei zunehmender Größe der Raupen jeweils mehrere Parasitoiden-Larven eine Wirtsraupe, um die herum sie an der Unterlage (Stämme oder Äste) ihre Kokons anspannen.

Da die zu Beginn der Untersuchung parasitierten Raupen bei dem nächsten Probenahmetermin bereits abgetötet waren, können die Parasitierungsprozente an den jeweiligen Terminen zu einer Gesamtparasitierung zusammengefaßt werden. Damit ergibt sich eine Parasitierung durch *G. porthetriae* von etwa 80% (wegen der fehlenden Auswertung vom 1.06. nicht exakt möglich). Hinzu kommt der insgesamt geringe Anteil an *P. silvestris*. Nach dem 27. Juni war eine weitere Probenahme nicht mehr möglich, da keine lebenden Raupen oder Puppen des Schwammspinners zu finden waren. Recht ähnliche Verhältnisse lagen auch in der Abt. 42 vor, bei insgesamt etwas geringerer Parasitierung. Weitere Parasitoide wurden nicht ermittelt.

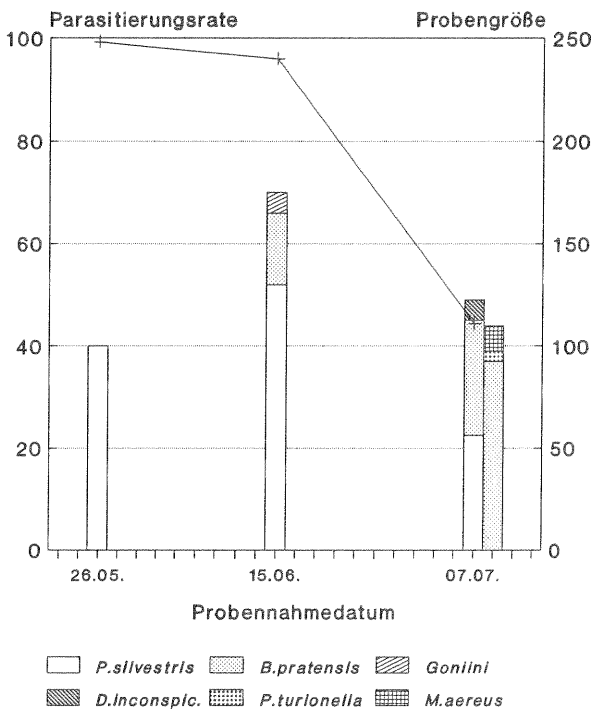


Abb. 2: Parasitierung des Schwammspinners in Messel, Abt. 684/686. Dargestellt sind auf der linken Ordinate die Parasitierungsrate (%), auf der rechten die Probeumfänge (durchgehende Linie) in Abhängigkeit von den Probenahmeterminen von Mai bis Juli 1994. Die letzte Säule stellt die Parasitierung der Puppen dar.

Die artenreichste Parasitoidenzönose lag in Messel bei Darmstadt, Abt. 684/686 (Abb. 2) vor. Dort trat neben *P. silvestris* auch noch die microtype Tachinide *Blepharipa pratensis* in nennenswerter Anzahl auf. Während die verpuppungsreifen Larven von *P. silvestris* fast ausschließlich die Altraupen verließen, schlüpfen die Larven von *B. pratensis* überwiegend aus

den Puppen ihres Wirtes. Die Tönnchenpuppen von *B. pratensis* und *B. schineri* lassen sich nicht unterscheiden, d.h. es könnte auch eine geringe Anzahl von *B. schineri*, von der im Gebiet allerdings keine Imagines festgestellt wurden, an der Parasitierung beteiligt gewesen sein. Weitere vereinzelt auftretende Parasitoide waren bei den Tachiniden Vertreter der Goniini sowie *Drino inconspicua*, die Ichneumonide *Pimpla turionellae* und die Torymide *Monodontomerus aereus*.

Bereits lange vor Abschluß ihrer Entwicklung fraßen die Raupen die Messeler Beobachtungsfläche kahl, so daß - soweit sich überhaupt noch Raupen verpuppten - von einer Notverpupung ausgegangen werden muß. Dementsprechend waren nur wenige meist recht kleine Falter (überwiegend Männchen) zu beobachten; Eiablagen traten kaum auf.

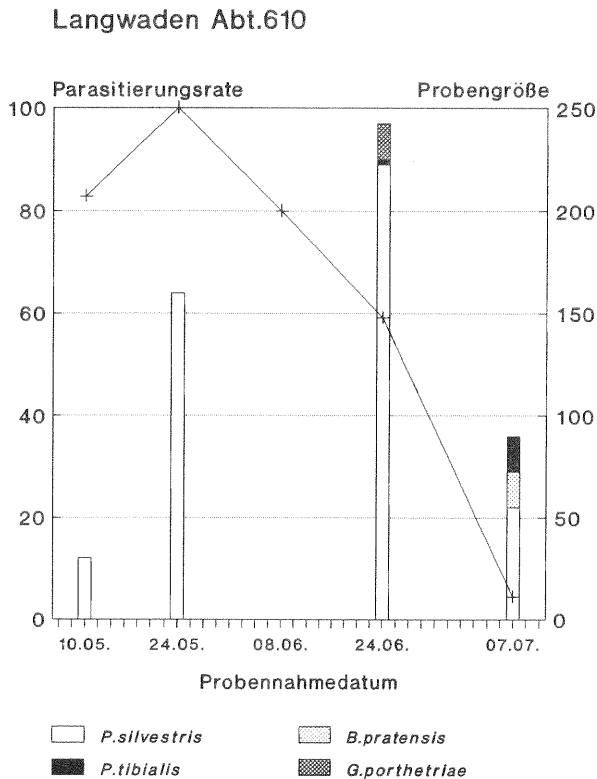


Abb. 3: Parasitierung des Schwammspinners in Lampertheim, Abt. 610. Dargestellt sind auf der linken Ordinate die Parasitierungsrate (%), auf der rechten die Probeumfänge (durchgehende Linie) in Abhängigkeit von den Probenahmeterminen von Mai bis Juli 1994.

In **Lampertheim**, Abt. 610, dominierte im Parasitoidenspektrum *P. silvestris* mit >90% der Gesamtparasitierung, während weitere Tachiniden (*Blepharipa pratensis* und *Peribaea tibialis*) kaum und die Brackwespe *Glyptapanteles porthetriae* nur geringe Bedeutung hatten (Abb. 3). Die Gesamtparasitierung erreichte mit Probenahmetermin vom 24. Juni etwa 98%. Demgemäß konnten am 7. Juli nur noch wenige Raupen und Puppen aufgesammelt werden. Falter kamen nur noch vereinzelt vor.

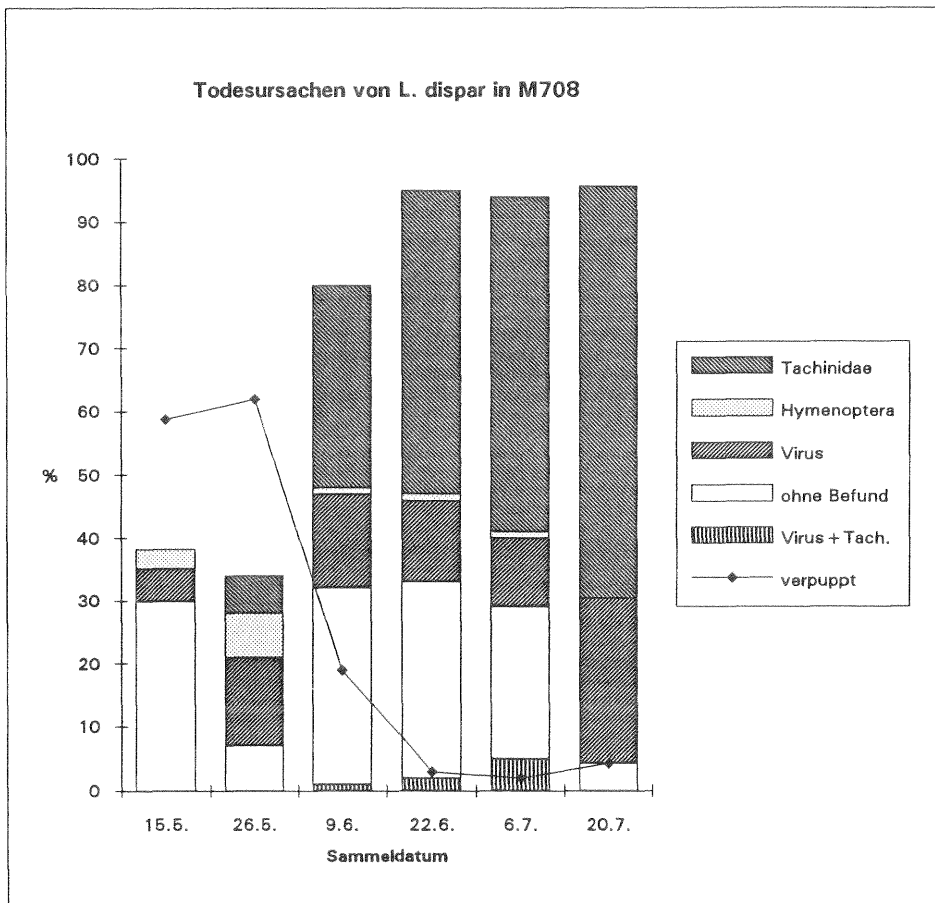


Abb. 4: Mortalität des Schwammspinner in % (Ordinate) der eingetragenen Raupen (Säulen) in Abhängigkeit vom Datum der Probenahmen (Abszisse) in Messel, Abt. 708. Die durchgezogene Linie stellt den Prozentsatz der zur Verpuppung gelangenden Raupen dar. Bis zum 6.07.1995 wurden jeweils 200 Raupen eingesammelt; der Probeumfang am 20.07. lag bei 10 Raupen.

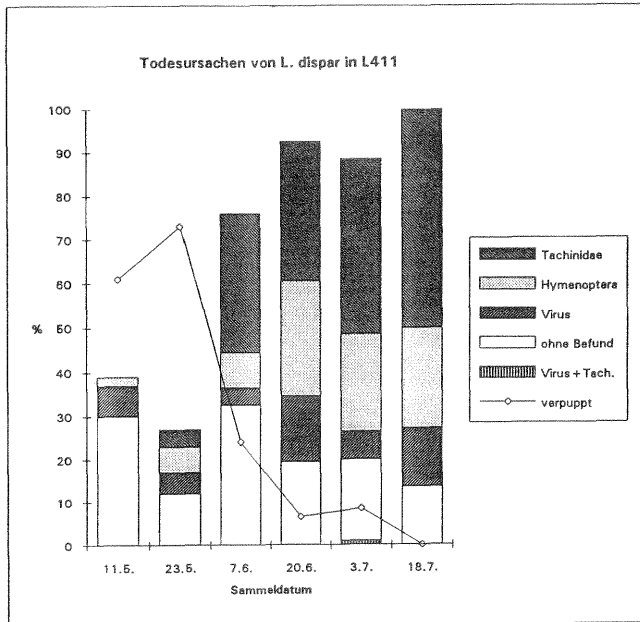
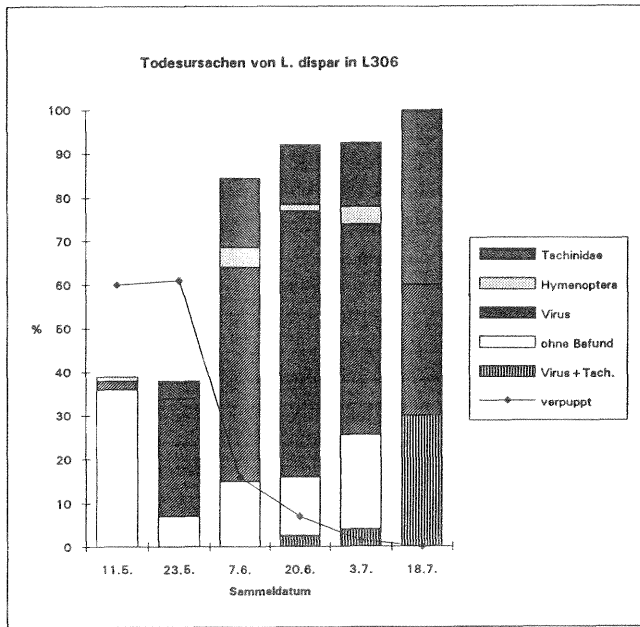


Abb. 5/6: Mortalität des Schwammspinners 1995 in Lampertheim, Abt. 306 (oben) und Abt. 411 (unten). Probeumfang bis zum 3.07. je 200, am 18.07. je 10 Raupen. Die übrigen Angaben wie in Abb. 4.

4.2) Auswirkungen des Antagonistenkomplexes 1995

Die Verpuppungsrate der im Mai eingetragenen Raupen lag mit etwa 60 bis 70% bereits recht niedrig und sank im Juni auf unter 10%. Betrachtet man die Todesursachen, so fällt der zeitweise hohe Anteil Raupen "ohne Befund" ins Auge (Abb. 4-6). Diese Raupen waren unparasitiert und wiesen keine spezifischen Pathogene auf. Die peritrophische Membran des Darms war bei den meisten dieser Exemplare mit (halb-)flüssigem Kot aus dem After ausgetreten. Selbst bei frischtoten Raupen mit diesen Symptomen waren massive unspezifische Bakteriosen festzustellen.

In den Altbefallsflächen in Messel (M 708: Abb. 4) und Lampertheim (L 306: Abb. 5) führten größtenteils Larven von *P. silvestris* und die spontan auftretende Kernpolyeder-Virose zum Tode der Raupen. Brackwespen spielten nur eine untergeordnete Rolle. Auch noch aus virus-toten Altraupen schlüpften Tachinidenlarven und verpuppten sich. Allerdings konnten in keinem Untersuchungsjahr Tachiniden zum Schlüpfen gebracht werden. Es bleibt daher offen, ob die Virose die Schlüpftrate oder andere biologische Parameter der Tachiniden beeinflussen konnte. Puppen des Schwammspinners wurden nur in einzelnen Exemplaren unter den Sackleinwandstreifen gefunden.

In der Neubefallsfläche in Lampertheim (L 411: Abb. 6) war wiederum die Parasitierung durch *P. silvestris* die Haupt-Todesursache der Raupen, die Brackwespen (*G. porthetriae*, *G. liparidis* und *Cotesia melanocephalus*) besaßen aber eine wesentlich größere Bedeutung als in den Altbefallsflächen. Die Kernpolyedrose trat nur in geringem Umfang spontan auf. Puppen konnten auch hier nur vereinzelt aufgefunden werden. Die Schwammspinner-Population war in allen Beobachtungsflächen zusammengebrochen.

Weitere Parasitoide wurden meist nur in Einzelexemplaren aus den Raupen gezogen. Sie hatten keinen Einfluß auf die Populationsentwicklung des Schwammspinners. Als Prädator trat in allen Beobachtungsflächen der Aaskäfer *Xylodrepa quadripunctata* auf, jedoch in geringerer Dichte als 1994.

Diskussion

Der Schwammspinner wurde gerade in Südhessen durch eine Gefüge mehrerer Parameter begünstigt. Das Klima seit Anfang der 90er Jahre mit trocken-warmen Frühjahren und Sommern sowie milden Wintern förderte die Entwicklung des Schädling unterstützt durch anthropogen bedingte Veränderungen in den Wälder des nördlichenOberrhein-Grabens. Als solche sind besonders die Grundwasserabsenkung und der Stickstoff-Eintrag, aber auch die starke Zerschneidung von Waldgebieten durch Verkehrs-Trassen zu sehen. Auch die Auflichtung der Wälder durch Windbruch 1989 und 1990 kommt den Bedürfnissen des Schwammspinners an lichte, trocken-warme Wälder entgegen. Eine weitergehende Diskussion dieses Fragenkomplexes findet sich bei SCHWENKE (1994) und in WULF & BERENDES (1993).

Normalerweise werden Phytophagenpopulationen durch einen Antagonistenkomplex im Zusammenhang mit klimatischen Faktoren, aber auch der verfügbaren Nahrungsmenge und -qualität, in der Latenz gehalten. Ändern sich diese Faktoren, so kann es zu einer Massenentwicklung hin zu einer Gradation kommen, wobei der Antagonistenkomplex erst verzögert wirksam wird. Im vorliegenden Falle sollte bei der ersten großflächigen Gradation des Schwammspinners in Südhessen die Zusammensetzung und Bedeutung dieses Komplexes für den Zusammenbruch der Gradation untersucht werden.

Gegenüber der Gesamtheit potentieller Antagonisten (THOMPSON, 1946) waren in Südhessen nur wenige Arten nachweisbar. Bei einem Vergleich des südhessischen Parasitoidenspektrums mit Erhebungen von MAIER (1995) und MAIER & BOGENSCHÜTZ (1990) in Baden-Württemberg fällt die recht unterschiedliche Zusammensetzung der Parasitoidenfaunen auf. Insgesamt sind in beiden Gebieten nur wenige Arten von entscheidender Bedeutung, wobei sich deutliche Unterschiede in den Abundanzen der Parasitoide in Alt- und Neubefallsgebieten erkennen lassen.

So stellte in fast allen Untersuchungsgebieten die Tachinide *Parasetigena silvestris* den höchsten Anteil der Parasitierungen. Diese Raufenfliegen belegen die Schwammspinner-Raupen mit ihren Eiern, wobei gegen Ende der Entwicklungszeit der Raupen häufig eine hohe Mehrfachbelegung eintrat. Zusätzlich kam es immer wieder zu Multiparasitierungen, insbesondere durch *Blepharipa* spec. Eine Parasitierung durch diese Tachiniden führt allerdings kaum zu einer Verringerung der Fraßschäden im laufenden Jahr, da die Raupen erst kurz vor (bei *P. silvestris*) oder nach der Verpuppung (bei den *Blepharipa*-Arten) von den Parasitoiden abgetötet werden. Es kommt also trotz einer hohen Parasitierungsrate bei entsprechenden Wirtsdichten zum Kahlfraß. Allerdings kann die Verpuppungsrate der Schwammspinner soweit reduziert werden, daß im nachfolgenden Jahr eine verringerte Raupendichte einer hohen Dichte der Tachiniden gegenübersteht und ein Zusammenbruch der Gradation erfolgen kann.

Während die genannten Tachiniden direkt dichteabhängig wirken und somit gerade bei hohen Wirtsdichten sehr effektiv sein können, vermögen dichteunabhängige parasitische Hymenopteren insbesondere bei geringerer Wirtsdichte ihre Wirkung zu entfalten. Hierher gehören die Brackwespen, von denen 1994 in Südhessen fast ausschließlich *Glyptapanieles porthetriae* aus den Raupen gezogen wurde, während 1995 auch *C. melanocephalus* und *G. liparidis* verstärkt auftraten, von denen die letztere in Baden-Württemberg insgesamt die größere Rolle spielte. Die regionalen Unterschiede im Auftreten dieser Arten könnten sich aus ihren Wechselwirten und deren unterschiedlichen Dichten in den jeweiligen Untersuchungsgebieten erklären, auf die diese Brackwespen angewiesen sind. Wie die Ergebnisse aus Aulhausen 1994 und von Lampertheim (L 411) zeigen, können gerade bei niedrigeren Wirtsdichten diese Brackwespen zu einer starken, frühzeitigen Reduktion der Wirte führen. Hierfür ist besonders die kurze Entwicklungsdauer dieser Brackwespen verantwortlich, die bereits im Mai zum Tode vieler noch kleiner Raupen führen. So war *G. porthetriae* für den frühzeitigen Zusammenbruch der Gradation in Aulhausen (1994) verantwortlich, wobei dort nur noch Lichtfraß erfolgte.

Die Wirkung von *G. porthetriae* wurde in Aulhausen noch unterstützt durch den Großen Puppenräuber, dessen Aktivität zu einer starken Reduktion von Raupen und Puppen führen kann (WESELOH 1985). Zudem trägt *Calosoma sycophanta* durch Fraß an virösen Raupen zur Verbreitung der Kernpolyedrose des Schwammspinners bei (CAPINERA & BARBOSA 1975). Dies kann auch für den Aaskäfer *Xylodrepa quadripunctata* angenommen werden. Beide Räuber stellen somit bereits bei einem schwachen Auftreten der Kernpolyedrose wichtige Vektoren dar. Allerdings scheint *C. sycophanta* bei hohen Wirtsdichten nur ein geringes Dispersions-Potential aufzuweisen (WESELOH 1985), wodurch die Kernpolyederviren nur in einem relativ eng begrenzten Raum verbreitet würden. *X. quadripunctata* zeigt dagegen ein hohes Ausbreitungspotential, das sicher auch der Verbreitung der Kernpolyedrose in Lampertheim und Messel Vorschub leistete. Weiterhin können auch Vertebraten, so z.B. Vögel, die Polyeder mit dem Kot ausscheiden (ENTWISTLE et al., 1977) und so zu der Ausbreitung der Virose beitragen. Diese spielt dabei gerade ab dem Höhepunkt der Gradation eine wesentliche Rolle bei deren Zusammenbruch, wie dies in den Altbefallsgebieten Lampertheim (L 306) und Messel (M 708) deutlich wurde und auch aus Baden-Württemberg berichtet worden ist (z.B. MAIER & BOGENSCHÜTZ, 1990).

Da in allen Beobachtungsgebieten Südhessens sowohl 1994 als auch 1995 sich kaum Schwammspinner-Raupen verpuppen konnten, waren auch nur wenige Raupen/Puppen- oder Puppenparasitoide in den Aufsammlungen enthalten. Diese traten nur vereinzelt auf und hatten somit keinen Einfluß auf die Populationsentwicklung des Schwammspinners. Die ebenfalls nur vereinzelt vorgefundenen Hyperparasitoide (Tabelle 2) konnten die Aktivität der Raupenparasitoide in keiner Weise einschränken.

Effektive Eiparasitoide vermögen eine Massenvermehrung von Phytophagen bereits frühzeitig zu begrenzen. Mehrere Arten kommen beim Schwammspinner vor, von denen die bislang aus Mitteleuropa bekannten Arten in Südhessen zwischen 1993 und 1995 nicht aufgefunden wurden. Hier trat ausschließlich die von BATHON (1993) aus dem Rhein-Main-Gebiet als Neufund für Deutschland gemeldete Encyrtide *Ooencyrtus kuwanae* auf, während in Baden-Württemberg zwei Eiparasitoide der Gattung *Anastatus* die Gelege parasitierten (MAIER, 1995), von denen *A. catalonicus* ebenfalls neu für Deutschland ist. Das Ursprungsgebiet von *O. kuwanae* liegt in Ostasien (Japan, Korea), von wo die Art zur Bekämpfung des Schwammspinners in die USA, das Mittelmeergebiet und nach Rußland verbracht worden war (CLAUSEN, 1978; GREATHEAD, 1976, BROWN & CAMERON, 1982). Dieser Eiparasitoid war besonders in Altbefallsgebieten Südhessens mit teilweise recht hohen Parasitierungsraten zu finden, während er in Neubefallsgebieten häufig nur vereinzelt auftrat (BATHON & JUNG, 1996). Sollte sich *O. kuwanae* dauerhaft in Mitteleuropa ansiedeln, so dürfte seine Bedeutung sicher stark zunehmen, da er offenbar in der Lage ist, bereits in der Progradationsphase mit einer starken Populationsvermehrung zu reagieren. Den Ausschlag hierzu gibt seine Fähigkeit, noch im Jahr der Eiablage bis zu drei Generationen und eine weitere im folgenden Frühjahr vor dem Schlüpfen der Schwammspinner-Raupchen auszubilden (s.a. BROWN & CAMERON, 1982). *O. kuwanae* kann auch noch bei niedrigen Temperaturen im Spätherbst auf den Gelegen angetroffen werden (so in Lampertheim im Oktober 1994), ohne jedoch ab Mitte September noch wesentliche Mengen an Eiern zu parasitieren. Der nach Nord-

amerika eingeführte japanische Stamm scheint tiefere Wintertemperaturen (-10 bis -15°C) nicht zu überstehen (DOWDEN, 1961; GRIFFITHS & SULLIVAN, 1978). Dagegen soll der in Rußland produzierte, aus Nordkorea gewonnene Stamm wesentlich kältehardter sein. Wegen ihrer höheren Kältetoleranz empfehlen PEMBERTON et al. (1993), südkoreanische *O. kuwanae* in Nordamerika einzusetzen.

Da sich die Art leicht im Labor vermehren läßt, wäre auch eine Ausbringung in der Progradationsphase möglich, um die lokalen Populationen zu verstärken. Ein nordkoreanischer Stamm von *O. kuwanae* wird in Rußland an vielen Stellen zur Schwammspinnerbekämpfung eingesetzt und wäre auch in Deutschland verfügbar. Nach mehrjährigen Nachweisen der Art in Deutschland dürfte eine nach § 20d Bundesnaturschutzgesetz erforderliche Genehmigung zur Freisetzung von *O. kuwanae* kein unüberwindliches Hindernis mehr darstellen.

Wie eingangs erwähnt, spielt das Klima eine wesentliche Rolle für die Massenvermehrung des Schwammspinners. Ebenso hat das Wetter einen großen Einfluß auf den Zusammenbruch der Gradation. In dieser Richtung können die hohen Ausfälle an Jungraupen interpretiert werden, die 1995 bei kühlem Wetter nach Regenfällen eingetragen worden waren. Es handelt sich dabei um einen bei Schmetterlingszüchtern wohl bekannten Effekt, daß häufig nach Verfütterung nasser Pflanzen eine große Anzahl Raupen mit den hier aufgezeigten Symptomen absterben (FRIEDRICH, 1975: S. 13). Als Ursache dürfte eine Veränderung des Darm-pH aufgrund aufgenommener Wassertröpfchen in Frage kommen, die zu einer Übervermehrung der Darmbakterien, Zerstörung der peritrophischen Membran und einer anschließenden allgemeinen Sepsis mit Tod der Raupen führt.

Der Zusammenbruch der Gradation 1995 wurde somit durch Parasitoide und die Kernpolyedrose, begünstigt durch das feucht-kalte Frühjahr, herbeigeführt. Auch in der Latenzphase sollten dringend weitere Untersuchungen zur Populationsdynamik und damit auch der Parasitierung aller Entwicklungsstadien des Schwammspinners fortgeführt werden, um nicht plötzlich wieder unvermutet einer Gradation des Schädlings gegenüberzustehen. Ein frühzeitiger Einsatz des Eiparasitoiden *O. kuwanae* könnte helfen, den Populationsanstieg zu verlangsamen. Sollte es dennoch erneut zu einem unkontrollierten starken Populationsanstieg kommen, stehen mit dem Kernpolyedrovirus (u.a. TRZEBITZKY et al., 1988; LANGENBRUCH et al., 1996) und *Bacillus thuringiensis kurstaki* (LANGENBRUCH et al., 1996) effektive, biologische Bekämpfungsverfahren zur Verfügung, die einem großflächigen Einsatz von Diflubenzuron (oder verwandten Verbindungen) mit seinen Auswirkungen auf Nichtzielarten, so z.B. auf Heuschrecken SCHULTE (1995), vorzuziehen sind.

Dank

Die Bearbeitung der Parasitoide wäre ohne die bereitwillige Mithilfe verschiedener Spezialisten nicht möglich gewesen. Für die Determination der Encyrtidae, Eulophidae und Pteromalidae danke ich Herrn Dr. S. VIDAL (Hannover), der Ichneumonidae Herrn Prof. Dr. K. HORSTMANN (Würzburg) und Dr. E. DILLER (München), der Braconidae Herrn Dr. E. HAESSEL-

BARTH (München), der Tachinidae Dr. H.P. TSCHORSNIG (Stuttgart) und Dr. J. ZIEGLER (Eberswalde). Frau Dr. R. KLEESPIES (Darmstadt) danke ich für die Untersuchung vieler Raupen auf Krankheiten als Todesursache.

Für die exakte Durchführung der Aufsammlungen, Betreuung der Zuchten und des überwiegenden Teils der Auswertungen danke ich ganz besonders Frau Dipl.-Biol. Kerstin JUNG und Frau Dr. Verena RUPPERT (beide Darmstadt). Für die stete Unterstützung der Arbeiten möchte ich den Forstamts- und Revierleitern, sowie den beteiligten Mitarbeitern des Regierungspräsidiums Darmstadt danken.

Die Untersuchungen wurden durch Zuwendungen des Landes Hessen ermöglicht.

Literatur

- BATHON, H. (1993): Biologische Bekämpfung des Schwammspinners: Räuber und Parasitoide. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., Berlin-Dahlem **293**: 117-124, Berlin.
- BATHON, H. & K. JUNG (1996): Schwammspinner-Parasitoide in Südhessen 1994. Forschungsbericht der Hessischen Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie, Hann.-Münden **21**: (im Druck).
- BATHON, H. & V. RUPPERT (1996): Zur Bedeutung der Parasitoide beim Zusammenbruch der Schwammspinner-Gradation in Südhessen 1995. Forschungsbericht der Hessischen Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie, Hann.-Münden **21**: (im Druck).
- BROWN, M.W. & E.A. CAMERON (1982): Natural enemies of *Lymantria dispar* [Lep.: Lymantriidae] eggs in central Pennsylvania, U.S.A., and a review of the world literature on natural enemies of *L. dispar* eggs. Entomophaga **27**: 311-322.
- CAPINERA, J.L. & P. BARBOSA (1975): Transmission of nuclear-polyhedrosis virus to Gypsy Moth larvae by *Calosoma sycophanta*. Ann. Entomol. Soc. America **68**: 593-594, College Park, Maryland.
- CLAUSEN, C.P. (1978): Lymantriidae. In: C.P. Clausen (ed.): Introduced parasizes and predators of arthropod pests and weeds: A world review. USDA ARS Agricultural Handbook **480**: 195-199, Washington.
- DOWDEN, P.B. (1961): The gypsy moth egg parasite, *Ooencyrtus kuwanai*, in southern Connecticut in 1960. J. Econ. Entomol. **54**: 876-878.
- ENTWISTLE, P.F., ADAMS, P.H.W. & H.F. EVANS (1977): Epizootiology of a nuclear-polyhedrosis virus in European spruce sawfly (*Gilpinia hercyniae*): The status of birds as dispersal agents of the virus during larval season. J. Invert. Pathol. **29**: 354-360.
- FRIEDRICH, E. (1975): Handbuch der Schmetterlingszucht. Stuttgart (Franckh'sche Verlagshandlung).
- GREATHEAD, D.J. (1976 edit.): A review of biological control in western and southern Europe. Slough (England).
- GRIFFITHS, K.J. & C.R. SULLIVAN (1978): The potential for establishment of the egg parasite, *Ooencyrtus kuwanai* in Ontario populations of the gypsy moth. Can. Entomol. **110**: 633-638.

- LANGENBRUCH, G.A., KLEESPIESS, R.G. & J. HUBER (1996): Versuchsergebnisse zur Wirkung von Viren und Bakterien gegen Schwammspinner und Nonne. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., Berlin-Dahlem (im Druck), Berlin.
- MAIER, K.J. (1995): Der Einfluß der Parasitoide auf *Lymantria dispar* L. (Lep., Lymantriidae) in Wäldern mit unterschiedlich starkem Massenwechsel. Mitt. Deutsche Ges. allg. angew. Entomol. **10**: 129-134, Gießen.
- MAIER, K.J. & H. BOGENSCHÜTZ (1990): Massenwechsel von *Lymantria dispar* L. (Lep., Lymantriidae) und die Regulation durch Parasitoide während einer Gradation in Südwestdeutschland 1984-86. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz **97**: 381-393, Stuttgart.
- NÄSSIG, W. A. & P. ZUB (1994): Die Schwammspinnergradation 1991-1993 im Raum Frankfurt am Main: Erste Kommentare (Lepidoptera, Lymantriidae). Nachr. entomol. Ver. Apollo, N.F. **14**: 301-324, Frankfurt a.M.
- NIEHUIS, M. & W. SCHNEIDER (1994): Massenaufreten des Großen Puppenräubers - *Calosoma sycophanta* (L.) - im Unteren Nahetal (Coleoptera: Carabidae). Fauna Flora Rheinland-Pfalz **7**: 265-275.
- PEMBERTON, R.W., LEE, J.H., REED, D.K., CARLSON, R.W. & H.Y. HAN (1993): Natural enemies of the Asian Gypsy Moth (Lepidoptera: Lymantriidae) in South Korea. Ann. Entomol. Soc. Amer. **86**: 423-440.
- SABROSKY, C.W. & R.C. REARDON (1976): Tachinid parasites of the gypsy moth, *Lymantria dispar*, with keys to adults and puparia. Misc. Publ. Entomol. Soc. Amer. **10** (2): 1-80.
- SCHULTE, T. (1995): Auswirkungen des Dimileneinsatzes gegen den Schwammspinner (*Lymantria dispar* L.) im Bienwald 1994 auf Heuschrecken (Saltatoria) und Wanzen (Heteroptera). Fauna Flora Rheinland-Pfalz **7**: 1059-1075.
- SCHWENKE, W. (1994): Über die Grundlagen der Entstehung und Begegnung von Insekten-Massenvermehrungen im Wald. Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz **67**: 120-124.
- THOMPSON, W.R. (1946): A catalogue of the parasites and predators of insect pests. Belleville (Canada).
- TRZEBITZKY, C., BOGENSCHÜTZ, H., HUBER, J. & K. LOHMANN (1988): Versuch zur Bekämpfung von *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae) durch Behandlung der Eigelege mit Kernpolyederviren und Erfolgskontrolle durch Restriktionsanalyse der viralen DNA. Mitt. Deutsch. Ges. allg. angew. Entomol. **6**: 525-530.
- WESELOH, R.M. (1985): Predation by *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera: Carabidae): Evidence for a large impact on Gypsy Moth, *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae), pupae. Can. Entomol. **117**: 1117-1126.
- WULF, A. & K.-H. BERENDES (Hrsg., 1993): Schwammspinner-Kalamität im Forst. Konzepte zu einer integrierten Bekämpfung freifressender Schmetterlingsraupen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch. Berlin-Dahlem, **293**

Regina G. Kleespies und G.-A. Langenbruch

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt

Diagnostische Untersuchungen über Krankheiten von Forstschmetterlingen: Methoden und mikroskopische Details

Im Rahmen der Untersuchungen über die Populationsentwicklung sowie über die Bekämpfungsmöglichkeiten und -strategien beim Schwammspinner, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae), wird hier über die Arbeiten zur Diagnose von Krankheiten berichtet, die im BBA-Institut für biologischen Pflanzenschutz in Darmstadt bisher durchgeführt wurden. Dabei sollen vor allem bewährte Methoden und ihre mikroskopischen Ergebnisse in Kürze vorgestellt werden. Für eine umweltorientierte Bekämpfung von Forstschädlingen sind diagnostische Erhebungen sowohl für die Erstellung von qualifizierten Prognosen als auch zur Ermittlung der Effizienz von angewandten Biopräparaten unerlässlich.

Allgemein umfaßt die Diagnose folgende Aufgabengebiete:

1. Prognose,

wobei vor allem in gradierenden Populationen die natürliche Infektionsrate zu ermitteln ist. Solche begleitenden diagnostischen Untersuchungen sind sowohl in ökologischer als auch in ökonomischer Hinsicht unerlässlich, da Gradationen vielfach infolge natürlicher Epizootie zusammenbrechen, wodurch sich die Anwendung von Bekämpfungsmaßnahmen und vor allem auch von Insektiziden erübrigt.

2. Sanitäre Betreuung von Insektenzuchten,

vor allem, wenn sie für Versuche verwendet werden. Die diagnostische Überwachung ist in diesem Fall besonders wichtig, da chronisch erkrankte Insekten meist empfindlicher auf Versuchspräparate und andere Behandlungen reagieren und somit zu verfälschten Versuchsergebnissen führen.

3. Nachweis neuer Krankheitserreger,

um das Potential an Erregern zu mehren, die für den biologischen und integrierten Pflanzenschutz genutzt werden können.

Diagnostische Methoden und Befunde

Eine große Bedeutung in der Begrenzung des Schwammspinners kommt der spezifisch gegen *L. dispar* wirksamen Kernpolyedrose (NPV) zu. Von Kernpolyedroseviren befallene tote Raupen des Schwammspinners werden durch lytische Zersetzung in kurzer Zeit sehr schlaff

und laufen schließlich aus. Im Freiland hängen die erschlafften Kadaver sehr auffällig an den Ästen (Abb. 1).



Abb. 1: Von Kernpolyedrose befallene, schlaff herabhängende Raupe des Schwammspinners, *Lymantria dispar*.

Für Diagnosen werden, sofern die Organe der erkrankten oder bereits abgestorbenen Individuen noch nicht zersetzt sind, Gewebestücke vor allem aus Fettkörper und Darm entnommen und als Quetschpräparate vorwiegend mit dem Phasenkontrastmikroskop untersucht. Dabei sind NPV-Infektionen in aller Regel gut zu erkennen, da sich die Viren in den Zellkernen des Fettkörpers, der Tracheenmatrix und der Hypodermis vermehren und in sog. Polyeder von 3 bis 5 μm eingeschlossen werden. Die Polyeder bestehen aus parakristallinem Protein und dienen dem Schutz der Viren (Abb. 2). Vielfach sind die Organe und Gewebe der zu diagnostizierenden Raupen schon stark lytisch zersetzt, so daß die Polyeder nicht mehr in den Zellkernen, sondern massenhaft frei in den Quetschpräparaten zu beobachten sind (Abb. 3).

Um die Struktur der Polyeder und der darin eingebetteten Viren darzustellen, müssen elektronenmikroskopische Ultradünnschnitte von 50 bis 70 nm Dicke gefertigt werden. Hierfür werden kleine Gewebestücke in Kunststoff eingebettet. Die Ultradünnschnitte zeigen stäbchenförmige Virionen von ca. 370 nm Länge und 75 nm Breite, die gebündelt und von

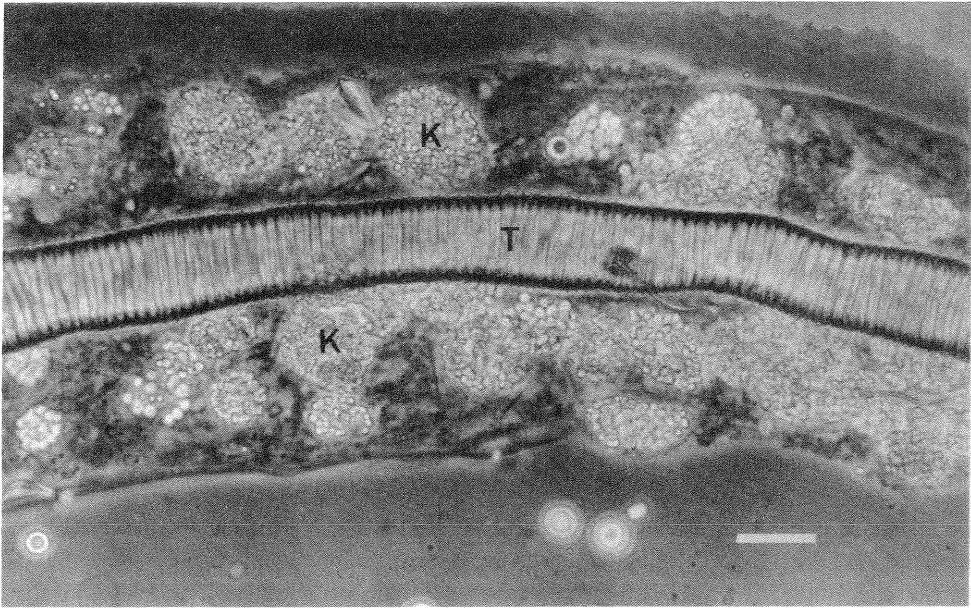


Abb. 2: Tracheenstamm (T) einer Raupe von *Lymantria dispar* im Phasenkontrast. Die Zellkerne (K) der umgebenden Matrix sind hypertrophiert und dicht mit Kernpolyedern besetzt, (Balken = 25 μm).

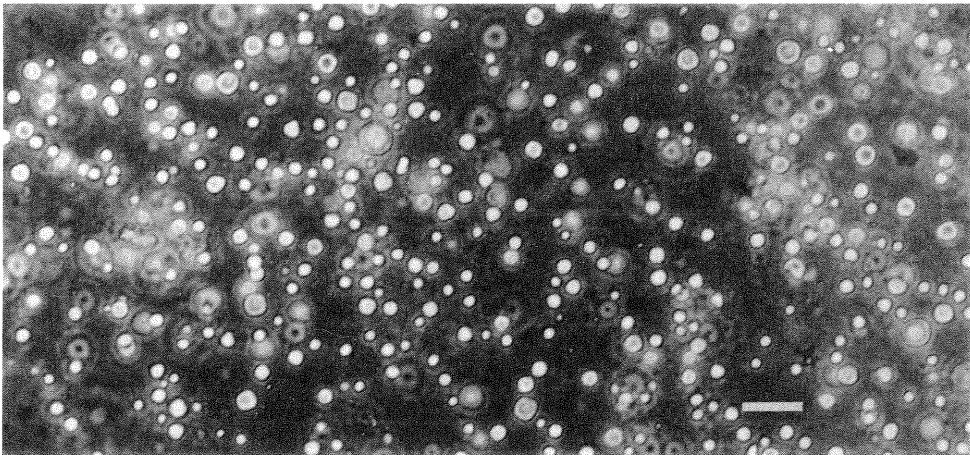


Abb. 3: Typische Viruseinschlusskörper (Polyeder) aus dem lytisch zersetzten Fettkörper einer mit Kernpolyedrose befallenen Schwammspinnerraupe, (Balken = 10 μm).

einer Membran umhüllt in das parakristalline Polyederprotein, das sog. Polyedrin, eingeschlossen sind.

Für detaillierte Untersuchungen zur Pathogenese einer Erregerinfektion sind histo- und zytologische Untersuchungen an licht- oder elektronenmikroskopischen Schnittserien unentbehrlich. Dabei werden für die Lichtmikroskopie die erkrankten Raupen zunächst fixiert, anschließend entwässert und in Paraffin eingebettet. Schnittserien von 5 bis 10 µm Dicke können dann mit verschiedenen Methoden gefärbt werden. Zum Studium der Pathogenese sind besonders die Färbungen mit Hämatoxylin nach Heidenhain (Abb. 4) und mit Lichtgrün geeignet (ROMEIS, 1989).

Neben der Kernpolyedrose ist von *Lymantria dispar* auch eine Zytoplasmapolyedrose bekannt (HUGER & KRIEG, 1958). Im Gegensatz zur Kernpolyedrose vermehren sich die sphärischen Zytoplasmapolyedroseviren im Zytoplasma der larvalen Mitteldarmepithelzellen, wo sie auch in Polyeder eingeschlossen werden.

Die Diagnose der Polyedroseviren im Phasenkontrastmikroskop wird nicht selten erschwert durch die vor allem im larvalen Fettkörper zuweilen sehr zahlreich vorhandenen Albuminoidgranula und Uratkristalle, die den Polyedern oft sehr ähnlich sind. Im Zweifelsfall leisten hierbei differentialdiagnostische Methoden gute Dienste. So können z. B. Uratkristalle in Quetschpräparaten mit Hilfe des polarisierten Lichtes sicher erkannt werden, da sie im Gegensatz zu Polyedern doppelbrechend sind.

Eine sehr elegante Methode zur Differenzierung von Polyedern und Albuminoidgranula im Quetschpräparat ist die Behandlung mit Alkali. Das Polyederprotein wird im Gegensatz zu den Albuminoidgranula durch Einwirkung von 0,1 N Natrium- oder Kaliumhydroxid rasch aufgelöst (Abb. 5).

Ergebnisse diagnostischer Untersuchungen an Schwammspinnern im Befallsgebiet Lampertheim, 1995

Für die diagnostischen Arbeiten zur Prognose bei der Schwammspinnerpopulation in Lampertheim kam in diesem Jahr folgendes Verfahren zur Anwendung:

Zunächst wurden aus dem ca. 400 ha umfassenden Befallsgebiet im März 1995 Eigelege von Baumstämmen und -ästen abgenommen (1 bis 6 Eigelege/Abteilung, je nach Befallsgrad und bei einer zweiten Probenahme je ein kleiner Teil von 1 bis 4 Eigelegen/Abteilung) und zum Schlupf der L₁ im Labor gehalten. Die Eigelege stammten aus 22 Abteilungen von Kommunalwaldflächen und 39 Abteilungen von Staatswaldflächen. Insgesamt wurden in getrennten Chargen von je 15 bis 25 Raupen ca. 15.000 Eilarven auf künstlichem Nährmedium in Zucht genommen, bis die virusbedingte Mortalität mindestens einer Raupe nachgewiesen war oder die erste Puppe auftrat. Rund 2.000 eingegangene Raupen wurden jeweils auf Krankheitserreger untersucht.

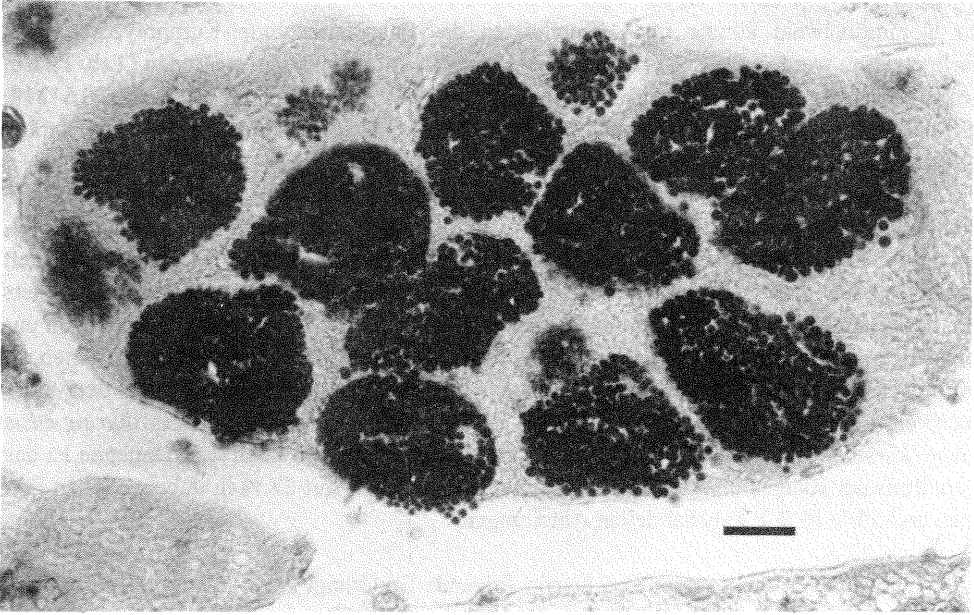


Abb. 4: Fettkörperschnitt einer Raupe von *Lymantria dispar*; die stark hypertrophierten Zellkerne sind dicht besetzt mit Polyedern des Kernpolyedrosevirus; Färbung: Hämatoxilin Heidenhain, (Balken = 20 μm).

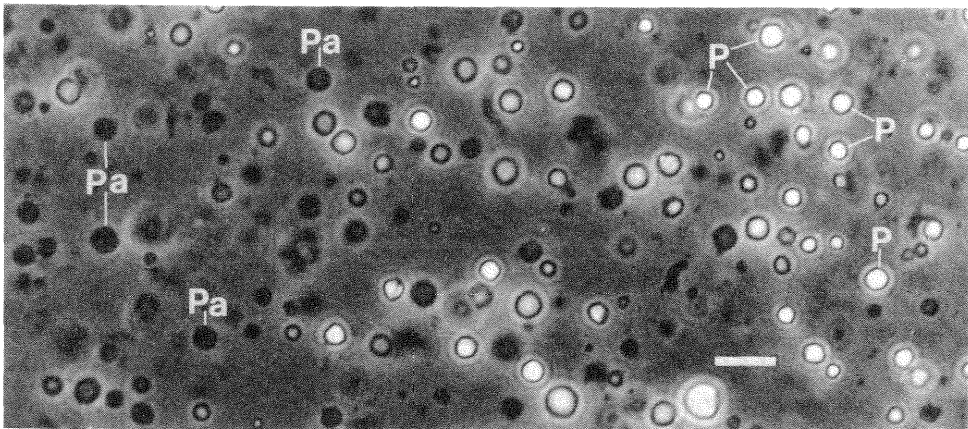


Abb. 5: Phasenkontrastmikroskopische Aufnahme der fortschreitenden Auflösung von Kernpolyedern (Pa) durch die unter dem Deckglas von links nach rechts vordringende Alkalilösung; P = hell erscheinende, normale Polyeder, (Balken = 10 μm).

Im Kommunalwald konnte in 7 Abteilungen das Schwammspinner-Kernpolyedrosevirus nachgewiesen werden. Im Staatswald war das Virus in 24 Abteilungen zu finden (Tab. 1). Ein besonders massiver Befall war in den Abteilungen 228, 302, 304, 310, 311, 312, 316, 318, 320 und 417 zu verzeichnen. Das sind in 7 von 10 Fällen auch Abteilungen, die einen starken Schwammspinnerbefall aufwiesen.

Während der folgenden Schwammspinnerentwicklung wurden im Freiland aus einigen Abteilungen lebende und z. T. bereits tote Raupen von Blättern und Baumstämmen eingesammelt (insgesamt 533) und die lebenden einzeln im Labor gehalten. Hier bestätigten sich die bereits bei den Eilarven festgestellten Virusvorkommen (Tab. 2). 2 bis 37 % der Raupen aus den untersuchten Abteilungen starben an Virusinfektionen. Faßt man alle Abteilungen zusammen, so ergibt sich eine durchschnittliche Infektionsrate von rund 20 %. Auffallend ist, daß der Virusnachweis in unbehandelten Flächen (24 %) im Vergleich zu den mit *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* besprühten Abteilungen (13 %) nahezu doppelt so hoch war. Dagegen ist das Verhältnis der Raupen ohne Befund (o. B.) genau umgekehrt mit 27 % in unbehandelten Flächen und 55 % in *B. t. k.*-behandelten Abteilungen.

Aus diagnostischer Sicht ergibt sich hierfür folgende Erklärung: Nach Erfahrungen aus Biotests mit *B. t.* kommt es sehr häufig zum Absterben der Raupen durch das *B. t.*-Toxin, ohne daß sich der Erreger im Wirt vermehrt. Es ist daher wahrscheinlich, daß ein Teil der hier als o. B. eingestuftes Raupen an *B. t.* eingegangen ist. Die Wirkung des *B. t.* ist wesentlich schneller als die Vermehrung der Viren, so daß die Virusfunde auf den *B. t.*-Flächen weniger häufig waren als in den unbehandelten Parzellen.

Von besonderem Interesse ist der Befund bei Altraupen, die unter den an Baumstämmen angebrachten Stoffstreifen eingesammelt wurden. Hier hatte sich der Virusbefall auf rund 60 % erhöht (Tab. 2).

Wenn man bedenkt, daß bereits ein nicht unerheblicher Teil der jüngeren Raupenstadien an der Virose eingegangen ist, unterstreichen vor allem auch diese diagnostischen Befunde an Altraupen den maßgeblichen Beitrag der Kernpolyedroseviren am Zusammenbruch der Population.

Die diagnostischen Befunde führen unter Berücksichtigung weiterer Faktoren zu folgendem Schluß: Da in diesem Jahr die Population auch durch ungünstige Witterung und hohe Parasitierung (s. a. BATHON, 1996) stark reduziert wurde, erlauben die Ergebnisse der NPV-Diagnosen derzeit noch keine sichere Aussage über das Verhältnis des im Vorfeld im Labor ermittelten Virusbefalls zu der zu erwartenden Gesamtmortalität durch Virose in den Populationen. Dennoch läßt die hohe NPV-Infektionsrate bei eingesammelten Altraupen (60 %) bereits jetzt den Schluß zu, daß ein vorab ermittelter Virusbefall bei ca. 40 % der zu Diagnosezwecken angesetzten Raupen-Zuchtchargen zumindest eine empfindliche Reduktion der Population durch Virose bewirkt (s. Tab. 1).

Tab. 1: Untersuchte Forstabteilungen im Bereich Lampertheim und nachgewiesener Virusbefall an Raupen in den Zuchtschalen.

Kommunalwaldflächen					
Abteilung	Anzahl der Schalenansätze		Schalenansätze mit NPV / Zahl der untersuchten Schalen		Bewertung
	1. Stichprobe	2. Stichprobe	1. Stichprobe	2. Stichprobe	
22	3	4	2/3	0/4	?
23	3	4	1/3	0/3	?
24 *	2	4	1/2	2/4	+
25	3	4	1/3	1/4	+
26	-	4	-	0/4	-
27 X	5	4	2/4	2/3	+
28 *	2	4	1/2	0/4	?
33 *	1	-	0/1	-	-
34 *	1	-	0/1	-	-
39 *	1	-	0/1	-	-
40 *	1	4	1/1	1/4	+
41 *	2	4	2/4	1/4	+
42 *	2	4	1/2	0/4	?
43 *	2	4	1/2	0/4	?
44	3	4	2/3	1/4	+
45	3	4	1/2	1/2	+
46	3	4	1/3	0/4	?
47	3	4	2/3	0/4	?
48 *	1	-	0/1	-	-
49 *	1	-	0/1	-	-
52 *	2	4	1/2	0/3	?
53	3	4	1/3	0/4	?
Summe: 22 Abteilungen					

Fortsetzung der Tab. 1

Staatswaldflächen					
Abteilung	Anzahl der Schalenansätze		Schalenansätze mit NPV / Zahl der untersuchten Schalen		Bewertung
	1. Stichprobe	2. Stichprobe	1. Stichprobe	2. Stichprobe	
217 *	2	5	0/2	0/3	-
222 *	1	-	0/1	-	-
224 *	1	4	0/1	0/4	-
225	2	3	0/1	0/1	-
227 *	1	3	-	0/2	-
228 X*	10	4	5/5	1/4	+
229 *	2	4	1/2	0/3	?
230 *	1	3	0/1	0/3	-
301 *	1	4	1/1	0/4	?
302 X*	5	4	2/3	3/3	+
303 *	1	4	0/1	3/4	+
304 X	6	4	3/4	2/4	+
306 X	6	6	3/4	1/6	+
307 *	2	2	1/1	-	+
308	3	4	0/3	1/4	?
310 X	6	4	4/4	3/4	+
311 X	6	4	4/4	4/4	+
312 *	2	2	1/1	1/1	+
313 X*	5	4	0/3	2/4	+
316 X	6	4	2/4	3/4	+
317 X	6	4	0/4	0/4	-
318 X*	5	4	2/3	3/4	+
319 X*	5	4	1/3	2/4	+
320 *	2	4	1/1	3/4	+
322	6	4	3/4	0/4	?
323	3	4	2/3	2/4	+

Fortsetzung der Tab. 1

Staatswaldflächen					
Abteilung	Anzahl der Schalenansätze		Schalenansätze mit NPV / Zahl der untersuchten Schalen		Bewertung
	1. Stichprobe	2. Stichprobe	1. Stichprobe	2. Stichprobe	
328 *	1	2	0/1	0/2	-
401 *	2	4	1/1	1/4	+
402 *	2	4	1/2	2/4	+
405 *	2	4	1/2	2/4	+
406	3	3	1/3	2/3	+
407 *	2	4	-	2/4	+
411 *	2	4	1/1	0/4	?
412 *	2	4	1/2	1/3	+
413 *	2	4	1/2	2/4	+
414 *	1	4	1/1	0/2	?
417 *	2	4	1/2	3/4	+
418	3	4	1/3	0/4	?
420 *	2	4	1/2	2/4	+
Summe: 39 Abteilungen					
Gesamtsummen:					
61 Abteilungen	382		128/328 = 39%		

- X Starker Schwammspinnerbefall,
 * Abteilung nur z. T. vom Schwammspinner befallen,
 X* Abteilung nur zum Teil, aber dort stark befallen,

Bewertung: + Virusbefall vorhanden
 - Virusbefall nicht nachgewiesen
 ? Virusbefall fraglich, da vor allem bei der Bearbeitung der ersten
 Stichprobe eine Verschleppung der Viren nicht gänzlich
 auszuschließen ist.

Tab. 2: Ergebnisse der diagnostischen Untersuchungen an eingesammelten Schwammspinner-Raupen im Befallsgebiet Lampertheim (% NPV = Anteil der mit Kernpolyedrosevirus infizierten Raupen, % Paras. = Anteil der parasitierten Raupen, % *B. t. k.* = Anteil der Raupen, in denen *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* nachgewiesen wurde, o. B. = Anteil Raupen ohne Befund, u. b. = unbehandelte Abteilungen, *B. t. k.* = mit *B. t. k.* behandelte Abteilungen).

Lampertheim - Raupen in Einzelzucht						
Abteilung	Sammel- datum	Anzahl Raupen	% NPV	% Paras.	% <i>B. t. k.</i>	% o. B.
302 u.b.	02. 06. 95	100	17	6	0	32
306 u.b.	02. 06. 95	100	37	8	0	23
316 u.b.	09. 06. 95	50	2	24	0	20
316 u.b.	12. 06. 95	94	28	21	0	30
Gesamt u.b.		344	24	13	0	27
311 <i>B. t. k.</i>	09. 06. 95	75	16	3	12	43
316 <i>B. t. k.</i>	09. 06. 95	50	10	2	8	70
316 <i>B. t. k.</i>	12. 06. 95	64	12	12	9	37
Gesamt <i>B. t. k.</i>		189	13	4	9	55
Lampertheim - Altraupen unter Stoffstreifen						
6 Abteilungen 27, 228, 302, 306, 311, 316	21. 07. 95	117	60	34	0	20

Mit Hilfe von DNA-Restriktionsanalysen wurde ermittelt, daß es sich bei dem in Lampertheim aufgetretenen Virusstamm um eine eigene genotypische Variante handelt, die Ähnlichkeiten mit dem russischen Kernpolyedrosevirus besitzt (E. FRITSCH, unveröffentlicht). Dies bestätigt die Erwartungen, da in diesem Gebiet keine Virusbehandlung vorgenommen wurde.

Die bei *L. dispar* ebenfalls bekannte Zytoplasmapolyedrose (s. o.) wurde in den vorliegenden Untersuchungen in keinem Fall nachgewiesen, beeinträchtigte die Schwammspinnerpopulationen in Hessen somit nicht.

Während der Zucht der Schwammspinnerraupen auf künstlichem Nährmedium kam es häufig zu einer Verpilzung des Mediums mit *Aspergillus* sp. Verschiedene *Aspergillus*-Arten zählen bei den Insekten zu den fakultativen Pathogenen. In einer Reihe von Raupen, die offenbar eine hohe Dosis dieses Pilzes aufgenommen hatten, konnten generalisierte *Aspergillus*-Infektionen nachgewiesen werden. Im Freiland trat dieser Pilz jedoch nicht auf. Aus toten Raupen, die von Blättern oder vom Boden abgesammelt wurden, konnten verschiedene Pilze isoliert werden, jedoch handelte es sich dabei stets um Saprophyten.

Unter den spezifisch insektenpathogenen Pilzen hat in Amerika *Entomophaga maimaiga* eine besondere Bedeutung in der Begrenzung des Schwammspinners. Der Pilz führt natürlicherweise zu Epizootien (REARDON & HAJEK, 1993). Er schleudert Dauersporen aus, die z. B. durch Wind oder Tiere über weite Strecken verbreitet werden (HAJEK & SOPER, 1992; HAJEK et al., 1995). Während unserer gesamten diagnostischen Untersuchungen, die sich nun schon über drei Jahre erstrecken, konnte nur in einer Raupe eine *Entomophaga* sp. gefunden werden; diese war jedoch nicht näher zu bestimmen, da sie von einem saprophytischen Pilz überwachsen wurde. 1994 wurden drei von weißem Myzel und Sporen bewachsene Schwammspinnerraupen gefunden. Bei dem Pilz handelte es sich um *Beauveria bassiana* (G. ZIMMERMANN, mündl. Mitt.)

So haben also bisher *Entomophaga* oder andere entomopathogene Pilze bei der natürlichen Begrenzung des Schwammspinners in Hessen praktisch keine Bedeutung; auch bei verschiedenen Einsendungen aus anderen Bundesländern waren pathogene Pilze nicht nachweisbar.

Dies gilt offensichtlich auch für die den Protozoen zugeordneten Mikrosporidien der Gattung *Nosema*. Sie konnten ebenfalls nur in einer Raupe nachgewiesen werden. Herr Dr. Linde fand in Bayern *Nosema lymantriae*, die jedoch auch hier keine praktische Bedeutung erlangte.

Während einer Tagung der Society of Invertebrate Pathology 1994 in Montpellier berichteten amerikanische Kollegen von mindestens drei Mikrosporidienarten dieser Gattung, die Schwammspinner-Populationen dezimieren. In Bulgarien und Jugoslawien trägt *Nosema serbica* zur Begrenzung dieses Schädlings bei (PILARSKA & VAVRA, 1991; SIDOR et al., 1992).

Neben dem vergleichsweise umfangreichen Schwammspinner-Material wurden im Laufe des Jahres auch einige Einsendungen mit toten Raupen und Puppen der Nonne (*Lymantria monacha*) diagnostisch untersucht, die wir von Herrn Dr. Habermann aus der Forstlichen Versuchsanstalt in Göttingen erhielten. Jedoch waren dabei bisher keine spezifischen Krankheitserreger nachzuweisen (s. a. HABERMANN, 1996).

Mit diesen Ausführungen sei nochmals auf die Bedeutung einer qualifizierten Prognose hingewiesen, die bei Entscheidungen über die Notwendigkeit von Bekämpfungsmaßnahmen nicht nur die Populationsdichte, sondern auch das Potential der natürlichen Begrenzungsfaktoren einschließlich der Krankheitserreger berücksichtigt. Für derartige Erhebungen sind wir jedoch auf Mithilfe angewiesen. Schon während der Entwicklung einer Schädlingsgradation sollten daher regelmäßig Proben, vor allem auch krankheitsverdächtige Individuen eingesammelt und an unser Institut geschickt werden, damit entsprechende Diagnosen durchgeführt werden können.

Literatur

- BATHON, H. (1996): Zur Bedeutung der Parasitoide beim Zusammenbruch der Schwammspinner-Gradation in Südhessen. Mitt. Biolog. Bundesanst. Land- Forstw. **322**: 74 - 90.
- HABERMANN, M. (1996): Zur Bekämpfungsentscheidung bei Nonnenbefall (*Lymantria monacha* L.) in Kiefernbeständen (*Pinus sylvestris* L.) des Niedersächsischen Flachlandes. Mitt. Biolog. Bundesanst. Land- Forstw. **322**: 137 - 144.
- HAJEK, A. E., R. A. HUMBER & J. S. ELKINTON (1995): Mysterious origin of *Entomophaga maimaiga* in North America. American Entomologist **41**: 31-42.
- HAJEK, A. E., R. S. SOPER (1992): Temporal dynamics of *Entomophaga maimaiga* after death of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) larval hosts. Environmental Entomology **21**: 129-135.
- HUGER, A. & A. KRIEG (1958): Über eine Cytoplasma-Polyedrose der Nonnenraupe (*Lymantria monacha* L.). Die Naturwissenschaften **45**: 170-171.
- PILARSKA, D. & J. VAVRA (1991): Morphology and development of *Nosema serbica* Weiser, 1963 (Microspora, Nosematidae), parasite of the gypsy moth *Lymantria dispar* (Lepidoptera, Lymantriidae). Folia Parasitologica **38**: 115-121.
- REARDON, R. & A. E. HAJEK (1993): *Entomophaga maimaiga* in North America: A review. Appalachian Integrated Pest Management (AIPM) USDA Technology Transfer, 22 pp.
- ROMEIS, B. (1989): Mikroskopische Technik (BÖCK, P. Hrsg.), München, Wien, Oldenburg Verlag, 17. neubearbeitete Auflage, 697 pp.
- SIDOR, Ć., I. JODAL & L. DUŠANIĆ (1992): Microbial diseases of gypsy moth (*Porthetria dispar*) in black locust forest. Zaštita Bilja **43**: 15-25.

Gustav-Adolf Langenbruch, Regina G. Kleespies und Jürg Huber

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt

Versuchsergebnisse zur Wirkung von Viren und Bakterien gegen Schwammspinner und Nonne

Freilandversuche zur Bekämpfung des Schwammspinners

Bei der letzten Gradation des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) in den Jahren 1992 bis 1994 wurde in Hessen mehr als die Hälfte der gesamten Bekämpfungsfläche mit *Bacillus thuringiensis* (*B.t.*)-Präparaten behandelt (im Jahre 1994 ca. 7.000 ha). In Zusammenarbeit mit der Hess. Forstverwaltung konnten darüber hinaus einige Versuche zur biologischen Bekämpfung des Schwammspinners mit *B.t.* und Kernpolyederviren (NPV) angelegt werden. Bei diesen Versuchen standen folgende Fragen im Vordergrund:

- 1) Welcher Wirkungsgrad ist mit *B.t.*-Präparaten erreichbar, wenn die Aufwandmenge, die in der im Frühjahr 1994 veränderten Zulassung genannt ist, voll ausgeschöpft wird?
- 2) Welche Wirkung läßt sich durch eine hochdosierte Luftapplikation von NPV erzielen?
- 3) Wie wirkt sich eine Kombination von *B.t.* und NPV aus, wenn aus Gründen der Wirtschaftlichkeit die Dosis drastisch gesenkt wird?
- 4) Welche Wirkung läßt sich durch eine Stammbehandlung mit Kernpolyederviren vor dem Schlüpfen bzw. Aufbaumen der Larven erzielen?

Luftapplikation von *B.t.* und NPV

Die ersten drei Fragen sollte u.a. ein Versuch in Darmstadt, Revierförsterei Messel, klären, der kurz mit folgenden Angaben zu charakterisieren ist:

- Bestand: Eichen-Stangenholz bis schwaches Baumholz, durchsetzt mit Roteichen, Buchen und Lärchen, wenig Unterholz; 33 - 44 Jahre alt, 10 - 18 m hoch.
- Vorbefall: 2,3 bis 29,2 Eigelege/Baum (Durchschnitt von 10 - 20 Bäumen), überwiegend oberhalb 4 m abgelegt. (Nur in einer benachbarten Abteilung wurden 2 % NPV-Befall ermittelt.)

Varianten: Unbehandelt, NPV, *B.t.* und NPV+*B.t.* (je 1/10 der Dosis der Einzelbehandlungen).

Behandlung: *B.t.*-Produkt Foray 48 B, weil es bei voller Ausschöpfung der Zulassung (2 x 4 l/ha) die höchste *B.t.*-Menge ergab, ausgedrückt in internationalen Einheiten (IU): $2 \times 5 \times 10^{10}$ IU/ha (2 l Dipel ES ergeben nur $3,3 \times 10^{10}$ IU/ha). NPV aus russischer Produktion ($1,3 \times 10^{12} + 1,0 \times 10^{12}$ Polyeder/ha), ausgebracht in Tankmischung mit einem speziellen Carrier, der sich aber nicht bewährte.

Ausbringung: Hubschrauber (50 l/ha)

Termine: 6.5. und 16.5.94

Die Temperaturen lagen in den folgenden 48 Stunden zwischen 7 und 22 bzw. 11 und 22 °C, nach der ersten Spritzung war es 48 Stunden trocken, nach der zweiten fielen 0,3 mm Niederschlag. Die Larven waren am 6.5. überwiegend am Ende des ersten Stadiums.

Erfolgskontrolle:

- 1994 Erfassung des Kotfalls zu 4 Terminen
- Entnahme von Zweigen und Larven an 3 Terminen für Biotests im Labor
- Auswertung von Stoffstreifen zu 2 Terminen
- Schätzung der Entlaubung an 4 bis 7 Terminen
- 1995 Entnahme von Eigelegen und Larven zu 5 Terminen (z. T. mit Hilfe von Stoffstreifen)
- Schätzung der Belaubung und des Gesundheitszustandes der Bäume

Ergebnisse

Kotfall:

Die eindeutigste Erfolgskontrolle läßt sich über den Kotfall erhalten. Die von Dr. Gonschorrek entwickelten Kotfangschalen sind dazu sehr gut geeignet, da sie, abgedeckt im Kühlraum aufbewahrt, zu beliebiger Zeit ausgezählt werden können. Schwierigkeiten bei der Erfassung des Kotfalls ergaben sich aber durch Niederschläge, durch Schwarzwild und durch die begrenzte Arbeitskapazität.

Aus diesen Gründen konnten wir nur in zwei Parzellen exakte Kotfall-Ergebnisse erzielen. Wie Tab. 1 zeigt, ergab sich keine Beziehung zwischen Anzahl Eigelege und Anzahl Kotkrümel. Das ist auch nicht verwunderlich, da die kleinen Kotfangschalen (18 x 18 cm) nur

einen sehr kleinen Parzellenausschnitt repräsentieren, diesen aber sehr genau erfassen. Die Eigelegezahlen beziehen sich dagegen auf mindestens 10 Bäume, d.h. 100 m² oder mehr. (Deshalb ist es auch entscheidend wichtig, daß die Schalen über den gesamten Versuchszeitraum hinweg an genau denselben Standorten aufgestellt werden).

In den beiden Hälften der unbehandelten Kontrolle (a, b) stiegen die Kotkrümelzahlen vom 5.5. bis zum 24.5. an, fielen dann aber stark ab. Dieser Verlauf ist vor allem auf die jeweiligen Witterungsbedingungen während der Standzeiten zurückzuführen. Am 13.6. waren aber die Bäume in Unbehandelt auch bereits weitgehend kahl gefressen, so daß deshalb der Kotfall vermindert war.

Die Kotkrümelzahlen unterschieden sich in den beiden Hälften der unbehandelten Kontrolle deutlich, deshalb wurde nur auf die direkt benachbarte Hälfte bezogen. Es ergeben sich sehr hohe Wirkungsgrade (98 - 100 %) für die *B.t.*-Behandlung. (Wird vom Durchschnittswert für die unbehandelte Parzelle ausgegangen, so liegen die Wirkungsgrade bei 98 % am 24.5., 92 % am 31.5. und 100 % am 13.6.)

Tabelle 1: Ermittelte Eigelege- und Kotkrümelzahlen in Darmstadt 1994

Bonitur	Datum	Stand- dauer (h)	Behandlungen		<i>B.t.</i>	NPV
			Unbehandelt a	b		
Eigelege/ Baum	E IV	-	6,0	1,5	2,3	29,2
Kotkrü- mel/ 5 Schalen (in 24 h)	5.5	28	888	483	870	634
	24.5	5	1274	1132	29	-
	31.5	32	312	266	WG 98%	-
					WG 99%	
13.6.	24	213	68	0	-	
					WG 100 %	

WG = Wirkungsgrad nach Schwerdtfeger

Biotests:

Mit Hilfe von Zapfenpflückern wurden am 8.5., 18.5. und 31.5. mindestens drei Triebe und - soweit vorhanden - 30 Larven von je 2 Bäumen/Variante entnommen und als Gefäßversuch 7 bis 9 Tage im Gewächshaus gehalten. Nachgefüttert wurde mit unbehandelten Zwetschentrieben. Die Mortalität wurde erfaßt, tote Larven wurden auf NPV oder *B.t.* untersucht (Tab. 2).

Tabelle 2: Mortalität in den Biotests mit Larven und Trieben aus den Versuchspartellen bei Probenahmen am 8.5. (=1), 18.5. (=2) und 31.5. (=3)

Behandlung	NPV-			<i>B.t.</i> - Mortalität (%) zum Termin			Gesamt-		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Unbehandelt	0	0	0	2	2	0	11	7	2
NPV	0	49	16	29	13	2	33	49	16
<i>B.t.</i>	1	0	0	82	53	0	93	95	0
NPV+ <i>B.t.</i>	0	18	0	87	58	4	88	58	4

Aus dieser Gegenüberstellung ist der Verlauf der Mortalität bei den beiden Pathogenen ersichtlich. Die *B.t.*-Wirkung war bereits zum ersten Termin voll ausgeprägt (82 %), erstaunlicherweise auch auf der Kombinationsparzelle (87 %). Auf Grund der zweiten Applikation hielt die *B.t.*-Wirkung auch zum zweiten Entnahme-Termin auf beiden Parzellen an. (Der relativ niedrige Wert in der *B.t.*-Variante ist - wie ein Vergleich mit der Gesamtmortalität zeigt - wohl darauf zurückzuführen, daß *B.t.* häufiger nicht nachgewiesen werden konnte, weil die Larven sehr rasch an den *B.t.*-Toxinen verendeten und die *B.t.*-Sporen nicht auskeimten.) 15 Tage nach der zweiten Spritzung war keine *B.t.*-Wirkung mehr erkennbar.

Die NPV-Wirkung trat erst beim zweiten Entnahme-Termin auf und war bei hoher Dosierung auch noch am dritten Termin, also 15 Tage nach der zweiten Applikation sichtbar. In der NPV-Parzelle war auch eine beachtliche *B.t.*-Wirkung erkennbar, die entweder auf Abtritt oder auf ein Vertriften von Junglarven zurückzuführen sein dürfte. Es wurde aber zum zweiten und dritten Termin niemals *B.t.* allein, sondern stets in Kombination mit NPV nachgewiesen. Andererseits wurde in den toten Larven der Kombinationsparzelle zum

zweiten Termin nie NPV allein, sondern stets in Kombination mit *B.t.* gefunden. Danach könnte eine synergistische Wirkung von *B.t.* und NPV vermutet werden.

Stoffstreifen:

Am 13.6. wurden in den einzelnen Varianten je 10 Stoffstreifen angelegt. Sie wurden am 15.6. und 7./8.7. ausgewertet (Tab. 3 und 4).

Obwohl der Stammumfang zwischen 36 und 78 cm schwankte, war keine Korrelation zwischen Stammumfang und Anzahl gefundener Larven zu finden.

Tabelle 3: Anzahl Eigelege im Frühjahr und gefundene Larven am 15.6.94 unter den Stoffstreifen

Behandlung	Eigelege / Baum		Anzahl Larven / Stoffstreifen			
	absolut	%	absolut	% v. ub	erwartet*	% v. erwartet#
unbehandelt	3,8	100	272	100	272	100
NPV	29,2	779	55	20	2119	3
<i>B.t.</i> 1	2,3	61	0	0	166	0
<i>B.t.</i> 2	2,8	75	3	1	204	1
NPV+ <i>B.t.</i>	3,5	93	8	3	253	3

* Anzahl zu erwartender Larven auf Grund der Anzahl Eigelege und der in Unbehandelt gefundenen Larven

gefundene Larven in % der erwarteten Larven

Am 15.6.94 wurden in den *B.t.*-Varianten im Vergleich zu Unbehandelt nur noch wenige Larven gefunden (Tab. 3). Würde von einem einheitlichen Vorbefall ausgegangen, lägen die gefundenen Larvenzahlen bei 0 bis 1 % für die *B.t.*-Variante und bei 3 % für die *B.t.*-NPV-Kombination. In der NPV-Parzelle betrug die Larvenanzahl 20 % von Unbehandelt (Spalte 4).

Laut Eigelege-Zählung war der Vorbefall aber unterschiedlich. Wird das berücksichtigt, so verändert sich das Ergebnis für die NPV-Variante. Danach wurden hier nur noch 3 % der zu erwartenden Larven gefunden (letzte Spalte).

Hier soll aber ein vielleicht berechtigter Einwand gebracht werden: Durch die *B.t.*- und/oder durch die NPV-Spritzung ist eine verzögerte Larvenentwicklung nicht völlig auszuschließen. Deshalb könnten auf diesen Flächen die Larven kleiner geblieben sein und sich vielleicht noch nicht so zahlreich unter den Stoffstreifen gesammelt haben wie die bereits größeren Larven

anderer Parzellen. Tab. 4 zeigt dazu das Ergebnis der Stoffstreifenbonitierung am 7./8.7.94, also drei Wochen später.

Tabelle 4: Anzahl Schwammspinner unter den Stoffstreifen am 7./8.7.94

Behandlung	Anzahl Eigelege (%)	Anzahl Schwammspinner/Stoffstreifen		
		gefunden	erwartet	in % von erwartet
unbehandelt	100	326	326	100
NPV	779	519	2539	20
<i>B.t.</i> 1	61	13	199	7
<i>B.t.</i> 2	75	55	245	22
NPV+ <i>B.t.</i>	93	116	303	38

Tatsächlich hat die Anzahl gefangener Schwammspinner in allen Varianten zugenommen. Das dürfte aber auch daran liegen, daß die Streifen jetzt über drei Wochen hingen und nicht nur zwei Tage wie beim ersten Termin. Zu dem zweiten Termin wurden auch zahlreiche Puppen und einzelne Falter gefunden, darauf wird später noch eingegangen.

Inzwischen war aber auch die unbehandelte Fläche seit mindestens einer Woche total kahl gefressen, und die Raupen verteilten sich ziellos nach allen Seiten. Dadurch dürften einerseits weniger Raupen in Unbehandelt zu finden gewesen sein, andererseits waren vor allem in den *B.t.*-Flächen, die benachbart zu der unbehandelten Parzelle lagen, starke Unterschiede in der Fängigkeit der einzelnen Stoffstreifen festzustellen. In einigen Fällen ist klar zu erkennen, daß näher zu Unbehandelt angebrachte Stoffstreifen deutlich mehr Larven aufwiesen. Wie Tab. 4 zeigt, lag die Schwammspinnerreduzierung zu diesem Termin bei 80 % in der NPV-Parzelle, bei 78 bis 93 % (Durchschnitt: 86 %) auf den *B.t.*-Flächen und bei 62 % in der NPV-*B.t.*-Kombinationsparzelle. Wenn man also die Werte vom 15.6. als zu gut ansieht, weil die Pathogene evtl. eine Entwicklungsverzögerung verursachten, so müssen die Ergebnisse vom 7./8.7. als zu schlecht betrachtet werden, weil sich der Kahlfraß in Unbehandelt auswirkte.

Schätzung der Entlaubung:

Das erste Ziel der Schwammspinnerbekämpfung war der Schutz der Bäume vor Entlaubung. Dazu wurde die Belaubung durch den Revierförster (Herrn Döring) an max. 7 Terminen bei jeweils 10 markierten Bäumen/Behandlung nach einem 10 % Stufenschema geschätzt und der Blattverlust in % errechnet (Tab. 5).

Tabelle 5: Schätzung des Blattverlustes bei Stieleiche auf den Parzellen des Schwamm-
spinner-Bekämpfungsversuchs in Darmstadt-Kranichstein (durch Förster Döring)

Behandlung	Anzahl Bäume	Blattverlust in % am						
		17.5.	23.5.	8.6.	30.6.	8.7.	18.7.	4.8.
Unbehandelt	10	43	56	91	100	74(J)	31(J)	36*
NPV	10	49	55	56(J)	36(J)	19(J)	-	-
<i>B.t.</i>	10	27	33	30(J)	23(J)	-	-	-
NPV+ <i>B.t.</i>	10	17	27	29	26(J)	-	-	-

J = Johannistrieb

* = Hitze-Laubfall

Am 30.6. kam es auf der unbehandelten Fläche zu einem totalen Kahlfraß. Der Johannistrieb setzte auf dieser Teilparzelle am 8.7. ein.

Auf den mit *B.t.* behandelten Flächen betrug die Entlaubung max. 33 %, dabei setzte der Johannistrieb bereits einen Monat früher ein. Das ist als Zeichen dafür zu werten, daß die Bäume durch den Kahlfraß in Unbehandelt deutlich geschwächt waren.

In der NPV-Parzelle war die Entlaubung sehr viel höher (56 %) als in den *B.t.*-Parzellen. Das wird einmal auf den höheren Ausgangsbefall zurückgeführt, zeigt aber andererseits auch wieder die verzögerte Raupenabtötung durch die ausgebrachten NPV. Auch auf dieser Parzelle setzte der Johannistrieb - wie auf den *B.t.*-Parzellen - bereits am 8.6. ein.

Die Kombinationsparzelle zeigt mit max. 29 % nur eine geringe Entlaubung, der Johannistrieb setzte aber später ein (30.6.). Auffallend ist, daß auf dieser Parzelle auch am 17.5. der geringste Blattverlust (17 %) geschätzt wurde, während z. B. die NPV-Fläche zu diesem frühen Termin bereits fast zur Hälfte entlaubt war. Vielleicht kann darin ein Hinweis auf die tatsächliche Ausgangspopulation des Schwammspinners in dieser Parzelle gesehen werden, die dann möglicherweise durch die Eigelegezählung zu hoch eingeschätzt worden wäre.

Im Jahre 1995 konnte festgestellt werden, daß in der unbehandelten Parzelle 30 % der zwei Jahre zuvor als „zukunftsträchtig“ markierten Bäume eingegangen waren, in den behandelten Parzellen dagegen kein einziger. Ursache dafür dürfte der Schwammspinnerbefall sein, der 1993 zu einem Lichtfraß und 1994 zum Kahlfraß mit anschließendem Mehлтаubefall des Johannistriebes geführt hatte.

Wenn die Ergebnisse der verschiedenen Methoden zur Erfassung des Bekämpfungserfolgs im Jahre 1994 zusammengefaßt werden, ergibt sich Tab. 6.

Tabelle 6: Ergebnisse der Kotkrümelzählung, Biotests, Stoffstreifenfänge und Entlaubungsschätzung

Behandlung	Reduzierung des Kotfalls (%)		Mortalität im Biotest (%)			Reduktion Stoffstreifen-Fänge (%)		Entlaubung max. (%)
	24.5.	31.5.	8.5.	18.5.	31.5.	15.6.	7./8.7.	
	Unbehandelt	-	-	11	7	2	-	
NPV	-	-	33	49	16	97	80	56
<i>B.t.</i>	98	99	93	95	0	99	86	33
<i>B.t.</i> +NPV	-	-	88	58	4	97	62	29

Die eingangs gestellten Fragen lassen sich folgendermaßen beantworten:

- 1) Der zweimalige *B.t.*-Einsatz erbrachte eine sofortige, hohe Mortalität, die nach Kotkrümelzahlen bei 98 % oder darüber und nach Biotestergebnissen bei 95 % lag. Ende Mai (14 Tage nach der zweiten Spritzung) war aber keine direkte Wirkung mehr nachweisbar. Ende Juni/Anfang Juli wurden zwischen 1 und 14 % der Larven gefangen, die nach den Verhältnissen in Unbehandelt zu erwarten gewesen wären. Dabei ist der höhere Wert vermutlich auf Zuwanderung zurückzuführen. Der Laubverlust blieb mit 33 % erträglich.
- 2) Die NPV-Ausbringung ergab im Mai eine mäßige, im Juni eine starke Mortalität von über 80 bis max. 97 %. Die Entlaubung war mit 56 % hoch, aber gegenüber Unbehandelt deutlich reduziert.
- 3) Die NPV-*B.t.*-Kombination mit einem Zehntel der Dosis bewirkte anscheinend eine schnelle und überraschend hohe Mortalität, die nach den Stoffstreifenfängen Mitte Juni fast an die der *B.t.*-Parzellen herankam. Anfang Juli war allerdings die Larvenreduktion mit 62 % des ohne Behandlung zu erwartenden Wertes geringer als in den anderen Behandlungsvarianten. Der Laubverlust war sehr gering, was aber möglicherweise auf die andere Waldstruktur in dieser Parzelle zurückgeführt werden muß. Dies entspricht den Ergebnissen aus Versuchen zur Bekämpfung der Nonne mit ähnlichen NPV-*B.t.*-Kombinationen in verminderter Aufwandmenge (ALTENKIRCH et al., 1986). Dieser Kombination sollte in künftigen Versuchen besondere Beachtung geschenkt werden.

Populationsreduzierung

Neben dem Nahziel einer Fraßreduzierung, um die vorhandene Belaubung zu erhalten, steht als Fernziel einer Bekämpfungsmaßnahme die dauerhafte Populationsreduzierung. Gerade ein NPV-Einsatz hat auch dieses Ziel. Dabei ist zu berücksichtigen, daß natürlicherweise

auftretende Gegenspieler, wie z.B. Larvenparasiten, auch zu einer Populationsreduzierung führen.

Die Stoffstreifen erbrachten interessante Ergebnisse dazu, wie sich die ausgebrachten Krankheitserreger und die natürlicherweise aufgetretenen Parasiten auf die Schwammspinner-Population auswirkten. Die beim zweiten Termin (7./8.7.) unter den Stoffstreifen gefundenen Larven waren nämlich zum allergrößten Teil tot, was bisher nicht berücksichtigt wurde (Tab. 7). Auch die gefundenen Vorpuppen waren alle tot, und ein großer Teil der gefundenen Puppen war tot bzw. konnte sich nicht zu Faltern entwickeln, wie die Haltung eines Teils der Tiere im Labor zeigte.

Tabelle 7: Anzahl lebender und toter Schwammspinner unter den Stoffstreifen am 7./8.7.94

Behandlung	Gesamtzahl	Lebende Schwammspinner				Tote Schwammspinner			
		Larv.	VP	P	Summe	Larv.	VP	P	Summe
Unbehandelt	326	3	0	23	26	17	144	139	300
NPV	519	2	0	6	8	495	0	16	511
<i>B.t.</i>	34	3	0	3	6	18	8	2	28
NPV+ <i>B.t.</i>	116	4	0	3	7	99	9	1	109

Unter den Stoffstreifen traten also noch drastische Populationsveränderungen ein und zwar in den einzelnen Varianten sehr unterschiedliche:

In der unbehandelten Parzelle sammelten sich viele Larven unter den Streifen, doch die allermeisten wurden von den in ihnen herangewachsenen Parasitenlarven abgetötet, entweder noch im Altlarven-Stadium (überwiegend Tachinen, die Schwammspinnerlarve war dann oft nach Art einer Vorpuppe eingetrocknet) oder im Puppenstadium (durch Tachinen oder Ichneumoniden). So hätten auch ohne Bekämpfungsmaßnahmen nur noch maximal 26 von 326 (= 8 %) der Schwammspinnerlarven das Falterstadium erreicht.

Unter den Stoffstreifen in der NPV-Parzelle ging die Masse der Larven kurz vor der Verpuppung nicht an Parasiten, sondern an den Viren zugrunde. Sie waren total verjaucht und zerliefen größtenteils noch am Baum. Maximal 1,5 % der Larven erreichten das Falterstadium.

In den *B.t.*- und Kombinationsparzellen konnten sich aus den wenigen Puppen im Labor noch 50 bis 70 % zu Faltern entwickeln, der Grad der Parasitierung war also wesentlich geringer als in der unbehandelten Parzelle.

Die Daten der Kombinationsparzelle spiegeln sowohl den Einfluß der Parasiten als auch den Einfluß der Viren wider. Die hohe Larvenmortalität unter den Stoffstreifen kann auf die ausgebrachten NPV zurückgeführt werden. Die toten Vorpuppen, die auf der NPV-Fläche keine Entsprechung haben, sind dagegen das Ergebnis der Parasitierung. Die Anzahl lebender Tiere war mit 7 nur unwesentlich höher als auf den *B.t.*-Parzellen. Tab. 8 zeigt noch einmal das populationsdynamische Ergebnis, wenn der unterschiedliche Ausgangsbefall berücksichtigt wird.

Tabelle 8: Auswirkungen der Insektenpathogene zusätzlich zur natürlicherweise aufgetretenen Parasitierung 1994 in Darmstadt-Messel

Behandlung	Anzahl Eigelege (%)	Zu erwartende lebende Tiere	Gefundene lebende Tiere	
			absolut	%
Unbehandelt	100	26	26	100
NPV	779	210	8	4
<i>B.t.</i>	68	18	6	33
NPV+ <i>B.t.</i>	93	25	7	28

Im Vergleich mit Tab. 6 zeigt sich, daß Parasiten und Insektenpathogene nicht unabhängig voneinander wirken, sondern sich gegenseitig störend beeinflussen. Ohne Auswirkung der Tachinen wurde die Population durch den *B.t.*-Einsatz bis Anfang Juli um 86, 95 oder 100 % (je nach Kontrollmethode, Tab. 6) reduziert. Da anschließend die Parasiten die Population - zumindest in Unbehandelt - sehr stark reduzierten (Tab. 7), in den *B.t.*-Parzellen laut diagnostischem Befund aber weniger erfolgreich waren (vielleicht wanderten die Tachinen bevorzugt in die unbehandelte Parzelle, weil dort vielmehr Schwammspinnerlarven zu finden waren), verminderte sich die Auswirkung des *B.t.* im Verhältnis zur unbehandelten Kontrolle. Es ergibt sich nur noch eine zusätzliche Populationsreduzierung von etwa 70 % (Tab. 8). Entsprechendes gilt für die Kombinationsparzelle.

In der NPV-Parzelle wurden nur selten Parasiten festgestellt. Sie konnten sich möglicherweise in den virösen Schwammspinnerlarven nur seltener entwickeln. Die Viren führten kurz vor der Verpuppung zu einer hohen Larvenmortalität von über 98 % (Tab. 7). Populationsdynamisch betrachtet vermindert sich dieses Ergebnis im Vergleich mit der (stark von Parasiten befliegenen) unbehandelten Kontrolle geringfügig auf 96 % Populationsreduzierung. Die NPV erreichten also in dieser Hinsicht mit Abstand das beste Ergebnis.

Im Jahre 1995 konnten die NPV in aus Eigelegenen gezüchteten Larven relativ oft nachgewiesen, aber vergleichsweise selten in eingesammelten Larven gefunden werden, denn

auf Grund der kalten, nassen Witterung war die Population nochmals drastisch reduziert worden (Tab. 9).

Tabelle 9: Parzellen bzw. Forstabteilungen in Darmstadt-Messel, in denen im März 1995 Eigelege und Larven gesammelt wurden sowie ihre Lage und Entfernung von der nächstgelegenen NPV-Ausbringungsfläche im Jahre 1994 und die erhaltenen NPV-Befunde

Behandlung 1994 bzw. Abteilung	Entfernung von NPV- Applikation	Datum der Probenahme			
		III/IV a	A VI	E VI	VII
NPV	-	*	-	*	1
B.t.+NPV	-	*	-	1	1
B.t.	-	*	-	-	-
Unbehandelt	90 m	*	*	0	0
673	150 m	*	-	-	-
708#	300 m	-	*	*	*
681	800 m	-	0	0	1
678	1000 m	*	0	1	0

a Eigelege-Proben

0 in keiner Probe NPV gefunden

starke Population!

1 nur in einer Probe NPV gefunden

- nicht gesucht oder keine Larven gefunden

* in mehreren Proben NPV gefunden

Insgesamt wurden 41 Eigelege-Stichproben und 600 Larven in Abteilung 708 sowie zusammen 216 Larven in den übrigen Abteilungen untersucht.

Stammbehandlung mit NPV

Um die Wirkung einer Stammbehandlung mit NPV ($6 - 60 \times 10^{10}$ Polyeder/ha) zu klären (Frage Nr. 4), wurden insgesamt vier Versuche durchgeführt. In allen diesen Versuchen war anschließend auch eine virusbedingte Mortalität nachweisbar, die nicht auf das Ausbringungsgebiet beschränkt blieb, sondern sich auch in benachbarten Arealen zeigte. Zumindest in einem Versuch war auch eine Fraßminderung feststellbar.

Im Jahre 1995 konnten in zahlreichen Larven, die im Labor aus in diesen Gebieten eingesammelten Gelegen schlüpfen, NPV nachgewiesen werden. Doch wurden die Populationen in den meisten Regionen durch die kalte Witterung und durch Parasiten sehr stark reduziert, so daß die Nachweise in Larven aus dem Freiland nicht sehr zahlreich waren. Einzelheiten dazu werden an anderer Stelle veröffentlicht (LANGENBRUCH et al., 1996). Künftig sollte eine

solche NPV-Ausbringung bereits zu Beginn einer Schwammspinner-Gradation ermöglicht werden. Zu dieser Schlußfolgerung kommen auch KAMMERER und BOGENSCHÜTZ (1996).

Sehr gut wirkte eine Kombination von NPV-Stammbehandlung ($2,2 \times 10^{11}$ Polyeder/ha beim Schlüpfen der ersten Larven) und einmaliger *B.t.*-Luftapplikation (1,5 l Dipel je ha): Es wurde eine hohe Mortalität (87 %) in dem behandelten Areal und eine hohe NPV-Verseuchung in der benachbarten unbehandelten Parzelle erreicht (Tab. 10).

Tabelle 10: Anzahl Schwammspinner unter je fünf Stoffstreifen in Darmstadt-Bayerseich, die am 28.6.94 kontrolliert wurden

Behandlung	Larven		Puppen	Gesamtzahl
	lebend	tot		
Unbehandelt	90	187	8	285
NPV+ <i>B.t.</i>	31	5	0	36

Wenn ein gleicher Vorbefall vorausgesetzt wird, waren Ende Juni in der Behandlungsparzelle nur noch 13 % der Larven im Vergleich zu Unbehandelt zu finden, wobei auch in dieser (schmalen) unbehandelten Parzelle durch Abtrift und Wanderung NPV-infizierter Larven die ursprüngliche Population reduziert wurde. Auf der Behandlungsfläche war die Larvenmortalität anscheinend schon zu hoch, um die gewünschte NPV-Weitergabe sicherzustellen. Eine geringere *B.t.*-Dosis hätte ausgereicht.

Laborversuche zur *B.t.*-Empfindlichkeit der Nonne

Die Nonne (*Lymantria monacha*) richtete in Südhessen keinen Schaden an, deshalb konnten nur Laborversuche durchgeführt werden (Tab. 11).

Es zeigte sich, daß die LD₅₀-Werte von Schwammspinner und Nonne im zweiten Larvenstadium bei vergleichbarem Larvengewicht, gehalten auf Eiche bzw. Roteiche, für Dipel ES annähernd gleich hoch liegen (1,1 bzw. 1,2 Internationale Einheiten bezogen auf das Testtier *Trichoplusia ni*). Im dritten Larvenstadium waren die Nonnen allerdings um den Faktor 5,4 unempfindlicher als die Schwammspinner.

Tabelle 11: Vergleich der LD₅₀-Werte von *L. dispar* und *L. monacha* für Dipel ES auf Eiche bzw. Roteiche

Stadium	<i>L. dispar</i>		<i>L. monacha</i>	
	Gewicht (mg)	LD ₅₀ *	Gewicht (mg)	LD ₅₀ *
L ₂	7,2	1,1	5,9	1,2
L ₃	24,2	4,6	22,0	24,9#

* ausgedrückt in IU *T. ni* (= Internationale Wirkungseinheiten bezogen auf die amerikanische Gemüseeule *Trichoplusia ni*)

um den Faktor 5,4 unempfindlicher als *L. dispar*

Die *B.t.*-Empfindlichkeit der Nonnen ist aber sehr abhängig von der Wirtspflanze. Werden Roteichen- und Kieferntriebe mit Dipel ES gespritzt, so liegt die LC₅₀ der Nonne (L₂) auf Kiefer mit 0,270 % wesentlich höher (bei angepaßter Steigung um den Faktor 6) als auf Roteiche (0,024 %). Dabei war an Hand des Larvengewichtes auch festzustellen, daß Roteichen ein ungünstiger Wirt für die Nonnen-L₂ darstellen, denn nach 7 Tagen waren die Nonnen-Larven auf Kiefer 5 x schwerer als auf Roteiche. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch PEREZ GUERRA (1996), die die *B.t.*-Empfindlichkeit der Nonne, zuvor gehalten auf künstlichem Nährmedium oder auf Kiefernadeln, verglich. Damit zeichnet sich ab, daß die Nonne auf Kiefer im Freiland wesentlich unempfindlicher auf *B.t.* reagieren wird als der Schwammspinner auf Eiche.

Praktische Schlußfolgerungen:

- 1) Ein frühzeitiger NPV-Einsatz (bei beginnender Gradation, vor bzw. beim Schlüpfen der Junglarven, Stammbehandlung) sollte weiter erprobt werden.
- 2) Eine zusätzliche *B.t.*-Spritzung gegen die aufgebaumten, fressenden Junglarven führt zu hohen Wirkungsgraden. Dabei sollte die *B.t.*-Dosis so bemessen sein, daß die Larvenanzahl nur so weit reduziert wird wie zur Fraßverminderung erforderlich, da zur NPV-Verbreitung höhere Larvenzahlen erwünscht sind.
- 3) NPV allein, in hoher Dosis gegen die fressenden Junglarven gespritzt ($1,3 \times 10^{12}$ und $1,0 \times 10^{12}$ Polyeder/ha im Abstand von 10 Tagen), vermindern den Fraß mäßig, reduzieren aber die Population sehr stark. Kosten bzw. Wirtschaftlichkeit sind ungeklärt, aber wahrscheinlich höher als bei *B.t.*
- 4) Bei einer kombinierten NPV-*B.t.*-Luftapplikation ($1,3 \times 10^{11}$ Polyeder + 8×10^9 IU/ha zu zwei Terminen) ist mit einer deutlichen Fraßminderung zu rechnen, die Population wird

reduziert und eine NPV-Einführung in die Population bewirkt, wobei auch hier keine höhere Larvenreduktion als zur Lauberhaltung unbedingt erforderlich anzustreben ist.

- 5) Bei hochdosiertem, zweimaligen *B.t.*-Einsatz (je 50×10^9 IU/ha) sind Wirkungsgrade von über 95 % zu erzielen. Somit ist rechnerisch auch bei höherem Befallsdruck als bislang angenommen (also z.B. auch bei mehr als 12 Gelegen/Baum bei 30jährigen Eichen) *B.t.* ausreichend wirksam einsetzbar, wenn die damit verbundenen höheren Kosten in Kauf genommen werden.
- 6) Nach Laboruntersuchungen dürfte die Nonne auf Kiefer wesentlich widerstandsfähiger sein als der Schwammspinner auf Eiche.

Wir danken dem Hess. Ministerium des Innern und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz, der Hess. Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie und den betroffenen Forstämtern für die finanzielle Unterstützung und die gute Zusammenarbeit.

Herrn Dr. C. Majunke, Forstliche Versuchsanstalt Eberswalde, und der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft in Gotha danken wir für die Überlassung von Eiern der Nonne.

Literatur

- ALTENKIRCH, W., J. HUBER & A. KRIEG (1986): Versuche zur biologischen Bekämpfung der Nonne (*Lymantria monacha* L.). Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch. **93** (5): 479 - 493.
- KAMMERER, M., & H. BOGENSCHÜTZ (1996): Beeinflussung des Massenwechsels von *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera, Lymantriidae) durch den Einsatz von Kernpolyederviren. Mitt. Deutsch. Gesell. allg. angew. Entomol. **10**: 119 - 122.
- LANGENBRUCH, G. A., R. G. KLEESPIES & J. HUBER (1996): Einsatz von *Bacillus thuringiensis*-Präparaten und Kernpolyederviren zur Bekämpfung des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) in Hessen im Jahre 1994. Forschungsbericht der Hess. Landesanstalt **21**: 46 - 147.
- PEREZ GUERRA, G. (1996): Einfluß der Nahrung auf die Empfindlichkeit von Nonnenlarven (*Lymantria monacha* LINNE, 1758) (Lepidoptera: Lymantriidae) gegenüber *Bacillus thuringiensis* (BERLINER, 1911). Mitt. Deutsch. Gesell. allg. angew. Entomol. **10**: 147 - 150.

Elke Graser

Biologische Bundesanstalt für Land-und Forstwirtschaft,
Institut für Pflanzenschutz im Forst, Braunschweig

Clusteranalysen mit RAPD-PCR-Mustern: Eine Möglichkeit zur Rassen- differenzierung beim Schwammspinner (*Lymantria dispar*)

1. Einleitung

Vor dem Hintergrund der letzten großen Schwammspinnerkalamität von 1993 bis 1994 in Deutschland wird die Hypothese einer Einschleppung oder Migration asiatischer Schwammspinner nach Mitteleuropa diskutiert. In den USA wurde von Einschleppungen asiatischer Schwammspinner nach Nordamerika berichtet, die über ein breiteres Wirtspflanzenspektrum verfügen und sich außerdem durch flugaktive Weibchen auszeichnen (BOGDANOWICZ et al., 1993). In hiesigen Forstämtern wurden auf dem Gradationshöhepunkt ebenfalls vereinzelt flugaktive Weibchen beobachtet.

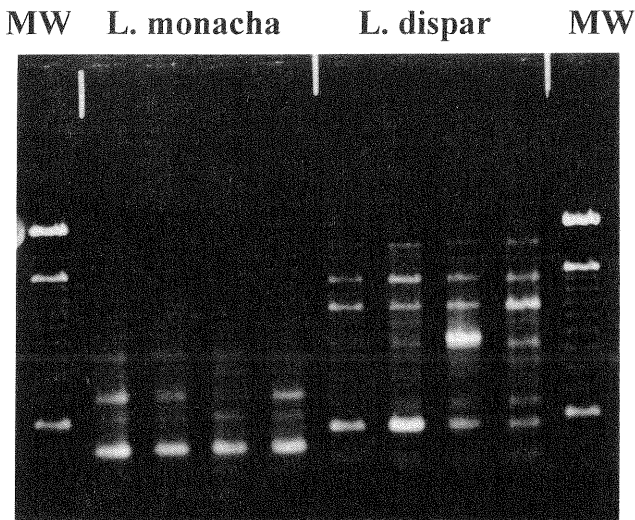


Abb. 1: RAPD-PCR-Analyse von jeweils 4 Isolaten von *L. dispar* und *L. monacha*.
MW: Molekulargewichtsmarker

Bei unseren RAPD-PCR-Untersuchungen (Random Amplified Polymorphic DNA - Polymerase Chain Reaction) haben wir zunächst nach einzelnen DNA-Fragmenten gesucht, die als RAPD-Marker für asiatische Genotypen dienen könnten. Die Muster der amplifizierten DNA-Fragmente zeigen, daß die RAPD-PCR sehr gut geeignet ist, zwischen Arten, aber auch innerartlich zu differenzieren. Wie aus Abb. 1 ersichtlich ist, grenzen sich die Fragmentmuster von 4 *Lymantria monacha*-Isolaten deutlich von den Mustern der 4 *Lymantria dispar*-Isolaten ab. Die innerartliche Variation ist an zusätzlichen oder fehlenden DNA-Fragmenten innerhalb des artspezifischen Grundmusters erkennbar. Durch Auswertung einzelner RAPD-Merkmale konnten *L. dispar*-Herkünfte voneinander abgegrenzt werden. Das Auftreten einzelner für die Herkunft Kasachstan charakteristischer Merkmale in deutschem Material deutete auf eine mögliche Einkreuzung dieses asiatischen Genotyps (GRASER et al., 1995).

Mit Hilfe der Clusteranalyse kann der gesamte Informationsgehalt der DNA-Fragmentmuster genutzt werden, um *L. dispar*-Populationen nach ihrer genetischen Verwandtschaft zu gruppieren. Mit diesem Verfahren haben wir die Verwandtschaftsbeziehungen zwischen asiatischen und europäischen Schwammspinnern untersucht, um das Ausmaß möglicher Einmischungen asiatischer Populationen in Europa abzuschätzen.

2. Material und Methoden

2.1. Probenmaterial

Für die RAPD-PCR-Analysen wurde Insektenmaterial aus Deutschland verwendet, wobei aus über 30 Sammelstellen eine Auswahl von 15 Herkünften mit willkürlicher Streuung über das Bundesgebiet getroffen wurde (Abb. 2). Die Kalamitätsregionen Hessen, Baden-Württemberg und Bayern wurden hierbei stärker berücksichtigt. Als Referenzen für asiatische Schwammspinner (Abb. 3) standen 8 Herkünfte zur Verfügung, die sich von Russland (Uljanowsk, Tatarstan und Kasachstan) über den asiatischen Raum (Mandschurei, östliches China, Japan) erstrecken. Später konnten auch Schwammspinner aus dem südwestlichsten Teil Europas (Spanien, Region Cadiz) in die Untersuchungen einbezogen werden.

2.2. RAPD-PCR und Auswertung durch Clusteranalysen

Die RAPD-PCR (WELSH und McCLELLAND, 1990; WILLIAMS et al., 1990 und 1993) basiert auf der Vervielfältigung unbekannter DNA-Sequenzen des Genoms unter Verwendung verschiedener Zufallsprimer. Die verwendeten Primer unterscheiden die untersuchten Genotypen anhand ihrer Bindungsstellen an der DNA, wobei sowohl hochvariable als auch konservierte Bereiche erfaßt werden. Bei unseren Untersuchungen wurden bevorzugt RAPD-Primer eingesetzt, die detaillierte DNA-Fragment erzeugten und somit zur Unterscheidung der *L. dispar*-Herkünfte geeignet erschienen.

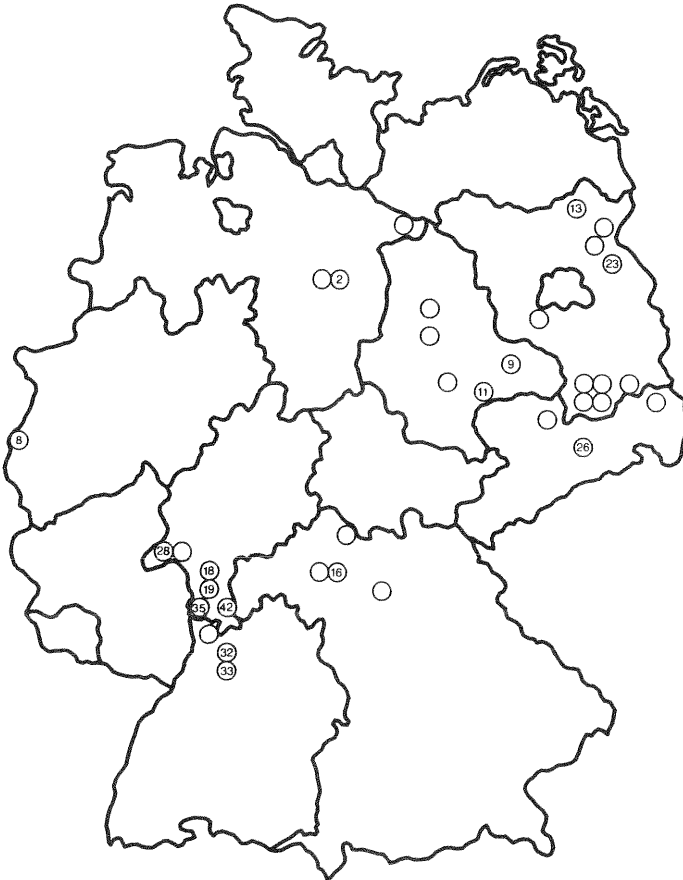


Abb. 2: Schwammspinnermaterial aus Deutschland. Kreise symbolisieren die Sammelstellen, Zahlen in den Kreisen die bisher für die RAPD-PCR verwendeten Herkünfte: 2 (Niedersachsen/NS); 8 (Nordrhein-Westfalen/NW); 9, 11 (Sachsen-Anhalt/S-Ah); 13, 23 (Brandenburg/BB); 16 (Bayern/By); 18, 19, 28, 35, 42 (Hessen/He); 26 (Sachsen/Sa); 32, 33 (Baden-Württemberg/BW).

Grundlage zur Auswertung der RAPD-PCR ist das Bandenmuster der elektrophoretisch getrennten amplifizierten DNA-Fragmente. Abb. 4 zeigt als Beispiel die mit einem Primer erhaltenen Fragmentmuster von 23 *L. dispar*-Herkünften. Die Fragmente werden für die einzelnen Herkünfte tabelliert. Durch paarweise Vergleiche aller Herkünfte untereinander werden die relativen Anteile gemeinsamer Fragmente ermittelt und zur Berechnung einer Distanzmatrix verwendet. Mit Hilfe der „unweighted pair group method“ (UPGMA, SNEATH and SOKAL, 1973) wird anschließend eine Clusteranalyse durchgeführt und die Distanzbeziehungen als Dendrogramm dargestellt.

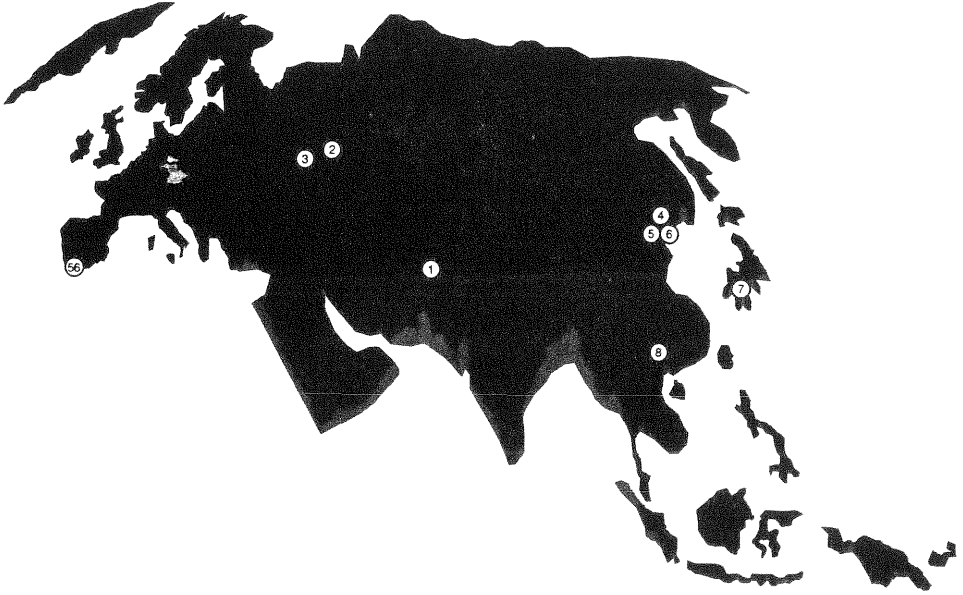


Abb. 3: Herkunftsgebiete des untersuchten Schwammspinnermaterials aus dem europäischen und asiatischen Raum. 1 (Kasachstan/Ks); 2 (Tatarstan/Tat); 3 (Uljanowsk/UI); 4, 5, 6 (China/Ch); 7 (Japan/Jap); 8 (Mandschurei); 56 (Spanien).

3. Ergebnisse und Diskussion

In einer ersten Serie von Clusteranalysen wurden 15 verschiedene deutsche Herkünfte von *Lymantria dispar* (Hessen, Baden-Württemberg, Sachsen, Bayern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Brandenburg und Sachsen-Anhalt) und 8 Herkünfte aus dem asiatischen Raum mit der RAPD-PCR-Methode untersucht. Nach Auswertung von 15 Merkmalen, die durch einen Primer erzeugt wurden, wird eine Aufgliederung von Asiaten und Europäern in mehrere Zweige des Dendrogramms erreicht (Abb. 5). Dabei treten mehrere asiatischen Herkünfte in europäischen Zweigen auf und umgekehrt. Die Herkünfte unterscheiden sich in bis zu 50 % der untersuchten Merkmale. Ähnliche Ergebnisse wurden auch bei Analysen mit anderen einzeln eingesetzten Primern gewonnen, wobei die asiatischen Herkünfte in unterschiedlicher Kombination und Anzahl mit den europäischen Proben in gleichen Clustern zu finden waren.

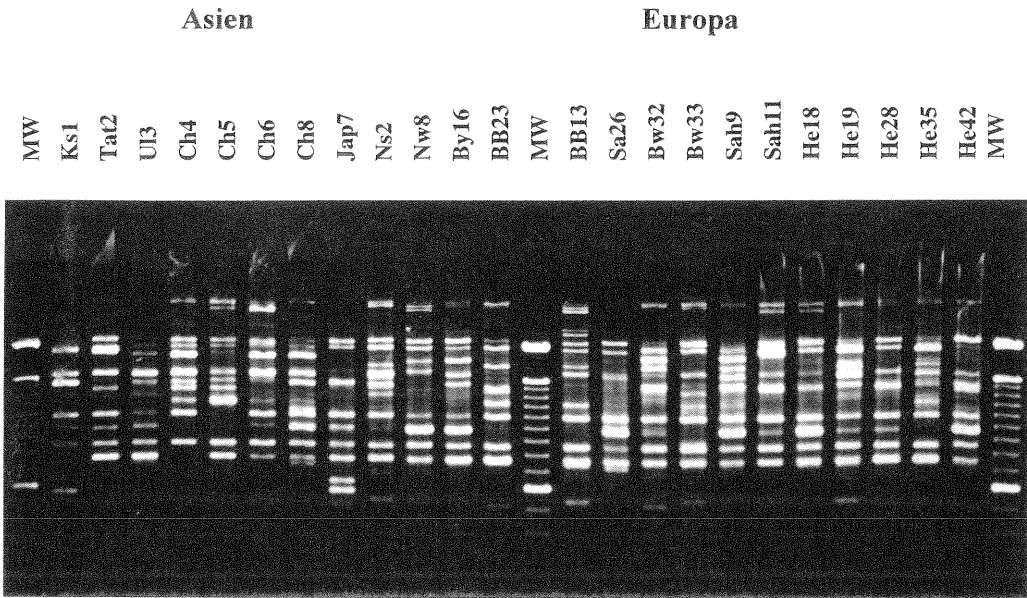


Abb. 4: Elektrophoretische Auftrennung der mit einem Primer amplifizierten DNA-Fragmente von europäischen und asiatischen *L. dispar* Herkünften. Aufgrund der Bandenpositionen konnten 15 Merkmale ausgewertet werden. Bezeichnungen der Herkünfte vgl. Abb. 2 und 3; MW: Molekulargewichtsmarker.

Die Clusteranalyse mit 25 Merkmalen aus zwei Versuchen mit verschiedenen Primern (Abb. 6) ergab noch einzelne Überschneidungen zwischen den beiden Hauptstäben (Herkünfte China 8, Japan 7, China 6 im europäischen Zweig). Bei Verrechnung von 71 Merkmalen aus 5 Versuchen mit verschiedenen Primern wurden die europäischen und asiatischen Herkünfte bereits vollständig in getrennten Clustern gruppiert (Daten nicht gezeigt). Bei weiterer Erhöhung auf 97 Merkmale (mit 7 Primern) wurde diese Zuordnung bestätigt; die Clusteranalyse näherte sich also in dieser Hinsicht einer Sättigung (Abb. 7). In diesem Dendrogramm wurde sogar teilweise die bekannte geographische Ordnung der Herkünfte bestätigt, z. B. sind hessische und baden-württembergische Herkünfte relativ eng geclustert, die asiatischen Herkünfte, die aus viel großräumigeren Gebieten stammen, teilen sich beinahe vollständig in westrussische (Kasachstan, Tatarstan, Uljanowsk), chinesische (China 4-8) und die abseits liegende japanische Herkunft.

Bei der geschilderten Versuchsserie waren sowohl die aus einem geographisch sehr weiträumigen Bereich stammenden asiatischen Herkünfte als auch die aus relativ nahe benachbarten Gebieten stammenden deutschen Herkünfte jeweils durch einzelne Tiere repräsentiert. Bei diesem Vorgehen könnte eine mögliche Hybridisierung zwischen asiatischen und europäischen Formen leicht übersehen werden.

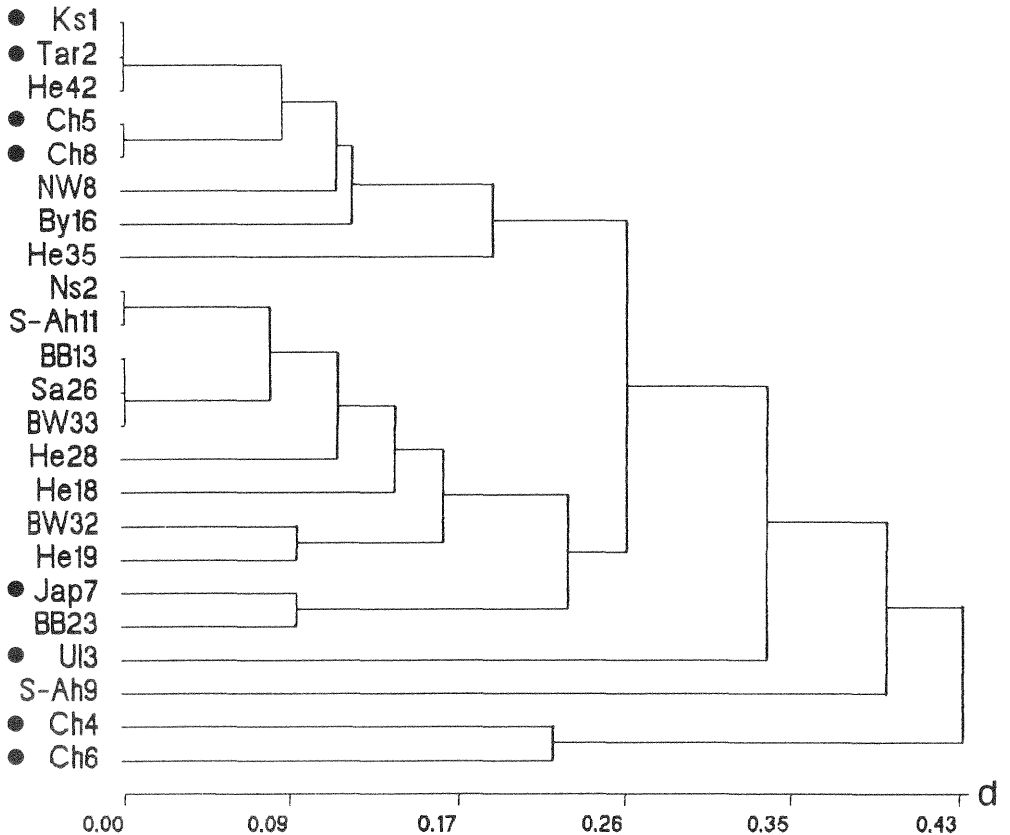


Abb. 5: Ergebnis der Clusteranalyse von 23 Herkunftsn nach RAPD-PCR mit 1 Primer/15 Merkmalen. Abkürzungen vgl. Abb. 2 und 3. Der Distanzwert d gibt den Bruchteil verschiedener Merkmale bei den jeweiligen Herkunftsn oder Clustern an.
●: asiatische Herkunftsn.

In einer zweiten Versuchsserie wurden daher einzelne asiatische und europäische Herkunftsn anhand mehrerer Tiere untersucht. Die Herkunft Tatarstan 2 war in mehreren Einzelprimer-Analysen mit der Herkunft Hessen 42 im gleichen Zweig des Dendrogrammes aufgetreten. Es wurden nun 14 Individuen aus der hessischen mit 5 Individuen der tatarischen Herkunft mit den zuvor eingesetzten 7 Primern untersucht und anschließend eine Clusteranalyse durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt standen zusätzlich Tiere aus Spanien (Cadiz) zur Verfügung, die aufgrund ihrer südwesteuropäischen Herkunft eine ursprüngliche unvermischte europäische Form von *Lymantria dispar* repräsentieren könnten. Außerdem wurden noch Proben von *Lymantria monacha* (Nonne) in die Untersuchungen einbezogen, da diese als nahe verwandte Art einen Vergleich inter- und intraspezifischer Distanzen im Dendrogramm erlauben.

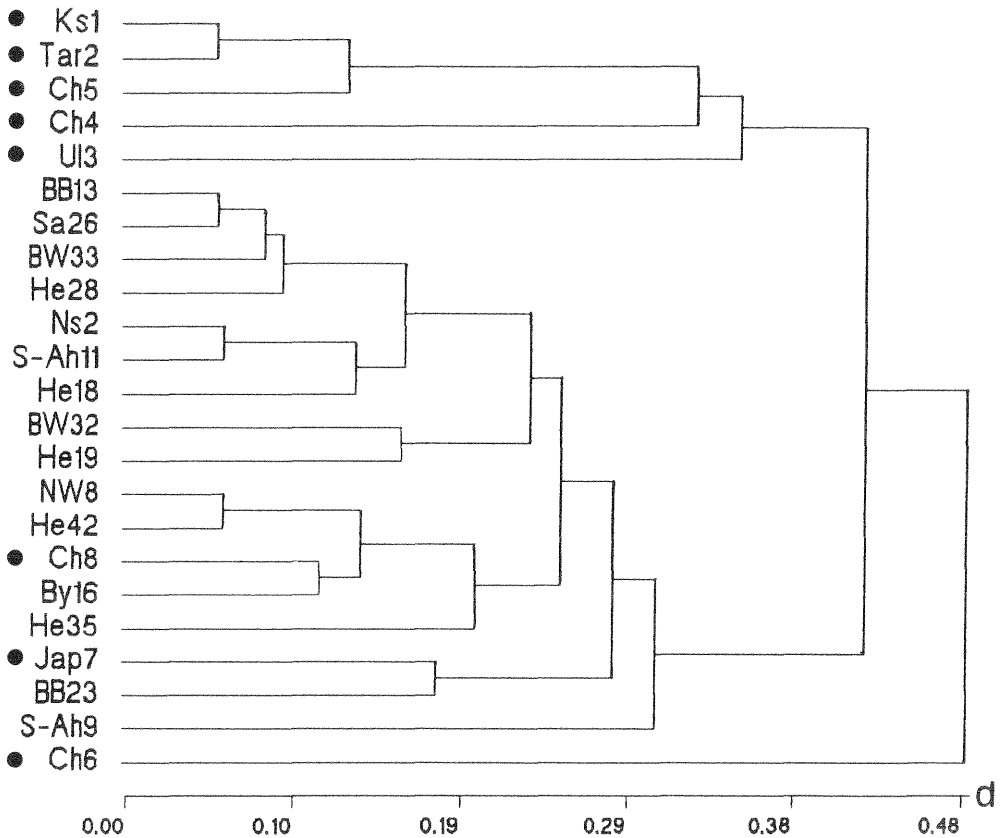


Abb. 6: Ergebnis der Clusteranalyse von 23 Herkünften nach RAPD-PCR mit 2 Primern/25 Merkmalen. Abkürzungen vgl. Abb. 2 und 3. ●: asiatische Herkünfte.

Nach Clusteranalyse von 91 Merkmalen (Abb. 8) konnten Nonne und Schwammspinner durch 90 % (82 DNA-Fragmente) der untersuchten Merkmale unterschieden werden. Die Unterschiede zwischen Individuen einer Schwammspinnerherkunft lagen bei 3 - 12 % (Spanien), 14 - 35 % (Hessen) bzw. 31 - 39 % (Tatarstan) der untersuchten Merkmale. Von den 5 Individuen aus Tatarstan waren 4 in einem Cluster vereinigt, das sich auf einem Distanzniveau von 40 % der untersuchten Merkmale von den anderen Herkünften abgrenzte. Ein Tier aus Tatarstan war mit einem Tier aus Hessen in einem Cluster bei 33 % Distanz gruppiert. Dies könnte auf eine punktuelle Einkreuzung von Schwammspinnern aus Tatarstan in die hessische Population deuten. Angesichts der geringen Unterschiede zwischen den Distanzniveaus von Einzeltieren und Herkünften muß diese Aussage durch weitere Gegenüberstellungen europäischer und asiatischer Individuen überprüft werden. Durch Einbeziehung definierter Hybriden und Nachzuchten könnte es gelingen, die in der Clusteranalyse ermittelten Distanzniveaus bestimmten Verwandtschaftsgraden zuzuordnen und das Ausmaß möglicher Einmischungen asiatischer Populationen in Europa abzuschätzen.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Mit den dargestellten Versuchen zur Analyse der innerartlichen Variation des Schwammspinners konnte gezeigt werden, daß die RAPD-PCR zwischen Arten, Populationen und Individuen unterscheiden kann. Bei Verrechnung von 97 RAPD-Merkmalen von Einzeltieren aus weit auseinanderliegenden Gebieten konnten asiatische und europäische Herkünfte vollständig zwei verschiedenen Zweigen des Dendrogrammes zugeordnet werden. In einem weiteren Versuch wurden jeweils mehrere Tiere einer tatarischen und einer hessischen Herkunft untersucht, die bei der Analyse einzelner Tiere mit einem Primer in gemeinsamen Clustern gefunden worden waren. Hierbei deutete sich eine punktuelle Einkreuzung der tatarischen in die hessische Population an. Dieses Ergebnis ist aber noch kein Hinweis auf eine großräumige Populationsvermischung mit Auswirkungen auf die letzte Kalamität. Es handelt sich eher um einen marginalen Einfluß asiatischer Tiere.

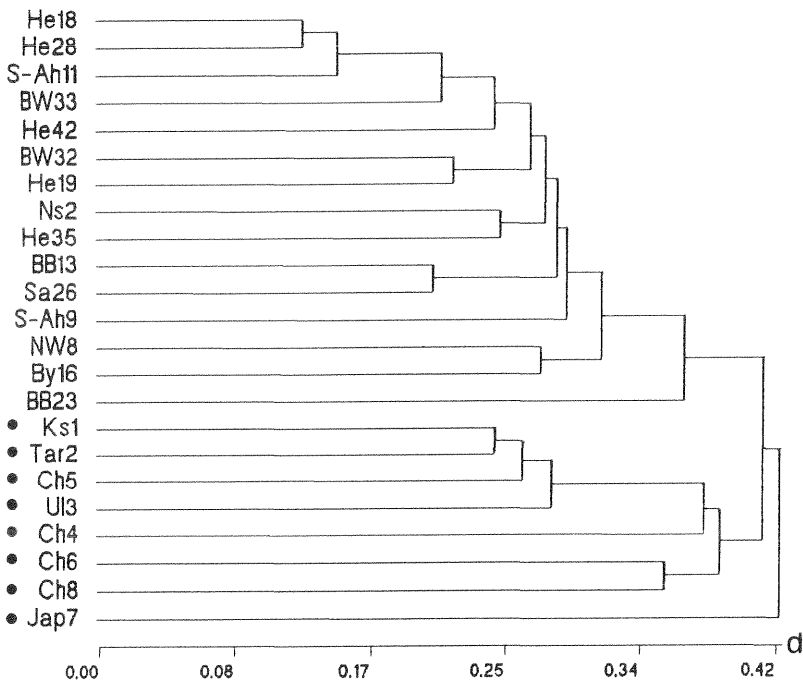


Abb. 7: Ergebnis der Clusteranalyse von 23 Herkünften nach RAPD-PCR mit 7 Primern/97 Merkmalen. Abkürzungen vgl. Abb. 2 und 3. ●: asiatische Herkünfte.

Die Untersuchungen sollen auf weitere deutsche Kalamitätsgebiete ausgedehnt werden. Zur Erzielung gesicherter Aussagen sollen jeweils mehrere Tiere eines Befallsgebietes und einer möglichen asiatischen Kontaktpopulation verglichen werden. Nach Bedarf kann die Anzahl

der Primer erhöht werden, um die Sättigung der Clusteranalyse zu vervollständigen. Derzeit versuchen wir, durch Kreuzungen Hybride aus asiatischen und deutschen Schwammspinnern sowie Nachzuchten zu erhalten. Mit Hilfe dieses Materials könnten bestimmte Verwandtschaftsgrade in der Clusteranalyse markiert werden. Dies würde eine Abschätzung des möglichen Anteils an asiatischem Genotyp in Proben aus deutschen Kalamitätsgebieten erleichtern.

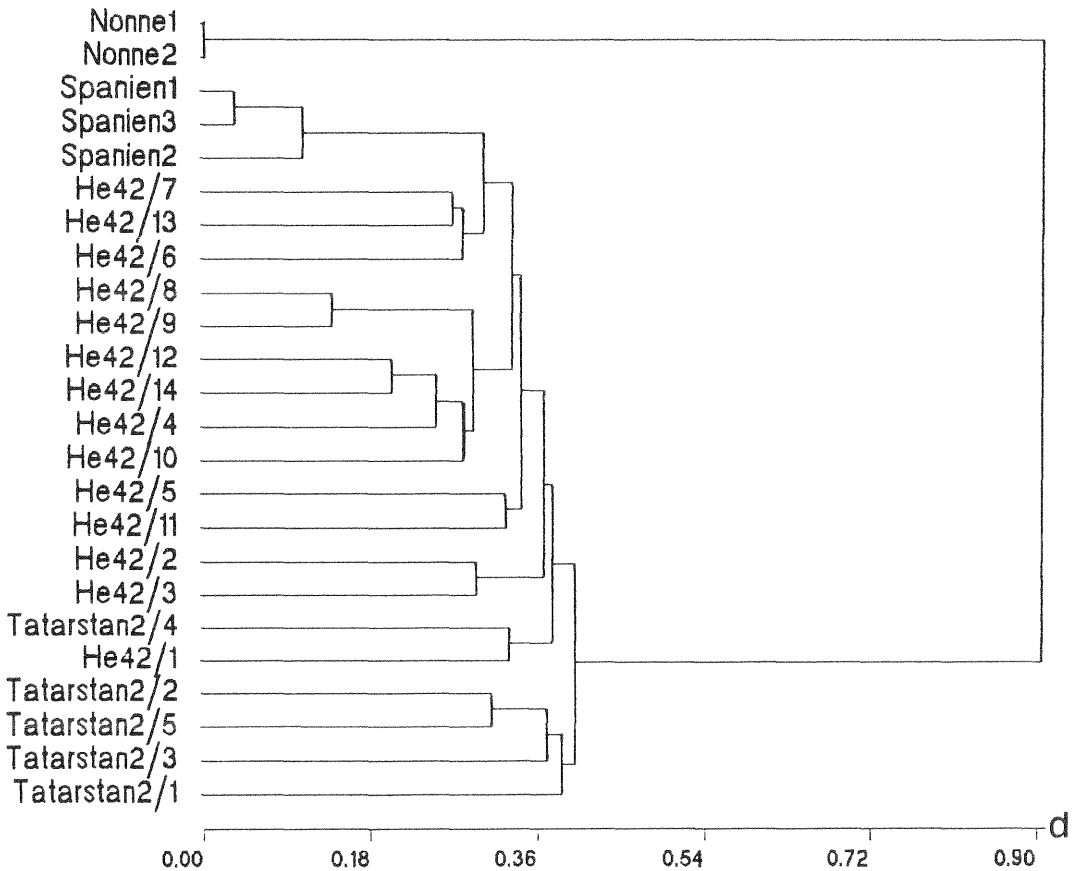


Abb. 8: Ergebnis der Clusteranalyse von 14 Individuen einer hessischen, 5 Individuen einer tatarischen und 3 Individuen einer spanischen *L. dispar*-Population sowie 2 Individuen von *L. monacha* als Kontrollen. Abkürzungen vgl. Abb. 2 und 3; Zahlen hinter dem Schrägstrich bezeichnen das jeweilige Isolat.

Literatur

- BOGDANOWICZ, S.M., WALLNER, W.E., BELL, J., ODELL, T.M. und HARRISON, R.G. (1993): Asian gypsy moths (*Lepidoptera: Lymantriidae*) in North America: Evidence from molecular data. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 86, 710-715.
- GRASER, E., WULF, A. und BURGERMEISTER, W. (1995): Intraspecific variation of gypsy moth (*Lymantria dispar*) revealed by RAPD-PCR. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzdienst* 47 (2), 25-27.
- SNEATH, P.H.A. und SOKAL, R.R. (1973): *Numerical taxonomy*. W.H. Freeman and Co., San Francisco, 230-234.
- WELSH, J. and McCLELLAND, M. (1990): Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nucl. Acids Res.* 19, 303-306.
- WILLIAMS, J.G.K., KUBELIK, A.R., LIVAK, K.J., RAFALSKY, J.A. und TINGEY, S.V. (1990): DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucl. Acids Res.* 18, 6531-6535.
- WILLIAMS, J.G.K., HANAFEY, M.K., RAFALSKY, J.A. und TINGEY, S.V. (1993): Genetic analysis using random amplified polymorphic DNA markers. *Meth. Enzymol.* 218, 704-740.

Annette Reineke ⁽¹⁾, Claus P. W. Zebitz ⁽¹⁾ und Hermann Bogenschütz ⁽²⁾

- (1) Universität Hohenheim, Institut für Phytomedizin, Stuttgart
 (2) Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) Baden-Württemberg,
 Abt. Waldschutz, Freiburg im Breisgau

Nachweis des Vorkommens und der Verbreitung neuer Rassen des Schwammspinners *Lymantria dispar* L. in Baden-Württemberg mit Hilfe DNA-analytischer Methoden

Problemstellung

Zwischen 1992 und 1994 wurden in Baden-Württemberg, Bayern, Südhessen und Rheinland-Pfalz Massenvermehrungen des Schwammspinners *Lymantria dispar* L. verzeichnet, die in diesem Umfang zuvor noch nicht bekannt gewesen waren (EBERT 1994). Dabei wird für 1993 eine Befallsfläche in Baden-Württemberg mit 8.000 ha angegeben, wobei 4.200 ha durch den Schwammspinner 1993 vollständig entlaubt wurden (BOGENSCHÜTZ & SCHRÖTER 1993). Obwohl *L. dispar* in Mitteleuropa eine autochthone Art ist, deuten die erstmaligen Beobachtungen fliegender Schwammspinnerweibchen auf das Erscheinen der "asiatischen" Schwammspinner-Rasse hin - deren Weibchen im Gegensatz zur europäischen Rasse flugfähig sind (KEENA 1994). So wurden z. B. von Ende Juni 1993 bis Mitte Juli 1993 in den Forstbezirken Offenburg, Karlsruhe und Kehl massenhaft fliegende Weibchen an hellen Lichtquellen beobachtet (BOGENSCHÜTZ & SCHRÖTER 1993). Sollten sich die Vermutungen bestätigen, daß es sich bei diesen fliegenden Weibchen um Schwammspinner der asiatischen Rasse handelt, so ist die Gefahr erneuter Massenvermehrungen durch den Eintrag von asiatischem Genmaterial in den süddeutschen Raum erhöht, da der asiatische Genotyp neben einer höheren Ausbreitungstendenz durch Weibchenflug auch ein weiteres Nährpflanzenspektrum als der europäische aufzuweisen scheint (GIBBONS 1992). Da beide *L. dispar* Rassen morphologisch nicht eindeutig voneinander unterschieden werden können, ist eine zweifelsfreie Diagnose des Vorkommens und der Verbreitung des asiatischen Schwammspinner-Genotyps und von Hybriden beider Rassen nur auf molekularer Ebene möglich. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden daher genetische Marker aus der Polymerasekettenreaktion (PCR) eingesetzt, um auf relativ schnellem Wege eine exakte Aussage über die Verbreitung unterschiedlicher *L. dispar* Genotypen in Baden-Württemberg treffen zu können.

Untersuchungsmethode

Als schnelles und akkurates Verfahren zur Entwicklung rassenspezifischer Marker bietet sich die sogenannte RAPD-PCR an. Bei der RAPD Analyse (random amplified polymorphic DNA) werden einzelne, kurze (Länge meist 10 Basenpaare), unspezifische Oligonukleotide als sogenannte "Zufallsprimer" eingesetzt, die in der Polymerasekettenreaktion DNA-Regionen im Genom eines Organismus amplifizieren, die zwischen jeweils zwei entgegengesetzt orientierten

Primerbindungsstellen liegen (WILLIAMS et al. 1990). Dabei ist über "die Natur" der Stelle im Gesamtgenom, an der ein einzelner Primertyp bindet - im Gegensatz zur "üblichen" PCR mit spezifischen Primern - ansonsten nichts bekannt. Nach Gelelektrophorese der Amplifikationsprodukte und Anfärben mit Ethidiumbromid entsteht ein spezifisches Bandenmuster, das zur Rassendifferenzierung herangezogen werden kann.

In einem Screening von über 400 RAPD Primern am USDA Forest Service in Delaware, Ohio, USA, wurden 4 Primer als geeignet angesehen, um zwischen asiatischem und nicht-asiatischem Schwammspinnerngenotyp zu differenzieren (GARNER & SLAVICEK, persönliche Mitteilung). Diese Primer werden im folgenden - einer Vereinbarung mit dem Forest Service folgend - mit FS1 - FS4 bezeichnet.

Im Sommer 1994 und 1995 wurden mit Hilfe von Pheromonfallen umfangreiche Sammlungen von adulten männlichen Tieren in insgesamt 17 verschiedenen Gradationsgebieten in Baden-Württemberg durchgeführt, wodurch es möglich wird, einen Überblick über die Verteilung von Genotypen auf relativ kleinem Raum - die einzelnen Standorte waren zum Teil weniger als 20 km voneinander entfernt - zu erhalten. Von jedem Standort wurde DNA aus dem Kopf und Thorax von mindestens 20 Tieren in der RAPD-PCR untersucht. Zusätzlich wurde getrocknetes Material aus Museumssammlungen bzw. frisches *L. dispar* Material aus dem asiatischen Raum (dort vor allem Herkünfte aus verschiedenen Teilen Japans, Rußlands und Chinas) sowie *L. monacha* Individuen aus Niedersachsen in die Analysen miteinbezogen. Als Referenzisolate für nicht-asiatische Populationen dienten Tiere aus dem Forbes State Forest, PA, USA.

Ergebnisse

Von den vier untersuchten Primern zeigten drei Primer in allen untersuchten asiatischen Referenzpopulationen diagnostische Banden, die in dem *L. dispar* Isolat aus Nordamerika bzw. in älteren Isolaten aus Deutschland nicht auftraten. Primer FS3 erbrachte zusätzlich zu der charakteristischen Bande für die asiatischen Populationen bei 750 Basenpaaren (bp) auch eine Bande bei 600 bp, die nur von den Nicht-Asiaten gezeigt wurde, so daß mit diesem Primer auch Hybriden aus beiden Genotypen aufgedeckt werden konnten. Die untersuchten *L. monacha* Isolate wichen in ihrem Bandenmuster von den *L. dispar* Isolaten ab, wodurch sich beide Arten deutlich voneinander abgrenzen ließen.

Insgesamt konnte festgestellt werden, daß an allen 17 untersuchten Lokalitäten in Baden-Württemberg mit Hilfe der charakteristischen Referenzbanden der drei RAPD-Primer asiatisches *L. dispar* Genom nachgewiesen werden konnte. Abbildung 1 zeigt das Bandenmuster verschiedener *L. dispar* Isolate nach RAPD-PCR mit Primer FS3.

Deutlich wird, daß die untersuchten Isolate anhand des Auftretens der charakteristischen asiatischen Bande (750 bp) dem asiatischen Genotyp, wie z.B. die Isolate aus den Forstbezirken Bruchsal-Ost und Phillipsburg, bzw. bei Erscheinen der Bande bei 600 bp dem nicht-asiatischen

Genotyp zugeordnet (z. B. die Genotypen aus den Forstbezirken Wertheim und Tauberbischofsheim) werden können. Sind beide Banden eindeutig vorhanden (beispielsweise bei den Isolaten aus Neuenstadt und Mannheim), kann man annehmen, daß es sich hierbei um Hybriden aus der europäischen und asiatischen Rasse handelt.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

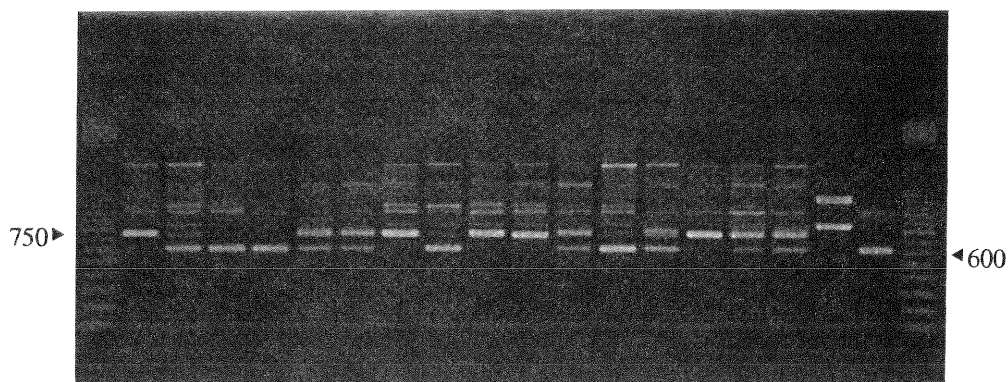


Abb. 1: Bandenmuster von *L. dispar* und *L. monacha* Individuen aus unterschiedlichen Forstbezirken Baden-Württembergs nach RAPD-PCR mit Primer FS3. Die Länge charakteristischer Fragmente ist am Rande angegeben (in bp). Reihenfolge der Isolate:

Bahn	1: 100 bp Ladder	11: Bruchsal-Ost
	2: Asien, Rußland	12: Maulbronn
	3: Wertheim	13: Großbottwar
	4: Tauberbischofsheim	14: Leonberg
	5: Bad Mergentheim	15: Stuttgart
	6: Neuenstadt	16: Offenburg
	7: Mannheim	17: Breisach
	8: Eppingen	18: <i>L. monacha</i>
	9: Heilbronn	19: Nordamerika
	10: Phillipsburg	20: 100 bp Ladder

Schlußfolgerungen

Faßt man die Ergebnisse der RAPD-PCR mit allen drei Primern und allen 20 Tieren aus jedem Forstbezirk Baden-Württembergs zusammen, so kommt man zu folgenden Schlußfolgerungen:

- Die charakteristischen asiatischen Referenzbanden aus der RAPD-PCR sind zum Nachweis von asiatischem *L. dispar* Genom in Baden-Württemberg geeignet. Die aufgetretenen Banden lassen eine Unterteilung in Asiat, Nicht-Asiat oder Hybride aus beiden Rassen zu.
- Geht man davon aus, daß bei Auftreten der charakteristischen asiatischen Bande eines RAPD-Primers ein Isolat dem asiatischen Genotyp zugeordnet werden kann, so ist festzustellen, daß an den 17 untersuchten Forstbezirken Baden-Württembergs 75 bis 100 % der *L. dispar* Individuen einer Population asiatisches Genom aufweisen.
- Als Einschränkung gilt hierbei, daß genetische Marker aus der RAPD-PCR keine Unterscheidung zwischen homo- und heterozygoten Individuen zulassen (WILLIAMS et al. 1990), so daß nicht eindeutig festgestellt werden kann, ob es sich bei diesen Individuen um reinrassige Asiaten handelt, bzw. wie hoch der Anteil "reiner Asiaten" am *L. dispar* Gesamtgenom in Baden-Württemberg ist.

Ausblick

Für zukünftige Untersuchungen erscheint es wichtig, weitere RAPD-PCR Untersuchungen sowohl mit zusätzlichen asiatischen Genotypen als auch mit älterem *L. dispar* Material aus Baden-Württemberg durchzuführen, um die zweifelsfreie Differenzierung zwischen den Rassen anhand der bisher festgestellten charakteristischen Banden endgültig bestätigen und eine Aussage über den eventuellen Zeitpunkt der Introdution asiatischen Genmaterials in den südwestdeutschen Raum treffen zu können. Desweiteren sind umfangreiche Schwammspinner-sammlungen auch im Sommer 1996 an allen bisher untersuchten Lokalitäten nötig, um in populationsgenetischen Studien eventuelle Veränderungen im Anteil des asiatischen Genotypes an dem Gesamtgenom der jeweiligen Populationen weiter verfolgen zu können. Zusätzlich wird die Vererbung der charakteristischen asiatischen Banden in Kreuzungsexperimenten überprüft.

Literatur

- BOGENSCHÜTZ, H. & H. SCHRÖTER (1993): Bericht über die Schwammspinner-Situation in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. In: Schwammspinner-Kalamität im Forst. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtsch., Berlin-Dahlem **293**: 24-34.
- EBERT, G. (1994): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Bd. 4, Nachtfalter II. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart: 452-461.
- GIBBONS, A. (1992): Asian gypsy moth jumps ship to United States. *Science* **255**: 526.
- KEENA, M. (1994): Genetics and biology of Asian gypsy moth and its hybrids. In: Proceedings of the USDA Interagency Gypsy Moth Research Forum, NEFES, GTR NE-**188**: 32.
- WILLIAMS, J.G.K., A.R. KUBELIK, K.J. LIVAK, J.A. RAFALSKI & S.V. TINGSEY (1990): DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res.* **18**: 6531-6535.

Christina Kraus, Annette Reineke und Claus P. W. Zebitz

Universität Hohenheim, Institut für Phytomedizin, Stuttgart

Untersuchung zur Flugfähigkeit von *Lymantria dispar*-Weibchen unterschiedlicher Rasse und Herkunft

Vorgeschichte

Im Jahre 1993, dem Höhepunkt der vergangenen Schwammspinnerkalamität, wurden in den Warmlagen Baden-Württembergs erstmals massenhaft fliegende *Lymantria dispar*-Weibchen gesehen. Nie zuvor konnte man Weibchen beobachten, die durch die Beleuchtung der Wohngebiete angelockt, nachts in Schwärmen den Wald verließen und große Gelegemengen innerhalb der Siedlungen ablegten (BOGENSCHÜTZ & SCHRÖTER 1993). Große Schwärme fliegender Weibchen bedeuten eine rasche Ausbreitung der Kalamitäten in bisher verschonte Gebiete und bereiten große Schwierigkeiten bei der Befallsprognose für die nächsten Jahre. Die bisherigen Beobachtungen über die Flugfähigkeit der europäischen Weibchen sind außerordentlich different, während die asiatischen *L. dispar*-Weibchen weithin als flugfähig gelten. Schon 1912 gab es Beobachtungen von fliegenden Weibchen in Asien, welche den Fluß Us am oberen Jenisei überquerten (KONDAKOV 1963). Durch anschließende Untersuchungen konnten die Schwammspinner am Jenisei eindeutig der asiatischen Rasse zugeordnet werden (VNUKOVSKI 1926). Obwohl das Phänomen der fliegenden asiatischen Schwammspinnerweibchen in Europa bekannt war, wurden ihre europäischen (und von dort aus nach Nordamerika eingeschleppten) Artgenossinnen oft als flugunfähig eingeordnet. "Tatsache ist, daß Weibchen im mitteleuropäischen Verbreitungsgebiet und auch in Neuengland niemals vor der Eiablage im Flug beobachtet werden konnten" (SCHEDL 1936). "Die weiblichen Falter fliegen nicht, sondern kriechen schwirrend am Stamm oder segeln aus der Baumkrone zu Boden" (WELLENSTEIN 1978). Ausgehend von diesen Behauptungen drängt sich die Schlußfolgerung auf, daß die bei uns beobachteten fliegenden Weibchen aus Asien eingewandert oder eingeschleppt worden sind. Kontrovers dazu steht die Beobachtung, daß die europäischen Schwammspinnerweibchen grundsätzlich fliegen können, von dieser Fähigkeit aber erst bei einer Massenvermehrung durch die entstehende Unruhe Gebrauch machen, um nachts auszuschwärmen (EBERT 1994; NÄSSIG & ZUB 1994). In Nordamerika wurden fliegende Weibchen auch bei Tage beobachtet, sie waren auffallend klein und leicht, weshalb eine durch Futterkonkurrenz und daraus folgende suboptimale Ernährung (Stress) im Larvalstadium induzierte Flugfähigkeit in Betracht gezogen wird (SANDQUIST et al. 1973). Aus diesen widersprüchlichen Beobachtungen leiteten sich Fragen ab, die Inhalt einer Vergleichsstudie waren. Es sollte untersucht werden, inwieweit die Futterqualität im Larvalstadium und das daraus resultierende hohe oder geringe Gewicht der adulten *L. dispar*-Weibchen einen Einfluß auf deren Flugfähigkeit hat. Desweiteren sollten die auf Flugfähigkeit getesteten Weibchen mit Hilfe molekularer Marker dem asiatischen oder europäischen Genotyp zugeordnet werden.

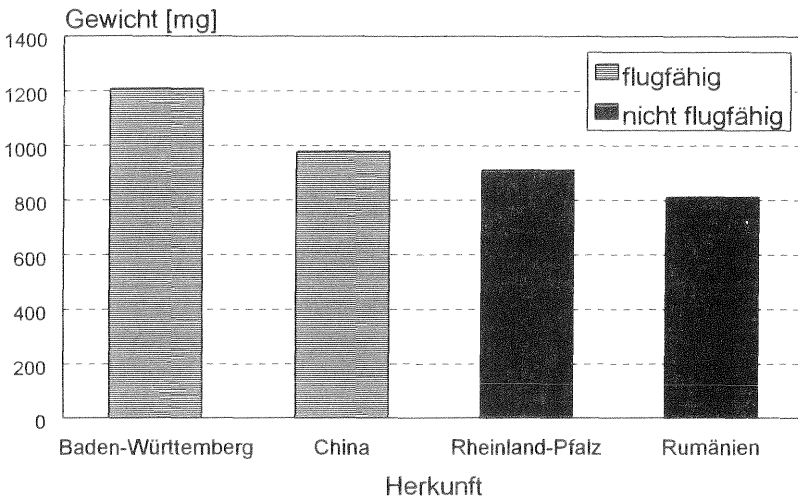
Material und Methoden

Fünf autochthone, landschaftsprägende Baumarten mit hohem ökonomischen und ökologischen Wert wurden zur *ad libitum* Frischfütterung der Larven verwendet. Dabei wurden Baumarten der drei von WELLENSTEIN (1978) festgelegten "Vorzugsgrade" verwendet: *Quercus robur*, Vorzugspflanze ersten Grades; *Malus spp.*, Vorzugspflanze zweiten Grades; *Fagus silvatica*, Vorzugspflanze dritten Grades; *Pinus sylvestris*, Futtereignung möglicherweise rassenbedingt; sowie *Picea abies*, keine Vorzugspflanze. Die für die Untersuchungen verwendeten Larven stammten aus Freilandeiagelegungen der Herkünfte Ost-West-China (Bezirk Sheng Yang), Rumänien, Rheinland-Pfalz (FA Saar-Hochwald, FD Trier) und aus Baden-Württemberg (FB Vaihingen/Enz). Um Vollgeschwistereffekte zu vermeiden, wurden Larven aus mehreren Gelegen pro Herkunft verwendet. Alle Larven wurden 24 bis 36 h nach Schlupf vereinzelt und in Einzelhaltung bis zur Entwicklung der Imagines herangezogen. Auf der Grundlage der Untersuchungen von SANDQUIST et al. (1973) wurden die maximal 18 Stunden alten, unbegatteten *L. dispar*-Weibchen mittags, bei voller Sonneneinstrahlung und mindestens 25 °C in einem Insektenzelt unter freiem Himmel auf ihre Flugaktivität getestet. Ab August mußten die Flugtests wegen starker Niederschläge im Labor bei Rotlicht fortgesetzt werden. Als flugfähig galten nur Weibchen, die aktiv und ohne Bodenkontakt mehrere Meter horizontalen Flug zurücklegen konnten. Nur flügelschlagende, flatternde oder von Kanten herabsegelnde Weibchen wurden nicht als flugfähig gewertet.

Ergebnisse

Alle Exemplare der adulten *L. dispar*-Weibchen aus den Herkünften Nord-Ost-China (n=27) und Vaihingen/Enz (n=19) zeigten sich als flugaktiv. Die Weibchen aus Rumänien (n=31) und aus Saar-Hochwald (n=19) wiesen unter den oben genannten Testbedingungen keinerlei Flugaktivität auf. Auffällig ist die innerhalb einer Herkunft beobachtete komplette Flugaktivität oder Fluginaktivität. Bemerkenswert ist auch, daß flugfähige Weibchen innerhalb von zehn bis fünfzehn Minuten nach dem Freilassen aus ihren Einzelkäfigen zu fliegen begannen und diese Fähigkeit sogar bei weiteren Flugtests beibehielten, während die inaktiven Weibchen auch nach fünf bis acht Stunden keinerlei Flugaktivität zeigten. Selbst durch "erzwungene Flugbedingungen" in Form von Hochwerfen der Tiere oder Herabfallenlassen von Kanten waren fluginaktive Schwammspinnerweibchen nicht in der Lage, sich durch aktiven Flug in der Horizontalen zu halten oder gar mehrere Meter aktiven Flug zurückzulegen. Das oben genannte Nahrungsspektrum hatte keinen Einfluß auf die Flugaktivität, obwohl das Weibchengewicht aufgrund der Futtereignung sehr stark variierte. Sehr schwere Weibchen der flugaktiven Herkünfte flogen ebenso wie sehr leichte, die fluginaktiven Typen zeigten auch bei geringen Weibchengewichten keine Flugaktivität. Abbildung 1 stellt für jede Herkunft das Durchschnittsgewicht der mit Eiche gefütterten Weibchen dar. Es ist deutlich zu erkennen, daß die flugaktiven Weibchen mit diesem Futter im Larvalstadium im Durchschnitt sogar schwerer waren, als die unter gleichen Bedingungen gehaltenen nicht-fliegenden Weibchen.

Abb. 1: Durchschnittsgewicht der adulten *L. dispar* Weibchen nach Fütterung der Larven mit *Quercus robur*



Diskussion

Weder die suboptimale Ernährung im Larvalstadium durch *Pinus sylvestris* und *Picea abies* und das daraus resultierende geringe Gewicht der adulten *L. dispar*-Weibchen, noch die bei einer Massenkalamität durch hohe Abundanz auftretende Unruhe unter den weiblichen Tieren (EBERT 1994), können alleine ausschlaggebend für den Weibchenflug sein. Selbst die im Larvalstadium mit optimalem Futter wie *Quercus robur* und *Malus spp.* versorgten schweren Weibchen, welche weder einem overcrowding-effekt, noch Futtermangel ausgesetzt waren, zeigten sich als flugfähig. Das Flugverhalten von Schwammspinnerweibchen, die im Larvalstadium starker Futterkonkurrenz und Futtermangel ausgeliefert waren, sowie Auswirkungen des overcrowding-effektes in der Präimaginal- und Imaginalphase bedürfen aber noch weiterer Studien. Aus den vorliegenden Untersuchungen geht allerdings nicht hervor, ob die im Raum Baden-Württemberg gefundenen flugfähigen *L. dispar*-Weibchen einer eingeschleppten oder eingewanderten asiatischen *L. dispar*-Rasse oder einer autochthonen Rasse angehören. Um Aussagen über Rassenunterschiede oder Rassenzugehörigkeit der Versuchstiere machen zu können, wurden einige Parameter der Präimaginalbildung zum Beispiel Entwicklungsdauer, Menge der Futteraufnahme und Futterverwertung auf signifikante Unterschiede überprüft. Erst bei einer Übereinstimmung dieser Ergebnisse mit den Resultaten der genotypischen Untersuchungen können Aussagen über Rassenunterschiede getroffen werden.

Genotypische Untersuchungen

Unter der Annahme, daß nur asiatische Schwammspinner-Weibchen flugfähig sind - wie es ja größtenteils in der Literatur behauptet wird - erschien es wichtig, das Vorhandensein bzw. Fehlen der Flugfähigkeit der untersuchten Weibchen auch mit molekularen Markern aus der RAPD-PCR (REINEKE et al. 1996 in Vorbereitung) zu überprüfen. Zu erwarten wäre, daß anhand der charakteristischen asiatischen Banden aus der RAPD-PCR alle flugfähigen Weibchen dem asiatischen Genotyp und alle nicht-flugfähigen dem nicht-asiatischen Genotyp zuzuordnen sind. Abbildung 2 zeigt exemplarische Bandenmuster, die in der RAPD-PCR mit Primer FS3 erzeugt wurden.

Während alle untersuchten fliegenden Weibchen aus China (Beispiele in Bahn 3-6) die diagnostische asiatische Bande zeigen, werden von den ebenfalls fliegenden Schwammspinnerweibchen aus dem Forstbezirk Vaihingen/Enz (Beispiele Bahn 7-10) nur 60 % der Individuen anhand der charakteristischen Banden dem asiatischen Genotyp zugeordnet. Dieser Widerspruch wird auch bei Betrachtung der nicht-fliegenden Weibchen bestätigt: 66 % der nicht fliegenden Weibchen aus Rumänien (Beispiele Bahn 11-14) und 80 % der Individuen aus dem Forstbezirk Saar-Hochwald (Beispiele Bahn 15-18) werden in der RAPD-PCR als asiatischer Genotyp identifiziert.

Aus diesen vorläufigen Ergebnissen lassen sich zusammenfassend folgende Schlußfolgerungen ziehen:

- Anhand der genetischen Marker, die in der RAPD-PCR mit drei diagnostischen Primern erzeugt werden, können 60-80 % der nicht-fliegenden Schwammspinnerweibchen dem asiatischen Genotyp zugeordnet werden.
- Daraus kann gefolgert werden, daß die Banden aus der RAPD-PCR, die charakteristisch für das asiatische Schwammspinnergenom sind, keine sogenannten "genetischen Marker" für die Flugfähigkeit sind.
- Weiterhin kann postuliert werden, daß das Auftreten flugfähiger Weibchen in einer Population keine charakteristische asiatische Eigenschaft zu sein scheint. Demnach würden die Annahmen von EBERT (1994) bestätigt, daß die europäischen Schwammspinnerweibchen tatsächlich flugfähig sind, bzw. daß bisher noch unbekannte Umwelteinflüsse oder genetische Eigenschaften einer mehr oder weniger isolierten Population als Auslöser für Weibchenflug in Frage kommen.

Diese Schlußfolgerungen bedürfen aber dringend einer Verifikation und näherer Analyse, da sich aus ihnen schwerwiegende Konsequenzen für die Populationsdynamik von *L. dispar* in Südwestdeutschland ableiten lassen.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

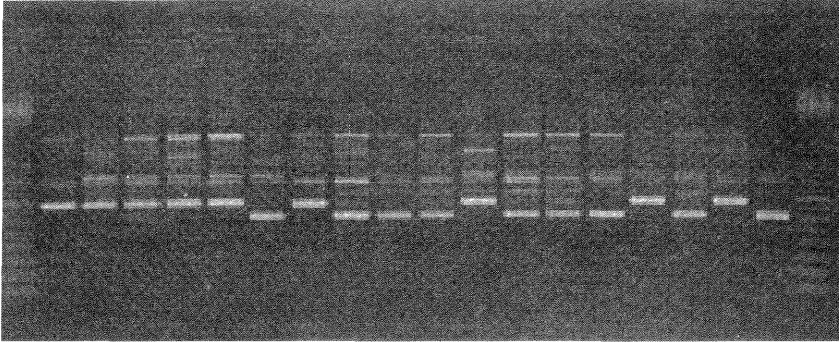


Abb. 2: Bandenmuster von fliegenden und nicht-fliegenden *L. dispar*-Weibchen nach RAPD-PCR mit Primer FS3. Reihenfolge der Isolate:

- Bahn 1: 100 bp Ladder
 2: Asiatisches Referenzisolat, Rußland
 3-6: China, Flug positiv
 7-10: Forstbezirk Vaihingen/Enz, Flug positiv
 11-14: Rumänien, Flug negativ
 15-18: Forstbezirk Saar-Hochwald, Flug negativ
 19: Nicht-asiatisches Referenzisolat, Nordamerika
 20: 100 bp Ladder

Literatur

- BOGENSCHÜTZ, H. & H. SCHRÖTER (1993): Bericht über die Schwammspinner-Situation in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. In: Schwammspinner-Kalamität im Forst. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch. Berlin 293: 24-34.
- EBERT, G. (1994): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Bd. 4: Nachtfalter II, 452-461. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KONDAKOV, Y. P. (1963): The gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) in forests of the Krasnoyarskii krai. In: Protecting Siberian forests from insect pests. Akad. Nauk SSSR, Moscow: 30-70.

- NÄSSIG, W. & P. ZUB (1994): Die Schwammspinnergradation 1991- 1993 im Raum Frankfurt am Main: Erste Kommentare (Lepidoptera, Lymantriidae). Nachr. entomol. Ver. Apollo, Frankfurt/Main, **14**: 301-324.
- SANDQUIST, R. E., J. V. RICHERSON & E. A. CAMERON (1973): Environ. Entomol. **2**: 957-958.
- SCHEDL, K. E. (1936): Der Schwammspinner in Eurasien, Afrika und Neuengland. Monographien zur angewandten Entomologie **12**: 242 pp.
- VNUKOVSKI, V. (1926): Nouvelles formes de *Lymantria dispar* L. de la Sibérie et de Semiretshje. Rev. Russe d' Entomol. **20**: 78-81.
- WELLENSTEIN, G. (1978): *Lymantria* Hbn. In: W. SCHWENKE (ed.): Die Forstschädlinge Europas. **3**: Schmetterlinge, 334-349.

Michael Habermann

Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Abt. B: Waldschutz, Göttingen

Zur Bekämpfungsentscheidung bei Nonnenbefall (*Lymantria monacha* L.) in Kiefernbeständen (*Pinus sylvestris* L.) des Niedersächsischen Flachlandes.

1. Einleitung

Die Kiefernwälder Niedersachsens sind die westlichen Ausläufer der großen Gradationsgebiete der Kieferngrößschädlinge (*Panolis flammea*, *Dendrolimus pini*, *Bupalus piniarius*, *Diprion pini* u.a.) und der Nonne (*Lymantria monacha* L.). Die Neigung dieser Insektenarten zu großflächigen und bestandesbedrohenden Massenvermehrungen ist bekannt und gilt allgemein auch für die niedersächsischen Befallsgebiete.

In Zuge des aktuellen niedersächsischen Massenvermehrungszyklus sind seit 1990 verschiedene Arten dieser nadelfressenden Insekten in bestandesbedrohenden Dichten aufgetreten. Auf Teilflächen mußten daher Bekämpfungen durchgeführt werden. Die letzte großflächige Bekämpfung erfolgte im Juni 1994 auf rd. 1.250 ha, wobei v.a. gegen die Nonne vorgegangen werden mußte.

Sowohl die 1994 unbehandelt belassenen Kontrollflächen als auch die auf großer Fläche ungehinderte Entwicklung der Nonnengradation im Frühjahr 1995 geben Anlaß, über die Bekämpfungsnotwendigkeit und die aktuellen Schadschwellen bei Nonnengradationen in niedersächsischen Kiefernbeständen nachzudenken. Die folgenden Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf Nonne in Kiefernbeständen unter den besonderen Bedingungen Niedersachsens.

Grundsätzlich gilt, daß derartige Ereignisse zu Waldflächenverlusten führen können und daher intensive Überwachungs- und Prognosearbeiten sowie ggf. wirksame Gegenmaßnahmen erforderlich sind.

2. Nonnenfraß in Kiefernbeständen

Die seit 1993/94 auf unbeeinflussten Gradationsflächen festgestellten Fraßschäden der Nonne in reinen Kiefernbeständen gaben Anlaß, die vorhandene alte Literatur zu sichten. Die in der Praxis oftmals vertretene Meinung, die Nonne fräße zunächst die Mainadeln der Kiefer und sei daher besonders gefährlich, trifft so nicht zu. Wie bereits WELLENSTEIN (1942) feststellte, werden in Kiefernbeständen Altnadeln bevorzugt befallen. Das in vielen alten Veröf-

fentlichungen beschriebene Fraßverhalten der Nonne konnte in den niedersächsischen Fraßgebieten bestätigt werden (HABERMANN 1995). Die frischen Mainadeln der Kiefer sind offenbar ein ungünstiges Futter für Nonnenlarven. Sie wurden vom ersten Larvenstadium, sofern der Austrieb weit genug vorangeschritten war, i.d.R. nur durch Punktierfraß, von den älteren Larvenstadien erst nach vollständigem Verlust der Altnadelmasse befreissen. Auffällig war eine schnelle und heftige Wundreaktion durch Harzaustritt an den von der Nonne befreissen Mainadeln (Abb. 1).

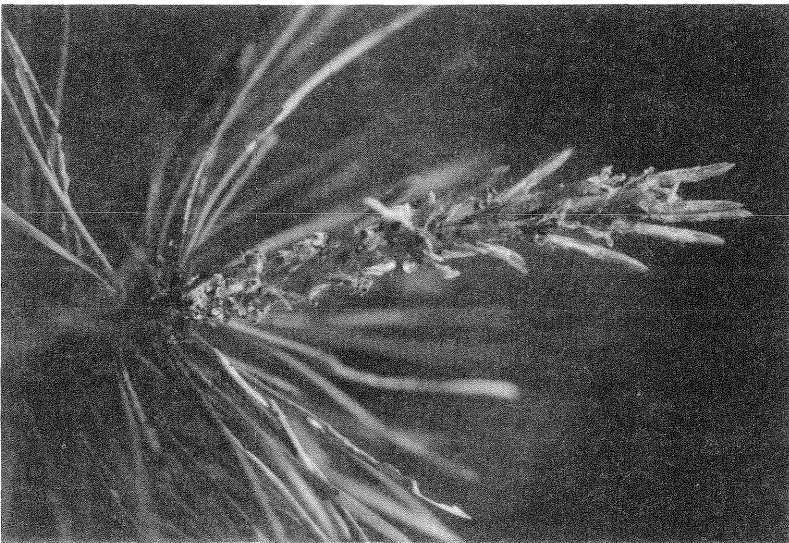


Abb. 1: Starker Harzaustritt an Mainadeln der Kiefern (*Pinus sylvestris* L.) nach Punktierfraß durch Eilarven der Nonne (*Lymantria monacha* L.) im Frühjahr 1995.

Ab dem 2. Larvenstadium wurden eindeutig Altnadeln bevorzugt, die zunächst durch Scharfenfraß, verbunden mit schneller Verbraunung und Nadelabfall, geschädigt wurden (Abb. 2). Ab dem 4./5. Larvenstadium setzt der für die Nonne typische Verschwendungsfraß ein, wobei die Altnadeln i.d.R. in der Mitte durchgebissen werden, der obere Nadelteil zu Boden fällt und der untere Nadelteil von der Raupe verzehrt wird.

Mit Einsetzen des Hauptfraßes der Nonne im Juli 1995 (4./5. Larvenstadium) waren die Mainadeln der Kiefer noch nicht voll ausgebildet. Dies führte im Freiland zu dramatischen Bildern, die einen vollständigen Kahlfraß andeuteten. 4 - 8 Wochen nach Beendigung des Fraßes waren die verbliebenen Mainadeln jedoch voll ausgebildet, so daß es zu einer scheinbaren Wiederbegrünung der Bestände kam (Abb. 3 + 4).



Abb. 2: Schartenfraß durch $L_{2/3}$ -Raupen der Nonne (*Lymantria monacha* L.) an Altnadeln der Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) im Frühjahr 1995.



Abb. 3: Starker Fraß der Nonne (*Lymantria monacha* L.) an Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) am 21.07.1995. Die Mainadeln waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht voll entwickelt, es entstand der Eindruck eines vollständigen Nadelverlustes.



Abb. 4: „Wiederbegrünung“ stark von der Nonne (*Lymantria monacha* L.) befallener Kiefern (*Pinus sylvestris* L.) Ende August 1995. Die erst zu diesem Zeitpunkt voll entwickelten Mainadeln lassen den Eindruck eines „Wiederaustriebes“ entstehen.

Im Freiland suchten die Altlarven nach dem vollständigen Verzehr der Altnadeln nach alternativen Futterquellen. Obwohl genügend Mainadeln an den Zweigen vorhanden waren, wurden diese nur ungern angenommen. Bei sehr hoher Fraßdichte wurden die auf unseren Versuchsflächen verwendeten Plastikmarkierungsbänder den Mainadeln vorgezogen (Abb. 5 u. 6). Ob diese Beobachtung grundsätzliche Gültigkeit hat, z. B. wegen starker Abwehrreaktionen der Mainadeln (Harzproduktion), kann derzeit nicht sicher gesagt werden.

3. Gradationsverlauf 1994/95

Nach überraschendem Auftreten zahlreicher Fraßherde im Sommer 1994 wurden von der NFV-B intensive Eisuchen zur Befallsabgrenzung und Gefährdungsabschätzung durchgeführt (ALTENKIRCH 1994/95, unveröffentl.). Dabei wurden maximale Eidichten von 9.000 Eier/m² Rindenoberfläche und auf großen Teilflächen mittlere Eidichten von rd. 3.000 - 4.000 Eier/m² festgestellt. Von diesen Befunden ausgehend wurden Bekämpfungsmaßnahmen auf rd. 2.500 ha für das Frühjahr 1995 geplant. Der Schlupf der Eilarven erfolgte Ende April (30.04.1995) mit hoher Intensität. Zu diesem Zeitpunkt hatten die Kiefern gerade begonnen, den diesjährigen Maitrieb zu schieben, Mainadeln waren noch nicht ausgebildet. In der nachfolgenden, langanhaltend kühl-feuchten Periode bis Anfang Juni 1995 verzögerte sich die



Abb. 5: Starker Fraß der Nonne (*Lymantria monacha* L.) an markierten Kontrollzweigen tiefbeasteter Kiefern (*Pinus sylvestris* L.) am 07.07.1995. Nach vollständigem Fraß der Altnadeln wurden Mainadeln nur ungern angenommen. Auf der Suche nach Ausweichnahrung wurden Markierungsbänder aus PVC stark befallen.

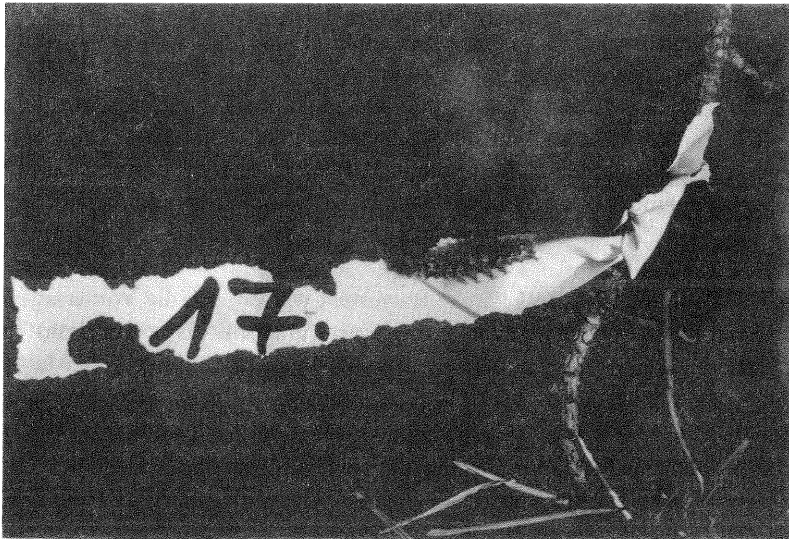


Abb. 6: Fraß einer Nonnenraupe (*Lymantria monacha* L.) an PVC-Markierungsbändern der Kontrollzweige (07.07.1995). Die verwendeten Bänder wurden vollständig durch die Raupen weggefressen und mußten mehrfach ersetzt werden.

Matrieb- und Larvenentwicklung (Tab. 1) und die Eilarven gerieten unter starken Futtermangelstreß.

Tab. 1: Entwicklung der Larvenstadien der Nonne (*Lymantria monacha* L.) im Frühjahr 1995 unter Freilandbedingungen im ostniedersächsischen Tiefland. Die Bestimmung der Larvenstadien erfolgte anhand der Kopfkapselbreiten. Unter günstigen Bedingungen dauert das 1. Larvenstadium nur 7 Tage (WELLENSTEIN 1942).

Kontrolle	29.04.1995	08.05.1995	18.05.1995	23.05.1995	15.06.1995
n-Raupen	(Schlupf)	91	377	1.058	101
L 1	100 %	100 %	100 %	60 %	-
L 2				40 %	4 %
L 3					84 %
L 4					12 %

Die von der NFV-B ermittelten Mortalitätsraten für das erste und zweite Larvenstadium lagen bei rd. 60 % (i.w. durch Hunger verursacht). Nur an blühenden Kiefern war die Ernährungssituation für die Eilarven günstiger, so daß es zu geringeren Mortalitätsraten kam. Mit einer im Rasterverfahren angelegten Probefällreihe über die gesamte Befallsfläche konnte festgestellt werden, daß die danach noch vorhandenen Raupenzahlen auf ca. 90 % der Fläche maximal die vorhandene Altnadelmasse, nicht jedoch die (noch fehlende) Mainadelmasse vernichten werden. Den betroffenen Dienststellen wurde daher von der NFV-B ein Bekämpfungsverzicht empfohlen. Für 1995 wurde zwar flächendeckend mit starken bis vollständigen Altnadelverlusten gerechnet, nicht jedoch mit vollständigem Verlust der Mainadeln. Damit war eine flächendeckende Existenzgefährdung der betroffenen Kiefernbestände, das wichtigste Entscheidungskriterium für großflächigen Einsatz chemischer Mittel in Niedersachsen, nicht mehr gegeben.

Nach Abschluß der Fraßphase 1995 konnte festgestellt werden, daß die Vorhersage der NFV-B zutreffend war. Nur auf sehr wenigen, sehr kleinen (gruppen- bis horstweisen) Teilflächen und unter besonderen Bedingungen kam es zu vollständigem, d. h. auch die Mainadeln einschließenden, Kahlfraß der Kiefer. Auf einer Teilfläche von rd. 7 ha wurde ein ca. 5 - 8-jähriger Douglasienvoranbau vollständig kahlgefressen. Da die Knospenanlagen der Douglasie weitgehend ungeschädigt blieben, wird mit einem Wiederaustrieb im Frühjahr 1996 gerechnet, wobei derzeit Verluste in einer Größenordnung von 20 - 30 % angenommen werden. Eine bereits zweimal kahlgefressene Lärchenfläche (ca. 15 ha) wurde (trotz Wiederaustrieb) durch den Lärchenborkenkäfer (*Ips cembrae* Herr.) flächig geschädigt. Auf dieser Fläche wäre es aufgrund der besonderen Bedingungen (Befall *I. cembrae* bereits 1994) auch ohne Nonnenfraß zu starken Verlusten durch Lärchenborkenkäfer gekommen. Insgesamt sind damit auf

einer aktuell durch Nonnenfraß geschädigten Gesamtfläche von rd. 3.500 ha maximal 50 ha akut vom Absterben bedroht bzw. bereits abgestorben.

Erste Eisuchen im östlichen Befallsgebiet (Tab. 2: A) ergaben in den stark befallenen Beständen nur noch sehr geringe Eiablagen (i.M. 170 Eier/m² Rindenoberfläche an nur 10 % der Bäume, Tab. 2). In den Randbereichen der Befallszonen und in weniger stark befallenen Bestandteilen (Tab. 2: B) konnten erneut starke Eiablagen (bis zu 3.350 Eier/m² Rindenoberfläche) festgestellt werden. Sollten diese Befunde in den anderen Befallsflächen im Zuge der weiteren Überwachung der Nonne bestätigt werden, kann auf großer Fläche mit dem natürlichen Ende der Gradation gerechnet werden. Auf den aktuell stärker mit Eiern belegten Flächen werden intensive Überwachungsarbeiten durchgeführt. Bei Vorliegen einer akuten Bestandesgefährdung werden durch die NFV-B jedoch erst im Frühjahr 1996 Bekämpfungsempfehlungen an die betroffenen Waldbesitzer abgegeben.

Tab. 2: Zusammenstellung erster Prognoseergebnisse nach Eisuchen im November 1995 in zwei stark von der Nonne (*Lymantria monacha* L.) befallenen Kieferngebieten des ostniedersächsischen Flachlandes.

Fläche	Summe der untersuchten Probestämme	Anteil der Kiefern mit Eiablagen [%]	mittlere Eidichte je m ² ROF (befallene Kiefern)	minimale Eidichte je m ² ROF	maximale Eidichte je m ² ROF
A	70	8,6 %	170	40	435
B	305	43,8 %	470	8	3.353

4. Diskussion

Unter den für Niedersachsen bisher einmaligen Bedingungen des Fraßjahres 1995 wuchs die Erkenntnis, daß beim alleinigen Auftreten der Nonne in den niedersächsischen Kiefernwäldern über die zukünftigen Schad- und Bekämpfungsschwellen nachgedacht werden muß. Innerhalb der NFV-B, mit den betroffenen privaten Waldbesitzern und den betreuenden Dienststellen der Forstverwaltungen werden derzeit mögliche Handlungsalternativen für 1996, aber auch für nachfolgende Gradationen, diskutiert.

Die Gefährdung der niedersächsischen Kiefernbestände durch Nonnengradationen muß in Zukunft stärker differenziert betrachtet werden. Wichtigstes Kriterium für eine Bekämpfungsempfehlung der NFV-B ist, daß flächige Waldverluste, insbesondere im Privatwald, nicht

hinnehmbar sind. Die bisherige Bekämpfungspraxis in Bezug auf die Nonne in Niedersachsen kann, v.a. aus Sicht eines ökologisch ausgerichteten Waldschutzes, nicht ohne weiteres fortgesetzt werden. Mit fachlich stärker differenzierten und jährlich neu zu treffenden Entscheidungen und Empfehlungen der NFV-B sollen neue Wege des Waldschutzes beschritten werden, um damit den Anspruch der betroffenen Waldbesitzer, der betreuenden Forstleute sowie der forstlichen Waldschutzinstitutionen auf einen kompetenten, modernen und möglichst umweltschonenden Waldschutz zu unterstreichen.

Danksagung

Ich danke Herrn FD Dr. H. Niemeyer, Nds. Forstl. Versuchsanstalt, Göttingen, für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

Literatur

- HABERMANN, M. (1995): Zur Massenvermehrung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) in Kiefernbeständen des nordöstlichen Niedersachsens. *Forst und Holz*, **18**: 558-564.
- WELLENSTEIN, G. (1942): Die Nonne in Ostpreußen. *Monogr. z. ang. Ent.*, Nr. **15**, Parey, Berlin.

Ulf Baier

Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Referat Waldschutz, Gotha

Massenvermehrung der Nonne *Lymantria monacha* L. in den Fichtenbeständen Thüringens

Gut 13.000 fm zwangsgenutztes Holz im Jahr 1994 auf rund 31 ha sind die Folge des Schadfraßes der Nonnenraupen in Ostthüringen. Seit etwa 50 Jahren befindet sich damit in Thüringen wieder einer der gefährlichsten Schädlinge der Nadelwälder in einer Massenvermehrung. Nach einer Zusammenstellung von WELLENSTEIN (1942) wird aus Thüringen im Zeitraum 1750 - 1942 von 7 größeren Nonnengradationen in den Fichtenrevieren berichtet. In dem Hauptschadgebiet im Vogtland (FA Schleiz und Weida) fanden seit 1795 folgende Schadereignisse statt (BERGMANN 1953):

- | | |
|-----------|--|
| 1795-1797 | Kahlfraß durch Nonnenraupen im Schleizer Wald; |
| 1909 | erhebliche Fraßschäden im Forst Weida;
22.575 fm Holz wurden abgetrieben; |
| 1939 | Fraß im Forst Cursdorf, Schleiz und Lobenstein. |

Im Zeitraum 1946 - 1993 meldeten die Forstbetriebe innerhalb des Forstschutzmelde-dienstes keine Fraßschäden von Nonnenraupen. Ein erhöhtes Auftreten von Faltern wurde allerdings Ende der 60er und Anfang der 70er Jahre beobachtet, ohne daß es zu sichtbaren Fraßschäden kam. 1968 konnte von den Staatlichen Forstwirtschaftsbetrieben Hildburg-hausen und Bad Salzungen auf 45 ha auffallender Falterflug beobachtet werden.

1. Frühwarnsystem mit Lockstoff-Fallen

Zur Überwachung der Nonnenpopulation kommt ein mehrstufiges Verfahren zur Anwendung (TEMPLIN 1984, APEL et al.1984). In der Latenz werden zur Überwachung des Schwärmfluges Falterfänge mittels Pheromonfallen über die gesamte Schwärmzeit der Falter durchgeführt (Abb. 1). Wird mit dieser Methode die sogenannte Warnschwelle von 1000 Faltern/Falle erreicht, muß die Population im Bestand mit Falterzählungen an Zählstammgruppen und Puppenhülensuchen weiter überwacht werden, bevor letztlich die arbeitsintensiven Eispiegelsuchen einsetzen.

Der seit 1989 zu beobachtende Anstieg der Fangergebnisse männlicher Nonnenfalter in den Lockstoff-Fallen erhöhte sich von 1991 zu 1992 sprunghaft (Abb. 2). Diese Methode signalisierte schon rechtzeitig eine steigende Gefährdung, vor allem in den Fichtenbeständen.

1992 konzentrierten sich danach die höchsten Fangergebnisse mit über 1.000 männlichen Faltern/Fangperiode auf die FÄ Creuzburg, Paulinzella, Ilmenau und Schleiz. Die zusätzlich durchgeführten Überwachungsmaßnahmen einschließlich der Eisuchen waren damals negativ, d.h. eine bestandesbedrohende Gefährdung ließ sich nicht bestätigen. Während in den Kiefernbeständen 1993/94 die Fangzahlen wieder rückläufig waren, blieben sie in den Fichtenbeständen weiterhin bedrohlich hoch (Abb. 2).

Abb. 1: Ergebnisse der Pheromonfallenfänge Nonne in Revieren mit > 500 Falter/Falle in einer Fangperiode sowie die historischen Befallsgebiete

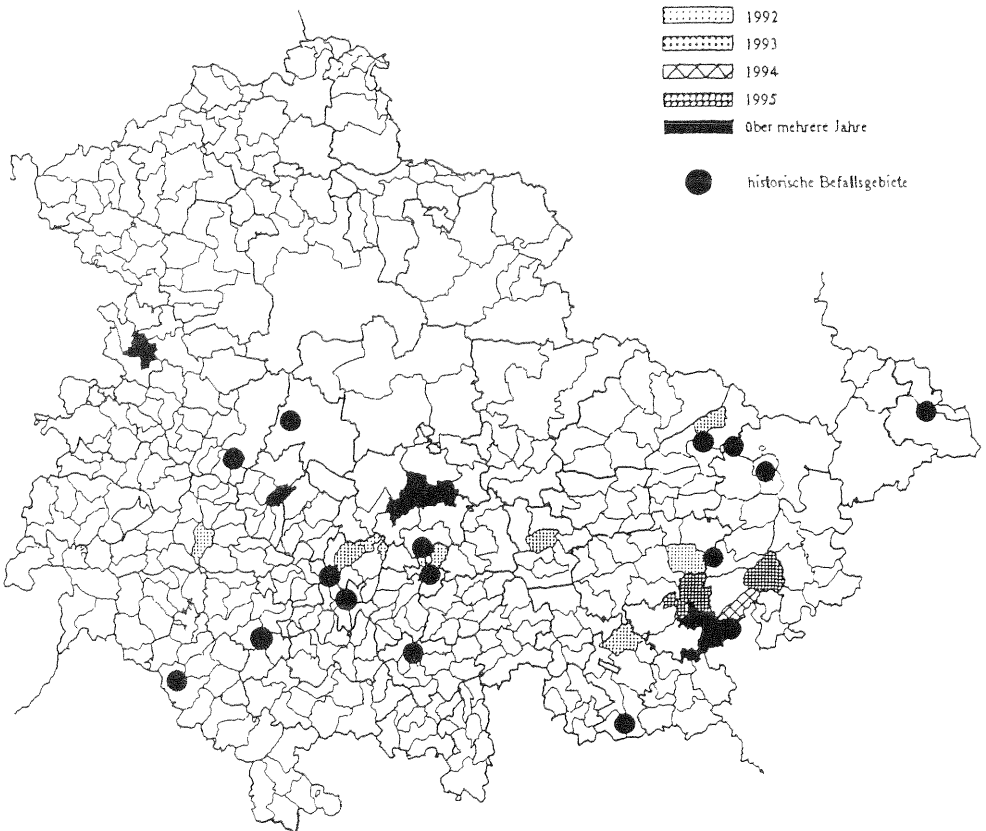
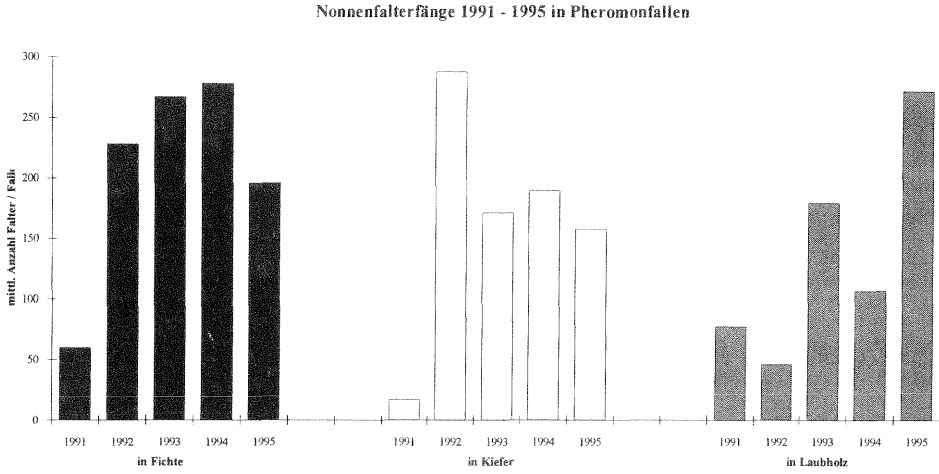


Abb. 2: Nonnenfalterfänge in den nach Hauptbaumarten getrennten Probebeständen



2. Ausmaß der Fraßschäden

1994 kam es, wie einleitend schon angeführt, zu erheblichen Fraßschäden in Fichtenaltbeständen und zwar auf 345 ha. Der Schwerpunkt lag im Vogtland und Schiefergebirge. Die Fichtenbestände in den Forstämtern Schleiz und Weida sowie Marktgölitz und Leutenberg wurden vom Fraß der Raupen in Mitleidenschaft gezogen (Tab. 1).

Tab. 1: Die Schadgebiete der Nonne (1994)

Forstamt	Revier	Wuchsgebiet	Höhe über NN	Standort - gruppe	Haupt - baumart	Befalls - fläche	
						1994	1995
Schleiz	Kirschkau	Vogtland	460 m	Uk - M 2	Fichte	290 ha	7 ha
Weida	Weckersdorf	Vogtland	460 m	Uk - M 2	Fichte	10 ha	-
Marktgölitz	Zopten	Thüringer Gebirge	550 m	Mf - M 2	Fichte	23 ha	7 ha
Marktgölitz	Buchbach	Thüringer Gebirge	520 m	Mf - M 2	Fichte	-	14 ha

Während die Fichte stark geschädigt wurde, blieb die Kiefer, die in den Beständen der FÄ Schleiz und Weida unterschiedlich stark beigemischt ist, vom Fraß fast ganz verschont. Von solch einem Fraßverhalten der Nonnenraupen wurde schon von JAHN (1975) und SCHWERDTFEGER (1981) berichtet. Auf Grund der verschiedenen Kronenformen sowie der tieferen Beastung der Fichte, kommt es durch das häufige Abbaumen der ersten Raupenstadien zu einer "Entlastung" der Kiefer. Auch scheinen die Fichtennadeln als Nahrungsgrundlage für die Nonnenraupen eine optimale Entwicklung zu gewährleisten (WELLENSTEIN 1942). Für die Fichte bedeutet einmaliger Kahlfraß schon den Tod. Dagegen können Kiefern einmalige Fraßschäden bis zu einem Nadelverlust von > 80 % überstehen (KOCH et al. 1989).

3. Überwachungsmaßnahmen

Nach dem Sichtbarwerden der Fraßschäden im Jahr 1994 setzte in den betroffenen Forstämtern eine intensive Überwachung ein. Damit sollten vor allem die Befallsgebiete eingegrenzt werden, um so Bekämpfungsquartiere ausscheiden zu können.

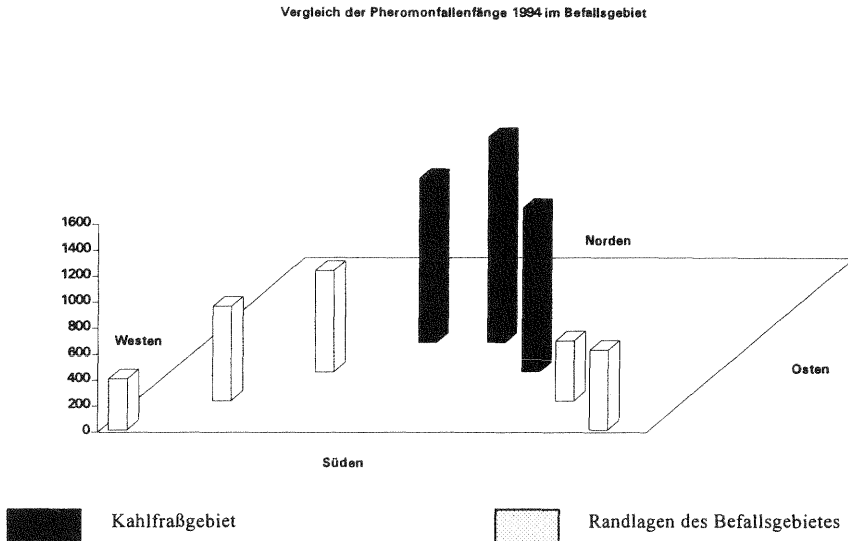
Noch vor Beginn der Schwärmaktivität wurden im Hauptschadgebiet **Lockstoff-Fallen** ausgebracht, um so vor allem bei einer hohen Populationsdichte, die Fangleistung dieser Fallen einzuschätzen. Maximalwerte wurden in den Schadgebieten im FA Schleiz mit 1.588 Faltern/Falle und im FA Weida mit 1.391 Faltern/Falle erreicht. Im Schadgebiet Kettenwald (FÄ Schleiz und Weida) waren parallel zur Abnahme des Nadelverlustes vom Fraßzentrum in die Randbereiche des Befalls abnehmende Fangzahlen in den Pheromonfallen festzustellen (Abb. 3).

Mit diesem Ergebnis läßt sich die allgemein vertretene Lehrmeinung, daß bei einer hohen Populationsdichte die Pheromonfalle nur eine weibliche Duftquelle unter vielen Faltern imitiert, und somit weniger männliche Falter fängt als bei einer niedrigen Populationsdichte, nicht bestätigen. Damit wird allerdings die Beurteilung von Pheromonfallenfängen und die daraus zu ziehenden Schlußfolgerungen auch nicht erleichtert.

Parallel zu den Pheromonfallen wurden Falterzählungen an den **Zählstammgruppen** und anschließend auch an 25 zufällig ausgewählten Bäumen die **Puppenhülsenzählungen** durchgeführt. Die Ergebnisse für das Hauptschadgebiet Kettenwald sind in Abbildung 4 dargestellt. Die höchsten Werte wurden im Fraßzentrum ermittelt. In den Randlagen fielen die Zählergebnisse deutlich niedriger aus.

Zur Ermittlung der **Eidichten** wurden in das Befallsgebiet Kettenwald 4 Boniturlinien gelegt und an den jeweils festgelegten Punkten fünf zufällig ausgewählte Bäume nach Eigelegen abgesucht. Die ermittelten Eizahlen/m² Rindenmantelfläche sind in Abbildung 5 zusammengestellt. Im Befallszentrum wurden im Mittel 1.734 Eier/m² Rindenmantelfläche gezählt. Mit größer werdender Entfernung zum Befallszentrum nahm die Anzahl

Abb. 3: Pheromonfallenfänge im Hauptschadgebiet Kettenwald (FÄ Schleiz und Weida)
Die Anordnung der Säulen in der Graphik entspricht etwa dem Standort der Fallen in diesem Befallsgebiet.



der Eier/m² Rindenmantelfläche ab. Die niedrigsten Eizahlen wurden in Abteilungen festgestellt, in denen Fraßschäden vom Boden nicht mehr eindeutig erkennbar waren.

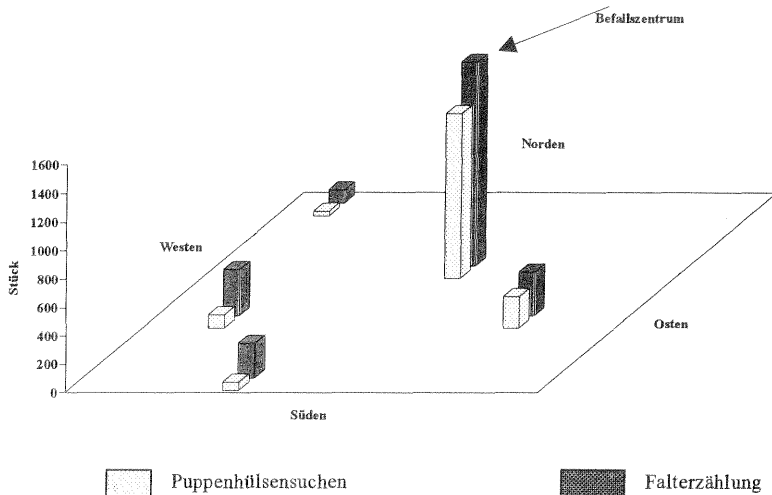
Im angrenzenden FA Weida im Revier Weckersdorf wurde als höchster Wert 3.749 Eier/m² Rindenmantelfläche ermittelt und im Revier Kolditz des FA Marktgölitz 1.347 Eier/m² Rindenmantelfläche.

Die im Labor festgestellten **Schlupfraten** der im Herbst 1994 gesuchten Eier waren sehr unterschiedlich. Aus 23 % - 75 % der untersuchten Eier schlüpften keine Räumchen. Eine zweite Untersuchung von Nonneneiern aus drei verschiedenen Abteilungen des Hauptschadgebietes im März 1995 ergab dann Schlupfraten zwischen 80 % und 97 %.

4. Gegenmaßnahmen

Die durchgeführten Überwachungsmaßnahmen ließen für 1995 weitere massive Fraßschäden und damit eine Existenzgefährdung der betroffenen Fichtenwälder erwarten. Aus diesem Grund waren für die Hauptschadgebiete Bekämpfungsmaßnahmen vorzubereiten. Zur Terminierung der Bekämpfungsmaßnahmen wurden im April an repräsentativen Pro-

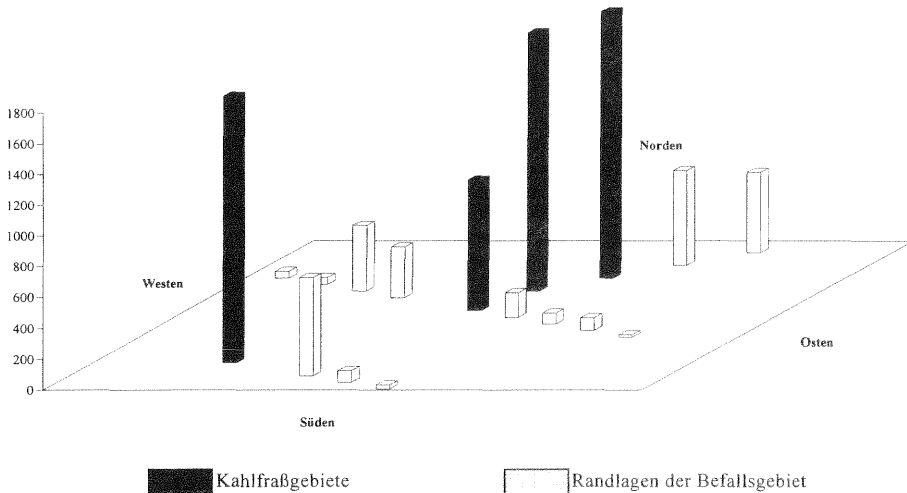
Abb. 4: Die Ergebnisse der Falterzählungen an Zählstammgruppen und der Puppenhülsensuchen im Hauptschadgebiet Kettenwald (FÄ Schleiz und Weida) 1994



bepunkten in den Befallsgebieten an jeweils 4 Bäumen Leimringe angelegt und im Abstand von 2 Tagen kontrolliert. Der Raupenschlupf begann am 21.04.1995 auf der Freifläche im Gebiet der FÄ Schleiz und Weida. Auf den Befallsflächen der FÄ Marktglöitz und Leutenberg setzte der Schlupf der Nonnenraupen erst 12 Tage später ein. Der Maitrieb bei Fichte und Kiefer war zu diesem Zeitpunkt im Hauptschadgebiet noch nicht zu erkennen.

Weiterhin mußten zur Terminierung des Bekämpfungszeitpunktes das sehr unterschiedliche Fraßverhalten der Nonnenraupen an Fichte und Kiefer berücksichtigt werden. Bei der Kiefer werden die Altnadeln schon von den Raupen im 1. Larvenstadium befallen. Dagegen dienen die Altnadeln von Fichten erst ab 3. Larvenstadium als Nahrung. Die jüngeren Stadien bevorzugen hier die frischen Maitriebsnadeln (WELLENSTEIN 1942; WELLENSTEIN 1978). Auf Grund dieser unterschiedlichen Ernährungsweise der Raupen konnten die größeren Kiefernkomplexe im Hauptschadgebiet Kettenwald (FÄ Schleiz und Weida) schon am 04.05.1995 aviochemisch mit dem Häutungshemmer Dimilin 25 WP in einer Aufwandmenge von 150 g Dimilin 50 l Wasser/ha (vgl. SKATULLA 1989) behandelt werden. Bei der Fichte ging es in erster Linie jedoch darum, den Maitrieb vor den gefräßigen Raupen zu schützen. Der Austrieb der Nadelknospen setzte 1995 infolge des starken Blütenansatzes erst Ende Mai ein. Dieser lange Zeitraum zwischen Schlupf der

Abb. 5: Die Ergebnisse der Eisuchen (Eier/m² Rindenmantelfläche) im Hauptschadgebiet Kettenwald (FÄ Schleiz und Weida)



Raupen und dem Erscheinen des Maitriebes konnte nur zum Teil durch den Fraß an den männlichen Blütenknospen überbrückt werden und wirkte sich wahrscheinlich auch auf die Vitalität eines Teils der Raupen aus. Mit der Bekämpfung wurde dann am 29.05.1995 begonnen. Knapp 50 % der Raupen waren zu diesem Zeitpunkt im 2. Larvenstadium. An den männlichen Blütenknospen waren schon Fraßspuren zu erkennen.

Da die Befallsgebiete jeweils in Trinkwasserschutzgebieten liegen bzw. von Bachläufen durchquert werden, war eine Zustimmung der Unteren Wasserbehörde notwendig. Im Endergebnis einer Vor-Ort-Beratung mit den zuständigen Unteren Wasserbehörden, dem Staatlichen Umweltamt, der Thüringer Talsperrenverwaltung und der Forstverwaltung wurde eine Befliegung der Bestände entgegen der zur Zeit gültigen Abstandsauflage zu Fließgewässern (NW 600 Forst, Spritzen Fläche, 50 m) bis 20 m an die Gewässer heran genehmigt. Der Bereich zwischen 20 und 50 m konnte mit einer verminderten Aufwandmenge von 150 g Dimilin 25 WP in 50 l Wasser/ ha (entsprechend der Aufwandmenge bei der Kiefer) behandelt werden.

In der von der Wasserbehörde geforderten Wasseranalyse (1 Probe vor der PSM-Ausbringung, 24 Stunden und 30 Tage nach der Applikation) war der Wirkstoff von Dimilin, das Harnstoffderivat Diflubenzuron, nicht nachweisbar (Analysenbefund IN-NOLAB GmbH Neustadt/Orla).

Mit der Bekämpfung der Hauptschadgebiete konnten somit große Fraßschäden und damit der Abtrieb weiterer Bestände verhindert werden. Lediglich an den aufgrund der Abstandsauflagen unbehandelten Rändern der Fließgewässer traten erneut merkliche bis starke Nadelverluste auf.

Infolge der einsetzenden schlechten Wetterverhältnisse war eine Behandlung des Befallsgebietes in den FÄ Marktölitze und Leutenberg sowie ein Teil der Befallsfläche des FA Schleiz mit Dimilin erst am 06./07.06.1995 möglich. Während in Ersterem nur entlang der Bachläufe Fraßschäden entstanden, kam es durch den zeitigeren Schlupf der Raupen in den Schleizer Fichtenbeständen und der damit längeren Fraßzeit bis zur Bekämpfung doch auf etwa 7 ha zu merklichen Fraßschäden, ehe die Wirkung des Mittels einsetzte. Hier wurde sichtbar, welchen Schaden die Nonnenraupen trotz langer Hungerperiode ohne die durchgeführten Gegenmaßnahmen angerichtet hätten.

Die Gefahr für die Fichtenbestände durch die Nonnenraupen ist noch nicht gebannt. Im Schiefergebirge wurde 1995 ein weiterer kleinflächiger Befallsherd (20 ha, davon etwa 4 ha Kahlfraß) entdeckt. Die Besatzdichten sind so hoch, daß für 1996 eine Behandlung dieser Bestände nicht zu umgehen sein wird.

Literatur

- APEL, K.-H.; D. HÄUSSLER und H. WAWRZYNIAK (1984): Rationalisierungsmöglichkeiten bei der Überwachung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) durch Pheromonanwendung. Sozialistische Forstwirtschaft **34**: 314 - 316.
- BERGMANN, A. (1953): Die Großschmetterlinge Mitteleuropas Bd. 3. Spinner und Schwärmer. Urania-Verlag GmbH Jena.
- JAHN, E. (1975): Beobachtungen über das Raupen- und Puppenstadium im Nonnengebiet 1964 - 1967. Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien Heft **110**, S. 46 - 49.
- KOCH, W. und M. BAUER (1989): Zum Wiederaustrieb von Kiefern nach Lepidopterenfraß. AFZ **40 - 41**, S. 1097 - 1098.
- SKATULLA, U. (1989): Auftreten und Bekämpfung der Nonne in Bayern. AFZ **40 - 41**, S. 1094 - 1095.
- SCHWERDTFEGGER, F. (1981): Die Waldkrankheiten. Verlag Paul Parey, Hamburg u. Berlin.
- TEMPLIN, E. (1984): Die Nonne (*Lymantria monacha* L.). Merkblatt Nr. **38**; Institut für Forstwissenschaften Eberswalde.
- WELLENSTEIN, G. (Hrsg.) (1942): Die Nonne in Ostpreußen. Verlag Paul Parey Berlin.
- WELLENSTEIN, G. (1978): *Lymantridae*, Trägspinner. In SCHWENKE, W.: Die Forstschmetterlinge Europas. Bd. 3: Schmetterlinge. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

Curt Majunke¹, Karl-Heinz Apel¹, Paul Heydeck¹, Michael Müller²

¹Forstliche Forschungsanstalt Eberswalde e. V., Abt. Waldschutz

²Landesforstamt Königs Wusterhausen

Zum Verlauf der Gradation des Kieferspinners in Brandenburg und erste Ergebnisse über Untersuchungen zur Schadwirkung

1. Zum Verlauf der Gradation des Kieferspinners in Brandenburg in den Jahren 1989-1995

Vorbemerkungen

Der Kieferspinner gehört auf Grund seiner Neigung zu Massenvermehrungen sowie bedingt durch den hohen Nahrungsbedarf der Raupen zu den gefährlichsten Schädlingen an der Baumart Kiefer. Nach der letzten großen Kalamität in den Nachkriegsjahren trat er in Brandenburg lediglich kleinflächig in Erscheinung. Seit dem Jahre 1990 ist er wieder in die Phase der Massenvermehrung getreten und mußte 1993 und 1994 bereits auf über 30.000 ha mit Pflanzenschutzmitteln bekämpft werden, weil die zu erwartenden Fraßschäden die betroffenen Bestände in ihrer Existenz bedroht hätten (Abb. 1). 1995 betrug der Umfang der Behandlungsfläche etwa 30.000 ha (davon ca. 1.000 ha im Herbst).

Verlauf der Massenvermehrung in den Jahren 1990-1992

Der Beginn der Gradation geht auf die Jahre 1989 und 1990 zurück. Dies läßt sich anhand der Bodensuchergebnisse belegen. Bei Auswertung der Winterbodensuchen 1989/90 wurden keinerlei Raupenfunde registriert. Im darauffolgenden Winter trat der Spinner erstmalig in 36 Oberförstereien (Obf.) bzw. Bundesforstämtern (BFÄ) in Einzelexemplaren in Erscheinung. Maximalwerte von 0,8 und 0,5 Raupen/m² wurden im Amt für Forstwirtschaft (AfF) Doberlug Kirchhain und im BFA Lieberose ermittelt. Ohne auffällige Flug- und Fraßaktivitäten in der Vegetationsperiode 1991 zu zeigen, ging der Kieferspinner in die Überwinterungsquartiere. Unverkennbar war jedoch nach Auswertung der Bodensuche 1991/92 zum einen eine starke Zunahme der Zahl der Obf. und BFÄ mit Raupenfunden (50) und zum anderen eine Erhöhung der Flächenanzahl mit Raupendichten von 0,4 Raupen und mehr pro Quadratmeter. Derartige Dichten wurden in den Oberförstereien Bredereiche, Rathenow, Ferch, Scharmützelsee und den späteren Schwerpunkten der Gradation Hohenbucko, Straupitz und Drebkau ermittelt. In der Vegetationsperiode 1992 verhielt sich der Spinner ähnlich unauffällig wie im Vorjahr. Im Winter 1992/93 erbrachte die Auswertung der Bodensuchdaten wiederum eine Erhöhung der Anzahl an Obf./BFÄ mit Raupenfunden auf 71. Die Maximalwerte stiegen auf 3,3 Raupen/m² in Hohenbucko, 0,6 in Lieberose und jeweils 0,5 in Groß Schönebeck und im BFA Heidehof.

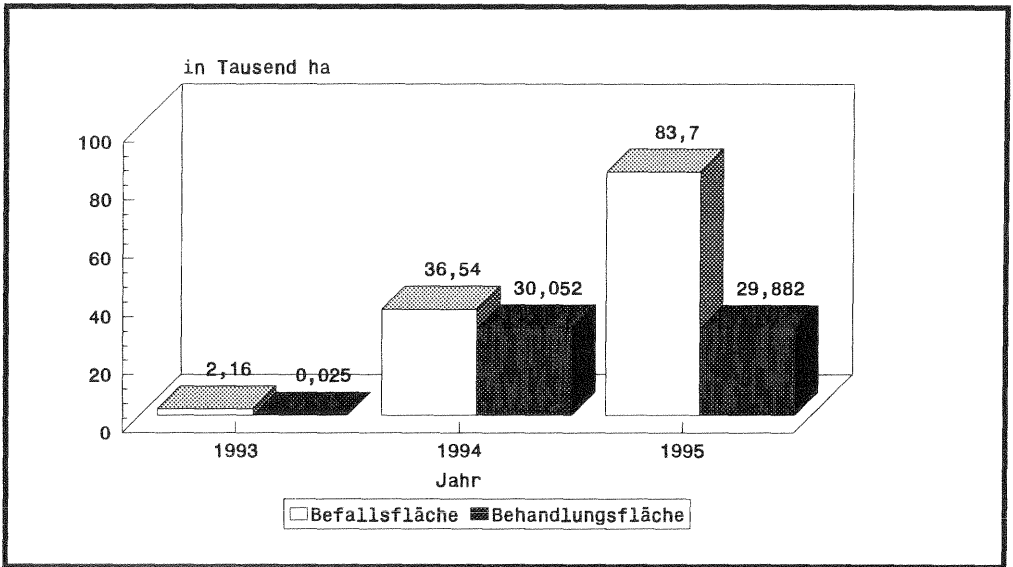


Abb. 1: Umfang der Befalls- und PSM-Behandlungsfläche des Kiefernspinners in Brandenburg von 1993 - 1995

Es kann davon ausgegangen werden, daß die Entstehung dieser Gradation auf die überdurchschnittlichen Temperaturen der Jahre 1989 und vor allem 1990 zurückzuführen ist. Es lassen sich hierbei folgende Besonderheiten feststellen:

- Die Winter 1988/89 und 1989/90 waren ausgesprochen mild.
- In der Vegetationsperiode 1989 (April bis September) lagen in 5 Monaten die Temperaturen weit über dem langjährigen Mittelwert. 1990 waren von den 6 Monaten 3 zu warm.
- Bemerkenswert sind die hohen positiven Temperaturabweichungen in den Spätwinter- und Frühjahrsmonaten der Jahre 1989 und 1990.

Vegetationsperiode 1993

Im Rahmen der Forleulen- und Nonnenbekämpfung des Jahres 1993 wurde der Kiefernspinner lediglich in der Obf. Hohenbucko auf einer Fläche von 25 ha gezielt bekämpft. Diese Befallsfläche lag außerhalb der ausgewiesenen Nonnenbekämpfungsareale und wurde durch die in diesem Gebiet großflächig durchgeführten Kotfallkontrollen und Raupenbesatzdichteer-mittlungen lokalisiert.

Im späten Frühjahr und Sommer meldeten zahlreiche Forstdienststellen aus den bereits jetzt erkennbaren Schwerpunkten des Kiefernspinnerbefalls im Rahmen des monatlichen Forstschutzmeldedienstes sowohl auffälligen Flug als auch Fraß.

Da auch aus den Nonnenbekämpfungsarealen der Oberförstereien Walddrehna (AfF Lübben) und Raben (AfF Belzig) Flugaktivitäten des Kiefernspinners gemeldet wurden, kann davon ausgegangen werden, daß ein großer Teil der Kiefernspinnerraupen seine Entwicklung zum Zeitpunkt der Nonnenbekämpfung (Anfang Juni) im Frühjahr 1993 bereits abgeschlossen hatte und somit von den gegen die Nonnenraupen ausgebrachten Pflanzenschutzmitteln (PSM) nicht getroffen werden konnte.

Das wohl deutlichste Zeichen der begonnenen Massenvermehrung waren die z.T. erheblichen Fraßschäden im Spätsommer und Herbst 1993. Die Gesamtfläche umfaßte 5.453 ha, wovon 20 % als stark befallen eingeschätzt wurde. Durchgeführte Raupenbesatzdichteermittlungen ergaben Maximalwerte von 2.000 Raupen je Kiefernkrone. Auffällig war die sehr homogene Raupengröße. Es handelte sich überwiegend um Raupen aus der Eiablageperiode 1993.

Bodensuchen 1993/94 und Vegetationsperiode 1994

Die bis zum Zeitpunkt der Bodensuche im Winter 1993/94 ablaufende Gradation spiegelte sich in den meisten Befallsgebieten bei Auswertung der Raupenbesatzdichten wider. Die später durchgeführte Nachsuche bestätigte die Werte der Hauptsuche. Nennenswerte Winterverluste traten nicht auf. Auf hochgerechnet 8.100 ha wurden Raupendichten von mehr als 10 Individuen/m² registriert. Der eindeutige Schwerpunkt des Spinnerauftretens lag in Südbrandenburg. Der Umfang der Bekämpfungsfläche betrug 25.067 ha.

Der Raupenfraß des Kiefernspinners im Frühjahr 1994 verursachte auf 3.372 ha merklichen und auf 1.333 ha starken Nadelfraß. Orte des Fraßgeschehens waren im wesentlichen die an die Bekämpfungsflächen Südbrandenburgs aus dem Frühjahr 1994 angrenzenden Befallsareale, die zum Zeitpunkt der Überwachung die für eine Bekämpfung notwendigen kritischen Dichten nicht erreichten. Die im Sommer in den Befallsarealen gefundenen zahlreichen Eiablagen und geschlüpften Eiräupchen wiesen auf die Entwicklung einer starken Herbstgeneration hin. Da zu diesem Zeitpunkt noch keine Anzeichen für ein natürliches Zusammenbrechen der Massenvermehrung erkennbar waren, galt es ab August 1994 erneut, umfangreiche Kontrollarbeiten zu organisieren und Gegenmaßnahmen vorzubereiten. Der Umfang der PSM-Behandlungsfläche im Herbst belief sich auf 4.985 ha.

Winterbodensuche 1994/95, Fraß und Falterflug des Kiefernspinners im Jahr 1995

Die Hochrechnung der Ergebnisse der Winterbodensuche ergab ein Auftreten des Kiefernspinners in 77 Oberförstereien, wobei die Fläche mit kritischen Dichten von 10 und mehr Raupen/m² ca. 32.000 ha umfaßt. Die Notwendigkeit der Gegenmaßnahmen im Frühjahr

1995 auf etwa 30.000 ha wird durch den auf 18.669,54 ha entstandenen merklichen und starken Nadelfraß der Spinnerraupen u. a. auf angrenzenden und nichtbehandelten Flächen bestätigt.

Zum Stand der Massenvermehrung konnte im Herbst 1995 folgende Einschätzung getroffen werden:

- Auf dem größten Teil der behandelten Flächen ist durch die hohe Abtötungsrate der eingesetzten PSM die Massenvermehrung abgebrochen worden. Restpopulationen wurden durch natürliche Feinde vernichtet, so daß trotz teilweise eingetretener Nadelverluste der Fortbestand der Bestände nicht in Frage gestellt wird.
- In Arealen, die von der Bekämpfung nicht erreicht bzw. von vornherein von einer PSM-Behandlung ausgeklammert wurden (z. B. angrenzende Bestände und Naturschutzgebiete), traten in den älteren Larvenstadien durch meteorologische Faktoren und Nahrungsmangel hohe Mortalitätsraten auf. Verstärkt wurden diese Prozesse durch Parasitierung. In den Zentren des Spinnerauftretens lag der Tachinenbesatz in den Puppen bei 80-90 %. Es kann deshalb auch für diese Waldbestände ein Zusammenbruch der Massenvermehrung konstatiert werden. Da die natürliche Regulation erst etwa ab dem Larvenstadium 5-6 einsetzte, verblieb den in hohen Dichten auftretenden jüngeren Stadien genügend Zeit, die Bestände z. T. restlos zu entnadeln. Wie Probefällungen in mittelalten Beständen und Begutachtungen an Naturverjüngungen ergaben, wurden mitunter auch die Knospen gefressen und die Rinde der Triebe benagt. Infolge Nahrungsmangel kam es zu intensiven Wanderungsbewegungen z. B. in angrenzende Kulturen, wo ebenfalls mitunter starker Nadelfraß verursacht wurde.
- Es konnte aus damaliger Sicht nicht ausgeschlossen werden, daß sich in bisher nicht bzw. gering befallenen Gebieten neue Gradationsherde entwickeln bzw. lokal in den o. g. Retrogradationsgebieten Populationsteile erhalten haben, die unter für sie günstigen Bedingungen noch im Herbst 1995 Fraß verursachen können.

Aus dieser Einschätzung ableitend wurde zum Schutz der Waldbestände im Herbst 1995 lediglich auf einer relativ kleinen Fläche (ca. 1.000 ha) ein PSM auf der Basis von *B.t.(k)* appliziert.

Inventur der Befallsflächen 1995

Im Sommer 1995 veranlaßte die Landesforstverwaltung Brandenburgs eine Inventur der Befallsbestände nach den verschiedenen Entnadelungsgraden (Tabelle 1). Methodisch wurde so vorgegangen, daß die Flächen, in denen der entsprechende Entnadelungsgrad bei mindestens 50 % der Bäume vorlag, in diese Kategorie eingeordnet wurden. Von Seiten des Forstschutzes sind vor allem die Flächen mit Restbenadelung von weniger als 20 % von Interesse, da

hier die Wahrscheinlichkeit des Absterbens entweder direkt infolge des Fraßes durch Kiefernspinnerrauen oder durch Stammbrüterbefall am größten ist.

Tab. 1: Umfang der Befallsflächen mit registrierten Nadelverlusten 1995

Verwaltungsbereich	Fläche (ha) mit Nadelverlusten in %			
	unter 60 %	60-80 %	81-99 %	100 %
Landesforstverwaltung	11.951	3.145	611	20
Bundesforstverwaltung	5.745	1.370	1.114	192
Gesamt	17.696	4.515	1.725	212

Bei diesbezüglichen Kartierungsarbeiten wurden auffällig viel Befallslokalitäten in den mittleren und besseren Standortbereichen vorgefunden. Dies weicht von den bisherigen Kenntnissen ab, wonach der Kiefernspinner bevorzugt in sehr armen und trockenen Standortbereichen zur Massenvermehrung gelangt. Derartige Areale befinden sich im westlichen Teil des Befallsgebietes im Raum südlich und östlich von Jüterbog. Es bedarf hier jedoch noch weiterführender Analysen und einer exakten kleinräumigen Abgrenzung der einzelnen Befallsstellen.

2. Untersuchungen zu den möglichen Fraßwirkungen der Kiefernspinnerrauen und zum Regenerationsverhalten befallener Bäume

Triebbildung im Folgejahr und Auftreten von Folgepathogenen im Kronenraum

Die Raupe des Kiefernspinners frißt grundsätzlich die ganze Nadel und bei Nahrungsverknappung auch die Nadelscheide. Anschließend werden die Maitriebe gefressen bzw. abgebissen. Auch Knospen und selbst die Rinde der Triebe werden bei Nahrungsbedarf gefressen. Allgemein gilt, daß der intensivste Fraß und damit auch die größte Nahrungsaufnahme nach der Überwinterung im Frühjahr erfolgt. Nach Beobachtungen im Gradationsgebiet kann jedoch bei extrem hohen Dichten bereits der Herbstfraß zur völligen Entnadelung führen.

Zur Beantwortung der Frage, ob und wie sich die geschädigten Bestände zukünftig entwickeln, sind verschiedene Einflußgrößen von Bedeutung.

Im allgemeinen ist kühles, feuchtes Wetter in der Folgeperiode nach dem Nadelfraß günstiger zu bewerten als heiße und trockene Witterungslagen. Betrachtet man das Jahr 1995 als derartige Folgeperiode, muß für Südbrandenburg konstatiert werden, daß sich das feuchte Frühjahr außerordentlich positiv auf das Wachstum der Kiefernbestände ausgewirkt hat.

Nach bereits vorliegenden Untersuchungsergebnissen aus den Jahren 1994 und 1995 zum Auftreten von Folgepathogenen tritt im Kronenraum der von Spinnerräupen befallenen Kiefern wenig Befall auf. An 18 verschieden stark befallenen Kronen, die mit Hilfe einer mobilen Hebebühne okular begutachtet wurden, traten lediglich in 2 Fällen der Pilz *Cenangium ferruginosum* FR. und in je einem Fall Harzgallenwickler (*Petrova resinella* L.) und starker Lausbefall auf. Der *Cenangium* - Befall wurde ausschließlich an bereits abgestorbenen Ästen festgestellt. Es ist bekannt, daß die Art überwiegend saprophytisch lebt und häufig an abgestorbenen Kiefern zu finden ist. Es kann eingeschätzt werden, daß ein nennenswertes Auftreten von Folgeschaderregern im Kronenraum der untersuchten Bäume nicht zu verzeichnen war und die gefundenen Arten nicht unmittelbar mit dem vorausgegangenen Fraß der Spinnerräupen in Verbindung gebracht werden können.

In früheren Arbeiten wird davon ausgegangen, daß bei Vorhandensein eines Teiles unversehrter Knospen und nur relativ geringer Nadelmassen die Hoffnung besteht, daß sich die Bestände erholen. Die Kiefer hat unter günstigen Bedingungen ein oftmals überraschend gutes Regenerationsvermögen.

Die speziell zu diesem Sachverhalt durchgeführten Untersuchungen aus den Jahren 1994 und 1995 lassen zwar erste Trends erkennen, sind aber noch nicht geeignet, endgültige Schlußfolgerungen zu ziehen. Hauptziel der Untersuchungen war es festzustellen, inwieweit die durch die Nadelmassereduzierung beeinflussten Kiefern sich im Folgejahr regenerieren würden. Dazu erfolgte in den Jahren 1994 und 1995 mit Hilfe einer mobilen Hebebühne die Begutachtung ausgewählter Kiefernkronen in einem vom Kiefernspinner stark befallenen Kiefernaltholzbestand. Nach entsprechend starkem Falteraufreten in der Flugsaison 1993 fand bereits im Herbst 1993 ein leichter Lichtungsfraß statt, der sich im Frühjahr/Sommer mit fortschreitender Raupenentwicklung verstärkte und zu einer erheblichen Reduzierung der Altnadelmasse führte. Auch die im Frühjahr 1994 gebildeten Maitriebe wurden befallen und in vielen Fällen völlig entnadelt.

Bei der Auswahl wurden außer einer Vergleichsvariante 2 Kategorien berücksichtigt. Es waren dies Bäume mit einer geschätzten Restnadelmasse unter 25 % (5 Bäume) und 25-50 % (13 Bäume). Die unterschiedliche Anzahl der Bäume wurde maßgeblich durch die teilweise eingeschränkte Befahrbarkeit der Bestände beeinflusst. An jedem Einzelbaum erfolgten die zweigweise Ermittlung der augenscheinlich vitalen Knospen, die Länge der 1994 gebildeten Triebe, die Entnahme von Proben für Analysen der Nadelinhaltsstoffe und die Erfassung vorhandener Pathogene. Zur Markierung der Zweige wurden nummerierte Plastikplättchen und Plastikbänder verwendet. Im Folgejahr 1995 wurden die Triebanzahl und die Länge der Triebe

be ermittelt, Proben für Nadelanalysen entnommen und wiederum die Besiedelung durch andere Pathogene/Saprophyten ermittelt.

Die beiden gewählten Kategorien weisen bereits bei der ersten Aufnahme im September eine unterschiedliche Knospenausstattung in dem Bereich der oberen 3 Astquirle auf. Die durchschnittliche Knospenzahl beläuft sich auf 48,6 bzw. 147,8, wobei auf die bei derartigen Erhebungen durchaus normale Streuung der Einzelwerte hinzuweisen ist. Es muß angenommen werden, daß der Spinnerfraß im Jahre 1994 bereits dazu geführt hat, daß die Knospen bei den am intensivsten befallenen Bäumen teilweise vernichtet wurden.

Wie in der Abbildung 2 ersichtlich, ergeben sich in der ersten Variante (< 25 % Restbenadelung) zwischen der jeweiligen Knospenzahl aus den Erhebungen im Jahr 1994 und der Triebzahl 1995 in 4 von 5 Fällen erhebliche Abweichungen. Nimmt man unter Vernachlässigung der Prüfung auf Normalverteilung einen Vergleich der Mittelwertdifferenzen mit dem t-Test vor, ergibt sich bei 4 Freiheitsgraden ein 95%iger Wahrscheinlichkeitsbereich von -9,16 bis 33,96. Bei einem t-Wert von 1,60 und der Wahrscheinlichkeit von 18,5 % wird die Nullhypothese angenommen und ein Unterschied nicht bestätigt. Nimmt man Baum-Nr. 1 aus der Betrachtung heraus und führt den t-Test durch, ergibt sich ein 95%iger Wahrscheinlichkeitsbereich von 4,25 bis 34,26. Der t-Wert beträgt 4,08 und die Wahrscheinlichkeit für die Annahme der Nullhypothese liegt bei lediglich 2,7 %. Die Unterschiede sind unter den genannten Prüfbedingungen signifikant. Die an Baum Nr. 1 vorhandene höhere Triebzahl im Vergleich zu den Knospenzahlen liegt in der Bildung von sogenannten „Nottrieben“ begründet. In früheren Arbeiten wird diesen Nottrieben eine hohe Bedeutung für den Erhalt des Baumwachstums beigemessen. Das Bestreben der Bäume, derartige Nottriebe zu bilden, war in den Befallsbeständen Brandenburgs vor allem 1995 zu beobachten. Es ist jedoch fraglich, daß die gebildeten Nottriebe, die aus den schlafenden Quirlnospen entstanden sind, unter den extrem heißen Witterungsbedingungen des Sommers 1995 lebensfähig geblieben sind.

Bei Kategorie 2 liegen die Verhältnisse anders. Von den 13 Bäumen ist bei 10 Bäumen ein vollständiger Austrieb der Knospen erkennbar (Abb. 3). Zusätzlich wurden von fast allen Bäumen Zusatztriebe gebildet, so daß insgesamt mehr Triebe vorhanden sind als Knospen im Vorjahr. Lediglich bei 3 Bäumen ist eine geringere Anzahl an Trieben im Vergleich zu den Knospenzahl vorhanden. Die Mittelwertdifferenzen sind nach Anwendung des t-Testes nicht signifikant (CI 95 %: -15,74 bis 12,67, t-Wert: 0,24, W: 81,7 %).

Vorbehaltlich des geringen Stichprobenumfangs und des eingeschränkten Aussagewertes des t-Testes läßt sich vorläufig die Schlußfolgerung ziehen, daß bei einer Restbenadelung von weniger als 25 % unter den beschriebenen Bedingungen im Frühjahr deutlich weniger Triebe gebildet werden, als die im Herbst vorhandene Knospenzahl erwarten läßt. Bei vorhandenen Restbenadelungen von über 25 % gelangten an den meisten Bäumen alle Knospen zur Entwicklung. Die physiologische Bedeutung der gebildeten „Nottriebe“ etwa im Sinne eines

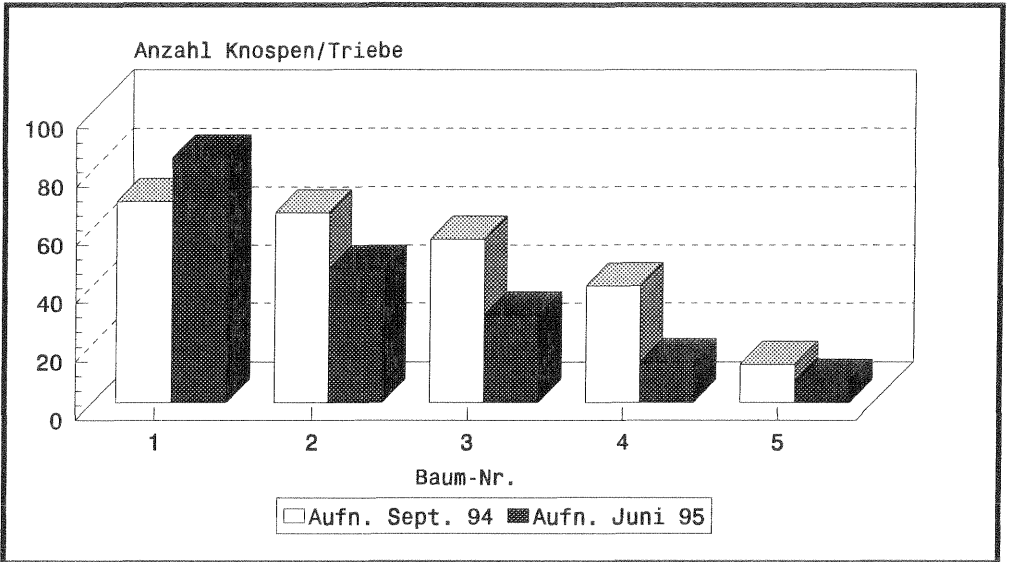


Abb. 2: Vergleich der Anzahl Knospen 1994 und Anzahl Triebe 1995 (Baumkategorie 1: Restbenadelung < 25 %)

Streßanzeigers muß hier vorerst unberücksichtigt werden. Sie weisen jedoch aus Sicht der Verfasser auf einen insgesamt gestörten Stoffwechsel hin.

Aus früheren Untersuchungen zur Schädwirkung des Spinnerraupefraßes ist bekannt, daß unter den vorn beschriebenen Bedingungen die sich im folgenden Frühjahr bildenden neuen Triebe kürzer und schwächer als gewöhnlich sind, da die zu ihrer völligen Ausbildung notwendigen Reservestoffe nicht ausreichen und die Unterstützung der assimilierenden Nadeln fehlt (SCHWERDTFEGGER 1949). Erst im Folgejahr kann bei unbeeinträchtigtem Wuchsverlauf wieder mit normalen Trieben gerechnet werden. Die bereits erläuterte Versuchsmethodik gestattete auch den Vergleich der TriebLängen im Jahre 1995 zwischen den beiden gewählten Entnadelungsvarianten unter Einbeziehung von 3 nicht befallenen Vergleichsbäumen.

Eindeutige Unterschiede, sowohl zwischen den beiden Varianten als auch zur Vergleichsvariante, sind nicht feststellbar. Da die Länge der sich im jeweiligen Jahr bildenden Triebe von den meteorologischen Bedingungen beeinflusst wird, wurde ein Vergleich mit den Vorjahrestrieben nicht angestellt.

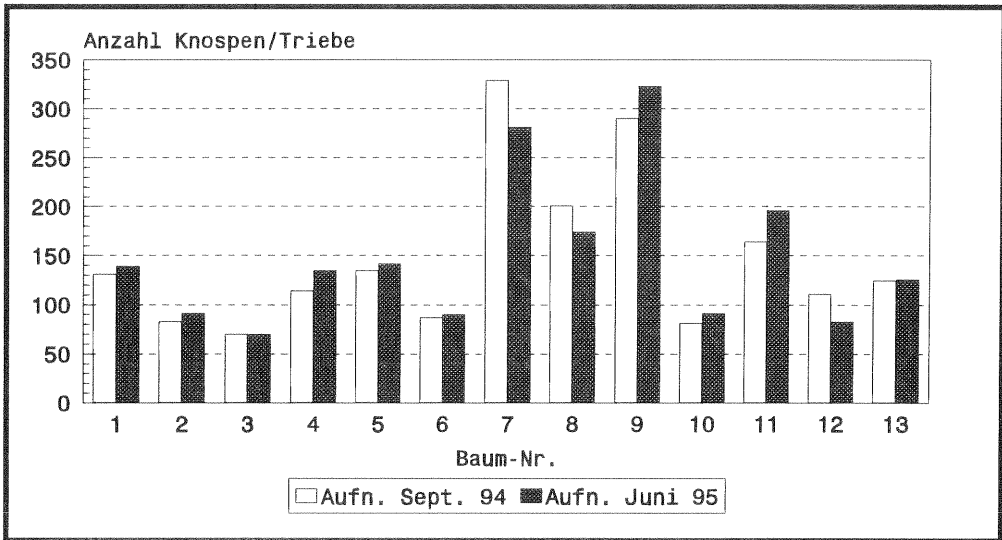


Abb. 3: Vergleich der Anzahl Knospen 1994 und Anzahl Triebe 1995 (Baumkategorie 2: Restbenadelung 25-50 %)

Untersuchungen zur Mortalität der von Kiefernspinnerraupe befallenen Kiefern

Wenn auch davon auszugehen ist, daß sich 1995 das feuchte Frühjahr außerordentlich positiv auf das Wachstum der Kiefernbestände ausgewirkt hat, so muß gleichfalls berücksichtigt werden, daß dieses günstige Moment für die Regeneration der Kiefernbestände durch die extremen Sommertemperaturen abgeschwächt wird. Es ist davon auszugehen, daß vor allem stammbrütende Insekten in ihrer Entwicklung stimuliert wurden. Dies wird jedoch erst in den Wintermonaten im vollen Ausmaß erkennbar. Besonders in den Monaten September und Oktober hat sich hierbei bereits auf einigen Flächen ein erheblicher Zugang gezeigt. In Einzelfällen lag der Ausfall bei 25-30 %. Der Befall durch Stammbrüter konzentriert sich nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand auf den unteren Stammbereich. Hauptschädlinge sind *Phaenops cyanea* F. und *Ips sexdentatus* BOERN.

Um detaillierte Angaben über den zeitlichen Verlauf des Befalls durch stammbrütende Insekten in Abhängigkeit des Entnadelungsgrades zu erhalten und die Struktur des verbleibenden Restbestandes zu dokumentieren, wurden in den Befallsgebieten zahlreiche Versuchsflächen ausgewählt und auf diesen wiederum Rasterflächen (2 x 5 Quadrate mit jeweils 10 m Kantenlänge) angelegt. Die innerhalb dieser Rasterflächen stehenden Stämme wurden eingemessen und lagegerecht auf einer Kartenskizze eingezeichnet. Mit dem PC-Programm "Geomap",

einer Benutzeroberfläche von "Autocad", konnten maßstabsgefähte Lagepläne der Versuchsfächen gezeichnet werden.

Von jedem lebenden Stamm wurde die soziologische Stellung und die Restbenadelung als Schätzwert ermittelt. Weiterhin erfolgte die Erfassung des Vorkommens von holz- und rindenbrütenden Insekten sowie okular feststellbaren pathogenen Pilzen (Wurzelschwamm, Kienzopf, Hallimasch) an den in den Jahren 1994 und 1995 abgestorbenen Bäumen.

Aus der Anzahl der Versuchsfächen wurde die Abteilung 19 im Revier Ullersdorf des Aff Müllrose ausgewählt, um erste Ergebnisse der Schadensbonituren aufzuzeigen. Hier fand im Herbst 1994 z.T. sehr starker Raupenfraß statt. Die in Tabelle 2 genannten Rasterfächen 1 bis 3 weisen eine entsprechend differenzierte Durchschnittsrestbenadelung auf. Es wird ersichtlich, daß bis zum Zeitpunkt der Aufnahme im Oktober 1995 in der Rasterfäche 1 ein Abgang von 22,5 und in Fläche 2 ein Ausfall von 9,0 % auftrat.

Tab. 2: Baummortalitäten nach Kiefernspinnerfraß (durchschnittliche Restbenadelung) am Beispiel der Versuchsfäche Ullersdorf Abt. 19 (Zwischenergebnis November 1995)

Raster- fäche	Gesamtzahl Bäume	durch- schnittliche Rest- benadelung	Anteil abgestorbener Bäume							
			20.10.1994		25.06.1995		04.10.1995		Summe 25.06. und 04.10.95	
Nr.	Stk.	%	absol.	%	absol.	%	absol.	%	absol.	%
1	89	19,8	1	1,1	6	6,7	14	15,7	21	22,5
2	100	35,5	1	1,0	0	0	9	9,0	9	9,0
3	98	89,1	0	0	0	0	0	0	0	0

Geht man von der Betrachtung der Durchschnittswerte ab und vergleicht die Ausfälle an Bäumen in den einzelnen Entnadelungsklassen (Tab. 3), so wird deutlich, daß in den Rasterfächen 1 und 2 fast alle Bäume, die keine Restbenadelung aufwiesen bis Oktober 1995 abgestorben waren. In der Restbenadelungsklasse 1 - 20 % belief sich der Ausfall auf 24,6 bzw. 17,4 %. Bemerkenswert ist die Mortalität von 4 weiteren Bäumen in dem Entnadelungsklassenbereich von über 20 % in der Rasterfäche 2.

Tab. 3: Baummortalitäten nach Kiefernspinnerfraß (Entnadelungsklassen) am Beispiel der Versuchfläche Ullersdorf Abt. 19 (Zwischenergebnis November 1995)

Restbenadelung %-Klassen-	Rasterfläche 1			Rasterfläche 2		
	Anzahl Bäume	Abgang bis 04.10.95		Anzahl Bäume	Abgang bis 04.10.95	
		Stk.	absolut		%	Stk.
0	7	6	85,7	1	1	100
1 - 20	57	14	24,6	23	4	17,4
21 - 40	18	0	0	53	3	5,7
> 40	7	0	0	23	1	4,3

Da besonders in den folgenden Jahren weitere Abgänge erwartet werden, ist beabsichtigt, die Erhebungen auch 1996 und 1997 fortzuführen.

Literatur

SCHWERTFEGGER, F. (1949): Kampf dem Kiefernspinner, Neumann Verlag Radebeul und Berlin, 40 S.

Katrin Möller, Curt Majunke

Forstliche Forschungsanstalt Eberswalde e.V., Abt. Waldschutz

Vorläufige Ergebnisse zum Einfluß von Bekämpfungsmaßnahmen gegen Kiefernspinner und Nonne auf waldbewohnende Arthropoden

1. Einleitung

Viele Untersuchungen behandeln die Toxizität von Pflanzenschutzmitteln (PSM) für ausgewählte Tierarten und Populationen unter Laborbedingungen. Diese Forschungsarbeiten sind für die Beurteilung subletaler und letaler Dosen von Umweltchemikalien erforderlich. Gering ist aber die Aussagekraft solcher Laboruntersuchungen zur Wirkung der Pflanzenschutzmittel auf Ökosysteme.

1994 wurde deshalb durch die Abteilung Waldschutz der Forstlichen Forschungsanstalt Eberswalde e.V. mit den faunistischen Untersuchungen begonnen, die den Pflanzenschutzmitteleinsatz im Forst begleiteten. Ziel waren Aussagen zur Wirkung der in diesem Fall verwendeten Mittel Foray, Dimilin und Fastac Forst auf die Arthropodenfauna betroffener Kiefernökosysteme.

2. Methode

Im Bereich des Amtes für Forstwirtschaft Doberlug-Kirchhain in Südbrandenburg wurden 1993 umfangreiche Bekämpfungsmaßnahmen gegen Nonne, *Lymantria monacha*, und Kiefernspinner, *Dendrolimus pini*, durchgeführt. Für die faunistischen Begleituntersuchungen wurden 65 - 100jährige Kiefern-Drahtschmielen-Forste in der Oberförsterei Hohenbucko ausgewählt, die für die Applikation von Foray bzw. Dimilin vorgesehen waren. Zusätzlich wurde eine bereits Mitte April mit Fastac Forst behandelte Fläche einbezogen. Als Kontrolle diente ein Kiefernbestand außerhalb des Bekämpfungsgebietes. Tab. 1 gibt einen Überblick über die Lage und Größe der Versuchsbestände mit Art, Applikationsform und -zeit der Pflanzenschutzmittel.

Die Versuchsanlage für die faunistischen Untersuchungen wurde möglichst zentral in die ausgewählten Flächen gelegt, um Randeffekte gering zu halten. Es konnte ein Mindestabstand von ca. 100 m zur Versuchsflächengrenze gewährleistet werden.

Tab. 1: Überblick über Lage und Größe der Versuchsbestände mit Art, Applikationsform und -zeit der Pflanzenschutzmittel

Revier, Abteilung (behandelte Fläche)	Anwendungsbereich (Populationsdichte)	Behandlung	Mittelaufwandmenge (Applikation)	Datum der Applikation
Hohenbucko, 3031 (26 ha)	Nonne (180 Rau- pen/Krone)	Foray 48 B	4 l/ha (aviotechnisch)	31.05.95
Hohenbucko, 3030 (ca. 20 ha)	Nonne (110 Rau- pen/Krone)	Dimilin 25 WP	300 g/ha (aviotechnisch)	31.05.95
Weidmannsruh, 7112 (ca. 20 ha)	Kiefernspinner (612 Rau- pen/Krone)	Fastac Forst	750 g/ha (aviotechnisch)	19.-23.04.95
Hohenbucko, 3042		Kontrolle		

In der folgenden Übersicht sind die auf jeder Versuchsfläche durchgeführten Fangmethoden in den verschiedenen Straten beschrieben.

Je Untersuchungsfläche und Untersuchungszeitpunkt wurden folgende Methoden angewandt:

- Krone: - Behandlung einer repräsentativen Baumkrone mit Fastac Forst (Schwedenleiter, rückentragbares Motorsprüngerät)
- Absammeln der unter der Krone ausgelegten Plane nach ca. 3 h bzw. nach 4 d
- Krautschicht: - Kescherfänge, 100 m - Linie
- 1 x vormittags, 1 x nachmittags, ca. 3 h Abstand
- Boden: - 2 Felder (10 x 10 m) mit je 8 BARBER-Fallen über 4 d
- Fangflüssigkeit: Wasser mit neutralem Entspannungsmittel

Die gefangenen Arthropoden wurden in 70prozentigem Ethanol mit wenig Glycerin konserviert. Sortiert wurde nach Ordnung und ein Teil des Materials nach Familien.

Die Flächen wurden 1 Woche vor Applikation der Pflanzenschutzmittel im Mai (außer der zu diesem Zeitpunkt bereits behandelten Fastac-Fläche) und im Juni bzw. September nach dem Pflanzenschutzmitteleinsatz beprobt. Die Kronenbeprobung erfolgte im Mai und Juni.

3. Ergebnisse und Diskussion

Der Ergebnisdarstellung und Diskussion soll vorangestellt werden, daß sich die Autoren bewußt sind, daß so komplexe Untersuchungsobjekte, wie es Waldökosysteme sind, mit den hier verwendeten Methoden und Untersuchungszeiträumen nur sehr unvollständig qualitativ und quantitativ charakterisiert werden können. Die hier vorzustellenden Ergebnisse sollten deshalb als weiter zu untersuchende Hypothesen angesehen werden.

Abb. 1 zeigt die Gesamtzahl aller gefangenen Individuen pro Fläche und Untersuchungszeitpunkt. Um die Flächen direkt vergleichen zu können, wurde unterstellt, daß das jahreszeitlich abhängige Auftreten der Faunenelemente auf der Kontrollfläche auf die mit PSM behandelten Flächen übertragbar ist. Die jeweils auf der Kontrollfläche ermittelte Individuenzahl wurde gleich 100 % gesetzt und die Gesamtzahlen der anderen Flächen wurden entsprechend prozentual gegenübergestellt (Abb. 2).

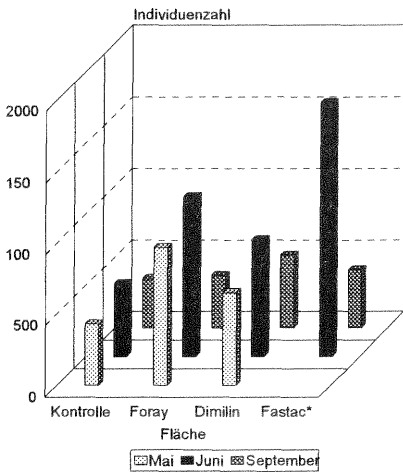


Abb. 1: Gesamtzahl aller gefangenen Individuen (ohne Apterygota) vor Applikation der PSM im Mai (*außer Fastac) und nach Applikation im Juni und September

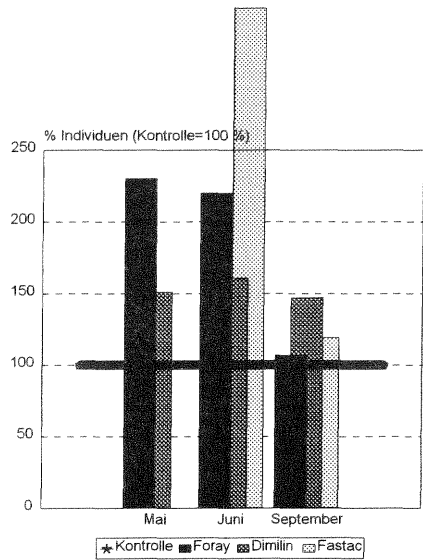


Abb. 2: Prozentuale Darstellung der Gesamtzahl aller gefangenen Individuen (ohne Apterygota) vor Applikation der PSM im Mai (*außer Fastac) und nach Applikation im Juni und September bezogen auf die Kontrolle (=100 %)

Auffallend ist, daß auf der mit Dimilin behandelten Fläche über den Untersuchungszeitraum hinweg ca. 150 % der Gesamt-Individuenzahl der Kontrolle ermittelt wurde. Auf der Foray-

Fläche nimmt die Zahl der Tiere über den Juni zum September hin ab, bleibt aber immer über den Kontrollzahlen. Schwierig bewertbar ist die Fastac-Fläche, wo der Ausgangswert aufgrund der frühzeitigen Fastac-Applikation fehlt und den hohen Juni-Fangzahlen niedrige, aber noch ca. 100 % der Kontrolle entsprechende Zahlen im September gegenüberstehen.

Ein ähnliches Bild gibt die Betrachtung der mit den Bodenfallen gewonnenen Tierzahlen. Allerdings liegen im September die Individuenzahlen auf den mit Dimilin und Foray behandelten Flächen unter den Kontrollzahlen (Abb. 3 und Abb. 4). Eine Einbeziehung der Urinsekten (Apterygota) verändert das Bild nicht.

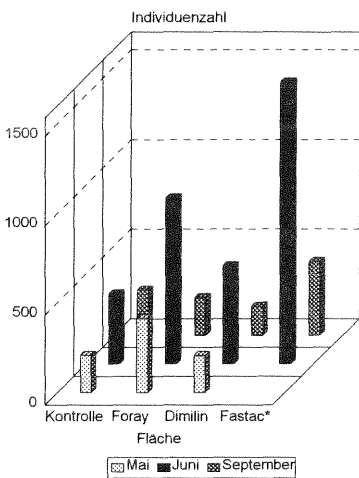


Abb. 3: Gesamtzahl aller in den BARBER-Fallen registrierten Individuen (ohne Apterygota) vor Applikation der PSM im Mai (*außer Fastac) und nach Applikation im Juni und September

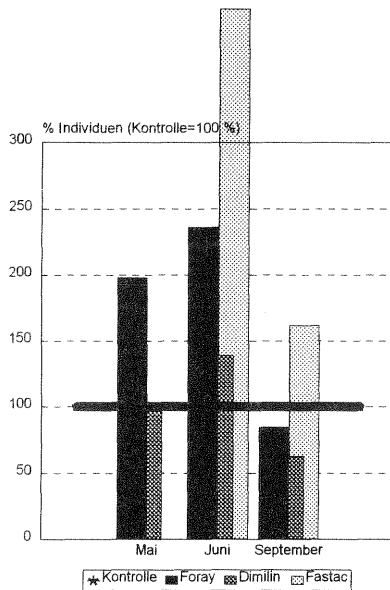


Abb. 4: Prozentuale Darstellung der Gesamtzahl aller in den BARBER-Fallen registrierten Individuen (ohne Apterygota) vor Applikation der PSM im Mai (*außer Fastac) und nach Applikation im Juni und September bezogen auf die Kontrolle (=100 %)

Abb. 5 und Abb. 6 zeigen die Gesamtindividuenzahlen, die in der Krautschicht bzw. in den Kronen ermittelt wurden. In der Krautschicht läßt sich für Juni keine Beeinflussung der Fauna vermuten, im September hingegen tendentiell für die Dimilin-Fläche. Für die Fastac-Fläche liegen keine September-Werte vor. Die Darstellungen deuten an, daß die Beeinflussung vom Kronenraum über die Krautschicht hin zum Boden deutlich abnimmt. Das stimmt auch mit

Messungen zur Verteilung luftapplizierter PSM in Forsten überein, wonach nur eine geringe Prozentzahl der Aufwandmenge des PSM in Bodenproben nachweisbar ist.

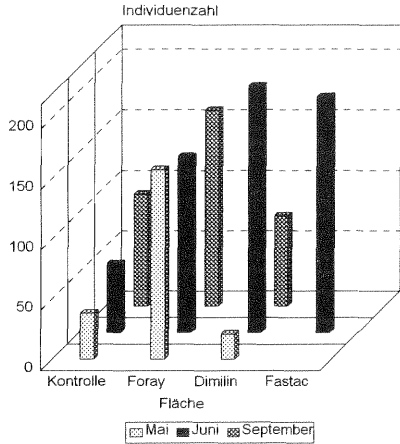


Abb. 5: Darstellung der Gesamtzahl aller in der Krautschicht gefangenen Individuen vor Applikation der PSM im Mai (außer Fastac) und nach Applikation im Juni und September

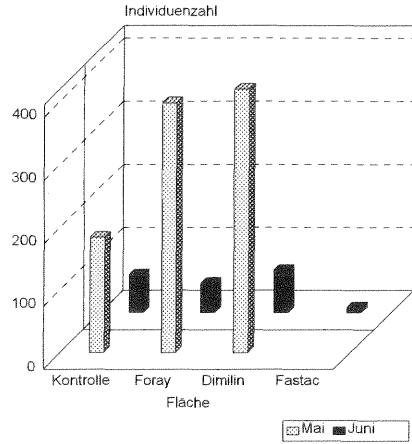


Abb. 6: Darstellung der Gesamtzahl aller in der Krone registrierten Individuen vor Applikation der PSM im Mai (außer Fastac) und nach Applikation im Juni und September (außer Fastac)

Interessant ist die Frage, ob die Erfassungen neben quantitativen Veränderungen auch Rückschlüsse auf Veränderungen der Faunenzusammensetzung zulassen. Die geringen Individuenzahlen in Krautschicht und Krone lassen Vergleiche der Individuenzahlen der einzelnen Ordnungen nicht sinnvoll erscheinen. Abb. 7, 8 und 9 zeigen für die Bodenfallen die Individuenzahlen der einzelnen Insektenordnungen und Arachniden im Mai, Juni und September. In allen drei Untersuchungszeiträumen sind die Häufigkeiten innerhalb der Untersuchungsflächen augenscheinlich sehr ähnlich verteilt. Bemerkenswert ist, daß auf allen mit PSM behandelten Flächen im September Urinsekten (Apterygota, mit einem hohen Anteil Collembolen) in höherer Individuenzahl registriert wurden als auf den Vergleichsflächen. Die hohen Apterygota-Zahlen erschweren die Bewertung der Diagramme hinsichtlich einer Veränderung der Faunenzusammensetzung.

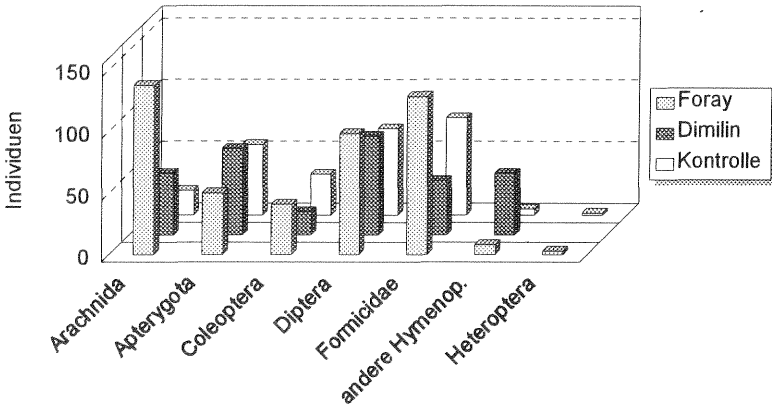


Abb. 7: Individuenzahlen einzelner Arthropodengruppen der Bodenfänge jeder Fläche im Mai vor Applikation der PSM

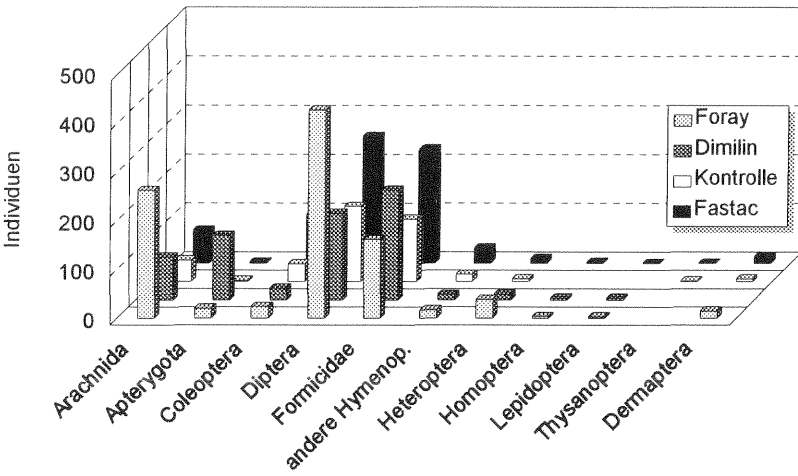


Abb. 8: Individuenzahlen einzelner Arthropodengruppen der Bodenfänge jeder Fläche im Juni nach Applikation der PSM

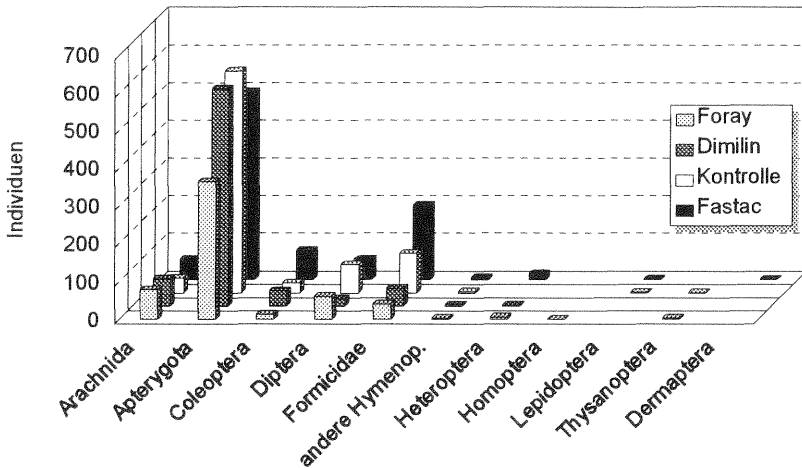


Abb. 9: Individuenzahlen einzelner Arthropodengruppen der Bodenfänge jeder Fläche im September nach Applikation der PSM

Abb. 10 zeigt, daß sich zumindest die Häufigkeit der Individuen ausgewählter Ordnungen auf den mit Dimilin und Fastac behandelten Flächen zum September hin wandelt. Dabei ist vor allem die Abnahme des Anteils Dipteren an der Gesamtheit der Fänge sichtbar. Die Bewertung der Fastac-Fläche unterliegt wegen der fehlenden Mai-Werte Einschränkungen. Auf die Wertung auf Familien- oder Artenebene muß wegen der geringen Individuenzahlen bisher weitgehend verzichtet werden. Abb. 11 dokumentiert das Auftreten wichtiger Coleopterenfamilien während des Versuchs.

Zusammenfassend kann eingeschätzt werden, daß durch den Einsatz luftapplizierter PSM ein sofortiger akuter Einfluß auf die Arthropodenfauna mit den angewandten Methoden nicht nachweisbar ist. Bedingt durch die mehr oder weniger hohe Persistenz der Mittel, die unterschiedlich ausgeprägte Breitenwirkung und lange Entwicklungszeiträume der Nicht-Ziel-Organismen scheint erst mehrere Monate nach Einsatz von insbesondere Dimilin und Fastac eine Veränderung der Faunenstruktur einzutreten. Dabei ist vermutlich am stärksten die Krone betroffen; die Auswirkungen in der Krautschicht und am Boden scheinen geringer zu sein. Für Foray, dem Mittel mit der geringsten Breiten- und Dauerwirkung, trifft diese Vermutung nur in sehr geringem Ausmaß zu.

Weiterhin muß einschränkend darauf hingewiesen werden, daß z. B. DOROW und Coautoren (1992) davon ausgehen, daß eine Bewertung der Fauna eines Waldökosystems erst mit umfangreichen, mindestens 4jährigen Untersuchungen möglich ist. Beim Vergleich von zwar augenscheinlich sehr ähnlichen Kiefernbeständen sind vielerlei Faktoren, die die Faunenstruktur beeinflussen, kaum zu vereinheitlichen: z. B. die Besonnung, die Ausprägung der Krautschicht über die ganze Vegetationsperiode, die Möglichkeiten der Einwanderung aus Nach-

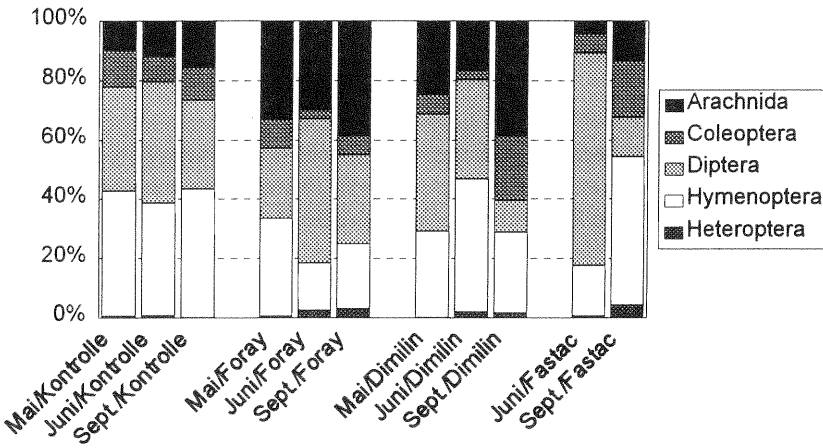


Abb. 10: Prozentuale Anteile ausgewählter Gruppen an den Gesamtindividuenzahlen für die einzelnen Untersuchungszeiträume und -flächen

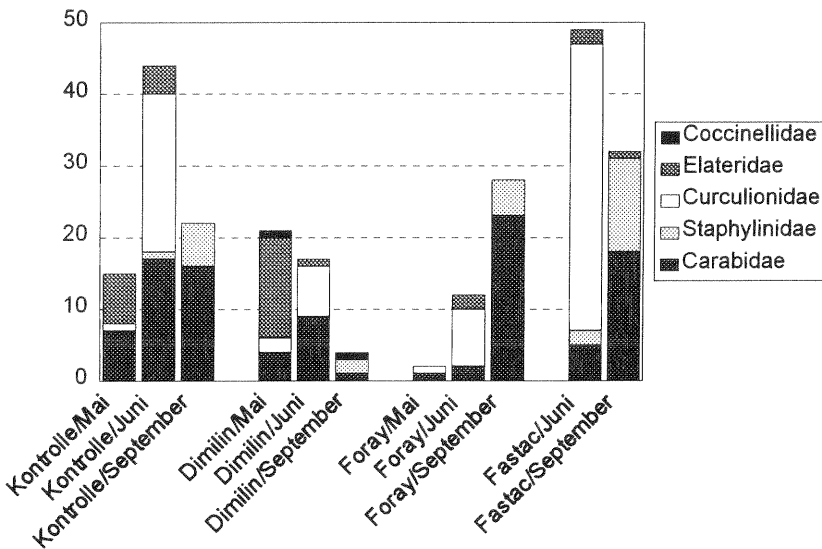


Abb. 11: Verteilung der Individuenzahlen der häufigsten Coleopteren-Familien (BARBER-Fallen über den Untersuchungszeitraum für alle Flächen

barbeständen, Totholzanteile. Hier sind auch die Ursachen für die relativ niedrigen Individuenzahlen der Kontrollflächen zu suchen.

Eine exakte Auswertung erfordert außerdem die Zuordnung der Lebenszyklen aller registrierten Arten zu auftretenden Veränderungen im Vorkommen und dem Applikationszeitpunkt der PSM. Langzeitwirkungen der PSM, die z.B. Veränderungen der Reproduktionsrate bewirken, können erst mit Untersuchungen in den Folgejahren erfaßt werden. Das trifft insbesondere für Arten zu, die zum Bekämpfungszeitpunkt ihre Imaginalentwicklung bereits abgeschlossen haben oder deren Larven eine mehrjährige Entwicklung durchlaufen.

Eine mathematisch-statistische Auswertung mit dem Ziel der Bestimmung ökologischer Größen wie Siedlungsdichte, Evenness und Diversität scheint mit den vorliegenden Daten nicht sinnvoll. Diese Größen könnten als Indikator für die Wirkung von Umweltchemikalien dienen (CONRADY 1986).

Literatur

- DOROW, W. H. O.; FLECHTNER, G; KOPELKE, J.-P. (1992): Naturwaldreservate in Hessen, 3: Zoologische Untersuchungen, Konzept. Mittlg. der Hessischen Landesforstverwaltung, Bd. 26.
- CONRADY, D. (1986): Ökologische Untersuchungen über die Wirkung von Umweltchemikalien auf die Tiergemeinschaft eines Grünlandes. *Pedobiologia* 29, 273-284.

Christine Schaaf und Heidrun Vogt

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

Nebenwirkungen von Dimilin bei Bekämpfungsmaßnahmen gegen den Schwammspinner, *Lymantria dispar* L.

In zwei Befallsgebieten des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.), in denen im Jahr 1994 Dimilin 25 WP (a.i. 250 g/kg Diflubenzuron) zum Einsatz kam, wurden Auswirkungen dieser Behandlung auf Nichtzielorganismen untersucht. Versuchsflächen waren ein Eichen-Buchen-Mischwald im Kraichgau (Baden-Württemberg) sowie der Lampertheimer Stadtwald (Eichen-Kiefern-Buchen-Mischwald) in der Hessischen Rhein-Main-Ebene. Die Behandlung mit Dimilin erfolgte in der ersten Maiwoche mit dem Hubschrauber mit einer Aufwandmenge von 200 g/ha (Kraichgau) bzw. mit 150 g/ha (Lampertheimer Stadtwald). Die Wasseraufwandmenge betrug jeweils 50 l/ha.

Ein Biotest mit Larven der Florfliege, *Chrysoperla carnea* Steph., diente der Erfassung der Kontaktwirkung und Persistenz von Dimilin. Hierbei wurden jeweils L₁-Larven einzeln auf Buchenblätter exponiert, die einmal monatlich aus dem Dimilingebiet im Kraichgau bzw. im Vergleich hierzu aus einer angrenzenden unbehandelten Fläche entnommen wurden. Zur Fragestellung, ob eine Beeinflussung von Bodenorganismen, insbesondere von Collembolen, über einen längeren Zeitraum stattfindet, wurden im Lampertheimer Wald 5 Monate nach der Dimilinapplikation in einer unbehandelten und einer behandelten Fläche jeweils 10 Bodenproben entnommen.

Die Auswirkungen von Dimilin als Kontaktgift waren in den Biotests anhand der auftretenden Häutungsschäden bei den *C. carnea*-Larven deutlich zu belegen. Die meisten Tiere starben bereits im Larvenstadium. Anderen, die die Larvalhäutungen vollziehen konnten, gelang es nicht, einen Kokon für die Verpuppung zu bilden und ihre Metamorphose zum Adulttier zu vollenden. Die Mortalität der auf den Blättern aus dem Dimilingebiet aufgezogenen Larven war immer höher als die der Kontrolltiere. Beim ersten Versuchsansatz (39 Tage nach der Applikation von Dimilin) ergab sich ein Wirkungsgrad (nach ABBOTT) von 61,5 %, beim zweiten (67 Tage nach der Spritzung) betrug dieser 10,4 % und beim dritten Biotest (103 Tage nach der Behandlung) waren es 32,7 %. Im letzten Test (132 Tage nach der Applikation des Insektizids) waren mit einer Mortalität von 8 % in der Dimilinvariante im Vergleich zu 2 % in der Kontrolle nur noch geringe Auswirkungen festzustellen. Eine Beeinträchtigung der Reproduktion (Fekundität und Fertilität) bei den aus den Biotests erhaltenen Adulttieren wurde nicht festgestellt (SCHAAF & VOGT 1995).

Bei der Untersuchung der Bodenproben stellte sich heraus, daß die Anzahl der Collembolen in der behandelten Fläche im Vergleich zur unbehandelten etwa um das 3fache niedriger war. Die pro m² hochgerechnete Individuendichte betrug 13.600 im Vergleich zu 40.200. Auffällig

war eine deutliche Verschiebung im Artenspektrum. Die Gattung *Lepidocyrtus* wurde in der mit Dimilin behandelten Fläche überhaupt nicht gefunden, während sie dagegen in der unbehandelten in allen Proben vertreten war und somit zu den eukonstanten Arten zählte. Die Individuendichte der Gattung *Isotoma* (v.a. *I. notabilis*) war in der Dimilinfläche um das 6,5-fache, die von *Mesophorura* (*M. krausbaueri*) sowie *Friesea* (*F. mirabilis*) um mehr als die Hälfte geringer als in der Kontrollfläche. Auch bei weniger dominanten Gattungen wie *Xenylla*, *Onychiurus*, *Entomobrya* sowie bei der Familie der Dicyrtomidae traten entsprechende Unterschiede auf. Insgesamt betrachtet, waren Gattungen, die vor allem die oberen Bodenschichten besiedeln, wie *Lepidocyrtus* und *Isotoma*, am stärksten betroffen. Dies steht im Einklang damit, daß der Hauptanteil von Diflubenzuronrückständen in den obersten 2,5 cm des Bodens zu finden ist (SUNDARAM & NOTT 1989). Die Besiedlungsdichte der Milben dagegen war auf der Dimilinfläche höher als auf der unbehandelten Fläche. Dies war bei den prostigmaten Milben mit einer vierfachen Erhöhung am deutlichsten ausgeprägt, während bei Oribatida und Mesostigmata in der mit Dimilin behandelten Fläche jeweils eine etwa doppelt so hohe Anzahl wie in der Kontrollfläche zu verzeichnen war (SCHAAF & VOGT, 1996).

Die hier vorgestellten Untersuchungen belegen, daß Dimilin Insekten, insbesondere deren Larvenstadien, über einen langen Zeitraum allein durch Kontaktwirkung schädigen kann. Außerdem sind phytophage Nichtzielorganismen durch die orale Aufnahme des Wirkstoffes noch weitaus stärker gefährdet. Die Auswirkungen auf die Collembolenfauna waren noch 5 Monate nach der Applikation von Dimilin beträchtlich. Die Milben, die im Gegensatz zu den Collembolen im Imaginalstadium keine Häutungen mehr durchführen, erwiesen sich als unempfindlich gegenüber Dimilin und konnten in der behandelten Fläche vermutlich aufgrund der geringeren interspezifischen Konkurrenz mit den Collembolen höhere Populationsdichten aufbauen als in der unbehandelten. Um die artenreichen Lebensgemeinschaft des Waldes möglichst wenig zu gefährden, sollte bei erforderlichen Maßnahmen gegen den Schwammspinner der biologischen Bekämpfung mit *Bacillus thuringiensis kurstaki* und, sofern verfügbar, mit dem hochspezifischen Schwammspinner-Kernpolyedervirus (LdNPV) der Vorzug gegeben werden.

Literatur

- SCHAAF, CHR. & H. VOGT (1995): Untersuchungen in Gradationsgebieten des Schwammspinners *Lymantria dispar* L. unter Berücksichtigung verschiedener Bekämpfungsmaßnahmen. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. **10**, 123 - 128.
- SCHAAF, CHR. & H. VOGT (1996): Untersuchungen in Gradationsgebieten des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) - Auswirkungen einer Dimilinapplikation auf die Bodenmesofauna (Collembolen und Milben) im Lampertheimer Wald. Forschungsbericht der Hess. Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie **21**: 324 - 330.
- SUNDARAM, K.M.S., R. NOTT (1989): Mobility of diflubenzuron in two types of forest soil. J. Environ. Sci. Health, B **24** (1): 65 - 86.

Andrea Ruf¹ und Jörg Römbke²

¹Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe, ²ECT Flörsheim

Erste Ergebnisse einer Untersuchung zur Wirkung von Dimilin und *B.t.k.* auf Bodenfauna und Streuabbau

Bei der Anwendung von Insektiziden gegen Schadorganismen im Freiland ist immer das gesamte Ökosystem mehr oder weniger stark betroffen. Im Hinblick auf die Nachhaltigkeit dieser Behandlungsmethoden sind unerwünschte Nebenwirkungen mit zu berücksichtigen. In einem Waldgebiet in der Nähe von Karlsruhe wurden Dimilin (Wirkstoff Diflubenzuron) und Dipel (Wirkstoff *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*) in praxisüblicher Weise zur Bekämpfung des Schwammspinners eingesetzt. In einem Forschungsprojekt, das vom Ministerium für ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg finanziert wurde, sollten die Auswirkungen dieser Applikation auf Nicht-Ziel-Organismen in der Streu und im Mineralboden erfaßt werden. Die Bodenfauna nimmt über ihre Leistung im Streuabbau an der Schnittstelle zwischen Mikroorganismen und Primärproduzenten eine Schlüsselposition in terrestrischen Ökosystemen ein. Die Beurteilung der Wirkung der beiden Insektizide auf diese wichtige Tiergruppe stützte sich auf zwei Argumentationsstränge. Zum einen sollte die Leistungsfähigkeit der Bodenzönose abgeschätzt werden, wozu die bei den vorliegenden Bodenverhältnissen vorherrschenden Regenwürmer und die streubewohnenden Makro-Arthropoden untersucht wurden. Zum anderen sollte die strukturelle Intaktheit des Ökosystems erfaßt werden, wobei die arten- und individuenreichen Taxa der Bodenmesofauna (Enchytraeiden, Milben, Collembolen) im Mittelpunkt des Interesses standen. Die hier vorgestellte Studie ist nur als Voruntersuchung zu einem länger angelegten Forschungsvorhaben zu sehen (Langzeitprogramm). Daher sollten die Befunde nur als erste Ergebnisse mit vorläufigem Charakter betrachtet werden. Die Mängel in der Versuchsanlage, die sich hier deutlich zeigen, wurden in der 1994 begonnenen Langzeituntersuchung so weit es ging behoben.

1. Probeflächen

Die beprobten Flächen liegen im Hardtwald in der Rheinebene in der Nähe von Bruchsal bei Karlsruhe (Forstbezirk Bruchsal-West, Distrikt Untere Lußhardt). Es wurden 3 Bestände untersucht: einer blieb als Kontrolle unbehandelt, ein weiterer wurde mit *B.t.k.* behandelt und ein dritter mit Dimilin. Die Kontrollfläche und die *B.t.k.*-Fläche sind eng benachbart mit ca. 300 m Abstand zwischen ihnen, die Dimilin-Fläche liegt etwa 2 km davon entfernt (Abb. 1). Alle Bestände sind Mischwälder, in denen Stieleiche, Hainbuche und Rotbuche dominieren. Auf der Kontrollfläche überwiegt etwas die Eiche, auf der *B.t.k.*-Fläche die Hainbuche und

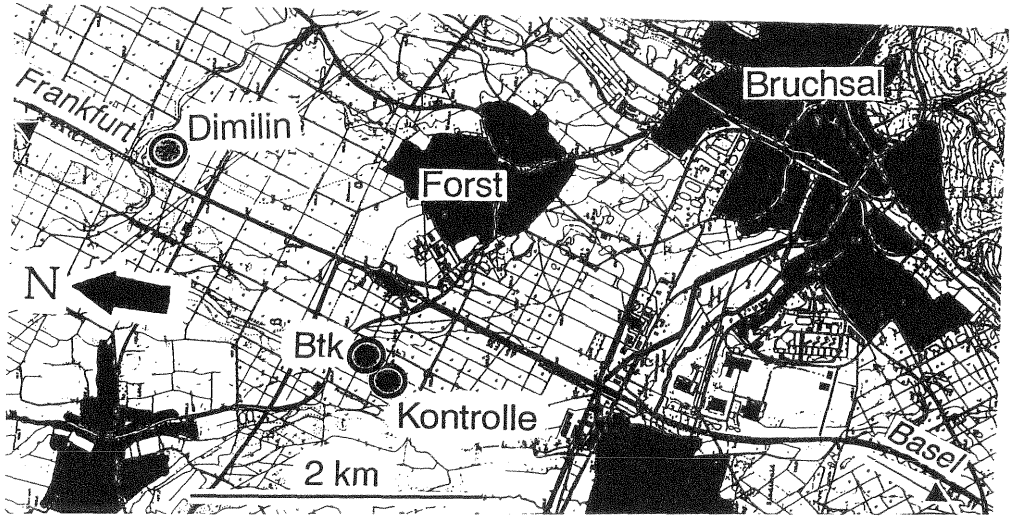


Abb. 1: Lage der untersuchten Flächen im Forstbezirk Bruchsal-West.

die Dimilin-Fläche ist durch einen höheren Anteil von Rotbuchen ausgezeichnet. Die im Winter 1993/94 ermittelte Dichte der Eigelege des Schwammspinners war so hoch, daß in der Vegetationsperiode 1994 mit Kahlfraß zu rechnen war. Eine starke Schädigung der Bestände konnte durch den Einsatz der Insektizide verhindert werden. Allerdings kam es auch auf der Kontrollfläche nicht zur vollständigen Entlaubung der Bäume. Dimilin 25 WP (Wirkstoff 25 % Diflubenzuron) und Dipel ES (Wirkstoff 33,2 g/l *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* = 14 B IU/l) wurden mit einem Hubschrauber in 40 l Wasser/ha aufgebracht. Die Dosierungen betragen 200 g Dimilin/ha bzw. zweimal 2 l Dipel/ha in zweiwöchentlichem Abstand. Die Befliegungen fanden Anfang Mai 1994 statt.

2. Methoden

Um Änderungen von Populationsdichten der einzelnen Taxa im Jahresverlauf beschreiben zu können, wurde die Bodenfauna einmal vor Beginn der Behandlungen, sowie nach den Behandlungen Ende Mai, Ende August, Ende November und Ende Februar untersucht. Wir haben drei Sammelmethode angewandt: Austreiben der Regenwürmer durch Elektrofang (Oktettmethode nach THIELEMANN 1986), Aufsammeln der organischen Auflage des Bodens innerhalb eines quadratischen Stechrahmens und Ausstechen von Bodenkerne in den Mineralboden hinein. Pro Probennahmetermin und Fläche wurden 2 Streuproben á 1/16 m², 4 Bodenkerne mit einer Oberfläche von 1/300 m² (für die Trockenextraktion) und 2 Bodenkerne

mit einer Oberfläche von $1/400 \text{ m}^2$ (für die Naßextraktion) entnommen und zweimal auf $1/8 \text{ m}^2$ die Regenwürmer ausgetrieben. Insgesamt liegen also von jeder Fläche 10 Streuproben und Elektrofäng-Daten und 20 bzw. 10 Bodenkerne vor. An jedem Probennahmetermin wurde auf jeder Fläche ein Temperaturprofil im Boden gemessen.

Aus den Streuproben wurde im Labor noch am gleichen Tag die Makrofauna ausgelesen. Danach wurde das Material auf einer Berlese-Apparatur extrahiert. Die großen Bodenkerne wurden ebenfalls auf diese Weise behandelt, während die kleinen Bodenkerne einem Naßextraktionsverfahren unterzogen wurden (RÖMBKE 1995). Aus den Bodenkernen und der getrockneten Streu wurde die Menge der organischen Auflage, der Gehalt an organischem Material, der pH-Wert und der Wassergehalt bestimmt.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1. Unterschiede zwischen den Flächen vor der Behandlung bzw. allgemeiner Art

Obwohl die drei Flächen relativ dicht benachbart im gleichen Waldgebiet liegen, zeigten sich Unterschiede in der Besiedlung durch einige Taxa der Bodenfauna. Auf der mit Dimilin behandelten Fläche war die Siedlungsdichte der Regenwürmer hoch. Die Oribatidenarten wiesen die Dimilin-Fläche und die Kontrolle als sehr ähnlich aus, die *B.t.k.*-Fläche wich von beiden ab (Abb. 2). Auf der *B.t.k.*-Fläche kamen einige Raubmilbenarten häufiger vor, die stagnierende Abbauprozesse charakterisieren. Die Unterschiede in der Milbenfauna wurden durch unsere Temperatur- und Bodenfeuchtemessungen unterstützt. Die *B.t.k.*-Fläche war im Mittel etwas wärmer und trockener. Die Besiedlung mit Collembolen zeigte die größten Unterschiede zwischen der Dimilin-Fläche und den anderen beiden. Die dominierende Gattung in der Familie der Isotomiden war auf der Dimilin-Fläche *Isotomiella*, auf den anderen *Folsomia* (Abb. 3). Diese Unterschiede zwischen den Flächen schon vor der Behandlung machen eine Interpretation der Unterschiede nach einer Behandlung schwierig.

3.2. Unterschiede zwischen den Flächen nach der Behandlung

3.2.1. Tiere ohne erkennbare Reaktion auf Dimilin

Viele der untersuchten Gruppen der Makrofauna zeigten Dichteschwankungen im Jahresverlauf auf den untersuchten Flächen, die nicht unbedingt auf eine schädigende Wirkung der Insektizide schließen lassen. Diese sind z.B. Chilopoden, Diplopoden, Dipterenlarven und Kurzflügelkäfer, d.h. Vertreter von unterschiedlichen Lebensformtypen und trophischen Gruppen. Die Regenwürmer gehören wohl auch in diese Gruppe, obwohl bei ihnen der saiso-

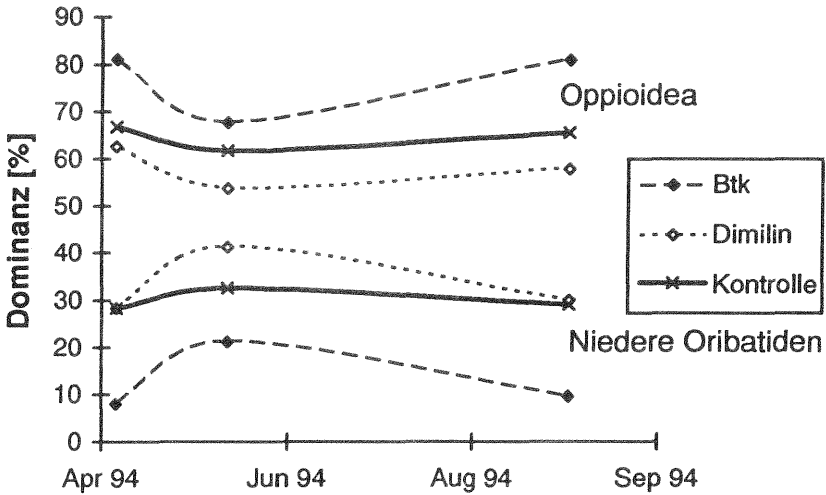


Abb. 2: Dominanzen der beiden Oribatiden (Hornmilben) Taxa Oppioidea und Niedere Oribatiden vor Einfluß der Insektizide im Vergleich der drei untersuchten Flächen. Die Kontroll- und die Dimilin-Fläche sind durch den höheren Anteil von Niederen Oribatiden gekennzeichnet.

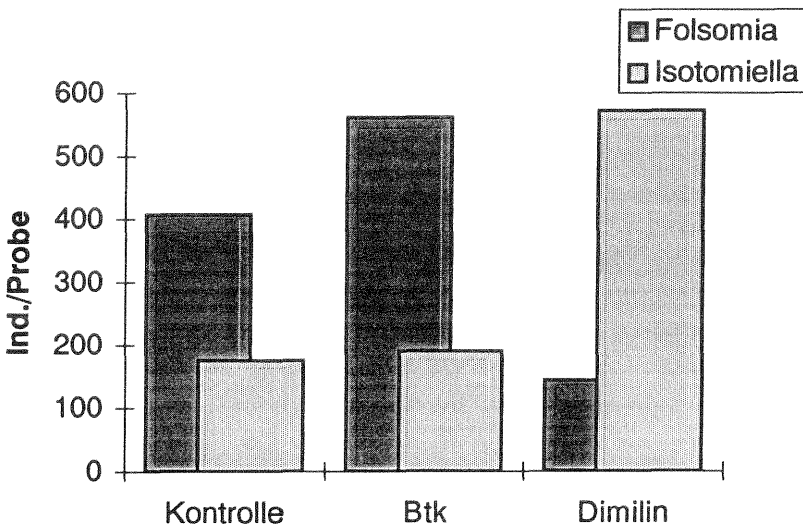


Abb. 3: Anzahl der gefundenen Individuen der Gattungen *Isotomiella* und *Folsomia* auf den drei untersuchten Flächen in der Summe der April und Mai Probennahme vor Einfluß der Insektizide. Die Dimilin-Fläche unterscheidet sich durch die größere Anzahl von Individuen der Gattung *Isotomiella* von den anderen beiden.

nal bedingte Bestandeseinbruch im Sommer auf der Dimilin-Fläche etwas stärker ausgeprägt war und länger anhielt als auf der Kontrollfläche (Abb. 4). Sowohl Dimilin als auch *B.t.k.* wird von FORSTER et al. (1993) als nichtschädigend für Regenwürmer eingeschätzt.

3.2.2. Tiere mit bekannter negativer Reaktion auf Dimilin

Aus einigen Untersuchungen ist bekannt, daß Dimilin die normale Häutung von Collembolen stört. Da sich Collembolen sehr oft im Laufe ihres Lebens häuten, ist ein Rückgang der Populationsdichte nach Anwendung von Dimilin zu erwarten. Dies wurde sowohl im Labor als auch im Freiland gezeigt (DOPPELREITER 1979, KÖHLER 1983) und auch wir können dies bestätigen. Betroffen sind jedoch nur die eher oberflächennah lebenden Arten (DOPPELREITER 1979, KÖHLER 1983). In unserer Untersuchung waren dies vor allem die individuenreiche Familie der Isotomidae und dort die beiden dominanten Gattungen *Folsomia* und *Isotomiella* (Abb. 5). Im Gegensatz dazu waren die in tieferen Bodenschichten lebenden *Tullbergiina* und *Onychiurina* nicht betroffen und erreichten auf der Dimilin-Fläche nach der Behandlung sogar höhere Dichten als auf der Kontrollfläche.

Auf der *B.t.k.*-Fläche konnte zur gleichen Zeit eine relative Zunahme der Populationsdichten der beiden Collembolen-Gattungen beobachtet werden. Eine leichte Förderung von *Folsomia candida* durch *B.t.k.* wurde auch von ADDISON & HOLMES (1995) im Mikrokosmos-Versuch gezeigt.

3.2.3. Tiere mit vermuteter negativer Reaktion auf Dimilin

Aus der Gruppe der Makrofauna können wir bei den Spinnen und den Käferlarven einen schädigenden Einfluß von Dimilin vermuten. Bei den Spinnen blieb auf der Dimilin-Fläche das Siedlungsdichte-Maximum im Sommer aus (Abb. 6). Auch von MARTINAT et al. (1993) wird eine Beeinträchtigung von Spinnen im Freiland gefunden, im Laborversuch wird eine Clubioniden Art durch Dimilin geschädigt (HASSAN et al. 1994).

Die Anzahl der Käferlarven ging nach der Behandlung deutlich zurück, um dann im Herbst und Winter wie schon vor der Behandlung höhere Werte als auf den anderen beiden Flächen zu erreichen (Abb. 7). Die Käferlarven sind jedoch eine heterogene Gruppe, und man kann im Herbst eine neue Generation vermuten, die keinen Kontakt mit Dimilin hatte. HASSAN et al. (1994) halten Dimilin generell für schädlich für räuberische Arthropodenlarven.

Bei den Enchyträen zeigte sich keine akute Wirkung, was mit den Befunden aus Labortests übereinstimmt (WESTHEIDE et al. 1991). Im Freiland konnten wir jedoch einen Repellent-Effekt feststellen, die Tiere wanderten aus den oberen Bodenschichten in tiefere ab.

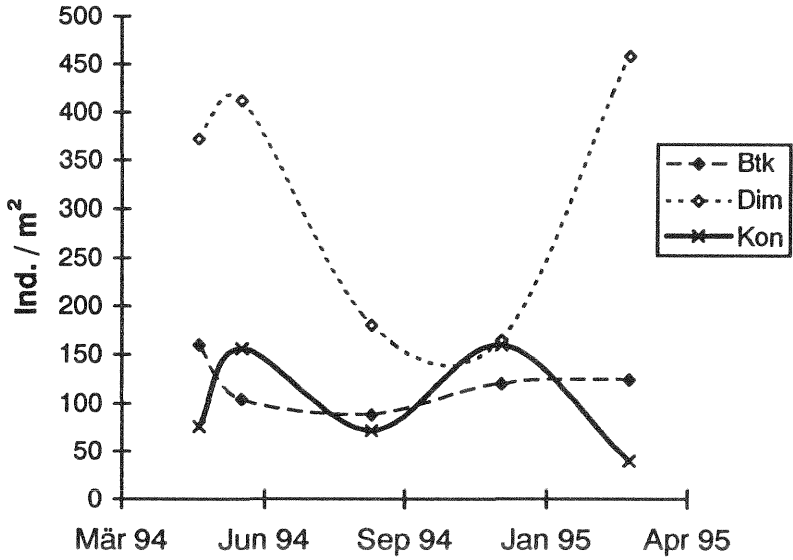


Abb. 4: Abundanzschwankungen der Regenwürmer als Beispiel für eine Tiergruppe, die durch die Insektizide vermutlich nicht geschädigt wurde.

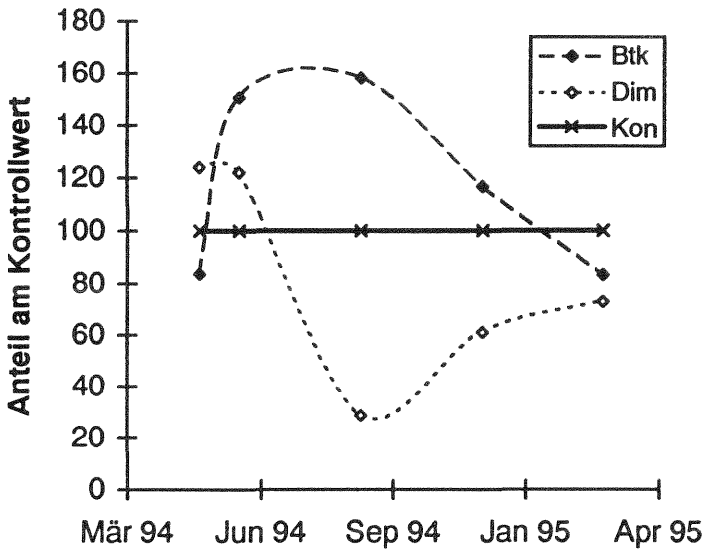
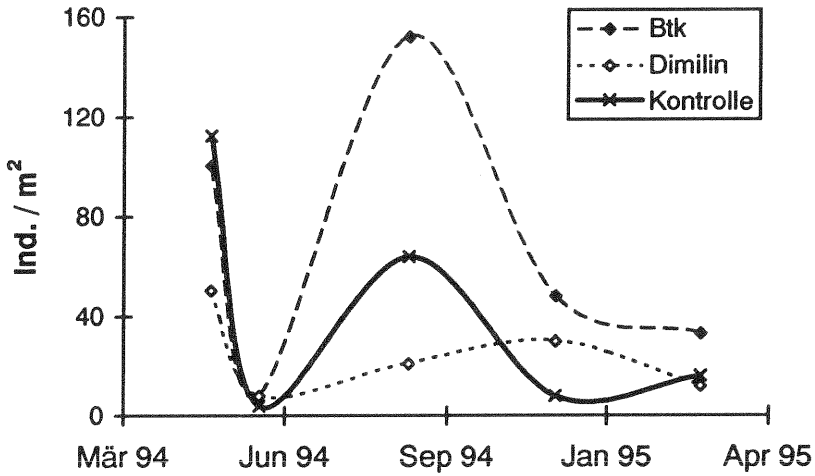
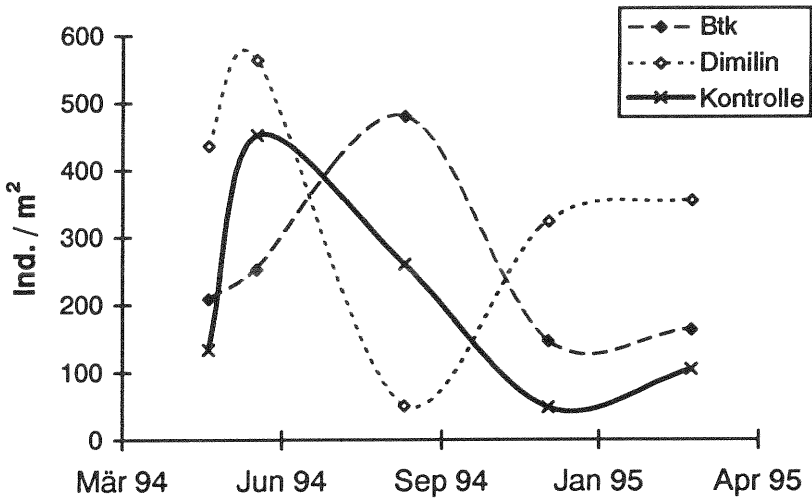


Abb. 5: Abundanzschwankungen der Arten der beiden Gattungen *Isotomiella* und *Folsomia* gemeinsam im Vergleich zur Abundanz auf der Kontrollfläche. Deutlich ist der starke Populationseinbruch auf der Dimilin-Fläche drei Monate nach der Behandlung.



6: Abundanzschwankungen der Spinnen auf den untersuchten Flächen. Auf der Dimilin-Fläche bleibt das Sommer-Maximum aus.



7: Abundanzschwankungen der Käferlarven auf den untersuchten Flächen. Auf der Dimilin-Fläche ist ein starker Populationsrückgang während des Sommers festzustellen.

3.2.4. Tiere mit gut belegter negativer Reaktion auf Dimilin

In wenigen Untersuchungen über Wirkungen von Dimilin wurden bisher die arten- und formenreiche Gruppe der Milben näher betrachtet. Unsere Befunde lassen auf eine Reaktion sowohl bei den empfindlichen räuberischen Mesostigmata als auch den weitgehend saprophagen Oribatida schließen. Bei den Oribatiden waren die kleinen in den tieferen Schichten der organischen Auflage lebenden Arten der Überfamilie Oppioidea durch Dimilin betroffen. Vor der Behandlung hatten sie auf allen Flächen eine sehr hohe Dominanz und stellten über die Hälfte aller gefundenen Oribatiden-Individuen. Das ist für mitteleuropäische Wälder die Regel (WOAS mündl.). Ein halbes Jahr nach der Behandlung mit Dimilin war die Dominanz dieser Gruppe auf fast 30 % gesunken (Abb. 8). Dieser Einbruch wurde kompensiert durch eine Zunahme der Dominanz der Niederen Oribatiden, die auf den anderen Flächen eine geringe Rolle spielten. Der Rückgang der Oppioidea nach einer Behandlung des Waldes mit Dimilin wurde schon von MARSHALL (1979) gezeigt.

Die räuberischen Mesostigmata (= Gamasina) waren die einzige Gruppe, die weder auf der Dimilin- noch auf der *B.t.k.*-Fläche hohe Siedlungsdichten nach der Behandlung erreichte. Ab der Sommerprobennahme lagen die Abundanzwerte auf beiden behandelten Flächen unter 50 % der Kontrolle. Deutlich läßt sich diese Abnahme bei der dominanten Art *Veigaia nemorensis* zeigen (Abb. 9). Der Einbruch der Siedlungsdichte der Art wurde vor allem durch das Fehlen der Larven und Nymphen bedingt. Eine schädigende Wirkung von Dimilin auf Gamasinen wird auch von MARSHALL (1979) und RADWAN & ABO-KORAH (1979) gezeigt. Informationen über eine Beeinträchtigung durch *B.t.k.* liegen in HAFEZ et al. (1993) vor. Die auf Pflanzen lebenden Phytoseiidae, die auch zu den Gamasinen gehören, scheinen von Dimilin kaum betroffen zu sein. Sie werden sowohl von FORSTER et al. (1993) als auch von HASSAN et al. (1994) als nicht beeinträchtigt klassifiziert.

4. Problemfelder bei der Interpretation von Ergebnissen aus Freilandhebungen

4.1. Vergleichbarkeit von Flächen

Um die Wirkung einer Chemikalie auf die Biozönose eines Ökosystems abschätzen zu können, muß ein Vergleich mit einer unbehandelten Kontrolle erfolgen (Referenzökosystem, MATHES & WEIDEMANN 1991). Dabei geht man davon aus, daß sich die Zönose der behandelten Fläche ohne Behandlung wie die der Kontrolle verhalten hätte. Im Hardtwald in der Rheinebene liegen offensichtlich kleinräumig stark wechselnde Bodenbedingungen vor. Daher kann aus der räumlichen Nähe von Flächen zueinander nicht auf ähnliche oder gar gleiche Bedingungen geschlossen werden. Es ist kaum vorhersehbar, wie die Populationsentwicklung auf den behandelten Flächen ohne Behandlung ausgesehen hätte. Dabei kann auch der Vergleich mit der Kontrollfläche nur bedingt eine Hilfe sein. Günstig ist es, wenn man über all-

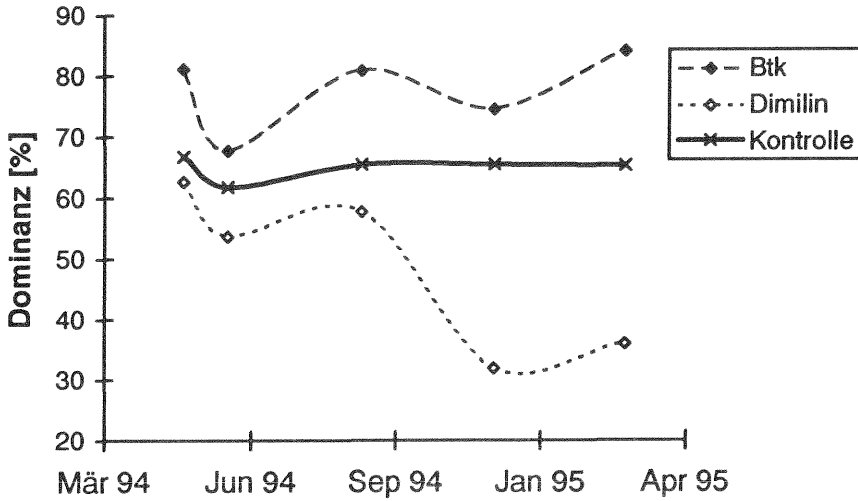


Abb. 8: Dominanz der Individuen der Überfamilie Opioidea (Acari: Oribatida) auf den untersuchten Flächen. Auf der Dimilin-Fläche sinkt die Dominanz dieser Gruppe ein halbes Jahr nach der Applikation deutlich ab.

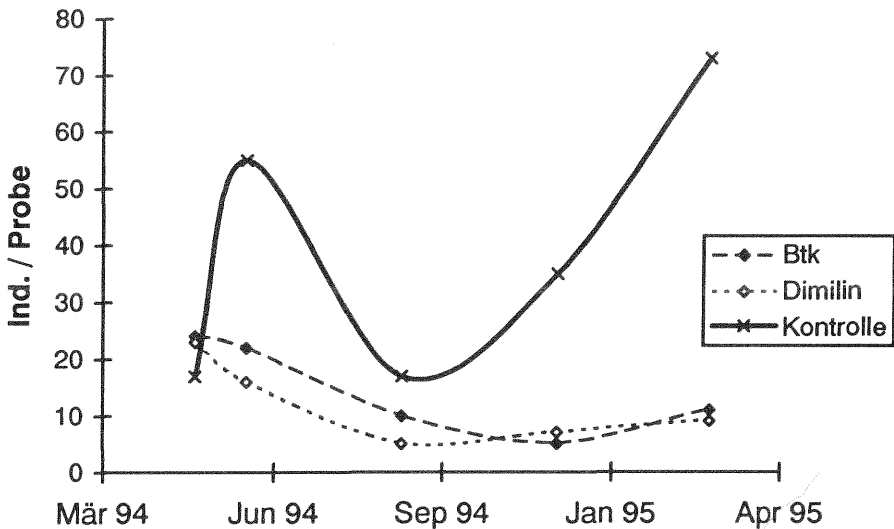


Abb. 9: Abundanzschwankungen der dominanten Gamasinen-Art *Veigaia nemorensis* (Acari: Mesostigmata) auf den untersuchten Flächen. Die Gamasinen sind die einzige Gruppe, die auch auf der *B.t.k.*-Fläche reduzierte Abundanzen aufweist.

gemeine Informationen über die Populationsdynamik oder die Dominanzverhältnisse von Tiergruppen verfügt. So kann man einen Rahmen abstecken, in dem sich „normalerweise“ die Werte bewegen. Bei den Oribatiden wissen wir sehr gut, daß in jedem Wald in Mitteleuropa die Dominanz der Oppioidea über 50 % liegt. Das ändert sich erst, wenn der Wald sehr naß ist (WOAS mündl.). Auf der Kontroll- und *B.t.k.*-Fläche fanden wir dieses generelle Muster wieder, nach der Behandlung mit Dimilin verschob sich das Dominanzgefüge.

Aus vielen Untersuchungen in der Landwirtschaft wissen wir, daß Gamasinen sehr empfindlich auf Insektizide reagieren (KARG 1994). Auch dies finden wir auf den behandelten Flächen im Vergleich zur Kontrolle bestätigt. Muß man sich aus Mangel an Information über eine Tiergruppe auf den bloßen Vergleich der behandelten Fläche mit der Kontrolle verlassen, ist eine Interpretation um vieles schwieriger. Wegen der Einmaligkeit von Naturausschnitten ist ein Unterschied zwischen Flächen a priori wahrscheinlicher als eine Gleichheit. Je mehr Information über die betrachtete Tiergruppe und über die zu behandelnde Fläche vorliegt, desto schlüssiger ist die Interpretation einer Schädigung. Zu fordern sind also Langzeituntersuchungen vor und nach Belastungen von Ökosystemen.

4.2. Patchiness als Problem bei flächenbezogenen Erfassungsmethoden

Die Daten, die wir präsentiert haben, sind nicht statistisch getestet. Dies läßt unser Probenahmeraster nicht zu. Da wir vergleichsweise große Flächen absammeln, ist die Anzahl der Parallelen begrenzt. Die Interpretation stützt sich auf den zeitlichen Verlauf der Populationsentwicklung und nicht auf punktuelle Unterschiede. Zu Tiergruppen, bei denen die Zahlen aus den Parallelproben sehr stark schwankten, wie z.B. bei Ameisen, machen wir keine Aussagen.

4.3. Zeitverzögerte Reaktionen

Einige Tiergruppen reagieren unmittelbar (d.h. innerhalb von 4 Wochen) auf eine Belastung, andere erst später. Oberflächenaktive Räuber wie Spinnen und Gamasinen wurden schon bei der ersten Probenahme nach der Applikation in geringerer Zahl erfaßt. Die kleinen Oppioidea zeigten erst nach einem halben Jahr einen Einbruch in der Siedlungsdichte, zu einem Zeitpunkt also, zu dem sich die Anzahl der Spinnen z. B. nicht mehr von der der Kontrollfläche unterschied. Einige Tiergruppen werden sicherlich versuchen, vor dem Dimilin auszuweichen. Wenn sie vertikal ausweichen, sehen wir dies an einer abweichenden Tiefenverteilung, wie z.B. bei den Enchytraeiden. Laufen sie aber einfach davon, wie wir das für die Spinnen vermuten können, ist der Effekt der gleiche wie bei einer letalen Wirkung (wie wahrscheinlich bei den Gamasinen). Die Wirkung als Häutungshemmer wird erst sichtbar, wenn sich die Tiere auch häuten. Bei Collembolen mit rascher Generationsfolge und Häutungen auch im Adultstadium fanden wir früher eine Reaktion als bei den wahrscheinlich uni-

voltinen Oribatiden, die sich nur einmal oder höchstens zweimal im Jahr fortpflanzen und sich während ihrer Individualentwicklung nur viermal häuten.

4.4. Mögliche Wechselwirkungen zwischen den Faunengruppen

Die gefundenen Reduktionen der Populationsdichte müssen nicht direkt auf eine schädigende Wirkung von Dimilin oder *B.t.k.* zurückzuführen sein. In dem komplexen Wirkungsgefüge im Boden sind viele indirekte Effekte denkbar. Wegfall von Beuteorganismen, Verschiebung einer von Pilzen dominierten Zersetzung hin zu von Bakterien dominierten Fäule, Verminderung von Konkurrenz oder Räuberdruck und Veränderung der mechanischen Stabilität sind Faktoren, die die Siedlungsdichte von Tiergruppen bestimmen können, die wir aber nicht untersucht haben. Allerdings ergeben sich aus den bisherigen Befunden keine Hinweise, daß wir im ersten Jahr etwas anderes als direkte Wirkungen erfaßt hätten.

4.5. Auswirkungen auf das System

Wegen der angedeuteten Komplexität lassen sich Auswirkungen von Dimilin oder *B.t.k.* auf die Funktionen der Bodenzönose als Ganzes in dem von uns untersuchten Zeitraum nicht absehen. In dem bereits angelaufenen Langzeitversuch untersuchen wir explizit die Abbauleistung und biologische Aktivität der Bodenfauna. Aus den vorliegenden Daten können wir lediglich an einigen Indikator-Gruppen erkennen, daß sowohl Dimilin als auch *B.t.k.* in die Bodenbiozönose verändernd eingreifen.

5. Schlußfolgerungen

Eindeutige Aussagen zur Wirkung der beiden Insektizide auf ökosystemarerer Ebene können wir auf Grund unserer Ergebnisse kaum machen. Dafür zeigt unsere Untersuchung aber deutlich die Mängel in der Konzeption. Daraus möchten wir Standards ableiten, die bei Freiland-erhebungen von Bodenfauna im angewandten Bereich gesetzt werden sollten.

Die fünf wichtigsten Punkte sind:

Forderungen an Freilandhebungen im angewandten Bereich:

- Die unbeeinflusste Populationsdynamik der untersuchten Arten auf den Experimentalflächen ist vor der Behandlung zu erfassen. Dies sollte über eine längere Zeit erfolgen, z.B. ein Jahr (**Unterschiede zwischen den Flächen erfassen**).
- Die Untersuchung nach der Behandlung sollte über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden. Nur so können zeitverzögerte Effekte und indirekte Wirkungen erkannt werden (**Zeitreihen untersuchen**).
- Zur Abschätzung der Wirkung von Behandlungen auf ökosystemarer Ebene sollten sowohl die Struktur der Zönose als auch ihre Funktion erfaßt werden. Streuabbau und biologische Aktivität lassen sich mit einer Reihe von Methoden erfassen (**Struktur & Funktion ermitteln**).
- Für die Interpretation der Unterschiede von Siedlungsdichten bei verschiedenen Taxa ist der Sachverstand von Expertinnen oder Experten unbedingt notwendig. Das **Expertenwissen** wird sowohl beim Bestimmen der Arten benötigt, wie auch beim Zusammenfassen der Arten zu größeren Gruppen, bei denen eine einheitliche Reaktion zu erwarten ist. In der Literatur liegt die vielfältige Information zur Ökologie von Bodentieren noch nicht gut aufgearbeitet vor. Um daraus trotzdem Erwartungswerte für einen bestimmten Standort ableiten zu können, ist eine detaillierte Kenntnis der Tiergruppe nötig.
- Um mögliche Kausalitäten aufdecken zu können, ist eine **begleitende Rückstandsanalytik** unabdingbar.

6. Danksagung

Diese Arbeit konnte nur durch die Unterstützung und Mithilfe vieler Personen zustande kommen. Das Ministerium für ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg gewährte eine finanzielle Unterstützung. Bei der FVA Freiburg möchten wir uns für die gute Zusammenarbeit bedanken, dort besonders bei Dr. Hermann Bogenschütz. Franziska Meyer und Thi Minh Hang Vu halfen bei der Aufarbeitung der Proben, Dr. Steffen Woas und Michael Scheurig bei der Probennahme. Dr. Steffen Woas bearbeitete die Oribatiden, Prof. Ludwig Beck begleitete das gesamte Projekt. Bei allen bedanken wir uns auch an dieser Stelle sehr herzlich.

Literatur

- ADDISON, J.A. & S.B. HOLMES (1995): Effect of two commercial formulations of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (Dipel 8L and Dipel 8AF) on the collembolan species *Folsomia candida* in a soil microcosm study. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **55**: 771-778.
- DOPPELREITER, H. (1979): Untersuchungen über Artenspektrum, Verteilung und Biocidempfindlichkeit von Collembolen im Fichtenwaldboden. *Z. ang. Ent.* **88**: 453-470.
- FORSTER, R., T. KAMPMANN & C. KULA (1993): Gefährdungsabschätzung für eine Schwammspinnerbekämpfung mit chemischen und biologischen Pflanzenschutzmitteln in den Prüfbereichen Bodenfauna, Honigbiene und Nutzorganismen. *BBA Berlin-Dahlem* **293**: 203-216.
- HAFEZ, M., H.S. SALAMA, R. ABOUL-ELA & M. RAGEI (1993): Developmental stages of *Agrotis ypsilon* Hufn. (Lep., Noctuidae) as affected by *Bacillus thuringiensis* Berl.. *Z. ang. Ent.* **115**: 466-475.
- HASSAN, S.A., F. BILGER, H. BOGENSCHÜTZ, E. BOLLER, J. BRUIN, J.N.M. CALIS, J. COREMANS-PELSENEER, C. DUSO, A. GROVE, U. HEIMBACH, N. HELYER, H. HOKKANEN, G.B. LEWIS, F. MANSOUR, L. MORETH, L. POLGAR, L. SAMSOE-PETERSEN, B. SAUPHANOR, A. STRÄUBLI, G. STERK, A. VAINIO, M. VAN DER VRIE, G. VIGGIANI & H. VOGT (1994): Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-working group „Pesticides and Beneficial Organisms“. *Entomophaga*, **39**: 107-119.
- KARG, W. (1994): Raubmilben, nützliche Regulatoren im Naturhaushalt. *Neue Brehm Bücherei*, Band **624**: 206 S.
- KÖHLER, U. (1983): Zur Wirkung des Häutungshemmstoffes Dimilin und des Pyrethroides Ambush auf bodenbewohnende Collembolen und Oribatiden. *Dissertation*, Universität München: 152 S.
- MARSHALL, V. (1979): Effects of the insecticide Diflubenzuron on soil mites of a dry forest zone in British Columbia. *Recent Advances in Acarology*: 129-134.
- MARTINAT, P.J., D.T. JENNINGS & R.C. WHITMORE (1993): Effects of Diflubenzuron on the litter spider and orthopteroid community in central appalachian forest infested with gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). *Environ. Entomol.*, **22**: 1003-1008.
- MATHES, K. & G. WEIDEMANN (1991): Indikatoren für Ökosystembelastung. *Ber. aus dem Ökologischen Forschungsz., KFA Jülich*: 126 S.
- RADWAN, H.S.A. & S.M. ABO-KORAH (1979): Population dynamics of soil inhabiting mites in cucumber treated with granular insect growth regulators (IGR). *Experientia* **35**: 1485-1487.
- RÖMBKE, J. (1995): Enchytraeen (Oligochaeta) als Bioindikatoren. *UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox.*, **7**: 246-249.
- THIELEMANN, U. (1986): Elektrischer Regenwurmfang mit Hilfe der Oktett-Methode. *Pedobiologia* **29**: 296-302.
- WESTHEIDE, W., D. BETHKE-BEILFUß, V. BROCKMEYER, J. GEBBE & M. HAGENS (1989): Auswirkungen von Umweltchemikalien auf Lebenszyklus und Ultrastruktur von Enchytraeiden - Bioindikation und Entwicklung eines toxikologischen Tests („Enchytraeen-Test“). *Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben 037426 9 des BFT*: 86 S.

Petra Zub, Wolfgang A. Nässig, Philipp M. Kristal

ArgeHeLep (Arbeitsgemeinschaft Hessischer Lepidopterologen)

Petra Zub, Bad Vilbel; Wolfgang A. Nässig, Frankfurt/Main; Philipp M. Kristal, Bürstadt

Lepidopterologische Begleituntersuchung zur Bekämpfung einer Gradation des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) mit *Bacillus thuringiensis kurstaki* (*B.t.k.*) und dem Häutungshemmer Dimilin im Jahr 1994 im Staatsforst bei Lampertheim¹

Während der Schwammspinnergradation der Jahre 1990 bis 1994 in Südhessen kam es in der Öffentlichkeit und bei den Entscheidungsträgern zu Diskussionen darüber, ob eine Bekämpfung in den betroffenen Wäldern durchgeführt werden sollte. Dabei spielten nicht nur forstfiskalische, sondern auch ökologische Gesichtspunkte eine Rolle. Ein wichtiger Aspekt war die Frage, inwieweit Nichtzielorganismen durch Bekämpfungsmaßnahmen geschädigt werden.

In Hessen kamen zwei Präparate gegen den Schwammspinner (*Lymantria dispar*) zum Einsatz. Dimilin (Wirkstoff Diflubenzuron) ist ein Häutungshemmer, der bei praktisch allen Arthropoden die Häutung verhindern kann. Dipel und Foray, Präparate aus *Bacillus thuringiensis kurstaki* (*B.t.k.*), wirken nur auf Lepidopterenlarven, indem sie den Verdauungstrakt zerstören.

In der vorliegenden Untersuchung sollte festgestellt werden, ob und welche Auswirkungen die Bekämpfungsmaßnahmen in den von der Schwammspinnerkalamität am stärksten betroffenen Wäldern auf die restliche Schmetterlingsfauna haben. Zwei Fragestellungen standen dabei im Vordergrund: Inwieweit wirken Dimilin und *B.t.k.* auf die Lepidopterenfauna? Welchen Einfluß hat bei Nichtbekämpfung ein Kahlfraß durch den Schwammspinner auf andere Schmetterlingsarten, denen damit die Nahrungsgrundlage weggenommen wird?

Untersuchungsgebiete

Die Untersuchungen fanden in Südhessen in Eichen-Buchen-Mischwäldern mit Kiefern auf Sand statt, die zum Staatsforst Lampertheim gehören. Die Untersuchungsflächen sollten in

¹ im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Landesentwicklung, Wohnen, Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz

Alter, Zusammensetzung und Struktur vergleichbar und in gleicher Größenordnung vom Schwammspinner befallen sein. Die nichtbekämpfte Fläche und die mit *B.t.k.* bekämpfte Fläche waren durch Entscheidungen des Ministeriums und anderer Institutionen vorgegeben. Die nichtbekämpfte Fläche, im folgenden Null-Fläche genannt, und die Dimilin-Fläche lagen in 3 km Entfernung voneinander bei Lampertheim-Hüttenfeld, die *B.t.k.*-Fläche 7 km nordwestlich davon im Lorscher Wald.

Dimilin wurde am 7.5.1994, 20.5.1994 und 25.5.1994 in einer Konzentration von 150 g Wirkstoff pro ha mittels Hubschrauber ausgebracht. Die *B.t.k.*-Befliegungen fanden am 6./7.5.1994 sowie am 11.5.1994 statt. Zur Anwendung kamen Dipel mit 2 l in 50 l Wasser pro ha und Foray 48B mit 4 l in 50 l Wasser pro ha; lokal 4 l Foray pro ha unverdünnt mit einem Ultraleichtflugzeug. In der Null-Fläche kam es etwa Mitte Juni 1994 zu Kahlfraß; die Baumkronen waren 3 bis 4 Wochen bis zur Wiederbegrünung Anfang/Mitte Juli unbelaubt. In der Dimilin- und der *B.t.k.*-Fläche gab es keinen Kahlfraß.

Methoden

Die Untersuchungen beschränkten sich auf die ^{Tagfalter}Nachtfalterfauna, da nur wenige Tagfalterarten in Waldbiotopen Mitteleuropas ihren Verbreitungsschwerpunkt haben. Es wurden nur sogenannte Großschmetterlinge berücksichtigt; das sind die von KOCH (1984) aufgeführten Familien.

Auf den drei Untersuchungsflächen wurden vom 30.4.1994 bis 20.11.1994 Lichtfänge durchgeführt. Die Methode beruht auf Anlockung von nachtaktiven Faltern durch Lichtquellen mit einem hohen Anteil von blauem und UV-Licht. Dazu wurden batterie- bzw. generatorbetriebene super-aktinische Leuchtstoffröhren (40 W) in etwa 1,70 m Höhe aufgehängt und mit einem sogenannten Leuchtturm aus lichtdurchlässiger Gaze umgeben, so daß das Licht ohne Vorzugsrichtung nach allen Seiten abgestrahlt wurde. Die Fänge wurden in der späten Dämmerung begonnen und dauerten 3 Stunden. Es wurden an 10 Terminen die Lichtfänge zeitgleich am selben Abend in jeweils allen drei Untersuchungsflächen durchgeführt. Dazu kamen 1–2 Zusatzfänge in jeder Teilfläche, die spezifische Fragestellungen (insbesondere Individuendichte, ermittelt mit drei Fangtürmen in gleichen Abständen) behandelten.

Ergebnisse

Die im Jahr 1994 ermittelte Gesamtartenzahl an Lepidopteren ist in der Null- und der Dimilin-Fläche ähnlich und viel niedriger als in der *B.t.k.*-Fläche (siehe Tab. 1). Die Artenzahl in

der *B.t.k.*-Fläche entspricht etwa dem Erwartungswert für einen Laubwaldbiotop (s. z. B. MÖRTTER 1987, DOROW et al. 1992).

Tab. 1: Artenzahlen der 1994 registrierten Nachtfalter in den Untersuchungsflächen bei Lampertheim.

Artenzahl Lepidoptera	Null-Fläche	Dimilin-Fläche	<i>B.t.k.</i> -Fläche
„Spinner und Schwärmer“	26	29	44
Noctuidae (Eulen)	73	76	109
Geometridae (Spanner)	67	67	117
Gesamtzahl	166	172	270

Um eine verlässliche Aussage treffen zu können, in welchem Maß diese Zahlen auf Bekämpfung oder auf Kahlfraß zurückzuführen sind, wäre Datenmaterial aus dem Vorjahr wünschenswert. Dies liegt nicht vor. Die 1994 registrierten Schmetterlingsarten lassen sich jedoch aufschlüsseln nach der Wahrscheinlichkeit, mit der sie von einer Bekämpfung betroffen sein können. Wesentlich dafür sind folgende Gesichtspunkte: Nur die Larvalstadien werden von Bekämpfungsmaßnahmen oder Kahlfraß beeinflusst. Nur dieses Stadium kann sich während der Nahrungsaufnahme mit den Wirkstoffen kontaminieren. Im Kronenraum lebende Raupen werden bei Wirkstoffausbringung aus der Luft stärker betroffen sein als Bewohner der Krautschicht; Raupen, die verborgen im Inneren von Holzpilzen, unter Fallaub oder im Boden leben, dürften weder durch die Wirkstoffe noch durch Kahlfraß beeinflusst werden.

Die Bewohner der Krautschicht machen in allen drei Untersuchungsflächen etwa ein Drittel aus (Tab. 2). Die Bewohner des Kronenraums stellen im wesentlichen die Nahrungskonkurrenten des Schwammspinners dar. Allerdings zählen hierzu auch Arten, die Baumflechten fressen. Wenn auch die meisten in dieser Untersuchung registrierten Lepidopterenarten als Raupe oligophag oder polyphag sind, so sind sie doch auf ein Stratum beschränkt, und es gibt nur wenige Arten, die sowohl an Bäumen als auch an Kräutern leben (z. B. der Schlehenspinner *Orgyia antiqua*).

Die Schmetterlingsarten mit verborgen lebenden Raupen sind als eine „Nullprobe“ anzusehen. Bei diesen ist die Artenzahl, absolut gesehen, in der Null-Fläche am niedrigsten.

Tab. 2: Zusammensetzung der Lepidopterenfauna der Untersuchungsflächen nach dem Stratum der Larvalentwicklung: A = Kronenraum, B = Krautschicht, C = verborgen im Inneren von Holzpilzen, unter Falllaub, im Boden.

Artenzahl Lepidoptera	Null-Fläche		Dimilin-Fläche		B.t.k.-Fläche	
	n	%	n	%	n	%
A	81	48,8	75	43,6	137	50,7
B	49	29,5	55	32,0	82	30,4
C	36	21,7	42	24,4	51	18,5
Gesamtzahl	166		172		270	

Bei Lepidopteren ist nicht nur die Nahrungspräferenz genetisch festgelegt, sondern auch der Entwicklungszyklus. Es gibt Eiüberwinterer, Larval-, Puppen- und Falterüberwinterer. Auch aus diesem Grund gibt es Unterschiede, inwieweit die einzelnen Arten von den Bekämpfungsmaßnahmen betroffen sind. Im folgenden werden Arten zusammengefaßt und besprochen, die aufgrund ihrer Ontogenie gar nicht oder in besonderem Maße der Schwammspinnerbekämpfung ausgesetzt waren.

Bei den im Untersuchungsjahr 1994 erfaßten Lepidopterenarten gibt es Arten, deren Falter aus einer Larvalentwicklung im Vorjahr stammen, die Raupen der Vegetationsperiode 1994 ergeben erst im Folgejahr 1995 Falter. Die im Jahr 1994 registrierten Falter stammen also aus einer Larvalentwicklung des Vorjahres, die sicher unbeeinflusst von Bekämpfungsmaßnahmen ist. Auch diese Arten sind als „Nullprobe“ anzusehen beziehungsweise als ein Vergleichswert aus dem Vorjahr. Auch bei dieser Nullprobe sind die Artenzahlen in der Null-Fläche am niedrigsten (Abb. 1). Bei diesen Arten läßt sich der Einfluß der Schwammspinnerbekämpfung oder des Kahlfraßes erst 1995 feststellen, wenn die Falter der Larven von 1994 schlüpfen.

Im folgenden sollen die Arten besprochen werden, bei denen ein Effekt schon 1994 feststellbar war. Dabei handelt es sich um die Arten, die direkte Nahrungskonkurrenten der Schwammspinner darstellen, deren Larvalentwicklung zeitgleich und im gleichen Stratum wie die der Schwammspinner stattfindet und die im selben Jahr (1994) noch Falter erbrachten (Abb. 2). Die Zahl dieser Arten ist absolut und prozentual in der Dimilin-Fläche am niedrigsten. Der Wert in der Null-Fläche liegt zwischen Dimilin- und B.t.k.-Fläche. Die Zahl der Arten, deren Larvalentwicklung gleichzeitig mit den Schwammspinnern, jedoch in der Krautschicht erfolgt und anschließend im selben Jahr Falter erbringt, ist in allen drei Untersuchungsflächen vernachlässigbar gering.

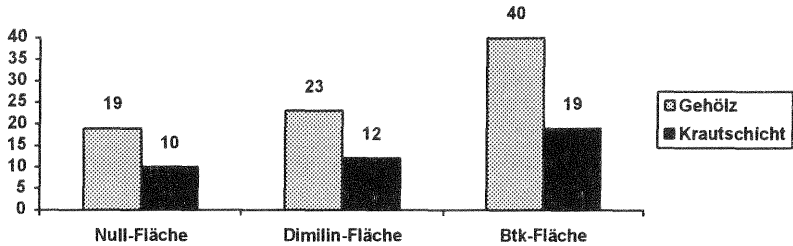


Abb. 1: Lepidopterenarten in den drei Untersuchungsflächen, bei denen alle 1994 registrierten Imagines von Raupen des Jahres 1993 stammen, aufgeschlüsselt nach Gehölz- und Krautschichtbewohnern; nur eine Generation pro Jahr.

Von den in der vorliegenden Untersuchung nachgewiesenen Lepidopterenarten, die mehr als eine Generation pro Jahr ausbilden, werden die Arten aufgeführt, deren Falter der 1. Generation aus einer Larvalentwicklung im Vorjahr stammen, also unbeeinflusst von Bekämpfungsmaßnahmen sind. Die 2. Generation dieser Arten bildet noch im selben Jahr – 1994 – Falter aus. (Dabei werden alle Arten nicht berücksichtigt, bei denen die Altraupen überwintern, da eine Beeinflussung dieser Arten durch die Bekämpfung nicht sicher ausgeschlossen werden kann.) Bei den Gehölzbewohnern werden in der Null- und in der *B.t.k.*-Fläche bei einem Viertel der Arten Falter der 2. Generation nicht nachgewiesen, in der Dimilin-Fläche gibt es bei mehr als der Hälfte der Arten keinen Nachweis von Faltern der 2. Generation. Bei den Krautschichtbewohnern liegen an allen drei Standorten von etwa einem Fünftel bis einem Sechstel der Artenzahl keine Nachweise einer 2. Generation vor.

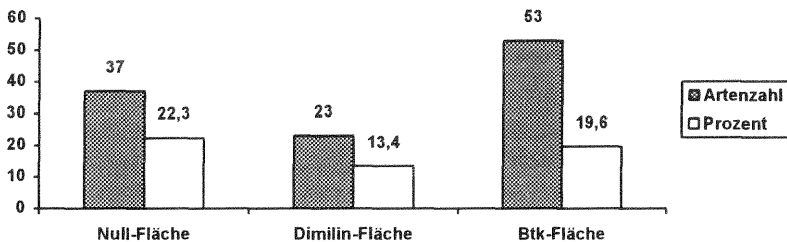


Abb. 2: Lepidopterenarten in den drei Untersuchungsflächen mit Larvalentwicklung im Jahr 1994 und Schlüpfen der Falter im selben Jahr; Gehölzbewohner; nur eine Generation pro Jahr.

(Aus technischen Gründen nur eine Ordinatenachse mit gleicher Skalierung für Absolutwerte und Prozentzahlen.)

Folgerungen

Es ist anzunehmen, daß die Null-Fläche von vornherein das geringste Arteninventar aufwies. Dies spiegelt sich in der Zahl der Arten wider, die aus einer Larvalentwicklung des Vorjahrs (1993) stammen, bzw. der Zahl der Arten mit verborgen und von Bekämpfung oder Kahlfraß unbeeinflußt lebenden Larven (Tab. 2 und Abb. 1). Da die Schwammspinnergradation 1993 nach Aussagen der Forstbeamten in den drei Untersuchungsflächen gleich war, liegen die Ursachen unserer Meinung nach nicht hierin. Die Null-Fläche ist der trockenste der drei Standorte. Durch sie verläuft ein Dünenzug, der offenbar das Regenwasser schneller versickern läßt. Die Dimilin-Fläche ist ebenfalls recht trocken. Null- und Dimilin-Fläche sind in der Artenzusammensetzung ähnlich. Die *B.t.k.*-Fläche hat insgesamt mehr Unterwuchs und ist etwas reicher strukturiert, obwohl trocken, so doch feuchter als die anderen beiden Standorte. Die höhere Artenzahl an Lepidopteren gegenüber den anderen beiden Flächen dürfte hierin begründet liegen.

Ein deutlicher Unterschied besteht zwischen der Null- und der Dimilin-Fläche bei genau den Arten, die gleichzeitig mit den Schwammspinnern ihre Larvalentwicklung durchführen und somit deren Nahrungskonkurrenten sind (Abb. 2 und Tab. 3). Faßt man für diese Arten die Individuenzahlen zusammen, ist das Ergebnis noch deutlicher (wenn auch der Lichtfang keine tatsächlich quantitative Methode ist). In der Null-Fläche wurden doppelt so viele Falterindividuen wie in der Dimilin-Fläche von solchen Arten registriert, deren Larvalentwicklung gleichzeitig mit dem Schwammspinner im Kronenraum stattfindet (KRISTAL et al. im Druck). Es ist also nicht so, daß die Bekämpfung mit Dimilin den gleichen Effekt auf Nichtzielorganismen hat wie die Auswirkungen, die der Kahlfraß in der Null-Fläche auf diese Arten hatte (NÄSSIG & ZUB 1994). Offensichtlich ist die Larvalentwicklung dieser Arten früher abgeschlossen als die des Schwammspinners. Während der Zeit, als in der Null-Fläche die Laubbaumkronen unbelaubt waren, kam es nicht zu einer Vertreibung von Faltern.

Der prozentuale Anteil der Arten, die als Nahrungskonkurrenten des Schwammspinners anzusehen sind, liegt bei der *B.t.k.*-Fläche zwischen Null- und Dimilin-Fläche. Das *B.t.k.*-Gebiet ist aufgrund seiner Struktur nicht direkt mit den anderen Untersuchungsflächen vergleichbar. Die Auswirkungen auf die Schmetterlingsfauna scheinen bei diesem Bekämpfungsmittel weniger gravierend als beim Dimilin zu sein. Da offenbar in der Null-Fläche von vornherein die wenigsten Arten vorhanden waren, müßten im Dimilin-Gebiet ohne die Bekämpfung mehr Arten als die Null-Fläche zu finden sein.

Wir führten unsere Untersuchungen 1995 ohne finanzielle Förderung fort, um Aussagen über Effekte der Bekämpfungsmaßnahmen auch bei den Arten machen zu können, bei denen die Falter der Larvalentwicklung des Behandlungsjahrs erst im Folgejahr schlüpfen. Diese Daten sind bisher noch nicht ausgewertet.

Tab. 3: Anzahl der Lepidopterenarten in den drei Untersuchungsflächen mit mindestens zwei Generationen pro Jahr und Larvalentwicklung der 1. Generation vollständig im Vorjahr 1993, Falter dieser Generation fliegen Anfang 1994; 2. Generation 1994 nachgewiesen/nicht nachgewiesen.

Artenzahl	Null-Fläche	Dimilin-Fläche	<i>B.t.k.</i> -Fläche
<i>Gehölbewohner</i>			
Gesamtzahl der Arten mit 2 Generationen	18	21	28
2. Generation 1994			
nachgewiesen	13	10	21
nicht nachgewiesen	5	11	7
<i>Bewohner der Krautschicht</i>			
Gesamtzahl der Arten mit 2 Generationen	14	18	27
2. Generation 1994			
nachgewiesen	11	15	21
nicht nachgewiesen	3	3	6

Literatur

- DOROW, W. H. O., FLECHTNER, G., & KOPELKE, J.-P. (1992): Naturwaldreservate in Hessen Bd. 3: Zoologische Untersuchungen – Konzept. — Mitteilung der Hessischen Landesforstverwaltung Bd. 26, Wiesbaden, Frankfurt am Main.
- KOCH, M. (1984): Wir bestimmen Schmetterlinge, Ausgabe in einem Band, bearbeitet von W. HEINICKE. — Melsungen (Neumann-Neudamm), 792 S.
- KRISTAL, P. M., NÄSSIG, W. A., & ZUB, P. M. T. (im Druck): Lepidopterologische Begleituntersuchung zur Schwammspinnerbekämpfung mit Dimilin und *B.t.k.* im Jahr 1994 im Staatsforst bei Lampertheim. — Gutachten im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Landesentwicklung, Wohnen, Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz, im Druck.
- MÖRTTER, R. (1987): Vergleichende Untersuchungen zur Faunistik und Ökologie der Lepidopteren in unterschiedlich strukturierten Waldflächen im Kottenforst bei Bonn. Dissertation. — Neue entomol. Nachr.: 1–182.
- NÄSSIG, W. A., & ZUB, P. (1994): Die Schwammspinnergradation 1991–1993 im Raum Frankfurt am Main: Erste Kommentare (Lepidoptera: Lymantriidae). — Nachr. entomol. Ver. Apollo, Frankfurt/Main, N.F. 14 (4): 301–324.

Günter Bornholdt, Ulrich Brenner

Planungsgruppe Natur & Umwelt, Frankfurt am Main

Auswirkungen der Dimilin-Ausbringung auf die Käfer, Wanzen und Geradflügler von Eichenwäldern im Bereich der Forstämter Mörfelden-Walldorf und Lampertheim (Südhessen)

1. Einleitung

Aufgrund einer außergewöhnlich starken Schwammspinner-Gradation (*Lymantria dispar* L.) erzwang das Forstministerium des Landes Hessen Anfang Mai 1993 die Behandlung befallener Waldbereiche mit *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*B.t.k.*), um eine nachhaltige Schädigung des Waldes zu verhindern. Alternativ zum *B.t.k.* wurde auf einem befallenen Roteichen-Bestand (*Quercus rubra* L.) nördlich des Wasserwerkes der Stadt Mainz (zwischen Bauschheim und Rüsselsheim) der Häutungshemmer Diflubenzuron getestet. Diflubenzuron wurde als Präparat Dimilin^R der Firma Duphar B. V. ausgebracht. Da Dimilin, der Handelsname des Wirkstoffes Diflubenzuron, allgemein bekannter ist, kommt er in der Regel im folgenden zur Anwendung.

Die Ausbringung von *B.t.k.* führte nur bedingt zum Erfolg, d. h. der Schwammspinner-Befall war Ende 1993 immer noch so hoch, daß 1994 ein flächiger Kahlfraß zu erwarten war. Aus diesem Grund wurden 1994 die Bekämpfungsmaßnahmen fortgesetzt bzw. intensiviert. Im Gegensatz zum Vorjahr wurden jetzt aber Bestände mit sehr hoher Befallsdichte (mehr als 10 Eigelege je Baum) flächig mit Dimilin behandelt.

Da über die Wirkung dieser Mittel auf Waldökosysteme, insbesondere auf die hier lebenden Wirbellosen, bisher nur lückenhafte Kenntnisse bestehen, wurde die Planungsgruppe Natur und Umwelt (PGNU) vom Hessischen Ministerium für Landesentwicklung, Wohnen, Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz (HMLWLFN) mit einer Begleituntersuchung beauftragt. Aufgabe dieser Studie war es zunächst, die Bestands- und Populationsentwicklung von Käfern, Wanzen, Zikaden und Geradflüglern auf behandelten und unbehandelten Probeflächen zu dokumentieren. Unterschiede in der Entwicklung auf den verschiedenen Flächen sollen anschließend Hinweise oder Aufschluß über mögliche Auswirkungen der verwendeten Mittel auf die untersuchten Tiergruppen geben. Es galt dabei vorrangig folgende Fragestellungen zu klären: Welche Auswirkungen zeigt *B.t.k.* bei großflächiger Ausbringung? Welche Auswirkungen zeigt Dimilin bei groß- und kleinflächiger Ausbringung? Gibt es Langzeitwirkungen bei der Ausbringung von Dimilin? Führt die Ausbringung von Dimilin zu einer Beeinträchtigung der Fauna des Waldbodens?

Da die Begleituntersuchung zur *B.t.k.*-Ausbringung keinerlei Hinweise auf eine Schädigung von Nichtziel-Organismen erbrachte, beschränkt sich dieser Artikel auf die Darstellung der im Zusammenhang mit der Dimilin-Ausbringung erzielten Ergebnisse. Es werden vorrangig die Daten präsentiert, die negative Auswirkungen von Dimilin auf die hier untersuchten Insektengruppen am wahrscheinlichsten machen. Die Zikaden bleiben dabei unberücksichtigt, da sie nur in sehr geringer Dichte (65 Individuen in 8 Arten) auftraten und keine weitergehende Interpretation zulassen. Ausführlich werden sämtliche Ergebnisse in Kürze in einer in Vorbereitung befindlichen Veröffentlichung nachzulesen sein (BORNHOLDT & BRENNER in Vorb.)

2. Material und Methode

1993 wurden zur Untersuchung möglicher Auswirkungen des Insektenbehandlungsmittels Dimilin ein Roteichenbestand (*Quercus rubra* L.) bei Rüsselsheim herangezogen (TK 6016 - Groß Gerau, Koordinaten: 345782/553700). Die Ausbringung von Dimilin erfolgte in diesem Jahr probeweise entlang einer Waldschneise. Es wurden acht Bäume entlang der behandelten Schneise und weitere acht als Nullprobe im Bereich von zwei weiteren Waldwegen zur Beprobung ausgewählt.

Zur Erforschung möglicher Langzeitwirkungen des Insektenbehandlungsmittels Dimilin wurden 1994 im Roteichenbestand (*Quercus rubra* L.) bei Rüsselsheim erneut Klopfproben von den bereits im Vorjahr zur Untersuchung herangezogenen Bäumen genommen. Die Untersuchung wurde auf zwei Probenahmen im Frühjahr beschränkt, da zu dieser Zeit der Insektenbestand seinen Höhepunkt erreicht und mögliche Auswirkungen somit am besten abzulesen sind. Da die Insektenentwicklung von der Klima- und Vegetationsentwicklung abhängig ist, erfolgten die Probenahmen aufgrund des kühleren Frühjahres und der später austreibenden Bäume 1994 etwas später (04./06.05. & 24.05.1993 bzw. 11.05. & 09.06.1994).

Um mögliche Auswirkungen bei der flächigen Ausbringung von Dimilin zu dokumentieren, wurden 1994 bei Lampertheim ein behandelter und ein unbehandelter Stieleichenbestand (*Quercus robur* L.) ausgewählt (TK 6417 - Mannheim Nordost, Koordinaten: 346650/559460 (unbehandelt) bzw. 346870/559460 (behandelt)). Um die Versuchsbedingungen möglichst einheitlich zu halten, wurden gleichalte Waldinnenbestände (über 80 Jahre) gewählt. Bei der Dimilin-Ausbringung wurde die unbehandelte Vergleichsfläche als Fenster ausgespart.

Mit Ausnahme der beiden Zusatzerhebungen im Roteichenbestand bei Rüsselsheim wurden an allen Probebäumen an sieben verschiedenen Tagen jeweils zwei Klopfproben genommen. Dabei wurde immer in einen unteren und einen oberen Kronenbereich unterschieden, um Hinweise zu bekommen, ob sich die Wirkung des von oben gespritzten Mittels mit zunehmendem Abstand zur Kronenoberfläche ändert. Der untere Bereich reichte bis in 8-10 m Höhe, der obere darüber hinaus (je nach Wuchshöhe bis maximal 20 m). Die oberen Bereiche der Bäume zeichneten sich durch ein dichtes Laubwerk infolge hoher Sonneneinstrahlung, die

unteren durch geringere Beastung und weniger Lichteinfall aus. Teils fiel das Licht ganzjährig nahezu ungehindert bis auf den Waldboden, so daß die genannten Unterschiede nicht deutlich ausgebildet waren.

In jedem Stratum wurden jeweils fünf möglichst weit verzweigte Astenden abgeklopft und zu einer Probe zusammengefaßt. Dazu wurde mit einer hydraulischen Hubarbeitsbühne stufenweise bis in maximal 20 m Höhe gefahren, ein Schirm unter die Astenden gehalten und die hier lebenden Wirbellosen mit einem Stock in den Schirm geklopft. Anschließend wurden die zu bearbeitenden Tiergruppen mit einem Exhaustor aus dem Schirm gesaugt und für die spätere Determination mit Essigäther abgetötet. Da sich viele Tiere bei Erschütterungen als Fluchtreaktion fallen lassen, war darauf zu achten, daß die zu beklopfenden Äste zuvor nicht von der Hubarbeitsbühne berührt wurden.

In Lampertheim wurden zusätzlich zu diesen Klopfproben auf jeder Probefläche fünf mit einer Fangflüssigkeit versehene Bodenfallen aufgestellt, um mögliche Auswirkungen des Dimilins auf die Laufkäfer zu untersuchen. Die Becher wurden am 12.4.1994 vergraben und anschließend nach Beendigung der Probenahmen in den Kronen in in der Regel dreiwöchigen Abständen geleert. Es ergaben sich pro Probefläche insgesamt 745 Fallentage. Wurden Fallen beispielsweise durch Wildschweine ausgegraben oder anderweitig unbrauchbar gemacht, wurde dies bei jeder Probenahme notiert und später bei der Auswertung berücksichtigt. Bei der Bestimmung der bis auf eine Restfraktion aussortierten Tiere stellte sich heraus, daß es sinnvoll ist, neben den Laufkäfern weitere Gruppen mit in die Untersuchung einzubeziehen, da diese entweder in großer Zahl oder Biomasse vertreten waren. Hierzu gehören die Blatthornkäfer mit dem sehr häufigen Mistkäfer (*Trypocopris vernalis*) sowie die Geradflügler mit der sehr häufigen Waldgrille (*Nemobius sylvestris*).

Die Flächen in Rüsselsheim wurden 1994 nicht mehr mit Dimilin behandelt. Da aber noch ein Befall durch den Schwammspinner gegeben war, wurde hier sowohl die 1993 mit Dimilin behandelte als auch die unbehandelte Fläche mit *B.t.k.* bespritzt. Dieses Mittel wurde bereits am 2.5.1994 vor der ersten Probenahme ausgebracht. Bei Lampertheim wurde auf beiden Probeflächen vor der am 6.5.1994 erfolgten Behandlung mit Dimilin eine Nullprobe genommen.

Das Insektizid Diflubenzuron ist ein Häutungshemmer, der oral aufgenommen wird. Diflubenzuron zeigt nicht nur bei Schmetterlingen, sondern auch bei anderen Insektengruppen Wirkung. Außer bei Insektenlarven konnten auch bei Eiern und Imagines Wirkungen wie erhöhte Mortalität, Sterilität und abnormes Verhalten nachgewiesen werden. Nach FORSTER (1993) können Diflubenzuron-Konzentrationen von $> 0,5\text{mg/kg}$ zur Dezimierung einzelner Collembolen-Arten führen. Die Art *Isotomiella minor* zeigte bereits im ng-Bereich des Mittels irreversible Schäden. Von besonderer Bedeutung ist die beim Einsatz auf der Iberischen Halbinsel beobachtete lange Persistenz (SORIA et al. 1986).

Auf den hier untersuchten Flächen wurde 150 g/ha Dimilin appliziert, das entspricht 15 mg/m^2 . Dimilin enthält 25 % des Wirkstoffes Diflubenzuron. Das heißt, daß durchschnittlich $3,7 \text{ mg/m}^2$ Diflubenzuron ausgebracht wurden. Bei Lampertheim wurde in einem für Rückstandsanalysen eingerichteten Untersuchungsgebiet (Waldabteilung 514) die höchste Konzentration an Dimilin ($0,8 \text{ mg/kg}$) und dessen Abbauprodukt 4-Chloranilin ($0,1 \text{ mg/kg}$) in der Humusschicht erst zwei Wochen nach der Applikation gemessen. Bei der Beprobung am 7.7.1994 lagen die Werte bereits unter der Nachweisgrenze. Im humosen Oberboden (Ah-Horizont) konnten zu keiner Zeit Rückstände gemessen werden. Weiteres ist der in Vorbereitung befindlichen Veröffentlichung zur Rückstandsanalyse zu entnehmen (in: Forschungsberichte der Hessischen Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie, Bd. 21).

3. Ergebnisse

3.1 Käfer

Im Roteichenbestand südlich von Rüsselsheim wurden 1993 und im Frühjahr 1994 insgesamt 931 Käferindividuen aus 95 Arten und im Stieleichenbestand bei Lampertheim insgesamt 500 Käferindividuen aus 61 Arten durch Abklopfen im Bereich der Baumkronen gefangen. Hinzu kommen bei Lampertheim 1108 Käferindividuen, die mit Bodenfallen gefangen wurden. Die bodenbewohnenden Käfer setzen sich aus 31 Laufkäfer-, 7 Blatthornkäfer- und 2 Hirschkäfer-Arten zusammen. Weitere mit Bodenfallen gefangene Käferfamilien wurden nicht berücksichtigt.

Während die Fangergebnisse im Stieleichenbestand bei Lampertheim weder bei den baum- noch den bodenbewohnenden Käfern Rückschlüsse auf eine mögliche Schädigung durch die Dimilin-Ausbringung zulassen, gibt es im Roteichenbestand bei Rüsselsheim verschiedene Hinweise auf eine Beeinträchtigung. Im folgenden werden deshalb lediglich die im Roteichenbestand gewonnenen Ergebnisse dargestellt.

Betrachtet man die Phänologie der Käfer des Roteichenbestandes (Abb. 1), so fällt auf, daß entlang der mit Dimilin behandelten Schneise in der Regel mehr Arten und Individuen gefangen wurden als im unbehandelten Bestand. Dies läßt sich durch einen Entzug der Lebensgrundlage "Belaubung" der nicht behandelten Bäumen erklären. Dort konnten die Schwammspinner ungehemmt fressen und bewirkten in der Kronenregion meist einen Kahlfraß. Außerdem können sich viele Käfer durch die regen Aktivitäten der Schwammspinner gestört fühlen und abwandern. Auf den behandelten Bäumen bleibt mehr Blattsubstanz erhalten, so daß von den unbehandelten Bäumen einwandernde Käfer hier eine reichhaltigere Lebensgrundlage vorfinden als auf den unbehandelten Bäumen.

Da es sich bei Dimilin um einen Häutungshemmer handelt, kann es nur auf Larven (und Eier, sofern diese auf ein mit Dimilin kontaminiertes Substrat abgelegt werden) toxisch wirken,

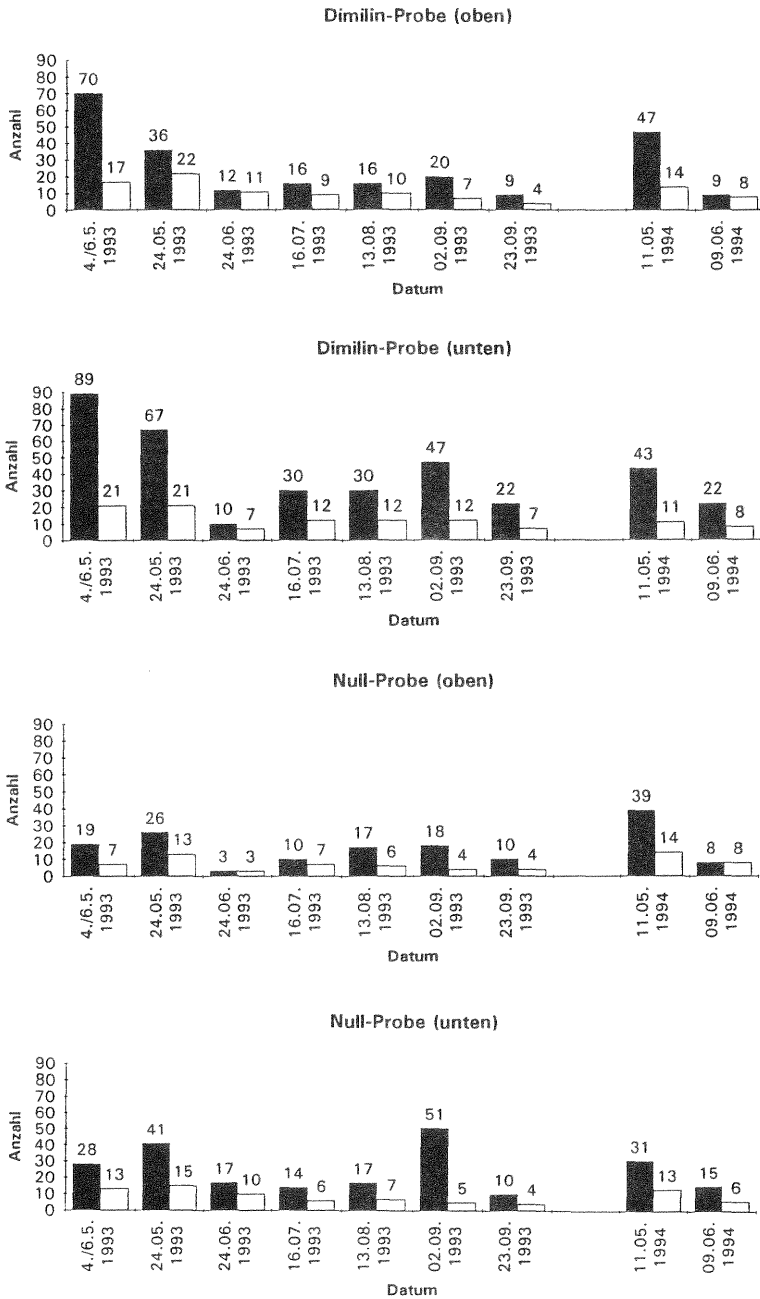


Abb. 1: Phänologie der baumbewohnenden Käferarten (weiße Säulen) und -individuen (schwarze Säulen) im Roteichenbestand bei Rüsselsheim. Die Dimilin-Spritzung erfolgte am 11. 5. 1993.

nicht aber auf Imagines. Dies erklärt den nur leichten Rückgang der Individuen- und Artenzahlen nach der Spritzung. Dieser Rückgang ist jedoch als Indiz für eine Schädigung durch das Dimilin aufzufassen, da auf allen anderen Probeflächen, d. h. auch auf denen für die *B.t.k.*-Untersuchung herangezogenen, die hier nicht dargestellt sind, der Käferbestand vom 4./6.5.1993 zum 24.5.1993 zunahm.

Da davon auszugehen ist, daß auch Käferlarven und -eier vom Dimilin-Einsatz betroffen werden, - und zwar nicht nur zum Spritzzeitpunkt vorhandene, sondern auch noch später abgelegte Eier und aus Eiern geschlüpfte Larven -, kann sich der Gifteinsatz erst im Jahr 1994 in den Populationsstärken der Imagines nachhaltig niederschlagen. Bei Arten, deren Larvalentwicklung mehr als ein Jahr in Anspruch nimmt (z. B. viele Bockkäfer), wird der Effekt sogar noch später zu verzeichnen sein. Betrachtet man unter diesem Aspekt die Ergebnisse der beiden Fangtage im Frühjahr 1994 (Abb. 1), so ist die zu erwartende Schädigung zunächst nicht zu erkennen. Schlüsselt man die Fangergebnisse der ersten beiden Fangtage der Jahre 1993 und 1994 jedoch nach ökologischen Typen auf (Abb. 2), machen sich deutliche Unterschiede bemerkbar. Es ist bei diesem Vergleich hervorzuheben, daß die Arten, die ihren gesamten Entwicklungszyklus auf den Eichen durchleben, insbesondere auf der mit Dimilin behandelten Fläche zurückgingen, während Arten, die ihre Larvalentwicklung im Boden durchlaufen, ihren Bestand weitgehend beibehielten. Dies läßt mit großer Wahrscheinlichkeit darauf schließen, daß eine Schädigung bei einem Teil der baumbewohnenden Käferfauna erfolgte.

3.2 Wanzen

Im Roteichenbestand südlich von Rüsselsheim wurden 1993 und im Frühjahr 1994 insgesamt 854 Wanzenindividuen aus 28 Arten und im Stieleichenbestand bei Lampertheim insgesamt 153 Wanzenindividuen aus 20 Arten durch Abklopfen im Bereich der Baumkronen gefangen.

Betrachtet man die in Abbildung 3 für den Roteichenbestand bei Rüsselsheim dargestellten Fangergebnisse, so ist es nicht möglich Rückschlüsse auf eine Beeinträchtigung der Wanzenpopulation durch die Ausbringung von Dimilin zu ziehen. Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, daß die dominanten Arten *Calocoris striatellus*, *Dryophilocoris flavoquadrimaculatus*, *Harpocera thoracica* und *Psallus perrisi* anhand deren Populationsentwicklungen mögliche Auswirkungen am besten ablesbar gewesen wären, ihre natürlichen Imaginalzyklen 1993 bereits im Mai abgeschlossen hatten. Andererseits blieb 1994 aufgrund eines allgemeinen Bestandsrückgangs eine derartige Massenentwicklung, die weitere Hinweise hätte liefern können, aus. Im weiteren Verlauf des Jahres 1993 konnten im Roteichenbestand nur wenige Wanzenarten und -individuen gefangen werden, die keinerlei Rückschlüsse zulassen.

Im Stieleichenbestand bei Lampertheim wurden aufgrund des allgemeinen Bestandsrückgangs im Jahr 1994 nur sehr wenige Wanzen gefangen. Die hier nicht näher dargestellten Ergebnisse lassen keine Rückschlüsse auf negative Auswirkungen durch die Dimilin-Ausbringung zu.

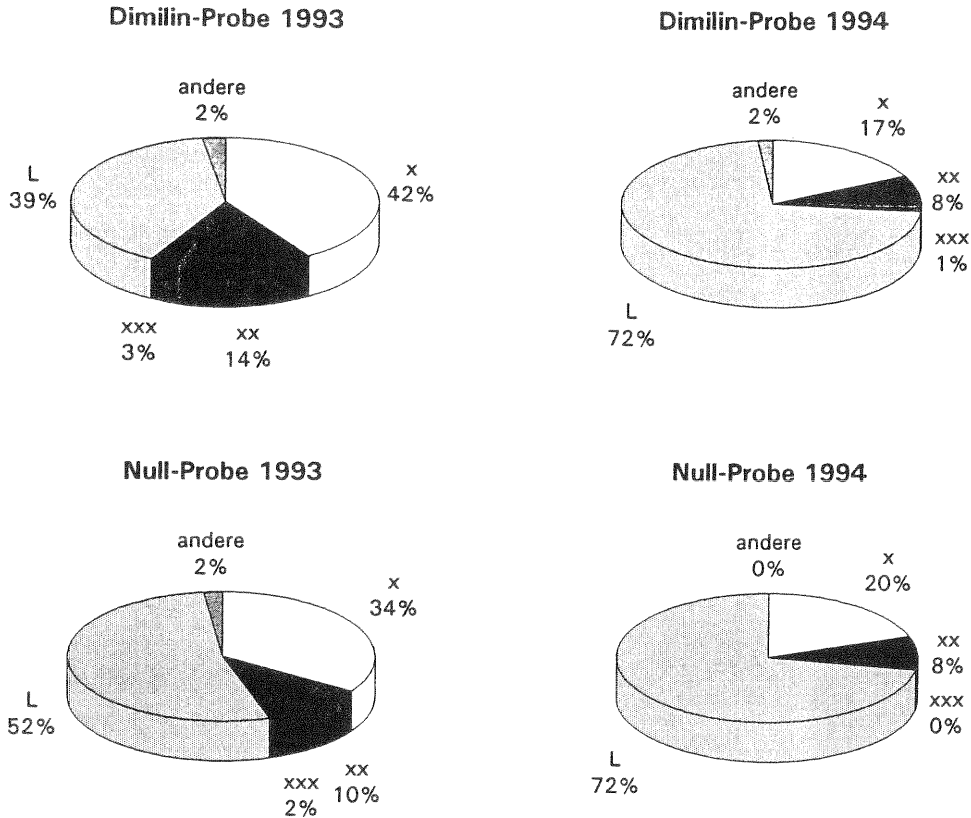


Abb. 2: Individuendominanzen der unterschiedlichen ökologischen Typen der Käfer während der ersten beiden Fangtage der Untersuchungsjahre 1993 und 1994 im Roteichenbestand bei Rüsselsheim (x: eurydendrisch auf verschiedenen Laubbaumarten; xx: oligodendrisch auf wenigen Baumgattungen, hauptsächlich an *Quercus*; xxx: monodendrisch nur an *Quercus*; andere: andere Lebensweise, nicht an Eichen; L: Larvalentwicklung meist im Boden, nicht auf Eichen, wo aber die Imagines zu finden sind). Die prozentualen Angaben beruhen auf folgenden absoluten Individuenzahlen: Dimilin 1993 = 262, Dimilin 1994 = 115, Null 1993 = 113, Null 1994 = 95.

Erwähnenswert ist jedoch, daß hier zur Zeit der größten Fraßaktivität der Schwammspinner mehr Wanzen auf der mit Dimilin behandelten Fläche gefangen wurden, was auf eine Abwanderung schließen läßt. Eine derartige Abwanderung konnte 1993 hinsichtlich der Wanzen im Roteichenbestand nicht beobachtet werden.

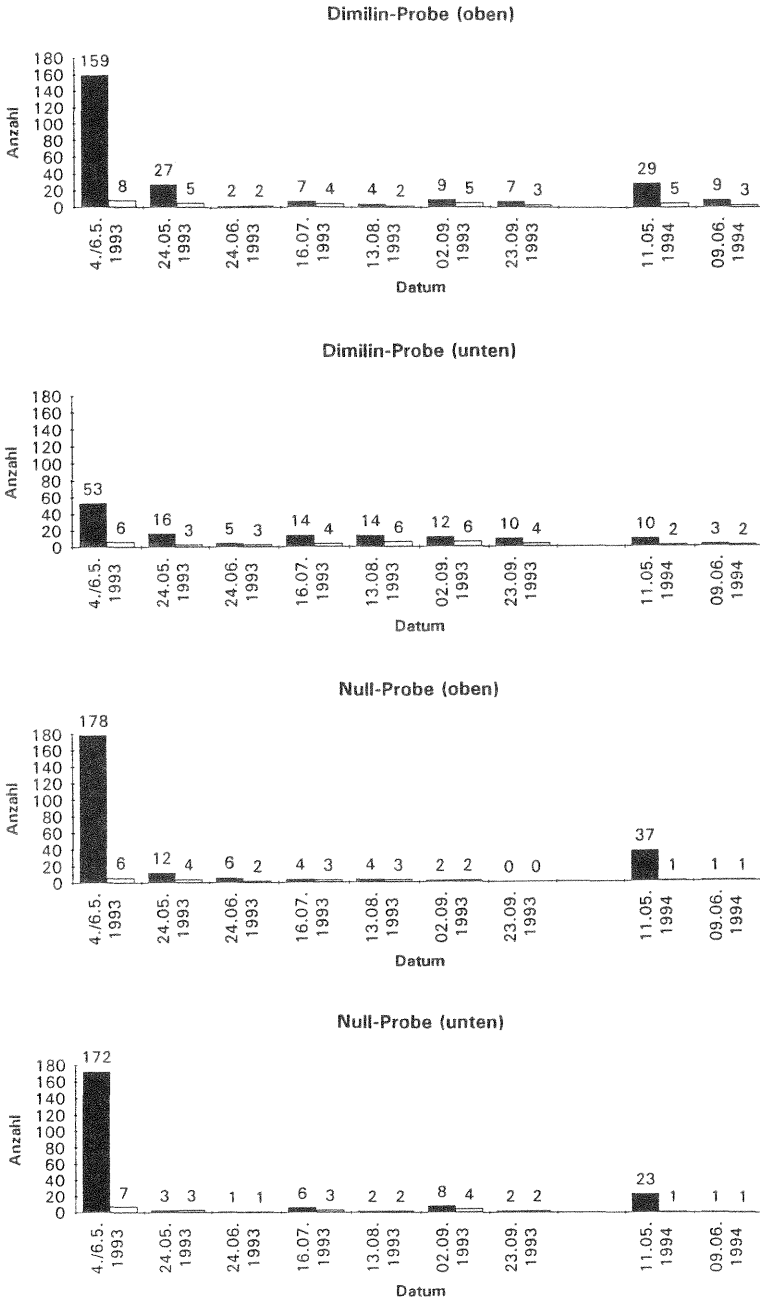


Abb. 3: Phänologie der baumbewohnenden Wanzenarten (weiße Säulen) und -individuen (schwarze Säulen) im Roteichenbestand bei Rüsselsheim. Die Dimilin-Spritzung erfolgte am 11. 5. 1993.

3.3 Geradflügler

Im Roteichenbestand südlich von Rüsselsheim wurden 1993 und im Frühjahr 1994 insgesamt 193 Geradflüglerindividuen aus 8 Arten und im Stieleichenbestand bei Lampertheim insgesamt 269 Geradflüglerindividuen aus 4 Arten durch Abklopfen im Bereich der Baumkronen gefangen. Hinzu kommen bei Lampertheim 347 Geradflüglerindividuen aus 4 Arten, die mit Bodenfallen gefangen wurden.

Die in Abbildung 4 dargestellte Phänologie der Geradflügler im Roteichenbestand bei Rüsselsheim zeigt, daß Imagines in größerer Zahl erst nach der Ausbringung des Dimilins auftrafen. Hierbei handelt es sich im wesentlichen um die Ohrwurmart *Chelidurella acanthopygia* und *Forficula auricularia*. Bei einem derartigen Entwicklungszyklus waren die Ohrwürmer besonders prädestiniert sich zu kontaminieren, da sie zur Zeit der Dimilin-Ausbringung als Ei oder Larve vorliegen und sich noch mehrfach häuten bis sie adult sind. Die vorliegenden Ergebnisse liefern jedoch keine eindeutigen Hinweise auf eine mögliche Kontamination. Zwar tritt *Forficula auricularia* als Imago nach der Dimilin-Ausbringung nur auf der unbehandelten Fläche auf, *Chelidurella acanthopygia*, die eine ähnliche Biologie hat, ist jedoch in vergleichbar hoher Zahl im behandelten und unbehandelten Bestand zu finden. Die im Jahr 1994 im Roteichenbestand genommenen Proben bringen keine weiteren Aufschlüsse, da insgesamt nur acht Exemplare gefangen wurden. Im Stieleichenbestand bei Lampertheim konnten in der gesamten Vegetationsperiode 1994 bei keiner Art signifikante Unterschiede in der Populationentwicklung zwischen der behandelten und unbehandelten Fläche festgestellt werden.

Erstaunlich ist vor dem Hintergrund, daß im Kronenbereich keine eindeutigen Unterschiede nachweisbar sind, daß dies am Boden in Bezug auf *Nemobius sylvestris* sehr wohl der Fall ist (s. Tab. 1). Die Larven waren kurz vor und nach der Spritzung auf beiden Probeflächen gleich verteilt, später traten jedoch nur noch auf der Nullprobenfläche Imagines in erheblicher Zahl auf. Auf der behandelten Fläche konnten erst im September wieder Imagines gefangen werden. Hieraus ist zu schließen, daß eine Kontamination sehr wahrscheinlich ist. Es kommt hinzu, daß *Nemobius sylvestris* überwiegend an der Bodenoberfläche lebt, sich sowohl von pflanzlicher als auch von tierischer Kost ernährt und deshalb dem hier während der Häutungsphase nachgewiesenen Dimilin in erheblichem Maße ausgesetzt war.

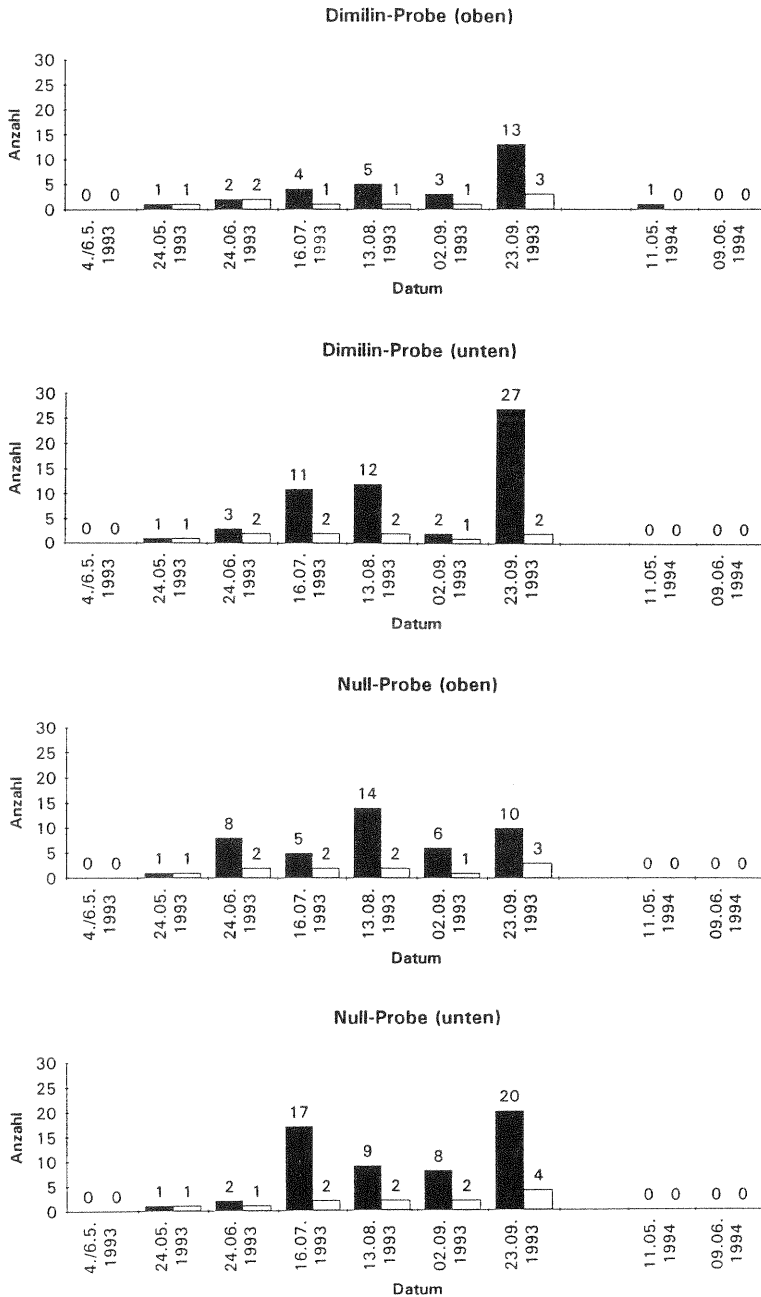


Abb. 4: Phänologie der baumbewohnenden Geradflüglerarten (weiße Säulen) und -individuen (schwarze Säulen) im Roteichenbestand bei Rüsselsheim. Die Dimilin-Spritzung erfolgte am 11. 5.1993.

Tab. 1: Phänologie von *Nemobius sylvestris* am Boden der Stieleichenbestände in Lamerpertheim. Bis zum 26.05.1994 wurden Larven, an den restlichen Tagen Imagines gefangen. Ermittlung von signifikanten Unterschieden nach dem Signifikanztest von MANN-WHITNEY (U-Test) (s. SACHS 1984). Signifikanz-Niveau = 90 % ($p \leq 0,1$), - : es liegen keine Daten vor, ? : der Test konnte nicht durchgeführt werden, 5 Ex. = Zahl der Exemplare, die gefangen wurden, wenn auf der anderen Probefläche keine Fänge vorliegen.

Datum	Fangzahlen		Fallenausfall		Signifikanztest	
	Dimilin	Null	Dimilin	Null	Dimilin	Null
02.05.1994	4	5		1	-	-
Dimilin-Ausbringung am 06.05.1994						
26.05.1994	13	34		2		0,2207
16.06.1994	20	0		5	?	?
07.07.1994	5	11		1		0,3913
28.07.1994	0	46				46 Ex.
18.08.1994	0	52				52 Ex.
08.09.1994	13	73			-	-

4. Diskussion

Die bei dieser Untersuchung gewonnenen Daten sind als Hinweise auf eine mögliche Schädigung von Nichtzielorganismen zu betrachten, da mit den verwendeten Methoden in einem komplexen Ökosystem wie dem Eichenwald nur Ergebnisse erzielt werden können, die es zulassen, Hypothesen oder Theorien zu entwickeln. Die Wirkgefüge in diesem nach außen hin offenen Ökosystem sind so komplex, daß eine Beweisführung in vielen Fällen nicht möglich ist. Beispielsweise müßten, um den Beweis zu führen, daß eine Zuwanderung in die mit Dimilin behandelten und noch mit Blattresten ausgestatteten Kronenbereiche stattfindet, weil in den unbehandelten Bereichen durch die Schwammspinner die Nahrungsgrundlage aufgefressen wurde, hunderte wenn nicht gar tausende von Tieren markiert werden. Abgesehen davon, daß dies einen enormen Arbeitsaufwand erfordern würde, ist damit noch nicht gesichert, daß man zu aussagekräftigen Ergebnissen gelangt. Weiterhin wären begleitende Laboruntersuchungen notwendig. Derartige Untersuchungen konnten in dem uns vorgegebenen Rahmen jedoch nicht durchgeführt werden.

Besonders hervorzuheben ist, daß vergleichbare Untersuchungen im Kronenbereich in der Bundesrepublik bisher noch nicht durchgeführt wurden, wie Literaturrecherchen und Auskünfte von Fachleuten ergaben. Es wurden in Waldökosystemen bisher überwiegend Bodenuntersuchungen durchgeführt (siehe u. a. SCHAEFER 1987). Ferner kamen Stammeklektoren, Plattformen und die Fogging-Methode zur Anwendung (DOROW et al. 1992). Die

Verwendung eines Hubwagens ermöglicht es im Gegensatz zu diesen Methoden einerseits, viele Probestämme in die Untersuchung einzubeziehen, wodurch die Repräsentanz der Ergebnisse erhöht wird, andererseits kann sehr flexibel auf sich eventuell verändernde Rahmenbedingungen reagiert werden.

Die vorliegenden Ergebnisse lassen eine Einschätzung zu, ob die verwendeten Mittel außer auf die Schwammspinner auch auf andere Insekten Auswirkungen haben können. Ein vielfach in der Presse prognostizierter allgemeiner Zusammenbruch des Ökosystems hat bisher nicht stattgefunden. Die Mittel scheinen diffiziler zu wirken, was sie nicht ungefährlicher macht.

Es ist zusätzlich zu den bereits im Abschnitt 3 dargestellten Hinweisen auf eine mögliche Schädigung zu bedenken, daß beim großflächigen Einsatz von Insektiziden zur Schwammspinnerbekämpfung in unseren Breiten bevorzugt wärmebegünstigte Wälder betroffen sind. Diese weisen insbesondere hinsichtlich der Käferfauna viele seltene und vom Aussterben bedrohte Arten auf. So konnten im Rahmen dieser Untersuchung 3 vom Aussterben bedrohte, 11 stark gefährdete und 10 gefährdete Käferarten im Kronenbereich nachgewiesen werden (Einstufung nach der Roten Liste der BRD (BLAB et al. 1984)). Hinzu kommen weitere bemerkenswerte Wanzenarten. Ein großflächiger Einsatz könnte somit zum lokalen Aussterben bzw. zum empfindlichen Rückgang gefährdeter Arten führen.

Es ist weiterhin zu berücksichtigen, daß beim Einsatz von Pestiziden auch immer räuberisch lebende Arten betroffen werden, die im nächsten Jahr die Kalamität durch ihre Aktivitäten lindern könnten. Bei den vorliegenden Erhebungen wurden als bekannte Schwammspinner-Prädatoren der Kleine Puppenräuber (*Calosoma inquisitor*) und der Aaskäfer *Xylodrepa quadrimaculata* nachgewiesen. Aber auch die Baumwanzen *Palomena prasina*, *Rhaphigaster nebulosa*, *Pentatoma rufipes* und *Arma custos* kommen als Feinde der Schwammspinner-Raupen in Frage. Zur Klärung des genauen Beutespektrums dieser Wanzenarten sind nahrungsbioologische Untersuchungen in Schwammspinner-Habitaten notwendig.

Literaturrecherchen ergaben, daß bei im Jahr 1994 durchgeführten Kescherfängen in Grasbeständen an Waldwegekreuzungen im Bienwald (Rheinland-Pfalz) der Heuschrecken- und Wanzenbestand auf mit Dimilin kontaminierten Flächen signifikant geringer war als auf unbehandelten (SCHULTE in Vorbereitung). WHITMORE et al. (1993) konnten darüber hinaus nachweisen, daß Vögel, die mit Dimilin kontaminierten Insekten gefüttert wurden, geringere Fettreserven anlegen. Dies kann bei Zugvögeln die Folge haben, daß sie den Zug, bei Standvögeln, daß sie den Winter nicht überstehen.

Das Fazit aus den vorliegenden Daten ist, daß eine negative Beeinträchtigung durch das Dimilin zumindest auf einige Tierarten oder -gruppen nicht auszuschließen ist. Ein umfassender Zusammenbruch des Ökosystems blieb zwar aus, weitere auch nachhaltige Beeinträchtigungen können jedoch eintreten.

Literatur

- BLAB, J., E. NOWAK, W. TRAUTMANN & H. SUKOPP (Hrsg.) (1984): Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland, - Kilda-Verlag, Greven.
- BORNHOLDT, G. & U. BRENNER (in Vorb.): Zoologische Begleituntersuchung zur Schwammspinnerbekämpfung im Bereich der Forstämter Mörfelden-Walldorf und Lampertheim. - Forsch.ber. Hess. Landesanst. Forsteinrichtung, Waldforsch. und Waldökologie 21.
- DOROW, W. H. O., G. FLECHTNER & J.-P. KOPELKE (1992): Naturwaldreservate in Hessen, zoologische Untersuchungen - Konzept. - Mitt. Hess. Forstverwalt. 26: 159 S.
- FORSTER, R., T. KAMPMANN & C. KULA (1993): Gefährdungsabschätzung für eine Schwammspinnerbekämpfung mit chemischen und biologischen Pflanzenschutzmitteln in den Prüfbereichen Bodenfauna, Honigbiene und Nutzorganismen. In: Schwammspinner-Kalamität im Forst.- Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtsch., Heft 293: 203-216
- SACHS, L. (1984): Angewandte Statistik. - Springer Verlag, 552 S.
- SCHAEFER, M. (Hrsg.) (1987): Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Band XVII.
- SCHULTE, T. (in Vorbereitung): Auswirkungen des Dimilineinsatzes gegen den Schwammspinner im Bienwald 1994 auf Heuschrecken und Wanzen.
- SORIA, S., F. ABOS & E. MARTIN (1986): Influencia de los tratamientos con diflubenzuron ODC 45 % sobre pinares en las poblaciones de *Graellsia isabellae* (GRAELLS) (Lep. Syssphingidae) y resena de su biología. - Boletín de la Sanidad Vegetal Plagas 12: 29-50.
- WHITMORE, R. C., R. J. COOPER & B. E. SAMPLE (1993): Bird fat reductions in forests treated with dimilin. - Environmental Toxicology and Chemistry 12: 2059-2064.

Anhang

Tab. 2: Gesamtartenliste mit Fangzahlen der nachgewiesenen Käfer, Wanzen und Geradflügler. K = Klopfproben im Kronenbereich, B = Fang mit Bodenfallen im Stieleichenbestand in Lampertheim.

Art	K	B
KÄFER - COLEOPTERA		
Laufkäfer - Carabidae		
<i>Calosoma inquisitor</i> (L., 1758)		1
<i>Carabus coriaceus</i> (L., 1758)		35
<i>Carabus violaceus</i> (L., 1758)		28
<i>Carabus problematicus</i> (Hbst., 1786)		36
<i>Carabus nemoralis</i> (Müll., 1764)		38
<i>Leistus rufomarginatus</i> (Duft., 1812)		3
<i>Leistus ferrugineus</i> (L., 1758)		3
<i>Nebria brevicollis</i> (F., 1792)		5
<i>Notiophilus aestuans</i> (Motsch., 1864)		1
<i>Notiophilus palustris</i> (Duft., 1812)		15
<i>Notiophilus germinyi</i> (Fauv., 1863)		78
<i>Notiophilus rufipes</i> (Curt., 1829)		1
<i>Notiophilus biguttatus</i> (F., 1779)		10
<i>Bembidion lampros</i> (Hbst., 1784)		2
<i>Harpalus rufipes</i> (Deg., 1774)		70
<i>Harpalus latus</i> (L., 1758)		5
<i>Harpalus tardus</i> (Pz., 1797)		1
<i>Poecilus lepidus</i> (Leske, 1785)		1
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824)		1
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (F., 1787)		243
<i>Pterostichus melanarius</i> (Ill. 1798)		3
<i>Abax parallelepipedus</i> (Pill. & Mitt., 1783)		149
<i>Abax parallelus</i> (Duft., 1812)		24
<i>Calathus fuscipes</i> (Gz., 1777)		3
<i>Calathus erratus</i> (Sahlb., 1827)		2
<i>Calathus micropterus</i> (Duft., 1812)		1
<i>Amara ovata</i> (F., 1792)		1
<i>Amara lunicollis</i> (Schdt., 1837)		2
<i>Amara aenea</i> (Deg., 1774)		2
<i>Amara familiaris</i> (Duft. T., 1812)		1
<i>Dromius linearis</i> (Ol., 1795)		1
<i>Dromius quadrimaculatus</i> (L., 1758)		1
<i>Syntomus foveatus</i> (Fourcr., 1785)		1
Aaskäfer - Silphidae		
<i>Xylodrepa quadrimaculata</i> (L., 1772)		40

Art	K	B
Kurzflügelkäfer - Staphylinidae		
<i>Tachyporus solutus</i> (Er., 1839)		1
<i>Tachinus fimetarius</i> (Grav., 1802)		1
Weichkäfer - Cantharidae		
<i>Cantharis obscura</i> (L., 1758)		2
<i>Cantharis nigricans</i> (Müll., 1776)		8
<i>Rhagonycha fulva</i> (Scop., 1763)		1
<i>Rhagonycha lignosa</i> (Müll., 1764)		67
<i>Malthinus punctatus</i> (Fourcr., 1785)		12
<i>Malthinus seriepunctatus</i> (Kiesw., 1851)		28
Malachitkäfer - Malachiidae		
<i>Axinotarsus marginalis</i> (Cast., 1840)		2
Wollhaarkäfer - Melyridae		
<i>Dasytes aerosus</i> (Kiesw., 1867)		7
Buntkäfer - Cleridae		
<i>Opilo mollis</i> (L., 1758)		2
Schnellkäfer - Elateridae		
<i>Ampedus sinuatus</i> (Germ., 1844)		1
<i>Ampedus balteatus</i> (L., 1758)		1
<i>Ampedus elongatulus</i> (F., 1787)		7
<i>Dalopius marginatus</i> (L., 1758)		42
<i>Agriotes aterrimus</i> (L., 1761)		4
<i>Melanotus rufipes</i> (Hbst., 1784)		1
<i>Agrypnus murinus</i> (L., 1758)		3
<i>Denticollis linearis</i> (L., 1758)		1
<i>Cidnopus aeruginosus</i> (Ol., 1790)		1
<i>Cidnopus parvulus</i> (Panz., 1799)		7
<i>Stenagostus rhombeus</i> (Ol., 1790)		1
<i>Athous haemorrhoidalis</i> (F., 1801)		31
<i>Dicronychus cinereus</i> (Hbst., 1784)		27
<i>Athous subfuscus</i> (Müll., 1767)		1
Schienenkäfer - Eucnemidae		
<i>Dromaeolus barnabita</i> (Villa, 1838)		2
Prachtkäfer - Buprestidae		
<i>Agriilus laticornis</i> (Ill., 1803)		4

Tab. 2: Fortsetzung

Art	K	B
<i>Agrilus obscuricollis</i> (Kiesw., 1857)	3	
<i>Agrilus angustulus</i> (Ill., 1803)	5	
<i>Agrilus sulcicollis</i> (Lacord., 1835)	1	
<i>Agrilus graminis</i> (Cast. & Gory, 1837)	5	
Glanzkäfer - Nitidulidae		
<i>Pria dulcamarae</i> (Scop., 1763)	1	
<i>Cychramus luteus</i> (F., 1787)	2	
Glattkäfer - Phalacridae		
<i>Olibrus aeneus</i> (F., 1792)	7	
<i>Olibrus corticalis</i> (Panz., 1797)	2	
<i>Olibrus flavicornis</i> (Sturm, 1807)	2	
<i>Olibrus liquidus</i> (Er, 1845)	6	
Moderkäfer - Latridiidae		
<i>Corticaria gibbosa</i> (Hbst., 1793)	31	
<i>Corticaria similata</i> (Gyll., 1827)	2	
Marienkäfer - Coccinellidae		
<i>Chilocorus bipustulatus</i> (L., 1758)	3	
<i>Chilocorus renipustulatus</i> (Scriba, 1950)	46	
<i>Exochomus quadripustulatus</i> (L., 1758)	3	
<i>Adalia decempunctata</i> (L., 1758)	33	
<i>Adalia bipunctata</i> (L., 1758)	18	
<i>Coccinella septempunctata</i> L., 1758	23	
<i>Coccinella quinquepunctata</i> L., 1758	1	
<i>Calvia quatuordecimguttata</i> (L., 1758)	1	
<i>Oenopia conglobata</i> (L., 1758)	4	
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i> (L., 1758)	98	
<i>Anatis ocellata</i> (L., 1758)	1	
<i>Halyzia sedecimguttata</i> (L., 1758)	4	
Schwammfresser - Cisidae		
<i>Cis alni</i> (Gyll., 1813)	1	
Pochkäfer - Anobiidae		
<i>Hedobia imperialis</i> (L., 1767)	7	
<i>Xestobium plumbeum</i> (Ill., 1801)	13	
<i>Anobium fulvicorne</i> Sturm, 1837	7	
<i>Caenocara affinis</i> (Sturm, 1837)	1	
Feuerkäfer - Pyrochroidae		
<i>Pyrochroa coccinea</i> (L., 1761)	1	
Seidenkäfer - Scaptiidae		
<i>Anaspis frontalis</i> (L., 1758)	4	
<i>Anaspis maculata</i> (L., 1758)	1	
<i>Anaspis thoracica</i> (L., 1758)	2	

Art	K	B
Stachelkäfer - Mordellidae		
<i>Tomoxia biguttata</i> (Gyll., 1827)	1	
Moderholzkäfer - Aderidae		
<i>Aderus oculatus</i> (Panz., 1796)	1	
Blütenkäfer - Anthicidae		
<i>Notoxys monoceros</i> (L., 1761)	7	
Düsterkäfer - Melandryidae		
<i>Anisoxya fuscula</i> (Ill., 1798)	2	
<i>Conopalpus testaceus</i> (Ol., 1790)	1	
Wollkäfer - Lagriidae		
<i>Lagria atripes</i> (Muls. & Guillb., 1855)	15	
Schwarzkäfer - Tenebrionidae		
<i>Nalassus laevioctostriatus</i> (Goeze, 1777)	8	
Mistkäfer - Geotrupidae		
<i>Trypocopris vernalis</i> (L., 1758)		271
Blatthornkäfer - Scarabaeidae		
<i>Onthophagus ovatus</i> (L., 1767)		1
<i>Onthophagus similis</i> (Scriba, 1790)		1
<i>Serica brunnea</i> (L., 1758)		38
<i>Melolontha hippocastani</i> (F., 1801)	124	16
<i>Cetonia aurata</i> (L., 1761)		10
<i>Protaetia cuprea</i> (F., 1775)		2
Hirschkäfer - Lucanidae		
<i>Dorcus parallelipedus</i> (L., 1758)		1
<i>Platycerus caraboides</i> (L., 1758)	1	1
Bockkäfer - Cerambycidae		
<i>Cortodera humeralis</i> (Schall., 1783)	6	
<i>Callimellum angulatum</i> (Schrk., 1789)	1	
<i>Clytus arietis</i> (L., 1758)	1	
<i>Mesosa nebulosa</i> (F., 1781)	1	
<i>Leiopus nebulosus</i> (L., 1758)	2	
<i>Exocentrus adpersus</i> (Muls., 1846)	4	
Blattkäfer - Chrysomelidae		
<i>Cryptocephalus pusillus</i> (F., 1777)	9	
<i>Phyllotreta vittula</i> (Redt., 1849)	7	
<i>Phyllotreta nigripes</i> (F., 1775)	46	
<i>Aphthona euphorbiae</i> (Schrk., 1781)	1	
<i>Aphthona venustula</i> (Kutsch., 1861)	1	
<i>Altica quercetorum</i> (Foudr., 1860)	2	
<i>Crepidodera aurea</i> (Fourcr., 1785)	2	

Tab. 2: Fortsetzung

Art	K	B
<i>Chaetocnema concinna</i> (Marsh., 1802)	4	
Breitmaulrüssler - Anthribidae		
<i>Tropideres albirostris</i> (Hbst., 1783)	1	
<i>Brachytarsus nebulosus</i> (Forst., 1771)	14	
Glanzrüssler - Rhynchitidae		
<i>Lasiorynchites cavifrons</i> (Gyll., 1833)	2	
<i>Deporaus betulae</i> (L., 1758)	6	
Spitzmausrüssler - Apionidae		
<i>Perapion marchicum</i> (Hbst., 1797)	1	
<i>Entrichapion vorax</i> (Hbst., 1797)	1	
<i>Protapion fulvipes</i> (Fourcr., 1785)	11	
<i>Protapion nigritarse</i> (Kirby, 1808)	5	
Rüsselkäfer - Curculionidae		
<i>Phyllobius argentatus</i> (L., 1758)	131	
<i>Polydrusus cervinus</i> (L., 1758)	22	
<i>Strophosoma melanogrammum</i> (Forst., 1771)	108	
<i>Strophosoma capitatum</i> (Geer, 1775)	239	
<i>Tychius picirostris</i> (F., 1787)	1	
<i>Curculio venosus</i> (Grav., 1807)	4	
<i>Curculio glandium</i> (Marsh., 1802)	22	
<i>Curculio pyrrhoceras</i> (Marsh., 1802)	4	
<i>Magdalis exarata</i> (Bris., 1862)	2	
<i>Rhynchaenus quercus</i> (L., 1758)	1	
WANZEN - HETEROPTERA		
Baumwanzen - Pentatomidae		
<i>Carpocoris purpureipennis</i> (Deg., 1773)	1	
<i>Holcostethus vernalis</i> (Wolff, 1804)	1	
<i>Palomena prasina</i> (L., 1761)	46	
<i>Pentatoma rufipes</i> (L., 1758)	2	
<i>Rhaphigaster nebulosa</i> (Poda, 1761)	2	
<i>Pentatoma rufipes</i> (L., 1758)	11	
<i>Arma custos</i> (F., 1794)	4	
Stachelwanzen - Acanthosomatidae		
<i>Acanthosoma haemorrhoidale</i> (L., 1758)	3	
<i>Elasmucha grisea</i> (L., 1758)	1	
Lederwanzen - Coreidae		
<i>Gonocerus acuteangulatus</i> (GZ.), 1788	4	
<i>Ceraleptus gracilicornis</i> (H.-S.), 1835	4	
Bodenwanzen - Lygaeidae		
<i>Kleidocerys resedae</i> (PZ., 1797)	16	
<i>Sphragisticus nebulosus</i> (Fall., 1807)	1	

Art	K	B
Sichelwanzen - Nabidae		
<i>Himacerus apterus</i> (F., 1789)	67	
<i>Aptus myrmecoides</i> (Costa, 1834)	6	
<i>Nabis pseudoferus</i> (Rem., 1949)	1	
<i>Nabis ferus</i> (L., 1758)	2	
<i>Nabis spec.</i>	1	
Blumenwanzen - Anthocoridae		
<i>Anthocoris nemoralis</i> (F., 1794)	2	
<i>Anthocoris nemorum</i> (L., 1761)	1	
<i>Orius spec.</i>	10	
Weichwanzen - Miridae		
<i>Deraeocoris lutescens</i> (Schill., 1836)	35	
<i>Agnocoris reclairi</i> (E. Wgn., 1949)	30	
<i>Calocoris striatellus</i> (F.)	328	
<i>Megacoelem infusum</i> (H.-S., 1839)	1	
<i>Stenodema laevigatum</i> (L., 1758)	1	
<i>Cylloceria histrionicus</i> (L., 1767)	22	
<i>Dryophilocoris flavoquadrimaculatus</i> (Deg., 1773)	181	
<i>Harpocera thoracica</i> (Fall., 1807)	112	
<i>Phylus melanocephalus</i> (L., 1767)	8	
<i>Psallus perrisi</i> (Gruppe)	62	
<i>Psallus albicinctus</i> (Kb., 1856)	2	
<i>Psallus varians</i> (H.-S., 1842)	30	
<i>Psallus weberi</i> (Rieg., 1977)	5	
OHRWÜRMER - DERMAPTERA		
<i>Chelidurella acanthopygia</i> (GENE), 1832	260	19
<i>Apterygida media</i> (HGB., 1822)	3	
<i>Forficula auricularia</i> (L., 1758)	62	3
<i>Forficulidae</i> gen. spec. (Larven)	83	
SCHABEN - BLATTODEA		
<i>Ectobius silvestris</i> (PODA, 1761)	26	3
LANGFÜHLERSCHRECKEN - EN-SIFERA		
<i>Meconema thalassinum</i> (DEG., 1771)	21	
<i>Nemobius sylvestris</i> (BOSC, 1792)		323

Christine Nohl-Weiler¹ und Erich Dorn²

¹Hoechst Schering AgrEvo GmbH Düsseldorf, ²Hoechst Schering AgrEvo GmbH Frankfurt

Zum Verhalten von Diflubenzuron im Boden und im Wasser

Einleitung

Diflubenzuron - ein Wirkstoff der Uniroyal Chemicals B.V. ist ein insektizider Wirkstoff aus der Gruppe der Benzoylharnstoffe und ist im Produkt Dimilin 25 WP in Deutschland seit 1976 zugelassen. Diflubenzuron kommt im Forst mit 75 g/ha und im Kernobstbau mit 300 g/ha (0.08 % bei 1.500 l Wasser/ha) sowie in Ziergehölzen mit 125 g/ha (0.05 % bei 1.000 l Wasser/ha) und Champignon-Kulturen (2 g / m²) zum Einsatz.

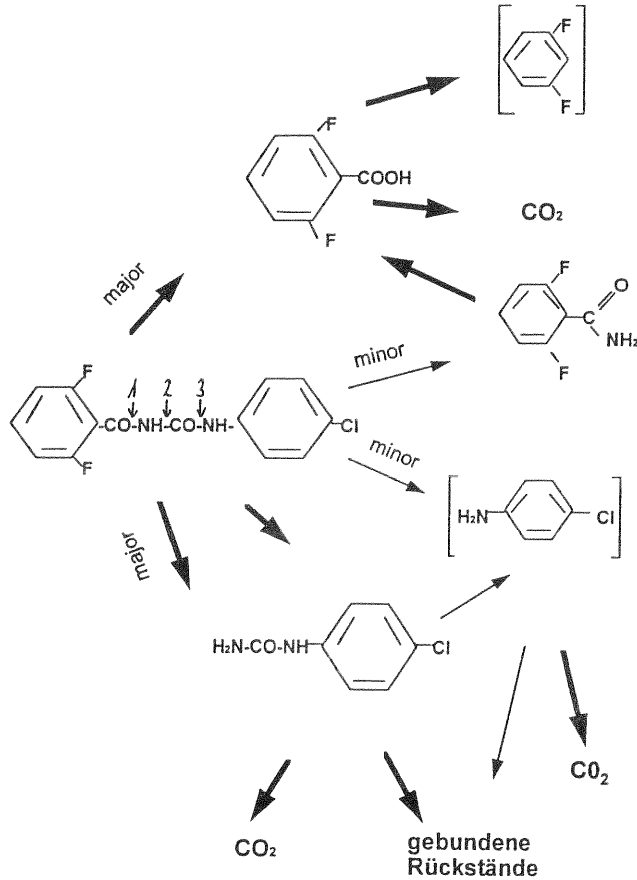
Im Rahmen des Zulassungsverfahrens wird den Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf die Umweltkompartimente Boden, Wasser und Luft sowie auf lebende Organismen im Gesamt-Ökosystem besondere Aufmerksamkeit gewidmet. An dieser Stelle wird das Verhalten von Diflubenzuron im Boden, insbesondere unter Berücksichtigung der Eigenschaften der Metaboliten, sowie der Abbau in Wasser-Sediment-Systemen vorgestellt.

Abbau von Diflubenzuron und dessen Metaboliten im Boden

Der Abbau von Diflubenzuron im Boden erfolgt hauptsächlich mikrobiell und in Abhängigkeit von der Bodenart und dem Humusgehalt mit einer Halbwertszeit von 2 - 7 Tagen und einer DT 90 von 7 - 20 Tagen. Die Partikelgröße der Formulierung hat auch einen entscheidenden Einfluß auf die Abbaugeschwindigkeit von Diflubenzuron im Boden.

Aufgrund der physikalischen Eigenschaften von Diflubenzuron, insbesondere der niedrigen Wasserlöslichkeit, ist der Lösungsgrad im Wasser daher von der Oberfläche und somit von der Partikelgröße abhängig. Bei Partikeln mit einer durchschnittlichen Größe von 2 µm erfolgt ein deutlich schnellerer Abbau als bei Partikelgrößen über 5 µm.

Nach hydrolytischer Spaltung der C-N-Bindung 1 entstehen nach mehreren Zwischenstufen als Hauptmetaboliten *4-Chlorphenylharnstoff* (CPU), *2,6-Difluor-Benzoesäure* (DFBA) und CO₂ (Abbildung 1). Das gelegentliche Auftreten von *2,6-Difluorbenzamid* (DFBAM) deutet auf einen weiteren Abbauweg hin. Hier werden die C-N-Bindungen 2 oder 3 gespalten. Neben dem DFBAM entsteht als weiterer sogenannter "minor"-Metabolit *4-Chloranilin* (oder synonym *4-Chlor-Benzolamin*, *4-Chlorphenylanilin* oder *para-Chloranilin*, PCA).



DFBA = 2,6-Difluor-Benzoesäure
 CPU = 4-Chlorphenylharnstoff

DFBAM = 2,6-Difluorbenzamid
 PCA = 4-Chlorphenylanilin

Abb. 1: Diflubenzuron im Boden - Abbauschema

Die beiden Hauptmetaboliten CPU und DFBA sind im Boden relativ instabil. CPU wird im Boden nur in geringem Maße absorbiert - die entsprechenden KOC-Werte liegen je nach Bodenart zwischen 120 und 170 - und mit einer DT 50 von 2 - 3 Monaten zu CO₂ und gebundenen Rückständen abgebaut. Darüberhinaus erfolgt in geringem Maße auch ein Abbau des CPU zu PCA. DFBA wird rasch decarboxyliert und unter aeroben Bedingungen mit einer DT 50 von 9 - 12 Tagen bzw. einer DT 100 von 32 Tagen in mehreren Zwischenstufen vollständig abgebaut.

Die aus einer speziellen Metabolismus-Studie mit radioaktiv-markiertem Diflubenzuron in einem sandigen Lehmboden mit 1.8 % organischer Substanz und einem pH-Wert von 5.6 abgeleitete Bilanzierung ergab am Tag der Applikation der 13fachen der normalerweise im Forst zum Einsatz kommenden Wirkstoffmenge (976 g/ha) 95 % unveränderter Wirkstoff und jeweils < 0.3 % DFBA, DFBAM, CPU und PCA sowie < 2 % gebundene Rückstände. Bereits nach 14 Tagen war Diflubenzuron bis auf 3,7 % abgebaut; der Anteil an CPU betrug 28 % und die gebundenen Rückstände 37 %; daneben wurde DFBA zu 3 % sowie DFBAM und PCA zu < 0.1 % der jeweils applizierten Menge nachgewiesen. Der Anteil an $^{14}\text{CO}_2$ stieg bis zum Versuchsende am 21. Tag auf ca. 26 % an.

Abbau von Diflubenzuron im Freiland

Mehrere Abbaustudien, die im Freiland durchgeführt wurden, bestätigen auch, daß kein PCA, sondern nur die Hauptmetaboliten CPU und DFBA in 0 - 15 cm Bodentiefe ab 7 Tage nach der Spritzung nachgewiesen werden konnten. Aus den durchgeführten Feldversuchen konnte eine DT 50 von ca. 13 Tagen und eine DT 90 von 87 Tagen bestimmt werden.

Nach Applikation von 140 g Diflubenzuron/ha im Forst (Versuch aus USA 1986) wurden Teichwasser, Sediment, offener und mit Mull bedeckter Boden sowie die Mullschicht selbst, Blätter und Nadeln auf Rückstände von Diflubenzuron und dessen Metaboliten untersucht. Neben Diflubenzuron in allen Matrices wurde CPU nur in offenem Boden bis 7,5 cm Tiefe mit < 0.02 mg/kg analysiert; weitere Metaboliten wurden innerhalb des Versuchszeitraums bis 123 Tage nach der Spritzung nicht festgestellt.

Im Teichwasser, Sediment und im Boden unter der Mullschicht liegen die Rückstände unter der Nachweisgrenze; im offenen Boden wurden 0.03 bis 0.02 mg/kg gemessen. Die Diflubenzuron-Rückstände in der Laub-Mullschicht lagen zwischen 0.07 mg/kg unmittelbar nach der Spritzung und 0.85 mg/kg 123 Tage nach der Applikation mit einem Peak von 1.5 mg/kg 63 Tage nach Applikation. Während der ersten 63 Tage steigt der Rückstand aufgrund der Trocknung des Laubes an; danach hat der Abbau von Diflubenzuron einen geringeren Einfluß auf die Rückstandshöhe.

Bei den Analysen der Blätter und Nadeln zeigt sich die für Diflubenzuron typische Stabilität des Wirkstoffs bei Applikation unmittelbar auf die Blattoberflächen, so daß zunächst sehr hohe Diflubenzuron-Mengen analysiert wurden. Durch das Wachstum der Blätter und Nadeln gehen die Rückstände schließlich sukzessive zurück. Diese Ergebnisse wurden auch durch die 1995 in Polen durchgeführten Versuche, bei denen allerdings die Rückstände, also Diflubenzuron, CPU und PCA über Derivatisierung bestimmt und als Diflubenzuron-Äquivalente ausgedrückt wurden, bestätigt.

Abbau von 4-Chlorphenylanilin (PCA)

Da PCA hinsichtlich der Umweltrelevanz häufig diskutiert wird, werden im folgenden Ergebnisse aus speziellen Untersuchungen zu PCA vorgestellt und der Abbauweg von PCA im Boden aufgezeigt.

In einem über 3 Jahre laufenden Lysimeterversuch mit der 1.250fachen der nach Spritzungen mit Dimilin im Forst bei 100 %iger Exposition des Bodens maximal möglichen Konzentration konnte PCA im Leachate mit nur 0.21 % der ursprünglich applizierten Radioaktivität nachgewiesen werden.

Das aus dem Abbau von Diflubenzuron bzw. CPU abgeleitete PCA - bei der 8fachen Aufwandmenge von Diflubenzuron werden maximal 0.11 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Boden nachgewiesen - wird im Boden rasch adsorbiert und liegt in Form der gebundenen Rückstände vor, so daß freies PCA im Boden nicht nachgewiesen werden kann. Bei den Phenylharnstoff-Derivaten Monolinuron, Linuron und Isoproturon wurde auch kein freies Anilin beobachtet, d.h. nicht oberhalb der Nachweisgrenze, die bei Metabolismusversuchen üblicherweise bei 1 % der Aufwandmenge liegt. Aus gebundenen Rückständen könnte PCA nur über Extraktion mit kochender Essigsäure herausgelöst werden.

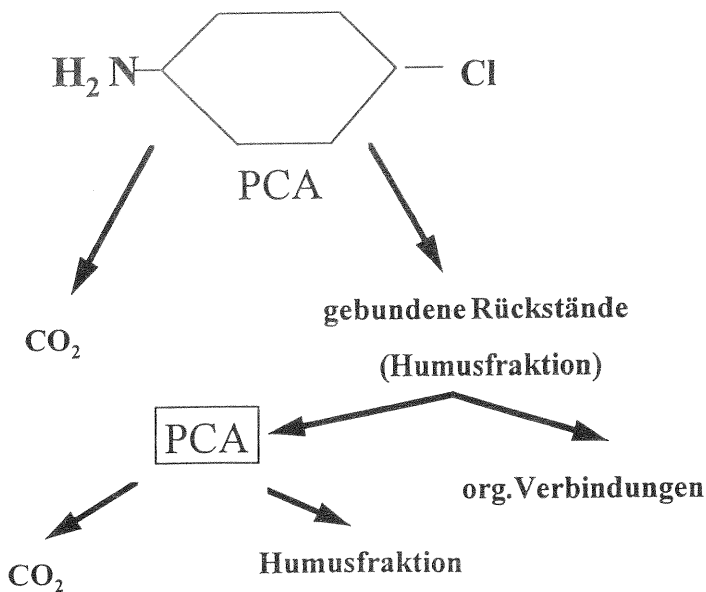


Abb. 2: Abbauschema von PCA im Boden

Im Abbauweg von Wirkstoffen mit dem Anilinstrukturelement zweigen nach dem Anilin zwei verschiedene Wege ab. Der eine führt weiter zum vollständigen Abbau zum CO_2 . Ohne daß Zwischenstufen beobachtet werden, wissen wir von Untersuchungen mit Mutanten, bei denen man künstlich einen Totalblock - ein Enzym für den Abbau wurde zerstört - eingebaut hat, daß der aromatische Ring hydroxyliert wird, dann geöffnet und schließlich vollständig abgebaut wird. Der zweite Weg führt ebenfalls über enzymatische Umsetzungen zum Einbau des Anilins über Bindungen der Stickstoffbrücke in die organische Bodensubstanz (Humin, Huminsäuren, Fulvinsäuren). In diese eingebaut ist das Anilin nicht mehr verfügbar, kann nicht versickern und auch nicht mehr von Pflanzen aufgenommen werden.

Wir alle wissen, daß die Humusbestandteile sehr langsam abgebaut werden. Folglich werden beim Abbau dieser organischen Substanz die Anilinverbindungen auch genauso langsam freigesetzt. Sie unterliegen dann aber sofort wieder genau den beiden schnellen Abbaureaktionen, die wir oben beschrieben haben, entweder Totalabbau zu CO_2 oder erneuter Einbau in die neue Humussubstanz. Es gibt also auf gar keinen Fall die Situation, daß ein kritisches Reservoir von Anilin-Rückständen plötzlich in den Boden und somit in die Umwelt freigesetzt wird.

Eine Modellstudie mit ^{14}C -PCA und Lignin zeigt, daß nach Inkubation innerhalb von 33 Tagen 65 % des Anilin-Anteils zu $^{14}\text{CO}_2$ mineralisiert werden. Hierbei müssen wir annehmen, daß praktisch gar kein Anilin in die Humusfraktion eingebaut wird, sondern daß alles PCA ohne Umwege über die Humusfraktion abgebaut wird. Die Anteile der beiden Abbauwege sind jedoch je nach Bodenart verschieden. Dennoch spiegeln die berichteten Werte eine Situation wider, wie sie für viele Phenylharnstoffe bekannt ist.

Bezug zu praxisrelevanten Aufwandmengen

Ausgehend von einer 100 %-Exposition des Bodens bei Anwendungen im Forst mit 0,3 kg Dimilin 25 WP/ha, entsprechend 75 g Diflubenzuron/ha, können in den obersten 0 - 10 cm Boden bei einer angenommenen Bodendichte von $1,5 \text{ g/cm}^3$ unmittelbar nach der Applikation 0,05 ppm Wirkstoff gefunden werden. Entsprechend der Massenbilanz ist mit einer Konzentration von 0,0021 ppm CPU und 0,0007 ppm PCA zu rechnen. Da jedoch bei einem normalen Baumbestand im Wald nur maximal 25 % der applizierten Menge auf den Boden treffen, sind die Konzentrationen von Diflubenzuron, CPU und PCA verschwindend gering.

Wenn bei der Bodenprobenahme für spezielle Analysen nunmehr nicht der Boden selbst, sondern die Mull- und Laubschicht gezogen wird, besteht aufgrund der Bindungskapazität des PCA an Lignin und Humusbestandteile die Möglichkeit, daß bei einer Extraktion im Labor gebundenes PCA zwangsweise extrahiert und gegebenenfalls in einer Konzentration von ca. 0,1 mg/kg nachgewiesen werden kann. Dies wäre dann jedoch ein Artefakt.

Problematik der Analytik

Die Analytik von Diflubenzuron ist ganz entscheidend. Der Nachweis von Diflubenzuron sollte aufgrund der niedrigen Wasserlöslichkeit vorzugsweise und einfach über Extraktion mit einem Lösungsmittel, z.B. Dichlormethan, nachfolgender Evaporation und Bestimmung mit RP-HPLC und UV-Detektion erfolgen. Aufgrund des geringen Dampfdruckes und der Hitzeunbeständigkeit des Wirkstoffs Diflubenzuron über 150 °C (der Schmelzpunkt liegt bei 230 °C) ist keine direkte GC-Methode für den Nachweis von Diflubenzuron und dessen Metaboliten anwendbar. Erst nach Hydrolyse unter extremen Bedingungen und Derivatisierung des verbleibenden PCA kann Diflubenzuron zusammen mit CPU und PCA bestimmt werden. Es besteht jedoch die Gefahr, daß mit GC-Methoden PCA zwangsweise gebildet wird. Für die Trennung von CPU und PCA ist eine ausreichende Selektivität erforderlich. CPU und PCA können auch über die Anwendung der HPLC-Analytik bei einem pH-Wert von 2,5 getrennt werden. Denn PCA ist protoniert und CPU nicht. Auf jeden Fall muß der thermische Abbau von Diflubenzuron unbedingt berücksichtigt werden.

Abbau von Diflubenzuron in Wasser-Sediment-Systemen

Die Abbaubarkeit in Wasser-Sediment-Systemen wurde in zwei unterschiedlich charakterisierten Sedimenten, einem sandigen Lehm mit einem pH-Wert von 5.6 und einem Gehalt an org. Substanz von 18.3 % sowie einem schluffigen Lehm mit pH-Wert von 7.3 und 6.6 % Humus, mit einer Diflubenzuron-Konzentration von 0.94 ppm analog der BBA-Richtlinie Teil IV, 5 - 1 geprüft.

Diflubenzuron baut in Wasser sehr rasch mit Halbwertszeiten von 1.9 bzw. 1.1 Tagen ab; die entsprechenden Abbauezeiten für das gesamte System betragen 25 bzw. 10 Tage.

Als Metaboliten wurden CPU, DFBA und CO₂ festgestellt. Die Graphik (Abbildung 3) zeigt die Bilanzierung in einem sandigen Lehm auf: Bis zum 7. Tag nach Applikation fällt Diflubenzuron sukzessive bis auf 69 % der applizierten Radioaktivität und bis zum 35. Tag bis auf 4 % ab. Der Anteil an CPU und DFBA nimmt analog dem stetigen Abbau von Diflubenzuron bis zu ca. 35 % bzw. 32 % der applizierten Radioaktivität zu.

Fazit

Der Wirkstoff Diflubenzuron kann bei einer Aufwandmenge von 75 g/ha nur mit maximal 0.05 ppm unmittelbar nach der Spritzung bei 100 %iger Exposition nachgewiesen werden. Der sekundäre Metabolit 4-Chlorphenylanilin (PCA) kann bei realistischen Praxis-Aufwandmengen des Produktes Dimilin 25 WP nicht nachgewiesen werden. Funde von PCA bei jüngsten Untersuchungen im Forst im Raum Südhessen sind nach den vorliegenden Erkenntnissen analytische Artefakte.

Die Anwendung von Dimilin 25 WP führt weder im Forst noch im Obstbau zu einer Akkumulation des Diflubenzuron oder seiner Metaboliten im Boden.

Aufgrund der Immobilität des Wirkstoffes und dessen Hauptabbauprodukt 4-Chlorphenylharnstoff im Boden und aufgrund des unter Freilandbedingungen raschen Abbaus im Wasser besteht keine Gefahr der Verunreinigung von Grund- und Trinkwasser.

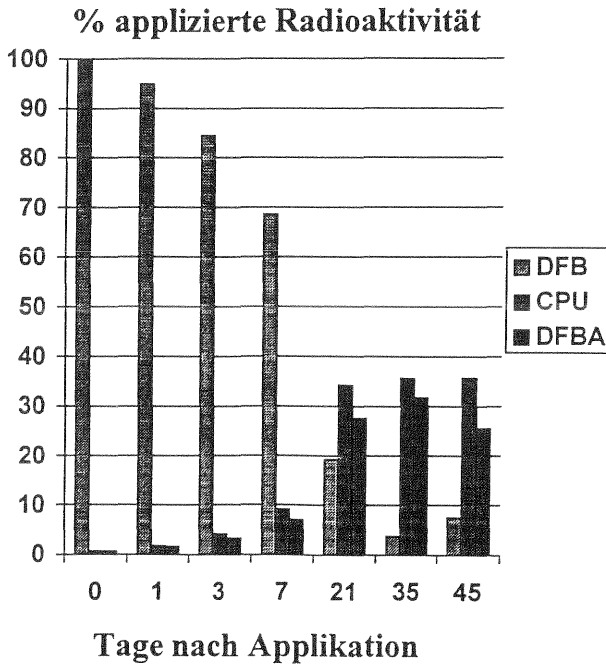


Abb. 3: Abbau von Diflubenzuron im Wasser-Sediment-System

Literatur

- ARJMAND, M. (1986): Plant biochemistry of xenobiotics mineralization of Chloroaniline/Lignin metabolites from wheat by the white-rot fungus.
- BOLLAG, J.M. (1978): Adsorption and transformation of four substituted anilines in soil.
- FREITAG, D. et al. (1984): Long-term fate of 4-Chloroaniline-¹⁴C in soil and plants under outdoor conditions. A contribution to terrestrial ecotoxicology of chemicals.
- MARCO, G.J. and NOVAK, R.A. (1991): Natural product interactions during aniline metabolism including their incorporation in biopolymers.
- MOREALE, A. and BLADEL, R. VAN. (1976): Influence of soil properties on adsorption of pesticide-derived aniline and p-Chloroaniline.

- NIMMO, W.B. et al. (1984): The degradation of Diflubenzuron and its chief metabolites in soils. Part I: Hydrolytic cleavage of Diflubenzuron.
- NIMMO, W.B. et al. (1986): The degradation of Diflubenzuron and its chief metabolites in soils. Part II: Fate of 4-Chlorophenylurea.
- NIMMO, W.B. et al. (1989): The degradation of Diflubenzuron and its chief metabolites in soils. Part III: Fate of 2,6-Difluorobenzoic.
- THUS, J.L.G., LAAN, J.M.T. VAN DER. (1994): Fate of Diflubenzuron in two model ditch systems.
- WALSTRA, P. and JOUSTRA, K.D. (1990): Aerobic soil metabolism of Diflubenzuron in sandy loam.

Rolf Kehr¹⁾, Alfred Wulf¹⁾ und Johannes Siebers²⁾

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,

¹⁾ Institut für Pflanzenschutz im Forst, Braunschweig

²⁾ Fachgruppe Chemische Mittelprüfung, Braunschweig

Einfluß von Diflubenzuron auf die Fruchtkörperbildung und den Fruchtkörperertrag des Austernseitlings (*Pleurotus ostreatus*)

Einleitung

Die in den vergangenen Jahren aufgetretenen Massenvermehrungen verschiedener forstschädlicher Schmetterlinge, insbesondere des Schwammspinners, haben zu einer kontroversen Diskussion um die möglichen negativen Folgen des Einsatzes synthetischer Häutungshemmer auf das Waldökosystem geführt. Der Schwerpunkt der Diskussion lag zwar meistens bei den Auswirkungen auf Insekten, Arthropoden, Vögel und aquatische Lebewesen, aber die mögliche Beeinflussung von Pilzen wurde ebenfalls erwähnt (BUSCHINGER 1993). Grundlage dieser Überlegung ist die Tatsache, daß die meisten höheren Pilze eine chitinhaltige Zellwand besitzen (WEBER 1992) und somit synthetische Häutungshemmer ebenso in die Zellwandbildungsprozesse der Pilze eingreifen wie sie dies bei Insekten tun (ANONYMUS 1975).

KELLER (1978) beobachtete zwar gewisse negative Effekte von Dimilin 25 WP[®] (Wirkstoff: Diflubenzuron) auf das Wachstum einiger insektenpathogener Pilze, aber erste Studien mit typischen Pilzen der Laubholzökosysteme Mitteleuropas ergaben selbst bei hoher Dosierung von Dimilin keine negativen Effekte auf das Wachstum und die Fruktifikation *in vitro* (KEHR und WULF 1993).

In der jetzigen Arbeit stellen die Autoren die Ergebnisse von Versuchen mit einer Zuchtform (*var. pulmonarius*) des Austernseitlings, *Pleurotus ostreatus* (Jaqc.) Kumm., vor. Dieser Pilz besitzt in Laubwäldern eine weite Verbreitung und verursacht dort u.a. eine Weißfäule an stehenden Stämmen (BUTIN 1989), tritt aber auch als Saprophyt in Erscheinung. Der Austernseitling steht insofern stellvertretend für die Gruppe der Destruenten/Saprophyten, die durch den Abbau von Streu und Holz für den Nährstoffkreislauf eine wichtige ökologische Rolle spielen (KÄÄRIK 1974). Außerdem handelt es sich um einen Vertreter der Klasse der Basidiomyceten, während es sich bei den orientierenden *in vitro* Versuchen von KEHR und WULF (1993) hinsichtlich der Pilze um Vertreter aus den Klassen Oomyceten und Ascomyceten bzw. Deuteromyceten handelte. Der Austernseitling wird seit einiger Zeit auch gewerblich zur Produktion von eßbaren Pilzfruchtkörpern verwendet (DITTMER 1990; LELLEY und SCHMAUS 1976) und ist daher experimentell leicht auf verschiedenen Substraten, z.B. Stroh, zu ziehen. Durch die einfache und zuverlässige Fruchtkörperproduktion erscheint dieser Pilz daher, ähn-

lich wie der Zuchtchampignon (WULF et al. 1987), sehr geeignet für Untersuchungen bezüglich physiologischer bzw. toxikologische Effekte von Pflanzenschutzmitteln.

Material und Methodik

Die Pilzbrut (*Pleurotus ostreatus* var. *pulmonarius*) wurde von der Firma Hawlik-Europilzbrut GmbH (82062 Groß Dingharting) beschafft. Insgesamt wurden 13 Packungen Pilzbrut verwendet. Als Substrat dienten 25 Ballen Weizenstroh. Der Wirkstoff Diflubenzuron wurde in Form des Mittels Dimilin 25 WP® (Hoechst Schering AgrEvo GmbH) eingesetzt.

Da es sich beim Austernseitling um eine Art handelt, die Holz bzw. Streu zersetzt, mußte die Aufwandmenge pro ha auf eine bestimmte theoretische Dicke der Streuschicht umgerechnet werden. Die für einen ha empfohlene Aufwandmenge an Wirkstoff von 75 g verteilt sich auf 10.000 m². Unter der Annahme des ungünstigen Falles, daß der Pilz lediglich den obersten Zentimeter Streu nutzen würde, belastet der Wirkstoff auf jedem Quadratmeter Waldboden ein Erdvolumen von 10.000 cm³. Somit ergibt sich pro ha ein anzunehmendes Volumen an kontaminiertem Boden von 100 m³, und die entsprechende Aufwandmenge von 75 g Wirkstoff auf dieses Bodenvolumen entspricht 0,75 g/m³. Die als Substrat benutzten Strohballen hatten ein durchschnittliches Volumen von 0,115 m³ pro Ballen, daraus ergab sich eine Aufwandmenge von 0,08625 g Wirkstoff pro Ballen. Da Dimilin zu 25 % aus Wirkstoff besteht, wurde als Normalvariante eine Dimilininmenge von 0,35 g/Ballen angenommen.

Je 5 Ballen Weizenstroh bildeten eine Variante, wobei die oben errechnete "normale" Aufwandmenge jeweils um den Faktor 10 erhöht bzw. bei einer Variante erniedrigt wurde (Tab. 1). Die Ballen wurden vorher mehrere Tage gewässert, bis ein Mindestballengewicht von 21 kg erreicht war. Anschließend wurden sie mit hitzebeständiger Folie abgedeckt und vier Stunden bei 120 °C gedämpft. Nach dem Abkühlen wurden die Ballen in Reihen zu je 5, entsprechend den 5 Behandlungsvarianten, auf Fichtenlatten in ein Gewächshaus gelegt. Die jeweilige Mittelaufwandmenge pro Ballen wurde eingewogen, in 2 l Wasser gelöst und langsam auf den Ballen vergossen.

Die Behandlung mit Dimilin erfolgte am 10.11.94, die Pilzbrut wurde am 11.11.94 inokuliert. Dazu wurde jede Packung Pilzbrut in 25 gleichmäßige Stücke zerteilt und daraus eine Mischprobe angefertigt. In jeden Ballen wurden mit einem Pflanzholz zwei Reihen von je 6 Löchern gestanzt und in jedes Loch ein Stück Pilzbrut gegeben.

Die Ballen wurden bei 24 °C und einer Luftfeuchtigkeit von 90 % belassen und anfangs täglich mit 1 - 2 l Wasser, später mit der Handbrause so gegossen, daß das Substrat stets feucht, aber nicht naß war. Fünf Wochen nach dem Beimpfen wurde die Temperatur zur Induktion

der Fruchtkörperbildung auf 18 °C gesenkt, nach weiteren 2 Wochen auf 20 °C erhöht und bis Ende des Versuches so gehalten.

Tab. 1: Versuchsaufbau zur Auswirkung von Diflubenzuron auf Austernseitlinge

Variante	Anzahl behandelter Weizenstrohballen	Dimilinmenge (g) pro Weizenstrohballen
A (100fache Aufwandmenge)	5	35
B (10fache Aufwandmenge)	5	3,5
C (1fache Aufwandmenge)	5	0,35
D (0,1fache Aufwandmenge)	5	0,035
E (Kontrolle)	5	0,0

Aufarbeiten der Fruchtkörper

Zur Bestimmung des Trockengewichts wurden die Pilzfruchtkörper laufend geerntet und tiefgekühlt. In jeder Variante wurden die Fruchtkörper jeweils gleicher Erntezeiträume von ca. zwei Wochen zerschnitten und gemischt. Aus diesen Proben wurde das Frischgewicht ermittelt, zwei Portionen von jeweils 100 g wurden zur Analyse abgenommen und eingefroren. Zwei weitere Portionen von je 500 g wurden in Glasschalen bei 105 °C im Trockenschrank darretgetrocknet und anschließend gewogen. Das Trockengewicht der Gesamtprobe ergab sich aus der Relation zwischen Frischgewicht und Ausgangsmenge.

Analyse des Wirkstoffs

Zur Analyse auf Diflubenzurongehalt der Fruchtkörper wurden die oben erwähnten, eingefrorenen Mischproben jeweils einer Variante und eines Zweiwochenzeitraumes verwendet. Aus Kostengründen wurden vier über die Laufzeit des Versuchs verteilte Erntezeiträume für die Analyse ausgewählt, und zwar zu Versuchsbeginn und nach jeweils 6, 14 und 20 Wochen.

Die Analysen wurden vom Labor für Rückstandsanalytik Bremen nach einer internen Methode durchgeführt (HARTIG pers. Mitt. 1995). Nach Homogenisierung der Probe wurde eine Teilprobe von 10 g zweimal mit Aceton (100 ml + 30 ml) geschüttelt und der Wirkstoff nach Zugabe von 25 ml Wasser und 15 g NaCl mit Cyclohexan (40 ml + 30 ml) extrahiert. Die Extraktreinigung erfolgte an Minikieselgelsäule nach der DFG-Methode S 19 (DFG 1992).

Die Messung wurde mittels HPLC an einer RP-18 Säule (Lichrospher 100, 5 µm, 250 mm x 4 mm) unter Verwendung eines Wasser-(pH = 2,5)/Acetonitril-Gradienten mit UV-Detektion bei 258 nm durchgeführt. Die quantitative Auswertung erfolgte über Linuron als internen Standard. Zur Absicherung wurden die UV-Spektren von Proben und Standards verglichen. Blindwertmessungen an unbehandelten Kontrollproben zeigten keine relevanten Interferenzen. Bei Zusätzen von 0.06 und 0.5 mg/kg lagen die Wiederfindungsraten im Mittel bei 85 % (Variationskoeffizient 2,4 %, n = 4).

Analysiert wurden jeweils die Mischproben aus vier 2wöchigen Ernteabschnitten, und zwar für die Zeit vom 20.12.94 - 08.01.95, 06.02.95 - 19.02.95, 03.04.95 - 16.04.95 und 15.05.95 - 28.05.95. Diese zur Analyse bestimmten Mischproben repräsentieren somit den Zeitraum unmittelbar bzw. 4, 12 und 16 Wochen nach der Behandlung mit Dimilin.

Ergebnisse

Bereits nach dreieinhalb Wochen waren die Strohballen mit dem Myzel durchwachsen, erste Fruchtkörperanlagen erschienen nach 5 Wochen. Auf allen Ballen sporulierten zu Beginn des Versuchs Hyphomyceten, insbesondere der Gattung *Monilia*, und auf einigen fanden sich, unabhängig von der Behandlungsvariante, Fruchtkörper einer Tintlingsart (*Coprinus* sp.). Letztere behinderten bei drei Ballen der Kontrollvariante die Myzelentwicklung von *Pleurotus ostreatus* so erheblich, daß das Gesamtfruchtkörpergewicht der Kontrolle deutlich unter dem der Behandlungsvarianten lag (Tab. 2). Wenn man jedoch das Fruchtkörpergewicht nur auf die tatsächlich fruktifizierenden Ballen bezieht (Abb. 1), wird deutlich, daß die Kontrollballen in etwa den gleichen Ertrag wie die behandelten leisteten.

Der Fruktifikationsertrag war bei der Kontrollvariante und in den beiden niedrigsten Behandlungsvarianten zunächst etwas größer als bei der 10fach- bzw. 100fach-Variante (Abb. 1). In den beiden niedrigeren Behandlungsvarianten wurde der höchste Gesamtertrag erreicht, aber da sowohl die Kontrolle als auch die höheren Dosierungen in etwa gleiche Mengen an Fruchtkörpern hervorbrachten (bezogen auf die fruktifizierenden Ballen, Abb. 1), läßt sich aus den Daten zumindest kein wachstumshemmender Effekt hoher Dimilinnengen ablesen. Die applizierte Diflubenzuronmenge hatte somit letztlich keine feststellbaren Auswirkungen auf die Fruchtkörpermorphologie bzw. den Fruchtkörperertrag von *Pleurotus ostreatus*, auch nicht bei der 100fachen errechneten Aufwandmenge.

Die Ergebnisse der Analyse auf den Diflubenzurongehalt der Fruchtkörper (Tab. 3) zeigen, daß nennenswerte Gehalte nur dort gefunden wurden, wo das Substrat mit dem 100fachen bzw. 10fachen der Aufwandmenge behandelt wurde. Der Höhepunkt der Rückstandswerte war ca. 14 Wochen nach Versuchsbeginn erreicht bzw. überschritten. In der Variante mit der höchsten Dosierung nimmt die Diflubenzuronbelastung der Fruchtkörper gegen Ende des

Versuchs bereits stark ab. In der Normalvariante (Reihe C, Tab. 3) sind zu diesem Zeitpunkt noch Werte an der Bestimmungsgrenze vorhanden, während in der gering dosierten Variante D bzw. in der Kontrolle E zu keinem Zeitpunkt Diflubenzuron nachweisbar war.

Tab. 2: Fruchtkörperfrischgewicht (g) von *Pleurotus ostreatus* nach Behandlung des Substrates mit Dimilin 25 WP (den grau unterlegten Zeitabschnitten entstammen die zur Analyse entnommenen Fruchtkörper)

Erntezeitraum	Variante				
	A 100fach	B 10fach	C 1fach	D 0,1fach	E Kontrolle*
20.12.94-08.01.95	970	1132	1700	3174	1749
09.01.95-22.01.95	2615	3140	4203	5050	2010
23.01.95-05.02.95	2450	1955	2655	3115	1110
06.02.95-19.02.95	2475	3072	3582	3060	1340
20.02.95-05.03.95	1905	1735	2660	1780	410
06.03.95-19.03.95	2325	2095	3045	2610	255
20.03.95-02.04.95	1680	1840	1740	1885	228
03.04.95-16.04.95	1905	1870	2415	1946	178
17.04.95-30.04.95	1820	1035	2065	1690	296
01.05.95-14.05.95	1650	805	1422	1365	225
15.05.95-28.05.95	965	725	1095	572	333
Gesamt	20760	19404	26582	26247	8133

* Fruchtkörper wurden nur auf zwei der fünf Ballen gebildet

Diskussion

Wenn man bedenkt, daß bereits die normale Aufwandmenge eine "worst case"-Annahme darstellte, ergeben sich keinerlei Hinweise auf die Möglichkeit einer negativen Beeinflussung des Testpilzes durch die Applikation. Der Fruchtkörperminderertrag der Kontrollreihe ist durch eine schlechte Etablierung der *Pleurotus*-Infektion in 3 von 5 Ballen zu erklären und kann nicht dahingehend interpretiert werden, daß Dimilin bei den anderen Reihen den Ertrag steigerte. Die pro fruktifizierenden Ballen erzielten Fruchtkörpergewichte waren in allen Varianten ähnlich (Abb. 1), und die gefundenen Unterschiede sind eher durch unterschiedliche Be-

Fruchtkörperfrischgewicht (g)

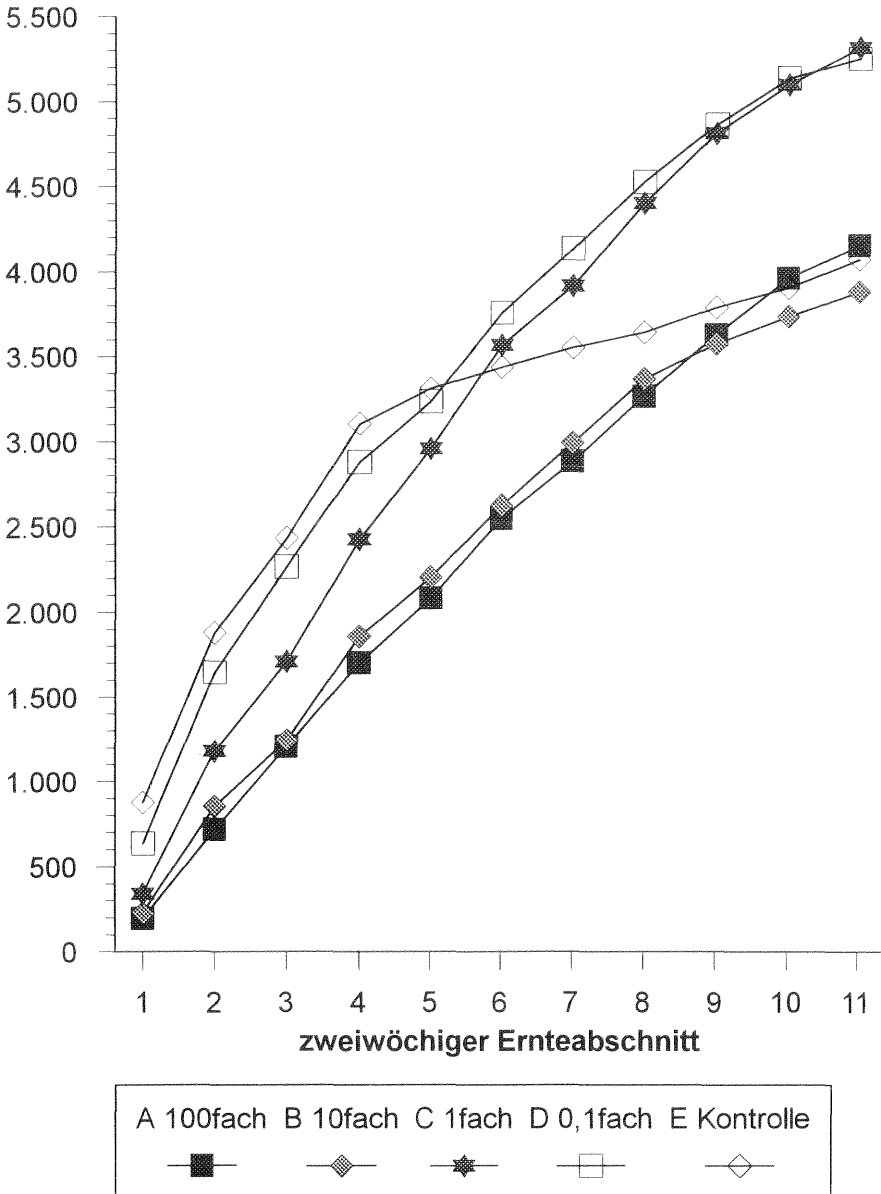


Abb. 1: Summierter Fruchtkörperertrag von *Pleurotus ostreatus* pro fruktifizierendem Strohhallen nach Behandlung mit Dimilin 25 WP®

dingungen wie schwankendes Ballengewicht, unterschiedliche Durchnässung usw. zustandekommen, zumal die Erträge beim Austernseitling bekanntlich sehr in Abhängigkeit der Anbaubedingungen schwanken (LELLEY und SCHMAUS 1976).

Nennenswerte Diflubenzuronrückstände konnten nur in Varianten mit einer 10fachen bzw. 100fachen Überdosierung des Mittels gefunden werden. Die starke Abnahme der Diflubenzurongehalte in Fruchtkörpern, die auf Stroh mit der 100fachen Aufwandmenge an Dimilin wuchsen, deutet auf einen Abbau des Wirkstoffs. Im vorliegenden Fall (Reihe A, Tab. 3) halbierten sich die Werte zwischen der 14. und 20. Behandlungswoche fast. Allerdings waren Temperatur und Feuchte für einen schnellen Umsatz des Substrates als optimal zu bezeichnen. Dennoch ist davon auszugehen, daß auch in der Natur im Verlaufe der pilzlichen Abbauprozesse der Streu (in Verbindung mit der übrigen mikrobiellen Tätigkeit) eine rasche Abnahme etwaiger Diflubenzuronrückstände stattfindet.

Tab. 3: Diflubenzuron-Gehalt (mg/kg Frischgewicht) in Fruchtkörpern von *Pleurotus ostreatus* nach Behandlung des Substrates mit Dimilin

Variante	Erntezeitpunkt			
	20.12.94-08.01.95	06.02.95-19.02.95	03.04.95-06.04.95	15.05.95-28.05.95
A 100fach	0,72	0,73	0,91	0,52
B 10fach	0,08	0,09	0,12	0,11
C 1fache	< 0,05	< 0,05	0,05	0,06
D 0,1fach	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E Kontrolle	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Zusammen mit den durch KEHR und WULF (1993) vorgelegten Ergebnissen zu anderen Pilzgruppen ergeben sich keine Anhaltspunkte dafür, daß der Einsatz von Dimilin im Rahmen der Forstschutzpraxis negative physiologische Effekte auf die Mykoflora der betroffenen Laubwälder haben könnte. Die Rückstandssituation in eßbaren Waldpilzen (zu denen auch der Austernseitling gehört) soll an dieser Stelle toxikologisch nicht gewertet werden, aber die Versuche deuten an, daß die in der Praxis ausgebrachten Mittelmengen in dieser Hinsicht wohl kaum zu einer Belastung führen können.

Eine stärkere, zumindest kurzzeitig starke Beeinflussung der für das Ökosystem so wichtigen Pilze entsteht sicherlich weniger durch den gelegentlichen Einsatz von synthetischen Häutungshemmern als durch mehrjährigen Kahlfraß mit nachfolgenden Strukturveränderungen

und floristischen Verschiebungen in den Beständen. Daher kann eine Bekämpfungsentscheidung in dieser Hinsicht, ähnlich wie dies in Bezug auf Insektenpopulationen der Fall ist, durchaus als die ökologisch günstigere Entscheidung gesehen werden.

Literatur

- ANONYMUS (1975): Dimilin, a new larvicide interfering with cuticle deposition in insects. Paper by Philips-Duphar B.V. Agrobiological Laboratories, Proc. VIIIth Intern. Plant Protection Congr., Moscow, August 21-27, 1975.
- BUSCHINGER, A. (1993): Kein Dimilin mehr im Forst. *Forst und Holz* **48**, 375-376.
- BUTIN, H. (1989): Krankheiten der Wald- und Parkbäume. 2. Auflage. Thieme Verlag, Stuttgart, 216 S.
- DFG (1992): Rückstandsanalytik von Pflanzenschutzmitteln. 1.-11. Lieferung, 1969-1991. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim.
- DITTMER, W. (1990): Frische Pilze selbst gezogen. BLV Verlag, München, 126 S.
- KÄÄRIK, A.A. (1974): Decomposition of wood. In: DICKINSON, C.H., und G.J.F. PUGH (Hrsg.). *Biology of plant litter decomposition*. Band I. Academic Press, London, 129-174.
- KEHR, R. und A. WULF (1993): Zur Wirkung von synthetischen Häutungshemmern auf Pilze - erste Ergebnisse. In: WULF, A. und K.-H. BERENDES (Hrsg.). *Schwammspinner-Kalamität im Forst*. Mitt. Biolog. Bundesanstalt Land- u. Forstwirtschaft. **293**, 183-189.
- KELLER, S. (1978): Untersuchungen über den Einfluß von Dimilin (Diflubenzuron) auf Wachstum und Konidienkeimung einiger insektenpathogener Pilze. *Anz. Schädlingskde. Pflanzensch. Umweltsch.* **51**, 81-83.
- LELLEY, J., und F. SCHMAUS (1976): Pilzanbau. Ulmer Verlag, Stuttgart, 318 S.
- WEBER, H. (1993): Allgemeine Mykologie. Gustav Fischer Verlag, Jena/Stuttgart, 541 S.
- WULF, A., J. SIEBERS und J.-R. LUNDEHN (1987): Modellversuch zur Ermittlung von Rückständen und Wachstumsbeeinträchtigungen bei Waldpilzen nach der Anwendung von Forstschutzmitteln - erste Ergebnisse. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **39**, 138-141.

DISKUSSION

1. Schwammspinner - Bekämpfung/Schäden

Majunke fragt, mit welcher Erhebungsmethode das Belaubungsprozent in Bayern erfaßt wurde. **Lobinger** antwortet, daß die Bonituren immer von denselben Personen vorgenommen wurden. Zwei Personen haben jeden einzelnen Baum wöchentlich okularerrestriert und während der Wiederbelaubungsphase sogar täglich. **Majunke** erkundigt sich weiter, inwieweit für die unbehandelten Schwammspinnerflächen in Baden-Württemberg ein Schadensprozent angegeben werden könnte. **Wezel** und **Schröter** antworten, daß es Ziel der Erhebung sei, den Schaden ökonomisch zu quantifizieren, eine abschließende Bilanz aber voraussichtlich erst Ende 1996 oder 1997 gezogen werden kann.

Block fragt an, ob Befallsunterschiede zwischen Stiel- und Traubeneichen beobachtet werden konnten, denn in Rheinland-Pfalz wurden im Bienwald besonders die Stieleichen vom Schwammspinner geschädigt, wohingegen Bestände mit Traubeneichen, die auf trockenen Standorten stockten, keine Folgeschäden nach Schwammspinnerkahlfraß aufwiesen. **Lobinger** entgegnet, daß in Bayern keine unterschiedliche Befallsdisposition der Eichenarten festgestellt wurde. In Unterfranken waren aber entsprechend der dortigen Baumartenverteilung hauptsächlich Stieleichen und weniger Traubeneichen vom Schwammspinner befallen. In Baden-Württemberg (**Wezel**) wurden Stiel- und Traubeneichen vom Schwammspinner befallen, zu Ausfällen infolge von Kahlfraß kam es aber vorwiegend bei Stieleichen auf wechselfeuchten und tonigen Standorten. Weitergehende Untersuchungen hinsichtlich der Befallsdisposition von Stieleichen und Traubeneichen werden derzeit noch durchgeführt.

Langenbruch erkundigt sich nach den Aufwandmengen von *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*B.t.*), die zur Bekämpfung der Schwammspinner in Baden-Württemberg eingesetzt wurden. **Schröter** antwortet, daß „FORAY 48 B“ mit einer Aufwandmenge von 2 mal 4 l/ha und „Dipel ES“ mit 2 mal 2 l/ha im Abstand von 10 bis 14 Tagen ausgebracht wurden. **Skatulla** merkt zum Wirkungsgrad von *B.t.* an, daß in Beständen mit Unterstand bei einmaliger Befliegung der Befallsflächen die Mortalität durch *B.t.* nur max. 40 bis 60 % beträgt. In Bayern wiesen die vom Schwammspinner befallenen Bestände zu 90 % starken Unterstand auf, deshalb wurden zur Bekämpfung des Schwammspinners keine *B.t.*-Mittel eingesetzt. **Schopf** fragt, ob nicht die Ausbringung per Hubschrauber die mangelhafte Wirksamkeit von *B.t.*-Präparaten verursacht haben könnte. **Gonschorrek** merkt an, daß Starrflügler möglicherweise geeigneter für die Ausbringung von Mitteln gegen Schmetterlingsraupen seien, da sie aufgrund geringerer Turbulenzen weniger das Fluchtverhalten auslösen. Die unzureichende Wirksamkeit von *B.t.*-Mitteln könnte gegebenenfalls dadurch ausgeglichen werden, daß *B.t.* über die als bekämpfungswürdig eingestufte Flächengröße hinaus ausgebracht wird, um auch die durch Windverdriftung entstehenden neuen Infektionsherde zu erfassen. 1995 wurden in Hessen

Versuche mit dem ULV-Verfahren durchgeführt. Dieses Verfahren ermöglicht durch eine sehr feine Tröpfchenverteilung auch eine Benetzung der unteren Bestandesbereiche. Unterschiede im Wirkungsgrad zwischen konventioneller Applikationstechnik und ULV-Verfahren konnten 1995 nicht gesichert festgestellt werden, da starker Virusbefall die Versuche überlagerte. **Langenbruch** ergänzt, daß *B.t.* ein Fraßgift ist und möglichst in allen Bestandeskompartimenten zur Verfügung stehen muß, um eine hinreichende Wirksamkeit entfalten zu können. Eine ungenügende Wirksamkeit von *B.t.*-Mitteln in Beständen mit Unterstand dürfte meist auf die Applikationstechnik zurückzuführen sein.

Gossenuer-Marohn fragt, welchen Einfluß möglicherweise der Standortfaktor Feuchtigkeit auf die vorgeschädigten Eichenbestände haben könnte, d. h. ob wechsellückige Standorte stärker gefährdet seien als ausgesprochene Naßstandorte. In der Rhein-Main-Ebene besteht nämlich die Vermutung, daß die Gebiete mit Grundwasserabsenkung und Vorschädigung besonders stark vom Schwammspinnerfraß betroffen waren. **Delb** entgegnet, daß in Rheinland-Pfalz genau gegenteilige Beobachtungen gemacht wurden. Hier waren insbesondere die Naßstandorte - Standorte mit *Molinia*-, *Iris*- oder *Carex*-Vegetation - die Bereiche, die besonders von Folgeschäden betroffen waren. Dieser Sachverhalt wird in Rheinland-Pfalz durch einen Abgleich der Schadens- mit der Standortkarte (Verschnitt über geographisches Informationssystem) näher untersucht.

Schopf fragt, inwieweit ein starker Prachtkäferbefall in Stangen- und Baumhölzern ursächlich für das Absterben der Bäume sein könnte. **Wezel** bestätigt, daß abgängige Eichen in kahlgefrassenen Stangenhölzern zu über 90 % vom Prachtkäfer befallen waren; auch gut belaubte Bäume wiesen dort z.T. schon einen Befall auf. **Delb** entgegnet, daß im Bienwald (Rheinland-Pfalz) aber auch Eichen abgestorben sind, die nicht vom Prachtkäfer befallen waren. Ursächlich hierfür sind vermutlich die ungewöhnlich hohen Winter- und Frühjahrsniederschläge sowie die starken sommerlichen Gewitterregen, insbesondere im Jahre 1994, die im Bienwald auf den Grund- und Stauwasserböden oft nur ganz langsam abfließen und einsickern. Hinzu kam der Ausfall des Bestandes als Wasserpumpe, da die Schwammspinner die austreibenden Bäume kahlgefrassen hatten und der Mehltau den Regenerationstrieb im August beseitigte. Die hohe Wassersättigung und die Bildung von anaeroben Zersetzungsverhältnissen im Boden, entstanden aus dem Raupenkot und den verwesenden Schwammspinnerkadavern, führte zu einem Absterben der Feinwurzeln. Auf die Fragen von **Ruf** und **Gonschorrek**, ob ein Zusammenhang zwischen dem Schwammspinnerbefall der Eichenbestände und den *Agrilus*-Schäden besteht, antwortet **Wezel**, daß der Prachtkäferbefall (*Buprestidae*) in den letzten Jahren insbesondere in vorgeschädigten, stark aufgelichteten Beständen aufgetreten ist, da diese besonders günstige Wärmeverhältnisse aufwiesen. Der Prachtkäfer, der bisher als Sekundärschädling galt, tritt in den letzten Jahren auch außerhalb von kahlgefrassenen Eichenbeständen in erhöhtem Maße auf. Mitverantwortlich hierfür ist die Tatsache, daß bei einem erhöhten Schadholzaufkommen das „Prinzip der sauberen Waldwirtschaft“ nicht mehr eingehalten werden kann, so daß es zu ständigem Neubefall kommt. **Lobinger** entgegnet, daß in den Jahren bis 1993 kein erhöhter Prachtkäferbefall in den bayerischen Eichenbeständen mit vermehr-

tem Schadholzanfall aufgetreten ist. Hoher Besatz mit Prachtkäfer wurde erst in den Jahren 1994 und 1995 festgestellt. **Kehr** ergänzt, daß nach Insektengradationen immer mit dem Auftreten von Sekundärschädlingen wie z. B. Prachtkäfer oder auch Hallimasch (*Armillaria* spp.) zu rechnen ist. Die entscheidende Frage für die forstliche Bewirtschaftung ist aber, welches Ausmaß an Insektenfraß in vorgeschädigten Eichenbeständen toleriert werden kann, bevor schwere Bestandesschäden eintreten.

Skatulla berichtet über die Verdriftung von Schwammspinnerraupen bei starkem Wind und gibt an, daß aus einer Befallsfläche in 1.000 m Entfernung pro Stunde 100 Raupen pro m² angeweht wurden. Außerdem wurde beobachtet, daß die Eigelege der Schwammspinner sich primär im Kronenbereich befinden und eine Verdriftung in die unteren Stammbereiche selten ist. **Gonschorrek** bestätigt, daß auch in Hessen eine Verdriftung der Räumchen beobachtet wurde. Außerdem wurde in den hessischen Waldbeständen mit Unterstand gegenüber jenen ohne Unterstand eine überproportionale Wirkungssteigerung zwischen dem 14. Tag und dem 28. Tag nach Behandlung beobachtet. Diese Steigerung wird nicht auf *B.t.* zurückgeführt. Möglicherweise sind die Bestände mit Unterstand nicht optimal für Schwammspinner geeignet, oder die Bestände haben auf Grund des Unterstandes eine höhere Diversität und infolgedessen ein größeres Antagonistenpotential als vergleichbare Bestände ohne Unterstand. Im Jahr 1995 befand sich die Schwammspinnerpopulation auch nicht mehr in der Progradation, so daß lineare Beziehungen nicht so deutlich erkennbar waren, denn die Daten werden von vielen anderen Einflußfaktoren überlagert. **Schröter** fragt, welche Erfahrungen die übrigen Bundesländer mit der Verdriftung der Eiraupen gemacht haben. In Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz war die Verdriftung vermutlich sehr stark von der Topographie des Geländes abhängig. In ebenen Lagen wurde kaum Abdrift beobachtet, wohingegen in Steillagen, wie z.B. am Mittelrhein und an der Mosel, sowie im hügeligen Gelände die Verdriftung offensichtlich höher war. **Skatulla** antwortet, daß in Bayern die Schwammspinnerbefallsgebiete meist in der Ebene lagen, wie z. B. auf der Fränkischen Platte. Eine nennenswerte Abdrift wurde hier nicht beobachtet.

2. Schwammspinner/Antagonisten

Lobinger fragt, ob bei den Mortalitätsuntersuchungen das Mitteldarmepithel auf eine Cytoplasmopolyedrose untersucht worden sei, denn in Unterfranken ist auf einigen Versuchsflächen eine hohe Durchseuchung mit Cytoplasma-Polyederviren von zum Teil über 75 % festgestellt worden. **Kleespies** antwortet, daß den verendeten Larven Gewebeproben aus den Fettkörpern und der peritrophischen Membran entnommen wurden, in keinem Fall aber eine Cytoplasmopolyedrose diagnostiziert worden ist. **Habermann** schildert, daß im Jahre 1994 in einem Kiefernbestand (Kontrollfläche) bei Nonnen (*Lymantria monacha*) ein hoher Virustiter festgestellt wurde. Dennoch war deren Mortalität nicht auf eine Virusinfektion zurückzuführen, sondern auf ein Verhungern, wie das Fehlen der Fettkörper zeigte. Es sollte deshalb auch

der Ernährungszustand der Raupen miterfaßt werden, denn längere Hungerphasen scheinen eine Virusinfektion zu blockieren. **Kleespies** entgegnet, daß die Virusinfektion nicht nur über die Fettkörper erfolgt, sondern auch über die Tracheenmatrix sowie über die Hypodermis. Die Nonnen verenden an einer Virose, wenn sie Viren aufgenommen haben.

Skatulla legt dar, daß aus einer gezüchteten Raupe im Durchschnitt 10^8 Polyederviren gewonnen werden können. Für eine wirksame Dosierung von mindestens 10^{12} Polyedern pro ha werden ca. 20.000 Raupen benötigt, bei einer Bekämpfungsfläche von 1.000 ha sind dies dann 10.000.000. Daraus ergibt sich die Frage, ob unter solchen Aspekten jemals damit zu rechnen ist, daß die Idee der Virusbekämpfung in die Praxis umgesetzt werden kann. **Langenbruch** antwortet, daß in Amerika auf großer Fläche Schwammspinner mit Viren bekämpft werden, allerdings ist dort die Produktion von Virusmaterial anders geregelt als in der Bundesrepublik Deutschland. Die Forstbehörde hat dort die Erlaubnis, selbst Virusmaterial herzustellen und zuzulassen. In der Praxis sollte das vorhandene Virusmaterial zur Stammbehandlung nur auf einzelnen Bestandesstreifen mit geringer Dosierung eingesetzt werden, die verbleibende Fläche ist gegebenenfalls durch *B.t.* zu schützen. Hierdurch werden Viren in die Schwammspinnerpopulation eingeschleust und der Schwammspinner auf der übrigen Bestandesfläche durch den *B.t.*-Einsatz reduziert. **Skatulla** entgegnet, daß in Bayern Versuche mit russischen Polyederviren durchgeführt worden sind, die Applikationsverfahren und Aufwandmengen waren vergleichbar. Nach der Applikation herrschte ca. 3 Tage sehr sonniges Wetter, möglicherweise war das eine der Ursachen für den schlechten Wirkungsgrad von max. 10 %, denn die Viren sind bekanntlich sehr UV-empfindlich.

Gossenaer-Marohn fragt, inwieweit noch Forschungsbedarf besteht bezüglich des Einflusses von waldbaulichen Maßnahmen auf das Nützlingshabitat. **Bathon** antwortet, daß hierzu noch erhebliche Wissenslücken vorhanden sind, insbesondere hinsichtlich der unterstützenden Wirkung von Requisiten auf die Nützlingsdichte, denn in der Latenzphase nimmt die Populationsdichte der Parasitoide wesentlich stärker ab als die der Wirte. Der Parasitierungsgrad der Schwammspinner ist zu diesem Zeitpunkt auch äußerst gering. Eine dauerhaft niedrige Schwammspinnerdichte scheint hingegen besser für den Regulierungseffekt der parasitären Insekten zu sein. **Schopf** ergänzt, daß die Artenzusammensetzung der Parasitoide sehr wesentlich von der Populationsdichte der Schwammspinner beeinflusst wird. Die Reaktion der Parasitoide zu Beginn einer Gradation ist im Endeffekt bedeutender als die hohe Parasitierung während der Gradation oder Retrogradation. Es besteht deshalb Forschungsbedarf, wie in der Latenz die Parasitoidendichte über waldbauliche Eingriffe erhöht werden kann. **Bathon** unterstreicht, daß beispielsweise bei den *Apanteles*-Arten viele Wechselwirte, die im Verlaufe des Jahres als Sommer-, Herbst- oder Winterwirt dienen, unbekannt seien. Auf die Frage von **Roßkopf**, ob bei einer hohen Gelegedichte des Schwammspinners die Parasitoide einen Kahlfraß wirksam verhindern könnten, antwortet **Bathon**, daß eine zuverlässige Prognose nur erstellt werden kann, wenn der Parasitierungsgrad der Eigelege stichprobenweise überprüft wird und der bisherige Parasitierungsverlauf rekonstruierbar ist. Neue Befallsflächen weisen erfahrungsgemäß nur einen relativ niedrigen Bestand an Parasitoiden auf. Auf diesen Flächen ist

auch die Virose kein nennenswerter Mortalitätsfaktor, wohingegen das Vorkommen von Brackwespen (*Braconidae*) erheblich zur Dichteminderung beitragen kann.

Skatulla fragt, ob nicht durch eine Massenvermehrung der indifferenten Parasitoide mehr seltene Insektenarten dezimiert würden als durch einen Diflubenzuron-Einsatz. **Bathon** entgegnet, daß seltene Insektenarten durchaus von unspezifischen Parasitoiden getroffen werden können, was jedoch normalerweise nicht zum Erlöschen der Wirtspopulationen führt. Extrem starke Populationsschwankungen können auch bei den Nützlingen beobachtet werden, nur sind sie weniger auffällig, da sie nicht einer solch intensiven Betrachtung unterliegen wie schädlich auftretende Arten.

3. Schwammspinner - Rassendifferenzierung/Flugfähigkeit

Block erkundigt sich bei der Forschergruppe aus Hohenheim, ob die diagnostizierten Banden wirklich ein typisches Kennzeichen für die sogenannte asiatische Schwammspinnerrasse seien und welcher Stichprobenumfang den Untersuchungen zugrunde liegt. **Reineke** antwortet, daß der US Forest Service aus Ohio diese „asiatische Bande“ in einer 3jährigen Untersuchung aus einem umfangreichen asiatischen Probenmaterial herausselektiert habe. Diese charakteristische „asiatische Bande“ konnten in Hohenheim an über 100 Isolaten aus Asien diagnostiziert werden. Auf die Nachfrage von **Skatulla**, ob die genetischen Untersuchungen auch an den Schwammspinnermännchen durchgeführt worden seien, antwortet **Reineke**, daß Schwammspinner für genetische Untersuchungen meist im Wald mit Pheromon-Fallen gefangen wurden. Diese Untersuchungen wurden somit vornehmlich mit den männlichen Tieren durchgeführt und nur Untersuchungen zur Flugfähigkeit mit den weiblichen Schwammspinnern. **Elsner** erkundigt sich, ob das Vorhandensein dieser sogenannten asiatischen Bande bedeute, daß die europäische Schwammspinnerpopulation eine größere Vielfalt aufweise oder daß diese einem asiatischen Einfluß ausgesetzt sei. **Reineke** antwortet, daß das aus Museen stammende Schwammspinner-Material des europäischen Genotyps für weitere DNA-Untersuchungen ungeeignet war wegen nicht ausreichender Konservierung. Das in Hohenheim untersuchte nicht-asiatische Referenzmaterial stammt deshalb aus Nordamerika. **Gossenauer-Marohn** merkt an, daß nach amerikanischen Untersuchungen der FS1-Marker kein präziser Weiser für die Flugfähigkeit der Schwammspinnerweibchen sei. Einen zuverlässigeren Hinweis gibt möglicherweise das Maximum der Flugaktivität, gemessen als selbständig gerichteter Flug auf eine UV-Lampe. Die maximale Flugaktivität der Schwammspinnerweibchen aus dem Lampertheimer Forst lag zwischen 22.00 und 22.30 Uhr. Zwei russische Herkünfte hatten ein Maximum zwischen 23.00 und 1.00 Uhr. Außerdem scheint auch die Nahrung einen Einfluß auf die Flugaktivität der Schwammspinner zu haben, denn Schwammspinnerraupen, die auf Agar gezüchtet wurden, waren nicht flugfähig. **Kraus** ergänzt, daß die Schwammspinner für die Untersuchungen zur Flugaktivität mit einheimischen Laubhölzern gefüttert wurden und nicht mit einem Agar-Futter.

Roßkopf erkundigt sich, inwieweit die Einschleppung des europäischen Schwammspinners 1860 nach Amerika gegebenenfalls zu einer genetischen Einengung geführt haben könnte, die man heute als sogenannte nicht-asiatische Bande identifizieren kann. **Reineke** entgegnet, daß nach dieser Interpretation dann bei allen untersuchten europäischen Herkünften diese Bande hätte diagnostiziert werden müssen, was nicht der Fall ist. In Hohenheim wurden die Banden nach dem amerikanischen Schlüssel interpretiert. Die charakteristische Bande konnte in allen untersuchten asiatischen Schwammspinnerpopulationen festgestellt werden.

Burgermeister erläutert, daß in Braunschweig 7 oder 8 asiatische Herkünfte durch die Zusammenfassung von bis zu 97 beliebig ausgewählten RAPD-Merkmalen auf ihre genetische Verwandtschaft mit europäischem Material untersucht wurden. Hierbei konnte nur ein geringer Einfluß des asiatischen Genotyps in Europa festgestellt werden. Im Gegensatz dazu stehen die Untersuchungen aus Hohenheim, wonach mit dem FS1- oder FS3-Primer eine spezielle asiatische Marker-Bande im Befallsgebiet Baden-Württemberg sehr häufig nachgewiesen werden konnte. Er regt deshalb an, in einem Kreuztest beide Hypothesen zu überprüfen, denn im baden-württembergischen Befallsgebiet müßte der stärkere Einfluß des asiatischen Genotyps auch mit den verschiedenen RAPD-Primern aus Braunschweig nachgewiesen werden können. Andererseits sind aber auch mit dem FS1-Primer außerhalb Baden-Württembergs Untersuchungen durchzuführen, um eine mögliche lokale Einschleppung asiatischen Genmaterials nachzuweisen oder ggf. zu überprüfen, ob dieser FS1-Marker insgesamt sehr häufig in Mitteleuropa auftritt. **Zebitz** unterstreicht, daß von den Amerikanern in einem 3jährigen Forschungsprojekt mehrere hundert Primer auf ihre Eignung für die RAPD-PCR überprüft worden seien. Die in Hohenheim angewandten RAPD's sind für genanalytische Untersuchungen sowie für ein grobes Screening geeignet und kein Zufallsprodukt, für Kreuzungsexperimente hingegen eignen sie sich aber nicht. **Bathon** merkt hierzu kritisch an, daß das Heranziehen einer einzigen Bande zur sicheren Charakterisierung des Vorkommens einer neuen Art bzw. Rasse noch zu unsicher sei. Eine wissenschaftlich abgesicherte Aussage wäre erst dann möglich, wenn durch eine große Anzahl von Versuchswiederholungen und eine Kombination mehrerer Merkmale diese Behauptung bestätigt werden kann.

Zub erkundigt sich nach der Probandenliste der amerikanischen RAPD-PCR-Studie sowie der Definition von Asien und Europa. **Reineke** antwortet, daß ihr die genaue Stichprobenliste der amerikanischen Untersuchungen nicht bekannt sei. Aus dem Verbleib von 4 Primern aus einem Pool von 500 kann man aber schließen, daß die Amerikaner recht exakt vorgegangen seien, denn mit diesen verbliebenen Primern konnte in allen asiatischen Proben die charakteristische Bande gefunden werden. Die Definition von Asien bzw. Europa, die der amerikanischen Untersuchung zugrunde liegt, sei ihr nicht bekannt. Es kann aber unterstellt werden, daß die geographische Grenze zwischen Asien und Europa am Ostfuß des Urals zu ziehen sei.

Block und **Skatulla** fragen, was unter Flugfähigkeit zu verstehen sei und wie die Flugaktivität diagnostisch erfaßt worden ist. **Kraus** antwortet, daß man Freilandfänge nach Geschlecht trennt habe und dann versucht wurde, durch wiederholtes Anstoßen an einem sonnigen Platz

die Schwammspinnerweibchen zum Fliegen zu animieren. Ein horizontales Fliegen oder Nichtfliegen wurde getrennt für die einzelnen Herkünfte numerisch erfaßt. Von einer Flugfähigkeit wurde nur dann gesprochen, wenn ein Untersuchungskollektiv gruppen- bzw. herkunftsweise geflogen ist. Auf die Nachfrage von **Skatulla**, ob jemals beobachtet worden sei, daß die Weibchen selber zum Flug ansetzen, antwortet **Kraus**, daß im Insektenzelt die chinesischen *Lymantria*-Weibchen sofort herausflogen, wenn der Aufbewahrungskäfig geöffnet wurde. Voraussetzung hierfür war aber eine gewisse Wärme, denn im Schatten abgestellte Schwammspinner waren weniger flugaktiv. **Schröter** gibt zu Bedenken, daß die Flugaktivität einen Zivilisationseffekt darstellen könnte, denn diese phototaktische Reaktion wurde weniger im Bestand als vielmehr in der Nähe von urbanen Bereichen beobachtet. Möglicherweise dient die Flugfähigkeit nur der Dispersion. **Bathon** weist darauf hin, daß die Behauptung, fliegende bzw. flugfähige Weibchen seien in Mitteleuropa bisher nicht beobachtet worden, falsch ist, denn faunistische Lichtfanguntersuchungen belegen, daß die mitteleuropäischen Schwammspinnerweibchen auch früher flugfähig waren bzw. fliegen konnten. Zu den Untersuchungen der Universität Hohenheim merkt er kritisch an, daß durch die dargelegte Methodik eher ein Fluchtverhalten induziert wurde, denn die Schwammspinner-Weibchen sind nachtaktive Insekten (die Männchen fliegen am Tage und in der Nacht) und die Versuche zur Flugfähigkeit wurden mit den Weibchen am Tage durchgeführt.

Burzlauff berichtet, daß er 1993 bei der Begehung eines Bestandes zwei bis drei Schwammspinnerweibchen aufschreckte, die daraufhin 50 bis 60 m weit flogen. **Lobinger** entgegnet, daß im unterfränkischen Befallsgebiet intensive faunistische Erhebungen mittels Lichtfängen (Infrarot-, Schwarz- und Weißlicht) durchgeführt wurden, es wurde kein einziges flugfähiges Schwammspinnerweibchen hiermit gefangen. Im Jahre 1995 konnte ein Schwammspinnerweibchen (jedoch nur durch Hochwerfen) gezwungen werden, Flugbewegungen auszuführen. Auf die Frage von **Skatulla**, ob jemand der Tagungsteilnehmer flugfähige Schwammspinnerweibchen im Freiland beobachtet habe, wird dies mit ja beantwortet. **Pfefferkorn** ergänzt, daß im baden-württembergischen Rauneberg innerhalb von zwei Nächten weiß getünchte Häuserwände und Straßenbeleuchtungen mit Eigelegen übersät waren, die nur von flugfähigen Schwammspinnerweibchen stammen konnten.

Schröter weist darauf hin, daß die Männchen und Weibchen der Schwammspinner unterschiedliche Aktivitätsrhythmen aufweisen. Die Männchen können leicht mit Pheromon-Fallen erfaßt werden, ihre Aktivitätsspanne reicht vom Tage bis in die Nacht. Die Flugaktivität der Weibchen ist nur mittels der sogenannten Lichtfangmethode erkennbar, hier zeigt sich, daß sie vornehmlich nachtaktiv sind. **Skatulla** ergänzt, daß das Flugverhalten der SchwammSpinnermännchen in den frühen Morgenstunden kaum eine Aktivität aufweist. Es ist aber eine eindeutige Tagesaktivität zu verzeichnen, die gegen Abend abnimmt und dann wieder gegen 21.00 Uhr mit einem leichten Maximum ansteigt. Das Flugverhalten wird aber auch noch von anderen Faktoren wie z. B. Herkunft oder Futter bestimmt. **Schröter** merkt an, daß sich der Flugrhythmus der SchwammSpinner unter konstanten Lichtverhältnissen mit steigender Temperatur erhöht, d. h. je höher die Temperatur, um so höher auch die Aktivität. **Bathon** erläu-

tert, daß die Tagesaktivität der Männchen eindeutig mit der Pheromonabgabe der Weibchen korreliert und der Paarung dient. Der Nachtflug der Weibchen hingegen, in Hessen wurde am Roßberg mittels Lichtfängen ein Maximum zwischen 22.30 und 23.00 Uhr festgestellt, dient der Dispersion. **Zebitz** weist darauf hin, daß bei den Untersuchungen zur Flugfähigkeit in Hohenheim die Schwammspinnerweibchen auch bei Dämmerung flogen. Unter natürlichen Verhältnissen unterliegen alle Organismen bestimmten Streßfaktoren wie z. B. Nahrungssuche, diese Faktoren können auch einen Einfluß auf die Flugfähigkeit der Schwammspinner haben. In der dargestellten Arbeit konnten bisher aber nur bestimmte Faktoren näher untersucht werden. **Pfefferkorn** verweist auf Untersuchungen von **OHNESORGE** über die Flugfähigkeit und das Eiablageverhalten des Maiszünslers mittels Lichtfallen und Fangkäfigen. Diese Arbeit enthält möglicherweise auch wertvolle Hinweise für weitergehende Untersuchungen zur Flugfähigkeit des Schwammspinners.

4. Nonne/Kiefernspinner

Schröter fragt, mit welcher Aufwandmenge und welchem Pflanzenschutzmittel der Kiefernspinner (*Dendrolimus pini*) in Brandenburg bekämpft wird. **Majunke** antwortet, daß verschiedene biologische Pflanzenschutzmittel sowie „Dimilin 25 WP“ und „FASTAC FORST“ versuchsweise gegen den Kiefernspinner getestet wurden. Das Pyrethroid wurde als Kontaktinsektizid in begrenztem Umfang auf den schwer geschädigten Kiefernflächen eingesetzt, da diese Bestände keine ausreichende Nadelmasse mehr für die Applikation von Häutungshemmern und biologischen Fraßgiften besaßen. Das Land Brandenburg hatte für die Anwendung eine landesinterne Ausnahmegenehmigung erteilt. Auf die Frage von **Wimschneider**, ob die in Brandenburg applizierte Pflanzenschutzmittel-Menge von 750 g/ha „FASTAC FORST“ noch vermindert werden könnte, antwortet **Majunke**, daß dieser Fragestellung insbesondere unter dem Aspekt der Nebenwirkungen weiter nachgegangen werden wird.

Schröter kritisiert das bayerische Vorgehen bei der aviochemischen Bekämpfung von Forstinsekten mit „Diflubenzuron“, bei der die bei der Zulassung vorgesehene Aufwandmenge erheblich unterschritten wurde. Er hält solche Empfehlungen für die Beratung im Privat- und Körperschaftswald für bedenklich, wenn nicht von amtlicher Seite sichergestellt wird, daß solche Aufwandmengen auch in der Wirksamkeit ausreichend sind. **Skatulla** entgegnet, daß „Dimilin 25 WP“ in Laborversuchen noch im ppm-Bereich hinreichend wirksam gegen verschiedene Forstschädlinge wirkt. In Bayern konnten im Freiland ausreichende Bekämpfungserfolge mit reduzierten Aufwandmengen von „Dimilin 25 WP“ im Bereich zwischen 75 und 150 g/ha erzielt werden. Das Mittel wurde in Kiefern- und Fichtenbeständen mittels Hubschrauber auf 20.000 ha ausgebracht, danach kann die Nonne (*Lymantria monacha*) mit 75 g „Dimilin 25 WP“ noch bis zum Raupenstadium L 4 hinreichend wirksam bekämpft werden, auch unter ungünstigsten Witterungsverhältnissen. **Berendes** erläutert, daß das Pflanzenschutzgesetz die Anwendung einer geringeren als der bei der Zulassung vorgesehenen Auf-

wandmenge nicht untersagt und dies auch sinnvoll ist, wenn sichergestellt wird, daß diese Dosierung hinreichend wirksam ist. Die im Pflanzenschutzmittelverzeichnis veröffentlichten Aufwandmengen sind sogenannte „worst-case-Werte“, d. h. diese Mittelmengen sind auch unter widrigen Bedingungen noch hinreichend wirksam und stellen für die Bewertung der Auswirkungen auf den Naturhaushalt den ungünstigsten Fall dar. Bei der Reevaluierung des Wirkstoffes Diflubenzuron werden die bayerischen Untersuchungsdaten nach Prüfung ihrer Validität entsprechende Berücksichtigung finden. **Pfefferkorn** ergänzt, daß durch die EU-Richtlinie die Anwendungsgebiete weit gefaßt werden und mit den vorgesehenen Aufwandmengen müssen auch schwer bekämpfbare Schadorganismen wirksam erfaßt werden können. Im Pflanzenschutz haftet der Beratende für seine Empfehlung.

Skatulla widerspricht der niedersächsischen Auffassung, daß die Kiefer nicht so sehr durch die Nonne gefährdet sei. In Bayern ist die Nonne auch im ersten Jahr ein gefährlicher Kiefern-schädling, insbesondere bei hoher Besatzdichte und auf den Kahlfraßflächen, wenn dort mit einer Entnadelung von Alt- und Mainadeln von bis zu 90 % gerechnet werden muß. **Habermann** entgegnet, daß 1995 die Nonne in den niedersächsischen Kiefernbeständen als weniger gefährlich eingestuft wurde, weil die Besatzdichte durch Hunger und Krankheiten stark reduziert und der Maitrieb recht wenig geschädigt worden ist.

5. Nebenwirkungen

Ruf legt dar, daß die Barberfallenmethode ungeeignet ist für quantitative Vergleiche, denn Collembolenarten, die empfindlich auf Diflubenzuron reagieren, werden in diesen Fallen nur eingeschränkt gefangen. Diese Methode erlaubt nur eine Erfassung der Aktivitätsdichten von Käfern und Spinnen auf Artebene. Eine höhere Besiedlungsdichte auf der behandelten Fläche könnte sogar als Hinweis auf eine Schädigung interpretiert werden. **Majunke** entgegnet, daß man bei der Interpretation der Barberfallenfänge methodische Unzulänglichkeiten berücksichtigen wird, daß er aber keine bessere und praktikablere Methode kenne. Er fragt, ob geeignetere methodische Ansätze bekannt seien, ohne hierauf eine konkrete Antwort zu erhalten. **Bornholdt** schlägt vor, die Auswertung der Barberfallenfänge nur auf dem Artniveau durchzuführen und zwar von solchen Arten, die häufig vorkommen und einfach zu bestimmen sind. **Möller** antwortet, daß sie diesen Vorschlag gerne aufgreifen will und ihn entsprechend den zeitlichen und personellen Möglichkeiten umsetzen wird.

Ruf weist darauf hin, daß „Dimilin 25 WP“ und *B.t.*-haltige Pflanzenschutzmittel selektiv wirkende Insektizide seien, weshalb sie auch im Wald angewendet würden. Bei den Untersuchungen zur Bodenfauna zeigte sich, daß die im Oh-Horizont phyto- bzw. saprophag lebenden Streuzersetzer (*Oribatiden*) sowie die räuberisch lebenden *Gamasiden* entweder über eine Kontaktwirkung oder andere Eintrittspfade von Diflubenzuron geschädigt werden. **Lobinger** bezweifelt, daß aus dem Ausfall einer Art nach einer Bekämpfungsaktion zwingend der

Schluß gezogen werden könnte, daß das Pflanzenschutzmittel einen Einfluß auf diese Art habe, wenn die Individuendichte schon vor Beginn der Behandlung an der Nachweisgrenze lag. **Zub** entgegnet, daß nicht die einzelne Art für sich genommen zu werten ist, sondern daß die Arten zu Gruppen zusammengefaßt wurden, deren Larvalentwicklung zur gleichen Zeit im gleichen Stratum stattfindet. **Nässig** weist darauf hin, daß auf allen untersuchten Flächen die gleiche Methodik angewandt wurde, so daß die Gesamtanzahl der erfaßten Arten vergleichbar ist. Eine Verringerung der Artenzahl bedeutet nicht, daß die jeweilige Art lokal ausgestorben ist, es zeigt aber, daß die Art seltener geworden ist. **Zub** ergänzt, daß die Fangintervalle absolut vergleichbar waren. Die angewandte Lichtfangmethode ist keine Methode zur quantitativen Erfassung von Insektenpopulationen, wohl aber zur qualitativen. Auf den Kontroll- und den Dimilinflächen wurde jeweils eine sehr geringe Individuendichte pro Art beobachtet.

Auf die Frage von **Boppré** nach dem Abbau von Diflubenzuron auf Blättern und Nadeln antwortet **Nohl-Weiler**, daß durch die bekannte Stabilität des Wirkstoffes, die bei einem Fraßgift auch erwünscht ist, die Initialbeläge unmittelbar nach der Applikation sehr hoch sind, diese aber bereits nach 7 bis 14 Tagen deutlich abnehmen. **Pfefferkorn** ergänzt, daß der eigentliche Abbau des Diflubenzurons später in der Bodenstreu erfolgt. Untersuchungen in Polen belegen, daß zwischen drei und fünf Prozent des applizierten Mittels unmittelbar auf den Boden gelangen. Die Rückstandswerte der Bodenstreu in den behandelten Fichten- und Kiefernbeständen erhöhen sich erst nach dem natürlichen Nadelfall. In naturnahen Wäldern, mit mehrstufigen Beständen, ist die Wahl einer hinreichend wirksamen Dosierung schwieriger als in einstufigen Beständen. **Bathon** kritisiert, daß die polnischen Untersuchungen nur einen einjährigen Untersuchungszeitraum umfassen und somit keine Aussage über langfristige Auswirkungen möglich ist. **Langenbruch** verweist darauf, daß Mittel in Polen im ULV-Verfahren ausgebracht wurden und somit mit den in Deutschland zugelassenen Applikationsverfahren nicht vergleichbar sind. Außerdem wurde den Mitteln ein Pflanzenöl zugegeben. **Pfefferkorn** stellt daraufhin klar, daß „Foray 48 B“ kein Zusatz beigegeben wurde, wohingegen „Dimilin 25 WP“ und „Decis flüssig“ mit jeweils 0,7 l Pflanzenöl sowie 1,3 l Wasser appliziert wurden.

Boppré fragt weshalb „Dimilin 25 WP“ als biotechnisches Präparat bezeichnet wird. **Pfefferkorn** antwortet, daß Diflubenzuron in den Chitinstoffwechsel von Raupen und Larven eingreift und deren Häutung verhindert, wohingegen Organophosphate einen direkten Knock-down-Effekt über eine Cholinesterase-Hemmung bewirken.

Brasse fragt, ob in den letzten Jahren den Forstschutzdienststellen der Länder bei den Bekämpfungsaktionen Schäden an Bienenvölkern gemeldet worden sind. **Schröter** antwortet, daß die Imker vor den Bekämpfungsaktionen immer rechtzeitig benachrichtigt wurden. Es hat in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz keine Meldungen über nachhaltige Schäden an Bienenvölkern gegeben. **Nohl-Weiler** ergänzt, daß für eine neue Formulierung erneute Freilanduntersuchungen mit dem Wirkstoff Diflubenzuron durchgeführt worden sind. Danach sind keine Schäden an Bienenvölkern aufgetreten.

Skatulla hinterfragt die angeblich beobachtete Kontaktwirkung von Diflubenzuron bei Florfliegenlarven (*Chrysoperla carnea*). Er weist darauf hin, daß ein Nachweis nur über eine ausgeklügelte Labormethode möglich ist, die jeden oralen Aufnahmepfad wie z. B. über die Nahrung oder das Wasser etc. zuverlässig ausschließt, denn bei Diflubenzuron können schon winzigste Partikel, die auf das Bodensubstrat gelangen und dann zufällig oral aufgenommen werden, eine Kontaktwirkung vortäuschen. **Schaaf** entgegnet, daß eine Kontaktwirkung von „Dimilin 25 WP“ einem Glasplattentest sowie spezifischen Freilanduntersuchungen entnommen werden konnte.

Bezüglich der vieldiskutierten Bildung von Chloranilin nach Dimilin-Anwendungen berichtet **Schinkel**, daß der Fachgruppe für Chemische Mittelprüfung ein ausführliches toxikologisches Dossier des Bundesinstitutes für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin über die kanzerogenen und mutagenen Eigenschaften der halogenierten Aniline vorliegt. Dem Dossier ist zu entnehmen, daß unter normalen Bedingungen nicht zu erwarten ist, daß kanzerogene und mutagene Effekte durch Chloranilin ausgelöst werden. Die in einigen Versuchen bei Ratten und Mäusen aufgetretenen Neubildungen werden auf Verabreichung der Substanz über eine Schlundsonde zurückgeführt, denn in den Fütterungsversuchen, bei denen Versuchstiere die Substanz über das Futter erhielten, konnten diese Effekte nicht beobachtet werden, obwohl z. T. extrem hohe Dosierungen von Chloranilin verabreicht wurden. **Nohl-Weiler** ergänzt, daß in Hessen eine gaschromatographische Analysenmethode mit einer Injektionstemperatur von 250 °C angewandt wurde, um die Chloranilinwerte im Boden zu ermitteln. Bei dieser Temperatur zerfällt das Diflubenzuron und es wird rasch PCA (para-Chloranilin) gebildet. Die untersuchende Stelle versäumte eine getrennte Erfassung von CPU (4-Chlorphenylharnstoff) und PCA. Die ermittelten hohen Chloranilinwerte im hessischen Ried sind somit als Artefakte einer unsachgemäßen chemischen Analyse und nicht einer Diflubenzuron-Anwendung im Wald anzusehen.

Block und **Bathon** weisen darauf hin, daß ein Insektizid aufgrund seiner Wirkungsweise immer einen Effekt im Ökosystem "Wald" verursacht. Für künftige Bekämpfungsentscheidungen wäre es eminent wichtig, mittel- und langfristige Untersuchungsdaten über die Auswirkungen z. B. von „Dimilin 25 WP“ auf eine Biozönose zu haben, denn die Kenntnisse über Nebenwirkungen auf Insektenarten mit mehrjährigem Entwicklungszyklus sind bisher nur unzureichend. **Kehr** kritisiert, daß ökologische Langzeituntersuchungen nur dann wissenschaftliche Aussagekraft besitzen, wenn die behandelten und unbehandelten Bestände hinsichtlich der Blatt- und Bestandesstruktur vergleichbar sind, d. h. keine Totalentlaubung unbehandelter Vergleichsbestände erfolgt, wie bei einer Massenvermehrung. **Bornholdt** regt deshalb an, in langfristigen Untersuchungen sich auf häufig vorkommende Arten und bestimmte ökologische Typen zu beschränken, um so die Möglichkeit für eine statistische Absicherung bestimmter Beobachtungen zu erhalten. **Balder** ergänzt, daß ökosystemare Ansätze nur dann aussagekräftig sind, wenn parallel zu Untersuchungen im Freiland auch gezielte Laboruntersuchungen durchgeführt werden. **Zub** merkt an, daß auch bei den Schmetterlingen langfristige und großräumige Populationsschwankungen auftreten, die aber je nach Art unter-

schiedlich ausgeprägt sind und bei der Erfassung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln entsprechende Berücksichtigung finden sollten. Die sehr warmen Sommer in den letzten Jahren haben beispielsweise den Großen Fuchs, den Trauermantel, aber auch den Schwammspinner begünstigt, andere Arten hingegen aber auch benachteiligt.

Wulf zieht ein Resümee aus den Vorträgen und den anschließenden Diskussionen, indem er auf die eingangs aufgeworfenen Fragen nochmals im einzelnen eingeht. Er schließt das Symposium mit dem herzlichen Dank an die Referenten für ihre aufschlußreichen Vorträge sowie an die Teilnehmer für ihre offenen und konstruktiven Diskussionsbeiträge und wünscht eine gute Heimreise.

Alfred Wulf

Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Pflanzenschutz im Forst, Braunschweig

Resümee aktueller Erkenntnisse aus den jüngsten Schmetterlingskalamitäten im Forst

In den Jahren 1992 bis 1994 ist der Befall durch den Schwammspinner (*Lymantria dispar*) bei seiner ersten überregionalen Massenvermehrung in Zentraleuropa allein für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland von 1.900 ha auf annähernd 80.000 ha angewachsen. Auf mehr als einem Drittel dieser Fläche sind schließlich Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt worden (Abb. 3). Während 1993 im ersten Kalamitätsjahr der Befall vorwiegend auf Südwestdeutschland konzentriert war (gute Korrelation mit Weinbauklima; Abb. 1), konnte 1994 auch eine zunehmende Ausbreitung in Ostdeutschland festgestellt werden (Abb. 2). Bemerkenswert ist die Tatsache, daß gleichzeitig auch andere Forstschmetterlinge wie z. B. die Nonne (*Lymantria monacha*) und der Kiefernspinner (*Dendrolimus pini*) in Deutschland Massenvermehrungen durchlaufen haben, die teilweise noch größeren Bekämpfungsumfang nach sich gezogen haben als der Schwammspinner (Abb. 4).

Nun ist die Anwendung von Forstschutzmitteln, insbesondere wenn sie auf größerer Fläche erfolgt, von besonderem öffentlichen Interesse und häufig Gegenstand konträrer Bewertungen hinsichtlich der Notwendigkeit und der damit verbundenen Nebenwirkungen. Von den Forstleuten wird erwartet, daß sie den Wald weitgehend ohne synthetische Pflanzenschutz- oder Düngemittel bewirtschaften. Die Diskussion über zu erwartende und tolerierbare Waldschäden im Zusammenhang mit Massenvermehrungen von Forstinsekten zeigt unterschiedliche Standpunkte, aber häufig auch Wissenslücken. Einige der in diesem Zusammenhang aufgetretenen offenen Fragen sind eingangs formuliert worden (vgl. Vorwort) und sollen nachfolgend, neue Erkenntnisse aus den Beiträgen des letzten Expertentreffens zusammenfassend, soweit möglich, einer Klärung näher gebracht werden.

- Die Frage nach den **Ursachen** für diese erste, großräumige **Schwammspinner-Massenvermehrung** in Mitteleuropa läßt sich sicher noch nicht endgültig und abschließend beantworten. Die Wetterdaten während der Progradation sowie die Lage der Befallsgebiete (Abb. 1) deuten allerdings darauf hin, daß die Entwicklung vorwiegend durch anhaltende Trockenheit und Wärme im Klimaverlauf begründet ist. Die Tatsache, daß auch andere Schmetterlingsarten (vgl. Abb. 4) und wärmeliebende Insekten (z.B. *Phaenops cyanea*) gleichzeitig Abundanzsteigerungen gezeigt haben und auch thermophile Erreger von Forstpflanzenkrankheiten (z.B. *Sphaeropsis sapinea*) Mitte der 90er Jahre mit ungewöhnlichem Schadensumfang in Erscheinung getreten sind, stützt diese Interpretation. Ein solcher Erklärungsansatz ist bereits beim ersten Symposium mehrfach, z. B. von DIMITRI und von

OTTO (vgl. Heft 293 der Mitteilungen aus der BBA, 1993), dargelegt worden. Ob auch das Eindringen **asiatischer Herkünfte** den Gradationsverlauf beim Schwammspinner beeinflusst hat, ist noch nicht abschließend zu klären. Die vorgestellten Beiträge - von GRASER¹ auf der einen und von REINEKE et al. sowie KRAUS et al. auf der anderen Seite - lassen unterschiedliche Schlußfolgerungen zu. Die oben genannten Argumente sprechen eher gegen eine derartige Beeinflussung. Für solide Antworten zu dieser Fragestellung ist es offensichtlich noch zu früh. Da von mehreren Seiten hieran gearbeitet wird, können gesicherte Erkenntnisse in absehbarer Zeit - mindestens aber vor Ausbruch einer neuen Schwammspinner-Massenvermehrung - erwartet werden. Derzeit ist allerdings keine wissenschaftliche Grundlage vorhanden, die es erlaubt, aus den Erkenntnissen zum Massenwechselgeschehen Quarantänemaßnahmen abzuleiten.

- Daß **nachhaltige Schäden in Laubholzbeständen** durch Schwammspinner-Kahlfraß auftreten können ist bereits jetzt eindeutig zu erkennen, wobei zu befürchten ist, daß Langzeit-Beobachtungen noch einen erheblich größeren Schadumfang aufzeigen werden. Insbesondere die Beiträge von DELB, LOBINGER & SKATULLA sowie WEZEL haben die massiven Schäden aufgezeigt. In Eichenbeständen aller Altersklassen sind einzelne bis flächenhafte Ausfälle zu verzeichnen. Die Hoffnungen auf hinreichende ökologische Stabilität im Laubholz, die mancherorts zu einem Verzicht auf Bekämpfungsmaßnahmen führten, haben sich mehrfach als schwerwiegende Fehleinschätzung erwiesen. Teilweise haben gerade solche Flächen umfangreiche Schäden davongetragen, bei denen aus Naturschutzgründen Forstschutzmaßnahmen abgelehnt worden waren.
- **Neue Ansätze für die Bekämpfung von Forstschmetterlingen** unter stärkerer Verwendung biologischer Präparate sind insbesondere durch die Untersuchungen von LANGENBRUCH et al. aufgezeigt worden. Die Erhöhung der Aufwandmengen bei *Bacillus thuringiensis*-Mitteln und ihre Anwendung in Kombination mit Polyederviren hat bemerkenswerte, ermutigende Ergebnisse gebracht. Allerdings ist auch deutlich geworden, daß auf schlagkräftige synthetische Wirkstoffe - bei den Forstschmetterlingen stehen hier bekanntermaßen die Häutungshemmer im Vordergrund - derzeit grundsätzlich noch nicht verzichtet werden kann.
- Der vielfach geäußerte Vorbehalt, daß eine **praxisübliche Bekämpfung** mit Häutungshemmern durch **Auswirkungen auf das Antagonistenpotential den natürlichen Zusammenbruch der Massenvermehrung** verzögert und somit zu einer Verlängerung der Gradation führt, hat sich als unberechtigt erwiesen. Vielmehr ist die Massenvermehrung des Schwammspinners unabhängig von Art und Umfang der Bekämpfungsmaßnahmen großflächig, flächendeckend und gleichzeitig zusammengebrochen. Ein Unterschied im Gradationsverlauf zwischen behandelten und unbehandelten Arealen war nicht zu erkennen und ist von keiner Seite berichtet worden.

¹ Alle nachfolgenden Literaturzitate beziehen sich auf Publikationen in diesem Heft

- Bezüglich der medienwirksam angeprangerten **Bildung von Chloranilin** nach Dimilin-Anwendung hat SCHINKEL zunächst eine klare toxikologische Bewertung vorgetragen (vgl. Diskussionsprotokoll) und darauf hingewiesen, daß kanzerogene und mutagene Effekte durch Chloranilin nicht ausgelöst werden. Gravierender noch muß allerdings die Erkenntnis gewertet werden, daß dieser Stoff im Zusammenhang mit der Anwendung von Häutungshemmern im Forst gar nicht gebildet wird. Angesichts der erhitzten Diskussionen, die zu diesem Komplex stattgefunden haben, ist es nahezu beschämend, daß die ermittelten Chloranilinwerte durch NOHL-WEILER als Artefakte einer unsachgemäßen chemischen Analyse ausgewiesen werden konnten.
- Ein beachtlicher Teil der Untersuchungen in Zusammenhang mit den jüngsten Kalamitäten von Forstschnettlingen hat sich mit den **Nebenwirkungen** und hier insbesondere mit Auswirkungen **der Bekämpfungsmaßnahmen auf Nichtzielorganismen** beschäftigt. Mit sieben Beiträgen war ein Drittel des Symposiumsprogramms diesem Komplex gewidmet. Eine Vielzahl von Daten und detaillierten Ergebnissen sind vorgetragen und diskutiert worden. Gravierende, nachhaltig wirksame Auswirkungen, die eine Neubewertung der in diesem Bereich zugelassenen Forstschutzmittel notwendig machen würden, waren dabei nicht zu erkennen. Diese Einschätzung soll einer Beurteilung durch die Kollegen, die im Zulassungsverfahren entsprechende Prüfbereiche zu vertreten haben, nicht vorgreifen. Mit der Publikation der Daten im Tagungsband stehen die Ergebnisse für weitergehende Auswertungen nunmehr zur Verfügung. Es dürfte allerdings unstrittig sein, daß ein flächenhaftes Absterben von Waldbäumen in jedem Fall sehr viel größere ökologische Schäden und nachhaltigere Veränderungen der Biozönose bewirkt, als temporäre Beeinträchtigungen in der Abundanz einzelner Glieder der faunistischen Lebensgemeinschaft.

Die vorangestellte Zusammenfassung kann nur auf einige spektakuläre Fragen bzw. Problem-bereiche eingehen und auch nur einen kleinen Teil der Informationsfülle der Einzelbeiträge reflektieren. Wünschenswert wäre, daß der umfassend aufgearbeitete Erkenntniszuwachs des Symposiums sich eignet, um für zukünftige, vergleichbare Kalamitätsereignisse im Forst als Bewertungs- und Entscheidungshilfe herangezogen zu werden.

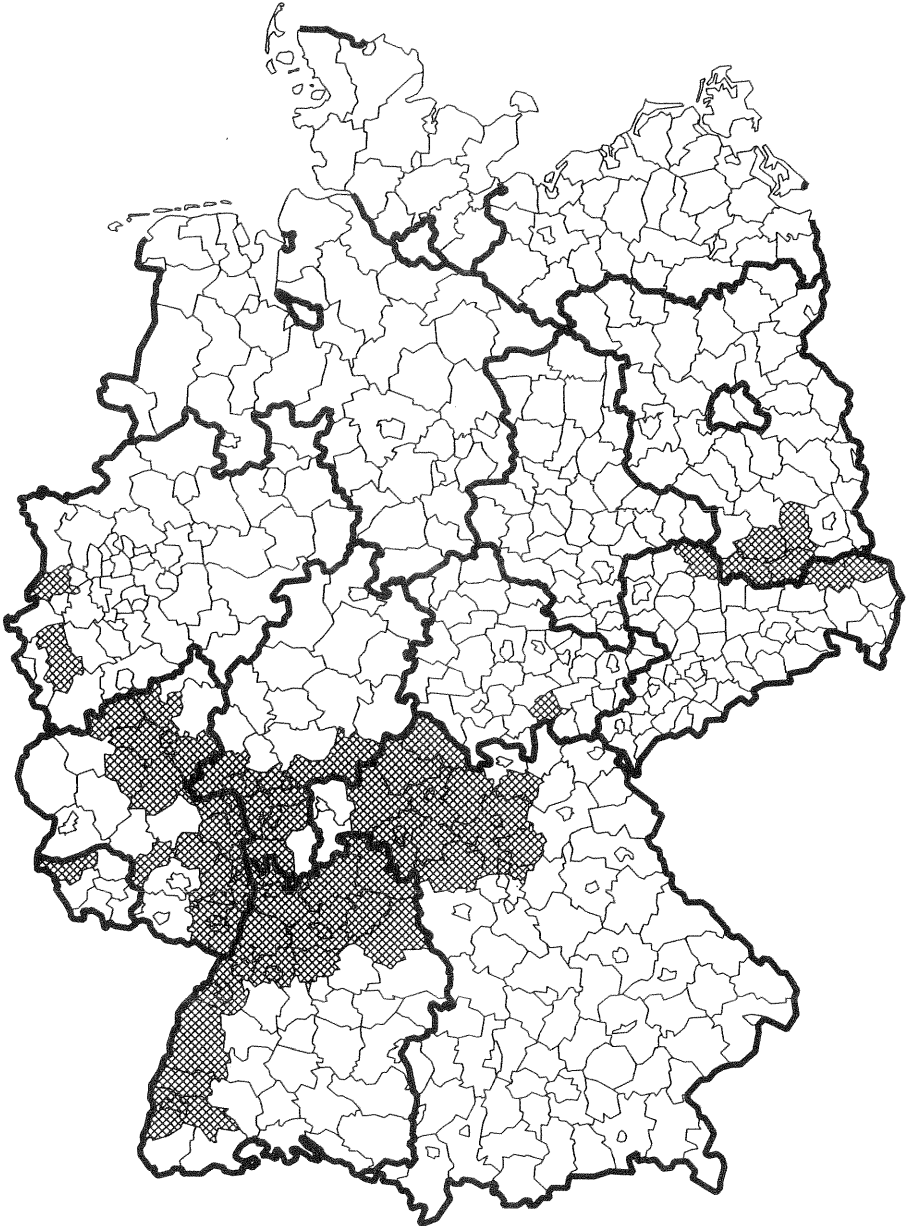


Abb. 1: Schwammspinner-Befallsflächen 1993, Kreise in der Bundesrepublik Deutschland mit mehr als 10 ha Kahlfraß

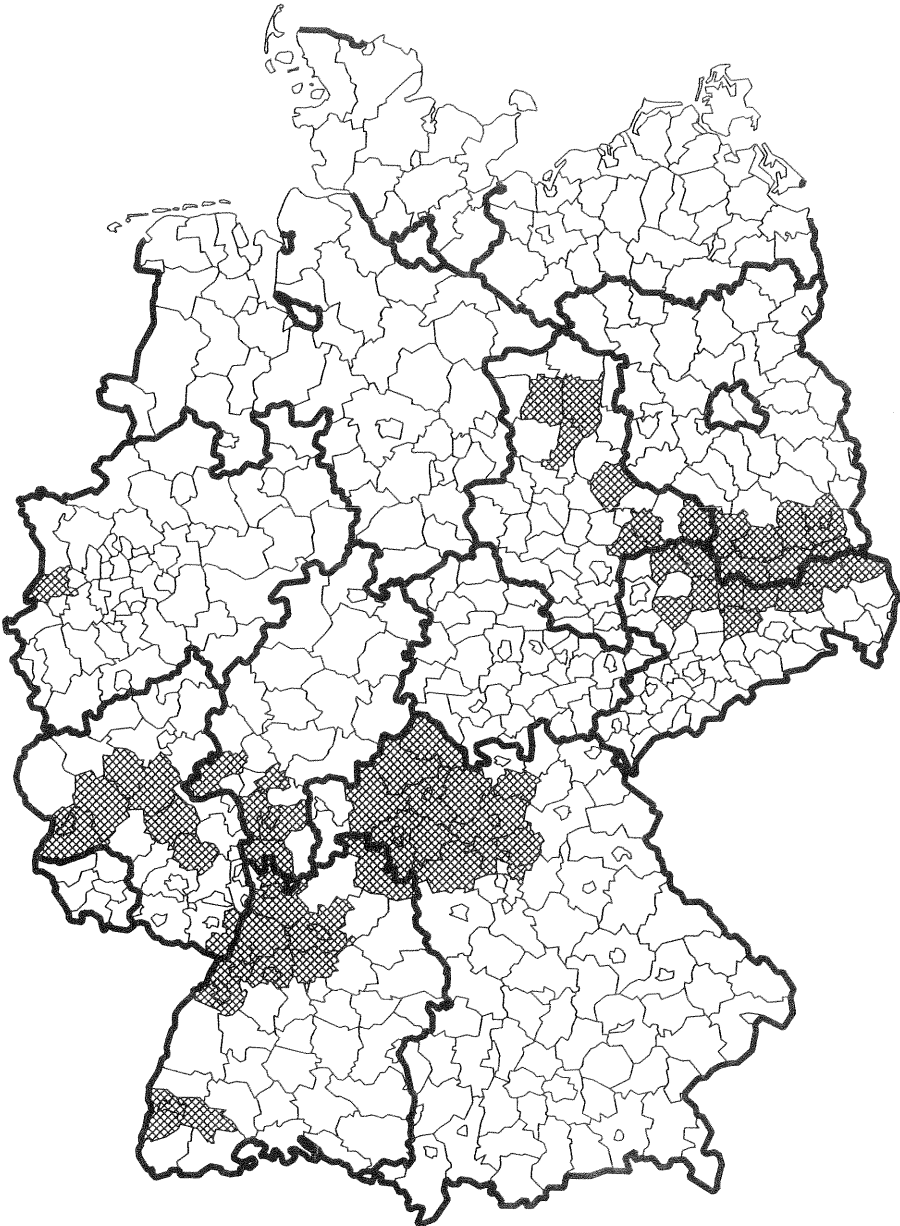


Abb. 2: Schwammspinner-Befallsflächen 1994, Kreise in der Bundesrepublik Deutschland mit mehr als 10 ha Kahlfraß

Tsd. ha

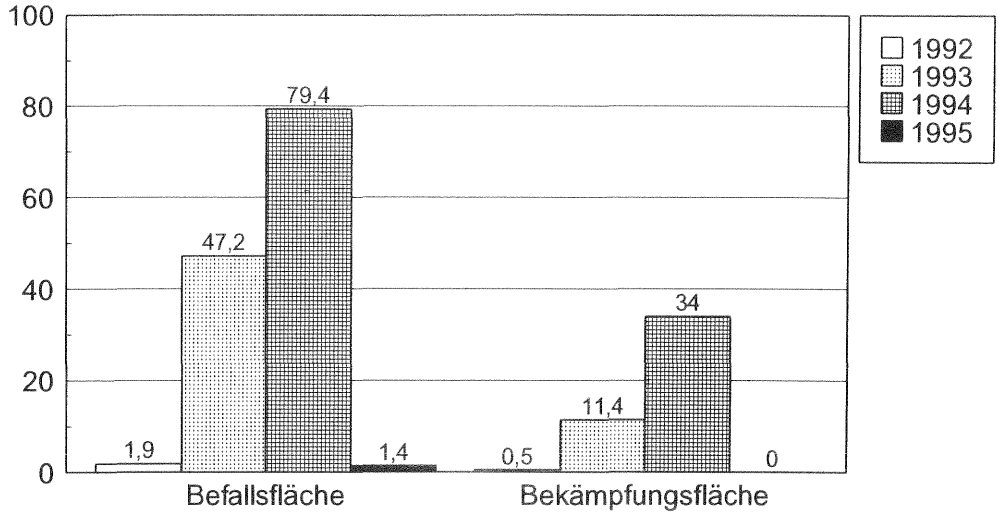


Abb. 3: Schwammspinner Befalls- und Bekämpfungsfläche im Forst 1992 - 1995 in der Bundesrepublik Deutschland

Tsd. ha

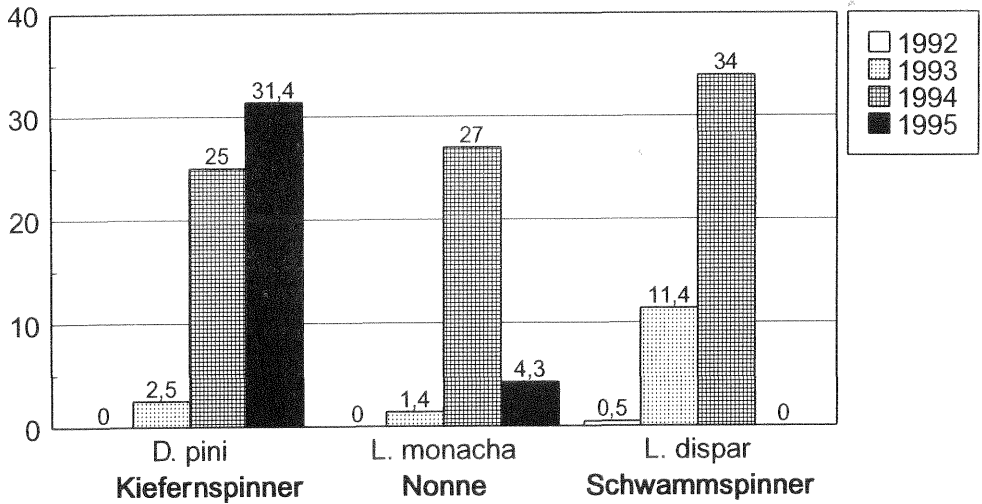


Abb. 4: Bekämpfungsfläche bei Schmetterlingen im Forst 1992 - 1995 in der Bundesrepublik Deutschland

Abkürzungsverzeichnis

III/IV	=	März/April
VII	=	Juli
A VI	=	Anfang Juni
AfF	=	Amt für Forstwirtschaft
B	=	Fang mit Bodenfallen
Bay.StMELF	=	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
BBA	=	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
BFA	=	Bundesforstamt
BfN	=	Bundesamt für Naturschutz, Bonn
BFÄ	=	Bundesforstämter
BHD	=	Brusthöhendurchmesser
BML	=	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
bp	=	Basenpaare
B.t.	=	Bacillus thuringiensis var. kurstaki
B.t.k.	=	Bacillus thuringiensis var. kurstaki
BUND	=	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.
CIR	=	Falschfarben-Colorfilm (Color Infrarot)
CPU	=	4-Chlorphenylharnstoff
d	=	Tag (engl. day)
DFBA	=	2,6-Difluor-Benzoesäure
DFBAM	=	2,6-Difluorbenzamid
DNA	=	Desoxynucleinsäure
DT 50	=	Disappearance Time: Zeitraum in dem 50 % des Wirkstoffes verschwunden ist
DT 90	=	Disappearance Time: Zeitraum in dem 90 % des Wirkstoffes verschwunden ist
DT 100	=	Disappearance Time: Zeitraum in dem 100 % des Wirkstoffes verschwunden ist
E IV	=	Ende April
E VI	=	Ende Juni
Ei	=	Eiche
FA	=	Forstamt
FÄ	=	Forstämter
Fbz.	=	Forstbezirk
FD	=	Forstdirektion
FS1	=	Primer Nr. 1 des USDA Forest Service
FS2	=	Primer Nr. 2 des USDA Forest Service
FS3	=	Primer Nr. 3 des USDA Forest Service
FS4	=	Primer Nr. 4 des USDA Forest Service
FVA	=	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt

GC	=	Gaschromatographie
h	=	Stunde (engl. hour)
ha	=	Hektar
HMLWLFN	=	Hessisches Ministerium für Landesentwicklung, Wohnen, Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz
HPLC	=	Hochdruckflüssigchromatographie (high performance liquid chromatography)
ILN	=	Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz, Bühl
IU	=	Internationale Wirkungseinheiten
J	=	Johannistrieb
K	=	Klopfprobe im Kronenbereich
K _{OC} -Wert	=	Adsorptionskoeffizient des Pflanzenschutzmittelwirkstoffes bezogen auf den organischen Kohlenstoffgehalt des Bodens
L ₁	=	Larvenstadium 1: Zeitspanne zwischen Schlüpfen und 1. Häutung
L ₂	=	Larvenstadium 2: Zeitspanne zwischen 1. und 2. Häutung
L ₃	=	Larvenstadium 3: Zeitspanne zwischen 2. und 3. Häutung
L ₄	=	Larvenstadium 4: Zeitspanne zwischen 3. und 4. Häutung
LD ₅₀	=	50 %-letale Dosis
LdNPV	=	Kernpolyedervirus des Schwammspinners
LWF	=	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising
LV	=	Laubverlust
MW	=	Molekulargewichtsmarker
n	=	Stichprobenumfang
NABU	=	Naturschutzbund Deutschland
NFV-B	=	Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Abt. B: Waldschutz
NPV	=	Kernpolyedervirus
Obf	=	Oberförstereien
PCA	=	para-Chloranilin, 4-Chlorphenylanilin
PCR	=	Polymerasekettenreaktion (Polymerase Chain Reaction)
PGNU	=	Planungsgruppe Natur und Umwelt
PSM	=	Pflanzenschutzmittel
RAPD	=	Random Amplified Polymorphic DNA
ROF	=	Rindenoberfläche
Tsd.	=	Tausend
UBA	=	Umweltbundesamt
USDA	=	United States Departement of Agriculture
UV	=	ultraviolett
W1	=	Wirkungsprozente 2 Wochen nach der Applikation
W2	=	Wirkungsprozente 4 Wochen nach der Applikation
WG	=	Wirkungsgrad
+Z	=	mit Zucker

**Teilnehmer des Symposiums
"Forstschmetterlinge"
am 07./08. November 1995 in Braunschweig**

Baier, Ulf, Dr.	Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Referat Waldschutz	Jägerstr. 1 99867 Gotha
Balder, Hartmut, Dr.	Pflanzenschutzamt Berlin	Mohriner Allee 137 12347 Berlin
Bathon, Horst, Dr.	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für biologischen Pflanzenschutz	Heinrichstraße 243 64287 Darmstadt
Beer, Holger, Dr.	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Leitung	Stahnsdorfer Damm 81 14532 Kleinmachnow
Berendes, Karl-Heinz	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Block, Joachim, Dr.	Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz	Hauptstr. 16 67705 Trippstadt
Bockhorst, Eberhard	Georg-August-Universität Institut für Forstzoologie	Büsgenweg 3 37077 Göttingen
Boppré, Michael, Prof. Dr.	Albert-Ludwigs-Universität Forstzoologisches Institut	Bertoldstr. 17 79098 Freiburg
Bornholdt, Günter, Dr.	Planungsgruppe Natur & Umwelt	Königswarterstr. 21 60316 Frankfurt/Main
Brasse, Dietrich, Dr.	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Pflanzenschutz im Ackerbau	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig

Bürgermeister, Wolfgang, Dr.	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Biochemie und Pflanzenvirologie	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Burzlauff, Tim	Albert-Ludwigs-Universität Forstzoologisches Institut	Bertoldstr. 17 79098 Freiburg
Busch, Hans-Peter	Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Rheinland	Siebengebirgsstr. 200 53229 Bonn
Delb, Horst	Forstamt Hagenbach Rheinland-Pfalz	Friedenstr. 9 76767 Hagenbach
Elsner, Gerhard	Georg-August-Universität Institut für Forstzoologie	Büsgenweg 3 37077 Göttingen
Gonschorrek, Joachim, Dr.	Hessische Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldfor- schung und Waldökologie	Prof.-Oelkers-Str. 6 34346 Hann. Münden
Gossenuer-Marohn, Horst, Dr.	Hessisches Forstamt Bad Schwalbach	Gartenfeldstr. 32 65307 Bad Schwalbach
Graser, Elke	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Grosscurt, Arnold, Dr.	Uniroyal	Amsterdam
Gündermann, Gerhard, Dr.	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Leitung	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Habermann, Michael, Dr.	Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt Abt. B - Waldschutz -	Grätzelstr. 2 37079 Göttingen
Hett, Paul	Département de la Santé des Forêts	Rue Sanite-Catherine 38 F-54043 Nancy

Hummel, Edmud, Dr.	Trifolio	Sonnenstr. 22 35633 Lahнау
Hurling, Rainer	Georg-August-Universität Institut für Forstzoologie	Büsgenweg 3 37077 Göttingen
Jentzsch, Jürgen, Dr.	Cyanamid Agrar GmbH & Co. KG	Konrad-Adenauer-Str. 30 55218 Ingelheim
de Jong, Ad.	Uniroyal	Amsterdam
Kappenberg, Knut	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Kehr, Rolf, Dr.	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Kleespies, Regina G., Dr.	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für biologischen Pflanzenschutz	Heinrichstr. 243 64287 Darmstadt
Köllner, Volkhard, Dr.	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Kontzog, Hans-Günter, Dr.	Forstliche Landesanstalt Sachsen Anhalt Abt. Forstliches Versuchswesen	Behnsdorfer Str. 45 39345 Flechtingen
Kraus, Christina	Universität Hohenheim Institut für Phytomedizin	Otto-Sander-Str. 5 70593 Stuttgart
Krüger, Frank	Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt Abt. B - Waldschutz -	Grätzelstr. 2 37079 Göttingen

Kula, Christine, Dr.	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Fachgruppe Biologische Mittelprüfung	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Langenbruch, Gustav-Adolf, Dr.	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für biologischen Pflanzenschutz	Heinrichstr. 243 64287 Darmstadt
Lobinger, Gabriela, Dr.	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft	Hohenbachernstr. 20 85354 Freising
Lohsse, Hartmut, Dr.	Bayer AG Geschäftsbereich Pflanzenschutz	Konrad-Adenauer-Ufer 41-45 50668 Köln
Majunke, Curt, Prof. Dr.	Forstliche Versuchsanstalt Eberswalde e.V. Abt. Waldschutz	Alfred-Möller-Str. 1 16225 Eberswalde-Finow
Malphettes, Claude-Bernard, Dr.	CEMAGREF-INRA, Division Technique Forestières	F-45160 Ardon
Möller, Katrin	Forstliche Versuchsanstalt Eberswalde e.V. Abt. Waldschutz	Alfred-Möller-Str. 1 16225 Eberswalde-Finow
Nässig, Wolfgang A.	Arbeitsgemeinschaft Hessischer Lepidopterologen	Postfach 30 63 63158 Mühlheim/Main
Niemeyer, Hans, Dr.	Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt Abt. B - Waldschutz -	Grätzelstr. 2 37079 Göttingen
Nohl-Weiler, Christine, Dr.	Hoechst Schering AgrEvo GmbH Pflanzenschutz Deutschland	Wertstr. 37 40549 Düsseldorf
Otto, Lutz-Florian	Sächsische Landesanstalt für Forsten	Bonnewitzer Str. 34 01827 Graupa

Petercord, Ralf	Georg-August-Universität Institut für Forstzoologie	Büsgenweg 3 37077 Göttingen
Pfefferkorn, Volkmar	Hoechst Schering AgrEvo GmbH Pflanzenschutz Deutschland	65926 Frankfurt
Reineke, Annette	Universität Hohenheim Institut für Phytomedizin	Otto-Sander-Str. 5 70593 Stuttgart
Roßkopf, Konrad Michael	Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten	Postfach 22 00 12 80535 München
Ruf, Andrea, Dr.	Staatliches Museum für Naturkunde	Postfach 62 09 76042 Karlsruhe
Schaaf, Christine	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Pflanzenschutz im Obstbau	Schwabenheimer Str. 101 69221 Dossenheim
Schinkel, Karl, Dr.	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Fachgruppe chemische Mittelprüfung	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Schollmeyer, Bernd	Cyanamid Agrar GmbH & Co. KG	Konrad-Adenauer-Str. 30 55218 Ingelheim
Schopf, Axel, Dr.	Universität für Bodenkultur Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forst- schutz	Hasenauer Str. 38 A-1180 Wien
Scholz, Diana	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Scholz, Michael	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Bibliothek	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig

Schröder, Thomas	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Schröter, Kerstin	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Referat 613	Rochusstr. 1 53123 Bonn
Schröter, Hans Jochen, Dr.	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg Abt. Waldschutz	Wonnhaldestr. 4 79100 Freiburg
Skatulla, Ulrich, Prof. Dr.	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft	Hohenbachernstr. 20 85354 Freising
Stoll, Sebastian	Hessisches Ministerium für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz	Hölderlinstr. 1-3 65187 Wiesbaden
Stürtz, Mathias	Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Referat: Waldschutz	Jägerstr. 1 99867 Gotha
Thiel, Jörg	Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Referat: Waldschutz	Jägerstr. 1 99867 Gotha
Veldmann, Gerhard, Dr.	Forstliche Landesanstalt Sachsen Anhalt Abt. Forstliches Versuchswesen	Behnsdorfer Str. 45 39345 Flechtingen
Wezel, Gerhard	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg Abt. Waldschutz	Wonnhaldestr. 4 79100 Freiburg
Willig, Jürgen	Georg-August-Universität Institut für Forstzoologie	Büsgenweg 3 37077 Göttingen

Wimschneider, Wilhelm, Dr.	Cyanamid Agrar GmbH & Co. KG	Konrad-Adenauer-Str. 30 55218 Ingelheim
Wohlens, Wohler, Dr.	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Referat für Presse und Information	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Wulf, Alfred, Dr.	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Zaspel, Irmtraut, Dr.	Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Institut für Forstpflanzenzüchtung	Eberswalder Chaussee 6 15377 Waldsiedersdorf
Zebitz, Claus P.W., Prof. Dr.	Universität Hohenheim Institut für Phytomedizin	Otto-Sander-Str. 5 70593 Stuttgart
Zub, Petra	Arbeitsgemeinschaft Hessischer Lepidopterologen	Platanenstr. 59 60320 Frankfurt/Main