

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



100 Jahre Pflanzenschutzforschung

Verschiedene Themen

100 Years Research in Plant Protection

Various subjects

Zusammengestellt von

Dr. Hans Becker

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Ökotoxikologie im Pflanzenschutz
Kleinmachnow und Berlin

Heft 351

Berlin 1998

Parey Buchverlag Berlin
Kurfürstendamm 57, D-10707 Berlin

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA)

Präsident: Professor Dr. Fred Klingauf, Messeweg 11/12, D-38104 Braunschweig

Die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), deren Entstehung auf die 1898 gegründete Biologische Abteilung am Kaiserlichen Gesundheitsamt in Berlin zurückgeht, ist eine selbständige Bundesoberbehörde und Bundesforschungsanstalt im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Ihre Aufgaben sind im Pflanzenschutz-, Gentechnik- und Bundesseuchengesetz festgelegt und umfassen u. a.:

- Forschungen auf dem Gesamtgebiet des Pflanzen- und Vorratsschutzes,
- Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln,
- Eintragung und Prüfung von Pflanzenschutzgeräten,
- Mitwirkung bei der Genehmigung zur Freisetzung und dem Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Organismen einschließlich Forschung zur biologischen Sicherheit,
- Beteiligung bei der Bewertung von Umweltchemikalien nach dem Chemikalienrecht.

Die Forschungsarbeiten der BBA schaffen Grundlagen für Entscheidungshilfen zur Ernährungs-, Land- und Forstwirtschaftspolitik sowie zur Verbraucherpolitik. Über 900 Mitarbeiter, davon 300 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, sind bei der BBA beschäftigt.

The Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry (BBA)

President: Professor Dr. Fred Klingauf, Messeweg 11/12, D-38104 Braunschweig

The Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry (BBA), which originates from the Biological Division at the Empirical Health Office, founded in Berlin in 1898, is a federal authority in its own right and federal research centre in the jurisdiction of the Federal Ministry of Food, Agriculture and Forestry (BML). Its tasks are mainly defined by the Plant Protection Act as well as the Genetechnology Act and include among others:

- research in the whole field of plant protection and stored products protection,
- examination and authorization of plant protection products,
- registration and examination of plant protection equipment,
- participation in authorizing genetically modified organisms deliberately released and issued, including investigations on biosafety,
- cooperation in assessing chemicals of environmental relevance according to the Chemicals Act.

The research work of the BBA is providing decisional foundations not only in the political field of food, agriculture and forestry but also for consumer policy. There are more than 900 employees, including 300 scientists, who work at the BBA.

Anschrift für Tauschsendungen:

Please address **exchanges** to:

Adressez **échanges**, s'il vous plaît:

Para el **canje** dirigirse por favor a:

Bibliothek der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Königin-Luise-Straße 19, D-14195 Berlin (Dahlem)

Postanschrift: 14191 Berlin

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



**100 Jahre Pflanzenschutzforschung
Verschiedene Themen**

100 Years Research in Plant Protection

Various subjects

Zusammengestellt von

Dr. Hans Becker

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Ökotoxikologie im Pflanzenschutz
Kleinmachnow und Berlin

Heft 351

Berlin 1998

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

Parey Buchverlag Berlin
Kurfürstendamm 57, D-10707 Berlin

ISSN 0067-5849

ISBN 3-8263-3205-9

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

100 Jahre Pflanzenschutzforschung =

One hundred years research in plant protection

Verschiedene Themen / zsgest. von Hans Becker – Berlin: Parey, [in Komm.], 1998.

(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 351)

ISBN 3-8263-3205-9

© Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

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

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

Inhalt

F. Klingauf Vorwort	5
E. Koch und A. Schmitt Phytoalexine: Ein Historischer Überblick	7
L. Buhr Zwei Biographische Beiträge – Erika Schwartz und Renate Schwartz	31
D. Godan Die Schneckenforschung in der Biologischen Bundesanstalt	37
B. Ohnesorge Populationsdynamische Forschungen an der Biologischen Bundesanstalt	53

Contents

F. Klingauf Preface	5
E. Koch and A. Schmitt Phytoalexines: A Historical Review	7
L. Buhr Short Biographies of the Sisters – Erika Schwartz and Renate Schwartz	31
D. Godan Research on Slugs and Snails in the Federal Biological Research Centre	37
B Ohnesorge Research on Population Dynamics in the Federal Biological Research Centre	53

Vorwort

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

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

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

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

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

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

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

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

Braunschweig, den 28. Januar 1998

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

Prof. Dr. F. Klingauf

Phytoalexine: Ein Historischer Überblick

Phytoalexines: A Historical Review

von

Eckhard Koch und Annegret Schmitt

Abstract

Resistance phenomena of plants towards pests have always caught the interest of plant breeders, agronomists and plant pathologists. During the fourth decade of this century, Karl Otto Müller and his co-worker Hermann Börger, working at the former Biologische Reichsanstalt at Berlin, conducted experiments on the resistance of potato tubers towards *Phytophthora infestans*, the causal agent of potato late blight. Based on the results of these studies Müller and Börger postulated the existence of phytoalexins, defence compounds produced by plants in response to pathogen attack. Müller took up his position at the Biologische Reichsanstalt in 1921. In 1923 Müller discovered *Phytophthora*-resistant clones among breeding material derived from crosses of Irish potato with wild relatives from South America. These clones were used by Müller to breed blight-resistant potato cultivars, the so-called W-varieties of which the first was officially registered in 1934. In a survey with *Phytophthora* isolates of different geographic origin conducted in 1926/27, Müller found no isolates capable of infecting his resistant breeding material. In 1932, however, W-varieties were attacked by a new virulent strain. This strain was termed S by Müller as opposed to the old strain which he termed A. Already in 1928 Müller started physiological and histological studies on the development of *P. infestans* in susceptible and resistant potato tubers. Börger joined in these studies from 1933 onwards. Müller and Börger observed that when cut surfaces of potato tubers of a W- variety were treated with the A strain which initiated hypersensitivity and then with the S strain, the latter was inhibited. Inhibition also occurred in the cells beneath the hypersensitively reacting tissue. If the potato pathogen *Fusarium coeruleum* or some saprophytic fungi were inoculated after the A-strain, their development was also stopped. No inhibition occurred on tubers of a variety susceptible to both strains. Based on these observations, Müller and Börger hypothesised that hypersensitivity in W-varieties was accompanied by the formation of non-specific „fungitoxic reaction products“ which they named „phytoalexins“. Following publication of Müller and Börger's results in 1940, studies on phytoalexins were initiated in laboratories world-wide. Whereas the early studies were mainly concerned with the description, characterization and identification of phytoalexins, the research was broadened especially from the 1970s onwards. Plant physiologists, biochemists and molecular biologists together with „classical“ phytopathologists studied diverse aspects of phytoalexins. Examples of research topics treated between 1940 and 1997 are given. A literature review based on 12 relevant biological and agricultural data banks conducted January 1997 revealed 3392 publications with the term „phytoalexin“ in the title, the abstracts or the keywords. During the period 1977 to 1995, the number of citations reached a peak in 1991. Müller and Börger viewed phytoalexins as compounds formed in resistant plant tissue in response to pathogen attack. However, later studies revealed that phytoalexin accumulation may occur in susceptible tissues as well and may also be triggered by chemical or physical stimuli. Whereas in a few host-pathogen systems phytoalexins appear to play an important role as determinants of resistance, in others there is no or only vague evidence for such a role. In most cases accumulation of phytoalexins may be one of several defence mechanisms triggered by pathogens. The localised resistance observed after pre-inoculation with pathogens (cross protection) is often associated with accumulation of phytoalexins, but these compounds have apparently no role in systemic acquired resistance. Recent work in our group suggests that in cucumber, formation of phytoalexins is involved in the resistance against powdery mildew induced by an extract of the giant knotweed (*Reynoutria sachalinensis*). There is evidence to suggest that the accumulation of phytoalexins may contribute to the activity of certain fungicides. However, efforts directed at using phytoalexins themselves as fungicides have been unsuccessful.

cessful. This has mainly been attributed to their mild toxicity and lack of systemicity. In addition, certain phytoalexins were shown to be toxic to plant and mammal cells, which generally reduced their potential exploitation, be it direct as fungicides or indirect e.g., by triggering, enhancing or even constitutively expressing, their formation in plants. Today there are more than 300 known structurally elucidated phytoalexins. Phytoalexins have a striking structural diversity. The phytoalexin resveratrol from grapes was recently shown to have anti-cancer activity and a preventive effect on coronary diseases. This points to the potential use of phytoalexins in human medicine, which is a field of application which Müller and Börger were almost certainly not thinking of when they published their work about 60 years ago.

Einleitung

Resistenzerscheinungen von Pflanzen gegenüber Schadorganismen haben von jeher das Interesse von Pflanzenzüchtern, Pflanzenschützern und Pflanzenbauern geweckt. Wie man heute weiß, ist das, was sich makroskopisch als Befallsfreiheit oder verminderter Befall präsentiert, das Ergebnis äußerst komplexer genetischer und biochemischer Interaktionen zwischen Wirt und Parasit. In den 20er und 30er Jahren dieses Jahrhunderts wurden an der damaligen Biologischen Reichsanstalt unter der Leitung von K.O. Müller Untersuchungen zur Resistenz der Kartoffel gegenüber dem Erreger der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) durchgeführt. Basierend auf den in diesen Arbeiten gewonnenen Ergebnissen postulierten Müller und sein Mitarbeiter Börger die Existenz von „Phytoalexinen“, pflanzeneigenen Abwehrstoffen, die als Antwort auf eine Infektion gebildet werden. Müller und Börger eröffneten damit eine neue Arbeitsrichtung in der Resistenzforschung. Die in den folgenden Jahrzehnten weltweit einsetzende intensive Forschung über Phytoalexine hat ganz wesentlich zu unserem heutigen Verständnis von Wirt-Parasit-Beziehungen beigetragen.

Die Arbeiten von K.O Müller und H. Börger

Historischer Hintergrund

Karl Otto Müller studierte in Berlin Botanik, Zoologie und Chemie. Der Genetiker Correns und die Botaniker Pringsheim und Haberlandt gehörten zu seinen Lehrern. Er promovierte 1921 mit einer Arbeit unter dem Thema „Untersuchungen zur Entwicklungsphysiologie des Pilzmycels“. Schon bald nach der Promotion wurde ihm durch Oberregierungsrat Dr. J. Broili die Stellung eines Forschungsassistenten im Laboratorium für angewandte Vererbungsfor- schung an der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem angeboten (LINSKENS, 1978). Broili beschäftigte sich mit den wissenschaftlichen Grundlagen der Züchtung krankheits-widerstandsfähiger Kartoffelsorten und arbeitete in diesem Zusammenhang auch mit südamerikanischen Wildformen der Kulturkartoffel. Nach anfänglichem Optimismus in den 60er und 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts herrschte allerdings schon wieder die Meinung vor, daß das Zuchtziel der Krautfäuleresistenz durch interspezifische Kreuzungen mit Wildformen nicht zu erreichen sei. Nach dem Ausscheiden Broilis aus der Biologischen Reichsanstalt wurde das vorhandene Zuchtmaterial K.O. Müller zur weiteren Bearbeitung übergeben, mit dem ausdrücklichen Auftrag, der Züchtung *Phytophthora*-resistenter Kartoffelsorten besondere Aufmerksamkeit zu widmen (MÜLLER, 1930). Bereits im Herbst 1923 fand Müller innerhalb des „Ef-Stammes“ Klone, die gegen *Phytophthora* Feldresistenz zeigten (MÜLLER, 1941). Dieser Stamm diente Müller zur Entwicklung *Phytophthora*-resistenter Sorten, der sogenannten W-Sorten, von denen die erste 1934 zugelassen wurde (vergl. SCHÖBER-BUTIN, 1998).

Von verschiedenen Rost- und Brandpilzen war der Zusammenhang zwischen Wirtsresistenz und Auftreten physiologischer Rassen des Parasiten bereits bekannt (STAKMAN, 1914; RODENHISER, 1926). Eine von Müller 1926/27 durchgeführte Untersuchung an *Phytophthora*-Isolaten unterschiedlicher Herkunft ergab zwar deutliche Hinweise auf physiologische und morphologische Unterschiede zwischen den Isolaten, allerdings waren diese eher quantitativer Natur. Zu dem in dieser Untersuchung verwendeten Differentialsortiment gehörten auch zwei seiner *Phytophthora*-resistenten Zuchtstämme. Sie wurden von keinem der Isolate nennenswert geschädigt. Müller folgerte daraus, daß *„eine Komplizierung der züchterischen Arbeit im Sinne vieler Uredineen ... nicht zu erwarten“* sei (MÜLLER, 1928). Leider erwies sich diese Einschätzung als zu optimistisch, denn 1932 trat die Krautfäule erstmals auch an W-Sorten auf. Der neue, an W-Sorten virulente Typus wurde mit "S" (in Anlehnung an den Fundort „Streckenthin“), der alte mit "A" bezeichnet (MÜLLER, 1933). Mit dem Durchbrechen der Resistenz der W-Sorten hatten die Bemühungen, *Phytophthora*-resistente Kartoffelsorten zu erstellen, einen erheblichen Rückschlag erlitten. Andererseits war aber das Vorhandensein von zwei physiologischen Rassen (S und A), die mit ihrem Wirt (W-Sorte) eine kompatible bzw. inkompatible Interaktion eingingen, eine Voraussetzung für die von Müller und Börger durchgeführten Untersuchungen, die schließlich zur Postulierung von Phytoalexinen führen sollten.

Die Entwicklung der Phytoalexintheorie

Nach eigenen Angaben hatte Müller bereits vor 1928 mit Untersuchungen zu den Ursachen der *Phytophthora*-Resistenz begonnen. In einer unter seiner Anleitung durchgeführten Doktorarbeit zeigte sich, daß der A-Stamm auf anfälligen und resistenten Sorten ähnliche Entwicklungsstadien durchlief, allerdings wurde das Endstadium, der Tod der betroffenen Wirtszellen, auf den resistenten viel schneller erreicht (MEYER, 1940). Eigene Versuche zum Nachweis hypothetischer toxisch wirksamer Stoffe in gesunden Blättern, also präformierten antimikrobiellen Substanzen, hatten nach Müllers Angaben zu keinen eindeutigen Ergebnissen geführt. *„Immer wieder drängte sich ihm“* daher *„die Auffassung auf, daß erst nach dem Befall der Wirtspflanze jenes Prinzip zur Entstehung gelangt, das die Resistenz bedingt“* (MÜLLER und BÖRGER 1940). Von 1933 an beteiligte sich Hermann Börger an den Versuchen die, wie schon bei MEYER (1940), an Kartoffelknollen durchgeführt wurden, da sich diese als wesentlich besser für Versuche unter kontrollierten Bedingungen erwiesen hatten als das Laub der Kartoffel.



Abb 1.: Hermann Börger, 28. 1. 1901 - 30. 9. 1980

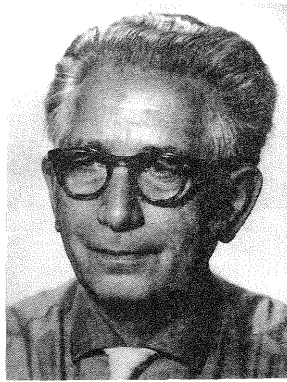


Abb. 2: Karl Otto Müller, 16. 12. 1887 - 20. 1. 1978

Hermann Börger hatte Biologie, Naturwissenschaften, Mathematik und Philosophie studiert und 1925 eine Dissertation zum Thema „Zell- und Gewebekulturen“ vorgelegt. Im Anschluß an die Promotion war er zunächst als Assistent an verschiedenen Instituten tätig gewesen, bevor er 1933 mit einer Tätigkeit an der Biologischen Reichsanstalt begann (ANONYM, 1971).

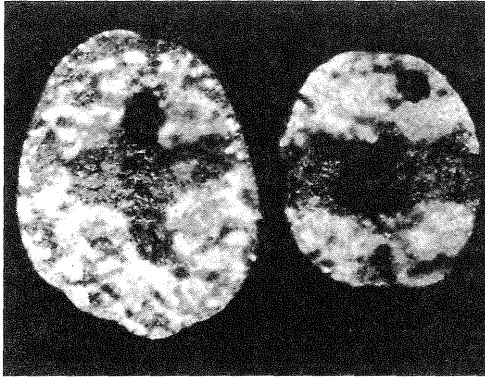


Abb 3: „Impf-Figuren auf W-Knolle (23/31), hervorgerufen durch Verimpfen von Phytophthora A (Kreuz bzw. Band) und nachherigen Überschichten der ganzen Wundfläche mit Phytophthora S. Zeitlicher Abstand zwischen und S-Impfung: 16 h. (Etwa $\frac{2}{3}$ nat. Größe) (Darstellung d. Originalarbeit v. MÜLLER u. BÖRGER, 1940 zu Ergebnissen von Inokulationsversuchen mit *P. infestans* bzw. *F. coeruleum*)

schiedenen saprophytischen Pilzen inokuliert, so war deren Entwicklung ebenfalls gehemmt (vergl. Abb. 3a).

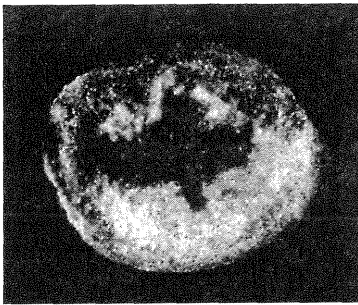


Abb. 3a: „Vakzinationskreuz“, hervorgerufen durch A auf W 23/31; außerhalb des vorbehandelten Bezirkes reichliche Fruktifikation von *Fusarium coeruleum*. Zwischen A- u. *Fusarium*-Impfung lag eine Zeit von 16 h. (Etwa $\frac{1}{2}$ nat. Größe) (Darstellung a. d. Originalarbeit v. MÜLLER u. BÖRGER, 1940 zu Ergebnissen von Inokulationsversuchen mit *P. infestans* bzw. *F. coeruleum*)

In detaillierten Studien wiesen Müller und Börger nach, daß nach Vorinokulation einer W-Knolle mit dem inkompatiblen A-Stamm die Entwicklung des normalerweise kompatiblen S-Stammes gehemmt war (vergl. Abb. 3). Dieser „Immunisierungs-Effekt“ war nicht auf die Gewebebereiche beschränkt, die als Reaktion auf den A-Stamm mit einer „Abwehrnekrose“ reagiert hatten; auch in den angrenzenden Zellen war die Entwicklung des S-Stammes noch beeinträchtigt. Eine „Totalimmunisierung“ der gesamten Knolle blieb aber aus. Wenn der A-Stamm dem S-Stamm 24 Stunden vorausging, war der Effekt deutlicher als bei gleichzeitiger Inokulation. Wurden W-Knollen mit Sporangien des A-Stammes vorbehandelt und nachfolgend mit Konidien des Kartoffelpathogens *Fusarium coeruleum* oder ver-

Aus diesen Ergebnissen schlossen die Autoren, daß im Laufe der Abwehrreaktion ein Prinzip stofflicher Natur entstanden war („wobei wir offen lassen wollen, ob es sich um einen bestimmten Stoff oder um eine ganze Stoffgruppe handelt“), das die Entwicklung des Parasiten zum Stillstand brachte. Diese in ihrer Wirkung unspezifischen „hypothetisch zu fordernden fungiziden Reaktionsprodukte“ wurden in Anlehnung an in der Immunitätslehre postulierte bakterizide Stoffe in Körperflüssigkeiten („Alexine“; alexein (griech.): abwehren) als „Phytoalexine“ bezeichnet.

Die Frage, ob die Phytoalexine durch Aktivierung bereits vorhandener Stoffe oder durch Neusynthese entstehen, ließ sich an-

hand der vorliegenden Ergebnisse nicht beantworten: *"Auch lassen wir noch zunächst dahingestellt, ob das wirksame Prinzip präformiert in der gesunden Zelle vorliegt und durch den Parasiten nur noch aktiviert zu werden braucht, um zur Wirkung zu gelangen, oder ob es sich um einen Stoff handelt, der nach dem Angriff des Parasiten als Neubildung i. e. S. entsteht"*. Mit der Identifizierung der Molekülstruktur einzelner Phytoalexine zu Beginn der sechziger Jahre war die Voraussetzung zur Aufklärung ihrer Biosynthesewege gegeben. Es zeigte sich, daß die Biosynthese der Phytoalexine auf "Seitenzweigen" bekannter Stoffwechselwege erfolgt und an die *de novo* Synthese verschiedener Enzyme gekoppelt ist.

In der Diskussion ihrer Ergebnisse gehen Müller und Börger auch auf die Frage nach dem Auslösemechanismus der Abwehrnekrose ein, ohne allerdings zu einer abschließenden klaren Aussage zu gelangen. In Anbetracht der ca. 30 Jahre später einsetzenden intensiven Forschungsarbeiten zu Elicitoren der Phytoalexinsynthese ist dabei insbesondere der folgende Satz bemerkenswert: *"Wohl ist es einem von uns (K.O. Müller) bereits gelungen, aus dem Phytophthora-Mycel Stoffe zu extrahieren, welche bei der Knollenparenchymzelle eine Abwehrnekrose in Gang setzen, die, was ihre mikrochemische "Symptomatik" und ihre hemmende Wirkung auf virulente Phytophthora-Stämme anbelangt, vollkommen den Veränderungen entspricht, die Meyer und wir in der vorliegenden Arbeit beschrieben haben"*. War dieser Stoff das Toxin von *P. infestans*, das 40 Jahre später STOLLE und SCHÖBER (1984, 1985a, 1985b) aus dem Kulturmedium des Pilzes isolierten und gleichzeitig als Elicitor für die Phytoalexinsynthese beschrieben haben? Diese Frage kann heute wohl nicht mehr beantwortet werden.

Natürlich wäre es nachträglich interessant zu wissen, welche Stoffe tatsächlich für die in den Müller und Börger'schen Versuchen beobachtete Hemmung des *Phytophthora*-Pilzes verantwortlich waren. Daran, daß es sich dabei wirklich um Phytoalexine handelte, besteht auch aus heutiger Sicht kein Zweifel. Als wahrscheinlichster Kandidat wäre wohl das Rishitin zu nennen (SATO et al., 1971). Dieser erste Vertreter von Phytoalexinen aus der Gruppe der Sesquiterpenoide wurde Ende der sechziger Jahre, also knapp 30 Jahre nach Veröffentlichung der Arbeit von Müller und Börger, chemisch charakterisiert (KATSUI et al., 1968).

Ein wichtiger Beitrag zur Untermauerung der Phytoalexin-Hypothese war die später von Müller angewandte Methode der Applikation von Infektionströpfchen in die Samenmulden von Bohnen- und Erbsenhülsen. (Wund-Hormon-Test von Wehnelt). Mit dieser Methode war es möglich, weitgehend sterile Diffusate für die anschließende biologische und chemische Charakterisierung zu gewinnen. Die Verwendung dieser Technik führte erstmals zum Nachweis von Phytoalexinen bei Leguminosen (MÜLLER, 1956; MÜLLER, 1958) und ermöglichte später die Strukturaufklärung der Phytoalexine Pisatin und Phaseollin (PERRIN und BOTTOMLY, 1962; CRUICKSHANK und PERRIN, 1963a).

Weder K.O. Müller noch H. Börger waren Parteimitglied, und so waren ihrem dienstlichen Fortkommen in der Biologischen Reichsanstalt enge Grenzen gesetzt. H. Börger verließ 1939 die Biologische Reichsanstalt und widmete sich der praktischen Kartoffelzüchtung. 1956 machte er sich als Kartoffelzüchter selbständig (ANONYM, 1971). K.O. Müller wurde 1944 wegen despektierlicher Bemerkungen über die NSDAP des Hoch- und Landesverrats angeklagt, konnte aber einer Verhaftung und Verurteilung entgehen. Er wurde 1946 als Professor an die Universität Halle berufen, ging aber 1947 in den Westen und arbeitete an wissenschaftlichen Institutionen in Großbritannien und Australien sowie als Regierungsberater in Chile (LINSKENS, 1978).

In der Biologischen Bundesanstalt wurden in den Jahren 1974 bis 1985 weitere Arbeiten zur Rolle von Phytoalexinen im System Kartoffel / *P. infestans* durchgeführt. Schwerpunkt waren Untersuchungen zur Bedeutung der Phytoalexine bei der unspezifischen Resistenz der Kartoffelknolle gegen *P. infestans* sowie zu ihrem Vorkommen in Wildarten und -formen der Kartoffel (SCHÖBER, 1980, 1981a, 1981b). Daneben wurde versucht, das Toxin von *P. infestans* zu isolieren und seine Wirkung auf Blatt- und Knollengewebe zu studieren. Konnte man es vielleicht zur schnelleren Selektion resistenter Kartoffelzuchtstämme einsetzen (STOLLE und SCHÖBER, 1985c)? Diese Hoffnung erfüllte sich leider nicht; ebensowenig wie die vielen Versuche zur Auffindung von Phytoalexinen im Kartoffelblatt. Größere Bedeutung erlangte dann plötzlich der Einfluß der Phytoalexine und des Toxins auf den Menschen, und so wurden Fütterungsversuche durchgeführt, die aber zu keiner endgültigen Klärung des Problems führten (NEUDECKER und SCHÖBER, 1984). Erst mit neueren Methoden der Zellkultur konnte gezeigt werden, daß zumindest das Toxin, dessen Struktur noch nicht aufgeklärt ist, tierische Zellen zum Absterben bringt (SCHÖBER-BUTIN, 1996).

Phytoalexinforschung bis heute - ein kurzer Überblick

Seit den Anfängen der Phytoalexinforschung hat sich die Anzahl der untersuchten Wirt-Parasit Systeme und der beschriebenen Phytoalexine stetig vergrößert. Während sich die frühen Arbeiten zunächst mit der Beschreibung, Charakterisierung und Identifizierung von Phytoalexinen beschäftigten, wurden die Untersuchungen besonders in den siebziger Jahren deutlich ausgeweitet. Neben Wissenschaftlern der klassischen Phytopathologie beteiligten sich zunehmend Pflanzen-physiologen, Biochemiker und Molekularbiologen an der Erforschung der Phytoalexine. Heute liegt über Phytoalexine eine nahezu unüberschaubare Literatur vor. Zusammenfassende Darstellungen finden sich in zwei Büchern, die sich allein der Thematik der Phytoalexine widmen (BAILEY und MANSFIELD, 1982; DANIEL und PURKAYASTHA, 1995), sowie in diversen Übersichtsartikeln (z.B. CRUICKSHANK, 1963; INGHAM, 1972; KUC, 1972; KUC, 1976a; DEVERALL, 1976; GRISEBACH und EBEL, 1978; DARVILL und ALBERSHEIM, 1984; KUC und RASH, 1985; EBEL, 1986; PURKAYASTHA, 1986; BAILEY, 1987; KUC, 1995; SMITH, 1996; BARZ, 1997).

In Anlehnung an Angaben von PURKAYASTHA (1995) wird im folgenden ein Überblick über wichtige Arbeitsgebiete der Phytoalexinforschung gegeben. Die Zusammenstellung gibt natürlich nur einen kleinen Ausschnitt wieder. Sie soll hier vor allem dazu dienen, einen Eindruck von der Vielfalt der bisher in der Phytoalexinforschung bearbeiteten Fragen zu vermitteln.

Der Stellenwert der Phytoalexine in der naturwissenschaftlichen Forschung geht auch aus dem Ergebnis einer von den Autoren in Auftrag gegebenen Literaturrecherche hervor. Erfasst wurden die Datenbanken AGRIS (FAO), ELFIS, PHYTOMED, AGRAR FORSCHUNGS-VORHABEN (ZADI), AGRICOLA (NAL), VITIS VEA, ENVIROLINE, BIOLIS, BIOSIS (Biological abstracts), SCISEARCH, CAB und ISI/ISTPB. Es wurde nach Veröffentlichungen gefragt, in denen der Begriff "Phytoalexin" im Titel, im Abstract oder in den Keywords enthalten ist. Diese Art der Abfrage wurde gewählt, da die Einbeziehung weiterer Begriffe, etwa spezifischer Phytoalexine oder Phytoalexingruppen, den Aufwand ganz wesentlich vergrößert hätte. Veröffentlichungen, beispielsweise über spezifische Phytoalexine, in denen der Begriff "Phytoalexin" nicht im Titel, im Abstract oder in den Keywords auftaucht, oder auch verschie-

Beispielhafte Originalarbeiten oder Übersichtsartikel (In Anlehnung an Angaben von PURKAYASTHA, 1995)	
Postulierung von Phytoalexinen aufgrund von Experimenten mit <i>P. infestans</i> an Kartoffelknollen	MÜLLER und BÖRGER, 1940
Nachweis, Isolierung, Charakterisierung und Identifizierung neuer antifungaler Verbindungen	GÄUMANN et al., 1950
Einfluß physiologischer Faktoren auf die Bildung von Phytoalexinen	JEROME und MÜLLER, 1958
Auslösung der Phytoalexinsynthese durch Chemikalien	URITANI et al., 1960
Empfindlichkeit von Pathogenen und Nichtpathogenen gegenüber Phytoalexinen	CRUICKSHANK, 1962
Beziehung zwischen Phytoalexinen und Krankheitsresistenz	CRUICKSHANK und PERRIN, 1963b
Auslösung der Phytoalexinbildung durch Bakterien, Viren und Nematoden	O'BRIEN und WOOD, 1973
Beziehung der Phytoalexinbildung zum Enzym Phenylalanin-Ammoniumlyase	BAILEY, 1974
Rassenspezifische Elicitoren	KEEN, 1975
Abbau von Phytoalexinen durch Pathogene	VAN ETTEN et al., 1975
Isolierung und Charakterisierung von Elicitoren	AYERS et al., 1976a
Struktur von Elicitoren	AYERS et al., 1976b
Phytoalexine als taxonomisches Kriterium	INGHAM und HARBORNE, 1976
Wirkungsweise von Phytoalexinen	HARRIS und DENNIS, 1977
Versuche zur Verwendung von Phytoalexinen zur Krankheitsbekämpfung	RATHMELL und SMITH, 1980
Suppressoren der Phytoalexinbildung	DOKE und TOMIYAMA, 1980
Mechanismen der Phytotoxizität von Phytoalexinen	HARGREAVES, J.A., 1980
Untersuchung der Phytoalexinbildung in Zellkulturen	DIXON, 1980
Biosynthese von Phytoalexinen	STOESSL, 1982
Metabolismus von Phytoalexinen in Wirt und Pathogen	VAN ETTEN et al., 1982
Lokalisierung der Phytoalexinbildung	HAHN et al., 1985
Isolierung von Phytoalexinen aus Cruciferen	DAHIYA und RIMMER, 1988
Isolierung und Klonierung von cDNA's und Genen, die für Enzyme der Phytoalexinsynthese codieren	DIXON und HARRISON, 1990
Phytoalexine in Knöllchen der Leguminosen	PARNISKE et al., 1991
Einfluß wurzelbesiedelnder Bakterien auf die Phytoalexinbildung	VAN PEER et al., 1991
Überführung eines Gens für die Phytoalexinbildung aus der Rebe in Tabak	HAIN et al., 1993
Verwendung von Phytoalexin-negativen Arabidopsis-Mutanten	GLAZEBROOK und AUSUBEL, 1994
Rezeptoren für Elicitoren	HAHN, 1996
Phytoalexine und deren Rolle bei der induzierten Resistenz in Cucurbitaceen	DAAYF et al., 1997

Tab. 1: Beispiele für Themen der Phytoalexinforschung

dene Übersichtsartikel wurden daher nicht mit erfaßt. Nach Bereinigung der Mehrfachnennungen (z.B. Nennung des Begriffs im Titel und in den Keywords) konnten insgesamt 3392 Literaturzitate nachgewiesen werden (Stand: Jan. 1997). Aus den oben genannten Gründen dürfte die tatsächliche Anzahl der Artikel allerdings noch deutlich höher liegen. Weiterhin wurde nach Zitaten für die Jahre 1977 bis 1995 gefragt, wobei zwischen der Gesamtanzahl und der Zahl in fünf relevanten Zeitschriften unterschieden wurde. Das Ergebnis zeigt Abb. 4.

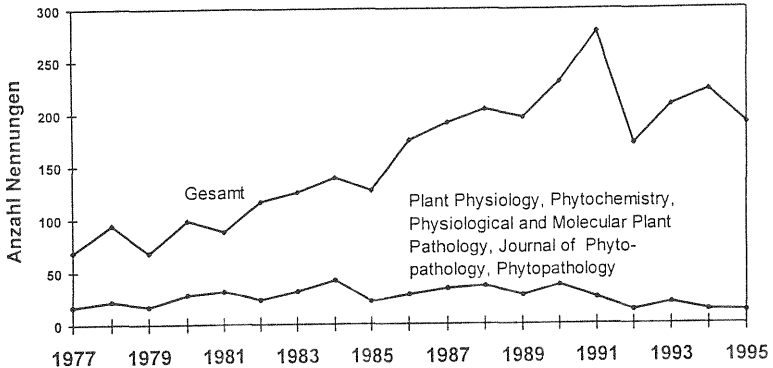


Abb. 4: Anzahl Publikationen, in denen der Begriff "Phytoalexin" im Titel, im Abstract oder in den Keywords enthalten ist. Literaturrecherche in 12 Datenbanken. Dargestellt ist die Gesamtzahl aller Zitate sowie die Anzahl in fünf relevanten Fachzeitschriften im Zeitraum 1977-1995.

Danach war Ende der siebziger bis zum Beginn der neunziger Jahre ein stetiger Anstieg der Anzahl der Veröffentlichungen über Phytoalexine zu verzeichnen. Seit Beginn der neunziger Jahre deutet sich ein Rückgang an, der aber, zumindest teilweise, auch dadurch bedingt sein könnte, daß die Veröffentlichungen der letzten Jahre noch nicht lückenlos erfaßt sind. Wie aus Abb. 3 hervorgeht, erhöhte sich bis ca. 1990 die Anzahl der Veröffentlichungen über Phytoalexine auch in den Zeitschriften *Plant Physiology*, *Phytochemistry*, *Physiological and Molecular Plant Pathology*, *Journal of Phytopathology* und *Phytopathology*, allerdings war dieser Anstieg weitaus weniger deutlich als bei der Gesamtzahl aller erfaßten Journale. Auch bei diesen Zeitschriften, die in den recherchierten Datenbanken erwiesenermaßen vollständig erfaßt sind, ist seit 1991 ein Rückgang der "Phytoalexin"-Zitate zu beobachten. Tatsächlich sind in den zurückliegenden Jahren, insbesondere im Zusammenhang mit der induzierten systemischen Resistenz und dem zunehmenden Anteil molekularbiologischer Forschung, verschiedene andere physiologische Faktoren ins Blickfeld der Resistenzforschung gerückt. Offensichtlich spiegelt sich diese Tendenz im Rückgang der Anzahl der Veröffentlichungen über Phytoalexine wider.

Spielen Phytoalexine eine aktive Rolle im Resistenzgeschehen?

Bei MÜLLER und BÖRGER (1940) findet sich noch keine klare Beschreibung des Begriffs "Phytoalexin" im Sinne einer Definition. Allerdings ist es eindeutig, daß sich der Begriff in erster Linie aus der Funktion bei der Pathogenabwehr erklären sollte (vgl. MÜLLER, 1956). Bei der Untersuchung weiterer Wirt-Parasit Systeme durch verschiedene Forschergruppen wurde aber recht bald deutlich, daß sich die zunächst angenommene enge Beziehung zwischen Phytoalexinbildung und Pathogenabwehr nicht durchgehend nachweisen ließ. Eine 1981 vorgeschlagene Definition beschreibt Phytoalexine als „low molecular weight, antimicrobial compounds that are both synthesized by and accumulated in plants after exposure to

microorganisms“ (PAXTON, 1981). Die ebenfalls mögliche Auslösung der Phytoalexinanreicherung durch Chemikalien und physikalische Faktoren (PERRIN und CRUICKSHANK, 1965; HADWIGER und SCHWOCHAU, 1971) bleibt bei dieser Definition allerdings ausgeklammert. BARZ (1997) bezeichnet Phytoalexine als „low molecular weight antimicrobial compounds produced by plants in response to infection or stress“.

Von verschiedenen Arbeitsgruppen wurde in den zurückliegenden Jahrzehnten die Rolle der Phytoalexine als Resistenzfaktoren untersucht. Angesichts der verschiedenen Wirt-Parasit Systeme, der unterschiedlichen Arten der Resistenz (Rassenspezifische und rassenspezifische Resistenz, Nicht-Wirtsresistenz, Altersresistenz, induzierte Resistenz) und der chemischen Diversität der untersuchten Phytoalexine, Elicitoren und Suppressoren erscheint es nicht verwunderlich, daß die in diesen Arbeiten gewonnenen Ergebnisse nur wenige allgemeingültige Aussagen zulassen. In diesem Zusammenhang sei auf die einschlägigen Übersichtsartikel (z.B. SMITH, 1978; MANSFIELD, 1982; KUC, 1995; BARZ, 1997) verwiesen. Danach bestehen zwischen der Nicht-Wirtsresistenz und der rassenspezifischen bzw. unspezifischen Resistenz hinsichtlich der Art und Menge der gebildeten Phytoalexine keine Unterschiede. Fast durchgängig wird berichtet, daß resistente und anfällige Pflanzen zur Phytoalexinbildung befähigt sind. Ihre Akkumulation erfolgt aber in inkompatiblen Interaktionen schneller und oft in höheren Konzentrationen als in kompatiblen, und fast immer deuten die Ergebnisse auf eine Beteiligung der Phytoalexine an der Resistenz hin. Berichte, nach denen Phytoalexine als alleiniger oder entscheidender Resistenzfaktor angesehen werden, sind sehr selten. HAIN et al. (1993) konnten in transgenem Tabak aus Reben gewonnene und für die Produktion von Stilbensynthase verantwortliche Gene exprimieren. Die an die Aktivität dieser Enzyme gebundene Anreicherung von Resveratrol korrelierte im Tabak mit dem Resistenzgrad gegenüber *Botrytis cinerea*. Indirekt wurde somit Resveratrol als entscheidender Faktor für die Pathogenabwehr identifiziert. Am Beispiel von Pisatin konnten VAN ETTEN et al. (1989) zeigen, daß die Pathogenität verschiedener Krankheitserreger an Erbsen eng an deren Fähigkeit zum schnellen und effektiven Abbau dieses Phytoalexins gekoppelt ist.

KUC (1995) zitiert verschiedene Ergebnisse, die zwar für eine Beteiligung von Phytoalexinen bei den untersuchten Wirt-Parasit Systemen sprechen, allerdings einer weiteren Interpretation bedürfen. Beispielsweise wurde in Sojahypokotylen der Pilz *Phytophthora megasperma* in der inkompatiblen Reaktion gehemmt, wobei das Phytoalexin Glyceollin zu einem frühen Zeitpunkt in ausreichend hoher Konzentration vorlag. Bei zeitlich verzögerter Akkumulation von Glyceollin in der kompatiblen Reaktion trat aber keine Hemmung auf. Bei Befall von Erbsen mit *Aphanomyces euteiches* akkumulierten im Gewebe hohe Mengen von Pisatin. Der Pilz, obwohl hoch empfindlich gegenüber diesem Phytoalexin *in vitro*, wurde gleichwohl nicht gehemmt. Ein Abbau von Pisatin durch *A. euteiches* lag nicht vor. Schließlich nennt KUC die Kartoffel, bei der sowohl nach Inokulation mit kompatiblen wie auch mit inkompatiblen Rassen von *P. infestans* in Blättern keine Phytoalexine aus der (in Kartoffelknollen vorherrschenden) Gruppe der Sesquiterpenoide gefunden wurden. Die Beispiele machen deutlich, daß die Rolle von Phytoalexinen in Wirt-Parasit Interaktionen oft nicht eindeutig ist und legen die Vermutung nahe, daß es weitere Faktoren gibt, die die Wirksamkeit von Phytoalexinen modifizieren bzw. neben diesen als Resistenzfaktoren auftreten.

Phytoalexine und induzierte Resistenz

Wie auch aus dem Untertitel "Zugleich ein Beitrag zum Problem der 'erworbenen Resistenz' im Pflanzenreich" hervorgeht, war es Müller und Börger sehr wohl bewußt, daß ihre Arbeit

für die Erforschung des Phänomens der induzierten Resistenz von herausragender Bedeutung war. Sowohl Beobachtungen, die aus heutiger Sicht als "induzierte lokale Resistenz" zu beschreiben wären als auch solche, die heute als "systemisch induzierte Resistenz" bezeichnet würden, waren bereits bekannt. Gründe wie mangelnde Exaktheit bei der Versuchsdurchführung und fehlende Reproduzierbarkeit der Resultate hatten aber nach Ansicht der Autoren dazu geführt, daß das "*Problem der erworbenen Immunität im Pflanzenreich zu einem Thema herabsank, über welches mehr diskutiert, spekuliert und geschrieben wurde, statt es auf experimentellem Wege der Klärung näherzubringen*" (MÜLLER und BÖRGER, 1940).

In den vergangenen 57 Jahren wurde nun von einer Vielzahl an Wissenschaftlern das Phänomen der erworbenen Immunität „auf experimentellem Wege der Klärung nähergebracht“. Auch das Phänomen der „Totalimmunisierung“ (s.u.) ist nachgewiesen und intensiv bearbeitet worden. Es wird heute mit dem Begriff „systemische erworbene Resistenz“ belegt und der „lokalen erworbenen Resistenz“ gegenübergestellt. HEVESI und ÉRSEK (1988) konnten in Blatthälften von Sojabohnen, die durch Vorinokulation der jeweils anderen Blatthälfte eine Resistenz gegen *Pseudomonas syringae* erworben hatten, das Phytoalexin Glyceollin nicht nachweisen. An Bohnenhypokotylen führt die Inokulation mit den Pilzen *Colletotrichum lagenarium* und *C. lindemuthianum* zu Gewebeverbräunungen und einem lokalen und systemischen Schutz. Die Untersuchung der verschiedenen Hypokotylbereiche zeigte, daß das Phytoalexin Phaseollin nur im Bereich der Inokulationsstellen, nicht aber im angrenzenden systemisch geschützten Gewebe nachweisbar war (ELLISTON et al., 1977). Diese und ähnliche Ergebnisse, die an anderen Wirt-Pathogen Systemen gewonnen wurden, stehen mit der Beobachtung im Einklang, daß Phytoalexine normalerweise nach Infektion nur in unmittelbarer Nähe geschädigter Zellen gebildet und in der Pflanze nicht transportiert werden. Ein Gegenbeispiel hierzu wurde von GÄUMANN und HOHL (1960) berichtet, die in Orchideenknollen nach lokaler Infektion eine systemische Anreicherung von Orchinol fanden. Nach heutiger Auffassung spielen Phytoalexine jedoch im Allgemeinen bei der systemischen induzierten Resistenz keine direkte Rolle. So fanden STOLLE et al. (1988) in systemisch geschützten Tabakblättern nach Inokulation mit *Peronospora tabacina* ähnliche Phytoalexinkonzentrationen wie in ungeschützten. Die Autoren schlossen daraus, daß die Begrenzung des Pilzwachstums im geschützten Gewebe nicht auf die Gegenwart der Phytoalexine zurückzuführen war. Hinweise darauf, daß im systemisch geschützten Gewebe nach einer Infektion mehr Phytoalexine gebildet werden könnten als im ungeschützten Gewebe finden sich dagegen bei ELLISTON et al. (1977) und VAN PEER et al. (1991). Systematische Untersuchungen in dieser Richtung liegen aber kaum vor. Das dürfte auch damit zusammenhängen, daß viele Untersuchungen zur systemischen induzierten Resistenz mit Cucurbitaceen durchgeführt wurden, von denen Phytoalexine bisher nicht bekannt waren (s.u.).

MÜLLER und BÖRGER ordneten die von ihnen beobachteten Abwehrmechanismen der Kartoffelknolle gegenüber *P. infestans* wie folgt ein: "*Zunächst ist zu betonen, daß es uns gelungen ist, eine Umstimmung anfälliger Gewebe im Sinne einer Resistenzerhöhung experimentell eindeutig nachzuweisen. Hiermit hätten also alle positiven Äußerungen zum Problem der erworbenen Immunität im Pflanzenreich eine Stütze erhalten. Dagegen ist es uns nicht gelungen, eine Totalimmunisierung der Pflanze herbeizuführen. Wir können also nur denjenigen Autoren beipflichten, die ebenfalls nur einer lokalen Resistenzänderung das Wort geredet haben.*"

Verschiedene Berichte liegen vor, nach denen, ähnlich wie in den Versuchen von Müller und Börger, die Pflanze durch Vorinokulation mit einem avirulenten Stamm oder einer nicht-

pathogenen Art gegenüber einem nachfolgenden normalerweise pathogenen Stamm resistent wurde („Cross Protection“). Die Frage, inwieweit Phytoalexine für diese Art der Resistenz verantwortlich sein können, wird von MANSFIELD (1982) diskutiert. Danach werden im System Kartoffelknolle / *P. infestans* Phytoalexine als Hauptursache für die Hemmung angenommen (SATO et al., 1971). Ähnliches gilt für die Systeme Baumwolle / *V. albo-atrum* (BELL und PRESSLEY, 1969) und Sojabohne / *P. megasperma* (SVOBODA und PAXTON, 1972). DEVERALL et al. (1979) fanden dagegen in Ihren Versuchen mit Varietäten von *Gaeumannomyces graminis* keinen Hinweis auf die Beteiligung von Phytoalexinen an der erworbenen Resistenz in Weizenwurzeln.

Eine Wirtspflanze, bei der sowohl induzierte lokale wie auch induzierte systemische Resistenz beschrieben, und die unter diesem Aspekt sehr intensiv bearbeitet wurde, ist die Gurke. Gurkenpflanzen können durch die Vorinokulation mit phytopathogenen Pilzen, Bakterien und Viren resistenzinduziert werden. Im Falle der induzierten systemischen Resistenz erfolgt die Vorinokulation auf der unteren Blattoberfläche, die nachfolgende Inokulation mit dem zu prüfenden Pathogen erfolgt auf einem höhergelegenen Blatt. Auf diese Art konnte z.B. der Befall mit *C. lagenarium*, dem Erreger der Anthraknose, um über 80% reduziert werden (METRAUX und BOLLER, 1986). In späteren Arbeiten wurde gezeigt, daß eine vergleichbare systemische Induktion auch mit einem chemisch-synthetischen Induktor, Dichlorisonikotinsäure, erzielt werden kann (METRAUX et al., 1991), wobei die vorbehandelten Gurken nicht nur gegenüber *C. lagenarium*, sondern auch gegenüber *Pseudomonas lachrymans* geschützt waren. In allen Fällen wurde die Bildung von Chitinasen in den systemisch geschützten Blättern nachgewiesen und als Grundlage der Pathogenabwehr diskutiert. Ein weiterer Wirkstoff, Benzothiadiazol, ist seit kurzem als erster systemischer Resistenzinduktor unter dem Namen Bion® (Novartis) im Handel.

In der eigenen Arbeitsgruppe wurde ein Pflanzenextrakt gefunden, der als Induktor gegen den Erreger des Echten Gurkenmehltaus, *Sphaerotheca fuliginea*, eingesetzt werden kann. Extrakte aus dem Sachalin-Staudenknöterich, *Reynoutria sachalinensis*, führen zu einer lokalen induzierten Resistenz. Prophylaktisch appliziert, können Wirkungsgrade von 90% erzielt werden (HERGER und KLINGAUF, 1990; DAAYF et al., 1995). Untersuchungen der beteiligten Wirkmechanismen zeigten, daß in diesem Fall lytische PR-Proteine, wie Chitinasen, an der Abwehr offensichtlich nicht beteiligt sind (LÖFFELHOLZ, 1994). Dagegen wurde kürzlich die Bildung antifungaler Stoffe nachgewiesen, die der Gruppe der Phenylpropane angehören. p-Coumarsiuremethylester wurde als eines von mehreren Phytoalexinen identifiziert (DAAYF et al., 1997). Bei Versuchen mit Konidien von *S. fuliginea* konnten *in vitro* signifikante Keimhemmungen nachgewiesen werden. Wir konnten damit zum ersten Mal nachweisen, daß in Gurken Phytoalexine gebildet werden. Bislang ging man davon aus, daß Phytoalexine in Gurken nicht zu den potentiellen Abwehrmechanismen gehören (KUC, 1995; SIEGRIST et al., 1994).

Das Beispiel der Gurke zeigt sehr deutlich, daß Pflanzen für die Pathogenabwehr ein Multi-komponentensystem an Reaktionen zur Verfügung steht, das in Abhängigkeit von den verwendeten Pathogenen und Induktoren jeweils unterschiedliche Mechanismen aktiviert bzw. nutzt. Einer dieser Mechanismen ist die Bildung von Phytoalexinen, wobei das Ausmaß ihrer Beteiligung an Resistenzreaktionen vom Wirt-Parasit System abhängt und darüberhinaus von Umweltfaktoren beeinflusst werden kann.

Verbreitung und chemische Klassifizierung von Phytoalexinen

Bis heute wurden mehr als 300 Phytoalexine aus über 30 Pflanzenfamilien charakterisiert (GRAYER und HARBORNE, 1994; SMITH, 1996; BARZ, 1997). Allein im Zeitraum von 1982 (BAILEY und MANSFIELD, 1982) bis 1993 vergrößerte sich die Liste der phytoalexinproduzierenden Pflanzen um 61 Arten aus 16 Pflanzenfamilien. Neu hinzugekommen sind beispielsweise die wirtschaftlich wichtigen Arten *Brassica juncea*, *B. napus* und *Raphanus sativus* aus der Familie Cruciferae (GRAYER und HARBORNE, 1994).

Genauso weitverbreitet wie das Vorkommen der Phytoalexine ist auch ihre Zugehörigkeit zu verschiedenen chemischen Substanzklassen. Im Bereich der Phenole kommen neben Phenylpropanen und Phenolcarbonsäuren u.a. auch Vertreter aus der Gruppe der Flavonoide und Stilbene vor. Daneben gibt es andere Phytoalexine, die in die Klasse der Terpenoide, Polyacetylene oder Polyketide einzuordnen sind. Innerhalb einer Pflanzenfamilie oder -art werden in der Regel nicht mehr als 2-3 für die Familie typische Phytoalexinklassen gebildet. Eine Ausnahme hiervon bildet die Familie der Süßgräser, in denen bislang fünf Klassen von Phytoalexinen gefunden wurden (GRAYER and HARBORNE, 1994). In vielen Pflanzenfamilien finden sich dagegen hauptsächlich Vertreter einer bestimmten Substanzklasse. So stehen bei Leguminosen Isoflavonoide, wie Pisatin oder Phaseollin, im Vordergrund. Bei Solanaceen sind es in der Hauptsache Vertreter aus der Gruppe der Sesquiterpene, wie beispielsweise Capsidiol oder Rishitin. In verschiedenen Lehrbüchern und Reviews werden ausführliche Übersichten über das Vorkommen und die Struktur von Phytoalexinen gegeben, so daß an dieser Stelle auf die entsprechenden Quellen (s. o.) verwiesen werden soll.

Nutzung von Phytoalexinen im Pflanzenschutz

Das Auftreten von Phytoalexinen im Verlauf von Resistenzreaktionen und der Nachweis ihrer fungiziden und bakteriziden Wirkung *in vitro* legen nahe, diese natürlich vorkommenden Abwehrstoffe gezielt für den Pflanzenschutz nutzbar zu machen (BAILEY, 1971; SCHRUF, 1984; KUC, 1995). Theoretisch bieten sich verschiedene Strategien an: die naheliegendsten sind die Züchtung von Pflanzen mit der Eigenschaft erhöhter Phytoalexin-Bildung, die Applikation auf die Pflanze im Sinne eines Fungizids sowie die Beeinflussung der pflanzlichen Phytoalexinsynthese durch Applikation auslösender oder regulierender Substanzen.

Nach heutiger Auffassung spielen Phytoalexine in Abhängigkeit vom untersuchten Wirt-Parasit System eine mehr oder wenige wichtige Rolle als Teilfaktoren der Resistenz. Die meist fehlende enge Korrelation zwischen der Fähigkeit zur Phytoalexinbildung und dem Resistenzgrad dürfte die Hauptursache dafür sein, daß, zumindest nach Information der Autoren, die Fähigkeit zu verstärkter Phytoalexinbildung derzeit in der praktischen Resistenzzüchtung nicht als Selektionsmerkmal herangezogen wird.

Zur Anwendung von Phytoalexinen als Fungizide liegen nur wenige Berichte vor. FAWCETT et al. (1969) konnten mit Weyerone, einem Phytoalexin aus *Vicia faba*, eine gewisse Wirksamkeit gegenüber *Uromyces phaseoli* an Buschbohnen und *Botrytis fabae* an Ackerbohnen erzielen. Eine gute, acht Tage anhaltende Wirkung gegen *P. infestans* beobachtete WARD et al. (1975) nach Behandlung von Tomaten mit dem Paprikaphytoalexin Capsidiol. In Untersuchungen mit verschiedenen Strukturanalogen von Vignafuran, einem Phytoalexin aus *Vigna unguiculata*, waren nur wenige der geprüften Verbindungen gegen Bohnenrost und Weizenmehltau wirksam, gegen *B. fabae* an Ackerbohnen wurde in keinem Fall deutliche Aktivität

beobachtet. Aus Versuchen, in denen verschiedene Phytoalexine mit der Wirksamkeit zweier Standardfungizide verglichen wurden, schlossen RATHMELL und SMITH (1980) auf die Unwirtschaftlichkeit der Anwendung von Phytoalexinen als Fungizide.

Neben der fehlenden systemischen Verteilung wird die vergleichsweise geringe fungizide Aktivität als Hauptgrund für die schwache Wirkung angesehen (LANGCAKE, 1981). Für eine Hemmung des Mycelwachstums *in vitro* sind häufig Phytoalexinkonzentrationen im Bereich 10^{-5} - 10^{-4} M erforderlich (SMITH, 1982). Bei modernen synthetischen Fungiziden liegt der entsprechende Wert häufig um den Faktor 10 bis 100 niedriger.

Die Beobachtung, daß infizierte Pflanzen nach Applikation bestimmter Fungizide und Resistenzinduktoren höhere Phytoalexinmengen akkumulieren als ohne Vorbehandlung läßt vermuten, daß die Phytoalexine zur Wirksamkeit dieser Verbindungen beitragen (CARTWRIGHT et al., 1977; SEKIZAWA und WATANABE, 1981; DERCKX und CREASY, 1989; SAINDRENAN und GUEST, 1995). In diesem Zusammenhang ist auch der oben erwähnte Pflanzenextrakt aus *R. sachalinensis* zu nennen, der in Gurken die Bildung von Phytoalexinen induziert, selbst aber keine fungizide Wirkung hat.

Die Phytoalexinakkumulation ist normalerweise an das Vorhandensein verletzter oder absterbender Wirtszellen geknüpft. Insbesondere Elicitoren mikrobiellen Ursprungs haben meist starke phytotoxische Aktivität, so daß ihre Anwendung an der Pflanze zu starken Schädigungen führen würde (MANSFIELD und BAILEY, 1982). Andererseits besitzen aber auch die Phytoalexine selbst phytotoxische Aktivität. Bei einer Anwendung als Fungizid wäre eine Erhöhung der Anwendungskonzentration damit nur in gewissen Grenzen möglich. Ebenso könnte sich die Phytotoxizität bei Versuchen, die Phytoalexinbildung durch von außen zugeführte Stoffe oder durch züchterische Maßnahmen zu stimulieren, als begrenzender Faktor erweisen.

Aber auch toxikologische Befunde stehen einer uneingeschränkten Anwendung von Phytoalexinen als Pflanzenschutzmittel sowie ihrer gezielten Anreicherung im pflanzlichen Gewebe entgegen (KUC, 1976b). SMITH (1982) gibt einen Überblick zur Toxikologie der Phytoalexine. Danach ist die Auflösung roter Blutkörperchen durch verschiedene Isoflavanoid-Phytoalexine nur einer von diversen schädigenden Effekten, die an tierischen Zellen und Geweben beobachtet wurden und offensichtlich auf Membranschädigungen zurückzuführen sind (SMITH, 1996). Dabei lagen die zur Auslösung erforderlichen Konzentrationen in ähnlichen Größenordnungen, wie sie im Biotest zur fungiziden Wirkung von Phytoalexinen verwendet werden. Diese und andere Beobachtungen deuten nach SMITH (1982) darauf hin, daß Phytoalexine "multi-site toxicants" sind. Im Gegensatz hierzu wurde erst kürzlich in der Zeitschrift „Science“ über medizinisch nutzbare Eigenschaften von Phytoalexinen berichtet. JANG et al. (1997) konnten chemopräventive Eigenschaften von Resveratrol, einem Stilben-Phytoalexin, das u. a. in der Rebe vorkommt, gegenüber drei verschiedenen Krebsentwicklungsstadien nachweisen. Andere Autoren berichten über positive präventive Eigenschaften von in Rotwein enthaltenem Resveratrol auf Herzerkrankungen (GOLDBERG et al., 1995), sowie über blutgerinnungshemmende Eigenschaften und Beeinflussungen des Blutfettgehaltes (SIEMANN und CREASY, 1992).

Die breite bzw. großflächige Ausbringung von Phytoalexinen im Pflanzenschutz ist aus den oben angeführten Gründen sehr unwahrscheinlich. Eine indirekte Nutzung ist dagegen in vielen Fällen nicht auszuschließen, nämlich in solchen Systemen, in denen die Wirkmechanis-

men applizierter Pflanzenschutzmittel die Bildung von Phytoalexinen einschließen. Das Beispiel des Resveratrols zeigt, daß Phytoalexine inzwischen sogar Gegenstand medizinischer Forschung sind, ein Aspekt, an den die Begründer der Phytoalexintheorie mit großer Sicherheit noch nicht gedacht haben dürften. Angesichts ihrer Zugehörigkeit zu vielen verschiedenen chemischen Stoffklassen, sowie mit Blick auf die große Anzahl der bisher beschriebenen Molekülstrukturen erscheint es durchaus vorstellbar, daß Phytoalexine zukünftig nicht nur für den Pflanzenschutz, sondern auch für andere Bereiche, wie die Humanmedizin, von Interesse sein könnten.

Zusammenfassung

Resistenzerscheinungen von Pflanzen gegenüber Schadorganismen haben von jeher das Interesse von Pflanzzüchtern, Pflanzenschützern und Pflanzenbauern geweckt. In den 30er Jahren dieses Jahrhunderts wurden von Karl Otto Müller und seinem Mitarbeiter Hermann Börger an der damaligen Biologischen Reichsanstalt Untersuchungen zur Resistenz der Kartoffel gegenüber dem Erreger der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) durchgeführt. Basierend auf den in diesen Arbeiten gewonnenen Ergebnissen postulierten Müller und Börger die Existenz von „Phytoalexinen“, pflanzeneigenen Abwehrstoffen, die als Antwort auf eine Infektion gebildet werden. Müller trat 1921 in die Biologische Reichsanstalt ein. Im Herbst 1923 gelang es ihm, aus Zuchtmaterial, das durch Einkreuzung südamerikanischer Wildformen der Kartoffel entstanden war, Klone zu selektieren, die gegen *Phytophthora infestans* Feldresistenz zeigten. Diese Klone dienten Müller später zur Züchtung *Phytophthora*-resistenter Kartoffelsorten, sogenannter „W-Sorten“, von denen die erste 1934 zugelassen wurde. In einer 1926/27 durchgeführten Untersuchung mit *Phytophthora*-Isolaten verschiedener geographischer Herkunft fand Müller noch keinen Hinweis auf die Existenz physiologischer Rassen, die in der Lage waren, sein resistentes Zuchtmaterial zu befallen. 1932 wurde allerdings erstmals Befall auch an W-Sorten festgestellt. Diesen neuen, an W-Sorten virulenten Stamm nannte Müller S-Stamm, während er den alten als A-Stamm bezeichnete. Schon 1928 hatte Müller mit physiologischen und histologischen Untersuchungen zur Entwicklung des *Phytophthora*-Pilzes in anfälligen und resistenten Kartoffelknollen begonnen. Ab 1933 beteiligte sich H. Börger an diesen Arbeiten. Auf Kartoffelknollen von W-Sorten wurde durch den A-Stamm eine Hypersensitivitätsreaktion ausgelöst. Wurden W-Knollen zunächst mit dem A-Stamm inokuliert und dann mit dem S-Stamm, konnte auch dieser sich nicht fortpflanzen. Wurden mit dem A-Stamm vorbehandelte W-Knollen mit dem Kartoffelpathogen *Fusarium coeruleum* oder verschiedenen saprophytischen Pilzen inokuliert, so war deren Entwicklung ebenfalls gehemmt. Auf Knollen, die gegenüber dem A-Stamm nicht resistent waren, wurde eine solche Hemmung nicht beobachtet. Auf diese Beobachtungen gründeten Müller und Börger ihre Hypothese, daß die Hypersensitivitätsreaktion auf W-Sorten von der Bildung unspezifischer „fungitoxischer Reaktionsprodukte“ begleitet war, die sie „Phytoalexine“ nannten. Müller und Börger publizierten ihre Ergebnisse 1940. In den darauffolgenden Jahrzehnten wurde in Laboratorien weltweit mit Untersuchungen zu Phytoalexinen begonnen. Neben Wissenschaftlern der klassischen Phytopathologie beteiligten sich zunehmend Pflanzenphysiologen, Biochemiker und Molekularbiologen an der Erforschung unterschiedlichster Aspekte der Phytoalexinbildung. Im vorliegenden Beitrag werden beispielhaft Arbeitsgebiete der Phytoalexinforschung in den Jahren 1949 bis 1997 aufgeführt. Eine Literaturrecherche in 12 Datenbanken ergab 3392 Arbeiten, in denen der Begriff „Phytoalexin“ im Titel, in der Zusammenfassung oder in den Stichworten genannt ist. Im Zeitraum von 1977 bis 1995 erreichte die Anzahl der Zitate im Jahr 1991 einen Höhepunkt. Müller und Börger sahen in Phytoalexinen Verbindungen, die sich im resistenten Gewebe nach Pathogenbefall anreichern. In späteren Untersuchungen wurde aber deutlich, daß Phytoalexine ebenfalls im anfälligen Gewebe synthetisiert werden können, und daß ihre Bildung auch durch chemische oder physikalische Reize ausgelöst werden kann. Anscheinend trägt die Phytoalexinbildung in einigen Wirt-Pathogen Systemen entscheidend zur Wirtsresistenz bei, in anderen Wirt-Pathogen Systemen gibt es aber keine oder nur wage Hinweise auf eine solche Rolle. In den meisten Fällen dürfte die Anreicherung von Phytoalexinen ein Resistenzmechanismus neben verschiedenen anderen sein. Lokale Resistenz, hervorgerufen durch Vorinokulation mit Pathogenen (Cross Protection) ist häufig mit der Anreicherung von Phytoalexinen verbun-

den. Bei der erworbenen systemischen Resistenz spielen Phytoalexine anscheinend keine Rolle. Eigene Arbeiten deuten darauf hin, daß Phytoalexine an der durch Extrakte aus dem Sachalin-Staudenknöterich (*Reynoutria sachalinensis*) induzierten Resistenz in Gurkenblättern gegen Gurkenmehltau beteiligt sind. Verschiedene Hinweise liegen vor, nach denen die Anreicherung von Phytoalexinen zur Wirksamkeit verschiedener Fungizide beiträgt. Allerdings blieben Bemühungen, Phytoalexine selbst als Fungizide einzusetzen, bisher ohne Erfolg. Als Hauptgründe hierfür werden die fehlende systemische Verteilung und die vergleichsweise geringe Fungitoxizität angesehen. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, daß einige Phytoalexine auch auf Pflanzen- und Säugerzellen toxisch wirken, was ihre potentielle Anwendbarkeit, sei es direkt als Fungizid oder indirekt, z.B. durch Auslösung, Verstärkung oder konstitutive Ausprägung ihrer Bildung in der Pflanze, ganz wesentlich einengt. Heute ist die Struktur von mehr als 300 Phytoalexinen bekannt. Phytoalexine zeigen erstaunliche Unterschiede in ihrer Molekülstruktur. Kürzlich wurde berichtet, daß das Reben-Phytoalexin Resveratrol krebshemmende Eigenschaften hat und der Entstehung von Herzerkrankungen vorbeugt. Damit zeichnet sich eine potentielle Nutzbarkeit von Phytoalexinen in der Humanmedizin ab, ein Anwendungsgebiet, an das Müller und Börger mit großer Wahrscheinlichkeit nicht gedacht haben dürften, als sie vor ca. 60 Jahren ihre Arbeit publizierten.

Literatur

- ANONYM (1971): Hermann Börger zum 70. Geburtstag. Der Kartoffelbau **22**, 73.
- AYERS, A.R., EBEL, J., FINELLI, F., BERGER, N. und P. ALBERSHEIM (1976a): Host-pathogen interactions. IX. Quantitative assays of elicitor activity and characterization of the elicitor present in the extracellular medium of cultures of *Phytophthora megasperma* var. *sojae*. Plant Physiology **57**, 760-765.
- AYERS, A.R., VALENT, B., EBEL, J. und P. ALBERSHEIM (1976b): Host-pathogen interactions. XI. Composition and structure of wall-released elicitor fractions. Plant Physiology **57**, 766-774.
- BAILEY, J.A. (1971): Phytoalexins as possible mediators of induced resistance to fungal pathogens. PANS Pest Articles News Summary **17**, 243-244.
- BAILEY, J.A. (1974): The relationship between symptom expression and phytoalexin concentration in hypocotyls of *Phaseolus vulgaris* infected with *Colletotrichum lindemuthianum*. Physiological Plant Pathology **4**, 477-488.
- BAILEY, J.A. (1987): Phytoalexins: a genetic view of their significance. Seite 233-244 in Day, P.R und G.J. Jellies (Hrsg.): Genetics and Plant Pathogenesis. Blackwell Scientific Publications.
- BAILEY, J. A. und J.W. MANSFIELD (Hrsg.): Phytoalexins. Blackie, London. 1982.
- BARZ, W. (1997): Phytoalexins. Seite 183-201 in Hartleb, H., Heitefuss, R. und Hoppe, H.-H. (Hrsg.): Resistance of Crop Plants against Fungi. Fischer Verlag, Jena.
- BELL, A.A. und J.T. PRESSLEY (1969): Heat-inhibited or heat-killed conidia of *Verticillium albo-atrum* induce disease resistance and phytoalexin synthesis in cotton. Phytopathology **59**, 1147-1151.

- CARTWRIGHT, D., LANGCAKE, P., PRYCE, R.J., LEWORTHY, D.P., and J.P. Ride (1977): Chemical activation of host defence mechanism as a basis of crop protection. *Nature* **267**, 511-513.
- CRUICKSHANK, I.A.M. (1962): Studies on phytoalexins. IV. The antimicrobial spectrum of pisatin. *Australian Journal of Biological Sciences* **15**, 147-159.
- CRUICKSHANK, I.A.M. (1963): Phytoalexins. *Annual Review of Phytopathology* **1**, 351-374.
- CRUICKSHANK, I.A.M. und D.R. PERRIN (1963a): Phytoalexins from the leguminosae. Phaseollin from *Phaseolus vulgaris* L. *Life Sciences* **2**, 680-682.
- CRUICKSHANK, I.A.M. und D.R. PERRIN (1963b): Studies on phytoalexins. VI. Pisatin: the effect of some factors on its formation in *Pisum sativum* L., and the significance of pisatin in disease resistance. *Australian Journal of Biological Sciences* **16**, 111-128.
- DAAYF, F., SCHMITT, A., and BÉLANGER, R.R. (1995): The effects of plant extracts of *Reynoutria sachalinensis* on powdery mildew development and leaf physiology of long english cucumber. *Plant Disease* **79**, 577-580.
- DAAYF, F., SCHMITT, A. und BÉLANGER, R.R. (1997): Evidence of phytoalexins in cucumber leaves infected with powdery mildew following treatment with leaf extracts of *Reynoutria sachalinensis*. *Plant Physiology* **113**, 719-727.
- DAHIYA, J.S und S.R. RIMMER (1988): Phytoalexin accumulation in tissues of *Brassica napus* inoculated with *Leptosphaeria maculans*. *Phytochemistry* **27**, 3105-3107.
- DARVILL, A.G. und P. ALBERSHEIM (1984): Phytoalexins and their elicitors - a defense against microbial infection in plants. *Annual Review of Plant Physiology* **35**, 243-275.
- DANIEL, M. und R.P. PURKAYASTHA (Hrsg.): *Handbook of Phytoalexin Metabolism and Action*. Marcel Dekker, New York, Basel, Hong Kong 1995.
- DERCKX, W. und CREASY, L.L. (1989): Influence of fosetyl-Al on phytoalexin accumulation in the *Plasmopara viticola* - grapevine interaction. *Physiological and Molecular Plant Pathology* **34**, 203-213.
- DEVERALL, B.J. (1976): Current perspectives in research on phytoalexins. Seite 207-223 in Friend, J. und Threlfall, D.R. (Hrsg.): *Biochemical Aspects of Plant-Parasite Relationship*. Academic Press, New York.
- DEVERALL, B.J., WONG, P.T.W. und S. McLEOD (1979): Failure to implicate antifungal substances in cross-protection of wheat against take-all. *Transactions of the British Mycological Society* **72**, 233-236.

- DIXON, R.A. (1980): Plant tissue culture methods in the study of phytoalexin induction. Seite 185-196 in: INGRAM, D.S. und J.P. HELGESON (Hrsg.): Tissue culture methods for plant pathologists. Blackwell, Oxford.
- DIXON, R.A. und M.J. HARRISON (1990): Activation, structure and organization of genes involved in microbial defense in plants. *Advances in Genetics* **28**, 165-234.
- DOKE, N. und K. TOMIYAMA (1980): Suppression of the hypersensitive response of potato tuber protoplasts to hyphal wall components by water soluble glucans isolated from *Phytophthora infestans*. *Physiological Plant Pathology* **16**, 177-186.
- EBEL, J. (1986): Phytoalexin synthesis: the biochemical analysis of the induction process. *Annual Review of Phytopathology* **24**, 235-264.
- ELLISTON, J., KUC, J., WILLIAMS, E.B. und J.E. RAHE (1977): Relationship of phytoalexin accumulation to local and systemic protection of bean against anthracnose. *Phytopathologische Zeitschrift* **88**, 114-130.
- FAWCETT, C.H., SPENCER, D.M. und R.L. WAIN (1969): The isolation and properties of a fungicidal compound present in seedlings of *Vicia faba*. *Netherlands Journal of Plant Pathology* **75**, 72-81.
- GÄUMANN, E., BRAUN, R. und G. BAZZIGHER (1950): Über induzierte Abwehrreaktionen bei Orchideen. *Phytopathologische Zeitschrift* **17**, 36-62.
- GÄUMANN, E. und HOHL, H.R. (1960): Weitere Untersuchungen über die chemischen Abwehrreaktionen der Orchideen. *Phytopathologische Zeitschrift* **38**, 93-104.
- GLAZEBROOK, J. und F.M. AUSUBEL (1994): Isolation of phytoalexin-deficient mutants of *Arabidopsis thaliana* and characterization of their interactions with bacterial pathogens. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. (USA)* **91**, 8955-8959.
- GOLDBERG, D.M., HAHN, S.E. and PARKES, J.G. (1995): *Clin. Chim. Acta* **237**, 155
- GRAYER, R.J. und J.B. HARBORNE (1994): A survey of antifungal compounds from higher plants, 1982-1993. *Phytochemistry* **37**, 19-42.
- GRISEBACH, H. und J. EBEL (1978): Phytoalexine, chemische Abwehrstoffe höherer Pflanzen? *Angewandte Chemie* **90**, 668-681.
- HADWIGER, L.A. und SCHWOCHAU, M.E. (1971): Ultraviolet light-induced formation of pisatin and phenylalanine ammonia lyase. *Plant Physiology* **47**, 588-590.
- HAHN, M.G. (1996): Microbial elicitors and their receptors in plants. *Annual Review of Phytopathology* **34**, 387-412.

- HAHN, M.G., BONHOFF, A. und H. GRISEBACH (1985): Quantitative localization of the phytoalexin glyceollin I in relation to fungal hyphae in soybean roots infected with *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea*. *Plant Physiology* **77**, 591-601.
- HAIN, R., REIF, H.-J., KRAUSE, E., LANGEBARTELS, R., KINDL, H., VORNAM, B., WIESE, W., SCHMELZER, E., SCHREIER, P.H., STÖCKER, R.H. und K. STENZEL (1993): Disease resistance results from foreign phytoalexin expression in a novel plant. *Nature* **361**, 153-156.
- HARGREAVES, J.A. (1980): A possible mechanism for the phytotoxicity of the phytoalexin phaseollin. *Physiological Plant Pathology* **16**, 351-347.
- HARRIS, J.E. und C. DENNIS (1977): Antifungal activity of post-infectious metabolites from potato tubers. *Physiological Plant Pathology* **11**, 227-242.
- HERGER, G. and KLINGAUF, F. (1990): Control of powdery mildew fungi with extracts of the giant knotweed, *Reynoutria sachalinensis* (Polygonaceae). *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit. Gent (Belgium)* **55**, 1007-1014.
- HEVESI, M. und T. ERSEK (1988): Noninvolvement of glyceollin in acquired resistance of soybean leaves to bacterial blight. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* **23**, 471-478.
- INGHAM, J.L. (1972): Phytoalexins and other natural products as factors in plant disease resistance. *Botanical Review* **38**, 343-424.
- INGHAM, J.L. und J.B. HARBORNE (1976): Phytoalexin induction as a new dynamic approach to study the systematic relationships among higher plants. *Nature* **260**, 241-243.
- JANG, M., CAI, L., UDEANI, G.O., SLOWING, K.V., THOMAS, C.F., BEECHER, C.W.W., FONG, H.H.S., FANRSWORTH, N.R., KINGHORN, A.D., MEHTA, R.G., MOON, R.C., PEZZUTO, J.M. (1997): Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes. *Science* **275**, 218-220.
- JEROME, S.M.R. und K.O. MÜLLER (1958): Studies on phytoalexins. II. Influence of temperature on resistance of *Phaseolus vulgaris* towards *Sclerotinia fructicola* with reference to phytoalexin output. *Australian Journal of Biological Sciences* **11**, 301-314.
- KATSUI, N., MURAI, A., TAKASUGI, M., IMAIZUMI, K. und MASAMUNE, T. (1968): The structure of rishitin, a new antifungal compound from diseased potato tubers. *J. Chem. Soc. Chem. Comm.*, 43-44.
- KEEN, N.T. (1975): Specific elicitors of plant phytoalexin production: determinants of race specificity in pathogens? *Science* **187**, 74-75.
- KUC, J. (1972): Phytoalexins. *Annual Review of Phytopathology* **10**, 207-232.

- KUC, J. (1976a): Phytoalexins. Seite 637-652 in Heitefuss, R. und Williams, P.H. (Hrsg.): Encyclopedia of Plant Physiology, Band IV, Springer-Verlag, Berlin.
- KUC, J. (1976b): Phytoalexins, plants and human health. *Advances in Chemistry* **149**, 356-368.
- KUC, J. (1995): Phytoalexins, stress metabolism, and disease resistance in plants. *Annual Review of Phytopathology* **33**, 275-297.
- KUC, J. und S.J. RASH (1985): Phytoalexins. *Archives of Biochemistry and Biophysics* **232**, 455-472.
- LANGCAKE, P. (1981): Alternative chemical agents for controlling plant diseases. *Philosophical Transactions of the Royal Society London. Series B* **295**, 83-101.
- LINSKENS, H.F. (1978): K.O. Müller; 1897-1978. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* **91**, 399-405.
- LÖFFELHOLZ, B. (1994): Untersuchungen zur Chitinase- und Resistenzinduktion mit *Reynoutria sachalinensis* und verwandten Biotypen. Diplomarbeit TH Darmstadt
- MANSFIELD, J.W. (1982): The role of phytoalexins in disease resistance. Seite 253-288 in: BAILEY, J. A. und J.W. MANSFIELD (Hrsg.): *Phytoalexins*. Blackie, London.
- MANSFIELD, J.W. und BAILEY, J.A. (1982): Phytoalexins: current problems and future prospects. Seite 319-323 in: BAILEY, J. A. und J.W. MANSFIELD (Hrsg.): *Phytoalexins*. Blackie, London.
- METRAUX, J.P. and BOLLER, T. (1986): Local and systemic induction of chitinase in cucumber plants in response to viral, bacterial and fungal infection. *Physiological and Molecular Plant Pathology* **28**, 161-169.
- METRAUX, J.P., AHL GOY, P., STAUB, TH., SPEICH, J., STEINEMANN, A., RYALS, J. and WARD, E. (1991): Induced systemic resistance in cucumber in response to 2,6-dichloroisonicotinic acid and pathogens. *Advances in Molecular Genetics of Plant-Microbe Interactions* **1**, 432-439.
- MEYER, G. (1940): Zellphysiologische und anatomische Untersuchungen über die Reaktion der Kartoffelknolle auf den Angriff der *Phytophthora infestans* bei Sorten verschiedener Resistenz. *Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem* **23**, 97-132.
- MÜLLER, K.O. (1928): Untersuchungen über die Kartoffelkrautfäule und die Biologie ihres Erregers. *Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt* **16**, 197-211.

- MÜLLER, K.O. (1930): Über die Phytophthoraresistenz der Kartoffel und ihre Vererbung. *Angewandte Botanik* **12**, 299-324.
- MÜLLER, K.O. (1933): Über die Biotypen von *Phytophthora infestans* und ihre geographische Verbreitung in Deutschland. *Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst* **13**, 91-92.
- MÜLLER, K.O. (1941): Die Erfolge der Züchtung phytophthoraresistenter Kartoffelsorten. *Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst* **21**, 17-18.
- MÜLLER, K.O. (1956): Einige einfache Versuche zum Nachweis von Phytoalexinen. *Phytopathologische Zeitschrift* **27**, 237-254.
- MÜLLER, K.O. (1958): Studies on phytoalexins. I. The formation and the immunological significance of phytoalexins produced by *Phaseolus vulgaris* in response to infection with *Sclerotinia fructicola* and *Phytophthora infestans*. *Australian Journal of Biological Sciences* **2**, 275-300.
- MÜLLER, K.O. und H. BÖRGER (1940): Experimentelle Untersuchungen über die *Phytophthora*-Resistenz der Kartoffel. Zugleich ein Beitrag zum Problem der "erworbenen Resistenz" im Pflanzenreich. *Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem* **23**, 189-231.
- NEUDECKER, C. und B. SCHÖBER (1984): Fütterungsversuche zum teratogenen Potential phytoalexinhaltiger Kartoffeln. Abstr. 9th Trienn. Conf. E.A.P.R., Interlaken 1984, 372.
- O'BRIEN, F.M. und WOOD, R.K.S. (1973): Anti-bacterial substances in hypersensitive responses induced by bacteria. *Nature* **242**, 532-533.
- PARNISKE, M., FISCHER, H.-M., HENNECKE, H. und D. WERNER (1991): Accumulation of the phytoalexin glyceollin I in soyabean nodules infected by *Bradyrhizobium japonicum nifA* mutant. *Zeitschrift für Naturforschung* **46C**, 318-320.
- PAXTON, J.D. (1981): Phytoalexins - a working redefinition. *Phytopathologische Zeitschrift* **101**, 106-109.
- PERRIN, D.R. und W. BOTTOMLY (1962): Studies on phytoalexins. V. The structure of pisatin from *Pisum sativum* L. *Journal of the American Chemical Society* **84**, 1919-1922.
- PERRIN, D.R. und I.A.M. CRUICKSHANK (1965): Studies on phytoalexins. VII. Chemical stimulation of pisatin formation by *Pisum sativum* L. *Australian Journal of Biological Sciences* **18**, 803-816.
- PURKAYASTHA, R.P. (1986): Elicitors and elicitation of phytoalexins. Seite 25-44 in A. Varma und J.P. Verma (Hrsg.): *Vistas in Plant Pathology*. Malhotra, New Delhi.

PURKAYASTHA, R.P. (1995): Progress in Research. Seite 1-39 in: Daniel, M. und R.P. Purkayastha (Hrsg.): Handbook of Phytoalexin Metabolism and Action. Marcel Dekker, New York, Basel, Hong Kong.

RATHMELL, W.G. und D.A. SMITH (1980): Lack of activity of selected isoflavonoid phytoalexins as protectant fungicides. *Pesticide Science* **11**, 568-572.

RODENHISER, H.A. (1926): Physiologic specialization of *Ustilago nuda* and *Ustilago tritici*. *Phytopathology* **16**, 1001-1007.

SAINDRENAN, P. und GUEST, D.I. (1995): Involvement of phytoalexins in the response of phosphonate-treated plants to infection by *Phytophthora* species. Seite 375-390 in: Daniel, M. und R.P. Purkayastha (Hrsg.): Handbook of Phytoalexin Metabolism and Action. Marcel Dekker, New York, Basel, Hong Kong.

SATO, N., KITAZAWA, K. und K. TOMIYAMA (1971): The role of rishitin in localizing the invading hyphae of *Phytophthora infestans* in infection sites at the cut surface of potato tubers. *Physiological Plant Pathology* **1**, 289-295.

SCHÖBER, B. (1980): Phytoalexine in Knollen resistenter und anfälliger Kartoffelsorten nach Infektion mit *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Potato Research* **23**, 435-443.

SCHÖBER, B. (1981a): Sind Phytoalexine resistenzeigene Stoffe (Biostatika) oder Stoffwechselprodukte der Pathogenese? *Qualitas Plantarum. Plant Foods for Human Nutrition* **30**, 283-287.

SCHÖBER, B. (1981b): Phytoalexine in Wildarten von *Solanum*. Abstr. 8th Trienn. Conf. E.A.P.R., München 1981, 36-37.

SCHÖBER-BUTIN, B. (1996): Über ein Toxin von *Phytophthora infestans*. *Proceedings 18. Mykotoxinworkshop, Kulmbach 1996*, 49-51.

SCHÖBER-BUTIN, B. (1998): *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary: Zur Geschichte der Kraut- und Braunfäule der Kartoffel. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* **335**, 8-30.

SCHRUF, G. (1984): Moderne Strategien des Pflanzenschutzes - Phytoalexine, Elicitoren, Phytoncide und induzierte Resistenz. *Deutsches Weinbau-Jahrbuch* **35**, 135-143.

SEKIZAWA, Y. und T. WATANABE (1981): On mode of action of probenazole against rice blast. *Journal of Pesticide Science* **6**, 247-255.

SIEGRIST, J., JEBLICK, W. and KAUSS, H. (1994): Defense responses in infected and elicited cucumber (*Cucumis sativus* L.) hypocotyl segments exhibiting acquired resistance. *Plant Physiology* **105**, 1365-1374.

- SIEMANN, E.H. und CREASY, L.L. (1992): Concentration of the phytoalexin resveratrol in wine. *American Journal of Enology and Viticulture* **43**, 49-52.
- SMITH, C.J. (1996): Accumulation of phytoalexins: defence mechanism and stimulus response system. *New Phytologist* **132**, 1-45.
- SMITH, D.A. (1982): Toxicity of phytoalexins. Seite 218-252 in: BAILEY, J. A. und J.W. MANSFIELD (Hrsg.): *Phytoalexins*. Blackie, London.
- SMITH, I.M. (1978): The role of phytoalexins in resistance. *Annals of Applied Biology* **89**, 325-329.
- STAKMAN, E.C. (1914): A study in cereal rusts: Physiological races. *Station Bulletin - Minnesota Agricultural Experiment Station*, 138.
- STOESSL, A. (1982): Biosynthesis of phytoalexins. Seite 133-180 in: Bailey, J. A. und J.W. Mansfield (Hrsg.): *Phytoalexins*. Blackie, London.
- STOLLE, K. und B. SCHÖBER (1984): Wirkung eines Toxins von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary auf Kartoffelknollengewebe. *Potato Research* **27**, 173-184.
- STOLLE, K. und B. SCHÖBER (1985a): Nachweis eines Toxins im Kartoffelknollengewebe nach Inokulation mit *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Potato Research* **28**, 193-201.
- STOLLE, K. und B. SCHÖBER (1985b): Wirkung eines Toxins von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary auf Kartoffelblätter. *Potato Research* **28**, 389-402.
- STOLLE, K. und B. SCHÖBER (1985c): Das Toxin von *Phytophthora infestans* - für die Züchtung nützlich? *Gesunde Pflanzen* **37**, 181-186.
- STOLLE, K., ZOOK, M., SHAIN, L., HEBATD, F. und J. KúC (1988): Restricted colonization by *Peronospora tabacina* and phytoalexin accumulation in immunized tobacco leaves. *Phytopathology* **78**, 1193-1197.
- SVOBODA, W.E. und J.D. PAXTON (1972): Phytoalexin production in locally cross-protected Harosoy and Harosoy-63 soybeans. *Phytopathology* **62**, 1457-1460.
- URITANI, I., URITANI, M. und H. YAMADA (1960): Similar metabolic alterations induced in sweet potato by poisonous chemicals and by *Ceratocystis fimbriata*. *Phytopathology* **50**, 30-34.
- VAN ETEN, H.D., MATTHEWS, D.E and MATTHEWS, P.S. (1989): Phytoalexin detoxification: importance for pathogenicity and practical implications. *Annual Review of Phytopathology* **27**, 143-164.

VAN ETTEN, H.D., MATTHWS, D.E. und SMITH, D.A. (1982): Metabolism of phytoalexins. Seite 181-217 in: BAILEY, J. A. und J.W. MANSFIELD (Hrsg.): Phytoalexins. Blackie, London.

VAN ETTEN, H.D., PUEPPKE, S.G. und KELSEY, T.C. (1975): 3,6a-Dihydroxy-8,9-methylenedioxy-pterocarpan as a metabolite of pisatin produced by *Fusarium solani* f. sp. *pisi*. *Phytochemistry* **14**, 1103-1105.

VAN PEER, R., NIEMANN, G.J. und B. SCHIPPERS (1991): Induced resistance and phytoalexin accumulation in biological control of *Fusarium* wilt of carnation by *Pseudomonas* sp. strain WCS417r. *Phytopathology* **81**, 728-734.

WARD, E.W.B., UNWIN, C.H. und STOESSL, A. (1975): Experimental control of late blight of tomatoes with capsidiol, the phytoalexin from peppers. *Phytopathology* **65**, 168-169.

Unser Dank gilt Frau Dr. Schöber-Butin für die Durchsicht des Manuskripts, Herrn Prof. Dr. Heitefuß für wertvolle Hinweise und Herrn Scholz für die Durchführung der Literaturrecherche.

Zwei Biographische Beiträge der Geschwister Erika Schwartz und Renate Schwartz

Short Biographies of the Sisters Erika und Renate Schwartz

von

Liselotte Buhr

Zusammenfassung

Aus der großen Anzahl von Frauen, die langjährig in der Biologischen Zentralanstalt (BZA) Kleinmachnow tätig waren, werden 2 Frauen, die Schwestern Erika und Renate Schwartz, besonders hervorgehoben. Beiden Frauen gemeinsam ist, daß sie sich nach der Anstellung in der BZA (1947 bzw. 1949) in einen neuen Beruf einarbeiteten. Aus der Gewerbelehrerin Erika Schwartz wurde die wissenschaftliche Leiterin der amtlichen Insektizidprüfung gegen den Kartoffelkäfer, und die Gewerbelehrerin Renate Schwartz qualifizierte sich in ihrer Freizeit zur Wissenschaftlichen Fotografin. Als solche baute sie die "Bildstelle" der BZA auf, die eine umfangreiche Fotodokumentation für Pflanzenkrankheiten und Schädlinge umfaßte. Als Lehrerin unterrichtete sie die in der BZA auszubildenden Technischen Assistentinnen im Fach Fotografie.

Abstract

Among the great number of women who have worked for many years in the Central Biological Research Institute (BZA) particular stress is laid on the two sisters Erika and Renate Schwartz. Both women, after their employment in the BZA (1947 and 1949 respectively) had to familiarize with new work. The technical school teacher Erika Schwarz became the head of the official testing of insecticides on the potato beetle and the technical school teacher Renate Schwartz qualified during her spare time for a scientific photographer. In this function she set up the photographic laboratory of the BZA comprising a vast photographic documentation on plant diseases and pests. As a teacher she was responsible for the technical stassistant trainees in the field of photogaphie.

Wer ist **Erika Schwartz** ? In der Biologischen Zentralanstalt Kleinmachnow gibt es bei den älteren Mitarbeitern zu dieser Frage keine Unklarheiten, denn es ist **Kartoffelkäfer-Schwartz** gemeint, im Gegensatz zu ihrer auch zur Biologischen Zentralanstalt gehörigen und geschätzten Schwester **Renate Schwartz**, genannt **Foto-Schwartz**. Beide Bezeichnungen werden voller Hochachtung verwendet.

Erika und Renate Schwartz sind Töchter des namhaften Zoologen Prof. Dr. Martin Schwartz, der von 1906 bis 1947 Mitarbeiter der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft, der späteren Biologischen Reichsanstalt und später der Biologischen Zentralanstalt war. Zu erinnern ist an die Arbeiten von Prof. M. Schwartz, zum einen an die Ausarbeitung des ersten Reichspflanzenschutzgesetzes (Referentenentwurf 1923) und zum anderen an seine Arbeiten zur Biologie und Bekämpfung tierischer Schaderreger. Insbesondere ab etwa 1922 war der Coloradokäfer = Kartoffelkäfer sein Hauptuntersuchungsobjekt.

Erika Schwartz, geb. am 2.12.1908 in Berlin-Steglitz, machte am Staatlichen Berufspädagogischen Institut in Berlin eine Ausbildung zur Diplomgewerbelehrerin für hauswirtschaftliche Fachschulen. Sie war etwa 4 Jahre Fachlehrerin am Pestalozzi-Fröbel-Haus Berlin und 2 Jahre in Potsdam als Gewerbeoberlehrerin an der Staatlichen Handels- und Gewerbe-Fachschule

tätig, bevor sie im September 1939 zum Rot-Kreuz-Dienst eingezogen wurde. Im März 1940 wurde sie jedoch wieder für den Schuldienst reklamiert und in den Warthegau nach Posen abgeordnet, wo sie zunächst die kommissarische Leitung einer neu einzurichtenden Frauenfachschule für Kinderpflegerinnen und Haushaltung übernahm, später zur Staatlichen Berufsfachschuldirektorin berufen wurde und selbst Gewerbelehrerinnen ausbildete. Bereits 1944



Abb. 1: Erika Schwarz

übertrug man ihr die Fachberatung für das Hauswirtschaftliche Fach- und Berufsschulwesen des Warthegaus und das Schulratsamt in den Regierungsbezirken Posen und Lodz. Die fluchtartige „Räumung“ Posens mit Umweg über Breslau, das Wiedersehen der Familie in Berlin - und nach schweren Luftangriffen in Berlin - die Flucht der Familie nach Mühlhausen in Thüringen fanden innerhalb von 3 Wochen im Januar/Februar 1945 statt. Nach dem Kriegsende fand Erika Schwarz keine ihrer Ausbildung entsprechende Neuanstellung, so daß sie über zwei Jahre „Hilfsarbeiten aller Art“ (Feldarbeit, Heimstrickerin, Putzfrau, Gartenarbeiterin, Hausgehilfin, Pflegerin bei einer an TBC erkrankten Familie) annehmen mußte, um den Lebensunterhalt und auch die Berechtigung für Lebensmittelmarken zu verdienen. Als Anfang 1947 der Vater, Prof. Schwartz, nach Berlin als Hauptabteilungsleiter bei der Deutschen Wirtschaftskommission berufen wurde,

beabsichtigte auch Erika Schwarz wieder nach Berlin zu gehen, wo sie wieder in ihren alten Beruf zurückkehren oder ein Chemiestudium beginnen wollte. Aber schon im April 1947 starb Prof. Martin Schwartz in Mühlhausen. In dieser Zeit war der Kartoffelkäfer von Frankreich her in die westlichen deutschen Länder (Saarland, Baden und Württemberg, Rheinland-Pfalz) eingewandert. Die Sowjetunion legte größten Wert darauf, den Vormarsch des Kartoffelkäfers an der deutsch-polnischen Grenze zu stoppen. Die Kartoffelkäfer-Forschungsstelle in Mühlhausen der Biologischen Zentralanstalt (BZA), die aus der Forschungsstelle Kruft/Eifel hervorgegangen war, wurde laufend von hochrangigen sowjetischen Administratoren und Fachleuten besucht und nach Ergebnissen drängt. Der Präsident der Biologischen Zentralanstalt, Prof. Dr. Otto Schlumberger, der sich unter anderem auch um die Versorgung der Witwe von Prof. Schwartz sorgte, bot Erika Schwarz Anstellung in der Kartoffelkäfer-Forschungsstation in Mühlhausen an, zunächst befristet für die Dauer eines außerplanmäßigen Forschungsauftrages, bei dem sowjetische Wissenschaftler „zur Durchführung von Untersuchungen am Kartoffelkäfer zum Zwecke seiner Bekämpfungsmöglichkeiten“ angeleitet werden sollten. Die Untersuchungen fanden alle im Labor statt, denn noch gab es in der Umgebung von Mühlhausen keine Kartoffelkäfer. Prof. Schlumberger äußerte später seine Zufriedenheit über seinen „guten Griff“, weil Erika

Schwartz als sympathische, lebhafte und unerschrockene Frau die sowjetischen Gäste gut zu nehmen wußte und auch das Selbstbewußtsein ihrer Kollegen stärken konnte. Erika Schwartz war zwar „die Tochter des Vaters“, hatte sich bisher aber nicht für die Arbeiten des Vaters interessiert. „Zu Hause wurde auch nicht über Vaters Arbeit gesprochen“. So mußte sie sich das Wissen und Können unter Anleitung der Kollegen im Selbststudium erarbeiten. Daß der Vater mit seinen vielen Veröffentlichungen und seiner Anerkennung als Wissenschaftler ein Vorbild und Ansporn war, ist anzunehmen.

1949 wurde Erika Schwartz als Technische Assistentin auf eine Planstelle der Biologischen Zentralanstalt, Zweigstelle Mühlhausen, eingestellt.

Seit April 1951 war die Arbeitsgruppe für die Mittelprüfung gegen den Kartoffelkäfer personell und verwaltungsmäßig direkt der Biologischen Zentralanstalt Berlin in Kleinmachnow unterstellt worden. Im Oktober 1951 wurde Erika Schwartz mit der Leitung der Arbeitsgruppe betraut, und gleichzeitig wurde die Arbeitsgruppe (Dr. Erich Thiem, TA Gisela Fischer) aus „Kostengründen und wegen der positiven Wirkungen kurzer Dienstwege“ zur Abteilung Mittelprüfung (Leiter Dr. Kurt Sellke) nach Kleinmachnow versetzt. Ab September 1953 wurde sie als wissenschaftliche Assistentin bezahlt.

Während der 22-jährigen Zugehörigkeit zur Biologischen Zentralanstalt waren die wissenschaftliche Prüfung von im Inland und im Ausland neu entwickelten chemischen Präparaten gegen den Kartoffelkäfer unter Labor- und Freilandbedingungen sowie die Erprobung von Bekämpfungsmethoden einschließlich des Flugzeugeinsatzes das Hauptarbeitsgebiet von Erika Schwartz. Auch die Forschungsthemen betrafen hauptsächlich das Gebiet der Kartoffelkäferbekämpfung, aber auch andere im Boden lebende Schädlinge der Kartoffel und Rückstandsfragen am Erntegut. Mehr als 20 Veröffentlichungen von Erika Schwartz zur Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln gegen den Kartoffelkäfer, zu prüfmethodischen Untersuchungen und zu Nebenwirkungen von Pflanzenschutzmitteln, zu Bodeninsekten - speziell der Erdraupe- sind aus dieser Zeit im Nachrichtenblatt zu finden

Erika Schwartz hat sich besonders durch ihre Arbeiten über den Kartoffelkäfer einen internationalen wissenschaftlichen Ruf erworben. Sie galt als Expertin für die Biologie dieses Schädlings. In den Kartoffelkäfer-Jahren war sie regelmäßig Mitglied der Deutschen Delegation auf den Fach-Kongressen und Arbeitstagen. Zunächst auch in West-Berlin, später in den sozialistischen Ländern. Erika Schwartz war in die „heiße Phase“ der Kartoffelkäferforschung hineingestellt worden und hat sich bald viel Anerkennung und Sympathie bei den Kollegen und Fachleuten erworben. Nachdem der Kartoffelkäfer nicht nur die deutsch-polnische, sondern auch die polnisch-sowjetische Grenze überwunden hatte, ohne daß die deutsche Forschung etwas hatte dagegen ausrichten können, wurde es etwas ruhiger um dieses Forschungsgebiet. Aber die Insektizidprüfung mit dem Kartoffelkäfer blieb eine stabile Aufgabe für die Arbeitsgruppe von Frau Enka Schwartz bis zu ihrer Emeritierung. Frau Erika Schwartz lebt heute in einer kleinen Wohnung in Kleinmachnow. Leider ist ihr Gesundheitszustand so schlecht, daß sie das Haus kaum noch verlassen kann. Aber deswegen werden Besucher und Gäste um so herzlicher empfangen. Wir wünschen ihr Wohlergehen in unserem Jubiläumsjahr.

Renate Schwartz wurde als zweite Tochter von Prof. Dr. Martin Schwartz am 24.5.1912 in Berlin-Steglitz geboren und verstarb am 28.9.1989 in Kleinmachnow.

Nach Abschluß der Mittleren Reife am Lyzeum zu Berlin-Steglitz folgte ein 3-jähriger Schulbesuch an der Höheren Fachschule für Frauenberufe, den sie 1931 mit dem Abitur abschloß. Auf dem Weg zur Gewerbelehrerin nahm Renate Schwartz in den folgenden vier Jahren Praktika und Einsätze in verschiedenen Betrieben wahr (u.a. Haushaltspflegerinnenlehrgang am Pestalozzi-Fröbel-Haus mit dem Abschluß "Staatsexamen als Haushaltspflegerin" und Lehrgang in der Versuchsanstalt für gärungslose Obst- und Gemüseverwertung an der Universität Berlin mit Abschluß „Süßmosterin mit Befähigungsnachweis für Betriebskontrolle in nahrungsmittelchemischer Hinsicht“), da die Ausbildung zur Gewerbelehrerin zeitweilig gesperrt war. Von 1935-37 absolvierte Renate Schwartz am Staatlichen Berufspädagogischen Institut in Berlin ein Studium, welches sie 1938 nach einem Kandidatenjahr an der Städtischen Berufs- und Handelsschule Prenlau/Uckermark als Diplompewerbelehrerin für Hauswirtschaft abschloß. Bereits 1938 wurde sie in das Beamtenverhältnis als Gewerbeoberlehrerin übernommen und behielt bis 1940 Anstellung in Prenzlau. Eine Berufung als Gewerbeoberlehrerin an die Staatl. Handels- und Gewerbeschule Potsdam von 1940-1944 und eine weitere Berufung als hauptamtliche Dozentin mit Lehrauftrag an das Berufspädagogische Reichsinstitut in Posen erfüllten ihr konsequentes Streben, Lehrerin zu sein.



Abb. 2: Renate Schwartz

Im Januar 1945 mußte auch Renate Schwartz dem Räumungsbefehl für Posen folgen. Im Februar 1945 flüchtete sie mit ihren Eltern und der Schwester vor den Luftangriffen aus Berlin nach Mühlhausen/Thüringen, wo die materielle

Ausrüstung der Kartoffelkäferforschung der Biologischen Reichsanstalt auf dem Rückzug in das vor den Kriegereignissen relativ sichere Mitteldeutschland gestrandet war. Im Mai 1945 wurde mit der Besetzung der Stadt Mühlhausen durch amerikanische Truppen die vierköpfige Familie Schwartz aus der Einzimmerwohnung ausgewiesen und campierte für 10 Wochen mit vielen anderen Flüchtlingen auf einem städtischen Sportplatz.

Auch Renate Schwartz fand wie ihre Schwester Erika nach Kriegsende keine berufsgerechte Anstellung mehr. Zum Überleben nahm sie die verschiedensten Anstellungen an: im Sommer 1945 als Landarbeiterin, im Herbst bis Jahresende 1945 als Wirtschafterin auf der Domäne Österkörner bei Mühlhausen, 1946/47 arbeitete sie als Hausschneiderin, und 1947-51 als Wirtschaftsleiterin in einer chirurgischen Klinik in Mühlhausen.

Mit der 1951/52 erfolgten Versetzung der Schwester Erika Schwartz, die seit 1949 bei der Biologischen Zentralanstalt unter Vertrag war, übersiedelten auch Renate Schwartz und die bei ihnen lebende Mutter nach Kleinmachnow bei Berlin.

1952 wurde Renate Schwartz als Leiterin der Bildstelle und als Archivarin bei der Biologischen Zentralanstalt Kleinmachnow eingestellt. In den ersten Jahren erwarb sie im sogenannten zweiten Bildungsweg, d.h. in Abendkursen und Lehrgängen während des Jahresurlaubs, die Qualifikation eines Wissenschaftlichen Fotografen. Dieser Abschluß war durch eine Staatliche Prüfung vor der Handwerkskammer des Bezirkes Potsdam zu bestätigen. In den späteren Jahren gab es so viele Aufträge, daß noch eine - zeitweilig auch zwei - Fotolaborantinnen eingestellt wurden. Mit dieser Arbeitsaufgabe gehörte Frau Renate Schwartz langjährig zur Abteilung Bibliothek - Informationsstelle.

Die Biologische Zentralanstalt nutzte die besonderen Talente von Renate Schwartz, indem sie auch als Lehrerin für das Fach „Wissenschaftliche Fotografie und Filmvorführung“ bei der in der Biologischen Zentralanstalt in Kleinmachnow durchgeführten Berufsausbildung für Technische Assistentinnen eingesetzt wurde. Diese Lehrtätigkeit nahm sie mit Begeisterung und Engagement bis 1974 über das Rentenalter hinaus wahr. Vor einigen Tagen sagte mir eine ihrer damaligen Schülerinnen: „Ja, Foto-Schwartz war meine Lieblingslehrerin, sie konnte uns motivieren und begeistern“. Sie liebte beide Seiten ihrer Arbeit, den Umgang mit den jungen Menschen als Lehrerin und die Fotografie an sich. Ihre Fotos trafen fast immer den Kern der Sache oder die Schönheit und Faszination einer Situation. Man hatte immer den Eindruck, daß die Bilder mühelos entstanden und selbstverständlich treffend waren.

Als 1956 die im gleichen Haushalt lebende Mutter, Margarete Schwartz, durch drei schwere Unfälle gehunfähig und ab 1964 bettlägerig wurde, übernahmen Renate und ihre Schwester Erika bis zum Tod der Mutter 1969 die häusliche Pflege neben der Berufstätigkeit.

Erholung fand Renate Schwartz in ihren zahlreichen Reisen, von denen sie dann lange schwärmte. „Schön ist die Welt und ich hab viel von ihr gesehen...“, das war ihr Glück und Motto. Renate Schwartz hatte eine schnelle Auffassungsgabe, sie war sprachbegabt und äußerst schlagfertig und unterhaltsam. Sie war mitfühlend, sehr sozial eingestellt, heiter und den Menschen zugewandt, so daß ihr die Sympathien der Mitmenschen gehörten.

Die Schneckenforschung in der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Research on Pest Slugs and Snails in the Federal Biological Research Centre

von

Dr. Dora Godan

Zusammenfassung

Zu Schneckenfraß an Kulturpflanzen kommt es bei hoher Populationsdichte der sonst im Biotop wenig auffälligen Gastropoden. Forschung über Schnecken erlangte in der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) erst nach dem zweiten Weltkrieg Bedeutung. Sie nahm ihren Anfang mit Fragen der Zucht von Weinbergschnecken als Nahrungsmittel. Doch mit der Zusammenlegung der Biologischen Zentralanstalt in Dahlem mit der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Braunschweig traten die Bearbeitung der Gastropoden – insbesondere der Nacktschnecken – als Schädlinge an Kulturpflanzen und die Lösung der Bekämpfungsprobleme in den Vordergrund. Schwerpunkte in diesem Bereich waren die Zucht von Schnecken für die angewandte Forschung, die Entwicklung von Bestimmungsuntersuchungen zur molluskiziden Wirkung verschiedener Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe, insbesondere von Metaldehyd und Carbamaten, sowie die Schneckenbekämpfung und die Prüfung der Molluskizide auf Unbedenklichkeit für die Flora, Fauna und den Menschen. Den Hauptanteil an der Schneckenforschung in der BBA hatte Dr. Dora GODAN, sie beschäftigte sich seit 1954 mit Schnecken im Pflanzenschutz. Nach ihrem Ausscheiden 1974 wegen Erreichens der Altersgrenze befaßte sie sich außerdem u.a. mit dem Schutz der Mollusken im Berliner Raum und schafft eine internationale Bibliographie „Mensch und Mollusken“.

Abstract

Snail and slug injuries on cultivated plants occur when the population density of the normally in the biotope scarcely noticeable gastropodes is high. It is only after the second world war that research on snails and slugs became important in the Federal Biological Research Centre (BBA). It began with questions of how to breed Roman snails as foodstuff. However with the fusion of the Central Biological Institute in Berlin-Dahlem with the Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry in Braunschweig research on gastropodes - in particular slugs - as pests of cultivated plants and the search for resolving the problems of their control were emphasized. The studies were focused on breeding of snails and slugs for applied research, the development of determination tables concerning molluscicide effects of different active ingredients, in particular Metaldehyd and Carbamaten, snail and slug control and the testing of the safety of molluscicides for the flora, fauna and men. The most important part of research was carried out by Dr. Dora GODAN who worked since 1954 on snails and slugs in plant protection. After leaving the BBA in 1974 because of reaching the retirement age she has been concerned among others with the protection of mollusks in the area of Berlin and is working on an international bibliography „Men and Mollusks“.

In der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin und Braunschweig (BBA) erhielt die Forschung über Schnecken und Schädlinge und deren Bekämpfung ihre Bedeutung erst in der Nachkriegszeit. Den Hauptanteil an ihrer Bearbeitung hat Dr. Dora GODAN übernommen. Sogar im Ruhestand hat sie diese Tiere zu ihrem Hobby erkoren. So-

mit beschäftigt sie sich mit den Schnecken im Pflanzenschutz von 1954 bis 1998, also 44 Jahre.

Verantwortlich für den zunehmenden Schneckenfraß an den Kulturpflanzen ist die hohe Populationsdichte infolge Übervermehrung der im Biotop sonst nicht auffälligen Gastropoden, vorwiegend Nacktschnecken. Das jetzige Massenaufreten ist die Folge der seit Jahrzehnten auch in den nördlichen Gebieten der Erde herrschenden, für die Weichtiere günstigen Wetterbedingungen wie hohe Feuchtigkeit auf und in der Erde durch anhaltende regnerische Witterung und milde Temperaturen im Winter. Ein aktuelles Beispiel für Europa ist die spanische Wegschnecke *Arion lusitanicus* MABILLE. Die Art hat sich von ihrer Heimat (Spanien, Portugal) in den letzten Jahrzehnten über ganz Europa bis nach Finnland verbreitet und ist ein gefährlicher Schädling geworden, zumal hier ihre in der Heimat vorhandenen Räuber und Parasiten fehlen.

Beispiele für Massenaufreten von Schnecken-Arten, die sich in ihrer Heimat in der Regel indifferent verhalten oder sogar als Nahrungsmittel von Bedeutung sind, gibt es auch in anderen Kontinenten: Die Afrikanische Riesenschnecke *Achatina fulica* BOWDICH (Heimat Ostafrika) hat sich über ganz Afrika, Asien und zeitweise Amerika ausgebreitet. Die Golden Apple Snail (*Pomacea* sp.) wurde 1983 von Taiwan in die Philippinen als Nahrungsmittel eingeführt und hat sich dort zu einem großen Schädling vor allem in den Reis- und Maisfeldern entwickelt (GODAN 1996).

Die Schneckenforschung fand das notwendige Interesse erst um 1950, beauftragt wurde Prof. Dr. Albrecht HASE, Leiter des Instituts für landwirtschaftliche Zoologie, das zur damaligen Biologischen Zentralanstalt Berlin-Dahlem gehörte. Um dem Eiweißmangel der nach dem Zweiten Weltkrieg hungernden Bevölkerung in Deutschland abzuhelpen, wurde auch an die Schnecken als Eiweißquelle gedacht. Die als Nahrungsmittel allgemein geschätzten Weinbergschnecken wurden im Freiland gesammelt und in „Schneckengärten“ zur Geschmacksverbesserung ihres Fleisches mit aromatischen Kräutern gefüttert, „gemästet“. Als Folge der ausufernden Sammeltätigkeit machte sich ein beachtlicher Rückgang der Populationen im Freiland bemerkbar, dem Einhalt geboten werden mußte. Durch Züchtung erschien es möglich, Schnecken dauerhaft verfügbar zu haben. Voraussetzung für einen auch kommerziellen Erfolg, war allerdings die genaue Kenntnis der biologischen und ökologischen Bedingungen sowie der endogenen und exogenen Faktoren (DAXL 1968), denen die einzelnen Arten unterliegen. Auch mußte die Zuchtmethode praxisnah sein. Im benachbarten Frankreich waren bereits Methoden für Zucht, Haltung und Mast der dort heimischen Gefleckten Weinbergschnecke *Helix aspersa* MÜLLER gefunden worden und versprochen Erfolg in der Praxis.

Im Institut hatte sich Dr. G. Hein mit diesem Problem zu befassen, und zwar mit der in Mittel- und Nordeuropa heimischen Großen Weinbergschnecke *Helix pomatia* L. (HEIN 1952). Nach dem baldigen Ausscheiden von HEIN übernahm DR. D. Godan 1954 diese Aufgabe. 1947 war sie von Prof. Dr. HASE in sein Institut gerufen worden und hatte sich bisher mit Schadinsekten (Rapserrfloh, Maulwurfgrille, Minierfliegen, Kohlweißling usw.) beschäftigt.

Zunächst hatte GODAN eine Zuchtmethode zu entwickeln, aber keinesfalls als Grundlage für die Eiweißversorgung der nicht mehr hungernden Bevölkerung Deutschlands, sondern um Schneckenmaterial stets und in ausreichender Menge für Forschung und Molluskizid-Tests zur Verfügung zu haben (GODAN 1958 a). Die Massenzucht erwies sich anfangs als recht schwierig: sie ist zeitraubend und wird häufig durch Parasiten (Nematoden, parasitische Mil-

ben) und unkontrolliert in die Terrarien eingedrungene Räuber (Carabiden, Raubschnecken u.a.) dezimiert. Auch spielt die Bodenfeuchte eine Rolle für die Fruchtbarkeit der Elterntiere und für die Gesunderhaltung der Eier und frisch geschlüpften Jungen. Stauende Nässe ist zu vermeiden. Schließlich wurden adulte Schnecken an Pharmafirmen abgegeben, damit sie eigene Zuchten aufbauen konnten, um genügend Schnecken zum Testen von neu entwickelten Molluskiziden zu haben. Auch das Berliner Aquarium hatte Bedarf an verschiedenen Arten als Ausstellungsstücke für die Besucher.

Nach der Zusammenlegung der Biologischen Zentralanstalt in Berlin-Dahlem mit der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Braunschweig stand nicht mehr die Zucht der Weinbergschnecke als Nahrungsquelle im Vordergrund, sondern die Bedeutung der Gastropoden, insbesondere der Nacktschnecken, als Schädlinge an den Kulturpflanzen und die Lösung der Bekämpfungsprobleme, also der Schnecken im Pflanzenschutz.

Anfänge zur Klärung dieser Fragen gab es bereits in der Biologischen Zentralanstalt (TOMAZEWSKI 1949). BECKER (1951) machte auf die Ackerschnecken als Hauptfeinde der Wintersaaten aufmerksam. PAG (1957) hat die Ackerschnecke *Deroceras reticulatum* (MÜLLER), *Discus rotundatus* (MÜLLER) und *Oxychilus draparnaudi* (BECK) in Orchideenhäusern festgestellt: junge Triebe, Blüten und Blütenstiele sind besonders gefährdet. HEINZE (1958) interessierte sich für die Möglichkeit der Übertragung pflanzlicher Viroser durch Schnecken. Die ersten Veröffentlichungen von GODAN, die den Schnecken gewidmet waren, betrafen neben der Massenzucht (GODAN 1958 a) die Erarbeitung einer Bestimmungstabelle (GODAN 1960 a), Schneckenbekämpfung (GODAN 1966 b), Schneckenschäden und ihre Abwehr (GODAN 1960 b, 1966 a, 1969 a, 1973 a,b), Common Names von Schadschnecken im Pflanzenschutz (GODAN 1970 a, 1974) sowie Schnecken als Schädlinge, Merkblatt der Biologischen Bundesanstalt Nr. 42 (GODAN 1975).

Den Beginn der Versuche mit Molluskiziden signalisieren die „Untersuchungen über die Wirksamkeit von Metaldehyd-Ködern auf Nacktschnecken unter Berücksichtigung ihrer Verhaltensreaktionen“ (GODAN 1961).

In der Ära Dr. Karl MAYER, dem Nachfolger von Professor A. HASE, kam R. DAXL als Doktorand zum Institut für Zoologie. Die als neuer Schädling damals auffällige Wurm- schnecke *Boettgerilla vermiformis* WIKTOR war zunächst das Untersuchungsobjekt (DAXL 1967 a). Es folgten Veröffentlichungen im Zusammenhang mit der Dissertation wie „Beobachtungen zur diuralen und saisonalen Aktivität einiger Schneckenarten“ (DAXL 1969) und in Anlehnung an das Interesse seines Doktorvaters an der Schneckenbekämpfung (MAYER 1957) sowie an die bereits 1961 begonnenen Versuche von GODAN mit Metaldehyd und Carbamaten – die Publikationen über den „Einfluß von Temperatur und relativer Feuchte auf die molluskizide Wirkung von Metaldehyd, Isolan und Ioxynil auf *Limax flavus* L. und dessen Eier“ (DAXL 1970) und „Das Verhalten der molluskiziden Verbindungen Metaldehyd, Isolan und Ioxynil gegen Nacktschnecken unter Freilandbedingungen“ (DAXL 1971 a). Die Dissertation hat den Titel: „Die Abhängigkeit der Wirkung molluskizider Substanzen (Metaldehyd, Isolan und Ioxynil) von endogenen und exogenen Faktoren auf Nacktschnecken“ (DAXL 1968). DAXL prüfte das nächtliche Kriech- und Fraßverhalten von *Deroceras reticulatum*, *Deroceras laeve*, *Arion hortensis*, also bei Freilandbewohnern, und bei der Kellerschnecke *Limax flavus*. Die Aktivitäten der Freilandtiere ändern sich in kürzeren und längeren, durch Ruhepausen unterbrochenen Abständen, bei der Kellerschnecke fehlen die Ruhepausen. Nach dem Ausscheiden von DAXL aus dem Institut wurde GODAN die Spezialistin für „Ange-

wandte Malakologie“ in der BBA. Es gab genug Probleme in bezug auf die Schadwirkung der Schnecken im Pflanzenschutz und bei der Bekämpfung (GODAN 1966 b, 1973 a,b, 1975, 1979, 1983).

Schnecken sind fast immer in einem Biotop vorhanden, doch in der Regel ohne lästig zu werden. Wenn ihre Populationsdichte klein bleibt, also unter der Schadensschwelle, kann die Kulturpflanze einen geringen Fraßschaden durch Bildung neuer Triebe und neuer Wurzeln ausgleichen. Erst wenn die Populationsdichte infolge sehr günstiger Umweltbedingungen ansteigt, so daß es zur Massenvermehrung kommt, wird die betreffende Schneckenspezies im Biotop zu einem Schädling, und die Bekämpfung ist erforderlich. Die Schnecken sind also nicht von vornherein als Schädlinge einzustufen, sondern sie sind im Naturhaushalt sogar nützlich, z.B. als Humusbildner.

BUHL und SCHÜTTE (1971) haben Methoden zur Prognose der Massenvermehrung und „kritischen Befallszahl“ für *Deroceras reticulatum*, *Deroceras agreste* und *Arion hortensis* veröffentlicht. Die Ackerschnecken gehören zu den Hauptfeinden der Wintergetreidesaat, der Ölfucht- und Gemüsejungpflanzen (GODAN 1991).

Nach Meldungen von sechs Pflanzenschutzämtern an die BBA in zehn Jahren (1962-1971) hat GODAN bei der Ackerschnecke zwei Maxima der Fraßintensität ermittelt. Diese stehen im Zusammenhang mit den Maxima der Schlüpftrate bei den Jungschnecken und dadurch bedingten Zunahme der Populationsdichte. Entsprechend ihrem Gipfel erhöht sich die Schadwirkung an den Kulturpflanzen (GODAN 1973 a,b). Die meisten Schäden wurden im April bis Mai und dann wieder im September bis November festgestellt. Feuchtes Wetter war die Voraussetzung für die starken, durch Ackerschnecken verursachten Ausfälle bei Jungpflanzen von Gemüse, Tabak, Kopfsalat und Erdbeeren. Bei Wintergetreide fiel der zweite Höhepunkt der Schädigung in die Monate September und November. Weitere Schlüsse aus den Meldungen der Pflanzenschutzämter bringt GODAN (1979) in der Monographie „Schadschnecken und ihre Bekämpfung“ und „Pest Slugs and Snails, Biology and Control“ (GODAN 1983).

HERING (1966) stellte erhebliche, von Ackerschnecken verursachte Schäden an Blättern und Trieben bei Reben fest. Im Forst wurden große Fraßschäden an der Rinde junger Erlen durch Heinschnirkelschnecken (*Cepae* sp.) und an Buchenkeimlingen durch Nacktschnecken (*Lehmannia marginata*) gefunden.

Über die Schadwirkung im In- und Ausland durch Landschnecken und amphibische Schnecken gibt es umfangreiche Tabellen: Ackerland und Grasland; Garten und Gewächshaus (Gemüse, Heilkräuter); Obst- und Weinbau; Forst; Spezialkulturen außerdeutscher Länder (GODAN 1979, 1983).

Weitere Veröffentlichungen von BBA-Autoren über Schnecken, Schäden und ihre Abwehr: GODAN und KURSAWE (1978); HOMMES et al. (1990, 1995); KRACHT (1990); KLEMM (1960, 1962, 1974).

Zu den Aufgaben von GODAN gehörte auch die gesetzlich vorgeschriebene Prüfung der von der Industrie entwickelten Molluskizide auch auf Unbedenklichkeit für Flora und Fauna. Durchgeführt wird diese obligatorische Prüfung von den Pflanzenschutzämtern und der BBA. Nach dem Ausscheiden von GODAN aus dem Dienst wegen Erreichens der Altersgrenze 1974 wurden diese Untersuchungen in der BBA eingestellt. Im Rahmen der Prüfung von

Pflanzenschutzmitteln im Zulassungsverfahren werden jedoch von dem Pflanzenschutzdienst der Länder weiterhin Versuche durchgeführt, die dann in der BBA, Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik, Fachgruppe Biologische Mittelprüfung, bewertet werden (WOLF 1983, VOSS 1983). HERFS (1974, 1981, 1982) schrieb „Über einige internationale Aktivitäten im Bereich der Mittelprüfung“, und WOLF (1995) informierte über die „Europäische Gesetzgebung zum Export von Pestiziden in Entwicklungsländer“.

Wie bei allen Pflanzenschutzmitteln entscheidet die BBA auch über die Zulassung der Molluskizide im Einvernehmen mit dem Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin sowie mit dem Umweltbundesamt nach Anhörung des Sachverständigenausschusses (HANS et al. 1991, GODAN 1996). Die Prüfung erfolgt nach besonderen Richtlinien. Da in Mitteleuropa die Nacktschnecken als Schädlinge von größerer Bedeutung als die Gehäuse-schnecken sind, beziehen sich die Richtlinien ausschließlich auf die Gehäuse-selosen. GODAN et al. (1965) erarbeiteten die „Richtlinien für die Prüfung von Molluskiziden gegen „Nacktschnecken“, (In: „Richtlinien für die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln 8-1. April 1965“). Sie wurden später aktualisiert in „Richtlinien für die amtliche Prüfung von Pflanzenschutzmitteln“ 8-1.1: In: „Richtlinien für die Prüfung von Molluskiziden gegen Nacktschnecken im Gemüse-, Erdbeer- und Zierpflanzenbau, Mai 1982,“ und in „Richtlinien für die amtliche Prüfung von Pflanzenschutzmitteln, 8-1.2: „Richtlinien für die Prüfung von Molluskiziden gegen Nacktschnecken im Ackerbau, November 1982 (BREDELOW et al. 1982). Von W. EBING stammen die „Tabellarischen Literaturreferate“ im Rahmen der „Gaschromatographie der Pflanzenschutzmittel“, in denen auch Molluskizide erwähnt sind. Bis 1994 sind es 22 Veröffentlichungen, von denen hier aber nur eine Auswahl genannt werden kann (EBING (1982), EBING et al. (1984, 1992, 1994).

Aufgrund der Ergebnisse ihrer Untersuchungen und langjährigen Beobachtungen diskutiert GODAN (1979, 1983, 1996) auch mögliche Mißerfolge in der Wirkung von Molluskiziden bei Freiland-Applikationen, obwohl diese sich im Laborversuch als gut wirksam erweisen.

Die zur Zeit im Handel käuflichen molluskiziden Präparate enthalten als Wirkstoff **Metaldehyd** oder **Methiocarb**. Diese „Schneckenkorn“-Köder werden heute in der Regel in Häufchen appliziert. Doch es gibt Probleme. So wurden bei der Brown Garden Snail (*Helix aspersa*) Unterschiede in der Empfindlichkeit gegenüber Metaldehyd festgestellt (FISHER und ORTH 1975). GODAN (1961) fand bei Nacktschnecken, daß entweder der Metaldehyd-Köder verschmäht wird oder die Schnecke sich trotz Fraß am Köder erholt. Sie wird je nach der Höhe der Wirkstoff-Dosis im Köder abgeschreckt oder angelockt. Eine Metaldehyd-Konzentration von mehr als 1,0 % Wirkstoff erwies sich in den Versuchen als repellent, die Dosis von 1,0 % bis 0,01 % als indifferent und ab 0,0001 % als attraktiv. Diese sehr geringe Dosis ist aber nicht mehr toxisch. Auch hohe Feuchtigkeit benachteiligt die Wirkung des Köders, denn regnerisches Wetter begünstigt in vielen Fällen die Erholung der bereits Vergiftungserscheinungen aufweisenden Nacktschnecken. Deren Alter und die Gewöhnung an den Köder sind ebenfalls zu berücksichtigen. Aus diesen Gründen besitzt der Lockstoff in ihm eine „Schlüsselstellung“ für dessen Attraktivität, damit die Schnecke zum Fraß animiert wird und der Wirkstoff in einer für die letale Vergiftung ausreichenden Menge aufgenommen wird. In der Regel enthält der Metaldehyd-Köder Weizenkleie als Lockstoff, weil angenommen wird, daß Kohlenhydrate für Schnecken attraktiv sind. Aber in Versuchen mit Knollen- und Wurzelfressern und Schädigern an oberirdischen Pflanzenteilen wurde Weizenkleie nur selten angenommen. Dagegen waren Eiweißstoffe wie Tierkörpermehl und Kasein attraktiv. Fischmehl wurde gemieden (GODAN 1961). In der Natur ist häufig zu beobachten, daß die Nacktschnecken Kan-

nibalen sind, bis zu fünf beim Fraß an toten Artgenossen sind nicht selten. Im Wahlversuch mit Carbamaten (Isolan, Mexacarbamate, Promecarb) wurde ebenfalls bei hoher Dosierung ein Repellent-Effekt ermittelt (GODAN 1958 b, 1965).

Die Schnecken besitzen ein Gedächtnis und Lernvermögen, wie sich bei *Limax maximus* L. gezeigt hat (GODAN 1967, 1979). Die Stelle, wo der Weizenkleie-Köder mehrere Tage am Schalenrand lag und stets gefressen wurde, blieb der Engelschnecke bis zu drei Tagen im Gedächtnis haften, obwohl sich der Köder jetzt in der Mitte der Schale befand. Die Schnecke suchte ihn jede Nacht am Rande, wie die sich um- und übereinander kreuzenden Schleimspuren bewiesen. Den Köder in der Mitte beachtete sie nicht. Das geschah erst später, als sich womöglich Hunger bei ihr einstellte und sie nun auch die Schalenmitte erkundete.

Über **Rückstände** von Metaldehyd in Pflanzen und im Boden berichtet GODAN (1979, 1983). 1961/1962 wurden Versuche darüber an Gemüsepflanzen durchgeführt. Es war eine Gemeinschaftsarbeit mit GODAN (BBA; Applikation, Schneckentest) und BECKER sowie MÜLLER (beide Bundesgesundheitsamt; Rückstandsanalyse). Erst später hat GODAN (1979) in ihrem Buch die Untersuchungen und Ergebnisse beschrieben. Die Metaldehyd-Applikation erfolgte im ersten Versuch als Spritzmittel und im zweiten als Staub. Beide Anwendungen waren damals üblich. Zartblättriger Kopfsalat enthielt wesentlich mehr Wirkstoff als Wirsing und Rotkohl, bei Möhren erreichte der Rückstand nach 7 Tagen das Maximum und war nach 22 Tagen nicht mehr nachzuweisen. Molluskizide können Carabiden gefährden (BÜCHS et al. 1989, 1990 a,b). Für Igel allerdings ist eine Sekundärvergiftung durch Metaldehyd nach dem Fraß von geschädigten Ackerschnecken nicht nachzuweisen, vergiftete tote Schnecken werden gemieden (GEMMECKE 1983, 1995).

Auf der Suche nach neuen Wirkstoffen für die Schnecken-Bekämpfung hat GODAN Insektizide getestet: Carbaryl, Isolan und Zectran. Das Ergebnis überraschte. Diese **Carbamate** waren nicht nur toxisch für Insekten, sondern auch für Schnecken, und sie besaßen eine längere Dauerwirkung als Metaldehyd. Bei hoher Feuchtigkeit im Biotop, also regnerischem Wetter, waren sie besonders effektiv (GODAN 1965, 1966 c, 1967). Die Untersuchungen brachten u.a. folgende Ergebnisse: In der Vergiftung durch Metaldehyd und Carbamat bestehen wesentliche Unterschiede. Metaldehyd stört den Körper-Wasserhaushalt der Schnecke durch übermäßige Schleimabsonderung. Es verursacht konvulsivische Kopfbewegungen, und der Körper der Nacktschnecke erscheint gedrunken. Bei Verlust ihres Körperwassers von etwa 60 % stirbt sie. Doch bei geringem Verlust erholt sie sich, wenn es ihr gelingt, in feuchter Umgebung den Wasserhaushalt ihres Körpers zu normalisieren. Der Metaldehyd-Köder hat die optimale Giftwirkung im Freien, wenn die gerade herrschende feuchte Witterung alsbald von einer trockenen abgelöst wird. Bei Carbamaten (Methiocarb) sind die Vergiftungserscheinungen andere. Die Cholinesterase-Aktivität der Schnecke wird gehemmt. Die übermäßige Schleimproduktion unterbleibt. Dagegen ist der Tonus der Muskulatur herabgesetzt: Fuß- und Spindelmuskel (dieser bei Gehäuseschnecken) sowie Augenfühler erschlaffen, „Mundbruch“ und Körperverdrehungen bei Nacktschnecken werden sichtbar. Die Wirksamkeit ist auch von der Species, Körpergröße, dem Alter und der Ernährung der betreffenden Schnecke abhängig (GODAN 1979, 1983, 1996). Eine zusammenfassende Darstellung für Metaldehyd und Carbamate gibt GODAN (1979, 1983).

Herbizide werden im Freiland meist in relativ großer Menge angewandt. Sie treffen auch die Nacktschnecken, die auf und in dem Erdboden leben und an den behandelten Pflanzen fressen. Untersuchungen über Nebenwirkungen der Herbizide auf die Fauna im Biotop erschienen

daher sinnvoll. Angeregt wurde GODAN Ende der 60er Jahre durch eine Publikation in den USA. Denn in Deutschland fanden damals derartige Nebenwirkungen kaum Interesse. Untersucht wurden Simazin, Chlorpropham, Dalapon, Linuron, Lenacil und Aminotriazol, Herbizide mit einer Abbaudauer im Boden von einigen Monaten. Getestet wurden von den Insekten *Drosophila melanogaster* MEIGEN und von den Nacktschnecken *Deroceras reticulatum* (MÜLLER), *Lehmannia marginata* (MÜLLER), *Limax maximus* L., *Limax flavus* L. und *Arion rufus* (L.) (GODAN 1969 b, 1970 b, 1973 c). Die Taufliege war wegen ihrer relativ schnellen Generationsfolge besonders geeignet, um Rückstände auch bei späteren Generationen zu ermitteln. Die lange Verweildauer auf dem Boden war für den Nacktschnecken-Versuch vorteilhaft, um mögliche Effekte von Herbizid-Rückständen über die Kriechsohle auch nach längerer Zeit noch festzustellen. Bei Kontakt der Nacktschnecken wurde keine oder nur eine geringe Nebenwirkung der Herbizide gefunden. Dagegen erwiesen sie sich als sehr toxisch, wenn der Wirkstoff beim Fressen behandelter Pflanzen in den Darmtrakt gelangt war. Unerwünscht sind die Nebenwirkungen der Herbizide, wenn es sich bei den Insekten um Räuber oder adulte Stadien von Parasiten handelt, die als Nützlinge für die biologische Bekämpfung von Bedeutung sind. Jedoch erwünscht kann ihre Wirkung auf Nacktschnecken sein, wenn deren Population zur Übervermehrung und damit Schädigung neigt.

Dem **Integrierten Pflanzenschutz** wird heute Vorrang eingeräumt (GODAN 1981; HÖRIG 1991; KLINGAUF 1984; SCHUHMAN 1985). Feldraine haben in der Landwirtschaft Bedeutung als Refugien für Nützlinge und somit auch für die biologische Bekämpfung der Schnecken. Erwähnt seien Carabiden, Dipteren, Raubschnecken, Reptilien, Vögel und Säugetiere (BÜCHS 1993, 1995; EBING et al. 1984; WELLING et al. 1987, 1990). Beiträge zur Kenntnis potentieller Räuber und Parasiten der Schnecken haben geleistet in bezug auf: **Raubmilben** – KARG und FREIER (1995); **Carabiden** – BÜCHS et al. (1989, 1990 a,b), BÜCHS (1993); THEISS und HEIMBACH (1992), WELLING et al. (1990); **Rove Beetle** – *Oxyopus olens* – FISHER et al. (1976); ORTH et al. (1975); **Nematoden** – BATHON (1992 a,b, 1994 a,b), WILMS (1992), WEISCHER (1996), STURHAN (1996); **Igel** – GEMMEKE (1983, 1995, 1996). Eine umfassende Übersicht der für Schnecken geeigneten und sogar bereits gezüchteten Parasiten und Räuber bringt mit zahlreichen Literaturangaben GODAN (1979, 1983, 1996).

Bodenverunreinigungen (KLOKE 1991) sind für die Schnecken von großem Nachteil, weil sie in ihrem Körper die Umweltgifte speichern. Viele Arten der Nacktschnecken dienen als Indikatoren zum Nachweis der Bodenbelastung (HAQUE und EBING 1983; BÜCHS 1995; SCHÖNHARD und v. LAAR 1990; GODAN 1986, 1987, 1988). Von den Nützlingen sind u.a. „parasitoforme Raubmilben... Indikatoren für den biologischen Zustand des Ökosystems“ (KARG und FREIER 1995).

Bei den im Freien ausgesetzten Nützlingen können Probleme auftauchen (GODAN 1979, 1983, 1995, THEISS und HEIMBACH 1992). Sie können die Gesundheit und damit die Fruchtbarkeit des Nützlings betreffen, die in der für ihn zunächst fremden Umgebung beeinträchtigt werden. Der Nützling darf „seine“ Beutespecies nicht ausrotten, denn es kommt vor, daß er sich an eine andere Beutearart nicht gewöhnt und nun verhungert. Ferner darf der ausgesetzte Nützling nicht auch andere für die biologische Bekämpfung der Schnecken oder auch Schadinsekten vorgesehenen Nützlinge dezimieren (GODAN 1979, 1983, 1996).

In der BBA wurden auch Beiträge zu anderen Fragestellungen geleistet. Zusammen mit E. FRÖMMING veröffentlichte W. REICHMUTH die „Pigmentstudien an Gastropoden“

(REICHMUTH und FRÖMMING 1960, 1961). REICHMUTH beteiligte sich auch an der Klärung der „pathologischen Gestaltveränderungen und der Geschwülste bei Nacktschnecken“ (FRÖMMING et al. 1961).

GODAN organisierte 1983 die Ausstellung „Schnecken – Schädling oder Gaumenschmaus“ im Pavillon des Luisenparks (Mannheim) auf Einladung des damaligen Leiters MANNECK. Das Material für die Ausstellung wurde von Kollegen, Instituten, Museen und Pharma-Firmen zur Verfügung gestellt. Das Interesse von Medien und Besuchern war groß. GODAN hielt zur Eröffnung eine längere das Thema erläuternde Ansprache, und es folgte ein Interview mit dem Süddeutschen Rundfunk.

Auf Einladung von Prof. Dr. SUKOPP (Institut für Ökologie, Fachbereich Landschaftsentwicklung, Ökoforschung und Vegetationskunde der TU Berlin) zur Mitarbeit über Mollusken im Rahmen des „Artenschutzprogramms Berlin“ hielt GODAN auf dem „Kolloquium über Rückgang, Gefährdung und Schutz der Flora und Fauna in Berlin (West)“ (04.-06.06.1980) den Vortrag: „Über den Schutz der Mollusken im Berliner Raum“. Er war als Grundlage für die Kartierung der Schnecken und Muscheln in und um Berlin gedacht und behandelte die Bestandssituation in den Jahren 1940-1974 (Literaturnachweis und eigene Sammelbefunde in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. PLATE). Direkte Bestandsermittlungen im Freiland waren mangels Hilfen nicht möglich. Die Vorschläge von GODAN, welche Arten der Schnecken und Muscheln schutzbedürftig sind und in die geplante „Rote Liste der gefährdeten Pflanzen und Tiere in Berlin (West)“ aufgenommen werden sollen, wurden in der gleichnamigen Veröffentlichung berücksichtigt (GODAN 1982). Weitere Titel zu dieser Thematik bei GODAN (1987, 1988).

Professor Dr. H. KAISER (Institut für Zoologie, Universität Graz, Österreich) hat 1993 das Projekt „Untersuchungen über die biologischen und ökologischen Voraussetzungen des Massenauftretens der Spanischen Wegschnecke“ aufgestellt und GODAN gebeten, für die vorgesehene Review die internationalen Veröffentlichungen aufzulisten (GODAN 1995). Die Review wird fortgesetzt, da infolge ständiger Ausbreitung und damit Schädwirkung der *Arion lusitanicus* MABILLE mit weiteren zahlreichen Referenzen zu rechnen ist.

Von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Sachgebiet „Artenschutz“, Berlin, wurde GODAN in die „Liste von fachkundigen Personen für die Bestimmung besonders geschützter Arten / Stand 30.11.1995“ aufgenommen und zwar für „Weichtiere: Muscheln und Schnecken“. Von Experten sind noch genannt: Prof. Dr. KILIAS (ehemals Leiter der Mollusken-Abteilung des Naturkunde-Museums Berlin) und Prof. Dr. PLATE (ehemals Leiter des Pflanzenschutzamtes Berlin (West)). Die in der Liste erwähnten „fachkundigen Personen stellen sich bei Problemen der Arterkennung auf freiwilliger Basis und unentgeltlich zur Verfügung“.

Als Gründungsmitglied der Working Group „Applied Malacology“ (Wien 1990) bei dem Meeting „Integrated Control of Soil Pests“ (29.-30.10.1990) erhielt GODAN die Aufgabe, eine internationale Bibliographie der Jahre 1965-1995 über die Beziehungen „Mensch und Mollusken“ zu schaffen. Über 7.000 Publikationen betreffen dieses Thema. Sie erstrecken sich auf alle Lebensbereiche des Menschen wie Forschung, Human- und Veterinärmedizin, Phytomedizin, Nahrung, Naturschutz, Architektur, Malerei, Kunst usw. (GODAN 1992, 1994). Eine zusammenfassende Darstellung bringt das Buch „Mollusken – ihre Bedeutung für Wissenschaft, Medizin, Handel und Kultur“ (GODAN 1996).

1991 wurde GODAN von M. SIVANASER, Direktor des „ASEAN PLANT QUARANTINE CENTRE AND TRAINING INSTITUTE (PLANTI)“ gebeten, dem ASEAN PLANTI Centre of snails and slugs for the ASEAN Region“ in Serdang, Malaysia, mehrere der in der Phyto-medizin der Bundesrepublik wichtigen Schnecken-Arten zu überlassen, die sich zur Präsentation für Ausbildungskurse („Training of Plant Quarantine Officers at ASEAN PLANTI“), Meetings, Symposien u.a. sowie für das „SLUGS and SNAILS Museum“ der ASEAN PLANTI eignen.

Das Institut „Centre for slugs and snails of the ASEAN Region“ erhielt Gehäuse von 26 Landschnecken-, 6 Süßwasserschnecken-Arten und wegen fehlender Möglichkeit einer guten Konservierung Darstellungen von 21 Nacktschnecken-Arten, außerdem eine Übersicht von deren Klassifizierung.

Beratende Funktionen nimmt GODAN auch heute noch bei Anfragen innerhalb und außerhalb der BBA wahr.

Literatur

BATHON, H. (1992 a): Fadenwürmer zur Schädlingsbekämpfung (Nematoden). Der Fachberater für das deutsche Kleingartenwesen, 43 (3), 14.

BATHON, H. (1992 b): Nematoden zur Schädlingsbekämpfung. Obst und Garten, 6, 309.

BATHON, H. (1994 a): Schnecken künftig mit Nematoden bekämpft? TASPO, 128 (3), 10.

BATHON, H. (1994 b): Schneckentod durch Fadenwürmer. ZVG Gartenbau Report 20 (3), 33.

BECKER, A. (1951): Ackerschnecken bedrohen die Wintersaaten. Landw. Zt. Nord - Rheinprov. 118, 996.

BREDERLOW, H.; H.-P. PLATE; H. ROTHERT; ROTTENWÖHRER; D. SCHOSSADOWSKI; E. WOLF (1982): „Richtlinien für die Prüfung von Molluskiziden gegen Nacktschnecken im Gemüse-, Erdbeer- und Zierpflanzenbau,“ ... „im Ackerbau“.

BÜCHS, W. (1993): Förderung von Groß-Carabiden durch Dauerbrache und Extensivierungsmaßnahmen. DGaaE-Nachrichten, 7 (3) 98.

BÜCHS, W. (1995): Tierökologische Untersuchungen als Grundlage zur Charakterisierung von Ökosystemen und Indikationen von Umweltbelastungen. Der Naturwissenschaftl. Fakultät der TU Braunschweig vorgelegte Kumulativarbeit zur Erlangung der *venia legendi* für das Lehrgebiet Tierökologie, 312 S.

BÜCHS, W.; U. HEIMBACH; E. CZARNECKI (1989): Effects of snail baits on non-target carabid beetles. 1989 BCPC Monograph No. 41, „Slugs and Snails in World Agriculture“ (ed. I. HENDERSON), 245 - 252.

BÜCHS, W.; U. HEIMBACH; E. CZARNECKI (1990 a): Untersuchungen zu Auswirkungen von Schneckenbekämpfungsmitteln auf einige Laufkäferarten (*Coloeptera: Carabidas*) bei Anwendung verschiedener Testverfahren im Labor und Halbfreiland. Z. angew. Zool. 77 (3/4), 479 - 500.

- BÜCHS, W.; U. HEIMBACH; E. CZARNECKI (1990 b): Nebenwirkungen von Schneckenbekämpfungsmitteln auf Laufkäfer (*Coleoptera I Carabidae*), Labor- und Freilandversuche. *Phytomedizin*, 20 (1), 26.
- BUHL, Cl.; F. SCHÜTTE (1971): Prognose wichtiger Pflanzenschädlinge in der Landwirtschaft. Parey Berlin, Heidelberg, 264 Seiten.
- DAXL, R. (1967): Ein Beitrag zur Biologie von *Boettgerilla vermiformis* Wiktor. *Z. eng. Zool.* 54, 227 - 231.
- DAXL, R. (1968): Die Abhängigkeit der Wirkung molluskizider Substanzen (Metaldehyd, Isolan, Ioxynil) von endogenen und exogenen Faktoren auf Nacktschnecken. Diss. Berlin, D83, 252, 1-162, Fakultät Landbau der TU.
- DAXL, R. (1969): Beobachtungen zur diuralen und saisonalen Aktivität einiger Nacktschneckenarten. *Z. eng. Zool.* 56, 357 - 370.
- DAXL, R. (1970): Der Einfluß von Temperatur und relativer Luftfeuchte auf die molluskizide Wirkung des Metaldehyd, Isolan und Ioxynil auf *Limax flavus* und dessen Eier. *Z. eng. Entom.* 67, 57 - 87.
- DAXL, R. (1971): Das Verhalten der molluskiziden Verbindungen Metaldehyd, Isolan und Ioxynil gegen Nacktschnecken unter Freilandbedingungen. *Z. eng. Zool.* 58, 203 - 241.
- EBING, W. (1982): Gaschromatographie der Pflanzenschutzmittel. Tabellarische Literaturreferate, XI. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch., Berlin-Dahlem*, Heft 208.
- EBING, W.; J. PFLUGMACHER; A. HAQUE(1984): Der Regenwurm als Schlüsselorganismus zur Messung der Bodenbelastung mit organischen Fremdchemikalien. *Berichte über Landwirtschaft*, 62 (2), 222 - 255.
- EBING, W.; J. KIRCHHOFF (1992): Gaschromatographie der Pflanzenschutzmittel, Tabellarische Literaturreferate XVIII. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch., Berlin-Dahlem*. Heft 275.
- EBING, W.; G. REESE-STÄHLER; F. SEEFELD et al. (1994): Gaschromatographie der Pflanzenschutzmittel. Tabellarische Literaturreferate XX, *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch., Berlin-Dahlem*, Heft 296.
- FISHER, T. W.; R. E. ORTH (1975): Differential susceptibility of brown garden snail to Metaldehyde. *Calif. Agric. Berkeley*, 29, 7 - 8.
- FISHER, T. W.; L. MOORE; E. F. LEGNER; R. E. ORTH (1976): *Oxyopus olens*, a Predator of Brown Garden Snail. *Calif. Agric. March*. 20 - 21.
- FROMMING, E., H. PETERS; W. REICHMUTH (1961): Beitrag zur Frage der pathologischen Gestaltveränderungen und der Geschwülste bei unseren Nacktschnecken. *Zool. Anz*, 166, 139 - 147.

- GEMMEKE, H. (1983): Zur Nahrung des Igels (*Erinaceus europaeus* L. 1758). Zool. Anz. Jena, 211 (5/6), 364 - 384.
- GEMMEKE, H. (1995): Untersuchungen über die Gefahr der Sekundärvergiftung bei Igel (*Erinaceus europaeus* L.) durch metaldehydvergiftete Ackerschnecken. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 47 (9), 237 - 240.
- GEMMEKE, H. (1996): Untersuchungen zur Gefährdung von Igel durch vergiftete Ackerschnecken. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch., Berlin-Dahlem, Heft 317, 185 - 194.
- GODAN, D. (1958 a): Über die Massenzucht von Nacktschnecken, nebst einigen Bemerkungen zur Biologie. Z. eng. Zool., 45, 497 - 504.
- GODAN, D. (1958 b): Über den Repellent- und Attraktiveffekt insektizider Pflanzenschutzmittel. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) 10, 105 - 111.
- GODAN, D. (1960 a): Bestimmungstabelle der schädlichen Schneckenarten. Gesunde Pflanzen 12, 26 - 33.
- GODAN, D. (1960 b): Schneckenschäden und ihre Abwehr. Gesunde Pflanzen 12, 151 - 161.
- GODAN, D. (1961): Untersuchungen über die Wirksamkeit von Metaldehydködem auf Nacktschnecken unter Berücksichtigung ihrer Verhaltensreaktionen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig), 13, 113 - 119.
- GODAN, D. (1965): Untersuchungen über die molluskizide Wirkung der Carbamate. I. Teil: Ihre Toxizität auf Nacktschnecken. Z. Pflanzenkrankh. 72, 398 - 410.
- GODAN, D. (1966 a): Über Schnecken. Berliner Naturschutzblätter, 10, 64 - 73.
- GODAN, D. (1966 b): Schneckenbekämpfung. Forschungsergebnisse aus Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 13 (3).
- GODAN, D. (1966 c): Untersuchungen über die molluskizide Wirkung der Carbamate. II. Teil: Abhängigkeit von Art, Größe und Ernährung der Schnecke. Z. eng. Zool. 53, 417 - 430.
- GODAN, D. (1967): Untersuchungen über die molluskizide Wirkung der Carbamate auf Gehäuse-schnecken. Z. eng. Entom. 59, 385 - 396.
- GODAN D. (1969 a): Schnecken und ihre Bekämpfung. Umschau. 24. 779.
- GODAN, D. (1969 b): Untersuchungen über den Einfluß der Herbizide auf *Drosophila melanogaster* Meig. Teil I. Populationsdichte, Entwicklungsdauer und Körpergröße im Verlauf von zehn Generationen. Z. angew. Zool., 56, 89 - 112.
- GODAN, D. (1970 a): Vulgärnamen von Schnecken im Pflanzenschutz (deutsch, englisch, französisch, holländisch, italienisch, spanisch). Z. Pflanzenkrankh. (Pflanzenpathologie, Pflanzenschutz), 77, 38 - 58.

- GODAN, D. (1970 b): Untersuchungen über den Einfluß der Herbizide auf *Drosophila melanogaster* Meig. Teil II. Das Verhalten legeaktiver Weibchen. Z. eng. Entom. 66, 225 - 235.
- GODAN, D. (1972): Bericht über den IV. Kongreß Europäischer Malakologen, Genf, 07.09.-11.09.1971. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig), 24, 44 - 45.
- GODAN, D. (1973 a): Schadwirkung und wirtschaftliche Bedeutung der Schnecken in der Bundesrepublik Deutschland. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig), 25, 97-101.
- GODAN, D. (1973 b): Les dégâts des Limacides et des Arionides et leur importance économique en République Fédérale d'Allemagne. Haliotis (Paris), 3, 27 - 31.
- GODAN, D. (1973 c): L'influence des herbicides sur les limaces. Haliotis, 3, 125 - 130.
- GODAN, D. (1974): Common names von Schadgastropoden in 12 Sprachen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch., Berlin-Dahlem. Heft 159, 91 Seiten.
- GODAN, D. (1975): Schnecken als Schädlinge. Merkblatt Nr. 42, Biolog. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch., Berlin-Dahlem.
- GODAN, D. (1979): Schadschnecken und ihre Bekämpfung. Ulmer, Stuttgart, 467 Seiten, 1500 Literaturzitate.
- GODAN, D. (1981): Über die nicht-chemische Bekämpfung der Schadschnecken. Gesunde Pflanzen 33 (2), 30-36.
- GODAN, D. (1982): Über den Schutz der Mollusken im Berliner Raum. In: Landschaftsentwicklung und Umweltforschung. Nr. 11 „Rote Listen der Gefährdeten Pflanzen und Tiere in Berlin (West)“ (H. SUKOPP und H. ELVERS). Techn. Univ. Berlin, 343 - 361.
- GODAN, D. (1983): Pest Slugs and Snails, Biology and Control. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 445 Seiten.
- GODAN, D. (1987): Umweltbelastung und Schutzmaßnahmen bei den Mollusken. Teil I. Berliner Naturschutzblätter, 31 (4), 113 - 117.
- GODAN, D. (1988): Umweltbelastung und Schutzmaßnahmen bei den Mollusken. Teil II. Berliner Naturschutzblätter, 2 (I), 20 - 24.
- GODAN, D. (1991): Die Ackerschnecken, Biologie und Bekämpfung. RKL (RationalisierungKuratorium für Landwirtschaft), Kartei für Rationalisierung, 4.1.1.3.2. April 1991, 497 - 518.
- GODAN, D. (1992): Internationale Bibliographie of „Applied Malacology“ in the years 1965 - 1993 - Relationship between Man and Molluscs, Part I. Abstracts 11th Intern. Malacological Congress, Siena 1992 (ed. GIUSTI; G. MANGANELLI).

- GODAN, D. (1994): Angewandte Malakologie. Intern. Bibliographie von 1965 - 1995 – Beziehungen zwischen Mensch und Mollusken. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch., Berlin-Dahlem. Heft 298, 226 Seiten (über 4300 Titel).
- GODAN, D. (1995): Intern. Bibliographie über *Iusitanicus* Mabilie. Teil des Projekts „Biologische und angewandt-ökologische Untersuchungen an *Arion lusitanicus* Mabilie (Leitung Dr. H. KAISER, Graz, Österreich). 38 Seiten, unveröffentlicht.
- GODAN, D. (1996): „Mollusken - ihre Bedeutung für Wissenschaft, Medizin, Handel und Kultur". Parey Buchverlag Berlin im Blackwell-Verlag, 220 Seiten.
- GODAN, D. (1997): Angewandte Malakologie. Intern. Bibliographie von 1965 - 1995. Beziehungen zwischen Mensch und Mollusken, II. Teil: Phytomedizin. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch., Berlin-Dahlem, (über 3500 Titel) (im Druck).
- GODAN, D.; G. KURSAWE (1978): Kernbibliothek Phytomedizin. Teil II: Schädliche Schnecken und ihre Bekämpfung. Merkblatt Nr. 50/11. November 1978.
- GODAN, D.; E. MOSEBACH; H.-P. PLATE (1965): „Richtlinien für die Prüfung von Molluskiziden gegen Nacktschnecken. In: Richtlinien für die amtliche Prüfung von Pflanzenschutzmitteln. 8-1. April 1965, 10 Seiten.
- HANS, R.; W. HERTEL; J. MARTIN; G. MEINERT (1991): Pflanzenschutzmittel, Bedeutung, Prüfung, Zulassung, Anwendung, AID, 1118, 39 Seiten.
- HAQUE, A.; W. EBING (1983): Uptake, Accumulation and Elimination of HCB and 2,4 D by Terrestrial Slug, *Deroceras reticulatum* (Müller). Bull Envir. Contamin. Toxicol. 31, 727 - 733.
- HEIN, G. (1952): Die Weinbergschnecke (*Helix pomatia* L.), Lebensweise, Verbrauch, Handel und Zucht. Z. Hyg. Zool. 40, 225 - 248.
- HEINZE, K. (1958): Können Schnecken pflanzliche Virosen übertragen? Z. Pflanzenkrankh. 65, 193 - 198.
- HERING, M. (1966): Über Schneckenfraß an Reben des Weinbaugebietes Mosel-Saar-Ruwer. Weinberg Keller, 13, 49-500.
- HERFS, W. (1974): Über einige internationale Aktivitäten im Bereich der Zoologischen Mittelprüfung. Gesunde Pflanzen 26, 100 - 106.
- HERFS, W. (1981): Die Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln und ihre gesetzlichen Grundlagen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 33 (8), 113 - 118.
- HERFS, W. (1982): Examination and Approval of Plant Protection Products in the Federal Republic of Germany and their legal Basis. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch., Berlin-Dahlem, Heft 210.

HOMMES, M.; H. H. HOPPE; F. KLINGAUF; H. SCHMID; W. WALDHAUER; U. ZEL-LENTIN (1990): Schädlingsbekämpfung und Pflanzenschutz. In: G. WURM (Hrsg.) Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 321 - 337.

HOMMES, M.; F. KLINGAUF; G. A. LANGERBRUCH; G. CRÜGER (1995): Pflanzenbau im Garten. AID-Heft 4, 1162, 55 Seiten.

HÖRIG, U. (1991): Untersuchungen über alternative Methoden zur Bekämpfung von landwirtschaftlich schädlichen Schnecken. Dipl. Arb. TH Darmstadt, Fachbereich Biologie, Botanik, Darmstadt, Jan. 1991, am Institut für Biologische Schädlingsbekämpfung der BBA, 98 Seiten.

KARG, W.; B. FREIER (1995): Parasitoforme Raubmilben als Indikatoren für den ökologischen Zustand von Ökosystemen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch., Berlin-Dahlem, Heft 308, 98 S.

KLEMM, W. (1960): Mollusca. In: Catalogus faunae Austriae Wien, 7, 1 - 59.

KLEMM, W. (1962): Die Gehäuseschnecken. In: BEIER, M.: Zoologische Studien in West-Griechenland. 10. Teil, Sitzber. Österr. Akademie Wiss.-Math.-Naturkd. Kl (1), 73 - 84.

KLEMM, W. (1974): Die Verbreitung der rezenten Land-Gehäuseschnecken in Österreich. Österr. Akad. Wiss.-Math.-Naturw. Kl. Denkschr. 117, 503 Seiten.

KLINGAUF, F. (1984): Welche Rolle spielen biologische Verfahren im Integrierten Pflanzenschutz? Gesunde Pflanzen 36 (8), 281-183.

KLOKE, A. (ed) (1991): Bodenverunreinigungen. EAU, Europäische Akademie für Umweltfragen. Tübingen, Heft 11, 245 Seiten.

KRACHT, M. (1990): Landwirtschaftlich schädliche Schnecken: Vorkommen, Schadwirkung und Bekämpfung unter besonderer Berücksichtigung alternativer Verfahren. Dipl. Arbeit TU Darmstadt, Fachbereich Biologie, Botanik, Darmstadt. Mai 1990, am Institut für Biologische Schädlingsbekämpfung der BBA, 138 Seiten.

MAYER, K. (1957): Die Schneckenbekämpfung mit Metaldehyd-Präparaten. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig), 9, 36 - 41.

ORTH, R.; J. MOORE; T. W. FISHER et al. (1975): A rove beetle, *Oxyopus olens*, with potential for biological control of the Brown Garden Snail *Helix aspersa* in California including a key to the nearctic species of *Oxyopus*. Can. Entomologist, 107, 1111 - 1116.

PAG, H. C. (1957): Schnecken als Schädlinge in Orchideenhäusern. Mitt. Berl. Malakol. 11. 188 - 189.

REICHMUTH, W.; E. FRÖMMING (1960): Pigmentstudien an Gastropoden. Z. Photographie u. Forschung, 8, 97 - 103.

REICHMUTH, W.; E. FRÖMMING (1961): Pigmentstudien an Gastropoden: II: Abhängigkeit der Konstitution von Körperfärbung und Vorzugstemperatur. *Biolog. Zentralblätter*, 80, 67 - 78.

SCHÖNHARD, G.; Cl. von LAAR (1990): Die Belastung gärtnerisch und landwirtschaftlich genutzter Böden mit Schwermetallen im Ballungsgebiet Berlin. *Gesunde Pflanzen*, 42 (10), 301 - 368.

SCHUHMANN, G. (1985): Sanfte Chemie in der Landwirtschaft. VDA-Jahrestagung 1985, am 11. Oktober, Berlin.

STURHAN, D. (1996): Über die Rolle traditioneller Taxonomie und die Bedeutung der „Deutschen Nematodensammlung“. *Mitt. Biolog. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch., Berlin-Dahlem*, Heft 317, 66 - 74.

THEISS, S.; U. HEIMBACH (1992): Neue Erfahrungen mit der Zucht von Carabiden. *DGaaENachrichten* 6, 58 - 59.

TOMASZEWSKI, W. (1949): Mollusca. In: SORAUER, P. *Handbuch der Pflanzenkrankheiten*. 5. A. 5. (1), 100 - 105, Berlin.

VOSS, Th. (1983): 66. Bekanntmachung über die Zulassung von Pflanzenbehandlungsmitteln. Abt. f. Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik der BBA gibt bekannt: „... u. a. Methaldehyd,- Staub,- Schneckenband,- Köderflüssigkeit,- Feingranulat...“ *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 35 (2), 40 - 48.

WEISCHER, B. (1996): Nematoden als Parasiten von Pflanzen und Tieren - evolutionsgeschichtliche Beobachtungen. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch., Berlin-Dahlem*, Heft 317, 54 - 65.

WELLING, M.; H. BATHON; F. KLINGAUF; A. LANGENBRUCH (1990): Förderung von Laufkäfern (*Coleopt. Carabidae*) in Getreidefeldern durch Felddrainage und Ackerschonstreifen. In: H. HEITFUSS und F. DÖPKE: *Integrierte Pflanzenproduktion. Forschungsbericht*, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 140 - 154.

WILMS, W. (1992): Prüfung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf räuberische Nematoden. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 44, 25 - 29.

WOLF, E. (1983): Die Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch., Berlin-Dahlem*, Heft 216, 49 Seiten (mit Anhang).

WOLF, E. (1995): Europäische Gesetzgebung zum Export von Pestiziden in Entwicklungsländer. *Entwicklung und ländlicher Raum*. I, 7 - 9.

Populationsdynamische Forschungen an der Biologischen Bundesanstalt

Research on Population Dynamics in the Federal Biological Research Centre

von

Bernhard Ohnesorge

Zusammenfassung

Von der Kenntnis der Populationsdynamik eines Pflanzenschädling verspricht man sich a) Hinweise auf die Ursachen, die zum Schädlichwerden einer Tierart führen und b) das Auffinden von Gesetzmäßigkeiten, die es erlauben, Prognosen zu stellen. Die Phasen, die das Studium der Populationsdynamik während der letzten 100 Jahre durchlaufen hat und die Beiträge, die aus der Biologischen Bundesanstalt (BBA) dazu geleistet worden sind, werden dargestellt. Um die Jahrhundertwende war dieses Studium der Populationsdynamik überwiegend beschreibend. Eine exakte Kausalanalyse wurde meist noch nicht vorgenommen. Ab den 20er Jahren wurde versucht, die Wirkung einzelner wichtiger Faktoren zu quantifizieren. Besonderes Augenmerk wurde dabei den natürlichen Feinden gewidmet. Etwa zur gleichen Zeit wurde eine Reihe von mathematischen Populationsmodellen entwickelt. Ab den 30er Jahren ging man dazu über, einzelne starke Übervermehrungen (Gradationen) und ihre Zusammenbrüche genauer zu analysieren. Ein wichtiges Hilfsmittel waren sogenannte Lebensstafeln. Unter den Pflanzenschädlingen waren es insbesondere Forstinsekten, deren Populationsdynamik genauer erklärt werden konnte. Ab den 60er Jahren ist es das Ziel der populationsdynamischen Forschung, Ursachenanalyse und Analyse der Populationsabläufe zusammenzufassen und auf deduktivem Wege erklärende Populationsmodelle zu erarbeiten. Neben der reinen Prognose ermöglichen es diese Modelle, Auswirkungen von Kulturmaßnahmen oder der Klimaänderung auf eine Schädlingspopulation mit Hilfe von Simulation langfristig im voraus abzuschätzen. Diese Entwicklung der populationsdynamischen Forschung spiegelt sich auch in den einschlägigen Arbeiten der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) wider: Zahlreiche Beispiele werden angeführt, insbesondere wird auf die Untersuchungen von FRANK und anderen an der Feldmaus eingegangen.

Abstract

The knowledge of the population dynamics of a plant pest promises a) to give information about the causes by which an animal species becomes harmful, b) to identify the regularities which allow to make predictions. The phases the studies of the population dynamics passed through during the last 100 years and the contributions to this subject by the Federal Biological Research Centre (BBA) are described. About the turn of the century the study of population dynamics mainly was describing. An exact causal analysis mostly did not yet exist. From the twenties it was tried to quantify the effect of particular important factors. Special attention was concentrated here on natural enemies. About the same time a series of mathematical population models was developed. From the thirties it was proceeded to a more precise analysis of several strong overpropagations (gradations) and their breakdown. An important aid were so-called life-charts. Among plant pests, population dynamics of forest insects could be explained more exactly, in particular. From the sixties research on population dynamics is aiming at concentration of causal and population flow analysis and generation of explanatory population models by deductive methods. In addition to sheer forecast these models enable

long-term in advance valuation of effects of cultivation measures or climatic changes on a pest population by simulation. This trend in population dynamics research also is reflected in the relevant work of the BBA numerous examples are mentioned, the studies of FRANK and others in field-vole are dealt with, especially.

Das Studium der Populationsdynamik von Tieren hat während der letzten 100 Jahre im Verlauf ihrer Entwicklung eine Reihe von Phasen durchlaufen. Um die Jahrhundertwende war sie überwiegend beschreibend; während eines starken Auftretens wurden wohl auch Zählungen durchgeführt. Die Ursachenforschung beschränkte sich darauf, eine Massenvermehrung mit anderen auffälligen Erscheinungen wie besonderer Witterung oder den Zusammenbruch etwa mit dem Auftreten von natürlichen Feinden oder Krankheiten in Verbindung zu bringen. Eine exakte Kausalanalyse wurde aber meistens nicht vorgenommen. Ab den 20er Jahren verbesserte sich die Situation in dieser Hinsicht. Die Wirkung einzelner als besonders wichtig angesehener Faktoren wurde versucht zu quantifizieren. Besonderes Augenmerk wurde dabei natürlichen Feinden gewidmet. Ferner wurden vermutete Zusammenhänge durch Labor- oder Freilandversuche untermauert. Was Hypothese gewesen war, erhielt durch solche Versuche und durch die verbesserten Freilandbeobachtungen eine Stütze und gewann zumindest biologische Plausibilität.

Etwa zur gleichen Zeit versuchten Mathematiker, mit Hilfe deduktiver Überlegungen das Phänomen Populationsdynamik zu erfassen und zu erklären. Diese Bemühungen, die bereits im 19. Jhd. mit den Schriften des Sozialökonom MALTUS begonnen hatten, führten zu einer Reihe von mathematischen Populationsmodellen. Eines der bekanntesten und bis in unsere Zeit am häufigsten zitierten war das Modell von LOTKA & VOLTERRA, das die Interaktionen einer Räuberpopulation mit ihrer Beutetierpopulation zum Thema hatte. Freilich basierten diese Modelle auf Prämissen, die so weit von der Wirklichkeit entfernt waren, daß sie praktische Bedeutung nicht erlangen konnten.

Ab den 30er Jahren ging man dazu über, einzelne starke Übervermehrungen (Gradationen) und ihre Zusammenbrüche genauer zu analysieren. Ein wichtiges Hilfsmittel waren dabei sog. "Lebenstafeln", in denen Sterblichkeit und gegebenenfalls Nachkommenproduktion für einzelne Altersstufen einer Population gesondert erfaßt wurden. Aus der Zusammenschau ergab sich die Möglichkeit, einzelne Populationsdichteänderungen - Zunahmen und Abnahmen - auf ihre Ursachen zurückzuführen. Unter den Pflanzenschädlingen waren es insbesondere Forstinsekten, deren Populationsdynamik auf diese Weise genauer erklärt werden konnte (näheres hierzu ist u. a. bei SCHWERDTFEGER (1968) zu finden).

Etwa seit dieser Zeit standen außerdem als Ergebnis von Langzeitversuchen oder amtlich vorgeschriebenen Erhebungen langfristige Datenreihen zur Populationsdynamik einzelner Pflanzenschädlinge zur Verfügung. Sie ermöglichten eine statistische Bearbeitung: Gesetzmäßigkeiten, insbesondere Beziehungen zu Witterungsfaktoren, konnten erkannt werden. Auch in dieser Hinsicht konnte die Forstentomologie eine Vorreiterrolle spielen. Die im Rahmen derartiger Auswertungen entwickelten Populations-Modelle konnten vor allem in den Dienst der Prognose gestellt werden. Es handelte sich allerdings in der Regel um sogenannte "Blackbox-Modelle"; d.h. der Komplex der Faktoren, der zu den beobachteten Gesetzmäßigkeiten führte, blieb im einzelnen unbekannt oder nur teilweise bekannt. Der Nachteil dieser rein empirischen, nicht erklärenden Modelle war, daß sie nur für die Situation bzw. die Region, für die sie erstellt worden waren, Gültigkeit besaßen und nicht ohne weiteres auf andere

Regionen übertragen werden konnten. Deshalb wurde namentlich nach dem zweiten Weltkrieg die Ursachenforschung wesentlich verstärkt.

Ab den 60er Jahren trat die populationsdynamische Forschung in ihre vorläufig letzte Phase ein. Ihr Ziel war jetzt, Ursachenanalyse und Analyse der Populationsabläufe zusammenzufassen und - oftmals ausgehend von den Ergebnissen von Laboruntersuchungen - auf deduktivem Wege erklärende Populations-Modelle zu erarbeiten. Derartige Modelle versprechen eine vielseitige Verwendbarkeit: Neben der reinen Prognose ermöglichen sie es, etwa die Auswirkungen von Kulturmaßnahmen oder der Klimaänderung auf eine Schädlingspopulation mit Hilfe von Simulation langfristig im voraus abzuschätzen. Vor allem in den englischsprachigen Ländern, aber auch in der Schweiz und den Niederlanden, wurden derartige Untersuchungen mit großer Energie vorangetrieben. Objekte waren neben Forstinsekten Schädlinge tropischer Kulturen, vor allem Baumwolle, sowie Obstschädlinge und Gewächshauschädlinge. Diese Entwicklung wurde durch die schnellen Fortschritte der elektronischen Datenverarbeitung möglich gemacht. Der Computer ist heute ein unverzichtbares Instrument populationsdynamischer Forschung. Allerdings ist die Erarbeitung der Basisdaten und die Auswahl der einflußreichsten Faktoren, die in das Modell eingehen sollen, extrem schwierig und arbeitsaufwendig. So nimmt es nicht Wunder, wenn die ersten auf diese Weise erstellten Modelle weniger genau waren als die einfachen, empirischen Prognosemodelle. Durch stetes Überprüfen und Überarbeiten der Modelle konnte man sich indessen schrittweise dem angestrebten Ziel nähern. Grundsätzliches zur Vorgehensweise findet sich bei GUTIERREZ et al. (1979).

Die hier aufgezeigte Entwicklung der populationsdynamischen Forschung spiegelt sich auch in den einschlägigen Arbeiten der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) wider. Am Anfang stehen Berichte anlässlich des Massenauftretens bestimmter Schädlinge. Eigene Beobachtungen und Mitteilungen von Land- und Forstwirten sowie Angehörigen des Pflanzenschutzdienstes vervollständigen das Bild der Biologie der betreffenden Arten - z.B. im Hinblick auf ihre Erscheinungszeit - und geben Anhaltspunkte für bessere Bekämpfungsmethoden. Bei dieser Gelegenheit wird auch über frühere Massenauftritte berichtet. Objekte derartiger Publikationen waren Rapsinsekten (BÖRNER 1921), der Frostspanner *Operophera brumata* (THIEM 1922), die Nonne *Lymantrea monacha* (KNOCHE 1929), die Forleule *Panolis flammaea* (SACHTLEBEN 1929), die Schmierlaus *Phenacoccus hystrix* (ZILLIG & NIEMEYER 1930). In einigen Fällen wurde versucht, die Übervermehrung mit besonderer Witterung in Verbindung zu bringen (z.B. THIEM 1922, KNOCHE 1929). Die Ursache für die Massenvermehrung von *Phenacoccus hystrix* 1926-1928 wird in warmtrockener Witterung im Herbst 1926 gesehen (ZILLIG & NIEMEYER 1930).

Die erste Arbeit, in der aufgrund eigener Untersuchungen den Ursachen des Massenwechsels auf den Grund gegangen wurde, ist die von BLUNCK, BREMER & KAUFMANN (1929-30) über die Rübenfliege *Pegomyia hyoscyami* Pz.. Der Schädling hatte ab 1916 auf Rügen, später in Vorpommern und ab 1924 in Schlesien eine Massenvermehrung durchlaufen. Seine Biologie und Ökologie wurde von Mitarbeitern der BBA erstmalig von einer Feldstation aus untersucht, die sich im Gradationsgebiet selbst befand. Dies erlaubte es, den Gang der Ereignisse unmittelbar vor Ort zu verfolgen und auch relevante Witterungsfaktoren zu erfassen. Auf diese Weise konnte ein indirekter Einfluß der Witterung auf die Populationsdynamik aufgezeigt werden: Die Temperatur wirkt sich auf die Entwicklungsgeschwindigkeit der Rübenfliege und ihre beiden wichtigsten Gegenspieler, der Ichneumonide *Phygaedeuon pegomyiae* und der Braconide *Opius flavicollis* unterschiedlich aus, so daß in kühlen Frühjahren und Sommern die Koinzidenz zwischen Parasitoiden und Wirten gestört wird, was eine Gradation des

Schädlinge auslösen kann. Die Temperatur-Entwicklungs-Relation der drei genannten Arten war in Laboratoriumsuntersuchungen ermittelt worden. Für die dritte Rübenfliegen- generation des Jahres 1925 wurde erstmalig der Versuch einer quantitativen Bilanzierung im Sinne einer Lebensstafel vorgenommen, die allerdings nur auf groben Schätzwerten basierte.

HEINZE & PROFFT (1930) untersuchten 1936 - 1938 die Populationsdynamik von Kartoffelblattläusen vergleichend in einer Abbau- lage (Versuchsfeld Berlin-Dahlen) und einer Gesund- lage (Dramburg in Ostpommern). Besonderes Augenmerk wurde den natürlichen Gegen- spielern gewidmet. Die Verfasser sprachen den *Coccinelliden* im Verein mit der Witterung die Rolle eines Schlüsselfaktors zu. Deren sehr frühes Auftreten im Jahr 1936 wird als wesentlicher Grund dafür angesehen, daß es in diesem Jahr zu keiner Massenvermehrung kam. 1937 blieb ihre Zahl dagegen bis Ende Juli gering, während gleichzeitig überdurchschnittlich hohe Temperaturen im Frühsommer ein zeitiges Auflaufen der Kartoffeln und eine frühe Vermehrung der Blattläuse gestattete. So nahm in diesem Jahr die Gradation die Ausmaße eines Massenbefalls an und ging später zu Ende als in den anderen Jahren. Die geschilderten Vorgänge liefen an beiden Beobachtungsstandorten parallel zueinander ab, in Pommern nur auf einem niedrigeren Niveau. Der Höhepunkt des Befalls wurde auf früh und auf spät auflau- fenden Kartoffeln gleichzeitig erreicht, ein Zeichen dafür, daß die mit dem Altern der Kartoffeln verbundenen physiologische Änderungen nicht die Ursache des Zusammenbruchs gewe- sen waren.

In die Reihe der Versuche, komplexe biologische Vorgänge wie die Populationsdynamik mit Hilfe umfassender deduktiver mathematischer Modelle zu erklären, sind die Arbeiten von JANISCH (1927, 1930) einzuordnen, in denen er den Entwicklungsgang der Insekten in Ab- hängigkeit von den äußeren Bedingungen, namentlich der Temperatur, beschreibt. Der Ver- fasser faßt darin die Entwicklung als einen mit zunehmendem Alter sich stetig verlangsamen- den Prozeß auf, der mit dem natürlichen Alterstod des Individuums endlich zum Stillstand kommt. Da nach dieser Vorstellung die Verlangsamung der Entwicklungsgeschwindigkeit proportional zur Zeit ist, läßt sich die auf dem Weg zum Tod zurückgelegte "Strecke" in Analogie zu den Fallgesetzen beschreiben. Anfangsgeschwindigkeit und Verzögerungsfaktor werden von der Temperatur bestimmt. Das Modell ist seinen Prämissen nach rein deduktiv; jedoch konnte JANISCH in einigen Fällen, z.B. bei *Spodoptera (Prodenia) littoralis*, die Pa- rameter so den Experimentalergebnissen anpassen, daß die Temperatur-Entwicklungs- Relation durch sein Modell besser beschrieben wurde als durch die einfache Temperatursum- menregel. JANISCH (1931) mußte sich allerdings gegen heftige Kritik zur Wehr setzen, der er wegen der mangelnden biologischen Signifikanz seiner Prämissen ausgesetzt war. Auch praktische Bedeutung hat sein Modell nicht erlangt, da die Parameter für die beiden Variablen seiner Gleichung nur mit übermäßig großem experimentellem Aufwand zu erarbeiten sind. Eine wesentliche Anregung erhielt die Massenwechselforschung durch den Hinweis von JA- NISCH (1938), daß nicht nur äußere Faktoren wie Witterung oder natürliche Feinde über das Schicksal einer Insektenpopulation entscheiden, sondern auch ihre Konstitution (ihr "physio- logischer Zustand"), die sie gegenüber Stress mehr oder weniger anfällig macht. Er konnte dies am Beispiel zweier Forstinsekten, der Nonne *Limantrea monacha* und dem Kiefernspan- ner *Bupalus piniarius* verdeutlichen.

Lebensstafeluntersuchungen im engeren Sinne sind in der BBA nicht durchgeführt worden, doch nahm die Faktorenanalyse einen zunehmend breiteren Raum in ihrer populationsdyna- mischen Forschung ein. Die Faktoren, die in den verschiedenen Entwicklungsstadien das Überleben der Roten Kiefernbuschhornblattwespe *Neodiprion sertifer* (Geoffr.) bestimmen,

waren der Gegenstand einer Untersuchung von NIKLAS & FRANZ (1957). Der zeitliche Ablauf des Auftretens von Kohlinsekten in der Kölner Bucht sowie die Auswirkungen auf früh und spät gepflanzten Kohl wurden von HOMMES (1983) untersucht.

Das eindrucksvollste Beispiel dafür, daß eingehende Erforschung der Biologie und Ethologie einer Tierart die Erklärung für ein auffallendes Massenwechsel-Phänomen können, haben die Untersuchungen an der Feldmaus *Microtus arvalis* erbracht. Bereits RÖRIG (1916) hatte aufgrund der bis dahin vorliegenden Erfahrungen darauf hingewiesen, daß die periodisch auftretenden Feldmausplagen mit Sicherheit nicht durch Massenzuwanderungen von außen her erklärt werden können, und daß andererseits räuberische Feinde kaum in der Lage sind, eine einmal ausgebrochene Gradation wieder zu beenden. Er führte auch erstmals exakte Zuchtversuche durch, in denen die wesentlichen Komponenten des Vermehrungspotentials: Zahl der Würfe, Zahl der Jungen je Wurf, Geschlechterverhältnis, Nahrungsbedarf und Wachstumsrate der Jungen ermittelt wurden. Aber erst die eingehenden Gehegeversuche zum Studium des Verhaltens der Feldmäuse von FRANK (1953 a u. c, 1954 a,b,) konnten Licht in die Kausalität der auffallenden zyklischen Massenvermehrungen bringen. Danach wird die Populationsdynamik weitgehend vom Revierverhalten einerseits und dem Sozialverhalten andererseits gesteuert. Jedes Weibchen verteidigt ein eigenes Revier gegen jede fremde Feldmaus, die entweder daraus vertrieben oder sogar getötet wird. Die Angehörigen einer Familie verhalten sich dagegen untereinander friedfertig. Sind die Jungtiere nach dem Heranwachsen nicht in der Lage, ein eigenes Revier zu erobern - etwa bei Übervölkerung - dann bleiben sie im Heimatrevier und bilden einen Sippenverband, der gemeinsam das Revier verteidigt und die Jungen aufzieht. Dies ermöglicht eine Dichtezunahme weit über die Grenze hinaus, die das normale Revierverhalten setzen würde. Schließlich wird aber der Streß durch die ständigen Auseinandersetzungen mit den Artgenossen so groß, daß es zu einem physiologischen Zusammenbruch kommt: Die verstärkte Ausschüttung von Adrenalin und der Abbau der Glykogenreserven führt zu Hypoglykämie, Veränderungen an Leber und Nebenniere sowie krankhaften Verhaltensänderungen. Die Folge kann bei plötzlicher Belastung ein schockbedingter Tod sein ("shock disease"); in jedem Fall werden durch Störungen des Menstruationszyklus und Laktation die Geburtenrate und der Aufzuchterfolg drastisch reduziert, so daß beim Sterben der Alttiere die Population bis auf geringe Reste zugrunde geht. Ungünstige Witterung kann die Situation noch weiter verschärfen (s.u.). Die wenigen Überlebenden sind dann vom Konkurrenzdruck befreit; ab der nächsten Generation kann die Population in den Plagegebieten wieder zunehmen. - Diese Stress-Theorie ist von angelsächsischen Autoren u.a. von CHITTY (1960 und 1964) angezweifelt worden, die darauf hinwiesen, daß Zyklen auch bei Nagerarten vorkommen, die nicht so extreme Populationsdichten aufweisen. Im Fall der Feldmaus ist sie jedoch nie widerlegt worden. Sie hat die Strategie der Feldmausbekämpfung drastisch verändert. Bekämpfungen auf dem Höhepunkt der Gradation wurden als sinnlos, im ungünstigsten Falle sogar als schädlich, weil konkurrenzvermindernd und dadurch gradationsverlängernd, erkannt. Darüber hinaus konnte FRANK (1953 b) aufzeigen, wie durch Kulturmaßnahmen - Moorkultivierung und dadurch bedingte Grundwasserabsenkung - die Lebensbedingungen für die Feldmaus verbessert und dadurch neue Schadgebiete geschaffen wurden. Bei dem Versuch, feldmausgefährdete Standorte zu charakterisieren und somit eine Basis für eine ökologische Begrenzung des Schädling zu schaffen (FRANK 1956), mußte es freilich bei einem rein empirisch-induktiven Vergleich Schadgebiet - Nichtschadgebiet bleiben; für eine echte Kausalanalyse reichte das vorliegende Datenmaterial nicht aus.

Die BBA besitzt in Form ihrer Literatursammlung und vor allem in den alljährlich eingehenden Schadensmeldungen ein riesiges Datenmaterial über das Auftreten der verschiedensten

Schaderreger, die durch sie verursachten Schäden und die gegen sie ergriffenen Bekämpfungsmaßnahmen. Es war das Anliegen mehrerer ihrer Mitarbeiter, dieses umfangreiche Material für die Massenwechselforschung im eingangs genannten Sinne nutzbar zu machen. Bereits BREMER (1931) konnte aufgrund von Literaturangaben die geographische Verteilung von Brachfliegenschäden aufzeigen und damit eine damals vertretene Hypothese widerlegen, daß die Brachfliege *Leptohylemya coarctata* nur dort schädlich wird, wo während mehr als 5 1/2 Monaten die Tagesmitteltemperaturen 10°C überschreiten. MAERCKES (1949, 1954) verwendete die seit 1872 vorliegenden Berichte über die Massenvermehrungen der Feldmaus in der Wesermarsch, um den Einfluß der Witterung auf die Populationsdynamik herauszuarbeiten. Er ging dabei von den als gegeben angesehenen 3-jährigen Zyklen aus und setzte nur die Abweichungen von der Norm - besonders starke Kalamitäten, 2 Jahre anhaltende Kalamitäten, besonders schwache Gradationen, besonders lange Zwischenräume zwischen den Gradationen - mit der in den betreffenden Zeiten herrschenden Witterung in Beziehung. Als günstig für die Feldmaus wurden erkannt: Wärme und Trockenheit im März (Schutz der Jungen vor Nässe), warmer und trockener Herbst (Verlängerung der Fortpflanzungsperiode), als nachteilig dagegen viele Niederschläge im Winter, häufiger Wechsel zwischen schneereichen Kälte- und milden Regenperioden, besonders aber Regen auf hartgefrorenen Boden. - Auf gleiche Weise zeigte MAERCKES (1953), daß strenger und anhaltender Frost im Winter, Wechsel zwischen strengen Frost- und milden Regenperioden sowie spätsommerliche Trockenheit bei überhohen Temperaturen das Schadauftreten von *Tipula paludosa* hemmen. Später wertete KLEMM (1960, 1964) 32.000 Einzelmeldungen zum Auftreten der Großen Wühlmaus und 185.000 Einzelmeldungen zum Auftreten der Feldmaus aus den Jahren 1928 - 1941 aus - unter den damaligen Bedingungen ohne Mithilfe eines Computers eine ungeheure Arbeit. Besonderes Augenmerk wurde auf statistische Zusammenhänge mit der Witterung gerichtet. Bei der Großen Wühlmaus zeigte sich ein solcher Zusammenhang mit der Februarwitterung: im größten der vom Verfasser ausgeschiedenen drei Schadgebiete folgte nach trockenem Februar ein starkes Auftreten im Herbst und nach feuchtem ein schwaches. Entsprechend sieht KLEMM für die Feldmaus den April als kritischen Monat. In beiden Fällen hat die Annahme eines solchen Zusammenhangs zwar die biologische Plausibilität für sich, nur war angesichts der relativ kurzen berücksichtigten Zeitspanne eine statistische Sicherung nicht gegeben. - OHNESORGE (1966) rekonstruierte anhand von Literaturangaben zu Befalls- und Bekämpfungsflächen sowie von chiffrierten Schadensmeldungen die Populationsdynamik des Kartoffelkäfers nach seinem Eindringen in Deutschland im Zeitraum von 1949 - 1964. Danach gab es zwei Höhepunkte des Auftretens: 1949 - 1953 und 1959 - 1960. Der Ablauf war im Bundesgebiet halbwegs synchron, jedoch war er in Bayern, Hessen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein gegenüber den süd-westlichen Bundesländern etwas verzögert. Eine entsprechende Verzögerung war auch in den Hochlagen gegenüber den Tieflagen zu verzeichnen. Ein eindeutiger Hinweis auf die Antriebskräfte war den Daten nicht zu entnehmen.

Die Untersuchungen, auf denen die drei letztgenannten Publikationen basierten, offenbarten die Schwächen eines solchen auf subjektiver Einschätzung der Schadenshöhe basierenden Datenmaterials:

- a) Obwohl die Stärke des Auftretens in den Einzelmeldungen nach einem einheitlichen Zahlenschlüssel quantifiziert war, war das subjektive Element keineswegs ausgeschaltet; der Einfluß der einzelnen Berichtersteller wurde nur allzu deutlich.
- b) Die Angaben bezogen sich notwendigerweise auf politische Flächeneinheiten, die sich aber keinesweges mit den Naturräumen decken, für die ein einheitlicher Ablauf der Populationsdynamik angenommen werden kann.

- c) Die Auswerter hatten keine Möglichkeit, die Zuverlässigkeit der Meldungen vor Ort nachzuprüfen.

Hingegen waren eigene Langzeitversuche die Basis der Arbeit von STEUDEL, et al. (1981), in der die Populationsdynamik des Rübenzystenälchens (*Heterodera schachtii*) in der Köln-Aachener Bucht für den Zeitraum 1963 - 1978 untersucht wurde. Ziel war, den Einfluß der Rotation und des regelmäßigen Einsatzes des Nematizids Aldicarb zu ermitteln. Die Erhebungen wurden aus praktischen Gründen auf einem und demselben Feld nur jeweils von einem Rübenanbau zum nächsten durchgeführt und in der Zwischenzeit auf neuen Feldern begonnen; die grafische Darstellung der Ergebnisse hatte daher die Form einer Kurvenschar. Es zeigte sich, daß Kohl die Vermehrung des Nematoden noch stärker förderte als die Rübe selbst und daher als Zwischenkultur völlig ungeeignet ist. Bei 2-jähriger Rotation nahm die Nematodendichte ständig zu und bei 5-jähriger ständig ab; bei 3- und 4-jähriger Rotation schwankte sie innerhalb eines gleichbleibenden Niveaus. Hier änderte sich die Dynamik im Ablauf der Beobachtungsperiode in auffallender Weise: Zu Beginn nahm die Nematodendichte unter den Nichtwirtspflanzen nur langsam ab und beim nachfolgenden Rübenanbau sehr stark zu. Ab 1970 kehrten sich die Verhältnisse um: Unter den Zwischenkulturen ging sie stark zurück und nahm unter den Rüben nur mäßig zu. Dies vollzog sich sowohl auf Schlägen mit einem hohen Populationsniveau als auch auf Schlägen mit einem niedrigen, war also unabhängig von der jeweiligen Nematodendichte. Die Auswirkungen dieses Vorgangs ließen sich an der Populationsdynamik in dem einzigen Betrieb, der von 1963-1978 eine ununterbrochene 3-jährige Rübenrotation durchführte, erkennen: 1963-66 nahm die Nematodenpopulation dramatisch zu, blieb von 1966-69 auf gleicher Höhe, nahm von 1970-72 dramatisch ab und blieb bis 1977 auf niedrigem Niveau, um 1978 wieder leicht zuzunehmen. In den 70er Jahren war über natürliche Gegenspieler des Rübenzystenälchens noch wenig bekannt; im nachhinein drängt sich der Verdacht auf, daß sich im Beobachtungsgebiet ein erhöhtes Gegenspielerpotential aufgebaut hat. In sehr umfangreichen Regressionsanalysen wurde versucht, den Einfluß der Witterung herauszukristallisieren. Eine Korrelation ($r = \text{maximal } 0,6$) bestand zwischen der Vermehrungsrate (P_f/P_i -Wert) unter Zuckerrüben und der Temperatur in den Monaten April - Juni, die Bedeutung für die Generationenzahl des Nematoden hat. Der Aldicarb-Einsatz verringerte den P_f/P_i -Wert wesentlich und führte manchmal sogar zu einem Rückgang unter Zuckerrüben; dies wurde aber durch einen langsameren Dichterückgang unter den Nichtwirtspflanzen z.T. wieder kompensiert. Es spielte sich ein Gleichgewicht auf niedrigerem Dichte-Niveau ein.

In den letzten Jahren haben die Zunahme der Aufgaben der BBA bei gleichzeitiger Haushaltseinschränkung sowie das Aufkommen neuer zukunftssträchtiger Forschungsgebiete dazu geführt, daß die arbeitsaufwendige und meist auf Langfristigkeit angelegte Massenwechselforschung in den Hintergrund getreten ist. Das besagt aber nicht, daß sie an Bedeutung verloren hätte. Es gibt genügend Felder, z.B. in der Vektorenforschung, auf denen sie einen entscheidenden Beitrag zur Entwicklung eines Konzepts für den Integrierten Pflanzenschutz leisten könnte.

Literatur

- BLUNCK, H.; BREMER, H. & KAUFMANN, O. (1929): Untersuchungen zur Lebensgeschichte und Bekämpfung der Rübenfliege (*Pegomyia hyoscyami* Pz.).
1. Mitt.: Vorbemerkung. Arb. biol. Reichsanst. f. Land- und Forstw. **16**, 423-431

2. Mitt. : Geschichte des Rübenfliegenbefalls im nördlichen Vorpommern und auf Rügen im Jahr 1924. Arb. biol. Reichsanst.f. Land- und Forstw. **16**, 432 – 447
3. Mitt. : Geschichte des Rübenfliegenbefalls im nördlichen Vorpommern und auf Rügen im Jahr 1925. Arb. biol. Reichsanst.f. Land- und Forstw. **16**, 448-468
4. Mitt.: Geschichte des Rübenfliegenbefalls in Schlesien im Jahre 1925. Arb. biol. Reichsanst.f. Land- und Forstw. **16**, 469-486
5. Mitt.: Geschichte des Rübenfliegenbefalls in Schlesien im Jahre 1926. Arb. biol. Reichsanst.f. Land- und Forstw. **16**, 487 - 506
6. Mitt. : Geschichte des Rübenfliegenbefalls im nördlichen Vorpommern und auf Rügen im Jahr 1926. Arb. biol. Reichsanst.f. Land- und Forstw. **16**, 507 - 519
7. Mitt. : Die natürlichen Feinde der Rübenfliege. Arb. biol. Reichsanst.f. Land- und Forstw. **16**, 520 - 555
8. Mitt. : Geschichte des Rübenfliegenbefalls in Schlesien im Jahre 1927. Arb. biol. Reichsanst.f. Land- und Forstw. **16**, 556 - 573
10. Mitt. Kaufmann, O. : Geschichte des Rübenfliegenbefalls in Schlesien im Jahre 1928. Arb. biol. Reichsanst.f. Land- und Forstw. **17**, 195 - 224

BÖRNER, C. (1921): Beiträge zur Kenntnis vom Massenwechsel (Gradation) schädlicher Insekten. Arb. biol. Reichsanst.f. Land- und Forstw. **10**, 1921, 405 - 466

BREMER, H. (1930): Beitrag zur Epidemiologie der Rübenfliegenkalamität. Arb. biol. Reichsanst.f. Land- und Forstw. **17**, 103 - 193

BREMER, H. (1931): Beitrag zur Epidemiologie der Brachfliegenschäden (*Hylemyia coarctata* Fall.). Z. angew. Entomol. **18**, 354 - 360

FRANK, F. (1953 a): Neue Erkenntnisse über den Zusammenbruch von Mäuseplagen und ihre Folgerungen für die bakterielle Bekämpfungsmethode. Nachrichtl.d.dtsch. Pflanzenschutzd. **5**, 165 - 166

FRANK, F. (1953 b): Die Entstehung neuer Feldmausegebiete durch Moorkultivierung und Melioration. Wasser und Boden **5**

FRANK, F. (1953 c): Untersuchungen über den Zusammenbruch von Feldmausplagen (*Microtus arvalis* Pallas). Zool. Jahrb., Abt. System. **82**, 95 - 136

FRANK, F. (1954 a): Beiträge zur Biologie der Feldmaus. I. Gehegeversuche. Zool. Jahrb. **82**, 354 - 404

FRANK, F. (1954 b): Die Kausalität der Nagetier-Zyklen im Lichte neuer populationsdynamischer Untersuchungen an deutschen Microtinen. Z. Morph. Ökol.Tiere **43** , 321 - 356

FRANK, F. (1956): Grundlagen, Möglichkeiten und Methoden der Sanierung von Feldmausplagegebieten. Nachrbl.d.dtsch. Pflanzenschutzd. **8**, 147 - 158

HEINZE, K. ; PROFFT, J. (1940): Über die an der Kartoffel lebenden Blattlausarten und ihren Massenwechsel im Zusammenhang mit dem Auftreten von Kartoffelvirosen. Mitt. Biol. Reichsanst.f. Land- und Forstw. **60**, 164 S.

HOMMES, M. (1983): Untersuchungen zur Populationsdynamik und integrierten Bekämpfung von Kohlschädlingen. Mitt. Biol. Bundesanst.f. Land- und Forstw. **213**, 210 S.

JANISCH, E. (1927): Das Exponentialgesetz als Grundlage einer vergleichenden Biologie. Berlin: Julius Springer 1927

JANISCH, E. (1930): Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung von Umweltfaktoren auf Insekten. I. Die Massenvermehrung der Baumwollcule *Prodenia littoralis* in Ägypten. Z. Morph.Ökol.Tiere **17**, 339 - 416

JANISCH, E. (1931): Über die Grundbegriffe bei der Kausal-Analyse der Insektenvermehrung. Anz.f.Schädlingk. **7**, 61 - 67

JANISCH, E. (1938): Untersuchungen über den Massenwechsel von Schadinsekten. Z. Pflanzenkrankh. **48**, 435 - 448

KLEMM, M. (1960): Beitrag zur Prognose des Auftretens der Großen Wühlmaus (*Arvicola terrestris* L.) in Deutschland. Z. ang. Zool. **47**, 129 - 158

KLEMM, M. (1964): Beitrag zur Kenntnis des Auftretens der Feldmaus (*Microtus arvalis* Pall.) in Deutschland in den Jahren 1928 - 1941, Z. ang. Zool. **51**, 419 - 499

KNOCHE, E. (1929): Schädling, Klima und Bekämpfung. Beobachtungen während der Nonnenmassenvermehrung in Sachsen, insbesondere im Zittauer Stadtwald, sowie ältere und neuere Versuche. Arb. biol. Reichsanst.f. Land- und Forstw. **16**, 705 - 775

MAERCKES, H. (1949): Die Feldmauskalamität im Raum zwischen Weser und Ems. Nachrbl.d.dtsch.Pflanzenschutzd. **1**, 151 - 155

MAERCKES, H. (1953): Über den Massenwechsel von *Tipula paludosa* Meig, in den Jahren 1918 - 1953 und seine Abhängigkeit von der Witterung. Nachrbl.d.dtsch. Pflanzenschutzd. **5**, 177 - 181

MAERCKES, H. (1954): Über den Einfluß der Witterung auf den Massenwechsel der Feldmaus (*Microtus arvalis* Pallas) in der Wesermarsch. Nachrbl.d.dtsch. Pflanzenschutzd. **6**, 101 - 108

NIKLAS, O.F. ; FRANZ, J. (1957): Begrenzungsfaktoren einer Gradation der Roten Kiefernbuschhornblattwespe (*Neodiprion sertifer* (Geoffr.)) in Südwestdeutschland. Mitt. Biol. Bundesanst.f. Land- und Forstw. **89**, 39 S.

OHNESORGE, B. (1966): Das Auftreten des Kartoffelkäfers in der Bundesrepublik im Zeitraum 1949 - 1964. Nachrbl.d.dtsch. Pflanzenschutzd. **18**, 41 - 43

RÖRIG, G. (1916): Beiträge zur Biologie der Feldmäuse. Arb.a.d.Kaiserl.Biol. Anstalt f. Land- u. Forstw. **9**, 333 - 420

SCHWERDTFEGGER, E.: Ökologie der Tiere. Demökologie

SACHTLEBEN, H. (1929): Die Forleule, *Panolis flammea* Schiff. Monographien zum Pflanzenschutz. Her. v. H. Morstatt. **3**, 160 S.

STEUDEL, W.; THIELEMANN, R.; HAUFE, W. (1981): Untersuchungen zur Populationsdynamik des Rübenzystenälchens (*Heterodera schachtii* Schmidt) in der Köln-Aachener Bucht. Mitt. Biol. Bundesanst.f. Land- und Forstw. **199**, 66 S.

THIEM, H. (1922): Die Frostspannerplage im Niederungsgebiet der Weichsel bei Marienwerder Wstpr. und Beiträge zur Biologie des kleinen Frostspanners. Studien über den Verlauf einer Schädlingsbekämpfung. Arb. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. **11**, 1 - 94

ZILLIG, H. ; NIEMEYER, L. (1930): Massenaufreten der Schmierlaus, *Phenacoccus hystrix* (Bär.) Ldgr., im Weinbaugebiet der Mosel, Saar und Ruwer. Arb. biol. Reichsanst. f. Land- und Forstw. **17**, 67 - 102.

Die "Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin - Dahlem" erscheinen in zwangloser Folge. Zuletzt erschienen:

100 Jahre Pflanzenschutzforschung

- Heft 334, 1998: Anfänge der modernen Phytomedizin. Die Gründungsgeschichte der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (1898-1919). - zugleich ein Beitrag zur Disziplinengese der Phytomedizin. Von Dr. Ulrich Sucker. 466 S., DM 75,--
- Heft 335, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Krankheiten und Schädlinge der Kartoffel. Zusammen- gestellt von Dr. Bärbel Schöber-Butin. 137 S., 19 Abb., 7 Tab., DM 30,--
- Heft 336, 1998: Vom Gartenmädchen Balloniak bis zur Abteilungsleiterin Dr. Erika von Winning. Frauen in den Anfängen der Forschungsanstalt. Von Christa Koronowski. 151 S., 66 Abb., DM 40,80
- Heft 337, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Krankheiten und Schädlinge an Getreide. Zusammen- gestellt von Dr. Bärbel Schöber-Butin. 242 S., 22 Abb., 7 Tab., DM 46,80
- Heft 338, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Geschichte der Institute und Dienststellen der Biologi- schen Bundesanstalt. Teil I. Zusammenge stellt von Prof. Dr. Wolfrudolf Laux, 139 S., 42 Abb., 6 Tab., DM 45,--
- Heft 339, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Der Beitrag der Biologischen Zentralanstalt in Klein- machnow. Zusammenge stellt von Prof. Dr. Ulrich Burth. 189 S., 35 Abb., 14 Tab., DM 47,20
- Heft 340, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Krankheiten, Schädlinge und Unkräuter in Raps. Zu- sammengestellt von Dr. Volker Garbe, 125 S. 15 Abb., 2 Tab., DM 38,60
- Heft 341, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Der Kartoffelkäfer in Deutschland. Von Dr. Gustav-Adolf Langenbruch, 120 S. 12 Abb., 2 Tab., DM 45,--
- Heft 342, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Wichtige Arbeitsschwerpunkte im Vorratsschutz. Zu- sammengestellt von Dr. Christoph Reichmuth, 342 S. 79 Abb., 19 Tab., 1 Karte, DM 91,--
- Heft 343, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Die Biologische Zentralanstalt in Kleinmachnow (1949- 1991). Von Dr. Klaus Arlt, Dr. Holger Beer, Liselotte Buhr, Prof. Dr. Ulrich Burth und Dr. Barbara Jüttersonke, 79 S. 33 Abb., 4 Tab., DM 34,--
- Heft 344, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Geschichte der Institute und Dienststellen der Biologi- schen Bundesanstalt. Teil II. Zusammenge stellt von Prof. Dr. Wolfrudolf Laux, 100 S. 12 Abb., 5 Tab., DM 36,--
- Heft 345, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Pflanzenschutz im Gartenbau. Unkrautforschung. Zu- sammengestellt von Dr. Georg F. Backhaus und Dr. Thomas Eggers. 128 S., 3 Abb., 6 Tab., DM 34,--
- Heft 346, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Pflanzenschutz und Naturhaushalt. Zusammenge stellt von Dr. Heidrun Vogt. 109 S., 13 Abb., 17 Tab., DM 30,--
- Heft 347, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln und Pflanzenschutz- geräten. Zusammenge stellt von Dipl.-Ing. Siegfried Rietz, Dr. Helmut Ehle und Dr. Peter Kaul. 191 S., 37 Abb., 30 Tab., DM 45,--
- Heft 348, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Information, Recht, Geschichte. Zusammenge stellt von Prof. Dr. Wolfrudolf Laux. 131 S., 7 Abb., 6 Tab., DM 30,--
- Heft 349, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Aktuelle Forschungsschwerpunkte im Forst- und Rebschutz. Zusammenge stellt von Prof. Dr. Alfred Wulf. 117 S., 21 Abb., 3 Tab., DM
- Heft 350, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Geschichte der Institute und Dienststellen der Bio- logischen Bundesanstalt. Teil III. Zusammenge stellt von Prof. Dr. Wolfrudolf Laux., 99 S., 20 Abb., 1 Tab., DM

Die „Bibliographie der Pflanzenschutzliteratur“ ist die gedruckte Version der Datenbank PHYTOMED. Zuletzt erschien Neue Folge Band 31, Heft 4, 1996, bearbeitet von Prof. Dr. W. Laux u. Mitarb.

Anschrift für Tauschsendungen:
Please address exchanges to:
Adressez échanges, s'il vous plaît:
Para el canje dirigirse por favor a:

Bibliothek der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Königin-Luise-Straße 19, D-14195 Berlin (Dahlem)

Postanschrift: 14191 Berlin

Unverzichtbar für den Pflanzenbau!

**Blackwell
Wissenschaft**

Entwicklungs- stadien mono- und dikotyler Pflanzen

BBCH-Monograph

Bearbeitet von Uwe Meier

Biologische Bundesanstalt
für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg.)

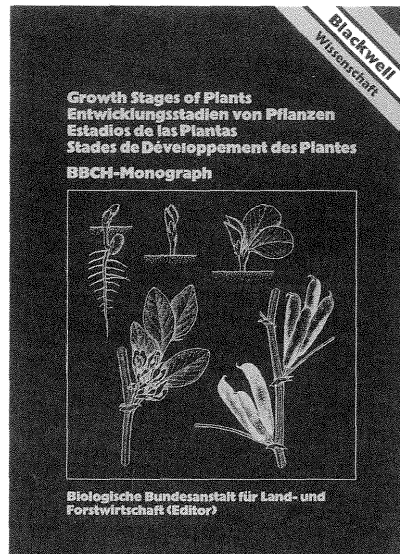
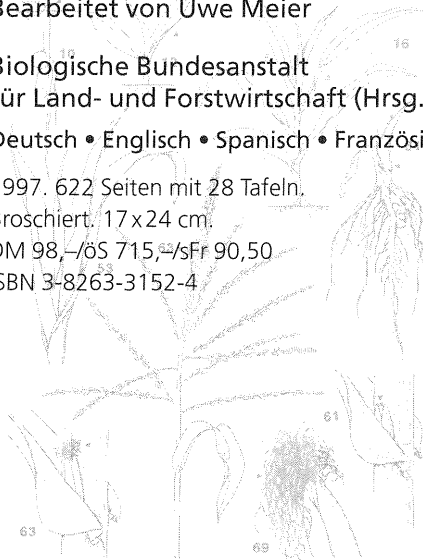
Deutsch • Englisch • Spanisch • Französisch

1997. 622 Seiten mit 28 Tafeln.

Broschiert. 17 x 24 cm.

DM 98,-/öS 715,-/sFr 90,50

ISBN 3-8263-3152-4



Die **einheitliche Beschreibung und Kodierung** der **Entwicklungsstadien von Pflanzen** ist eine Voraussetzung für die angewandte Forschung im Pflanzenbau sowie in der pflanzenbaulichen Praxis.

Neben allen wichtigen Ackerbaukulturen, einschließlich Reis, Soja, Erdnuß und Baumwolle, und den wesentlichen Obst- und Gemüsekulturen, werden auch die

Entwicklungsstadien der Unkräuter beschrieben, welche für die angewandten botanischen Wissenschaften von Bedeutung sind.

Die internationale Agrarforschung arbeitet nach dieser BBCH-Skala, welche von der European Plant Protection Organisation (EPPO) als **Richtlinie** für Ihre Mitgliedsstaaten empfohlen wird.

Zu beziehen über Ihre Buchhandlung oder beim

Preisstand: 1. Juli 1997

Blackwell Wissenschafts-Verlag Berlin · Wien

Kurfürstendamm 57 · D-10707 Berlin · Tel.: 030/32 79 06-27/28 · Fax: 030/32 79 06-44
e-mail: vertrieb@blackwis.de · Internet: <http://www.blackwis.com>