

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



**Bausteine für den integrierten Pflanzenschutz  
im Gartenbau – Aktuelle Arbeiten aus dem  
Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau  
Festschrift für Dr. Gerd Crüger**

**Components of integrated plant protection in horticulture –  
Current research work at the Institute for Plant Protection  
in Horticultural Crops**

**Publication in honour of Dr. Gerd Crüger**

bearbeitet von

Dr. S. E. Smolka, Dr. P. Mattusch und Dr. M. Hommes,  
Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,  
Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau, Braunschweig,

Heft 289

Berlin 1993

*Herausgegeben*

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

Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg  
Seelbuschring 9-17, D - 12105 Berlin

ISSN 0067-5849

ISBN 3-489-28900-5

Zusammengestellt anlässlich des Ausscheidens  
von

Direktor und Professor **Dr. Gerd Crüger**

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Smolka, Silvia E.:**

Bausteine für den integrierten Pflanzenschutz im Gartenbau –  
Aktuelle Arbeiten aus dem Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau  
Festschrift für Dr. Gerd Crüger = Components of integrated plant  
protection in horticulture / bearb. von Silvia E. Smolka, Peter Mattusch  
und Martin Hommes. Hrsg. von der Biologischen Bundesanstalt für  
Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem. – Berlin; Hamburg: Parey [in  
Komm.], 1993

(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und  
Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 289)  
ISBN 3-489-28900-5

NE: Mattusch, Peter; Hommes, Martin; Crüger, Gerd; Festschrift  
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 Funk-  
sendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung  
in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.  
Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den  
Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland  
vom 9. September 1965 in der Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungs-  
pflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

1993 Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, Seelbuschring 9-17, 12105 Berlin  
Printed in Germany by Arno Brynda, Berlin

INHALTSVERZEICHNIS - TABLE OF CONTENTS

	SEITE
KLINGAUF, FRED	
Laudatio für Herrn Direktor und Professor Dr. Gerd Crüger	7-9
Speech in honour of Direktor and Professor Dr. Gerd Crüger	
GRUNDLAGEN - BASIC WORK	
OTTO, GEORG; HARRY WINKLER und KATRIN SZABO:	
Zum Stand der Erkenntnisse über die Ursache der Bodenmüdigkeit einiger Rosaceen-Arten	11-25
About the current knowledge on the cause of specific replant disease in several Rosaceae species	
DREBLER, HEINRICH und SABINE WERRES:	
Untersuchungen zur Besiedelung von Rosenwurzeln durch Bakterien	26-32
Investigations on the colonization of rose roots by bacteria	
SMOLKA, SILVIA E.:	
Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf das antiphytopathogene Potential in der Phyllosphäre	33-45
Effects of pesticides on the antagonistic potential against plant diseases in the phyllosphere	
WERRES, SABINE und KARIN THEMANN:	
Serologie in der Diagnostik phytopathogener Pilze - theoretische Grundlagen und Untersuchungen zur Standardisierung des <i>enzyme-linked immunosorbent assay</i> (ELISA)	46-59
Serology in diagnosis of plant pathogenic fungi - principles, and investigations on the standardization of the <i>enzyme-linked immunosorbent assay</i> (ELISA)	

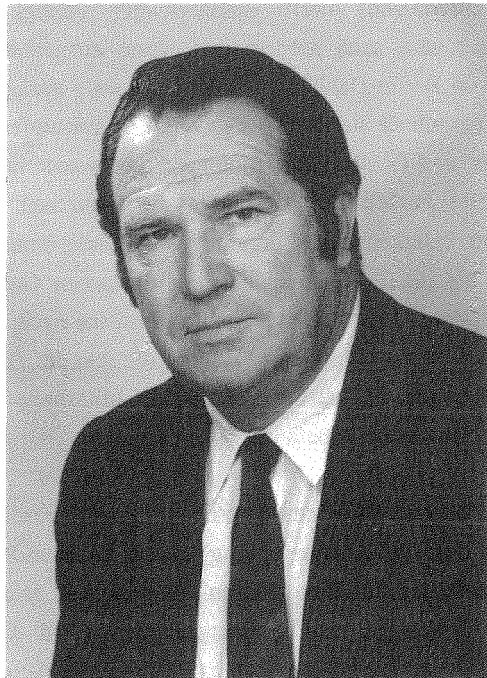
	SEITE
<b>BEFALLSPRÄVENTION - PREVENTION OF INFECTION</b>	
<b>WERITZ, JÜRGEN und ULRIKE BRIELMAIER-LIEBETANZ:</b>	
Kultursysteme, Sortenwahl und Klimaführung als Instrumente zur Verminderung des Krankheitsrisikos bei Zierpflanzen	61-70
Culture systems, choice of cultivars and climate management used as instruments for the reduction of disease risk in ornamentals	
<b>WERITZ, JÜRGEN; CHRISTINE BOYLE und MARTINA WALDHELM:</b>	
Minderung des Befalls von Elatior-Begonien durch <i>Oidium begoniae</i> mit gezielter Assimilationsbelichtung	71-75
Reduction of the infection of Elatior begonia by <i>Oidium begoniae</i> with controlled assimilation light	
<b>BRUNO, HENNING und SILVIA E. SMOLKA:</b>	
Entwicklung von Verfahren zur Selektion von Möhren mit verminderter Anfälligkeit gegenüber <i>Alternaria</i> spp.	76-86
Development of methods for the selection of carrots with resistance to <i>Alternaria</i> spp.	
<b>GÄRBER, UTE:</b>	
Untersuchungen zur Anfälligkeit von Feldsalat ( <i>Valerianella locusta</i> L.) für Falschen Mehltau ( <i>Peronospora valerianellae</i> Fck.)	87-92
Investigations on the susceptibility of lamb's lettuce ( <i>Valerianella locusta</i> L.) to downy mildew ( <i>Peronospora valerianellae</i> Fck.)	
<b>KOCH, MAGDALENE und ULRIKE BRIELMAIER-LIEBETANZ:</b>	
Frühnachweis von <i>Fusarium</i> an <i>Cyclamen</i>	93-103
Early detection of <i>Fusarium</i> in <i>Cyclamen</i>	
<b>HOMMES, MARTIN:</b>	
Einsatz von Kulturschutznetzen im Gartenbau	104-110
Use of net covers in horticulture	

	SEITE
<b>GEZIELTER PFLANZENSCHUTZ - SUPERVISED CONTROL</b>	
HOMMES, MARTIN; WOLFGANG MÜLLER-PIETRALLA und DIETER GEBELEIN:	
Simulationsmodelle für Gemüsefliegen - Entscheidungshilfen für Beratung und Anbau	111-122
Simulation models for root flies - decision aids for an advisory service and for cultivation	
HILDENHAGEN, ROLF; ROLF FORSTER und MARTIN HOMMES:	
Bekämpfungsschwellen für die Mehligke Kohlblattlaus und Schmetterlingsraupen - Grundlage für einen gezielten Pflanzenschutz in Kopfkohlkulturen	123-132
Control thresholds for the cabbage aphid and caterpillars - a principle for a supervised control in cabbages	
<b>BIOLOGISCHE BEKÄMPFUNG - BIOLOGICAL CONTROL</b>	
KÖLLNER, VOLKHARD und MONIKA MOLL:	
Untersuchungen zur biologischen Bekämpfung der Tabakmottenschildlaus, <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius), mit der Schlupfwespe <i>Eretmocerus mundus</i> Mercet	133-143
Studies on the biological control of the cotton whitefly, <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius), with the parasitic wasp <i>Eretmocerus mundus</i> Mercet	
PÖL KING, ANDREAS:	
Monitoring und biologische Bekämpfung der Kohlmotte, <i>Plutella xylostella</i> , in Nordluzon (Philippinen)	144-155
Monitoring and biological control of the diamondback moth, <i>Plutella xylostella</i> , in Northern Luzon (Philippines)	

Fred Klingauf, Braunschweig

**Laudatio für Direktor und Professor Dr. Gerd Crüger**

Herr Direktor und Professor Dr. Gerd Crüger, langjähriger Leiter des Instituts für Pflanzenschutz im Gartenbau der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), wurde mit einem Festkolloquium am 28. Juli 1993 zum Monatsende in den Ruhestand verabschiedet. Der vorliegende Band der Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft ist Gerd Crüger gewidmet. Sein unermüdliches Wirken in 42 Dienstjahren galt insbesondere der Fortentwicklung integrierter Verfahren im Pflanzenschutz des Gartenbaues. Mit einigen Beispielen aus der Forschung des von Gerd Crüger bisher geleiteten Instituts möchten die Autorinnen und Autoren Einblicke in aktuelle Arbeiten geben und dem scheidenden Leiter danken.



Direktor und Professor  
Dr. Gerd Crüger

Gerd Crüger wurde am 2. Juli 1928 in Königsberg/Ostpreußen geboren. Ihm blieben als junger Mann Reichsarbeitsdienst, Wehrmacht und kurze Gefangenschaft nicht erspart. 1945 gelangte er nach Oldenburg, beendete die Schulausbildung mit dem Abitur und ging eine Gärtnerlehre ein. Bis zur Aufnahme des Gartenbaustudiums in Hannover war er als Gärtner tätig und lernte den Gartenbau von der praktischen Seite her kennen. Von 1953 bis 1956 fertigte er seine Dissertation an mit dem Thema "Untersuchungen über die Bedeutung von Diffusion und Adsorption für eine Bodenbegasung mit Chlorpikrin" und war zugleich als wissenschaftlicher Assistent im Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz der Technischen Hochschule Hannover zunächst bei Dr. Jaenichen, später dann bei Prof. Dr. Eckart Meyer tätig. Nach der Promotion zum Dr. rer. hort. erhielt er eine Anstellung als wissenschaftliche Hilfskraft im Pflanzenschutzamt Oldenburg und befaßte sich vornehmlich mit der Feldmausbekämpfung in der Wesermarsch mit Hilfe von Toxaphen und Endrin. Zugleich absolvierte er als Externer ein Referendariat und legte 1958 die II. Staatsprüfung zum Assessor der Landwirtschaft ab.

Zum 1. Februar 1958 trat Gerd Crüger in die BBA ein und war als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Gemüsebau und Unkrautforschung unter der Leitung von Dr. Orth tätig. Sehr bald übernahm er das Arbeitsgebiet Pflanzenschutz im Gemüsebau als damals noch alleiniger Bearbeiter. Als Dr. Orth 1970 zum Leiter der Abteilung für Pflanzenschutzmittel und -geräte in Braunschweig ernannt wurde, wurde Gerd Crüger Leiter des Instituts, das außer dem Gemüsebau bis 1972 auch die Unkrautforschung mit einschloß. Das Institut wurde 1985 von Hürth-Fischenich (Rheinland) nach Braunschweig verlegt und bezog hier Laboratorien und Gewächshäuser, die nach modernstem Stand ausgerüstet sind. Durch Vereinigung mit dem gleichzeitig von Berlin-Dahlem nach Braunschweig verlegten Institut für Pflanzenschutz im Zierpflanzenbau erweiterte sich der Aufgabenkreis und umfaßt seitdem den gesamten Pflanzenschutz im Gartenbau, den Obstbau ausgenommen. Die wesentlich verbesserten Arbeitsbedingungen und der vergrößerte Personalbestand bilden die Grundlage für praxisorientierte Forschungen und administrative Tätigkeiten zur Beratung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten bei der Fortentwicklung des deutschen Gartenbaues. Die erweiterten Arbeitsmöglichkeiten seit dem Umzug der vereinigten Institute nach Braunschweig sind sichtbarer Erfolg der langen Zeit der Vorbereitung und Planung, die von der Beschlußfassung bis zum Umzug 15 Jahre in Anspruch nahm. Dr. Crüger und seine Mitarbeiter waren von vornherein mit den Umzugsplanungen konstruktiv befaßt.

Mit der Wiederherstellung der deutschen Einheit wurden dem Institut Außenstellen in Kleinmachnow bei Berlin (Resistenzprüfung) und in Dresden-Pillnitz (Nachbauprobleme) angegliedert. Bei der Vereinigung der Biologischen Bundesanstalt mit Teilen der Biologischen Zentralanstalt waren die Vorschläge und Planungen von Gerd Crüger richtungsweisend. Infolge der nochmaligen Erweiterung des Institutes im Zuge der deutschen Einheit umfaßt es insgesamt etwa 40 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, darunter 13 Wissenschaftlerinnen bzw. Wissenschaftler.

Großen Wert legte Crüger auf die Ausbildung des Nachwuchses. Regelmäßig werden sechs bis acht Doktoranden und mehrere Diplomanden betreut.

Die Arbeiten von Gerd Crüger sind in über 140 praxisbezogenen Veröffentlichungen dokumentiert. Das bei Eugen Ulmer in der 3. Auflage erschienene Buch "Pflanzenschutz im Gemüsebau" faßt die in seiner langjährigen Tätigkeit gesammelten Kenntnisse und Erfahrungen zusammen und gilt als das Standardwerk des Pflanzenschutzes im Gemüsebau. Unter Crügers Leitung sind neben Arbeiten zu Pflanzenschutzfragen an Zierpflanzen auch solche zum Pflanzenschutz an Ziergehölzen und in Baumschulen aufgenommen worden. Sein besonderes Interesse galt den aktuellen Problemen des Pflanzenschutzes im Haus- und Kleingarten. Hier förderte er den Leitgedanken eines umweltfreundlichen Pflanzenschutzes. Die Forschungsarbeiten im Institut befassen sich vornehmlich mit Grundfragen des integrierten Pflanzenschutzes, wobei Crüger Arbeiten zur guten fachlichen Praxis, zur Entwicklung von alternativen Pflanzenschutzverfahren einschließlich biologischer Methoden und die Nutzung resistenter Sorten nachdrücklich förderte.

Seit 1986 ist Gerd Crüger Koordinator für Informationstechnik der Biologischen Bundesanstalt und hat sich bleibende Verdienste beim Aufbau eines modernen IT-Netzes erworben. Seit nahezu sechs Jahren hat er als Vertreter des Präsidenten die Geschicke der Bundesanstalt maßgeblich mitgestaltet. Mit dem Dank an seine Arbeit verbinden alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Biologischen Bundesanstalt sowie alle Freunde und Weggefährten die besten und herzlichsten Wünsche für den bevorstehenden Ruhestand.



## TEIL 1: GRUNDLAGEN

G. Otto, H. Winkler und K. Szabó, Dresden-Pillnitz

### **Zum Stand der Erkenntnisse über die Ursache der Bodenmüdigkeit bei einigen Rosaceen-Arten**

Die Bodenmüdigkeit bei Obstgehölzen ist ein sehr lange bekanntes Phänomen. Schon WORLIDGE (1698), CHRIST (1804) und OBERDIECK (1852, 1881) haben nahezu alle damit zusammenhängenden Erscheinungen erkannt und beschrieben. Das betrifft die Persistenz der Bodenmüdigkeit, die sich über Jahrzehnte erstreckt, die Spezifität, die Reversibilität und weitere Merkmale. Die Empfehlungen zur Vermeidung der nachteiligen Auswirkungen der Bodenmüdigkeit umfaßten schon damals, wie auch heute, den Landwechsel und den Obstartenwechsel. Wegen der unklaren Vorstellungen über die Ursache der Bodenmüdigkeit ist natürlich auch der Ersatz von Nährstoffen im müden, "ausgelaugten" Böden erwogen worden. Neben diesen Maßnahmen hat OBERDIECK auch den Austausch des müden Bodens in der Pflanzgrube durch jungfräulichen Boden empfohlen, aber bereits beobachtet, daß der Erfolg vom Volumen des ausgetauschten Bodens abhängig ist, also die Bodenmüdigkeit wieder in Erscheinung tritt, wenn die Wurzeln in den nicht ausgetauschten Boden einwachsen. All dies ist in der Folgezeit immer wieder bestätigt worden und charakterisiert den Tatbestand, daß auf diesem Gebiet seit geraumer Zeit kein genereller Erkenntnisgewinn erzielt werden konnte. Das trifft auch für die Frage der Ursache der Bodenmüdigkeit zu. Obwohl die Auswirkungen der Bodenmüdigkeit für viele Baumschulen und obstproduzierende Betriebe von existentieller Bedeutung sind, gab es in der Vergangenheit kaum Ansätze für eine Klärung des Problems. Zum Teil ist auch heute noch ein Verharren in den insgesamt fünf früher entwickelten Theorien über die Ursache festzustellen. Sehr häufig wird auch von einem Ursachenkomplex gesprochen, obwohl es bisher nicht gelungen ist, die ursächliche Wirkung auch nur eines Faktors exakt zu belegen.

Zu dieser Situation hat mit Sicherheit beigetragen, daß bei der Untersuchung des Problems nur in seltenen Fällen eine klare Trennung zwischen der Bodenmüdigkeit und anderen Faktoren vorgenommen worden ist, die ebenfalls Wuchsminderungen auslösen können. Dadurch sind immer wieder bodenphysikalische, bodenchemische und auch bodenbiologische Faktoren als Ursache in Betracht gezogen worden, was sich in den bereits erwähnten Theorien niedergeschlagen hat. Daraus resultierende Empfehlungen zur Verhinderung der Bodenmüdigkeit, die bei ausgeprägter Form ohnehin nur unzureichende Effekte erbracht haben, gehen deshalb am Problem vorbei, weil die Kriterien der Bodenmüdigkeit nicht ausreichend berücksichtigt worden sind. Dabei hat schon KLAUS (1939) eine auch heute noch im wesentlichen gültige Definition der Bodenmüdigkeit formuliert. Sie besagt, daß die Bodenmüdigkeit "der durch den wiederholten Anbau eintretende

Verlust der Eignung eines Bodens ist, einer bestimmten oder ähnlich wirkenden Pflanzenart als Substrat zu dienen, deren Ursache nicht bekannt, aber pflanzenspezifisch ist". Schließlich hat auch SAVORY (1966) mit der Einführung der Begriffe "specific apple replant disease" (SARD), "specific peach replant disease" (SPRD) usw. deutlich gemacht, daß die Ursache der Bodenmüdigkeit nicht in allgemeinen Mangelerscheinungen des jeweiligen Standortes zu suchen ist, sondern daß es sich um eine spezifische Erkrankung handeln muß. Die Bodenmüdigkeit stellt also nur einen Faktor eines Komplexes möglicher Faktoren dar. Sie zeichnet sich durch die in den Definitionen verankerten besonderen Merkmale aus, die für andere Ursachen, die ebenfalls zu Nachbauschäden führen, nicht zutreffen. Sie ist außerdem schwerer zu bekämpfen als andere an den Nachbauschäden beteiligte Faktoren, die weder über eine so ausgeprägte Persistenz verfügen noch so spezifisch wirken.

Ansätze für ein tieferes Eindringen in die Ursache der Bodenmüdigkeit haben sich erst durch eine Reihe von besonderen Versuchsanstellungen ergeben. So haben Ergebnisse zur Übertragbarkeit der Bodenmüdigkeit durch von Erde befreite Faserwurzelsysteme in Kombination mit Versuchen zur Übertragbarkeit durch von Wurzeln befreite müde Böden neben den Mangeltheorien auch im Boden angereicherte Toxine mit Sicherheit ausgeschlossen. Damit schränkte sich die Ursache auf Mikroorganismen ein, die mit den Faserwurzeln in irgendeiner Form vergesellschaftet sein müssen. Eine Eingrenzung der in Frage kommenden Mikroorganismen ist durch Versuche zur Ermittlung einer kritischen Temperatur zur Beseitigung der Bodenmüdigkeit und zur Temperaturtoleranz verschiedener Gruppen von Mikroorganismen angestrebt worden. Dabei hat sich ergeben, daß die Temperaturtoleranz der Nematoden und der mikroskopischen Bodenpilze so deutlich unter der kritischen Temperatur zur Beseitigung der Bodenmüdigkeit liegt, daß auch diese Organismen als Ursache nicht in Betracht kamen. Als potentielle Verursacher verblieben somit Bakterien und Aktinomyzeten. Weil die Temperaturtoleranz der Aktinomyzeten eine bessere Übereinstimmung mit der kritischen Temperatur zur Beseitigung der Bodenmüdigkeit aufwies als die der Bakterien, ist diese Zielgruppe ins Auge gefaßt worden. Hinsichtlich ihrer Wirkungsweise bestanden drei Möglichkeiten. Denkbar war eine Anreicherung in der Rhizosphäre und eine stoffliche Beeinflussung der Faserwurzeln bzw. der Gehölze durch Aktinomyzeten. Ebenso möglich schien ihr Eindringen in die Faserwurzeln und ebenfalls eine Beeinflussung des Stoffwechsels der Gehölze. Schließlich war auch an pathogene Aktinomyzeten zu denken, die die Faserwurzeln schädigen. Die zwei letztgenannten Möglichkeiten boten einfachere methodische Voraussetzungen, weil ein Nachweis von Aktinomyzeten in den Faserwurzeln leichter erreichbar schien, als die sehr aufwendigen Untersuchungen der Rhizosphärenflora.

Dieser Ansatz hat sich als richtig erwiesen. Erstmals konnten von OTTO und WINKLER (1977) Aktinomyzeten in den Faserwurzeln von Apfelsämlingen in apfelmüden Böden nachgewiesen werden. Weitere Untersuchungen bestätigten den Zusammenhang zwischen dem Vorkommen der Aktinomyzeten in den Wurzeln von Apfelsämlingen und der Bodenmüdigkeit. Daraus ist folgende

Hypothese abgeleitet worden: Wurzelpathogene Aktinomyzeten, die wahrscheinlich ubiquitär vorkommen, aber auch bei der Pflanzung mit den Wurzelkronen auf den Standort eingebracht werden können, stellen die Ursache der Bodenmüdigkeit bei Apfel dar. Sie dringen durch die Epidermis in die Wurzelrindenzellen ein, besiedeln diese und schädigen sie so, daß sie schließlich absterben. Mit dem Zerfall der geschädigten Wurzelrinde erhöht sich im Boden lokal die Anzahl der Keime dieser Aktinomyzeten, weil es über die Fragmentierung der Hyphen zur Ausbildung von Dauerformen kommt (Abb. 1). Neu in diesen Bodenbereich einwachsende Faserwurzeln werden dann abermals und in stärkerem Maße befallen. Die auf diesem Wege eintretende Akkumulation der wurzelpathogenen Aktinomyzeten im Boden bestimmt den Grad der Bodenmüdigkeit. Das Ausmaß der Akkumulation wird außer von dem Vorhandensein von Faserwurzeln der entsprechenden Wirtspflanze und der damit verbundenen Reproduktion der Aktinomyzeten vermutlich auch von einigen Bodenfaktoren beeinflusst, die für die Aktivitäten der Aktinomyzeten förderlich oder abträglich sind.



Abb. 1: Sporenbildung bei wurzelpathogenen Aktinomyzeten durch Fragmentierung der Hyphen in der Faserwurzel eines Apfelsämlings

Mit dieser Hypothese lassen sich alle im Zusammenhang mit der Bodenmüdigkeit bei Apfel bekannten Erscheinungen interpretieren, was für andere Theorien nicht in gleicher Weise zutrifft. Neben der Persistenz und der Spezifität betrifft das z.B. die bekannte klare Abgrenzung zwischen müden und nicht müden Bodenbereichen, die sogenannte Reversibilität der Bodenmüdigkeit und das Wiederauftreten von Symptomen, wenn die Wurzeln den Bereich des in der Pflanzgrube ausgetauschten Bodens verlassen. Alle diese Erscheinungen lassen sich nunmehr auf die lokale Anreicherung der Aktinomyzeten im früher bereits durchwurzelten Boden zurückführen. Auch das geringere Ausmaß der Bodenmüdigkeit auf Standorten mit sehr hohem Grundwasserstand oder mit zeitweiligen Überflutungen erlaubt eine logische Deutung, wie auch die geringeren Erscheinungen der Bodenmüdigkeit, die von JONKERS et al. (1980) auf Böden mit sehr niedrigen pH-Werten festgestellt worden sind. Je günstiger also die Konstellation verschiedener Faktoren für die Aktivitäten der Aktinomyzeten ist, desto schneller erfolgt ihre Anreicherung im Boden. Damit wird verständlich, daß auf manchen Standorten bereits im ersten Nachbau starke Erscheinungen der Bodenmüdigkeit registriert worden sind, dagegen in anderen Fällen diese erst nach mehreren Anbaufolgen auftreten.

Natürlich können solche Zusammenhänge auch von den Autoren vermutet werden, die die Ursache der Bodenmüdigkeit bei Apfel in anderen wurzelpathogenen Organismen sehen (SEWELL, 1981; SITEPU und WALLACE, 1974). Sie gehen von einer Beteiligung von *Pythium*- oder auch *Phytophthora*-Arten an der Ursache der Bodenmüdigkeit aus. Diese Pathogene verfügen aber weder über eine so ausgeprägte Wirtsspezifität, wie das im Zusammenhang mit der Bodenmüdigkeit vorauszusetzen ist, noch ist es bisher gelungen, die Auswirkungen der Bodenmüdigkeit durch den Einsatz spezieller Bodenfungizide zu verringern.

Die in sehr großer Zahl durchgeführten mikroskopischen Auswertungen an Faserwurzeln von Apfelgehölzen aus müden Böden lassen keine Zweifel zu, daß es sich bei den festgestellten Aktinomyzeten um pathogene Formen handelt. Das wird durch die mit der Besiedlung der Faserwurzeln einhergehenden Schadbilder und durch die Tatsache verdeutlicht, daß diese Aktinomyzeten bereits in noch ganz hellen, also jungen Faserwurzeln kurze Zeit nach dem Beginn des Wurzelwachstums nachgewiesen werden können. Im überwiegenden Maße traten in den Schadstellen ausschließlich Aktinomyzeten auf. Nur in 15 bis 25 % der Fälle sind in diesen Bereichen auch weitere Organismen, wie Nematoden oder Pilze, registriert worden.

Auch WESTCOTT und BEER (1985) gehen davon aus, daß die von ihnen in den Faserwurzeln von Apfel in müden Böden aufgefundenen Aktinomyzeten wurzelpathogen sind.

Trotz dieser sehr eindeutigen Befunde kann damit die aufgestellte Hypothese über die Ursache der Bodenmüdigkeit bei Apfel noch nicht als belegt angesehen werden. Versuche zur Isolierung dieser Aktinomyzeten aus dem Boden oder aus den Wurzeln blieben bis in die jüngste Zeit ohne Er-

folg. Damit fehlen bisher die Voraussetzungen zur Erfüllung des Kochschen Postulates und damit zum exakten Nachweis, daß es sich bei diesen Aktinomyzeten tatsächlich um Wurzelpathogene handelt.

Bei Versuchen zur Verbesserung der Isolierungsbedingungen wurden u.a. auch Untersuchungen zur genaueren Lokalisierung der Infektionsstellen an den Faserwurzeln durchgeführt. Sie sind überwiegend am Ende der Vegetationsperiode vorgenommen worden und erbrachten überraschend geringe Befallsgrade, die mit den sehr erheblichen Wuchs- und Ertragsminderungen auf müden Böden nicht in Einklang zu bringen waren. Deshalb und auf Grund weiterer Beobachtungen ist die Frage aufgetreten, ob die Infektion der Faserwurzeln durch die Aktinomyzeten möglicherweise innerhalb der Vegetationsperiode unterschiedlich stark ausgeprägt sein kann oder sogar auf bestimmte Zeiten der Vegetationsperiode begrenzt ist. Dieser Ansatz hat sich als zutreffend erwiesen (OTTO und WINKLER, 1990a). Weitere Versuche haben das untermauert. In apfelmüde Böden, in denen bis in den Herbst hinein Apfelsämlinge gewachsen waren, wurden nach der Entnahme der Sämlinge erneut Apfelsämlinge gepflanzt. Von den am Ende der Vegetationsperiode entnommenen und untersuchten Faserwurzeln waren nur weniger als 5% durch Aktinomyzeten besiedelt. Bei denselben, gleich wieder bepflanzen Böden ergab sich bereits 10 Tage nach der Pflanzung ein prozentualer Anteil befallener Faserwurzelstücke von etwa 10%, der nach weiteren 23 Tagen bereits auf Werte von nahezu 30% angestiegen war. In einer gleichen Versuchsanstellung mit vier anderen müden Böden ist ein identisches Ergebnis erzielt worden (OTTO et al., 1993a). Daraus ist zunächst geschlossen worden, daß die Infektion der Faserwurzeln durch die Aktinomyzeten auf die Zeitspanne der ersten und entscheidenden Wachstumsphase innerhalb der Vegetationsperiode begrenzt ist. Damit ergab sich eine Deutungsmöglichkeit für eine weitere, für die Bodenmüdigkeit charakteristische Erscheinung. Apfelgehölze zeigen sehr ausgeprägte Wuchsminderungen, wenn sie auf stark müde Böden gepflanzt werden. Schon OBERDIECK (1852) hat das als ein "nicht Fortkommen" bezeichnet. Das heißt, daß sich die verringerte Triebleistung nicht nur auf die Anfangsjahre erstreckt, sondern auch in späteren Standjahren in Erscheinung tritt. Das ist auch von vielen anderen Autoren beschrieben worden. Trotz dieser sehr erheblichen Auswirkungen ist die Ausfallquote der Gehölze aber auf solchen Standorten nicht oder nur unwesentlich erhöht. Bei einer sehr massiven Schädigung der Faserwurzeln durch wurzelpathogene Aktinomyzeten ist dies zunächst verwunderlich. Die Feststellung, daß die Infektion der Faserwurzeln innerhalb der Vegetationsperiode begrenzt ist, läßt dieses Phänomen verständlich erscheinen. Es kann davon ausgegangen werden, daß sich die Faserwurzelsysteme in der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode wieder regenerieren können und damit den Gehölzen das Überleben ermöglichen. Auch die am Ende der Vegetationsperiode sehr starke und damit für diese Zeitspanne typische Besiedlung der Faserwurzeln durch die endotrophe Mykorrhiza (OTTO, 1987; OTTO und WINKLER, 1990a), deutet auf ein relativ unbeeinträchtigtes Faserwurzelsystem in der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode hin.

Eine genauere Analyse des Verlaufs des Befalls der Faserwurzeln von Apfelsämlingen durch wurzelpathogene Aktinomyzeten in müden Böden hat weitere interessante Ergebnisse erbracht. Es war aufgefallen, daß der Befall schon bald nach Beginn des Wurzelwachstums einsetzt, nach einigen Wochen bis zu einem Gipfelwert ansteigt, um anschließend wieder abzunehmen. In manchen Böden traten aber nach dem Erreichen eines ersten Gipfelwertes und dem darauffolgenden Abfall wechselnde Häufigkeiten des Befalls und danach in einigen Fällen ein zweiter Gipfelwert auf. Bei der Betrachtung des Zuwachses der Neutrieblängen in diesen kurz aufeinanderfolgenden Zeitspannen nach der Pflanzung, der ebenfalls nicht immer kontinuierlich erfolgt, deutete sich ein Zusammenhang an, der sich durch Korrelationsanalysen bestätigen ließ (OTTO et al., 1993a). Danach ist immer dann eine Zunahme des Befalls der Faserwurzeln durch die Aktinomyzeten aufgetreten, wenn zwischen den beiden Untersuchungsterminen auch ein Zuwachs der Neutrieblänge zu registrieren war. Bei einer Stagnation des Triebzuwachses nahm der Befall der Faserwurzeln wieder ab. Es lag somit nahe, einen Einfluß von Stoffwechselprozessen, die mit den Aktivitäten der terminalen Vegetationspunkte im Zusammenhang stehen, auf das Ausmaß des Befalls der Faserwurzeln durch die wurzelpathogenen Aktinomyzeten zu vermuten. Damit rückten die von den terminalen Vegetationspunkten und den ihnen beigeordneten jüngsten Blättern synthetisierten und an die Wurzeln geleiteten Wuchsstoffe ins Blickfeld. Vorstellbar war, daß diese Wuchsstoffe in der Zeit der höchsten Syntheserate von den Wurzeln verstärkt ausgeschieden werden und in Form von Signalstoffen die im Boden als Dauerformen vorliegenden Keime der Aktinomyzeten aktivieren. Da die Faserwurzeln mit gewissen Einschränkungen fortlaufend weiter oder neu auswachsen, ist der unterschiedliche Befallsgrad auch bei kurz aufeinanderfolgenden Untersuchungsterminen durch quantitative und auch qualitative Veränderungen der Wurzelausscheidungen sehr wohl denkbar. Weil der sichere Nachweis des Befalls der Faserwurzeln ohnehin nur an noch intakt erscheinenden, vergleichsweise jungen Faserwurzeln möglich ist, wurde in diesen Untersuchungen auch der jeweils aktuelle Befallszustand erfaßt. Auf diese Weise scheinen die zunächst überraschenden Zusammenhänge zwischen den Wuchs- und Befallsmerkmalen durchaus erklärbar.

Mit diesen Ergebnissen haben sich erste Ansatzpunkte für erforderliche Nährbodenzusammensetzungen zur Isolierung der Aktinomyzeten ergeben. Die bislang erfolglosen Versuche zur Isolierung auf verschiedenen Nährböden haben schon darauf hingedeutet, daß es sich möglicherweise um obligat biotrophe Mikroorganismen handelt. Um nun den vermutlichen Einfluß der Wuchsstoffe auf die Aktivität der Aktinomyzeten zu untermauern, sind weitere Untersuchungen durchgeführt worden. Dazu sind Apfelsämlinge auf müden Böden dekapitiert worden, wodurch die Hauptsyntheseorte für die Wuchsstoffe entfernt wurden. Die verbliebenen ausgewachsenen Blätter sind mit synthetischen Auxinen, Gibberellinen und Cytokininen besprüht worden. Die Ergebnisse aus zwei Versuchen mit Böden, die unterschiedliche Befallsgrade aufwiesen, haben zu eindeutigen und übereinstimmenden Ergebnissen geführt (Abb. 2). Danach hat die Anwendung von 1-Naphthyllessigsäure und Benzylaminopurin bei den dekapitierten Apfelsämlingen eine

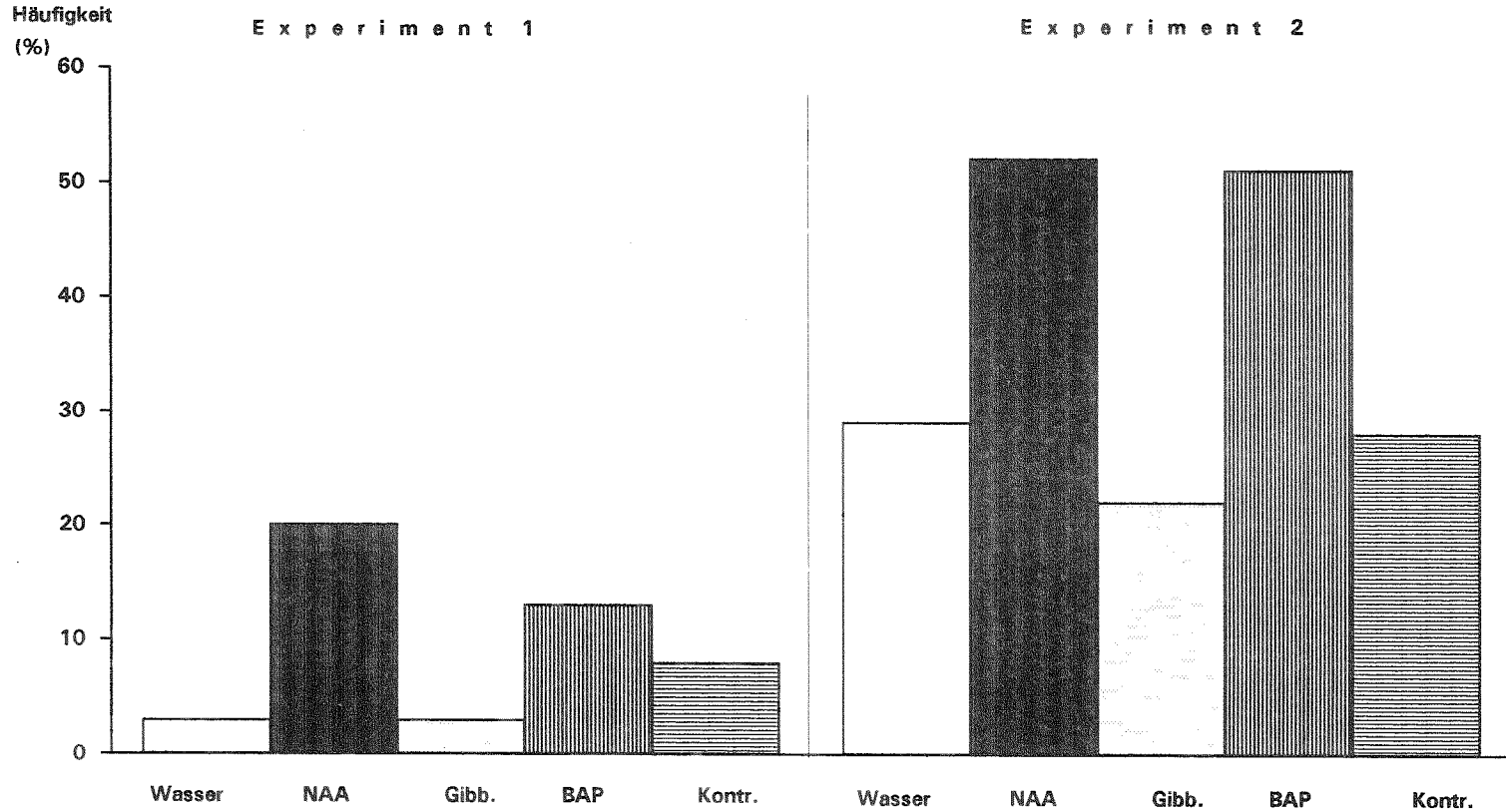


Abb. 2 Befall der Faserwurzeln von dekapitierten Apfelsämlingen durch Aktinomyzeten in zwei apfelmüden Böden nach Besprühen der Blätter mit verschiedenen Wachstumsregulatoren

deutliche Förderung des Befalls der Faserwurzeln durch die wurzelpathogenen Aktinomyzeten im Vergleich zu den mit Wasser oder Gibberellinen behandelten ergeben. Damit kann der vermutete Zusammenhang zwischen dem Befallsverlauf in den Faserwurzeln und dem von den terminalen Vegetationspunkten gesteuerten Wuchsstoffhaushalt der Apfelsämlinge als sicher angesehen werden (OTTO et al., 1993b).

Es kann davon ausgegangen werden, daß auch andere Gehölzarten aus der Familie der Rosaceen und möglicherweise noch weitere Pflanzenarten in ähnlicher Weise solche Wuchsstoffe über die Wurzel ausscheiden. Wenn diese Wuchsstoffe allerdings allein in der Lage sein sollten, in Form von Signalstoffen die Aktinomyzeten im Boden zu aktivieren, ergäbe das einen Widerspruch sowohl zur Spezifität der Bodenmüdigkeit als auch zu ihrer Persistenz. Damit stellte sich die Frage, ob es noch eine oder auch mehrere Komponenten von Wurzelausscheidungen gibt, die neben den Wuchsstoffen als Signalstoff zur Aktivierung der Aktinomyzeten erforderlich sind.

Um Anhaltspunkte dafür zu erhalten, sind Untersuchungen eingeleitet worden, ob wurzelpathogene Aktinomyzeten auch bei anderen Gehölzarten vorkommen, die ebenfalls im Anbau nach sich selbst Erscheinungen der Bodenmüdigkeit zeigen. Dazu sind verschiedene Rosaceen-Arten auf einen apfelmüden Boden gepflanzt und deren Faserwurzeln mikroskopisch untersucht worden. Dabei konnten erstmalig auch in den Wurzeln von *Pyrus communis* und *Sorbus aucuparia* Aktinomyzeten nachgewiesen werden (Abb. 3). Da es sich um Boden aus einer 12 Jahre alten Apfelanlage handelte, die als Erstpflanzung auf einer zuvor landwirtschaftlich genutzten Fläche erfolgt ist, wird unterstellt, daß es sich bei diesen beiden Gehölzarten um die gleichen Aktinomyzeten handelt, die auch bei Apfel die Bodenmüdigkeit verursachen. Der Nachweis wird allerdings noch zu erbringen sein. Bei *Prunus mahaleb*, *Prunus myrobalana* und *Rosa canina* konnten in diesen Untersuchungen keine Aktinomyzeten festgestellt werden. Dagegen konnte OTTO (1993) in einer ersten stichprobenartigen Untersuchung auch bei *Cotoneaster* und *Pyra-cantha* den Befall der Faserwurzeln durch Aktinomyzeten sowohl in einem apfelmüden Boden als auch in den Böden von den jeweiligen Standorten dieser Ziergehölze nachweisen. Wenn sich diese Ergebnisse in weiteren Untersuchungen bestätigen lassen, muß davon ausgegangen werden, daß zwar eine ganze Reihe, aber nicht alle Rosaceen-Arten über die Wurzelausscheidungen verfügen, die für die Aktivierung der Aktinomyzeten erforderlich sind. Die andere Möglichkeit, daß die Aktinomyzeten zwar aktiviert werden, aber nicht in der Lage sind, in die Faserwurzeln einzudringen, wird nicht als wahrscheinlich angesehen. Im Gegensatz zu Apfel, Birne und Eberesche sind bei Kirsche, Pflaume und Rose auf der Wurzeloberfläche und zwischen den Wurzelhaaren in keinem Fall Aktinomyzetenstrukturen aufgefunden worden.

Neben den Erkenntnissen aus diesen Untersuchungen über offensichtliche Wechselwirkungen zwischen den Wurzelausscheidungen und dem Befall der Faserwurzeln durch Aktinomyzeten, haben sich auch weitere Hinweise zur Bodenmüdigkeit bei verschiedenen Obstarten ergeben. Sie



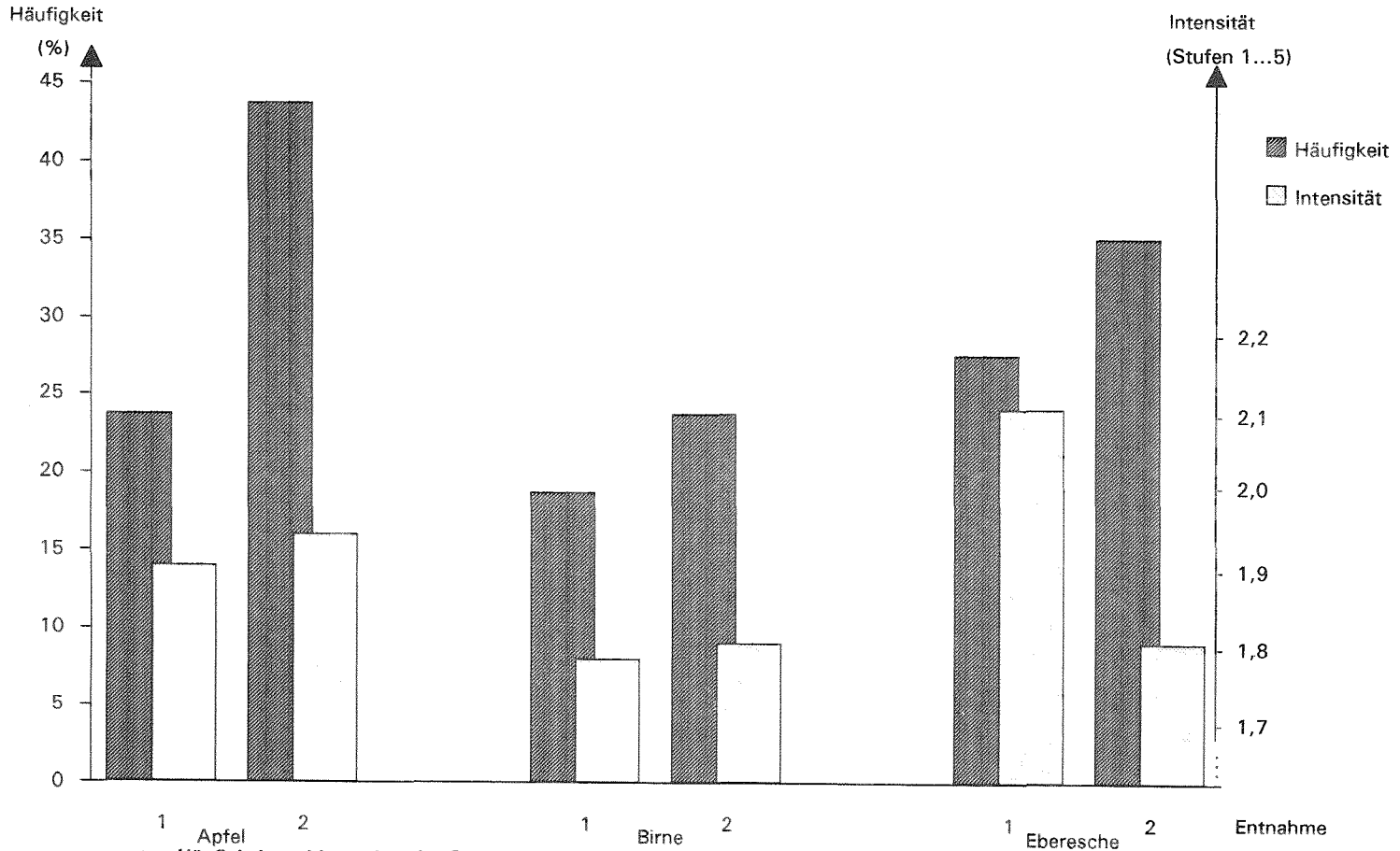


Abb. 3: Häufigkeit und Intensität des Befalls von Faserwurzeln durch Actinomyzeten in einem apfelmüden Boden

galt bisher nicht im strengen Sinne als artspezifisch, vielmehr ist allgemein von einer Obstartenspezifität ausgegangen worden. Hinsichtlich der Bodenmüdigkeit bei Apfel und Kirsche liegen in der Literatur zahlreiche Angaben vor, die auf unterschiedliche Ursachen hinweisen. SEWELL und WILSON (1975) sehen die Ursache bei Kirsche in dem Pilz *Thielaviopsis basicola*. Auch WINKLER et al. (1992) sind auf Grund von Untersuchungen zur Bekämpfung der Bodenmüdigkeit bei Kirsche zu dem Schluß gekommen, daß die Bodenmüdigkeit bei Apfel und Kirsche nicht auf die gleiche Ursache zurückzuführen ist. Leider gibt es in Bezug auf die Bodenmüdigkeit bei anderen Obstarten keine eingehenden Untersuchungen, sondern nur einzelne Beobachtungen, die für unsere Betrachtungen wenig geeignet erscheinen. Der Nachweis von Aktinomyzeten nicht nur in den Faserwurzeln von Apfel, sondern auch von zwei weiteren Obstarten und Ziergehölzen, weist darauf hin, daß der Wirtspflanzenkreis dieser Aktinomyzeten sehr wahrscheinlich nicht nur auf Malus-Arten beschränkt ist. Damit muß die Frage der Spezifität der Bodenmüdigkeit, auch in der Form der Obstartenspezifität, einer Überprüfung unterzogen werden.

Für die Weiterführung der Arbeiten wird nun von besonderem Interesse sein, ob sich bei den bisher in die Untersuchungen einbezogenen Rosaceen-Arten qualitative bzw. auch quantitative Unterschiede bei den Wurzelausscheidungen nachweisen lassen. Entsprechende Untersuchungen sind in Vorbereitung.

Die bisher erzielten Ergebnisse sind bereits in neue Versuche zur Isolierung der fraglichen Aktinomyzeten eingeflossen. Neben der Zeitspanne, in der die stärkere Infektion der Faserwurzeln bessere Chancen für ihre Isolierung bietet, sind auch neue Nährböden zum Einsatz gekommen. Die damit möglich gewordene Isolierung bestimmter Aktinomyzeten hat bereits zu ersten Erfolgen geführt. Nach der Beimpfung von Böden mit solchen Isolatn sind deutliche Wuchsminderungen der Apfelsämlinge festgestellt worden. In den Faserwurzeln dieser Apfelsämlinge waren außerdem Aktinomyzeten nachweisbar. Die Reisolierung dieser Aktinomyzeten ist zur Zeit im Gange. Damit scheint die Erfüllung des Kochschen Postulates in greifbare Nähe gerückt.

Es ist bereits ausgeführt worden, daß mit der aufgestellten Hypothese, wonach wurzelpathogene Aktinomyzeten die Ursache der Bodenmüdigkeit bei Apfel darstellen, alle bekannten Erscheinungen der Bodenmüdigkeit erklärbar sind. Diese Feststellung bezieht sich auf die Erscheinungen, die beim Anbau von Apfel nach Apfel registriert worden sind. Folgt man dieser Hypothese, so wird verständlich, daß sich die Bodenmüdigkeit nicht erst nach der Rodung und Wiederbepflanzung der Fläche einstellen kann, sondern sich bereits in wachsenden Anlagen auswirken muß. Daß die Bodenmüdigkeit in wachsenden Apfelanlagen nachweisbar ist, haben bereits OTTO und WINKLER (1976) festgestellt. Über die damit verbundenen Auswirkungen gibt es aber derzeit noch keine darauf ausgerichteten Untersuchungsergebnisse.

Nach unserem heutigen Stand der Kenntnisse wird es mit dem Beginn des Wachstums eines Apfelgehölzes auf jungfräulichem Boden durch das ubiquitäre Vorkommen der Aktinomyzeten bzw. durch ihre Einschleppung durch die Wurzelkrone des Gehölzes aus der Baumschule, übrigens auch ein interessanter Aspekt des Problems, zu einer allmählichen Akkumulation der Aktinomyzeten im Bereich der Wurzelkronen kommen. Auch hier wird dieser Prozeß um so schneller vonstatten gehen, je günstiger die Konstellation bestimmter Bodenfaktoren für die Aktivitäten der Aktinomyzeten und damit für ihre Anreicherung im Boden ist. So lange die Wurzelkronen mit ihrem peripheren Wachstum noch Bodenbereiche erschließen können, in denen ihre Faserwurzeln nicht oder in nur geringem Maße durch die Aktinomyzeten geschädigt werden, sind deutlich erkennbare Leistungsminderungen des Gehölzes kaum zu erwarten. Mit der fortschreitenden Durchwurzelung des zur Verfügung stehenden Standraumes in einer Apfelanlage und entsprechenden Voraussetzungen zur Akkumulation der Aktinomyzeten müssen die Faserwurzeln ihre Leistungen aber in zunehmendem Maße aus solchen Bodenbereichen erbringen, in denen sie durch die Aktinomyzeten geschädigt werden. Nach OTTO und WINKLER (1993) bedeutet das eine Beeinträchtigung ihrer Wasser- und Nährstoffaufnahme. Nach diesen Vorstellungen müßten sich erkennbare Auswirkungen also um so eher zeigen, je früher eine vollständige Durchwurzelung des Bodens erreicht ist. Das bedeutet, daß mit zunehmender Baumzahl je Hektar dieser Zeitpunkt nach einer abnehmenden Anzahl von Standjahren eintritt. In der Literatur beschriebene Ertragsverläufe scheinen das zu bestätigen, ohne jedoch auf das Problem der Bodenmüdigkeit Bezug zu nehmen (KOCH und GREULICH, 1976; KRAJUSHKINA, 1985). Entsprechende Angaben zum "spezifischen Ertrag", der nach OTTO und WINKLER (1990b) neben dem absoluten Ertrag ebenfalls durch die Bodenmüdigkeit verringert wird, finden sich bei CHRISTENSEN (1979). Nach seinen Ergebnissen lag der spezifische Ertrag im 6. bis 8. Standjahr in einer Apfelanlage mit 5000 Bäumen je Hektar nur bei 50% im Vergleich zu einer Anlage mit einer Baumzahl von 500 je Hektar.

Weitere wahrscheinliche Auswirkungen der Bodenmüdigkeit in wachsenden Apfelanlagen sind von OTTO (1990) zusammengestellt worden. Sie betreffen bisher nicht erklärbare Erscheinungen bei der Form der Wurzelkronen in Apfelanlagen mit unterschiedlich gestalteten Standräumen für die Einzelgehölze bei verschiedenen Pflanzsystemen und reichen bis zu den Fragen des alternierenden Ertrages. Diese Annahmen scheinen nun um so mehr berechtigt zu sein, nachdem bekannt ist, daß die Faserwurzeln hauptsächlich in der Zeitspanne geschädigt werden, in der sie wegen des entscheidenden Neutriebzuwachses, der Anlage der Blütenknospen für das folgende Jahr und des sich gegebenenfalls entwickelnden Fruchtbehanges besondere Leistungen erbringen müssen.

Die Bodenmüdigkeit verliert damit den Charakter einer ausschließlichen Nachbauproblematik. Sowohl die auch heute noch allgemein als gültig angesehene Definition von KLAUS (1939) als auch der von SAVORY (1966) geprägte Begriff der "specific replant disease" sind in diesen Formen also wahrscheinlich nicht mehr zutreffend. Es handelt sich vielmehr um eine phytopa-

thologische Erscheinung im Bereich der Faserwurzeln einiger Rosaceen-Arten, die sowohl im Nachbau als auch im Laufe der Standzeit einer Erstpflanzung zu erheblichen Auswirkungen auf die Wuchs- und Ertragsleistung der Gehölze führen kann. Von den bisher bekannten Gehölzarten, die davon betroffen sind, wird zweifellos der Apfel im Mittelpunkt des Interesses bleiben. Aber auch für die anderen Gehölzarten erlangen die dargestellten Ergebnisse eine besondere Bedeutung. So wird z. B. die Frage der Fruchtfolgegestaltung in Baumschulen über die bereits empirisch gesammelten Erfahrungen hinaus auf eine exaktere Grundlage gestellt werden können. Offen bleibt z. Zt. aber noch, ob die Bodenmüdigkeit bei Kirsche, Pflaume und Rose tatsächlich auf andere Ursachen zurückzuführen ist, oder ob es bisher nur noch nicht gelungen ist, auch bei diesen Gehölzen Aktinomyzeten in den Faserwurzeln nachzuweisen. Dieser Frage ist ebenso nachzugehen, wie der Frage, ob der Wirtspflanzenkreis der Aktinomyzeten tatsächlich nur auf bestimmte Rosaceen-Arten begrenzt ist.

Der derzeitige Stand der Kenntnisse zur Ursache der Bodenmüdigkeit bei einigen Rosaceen-Arten läßt den Schluß zu, daß die endgültige Aufklärung der Ursache kurz vor dem Abschluß steht. Damit werden bessere Voraussetzungen bestehen, gezielt Methoden zur Verhinderung der Bodenmüdigkeit zu entwickeln. Sie werden sich vorrangig auf eine Verhinderung der Akkumulation der wurzelpathogenen Aktinomyzeten erstrecken. Dabei sind spezifischer wirkende Mittel denkbar, die toxikologisch unbedenklicher sind, als die bisher zur Bekämpfung der Bodenmüdigkeit eingesetzten Bodenentseuchungsmittel, die zunehmenden Beschränkungen unterliegen bzw. nicht mehr zugelassen sind. Aber auch Fragen der biologischen Bekämpfung durch den Einsatz von antagonistisch wirkenden Mikroorganismen oder Feindpflanzen der wurzelpathogenen Aktinomyzeten müssen ins Auge gefaßt werden. Diese Aufgabe stellt eine wissenschaftliche Herausforderung dar. Sie ist aber hinsichtlich der Erhaltung von Standorten zur erfolgreichen Gehölzproduktion in Baumschulen, zur Aufrechterhaltung der Apfelproduktion in traditionellen Obstbaugebieten, die von der Bodenmüdigkeit betroffen sind und für das Ertragsgeschehen in modernen, sehr intensiven Apfelanlagen von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

### Zusammenfassung

Erkenntnisse zur Übertragbarkeit der Bodenmüdigkeit durch Faserwurzeln und wurzelfreien Boden, zur kritischen Temperatur für die Beseitigung der Bodenmüdigkeit und zur Temperaturtoleranz verschiedener Mikroorganismengruppen führten zur Schlußfolgerung, daß die Bodenmüdigkeit bei Apfel durch Mikroorganismen verursacht wird, die mit den Faserwurzeln vergesellschaftet sind. Nachdem erstmalig Aktinomyzeten in den Faserwurzeln von Apfelgehölzen aus müden Böden nachgewiesen worden sind, ist eine neue Hypothese über die Ursache der Bodenmüdigkeit aufgestellt worden. Danach dringen wurzelpathogene Aktinomyzeten durch die Epidermis in die Rindenzellen der Faserwurzeln ein, besiedeln diese und schädigen sie so, daß sie

schließlich absterben. Mit dem Zerfall der geschädigten Faserwurzeln erhöht sich lokal die Keimzahl der Aktinomyzeten im Boden. Das Ausmaß der Akkumulation wird neben dem Vorhandensein der Wirtspflanze auch durch verschiedene Bodenfaktoren beeinflusst und bestimmt so den Grad der Bodenmüdigkeit. Darauf ist das territorial unterschiedliche Auftreten der Bodenmüdigkeit zurückzuführen.

Der Befall der Faserwurzeln durch die Aktinomyzeten ist von bestimmten Stoffwechselvorgängen der Wirtspflanze abhängig, die mit den Wuchsrhythmen einhergehen. Wachsende terminale Vegetationspunkte erhöhen die Infektionsrate, bei stagnierendem Wachstum nimmt sie ab. Damit erklärt sich die festgestellte Begrenzung der Infektionen auf die Zeitspanne des ersten und entscheidenden Neutriebzuwachses innerhalb der Vegetationsperiode. Danach können sich die Faserwurzelssysteme offenbar wieder regenerieren, so daß die Gehölze trotz zunächst starker Schädigung der Faserwurzeln keine erhöhte Ausfallquote aufweisen.

Eine wirksame Komponente der Stoffwechselprodukte der Wirtspflanzen, die von den Wurzeln ausgeschieden werden und die Aktinomyzeten aktivieren, sind Wuchsstoffe, die in den terminalen Vegetationspunkten und den beigeordneten jüngsten Blättern synthetisiert und an die Wurzeln geleitet werden. Zur Ermittlung weiterer Komponenten sind einige andere Rosaceen-Arten in die Untersuchungen einbezogen worden. Dabei konnten erstmalig Aktinomyzeten auch in den Faserwurzeln von *Pyrus communis*, *Sorbus aucuparia*, *Cotoneaster spec.* und *Pyracantha spec.* auf einem apfelmüden Boden nachgewiesen werden. Bei *Prunus mahaleb*, *Prunus myrobalana* und *Rosa canina* sind bisher keine Aktinomyzeten festgestellt worden. Der Wirtspflanzenkreis der wurzelpathogenen Aktinomyzeten ist somit nicht auf *Malus*-Arten begrenzt, umfaßt aber offenbar nicht alle Rosaceen-Arten. Die Spezifität der Bodenmüdigkeit, auch in der Form der Obstartenspezifität, muß deshalb einer Überprüfung unterzogen werden.

Die Erkenntnisse über den zeitlich begrenzten Infektionsablauf sowie über stoffliche Voraussetzungen zur Aktivierung der Aktinomyzeten haben zu Fortschritten bei den bisher erfolglosen Versuchen zur Isolierung geführt. Die Erfüllung des Kochschen Postulates ist damit in greifbare Nähe gerückt.

Mit der Bestätigung der Hypothese, daß die Bodenmüdigkeit bei Apfel und weiteren Rosaceen-Arten durch wurzelpathogene Aktinomyzeten verursacht wird, ergeben sich bessere Voraussetzungen zur gezielten Entwicklung neuer Bekämpfungsverfahren. Sie werden sich auf spezifisch wirkende Mittel und auf Methoden der biologischen Bekämpfung erstrecken. Außerdem werden exaktere Methoden zur Prognose der Bodenmüdigkeit und zur begründeten Fruchtfolgegestaltung insbesondere in Baumschulen möglich. Schließlich eröffnen sich damit auch Ansatzpunkte für die Interpretation einiger bisher nicht erklärbarer Erscheinungen beim Wuchs- und Ertragsverhalten in wachsenden Apfelanlagen, in denen es bereits zu einer Anreicherung der wurzelpathogenen

Aktinomyzeten und zu entsprechenden Schädigungen der Faserwurzeln kommt. Die damit verbundene Beeinträchtigung der Wasser- und Nährstoffaufnahme wird von erheblicher Bedeutung sein, weil sie vorwiegend in der Zeitspanne erfolgt, in der die Gehölze wegen des entscheidenden Neutriebzuwachses, der Blütenknospenanlage für das Folgejahr und des sich entwickelnden Fruchtbehanges besondere Leistungen erbringen müssen.

### Literatur

CHRIST, J. L. (1804): Handbuch über die Obstbaumzucht und Obstlehre. Verl. Herm. Buchhdlg., Frankfurt/Main.

CHRISTENSEN, J. V. (1979): Effects of density, rectangularity and row orientation on apple trees, measured in a multivariate experimental design. *Sci. Hortic.* **10**, 155-165.

JONKERS, H., HOESTRA, H., BORSBOOM, O. and POUWER, A. (1980): Soil pH in fruit trees in relation to specific apple replant disorder (SARD). II. The first five years at the Wageningen research plot. *Sci. Hortic.* **13**, 149-154.

KLAUS, H. (1939): Das Problem der Bodenmüdigkeit unter Berücksichtigung des Obstbaus. *Landw. Jahrb.* **89**, 413-460.

KOCH, H. J. und GREULICH, E. (1976): Wann wird gerodet...? *Gärtnerpost* **15**, 13-14.

KRAJUSHKINA, N. S. (1985): Das Alter einer Obstanlage und ihre Produktivität (Russ.) *Sadovodstvo*, 4-5.

OBERDIECK, J. G. C. (1852): Anleitung zur Kenntniß und Aufpflanzung des besten Obstes für das nördliche Deutschland. Verl. J. Manz, Regensburg.

OBERDIECK, J. G. C. (1881): Deutschlands beste Obstsorten. Verl. H. Voigt, Leipzig.

OTTO, G. (1987): The appearance of endotrophic mycorrhiza in apple seedlings from soils previously cropped with fruit trees. *Proc. of an Intern. Symp., Liblice, Czechoslovakia*, 137-140.

OTTO, G. (1990): Bodenmüdigkeit bei Apfel - Nur ein Nachbauprobem? *Wiss. Koll., Dresden-Pillnitz, Deutschland*, 57-63.

OTTO, G. (1993): Nachweis von Aktinomyzeten in den Faserwurzeln von Ziergehölzen. *Unveröffentl.*

OTTO, G. und WINKLER, H. (1976): Nachweis der Bodenmüdigkeit in wachsenden Apfelanlagen. *Zbl. Bakteriol., II. Abt.* **131**, 730-735.

OTTO, G. und WINKLER, H. (1977): Untersuchungen über die Ursache der Bodenmüdigkeit bei Obstgehölzen. VI. Nachweis von Aktinomyzeten in Faserwurzeln von Apfelsämlingen in Böden mit verschiedenen Müdigkeitsgraden. *Zbl. Bakteriol., II. Abt.* **132**, 593-606.

OTTO, G. and WINKLER, H. (1990a): Colonization of rootlets of apple seedlings from replant soils by actinomycetes and endotrophic mycorrhiza. Intern. Symp., Bologna, Italien, im Druck.

OTTO, G. and WINKLER, H. (1990b): Measures for controlling replant problems in connection with the reproduction of apple orchards by soil fumigation. Intern. Symp., Bologna, Italien, im Druck.

OTTO, G. und WINKLER, H. (1993): Beitrag zur Wirkungsweise wurzelpathogener Aktinomyzeten im Zusammenhang mit der Bodenmüdigkeit bei Apfel. Zbl. Mikrobiol., im Druck.

OTTO, G., WINKLER, H. und SZABO, K. (1993a): Untersuchungen zum Verlauf des Befalls der Faserwurzeln von Apfelsämlingen durch wurzelpathogene Aktinomyzeten in apfelmüden Böden. Zbl. Mikrobiol., im Druck.

OTTO, G., WINKLER, H. and SZABO, K. (1993b): The effect of growth regulators on the infestation of rootlets of apple seedlings in SARD soils. Druck in Vorbereitung.

SAVORY, B. M. (1966): Specific Replant Diseases. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Bucks.

SEWELL, G. W. F. (1981): Effects of *Pythium species* on the growth of apple and their possible causal role in apple replant disease. Ann. Appl. Biol. **97**, 31-42.

SEWELL, G. W. F. and WILSON, J. F. (1975): The role of *Thielaviopsis basicola* in the specific replant disorders of cherry and plum. Ann. Appl. Biol. **79**, 149-169.

SITEPU, D. and WALLACE, H. R. (1974): Diagnosis of retarded growth in an apple orchard. Austral. J. Exper. Agric. and Anim. Husb. **14**, 577-584.

WESTCOTT, S. W. and BEER, S. V. (1985): Invasion of the epidermis and cortex of apple roots by actinomycetes. Phytopathology **75**, 1290.

WINKLER, H., OTTO, G. und MADEL, H. (1992): Untersuchungen zum Nachbauproblem bei Kirsche. Teile I und II. Erwerbsobstbau **34**, 70-74 (I) und **34**, 106-109 (II).

WORLDIDGE, J. (1966): Systema Agriculturae. London, England, zit. bei SAVORY(1966).

H. Dreßler und S. Werres, Braunschweig

## Untersuchungen zur Besiedelung von Rosenwurzeln durch Bakterien <sup>1)</sup>

### 1. Einleitung

Bei einigen Pflanzenarten kann es beim Nachbau der gleichen Art zu Schäden in Form von Wuchsdepressionen kommen (Nachbauschäden, *replant disease*). Besonders betroffen sind Arten aus der Familie der Rosaceae (OTTO et al., in diesem Heft).

Zur Entstehung und Ursache der Schäden werden in der Literatur verschiedene Theorien diskutiert. In manchen Fällen werden Nematoden, pathogene Pilze und/oder Toxine aus Wurzelrückständen als Ursache der Wachstumsstörungen genannt. Besonders intensiv wurden bisher die Nachbauprobleme (Bodenmüdigkeit) beim Apfel untersucht. An Apfelwurzeln von Nachbaustandorten wurden Actinomyceten (OTTO et al., in diesem Heft) und Pseudomonaden (BUNT und MULDER, 1973; BARCLAY und CROSSE, 1974; VANCURA et al., 1977; KÜMMELER; 1982) gefunden.

Rosen sind ebenfalls von Nachbauschäden betroffen (DAUCK und SPETHMANN, 1991). Untersuchungen über mögliche Ursachen liegen jedoch kaum vor. Auf Nachbauflächen von Rosen im Freiland wurden häufig Nematoden gefunden. Sie sind vermutlich nicht die alleinige Ursache der Wuchsdepressionen, da nach Abtötung der Nematoden die gleichen Symptome wieder auftraten (LANGE, pers.Mitt.). Untersuchungen von Rosen unter Glas, die im Nachbau Wuchsdepressionen zeigten, ergaben, daß die Rosenwurzeln stark durch toxinbildende Mikroorganismen besiedelt waren (STERN et al., 1991). Von den isolierten Bakterien und Actinomyceten hemmten 70-80 % das Wurzelwachstum im Biotest. Denkbar wäre, daß sich auch bei Freilandrosen Mikroorganismen an den Wurzeln ansiedeln, die die beobachteten Wuchsdepressionen verursachen.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, den Verlauf der Besiedelung von Rosenwurzeln durch Bakterien im Freiland auf jungfräulichem Boden zu beobachten, um zunächst zu erfahren, ob und welches "Grundmuster" die Bakterienpopulation eines gesunden Rosenwurzelsystems aufweist. Faktoren wie Rosenart, Standort und Jahreszeit, die das Grundmuster möglicherweise beeinflussen, wurden mit berücksichtigt. Mit Hilfe dieses Grundmusters kann dann auf Nachbaustandorten gezielt nach Abweichungen gesucht werden; beispielsweise wird verstärktes Auf-

---

1) Die Arbeiten wurden vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gefördert.

Wir danken Herrn Dr. S. Köhn für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Fettsäureanalyse.



treten bestimmter Mikroorganismen schnell erkannt. Diese Mikroorganismen können gezielt für Biotests ausgewählt werden, um die Frage zu klären, ob sie Nachbauschäden verursachen oder daran beteiligt sind. Die im folgenden vorgestellten Ergebnisse sind Teile einer noch nicht abgeschlossenen Versuchsserie.

## 2. Material und Methoden

Für die Entnahme von Wurzelproben standen zwei Versuchsflächen zur Verfügung, auf denen noch keine Rosen gestanden hatten (Braunschweig, Ruthe). Im Frühjahr 1991 und 1992 wurden dort die in Baumschulen am häufigsten verwendeten Rosenunterlagen *Rosa* 'Laxa' (*Rosa coriifolia froebelii*) und *Rosa canina* 'Inermis' gepflanzt.

In beiden Jahren wurden während der Vegetationsperiode im Mai, im Juli und im September Wurzelproben entnommen. Dazu wurden pro Standort und Rosenart jeweils vier bis sechs Pflanzen ausgegraben und pro Pflanze zwei bis vier typische Teilwurzelsysteme mit den anhaftenden Faserwurzeln entnommen. Aus dem an den Wurzeln haftenden Boden (Rhizosphärenboden) sowie aus undurchwurzeltem Boden wurde eine Suspension hergestellt und nach Verdünnung ausplattiert. Drei bis vier abgewaschene Faserwurzelspitzen wurden anschließend auf Agarplatten ausgerollt (root-print-Technik; STANGHELLINI und RASMUSSEN, 1989). So konnten auch diejenigen Mikroorganismen, die die unmittelbare Wurzeloberfläche, die Rhizoplane, besiedeln, isoliert werden. Von den bewachsenen Platten wurden nach dem Zufallsprinzip ausgewählte Bakterien und Actinomyceten isoliert. Die Isolate wurden zur Reinkultur gebracht und gesammelt.

Die Populationsdichte in Boden und Rhizosphäre wurde mit der Most-probable-number-Methode in Mikrotiterplatten ermittelt. Zusätzlich wurden die Kolonien auf den mit Suspensionen von Boden oder Rhizosphärenboden beimpften Agarplatten ausgezählt. Bei den Root-print-Platten erfolgte eine Bonitur auf vermehrtes Auftreten von Mikroorganismengruppen wie Pseudomonaden oder Actinomyceten.

Um gesicherte Aussagen über die qualitative Zusammensetzung einer Mikroorganismenpopulation treffen zu können, erschien es notwendig, eine große Anzahl von Isolaten möglichst genau, also auf Artebene zu bestimmen. Unter den in Frage kommenden Methoden war die Fettsäureanalyse (FSA) die am besten geeignete. Die Methode beruht darauf, daß jede Mikroorganismenart in ihrer Zellwand ein charakteristisches Fettsäurespektrum enthält. Dieses läßt sich nach entsprechender Anzucht und Aufarbeitung der Mikroorganismen mittels Gaschromatografie erfassen. Das gefundene Spektrum wird mit Hilfe der dazugehörigen Software mit den Spektren bekannter Mikroorganismen, die als Datenbank vorliegen, verglichen. Gibt es ein ähnliches Spektrum in der

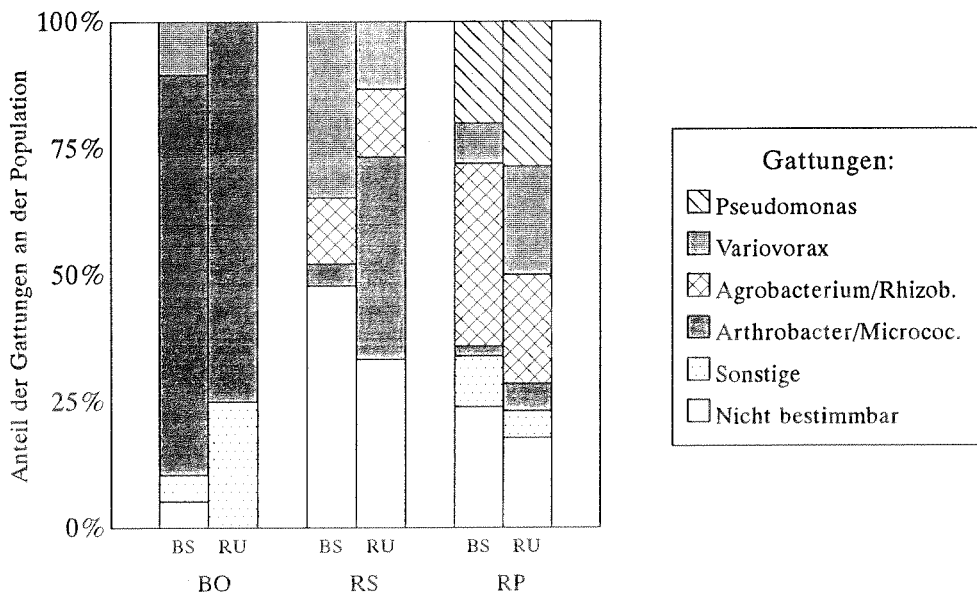
Datenbank, wird dem Isolat der entsprechende Name - je nach Übereinstimmung der Spektren mit unterschiedlich hoher Identifizierungswahrscheinlichkeit - zugewiesen. Die Daten der untersuchten Mikroorganismen wurden in einer eigenen Datenbank gesammelt. Ein Vorteil des Systems ist, daß Isolate, die nicht in der allgemeinen Datenbank enthalten sind, in der eigenen Datenbank nach einer Clusteranalyse gleichartigen Isolaten zugeordnet werden und so eine Gruppenbildung innerhalb des gesamten Artenspektrums auch bei nicht bestimmbareren Mikroorganismen möglich ist. Ein weiterer Vorteil der FSA ist, daß sie eine relativ schnelle und preiswerte Aufarbeitung auch größerer Mengen von Isolaten ermöglicht.

Die Ergebnisse der FSA wurden wie folgt ausgewertet: Nach Speicherung aller Datensätze eines Probenahmetermins wurde mit Hilfe der systemintegrierten Software eine Clusteranalyse durchgeführt. Anhand der den Isolaten zugeordneten Namen (bei geringer Identifizierungswahrscheinlichkeit eher als "Pseudonamen" zu bezeichnen) wurden die einzelnen "Art"gruppen voneinander getrennt und alle Isolate - auch die unbenannten - einer bestimmten Artgruppe zugeordnet. Artgruppen gleicher Gattung wurden zu Gattungsgruppen zusammengefaßt. Nach dieser Eingruppierung der Isolate war es möglich, den Einfluß verschiedener Parameter auf die Zusammensetzung des Arten- und Gattungsspektrums zu analysieren.

### 3. Ergebnisse

Eine Analyse der *quantitativen* Veränderungen im Wurzelbereich zeigte, daß die Populationsdichte in der Rhizosphäre gegenüber undurchwurzeltem Boden im Verlauf des Untersuchungszeitraums stets erhöht war. Die Dichte im Boden war zu allen Jahreszeiten relativ konstant, während sie in der Rhizosphäre im Frühjahr zunahm. Vermutlich hängt die stärkere Besiedelung der Rhizosphäre mit einer erhöhten Wurzelaktivität in der Wachstumsphase zusammen. Mit Hilfe der Root-print-Technik konnte bei einem Teil der Wurzelspitzen eine stärkere Besiedelung durch Actinomyceten festgestellt werden. Typische Vertreter dieser Actinomyceten wurden isoliert.

Im Rahmen der *qualitativen* Untersuchungen der Rhizosphärenmikroflora wurde der Einfluß folgender Parameter auf das Artenspektrum untersucht: Entnahmeort (Boden, Rhizosphäre, Rhizoplane), Standort (Braunschweig, Ruthe), Rosenart ('Laxa', 'Inermis') sowie Wurzeltyp. Im folgenden werden die Ergebnisse der Probenahme im Herbst 1992 bei zweijährigen Rosen vorgestellt.



BS=Standort Braunschweig RU=Standort Ruthe  
 BO=Boden RS=Rhizosphäre RP=Rhizoplane  
 n: BS-BO 19; RU-BO 4; BS-RS 23; RU-RS 15; BS-RP 50; RU-RP 56

**Abb.1:** Zusammensetzung der Mikroorganismenpopulation im Boden sowie in Rhizosphäre und Rhizoplane von Rosen auf zwei Standorten (Pflanzung 5/91; Probenahme 9/92)

Wie Abb.1 zeigt, gehörte ein großer Teil der mit Hilfe der FSA identifizierten Bakterien den Gattungen *Pseudomonas*, *Variovorax*, *Agrobacterium/Rhizobium* und *Arthrobacter/Micrococcus* an. Die als "Sonstige" bezeichneten Isolate waren zumeist einzelne sicher bestimmte Vertreter der Gattungen *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Alcaligenes*, *Erwinia*, *Yersinia* und *Staphylococcus*. Eine Reihe von Bakterienarten aus anderen Gattungen konnte nicht bestimmt werden, sie deuten jedoch auf ein vielfältiges Artenspektrum besonders in Rhizosphäre und Rhizoplane hin. Zu den Gattungsgruppen *Agrobacterium/Rhizobium* sowie *Arthrobacter/Micrococcus* ist anzumerken, daß in diesen Gruppen jeweils Arten beider Gattungen enthalten sind, da die Fettsäureanalyse wegen der Ähnlichkeit der Fettsäuremuster eine exakte Trennung der Gattungen nicht ermöglicht.

#### Entnahmeort

Der Vergleich der Entnahmeorte Boden, Rhizosphäre und Rhizoplane zeigt, daß sich die Zusammensetzung der Mikroorganismenpopulation mit zunehmender Nähe zur Wurzel stark veränderte (Abb.1). Im undurchwurzelten Boden herrschte die Gattung *Arthrobacter* vor; Hauptvertreter war *Arthrobacter oxydans*. In der Rhizosphäre war das Artenspektrum vielfältiger als im Boden.

Besonders oft konnten *Variovorax paradoxus* und *Arthrobacter* bestimmt werden, darüber hinaus trat aber auch eine Reihe bisher nicht weiter bestimmter Bakterien auf. In der Rhizoplane gehen die Anteile von *Arthrobacter* und *Variovorax* stark zurück. Häufig finden sich *Pseudomonas* mit einigen Artgruppen sowie *Agrobacterium/Rhizobium*.

#### Standort

Die Bakterienflora im undurchwurzelten Boden und im Bereich der Rhizosphäre und der Rhizoplane unterschied sich auf beiden Standorten nur wenig (Abb. 1).

#### Rosenart

Die Rosenart hatte ebenfalls nur geringen Einfluß auf die Zusammensetzung der Bakterienpopulation in Rhizosphäre und Rhizoplane. In Abb. 1 wurden daher die Daten der beiden Rosenarten zusammengefaßt.

#### Wurzeltyp

Im Wurzelsystem der untersuchten gesunden Rosen ließen sich bei den Wurzeln höchster Ordnung (= Wurzeln, von denen keine weitere Verzweigung abgeht) drei unterschiedliche Typen definieren. Typ I ist eine neu entwickelte, glatte, fast weiße Wurzel, die meist aus älteren, auch kräftigeren Wurzeln hervorbricht. Typ II ist hellbraun, dünn und oft recht kurz. Dieser Wurzeltyp entsteht meist aus der Verzweigung einer kaum dickeren Seitenwurzel niedrigerer Ordnung. Typ III ist weitgehend verbräunt, dick und von unregelmäßiger Gestalt. Typ II war der am häufigsten vorkommende Wurzeltyp. Typ III trat besonders häufig im Bereich lokaler Bodenverdichtungen auf.

Da bei der Untersuchung der Rhizoplane von einzelnen Wurzeln ausgegangen wurde - bei der Rhizosphäre handelte es sich um eine Mischprobe - , konnte bei der Analyse der Mikroflora zwischen einzelnen Wurzeltypen differenziert werden. Auffallend war, daß nur in der Rhizoplane *Pseudomonas*-Arten in größerer Anzahl gefunden wurden. Die meisten der isolierten *Pseudomonas*-Arten ließen sich der *Pseudomonas-fluorescens-putida*-Gruppe zuordnen. Diese Isolate konnten in vier Artgruppen differenziert werden. Die Artgruppen waren an den einzelnen Wurzeltypen unterschiedlich stark vertreten. Dies deutet darauf hin, daß die Zusammensetzung der Pseudomonadenpopulation vom Wurzeltyp beeinflußt wurde.

#### 4. Diskussion

Im Rahmen der Arbeit sollte geprüft werden, ob sich in der Rhizosphäre und Rhizoplane der Rose im Verlauf des Wachstums eine spezifische Mikroflora einstellt und inwieweit die qualitative Zusammensetzung der Population von Faktoren wie Rosenart, Standort und Jahreszeit beein-

flußt wird. Dafür war es notwendig, eine größere Anzahl von Mikroorganismen aus Rhizosphäre und Rhizoplane zu isolieren und auf Artebene zu bestimmen. Für diese populationsdynamischen Untersuchungen im Wurzelbereich wurde die Fettsäureanalyse (FSA) verwendet. Mit ihrer Hilfe konnten die Fettsäurespektren von bisher etwa 600 Bakterien erfaßt und in eine Datenbank integriert werden. Annähernd 70 % der untersuchten Isolate konnten Artnamen zugeordnet werden. Es wurden 24 Arten aus 10 Gattungen identifiziert; der überwiegende Teil der Isolate gehörte den Gattungen *Arthrobacter/Micrococcus*, *Agrobacterium/Rhizobium*, *Variovorax* und *Pseudomonas* an. Isolate aus 16 Arten konnten nicht identifiziert werden.

Die Methoden, die zur Isolierung und Kultivierung verwendet wurden, sollten einen möglichst großen Teil der Boden- und Wurzelmikroflora erfassen, und zwar die aeroben und mikroaerophilen heterotrophen Mikroorganismen. Nicht erfaßt wurden alle anaeroben Organismen, die in entsprechenden Mikrohabitaten ihre Nische gefunden haben, ebenso die Organismen, die spezielle Nährstoffansprüche haben und sich mit herkömmlichen Methoden und Nährböden nicht oder nur kurze Zeit kultivieren lassen. Zur Bestimmung der Isolate, die aus der Vielzahl der kultivierbaren Organismen ausgewählt worden waren, diente die Fettsäureanalyse, die die Identifizierung einer größeren Anzahl von Bakterien auf Artebene ermöglichte. In der erstellten Datenbank wurden alle Bakterien einschließlich der nicht identifizierten Isolate ihrer Verwandtschaft nach geordnet. Problematisch war, daß sich Arten, die anhand ihrer DNA-Homologie eng verwandt sind, mit der Fettsäureanalyse nur schwer trennen lassen. Dies gilt beispielsweise für die Gattungen *Arthrobacter* und *Micrococcus* sowie *Agrobacterium* und *Rhizobium*. Um diese Gattungen voneinander zu trennen, müssen weitere Tests durchgeführt werden.

Die Ergebnisse des hier vorgestellten Probenahmetermins zeigen, daß sich die Zusammensetzung der Mikroorganismenpopulation mit zunehmender Nähe zur Wurzel stark veränderte. Die Faktoren Standort und Rosenart waren dem Faktor Wurzel untergeordnet. Ein Zusammenhang zwischen Mikroflora und Wurzeltyp, wie beispielsweise das unterschiedlich häufige Auftreten bestimmter Pseudomonaden in der Rhizoplane verschiedener Wurzeltypen, ist ein Hinweis auf eine mögliche wurzelspezifische Besiedelung der Rhizoplane durch bestimmte Bakterien. Auch die Beobachtung, daß manche Wurzeln stark von Actinomyceten besiedelt waren, deutet in diese Richtung. Im Bereich der Rhizoplane sind durch den unmittelbaren Kontakt zwischen Mikroorganismen und Wurzel Wechselwirkungen zu vermuten. In weiteren Untersuchungen konnten die hier am Beispiel eines Probenahmetermins vorgestellten Ergebnisse, die teilweise aufgrund des geringen Stichprobenumfangs eher Trends darstellen, bestätigt werden. Weitere Versuchsreihen sollen die Aussagen absichern und ergänzen.

## 5. Zusammenfassung

Bei einigen Pflanzenarten kann es beim Nachbau der gleichen Art zu Schäden in Form von Wuchsdepressionen kommen (Nachbauschäden, *replant disease*). Besonders betroffen sind Arten aus der Familie der Rosaceae. Zur Ursache der Schäden im Rosenanbau gibt es nur wenig Untersuchungen; eine Beteiligung von Mikroorganismen wird vermutet. Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, den Verlauf der Besiedelung von Rosenwurzeln durch Bakterien im Freiland auf jungfräulichem Boden zu beobachten, um zunächst zu erfahren, ob und welches "Grundmuster" die Bakterienpopulation eines gesunden Rosenwurzelsystems aufweist. Faktoren wie Rosenart, Standort und Jahreszeit, die das Grundmuster möglicherweise beeinflussen, wurden mit berücksichtigt. Es werden erste Ergebnisse vorgestellt.

## 6. Literatur

BARCLAY, G.A. and J.E. CROSSE (1974): Populations of aerobic bacteria associated with the roots of apple and cherry plants. *J. appl. Bact.* 37, 475-486.

BUNT, J.A. and D. MULDER (1973): The possible role of bacteria in relation to the apple replant disease. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent* 38(3), 1381-1385.

DAUCK, H. und W. SPETHMANN (1991): Der Bodenmüdigkeit auf der Spur. *Deutsche Baumschule* 43(4), 164-167.

KÜMMELER, M. (1982): Untersuchungen zum Ursachenkomplex der Bodenmüdigkeit. IV. Einfluß einer Ethylenbegasung des Bodens auf das vegetative Wachstum von `Bittenfelder` Sämling in Boden verschiedenen Müdigkeitsgrades. *Erwerbsobstbau* 24(11), 269-271.

STANGHELLINI, M.E. and S.L. RASMUSSEN (1989): Root prints: a technique for the determination of the in situ spatial distribution of bacteria on the rhizoplane of field-grown plants. *Phytopathology* 79, 1131-1134.

STERN, D., P. KELLER, N. ZIESLIN and J. FRIEDMAN (1991): The involvement of microorganisms in rose replant disease. *International Symbiosis Congress, Jerusalem, Israel, 17.-22.11.1991, Program and Abstracts*, 39.

VANCURA, V., V. CATSKA and G. HUDSKA (1977): Fluorescent pseudomonads and soil fatigue in apple-tree orchards. *Folia Microbiol.* 22(6), 458.

S.E. Smolka, Braunschweig

## **Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf das antiphytopathogene Potential in der Phyllosphäre**

### Einleitung

Der Ausnutzung natürlicher Begrenzungsfaktoren im Pflanzenschutz kommt heute angesichts zunehmender Lücken bei den Möglichkeiten zur chemischen Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten, der notwendigen Vermeidung von Schaderregerresistenzen gegenüber Pflanzenschutzmitteln sowie der Erfordernisse des Umweltschutzes wachsende Bedeutung zu. Sie setzt den Schutz und gegebenenfalls die Förderung der natürlich vorkommenden Gegenspieler der Schaderreger voraus. Grundlage hierfür sind Kenntnisse über die Bedeutung der nützlichen Organismen unter natürlichen Bedingungen und über ihre Sensitivität gegenüber Pflanzenschutzmitteln, damit selektive, das antiphytopathogene Potential schonende Präparate bevorzugt eingesetzt werden können.

In der Entomologie ist es inzwischen allgemein akzeptiert, daß Pflanzenschutzmittel auf ihre Wirkungen gegenüber nützlichen Organismen getestet werden, um eine natürliche Begrenzung der Schaderregerentwicklung zu ermöglichen oder den kombinierten Einsatz von Insektiziden und Nutzorganismen zu ermöglichen. Im Bereich der Mikrobiologie der Phyllosphäre wird dieser Aspekt hingegen bisher kaum berücksichtigt. Die vorliegende Arbeit soll einen Überblick geben über die Bedeutung epiphytischer Mikroorganismen für den Pflanzenschutz und, unter Einbeziehung eigener Untersuchungen, über bisher vorliegende Erkenntnisse über die Empfindlichkeit der Organismen gegenüber Pflanzenschutzmitteln.

### Bedeutung der epiphytischen saprophytischen Mikroflora im Pflanzenschutz

Die epiphytische Mikroflora umfaßt neben pathogenen Mikroorganismen, die in der Regel nur einen sehr kleinen Anteil ausmachen, saprophytische Bakterien (besonders *Erwinia herbicola*, sowie Vertreter der Gattungen *Pseudomonas*, *Aerobacter*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Lactobacillus* und *Xanthomonas*), Hefen (besonders der Gattungen *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, *Tilletiopsis*, *Torulopsis* sowie *Aureobasidium pullulans*) und Hyphenpilze (besonders der Gattungen *Cladosporium* und *Alternaria*) (LAST und WARREN, 1972; DICKINSON, 1981; FOKKEMA, 1983), die die Pflanzengesundheit auf vielfältige Weise beeinflussen können. Einige Arten fixieren Luftstickstoff (SEN et al., 1985), scheiden Wuchsstoffe aus (z.B. BUCKLEY and PUGH, 1971; BANERJEE and CHANDRA, 1978) oder induzieren Resistenzen gegenüber Pathogenen (WILSON, 1989). Die bedeutendste Rolle spielen aber möglicherweise direkte antagonistische Wirkungen, wie Antibiose, Hyperparasitismus oder Konkurrenz.

In den letzten Jahren wurde eine Fülle von Arbeiten publiziert, die über Untersuchungen zur Bekämpfung pathogener Mikroorganismen mit Hilfe antagonistischer Bakterien, Hefen oder Hyphenpilze berichten. Neuere Übersichtsartikel zur biologischen Bekämpfung in der Phyllosphäre liegen z. B. von BLAKEMAN und FOKKEMA (1982), BLAKEMAN (1985), SPURR und KNUDSEN (1985), GOWDU und BALASUBRAMANIAN (1988), WILSON et al. (1991) und ANDREWS (1992) vor. Zumeist wurden die entsprechenden Antagonisten nach ihrer Isolation von den Wirtspflanzen im Labor vermehrt und wieder - z.T. auch in Kombination mit beigegebenen Nähr- oder Formulierungsstoffen - auf die Pflanzen ausgebracht. Unter kontrollierten Bedingungen wurden damit in vielen Fällen sehr gute Erfolge erzielt. Bekämpfungsversuche im Freiland mit Organismen, die sich unter kontrollierten Bedingungen bewährt hatten, schlugen jedoch häufig fehl (SPURR und KNUDSEN, 1985). Dies läßt Zweifel daran aufkommen, ob solche Wirkungen im Feld überhaupt Relevanz haben.

Die Kenntnisse zur Bedeutung antagonistischer Mikroorganismen unter natürlichen Bedingungen sind trotz vieler Arbeiten im Bereich der biologischen Bekämpfung immer noch lückenhaft, da die vielfältigen Wechselwirkungen in der Phyllosphäre einer Analyse nur schwer zugänglich sind. Zwei methodische Ansätze für entsprechende Untersuchungen sind möglich, um die hierfür notwendigen Unterschiede in der Populationsdichte der Antagonisten auf der Pflanzenoberfläche zu erhalten: Einerseits kann die Populationsdichte durch eine Applikation der Organismen erhöht und andererseits können natürlich vorkommende Populationen mit Hilfe selektiver Pflanzenschutzmittel verringert oder ausgeschaltet werden (FOKKEMA, 1983; FOKKEMA et al., 1987). Der erstgenannte Ansatz ist meist wenig erfolgreich, wenn nicht auch die übrigen Bedingungen den Bedürfnissen der entsprechenden Antagonisten angepaßt werden. In diesem Fall jedoch vermehren sie sich, wie Untersuchungen zu Hefen gezeigt haben, auch ohne ihre Applikation (FOKKEMA et al., 1979). Der zweite Ansatz wirft ebenfalls Probleme auf, weil es kaum Wirkstoffe gibt, die selektiv auf die Antagonisten wirken, ohne Resistenzen in deren Populationen zu erzeugen, und die keine direkten Wirkungen auf die Pflanze haben (FOKKEMA et al., 1987). Dennoch konnten Untersuchungen zur Bedeutung epiphytischer Hefen mit dieser Methode einen Eindruck über ihre Wirkungen unter Feldbedingungen vermitteln. Nach FOKKEMA (1983) hemmen Hefen nekrotrophe Pathogene wie *Septoria* spp., *Cochliobolus sativus*, *Botrytis cinerea*, *Phoma betae*, *Alternaria porri* dadurch, daß sie auf der Blattoberfläche vorhandene Nährstoffe verbrauchen, die die Pathogene zu ihrer Entwicklung bis zur Penetration ebenfalls benötigen. Voraussetzung hierfür ist nach FOKKEMA et al. (1975), daß die Hefen in Abhängigkeit der vorhandenen Nährstoffkonzentration auf den Blättern Dichten von 3000 bis 10000 Zellen/cm<sup>2</sup> Blattfläche erreichen. Diese Autoren fanden z.B. in einem solchen Fall bis zu 60% weniger Nekrosen an Roggen bei Infektion mit *Cochliobolus sativus*. In verschiedenen Arbeiten, die DIK (1991) zusammengestellt hat, wird darüber berichtet, daß Fungizide gegenüber pathogenen Pilzen weni-



ger wirksam sind, wenn diese gut ernährt sind, d.h. wenn Nährstoffe wie Pollen oder Honigtau in hoher Konzentration auf der Blattoberfläche zur Verfügung stehen. Im Falle von Prochloraz nahm z. B. die ED<sub>50</sub> von *Septoria nodorum* in Gegenwart von Honigtau, Saccharose und Aminosäuren um das Zehnfache zu (DIK et al., 1991b). Wie in einer Reihe von Freilanduntersuchungen nachgewiesen werden konnte (DIK et al., 1991a; DIK und VAN PELT, 1992), wird dieser Mechanismus dann offensichtlich, wenn die Nährstoffe nicht mehr durch die saprophytischen Hefen entzogen werden, weil die verwendeten Fungizide diese epiphytischen Mikroorganismen mit ausschalten.

Neben diesen Untersuchungen zur Bedeutung von Hefen für den Pflanzenschutz im Freiland, sind in der Literatur eine Reihe weiterer eher zufälliger Beobachtungen zur Bedeutung der antagonistischen Mikroflora auf pflanzlichen Oberflächen belegt. So hat es in der landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Praxis immer wieder Beobachtungen gegeben, nach denen sich im Anschluß an eine Pflanzenschutzmittelbehandlung eine zuvor unbedeutende Krankheit verstärkt entwickelte, die durch das Mittel nicht erfaßt wurde (iatrogene Krankheiten). Diese Erscheinung kann zwar auf einer direkten Wirkung auf den Pathogen oder auf einem Einfluß auf die Disposition der Pflanze beruhen (GRIFFITHS, 1981); bei Fungiziden und Insektiziden wird jedoch meist eine Störung des mikrobiellen Gleichgewichts in der Phyllosphäre oder Rhizosphäre der Pflanzen verantwortlich gemacht. In der Tab. 1 sind einige Beispiele hierfür zusammengestellt. Neben einer durch die Ausschaltung der antagonistischen Mikroflora verursachten indirekten Förderung von zuvor bedeutungslosen Pathogenen kann es, wie das Beispiel *Botrytis cinerea* an Cyclamen zeigt (Tab. 1), auch zu einer Verstärkung der zu bekämpfenden Krankheit kommen, wenn fungizidresistente Stämme des Zielpathogens auftreten (weitere Beispiele siehe FRAHM, 1973). Liegen die Ursachen für eine iatrogene Krankheit in einer Störung des Ökosystems der Pflanze, so sind sie meist aufgrund der Komplexizität der Beziehungen und des Fehlens einfacher Methoden für eine Analyse der Mikroflora nur schwer aufzuklären. Sie bleiben daher vermutlich oft unerkannt und sind möglicherweise häufiger als bisher angenommen.

Alle diese Arbeiten weisen darauf hin, daß eine gezielte Erarbeitung von Kenntnissen über die Sensitivität der Phyllosphärenmikroorganismen notwendig ist, um das antiphytopathogene Potential schützen und im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes nutzen zu können. Die diesbezüglichen eigenen Arbeiten am Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau stehen in diesem Zusammenhang. Sie befassen sich vorrangig mit den saprophytischen Hefen der Phyllosphäre, weil diese sehr verbreitet auf den Blättern verschiedenster Pflanzen vorkommen, häufig während eines Teils der Vegetationszeit den bedeutendsten Anteil an der epiphytischen Mikroflora ausmachen und, wie dargelegt, auch unter natürlichen Bedingungen ihre Wirkung gegenüber phytopathogenen Pilzen nachgewiesen wurde.

Tab. 1: Förderung von Krankheiten durch Fungizidbehandlungen (zusammengestellt nach GRIFFITHS (1981) [G], HISLOP (1976) [H] und BLAKEMAN und FOKKEMA (1982) [BF])

Fungizid	Wirtspflanze	Ziel der Fungizidbehandlung	geförderte Pathogene	vermutete Ursache; ausgeschaltete Antagonisten	Quelle
Cu-Präparate	Aprikose	<i>Clasterosporium carpophilum</i>	<i>Eutypa armeniaca</i>	<i>Fusarium lateritium</i>	CARTER, 1971; CARTER/PRICE, 1974 [zit. n. H, G, BF]
	Löwenmaul ( <i>Antirrhinum</i> )		<i>Puccinia antirrhini</i>	<i>Fusarium roseum</i>	DIMOCK/BAKER, 1951 [zit. n. H]
versch. Fungizide	Kaffee	Ertragserhöhung	<i>C. coffeanum</i> (resistente Stämme)	antagonistische Mikroflora	versch. Autoren s. GRIFFITHS, 1981
Benomyl	Cyclamen	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>B. cinerea</i> (resistente Stämme)	<i>Penicillium brevicompactum</i>	BOLLEN, 1971 [zit. n. G, H]
	Roggen		<i>Drechslera sorokiniana</i> ( <i>Cochliobolus sativus</i> )	z.B. <i>Sporobolomyces roseus</i> , <i>Cladosporium</i> spp.	FOKKEMA et al., 1975
	Roggen	<i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>	<i>Rhizoctonia cerealis</i>	antagonistische Mikroflora	VAN DEN HOEVEN/BOLLEN, 1980
	Erdbeere	<i>Sphaerotheca macularis</i> , <i>B. cinerea</i>	<i>Rhizopus</i> spp.	antagonistische Mikroflora	JORDAN, 1973
Thiabendazol	Orangen	<i>Penicillium digitatum</i>	<i>Penicillium italicum</i> (resistente Stämme)	Konkurrenz zwischen Pathogenen	GUTTER, 1975
Formalin	Gerste (Saatgut)	Oberflächenmikroflora	<i>Helminthosporium sativum</i>	antagonistische Mikroflora	LEDINGHAM et al., 1949 [zit. n. H]

### Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf epiphytische Mikroorganismen

Kenntnisse aus Untersuchungen über die Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Mikroorganismen der Phyllosphäre liegen zwar bereits vor und wurden in einigen Übersichtsartikeln zusammengetragen (ANDREWS, 1981; FOKKEMA, 1988; DIK, 1991); es handelt sich aber überwiegend um Einzelergebnisse, die sich jeweils auf spezielle Kulturen, bestimmte Pflanzenschutzmittel (besonders Fungizide) oder Spritzfolgen und meist einzelne saprophytische Arten oder aber die Gesamtmikroflora ohne Differenzierung nach Arten beschränken. Zudem sind diese Untersuchungen untereinander nur begrenzt vergleichbar, weil sie unter sehr unterschiedlichen Bedingungen durchgeführt wurden. Für eine Abschätzung des Einflusses von Pflanzenschutzmitteln auf das antiphytopathogene Potential und besonders für eine Auswahl von Mitteln unter dem Gesichtspunkt einer Nutzorganismenschonung sind umfassendere Kenntnisse nötig. Für deren Erarbeitung bedarf es einfacher, standardisierter Methoden.

Ein Schwerpunkt eigener Arbeiten lag daher auf der **Entwicklung eines *in vitro*-Verfahrens**, das in einer Routineprüfung einsetzbar ist. Verschiedene Wachstumstests wurden hinsichtlich ihrer Eignung für die Testung einer Vielzahl von Pflanzenschutzmitteln sowie epiphytischer Hefe- und Bakterienarten verglichen. Es wurden zwei Hemmhofmethoden geprüft, bei denen die Mikroorganismen im Plattengußverfahren in den Agar gemischt wurden. Die Pflanzenschutzmittel wurden entweder durch Auflegen darin getränkter Filterpapierscheibchen auf die Oberfläche appliziert oder in ausgestanzte Löcher einpipettiert. Als dritte Methode wurde ein Flüssigkulturverfahren geprüft, bei dem das Wachstum der Mikroorganismen unter dem Einfluß der Pflanzenschutzmittel anhand ihrer optischen Dichte in Mikrotiterplatten bestimmt wurde. Als typische Vertreter der epiphytischen Mikroflora vieler Pflanzen und als Antagonisten pflanzenpathogener Pilze wurden die Hefearten *Sporobolomyces roseus*, *Cryptococcus albidus*, *C. laurentii* und *Rhodotorula minuta* (von Tomatenblättern) und die Bakterienarten *Erwinia herbicola* und *Bacillus* sp. für die Untersuchungen ausgewählt. (SMOLKA, 1992; im Druck).

Die beiden Hemmhofmethoden erwiesen sich als relativ unempfindlich. Die Filterpapiermethode war gänzlich ungeeignet, Effekte, wie sie aus Feldversuchen bekannt sind, aufzudecken, während dies mit der Stanzlochmethode möglich war. Sehr viel empfindlicher (mindestens um den Faktor 100) und besser reproduzierbar war der Mikrotiterplattentest. Aufgrund der hohen Empfindlichkeit war mit dieser Methode auch eine Quantifizierung der Wirkungen verschiedener Präparate möglich. In der Tab. 2 sind die mit diesem Verfahren ermittelten minimalen Hemmkonzentrationen in Prozent der praxisüblichen Konzentrationen verschiedener Fungizide für die geprüften Hefe- und Bakterienisolate zusammengestellt.

Die stärkste Wirkung wurde für Euparen (Dichlofluamid) nachgewiesen. In diesem Fall lag der *no observed effect level* (NOEL) unter einer Verdünnung von  $10^{-5}$  der praxisüblichen Konzentration. Ähnlich starke Wirkungen zeigten auch die Dithiocarbamate Dithane Ultra, Antracol und

Tab. 2: Minimale Hemmkonzentrationen verschiedener Fungizide gegenüber Hefen und Bakterien aus der Phyllosphäre in Prozent der praxisüblichen Konzentration (Hefen nach 4 Tagen, Bakterien nach 48 h; die angegebenen Spannen geben Werte aus bis zu 4 Versuchen an)

Fungizid		Hefen							Bakterien	
		<i>Rhodotorula minuta</i>		<i>Cryptococcus albidus</i>		<i>Cryptococcus laurentii</i>	<i>Sporobolomyces roseus</i>		<i>Erwinia herbicola</i>	<i>Bacillus</i> sp.
Handelsprodukt	Wirkstoff	Isolat 4	Isolat 35	Isolat 170	Isolat 177	Isolat 274	Isolat 266	Isolat 272	Isolat 9	Isolat 129
Afugan	Pyrazophos	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	30-100
Aliette	Fosetyl	>30	30	>30	>30	30	30	30	30	10
Antracol	Propineb	0,3	0,1-0,3	0,1	0,1-0,3	0,3	0,1-0,3	0,03-0,3	>3	1
Bayleton spezial	Triadimefon	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30
Benomyl	Benomyl	>30	>30	>30	>30	>30	3 - >30	>30	-	-
Derosal flüssig	Carbendazim	>30	>30	>30	>30	>30	1	>30	-	-
Dithane Ultra	Mancozeb	0,1-0,3	0,1-0,3	0,03-0,1	0,1	0,1-0,3	0,03-0,1	0,1	>3	1
Euparen	Dichlofluanid	0,03-0,1	0,03-0,1	0,03-0,1	0,1	0,03	0,03-0,1	0,03-0,1	>3	0,1
Maneb	Maneb	0,3	0,3	0,1	0,3	0,3	0,1	0,1	3-10	0,1
Polyram Combi	Metiram	0,3-1	0,3	0,03-0,1	0,3	0,1 - 0,3	0,1	0,1 - 0,3	>3	1
Previcur N	Propamocarb	>1000	>1000	>1000	>1000	-	-	-	>100	>100
Ronilan	Vinclozolin	>100	>100	>100	>100	-	-	-	>30	>30
Rovral	Iprodion	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	-	-
Sumisclex WG	Procymidon	>300	300	300	>300	300	>300	300	>30	30

>: die höchste geprüfte Konzentration führte noch nicht zu einer vollständigen Hemmung

Polyram Combi. Demgegenüber erwiesen sich z.B. Afugan, Aliette, Bayleton spezial, Previcur N, Ronilan, Rovral und Sumisclex gegenüber Hefen als relativ wenig hemmend. Bei einem Vergleich der verschiedenen Hefearten bzw. -isolate hinsichtlich ihrer Sensitivität gegenüber den Fungiziden zeigt sich, daß sie sich in ihrer Empfindlichkeit gegenüber den geprüften Fungiziden weitgehend entsprechen, so daß man gegebenenfalls ein einzelnes Isolat als Indikator für die Hefemikroflora herausgreifen kann. Nur bei *Sporobolomyces roseus* fiel ein Isolat durch seine hohe Empfindlichkeit gegenüber den Benzimidazolen Carbendazim und Benomyl auf, während das andere Isolat, wie auch alle anderen Hefen relativ unempfindlich waren (s. Tab. 2). Benzimidazole sind jedoch dafür bekannt, daß sich ihnen gegenüber sehr schnell Resistenzen in den Hefepopulationen ausbilden (FOKKEMA et al., 1987), und sind daher spezifisch zu bewerten.

Insgesamt erwies sich die Mikrotiterplattenmethode für die Prüfung der Fungizidwirkungen auf Hefen ebenso wie auf Bakterien sowie für eine Erfassung von Insektizidwirkungen als geeignet. Aufgrund der Automatisierbarkeit ist sie für Routineprüfungen verwendbar. Anders als andere Verfahren, war diese Methode empfindlich genug, um im Feld beobachtete Effekte aufzudecken (SMOLKA, 1992). Trotzdem kann es in bestimmten Fällen angebracht sein, ergänzend andere *in vitro*-Verfahren heranzuziehen. GROSS und KENNETH (1973) beobachteten beispielsweise, daß Benzimidazole die Sporenproduktion von *Sporobolomyces roseus* bereits in niedrigeren Konzentrationen hemmen als das Wachstum. Dies könnte eine Erklärung dafür sein, daß FOKKEMA und DE NOOIJ (1981) Effekte auf *Sporobolomyces roseus* im Pflanzenversuch nicht mit einem Wachstumstest *in vitro* reproduzieren konnten. Weitere Erklärungsmöglichkeiten wären eine zu geringe Empfindlichkeit des *in vitro*-Verfahrens oder das Auftreten indirekter Effekte wie z.B. ein Einfluß der Fungizide auf die Nährstoffsituation in der Phyllosphäre.

Die zentrale Frage für eine Bewertung von Ergebnissen, die mit einer *in vitro*-Methode erhalten wurden, betrifft ihre Aussagefähigkeit über tatsächliche Effekte *in vivo* beziehungsweise in der landwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Praxis. Mit dem Wachstumstest in Mikrotiterplatten können die direkten Wirkungen verschiedener Pflanzenschutzmittel auf die Mikroorganismen abgeschätzt werden. Sie kann jedoch keine Hinweise auf indirekte Effekte geben, die auf einer Beeinflussung der vielfältigen Beziehungen zwischen verschiedenen Mikroorganismen, den Nährstoffbedingungen und dem Mikroklima beruhen.

Um einen Eindruck von den Wirkungen einiger Fungizide auf epiphytische Hefen unter Praxisbedingungen auf Pflanzen zu erhalten, wurden Gewächshausversuche an Tomaten in Grundbeeten unter praxisnahen Bedingungen durchgeführt. Als erstes Ergebnis zeigten die Untersuchungen, daß Hefen auch unter Glas Populationsdichten von 3000 bis 10000 Zellen/cm<sup>2</sup> Blattfläche erreichen, wie sie für eine Hemmung nekrotropher Pathogene erforderlich sind (s.o. und Abb. 1a). Die beiden Fungizide Euparen (Dichlofluamid) und Dithane Ultra (Mancozeb), die *in vitro* die stärkste Wirkung auf Hefen zeigten, verursachten beide auch *in vivo* eine fast vollständige

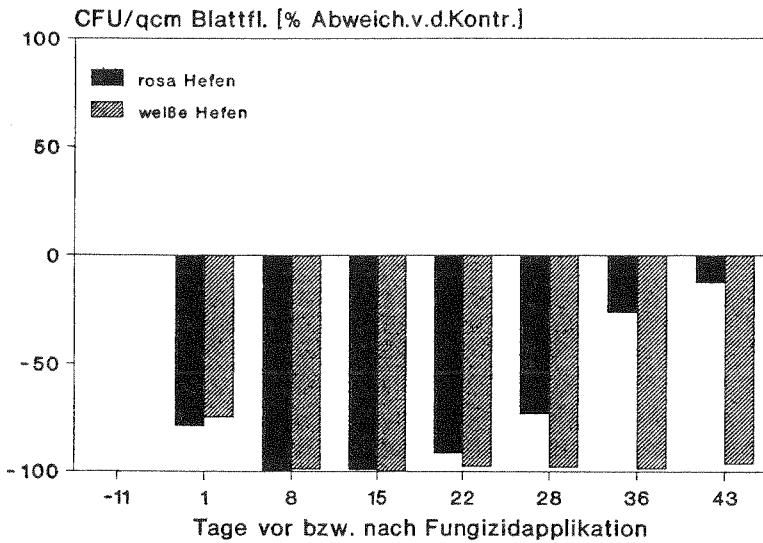
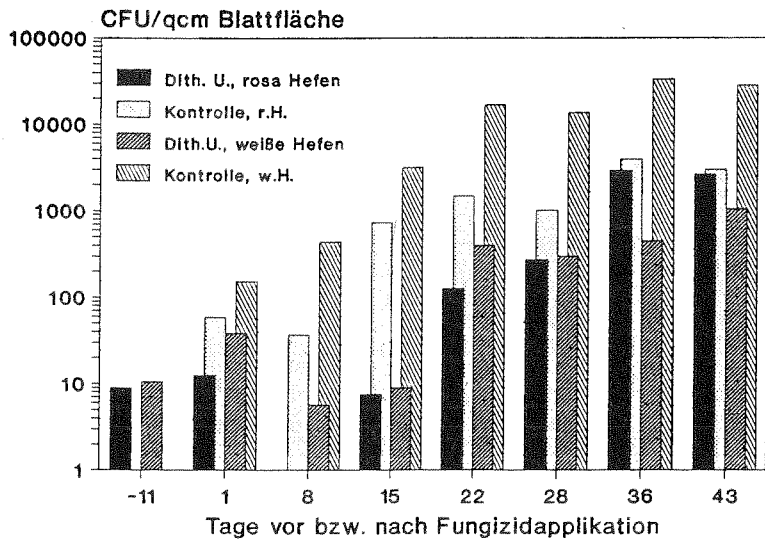


Abb. 1: Wirkung von Dithane Ultra (Mancozeb) auf die Entwicklung einer natürlichen Population von rosa und weißen Hefen auf Blättern von Tomaten im Gewächshaus (Grundbeet) (CFU = colony forming units)  
1a (oben): Populationsdichten (CFU/cm<sup>2</sup>) auf fungizidbehandelten und -unbehandelten Pflanzen;  
1b (unten): Reduktion der Populationsdichten (CFU/cm<sup>2</sup>) auf behandelten Pflanzen

Hemmung der Hefen in der Phyllosphäre. In der Abb. 1 sind die Ergebnisse einer Dithane Ultra-Behandlung (praxisübliche Konzentration; z.Z. nicht zugelassen) von Tomaten dargestellt. Wie besonders aus Abb. 1b ersichtlich wird, erreichte die Population der rosa Hefen erst nach 5 Wochen wieder eine Dichte, die derjenigen auf wasserbehandelten Kontrollpflanzen entsprach, während die Populationsdichte der weißen Hefen sich auch im Verlauf von 6 Wochen nicht wieder angleichen konnte. Ähnliche Wirkungen konnten für Euparen ermittelt werden. Darüber hinaus war nach nur einmaliger Behandlung mit diesem Wirkstoff unter kontrollierten Bedingungen auch eine Wiederansiedlung durch Applikation der Hefen noch nach 30 Tagen nur eingeschränkt möglich (SMOLKA und RUBACH, 1988).

### Möglichkeiten der Wiederbesiedlung

Für die Nachhaltigkeit der Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf epiphytische Mikroorganismen spielt nicht nur die Dauer der Abnahme wirksamer Rückstände auf der Pflanzenoberfläche eine Rolle. Sie wird vielmehr auch beeinflusst durch Effekte auf die Mikroorganismen in Bereichen, aus denen die Wiederbesiedlung der Pflanzen stattfindet. Hefen gelangen aus der Luft (GREGORY, 1973) oder auch aus der obersten Bodenschicht auf die Blätter (DICKINSON, 1986). Es ist daher zu vermuten, daß in Gewächshäusern, wo häufig ein sehr intensiver Pflanzenschutz stattfindet, der Boden gegebenenfalls gedämpft wird und im Vergleich zum Freiland ein geringerer Luftaustausch stattfindet, auch eine Wiederbesiedlung aus diesen Bereichen eingeschränkt wird. Einen Eindruck von den möglichen Effekten über die Luft geben Untersuchungen zum Einfluß von Luftschadstoffen auf epiphytische Mikroorganismen (MAGAN und McLEOD, 1991). Erste Untersuchungen zur Gasphasewirkung von Euparen auf zwei Isolate der Hefearten *Cryptococcus albidus* und *Sporidiobolus pararoseus* wurden an Tomatenpflanzen in üblichen Anzuchtkästen mit Deckeln durchgeführt. In diese wurden je 3 mit Fungizid oder der entsprechenden Leerformulierung getränkte Filterpapierstreifen (Gesamtfläche 360 cm<sup>2</sup>/Kiste; praxisübliche Konzentration; Menge auf die Grundfläche der Kiste entsprechend der empfohlenen Aufwandmenge/ha berechnet) gehängt. Wie Abb. 2 zeigt, wurde die Populationsdichte beider Hefen bereits bei einer Expositionsdauer von 18 Stunden deutlich vermindert. Eine Verlängerung der Expositionszeit brachte keine weitere Reduktion.

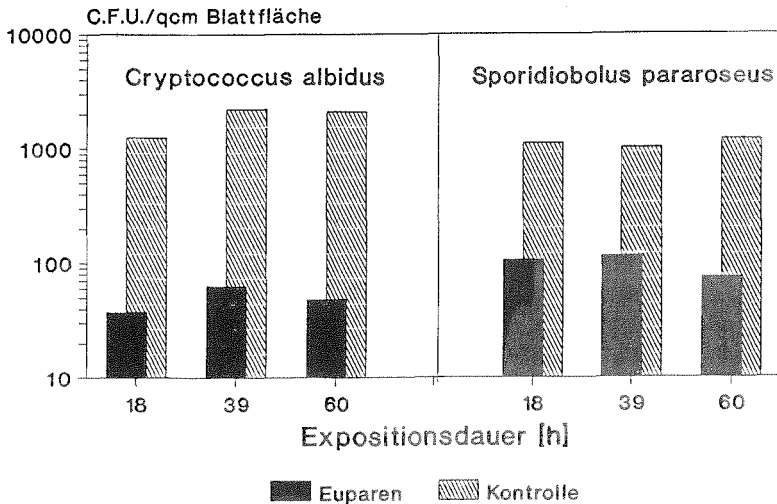


Abb. 2: Wirkung von Euparen (Dichlofluanid) über die Dampfphase auf zwei Hefen in der Phyllosphäre von Tomaten nach unterschiedlicher Expositionszeit (RUBACH, 1988)

### Ausblick

Für eine Schonung des antiphytopathogenen Potentials sind Kenntnisse über die direkten toxischen Wirkungen der Pflanzenschutzmittel auf die jeweiligen Antagonistenpopulationen Voraussetzung. Hierbei kann ein Überblick über die Sensitivitätsspektren verschiedener Organismen die Auswahl von Indikatororganismen ermöglichen, die beispielsweise in einer Routineprüfung eingesetzt werden könnten. In diesem Zusammenhang standen die *in vitro*-Untersuchungen eines Spektrums epiphytischer Hefe- und Bakterienarten. Aufschluß darüber, ob die *in vitro* ermittelten direkten Effekte gegebenenfalls auf Pflanzen abgepuffert werden oder ob neue indirekte Wirkungen, bedingt durch eine Störung des ökologischen Gleichgewichts, auftreten, können nur *in vivo*-Versuche geben. In bisherigen in der Literatur dokumentierten Untersuchungen an Pflanzen wurde in der Regel nur die Reduktion der Populationsdichten nach Pflanzenschutzmittelapplikation erfaßt. Für die Analyse und Bewertung der Pflanzenschutzmittelebenwirkungen und die Unterscheidung direkter und indirekter Effekte sind jedoch auch Kenntnisse über die tatsächliche Exposition der Organismen auf den Pflanzen nötig. Neben einer Verfolgung der Populationsentwicklung und den Untersuchungen zur Wiederansiedlung sind deshalb parallel die Rückstände auf der Blattoberfläche zu erfassen. Dieser Ansatz, der in bisherigen Untersuchungen fehlt, wird zur Zeit in Untersuchungen des Instituts für Pflanzenschutz im Gartenbau in Zusammenarbeit mit der Fachgruppe Chemische Mittelprüfung der Biologischen Bundesanstalt verfolgt.



### Zusammenfassung

Es wird eine Literaturübersicht über die Bedeutung epiphytischer Mikroorganismen für den Pflanzenschutz gegeben. Hefen in der Phyllosphäre können auch unter Freilandbedingungen die Entwicklung nekrotropher Pathogene hemmen. Andererseits wurde nachgewiesen, daß bei Ausschaltung der antagonistischen Mikroflora durch Fungizide Pilzkrankheiten gefördert werden können. Um das antiphytopathogene Potential im Sinne eines integrierten Pflanzenschutzes schonen und nutzen zu können, sind Kenntnisse über die Sensitivität der Phyllosphärenmikroorganismen gegenüber Pflanzenschutzmitteln notwendig. Es wurde daher ein *in vitro*-Verfahren erarbeitet, mit dem die Pflanzenschutzmittelwirkungen auf epiphytische Hefen und Bakterien im Rahmen von Routineprüfungen erfaßt werden können.

Anhand einiger Gewächshausversuche zur Wirkung von Dithane Ultra und Euparen wurde die Aussagefähigkeit der *in vitro* gewonnenen Ergebnisse überprüft. Die Hefen zeigten sowohl in der *in vitro*-Prüfung als auch in den Pflanzenversuchen eine sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber beiden Fungiziden. Da die Wirkungen in den Gewächshausversuchen im Verlauf von 4-6 Wochen noch nicht ausgeglichen werden konnten, stellte sich die Frage nach den Möglichkeiten einer Wiederbesiedlung aus der Luft oder über den Boden. In ersten Versuchen zur Gasphasewirkung von Euparen zeigten sich auch deutliche Effekte auf Hefen, die nicht durch eine direkte Applikation getroffen worden waren.

### Literatur

ANDREWS, J.H. (1981): Effects of pesticides on non-target micro-organisms on leaves. In: Blakeman, J.P. (ed.): Microbial ecology of the phylloplane. Academic Press, London, 283-304.

ANDREWS, J.H. (1992): Biological control in the phyllosphere. Ann. Rev. Phytopathol. **30**, 603-635.

BANERJEE, M. and A.K. CHANDRA (1978): Auxin production potentiality of nitrogen fixers isolated from the phyllosphere of crop plants. Current Science **47**, 962-963.

BLAKEMAN, J.P. (1985): Ecological succession on leaf surface microorganisms in relation to biological control. In: Windels, C.E. und S.E. Lindow (eds.): Biological control on the phylloplane. The American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota, 6-30.

BLAKEMAN, J.P. and N.J. FOKKEMA (1982): Potential for biological control of plant diseases on the phylloplane. Ann. Rev. Phytopathol. **20**, 167-192.

BUCKLEY, N.G. and G.J.F. PUGH (1971): Auxin production by phylloplane fungi. Nature **231**, 332.

DICKINSON, C.H. (1981): Leaf surface micro-organisms as pathogen antagonists and as minor pathogens. In: Jenkyn, J.F. and R.T. Plumb (eds.): Strategies for the control of cereal disease. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 109-121.

DICKINSON, C.H. (1986): Adaptations of micro-organisms to climatic conditions affecting aerial plant surfaces. In: Fokkema, N.J. and J. van den Heuvel (eds.): Microbiology of the phyllosphere. Cambridge University Press, Cambridge, 77-100.

- DIK, A.J. (1991): Interactions among fungicides, pathogens, yeasts, and nutrients in the phyllosphere. In: Andrews, J.H. and S.S. Hirano (eds.): Microbial ecology of leaves. Springer-Verlag, New York, 412-429.
- DIK, A.J., N.J. FOKKEMA and J.A. VAN PELT (1991a): Consumption of aphid honeydew, a wheat yield reduction factor, by phyllosphere yeasts under field conditions. *Neth. J. Pl. Path.* **97**, 209-232.
- DIK, A.J., N.J. FOKKEMA and J.A. VAN PELT (1991b): Interference of nutrients with fungicide activity against *Septoria nodorum* on wheat leaves. *Plant Pathol.* **40**, 25-37.
- DIK, A.J. and J.A. VAN PELT (1992): Interaction between phyllosphere yeasts, aphid honeydew and fungicide effectiveness in wheat under field conditions. *Plant Pathol.* **41**, 661-675.
- FOKKEMA, N.J. (1983): Naturally-occurring biological control in the phyllosphere. *Les Colloques de l'INRA* **18**, 71-79.
- FOKKEMA, N.J. (1988): Agrochemicals and the beneficial role of phyllosphere yeasts in disease control. *Ecological Bulletins* **39**, 91-93.
- FOKKEMA, N.J., DIK, A.J. and R.A. DAAMEN (1987): Use of carbendazim and carbendazim-resistant yeasts to create different yeast densities on wheat leaves for field studies on biological control. *Neth. J. Pl. Path.* **93**, 273-283.
- FOKKEMA, N.J., J.G. DEN HOUTER, Y.J.C. KOSTERMAN and A.L. NELIS (1979): Manipulation of yeasts on field-grown wheat leaves and their antagonistic effect on *Cochliobolus sativus* and *Septoria nodorum*. *Trans. Br. mycol. Soc.* **72**, 19-29.
- FOKKEMA, N.J., J.A.J. VAN DE LAAR, A.L. NELIS-BLOMBERG and B. SCHIPPERS (1975): The buffering capacity of the natural mycoflora of rye leaves to infection by *Cochliobolus sativus*, and its susceptibility to benomyl. *Neth. J. Pl. Path.* **81**, 176-186.
- FOKKEMA, N.J. and M.P. DE NOOIJ (1981): The effect of fungicides on the microbial balance in the phyllosphere. *EPP0 Bull.* **11**, 303-310.
- FRAHM, J. (1973): Verhalten und Nebenwirkungen von Benomyl (Sammelbericht). *Z. PflKrankh. PflSchutz* **80**, 431-446.
- GOWDU, B.J. and R. BALASUBRAMANIAN (1988): Role of phylloplane micro-organisms in the biological control of foliar plant diseases. *Z. PflKrankh. PflSchutz* **95**, 310-331.
- GREGORY, P.H. (1973): *The microbiology of the atmosphere*. 2nd ed., Leonard Hill, London.
- GRIFFITHS, E. (1981): Iatrogenic plant diseases. *Ann. Rev. Phytopathol.* **19**, 69-82.
- GROSS, Y. and R. KENNETH (1973): The fate of carboxin, benomyl and thiabendazole in seed- and soil-treated plants, as shown by *in vitro* and *in vivo* bioassays on some epiphytic yeasts. *Ann. appl. Biol.* **73**, 307-318.
- GUTTER, Y. (1975): Interrelationship of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* in thiabendazole-treated oranges. *Phytopathology* **65**, 498-499.
- HISLOP, E.C. (1976): Some effects of fungicides and other agrochemicals on the microbiology of aerial surfaces of plants. In: Dickinson, C.H. und T.F. Preece (eds.): *Microbiology of aerial plant surfaces*, Academic Press, London, 41-74.

HOEVEN, E.P. VAN DER and G.J. BOLLEN (1980): Effect of benomyl on soil fungi associated with rye. 1. Effect on the incidence of sharp eyespot caused by *Rhizoctonia cerealis*. Neth J. Pl. Path. **86**, 163-180.

JORDAN, V.W.L. (1973): The effects of prophylactic spray programmes on the control of pre- and post-harvest diseases of strawberry. Plant Pathol. **22**, 67-70.

LAST, F.T. und R.C. WARREN (1972): Nichtparasitische Mikroben als Besiedler grüner Blätter: ihre Form und Funktion. Endeavour **31**, 143-151.

MAGAN, N. and A.R. McLEOD (1991): Effects of atmospheric pollutants on phyllosphere microbial communities. In: Andrews, J.H. and S.S. Hirano (eds.): Microbial ecology of leaves. Springer-Verlag, New York, 379-400.

RUBACH, W. (1988): Untersuchungen zur epiphytischen, pilzlichen Mikroflora von Tomaten (*Lycopersicon lycopersicum* (L.) Karst ex Farw. sowie deren Beeinflussung durch das Fungizid Euparen (Bayer). Diplomarbeit, Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., Braunschweig.

SEN, S.P., T. MAIT, D. PAL, R.K. SAMANTA, M. SEN and M.S. CHOUDHURY (1985): Dinitrogen fixation in the phylloplane and its agricultural and ecological implications. Frontiers in Applied Microbiology, 293-314.

SMOLKA, S.E. (1992): Methoden zur *in vitro*-Erfassung von Pflanzenschutzmittelwirkungen auf Mikroorganismen aus der Phyllosphäre. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **44**, 252-264.

SMOLKA, S.E. (im Druck): Assessment of pesticide side effects on beneficial microorganisms from the phylloplane. In: Fokkema, N.J., J. Köhl and Y. Elad (eds.): Biological control of foliar and post-harvest diseases, IOBC/WPRS Bulletin.

SMOLKA, S. und W. RUBACH (1988): Nebenwirkungen von Fungiziden auf epiphytische Hefen von Tomaten. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin-Dahlem **245**, 395.

SPURR, H.W. and G.R. KNUDSEN (1985): Biological control of leaf diseases with bacteria. In: Windels, C.E. and S.E. Lindow (eds.): Biological control on the phylloplane. The American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota, 45-62.

WILSON, C.L. (1989): Managing the microflora of harvested fruits and vegetables to enhance resistance. Phytopathology **79**, 1387-1390.

WILSON, C.L., M.E. WISNIEWSKI, C.L. BILES, R. McLAUGHLIN, E. CHALUTZ and S. DROBY (1991): Biological control of post-harvest diseases of fruits and vegetables: alternatives to synthetic fungicides. Crop Protection **10**, 172-177.

S. Werres und K. Themann, Braunschweig

## **Serologie in der Diagnostik phytopathogener Pilze - theoretische Grundlagen und Untersuchungen zur Standardisierung des *enzyme-linked immunosorbent assay* (ELISA)**

### Einleitung

Der zunehmende weltweite Handel mit Pflanzenmaterial und die gleichzeitig zunehmende Einschränkung von Pflanzenschutzmittelanwendungen fordern verstärkt Methoden, mit denen wirtschaftlich wichtige Krankheitserreger an Pflanzen vor der Vermarktung nachgewiesen werden können. Diese Methoden müssen schnell und einfach zu handhaben sein, damit sie für Routineuntersuchungen großer Probenmengen verwendet werden können. Sie müssen außerdem ausreichend spezifisch und empfindlich sein. Seit CLARK & ADAMS 1977 den *enzyme-linked immunosorbent assay* (ELISA) für die Untersuchung phytopathogener Viren einführten, werden die serologischen Methoden auch verstärkt zum Nachweis von Bakterien und Pilzen eingesetzt. Die intensive Untersuchung von pilzlichem Material mit Hilfe serologischer Verfahren begann erst in den 80er Jahren.

Im Folgenden wird ein kurzer Literaturüberblick über die heutigen Kenntnisse antigener Eigenschaften von Pilzen gegeben und Kriterien zur Auswahl serologischer Verfahren vorgestellt. Die Auswertung der Literatur erfolgte unter dem Aspekt, diese Methoden zum Nachweis phytopathogener Pilze aus Pflanze, Boden oder Wasser zu verwenden. Anhand eigener Versuche mit dem ELISA werden Überlegungen zur Standardisierung dieses Testverfahrens für Routineuntersuchungen und zur Bestimmung eines Schwellenwertes aufgezeigt.

### Antigene Strukturen

**Antigene** sind Substanzen, die mit Antikörpern und/oder aktivierten T-Zellen reagieren. Induzieren sie im Immunsystem von Warmblütern die Bildung von Antikörpern oder spezifischer Zellen (aktivierte T-Zellen), werden sie **Immunogene** genannt. Die Mehrzahl der Proteine, Lipoproteine und Polysaccharide haben antigene und immunogene Wirkung. Antigene können mehrere **antigene Determinanten (Epitope)** aufweisen, von denen jede für sich mit einem spezifischen Antikörper reagieren bzw. jeweils die Bildung eines spezifischen Antikörpers induzieren kann.

Über die biochemische Natur und Lokalisation von pilzlichen Antigenen ist bisher noch wenig bekannt. Aufgrund der hohen Komplexität der physikalisch-chemischen Strukturen von Pilzen sind die Anzahl und Kombinationsmöglichkeiten der Antigene einer Spezies oder sogar einer Rasse niemals konstant. Sie ändern sich kontinuierlich während der pilzlichen Entwicklung *in vitro* und *in vivo*.

Bisher wurden antigene Determinanten in Zellwandbestandteilen von Hyphen und Sporen, im Cytoplasma (z.B. ribosomale Proteine und Enzyme) und in Extrakten von Flüssigkulturen, Kulturfiltraten (z.B. Phytotoxine) und Oberflächenabschwemmungen pilzlicher Kulturen lokalisiert. Ihrer biochemischen Natur nach handelt es sich bei den antigenen Determinanten in Zellwänden besonders um Kohlenhydrate. Die Bedeutung von Proteinen der Zelloberflächen ist nicht eindeutig geklärt. Die Untersuchungen sind sehr schwierig, da die Extraktionsmethoden keine eindeutige Trennung von Proteinen und anderen Makromolekülen ermöglichen. Bei den antigenen Determinanten, die im Cytoplasma aufgebrochener Zellen bestimmt wurden, handelte es sich hauptsächlich um Proteine. Bei den sogenannten extrazellulären Antigenen sind besonders (Glyco-)Proteine aber auch Polysaccharide vertreten.

Für die Auswahl eines geeigneten Antigens gibt es mehrere Gesichtspunkte. Zunächst einmal muß das Antigen in ausreichender Menge im Wirt, Boden und Wasser vorliegen, leicht zu isolieren sein und ausreichende Stabilität aufweisen. Außerdem sollte es eine hohe Immunogenität besitzen, damit die Bildung von Antikörpern gewährleistet ist. Nimmt man zur Immunisierung *in vitro* angezogenes pilzliches Material, muß für serologische Untersuchungen von z.B. pflanzlichem Material sichergestellt sein, daß der Pilz die Antigene auch *in vivo* bildet. Ein weiterer Gesichtspunkt ist das Ziel der Untersuchungen. Soll z.B. ein latenter Befall im pflanzlichen Gewebe nachgewiesen werden, sind die pilzlichen Strukturen als Antigen besonders interessant, die zuerst im Gewebe gebildet werden, zum Beispiel Hyphen. Für die Untersuchung von Bodenproben könnten dagegen Dauerorgane des Pilzes als Antigen von größerer Bedeutung sein, wenn er nur mit diesen im Boden überdauern kann. Die Auswahl des geeigneten Antigens setzt demnach die genaue Kenntnis der Biologie und Epidemiologie des Erregers voraus. Nicht zuletzt kann auch die Untersuchungsmethode die Wahl des Antigens beeinflussen, da die Eignung des Antigens auch vom serologischen Testverfahren abhängen kann.

### Spezifität

Antigene Determinanten können allgemein oder spezifisch sein. Antigene heißen **allgemein**, wenn sie bei mindestens zwei verschiedenen Pilzgattungen, -arten oder -rassen vorkommen. **Spezifität** dagegen bedeutet, daß verschiedene Pilze oder Pilzgruppen aufgrund des Antigens eindeutig unterschieden werden können. Spezifität bezieht sich immer auf eine bestimmte taxonomische Ebene, zum Beispiel Gattungs- oder Art-Spezifität. An der Existenz spezifischer antigener Determinanten bei Pilzen gibt es keinen Zweifel. In der Literatur wird im allgemeinen von spezifischen Antigenen oder Antikörpern gesprochen. Dies ist nicht ganz korrekt, da die Bewertung der Spezifität nur aufgrund der Antigen-Antikörper-Reaktion erfolgen kann.

Spezifität ist keine absolute Größe. Sie kann durch zahlreiche Faktoren beeinflusst werden. Zu diesen zählen u.a. der untersuchte Pilz, Kulturverfahren für den Pilz *in vitro*, Art und Aufarbeitung des Probenmaterials, Auswahl und Aufarbeitung des Antigens, die Gewinnung der Antikörper und das serologische Testverfahren. Aussagen zur Spezifität sind daher im allgemeinen nur im Rahmen eines genau standardisierten Verfahrens reproduzierbar und gültig.

Der erwünschte Grad der Spezifität richtet sich nach dem Ziel der Untersuchungen. Für taxonomische Untersuchungen wird im allgemeinen mindestens Artspezifität gefordert. Dies gilt noch stärker für epidemiologische Untersuchungen. Aussagen über das Auftreten und Vorkommen von Rassen einer bestimmten Pilzart lassen sich nur mit rassenspezifischen Antikörpern machen. Für serologische Untersuchungen zum Nachweis eines Erregers aus der Pflanze könnte unter Umständen zunächst Gattungsspezifität ausreichend sein. Dies wäre z.B. denkbar für die Gattung *Phytophthora*. So weit bisher bekannt, sind alle in der phytopathologischen Literatur genannten *Phytophthora*-Arten pathogen. Die Diagnose "Phytophthora" wäre daher erst einmal ausreichend, um Pflanzenmaterial als unverkäuflich zu deklarieren. Artspezifität, u.U. sogar Subspezies-Spezifität ist dagegen immer Voraussetzung, wenn zu einer Pilzgattung pathogene und apathogene Arten gehören, und diese auch noch gleichzeitig in oder an der Pflanze vorkommen können, wie z.B. bei der biologischen Bekämpfung von *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* mit nicht pathogenen *Fusarium*-Arten.

### Antikörper/Antiseren

Antikörper kommen im Blut, und zwar in der  $\gamma$ -Globulin-Fraktion des Serums von Warmblütern vor. Sie gehören zu den **Immunglobulinen**, die in verschiedene Gruppen eingeteilt werden: **IgM**, **IgG**, **IgA**, **IgE** und **IgD**. Von besonderer Bedeutung für die Phytopathologie sind die IgM und IgG.

In der Regel werden zwei Arten von Antikörpern unterschieden: polyklonale und monoklonale. **Polyklonale Antikörper** werden aus der Serumfraktion (= Rohserum oder Antiserum) des Blutes immunisierter Warmblüter gewonnen. Für Untersuchungen mit Pilzen eignen sich zur Immunisierung besonders Kaninchen und Mäuse aber auch Hühner. Bei Hühnern werden die Antikörper aus den Eiern gewonnen. Antiseren enthalten Antikörper, die von vielen verschiedenen B-Zell-Klonen (= polyklonal) gebildet wurden und sich daher gegen viele verschiedene Epitope richten. Heterogenität ist daher das wesentliche Kennzeichen polyklonaler Antikörper. Mit Hilfe verschiedener Methoden kann die Spezifität eines polyklonalen Antiserums erhöht werden. Hierzu gehört zum Beispiel die Absättigung (**cross-absorption**) mit heterologen und unspezifischen Antigenen, die mit dem Antiserum mitreagieren. Unspezifische Antigene können z.B. Wirtsproteine

sein. Als Nachteil der Absättigung mit heterologen Antigenen ist die oft auftretende starke Abnahme der Empfindlichkeit des Antiserums anzusehen.

Die Grundidee zur Herstellung **monoklonaler Antikörper** war, die Antikörper produzierenden B-Lymphozyten aus dem Blut von Warmblütern zu isolieren und durch Klonierung zu vermehren. Da sich die B-Lymphozyten nur schwer kultivieren lassen, verschmilzt man sie mit Myelom-(Tumor-) Zellen. Die Nachkommen dieser Hybridom-Zelllinien bilden alle exakt die gleichen Antikörper (= monoklonale Antikörper) gegen ein bestimmtes Epitop. Das typische Kennzeichen der monoklonalen Antikörper ist demnach ihre Homogenität.

Die Entscheidung ob polyklonale oder monoklonale Antikörper für serologische Untersuchungen besser geeignet sind, hängt von mehreren Faktoren ab. Bezüglich der Spezifität sind monoklonale Antikörper zunächst besser zu bewerten. Zum einen ist ein monoklonaler Antikörper nur gegen ein einzelnes Epitop eines Antigens gerichtet. Kommt dieses Epitop z.B. nur bei einer Rasse einer Pilzart vor, ist der Antikörper hochspezifisch und erlaubt die eindeutige Rassenbestimmung. Zum anderen erlaubt das Herstellungsverfahren von monoklonalen Antikörpern ein konsequentes Screening auf den gesuchten Antikörper. Die Erfahrungen zeigen jedoch, daß die Selektion eines hochspezifischen Antikörpers meistens eine Sache des Zufalls ist. Wenn es um den Nachweis eines phytopathogenen Pilzes aus Pflanze, Boden oder Wasser geht, können polyklonale Antikörper eher von Vorteil sein. In der Regel ist zum Zeitpunkt der Probenahme nicht bekannt, welche Strukturen und/oder welche Arten, Isolate oder Rassen des Pilzes vorhanden sind. Ein polyklonales Antiserum, das eine Vielzahl von Antikörpern gegen die verschiedensten Epitope enthält, bietet daher die größere Wahrscheinlichkeit einen bestimmten Erreger zu erfassen.

Für die Anwendung in der Praxis ist Voraussetzung, daß die Antikörper in ausreichender Menge und immer in der gleichen Qualität verfügbar sind. Hier sind die monoklonalen Antikörper den polyklonalen überlegen. Die Vermehrung und Aufarbeitung bzw. Reinigung ist im Vergleich zu polyklonalen Antikörpern standardisierbar. Zur Zeit ist die Produktion jedoch noch sehr teuer.

### Serologische Testverfahren

Zahlreiche serologische Verfahren wurden bisher für Untersuchungen mit Pilzen erprobt. Die sogenannten "**Tests mit flüssiger Phase**", bei denen Antigen und Antikörper bis zur Reaktion in Lösung sind, wurden bisher hauptsächlich für taxonomische Untersuchungen, Analysen antigener Determinanten und für die Spezifitätsuntersuchungen von Antigen/Antikörper-Reaktionen verwendet. Hierzu zählen die Agardiffusions- und Ringpräzipitationstests und die Immunelektrophorese. Die "**Tests mit fester Phase**" dagegen, wurden bisher besonders zum Nachweis pilzlicher Strukturen in pflanzlichem Gewebe, im Boden und im Wasser verwendet. Zu ihnen gehören z.B. der *enzyme-linked immunosorbent assay* (ELISA) und seine Modifikationen, wie z.B. die *diagno-*

*stic kits* und der *dip-stick assay*, die *immunofluorescence*, der *radio-immunoassay* (RIA/RISA), der *dot immunobinding assay* (DIBA/DIA) und das *western blotting*. Das Grundprinzip basiert bei diesen Verfahren zum einen auf der Bindung des Antigens oder Antikörpers im ersten Schritt an einen festen Träger (*solid phase*). Das kann z.B. eine Mikrotiterplatte oder auch eine Membran sein. Außerdem enthalten diese Verfahren ein System, mit dem die Antigen-Antikörperreaktion erfaßt werden kann, indem der primäre oder ein sekundärer Antikörper mit z.B. Enzymen oder fluoreszierenden Farbstoffen markiert wird.

Die Wahl eines Testverfahrens richtet sich sehr oft nach dem Ziel der Untersuchung und dem Anwender. Für den Einsatz im Pflanzenschutzdienst sollte folgendes berücksichtigt werden: Das Testverfahren sollte eine möglichst hohe Empfindlichkeit haben und eine latent vorhandene Krankheit nachweisen können. Für die routinemäßige Untersuchung einer großen Anzahl von Proben muß das Verfahren schnell und einfach handhabbar sein. Ein Beispiel für ein solches Verfahren ist der ELISA. Dieser Test ist seit vielen Jahren als Routinemethode in der Virusdiagnostik im praktischen Pflanzenschutz eingeführt. Noch einfacher sind die Methoden wie *dot blot*, *dip stick* und die verschiedenen Testkits. *Dip-stick* und die *rapid detection kits* können auch unter Feldbedingungen und von fachfremden Personen verwendet werden.

Unabhängig von der praktischen Handhabung und/oder der schnellen Durchführbarkeit eines Testverfahrens eignet sich nicht jedes Verfahren für jede Probe. So gelang zum Beispiel der Nachweis von Pilzen aus Bodenproben bisher besonders gut mit Hilfe der Immunfluoreszenz. Diese Technik eignet sich auch besonders gut für die Lokalisation pilzlicher Strukturen im Pflanzengewebe.

Nicht zuletzt sind die Kosten, die für die Untersuchung einer Probe entstehen, ausschlaggebend für die Einführung einer Diagnosemethode in die Praxis. Unter diesem Gesichtspunkt bieten sich der ELISA und auch die Immunfluoreszenstechniken an, da diese Methoden im praktischen Pflanzenschutz etabliert sind, die Anschaffung teurer Geräte damit wegfällt. Die *diagnostic kits* dagegen sind zur Zeit für Routineuntersuchungen zu teuer.

Will man Pflanzen-, Boden- oder Wasserproben auf einen möglichen Befall durch einen bestimmten phytopathogenen Mikroorganismus untersuchen, ist die Festsetzung von Schwellenwerten zur eindeutigen Unterscheidung von 'befallen' und 'nicht befallen' notwendig. Nach CONVERSE & MARTIN (1990) gibt es keinen absoluten positiv-negativ Grenzwert zwischen Ergebnissen, die den Pilz nachweisen und Hintergrundreaktionen. Totes pilzliches Material kann ebenfalls positive Werte ergeben. Falsch-negative Werte können auftreten, wenn während eines frühen Infektionsstadiums der Gehalt an pilzlichen Strukturen in der Pflanze so gering ist, daß er mit dem Testverfahren nicht erfaßt werden kann. Um einen Schwellenwert zu finden, müssen daher alle Faktoren, die die Antigen-Antikörper-Reaktion und die Testmethode beeinflussen kön-



nen, bekannt sein. Bisher gibt es hierzu nur wenige Untersuchungen. Darüber hinaus muß berücksichtigt werden, daß Art und Stärke des Einflusses mit verschiedenen Wirt/Pathogen-Kombinationen, sowie mit der Wahl der Testmethode, der Antigene und Antikörper und der Chemikalien und Materialien (wie z.B. der Mikrotiterplatte) variieren können, beeinflusst werden. Alle bisherigen Untersuchungsergebnisse zeigen außerdem, daß die Interpretation von Ergebnissen aus serologischen Tests nur sinnvoll ist, wenn genaue Kenntnisse über die Krankheit und ihre Entwicklung, sowie über die Pflanzenentwicklung vorliegen. Nur so lassen sich mögliche Hintergrundreaktionen abschätzen und interpretieren. Das bedeutet, daß für jede Wirt/Erreger-Kombination ein serologisches Testverfahren, wie der ELISA, neu standardisiert werden muß, um spezifische Schwellenwerte festlegen zu können.

Im folgenden wird ausführlich nur auf den ELISA eingegangen, da mit diesem Testverfahren die anschließend vorgestellten Untersuchungen durchgeführt wurden.

Im ELISA ist die Mikrotiterplatte die feste Phase, an die entweder der Antikörper ('**double antibody sandwich**' = DAS) oder das Antigen ('**plate trapped antigen**' = PTA oder '**direct antigen coating**' = DAC) gebunden wird. Bei Untersuchungen mit Pilzen dienen entweder pilzliche Strukturen oder infiziertes Pflanzenmaterial, Boden - oder Wasserproben als Antigen. Antikörper oder Antigene, die im ersten Schritt nicht an die Mikrotiterplatte gebunden werden, werden im folgenden Waschgang weggespült. Im zweiten Schritt wird das Antigen (DAS-ELISA) oder der primäre Antikörper (PTA- oder DAC-ELISA) zugegeben. Falls Antigen und Antikörper einander erkennen, kommt es zur Bildung der Antigen-Antikörperkomplexe. Der nachfolgende Waschschritt entfernt alle nicht gebundenen Partikel. Im dritten Schritt wird das Konjugat hinzugegeben. Das Konjugat ist ein Antikörper, der markiert ist, z.B. mit einem Enzym. Wird der primäre Antikörper (= Antikörper, der/die gegen den Pilz hergestellt wurde/n) markiert, heißt der Test '**direkter ELISA**'. Wird ein sekundärer Antikörper (= Antikörper, mit dem der primäre Antikörper nachgewiesen werden kann) markiert, heißt er '**indirekter ELISA**'. Die enzymmarkierten Antikörper binden sich an den Antigen-Antikörper-Komplex. Nicht gebundenes Konjugat wird durch Waschen entfernt. Im vierten Schritt wird ein Substrat hinzugegeben. Das Enzym der markierten Antikörper katalysiert die Substratumsetzung, die anhand eines Farbumschlags sichtbar wird und kolorimetrisch bestimmt werden kann. Die Intensität der Farbe ist anhängig von der Menge des gebundenen Konjugats und damit proportional der Antigenmenge, die im Test vorhanden ist.

Der DAS-ELISA soll spezifischer aber gleichzeitig weniger empfindlich als der PTA/DCA-ELISA sein. Im PTA/DCA-ELISA kann es im ersten Schritt (Zugabe des Antigens) zu unspezifischen Bindungen kommen, wenn z.B. Inhaltsstoffe des zu untersuchenden Pflanzenmaterials mit den Pilzproteinen um die Bindungsstellen an der Mikrotiterplatte konkurrieren. Das bedeutet, daß man mit dem PTA/DCA-ELISA eher falsch positive Ergebnisse mit gesundem Pflan-

zenmaterial bekommt als mit dem DAS-ELISA. Andererseits gibt der PTA/DCA-ELISA schon mit geringeren Antigenkonzentrationen positive Ergebnisse als der DAS-ELISA.

Wie für die Untersuchungen phytopathogener Viren und Bakterien wird der ELISA auch für Pilzuntersuchungen in zahlreichen Modifikationen verwendet. Hierzu zählt auch die Zugabe von Chemikalien (blocking substances), wie z.B. Magermilchpulver oder Gelatine, um unerwünschte Hintergrundreaktionen zu reduzieren oder zu eliminieren.

Mit Hilfe des ELISA kann nicht nur der Pathogen nachgewiesen werden, das Testverfahren ermöglicht außerdem eine quantitative Auswertung. Für Untersuchungen von z.B. pflanzlichem Gewebe dürften quantitative Untersuchungen jedoch recht schwierig sein, da in der Regel nicht bekannt ist, welche pilzlichen Strukturen in welchem physiologischen Zustand zum Zeitpunkt der Untersuchungen im Gewebe vorhanden sind und wie diese mit den Antikörpern reagieren. Die Eichung der ELISA-Werte ist daher kaum möglich.

#### Untersuchungen zur Standardisierung des enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) und zur Schwellenwertbestimmung am Beispiel *Phytophthora fragariae* var. *fragariae*/Erdbeere

*P. fragariae* var. *fragariae* ist der Erreger der Roten Wurzelfäule bei Erdbeerpflanzen. Der Pilz befällt die Pflanze über die Spitzen junger Wurzeln während der Herbst- und Frühjahrsmonate, das heißt nur bei gemäßigten Temperaturen. Das typische Krankheitssymptom, die Rotverfärbung des Zentralzylinders, ist ebenfalls nur zu dieser Zeit sichtbar. Während der Sommermonate ist die Krankheit nicht nachweisbar. Bisher wird der Erreger überwiegend mit Hilfe des DUNCAN-Tests (Biotest mit *Fragaria vesca* als Köderpflanze) nachgewiesen. Dieses Testverfahren ist sehr empfindlich, dauert aber von der Anzucht der Köderpflanzen bis zur Auswertung ungefähr 2 1/2 Monate.

Die Untersuchungen, die zur Roten Wurzelfäule mit dem ELISA durchgeführt wurden, hatten folgende Ziele:

- Standardisierung auf eine möglichst hohe Empfindlichkeit und auf den Nachweis der latent vorhandenen Krankheit
- Festlegung eines Schwellenwertes zur eindeutigen Unterscheidung von gesundem und krankem Pflanzenmaterial. Für diese Untersuchungen wurden der Einfluß der Probenaufarbeitung, der Pflanzenentwicklung und Faktoren des praxisüblichen Kulturverfahrens bei Erdbeerpflanzen auf gesundes Wurzelmaterial geprüft.

Da die ersten Strukturen, die der Erreger in einer infizierten Erdbeerwurzel bildet, Hyphen sind, wurde ein polyklonales Serum gegen Myzel des Isolats L1 von *P. fragariae* var. *fragariae* herge-

stellt (WERRES, 1987). Für die Untersuchungen wurde der DAS-ELISA als direkter Test verwendet. Das Antiserum war gattungsspezifisch. Die beiden getesteten *Pythium*-Arten zeigten mit dem Serum keine Reaktion (WERRES 1987, 1988). Das Serum war nicht artspezifisch, jedoch reagierten andere *Phytophthora*-Arten signifikant schwächer mit dem Serum (WERRES 1987, 1988). Soweit bisher bekannt, schädigen unter natürlichen Bedingungen nur zwei *Phytophthora*-Arten die Erdbeerpflanzen: *P. fragariae* var. *fragariae* und *P. cactorum*. Das gleichzeitige Vorkommen beider Erreger in ein und derselben Pflanze gilt als unwahrscheinlich, ist aber nicht auszuschließen. Stark durch *P. cactorum* geschädigtes Rhizomgewebe reagierte im ELISA, aber nicht stärker, als Myzel desselben Erreger-Isolats (Abb. 1a, b, WERRES 1987, 1988) und deutlich geringer als das Myzel von *P. fragariae* var. *fragariae* L1. Unter natürlichen Bedingungen befällt *P. cactorum* bevorzugt die oberirdischen Pflanzenteile der Erdbeerpflanze: die Früchte

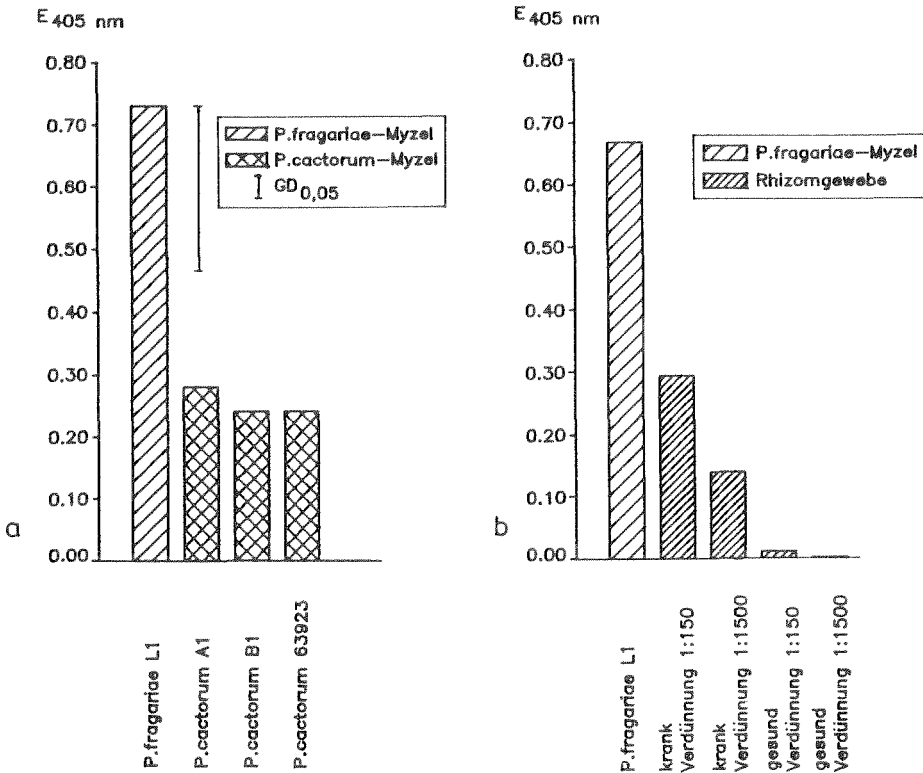


Abb. 1: Reaktion von *P. cactorum*-Myzel (a) und an Rhizomfäule erkranktem Rhizomgewebe (b) mit dem Antiserum gegen *P. fragariae* var. *fragariae* L1 im DAS-ELISA (Myzelverdünnung 1:20.000)

(Lederbeerenfäule) und das Rhizom (Rhizomfäule). Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, daß dieser Erreger auch die Wurzeln befallen kann (DUNCAN, 1990; LEDERER, 1990). Die Diagnose der Rhizomfäule ist frühzeitig und eindeutig anhand der Verbräunungen des Rhizomgewebes möglich. An Rhizomfäule erkrankte Pflanzen können daher sehr einfach vor der Untersuchung auf *P. fragariae* var. *fragariae* aussortiert werden.

Um eine möglichst hohe Testempfindlichkeit zu bekommen, wurde folgende Standardisierung gewählt: Gefriergetrocknetes Myzel des Isolats L1 mußte bei einer Verdünnung von 1:20.000 eine Stunde nach Substratzugabe eine Extinktion zwischen 0,6 und 0,8 ergeben. War dieser Standardwert erreicht, wurden die Extinktionen der Wurzelproben abgelesen. Die Wurzelproben makroskopisch gesunder Pflanzen wurden grundsätzlich 1:15 verdünnt. Diese Standardisierung erwies sich als ausreichend empfindlich, um die Krankheit vor dem Auftreten von Symptomen und sogar noch vor einem mikroskopisch sichtbaren Befall sicher nachzuweisen (Abb. 2, WERRES 1987, 1988). Das Wurzelmaterial wurde grundsätzlich gefriergetrocknet, um Fehler durch unterschiedliche Wassergehalte der Wurzelproben ausschließen zu können. Exakte Verdünnungen und vergleichende Untersuchungen waren nur so möglich.

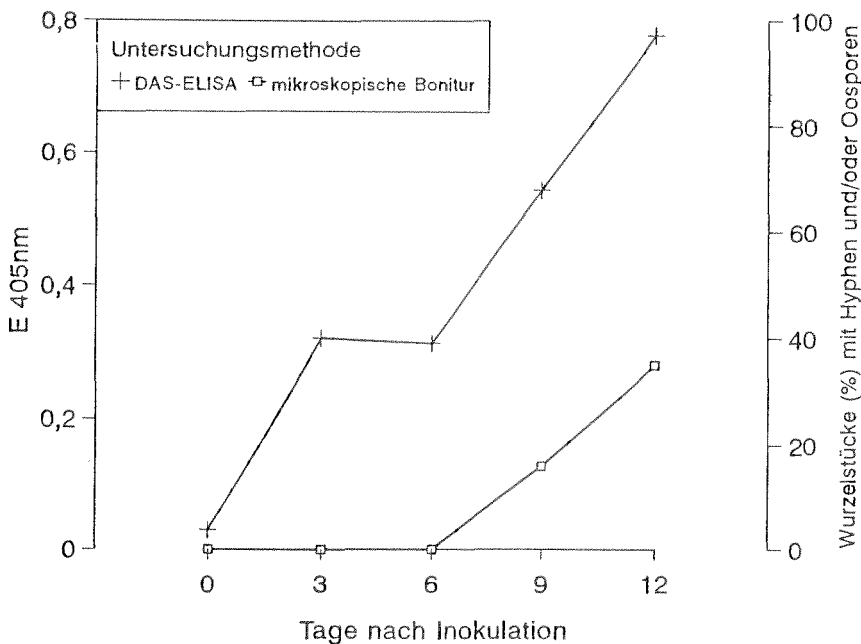


Abb. 2: Nachweis von *P. fragariae* var. *fragariae* in Wurzeln der Erdbeersorte Tenira mikroskopisch und mit dem DAS-ELISA  
(Versuch unter kontrollierten Bedingungen, Probenverdünnung für den ELISA 1:15, die Kontrollpflanzen wiesen keine Hyphen und Oosporen auf und blieben mit den Extinktionswerten im ELISA unter 0,1)

Bei den Untersuchungen von gesundem Wurzelmaterial fielen immer wieder die stark schwankenden Extinktionswerte auf. Versuche zur Frischwurzelauferarbeitung und Probenverarbeitung ergaben, daß die Verarbeitungsmethoden starken Einfluß auf die Hintergrundreaktionen im ELISA haben können. Die routinemäßige Aufarbeitung verlief wie folgt: Die aus dem Wurzelsystem herausgeschnittenen Wurzelstücke wurden eingefroren und später gefriergetrocknet. Die gefriergetrockneten Proben wurden gemörsert, mit Probenpuffer 1:15 verdünnt, durch ein Windeltuch gepreßt und abzentrifugiert. Der Überstand diente im ELISA als antigenes Material. Aus arbeitstechnischen Gründen wurden bei hohen Probenzahlen erst bei allen Proben die Wurzelstreifen herausgeschnitten und bei Zimmertemperatur oder auf Eis bis zum Einfrieren gelagert. Ebenfalls aus arbeitstechnischen Gründen wurden die gefriergetrockneten Proben bereits einen Tag vor dem Testansatz aufgearbeitet (gemörsert und mit Probenpuffer versetzt) und anschließend über Nacht im Kühlschrank bei +4°C gelagert. Dieses Verfahren wird in der Literatur für die optimale Aufarbeitung von Erdbeerpflanzen für Untersuchungen mit dem indirekten ELISA beschrieben (MOHAN, 1988). In Kombination mit einer Lagerung der Frischwurzeln bei Raumtemperatur führte diese Methode zu hohen Hintergrundwerten im direkten ELISA (Tab. 1a, unveröffentlichte Daten). Der Zusatz von Trockenmilchpulver reduzierte die Hintergrundreaktionen nicht (unveröffentlichte Daten). Nur wenn nach jedem Verarbeitungsschritt das schnellstmögliche Einfrieren oder der sofortige Ansatz des Testes folgte, blieben die Extinktionswerte der gesunden Proben immer unterhalb 0,1.

Erdbeerpflanzen werden überwiegend als Frigopflanzen verkauft. Für dieses Pflanzgut werden junge Erdbeerpflanzen im Sommer in ein Vermehrungsbeet pikiert, im Winter gerodet, bis auf das Herz aufgeputzt (entblättert) und bei -2°C gelagert. Die Pflanzen sind so beliebig zur Frühjahrspflanzung oder zur Sommerpflanzung im folgenden Jahr verfügbar. Die Pflanzen müssen sich vollständig in der Winterruhe befinden, damit sie die Kühlung gut überstehen können. Die Untersuchungen mit dem ELISA ergaben, daß der unterschiedliche physiologische Zustand gesunder Pflanzen keinen Einfluß auf die Extinktionswerte hat (Tab. 1b).

Ebenfalls keinen Einfluß auf die Extinktionswerte hat vermutlich die Erdbeersorte. Erste Untersuchungen mit gesunden Pflanzen verschiedener Sorten ergaben Extinktionswerte unter 0,1 (Tab. 1c).

Da bei der herkömmlichen Vermehrung von Erdbeerpflanzen immer die Gefahr einer Infektion durch *P. fragariae* var. *fragariae*, ausgehend von verseuchtem Boden in Vermehrungsbeeten besteht, werden vielfach die Jungpflanzen vorbeugend mit oomycetenspezifischen Fungiziden behandelt. Mit diesen Fungiziden behandelte gesunde Pflanzen wiesen keine höheren Extinktionen auf als die unbehandelten (Tab. 1d).

**Tab. 1: Einfluß verschiedener Faktoren auf die Extinktionswerte ( $E_{405\text{nm}}$ ) gesunder Erdbeerwurzeln im DAS-ELISA**  
(Probenverdünnung 1:15)

**a - Verarbeitungsmethoden für Wurzelproben**  
(Gewebekulturpflanzen 'Tenira', n= 15)

Kühlagerung des Homogenats *) (24 h bei +4°C)	Frischwurzelverarbeitung	
	w - z - e	w - z - 24h RT - e
<b>nein</b>	0,081	0,053
<b>ja</b>	0,102	0,167

w - waschen z - zerkleinern RT - Raumtemperatur e - einfrieren  
\*) gemörserte Wurzeln in Probenpuffer

**b - Pflanzenlagerung (Frigopflanzen)**  
(Gewebekulturpflanzen 'Tenira', n=49, Pflanzung: 01.08.91,  
Kühlagerung bei -2°C: 06.02.-22.04.92)

Probenahmetermin	$E_{405\text{nm}}$
29.10.91	0,079
06.02.92 (Rodetermin)	0,065
22.04.92 (Frühjahrs-pflanzung)	0,053

**c - Erdbeersorte**  
(Frigopflanzen)

Sorte	n	$E_{405\text{nm}}$
Apetitta	60	0,048
Elsanta	60	0,099
Elvira	60	0,096
Kent	50	0,022
Senga Sengana	50	0,053
Tenira	50	0,029

**d - oomycetenspezifische Fungizide**  
(Gewebekulturpflanzen 'Tenira', n=59  
Auswertung: 6 Wochen nach Fungizidapplikation  
Versuch unter kontrollierten Bedingungen)

Behandlung*)	$E_{405\text{nm}}$
Wasser	0,064
Alicette	0,030
Ridomil TK	0,025

\*) Mittelkonzentration:  
Alicette (Al-Fosetyl) 1,0%  
Ridomil TK (Metalaxyl+Mancozeb) 0,7%  
Wassermenge: 0,1 l/m<sup>2</sup>

Die aufgeführten Versuchsergebnisse zeigen, daß eher Faktoren des Testverfahrens, wie Probenaufarbeitung, weniger aber Kenngrößen der Pflanze (z.B. physiologischer Zustand, Sorte) und der Kulturverfahren (z.B. Pflanzenschutzmittelanwendung) einen Einfluß auf die Extinktionswerte im ELISA haben. Diese Aussage kann in keinem Fall verallgemeinert werden. Sie gilt so nur für das untersuchte Wirt/Erreger-Paar und nur in Kombination mit den verwendeten Materialien (z.B. Mikrotiterplatten) und Modifikationen des Testverfahrens. Die Versuche zeigen aber auch, daß eine Standardisierung des serologischen Testverfahrens und die Erarbeitung eines Schwellenwerts für eine bestimmte Wirt/Erreger-Kombination möglich sind. Für Untersuchungen von *P. fragariae* var. *fragariae* in Erdbeerwurzeln mit dem DAS-ELISA (direkter Test) eignen sich demnach als Kontrolle und zur Eichung des Testverfahrens gefriergetrocknetes Myzel des Isolats L1 und gesunde Wurzelproben von Erdbeerpflanzen. Der Schwellenwert, oberhalb dessen eine Wurzelprobe als 'krank' bezeichnet werden kann, könnte auf 0,1 festgelegt werden. Solange aber noch nicht alle Einflußfaktoren bekannt sind, könnte für diese Wirt/Erreger-Kombination eine sogenannte 'Grauzone' für Extinktionswerte festgelegt werden, die zwischen 0,1 und 0,2 liegt. Wurzelproben, die diese Werte aufweisen, können nicht eindeutig als gesund oder krank beurteilt werden.

### Zusammenfassung

Seit den 80er Jahren werden zunehmend serologische Methoden für die Untersuchungen von Pilzen erprobt. In einem Literaturteil werden bisherige Kenntnisse über serologische Grundlagen (wie z.B. antigene Determinanten und Antikörper) bei phytopathogenen Pilzen zusammengefaßt. Die Daten werden unter dem Gesichtspunkt einer praxisbezogenen Anwendung diskutiert. Der experimentelle Teil stellt Versuche zur Standardisierung des DAS-ELISA (direkter Test) und zur Ermittlung eines Schwellenwerts am Beispiel *Phytophthora fragariae* var. *fragariae*/Erdbeere vor.

### Literatur

- BALL, E., HAMPTON, R., De BOER, S. & SCHAAD, N. (1990): Polyclonal antibodies. In: Serological methods for detection and identification of viral and bacterial plant pathogens, 33-55. Eds R. Hampton, E. Ball and S. De Boer. APS Press, American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota USA.
- BENHAMOU, N. & OUELLETTE, G.B. (1985): Les anticorps monoclonaux, une technologie de pointe en phytopathologie. Monoclonal antibodies, an emerging tool in plant pathology. *Phytoprotection* 66(1), 5-15.
- BOONEKAMP, M. (1988): Monoclonal antibodies and immunological techniques to detect plant pathogens. In Proceedings of the first COST-88 workshop, 24-27. Eds P. M. Boonekamp. Wageningen, Netherlands, 24-27 November 1987. PUDOC Wageningen 1988.

- BROCK, T. D. & MADIGAN, M. T. (1988): Immunology and Immunity. In: Biology of Microorganisms, 428-473. Prentice Hall International Editions, 5th edition.
- CLARK, M. F. (1981): Immunosorbent assays in plant pathology. Annual Review of Phytopathology **19**, 83-106.
- CLARK, M. F. & ADAMS, A. N. (1977): Characteristics of the microplate method of Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for the detection of plant viruses. Journal of General Virology **34**, 475-83.
- CLARK, M. F., LISTER, R. M. & BAR-JOSEPH, M. (1988): ELISA Techniques. In: Methods for plant molecular biology, 507-530. Eds. A. Weissbach and H. Weissbach. Academic Press, New York.
- CONVERSE, R. & MARTIN, R. (1990): Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) - viruses. In: Serological methods for detection and identification of viral and bacterial plant pathogens, 179-197. Eds R. Hampton, E. Ball, S. De Boer. APS Press, American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota USA.
- DEWEY, F. M. (1988): Monoclonal antibodies and immunological techniques to detect plant pathogens. In: Proceedings of the first COST-88 workshop, 11. Eds P. M. Boonekamp. Wageningen, Netherlands, 24-27 November 1987. PUDOC Wageningen 1988.
- DEWEY, F. M. (1990): Use of surface molecules of fungi to raise species-specific monoclonal antibodies to plant invading fungi, and the development of rapid monoclonal antibody assays. In: Proceedings of the fourth COST-88 workshop, Invergowrie, Dundee, Scotland, 25-27 September 1990, 5-6.
- DROUHET, E. (1986): Overview of fungal antigens. In: Fungal antigens, isolation, purification, and detection, 3-38. Eds E. Drouhet, G. T. Cole, L. de Repentigny, J.-P. Latgé and B. Dupont. Plenum Press, New York and London.
- DUNCAN, J. M. (1980): A technique for detecting red stele (*Phytophthora fragariae*) infection of strawberry root before planting. Plant Disease **64**(11), 1023-1025.
- DUNCAN, J.M. (1990): *Phytophthora* species attacking strawberry and raspberry. EPPO Bulletin **20**, 107-115.
- GUGERLI, P. (1988): Antigen preparation. In: Monoclonal antibodies and immunological techniques to detect plant pathogens, 12. Eds P. M. Boonekamp. Proceedings of the first COST-88 workshop, Wageningen, Netherlands, 24-27 November 1987. PUDOC Wageningen 1988.
- HARDHAM, A. R., SUZAKI, E. & PERKIN, J. L. (1986): Monoclonal antibodies to isolate-, species-, and genus-specific components on the surface of zoospores and cysts of the fungus *Phytophthora cinnamomi*. Canadian Journal of Botany **64**(2), 311-321.
- JORDAN, R. (1990): Monoclonal antibodies. In: Serological methods for detection and identification of viral and bacterial plant pathogens, 55-77. Eds R. Hampton, E. Ball, S. De Boer. APS Press, American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota USA.
- KIESSIG, S. (1991): Enzymimmunoassays. BioTec **4**, 30-33.
- LEDERER W. (1990): Untersuchungen zur Prädisposition der Erdbeerpflanze für die Rhizomfäule (*Phytophthora cactorum* (Leb. et Cohn) Schroet.) und zum Antagonismus von *Trichoderma* Pers. gegenüber dem Erreger. Dissertation, Heidelberg.



- MILLER, S. A., RITTENBURG, J. H., PETERSEN, F. P. & GROTAUS, G. D. (1992): From the research bench to the market place: development of commercial diagnostic kits. In: Techniques for the Rapid Detection of Plant Pathogens, 208-229. Eds J.M. Duncan, L. Torrance. Blackwell Scientific Publications.
- MOHAN, S. B. (1988): Evaluation of antisera raised against *Phytophthora fragariae* for detecting the red core disease of strawberries by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). *Plant Pathology* **37**, 206-216.
- VESPER, E., DUNIN, M. S. & SPAAR, D. (1977): Untersuchungen über Anwendungsmöglichkeiten mykoserologischer Diagnosemethoden in der Phytopathologie; 3. Mitteilung, Über Beziehungen zwischen der Anzahl reagierender Epitope und der Spezifität der Reaktionen. *Zentralblatt für Bakteriologie II. Abteilung* **132**(8), 708-715.
- WERRES, S. (1987): Untersuchungen zur Rhizomfäule (*Phytophthora cactorum* (Leb. et Cohn) Schroet.) und zur Roten Wurzelfäule (*Phytophthora fragariae* Hickman) bei Erdbeerpflanzen und zum serologischen Nachweis von *Phytophthora fragariae*. Diss. Universität Hannover.
- WERRES, S. (1988): Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) as a method for detection of *Phytophthora fragariae* Hickman in strawberry roots. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **40**(10), 146-150.
- WERRES, S. (1990): Detection of *Phytophthora* spp. with ELISA. In: Proceedings of the fourth COST-88 workshop, 13-15. Invergowrie, Dundee, Scotland, 25-27 September 1990.

## TEIL 2: BEFALLSPRÄVENTION

J. Weritz und U. Brielmaier-Liebetanz, Braunschweig

### **Kultursysteme, Sortenwahl und Klimaführung als Instrumente zur Verminderung des Krankheitsrisikos bei Zierpflanzen**

Im Zierpflanzenbau ist eine Kultur nach den Grundsätzen des Integrierten Pflanzenschutzes nach wie vor problematisch. Da selbst ein geringer Befall mit Schädlingen und Krankheiten nicht toleriert wird, werden häufig routinemäßig und prophylaktisch Pflanzenschutzmittel angewendet.

Als wichtigste Elemente des Integrierten Pflanzenschutzes zur Verminderung des Gebrauchs chemischer Pflanzenschutzmittel im Unterglasanbau sind Kultursysteme, die Auswahl resistenter oder gering anfälliger Sorten und die Klimaführung zu nennen. Bis heute kann der Praktiker das Potential dieser Maßnahmen schlecht abschätzen und nutzen. So wird unter Betriebshygiene meist nur der möglichst wirksame Einsatz von Desinfektionsmitteln verstanden. Berichte über die Krankheitsanfälligkeit einzelner Sorten geben dem Praktiker bisher keine umfassende Auskunft über die Unterschiede innerhalb des aktuellen marktfähigen Sortiments. Ratschläge zur optimalen Klimaführung erschöpfen sich meist in einem globalen Hinweis auf eine trockene Kulturführung zur Vermeidung von Taubildung an den Pflanzen, um feuchteabhängige Erreger wie *Botrytis* zu unterdrücken.

Laufende Untersuchungen am Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau der BBA zeigen beispielhaft, welche Möglichkeiten die genannten Komponenten eines Integrierten Pflanzenschutzes dem Praktiker bieten.

#### Alternativen zur chemischen Bekämpfung von *Phytophthora citricola* an Azaleen

*Phytophthora citricola*, der Erreger des Triebsterbens an Azaleen, kann erhebliche Ausfälle in der Azaleenkultur verursachen. Ein Befall tritt vorwiegend an Pflanzen im Freiland auf oder später in der Treiberei. Die Eliminierung des Erregers von verseuchten Stellflächen ist schwierig. Die Oosporen sind relativ widerstandsfähig gegen Kälte, und der Erreger kann lange Zeit im Boden überdauern (KRÖBER, 1959). Als Bekämpfungsmaßnahme werden in Betrieben, in denen *P. citricola* nachgewiesen wurde, Azaleen vorbeugend mit Aluminiumfosetyl (Aliette) behandelt. Damit wurden bisher relativ gute Erfahrungen gemacht. Im Sinne eines Integrierten Pflanzenschutzes sollte man sich aber um Alternativen zur chemischen Bekämpfung bemühen.

Zwei Möglichkeiten zur Verhinderung eines Befalls von Azaleen mit *P. citricola* wurden experimentell überprüft:

- das Abdecken der Stellfläche, um einen Kontakt zwischen Erreger und Wirtspflanze und somit eine Infektion zu verhindern
- die Überprüfung eines Azaleensortiments auf seine Anfälligkeit für *P. citricola*, um durch Verwendung widerstandsfähiger Sorten auch verseuchte Stellflächen nutzen zu können

#### Abdecken der Stellfläche

Azaleen im zweiten Kulturjahr wurden praxisüblich Ende Mai im Freiland auf eine Fläche gestellt, die ein Jahr vor Versuchsbeginn mit *P. citricola* verseucht wurde. Die Hälfte der Fläche wurde mit einer Mypex-Matte abgedeckt. Zur Kontrolle wurden Azaleen auf einer nicht verseuchten Fläche mit und ohne Mypex-Matte aufgestellt. Jede Variante umfaßte 40 Pflanzen. Ende September wurden die Pflanzen ins Gewächshaus eingeräumt und relativ warm kultiviert (Heizen/Lüften 20/23°C). In regelmäßigen Abständen wurde sowohl im Freiland als auch nach dem Einräumen auf Krankheitssymptome bonitiert. Der Versuch wurde dreimal durchgeführt.

Von den praxisüblich eingesetzten Pflanzen erkrankten je nach Versuchsjahr 30 bis 95%. Tab.1 gibt die Ergebnisse eines Versuchsjahrs wieder. Wenige Tage vor dem Einräumen ins Gewächshaus zeigte die erste Pflanze Krankheitssymptome. Das Auftreten von Symptomen an weiteren Pflanzen im Gewächshaus erstreckte sich über mehrere Wochen. Zu Versuchsende, Anfang März, waren 15 von 40 der ursprünglich im Freiland eingesetzten Pflanzen deutlich krank. Dagegen erkrankte auf der Mypex-Matte keine einzige Pflanze durch *P. citricola*. Dies wurde durch Auslegen von Triebstücken auf Nährmedium bestätigt.

Tab.1: Einfluß einer Stellflächenabdeckung auf das Auftreten von *P. citricola* an Azaleen

Datum	Anzahl kranker Pflanzen	
	ohne Matte	mit Matte
17.09.91	1	0
22.10.91	6	0
19.11.91	9	0
20.01.92	11	0
03.02.92	14	0
03.03.92	15	0

n = 40

### Sortenanfälligkeit

Aus der Praxis liegen Beobachtungen vor, daß einige Azaleensorten besonders häufig an *P. citricola* erkranken, wogegen andere Sorten widerstandsfähig scheinen. In mehreren Versuchsansätzen mit Pflanzen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien wurde eine Auswahl von Azaleensorten auf ihre Anfälligkeit für *P. citricola* überprüft.

Zur gezielten Infektion der Azaleen mit *P. citricola* wurden pilzbewachsene Agarstückchen auf frisch gestutzte Triebe aufgelegt oder abgetrennte Azaleenblätter in pilzkontaminiertes Substrat gesteckt (Blattest). Die Auswertung erfolgte durch Bonitur des Ausmasses auftretender Trieb-läsionen bzw. von Blattverbräunungen.

Tab.2: Anfälligkeit von Azaleensorten für *P. citricola*

Sorte	Verbräunte Blattfläche (%)			
	Versuch	1	2	3
Flamenco		16,8	14,8	19,5
F. Scherrer		29,7	30,8	44,1
Gloria		1,0	0,4	1,2
H. Vogel		22,4	12,2	19,4
Katrin		-	4,1	13,8
Knut Erwen		18,3	9,6	21,9
Rosali		-	2,8	15,6
Stella Maris		8,7	2,9	16,3
Tamira		50,1	39,9	32,0
White Water		2,1	0,6	4,8

Tab.2 zeigt die Ergebnisse von Tests an abgetrennten Blättern 5 Tage nach Inokulation. Die Verbräunung der Blattfläche wurde mit Hilfe eines Bildanalyse-systems erfaßt. Sorten, deren Blattfläche im Mittel weniger als 5% verbräunt war, wurden als nicht anfällig eingestuft, alle anderen als anfällig. Eine weitere Abstufung innerhalb der Anfälligkeit ist schwierig, da die Reaktion der anfälligen Sorten gewissen Schwankungen unterworfen war. Zwei der zehn geprüften Sorten erwiesen sich danach in allen drei Versuchen als nicht anfällig: 'White Water' und 'Gloria'. Sie eignen sich somit für weitere Tests gut als Referenzsorten für Widerstandsfähigkeit. Als geeignete Referenzsorten für Anfälligkeit sind nach diesen Versuchen besonders 'Tamira' und 'Friedhelm Scherrer' mit einer Verbräunung der Blattfläche von mindestens 30% anzusehen.

Ein Folgeversuch mit zehn weiteren Sorten läßt erkennen, daß das gegenwärtige Azaleensortiment eine ganze Reihe widerstandsfähiger Sorten enthält.

Alternativen zur chemischen Bekämpfung von *Oidium begoniae* an Elatior-Begonien durch Sortenwahl

Die häufigste Blatterkrankung bei Elatior-Begonien ist der Echte Mehltau. Der Erreger wird in der Praxis mit regelmäßigen Fungizidanwendungen bekämpft (STRIDER, 1974). Neben den Möglichkeiten, die eine gezielte Assimilationsbelichtung bietet (Weritz et al., in diesem Heft) kann durch die Sortenwahl das Auftreten des Echten Mehltaus erheblich vermindert werden. Bisher sind sortenabhängige Befallsunterschiede vereinzelt beobachtet worden (KREBS, 1988).

Für die Untersuchungen wurden 27 repräsentativ ausgewählte Sorten aus 10 verschiedenen Sortengruppen (Tab.3) als bewurzelte Stecklinge bezogen, über Kopfstecklinge zwischenvermehrt und unter Praxisbedingungen im Gewächshaus kultiviert. Die Heiztemperatur betrug 17 ° C. Gelüftet wurde ab 24 ° C. Während der Anzucht wurde der Echte Mehltau einmal mit Nimrod (Bupirimat) 0,075 % bekämpft.

Tab. 3: Untersuchte Sorten von Begonia-Elatior-Hybriden

Nr.	Sortenbezeichnung	Sortengruppe	Blütenfarbe
1	Kolita	Toran-Gruppe	orangerot
2	Heidi	Heidi-Gruppe	dunkelrot
3	Korianne	Toran-Gruppe	dunkelgelb
4	Robella	Gnom-Gruppe	tiefrot
5	Rondo	Gnom-Gruppe	dunkelrot
6	Gnomina	Gnom-Gruppe	hellpurpurrot
7	Schwabenland Rot	Schwabenland-Gruppe	rot
8	Radiant	Aphrodite-Gruppe	karmim
9	Aphrodite Rosa	Aphrodite-Gruppe	rosa
10	Tacora	Tacora-Gruppe	gelb
11	Rosade	-	hellpurpurrot
12	Rosanna	Rosalie-Gruppe	dunkelorangerosa
13	Rosalie	Rosalie-Gruppe	hellkarmin
14	Sandra	Rosalie-Gruppe	hellorangerot
15	Orania	Rosalie-Gruppe	orangerosa
16	Karita	Kaskade-Gruppe	pastellrosa
17	Anne	Ilona-Gruppe	weiß
18	Nelly	Ilona-Gruppe	hellkarmin
19	Clara	Ilona-Gruppe	weiß
20	Nette	Ilona-Gruppe	pastellrosa
21	Annabel	Ilona-Gruppe	gelborange
22	Netja	Ilona-Gruppe	hellrotrosa
23	Margret	Barbara-Gruppe	dunkelkarmin
24	Christine	Barbara-Gruppe	pastellrosa
25	Constanze	Barbara-Gruppe	pink
26	Annet	Barbara-Gruppe	pastellrosa
27	Ann	Barbara-Gruppe	pastellrosa

Je Sorte wurde 15 Pflanzen 3 und 6 Wochen nach Versuchsbeginn bonitiert. Dabei wurde die prozentual befallene Blattfläche geschätzt. Die Mehltauanfälligkeit der Sorten wurde in zwei Versuchsansätzen (29. bis 35. Woche und 37. bis 43. Woche) unter natürlichem Infektionsdruck geprüft.

Für einen Blatttest in Doppelpetrischalen (QUINN & POWELL, 1982) wurden Blätter des 3. Nodiums verwendet und in einem Inokulationsturm mit einer ausgezählten Anzahl an Sporen eines definierten Alters inokuliert.

Bereits nach 3 Wochen waren auffällige Befallsunterschiede festzustellen. Nach 6 Wochen verdeutlichten sich die ausgeprägten Unterschiede in der Mehltauanfälligkeit. Abbildung 1 zeigt die gemittelten Boniturwerte von den beiden im Ergebnis vergleichbaren Versuchsdurchgängen. Generell zeigte sich, daß alle Sorten innerhalb einer Sortengruppe durch einen einheitlichen Anfälligkeitsgrad charakterisierbar sind. So waren alle Sorten der Barbara-Gruppe vollständig immun und sämtliche Sorten der Ilona-Gruppe und der Rosalie-Gruppe sehr gering anfällig. Somit wiesen über die Hälfte der geprüften Sorten eine sehr geringe oder keine Anfälligkeit gegenüber dem Echten Mehltau auf. Die Sorten der Aphrodite-Gruppe sowie die wichtigen Sorten Rosade und Tacora müssen mit einem Mehлтаubedeckungsgrad zwischen 5 und 10 % als mittelstark anfällig eingestuft werden. Eine hohe bis sehr hohe Anfälligkeit wiesen die Sorten der Gnom- und Toran-Gruppe sowie die Sorte Heidi auf.

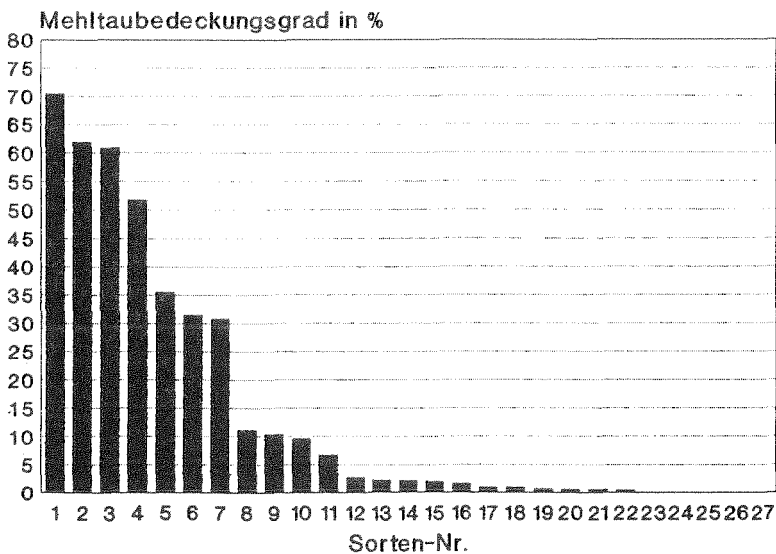


Abb. 1: Boniturwerte des Mehлтаubefalls zu Versuchsende

Weitere Untersuchungen belegen, daß eine Prüfung der Mehltauanfälligkeit auch mit abgeschnittenen Begonienblättern in Doppelpetrischalen sehr sichere Aussagen ermöglichen. Die Infektionseffizienz und die Sporulation wurden bei gering anfälligen Sorten eindeutig reduziert (Abb. 2).

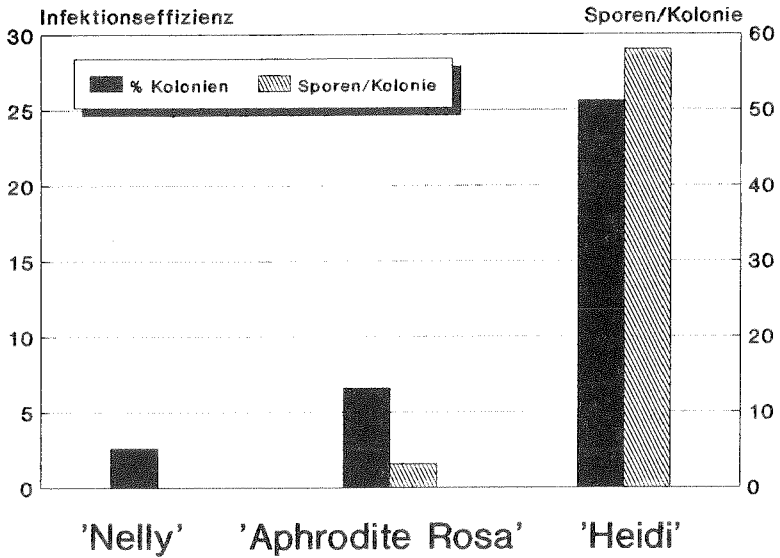


Abb.2: Einfluß der Elatior-Begoniensorten Heidi, Aphrodite Rosa und Nelly auf die Infektionseffizienz und Sporulation des Echten Begonienmehltaus (*O. begoniae*)

Bedeutung der Meßtechnik für eine geeignete Klimaführung zur Unterdrückung von Krankheitserregern

In den meisten Empfehlungen zum Thema Pflanzengesundheit und Temperatursteuerung im Gewächshaus wird der Praktiker auf die Bedeutung von Temperatur, Luftfeuchte und die Gefahr der Taubildung hingewiesen. Mit der Abbildung einer Taupunkt-Tabelle wird demonstriert, daß in bestimmten Fällen bereits eine geringfügige Absenkung der Lufttemperatur zur Taubildung an den Pflanzen und somit zu einem verstärkten Auftreten von pilzlichen oder bakteriellen Pflanzenkrankheiten führen kann. Dabei werden die oft sehr unterschiedlichen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse zwischen den Meßstellen im Gewächshaus und denen im Pflanzenbestand für die praktische Temperatursteuerung kaum in Betracht gezogen.

In einer Bodenkultur mit Fuchsien wurde die Bedeutung der Fühlerposition zur Beurteilung der Taupunktgefahr an den Pflanzen untersucht. Dazu wurden 4 Psychrometer in 15 cm, 50 cm, 100 cm und in 150 cm über den Boden zur Messung der Relativen Luftfeuchte und Temperatur installiert. Dabei traten nachts bei Strahlungswetterlagen trotz Konvektorheizung ausgeprägte Temperaturgradienten mit einer Differenz von bis zu 5°C zwischen dem Fühler in 1,5 m Höhe und dem Fühler in Höhe eines nicht geschlossenen Fuchsienbestandes auf (Abb.3).

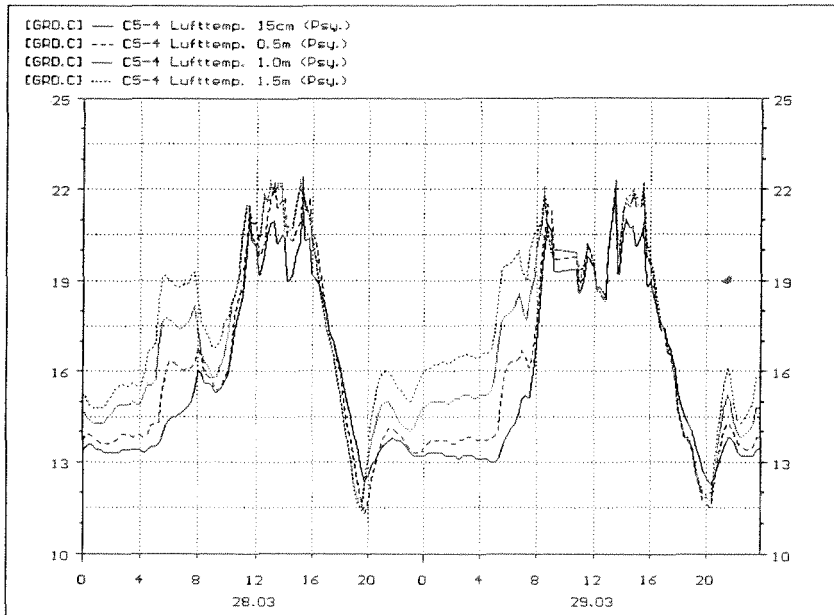


Abb.3: Temperaturgradienten in und über einer Fuchsien-Bodenkultur

Daß sich aus einer real zu niedrigen Temperaturführung nicht nur erhebliche Kulturzeitverlängerungen ergeben können, sondern auch wesentlich feuchtere Bedingungen im Bestand einstellen und damit ein größeres Krankheitsrisiko eintreten kann, wird aus Abb.4 ersichtlich.

Neben der Fühlerposition ist auch die Technik der Meßinstrumente zur Erfassung exakter Klimadaten von entscheidender Bedeutung. In Abb.5 wird die Abweichung von einem doppelwandig strahlungsgeschütztem Thermometer gegenüber einem strahlungsgeschützten und ventilerten Thermometer (Psychrometer) in Abhängigkeit von der Einstrahlung demonstriert. Die Abweichungen von bis zu 6°C eines nur strahlungsgeschütztem Thermometers von der realen Lufttemperatur bereits im zeitigen Frühjahr zeigen das Gefahrenpotential einer unzureichenden Meßtechnik für den Kulturerfolg.



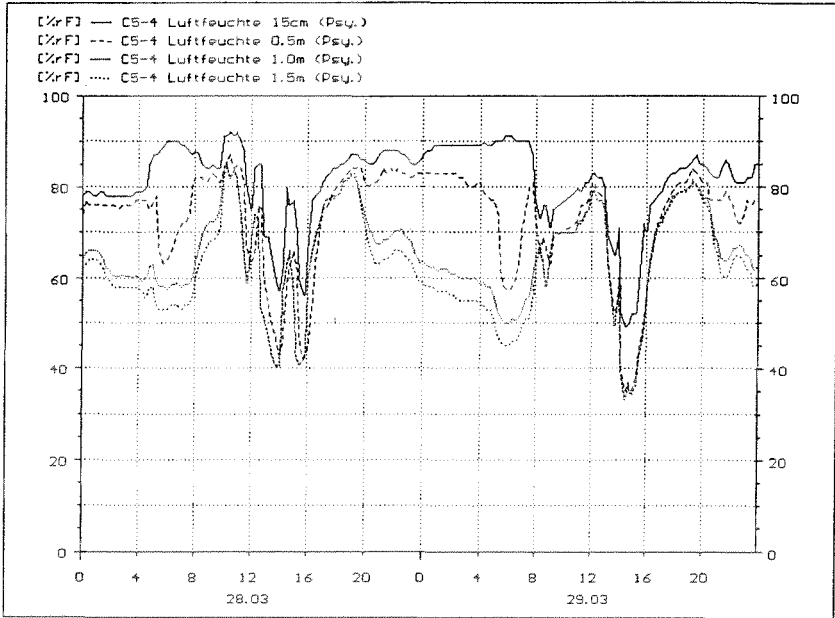


Abb.4: Gradienten der Relativen Luftfeuchte in und über einer Fuchsien-Bodenkultur

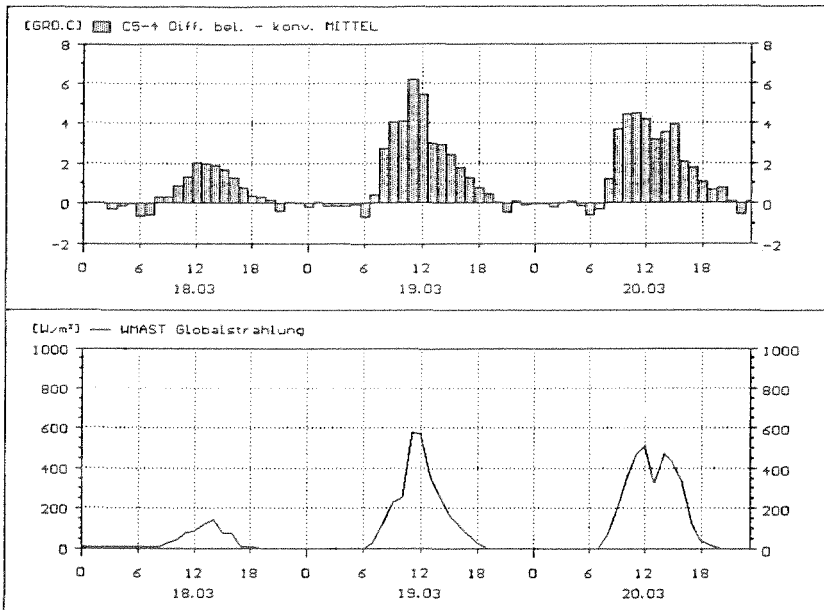


Abb.5: Einfluß der Globalstrahlung auf die gemessene Temperaturdifferenz zwischen einem doppelwandig strahlungsgeschützten Thermometer und einem doppelwandig strahlungsgeschützten und ventilierten Thermometer in 1 m Höhe im Gewächshaus.

## Diskussion

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen, daß es auch bei Zierpflanzen praktikable Möglichkeiten für einen integrierten Pflanzenschutz gibt. Durch Abdecken der Stellfläche mit einer Mypex-Matte ließ sich ein *Phytophthora*-Befall an Azaleen eindeutig unterdrücken. Dabei bleibt offen, ob dieses Ergebnis allein auf die Matte zurückzuführen ist, die als mechanische Barriere zwischen Wirt und Parasit fungiert und somit verhindert, daß kontaminierte Bodenpartikel über Spritzwasser an die oberirdischen Pflanzenteile gelangen. KUSKE (1983) führt eine Befallsmin- derung an Rhododendron auf Stellflächen, die mit Kies abgedeckt sind, auf diesen Effekt zurück. Möglicherweise ist das Ergebnis aber auch der Tatsache zuzuschreiben, daß Pflanzen auf einer Mypex-Matte zwangsläufig nicht mit den Töpfen in den Boden eingesenkt sind und deswegen der Abstand zwischen Infektionsquelle (Boden) und Infektionsort (Triebspitzen der Azaleen) größer als praxisüblich ist. Das Neuauftreten kranker Pflanzen erstreckte sich über mehrere Wochen, was ein Hinweis darauf ist, daß die Pflanzen lange Zeit latent befallen sein können. Eine Neuin- fektion im Gewächshaus ist im vorliegenden Fall wenig wahrscheinlich, da die Pflanzen nach dem Einräumen sehr vorsichtig bewässert wurden.

Neben speziellen Anbausystemen kann in den genannten Kulturen auch der Anbau widerstands- fähiger Sorten konkret als Alternative zur chemischen Bekämpfung ins Auge gefaßt werden. Sowohl in einem Azaleen- als auch Begoniensortiment wurden eine ganze Reihe von Sorten mit hoher Widerstandsfähigkeit gegen *P. citricola* bzw. *O. begoniae* ermittelt. Während beim Echten Mehltau an Begonien hochanfällige Sorten in allen Versuchen stark befallen werden, gibt es mit *P. citricola* an anfälligen Azaleensorten größere Schwankungen im Ergebnis. Dies gilt insbe- sondere für Tests mit intakten Pflanzen. Der Grund für die Schwankungen bei Azaleen ist ver- mutlich darin zu sehen, daß es sich nicht um eine krautige Pflanze sondern um ein Gehölz han- delt. Schon eine geringe Unausgewogenheit der Nährstoffe kann zu beschleunigter Verholzung der Triebe führen. In verholzten Trieben kommt eine Ausbreitung von *P. citricola* in der Regel zum Stillstand (KRÖBER, 1959). Bei Azaleen scheint ein Blatttest als Methode für eine Resi- stenzprüfung gut geeignet. Ähnliche Beobachtungen wurden bei Begonien gemacht, wo erste Ver- suche mit abgetrennten Blättern darauf hindeuten, daß das Ergebnis mit dem an der intakten Pflanze übereinstimmt.

Mit standardisierten Prüfverfahren könnten routinemäßig Resistenztests in das Züchtungspro- gramm einbezogen werden, so wie dies bei Nelken schon seit Jahren üblich ist. Für Azaleen sind erste Ansätze dazu in den Niederlanden zu erkennen (HEURSEL, 1991).

Die herausragende Bedeutung des Gewächshausklimas für das Auftreten von Pflanzenkrankheiten ist bei vielen Wirt-/Parasitsystemen bereits gut untersucht (KREBS, 1991). Für die Entwicklung und die Nutzung eines Klimamanagements zur Befallsmin- derung und Befallsprognose (WERITZ, 1992) ist die Berücksichtigung der Zusammenhänge zwischen Gewächshaus- und Bestandesklima und damit die Messung der realen und die für das Pathosystem relevanten Klimabedingungen an

den Pflanzen unabdingbar. Die vorgestellten Untersuchungen belegen, daß je nach Kultursystem und Sensortechnik große Unterschiede zwischen den gemessenen und den phytopathologisch relevanten Klimadaten bestehen können und durch zukünftige klimatechnische Untersuchungen weitergehende Zusammenhänge aufgeklärt werden müssen.

### Zusammenfassung

Verschiedene Untersuchungen zeigen, welche Möglichkeiten des Integrierten Pflanzenschutzes sich im Zierpflanzenbau bieten.

Durch Abdecken der Stellfläche mit einer Mypex-Matte kann ein Befall von Azaleen mit *Phytophthora citricola* verhindert werden. Als weitere integrierte Maßnahme zur Bekämpfung von *P. citricola* kommt die Verwendung widerstandsfähiger Sorten in Frage. Bei Prüfung eines Sortiments sowohl an intakten Pflanzen als auch mit abgetrennten Blättern ließen sich mehrere nicht anfällige Sorten ermitteln.

Auch bei Elatior-Begonien wurden große Unterschiede in der Sortenanfälligkeit für *Oidium begoniae* festgestellt. Über die Hälfte der geprüften Sorten waren vollständig immun oder nur sehr gering anfällig. Ein Blatttest ermöglicht eine rationelle Prüfung der Sortenanfälligkeit.

Abschließend wird auf die Gefahren einer unsachgemäßen Klimameßtechnik in Hinblick auf die Vermeidung von Pflanzenkrankheiten im Gewächshaus hingewiesen.

### Literatur

HEURSEL, J. (1991): Evergreen azalea. Ministry of Agriculture, Research Centre Ghent, Belgium, Activity Report 1990-1991, 47-48.

KREBS, E.-K. (1988): Mehltau und Elatior-Begonien. GbGw Gartenbörse Gartenwelt **88**, 1982-1984

KREBS, E.-K. (1991): Krankheiten und Schädlinge durch Temperatur begrenzen. GbGw Gartenbörse Gartenwelt **91**, 1942-1944.

KRÖBER, H. (1959): *Phytophthora cactorum* (Leb. et Cohn) Schroel. var. *applanata* als Erreger einer Zweigkrankheit an Rhododendron. Phytopath. Z. **36**, 381-393.

KUSKE, C. R. (1983): A gravel container base for control of *Phytophthora* dieback in Rhododendron nurseries. Plant Disease **67**, 1112-1113.

QUINN, J. A., POWELL, C. C. (1982): Effect of temperature, humidity and light on powdery mildew (*Oidium begoniae*) of begonia. Phytopathology. **72**, 480-484.

STRIDER, D. L. (1974): Resistance of Rieger elatior begonias to powdery mildew and efficacy of fungicides for control of the disease. Plant Disease Reporter **58**, 875-878.

WERITZ, J. (1992): Pflanzenschutz mit dem Klimacomputer. GbGw Gartenbörse Gartenwelt **92**, 2041-2044.

J. Weritz, C. Boyle\* und M. Waldhelm\*, Braunschweig

### **Minderung des Befalls von Elatior-Begonien durch *Oidium begoniae* mit gezielter Assimilationsbelichtung**

Assimilationsbelichtung ist im Zierpflanzenbau eine notwendige Kulturmaßnahme, um in den lichtarmen Jahreszeiten Elatior-Begonien mit guten Verkaufsqualitäten zu produzieren (BIERMANN, 1992). Da die Sporulation des Echten Begonienmehltaus vom Tageslichtrhythmus abhängt (QUINN & POWELL, 1982), wurde geprüft, welche Einflußmöglichkeiten der Praktiker durch Assimilationslichtgaben hat, um den Krankheitsverlauf zu beeinflussen. Hierbei war die tageszeitliche Aufteilung der notwendigen Lichtmenge auf den Krankheitsverlauf und der generelle Einfluß einer Assimilationszusatzbelichtung auf die Prädisposition des Blattes von besonderem Interesse (TER HELL, 1990).

#### Kulturbedingungen und Auswertung

Als Versuchspflanze wurden über Kopfstecklinge vermehrte Elatior-Begonienpflanzen (cv. Aphrodite Rosa) eingesetzt.

Versuchsvariante I: Drei Wochen alte Pflanzen wurden mit Assimilationslicht (5000 - 6000 Lux von 3 Uhr - 9 Uhr) angezogen und danach in vier getrennten Gewächshauskabinen mit einheitlichen, offenen Inokulumquellen kultiviert (Lüftungstemperatur: 23°C, Heiztemperatur: 21°C). Die Versuchstermine lagen im Winter vom 25.01.-24.02. und vom 25.02. bis 01.04. Als Assimilationslichtquelle dienten in allen Versuchen Na-Hochdruckdampf lampen (Philips SON-T 400 Agro). Neben der unbehandelten Kontrolle (a) kamen folgende veränderte Assimilationslichtgaben von 32 kluxh zum Einsatz:

b: 16 Uhr - 00 Uhr (Tagverlängerung)

c: 08 Uhr - 16 Uhr (Zusatzlicht)

d: 20 Uhr - 04 Uhr (Nachtunterbrechung)

Der Mehлтаubefall wurde anhand von Schätzungen des prozentualen Blattbedeckungsgrades ermittelt.

Versuchsvariante II: Während drei Wochen wurden Pflanzen mit und ohne Assimilationslicht (5000 - 6000 Lux von 3 Uhr - 9 Uhr) angezogen. Abgeschnittene Blätter, die ein mit intakten

\* Institut für Mikrobiologie der Technischen Universität Braunschweig

Pflanzen vergleichbares Infektionsbild lieferten (WERITZ & BRIELMAIER-LIEBETANZ, in diesem Heft), wurden an sechs Stellen punktinokuliert und danach ohne Assimilationsbelichtung weiterkultiviert (Lüftungstemperatur: 23°C, Heiztemperatur: 21°C). Die Punktinokulation erfolgte mit ausgezogenen Glaspipetten. Die Kolonienentwicklung wurde mittels einer Schiebellehre vermessen, die Sporulation täglich mit einem Sporensammler erfaßt.

Versuchsvariante III: Die Anzucht ganzer Pflanzen erfolgte wie unter (I) beschrieben, wobei eine Tagverlängerung sowie die Nachtunterbrechung in Klimakammern simuliert wurden. Abgeschnittene Blätter des dritten Nodiums wurden nach Punktinokulation während der Inkubation in geschlossenen Versuchsgefäßen aufbewahrt. Die Auswertung erfolgte wie unter (II) beschrieben, wobei die Kolonienentwicklung mikroskopisch erfaßt wurde.

### Ergebnisse

Versuchsvariante I: Bei gleichem Infektionsdruck wirkte sich eine Assimilationslichtgabe als Tagverlängerung fördernd auf den Mehltaubefall der Blätter aus (Abb. 1). In den beiden Versuchsdurchläufen unterschieden sich die Wirkungen auf die Pathogenentwicklung nur graduell.

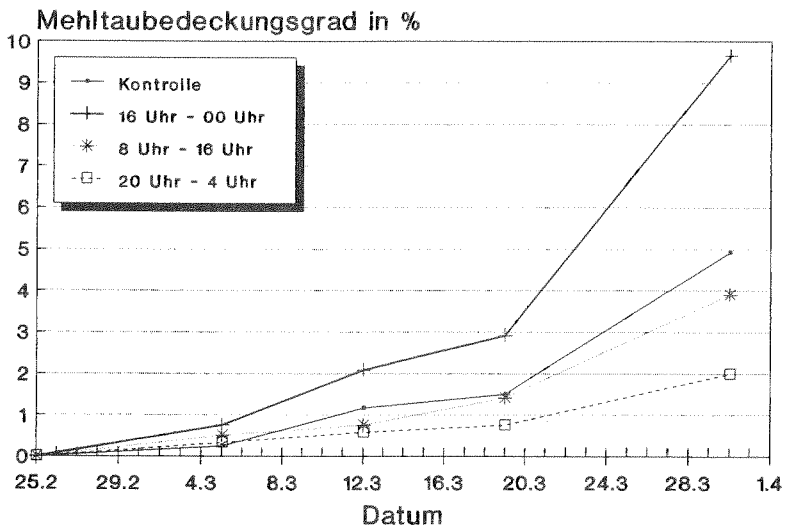


Abb. 1: Einfluß einer unterschiedlich terminierten Assimilationsbelichtung auf das Auftreten des Echten Mehltaus an Elatior-Begonien (cv. Aphrodite Rosa)

Im Vergleich zu Pflanzen ohne Assimilationslichtgabe wurde die Mehltauentwicklung durch Zusatzlicht (Belichtung während des Tages) und durch Nachtunterbrechung negativ beeinflusst und lag um 60 - 80 % unter der in der Variante Tagverlängerung.

Versuchsvariante II: Um die Wirkung einer Assimilationsbelichtung auf die Anfälligkeit des Begonienblattes zu erfassen, wurden Parallelanzuchten durchgeführt. Hierbei erfolgte keine Zusatzbelichtung der punktinokulierten Blätter. Durch Assimilationsbelichtung während der Anzucht der Pflanzen wurden die Sporulation und die Kolonienentwicklung in der anschließenden Inkubationszeit deutlich reduziert (Abb. 2). Es kam zu einer über 50%igen Verringerung des Kolonienwachstums, die Sporulation pro Kolonie wurde in Abhängigkeit vom Koloniealter zwischen 25 und 90% verringert.

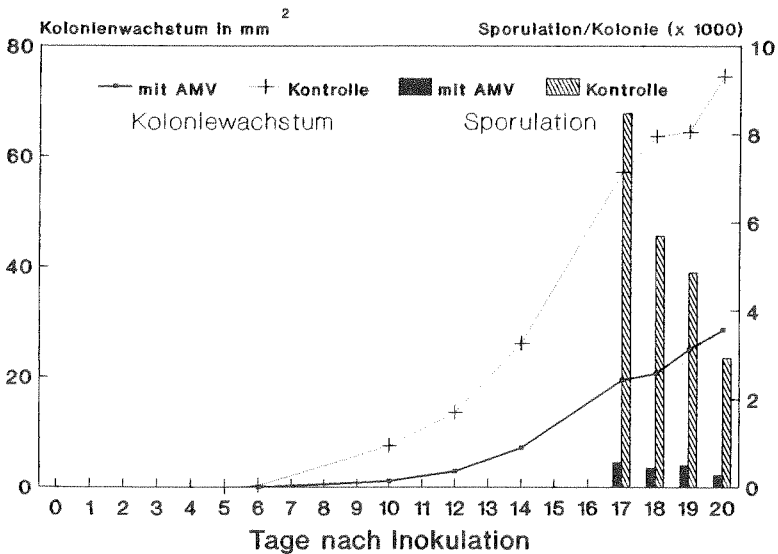


Abb. 2: Wirkung einer Assimilationslichtvorbehandlung (AMV) auf das Koloniewachstum und die Sporulation des Echten Begonienmehltaus an abgeschnittenen Blättern der Elatior-Begoniensorte 'Aphrodite Rosa'

Versuchsvariante III: Um Einflüsse unterschiedlicher Licht- und Witterungseinflüsse auszuschließen, wurden die Varianten Tagverlängerung und Nachtunterbrechung aus Versuchsvariante I in Klimakammern an abgeschnittenen Blättern simuliert. Die Punktinokulation sollte auch hier ermöglichen, eine aus einer Konidie sich entwickelnde Kolonie zu bewerten. Im Gegensatz zu Versuchsvariante I bestand kein dauernder Infektionsdruck. Unter simulierter Tagverlängerung wurde im Vergleich zur Nachtunterbrechung höhere Sporulationsraten und stärkeres Kolonienwachstum gemessen (Abb. 3). Besonders auffallend war die deutliche Minderung der Sporulation pro Kolonie (55-95%). Der durchschnittliche Koloniedurchmesser wurde um 10-35% verringert.

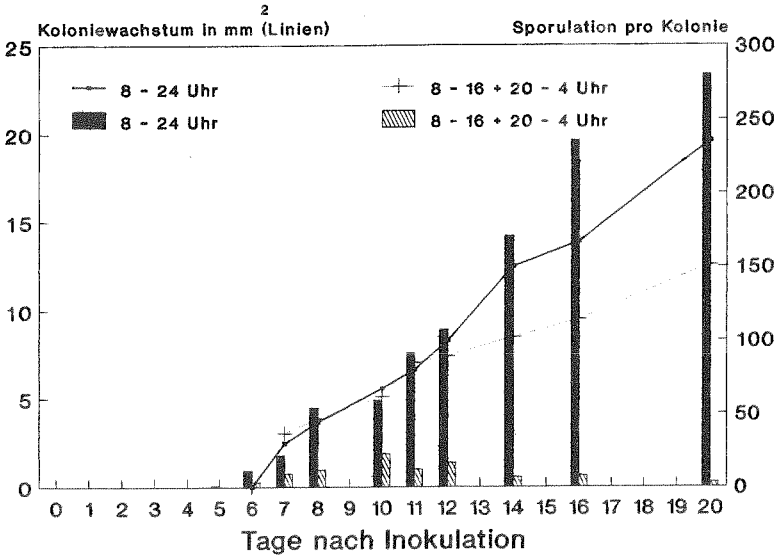


Abb. 3: Wirkung einer simulierten Tagverlängerung und Nachtunterbrechung durch Assimilationsbelichtung auf das Koloniewachstum und die Sporulation des Echten Begonienmehltaus bei abgeschnittenen Blättern der Elatior-Begoniensorte 'Aphrodite Rosa'

### Diskussion

Die für die pflanzliche Entwicklung besonders in den Wintermonaten erforderliche Assimilationsbelichtung hat deutlich meßbare Einflüsse auf die Entwicklung des Echten Mehltaus. Dies konnte sowohl für ganze Pflanzen als auch für abgeschnittene Blätter nachgewiesen werden. Für den Praktiker ist dabei von Bedeutung, daß es sowohl fördernde als auch hemmende Einflüsse auf *Oidium begoniae* gibt. Aufgrund der hier vorgestellten Untersuchungen muß davon ausgegangen werden, daß die ökonomisch günstigere Nachtunterbrechung die Pathogenentwicklung deutlich hemmt, wobei sie sich zudem nicht negativ auf die pflanzliche Entwicklung auswirkt (LVG, 1988). Tagverlängerungen, ein aus ökonomischer Sicht ebenfalls günstiges Verfahren, förderten jedoch die Mehltautentwicklung, besonders den generellen Bedeckungsgrad. Die Klimakammerversuche zeigten, daß insbesondere die Sporulation aber auch das Koloniewachstum durch eine Assimilationsbelichtung als Nachtunterbrechung gehemmt werden.

Inwieweit durch nächtliche Störlichtgaben während der besonders mehltiareichen Sommerszeit ebenfalls Verminderungen der Pathogenentwicklung erreicht werden können, bzw. ob andere

Lichtregime bessere Resultate erzielen, muß in weiteren Versuchsreihen auch unter praxisnahen Bedingungen geklärt werden.

### Zusammenfassung

Die Wirkung einer Assimilationsbelichtung auf die Prädisposition von Elatior-Begonien (*Begonia x hiemalis*) gegenüber dem Echten Mehltau (*Oidium begoniae*) zeigte sich bei Pflanzen, welche unter Assimilationslicht angezogen wurden. Sie wiesen dabei generell eine verringerte Mehltauanfälligkeit im Vergleich zu unbelichteten Pflanzen auf. Zusätzlich konnte die Ausbreitung des Mehltaus durch eine Zusatzbelichtung von 8 Stunden während des Winters dann erheblich vermindert werden, wenn sie als Nachtunterbrechung von 20 Uhr bis 4 Uhr gegeben wurde. Eine Tagverlängerung von 16 Uhr bis 24 Uhr förderte dagegen den Mehltaubefall im Vergleich zu einem unbelichteten Bestand und zur Nachtunterbrechung deutlich. Bei simulierter Assimilationslichtgabe als Nachtunterbrechung wird die Sporenbildung und das Kolonienwachstum des Pilzes gehemmt.

### Literatur

BIERMANN, W. (1992): Elatior-Begonien im Test. GbGw Gärtnerbörse Gartenwelt **92**, 1141-1146.

LVG - Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau, Hannover-Ahlem (1988):  
Versuchsberichte Zierpflanzenbau. Landwirtschaftskammer Hannover, 94-99.

TER HELL, B. (1990): So passen sich Pflanzen dem Licht an. Deut. Gartenbau **44**, 9.

QUINN, J. A., POWELL, C. C. (1982):. Effect of temperature, humidity and light on powdery mildew (*Oidium begoniae*) of begonia. Phytopathology **72**, 480-484.



H. Bruno und S.E. Smolka, Braunschweig

### **Entwicklung von Verfahren zur Selektion von Möhren mit verminderter Anfälligkeit gegenüber *Alternaria* spp. \***

Möhren zählen in Deutschland zu den flächenmäßig bedeutendsten Gemüsekulturen. Trotz einer Abnahme der Anbaufläche von Karotten und Möhren von 11.725 ha (1990) auf 6.729 ha (1991), bedingt durch eine zeitgleiche Reduzierung der Anbaufläche von 6.653 ha auf 1.621 ha in den fünf neuen Bundesländern, rangierten Möhren 1991 nach Spargel, Weiß- und Blumenkohl an vierter Stelle. Während die 1991 über Erzeugermärkte abgesetzte Gesamtmenge Möhren (vorwiegend Wasch- und Bundmöhren) 12 % über dem Niveau von 1987 lag, erfreuten sich Bundmöhren einer stark wachsenden Nachfrage, deren Absatzmenge in diesem Zeitraum um über 125 % auf ca. 11 Mio. Bund anstieg. (ANONYMOUS, 1992)

Bedeutende Erkrankungen des Möhrenlaubes werden u.a. durch drei Vertreter der Gattung *Alternaria* hervorgerufen. Die größte Bedeutung hat *Alternaria dauci* (Kühn) Groves & Skolko, der Erreger der Möhrenschwärze (BEDLAN, 1986). Daneben kann auch der Erreger der Schwarzfäule an Möhren, *Alternaria radicina* Meier, Drechsler & Eddy, starke Schäden verursachen. Dagegen ist *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler eher zu den sekundären Schwächeparasiten zu zählen und kommt oft in Vergesellschaftung mit *A. dauci* vor (CRÜGER, 1991).

Der durch die *Alternaria*-Arten hervorgerufene Schaden wirkt sich in Abhängigkeit von dem Entwicklungsstadium der Möhren auf unterschiedliche Art aus. Samenbürtiger Befall kann das Absterben von Keimlingen verursachen (CRÜGER, 1991). Ein Blattbefall in frühen Entwicklungsstadien kann die Photosyntheseleistung reduzieren und damit die Rübenentwicklung beeinträchtigen. Der Befall des erntereifen Möhrenbestandes kann dagegen zum Absterben eines Teils der Blätter und dadurch zu einem deutlichen Ernteverlust führen, da bei der maschinellen Ernte (z.B. mittels Klemmbandroder) die wenigen gesunden Blätter abreißen und die Rübenkörper im Boden verbleiben können. Daneben kann der Befall der Blätter auch zu unverkäuflichen Qualitäten bei der Bundware führen. Während der Befall durch *A. dauci* hauptsächlich auf die Blätter beschränkt bleibt, befällt *A. radicina* häufig auch den Rübenkörper von gelagerten Möhren, wobei besonders Feldmieten, in der aus kosten- und arbeitstechnischen Gründen die meisten Möhren gelagert werden (ANONYMOUS, 1992), bei einem Anstieg der Temperaturen (vor allem im Frühjahr) gefährdet sind.

---

\*) Die Untersuchungen wurden finanziell gefördert von der Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V. (GFP) und der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V. (AIF)

Da für eine chemische Bekämpfung der *Alternaria*-Pilze am Möhrenlaub z. Z. keine Handelspräparate zur Verfügung stehen, für die dieses Anwendungsgebiet mit der Zulassung ausgewiesen wurde (ANONYMUS, 1993), bzw. in der Produktion von Baby- und Diätahrung zur Vermeidung von Pflanzenschutzmittel-Rückständen grundsätzlich auf den Einsatz verzichtet wird, kommt vor diesem Hintergrund und im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes dem Anbau von Möhrensorten mit hoher *Alternaria*-Resistenz eine entscheidende Bedeutung für die Vermeidung von Ertrags- bzw. Qualitätsverlusten zu. Da in der Vergangenheit in Deutschland die Selektion von Möhren mit einer geringeren Anfälligkeit gegenüber *Alternaria* im Freiland stark von einer natürlichen Infektion abhing und daher nicht gezielt erfolgen konnte, ist es nicht verwunderlich, daß im bisherigen Möhrensoriment keine Sorten mit hohen Resistenzgraden beobachtet wurden (ZINKERNAGEL, 1990).

Für die Züchtung von Möhrensorten mit höheren Resistenzniveaus wurden in einem Forschungsprojekt zwei Testverfahren entwickelt, mit denen die Anfälligkeit von Möhren gegenüber *Alternaria* spp. im Freiland und unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus bewertet und entsprechende Selektionen ermöglicht werden können. Beide Testverfahren wurden unter Verwendung von *A. dauci* optimiert; sie können aber auch bei den anderen beiden *Alternaria*-Arten eingesetzt werden.

#### Inokulationsverfahren im Freiland

Sowohl für eine erfolgreiche Infektion von Möhrenbeständen im Freiland durch *A. dauci* als auch für die Krankheitsentwicklung sind variierende Witterungsbedingungen notwendig. Nach dem Auftreffen der Sporen auf der Blattoberfläche ist zur Keimung eine Benetzung der Blätter mit Wasser notwendig. Obwohl die Sporen innerhalb kurzer Zeit in freiem Wasser bei Temperaturen von 2-28 °C keimen (HOOKER, 1944; STRANDBERG, 1977) ist für eine erfolgreiche Infektion eine mehrstündige bis mehrtägige Periode hoher relativer Luftfeuchtigkeit (r.F.) notwendig. In dieser Zeit müssen die Hyphen der auf der Blattoberseite abgelegten Sporen vielfach auf die Unterseite wachsen, da die Infektion der Blätter vornehmlich mit einer Penetration durch die Stomata beginnt. Die für eine Krankheitsausbreitung notwendige Produktion und Freisetzung weiterer Sporen ist wiederum stark witterungsabhängig. Die Produktion von Konidienträgern bzw. Konidien erfolgt bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von mindestens 96% und einer Mindesttemperatur von 8 °C. Für die Freisetzung der luftverfrachteten Sporen ist dagegen eine geringere relative Luftfeuchtigkeit sowie eine Luftgeschwindigkeit von ca. 2 m/s notwendig (ZIMMER und MCKEEN, 1969; LANGENBERG et al., 1977; STRANDBERG, 1977).

Diese relativ komplexen Witterungsansprüche verdeutlichen die Schwierigkeiten, wenn ein Bestand im Feld künstlich infiziert werden soll und machen die Notwendigkeit einer relativ

witterungsunabhängigen Inokulationsmethode deutlich. Inokulationsverfahren, wie das Ausbringen von Sporensuspensionen, erfordern die notwendigen relativen Luftfeuchtigkeiten direkt im Anschluß an die Applikation, um ein Absterben der Keimhyphen und somit ein Fehlschlagen der Infektion zu verhindern. In dem Forschungsvorhaben wurde daher eine Inokulationsmethode entwickelt, bei der das Inokulum, bestehend aus Haferkörnern mit dem darauf angezogenen Pilz, in die Parzellen gebracht wird, so daß sich bei entsprechend günstiger Witterung Sporen auf den Körnern bilden und auf die Blätter verfrachtet werden können. Hierzu wurde der Pilz vorher im Labor in größeren Mengen in Kunststoffbeuteln auf autoklavierten Haferkörnern angezogen und bis zum Ausbringungstermin bei 4 °C gelagert.

Neben der relativen Witterungsunabhängigkeit bei der Ausbringung, zeichnet sich dieses Verfahren auch durch die nach der Ausbringung kontinuierliche Sporenproduktion und somit einen über einen längeren Zeitraum anhaltenden Infektionsdruck aus. Daneben stellt die Anzucht des Pilzes auf den Haferkörnern in Kunststoffbeuteln eine kostengünstige Möglichkeit der Massenproduktion von Inokulum unter Reduzierung des anfallenden Abfalls dar. Zudem ist durch die mehrmonatige Lagermöglichkeit des Inokulums eine Herstellung auf Vorrat zu produktionstechnisch günstigen Zeitpunkten möglich.

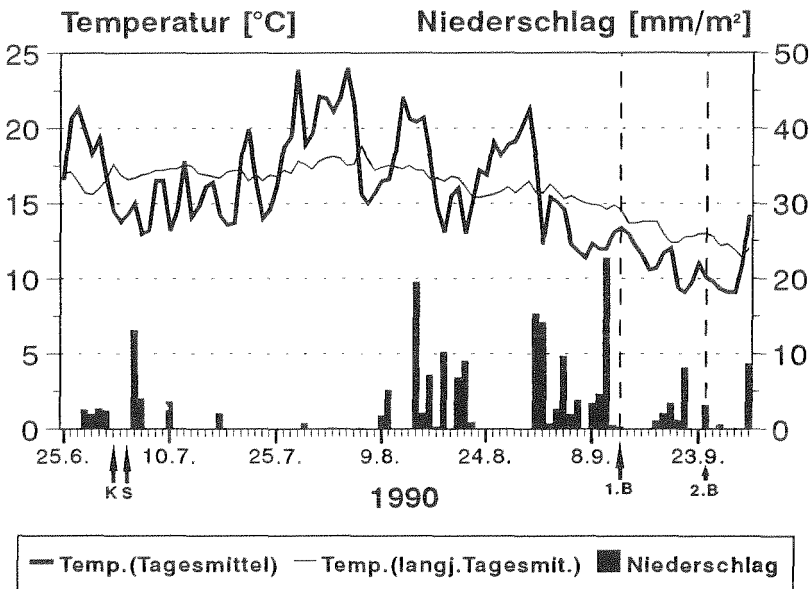


Abb. 1: Witterungsverlauf vom 25. Juni bis 30. September 1990 (K = Inokulation mit Haferkörnern, S = Applikation der Sporensuspension, 1.B u. 2.B = Boniturtermine)

Die Eignung von bewachsenen Haferkörnern als Inokulum wurde 1990 in einem Freilandversuch zusammen mit der Applikation einer Sporensuspension untersucht. Sechs Möhrensorten vom Typ Nantaise wurden in fünf Blöcken mit vier Wiederholungen ausgesät. Jeweils zwei Blöcke wurden 12 Wochen nach der Aussaat mit Hilfe einer der beiden Methoden inokuliert (20 g bewachsene Haferkörner/m<sup>2</sup> bzw.  $5,4 \times 10^5$  Sporen/m<sup>2</sup> in 100 ml H<sub>2</sub>O), von denen jeweils ein Block zusätzlich zur Erhöhung der Bestandesfeuchtigkeit für zwei Tage mit einem Folientunnel abgedeckt wurde; der fünfte Block blieb als Kontrolle unbehandelt. Der feuchtigkeitserhöhende Effekt des Abdeckens wurde jedoch durch starken Niederschlag während der beiden Tage der Abdeckung (13 bzw. 4 mm/m<sup>2</sup>) wieder aufgehoben (vgl. Abb. 1).

Zum eigentlichen Erntetermin der Möhren Anfang August hatte sich in keiner der inokulierten Parzellen ein nennenswerter Befall eingestellt. Erst nach zwei längeren Regenperioden Mitte August und Ende September (Abb. 1) konnte ein starker Befall festgestellt werden. Aus arbeits-technischen Gründen konnte zu einem ersten Boniturzeitpunkt (12.09.90) nur die Kontrolle und die Variante der Sporensuspension mit Abdeckung für alle Sorten bonitiert werden. Aufgrund der Auswertung dieser Daten wurden zu einem späteren Zeitpunkt (24.09.90) in den drei restlichen Inokulationsvarianten die Sorten Rotin (anfällig) und N/Astra (weniger anfällig) bonitiert.

In der abgedeckten Suspensionsvariante konnte für alle sechs Sorten ein Anstieg des prozentualen Anteils abgestorbener Blätter/Pflanze gegenüber der nicht inokulierten Kontrolle festgestellt werden, wobei zwei Sorten (Rotin und Valor F<sub>1</sub>) deutlich anfälliger waren als die übrigen Sorten (Abb. 2). Für die anderen drei Inokulationsvarianten zeigte sich unter Berücksichtigung des späteren Boniturtermins für beide Sorten ebenfalls ein gegenüber der Kontrolle erhöhter Anteil abgestorbener Blätter/Pflanze (Abb. 3), der jedoch geringer war als bei der zum ersten Zeitpunkt bonitierten Suspensionsvariante. Der geringere Anteil abgestorbener Blätter/Pflanze der Suspensionsvariante gegenüber der früher bonitierten Variante war einerseits auf relativ niedrige Temperaturen in dem Zeitraum zwischen beiden Boniturterminen zurückzuführen (vgl. Abb. 1), bei denen die Ausbreitung des Befalls stark verlangsamt wurde, während bei den Möhren (zumindest bei der Sorte Rotin) durchschnittlich ein Blatt je Pflanze nachgewachsen war (vgl. Abb. 3). Daneben wurde in der abgedeckten Suspensionsvariante durch die Folie die Abschwemmung von Sporen verhindert, so daß wahrscheinlich mehr Primärinfektionen zustande kamen als bei der nicht abgedeckten Variante. Wegen der ungünstigen Witterung während der nächsten Monate konnte sich der Befall wie in allen anderen Varianten erst während und nach den beiden Regenperioden im August ausbreiten, erreichte dann aber, vor allem im Fall der Sorte N/Astra, die zwischen den beiden Boniturterminen keinen Zuwachs an Blätter verzeichnete, aufgrund des vermutlich stärkeren Ausgangsbefalls ein höheres Niveau als in der nicht abgedeckten Variante.

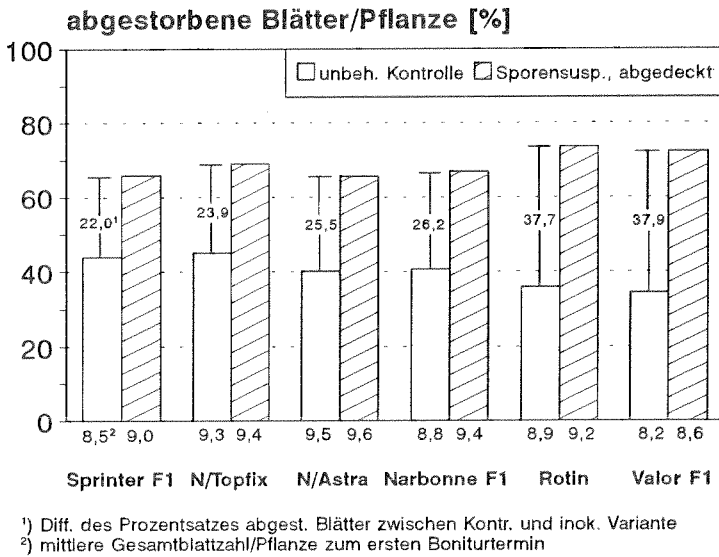


Abb. 2: Einfluß eines Befalls mit *Alternaria dauci* auf den Anteil abgestorbener Blätter bei sechs inokulierten Möhrensorten im Freiland (1990).



<sup>1,2</sup>) Boniturtermine: 12.09.90 (1) bzw. 24.09.90 (2)  
<sup>3</sup>) mittlere Gesamtblattzahl/Pflanze zum entsprechenden Boniturtermin

Abb. 3: Wirkung unterschiedlicher Inokulationsverfahren auf den Befall von zwei Möhrensorten im Freiland durch *A. dauci* (1990).

Obwohl die nicht abgedeckte Suspensionsvariante durch die Witterungsbedingungen im Anschluß an die Applikation (zwei Tage Blattnässe) außergewöhnlich gefördert wurde, lag der Befall der beiden Getreidevarianten auf dem gleichen Niveau. Da jedoch die nach der Inokulation herrschenden Bedingungen nicht immer vorhersehbar sind, und ein witterungsunabhängiger Inokulationszeitpunkt arbeitstechnisch vorteilhaft wäre, wurde die Getreide-Methode weitergeprüft, zumal eine großflächige Folienabdeckung viel kostenintensiver wäre und die Infektion bei hoher Sonneneinstrahlung durch unter der Folie stark ansteigende Temperaturen fehlschlagen könnte. In einem zweiten Freilandversuch an fünf Orten wurde daher 1991 erneut die Eignung von bewachsenen Haferkörnern als Inokulum an sechs Sorten geprüft. Trotz der an sich ungünstigen Witterungsverläufe konnte mit Hilfe von Beregnung in den behandelten Parzellen ein Befall hervorgeufen und gegenüber den Kontrollparzellen eine Abnahme der mittleren Blatzzahl/Pflanze festgestellt werden, die an einzelnen Orten bis zu 40 % betrug.

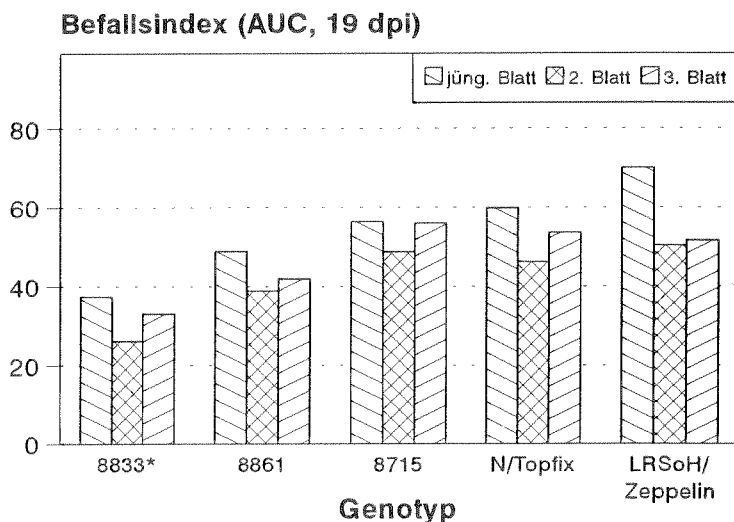
#### Testverfahren unter kontrollierten Bedingungen

Um die Resistenz von Möhren in der direkten Wirt-Parasit-Interaktion unabhängig von anderen Einflußfaktoren (z. B. Bestandesdichte) bewerten zu können, wurde ein Testverfahren entwickelt, bei dem einzelne Möhren unter kontrollierten Inokulations- und Infektionsbedingungen im Gewächshaus bzw. in der Klimakammer untersucht werden können. Für die Untersuchungen wurden Blatteile, die von getopften und im Gewächshaus angezogenen Möhren stammten, mit einer Sporensuspension inokuliert.

Soweit bisher Untersuchungen zur Pathogenität durchgeführt wurden, konnten keine Unterschiede zwischen verschiedenen Isolaten hinsichtlich der Virulenz festgestellt werden (HOOKER, 1944; ROY, 1969; SOTEROS, 1979; STRANDBERG, 1988; ZINKERNAGEL 1990), so daß von einer horizontalen oder quantitativen Resistenz auszugehen ist. Daher war bei den Versuchen eine möglichst gleichmäßige, reproduzierbare Sporendeposition auf den Blättern notwendig. Diese konnten in einem Impfturm mit Hilfe einer Spritzpistole (Airbrush), mit der die Applikation gleicher Sporensuspensionsmengen im  $\mu\text{l}$ -Bereich möglich war, weitgehend erreicht werden. Nach der Inokulation wurden die Möhrenblätter in Reagenzgläsern in Kunststoffkästen mit Klarsichtdeckeln in der Klimakammer bzw. im Gewächshaus inkubiert. Die Krankheitsentwicklung wurde während der folgenden zwei bis drei Wochen in regelmäßigen Intervallen mit Hilfe eines Boniturschemas mit 8 Klassen (0 = gesund bis 7 = vollständig nekrotisiert) bewertet und zu einem Befallsindex (AUC = Fläche unter der Krankheitsverlaufskurve) verrechnet (vgl. SHANER und FINNEY, 1977).

Zur Optimierung dieser Methode wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt, von denen einige kurz dargestellt werden sollen (die ausführlichen Versuchsergebnisse werden in einer in

Kürze fertiggestellten Dissertation nachzulesen sein). Eine wichtige Frage für die Auswahl der im Test verwendeten Möhrenblätter betrifft das Resistenzverhalten von Blättern unterschiedlichen Alters. Fünf Genotypen (die Sorten Nantaise/Topfix und Lange Rote Stumpfe ohne Herz/Zeppelein sowie den Inzuchtlinien 8833, 8861 und 8715) wurden im 7-Blatt Stadium hierauf untersucht.



\*) 3. Blatt n=19, sonst n=20 je Sorte und Blatt

Abb. 4: Anfälligkeit von Blättern verschiedener Altersklassen von fünf Möhrengentypen gegenüber *A. dauci*.

Wie Abb. 4 zeigt, konnten dabei deutliche Unterschiede im Resistenzverhalten der einzelnen Altersklassen festgestellt werden. Das jüngste Blatt, das zum Zeitpunkt der Inokulation gerade die Entfaltung der Fiederblätter abgeschlossen hatte, zeigte für alle 5 Genotypen im Mittel von jeweils 20 Pflanzen die höchste Anfälligkeit, während das nächst ältere Blatt die höchste Resistenzprägung aufwies. Das dritte und älteste untersuchte Blatt zeigte gegenüber dem zweiten Blatt bereits einen Anstieg der Anfälligkeit. In einer weiteren, hier nicht näher dargestellten Untersuchung setzte sich dieser Anstieg der Anfälligkeit auch bei den Blättern der vierten Altersklasse fort. Die mit zunehmendem Blattalter ansteigende Anfälligkeit wird auch von HOOKER (1944), ROY (1969), SOTEROS (1979) und ZINKERNAGEL (1990) beschrieben und von einigen Autoren als Grund für den erst im Spätsommer auftretenden Befall im Freiland angegeben. Anscheinend sind zu diesem Zeitpunkt im Zusammenspiel mit entsprechend günstigen Witterungsverhältnissen genügend "anfällige" Blätter als Voraussetzung für eine zügige Ausbreitung vorhanden.

Neben den Anfälligkeitsunterschieden in Abhängigkeit vom Blattalter konnten in diesen Untersuchungen auch Genotypenunterschiede festgestellt werden, wobei die I-Linie 8833 das größte Resistenzniveau aufwies (Abb. 4). Eine nähere Untersuchung der Einzelpflanzenresistenz (hier ohne Abb.) zeigte eine starke Variation innerhalb der Populationen. Bei den anfälligen Genotypen wiesen einzelne Pflanzen ein Resistenzniveau auf, das deutlich über dem der anderen Pflanzen lag, so daß auch bei diesen Genotypen die Möglichkeit der Resistenzsteigerung durch Selektion besteht.

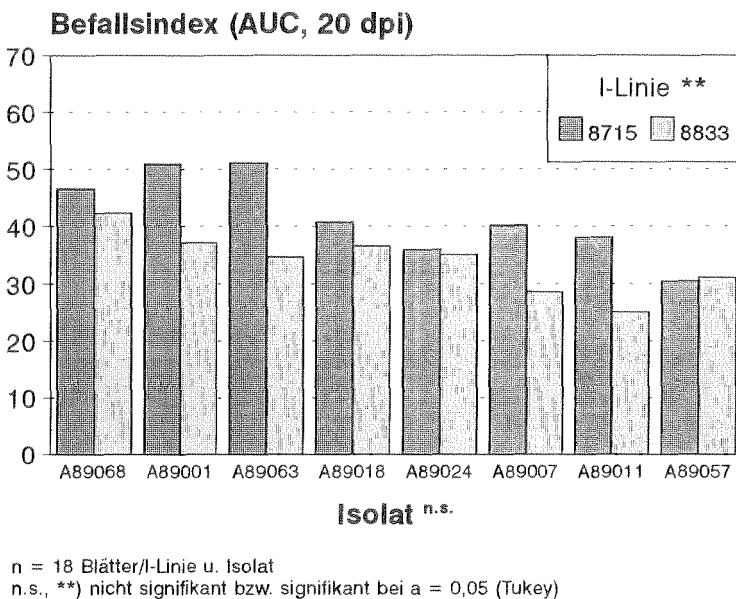


Abb. 5: Pathogenität von acht *A. dauci*-Isolaten gegenüber zwei Inzucht-Linien.

Wichtig für die Auswahl der Isolate für eine Resistenzprüfung ist die Frage, ob *A. dauci* unterschiedlich aggressive Stämme oder Pathotypen bildet. Hierzu wurden aus einer Reihe von Isolaten acht Vertreter aufgrund ihrer unterschiedlichen Esterase-Isoenzymmuster ausgewählt und ihre Pathogenität gegenüber zwei Inzuchtlinien (8833 und 8715) untersucht. Aufgrund der je I-Linie und Isolat gemittelten Befallsindices von je 18 gleichaltrigen Blättern konnten wieder signifikante Unterschiede zwischen den beiden I-Linien festgestellt werden; die Unterschiede zwischen den acht Isolaten waren dagegen statistisch nicht abzusichern. Auch in zwei weiteren Untersuchungen, in denen jeweils zwei Isolate (A89001 und A89057 bzw. A89011 und A89068) an insgesamt acht weiteren Genotypen (u.a. Sprinter F<sub>1</sub>, N/Astra, N/Topfix und Rotin) untersucht wurden, konnten trotz einer größeren Zahl untersuchter Blätter je Versuchsglied keine signifikanten Unterschiede weder in der Aggressivität noch in der Virulenz festgestellt werden. Dagegen bestätigten die in



diesen Versuchen auftretenden signifikanten Genotypenunterschiede in der Tendenz die Ergebnisse des Feldversuches 1990.

Da es im deutschen Möhrensortiment keine Hinweise auf Möhrengentypen mit einer ausgeprägten Resistenz gegenüber *A. dauci* gab, wurden auch einige der Genotypen untersucht, die in einer amerikanischen Freilanduntersuchung von insgesamt 439 Genotypen der amerikanischen Genbank unter natürlichem Infektionsdruck den geringsten Befall aufwiesen (STRANDBERG et al., 1989). Von den von der US Plant Introduction Station in Ames, Iowa zur Verfügung stehenden Genotypen wurden in einem ersten Versuch 13 Linien (darunter ein anfälliger Genotyp als Kontrolle) sowie zwei deutsche Sorten im Alter von 7 Wochen mit der Gewächshausmethode auf ihre Anfälligkeit gegenüber *A. dauci* untersucht. In einem zweiten Versuch ca. 6 Wochen später wurden erneut Blätter der Pflanzen aus dem ersten Versuch von neun Genotypen (fünf "resistente", drei anfällige Genotypen und N/Topfix) geprüft.

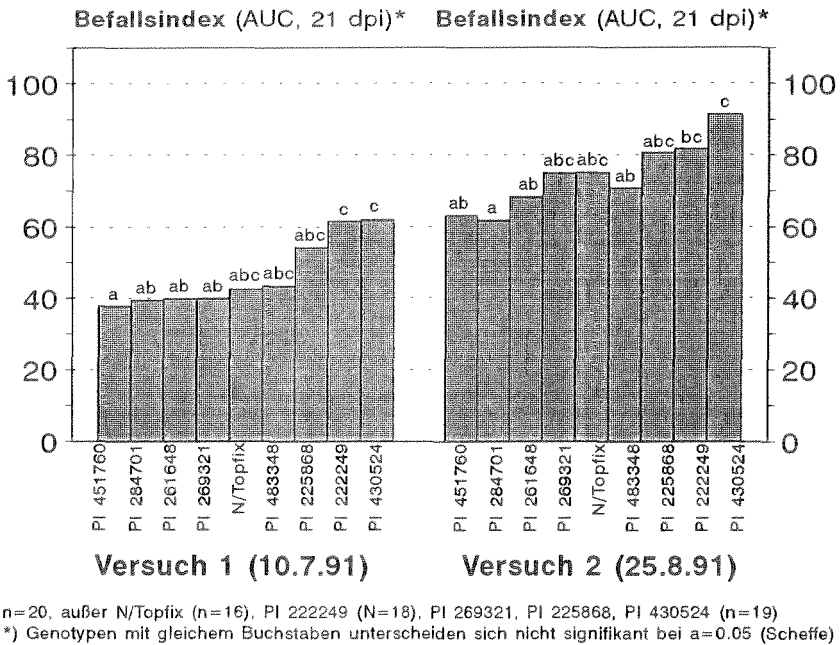


Abb. 6: Anfälligkeiten abgeschnittener Blätter einiger Genotypen internationaler Herkunft der US Plant Introduction Station in Ames, Iowa gegenüber *A. dauci*

Wie aus Abb. 6 zu ersehen ist, zeigten die "resistenten" Genotypen der Genbank im Mittel der 18-20 je Genotyp untersuchten Pflanzen eine Anfälligkeit, die der von Nantaise/Topfix entsprach. Dagegen wies der Kontroll-Genotyp mit geringer Feldresistenz (PI 225868) eine mittlere Anfälligkeit auf, während zwei weitere, als resistent eingestufte Genotypen (PI 222249 und PI 430524)

anfälliger waren und sich signifikant von den vier Genotypen mit der in dieser Untersuchung geringsten Anfälligkeit unterschieden. Mit zunehmendem Alter der Pflanzen konnte für alle Genotypen ein Anstieg der Anfälligkeit der in beiden Versuchen gleichalten Blätter beobachtet werden. Dabei war der Anfälligkeitsunterschied gegenüber dem ersten Versuch für einige Genotypen überproportional. Eine statistisch signifikante Differenzierung der Genotypen war daher im zweiten Versuch nicht so deutlich, entsprach teilweise jedoch der Einstufung des ersten Versuches. Wenn auch die Blätter bei der Gewächshausmethode wahrscheinlich einem höheren Infektionsdruck ausgesetzt waren als in dem einjährigen amerikanischen Feldversuch unter natürlichen Bedingungen, bei dem bei zahlreichen Genotypen samenbürtiger Befall bereits einen Monat nach der Saat zu starkem Befall führte, so zeigen die Untersuchungen doch das allgemeine Fehlen von Genotypen mit einer ausgeprägten Resistenz gegenüber *A. dauci*.

### Zusammenfassung

Für die Züchtung von Möhren mit erhöhter Resistenz gegenüber *Alternaria dauci* wurden Verfahren entwickelt, mit denen das Resistenzverhalten einzelner Genotypen untersucht werden kann. Für die Untersuchung der Feldresistenz von Möhren unter natürlichen Klima- und Wachstumsbedingungen wurde ein Inokulationsverfahren entwickelt, bei dem Haferkörner als Inokulumträger dienen. Diese Methode erwies sich im Vergleich zur Applikation einer Sporensuspension kostengünstiger und vorteilhafter hinsichtlich der Herstellung und Lagerung sowie der relativen Witterungsunabhängigkeit des Inokulationszeitpunktes. Zur Untersuchung des Resistenzverhaltens der direkten Wirt-Pathogen-Interaktion und zur Einzelpflanzenselektion wurde ein Testverfahren unter standardisierten Bedingungen entwickelt, bei dem das Resistenzverhalten an abgeschnittenen Blättern unter reproduzierbaren Inokulations- und Infektionsbedingungen untersucht werden kann. Mit Hilfe dieser Methode konnte eine mit zunehmendem Alter ansteigende Anfälligkeit der Möhrenblätter nachgewiesen werden. Obwohl Unterschiede in der Anfälligkeit verschiedener Sorten bzw. Linien festgestellt wurden, fehlen offenbar Genotypen mit ausgeprägter Resistenz gegenüber *A. dauci*. Innerhalb einzelner Linien wurde jedoch eine ausgeprägte Variation beobachtet, die ausreichende Selektionsmöglichkeiten für die Zukunft bietet. Es konnten keine Pathogenitätsunterschiede zwischen acht Isolaten von *A. dauci* mit variierendem Isoenzym-Muster festgestellt werden.

## Literatur

- ANONYMOUS (1992): 'ZMP Bilanz 1991. Gemüse. Zentrale Markt und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH (Hrsg.), Bonn. 232 S.
- ANONYMOUS (1993): Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis 1993. Teil 2. Biologische Bundesanstalt für Land- Forstwirtschaft Braunschweig. 41. Auflage. Saphir Verlag, Ribbesbüttel. 160 S.
- BEDLAN, G. (1986): Die Möhrenschräuze. Agrarwelt Nr. 170, Beilage Pflanzenschutz Nr. 6, 10.
- CRÜGER, G. (1991): Pflanzenschutz im Gemüsebau. 3., neubearb. und erw. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 344 S.
- HOOKE, W. J. (1944): Comparative studies of two carrot leaf diseases. *Phytopathology*, 34, 606-612.
- LANGENBERG, W. J., J. C. SUTTON und T. J. GILLESPIE (1977): Relation of weather variables and periodicities of airborne spores of *Alternaria dauci*. *Phytopathology*, 67, 879-883.
- ROY, A. K. (1969): Studies on leaf blight of carrot caused by *Alternaria dauci*. *Indian Phytopathol.*, 22, 105-109.
- SHANER, G. und R. E. FINNEY (1977): The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology*, 67, 1051-1056.
- SOTEROS, J. J. (1979): Pathogenicity and control of *Alternaria radicina* and *A. dauci* in carrots. *New Zealand J. Agr. Res.*, 22, 191-196.
- STRANDBERG, J. O. (1977): Spore production and dispersal of *Alternaria dauci*. *Phytopathology*, 67, 1262-1266.
- STRANDBERG, J. O. (1988): Establishment of *Alternaria* leaf blight on carrots in controlled environments. *Plant Disease*, 72, 522-526.
- STRANDBERG, J. O., P. W. SIMON und M. J. BASSETT (1989): *Alternaria* leaf blight tolerance and other descriptors for plant introductions of *Daucus* spp. obtained at Sanford, Florida. University of Florida, Institute of Food & Agricultural Science, Sanford Florida, Research Report SAN 90-03.
- ZIMMER, R.C. und W. E. MCKEEN (1969): Interaction of light and temperature on sporulation of the carrot foliage pathogen *Alternaria dauci*. *Phytopathology*, 59, 743-749.
- ZINKERNAGEL, V. (1990): Sortenresistenz im Gemüsebau. Unentbehrlicher Bestandteil des integrierten Pflanzenbaus. *Deut. Gartenb.*, 44, 474,476.

U. Gärber, Kleinmachnow

## Untersuchungen zur Anfälligkeit von Feldsalat (*Valerianella locusta* L.) für Falschen Mehltau (*Peronospora valerianellae* Fck.)

### Einleitung

Feldsalat wird hauptsächlich als Nachkultur im Herbst und Winter angebaut. In der lichtarmen Zeit im Winterhalbjahr, vor allem bei feuchter Witterung und dichtem Pflanzenwuchs, ist Feldsalat besonders durch Falschen Mehltau (*Peronospora valerianellae*) gefährdet. Bei einer Verbreitung des Erregers kann der marktfähige Ertrag stark beeinträchtigt werden (LINDNER und LUBITZ, 1990). Eine Zulassung für eine chemische Bekämpfung des Erregers gibt es nicht. Bei Feldsalatkulturen, besonders im Unterglasanbau, ist die Rückstandsgefährdung sehr hoch (UNTERECKER, 1974; ZOHREN, 1977). Eine wirkungsvolle Maßnahme zur Gesunderhaltung der Bestände wird im Anbau widerstandsfähiger Sorten gesehen (HAHN, 1986). Gegenwärtig werden auf dem Markt Sorten unterschiedlicher Herkunft angeboten, die allgemein als mehltau-resistent bzw.- tolerant gelten. Gesicherte Ergebnisse zur Anfälligkeit bzw. Kenntnisse zu graduellen Anfälligkeitsunterschieden der Sorten liegen bisher nicht vor. In der vorliegenden Arbeit wurden Feldsalatsorten auf ihre Anfälligkeit für Falschen Mehltau vergleichend geprüft und erstmals eine Differenzierung der Sorten nach ihrer Anfälligkeit vorgenommen.

### Methode

Um Anfälligkeitsunterschiede sicher und zuverlässig erfassen zu können, wurde eine für die Wirt-Parasit-Kombination spezifische Methode erarbeitet. Diese beinhaltet die Prüfung bei künstlicher Infektion unter definierten Bedingungen. Zur Inokulation der Pflanzen kam in allen Untersuchungen die Erregerherkunft 'Marbach' zur Anwendung.

Die Erhaltung des Erregers erfolgte neben der Kultur auf lebenden Pflanzen durch Einfrieren infizierten Blattmaterials bei  $-18^{\circ}\text{C}$ . Im tiefgefrorenen Zustand erwies sich der Erreger bis zu einem halben Jahr als lebensfähig. Um für die Prüfung möglichst einheitliches Sporenmateriel mit einer hohen Vitalität zur Verfügung zu haben, wurde bei tiefgefrorenem Erregermaterial eine Zwischenvermehrung über die Pflanze vorgenommen.

Zur Herstellung der Erregersuspension wurden die Konidien gründlich mit Aqua dest. von dem infizierten Blattmaterial abgespült und anschließend durch ein Haushaltssieb sowie durch ein Sieb mit einer Porengröße von  $15\ \mu\text{m}$  filtriert. Die Inokulation der Pflanzen erfolgte im 3- bis 4-Blatt-Stadium durch Aufsprühen der Erregersuspension ( $10^4$  Sporen / ml) in einer Menge von 10 ml auf 30 Pflanzen mittels einer Geizhalsflasche.

Die inokulierten Pflanzen wurden in Klimakammern bzw. in begehbaren Kühlzellen unter kontrollierten Bedingungen aufgestellt.

Gewählte Versuchsparameter:	Temperatur	15 - 17°C
	Belichtungsstärke	7 - 10 klx
	Dauer der Lichtphase	14 Stunden
	Relative Luftfeuchte	90 - 95%

Um für die Infektion optimale Bedingungen zu erhalten, wurden die Pflanzen 48 Stunden mit einer Folie abgedeckt und zusätzlich 24 Stunden schattiert.

Die Auswertung erfolgte vier Wochen nach der Inokulation der Pflanzen. Da eine Einschätzung lediglich auf Befall bzw. Nichtbefall und der Ermittlung des prozentualen Anteils befallener Pflanzen zu keinem Ergebnis führte, jedoch Unterschiede in der Stärke der Ausbildung von Krankheitssymptomen auffällig waren, wurde zur Erfassung von Anfälligkeitsunterschieden ein Boniturschema (Tabelle 1) erarbeitet. Als Differenzierungsmerkmal diente die Schätzung des prozentualen Blattflächenbefalls bezogen auf die ganze Pflanze.

Tab. 1: Boniturschema für Falschen Mehltau an Feldsalat

---

Boniturnote	Einschätzung des Befalls
1	<b>kein Befall</b>
3	<b>schwacher Befall:</b> auf der Unterseite der Blätter erste Befallssymptome erkennbar, bis 10% der gesamten Blattfläche mit Falschem Mehltau befallen
5	<b>mittlerer Befall:</b> Befallssymptome stärker ausgeprägt, die unteren Blätter können zum Teil stark vergilbt sein, bis 30% der gesamten Blattfläche mit Falschem Mehltau befallen
7	<b>starker Befall:</b> untere Blätter stark vergilbt, bis 50% der gesamten Blattfläche mit Falschem Mehltau befallen
9	<b>sehr starker Befall:</b> starke Vergilbung der Blätter, über 50% der gesamten Blattfläche mit Falschem Mehltau befallen

---

Die bisherigen Untersuchungen umfassen drei Versuche. In den ersten beiden Versuchen wurden 10 bzw. 5 Sorten, und im dritten Versuch, der in Amtshilfe für das Bundessortenamt in Hannover durchgeführt wurde, insgesamt 18 Sorten geprüft. Der Prüfumfang für jede Sorte betrug 90 Pflanzen bei drei Wiederholungen.

Die Boniturergebnisse wurden mittels einfaktorieller Varianzanalyse und anschließendem multiplen Mittelwertsvergleich nach Tukey bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% verrechnet. Für die mathematisch-statistische Auswertung der Versuchsergebnisse kam das Computerprogramm SAS zur Anwendung.

### Ergebnisse

In allen Versuchen waren bereits zehn Tage nach der Inokulation Befallssymptome an den Pflanzen deutlich zu erkennen. Im ersten Versuch traten die Befallssymptome zunächst an den Sorten Holländischer Breitblättriger und Toendra und im zweiten Versuch an der Sorte Progres auf. Im dritten Versuch war ein Erstbefall an mehreren Sorten gleichzeitig, u.a. an den Sorten Progres, Elan, Valentin, Verella sowie an Verte de Cambrai und Deutscher zu verzeichnen. Beobachtungen zur Krankheitsentwicklung ergaben, daß der Befall meist von den unteren Blättern ausgeht. Bei fortschreitendem Befallsverlauf vergilben die unteren Blätter. Die Schadsymptome werden blattoberseits als punktförmige, schwarze Flecke sichtbar, blattunterseits erscheint ein blaßgraues bis gelbliches Myzel.

Eine völlige Befallsfreiheit bzw. ein nur sehr schwacher Befall konnte für keine Sorte nachgewiesen werden. Alle getesteten Sorten erwiesen sich als anfällig für Falschen Mehltau.

Die Prüfergebnisse sind in Tabelle 2 (Versuch 1 und 2) und in Tabelle 3 (Versuch 3) dargestellt. Für jeden Versuch wurden die Sorten nach zunehmender Befallsstärke geordnet und eine Einteilung der Sorten nach ihrer Anfälligkeit vorgenommen. Die Signifikanzen wurden mit Buchstaben gekennzeichnet, wobei für Sorten mit gleichen Buchstaben keine signifikanten Unterschiede festgestellt wurden.

Im ersten Versuch war eine stärkere Differenzierung der Sorten in ihrer Anfälligkeit zu verzeichnen. Eine geringe Anfälligkeit konnte lediglich bei zwei (Verte de Cambrai/Wagner und Felma) von zehn geprüften Sorten festgestellt werden. Stark anfällig mit Befallswerten über 6,3 waren die Sorten Elan, Vit und Holländischer Breitblättriger. Für die Mehrzahl der geprüften Sorten im ersten und im zweiten Versuch wurden Befallswerte im Bereich von 4,5 bis 6,3 ermittelt. Diese Sorten wurden als mittelstark anfällig charakterisiert.

Ein ähnliches Ergebnis wurde auch im dritten Versuch erzielt. 12 von 18 geprüften Sorten wiesen eine mittlere Anfälligkeit auf. Im Vergleich zu den ersten beiden Versuchen ergaben sich jedoch

Tab. 2: Prüfergebnisse zur Anfälligkeit von Feldsalatsorten für Falschen Mehltau  
(Versuch 1 und 2)

Sorte	Herkunft	Befallsstärke	Beurteilung der Anfälligkeit
<u>1. Versuch</u>			
Verte de Cambrai	Wagner	3,2 e	gering
Felma	Hild	3,3 e	
Verte de Cambrai/Hilmar	Hild	4,8 d	mittel
Valentin	Hild	4,9 d	
Jade	Clause	4,9 d	
Dunkelgrüner Vollherziger	Hild	5,1 d c	
Toendra	Rijk Zwaan	6,3 b c	stark
Elan	Hild	6,9 b	
Vit	Hild	7,0 b	
Holländischer Breitbl.	Hild	8,9 a	
<u>2. Versuch</u>			
Rosetty	Rohde	5,2 a	mittel
Pusta	Rijk	5,4 a	
Deutscher	Küpper	5,5 a	
Gala	Clause	5,5 a	
Progres	Rijk Zwaan	5,5 a	

1. Versuch GDTukey (5%) 1,2  
2. Versuch GDTukey (5%) 0,9

Tab. 3: Prüfergebnisse zur Anfälligkeit von Feldsalatsorten für Falschen Mehltau (Versuch 3)

Sorte	Herkunft	Befallsstärke	Beurteilung der Anfälligkeit
Jade	Clause	3,8 c	gering
Deutscher	Küpper	4,0 c	
Deutscher	Quedlinburg	4,0 c	
Dunk. Vollh./Rosetty	Rohde	4,4 c	
Verte de Cambrai	Sperling	5,1 b	mittel
Verte de Cambrai/Cavallo	Wagner	5,2 b	
Verte de Cambrai	Hild	5,2 b	
Verte de Cambrai	Hild	5,2 b	
Gala	Clause	5,3 b	
Verte de Cambrai	Clause	5,3 b	
H 6484	Hild	5,3 b	
Vit	Hild	5,3 b	
Progres	Rijk Zwaan	5,3 b	
Verte de Cambrai	Wagner	5,6 b	
Promesse	Rijk Zwaan	5,6 b	stark
Valentin	Hild	5,7 b	
Elan	Hild	6,4 a	
Verella	Clause	6,4 a	

GDTukey (5%) 0,6

einige Veränderungen in der Reihenfolge der Sorten hinsichtlich ihrer Anfälligkeit. So z.B. reagierte die im ersten Versuch schwach befallene Sorte Verte de Cambrai/Wagner deutlich anfälliger. Die Sorten Rosetty, Deutscher, Jade und Vit waren dagegen weniger stark befallen als in den vorangegangenen Untersuchungen. In beiden Prüfungen wurde eine starke Anfälligkeit der Sorte Elan festgestellt.

### Diskussion

Bisher galt allgemein, daß kleinblättrige, dunkelgrüne Sorten wie Dunkelgrüner Vollherziger, Valentin, Verella, Verte de Cambrai, Vit und Elan mehltautolerant, dagegen Sorten mit langgestreckten, hellgrünen Blättern wie Holländischer Breitblättriger und Deutscher nicht tolerant sind (FRITZ et al., 1989, MEYER 1991). Diese Aussage kann mit den vorliegenden Prüfergebnissen nicht bestätigt werden. Hier wurde auch in der Sortengruppe mit kleinen, dunkelgrünen Blättern eine mittlere bis starke Anfälligkeit ermittelt. Dies betrifft insbesondere die Sorten Vit, Elan und Verella, die als hochtolerant beschrieben in der Praxis bisher erfolgreich angebaut wurden (SCHLAGHECKEN et al., 1990). Mit dem Anbau der neuen Sorten traten in der Praxis kaum noch Probleme durch ein Auftreten von Falschem Mehltau auf. Derzeit liegen jedoch Beobachtungen vor, daß auch an mehltautoleranten Sorten wie Jade, Elan, Vit, Polar und Cavallo Falscher Mehltau vorkommen kann (LINDNER und LUBITZ 1990; LINDNER 1992). Die ertragreiche Sorte Jade wird sogar aufgrund eines verstärkten Risikos eines Befalls mit Falschem Mehltau nicht empfohlen (LINDNER 1992). In den vorliegenden Untersuchungen wurde für die Sorte Jade eine geringe bis mittlere Anfälligkeit ermittelt.

Es ist zu vermuten, daß *P. valerianellae*, ähnlich wie andere Falsche Mehltaupilze, Rassen bildet. Zur physiologischen Spezialisierung von *P. valerianellae* liegen in der Literatur keine Angaben vor. Um Pathogenitätsunterschiede zu erfassen und den Nachweis einer möglichen biologischen Spezialisierung des Erregers zu erbringen, ist in weiteren Untersuchungen eine größere Herkunftszahl von *P. valerianellae* einzubeziehen. Die in den bisherigen Untersuchungen verwendete Erregerherkunft 'Marbach' erwies sich als hoch aggressiv.

Weiterhin wird daran gearbeitet, die Testmethode, die für eine Resistenzprüfung als geeignet eingeschätzt wird, in ihren Versuchsparametern sowie das Auswertungsverfahren zu optimieren und zu standardisieren.

### Zusammenfassung

Eine effektive Maßnahme zur Verhinderung eines Befalls von Feldsalat mit Falschem Mehltau (*Peronospora valerianellae*) und der Sicherung eines hohen marktfähigen Ertrages wird im Anbau widerstandsfähiger Sorten gesehen. Um einen Überblick über das Sortiment von Feldsalat zu



erhalten, wurden eine geeignete Testmethode erarbeitet und damit Sortenprüfungen zur Anfälligkeit für Falschen Mehltau durchgeführt. Geprüft wurden in drei Versuchen 10, 5 und 18 Sorten verschiedener Erhaltungszüchter. Die Prüfung erfolgte in Klimakammern unter kontrollierten Bedingungen bei konstanter Temperatur von 16°C. Bei der Verwendung eines hochaggressiven Erregers der Herkunft 'Marbach' erwiesen sich alle Sorten als anfällig einschließlich der kleinblättrigen, dunkelgrünen Sorten, die in der Praxis als resistent bzw. tolerant gelten. Die Mehrzahl der Sorten wurde in den vorliegenden Untersuchungen als mittelstark anfällig eingeschätzt. Eindeutig stärker anfällig waren die Sorten Holländischer Breitblättriger und Elan. Eine geringe Anfälligkeit zeigten in einem der Versuche die Sorten Felma, Verte de Cambrai, Jade, Deutscher und Rosetty.

#### Danksagung

Herrn Görner möchte ich für seine Unterstützung, insbesondere bei der Bereitstellung und Überbringung des Erregermaterials von *Peronospora valerianellae* herzlich danken.

#### Literatur

- FRITZ, D., W. STOLZ, F., VENTER, J., WEICHMANN und CH. WONNEBERGER (1989): Gemüsebau. 9. völlig neubearb. u. erw. Aufl., Stuttgart: Ulmer, 306.
- HAHN, M. (1986): Es gibt kaum Resistenzen bei Feldsalat. Die "Lückenfüller"-Kultur bereitet in der Züchtung noch deutliche Schwierigkeiten. Gb Gw Gärtnerbörse Gartenwelt 86 (9), 378.
- LINDNER, U. und B. LUBITZ (1990): Erfolgreicher Feldsalat - Anbau durch Sortenwahl und Pflanzung. Rhein. Monatsschrift 78 (6), 314.
- LINDNER, U. (1992): Aktuelles zum Feldsalat - Versuchsergebnisse aus Auweiler-Friesdorf. Rhein. Monatsschrift 80 (9), 476-478.
- MEYER, W. (1991): Pflanzenschutz - Feldsalat. Rhein. Monatsschrift 79 (9), 498.
- SCHLAGHECKEN, J., G. ENGL, H. P. LORENZ, A. MAYNC und J. ZIEGLER (1990): Anbau und Sortenhinweise für den Gemüsebau 1991/1992. Neustädter Hefte 5, 36.
- UNTERECKER, H. (1974): Pilzbekämpfung bei Feldsalat. Erwerbsgärtner 43 (28), 1641-1642.
- ZOHREN, E. (1977): Die Problematik fungizider Spritzfolgen, besonders bei Feldsalat. Gemüse 13 (3), 62, 64 66, 68.

M. Koch und U. Brielmaier-Liebetanz, Braunschweig

## Frühnachweis von *Fusarium an Cyclamen*

### 1. Einleitung

Die Möglichkeiten zur Bekämpfung der durch *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis* hervorgerufenen Welkekrankheit sind begrenzt, da weder ausreichend wirksame Pflanzenschutzmittel noch resistente Sorten zur Verfügung stehen. Vorbeugende Hygienemaßnahmen wie die Verwendung erregerfreier Substrate, neuer Kulturgefäße sowie die Desinfektion von Stellflächen leisten einen wesentlichen Beitrag zum Schutz der *Cyclamen* vor einem Befall mit *F. oxysporum* f. sp. *cyclaminis*.

Der Erfolg vorbeugender Hygienemaßnahmen ist allerdings in Frage gestellt, solange der Erreger durch den Zukauf latent infizierter Pflanzen in einen Betrieb eingeschleppt werden kann. Es liegen keine Zahlen darüber vor, in welchem Ausmaß eine Verbreitung des Erregers durch den Handel erfolgt, aber Beobachtungen aus der Praxis deuten darauf hin, daß der Erreger nicht selten mit zugekaufter Ware eingeschleppt wird. Um eine Verschleppung zu verhindern, ist ein Verfahren erforderlich, mit dem der Gesundheitszustand der Pflanzen zuverlässig überprüfbar ist. Durch ein Frühnachweissystem ließe sich ein Kulturstart mit gesunden Pflanzen sicherstellen.

Voraussetzung für einen Frühnachweis sind grundlegende Kenntnisse über den Krankheitsverlauf und über die Nachweisbarkeit des Erregers während der symptomfreien Phase. Für einen Frühnachweis kommen verschiedene Methoden in Betracht: Ein Biotest zur Beschleunigung der Symptomausprägung, so daß ein *Fusarium*-Befall anhand der Symptome sichtbar wird, oder ein Nachweis des Erregers in latent infizierten Pflanzen durch Isolierung auf Nährboden oder durch Anwendung serologischer, biochemischer oder molekularbiologischer Diagnosemethoden. Auch die Isolierung des Erregers aus dem Kultursubstrat kommt in Frage, da die Kontamination des Substrates Voraussetzung für eine Infektion ist.

Im folgenden sollen Ergebnisse zum Frühnachweis von *F. oxysporum* f. sp. *cyclaminis* mittels Biotest, Isolierung und Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) vorgestellt werden. Die Eignung der geprüften Methoden für eine Anwendung in der diagnostischen Praxis wird diskutiert.

---

Das Forschungsprojekt wurde vom Einheitserde Werkverband e. V., der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Braunschweig, der Landwirtschaftskammer Hannover, der Universität Hannover und dem Arbeitskreis der Cyclamenzüchter im Zentralverband Gartenbau gemeinschaftlich gefördert. Den beteiligten Institutionen sei hierfür gedankt.

## 2. Material und Methoden

**PFLANZENANZUCHT:** *Cyclamen*-Jungpflanzen der Sorte Jim, Rasse Stoldt wurden bei 18 °C angezogen. Zehn Wochen nach der Aussaat wurden die Sämlinge pikiert und in der Regel bei einer Solltemperatur von 20 °C kultiviert.

**INOKULUMPRODUKTION:** Zur Inokulumproduktion wurde *F. oxysporum* f. sp. *cyclaminis*, Isolat BBA-62316, für 14 Tage auf Hafermehlagar bei 20 °C und täglich 12stündiger Belichtung unter Schwarzlicht (Philips TL-D 36W/08) angezogen. Die Sporen wurden mit Hilfe eines Drigalski-Spatels abgeschwemmt und mit sterilisiertem Leitungswasser verdünnt.

**INOKULATIONSMETHODEN:** Es wurde eine Tauchinokulation oder eine Kontamination des Kultursubstrates vorgenommen. Für die Tauchinokulation wurden die Wurzeln der Jungpflanzen ausgewaschen und eine Stunde in Sporensuspension eingestellt. Anschließend wurde in sterilisierte Einheitserde P pikiert.

Für die Kontamination des Kultursubstrates wurde Einheitserde P mit entsprechend verdünnter Sporensuspension im Verhältnis 1:20 versetzt, um die gewünschte Inokulumdichte/ml Substrat zu erzielen. Mit sterilem Leitungswasser versetztes Substrat diente als Kontrolle.

**PROBENNAHME UND PROBENAUFBEREITUNG:** Sowohl für die Isolierung als auch für den ELISA wurden jeweils Mischproben von Knollen sowie von Wurzeln hergestellt. Knollen wurden in je 16 Teilstücke zerlegt. Die gesamten Wurzeln wurden in 1 cm lange Stücke zerschnitten. Je 200 Wurzelstücke und 60 Knollenstücke wurden auf Selektivnährmedium nach KOMADA (1975) ausgelegt und nach zehn Tagen Inkubation bei 20 °C ausgewertet. Ein Teil der Mischproben wurde für die spätere Untersuchung im ELISA gefriergetrocknet.

**DURCHFÜHRUNG DES ELISA:** Zur Untersuchung mit dem ELISA wurden je 0,075 g bzw. 0,15 g gefriergetrocknetes Wurzel- bzw. Knollenmaterial mit Sand in Probenpuffer (1:20, w:v) gemörsert. Das Homogenat wurde für zehn Minuten bei 4 °C und 1370 g zentrifugiert. Zur Testung im ELISA wurde der unverdünnte Überstand eingesetzt.

Das Pflanzenmaterial wurde drei- bis viermal in unabhängigen Probenaufarbeitungen untersucht. Dafür wurde der direkte Doppel-Sandwich ELISA entsprechend den Angaben von CASPER und MEYER (1981) herangezogen. Es wurden Mikrotiterplatten mit hoher Bindungskapazität (Greiner, 655 061) verwendet. Die Extinktion wurde an einem 8-Kanal Photometer (Titertek Multiskan MCC/340, Flow Laboratories) bei einer Wellenlänge von 405 nm gemessen.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Biotest

Es wurde untersucht, ob *Fusarium*-infizierte Pflanzen durch gezielte Temperatursteuerung anhand beschleunigt auftretender Krankheitssymptome identifiziert werden können.

Jungpflanzen wurden vier Wochen nach dem ersten Pikieren einer Tauchinokulation mit 0, 50, 500 und 5000 Sporen/ml Leitungswasser unterzogen und bei 15, 20 bzw. 27 °C aufgestellt. Sechs bis sieben Wochen nach der Inokulation wurde in Einheitserde P getopft.

Bei einer hohen Inokulumdichte (5000 Sporen/ml) war kein wesentlicher Unterschied zwischen den Befallsverläufen bei 20 und 27 °C festzustellen. Bei 15 °C setzte die Symptomausprägung später ein, 60 Tage nach der Inokulation waren aber alle Pflanzen erkrankt (Abb. 1a). Bei mittlerer Inokulumdichte (500 Sporen/ml Substrat) war der Befallsverlauf bei 20 und 27 °C wiederum ähnlich und setzte nur wenig später ein als bei hoher Inokulumdichte. 60 Tage nach Inokulation war auch bei 15 °C wieder der überwiegende Teil der Pflanzen erkrankt (Abb. 1b). Bei einer geringen Inokulumdichte (50 Sporen/ml) erfolgte bei 20 und 27 °C im Vergleich zu 15 °C eine drastische Zunahme kranker Pflanzen, wobei der Befall bei 27 °C schneller verlief als bei 20°C. Bei 15 °C blieb die Krankheit bei dem überwiegenden Teil der Pflanzen bis zu Versuchsende unerkannt (Abb. 1c).

Zur Verdeutlichung der Ergebnisse zum Krankheitsverlauf, die sich aus dem Zusammenspiel von Inokulumdichte und Temperatur ergaben, soll der Zeitraum von der Inokulation bis zum Auftreten von Symptomen an 25 % der Versuchspflanzen herangezogen werden (Tab. 1). Je nach Behandlung vergingen im Extremfall 15 oder 80 Tage bis 25 % der Pflanzen Symptome ausgeprägt hatten. Innerhalb der jeweiligen Inokulumdichte war die Inkubationszeit bei 27 °C am kürzesten. Sie betrug nur etwa ein Drittel des Wertes, der für 15 °C ermittelt wurde. Die Unterschiede zwischen 20 °C und 27 °C waren geringer.

Abb. 1 a

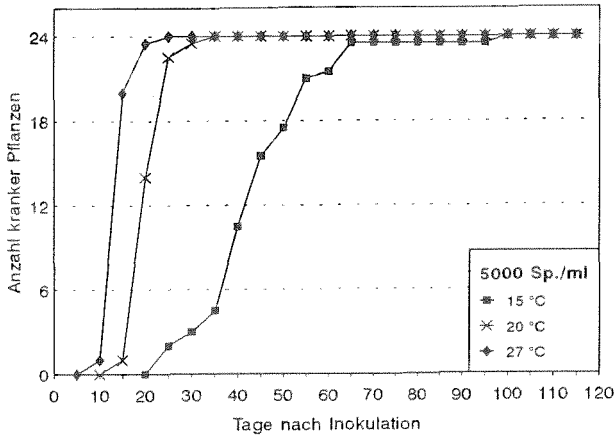


Abb. 1 b

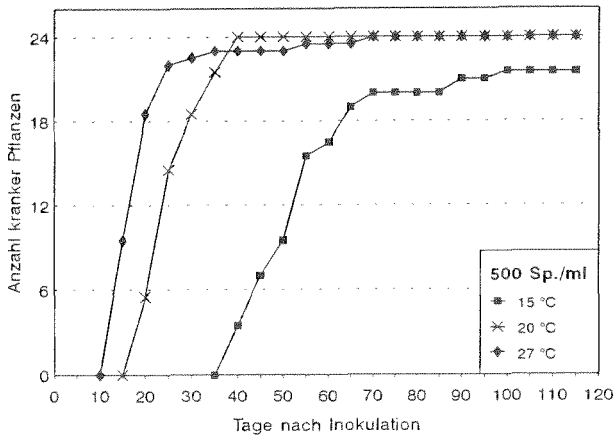


Abb. 1 c

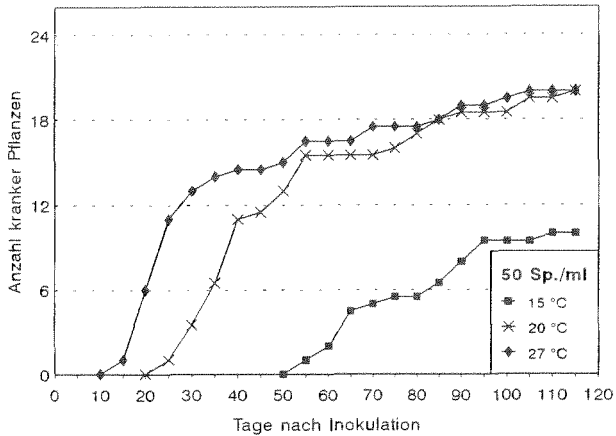


Abb. 1 a, b, c:

Einfluß der Temperatur auf den Befallsverlauf der *Cyclamen*-Welke nach Tauchinokulation mit Inokulumdichten von 5000, 500 und 50 Sporen/ml (2 Versuche, n=24)

Tab. 1: Einfluß von Inokulumdichte und Temperatur auf die Zeitspanne von der Inokulation bis zur Erkrankung von 25 % der Versuchspflanzen

Temperatur	Tage, bis 25 % der Pflanzen erkrankt Inokulumdichte (Sp./ml)		
	5000	500	50
15 °C	38	49	80
20 °C	21	23	38
27 °C	15	16	25

### 3.2. Nachweis des Erregers im Pflanzenmaterial

#### 3.2.1 Isolierung und ELISA

Zum Nachweis latenter Infektionen wurden Isolierungen von Pflanzenmaterial auf Nährmedium vorgenommen und im Vergleich dazu der Nachweis mittels ELISA durchgeführt. Die Isolierung eines Erregers durch Auslegen von Pflanzenmaterial auf Nährmedium ist eine einfach zu handhabende Methode, die zum Nachweis von *F. oxysporum* f. sp. *dianthi* und *F. oxysporum* f. sp. *chrysanthemi* seit Jahren erfolgreich eingesetzt wird (STRIDER, 1985). Das ELISA-Verfahren wurde ausgewählt, weil es aufgrund der einfachen, preiswerten und schnellen Durchführbarkeit für Routineuntersuchungen besonders gut geeignet ist. Es wurde für die Diagnose anderer pathogener Pilze bereits erfolgreich eingesetzt (BOLIK et al., 1987; WERRES, 1988; UNGER, 1989).

Zunächst wurde ein Antiserum gegen eine Gesamtpräparation von *F. oxysporum* f. sp. *cyclaminis* hergestellt.

Es wurde ermittelt, wie sich die Extinktion des Pflanzenextraktes inokulierter Pflanzen von der Inokulation bis zum Auftreten von Symptomen entwickelt und inwieweit die Nachweisbarkeit durch Isolierung mit der Nachweisbarkeit im ELISA übereinstimmt.

Einheitserde P wurde mit  $10^5$  Sporen/ml Substrat kontaminiert. Nicht kontaminiertes Substrat diente als Kontrolle. Jungpflanzen (3-5 Blätter) wurden in 6 cm Töpfe getopft und im Gewächshaus bei 20 °C kultiviert. Zu verschiedenen Terminen nach der Einbringung der Pflanzen in das kontaminierte Substrat wurden 35 Pflanzen entnommen und *Fusarium*-typische Blattsymptome erfaßt.

Die Ergebnisse von ELISA und Isolierung sind in Abbildung 2 und 3 dargestellt. Da im ELISA die Absolutwerte der Extinktion verschiedener Versuchswiederholungen schwankten, wurde zur Darstellung der ELISA-Index, der Quotient aus der inokulierten Variante und der Kontrolle der jeweiligen Versuchsansätze, herangezogen (MUSGRAVE, 1984).

Bei Wurzelmaterial blieb der ELISA-Index vom Versuchsbeginn bis acht Tage nach der Inokulation annähernd konstant bei 1: inokulierte und nicht inokulierte Pflanzen reagierten gleich (Abb. 2). Ab dem 12. Tag nach der Inokulation stieg der ELISA-Index an. Bis zum Versuchsende nahm er im Mittel der vier Versuche kontinuierlich zu. Die ersten Blattsymptome traten am 22. Tag nach der Inokulation auf.

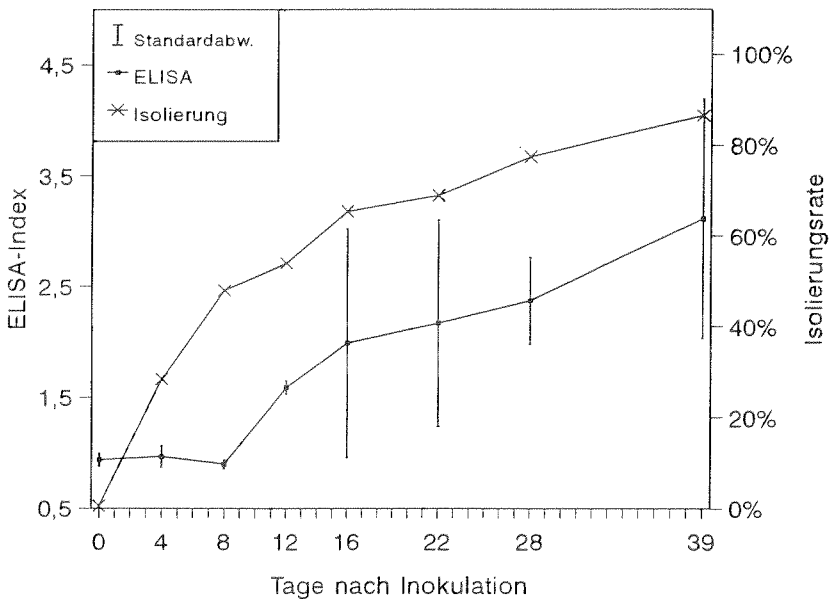


Abb. 2: Vergleich der Reaktion von Wurzelextrakten im ELISA mit der Isolierungsrate von *F. oxysporum* f. sp. *cyclaminis* aus Wurzelstücken nach Einbringung von Pflanzen in *Fusarium*-kontaminiertes Kultursubstrat (vier Versuchswiederholungen)

Die Anwesenheit des Erregers in der Wurzel deutete sich somit zehn Tage vor der Symptomausprägung an. Mit Hilfe der Isolierung war *F. oxysporum* f. sp. *cyclaminis* 18 Tage vor der Symptomausprägung von 29 % der Wurzeln isolierbar.

Bei Knollenmaterial kam es mit dem ELISA erstmals 22 Tage nach der Inokulation zu einer positiven Reaktion (Abb. 3). Im Mittel lag der ELISA-Index an diesem Termin bei 2, d. h. die Extinktion der inokulierten Pflanzen war doppelt so hoch wie die Extinktion der Kontrollen. Mit Hilfe der Isolierung war der Erreger bereits nach 12 Tagen in der Knolle nachweisbar. Nach 22

Tagen wurde der Erreger von 100 % der ausgelegten Knollenstücke isoliert. Zu diesem Termin waren bereits Blattsymptome sichtbar.

Tendenziell zeigen beide Methoden, daß eine verstärkte Besiedelung der *Cyclamen*-Knollen nach dem 16. Tag erfolgte. Die leichte Abnahme des ELISA-Indexes am 28. Tag ist vermutlich mit dem Dickenwachstum der Knolle zu erklären, das in dieser Zeit verstärkt erfolgte und zu einer relativen 'Verdünnung' des Pilzes im Pflanzenmaterial führte. Die Zunahme des ELISA-Indexes bis Versuchsende läßt darauf schließen, daß sich der Pilz in den besiedelten Knollen noch vermehrt.

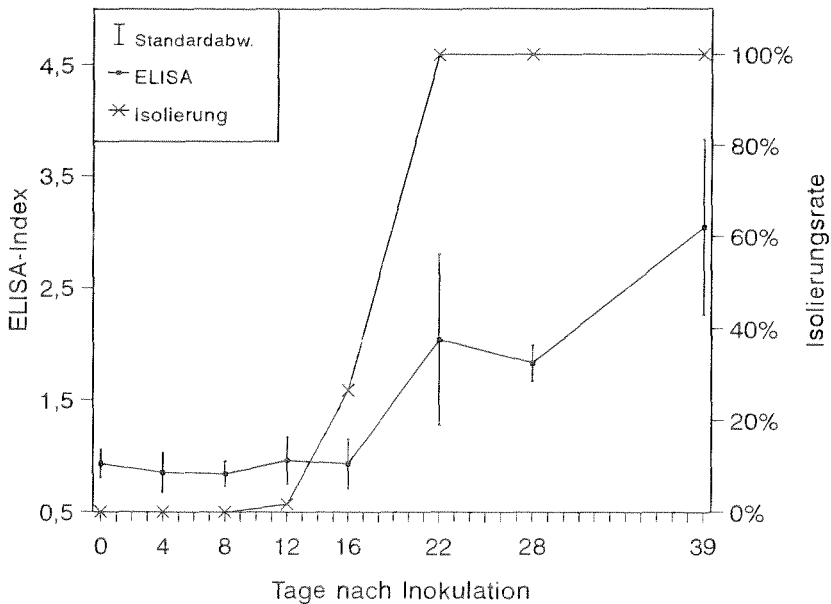


Abb. 3: Vergleich der Reaktion von Knollenextrakten im ELISA mit der Isolierungsrate von *F. oxysporum* f. sp. *cyclaminis* aus Knollenstücken nach Einbringung von Pflanzen in *Fusarium*-kontaminiertes Kultursubstrat (drei Versuchswiederholungen)

Mit beiden Methoden ist der Erreger während der latenten Phase in den Wurzeln nachweisbar. Der Nachweis in der Knolle war nur kurz vor oder zeitgleich mit der Symptomausprägung möglich. Mit Hilfe der Isolierung war der Erreger jeweils früher nachweisbar als mit dem ELISA.



### 3.2.2 Isolierung bei niedriger Inokulumdichte im Kultursubstrat

*Fusarium*-Erkrankungen können bei *Cyclamen* schon bei einer Substratverseuchung von 10 Sporen/ml Kultursubstrat auftreten (KOCH und BRIELMAIER-LIEBETANZ, 1992). Es war daher von Interesse, wann und in welcher Häufigkeit der Erreger während der latenten Phase aus den Wurzeln isoliert wird, wenn relativ geringe Inokulumdichten im Boden vorliegen. Der ELISA wurde bei diesen geringen Inokulumdichten nicht mehr mitgeprüft, da sich bereits bei hoher Inokulumdichte gezeigt hatte, daß der Nachweis durch Isolierung die empfindlichere Methode war.

Eine Sporensuspension von *F. oxysporum* f. sp. *cyclaminis* wurde in Einheitserde P eingebracht, so daß die Kontamination 10, 100 bzw. 1000 Sporen/ml Substrat betrug. *Cyclamen*-Jungpflanzen wurden in dieses Substrat pikiert und im Gewächshaus praxisüblich kultiviert.

Die Pflanzen zeigten während des gesamten Versuchszeitraumes keine *Fusarium*-Symptome. Bei einer Inokulumdichte von 10 Sporen/ml Substrat wurde der Erreger nicht aus den Wurzeln isoliert (Tab. 2). Bei 100 Sporen/ml Substrat war die Isolierung nach sechs Wochen von 1 % der Wurzeln erfolgreich und bei einer Dichte von 1000 Sporen/ml Substrat war der Erreger bereits eine Woche nach der Inokulation an 2,5 % der Wurzeln nachweisbar. Die Isolierungsrate stieg innerhalb von sechs Wochen auf 6,5 % an.

Tab. 2: *Fusarium*-Isolierungsrate (%) von den Wurzeln symptomfreier Jungpflanzen bei verschiedenen Inokulumdichten in Abhängigkeit von der Zeit (n=200)

Inokulumdichte Sporen/ml Substrat	Isolierungsrate (%)		
	Wochen nach Inokulation		
	1	3	6
0	0	0	0
10	0	0	0
100	0	0	1,0
1000	2,5	4,0	6,5

#### 4. Diskussion

Mit allen drei geprüften Methoden war *Fusarium* an *Cyclamen* in einem frühen Krankheitsstadium nachweisbar.

Durch geeignete Temperaturführung ließ sich die Symptomausprägung der *Cyclamen*-Welke beschleunigen. Bei Kultivierung latent befallener *Cyclamen* bei 20 °C und insbesondere bei 27 °C war ein *Fusarium*-Befall anhand der Symptome deutlich früher feststellbar als bei einer Temperatur von 15 °C. Vorteil eines solchen Biotestes ist seine einfache und kostengünstige Durchführbarkeit. Die Methode ist auch spezifisch, da sich bei einer *Fusarium*-Infektion typische Blattsymptome und Verbräunungen in der Knolle entwickeln (GERLACH, 1954). Ein Nachteil des Biotestes ist seine unbestimmte Dauer in Abhängigkeit von der Kontamination. Da die Symptomausprägung bei geringer Inokulumdichte später erfolgt als bei hoher Inokulumdichte, ist unter Umständen für die Praxis die Zeitspanne von Beginn der Temperaturbehandlung bis zum Ergebnis zu groß. Es wäre zu überprüfen, inwieweit durch ergänzende andere Maßnahmen noch eine weitere Beschleunigung des Krankheitsverlaufes möglich ist.

Sowohl mit der Methode der Isolierung als auch mit dem ELISA konnte ein Nachweis latenter *Fusarium*-Infektionen erbracht werden. Beide Methoden zeigen, daß der Erreger zuerst an den Wurzeln und erst kurz vor oder nach dem Auftreten von Blattsymptomen in der Knolle nachweisbar war. Dies bestätigt Untersuchungen von EVERINK (1991), die mittels Gelelektrophorese zu ähnlichen Ergebnissen kam.

Bei mittleren Verseuchungsgraden des Substrats konnte der Erreger in der Pflanze durch Isolierung auf Nährmedium früher nachgewiesen werden als mit dem ELISA. Die Isolierungsrate aus den Wurzeln war von der Stärke der Substratkontamination abhängig. Die geringere Isolierungsrate bei schwacher Kontamination mag darauf zurückzuführen sein, daß weniger Infektionsstellen im Wurzelbereich gesetzt wurden und somit auch weniger Wurzeln besiedelt waren (GORDON, 1990). Für den Nachweis in der Praxis bedeutet dies, daß der Nachweiserfolg vom Ausmaß der *Fusarium*-Verseuchung abhängt.

Zum Nachweis von *F. oxysporum* f. sp. *cyclaminis* bei sehr niedrigen Inokulumdichten erwies sich in den vorgestellten Versuchen die Isolierung aus dem Pflanzenmaterial als recht empfindliche Methode. Ein Nachweis latenter Infektionen gelang noch bei einer Kontamination von 100 Sporen/ml Substrat. Bei Vergrößerung des Probenumfangs ließe sich der Erreger vermutlich auch bei einer Kontamination von 10 Sporen/ml Substrat isolieren. Da eine Vergrößerung des Stichprobenumfangs einen erheblichen Arbeitsaufwand erfordern würde, ist zu überprüfen, ob es Möglichkeiten zur Optimierung des Verfahrens, z. B. durch eine modifizierte Probenahme oder

Probenaufbereitung gibt, um die an sich empfindliche Methode der Isolierung wirtschaftlich nutzen zu können.

Daß die Isolierung in den vorliegenden Untersuchungen die empfindlichste Nachweismethode war, kann daran liegen, daß für den serologischen Nachweis die Pilzkonzentration im Pflanzengewebe in der frühen Krankheitsphase noch unterhalb der Nachweisgrenze lag. Da der ELISA sich für Massentestungen besonders gut eignet, sollte man prüfen, ob durch Verwendung anderer Antigene bei der Immunisierung und Variation der Testbedingungen die Nachweisgrenze verbessert werden kann.

Die in vorliegenden Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse zur Frühdiagnose der *Cyclamen*-Welke bieten Ansätze für eine Anwendung in der Praxis. Es zeigte sich deutlich, daß für einen Frühhnachweis in der Pflanze Wurzelmaterial besser geeignet ist als die Knolle. Die Isolierung aus Pflanzenmaterial erwies sich als recht empfindliche Methode, ist aber aufgrund des Arbeitsaufwandes nur für geringe Stückzahlen geeignet. Eine Verfeinerung der Methode zum Einsatz bei Massentestungen ist notwendig. Inwieweit ein verbesserter ELISA der Isolierung des Erregers aus der Pflanze überlegen sein kann, müßte durch weitere Untersuchungen geklärt werden. Darüber hinaus wäre auch eine Anwendung der Polymerase-Chain Reaktion denkbar, eine molekularbiologische Diagnosemethode, von der bekannt ist, daß sie empfindlicher als der ELISA sein kann und hochspezifisch ist (LINZ und DEGENHARDT, 1990; JONES et al., 1991).

Durch eine konsequente Testung der *Cyclamen* in verschiedenen Kulturabschnitten (Pikieren, Topfen) und gleichzeitige Einhaltung strenger Betriebshygiene müßte es möglich sein, erregerefreie Bestände aufzubauen.

## 5. Zusammenfassung

Der Erreger der *Fusarium*-Welke an *Cyclamen* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis*) kann mit latent infizierten Pflanzen verbreitet werden. Ein geeignetes Verfahren zum Frühhnachweis ist erforderlich, um infizierte Bestände zu erkennen und um einen Kulturbeginn mit gesunden Jungpflanzen sicherstellen zu können. Die Eignung eines Biotests zur Beschleunigung der Symptomausprägung, sowie ein Nachweis in der Pflanze durch Isolierung des Erregers und mittels ELISA wurden geprüft. Der Welkeerreger war mit allen drei Methoden in einem frühen Stadium der Erkrankung nachweisbar. Für den Nachweis des Erregers bei geringen Verseuchungsgraden erwies sich die Isolierung als die empfindlichste Methode.

## 6. Literatur

- OLIK, M., CASPER, R. und LIND, V. (1987): Einsatz serologischer und gelelektrophoretischer Verfahren zum Nachweis von *Pseudocercospora herpotrichoides*. Z. PflKrankh. PflSchutz, **94**, 449-456.
- CASPER, R. und MEYER, S. (1981): Die Anwendung des ELISA-Verfahrens zum Nachweis pflanzenpathogener Viren. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig), **33**, 49-54.
- EVERINK, J.T. (1991): Ontwikkeling van een detectiemethode voor *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis* en *dianthi* gebaseerd op polyacrylamidgel-elektroforese (Rapport 142). Rapport 126 Detectiemethode Fusarium, Proefstation voor de Bloemisterij, Aalsmeer.
- GERLACH, W. (1954): Untersuchungen über die Welkekrankheit des Alpenveilchens. Phytopathol. Z., **22**, 125-176.
- GORDON, T.R., JACOBSON, D.J., MAY, D.M., TAYLOR, K.B. und ZINK, F.W. (1990): Fruit yield, disease incidence, and root colonization of hybrid muskmelons resistant to *Fusarium* wilt. Plant Dis., **74**, 778-781.
- JONES, T.D., BUCK K.W. und PLUMB, R.T. (1991): The detection of beet western yellows virus and beet mild yellowing virus in crop plants using the polymerase chain reaction. Journal Virol. Methods, **35**, 287-296.
- KOCH, M. und BRIELMAIER-LIEBETANZ, U. (1992): Untersuchungen zum Nachweis von *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis*. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem, **283**, 317.
- KOMADA, H. (1975): Development of a selective medium for quantitative isolation of *Fusarium oxysporum* from natural soil. Rev. Plant Protec. Res., **8**, 114-124.
- LINZ, U. und DEGENHARDT, H. (1990): Die Polymerase-Kettenreaktion. Naturwissenschaften, **77**, 515-530.
- MUSGRAVE, D.R. (1984): Detection of an endophytic fungus of *Lolium perenne* using Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA). New Zealand J. Agric. Res., **27**, 283-288.
- STRIDER, D.L. (1985): *Fusarium* of *Chrysanthemum*: Pathogen-free rooted cuttings and susceptibility of new cultivars. Plant. Dis., **69**, 836-838.
- UNGER, J.-G. (1989): Entwicklung und Erprobung eines ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) zum Nachweis von *Fusarium culmorum* (W.G.S.M.) Sacc. und *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron.) Deigh. in Weizen. Dissertation, Universität Göttingen.
- WERRES, S. (1988): Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) as a method for detection of *Phytophthora fragariae* Hickman in strawberry roots. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig), **40**, 146-150.

M. Hommes, Braunschweig

### **Einsatz von Kulturschutznetzen im Gartenbau**

Der Einsatz von Kulturschutznetzen zur Abwehr von Gemüsefliegen hat sich in Deutschland inzwischen bei einigen Gemüsekulturen, wie Rettich und Radies, zu einer Standardmaßnahme entwickelt. Einer der Hauptgründe für den Durchbruch dieses alternativen Pflanzenschutzverfahrens war die nachlassende Wirkung der zur Verfügung stehenden Bodeninsektizide durch einen beschleunigten mikrobiellen Abbau nach langjährigem Einsatz (HOMMES & PESTEMER 1985). Die hervorragende Wirkung der Netze bei der Abwehr von Schädlingen wird durch zahlreiche Untersuchungen belegt (KONRAD & SCHÄCHTLE 1985, BIZER 1991; HOYER & MILDE 1988, MERZ 1989, WONNEBERGER & GAWEHN 1989). Die Lebensdauer der in der Praxis meist verwendeten Netztypen Bionet und Rantai beträgt mehrere Jahre, so daß sich die hohen Investitionskosten von etwa 1,20 DM/m<sup>2</sup> bei mehrmaliger Nutzung pro Jahr und beim Einsatz in hochwertigen Kulturen, wie Rettich und Radies, innerhalb sehr kurzer Zeit amortisieren (ZIEGLER et al. 1989). In Kulturen mit geringerem Deckungsbeitrag, wie z.B. Industriemöhren, stagniert dagegen der Gebrauch von Kulturschutznetzen. Für 'Biobetriebe', die auf die Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln verzichten, ist die Netzabdeckung in vielen Kulturen häufig die einzige wirksame Bekämpfungsmöglichkeit. Ein weiteres bedeutendes Einsatzgebiet ist der Haus- und Kleingarten, da hier die Hauptnachteile des Netzeinsatzes, wie hohe Investitionskosten und Arbeitsintensität, nicht so sehr ins Gewicht fallen wie im Erwerbsanbau. Leider ist im Haus- und Kleingartenbereich dieses umweltfreundliche Verfahren der Schädlingsabwehr noch recht wenig bekannt. In den Tabellen 1 und 2 sind die Vor- und Nachteile einer Netzabdeckung aufgelistet.

Tab. 1: Vorteile einer Netzabdeckung

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- sicherer Schutz vor einem Befall mit einer Reihe von Problemschädlingen, insbesondere Gemüsefliegen</li><li>- in der Regel höhere Erträge und bessere Qualitäten</li><li>- Ernteverfrühungen im Frühjahr und Sommer</li><li>- Schutz vor extremen Witterungsereignissen, wie Schlagregen und Hagel</li><li>- sicherer Schutz vor Vogelfraß und Wildverbiß</li></ul> |
|---|

Tab. 2: Nachteile einer Netzabdeckung

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- in der Regel verstärkte Unkrautentwicklung</li><li>- hohe Investitionskosten</li><li>- teilweise verringerte Qualität durch zu starke Laubentwicklung oder Beschädigungen an den Blättern</li><li>- vereinzelt stärkerer Befall mit Krankheiten</li><li>- arbeitsintensiv</li><li>- kein sicherer Schutz vor allen Schädlingen</li><li>- erschwerte Durchführung von Kulturmaßnahmen und Bestandeskontrollen</li></ul> |
|--|

Die angebotenen Netze schützen die Kulturen nicht nur vor Gemüsefliegenbefall, sondern weisen darüber hinaus auch eine Vielzahl anderer Schädlinge ab. Auch scheinen Insekten, wie z.B. Blattläuse, für die die Maschenweiten der Kulturschutznetze keine mechanische Barriere darstellen, weitaus weniger abgedeckte Flächen zu befallen als offene Flächen (WONNEBERGER 1993). Eine der Ursachen hierfür dürfte vermutlich in der geringeren optischen Attraktivität der mit einem Netz bedeckten Flächen liegen, da für viele Insekten neben Duftstoffen auch Farbreize eine wichtige Rolle beim Auffinden ihrer Wirtspflanzen spielen. Ein weiterer Grund kann das Fehlen eines positiven Reizes durch die Wirtspflanze unmittelbar nach der Landung der Insekten auf einem Netz sein.

Auf der anderen Seite ist zu beachten, daß Schädlinge, die unter dem Netz aus dem Boden schlüpfen oder durch die Maschen unter das Netz eindringen, weit weniger den natürlichen Gegenspielern ausgesetzt sind als auf nicht abgedeckten Flächen. So werden u.a. auch die sehr bedeutenden Blattlausräuber, wie Schwebfliegen, Marienkäfer und Florfliegen, von den Netzen abgehalten und kommen so als wichtige natürliche Regulationsfaktoren nicht zur Geltung. Dies mag erklären, warum in einigen Fällen der Schädlingsbesatz unter den Netzen höher war als auf den Flächen ohne Netzabdeckung. So lassen z.B. einige Schmetterlingsarten, wie Wurzelspinner und Eulen, ihre Eier im Fluge fallen oder können die Eier auch direkt auf die Netze ablegen. Die aus den Eiern schlüpfenden Jungrauen lassen sich einfach fallen, seilen sich ab oder suchen eine Stelle, an der die Blätter die Netze berühren und gelangen so auf die Kulturpflanze. Liegen die Blätter dem Netz breitflächig an, so vermögen Schädlinge, wie der Kleine Kohlweißling, der für eine Eiablage unbedingt den Kontakt zur Wirtspflanze benötigt, ihre Eier auch durch die Maschen des Netzes hindurch auf die Kulturpflanze abzulegen.

Um einem Schädlingsbefall unter Netz vorzubeugen, sollte auf jeden Fall auf eine ausreichende Fruchtfolge geachtet werden (FÖLSTER 1989). Sowohl die Möhrenfliege als auch

die Kleine Kohlfliege sind in der Lage, ihren Entwicklungszyklus auch vollständig unter einer Netzabdeckung durchzuführen. Die Anzahl der abgelegten Eier dürfte in diesen Fällen aber deutlich verringert sein, da die für eine vollständige Ausbildung der Ovarien erforderliche Energie in Form von Nektar oder Pollen nicht aufgenommen werden kann. Viele Insekten sind jedoch in der Lage, einen Teil der Eier auch ohne jegliche Nahrungsaufnahme abzulegen. Weiterhin sollte darauf geachtet werden, daß eine unter Umständen erforderliche kurzfristige Netzabdeckung nicht zu den Hauptflugzeiten der Schädlinge erfolgt. Bei der Möhrenfliege wären dies z.B. die frühen Abendstunden.

Eine weitere Verwendungsmöglichkeit der Netze ist ihr Einbau in die Lüftungseinrichtungen von Gewächshäusern. Um das Eindringen der wichtigsten Schadinsekten an Unterglas-kulturen, wie z.B. Thripse und Weiße Fliegen zu verhindern, sind kleinere Maschenweiten erforderlich als bei der Abwehr von Gemüsefliegen (Tab. 3). Nachteile des Einbaus von Netzen im Gewächshaus sind die Reduzierung des Lichteinfalls und der Lüftungs-kapazität sowie die relativ hohen Investitionskosten. Die Zukunft wird zeigen, inwieweit sich die zur Zeit in Erprobung befindlichen Einbauten in der Praxis bewähren.

Tab. 3: Zur Schädlingsabwehr erforderliche Maschenweiten

Schädling	Maschenweite in mm
Spinmilben	0,06
Thripse	0,15
Blattläuse	0,5
Minierfliegen	0,8
Schmetterlinge	3,0

Quelle: ANONYMUS 1991

#### Erfahrungen mit dem Einsatz von Kulturschutznetzen bei Rettich, Möhren, Porree und Chinakohl

In den letzten Jahren wurde auf dem Versuchsgelände des Instituts für Pflanzenschutz im Gartenbau der Biologischen Bundesanstalt in Braunschweig der Einsatz von Kulturschutz-netzen bei verschiedenen Kulturen erprobt. Im nachfolgenden werden einige der Ergebnisse hierzu kurz vorgestellt:

### Rettich

Wie bereits weiter oben erwähnt, hat sich der Netzeinsatz bei Rettich zu einer Standardmaßnahme zur Abwehr der Kleinen Kohlflye, *Delia radicum*, entwickelt. In einzelnen Fällen kann es jedoch unter dem Netz zu beträchtlichen Schäden durch andere Schädlinge kommen (MERZ 1989). In eigenen Versuchen konnten diese Beobachtungen bestätigt werden. In den Jahren 1991 bis 1993 wurden bei frühen Rettichsätzen (Aussaat im März) sehr große Schäden durch die Larven des Gefleckten Kohltriebrüblers, *Ceworhynchus pallidactylus*, festgestellt (Tab. 4). Das Ausmaß der Schäden unter der Netzabdeckung bewegte sich zwischen 38 und 68 % befallene Rettiche. Die Miniergänge der Larven waren auf das obere Drittel des Rübenkörpers beschränkt und von außen nur selten zu erkennen, da die Käferlarven in der Regel von oben durch die Blattstiele in den Rübenkörper eindringen. Die beobachteten Schäden beschränkten sich ausschließlich auf die frühen Rettichsätze und konnten durch einen gezielten Insektizideinsatz mit synthetischen Pyrethroiden während der Flugzeit des Käfers erfolgreich bekämpft werden. Eine weitere Bekämpfungsmöglichkeit wäre die zusätzliche Abdeckung mit Vlies zur Flugzeit des Gefleckten Kohltriebrüblers bzw. eine alleinige Vliesabdeckung über die gesamte Kulturperiode hinweg. Die Ergebnisse aus dem Jahre 1993 zeigen darüber hinaus, daß auch bei der Kleinen Kohlflye auf eine ausreichende Fruchtfolge geachtet werden muß. Dieser Versuch wurde auf einer Fläche durchgeführt, die im Herbst zuvor mit Rettich bestellt worden war und auf der keine Bekämpfung der Kohlflye erfolgte.

Tab. 4: Befall (%) mit Kohlflye und Kohltriebrübler an Rettich

Jahr	Anbauzeit	Variante	Kohlflye	Kohltriebbrübler
1991	18.3. bis 17.6.	ohne Netz	76	71
		mit Netz	0	50
1992	26.3. bis 29.6.	ohne Netz	38	81
		mit Netz	0	38
1992	6.8. bis 13.10.	ohne Netz	94	0
		mit Netz	0	0
1993	15.3. bis 4.6.	ohne Netz	86	80
		mit Netz	15	68

### Möhren

Bei den in den Jahren 1991 und 1992 durchgeführten Versuchen stand die Frage im Mittelpunkt, ob eine Netzabdeckung auch ausschließlich zum Zeitpunkt der zweiten Möhrenfliegengeneration einen ausreichenden Schutz vor diesem Schädling darstellen kann. Eine



späte Netzabdeckung hätte den Vorteil, daß die zu Beginn der Möhrenkultur anfallenden Kulturmaßnahmen, wie Unkrautbekämpfung, Bodenlockerung und Düngung ohne Probleme durchgeführt werden könnten. Die in der Tab. 5 dargestellten Versuchsergebnisse zeigen aber, daß dies nicht möglich ist. Während eine frühe Netzabdeckung Ende Mai noch eine deutliche Befallsminderung bei Möhrenfliege (*Psila rosae*) und Möhrenminierfliege (*Napomyza carotae*) bewirkte, ergaben sich beim Befall mit der Möhrenfliege bei einer späteren Abdeckung im Juli zu Beginn der zweiten Generation keine Unterschiede mehr im Vergleich zu den offenen Flächen.

Tab. 5: Befall (%) mit Möhrenfliege und Möhrenminierfliege an Möhre

Jahr	Anbauzeit	Variante	Möhrenfliege	Möhrenminierfliege
1991	21.3. bis 12.8.	ohne Netz	11	1
		mit Netz ab 23.5.	42	36
1991	21.3. bis 1.11.	ohne Netz	78	10
		mit Netz ab 5.7.	86	34
1992	22.4. bis 3.11.	ohne Netz	43	16
		mit Netz ab 27.7.	42	16

### Porree

Bei einem im Jahre 1991 durchgeführten Versuch an Porree konnte durch den Einsatz eines Kulturschutznetzes (Rantai K) lediglich ein Befall mit der Lauchmotte, *Acrolepiopsis assectella*, verhindert werden. Für *Thrips tabaci*, dem bedeutendsten Schädling an Porree, wurde sogar ein signifikant höherer Befall unter dem Netz ermittelt als auf der unbehandelten Vergleichsfläche.

### Chinakohl

Versuche zum Netzeinsatz bei Chinakohl in den Jahren 1990 und 1992 zeigten, daß sich ein oberirdischer Kohlfliegenbefall sehr gut mit einer Netzabdeckung verhindern läßt (Tab. 6). Der Befall mit schädlichen Raupen konnte dagegen nur leicht verringert werden. Von einem weiteren positiven Effekt der Netzabdeckung bei Chinakohl bezüglich der Vermeidung von Virosen berichtet WÖNNEBERGER (1993).

Tab. 6: Befall (%) mit Kohlflyge (oberirdisch) und Schadlepidopteren an Chinakohl

Jahr	Anbauzeit	Variante	Kohlfiegen	Raupen
1990	2.8. bis 17.10.	ohne Netz	93	57
		mit Netz ab 6.8.	9	52
1992	23.7. bis 23.9.	ohne Netz	60	26
		mit Netz ab 27.7.	2	24

### Zusammenfassung

Kulturschutznetze lassen sich in vielfältiger Weise zur Abwehr oder Befallsminderung von Schädlingen im Gartenbau einsetzen. In wertvollen Kulturen kann sich ihr Einsatz bereits nach wenigen Jahren amortisieren. Erfahrungen zum Einsatz von Kulturschutznetzen bei Rettich, Möhren, Porree und Chinakohl werden kurz dargestellt. Weitere Einsatzbereiche, wie der Einbau in die Lüftungseinrichtungen von Gewächshäusern oder die Einfärbung der Netze zur weiteren Reduzierung des Befalls, befinden sich zur Zeit in der Erprobung.

### Literatur

- ANONYMUS 1991: Insektenschutz in der Gewächshauslüftung. *Gemüse* 27(2), 67.
- BIZER, E. 1991: Pflanzenschutz mit Gemüsenetzen. *Gemüse* 27(3), 106-107.
- FÖLSTER, E. 1989: Auch bei Netzabdeckung auf Fruchtfolge achten! *Deutscher Gartenbau* 43(11), 688.
- HOMMES, M. & W. PESTEMER 1985: Mögliche Ursachen für eine nachlassende Wirkung von Bodeninsektiziden bei der Bekämpfung der Kleinen Kohlflyge (*Delia radicum* syn. *D. brassicae*) an Rettich in der Bundesrepublik Deutschland. *Med. Fac. Landbouw. Rijksuniv. Gent*, 50/2b, 643-650.
- HOYER, C. & H. MILDE 1988: Kultur-Schutznetze. *Deutscher Gartenbau* 42(29), 1756-1758.
- KONRAD, P. & D. SCHÄCHTLE 1985: Alternative Bekämpfung der Kohlflyge. *Gemüse* 22(7), 300-302.
- MERZ, F. 1989: Vergleich zwischen der Ausbringung von insektiziden Granulaten und dem Einsatz von Kulturschutznetzen gegen Kohlfiegen (*Delia radicum*) an Rettich. *Gesunde Pflanzen* 41(3), 78-80.

WONNEBERGER, C. & G. GAWEHN 1989: Praktische Erfahrungen beim Netzeinsatz im Blumenkohl. *Gemüse* 25(3), 164-167.

WONNEBERGER, C. 1993: Wasserrübenmosaik bei Chinakohl. *Gemüse* 29(3), 160.

ZIEGLER, J.; RICHTER, M. & H.-J. KRAUTHAUSEN 1989: Schutznetz im Praxistest. *Gemüse* 25(3), 168-171.

### TEIL 3: GEZIELTER PFLANZENSCHUTZ

M. Hommes, W. Müller-Pietralla und D. Gebelein, Braunschweig

#### Simulationsmodelle für Gemüsefliegen - Entscheidungshilfen für Beratung und Anbau

Computergestützte Informationstechnologie (IT) gewinnt in der heutigen Arbeitswelt immer mehr an Bedeutung. In zunehmendem Maße wird mit Hilfe dieser Technologie Wissen in Form von Datenbanken oder Expertensystemen für die unterschiedlichsten Bereiche angeboten. Auch im Pflanzenschutzbereich nimmt das Angebot an IT-Verfahren in Form von Experten- und Beratungssystemen sowie von diversen Modellen laufend zu. Sie alle haben zum Ziel, den Pflanzenschutz effektiver zu gestalten und ihn gleichzeitig auf das unbedingt notwendige Maß zu beschränken.

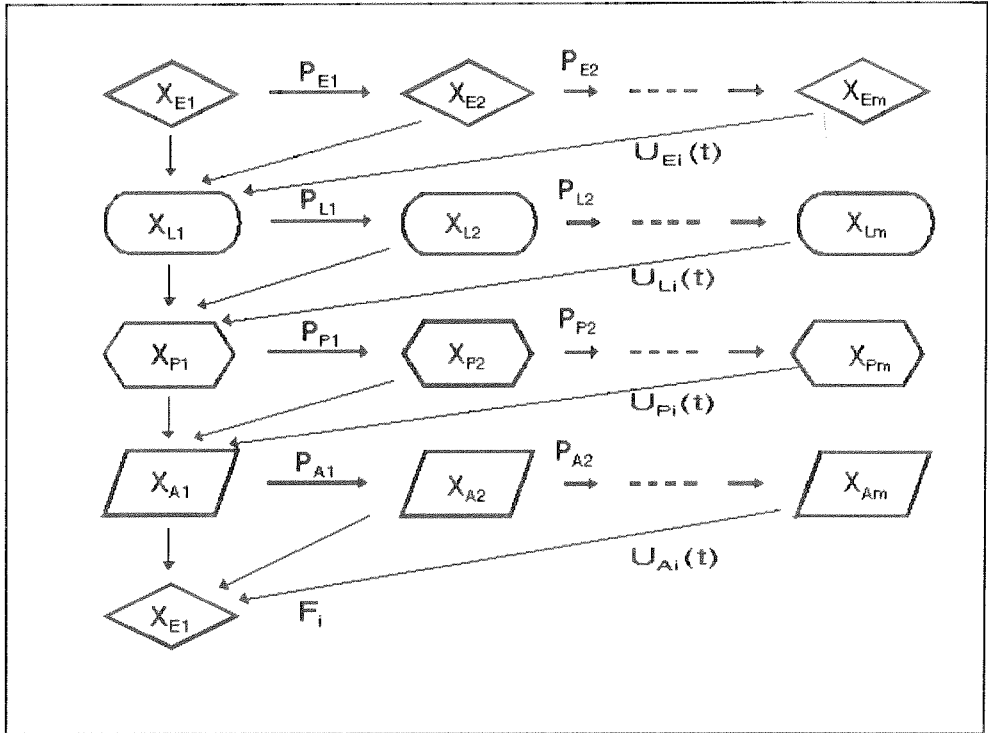
Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten geförderten Projektes "Pflanzenschutz/Warndienst - Wetterdienst" wurden in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftskammer Rheinland, dem Deutschen Wetterdienst und der Technischen Universität in Braunschweig Simulationsmodelle für die drei Gemüseschädlinge Kleine Kohlflye - *Delia radicum* L., Möhrenfliege - *Psila rosae* F. und die Kohlmotte - *Plutella xylostella* L. entwickelt (CRÜGER et al. 1993). Im nachfolgenden Beitrag sollen die beiden Modelle für die Kleine Kohlflye und die Möhrenfliege näher vorgestellt werden.

Die zwei Gemüsefliegen gehören zu den wichtigsten Schädlingen im Gemüsebau und müssen vielerorts regelmäßig bekämpft werden. Der Integrierte Pflanzenschutz fordert eine gezielte Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen, um den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln auf ein Minimum zu begrenzen. Simulationsmodelle können bei der Umsetzung dieser Forderung einen wichtigen Beitrag liefern. So lassen sich mit ihrer Hilfe der Zeitraum eines Schädlingsauftretens sehr genau vorherbestimmen sowie wichtige Hinweise für die Notwendigkeit von Pflanzenschutzmaßnahmen bzw. für deren optimale Terminierung geben.

#### Aufbau und Beschreibung der Modelle

Die erstellten Modelle für die beiden Gemüsefliegen bauen auf dem von SÖNDGERATH (1987) entwickelten erweiterten Lesliemodell auf. Hierbei werden die verschiedenen Entwicklungsstadien in mehrere Altersklassen eingeteilt und Übergangswahrscheinlichkeiten

(P) von einer Altersklasse in die nächste als auch Schlüpfwahrscheinlichkeiten (U) für den Übergang von einem Entwicklungsstadium in das nächste bestimmt (Abb. 1).



$i$  = Altersklasse ( $i=1 \dots m$ ), Entwicklungsstadien (S): E = Ei, L = Larve, P = Puppe, A = Adult

$X$  = erwartete Anzahl von Individuen in den verschiedenen Altersklassen ( $X_{Si}$ )

$P$  = Wahrscheinlichkeit, daß ein Individuum eine Altersklasse überlebt und in die nächste übergeht ( $P_{Si}$ )

$U$  = Schlüpfwahrscheinlichkeit eines Individuums einer Altersklasse, zu einer bestimmten Zeit in das nächste Stadium überzugehen [ $U_{Si}(t)$ ]

$F$  = Durchschnittliche Anzahl von Nachkommen der Individuen in einer Altersklasse ( $F_i$ )

Abb. 1: Erweitertes Lesliemodell nach SÖNDGERATH 1987

Darüber hinaus wird das Konzept der biologischen Zeit zugrunde gelegt und für jeden Tag das entsprechende biologische Alter berechnet. Grundlage hierfür bildet die O'Neal-Funktion, mit deren Hilfe die mathematische Beziehung zwischen den Faktoren Zeit und Temperatur einerseits und der Entwicklungsrate andererseits bestimmt wird. Als weitere Parameter fließen Fertilitäts- und Verteilungsfunktionen in die Modelle ein. Als besondere Modellbausteine sind die Einbeziehung einer Aestivation, d. h. eines Entwicklungsstillstandes bei hohen Bodentemperaturen im Puppenstadium, sowie die Flugaktivität in Abhängigkeit

von der Windgeschwindigkeit zu nennen. Als Starttermin für den Simulationsbeginn der beiden Modelle hat sich der 1. März als der günstigste bei der Validierung der Modelle erwiesen und wird daher als Standardwert vorgegeben. Eine Verlegung dieses Startpunktes um bis zu einem Monat nach vorne (1. Februar) oder nach hinten (1. April) ist jedoch möglich. Die Simulation der beiden Gemüsefliegenmodelle startet mit einer fiktiven Ausgangspopulation von 1000 Puppen.

Die Modelle wurden an Hand der beiden meteorologischen Parameter Lufttemperatur in 2 m Höhe als Stellvertretergröße für den Lebensraum der adulten Tiere und der Bodentemperatur in 5 cm Tiefe für die restlichen Entwicklungsstadien verifiziert und validiert. Die Eingabe dieser beiden meteorologischen Parameter ist unbedingt notwendig, um eine Simulation durchführen zu können und damit alle Leistungen der beiden Modelle zu nutzen. Eine bessere Abschätzung der Eiablage in der Natur kann durch die zusätzliche Eingabe der Windgeschwindigkeit erfolgen. Sind entsprechende Daten nicht verfügbar, so sollte in diesem Falle der Wert 0 eingetragen werden.

Die einzelnen Modellparameter und Eingangsgrößen sowie eine ausführliche Beschreibung der Modelle sind bei CRÜGER et al. (1993) und bei MÜLLER-PIETRALLA (1993) zu finden.

Das Simulationsprogramm zur Umsetzung der Modelle wurde in der Programmiersprache C++ geschrieben und trägt den Namen 'SWAT'. Die einzelnen Simulationen nehmen nur einige wenige Sekunden in Anspruch. Die Bedienung des Simulationsprogramms ist sehr einfach und anwenderfreundlich gehalten. Die Programmoberfläche orientiert sich an dem heute üblichen SAA (Standard Application Architecture)-Standard mit sogenannten 'Pull-Down'-Menüs. In Abb. 2 sind die acht möglichen Auswahlfelder der ersten Ebene dargestellt. Den wichtigsten Menüpunkt innerhalb der Menüleiste stellt das Feld 'Graphik' dar. Dahinter verbergen sich die verschiedenen Möglichkeiten der graphischen Darstellung der Simulationsergebnisse, des Vergleiches dieser Daten mit Boniturwerten sowie der Klimadaten. Unter dem Punkt 'Import' ist das Importieren von Klimadateien möglich. Des weiteren lassen sich unter dem Punkt 'Optionen' verschiedene Anpassungen an die vorhandene Hardware vornehmen. Als minimale Systemvoraussetzung reicht ein handelsüblicher AT-Computer mit einem 80286-Prozessor aus.

Datei	Modell	Simulation	Print	Graphik	Eingabe	Import	Optionen
Öffnen	Kohlfliege		Klimadaten	Populationsdynamik	Boniturdaten		Drucker
Pfad	Möhrenfliege		Boniturdaten	Altersklassen-Verteilung	Klimadaten		Video
DOS-Shell			Simulation	Eiablage (Modell)			PCX-File
Quit				Eiablage (Bonitur)			save
				Eiablage (Bon/Modl)			
				Flugakt. (Modell)			
				Flugakt. (Bonitur)			
				Flugakt. (Bon/Mod)			
				Klimadaten			

Abb. 2: Bedieneroberfläche des Simulationsprogrammes mit den Auswahlmöglichkeiten der ersten Ebene

### Nutzung der Modelle und Simulationsbeispiele

Die Modelle lassen sich auf vielfältige Weise als Entscheidungshilfen für einen gezielten Pflanzenschutz einsetzen. Im nachfolgenden werden an Hand des Modells der Kleinen Kohlfliege die verschiedenen Möglichkeiten, die das Simulationsprogramm bietet, exemplarisch dargestellt.

#### 1. Simulation und Darstellung der Populationsdynamik der verschiedenen Entwicklungsstadien

Bei Vorhandensein entsprechender Klimadaten kann in einer Graphik die Populationsdynamik aller Entwicklungsstadien über die gesamte Vegetationsperiode hinweg dargestellt werden. Hiermit kann sich der Nutzer einen groben Überblick über die Populationsdynamik verschaffen (Abb. 3). Für die beiden Entwicklungsstadien Eier und Adulte kann dies auch separat erfolgen. Mit Hilfe dieser Optionen erhält der Nutzer Informationen über Anzahl der Generationen, Zeitraum des Auftretens der einzelnen Entwicklungsstadien sowie über deren Abundanzmaxima. Bei Vorhandensein entsprechender meteorologischer Daten ist auch die Möglichkeit einer echten Prognose gegeben. Auch lassen sich so verschiedene Simulationen im Hinblick auf mögliche Klimaveränderungen durchführen. In Abb. 4 sind zum Beispiel die Simulationen der Eiablage der Kleinen Kohlfliege für die langjährigen Mittelwerte von Braunschweig, für eine eventuelle Temperaturerhöhung dieser Durchschnittswerte um 2 °C sowie für eine mögliche Temperatursenkung um 2 °C gegenübergestellt. Deutlich ist zu erkennen, daß für den Raum Braunschweig in der Regel mit einem

Auftreten der Kohlfliege in 3 Generationen zu rechnen ist. Bei einer möglichen Erwärmung bzw. in einem außergewöhnlich warmen Jahr, würde sich die Zahl der Generationen um eine erhöhen, während bei einer Abkühlung oder in einem sehr kühlen Jahr sich nur 2 Generationen ausbilden können. Das Diagramm macht deutlich, in welchem Rahmen sich die Zahl der Generationen bewegen kann und zeigt darüber hinaus aber auch anschaulich, daß der Zeitraum des Auftretens der einzelnen Generationen sehr stark schwanken kann und sich deshalb keine allgemein gültigen Regeln für ein Auftreten dieses Schädlings zu bestimmten Zeiten ableiten lassen. Die Möglichkeit einer Prognose oder einer Simulation der aktuellen Lage kann daher eine wichtige Entscheidungshilfe für gezielte Bestandesüberwachungen oder termingerechte Pflanzenschutzmaßnahmen bieten.

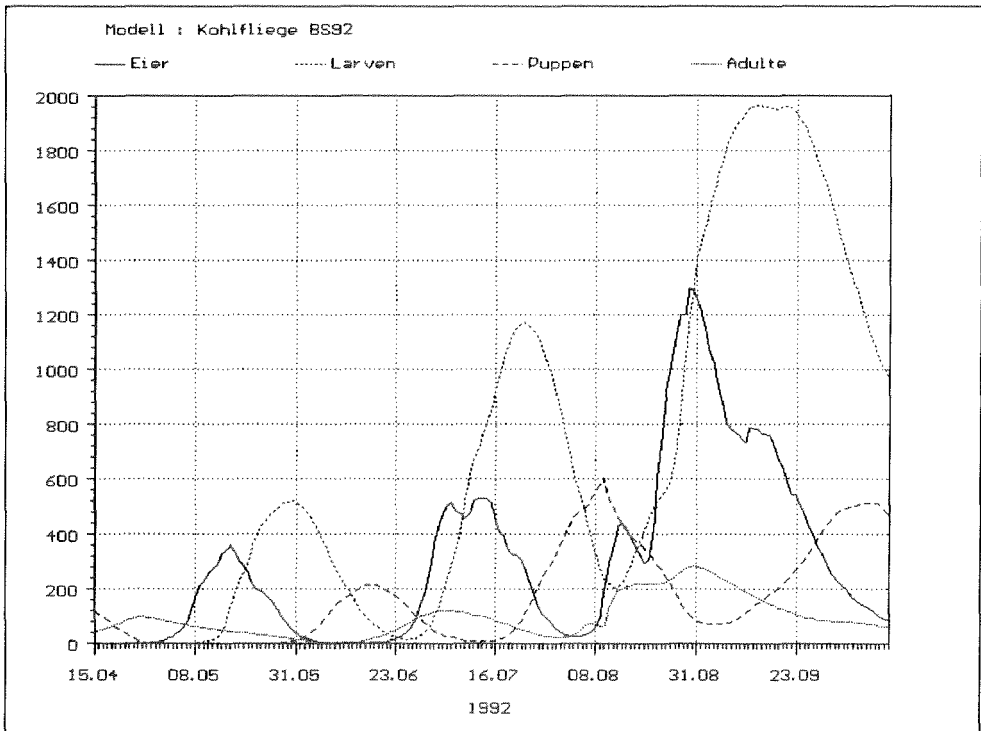


Abb. 3: Simulation der Populationsdynamik aller Entwicklungsstadien der Kleinen Kohlfliege für den Standort Braunschweig und das Jahr 1992



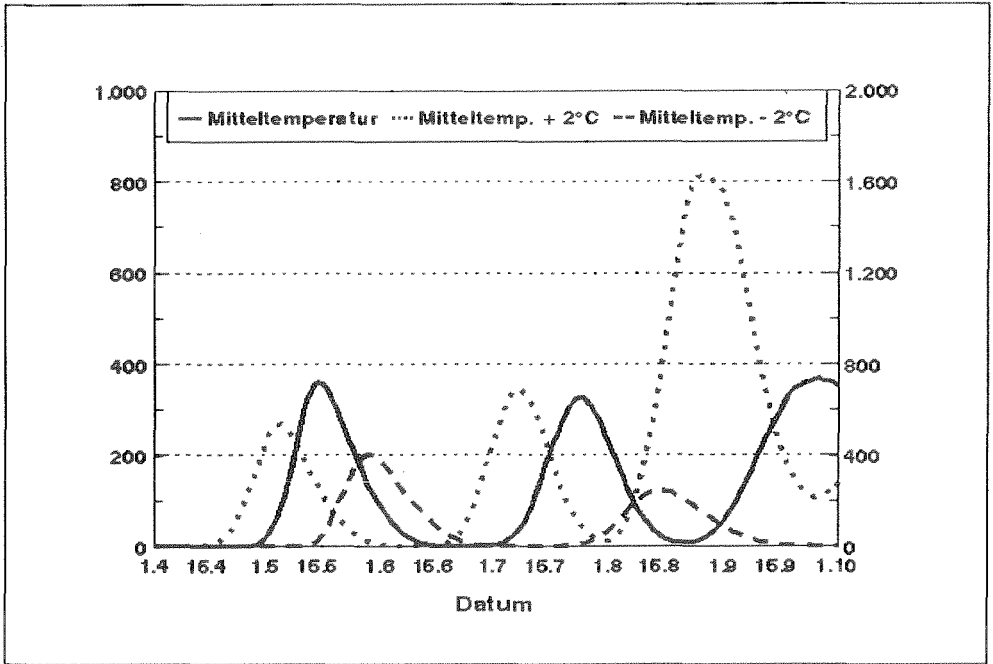


Abb. 4: Eiablagessimulation der Kleinen Kohlflye für drei unterschiedliche Durchschnittstemperaturen (Y1-Achse gilt für Mitteltemperatur und Mitteltemp. - 2 °C, Y2-Achse gilt für Mitteltemp. + 2 °C)

## 2. Darstellung der Altersstruktur der einzelnen Entwicklungsstadien

In einer weiteren Option 'Altersklassen-Verteilung' ist es möglich, sich für jeden einzelnen Tag des Simulationszeitraumes einen Überblick über die Altersstruktur (Anteil Individuen in 14 physiologischen Altersklassen 0-10 %, 10-20 %, ... ,130-140 %) innerhalb der 4 verschiedenen Entwicklungsstadien (Eier, Larven, Puppen, Adulte) der beiden Gemüsefliegen zu verschaffen. Hiermit kann sich der Nutzer ein sehr genaues Bild über die gegenwärtige Situation machen. Diese Möglichkeit des Simulationsprogramms stellt das wichtigste Modul dar, das sowohl von den Pflanzenschutzberatern als auch von den Anbauern selbst als Entscheidungshilfe genutzt werden kann. So ist es bereits im zeitigen Frühjahr, bevor die ersten Fliegen geschlüpft sind, möglich festzustellen, in welchem Entwicklungszustand sich die Puppen befinden und bei Vorhandensein entsprechender Daten, den Schlupf der ersten Fliegen oder die erste Eiablage vorherzusagen. In den Abb. 5-8 sind Simulationsbeispiele für die Kleine Kohlflye aus dem Jahre 1992 für den Standort Braunschweig dargestellt. In Abb. 5 ist die Situation für den 19. April wiedergegeben. Man erkennt deutlich, daß sich etwa die eine Hälfte der Population noch im Puppenstadium befindet, während die andere Hälfte bereits geschlüpft ist. Die Eiablage hat noch nicht eingesetzt, da die Tiere zuerst eine Präovipositionsphase durchlaufen müssen, die die ersten 2 Altersklassen umfaßt und bei

20 °C etwa 5-7 Tage beträgt. Dies wäre z. B. der geeignetste Zeitpunkt zur Herausgabe von Warmmeldungen, die auf den Schlupf der ersten Kohlfliegen hinweisen und darauf aufmerksam machen, daß in wenigen Tagen mit dem Beginn der Eiablage zu rechnen ist und mit der Kontrolle der Eiablage in den Beständen unverzüglich begonnen werden sollte. Zehn Tage später am 29. April erkennt man (Abb. 6), daß nahezu alle Fliegen aus den Puppen geschlüpft sind, die ersten Fliegen ihre Präovipositionsphase beendet haben und die ersten Eier abgelegt worden sind.

Am 8. Mai (Abb. 7) sind bereits alle Fliegen geschlüpft, die meisten Fliegen befinden sich in der Altersklasse, in der sie mit der Eiablage beginnen. Die Anzahl der Eier ist daher sehr stark angestiegen. Die ersten Larven sind bereits geschlüpft. Dies wäre ein günstiger Zeitpunkt für den Einsatz eines Präparates mit einer breiten Wirkung gegen Adulte, Eier und Junglarven, da ein Schaden zu diesem Zeitpunkt noch nicht gesetzt ist. Da mit keinem weiteren Schlupf der Imagines zu rechnen ist, dürfte eine einmalige Behandlung ausreichend sein. Für eine Bekämpfung ausschließlich der Adulten würde es in diesem Falle schon zu spät sein, da bereits ein großer Teil der Eiablage stattgefunden hat. In Abb. 8 ist die Situation 3 Wochen später für den 29. Mai dargestellt. Es sind nur noch wenige Fliegen vorhanden, deren Eiablagepotential weitgehend erschöpft ist. Die Zahl der vorhandenen Eier ist stark zurückgegangen. Die meisten Individuen der Kohlfliegenpopulation befinden sich im Larvenstadium. Die ersten Larven haben sich bereits verpuppt. Zu diesem Zeitpunkt dürfte der Hauptschaden gesetzt werden. Nach einem entsprechenden Befallsdruck und bei einer mangelhaften oder fehlenden Bekämpfung sollten zu diesem Zeitpunkt deutliche Befallssymptome zu erkennen sein. Ist eine Neupflanzung ins Auge gefaßt, so ist zu diesem Termin zu überlegen, inwieweit auf eine Bekämpfungsmaßnahme vollkommen verzichtet werden kann, da mit einer neuen Befallsperiode in der nächsten Zeit nicht zu rechnen ist. Mit Hilfe von Prognosewetterdaten und langjährigen Mittelwerten kann dieser Zeitraum bis zur nächsten Eiablageperiode sehr exakt abgeschätzt werden. Diese Möglichkeit der genauen Abschätzung eines Befallsrisikos für einen zukünftigen Zeitraum ist nur mit Hilfe von Simulationsmodellen möglich.

Wie aus den Abb. 5-8 zu ersehen ist, kann die graphische Darstellung der Altersstruktur innerhalb der einzelnen Entwicklungsstadien sowohl eine bedeutende Entscheidungshilfe für einzuleitende Bestandesüberwachungsmaßnahmen als auch für einen gezielten und optimal terminierten Pflanzenschutz darstellen. Insbesondere der letzte Punkt ist von großer Bedeutung, wenn Maßnahmen oder Präparate nur gegen bestimmte Entwicklungsstadien oder sogar nur gegen bestimmte Phasen eines Stadiums, wie z.B. zum Zeitpunkt Schlupf der Eilarven, wirken. Dies ist insbesondere von Bedeutung beim Einsatz von biologischen Präparaten oder Nützlingen, die ihre volle Wirkung häufig nur dann entfalten können, wenn sie zu einem ganz bestimmten Zeitpunkt appliziert bzw. ausgebracht werden. Sehr wichtig ist hierbei auch die Möglichkeit der Prognose, so daß notwendige Überwachungs- und Bekämpfungsmaßnahmen rechtzeitig geplant und durchgeführt werden können.

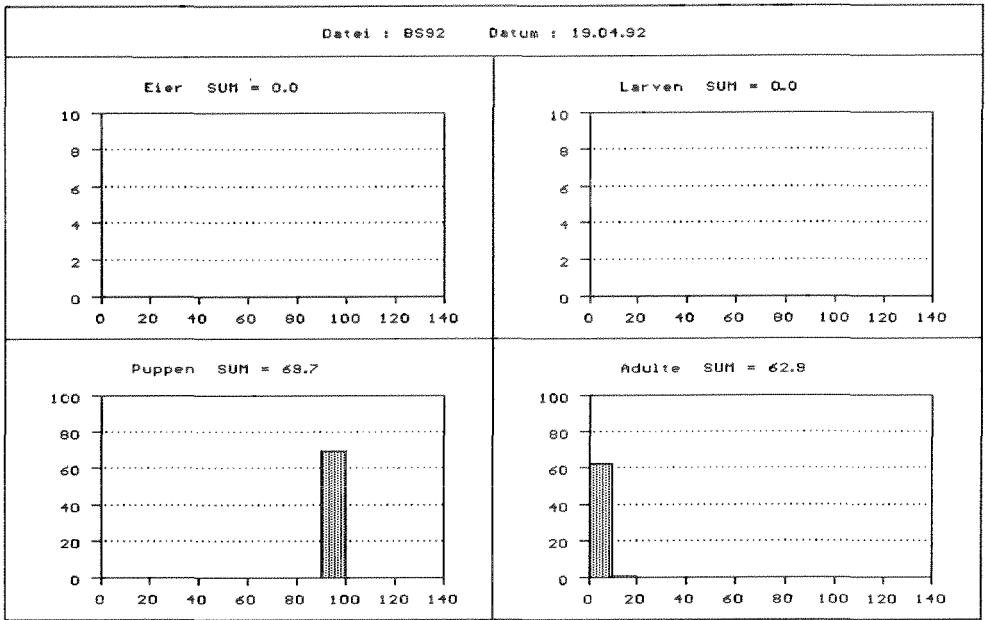


Abb. 5: Altersklassenstruktur der Kleinen Kohlfliege für den Standort Braunschweig am 19.4.92

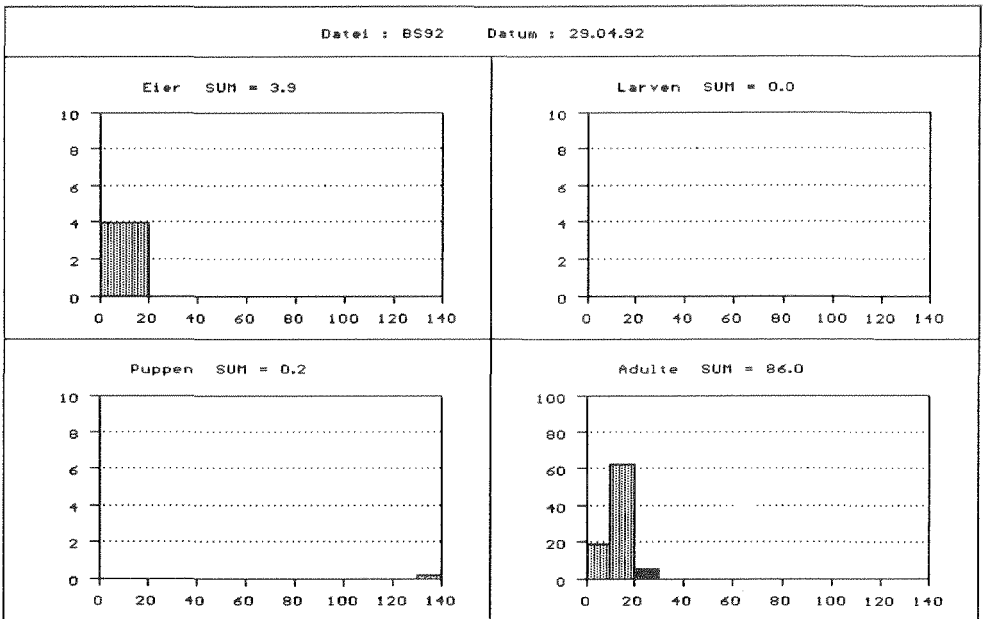


Abb. 6: Altersklassenstruktur der Kleinen Kohlfliege für den Standort Braunschweig am 29.4.92

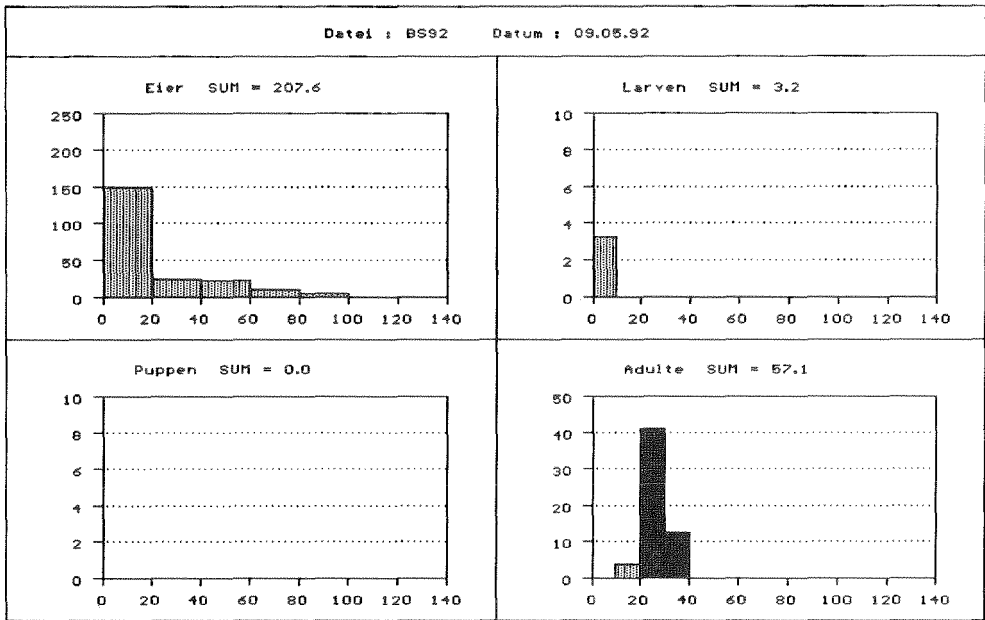


Abb. 7: Altersklassenstruktur der Kleinen Kohlfliege für den Standort Braunschweig am 8.5.92

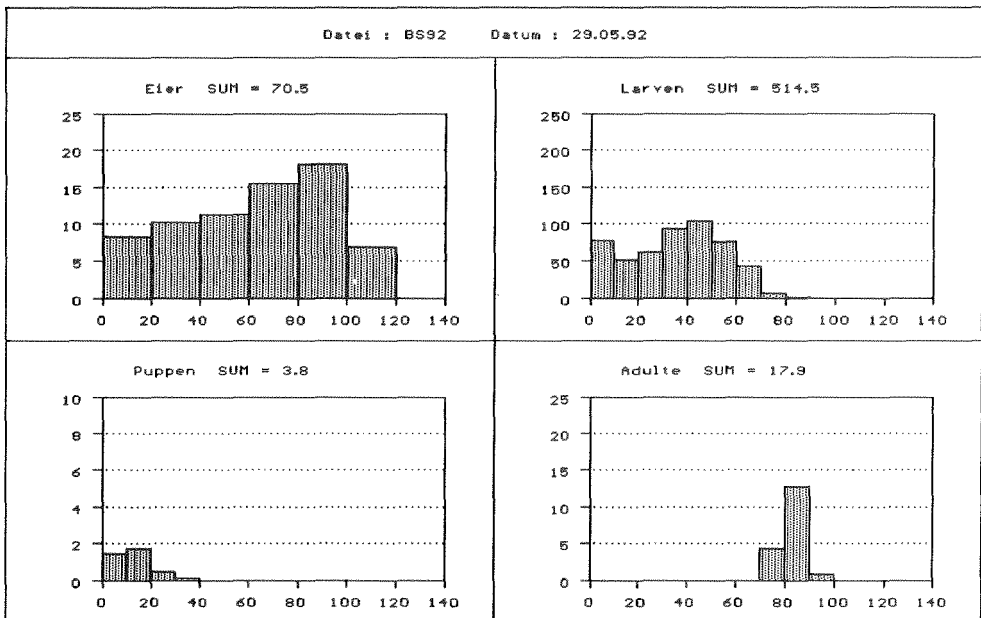


Abb. 8: Altersklassenstruktur der Kleinen Kohlfliege für den Standort Braunschweig am 29.5.92

### 3. Vergleich Bonitur und Modell, Überprüfung der Güte des Modells

Eine weitere sehr hilfreiche und nützliche Funktion des Simulationsprogramms ist die Möglichkeit des Vergleiches von Simulations- mit Boniturdaten. Damit hat der Nutzer die Möglichkeit, die Güte des Modells anhand eigener Freilanddaten zu überprüfen. Dies kann für die Kleine Kohlfliege mit Hilfe von Eimanschetten zur Kontrolle der Eiablage und mit Gelbschalen zur Erfassung der Flugaktivität erfolgen. Für die Möhrenfliege ist zur Zeit lediglich eine Überwachung der Flugaktivität mit Hilfe von gelben Leimtafeln möglich. Kleinere Abweichungen zwischen Modell und Realität sind zu tolerieren, da ein Simulationsmodell nie in der Lage sein wird, die komplizierten Zusammenhänge und Wechselspiele in der belebten Natur vollkommen nachzubilden. Das Modell ist nur in der Lage, die Hauptabhängigkeiten nachzubilden. Weitere Faktoren, die die Entwicklung einer Population maßgeblich beeinflussen können, sind z.B. außergewöhnliche Witterungsereignisse wie Frostperioden, Hagel, Starkregen, extreme Trockenheit oder Nässeperioden, ungewöhnlich starkes Auftreten von natürlichen Gegenspielern oder ausgeprägte Migrationen. Auch die in einer Region gleichzeitig durchgeführte Bekämpfungsmaßnahmen, die einen großen Teil der Population in einem bestimmten Entwicklungsabschnitt abtöten, können zu einer größeren Diskrepanz zwischen Modell und Boniturverlauf führen. Nur wenn es sich um regelmäßig wiederkehrende Abweichungen handelt, ist von einem systematischen Fehler im Modell auszugehen. Es ist jedoch zu beachten, daß Fehlermöglichkeiten auch in den durchgeführten Bonituren oder verwendeten Fallen liegen können. Darüber hinaus muß nochmals erwähnt werden, daß das Modell von einer fiktiven Population von 1000 Individuen ausgeht und somit keine genauen quantitativen Aussagen getroffen werden können. Das Modell zeigt Veränderungen an und gibt Hinweise auf Minima und Maxima. Ein genauer Vergleich der absoluten Zahlen zwischen Simulation und Bonituren ist in der Regel nicht zulässig und zufälliger Natur (s. z.B. Abb. 9).

In den Abb. 9 und 10 ist ein Vergleich zwischen einer Eiablagensimulation der ersten Kohlfliegen- und einer im Freiland erhobenen Eiablage für die Jahre 1992 und 1993 wiedergegeben. Sowohl für das Jahr 1992, in dem die Haupteiablage am Ende der zweiten Maidekade zu verzeichnen war, als auch im Jahre 1993 mit einem Eiablagemaximum zu Beginn des Monats Mai, werden der Zeitraum der Eiablage als auch ihr Verlauf sehr gut simuliert. Die beiden Graphiken zeigen deutlich, daß das Simulationsprogramm die Realität hinreichend genau nachzubilden vermag und somit wertvolle Entscheidungshilfen gibt.

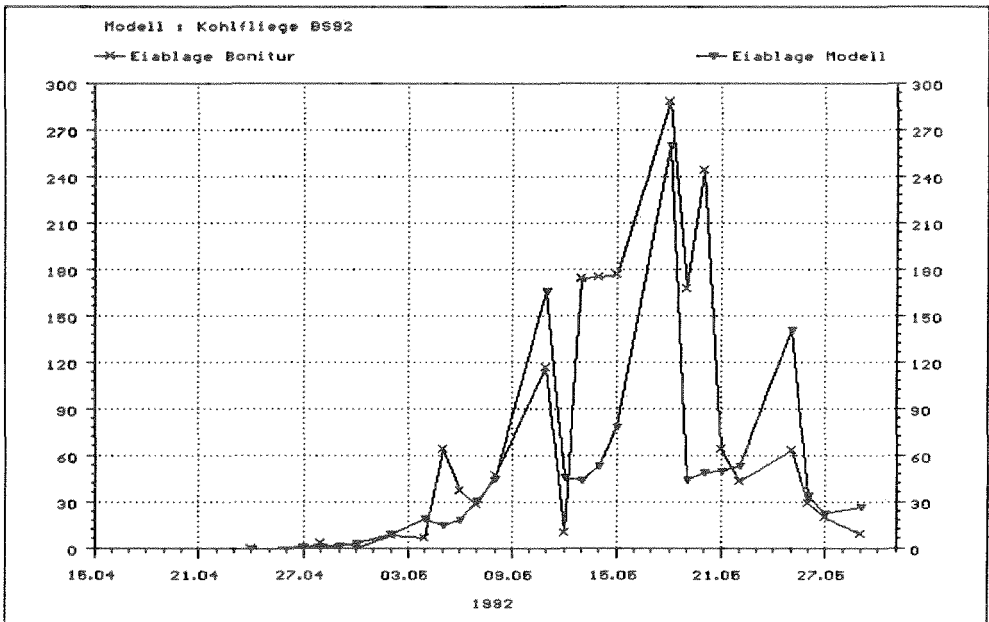


Abb. 9: Eiablage der 1. Kohfliegengeneration am Standort Braunschweig für das Jahr 1992 - Vergleich zwischen Simulation und Boniturdaten

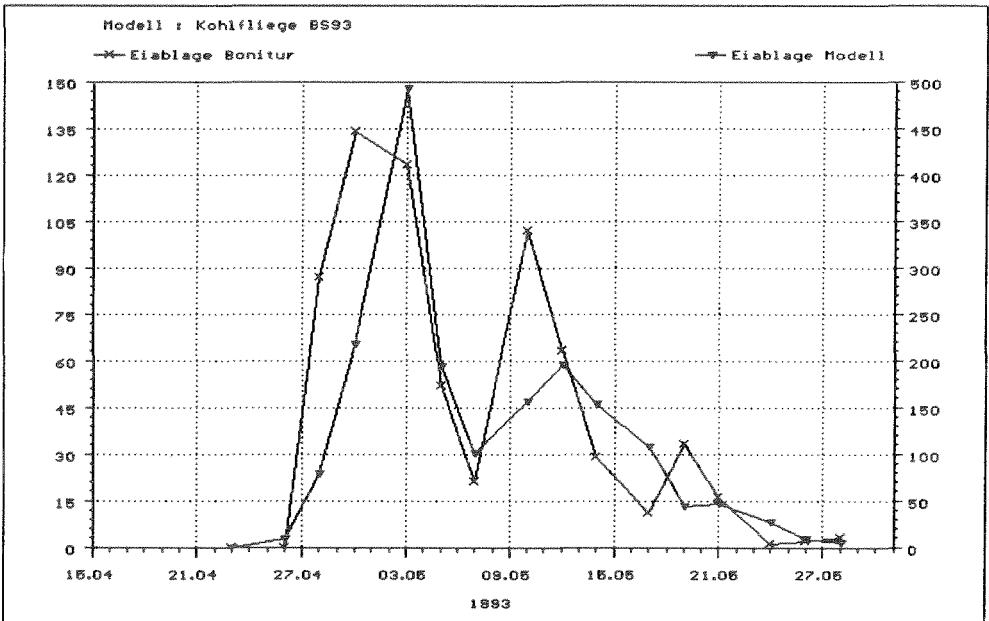


Abb. 10: Eiablage der 1. Kohfliegengeneration am Standort Braunschweig für das Jahr 1992 - Vergleich zwischen Simulation und Boniturdaten

### Zusammenfassung

Die im Rahmen eines Forschungsvorhabens entwickelten Modelle für die Kleine Kohlfliege *Delia radicum* L. und die Möhrenfliege *Psila rosae* F. simulieren die Abundanzdynamik der einzelnen Entwicklungsstadien. Das Simulationsprogramm bietet die Möglichkeit, die Altersklassenverteilung innerhalb eines Entwicklungsstadiums parallel nebeneinander darzustellen und erlaubt bei Vorhandensein entsprechender Wetterdaten, eine Prognose durchzuführen. Diese Leistungen erlauben es dem Anbauer und Berater, das Auftreten der beiden Schädlinge sehr genau vorherzubestimmen und damit den Zeitraum für die erforderlichen Bestandeskontrollen weitgehend zu minimieren. Darüber hinaus geben sie durch den Einblick in die Altersstruktur wichtige Entscheidungshilfen für eine optimale Terminierung der Bekämpfungsmaßnahmen.

### Literatur

CRÜGER, G., HOMMES, M., PÖLKING, A., MÜLLER-PIETRALLA, W., FORSTER, R. & D. GEBELEIN (1993): Entwicklung von Simulationsmodellen für die Gemüseschädlinge Kleine Kohlfliege, Möhrenfliege und Kohlmotte. Endbericht des Teilprojektes 4 des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens "Pflanzenschutz - Warndienst/Wetterdienst" (Im Druck).

MÜLLER-PIETRALLA, W. (1993): Entwicklung von populationsdynamischen Prognosemodellen für die Kleine Kohlfliege (*Delia radicum* L.) und die Möhrenfliege (*Psila rosae* F.) auf der Basis von Labor- und Freilandexperimenten. Dissertation Technische Universität Braunschweig (Im Druck).

SÖNDGERATH, D. (1987): Eine Erweiterung des Lesliemodells für die Beschreibung populationsdynamischer Prozesse bei Spezies mit mehreren Entwicklungsstadien. Dissertation Universität Dortmund.

R. Hildenhagen, R. Forster und M. Hommes, Braunschweig

## **Bekämpfungsschwellen für die Mehligie Kohlblattlaus und Schmetterlingsraupen - Grundlage für einen gezielten Pflanzenschutz in Kopfkohlkulturen**

### Einleitung

Der Integrierte Pflanzenschutz steht seit langem im Mittelpunkt der Entwicklung einer Wirtschaftsweise, die ökonomische und ökologische Aspekte in Einklang bringen soll. Der Gesetzgeber trägt diesem Ziel durch das Pflanzenschutzgesetz Rechnung, dem zufolge Pflanzenschutzmittel nur nach guter fachlicher Praxis unter Beachtung der Grundsätze des Integrierten Pflanzenschutzes angewendet werden dürfen. In der Praxis bedeutet dies unter anderem, daß der Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel nur gezielt erfolgen darf. Eine gezielte Bekämpfung im Sinne des Integrierten Pflanzenschutzes erfordert jedoch einfache und praktikable Methoden zur Ermittlung der aktuellen Befallssituation im Feldbestand sowie zuverlässige Entscheidungskriterien zur Beurteilung der Bekämpfungswürdigkeit eines Schädigungsbefalls. Für die Mehrheit der in Gemüsekulturen vorkommenden Schädlinge existieren jedoch keine oder nur vorläufige Bekämpfungsschwellen, die der Weiterentwicklung und breiten Erprobung unter Praxisbedingungen bedürfen.

In einem vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten geförderten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben wurden in den Jahren 1987 bis 1990 am Beispiel des Kopfkohls Methoden zur gezielten Bekämpfung von Schädlingen erarbeitet und in bedeutenden Anbauregionen der Bundesrepublik unter Praxisbedingungen erprobt. Im Jahre 1991 wurden die Untersuchungen im Raum Hannover/Braunschweig weitergeführt.

Der Kopfkohlanbau stellt mit fast einem Fünftel der Gemüseanbaufläche die flächenmäßig bedeutendste Gemüsekultur in der Bundesrepublik Deutschland dar. Aus diesem Grund ist Kopfkohl besonders geeignet, eine Vielzahl von Gemüseanbauern mit den Prinzipien einer gezielten Bekämpfung nach Schwellenwerten vertraut zu machen. Ein besonderer Schwerpunkt des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens bestand daher in der Demonstration und Einweisung von Praktikern und Beratern in die Methode des gezielten Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln. Die bundesweite Durchführung des Vorhabens ermöglichte durch die Beteiligung der Pflanzenschutzdienststellen der Länder eine breite Einführung der Bekämpfungsschwellen in die landwirtschaftliche Praxis und eine Erprobung unter den regional unterschiedlichen Anbau- und Befallsbedingungen. Ziel dieses Vorhabens war die Minimierung des Einsatzes von Insektiziden bei gleichzeitiger Sicherung praxisüblicher Erträge und marktgerechter Qualitäten.



### Versuchsstandorte und Versuchsanlage

Die Erprobung des Verfahrens erfolgte sowohl in landwirtschaftlichen Betrieben als auch auf Versuchsflächen des amtlichen Pflanzenschutzdienstes in den bedeutendsten Anbauregionen der alten Bundesländer (Abb. 1).



Abb. 1: Erhebungsstandorte in den Jahren 1987 bis 1991

Um potentielle Ernteverluste sowie regionale Unterschiede im Artenspektrum und der Abundanzdynamik der einzelnen Schädlinge und ihrer natürlichen Gegenspieler erfassen zu können, wurden an der Mehrzahl der Standorte unbehandelte Kontrollparzellen im Kohlbestand angelegt. Auf der übrigen Kulturfläche wurden die auftretenden Schadinsekten gezielt nach Schwellenwerten bekämpft. Darüber hinaus wurde an einigen Standorten ein Teil des Bestandes routinemäßig in 14tägigem Abstand oder praxisüblich, d.h. nach den individuellen Erfahrungen bzw. Einschätzungen des jeweiligen Betriebsleiters, mit Insektiziden behandelt. Alle ackerbaulichen Maßnahmen mit Ausnahme des Insektizideinsatzes erfolgten standortabhängig und praxisüblich.

Zum Zeitpunkt der Ernte wurde an allen Versuchsstandorten sowohl in den unbehandelten Kontrollen als auch in den gezielt oder routinemäßig bzw. praxisüblich behandelten Beständen eine Qualitätsbestimmung an jeweils 50 Pflanzen durchgeführt. Um mögliche Ertragsverluste zu erfassen, wurde darüber hinaus ab 1988 das Erntegewicht der Kohlköpfe bestimmt.

In den Jahren 1987 bis 1991 wurden in Praxisbetrieben und an den Pflanzenschutzdienststellen der Länder insgesamt 118 Versuchsflächen mit etwa 186 ha Kopfkohl betreut. In der Regel wurde ein Bestand mit spätem Weißkohl für die Untersuchungen ausgewählt. An einigen Standorten wurde darüber hinaus Rotkohl und vereinzelt auch Wirsing oder früher Weißkohl mit in die Erprobung der Bekämpfungsschwellen einbezogen.

### Schädlinge an Kopfkohl

Während der Vegetationszeit können im Gemüsekohl verschiedene saugende und beißende Insekten als Schädlinge auftreten. Die in der Bundesrepublik Deutschland an den oberirdischen Pflanzenteilen häufig nachgewiesenen Kohlschädlinge sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Häufig nachgewiesene saugende und beißende Schadinsekten an Kopfkohl in der Bundesrepublik Deutschland (in alphabetischer Reihenfolge)

deutscher Name		wissenschaftlicher Name
<u>saugende Schadinsekten</u>		
Grüne Pfirsichblattlaus	-	<i>Myzus persicae</i> (SULZ.)
Kohlmottenschildlaus	-	<i>Aleyrodes proletella</i> (L.)
Mehlige Kohlblattlaus	-	<i>Brevicoryne brassicae</i> (L.)
Zwiebelthrips	-	<i>Thrips tabaci</i> LIND.
<u>beißende Schadinsekten</u>		
Gammaeule	-	<i>Autographa gamma</i> L.
Großer Kohlweißling	-	<i>Pieris brassicae</i> L.
Kleiner Kohlweißling	-	<i>Pieris rapae</i> L.
Kohleule	-	<i>Mamestra brassicae</i> L.
Kohlmotte	-	<i>Plutella xylostella</i> L.
Kohlzünsler	-	<i>Evergestis forficalis</i> L.

Die Befallshäufigkeit und Abundanz der einzelnen Schädlinge wies zum Teil deutliche Unterschiede zwischen den Jahren, Anbauregionen und Standorten auf. Der geringste Befallsdruck war

in der Regel auf den küstennahen Standorten Schleswig-Holsteins zu verzeichnen, während der höchste Befall in den wärmeren Gebieten Südwestdeutschlands festgestellt wurde.

Die Mehligke Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*) erwies sich als der bedeutendste saugende Schädling im Kohlanbau der Bundesrepublik Deutschland. Sie konnte im Laufe der Vegetationsperiode auf nahezu jeder Kohlpflanze nachgewiesen werden. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß ein Frühbefall die weitere Entwicklung der Kohlpflanzen und in der Folge vor allem das Kopfgewicht, ein Spätbefall hingegen insbesondere die Erntequalität beeinträchtigen kann. Andere Blattlausarten brauchen in der Regel für die Bekämpfungsentscheidung nicht berücksichtigt zu werden. Ihr Befall beschränkte sich meist auf die älteren Blätter oder war nur von kurzer Dauer und blieb ohne erkennbare Schadwirkung. Die Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*), die nur in den klimatisch begünstigten Gebieten im Westen und Südwesten der Bundesrepublik nachgewiesen werden konnte, und Thripse wurden im Rahmen der gezielten Bekämpfung bisher nicht berücksichtigt.

Die dominierenden Schadraupen waren die Larven der Kohlmotte (*Plutella xylostella*), des Kleinen Kohlweißlings (*Pieris rapae*) und der Kohleule (*Mamestra brassicae*). Mehr als 85 % der im Versuchszeitraum nachgewiesenen Raupen gehörten diesen drei Arten an. Die Larven des Kohlzünslers (*Evergestis forficalis*), des Großen Kohlweißlings (*Pieris brassicae*) und der Gammaeule (*Autographa gamma*) traten weniger häufig auf. Für die Bekämpfungsentscheidung hat sich eine Bestimmung der einzelnen Raupenarten nicht als notwendig erwiesen (FORSTER et al., 1992). Die Bekämpfungswürdigkeit eines Befalls kann hinreichend durch den prozentualen Anteil befallener Pflanzen begründet werden. Der wirtschaftlich bedeutendste Schaden wird durch Qualitätsmängel hervorgerufen und nicht durch Gewichtsverluste.

#### Bestandeskontrollen zur Ermittlung der Befallssituation

Auf den gezielt nach Bekämpfungsschwellen behandelten Flächen wurden während der Vegetationsperiode in ca. 14tägigem Abstand Bestandeskontrollen durchgeführt, um den prozentualen Befall mit Mehligke Kohlblattlaus und Schadraupen zu ermitteln. Gemeinsam mit den Praktikern wurden dazu im Bestand verteilt 10 Kontrollpunkte mit jeweils fünf Pflanzen auf Befall mit der Mehligke Kohlblattlaus und Raupen untersucht. Dieser Zeitraum zwischen den Kontrollterminen wurde gewählt, um Veränderungen der Befallssituation ausreichend erfassen zu können und andererseits den Arbeitsaufwand für die Erhebung möglichst gering zu halten. Des weiteren wurde auf diese Weise zwischen zwei möglichen aufeinanderfolgenden Applikationsterminen ein Zeitraum von mindestens zwei Wochen eingehalten. War zum Kontrolltermin ein Schädlingsbesatz kurz vor Erreichen des jeweiligen Schwellenwertes, ein starker Zuflug von Blattläusen oder eine intensive Eiablage der Schadlepidopteren zu verzeichnen, wurde nach

Ablauf einer Woche eine zusätzliche Bestandeskontrolle empfohlen. Dieses Verfahren bietet dem Landwirt ein ausreichend hohes Maß an Sicherheit für eine einfache und selbständige Ermittlung der aktuellen Befallssituation im Kohlbestand.

#### Bekämpfungsschwellen für Mehliges Kohlblattlaus und Raupen

Um eine zuverlässige Bewertung der ermittelten Befallssituation standortabhängig und selbständig vornehmen zu können, ist die Erarbeitung zuverlässiger Bekämpfungsschwellen notwendig. Grundlage für die Untersuchungen bildeten die von HOMMES et al. (1988) vorgeschlagenen Bekämpfungsschwellen.

Unter Berücksichtigung der zu Untersuchungsbeginn vorliegenden Erkenntnisse und der anfänglich noch geringen Risikobereitschaft der Landwirte kamen im ersten Jahr relativ niedrige Schwellenwerte für die Bekämpfung der Kohlschädlinge zur Anwendung. Im Jahr 1988 erfolgte eine Erhöhung der Schwellenwerte für die Mehliges Kohlblattlaus sowie eine Differenzierung in Abhängigkeit von der ermittelten Befalldichte. Zusätzlich wurde die Bonitureinheit für die Mehliges Kohlblattlaus und für Raupen auf das Herz bzw. den Kopf und sechs Umblätter der Kohlpflanzen reduziert. Diese Beschränkung der Bonitur auf die für die weitere Entwicklung und Erntequalität bedeutenden Pflanzenteile wirkt sich wie eine Erhöhung der Bekämpfungsschwellen aus und führt gleichzeitig zu einer spürbaren Reduzierung des Bonituraufwandes. Im Jahr 1989 erfolgte nach zweijähriger Prüfung eine Erhöhung der Schwellenwerte für Schadraupen unter Berücksichtigung des Entwicklungsstadiums der Kultur. Die Schwellenwerte in den ersten Kulturabschnitten dienen vor allem der Ertragsstabilität, während die Schwellenwerte ab der Kopfbildung insbesondere die Sicherung guter Erntequalitäten zum Ziele haben. Um eine objektive und allgemein verständliche Bestimmung der Bestandesentwicklung zu gewährleisten, wurden die für die Bekämpfung bedeutenden Entwicklungsabschnitte der Kulturpflanzen in Form von Dezimalcodes (nach BUHTZ et al., 1990) bei der Formulierung der Schwellenwerte berücksichtigt (Abb. 2). Ab 1990 wurden darüber hinaus die Schwellenwerte für Schadraupen und für die Mehliges Kohlblattlaus an die Vermarktungsrichtung bzw. das Produktionsziel des Betriebes angepaßt. An Frischmarkt- und Lagerkohl werden besonders hohe Qualitätsanforderungen gestellt, denen durch niedrige Schwellenwerte während der Kopfbildung Rechnung getragen wurde. Bei einer industriellen Verarbeitung wird hingegen ein Schädlingsbesatz oder Fraßschaden am Erntegut in begrenztem Maße toleriert, da insbesondere für Einschneideware die oberen Deckblätter des Kohlkopfes vor der Verarbeitung entfernt werden. Entsprechend können hier nach der Kopfbildung höhere Schwellenwerte zur Anwendung kommen. Eine Zusammenstellung der geprüften Schwellenwerte ist der Veröffentlichung von FORSTER et al. (1992) zu entnehmen.

Die Bestandeskontrollen für die Mehligke Kohlblattlaus und für Schadraupen können in einem Arbeitsgang durchgeführt werden. Abbildung 2 zeigt den in der Praxis bewährten Erhebungsbogen, der direkt im Feld einsetzbar ist. Die im Erhebungsbogen angegebenen Bekämpfungsschwellen beruhen auf den Ergebnissen der bundesweiten Untersuchungen für die Mehligke Kohlblattlaus und Schadraupen. Die empfohlenen Bekämpfungsschwellen stellen eine Orientierungshilfe für den Praktiker dar. Entsprechend den eigenen Erfahrungen und Qualitätsansprüchen kann möglicherweise auch ein höherer Befall toleriert werden. Vom Pflanzenschutzamt Hannover wurde eine bebilderte Broschüre herausgegeben, in der das Verfahren sowie die bedeutenden Schädlinge und einige wichtige Nützlinge beschrieben werden (FORSTER und HILDENHAGEN, 1991).

### Ergebnisse der gezielten Bekämpfung

Entscheidend für die Akzeptanz eines an Bekämpfungsschwellen orientierten Verfahrens sind die erzielbaren Erträge und Erntequalitäten. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die in den Jahren 1987 bis 1991 produzierten Erntequalitäten von Weißkohl aus unbehandelten und gezielt bekämpften Beständen sowie über die durchschnittlichen Kopfgewichte und die durchschnittliche Anzahl Insektizidanwendungen gegen Raupen und Mehligke Kohlblattlaus.

Vergleicht man zunächst die Qualitäten auf den unbehandelten Flächen, so sind deutliche Unterschiede zwischen den Jahren offensichtlich. Die Ursachen hierfür sind überwiegend auf witterungsbedingte Schwankungen der Schädlingspopulationen und damit des Befallsdruckes zurückzuführen. Vergleicht man dagegen die Qualitäten aus den gezielt bekämpften Flächen der einzelnen Jahre, wird der ertragsstabilisierende Einfluß der Pflanzenschutzmaßnahmen deutlich. Sowohl die Erntequalität als auch das Kopfgewicht konnten durch eine gezielte, an Schwellenwerten orientierte Bekämpfung gesichert werden.

Im Mittel aller Jahre lag das durchschnittliche Erntegewicht auf den unbehandelten Flächen etwa 4 % niedriger als in den nach Schwellenwerten behandelten Beständen. Durch die gezielte Bekämpfung der Mehligken Kohlblattlaus konnten die Erntequalitäten vor allem zugunsten des Anteils an Frischmarktware verbessert werden. Die im Durchschnitt relativ guten Qualitäten und nur geringen Gewichtseinbußen in den unbehandelten Kontrollparzellen weisen darauf hin, daß an vielen Standorten die Möglichkeit für weitere Pflanzenschutzmitteleinsparungen gegeben oder eine Bekämpfung der Mehligken Kohlblattlaus nicht notwendig war. An über der Hälfte der Standorte konnten keine oder nur sehr geringe Ernteverluste in der unbehandelten Kontrolle ermittelt werden. Geht man vom Produktionsziel Lagerware aus, so wurden andererseits auf etwa 10 % der Standorte Ernteverluste von über 25 % in der unbehandelten Kontrolle festgestellt. Aufgrund dieser an einzelnen Standorten verursachten starken Schädigung der Pflanzen und der sehr

raschen Populationsentwicklung der Mehligen Kohlblattlaus sind weitere Pflanzenschutzmittel-einsparungen ohne Risiko nur durch intensivere, standortbezogene Bestandeskontrollen während der Hauptbefallsperioden möglich (kürzere Kontrollintervalle, stärkere Gewichtung eines Herzbefalls, Einbeziehung des Nützlingsbesatzes und der Witterung).

Die Ernteverluste von durchschnittlich 14 % in den unbehandelten Kontrollen verdeutlichen, daß eine Bekämpfung von Schadraupen in Kohlbeständen notwendig ist. Der Anteil qualitativ hochwertiger, zur Frischvermarktung geeigneter Ware konnte mit durchschnittlich 2,1 Bekämpfungsmaßnahmen verdoppelt und der gesamte Anteil des vermarktungsfähigen Erntegutes um 11 % erhöht werden.

Tab. 2: Vermarktungsfähigkeit, Kopfgewicht und Anzahl Insektizidanwendungen gegen Raupen und Mehliges Kohlblattlaus von Weißkohl aus unbehandelten und gezielt nach Bekämpfungsschwellen behandelten Kohlbeständen in den Jahren 1987 bis 1991

Jahr	Behandlung	n <sup>1</sup>	Vermarktungsfähigkeit <sup>2</sup> des Erntegutes in % unter Berücksichtigung von								kg <sup>3</sup>
			Raupenfraß				M. Kohlblattlaus				
			F	L	I	IA <sup>4</sup>	F	L	I	IA <sup>5</sup>	
1987	unbehandelt	12	65	78	92	--	92	98	100	--	--
	gezielt <sup>6</sup>	12	89	97	98	2,1	98	99	100	2,5	--
1988	unbehandelt	26	28	55	85	--	69	92	97	--	3,26
	gezielt	26	77	90	99	2,3	84	94	98	2,7	3,37
1989	unbehandelt	27	42	64	89	--	63	88	96	--	3,17
	gezielt	27	74	86	97	2,0	77	93	98	2,9	3,41
1990	unbehandelt	29	30	56	87	--	87	93	96	--	2,68
	gezielt	29	65	83	97	2,1	93	98	99	1,7	2,77
1991	unbehandelt	10	24	32	73	--	59	84	95	--	2,46
	gezielt	10	68	74	93	2,4	86	91	97	1,8	2,56
1987-	unbehandelt	104	36	58	86	--	74	91	97	--	2,97
1991	gezielt	104	73	86	97	2,1	86	95	98	2,3	3,10

<sup>1</sup> n = Anzahl Versuchsflächen

<sup>2</sup> Vermarktungsfähigkeit:

F = vermarktungsfähig mit Umblatt (geeignet zur Frischvermarktung)

L = vermarktungsfähig ohne Umblatt (geeignet zur Lagerung)

I = vermarktungsfähig nach Entfernen von 3 Kopfblättern (geeignet zur industriellen Verarbeitung)

<sup>3</sup> kg = durchschnittliches Erntegewicht in kg (Gesamtdurchschnitt: 92 Standorte 1988-91)

<sup>4</sup> IA = Anzahl Insektizidapplikationen gegen Raupen

<sup>5</sup> IA = Anzahl Insektizidapplikationen gegen die Mehliges Kohlblattlaus

<sup>6</sup> gezielt = gezielter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln nach Schwellenwerten

Entscheidend für die Etablierung des Verfahrens in der Praxis ist der Vergleich mit einem routinemäßig bzw. praxisüblich durchgeführten Pflanzenschutz (Tab. 3).

**Tab. 3:** Vermarktungsfähigkeit, Kopfgewicht und Anzahl Insektizidanwendungen gegen Raupen und Mehliges Kohlblattlaus von Weißkohl aus unbehandelten, gezielt nach Bekämpfungsschwellen und routinemäßig bzw. praxisüblich behandelten Kohlbeständen in den Jahren 1988 bis 1991

Behandlung	n <sup>1</sup>	Vermarktungsfähigkeit <sup>2</sup> des Erntegutes in % unter Berücksichtigung von								kg <sup>3</sup>
		Raupenfraß				M. Kohlblattlaus				
		F	L	I	IA <sup>4</sup>	F	L	I	IA <sup>5</sup>	
unbehandelte Kontrolle	21	34	54	86	--	71	87	94	--	2,80
gezielt bekämpft <sup>6</sup>	21	76	84	97	2,1	85	95	98	2,4	2,98
praxisüblich/Routine <sup>7</sup>	21	86	91	99	5,9	88	95	98	5,9	3,03

<sup>1</sup> n = Anzahl Versuchsflächen

<sup>2</sup> Vermarktungsfähigkeit:

F = vermarktungsfähig mit Umblatt (geeignet zur Frischvermarktung)

L = vermarktungsfähig ohne Umblatt (geeignet zur Lagerung)

I = vermarktungsfähig nach Entfernen von 3 Kopfblättern (geeignet zur industriellen Verarbeitung)

<sup>3</sup> kg = durchschnittliches Erntegewicht in kg

<sup>4</sup> IA = Anzahl Insektizidapplikationen gegen Raupen

<sup>5</sup> IA = Anzahl Insektizidapplikationen gegen die Mehliges Kohlblattlaus

<sup>6</sup> gezielt = gezielter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln nach Schwellenwerten

<sup>7</sup> praxisüblich/Routine = Einsatz von Pflanzenschutzmitteln routinemäßig in 14tägigem Abstand oder nach den individuellen Erfahrungen und Entscheidungskriterien des jeweiligen Betriebsleiters

Im Vergleich zu einem routinemäßigen bzw. praxisüblichen Pflanzenschutz führte eine gezielte Bekämpfung der Mehliges Kohlblattlaus zu vergleichbaren Kopfgewichten und Erntequalitäten bei einer gleichzeitigen Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes um fast 60 %. Zusätzliche Insektizidapplikationen hatten nur eine Steigerung des Anteils vollkommen befallsfreier Pflanzen zur Folge, nicht jedoch eine Verbesserung der Vermarktungsfähigkeit.

Die gezielte Bekämpfung der Schmetterlingsraupen führte gegenüber der routinemäßigen bzw. praxisüblichen Bekämpfung zwar zu einer geringeren Vermarktungsfähigkeit, konnte andererseits jedoch über 60 % der Pflanzenschutzmaßnahmen einsparen. Die geringeren Anteile des für die Frischvermarktung und Lagerung geeigneten Erntegutes sind auf die an einzelnen Standorten nicht termingerechte Durchführung des Verfahrens nach der beginnenden Kopfbildung und den daraus resultierenden stärkeren Fraßschäden an den Umblättern zurückzuführen. Die Vermarktungsfähigkeit insgesamt konnte durch die Anwendung der Bekämpfungsschwellen gesichert werden.

### Zusammenfassung

Die Untersuchungen belegen, daß eine gezielte Bekämpfung von Raupen und Mehligler Kohl-  
blattlaus in der Praxis möglich ist. Regelmäßige Bestandeskontrollen in Verbindung mit den  
erprobten Schwellenwerten ermöglichen dem Anbauer die sichere Bewertung eines Befalls und  
die exakte Terminierung von Insektizidapplikationen. Durch die Berücksichtigung der Entwick-  
lungsstadien der Kohlpflanzen und des Produktionszieles in den empfohlenen Bekämpfungss-  
schwellen werden die Voraussetzungen für eine differenzierte Bewertung der Bekämpfungswür-  
digkeit unter den spezifischen Gegebenheiten vor Ort geschaffen. Die Reduzierung der Bonituren  
auf Herz- und sechs Umblätter bzw. Kopf- und sechs Umblätter der Kohlpflanzen verringert den  
Zeitaufwand für die Bestandeskontrollen deutlich und erhöht dadurch die Akzeptanz der gezielten  
Bekämpfung in der Praxis.

Das vorgestellte Verfahren ermöglicht dem Praktiker eine einfache und schnelle Ermittlung und  
Bewertung der aktuellen Befallssituation im Kohlbestand. Ausgehend von fünf bis sechs praxis-  
üblichen Kombinationsspritzungen konnten durch die gezielte Bekämpfung durchschnittlich etwa  
60 % der Pflanzenschutzmittel gegen die Mehligle Kohlblattlaus und Schadraupen eingespart  
werden bei gleichzeitiger Sicherung praxisüblicher Erträge und marktgerechter Erntequalitäten.  
Durch die Reduzierung des Insektizideinsatzes trägt dieses Verfahren zur Kostensenkung im  
Gartenbau bei und leistet einen Beitrag zur Schonung unserer Umwelt.

### Literatur

BUHTZ, E.; L. BOESE; C. GRUNERT und W. HAMANN (1990): Koordinierter Dezimalcode  
(KDC) der phänologischen Entwicklung für landwirtschaftliche Kulturpflanzenarten, Gemüse,  
Obst und Sonderkulturen. Feldversuchswesen 12, 7. Jahrgang, Heft 1, 57-58.

FORSTER, R. und R. HILDENHAGEN (1991): Anwendung von Bekämpfungsschwellen  
für die Mehligle Kohlblattlaus und Raupen in Kopfkohlkulturen. Merkblatt zum Integrierten  
Pflanzenschutz, Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Hannover, 20 Seiten.

FORSTER, R.; R. HILDENHAGEN; M. HOMMES und K. SCHORN-KASTEN (1992):  
Praktizierung von Bekämpfungsschwellen im Kohlanbau. Schriftenreihe des Bundesministeriums  
für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Reihe A: Landwirtschaft - Angewandte Wissenschaft  
Heft 411, 64 Seiten.

HOMMES, M.; R. DUNNE; P.R. ELLIS; S. FISCHER; J. FREULER; A. KAHRER und C.  
TERRETAZ (1988): Testing damage thresholds for caterpillars and aphids on cabbage in five  
European countries - Report on a collaborative project done in 1985 and 1986. WPRS Bulletin  
11(1), 118-126.



#### TEIL 4: BIOLOGISCHE BEKÄMPFUNG

V. Köllner und M. Moll, Braunschweig

Untersuchungen zur biologischen Bekämpfung der Tabakmottenschildlaus, *Bemisia tabaci* (Gennadius), mit der Schlupfwespe *Eretmocerus mundus* Mercet

Weißer Fliegen gehören zu den wichtigsten Schädlingen an Unterglaskulturen in Deutschland. Neben der schon seit langem bekannten Art *Trialeurodes vaporariorum* wird seit 1986 auch die Tabakmottenschildlaus, *Bemisia tabaci*, gefunden (BURGHAUSE, 1988, 1990). Bei der biologischen Bekämpfung mit der Schlupfwespe *Encarsia formosa* wird *T. vaporariorum* besser erfaßt als *B. tabaci*. Es stellt sich die Frage, ob durch den Einsatz eines anderen Parasitoiden eine wirksamere Bekämpfung erreicht werden kann. Für die Untersuchungen ist *Eretmocerus mundus* ausgewählt worden, eine Erzwespe, die im Mittelmeergebiet vorkommt und deren Biologie und Parasitierungsleistung in verschiedenen Ländern schon untersucht worden ist (SHARAF und BATTA, 1985; FOLTYN und GERLING, 1985; GERLING, 1986).

Die im Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau der Biologischen Bundesanstalt durchgeführten Versuche waren Teile einer Diplomarbeit, die von Professor Dr. Klingauf, dem Präsidenten der BBA, vergeben und von der Technischen Hochschule Darmstadt angenommen wurde.

##### Material und Methode

Die Versuchstiere wurden in Gaze Käfigen gezüchtet, die in Klimäräumen bei + 24° C und einer Hell/Dunkelperiode von 16:8 Stunden standen. Als Wirtspflanze für *B. tabaci* wurde *Euphorbia pulcherrima* verwandt; die Pflanzen wurden im Gewächshaus unter Langtagbedingungen angezogen. *E. mundus* wurde bisher in Deutschland noch nicht gehalten. Tiere für den Aufbau einer eigenen Zucht wurden uns freundlicherweise von Dr. Birnie, Rothamsted Experimental Station, Großbritannien, zur Verfügung gestellt.

In denselben Klimäräumen wurden auch die Parasitierungsversuche mit drei verschiedenen Zahlenverhältnissen von Wirt zu Nützling durchgeführt: 20:1, 50:1 und 80:1. Dabei wurden bei dem Wirt die Anzahl der Tiere des dritten Larvenstadiums, bei dem Nützling die Anzahl der Weibchen berücksichtigt. Um gleichaltrige Wirtstiere zu erhalten, wurden jeweils vier *E. pulcherrima*-Pflanzen in Gaze Käfige mit *B. tabaci*-Imagines eingestellt. Nach einem Tag wurden die nun mit Eiern belegten Pflanzen entnommen, von den Imagines befreit und in leere Käfige überführt. Nach zwei Wochen wurden die Larven gezählt und eine entsprechende Anzahl von *E. mundus*

hinzugegeben. Nach weiteren drei Wochen wurden die parasitierten und die nichtparasitierten Larven bzw. Puparien ausgezählt.

Die Parasitierung von *B. tabaci* durch *E. mundus* auf verschiedenen Zierpflanzen wurde im Gewächshaus untersucht. Jeweils 7 getopfte Pflanzen folgender Arten wurden zufallsgemäß aufgestellt: *Chrysanthemum-Indicum*-Hybriden, *Euphorbia pulcherrima*, *Fuchsia-Triphylla*-Hybriden, *Heliotropium arborescens*, *Nicotiana x sanderae*, *Solanum pseudocapsicum*, *Verbena*-Hybriden. Zu Versuchsbeginn wurden pro Pflanze 100 *B. tabaci*-Puparien auf Blattstücken ausgelegt. Zwei Wochen später wurden pro Pflanze 10 mit *E. mundus* parasitierte Puparien ausgebracht. Nach weiteren zwei Wochen wurden in gleichem Umfang erneut Nützlinge ausgebracht. Fünf Wochen nach Versuchsbeginn konnten die ersten Schädlinge als eindeutig parasitiert erkannt werden. Von da ab wurden wöchentlich für jedes einzelne Blatt der Versuchspflanzen die parasitierten und nicht parasitierten Larven, Puparien und auch Puparienhüllen erfaßt.

Die statistische Auswertung der Versuche erfolgte nach dem Wilcoxon-Test mit Hilfe von SAS (Signifikanzniveau: 5 %).

## Ergebnisse

### 1. Parasitierungsrate bei unterschiedlichen Zahlenverhältnissen von Wirt zu Nützliling

Für die Auswertung des Vergleiches der drei Zahlenverhältnisse 20:1, 50:1 und 80:1 von Wirt zu Nützliling wurde der Anteil an parasitierten und nicht parasitierten *B. tabaci*-Larven berechnet.

Die höchste Parasitierungsrate von 29 % fand sich bei einem Zahlenverhältnis von 20:1. Hier wurden auch insgesamt die meisten *B. tabaci*-Larven pro Pflanze beobachtet. Für die Verhältnisse 50:1 und 80:1 ergaben sich im Vergleich dazu signifikant niedrigere Parasitierungsraten von 20,4% und 20,6%, die untereinander aber nicht signifikant verschieden waren.

Auf allen Pflanzen wurden *B. tabaci*-Larven gefunden, die durch "host feeding" abgetötet worden waren.

Die Versuchspflanzen waren recht gleichmäßig befallen, die einzelnen Blätter aber unterschiedlich stark besiedelt. Die Anzahl der auf jedem Blatt gefundenen Larven und die dabei festgestellte Parasitierungsrate sind in den Abbildungen 1 - 3 grafisch dargestellt.

## 2. Parasitierung auf verschiedenen Zierpflanzenarten

Der im Verlauf dieses Versuches ermittelte Anteil an parasitierten *B. tabaci*-Larven auf unterschiedlichen Pflanzenarten ist in Abb. 4 für die einzelnen Boniturtermine dargestellt.

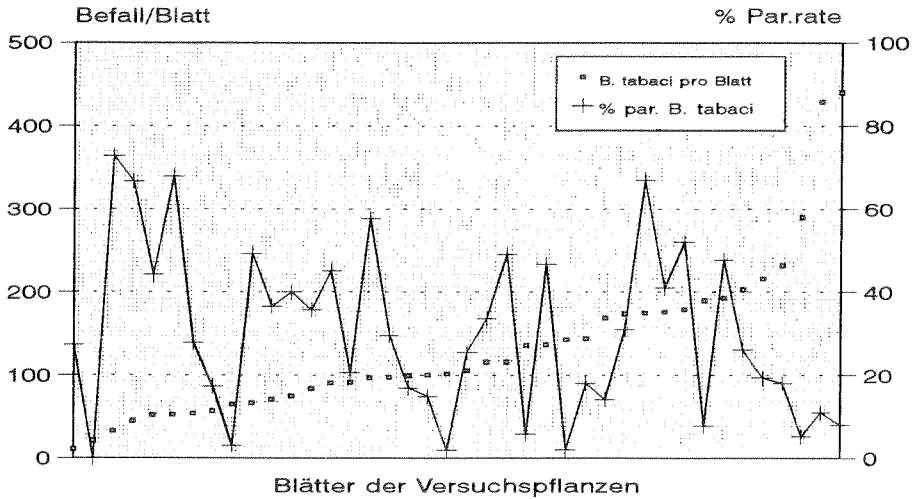


Abb. 1: Befall der einzelnen Blätter aller Versuchspflanzen durch *B. tabaci* und die dazugehörige Parasitierungsrate pro Blatt bei einem Zahlenverhältnis von Wirt zu Nützing von 20:1. Die Daten der Abszisse wurden nach der Anzahl der *B. tabaci*-Larven auf einem Blatt geordnet.

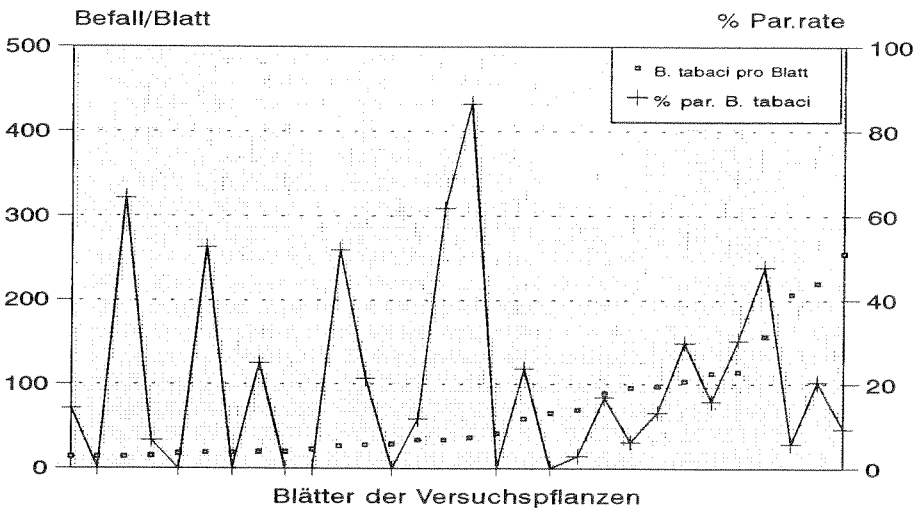


Abb. 2: Befall der einzelnen Blätter aller Versuchspflanzen durch *B. tabaci* und die dazugehörige Parasitierungsrate pro Blatt bei einem Zahlenverhältnis von Wirt und Nützing von 50:1. Die Daten der Abszisse wurden nach der Anzahl der *B. tabaci*-Larven auf einem Blatt geordnet.

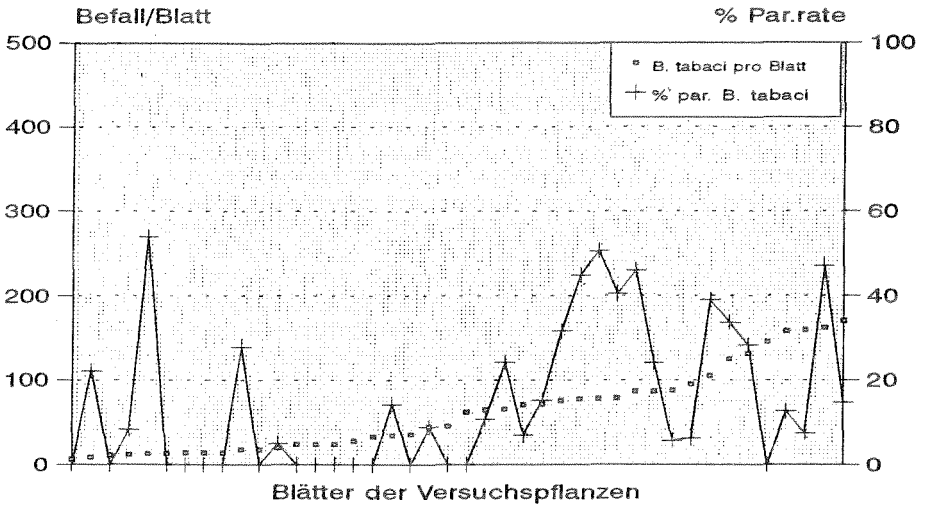


Abb. 3: Befall der einzelnen Blätter aller Versuchspflanzen durch *B. tabaci* und die dazu gehörige Parasitierungsrate pro Blatt bei einem Zahlenverhältnis von Wirt und Nützlichling von 80:1. Die Daten der Abszisse wurden nach der Anzahl der *B. tabaci*-Larven auf einem Blatt geordnet.

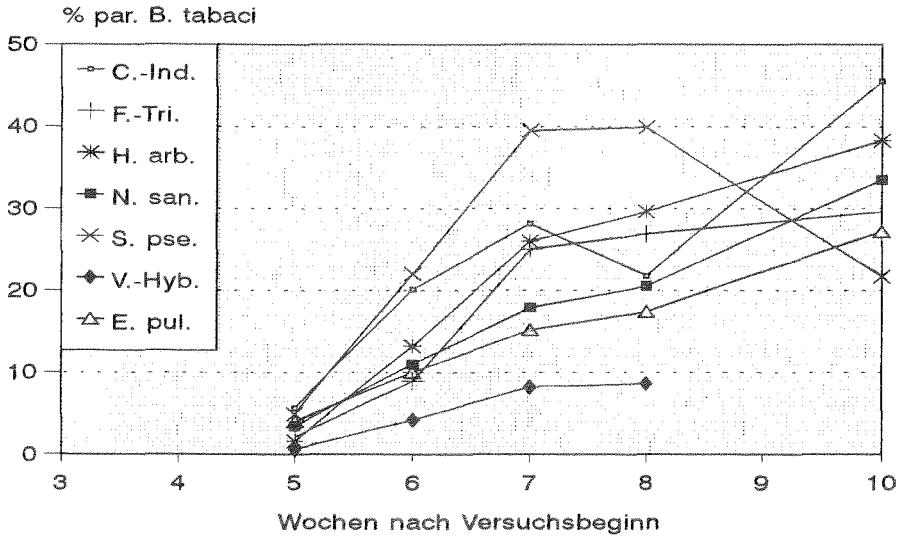


Abb. 4: Durchschnittlicher Anteil der parasitierten *B. tabaci*-Larven pro Pflanze an den einzelnen Boniturterminen für 7 Zierpflanzenarten. Die Ausbringung von *E. mundus* erfolgte jeweils 2 und 4 Wochen nach Versuchsbeginn. Die Mittelwerte wurden aus der Bonitur jeweils aller Blätter von 7 Pflanzen jeder Art berechnet. Abkürzungen: C.-Ind. = *Chrysanthemum-Indicum*-Hybriden; F.-Tri. = *Fuchsia-Triphylla*-Hybriden, H. arb. = *Heliotropium arborescens*, N. san. = *Nicotiana x sanderae*, S. pse. = *Solanum pseudocapsicum*, V.-Hyb. = *Verbena*-Hybriden, E. pul. = *Euphorbia pulcherrima*.

Die Unterschiede in der Höhe der Parasitierungsraten waren am ersten Boniturtermin zwischen den einzelnen Pflanzenarten gering. Signifikante Unterschiede fanden sich lediglich bei der *Verbena*-Hybride, die gegenüber allen anderen Arten mit Ausnahme der *C.-Indicum*-Hybride einen geringeren Anteil an parasitierten *B. tabaci*-Larven aufwies, und bei *H. arborescens*, auf der eine gegenüber *E. pulcherrima* geringere Parasitierungsrate ermittelt wurde.

In der folgenden Zeit nahm der Anteil der parasitierten Schädlinge ständig zu, an den *Verbenen* jedoch in signifikant geringerem Maße. Auffällig ist der starke Anstieg bei *S. pseudocapsicum*; die Unterschiede zu den anderen Pflanzenarten ließen sich jedoch nur in Einzelfällen statistisch sichern. Am Versuchsende waren die *Verbenen* abgestorben. Bei den verbliebenen sechs Pflanzenarten waren die Parasitierungsraten nicht signifikant verschieden.

Die Abb. 5-11 zeigen für jede Pflanzenart den zeitlichen Verlauf des Befalls mit *B. tabaci* in Verbindung mit der Parasitierung durch *E. mundus*. Dargestellt sind Mittelwerte von 7 Pflanzen, lediglich bei *H. arborescens* konnten für den Wert 10 Wochen nach Versuchsbeginn nur noch drei Pflanzen berücksichtigt werden, weil die anderen vorzeitig abgestorben waren.

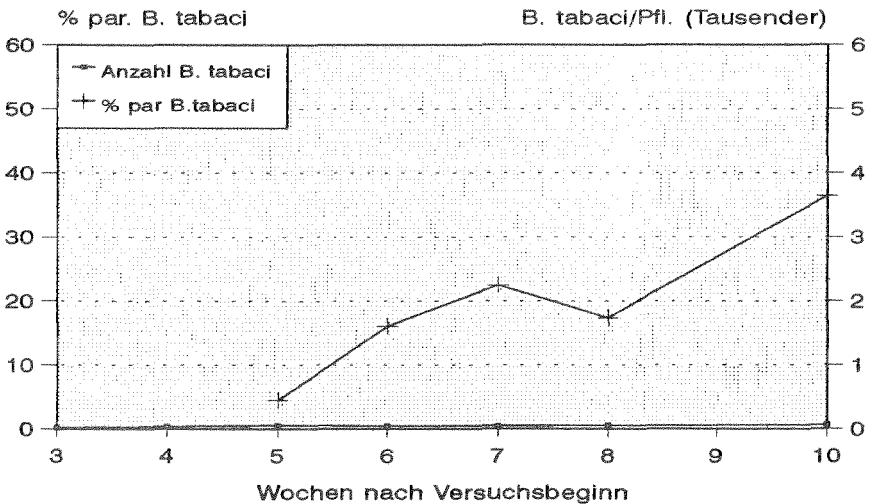


Abb. 5: *Chrysanthemum-Indicum*-Hybriden: Durchschnittliche Parasitierungsrate und Gesamtzahl parasitierter und nicht parasitierter *B. tabaci*-Larven pro Pflanze.

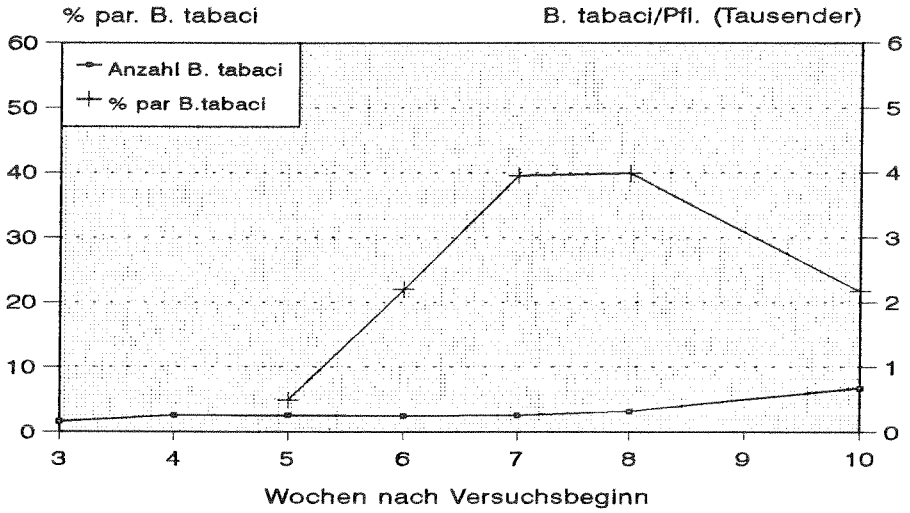


Abb. 6: *Solanum pseudocapsicum*: Durchschnittliche Parasitierungsrate und Gesamtzahl parasitierter und nichtparasitierter *B. tabaci*-Larven pro Pflanze

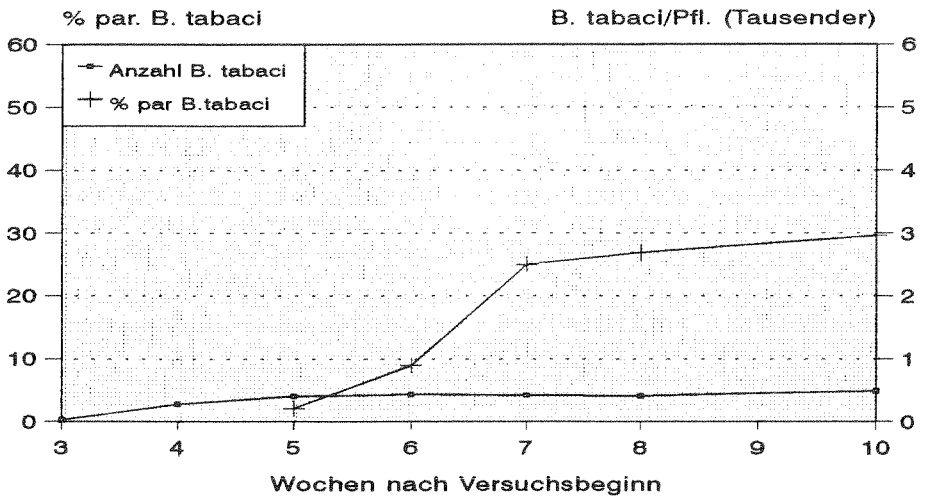


Abb. 7: *Fuchsia-Triphylla*-Hybriden: Durchschnittliche Parasitierungsrate und Gesamtzahl parasitierter und nichtparasitierter *B. tabaci*-Larven pro Pflanze

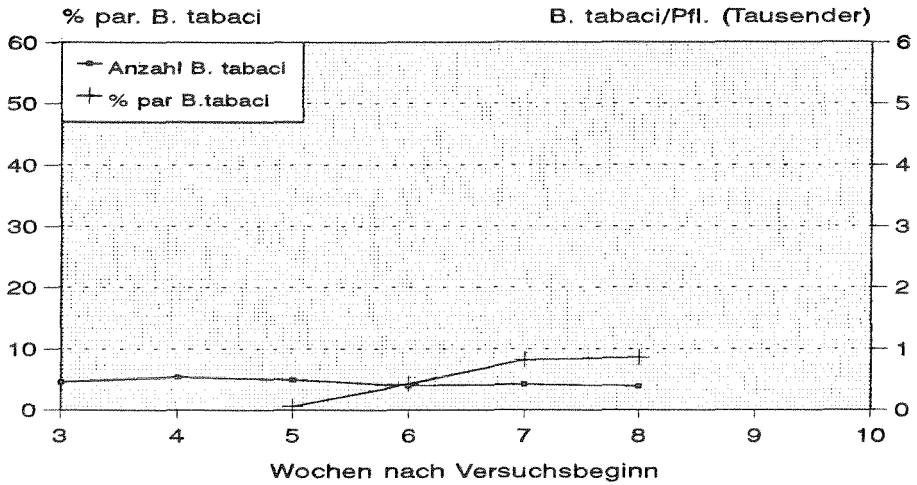


Abb. 8: *Verbena*-Hybriden: Durchschnittliche Parasitierungsrate und Gesamtzahl parasitierter und nichtparasitierter *B. tabaci*-Larven pro Pflanze

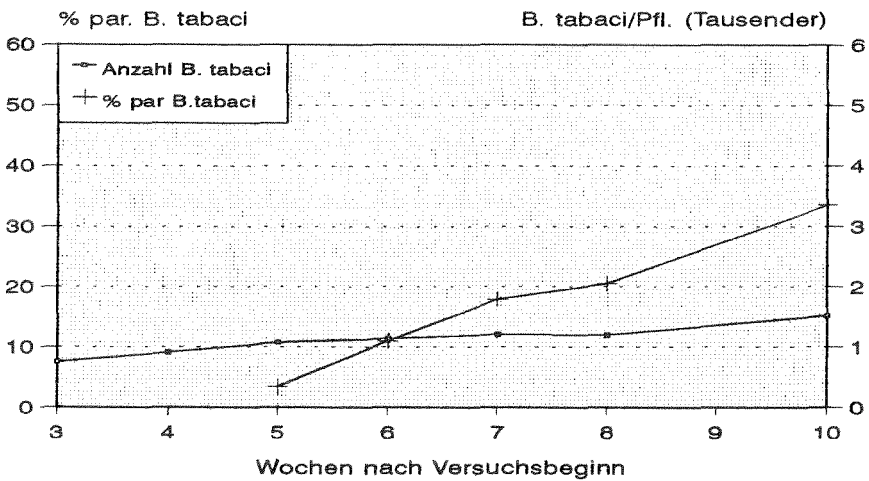


Abb. 9: *Nicotiana x sanderae*: Durchschnittliche Parasitierungsrate und Gesamtzahl parasitierter und nichtparasitierter *B. tabaci*-Larven pro Pflanze

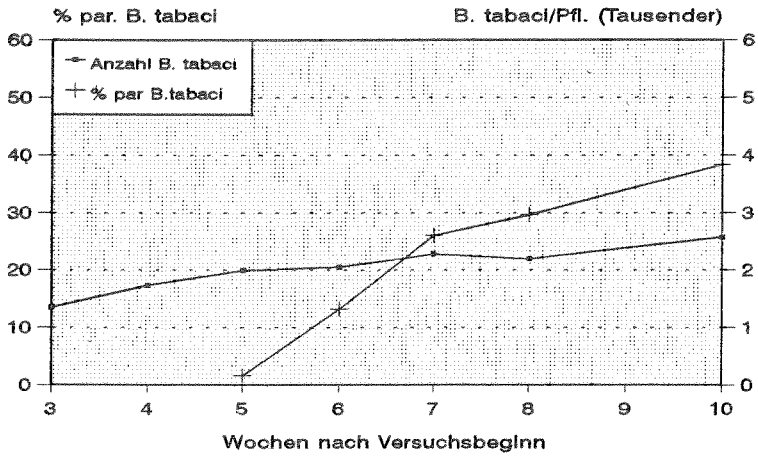


Abb. 10: *Heliotropium arborescens*: Durchschnittliche Parasitierungsrate und Gesamtzahl parasitierter und nichtparasitierter *B. tabaci*-Larven pro Pflanze

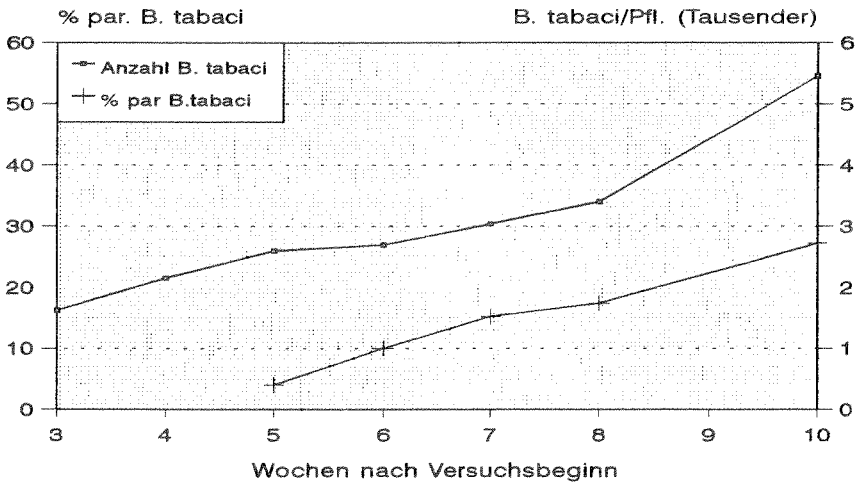


Abb. 11: *Euphorbia pulcherrima*: Durchschnittliche Parasitierungsrate und Gesamtzahl parasitierter und nichtparasitierter *B. tabaci*-Larven pro Pflanze

### Diskussion

#### 1. Parasitierungsrate bei unterschiedlichen Zahlenverhältnissen von Wirt zu Nützing

Daß die höchste Parasitierungsrate bei dem Verhältnis *B. tabaci*-Larven zu *E. mundus*-Weibchen von 20:1 erreicht wurde, stimmt gut mit den Angaben in der Literatur überein (SHARAF und



**Anleitung zur Ermittlung des Schädlingsbefalls in Kopfkohlkulturen  
Insektizideinsatz nach Bekämpfungsschwellen**

Betrieb \_\_\_\_\_ Standort \_\_\_\_\_ Kohlhirt/Sorte \_\_\_\_\_ Datum \_\_\_\_\_

**Maßnahmen seit letzter Bonitur:** (Düngung, Beregnung, Pflanzenschutz usw.) \_\_\_\_\_

**Boniturermine:** Kontrollieren Sie regelmäßig, mindestens in 14-tägigem Abstand, beginnend 1 Woche nach der Pflanzung. Ist mit einer starken Zunahme des Befalls zu rechnen (Zuflug von Blattläusen, zahlreiche Eier von Schmetterlingen), wiederholen Sie die Bonitur nach 1 Woche!

**Bonitumfang:** Untersuchen Sie 10 Kontrollpunkte mit je 5 Pflanzen (insgesamt 50 Pflanzen pro maximal 4 ha Kulturfäche).

**Boniturdurchführung:** Verteilen Sie die Kontrollpunkte (Kp) über die gesamte Kohlfäche. Legen Sie den 1. Kontrollpunkt dorthin, wo mit dem stärksten Befall zu rechnen ist (Feldrand). Unterscheiden Sie nur, ob Pflanzen (Pfl) befallen sind oder nicht. Tragen Sie für jede befallene Pflanze, mit 1 Raupe bzw. mit über 10 ungeflügelten Kohlblattläusen (>10) ein Kreuz  ein, bei über 50 Blattläusen (>50) zusätzlich die Anzahl (Schätzung). Wichtig: Bei Blattläusen und Raupen sind nur 6 Umblätter und Herz bzw. 6 Umblätter und Kopf zu kontrollieren, insbesondere die Blattunterseiten! (Zur genaueren Kontrolle des Befallsverlaufes können Sie an jeder Pflanze die Art und Anzahl der Raupen sowie die Anzahl der mehligten Kohlblattläuse notieren.)

**Auswertung:** Zur Ermittlung des prozentualen Befalls addieren Sie die Anzahl der befallenen Pflanzen (Summen), und multiplizieren Sie anschließend die Endsumme mit 2 (Endsumme x 2 = %BEFALL). Raupen und Blattläuse werden getrennt beurteilt. Wichtig: Kreuzen  Sie das häufigste Entwicklungsstadium der Kohlpflanzen (DC = DEZIMALCODE) an, und lesen Sie die dazugehörende Bekämpfungsschwellen ab. Stellen Sie an einer oder mehreren kontrollierten Pflanze(n) über 100 Kohlblattläuse fest, sollte die Bekämpfungsschwelle von 20% auf 10% reduziert werden. Kreuzen  Sie die Bekämpfungsentscheidung an (JA / NEIN), und vermerken Sie Datum, Mittel und Dosierung der Insektizidanwendung.

**Entwicklungsstadien:** bis DC 28: Pflanzung bis 8-Blattstadium (8 Laubblätter vollständig entfaltet); DC 29-31: 9-Blattstadium (9 und mehr Laubblätter entfaltet, Herz aufrecht wachsend und nicht verdeckt) bis Beginn Kopfbildung (die 2 jüngsten Blätter entfalten sich nicht mehr); DC 32-37: Kopfbildung (die 4 jüngsten Blätter entfalten sich nicht mehr, Herz ballförmig) bis Sortenspezifischer Kopf (Sortenspezifisch des Kopfes erkennbar, Kopf noch von Hand eindrückbar); ab DC 39: ab Abschluß Kopfbildung (Kopf nicht mehr von Hand eindrückbar) bis Erntereife.

RAUPEN an Umblatt & Herz/Kopf							MEHLIGE KOHLBLATTLÄUSE an Umblatt & Herz/Kopf						
Kp	1.Pfl	2.Pfl	3.Pfl	4.Pfl	5.Pfl	Summe	Kp	1.Pfl	2.Pfl	3.Pfl	4.Pfl	5.Pfl	Summe
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Anzahl befallene Pflanzen: Endsumme = _____							Anzahl befallene Pflanzen: Endsumme = _____						
Endsumme x 2 = _____ %BEFALL RAUPEN							Endsumme x 2 = _____ %BEFALL BLATTLÄUSE						
<b>Bekämpfungsschwellen: Frischmarkt &amp; Lager</b>							<b>Bekämpfungsschwellen: Industrie (Einschnitt)</b>						
Entwicklungsstadium	bis 28	29-31	32-37	ab 39			Entwicklungsstadium	bis 28	29-31	32-37	ab 39		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
%BEFALL RAUPEN	25%	50%	5%	5%			%BEFALL RAUPEN	25%	50%	5%	25%		
%BEFALL BLATTLÄUSE	20%	20%	20%	20%			%BEFALL BLATTLÄUSE	20%	20%	20%	50%		
(mit Anzahl über)	(>10)	(>10)	(>10)	(>10)			(mit Anzahl über)	(>10)	(>10)	(>10)	(>50)		
<b>RAUPEN bekämpfen:</b> JA <input type="checkbox"/> NEIN <input type="checkbox"/>							<b>BLATTLÄUSE bekämpfen:</b> JA <input type="checkbox"/> NEIN <input type="checkbox"/>						
Datum der Bekämpfung: _____							Datum der Bekämpfung: _____						
Mittel & Dosierung: _____							Mittel & Dosierung: _____						

**Insektizideinsatz:** Ist der ermittelte %Befall höher oder so hoch wie die jeweils gültigen Bekämpfungsschwellen, sollten Sie umgehend eine Insektizidbehandlung durchführen! Wichtig: Beachten Sie die aktuelle Zulassungs- und Auflagensituation, und prüfen Sie das Angebot an selektiven Mitteln! (Zur eigenen Kontrolle sollten Sie zu Kulturbeginn im Bestand ein unbehandeltes Spritzfenster (Spritzbreite x 10m) markieren, um den natürlichen Befallsverlauf und Ihre Bekämpfungsentscheidung zu überprüfen!)

**Abb. 2:** Anleitung zur Bestandeskontrolle und gezielten Bekämpfung in der Praxis

BATTA, 1985). Der dabei ermittelte Wert von 29 % war jedoch sehr niedrig, zumal bei der Nützlingszucht im selben Raum an gleichen Pflanzen Werte bis zu 80 % erreicht wurden.

SHARAF (1982) stellte fest, daß mit zunehmendem Befall der Pflanzen auch die Parasitierungsrate anstieg. Wie GERLING (1986) zusammenfassend darstellte, wurde dies auch noch von anderen Autoren beschrieben, während er in seinen eigenen Untersuchungen diesen Zusammenhang nicht belegen konnte. Auch bei den vorliegenden, in den Abb. 1-3 dargestellten Versuchen ließ sich kein Zusammenhang zwischen Befallsstärke und Parasitierungsrate feststellen.

## 2. Parasitierung auf verschiedene Zierpflanzenarten

Bei diesem Versuch wurden alle erkennbaren Larvenstadien und Puparien von *B. tabaci* ausgezählt, obwohl die parasitierten *B. tabaci*-Larven als solche erst ungefähr vom Pupariumstadium an, also etwa drei Wochen nach der Eiablage von *E. mundus*, eindeutig zu erkennen waren. Es sollte aber auch der Gesamtbefall durch *B. tabaci* und dessen Zuwachs im Verlauf des Versuches erfaßt werden. Aus demselben Grund wurden auch die leeren Hüllen aller Puparien mit ausgewertet. Die zu einem bestimmten Zeitpunkt erfaßten parasitierten Larven, wie sie in den Abb. 4-11 dargestellt sind, dürften also eigentlich nicht mit der Parasitierungsleistung der Nützlinge zu diesem Zeitpunkt gleichgesetzt werden. Vielmehr wird bei der Bonitur die Parasitierungsrate zeitverschoben von vor drei Wochen ermittelt. Die Ergebnisse sind daher zum dargestellten Termin als untertrieben anzusehen, zumindest die der letzten zwei Bonituren. Da dies aber für alle Wirtspflanzen gleichermaßen gilt, sollen sie trotzdem im folgenden wie in den Abbildungen dargestellt diskutiert werden.

Die *C.-Indicum*-Hybriden (Abb. 5) wiesen den geringsten Befall durch *B. tabaci* auf, und die erreichten Parasitierungsraten lagen mit maximal 36 % im oberen Bereich. Der geringfügige Parasitierungsrückgang in der 8. Versuchswoche dürfte im normalen Schwankungsbereich liegen. Alle Pflanzen waren stark mit Blattläusen besiedelt.

Auch bei *S. pseudocapsicum* (Abb. 6) war der Schädlingsbefall zunächst gering und blieb bis sieben Wochen nach Versuchsbeginn etwa gleich. Bis zu diesem Zeitpunkt stieg die Parasitierungsrate steil an, erreichte eine Woche später mit knapp 40 % den höchsten Wert dieses Versuches und fiel danach stark ab. Diese Abnahme hing sehr wahrscheinlich mit einer plötzlich einsetzenden, starken Besiedlung durch *B. tabaci* zusammen, die von den benachbarten Pflanzen ausging. Der überwiegende Teil der Schädlinge bestand bei den letzten beiden Bonituren aus jungen Larven, an denen eine eventuelle Parasitierung noch nicht erkannt werden konnte. Eine Versuchsverlängerung hätte hier den weiteren Parasitierungsverlauf klären können.

Bei den *F.-Triphylla*-Hybriden (Abb. 7) stieg die Gesamtzahl der *B. tabaci*-Larven bis zur 5. Woche kontinuierlich an und blieb anschließend etwa gleich. Die Parasitierungsrate nahm anfangs rasch, später nur noch langsam zu.

Die *Verbena*-Hybriden (Abb. 8) wurden von Beginn des Versuches an durch Thripse und später auch durch Pilzbefall sehr stark geschädigt. Noch vor Versuchsende waren alle Pflanzen abgestorben. Der schwache Befall durch *B. tabaci* und die niedrige Parasitierungsrate, mit maximal 9 % die geringste im Versuch, dürften auf den schlechten Zustand der Pflanzen zurückzuführen sein.

Bei *N. x sanderae* (Abb. 9) wurden im Durchschnitt über 1000 *B. tabaci*-Larven pro Pflanze festgestellt. Die Parasitierungsrate stieg gleichmäßig bis auf 34 % an.

Der Schädlingsbefall bei *H. arborescens* (Abb. 10) war noch stärker als bei *N. x sanderae*. Die Parasitierungsrate stieg ständig an und erreichte 38 %. Alle Pflanzen wurden durch Blattläuse und einige zusätzlich durch Rußtaupilze stark geschädigt.

Bei *E. pulcherrima* (Abb. 11) wurde in diesem Versuch der höchste Befall durch *B. tabaci* gefunden. Die Schädlinge vermehrten sich in den 10 Wochen so stark, daß zum Schluß etwa 5500 Larven pro Pflanze vorhanden waren. Auch die Parasitierung nahm ständig zu und erreichte einen Wert von 27%.

Auf allen untersuchten Pflanzenarten hat eine Parasitierung von *B. tabaci* durch *E. mundus* stattgefunden. Die Unterschiede in der Parasitierungsleistung waren - abgesehen von der Parasitierung auf den *Verbena*-Hybriden - so gering, daß eine Beeinflussung durch die Wirtspflanze nicht nachweisbar war. Daraus kann man schließen, daß *E. mundus* als Nützling zur biologischen Bekämpfung an Zierpflanzen im Gewächshaus geeignet ist. Für einen kommerziellen Einsatz müßten die Zucht optimiert und die Anwendungsmodalitäten verfeinert werden. Ob dies in absehbarer Zeit in Deutschland geschieht, erscheint fraglich. Neuere Untersuchungen zur biologischen Bekämpfung der Weißen Fliegen haben gezeigt, daß auch *B. tabaci* mit *Encarsia formosa* erfolgreich bekämpft werden kann (ALBERT und SCHNELLER, 1992; DETZEL und BATHON, 1992; KREBS, 1992, 1993). Für Nützlingszüchter und -anwender besteht also zur Zeit kein zwingender Grund für die Einführung eines neuen Nützlings. Es ist aber gut zu wissen, daß es ihn gibt.

### Zusammenfassung

Mit der Schlupfwespe *Eretmocerus mundus*, die zuvor in Deutschland noch nicht gezüchtet worden war, wurden zwei Versuche zur Parasitierung von *Bemisia tabaci* durchgeführt. In

Klimaräumen wurde die Parasitierungsrate bei verschiedenen Zahlenverhältnissen von Wirt zu Nützling bestimmt. Sie lag bei 20:1 mit 29 % signifikant höher als bei 50:1 (20,4 %) und 80:1 (20,6 %). Im Gewächshaus wurde der Einfluß verschiedener Wirtspflanzen auf die Parasitierung untersucht, und zwar von *Chrysanthemum-Indicum*-Hybriden, *Euphorbia pulcherrima*, *Fuchsia-Triphylla*-Hybriden, *Heliotropium arborescens*, *Nicotiana x sanderae*, *Solanum pseudocapsicum* und *Verbena*-Hybriden. Bei den Verbenen war die Parasitierungsrate mit 9 % signifikant geringer als bei den anderen Zierpflanzen, bei denen Werte von 27 % bis 40 % erreicht wurden. Diese Unterschiede waren jedoch nicht signifikant.

### Literatur

ALBERT, R. und SCHNELLER, H., (1992): Pflanzenschutz: Vom Steckling bis zur Mutterpflanze. Chemische und biologische Maßnahmen in Kombination. GbGw Gärtnerbörse Gartenwelt **92**, 301-305.

BURGHause, F., (1988): Die *Bemisia*-Weiße Fliege, ein Zierpflanzenschädling auf der Wartebahn? Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin-Dahlem H. **245**, 376.

BURGHause, F., (1990): Weiße Fliegen unter Glas. GbGw Gärtnerbörse Gartenwelt **90**, 668-673.

DETZEL, P. und BATHON, H. (1992): Nützlinge bei Poinsettien. Der Erfolg ist abhängig vom Jungpflanzen-Lieferanten. Deut. Gartenbau **46**, 199-201.

FOLTYN, S. and GERLING, D. (1985): The parasitoids of the aleyrodid *Bemisia tabaci* in Israel: development, host preference and discrimination of the aphelinid wasp *Eretmocerus mundus*. Entomol. Exp. Appl. **38**, 255-260.

GERLING, D. (1986): Natural enemies of *Bemisia tabaci*, biological characteristics and potential as biological control agents: a review. Agr. Ecosystems Environ. **17**, 99-110.

KREBS, E.-K., (1992): Einsatz von *Encarsia formosa* zur Bekämpfung von *Bemisia tabaci* an Poinsettien in verschiedenen Befallssituationen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin-Dahlem H. **283**, 385.

KREBS, E.-K., (1993): *Bemisia tabaci* in Poinsettien biologisch bekämpfbar. Untersuchungen im Pflanzenschutzamt und in der Praxis. Gartenbaumagazin. **2**, (3), 58-60.

SHARAF, N. S., (1982): Parasitization of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* Genn., (Hom., Aleyrodidae) on *Latana camara* L. in the Jordan Valley. Z. angew. Entomol. **94**, 263-271.

SHARAF, N. S. and BATTa, Y., (1985): Effect of some factors on the relationship between the whitefly *Bemisia tabaci* Genn., (Hom., Aleyrodidae) and the parasitoid *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenopt., Aphelinidae). Z. angew. Entomol. **99**, 267-276.

A. Pölking, Braunschweig

## Monitoring und biologische Bekämpfung der Kohlmotte, *Plutella xylostella*, in Nordluzon (Philippinen) \*

### 1. Einleitung

Ein Forschungsschwerpunkt der BBA ist die "Beteiligung an Pflanzenschutzprojekten in Entwicklungsländern durch Entsendung von Wissenschaftlern und Betreuung von Gastwissenschaftlern [...]" in der Biologischen Bundesanstalt (BML, 1991).

Die Zusammenarbeit zwischen Forschungs- und Entwicklungshilfeeinrichtungen auf deutscher Seite [Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Justus-Liebig-Universität Gießen, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA)] und nationalen Forschungs- und Pflanzenschutzinstitutionen eines Entwicklungslandes [Bureau of Plant Industry, Benguet State University] wurde im biologischen Pflanzenschutzprojekt der GTZ in den Philippinen realisiert.

In den Jahren 1988 bis 1990 wurde im Rahmen des biologischen Pflanzenschutzprojektes der GTZ die Pflanzenschutzsituation im Kohlgemüsebau Nordluzons (Philippinen) erhoben. Der wichtigste Schaderreger dort ist die Kohlmotte, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), die bei unterlassenen Pflanzenschutz bis zu 100 Prozent Ertragsausfall in allen angebauten Kohlgemüsearten verursachen kann. Die philippinischen Gemüsebauern applizieren bis zu zweimal wöchentlich verschiedene Insektizide, um den Schaden der Larven dieses Kleinschmetterlings zu begrenzen. Eine erfolgreiche Bekämpfung jedoch ist wegen der Resistenzbildung gegen alle auf dem Markt befindlichen Insektizide kaum mehr möglich. Die Fähigkeit der Kohlmotte, gegen Insektizide Resistenzen zu entwickeln, wird am Beispiel der Chitinsynthesehemmer (Teflubenzuron, Chlorfluazuron) deutlich. Gegen diese Gruppe von Insektiziden wurde in Taiwan innerhalb von 6 Monaten eine 30fache Resistenz festgestellt (LIN et al., 1990). Sogar gegenüber *Bacillus thuringiensis* ist dieser Schädling an verschiedenen Orten der Welt resistent geworden (TABASHNIK et al.; 1990, RIETHMACHER, 1991).

In Nordluzon (Philippinen) hat der starke Einsatz von Insektiziden auch die Präsenz natürlicher Gegenspieler reduziert und lediglich ein Larvenparasitoid, die Braconide *Apanteles* (= *Cotesia*) *pluella* Kurdj. (Hymenoptera: Braconidae), konnte noch mit einer gewissen Stetigkeit gefunden werden. Durch die Einfuhr eines weiteren Nützlings, der Ichneumonide *Diadegma semiclausum* Hellen (Hymenoptera: Ichneumonidae) aus Taiwan wurde in verschiedenen Halbfreiland-

---

\* Die Arbeiten wurden durch die Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)/Eschborn gefördert.

versuchen eine erfolgreiche Bekämpfung der Kohlmotte erzielt. Freilassungsversuche in das offene Feld ermöglichten eine dauerhafte Ansiedlung dieses Nützlings in dieser Region.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Erhebung der Schädlings- und Nützlingsfauna

Zur Erhebung der im Kohlgemüseanbau Nordluzons vorkommenden Schädlinge und Nützlinge wurden Beobachtungsfelder mit Kohl bestellt, in denen mit Ausnahme einer zweimaligen mechanischen Unkrautbeseitigung keine Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt wurden. In der Mitte der 700 qm großen Felder waren eine Lichtfalle und eine Pheromonfalle aufgestellt, deren Fänge täglich bzw. wöchentlich erhoben wurden. An zwei Feldecken waren je eine Gelbtafel (25x38 cm) aufgestellt, die senkrecht mit der einseitigen Gelbbeschichtung zur Bestandesmitte weisend in Bestandeshöhe positioniert war. Die Gelbtafeln waren jeweils mit einem mit Insektenleim bestrichenen Plastikbeutel überzogen, der ebenfalls wöchentlich bonitiert und ausgewechselt wurde. Größere Insekten, ab einer Körperlänge von ca. 5 mm, wurden auf der gesamten Tafel gezählt, kleinere Insekten nur auf etwa 25 % der Tafel, in dem die durchsichtigen Plastikbeutel auf ein Gitterraster aufgelegt und 10 Quadrate (5x5 cm) ausgezählt wurden.

Die Lichtfallenfänge wurden als Tagesdurchschnittswerte errechnet, d.h. die Summe der *P. xylostella*-Adulten/Woche wurde durch 7 dividiert.

Zusätzlich zu den Fallenfängen wurden von den 2400 Weißkohlpflanzen in dem Erhebungsfeld wöchentliche Insektenzählungen sowie Fraßschadensbonituren an 300 ausgewählten Pflanzen durchgeführt. Dieses entspricht einem Beprobungsanteil von 12,5 % des Gesamtbestandes.

Die Fallenfänge wurden mit den Besatzzahlen unter Berücksichtigung der Zeitverzögerung der Ei-, Larval- und Puppenentwicklung korrelativ in Beziehung gesetzt. Die Beziehungen zwischen den Fallenfängen und dem Besatz auf der Pflanze wurden mit der CORR-Prozedur des Statistik Programms SAS (Statistical Analysis Systems) berechnet. Dafür wurde eine Zeitverschiebung zwischen den Adultenfängen in den Fallen und den Stadien "Ei" und "kleine Larven" (L<sub>1-2</sub>) von einer Woche und den Stadien "große Larven" (L<sub>3-4</sub>) und Puppen von zwei Wochen einbezogen.

## 2.2 Biologische Bekämpfung von *P. xylostella*

Im Frühjahr 1989 konnte ein Hauptantagonist der Kohlmotte, der solitäre Larvenparasitoid *D. semiclausum* aus dem Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC) in Taiwan in die Philippinen importiert werden und aus den 100 eingeführten Tieren im Kokonstadium eine Laborzucht aufgebaut werden. Spätere Sendungen von weiteren einigen hundert Exemplaren aus Taiwan konnten dann aus einer eigenen Massenzucht in einem Gewächshaus [Großraumzucht (PÖLKING, 1992)] ergänzt werden.

Nach der Überprüfung der Wirksamkeit dieses natürlichen Gegenspielers von *P. xylostella* in Laborversuchen und dem Vergleich mit der philippinischen und der taiwanischen *A. plutellae* hinsichtlich Nutzbarkeit (Parasitierungsleistung, Suchvermögen etc.) wurde von den philippinischen Behörden die Erlaubnis für die Freisetzung in Nordluzon eingeholt. Die Schlupfwespe wurde sodann in verschiedenen Halbfreilandversuchen unter begehbbare Netzkäfige (130x550x200 cm Breite, Länge, Höhe) freigelassen. Eine Übersicht über die Versuchsdaten, die Zeiten und Anzahl der Freilassungen sowie die dabei eingesetzten Tiere gibt Tab. 1. Die Freilassungspartellen wurden mit Kontrollpartellen verglichen, die mit den gleichen Käfigen abgeschirmt waren. Wöchentliche Zählungen aller subadulten Stadien des Schädling und des Puppenstadiums des Nützling sowie Fraßschadensbonituren ergaben die Datengrundlage für die Bewertung des importierten Nützling. Mit Ausnahme der mechanischen Unkrautbekämpfung wurde in den Netzkäfigen keine weitere Pflanzenschutzmaßnahme durchgeführt.

Tab. 1: Feldversuche zur Bekämpfung von *Plutella xylostella* mit *Diadegma semiclausum*

Beschreibungen:	Halbfreilandversuche				Freilandversuche	
	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5	Versuch 6
Ort	Ballii	Swamp	Sayangan	Ballii	Puyat	Sto. Tomas
Zeit	Nov. 1989- Feb. 1990	Jan.-Apr. 1990	Feb.-Mai 1990	Apr.-Juni 1990	Feb.-März 1990	Mai-Juli 1990
Käfig setzen <sup>1</sup>	4	15	37	15	--	--
Freilassungen T.n.P.-Anz.Paare je Wdhlg.	29 75	19 7 22 10 35 5 41 10 55 3	46 3 48 2 60 6 63 7 67 15 74 6	16 6 18 3 19 10 27 3 34 3 35 4 39 9 41 4	23 100	2 70 23 15 29 30
Käfige entfernen <sup>1</sup>	86	73	95	91	--	--
Ernte <sup>1</sup>	99	84	95	91	ab 47	--
Versuchsanlage	VRBA	VRBA	VRBA	VRA	VRA	--
Wiederholungen	4	4	4	4	4	4
Zählungen u. Bonituren						
Anzahl	22	10	7	10	9	6
Abstand	2x wöchentl.	wöchentl.	wöchentl.	wöchentl.	wöchentl.	wöchentl.
T.n.P. = Tage nach dem Pflanzen; <sup>1</sup> = T.n.P.; VRBA = Vollständig Randomisierte Blockanlage; VRA = Vollständig Randomisierte Anlage						



Abb. 1: *Diadegma semiclausum* (links: adultes Weibchen nach KIRCHHOFF, 1986; rechts: Larve (L<sub>2</sub>) nach OOI, 1980)

### 3. Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1 Erhebung der Schädlings- und Nützlingsfauna

In einer allgemeinen Erhebung wurde die Schädlings- und Nützlingsfauna des Agrarökosystems Kohlgemüseanbau in Nordluzon ermittelt. Auffällig war die dominierende Rolle der Kohlmotte, *P. xylostella*, die auch den größten Schaden verursachte (Abb. 2). Von mehr als 120000 Insekten, die auf 5500 Kohlpflanzen gezählt wurden, waren 82 % *P. xylostella*. Annähernd alle Pflanzenschutzmaßnahmen der Landwirte hatten die Bekämpfung dieses Schädlings zum Ziel. Die weiteren Schädlinge, die saisonal auftraten und von gewisser Bedeutung waren, wurden durch die Bekämpfung der Kohlmotte miterfaßt. Diese waren im Saatbett und im Jungpflanzenstadium insbesondere der gestreifte Kohlerdfloh, *Phyllotreta striolata* Fabr. (Coleoptera: Chrysomelidae), und die Blattlausarten Senfblattlaus, *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (syn.: *Rhopalosiphum erysimi* (*pseudobrassicae*)) (Homoptera: Aphididae) und die grüne Pfirsichblattlaus, *Myzus persicae* (Sulz.) (Homoptera: Aphididae). Der philippinische Kohlweißling, *Pieris canidia* L. (Lepidoptera: Pieridae), wurde als Adult und im Eistadium häufig gesehen (bis zu einer Dichte von 1-3 Eiern/Pflanze), jedoch selten in späteren Stadien.

Zusätzlich zu den Insektenzählungen im Bestand wurden drei verschiedene Fangmethoden zur Ermittlung des Populationsverlaufes des Hauptschädlings, *P. xylostella*, angewandt. Die Lichtfalle war von den eingesetzten Fallentypen diejenige mit der höchsten Fängigkeit. Bis zu 773 Kohlmotten-Adulte/Nacht wurden in dieser Falle mit einer normalen 100 Watt Glühlampe gefangen (Brenndauer von 18.00 abends bis 6.00 morgens). Bei einem Geschlechterverhältnis von 1:1 und einer maximalen Eizahl von ca. 650 Eiern/Weibchen (PÖLKLING, 1992a) sind es annähernd 250000 Nachkommen, die durch den Einsatz dieser Falle in einer Nacht verhindert werden können.



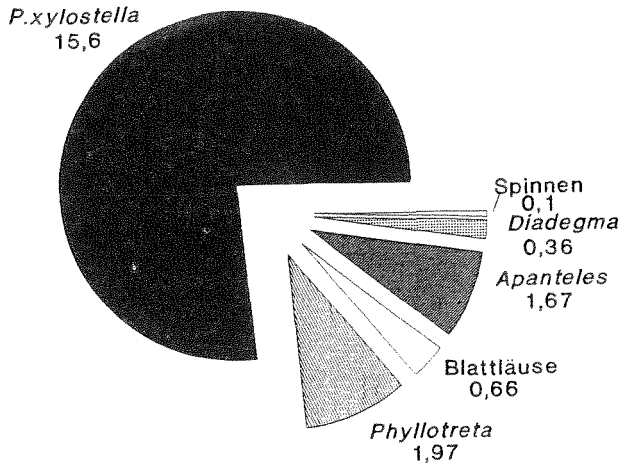


Abb. 2: Insektenbesatz auf Kohl in Nordluzon (Durchmittl. Besatz/Pflanze; n=5500)

Da Insektenfallen im Gemüsebau jedoch in der Regel zur Überwachung einer Schädlingspopulation eingesetzt werden, ist die Hauptfrage, inwieweit die Fänge in den Fallen mit dem Besatz an subadulten Tieren von *P. xylostella* auf den Pflanzen in Beziehung stehen. In drei Feldversuchen mit einer jeweils unterschiedlichen durchschnittlichen Besatzhöhe wurde die Kohlmottenpopulation sowohl mit Fallenfängen als auch mit Zählungen erhoben. Die jeweils zum Ende der Versuche ermittelten durchschnittlichen Besatzhöhepunkte durch die Larven von *P. xylostella* waren für den Versuch 1 = 8 Larven/Pflanze [ = niedriger Befallsdruck], für den Versuch 2 = 16 Larven/Pflanze [ = mittlerer Befallsdruck] und für den Versuch 3 = 123 Larven/Pflanze [ = hoher Befallsdruck]. Die Korrelationen der Fallenfänge mit den Ei-, Larven-, und Puppenzählungen im Bestand sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Die Ergebnisse zeigen, daß die Abundanzdynamik der Kohlmotte unter den Bedingungen in Nordluzon gut mit den eingesetzten Fallen erfaßt wurde. Unter Einbeziehung der zeitlichen Verzögerung zwischen den Adulten-Fängen und dem Auftreten der Eigelege, Junglarven, Altlarven und Puppen von *P. xylostella* konnten für die drei Fallentypen zum Teil signifikante Korrelationskoeffizienten berechnet werden. Mit zunehmendem Befallsdruck war diese Korrelation stärker ausgeprägt. Mit zunehmendem Alter der Jugendstadien wurde diese Beziehung schwächer.

Im Vergleich der drei Fallentypen waren die Fänge der Gelbtafeln stärker mit den Befallszahlen korreliert als die der Pheromonfalle und der Lichtfalle. Dieses Ergebnis kann mit der unterschiedlichen Reichweite des Anlockungseffektes erklärt werden. Die an den Bestandesrändern platzierten Tafeln wiesen mit ihrer einseitigen Gelbbeschichtung zur Bestandesmitte.

Tab. 2: Beziehungen zwischen Fallenfängen von *Plutella xylostella*-Adulten und Larvenbesatz auf Kohlpflanzen (Korrelationskoeffizienten nach Pearson)

Befallsdruck: Stadium	Versuch 1 niedrig	Versuch 2 mittel	Versuch 3 hoch	Gesamt
<b>Lichtfalle</b>				
Ei	-0,28	0,06	0,49	0,19
kleine Larven	-0,43	0,88**	0,94**	0,79**
große Larven	-0,25	-0,43	0,88**	0,64**
Larven gesamt	0,12	-0,45	0,94**	0,69**
Puppen	0,16	-0,31	0,53	0,39
<b>Pheromonfalle</b>				
Ei	0,57	0,08	0,93**	0,82**
kleine Larven	0,03	0,30	0,93**	0,86**
große Larven	0,59	0,28	0,93**	0,74**
Larven gesamt	0,06	0,20	0,88**	0,75**
Puppen	-0,53	0,44	0,71*	0,60**
<b>Gelbfalle</b>				
Ei	-0,06	0,68*	0,95**	0,88**
kleine Larven	-0,57	0,55	0,99**	0,96**
große Larven	-0,09	0,95**	0,90**	0,86**
Larven gesamt	0,51	0,84*	0,97**	0,84**
Puppen	0,49	0,91**	0,77*	0,54**

(\* = signifikant bei  $p < 0,05$ ; \*\* = signifikant bei  $p < 0,01$ )

Es wurden somit in diesen Fallen nur die Tiere erfaßt, die sich im Bestand aufhielten. Die Reichweiten der zwei anderen Fallentypen überstiegen die Grenzen des 700 m<sup>2</sup> großen Feldes und lockten wahrscheinlich auch Tiere aus Nachbarbeständen an.

Eine Gegenüberstellung der Werte der Fallenfänge mit denen des Besatzes auf den Pflanzen ohne zeitliche Verschiebung zeigte, daß der Zusammenhang für die Gelbfalle bei der Anzahl der Puppen deutlicher wird, d.h. der Korrelationskoeffizient stieg an. Bei den anderen beiden Fallentypen war dies nicht der Fall. Dieses zeigt, daß in den Licht- und Pheromonfallen besonders bei hohem Populationsniveau von *P. xylostella* mehr Tiere von Wanderungsbewegungen oder aus Nachbarbeständen erfaßt werden als solche, die im Bestand aufgewachsen sind. Nur im Falle der Gelbtafelfänge verhält es sich umgekehrt. Wenn eine hohe Anzahl Puppen auf den Pflanzen gefunden wurde, wurden gleichzeitig auch viele Adulte auf den Tafeln gefangen. Ebenfalls zeitgleich konnte eine verstärkte Eiablage nachvollzogen werden. Eine Woche später, zum Schlupf der Eilarven, ließ sich ein Anstieg der Junglarvenpopulation auf den Pflanzen feststellen, die eine Woche später als Altlarven in Erscheinung traten.

Da nur bei mittlerem bis hohem Befallsniveau signifikante Beziehungen zwischen den Fallenfängen und dem Besatz auf der Pflanze gefunden wurden, widersprechen diese Ergebnisse nicht den Ergebnissen von THEUNISSEN et al. (1988), die in zweijährigen Untersuchungen in der Schweiz, Irland, Belgien, Holland und der Bundesrepublik Deutschland zu dem Ergebnis kamen, daß Pheromonfallenfänge keine zeitliche Beziehung zu dem Auftreten von *P. xylostella*-Larven im Feld haben. Der durchschnittliche Besatz mit *P. xylostella*-Larven auf Kohlpflanzen übersteigt in Mitteleuropa nicht das Besatzniveau, das als "niedrig" (ca. 8 Larven/Pflanze) für die philippinischen Verhältnisse angesehen wird. Auch ein deutlich langsamerer Entwicklungszyklus der Kohlmotte unter mitteleuropäischen Verhältnissen (3-5 Generationen/Jahr) gegenüber philippinischen Bedingungen (15 Generationen/Jahr) mag ein Grund dafür sein, daß für hiesige Verhältnisse diese Beziehungen nicht nachgewiesen werden konnten. Unter nordamerikanischen Bedingungen, unter denen *P. xylostella* 6 Generationen/Jahr erreicht, konnten BAKER et al. (1982) in zweijährigen Untersuchungen in 40 bzw. 50 % der untersuchten Felder eine signifikante Beziehung zwischen dem Besatz auf der Pflanze und den Fängen in Pheromonfallen nachweisen.

Die Eignung von Gelbtafeln zur Überwachung des kleinräumlichen Massenwechsels von *P. xylostella* wurde auch in Japan festgestellt. Dort fanden SIVAPRAGASAM und SAITO (1986) ähnlich hohe Korrelationen bis zu  $r=0,83$  zwischen den Fängen auf Gelbtafeln und einer aufgrund von Puppenzählungen geschätzten Anzahl Adulte im Bestand.

### 3.2 Biologische Bekämpfung

In der Zeit von November 1989 bis Juni 1990 wurden vier Halbfreilandversuche zur Bekämpfung von *P. xylostella* mit *D. semiclausum* durchgeführt. Da im dritten Versuch (s. Tab. 1) die Netzkäfige erst sehr spät gesetzt werden konnten, war trotz mehrfacher Freilassung von *D. semiclausum* keine Schadensbegrenzung mehr zu erzielen. Mit der Variation der Parameter "Beginn der Freilassungen" in Tage nach dem Verpflanzen (T.n.P.) und "Häufigkeit der Freilassungen" kann der unterschiedliche Bekämpfungserfolg in den verschiedenen Versuchen erklärt werden. In Abb. 3 sind die Populationsverläufe von *P. xylostella* für die drei Halbfreilandversuche am Standort La Trinidad ("Balili" und "Swamp") vergleichend zwischen Freilassungskäfigen und Kontrollkäfigen gegenübergestellt. Nachdem durch die einmalige Freilassung der gesamten einzusetzenden Menge Nützlinge im ersten Versuch die spätere Massenvermehrung des Schädlings nicht verhindert werden konnte, wurde im zweiten Versuch die einzusetzende Menge Nützlinge auf fünf Termine aufgeteilt. Trotz eines sehr hohen Schädlingsbesatzes in diesem Versuch (40 bis 60 *P. xylostella*-Larven/Pflanze) und einer sehr geringen Menge eingesetzter Nützlinge (35 Paare/Wiederholung) konnten hohe Parasitierungswerte bis 90 % festgestellt werden. Zum Zeitpunkt der Verpuppung der Kohlmottenlarven nach dem ersten Populationshöhepunkt wurden in den Freilassungskäfigen durchschnittlich bis zu 7 *Diadegma*-Kokons/Pflanze gezählt. Der Bekämpfungserfolg dokumentierte sich ebenfalls in den Ernteergebnissen (Tab. 3), wie die signifikanten Unterschiede zur Kontrolle belegen.

Da die Populationsentwicklung von *P. xylostella* unter den Netzkäfigen des vierten Halbfreilandversuches ähnlich verlief wie im zweiten Versuch, wurde auch hier mit dem mehrfachen Einsatz kleinerer Mengen Nützlinge ein vergleichbarer Bekämpfungserfolg erzielt. Auch hier wurden die Kohlpflanzen in der Wachstumsphase der frühen Kopfbildung (33 bis 55 Tage nach dem Verpflanzen), in der sie besonders empfindlich auf Fraßschädigung reagieren (MAGALLONA und VELASCO, 1980; WIT, 1985), vor einem Massenbefall durch Kohlmottenlarven geschützt. Aufgrund eines insgesamt geringeren Besatzes durch *P. xylostella* waren die Ertragsunterschiede nicht so deutlich, aber bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,05$  wurde der um mehr als 100 % höhere Ertrag in den Freilassungspartellen signifikant abgesichert.

In zwei Feldversuchen wurde *D. semiclausum* eingesetzt, um zu prüfen, inwieweit sich dieser Nützlichling ansiedeln läßt und im Feld verbleibt. Geomorphologische und klimatische Unterschiede der Versuchsflächen bewirkten in diesen Freisetzungsversuchen sehr unterschiedliche Ergebnisse. Durch die exponierte Lage der Versuchsfläche am Standort "Sto. Tomas" auf einer offenen Hügelkuppe und durch ein Taifunereignis mit starken Niederschlägen und Wind konnten nach der Freilassung lediglich vereinzelt einige adulte Tiere in einer D-VAC Saugfalle (MÜHLENBERG, 1989) wiedergefunden werden.

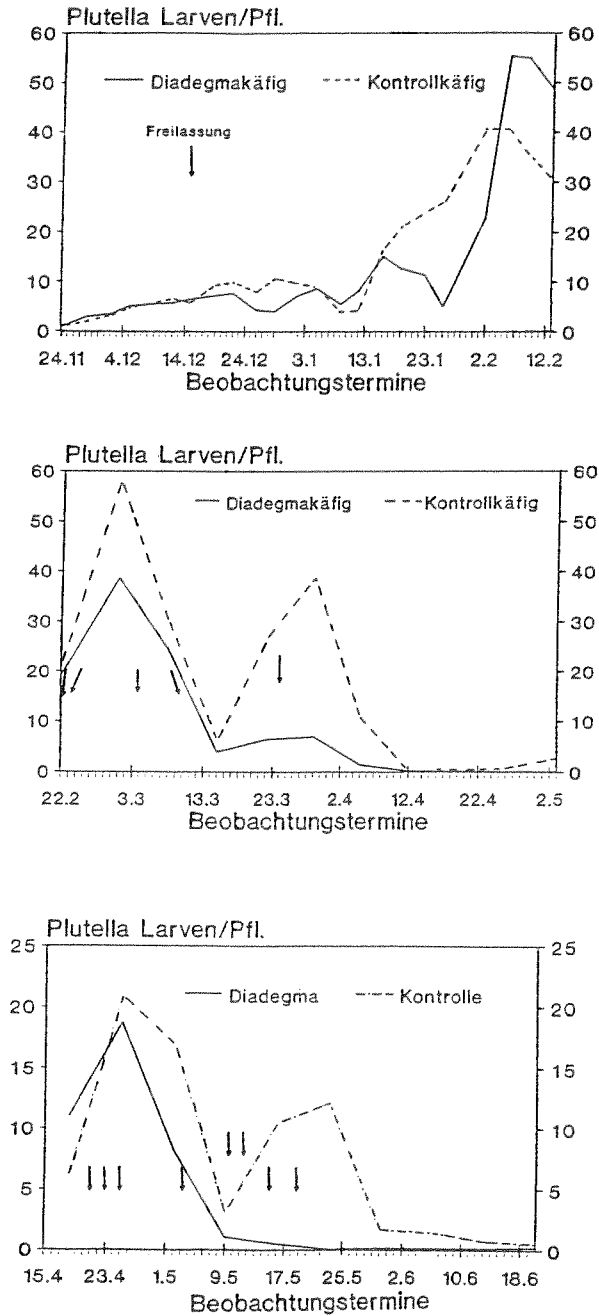


Abb. 3: Populationsverläufe von *P. xylostella*-Larven in drei Halbfreilandversuchen zur biologischen Bekämpfung mit *D. semiclausum* [Versuch 1 oben, Versuch 2 mitte, Versuch 4 unten; — Freilassungskäfig, --- Kontrollkäfig; ↓ = Freilassungstermine; Mittelwerte von 20 Pflanzen/Zähltermin]

Die Tallage und die Feldumrandung mit Hecken und Blütenpflanzen der Versuchsfläche am Standort "Puyat" ermöglichten schon 14 Tage nach der einmaligen Freilassung von 100 Paaren ein Wiederfinden des Nützlings in Form von Kokons. In diesem Versuch wurden bis zur Beernung des Feldes, 67 Tage nach der Freilassung, Parasitierungen festgestellt.

Tab. 3: Ernteergebnisse der Versuche zur biologischen Bekämpfung von *P. xylostella*

Behandlungen	Ernteparameter		
	Gesamtgew./ Parzelle(kg)	Erntefähige Köpfe/Parzelle	Durchschn. Kopfgew. (kg)
<b>Versuch 1:</b>			
<i>Diadegma</i>	5,59	14	0,20
Kontrolle	2,49	7	0,09
<b>Versuch 2:</b>			
<i>Diadegma</i>	27,25 **	31 **	0,86 **
Kontrollkäfige	8,61	16	0,24
<b>Versuch 3:</b>			
<i>Diadegma</i>	3,63	7	0,56
Kontrollkäfige	6,19	5	0,63
<b>Versuch 4:</b>			
<i>Diadegma</i>	21,74 *	27 *	0,57
Kontrollkäfige	9,22	14	0,34

\* =  $p = 0,05$  , \*\* =  $p = 0,01$ ; Werte ohne Index unterscheiden sich nicht signifikant

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß Kohlmottenpopulationen mit hohen Parasitierungsraten von *D. semiclausum* begrenzt werden können, wenn der Nützing rechtzeitig bereitsteht. Die verzögert dichteabhängige Wirt-Parasitoid-Beziehung zwischen *P. xylostella* und *D. semiclausum* erfordert einen präventiven Nützingseinsatz, da der Schaden einer ansteigenden Schädlingpopulation durch Larvenparasitoiden kurzfristig nicht verhindert werden kann. Die Förderung der Startpopulation der Nützlinge durch Freilassungen und das rechtzeitige Erkennen einer drohenden Kohlmottenkalamität mit Hilfe von Fallen kann eine Alternative zur bestehenden Pflanzenschutzpraxis unter den philippinischen Bedingungen sein. Voraussetzung dafür ist das Bereitstehen einer großen Anzahl von Nützlingen, die Abkehr von nützingsschädigenden Insektiziden sowie das Vorhandensein eines wirksamen und nützingsschonenden Insektizides, um vereinzelte Gradationen von *P. xylostella* und anderer Schädlinge zu verhindern.

#### 4. Zusammenfassung

*P. xylostella* ist mit mehr als 80 % das häufigste Insekt auf Kohlpflanzen in Nordluzon (Philippinen). Die Möglichkeit, den Massenwechsel dieses Schädlings mit Hilfe von Fallenfängen festzustellen und damit gleichzeitig den zu erwartenden Befall auf den Pflanzen einschätzen zu können, ist unter den Bedingungen Nordluzons gegeben. Bei einem hohen Populationsniveau ist insbesondere die Gelbfalle als Monitoring-Instrument für die Kohlmotte geeignet. Es wurden signifikante Korrelationen zwischen den Fallenfängen und dem Besatz auf Kohlpflanzen berechnet. Ein wichtiger natürlicher Gegenspieler von *P. xylostella*, der Larvenparasitoid *D. semiclausum*, wurde erfolgreich in die Philippinen eingeführt, vermehrt und in Halbfreiland- und Freilandversuchen erprobt. In Halbfreilandversuchen konnte durch mehrmaliges Freilassen einer kleineren Anzahl von Parasitoiden ein guter Bekämpfungserfolg im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle und signifikante Ertragssteigerungen erzielt werden. Freilandeinsätze zeigten, daß Umweltbedingungen wie Feldrandbeschaffenheit und Witterung für das Überleben im Feld und die Leistungsfähigkeit der Nützlinge ausschlaggebend sind.

#### Literatur

BAKER, P. B., A. M. SHELTON und J. T. ANDALORO (1982): Monitoring of Diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae) in cabbage with pheromones. *J. Econ. Entomol.* **19** (4), 987-994.

BML (1991): Forschung im Geschäftsbereich des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Teil G, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin und Braunschweig, Jahresbericht 1991.

KIRCHHOFF, K. (1986): Die Zucht der Schlupfwespe *Diadegma semiclausum* Hellen (Hymenoptera: Ichneumonidae) und des Schadschmetterlings *Plutella xylostella* Curtis (Lepidoptera: Hyponomeutidae), biologische und ökologische Daten sowie Beiträge zum Wirt-Parasitoid-Komplex. Diplomarbeit Univ. Bonn, Inst. für Angewandte Zoologie, Prof. Dr. W. J. Kloft.

LIN, J. G., C. F. HUNG und C. N. SUN (1989): Teflubenzuron resistance and microsomal monooxygenases in larvae of the diamondback moth. *Pestic. Biochem. Physiol.* Nach: LOURENS, J. H. und T. M. REYES (1989): Susceptibility of *Plutella xylostella* to abamectin. Vortrag anlässlich der First Asia-Pacific Conference of Entomology, 12 pp.

MAGALLONA, E. D. und L. R. VELASCO (1980): Critical time for the protection of cabbage against *Plutella xylostella* Linn. *Philipp. Ent.* **4** (1-2), 99-104.

MÜHLENBERG, M. (1989): Freilandökologie. UTB-Taschenbuch, Ulm.

OOI, P. A. C. (1980): Laboratory studies of *Diadegma cerophagus* (Hym.: Ichneumonidae), a parasite introduced to control *Plutella xylostella* (Lep.: Hyponomeutidae) in Malaysia. *Entomophaga* **25** (3), 249-259.

PÖLKING, A. (1992): Die Kohlmotte, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), in Nordluzon (Philippinen) - Ansätze zu ihrer integrierten und biologischen Bekämpfung. Hartung-Gorre-Verlag, Konstanz, Diss. Univ. Gießen.

PÖLKING, A. (1992a): Diamondback Moth in the Philippines and its Control with *Diadegma semiclausum*. In: TALEKAR, N. S. (eds.) (1992): Diamondback moth and other crucifer pests: Proceedings of the second international workshop, Tainan, Taiwan, 10-14 December 1990. Asian Vegetable Research and Development Center. AVRDC Publication No. 92-368, 271-278.

RIETHMACHER, G. W. (1991): Ökologie und Pathogenität von Insektenpathogenen bei der Regulation von Populationen der *Plutella xylostella* (L.) auf den Philippinen. Diss. Univ. Gießen.

SIVAPRAGASAM, A. und T. SAITO (1986): A yellow sticky trap for the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae). Appl. Ent. Zool. **21** (2): 328-333.

TABASHNIK, B. E., N. FINSON, J. M. SCHWARTZ, M. A. CAPRIO und M. W. JOHNSON, 1990: Diamondback moth resistance to *Bacillus thuringiensis* in Hawaii. In: TALEKAR, N. S. (eds.) (1992): Diamondback moth and other crucifer pests: Proceedings of the second international workshop, Tainan, Taiwan, 10-14 December 1990. Asian Vegetable Research and Development Center. AVRDC Publication No. 92-368, 175-183.

WIT, A. K. H. (1985): The relation between partial defoliation during the preheading stages of spring cabbage and yield, as a method to assess the quantitative damage induced by leaf-eating insects. Z. ang. Ent. **100**, 96-100.