

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



**100 Jahre Pflanzenschutzforschung
Krankheiten und Schädlinge der Kartoffel**

**100 Years Research in Plant Protection
Diseases and Pests of Potatoes**

Zusammengestellt von

Dr. Bärbel Schöber-Butin

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

Heft 335

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 3-8263-3169-9

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

100 Jahre Pflanzenschutzforschung =

One hundred years research and plant protection

Krankheiten und Schädlinge der Kartoffel / zsgest. von Bärbel Schöber-Butin
– Berlin: Parey, [in Komm.], 1998.

(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forst-
wirtschaft Berlin-Dahlem; H. 335)

ISBN 3-8263-3169-9

© 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 | Seite |
|-----------------------------------|--|
| Klingauf, F. | Vorwort 5 |
| Schöber-Butin, B. | Einleitung 7 |
| Schöber-Butin, B. | <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary: Zur Geschichte der Kraut- und Braunfäule der Kartoffel 8 |
| Schöber-Butin, B. & H. Schiff | Geschichte der Phytophthora-Negativ- prognose 31 |
| Stachewicz, H. & E. Langerfeld | <i>Synchytrium endobioticum</i> (Schilb.) Perc.: Zur Geschichte des Kartoffelkrebses in Deutschland 39 |
| Stachewicz, H. | Zur Geschichte der Bekämpfung von Lagerfäulen bei Kartoffeln 63 |
| Niebold, F. | <i>Clavibacter michiganensis</i> ssp. <i>sepedo- nicus</i> : Zur Geschichte der bakteriellen Ringfäule der Kartoffel 76 |
| Schöber-Butin, B. | <i>Streptomyces scabies</i> (Thaxt.) Waksman et Henrici: Die „Grabenmethode“ zur Prüfung des Kartoffelschorfs 82 |
| Weidemann, H.-L. | Abbaukrankheiten der Kartoffel: Der Weg von den Anfängen zur modernen Kartof- felvirologie 88 |
| Thieme, T. & U. Heimbach | Blattlausforschung — Suche nach den Vektoren 115 |
| Langenbruch, G.-A. | Die Rolle der Biologischen Bundesanstalt für Land-und Forstwirtschaft sowie ihrer Vorläufer und parallelen Einrichtungen bei der Erforschung und Bekämpfung des Kartoffelkäfers in Deutschland 129 |

100 Years Research in Plant Protection

Diseases and Pests of the Potato

| Content | Page |
|-----------------------------------|---|
| Klingauf, F. | Preface 5 |
| Schöber-Butin, B. | Introduction 7 |
| Schöber-Butin, B. | <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary: History of late blight of potatoes. Summary: p. 25 8 |
| Schöber-Butin, B. & H. Schiff | History of the Phytophthora-Negativ- prognosis. Summary: p. 37 31 |
| Stachewicz, H. & E. Langerfeld | <i>Synchytrium endobioticum</i> (Schilb.) Perc.: The history of potato wart in Germany. Summary: p. 58 39 |
| Stachewicz, H. | History of controlling potato storage diseases. Summary: p. 71 63 |
| Niebold, F. | <i>Clavibacter michiganensis</i> ssp. <i>sepedo- nicus</i> : History of bacterial ring rot of the potato. Summary: p. 80 76 |
| Schöber-Butin, B. | <i>Streptomyces scabies</i> (Thaxt.) Waksman et Henrici: The „Grabenmethode“ for te- sting common scab. Summary: p. 86 82 |
| Weidemann, H.-L. | Potato decline: From the beginning to the modern potato virology. Summary: p.107 88 |
| Thieme, T. & U. Heimbach | Potato aphids – The search for virus vectors. Summary: p. 125 115 |
| Langenbruch, G.-A. | The role of the Federal Biological Research Centre for Agriculture and Fo- restry and their preceding and parallel in- stitutes in the investigation and control of the Colorado potato beetle in Germany. Summary: p. 135 129 |

Vorwort

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

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

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

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

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

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

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

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

Braunschweig, den 28. Januar 1998

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'F. Klingauf', with a horizontal line extending from the end of the signature.

Prof. Dr. F. Klingauf

Einleitung

Die Kartoffel gehört heute zu den Grundnahrungsmitteln in zahlreichen Ländern der Erde. Ursprünglich war sie nur in den Andenländern Südamerikas bekannt, wo sie in zahlreichen Arten und Varietäten lange schon vor der Einfuhr nach Europa von der einheimischen Bevölkerung genutzt und kultiviert wurde.

Mit der Übernahme der Kartoffel in andere Erdteile und Länder begann auch die Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Pflanzenzüchtung. Neue Sorten führten zu einer Steigerung der Produktion, aber auch zu einer Vielfalt hinsichtlich Qualität und ökologischer Eigenschaften der Kartoffel.

Neben den positiven Erfahrungen und Errungenschaften gibt es jedoch auch zahlreiche problematische Aspekte, mit denen der Anbau der Kartoffel in Europa konfrontiert wurde. Es ist die Bedrohung durch Schädlinge und Krankheitserreger, die zu immer neuen Strategien in der Resistenzzüchtung und der Anwendung adäquater Pflanzenschutzmaßnahmen führt. Denn ebenso veränderbar wie die Kartoffel scheinen ihre Feinde zu sein, die sich den jeweils neuen Verhältnissen immer wieder anpassen.

Daß sich die Kartoffel trotzdem immer noch behaupten kann, ist ein wesentlicher Verdienst der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft bzw. ihrer Vorgänger, die schon seit ihrer Gründung im Jahr 1898 sowohl mit der Resistenzzüchtung der Kartoffel als auch mit der Erforschung ihrer Schädlinge einschließlich deren Bekämpfung begonnen haben. Im vorliegenden Heft wird versucht, diese Zeit des historischen Pflanzenschutzes bis zum heutigen Tag mit der Darstellung einiger Schwerpunkte deutlich werden zu lassen.

Bärbel Schöber-Butin

***Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary:**
Zur Geschichte der Kraut- und Braunfäule der Kartoffel

Bärbel Schöber-Butin

Einleitung

„ Jetzt sah Käthi im Lampenscheine die graue, schwarze Pestilenz an allen ihren Erd-
äpfeln, und es war ihr, als werde, je mehr sie zünde, die Pestilenz immer schwärzer und
grausiger. Da überwältigte der Jammer die alte Frau. Sie setzte sich an die Furche und
weinte bitterlich.“

Mit diesen Worten beschreibt Jeremias Gotthelf in seinem 1847 erschienenen Roman
„Käthi die Großmutter“ die Auswirkungen der „Kartoffelpest“ in der Schweiz, einem
Land, das von dem Seuchenzug der neuen Kartoffelkrankheit ebenso erfaßt wurde wie
fast alle anderen Länder von Europa.

Epidemisch aufgetreten war die Kartoffelpest erstmals 1845 in Irland, wo sie im gleichen
Jahr von David Moore beschrieben wurde (Nelson 1995), basierend auf Beobachtungen,
die man im Botanischen Garten zu Dublin gemacht hatte. Hier in Irland, wo die Kartoffel
die Hauptnahrung der ärmeren Bevölkerung darstellte, kam es im Laufe weniger Jahre zu
einer katastrophalen Hungersnot, an deren Folge Millionen von Iren starben oder zum
Auswandern gezwungen wurden (Klinkowski 1970).

Nachdem anfänglich die Ursache der „Kartoffelpest“ noch kontrovers diskutiert worden
war, konnte schließlich der parasitäre Charakter der Erkrankung eindeutig nachgewiesen
werden. In diesem Zusammenhang sind die Namen von Montagne aus Frankreich und
Berkeley aus England besonders erwähnenswert. Mit seiner Schrift „*Die gegenwärtig
herrschende Kartoffelkrankheit, ihre Ursache und ihre Verhütung*“ legte Anton de Bary
(1861) schließlich den Grundstein zu unseren heutigen Kenntnissen über den Erreger der
Kartoffelpest, den er „*Phytophthora infestans*“ nannte (1876).

Inzwischen sind mehr als 100 Jahre vergangen. Heute wissen wir, daß die damals ver-
wendeten Kartoffelsorten keinerlei Resistenz gegenüber dem Erreger besaßen, so daß es
sowohl beim Anbau als auch bei der Lagerung zu enormen Ausfällen kommen mußte.

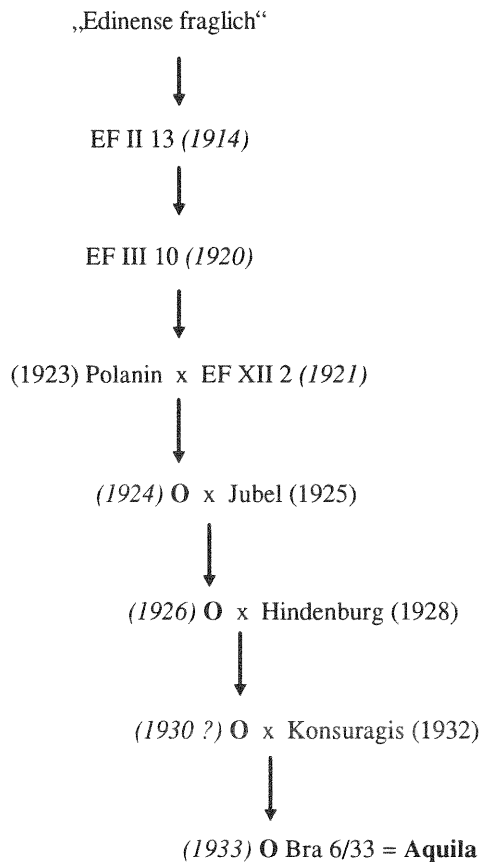
Wenn wir auch heute durch entsprechende Sortenwahl und die Anwendung wirksamer Fungizide die Krankheit weitgehend „ im Griff “ haben, so kommt es trotzdem immer wieder zu erheblichen Ernteausfällen. Warum? Häufig wird immer noch die Fähigkeit des Pilzes zur explosionsartigen Ausbreitung im Bestand unterschätzt. Verzichtet man dann noch auf eine Prognose (z.B. Negativprognose), so kann ein Bestand bereits in wenigen Tagen für eine gute Ernte verloren sein. Selbst ein Fungizideinsatz kann auf Dauer zu Fehlschlägen führen, wenn es dem Pilz gelingt, fungizidresistente Stämme auszubilden. Schließlich muß berücksichtigt werden, daß es bei der Kraut- und Braunfäule kein gleichbleibendes, stabiles Gleichgewicht zwischen Wirt und Parasit gibt. Denn stets gibt es Veränderungen, die sowohl die Anfälligkeit der Kartoffel als auch die Virulenz des Erregers betreffen. So gelingt es dem Pilz immer wieder, die Resistenz von Kartoffelsorten durch Bildung neuer, spezialisierter Pathotypen zu überwinden. Durch Züchtung neuer Kartoffelsorten ist es zwar immer wieder möglich, den Angriff des Pilzes vorübergehend aufzufangen, bis sich der Erreger den veränderten Bedingungen erneut angepaßt hat, so daß das Wechselspiel von neuem beginnen kann. Es besteht wenig Hoffnung, aus diesem Teufelskreis der Parasit-Wirt-Entwicklung herauszukommen. Die damit verbundenen Probleme werden demnach auch in Zukunft immer wieder neu bearbeitet werden müssen, es sei denn, die Wissenschaftler wären in der Lage, gentechnisch veränderte, dauerhaft resistente Kartoffelsorten zu schaffen.

Die weltweite Verbreitung der Kraut- und Braunfäule der Kartoffel und ihre große wirtschaftliche Bedeutung haben zu umfangreichen Untersuchungen geführt, an denen auch die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft respektive ihre Vorläufer beteiligt waren bzw. noch sind. Im folgenden sollen einige ihrer Wissenschaftler genannt werden, deren Arbeiten in den vergangenen 100 Jahren wesentlich zum heutigen Wissensstand über *Phytophthora infestans* beigetragen haben.

Auslese und Züchtung widerstandsfähiger Sorten

Nachdem man zunächst durch Auslese bereits vorhandener Sorten der neuen Kartoffelkrankheit Herr zu werden versuchte, ging man bald zur gezielten Einkreuzung mit widerstandsfähigeren Sorten über. Hierzu hatte Broili, Leiter des Laboratoriums für angewandte Vererbungslehre in der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft, bereits 1908 aus Amerika *Solanum commersonii*, *S. maglia*, *S. edinense* so-

wie „*S. edinense fraglich*“ (EF) erhalten (Broili 1921; Lehmann 1938a; Müller 1951). Bei der zuletzt genannten Wildform handelte es sich wahrscheinlich um *S. demissum* bzw. um einen Bastard aus *S. demissum* und *S. edinense* oder *S. tuberosum* (Müller 1951). K. O. Müller, der Nachfolger Broilis, kreuzte diese Wildarten mit vorhandenen Kulturkartoffeln und entwickelte daraus die sogenannten W-Sorten (Müller 1925, 1928). Die erste 1934 zugelassene W-Sorte hieß ‘Sandnudel’. Eine weitere später gezüchtete Sorte war ‘Aquila’, deren Stammbaum beispielhaft für andere W-Sortenzüchtungen hier wiedergegeben werden soll (Müller 1951):



(Antiquazahlen = Kreuzungsjahr; Kursivzahlen = Anzuchtjahr; O = Kreuzungsprodukt)

Beide Sorten besaßen eine herausragende Resistenz gegen *Phytophthora infestans*. Zusammen mit dem am Max-Planck-Institut selektierten Zuchtstamm MPI 44.335 wurden sie die Kreuzungseltern für viele in den privaten Zuchtstationen (z.B. Cimbal, von Kameke oder Ragis) erzeugte Sorten. Sehr bald stellte sich aber heraus, daß die erzielte Resistenz nicht von Dauer war. Bereits 1932 wurden die W-Sorten wieder von *Phytophthora infestans* befallen (Schmidt 1933) und so begann Lehmann (1937) mit der Einkreuzung weiterer Wildarten wie z.B. *Solanum chacoense*, *S. acaule*, *S. utile*, *S. fendleri*, *S. verrucosum*, *S. antipovicii*, *S. ajuscoense* und *S. polyadenium*. Vergleicht man die Anfälligkeit der bis dahin erzielten Sorten mit derjenigen älterer Sorten, so kann man zwar einen erheblichen Fortschritt feststellen. Dennoch reichte diese hauptsächlich auf Resistenzgenen von *S. demissum* beruhende Resistenz noch lange nicht für die praktische Nutzung aus. Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung alter und neuer Sorten in bezug auf die Entwicklung der Züchtung auf unspezifische Resistenz von Blatt und Knolle.

Tab. 1: Unspezifische Resistenz einiger alter und neuer Sorten von 1891 - 1995

| Sorte | Jahr der Zulassung | Anfälligkeit | |
|---------------------|--------------------|--------------|--------|
| | | Blatt | Knolle |
| Erstling | 1891 | 9 | 9 |
| Bintje | 1910 | 9 | 9 |
| Parnassia | 1913 | 7 | 6 |
| Allerfrüheste Gelbe | 1922 | 5 | 3 |
| Ackersegen | 1929 | 3 | 3 |
| Sieglinde | 1935 | 7 | 5 |
| Agnes | 1938 | 3 | 5 |
| Cosima | 1959 | 3 | 3 |
| Aula | 1974 | 3 | 3 |
| Erntestolz | 1976 | 3 | 4 |
| Cinja | 1983 | 4 | 3 |
| Ravenna | 1991 | 4 | 4 |
| Vineta | 1994 | 4 | 3 |

Der zweite Weltkrieg beendete diese so erfolgreich begonnene Züchtungsarbeit. Die Wissenschaftler waren in alle Winde zerstreut, die Biologische Reichsanstalt geteilt. Im Osten entstand die Biologische Zentralanstalt, im Westen die heutige Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Das Zuchtmaterial war zum Teil zerstört, zum Teil ging es an das Max-Planck-Institut in Voldagsen, an private Zuchtstationen und an

das Institut für Kartoffelforschung in Groß Lüsewitz (ehemals Deutsche Demokratische Republik). Eine staatliche Züchtung gab es in den westlichen Bundesländern nicht mehr.

Methoden der Resistenzprüfung

Zur Durchführung einer erfolgreichen Züchtung gehören praktikable Methoden, die die geforderten Zuchtmerkmale, in diesem Fall die Resistenz von Sorten gegen *P. infestans*, eindeutig erkennen lassen. Bereits in den 20er Jahren begann die Suche nach solchen Methoden. Zur Prüfung der Resistenz des Kartoffelkrautes verwendete Vowinkel (1926) voll ausgewachsene Blätter aus dem mittleren Teil der Kartoffelpflanze und inokulierte sie mit einer Zoosporensuspension. Die Inokulation erfolgte durch Besprühen oder durch Aufsetzen von Tropfen. Als Maß für die Anfälligkeit galt die Inkubationszeit bei einer Temperatur von 19 - 21°C. Dieser Test ergab eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Feldprüfung. Im Prinzip wird diese Methode auch heute noch angewandt.

Schwieriger war die Prüfung der Anfälligkeit der Knollen. Lehmann (1938b) schnitt aus den Knollen 0,5 cm dicke Scheiben und legte in Zoosporen- oder Sporangiensuspension getauchte Filterpapierscheibchen dazwischen. Bonitiert wurde die Bildung von Nekrosen, Myzel und Sporangien, wobei lediglich Sorten, bei denen Sporangien neu gebildet wurden, als anfällig galten. Schaper (1949) verwendete ganze Knollen, die er einschnitt und mit Myzel inokulierte. Nach sieben Tagen wurden Myzel- und Sporangienbildung am Einschnitt, und nach zehn Tagen der Grad der Verbräunung in der aufgeschnittenen Knolle bonitiert. Später entwickelten Schöber und Höppner (1972) einen Knollenscheibentest, bei dem nach dem Schneiden zunächst eine Wundheilperiode von 24 Stunden abgewartet wird. Erst dann erfolgt die Inokulation mit einer Zoosporensuspension. 48 Stunden nach der Inokulation werden die Scheiben umgedreht und sechs Tage lang auf durchgewachsenes Myzel bonitiert. Dieser Test wird heute noch für die offizielle Prüfung für das Bundessortenamt verwendet. Einen anderen Weg beschritt Ullrich (1970). Er untersuchte den Zusammenhang zwischen Resistenz der Sorte und der Intensität der Fluoreszenz des Wundgewebes. Je stärker diese war, umso resistenter war die Sorte. Gleichzeitig griff er die Arbeiten von Müller und Griesinger (1942) über die Temperaturabhängigkeit des Pilzes bzw. des Infektionserfolges wieder auf. In seinen Arbeiten zeigte sich, daß bei allen Sorten *Phytophthora infestans* ab 4 °C in das Gewebe eindringen

kann; aber nur bei anfälligen Sorten bildet sich – werden sie nach 14 Tagen bei 20 °C inkubiert – Myzel. Der Resistenzvorgang, der sich auch bei widerstandsfähigen Sorten abspielt, wurde als nekrogene Abwehr kompatibler Pathotypen bezeichnet (Schöber und Ullrich 1971). Ein Resistenztest, der alle Faktoren der unspezifischen Resistenz erfaßt, ist bis heute noch nicht entwickelt worden.

Spezialisierung des Erregers

Die sogenannten „W-Sorten“ wurden bereits Ende der 20er Jahre in der Praxis vermehrt und zeigten zunächst Befallsfreiheit. 1928 hatte Müller erhebliche Unterschiede in der Länge und Breite der Sporangien verschiedener Herkünfte festgestellt. Er kam daher zu dem Schluß, daß die „Spezies *Phytophthora infestans* in mehrere morphologisch unterscheidbare Typen zerfällt“. 1972 bestätigten Ullrich und Schöber diese Ergebnisse und konnten außerdem zeigen, daß zwischen der Größe der Sporangien und der Zahl der entlassenen Zoosporen eine Beziehung besteht. Je größer die Sporangien sind, umso mehr Zoosporen werden entlassen. Müller's Annahme, daß die Art *P. infestans* in verschiedene Typen zerfällt, wurde schon Anfang der 30er Jahre bei Besichtigungen von Feldbeständen bestätigt. In Bayern und in Pommern (Schmidt 1933) wurden die W-Sorten unerwarteter Weise wiederum vom Pilz befallen. Man nannte den neuen Stamm, der die alten und die neuen Sorten befiel, „S“, da er erstmalig in der Gemarkung Streckenthin aufgetreten war. Der alte Typ wurde mit „A“ bezeichnet (Müller 1935). Bereits 1936 konnten Schick und Lehmann vier verschiedene Isolate von *P. infestans* an einem „Testsortiment“ unterscheiden, das aus Kreuzungen aus *S. demissum* und *S. tuberosum* bestand. Zusammen mit Schaper versuchte Schick nun ein Sortiment aus homozygoten Linien aufzustellen, das über Samen vermehrbar war, damit viruskranke Pflanzen immer wieder schnell durch gesunde ersetzt werden konnten (Schick und Schaper 1936). Lehmann arbeitete bereits mit acht verschiedenen Isolaten (Lehmann 1938b) und Schick et al. (1954) unterschieden bereits zehn „Rassen“. Als Testsortiment dienten verschiedene Formen von *S. demissum*. Es umfaßte vier R-Gene (R = Hauptgen oder Resistenzgen) sowie deren Kombinationen.

In den folgenden Jahren wurde das international beschlossene Testsortiment auf 11 R-Gene und deren Kombinationen erweitert. Die Rassen oder besser Pathotypen von *P. infestans* haben sich seit 1950 verändert. Waren zuerst nur Einzelpathotypen vertreten,

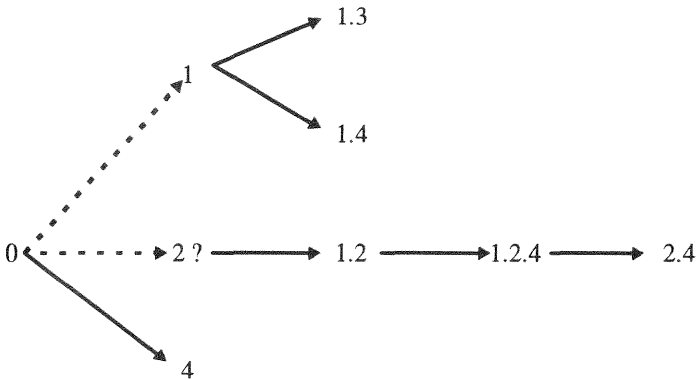
so sind es heute nur noch komplexe Pathotypen, die alle in den Kartoffeln vorkommenden Resistenzgene überwinden können (Schöber 1975, 1983; Schöber und Turkensteen 1992). Tabelle 2 zeigt eine Zusammenstellung der Pathotypen seit 1950. Die Pathotypenanalysen wurden jährlich stichprobenartig durchgeführt. Am Anfang erfolgte die eingehende Analyse alle 10 Jahre, später wurde der Abstand auf fünf Jahre verkürzt.

Tab. 2: Entwicklung der Pathotypen seit 1950

| Jahr | Pathotypen |
|-------------|--|
| 1950 | 0, 1? |
| 1960 | 0, 1, 4, 1.4, 1.2.3.4 |
| 1970 | 1, 4, 1.4, 1.3.4, 1.2.3.4 |
| 1980 | 1.4, 1.3.4, 1.2.3.4, 1.3.10, 1.4.10, 1.3.4.10, 1.3.4.7.8.10.11 |
| 1985 | 1.4, 1.3.4, 1.4.10, 1.4.11, 1.3.4.7, 1.4.8.10, 1.4.8.11, 1.3.4.7.8, 1.2.3.4.7.8, 1.3.4.7.8.11, 1.3.4.7.10.11, 1.2.3.4.7.10.11 |
| 1990 | 1.2.3.4.7.8, 1.2.3.4.7.8.10.11, 1.2.3.4.5.7.10.11, 1.2.3.4.5.7.8.10.11, 1.3.4.7.10, 1.3.4.7.8.10, 1.3.4.6.7.8.10.11, 2.3.4.7.8.10.11, 3.4.7.8.10 |

Ungeklärt ist, ob die geschilderte Spezialisierung des Erregers durch Mutation und Selektion, durch Selektion aus bereits vorhandenen Pathotypen oder durch sexuelle Neukombination entstanden ist. Für eine Mutation mit anschließender Selektion sprechen die von Schick gemachten Beobachtungen, wonach neue Pathotypen spontan in künstlicher Kultur auftreten können. Abbildung 1 zeigt die Entstehung neuer Pathotypen aus dem Pathotyp 0 (Schick und Klinkowski 1962). Für eine Selektion aus einem „Pathotypen-Pool“ sprechen die Ergebnisse der Pathotypenanalysen der 60er und 70er Jahre. Obwohl keine Sorten mit den entsprechenden Genen im Anbau waren, konnten komplexe Pathotypen wie 1.2.3.4 gefunden werden (Ullrich 1976). Seit 1985 besteht auch die Möglichkeit der sexuellen Neukombination, die auf folgenden Voraussetzungen beruht:

Abb. 1: Entstehung neuer Pathotypen aus dem Pathotyp 0



Als heterothallischer Pilz benötigt *P. infestans* die Paarungstypen A1 und A2 zur Ausbildung der Antheridien und Oogonien und damit zur Oosporenbildung. Nachdem die sexuelle Neukombination bisher nur aus Mexiko bekannt war, konnte der dazu fehlende Typ A2 erstmals 1985 für Westdeutschland nachgewiesen werden (Schöber und Rullich 1986). In der Petrischale, auf abgeschnittenen Blättern, auf Knollenscheiben und im Gewächshaus kann heute die Oosporenbildung leicht nachvollzogen werden. Auch die Infektionstüchtigkeit der bodenbürtigen Oosporen konnte im Gewächshaus bewiesen werden (Schöber-Butin 1992). In der Natur sind Oosporen selten gefunden worden, sie konnten aber aus Bodenaufschwemmungen isoliert werden. Welche Bedeutung sie für die Praxis haben, ist noch weitgehend ungeklärt.

Resistenzformen und ihre physiologischen Voraussetzungen

Die Kartoffelpflanzen weisen gegenüber *P. infestans* eine spezifische oder unspezifische Resistenz auf. Beide Formen können auch kombiniert auftreten.

Die spezifische Resistenz beruht auf dominant vererbten Resistenzgenen aus *S. demissum*. Meyer (1939) stellte fest, daß die Pflanzen auf das Eindringen des Pilzes mit Nekrotisierung der betroffenen Zellen antworten. Dem Pilz wird dadurch die Lebensgrundlage entzogen. Die unspezifische Resistenz ist meist polygen bedingt. Kennzeichen dieser

Resistenzart sind verringertes Eindringungsvermögen z.B. durch dickere Kutikula oder dichtere Blattbehaarung, geringere Ausbreitung im Gewebe, Verzögerung der Sporangienbildung usw.. Müller (1941) stellte bereits fest, daß bei der spezifischen Resistenz die Resistenzgene sowohl in den Blättern als auch in den Knollen vorhanden sind, ihre Wirkung aber unterschiedlich sein kann. Das bedeutet, daß die Resistenz von Blatt und Knolle nicht übereinstimmen muß, und es alle Kombinationen zwischen den beiden Pflanzenorganen geben kann: Blatt und Knolle resistent; Blatt resistent, Knolle anfällig; Blatt anfällig, Knolle resistent und schließlich Blatt und Knolle anfällig. Nimmt man die „Beschreibende Sortenliste Kartoffel“ des Jahres 1995 zur Hand (Anon. 1995), so kann man alle beschriebenen Kombinationen in den modernen Sorten wiederfinden.

In den 30er Jahren begannen intensive Untersuchungen zu den histologischen und physiologischen Grundlagen der Resistenz. Alte Sorten und W-Sorten wurden inokuliert und anschließend mit histologischen Methoden verglichen. Es zeigte sich, daß die ersten Vorgänge nach der Inokulation in den Zellen gleich waren, die anfälligen Sorten dann aber große Unterschiede gegenüber den resistenten aufwiesen. Am Ende der Reaktionskette, die mit Zellkernvergrößerung, Verlust der Plasmolysierbarkeit usw. mit großer zeitlicher Verzögerung bei den anfälligen Sorten abließ, stand bei beiden Formen der Tod der befallenen Zellen und des eingedrungenen Erregers. Nach dem Anfärben der Zellen zeigte sich, daß in den resistenten Geweben nicht nur die betroffene Zelle sondern auch angrenzende Zellen, die noch keinen Kontakt mit dem Pilz hatten, mit einer Anhäufung von Gerbstoffen reagiert hatten. Bei den weniger resistenten oder anfälligen war das nicht der Fall. Meyer (1939) nahm daher an, daß der Pilz ein Stoffwechselprodukt abgibt, auf das die Zellen reagieren. Müller, Meyer und Klinkowski (1939) fanden, daß anfällige Sorten bei niedrigen Temperaturen ähnliche Zellenveränderungen nach Inokulation aufwiesen wie die W-Sorten. Sie folgerten daraus, daß die Nekrosen Abwehrnekrosen sind, und daß diese mit der „Auslösung eines hemmenden oder toxischen Prinzips verbunden“ sein könnten. Sie schlossen weiter daraus, daß dieses Prinzip „erst nach dem Angriff des Parasiten“ zur Wirkung kommt und die Resistenzgene lediglich die Geschwindigkeit der Abwehrreaktion bestimmen: *„In der Art der Reaktion ... bestehen ... keine grundsätzlichen Unterschiede zwischen anfällig und resistent.“* Müller und Börger (1940) gingen nun noch weiter und untersuchten, ob eine Immunisierung des Gewebes erfolgen könnte. Sie inokulierten W-Sorten mit dem inkompatiblen Stamm A und später mit dem kompa-

tiblen Stamm S. Dieser konnte sich nur mehr dort entwickeln, wo der Stamm A nicht eingedrungen war. Müller nannte nun dieses „Prinzip, das stofflicher Natur sein mußte“, *Phytoalexin*. Er wurde damit zum Begründer einer Forschungsrichtung, die bis heute zu einer unübersehbaren Fülle von Ergebnissen, aber auch schon zu praktischen Anwendungen geführt hat (Daniel and Purkayastha 1995). Die Natur der Phytoalexine wurde fast 30 Jahre später in Japan aufgeklärt. Heute weiß man, daß die Phytoalexine Sesquiterpenoide sind. Sie kommen sowohl in anfälligen als auch in resistenten Kartoffelknollen nach Inokulation mit *P. infestans* vor (Schöber 1980); allein die Geschwindigkeit ihrer Bildung ist unterschiedlich. Dennoch kann bis heute nicht eindeutig beantwortet werden, ob sie die Ursache der Resistenz sind oder nur Stoffwechselprodukte der Pathogenese. Denn in Blättern konnten Phytoalexine bisher nicht (oder nur in Spuren) gefunden werden.

Bei der unspezifischen Resistenz scheinen jedoch noch andere Vorgänge abzulaufen. Ullrich (1970) fand in den peripheren Zellwänden wenig anfälliger Kartoffelknollen nach Verletzung eine starke Suberineinlagerung. Diese Einlagerung erwies sich als wirksame Barriere für den Pilz. Gleichzeitig werden phenolische Substanzen wie z.B. Chlorogensäure angehäuft und die entsprechenden Enzyme, Peroxidase und Polyphenoloxidase aktiviert. Die entstehenden Oxydationsprodukte der Phenolverbindungen erwiesen sich als toxisch für den Pilz (Schöber 1971).

Untersucht wurde auch, ob der Pilz wirklich ein Toxin ausscheidet, wie es Meyer (1939) sowie Müller und Börger (1940) bereits vermuteten. Stolle und Schöber (1984; 1985a, 1985b) fanden im Kulturfiltrat des Pilzes ein Toxin, das auf Blättern und Knollen die gleichen Symptome hervorruft wie der Pilz selbst: Blätter und Knollen reagierten mit der Bildung von Nekrosen und im Knollengewebe häuften sich auch Phytoalexine an. Das Toxin konnte auch aus infiziertem Gewebe extrahiert werden. Das deutet daraufhin, daß es auch eine Rolle in der Pathogenese spielen muß. Die Struktur des Toxins konnte bis jetzt allerdings noch nicht aufgeklärt werden.

Diagnosemethoden

Obwohl der Pilz durch seine unverwechselbaren Symptome und die eindeutige Form der Sporangien leicht anzusprechen ist, können trotzdem diagnostische Schwierigkeiten auftreten. Dies trifft vor allem auf frühe Stadien der Infektion zu. Besonders wichtig ist eine

eindeutige Diagnose, wenn Bekämpfungsverfahren zeitgerecht begonnen werden sollen. Und wieder waren es Wissenschaftler der Biologischen Bundesanstalt, die versuchten, den Pilz im frühesten Stadium mit modernen Methoden wie ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) und PCR (polymerase chain reaction) zu erfassen.

Knapova et al. (1992, 1993) entwickelten einen ELISA, der den eindeutigen Nachweis von *P. infestans* bereits am zweiten Tag nach der Inokulation erlaubt. Dieser ELISA weist Kreuzreaktionen mit anderen *Phytophthora*-Arten auf, nicht aber mit *Pythium* spp. und anderen Pilzen oder Bakterien. Die Nachweisgrenze liegt bei weniger als 1 ng Protein / ml Extrakt oder 0,1 mg frischem Myzel / ml. Dieser Test kann sowohl an Blättern als auch an Knollen durchgeführt werden. Noch spezifischer ist die PCR. Sie beruht auf der Erkennung spezieller Abschnitte der DNA. Für *P. infestans* wurden solche Abschnitte gefunden, die somit keine Kreuzreaktion mehr zulassen. Die Nachweisgrenze liegt z.Z. noch bei 100 ng gefriergetrockneten Myzels pro ml. Auch diese Methode ist sowohl auf Blatt als auch auf Knolle anwendbar (Niepold and Schöber-Butin 1995). Für die Praxis ist der ELISA z. Z. noch einfacher durchzuführen als PCR, weil in den meisten Zuchtstätten oder Pflanzenschutzämtern die dafür notwendigen Geräte vorhanden sind.

Prognose

Neben der eindeutigen Diagnose des Erregers ist auch eine möglichst genaue Prognose des Erstauftretens des Pilzes zur gezielten Bekämpfung notwendig. Entsprechend der Biologie des Pilzes versuchte man, aus den meteorologischen Daten – Niederschlag, Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit – eine Vorhersage des Erstauftretens abzuleiten. Für das Auftreten des Pilzes und seine epidemische Ausbreitung sind aber nicht nur meteorologische Daten wichtig, sondern auch z.B. Primärherde, d.h. aus infizierten Knollen aufwachsende, kranke Stauden.

Ullrich und Schrödter sowie Stephan versuchten einen anderen, allerdings ebenfalls auf meteorologischen Daten basierenden Weg. Sie wollten den Zeitraum ermitteln, in dem der Pilz nicht auftreten kann, weil zu geringe Temperaturen, zu geringe Luftfeuchtigkeit herrschten oder kein tropfbar flüssiges Wasser vorhanden war. Es entstand das Konzept der „Negativprognose“ (Schrödter und Ullrich 1965, 1966, 1967; Ullrich und Schrödter 1966) in Westdeutschland sowie von Stephan (1968) in Ostdeutschland. Dabei konnten sie auf Ergebnisse zurückgreifen, die bereits 1937 erzielt worden waren (Orth 1937). Die

Negativprognose geht davon aus, daß mit dem Auflaufen der Kartoffeln auf dem Feld ein Primärherd entsteht und damit die Möglichkeit der Infektion weiterer Pflanzen gegeben ist. Die notwendigen meteorologischen Daten werden in 2 m Höhe erhoben, um eine Aussage über eine größere Region als ein Feld geben zu können. Die Wetterstationen, über das ganze Land verteilt, messen Temperatur, Niederschlag und relative Luftfeuchtigkeit. Diese Daten werden entsprechend ihrer biologischen Wertigkeit und Häufigkeit mit Konstanten multipliziert und summiert. Die Wochensummen werden zu Gesamtbewertungsziffern (GBZ) addiert. Bei einer GBZ von 150 endet die befallsfreie Zeit und der erste Warntermin ist erreicht. Im Bestand entspricht das einem Befallsgrad von 0,1 %. Bei hochanfälligen Sorten muß nun bekämpft werden. Bei einer GBZ von 270 ist ein Befallsgrad von 1 % erreicht und die epidemische Ausbreitung beginnt. Spätestens zu diesem Zeitpunkt muß auch in den bis dahin nicht behandelten Beständen ein Fungizideinsatz erfolgen. Die Negativprognose wird seit fast 30 Jahren unter dem Namen PHYTPROG-DIENST in Westdeutschland vom Deutschen Wetterdienst betreut. Er hat bisher zu erheblichen Einsparungen an Fungizidanwendungen geführt. Ullrich wurde für seine Verdienste um die Prognose mit der Max-Eyth-Medaille und mit der Anton-de-Bary-Medaille ausgezeichnet.

In Ostdeutschland wurde die Negativprognose durch die Simulationsmodelle SYMPHYT I und SYMPHYT II erweitert (Stephan und Gutsche 1980; Gutsche und Kluge 1983; Kluge und Gutsche 1984, 1985). SYMPHYT I setzt den Termin der ersten Fungizidanwendung fest. SYMPHYT II verfolgt den Epidemieverlauf und gibt Empfehlungen für Spritzunterbrechungen bei Trockenperioden. Das Modell empfiehlt außerdem die anzuwendende Fungizidklasse.

Bekämpfung

Wie in vielen anderen Ländern, in denen die „Kartoffelpest“ aufgetreten war, stand man anfangs auch in Deutschland der Krankheit hilflos gegenüber. Mit der Beobachtung, daß Bordeauxbrühe den Pilz hemmen kann, änderte sich die Situation. Man entdeckte, daß Schwermetallionen den Pilz abtöten können (Krüger 1943). Die Industrie entwickelte daraufhin eine Reihe von wirksamen Schwermetallfungiziden. Diese enthielten vor allem Kupfer, Zink und Mangan. Die Fungizide wurden vor bzw. mit Beginn des Reihenschlusses appliziert, wobei die Spritzungen wöchentlich wiederholt werden mußten.

Eine Änderung trat erst mit der Entwicklung der Prognose ein. Nun wurde das Ende der befallsfreien Zeit abgewartet und die erste Behandlung erfolgte terminentsprechend. Die Fungizide waren reine Kontaktfungizide, d.h. sie mußten mit dem Pilz in Berührung kommen, um diesen abzutöten. Solche Präparate haben allerdings den Nachteil, daß sie durch Niederschläge leicht abgewaschen werden können. 1980 wurde das erste systemisch wirkende Fungizid zugelassen. Es dringt in die Pflanze ein, wird akropetal verteilt und schützt so auch den Neuzuwachs. Außerdem kann es kurativ wirken, d.h. es werden auch bereits erfolgte Infektionen eliminiert. Die Wirkungsdauer beträgt ca. 14 Tage. Dieser Effekt erlaubte sowohl die Reduktion der Pflanzenschutzmittelmenge als auch eine Verringerung der Applikationshäufigkeit. Es zeigte sich jedoch sehr bald, daß der Pilz auch dieser Herausforderung gewachsen war. Es stellte sich eine erhebliche Fungizidresistenz ein, die zu Wirkstoffwechseln in der Spitzfolge zwang (Schöber 1984; Langerfeld et al. 1986; Burth et al. 1988; Stachewicz et al. 1989a, 1989b; Stachewicz und Burth 1992). Tabelle 3 zeigt den Anteil resistenter Isolate der letzten 10 Jahre in Westdeutschland.

Tab. 3: Anteil Phenylamid-resistenter Isolate von 1985 bis 1995.

| Jahr | Zahl der Isolate | |
|------|------------------|-------------------------|
| | insgesamt | mit Phenylamidresistenz |
| 1985 | 31 | 3 |
| 1986 | 12 | 3 |
| 1987 | 58 | 18 |
| 1988 | 90 | 50 |
| 1989 | 30 | 13 |
| 1990 | 64 | 24 |
| 1991 | 13 | 8 |
| 1992 | 9 | 6 |
| 1993 | 31 | 28 |
| 1994 | 57 | 40 |
| 1995 | 40 | 25 |

Heute sind neben den vollsystemisch wirkenden Fungiziden auch teilsystemische Präparate zugelassen. Beide Gruppen haben den Vorteil, daß sie bei unsicherer Witterung angewandt werden können, da sie bereits ca. drei Stunden nach der Applikation in die Pflanze eingedrungen sind und damit nicht mehr abgewaschen werden können.

Die Wissenschaftler der BBA übernahmen auch einen großen Teil der Beratung der Landwirte. In den alten Akten sind viele Vortragsmanuskripte und Ankündigungen zu finden. Außerdem wurden Flugblätter entwickelt, die eingehend die Biologie des Pilzes darstellten, Angaben über sein Auftreten in verschiedenen Jahren machten, bevorzugte Stellen des Erstauftretens schilderten usw.. Diese Flugblätter erschienen in loser Folge. Ein besonders schönes Flugblatt aus dem Jahr 1917 soll hier stellvertretend für alle erschienenen abgebildet werden. Es wurde vom Altmeister der deutschen Phytopathologie und damaligen Präsidenten der BBA Appel verfaßt (Abb.2).

Internationale Zusammenarbeit

Eine internationale Zusammenarbeit ist in den zur Verfügung stehenden Unterlagen der ersten Jahre nicht belegt. Es ist jedoch mit Sicherheit anzunehmen, daß die einzelnen Wissenschaftler mit ihren ausländischen Kollegen Kontakt gehabt und auch Untersuchungsmaterial sowie -ergebnisse ausgetauscht haben. Nach 1945 finden sich Hinweise über die Teilnahme von Wissenschaftlern an Kongressen. Besonders fruchtbar wurden die Kontakte mit ausländischen Kollegen durch die Gründung der Europäischen Gesellschaft für Kartoffelforschung (EAPR). Die enge Beziehung wird u. a. dadurch deutlich, daß deutsche Wissenschaftler in der Schriftleitung der international anerkannten Zeitschrift *Potato Research* mitwirkten. Das Engagement ist auch in der Übernahme von Leitungsfunktionen bei internationalen Tagungen, in der Sektion Pathologie (Schöber 1978 - 1984) und im Vorstand der EAPR (Schöber 1984 - 1990) erkennbar. Darüberhinaus wurden in der BBA auch zwei Sektionstagungen durchgeführt (Schöber 1977; Schöber-Butin 1992). Die Teilnahme an internationalen Tagungen hat zu engen persönlichen Kontakten geführt. Die internationale Anerkennung der Kartoffelforschung in der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft spiegelt sich schließlich in zahlreichen Besuchen ausländischer Wissenschaftler sowie in der Aus- und Fortbildung von Studenten verschiedenster Länder wieder.



Die Kraut- und Knollenfäule der Kartoffeln.

Von

Geh. Regierungsrat Dr. Otto Appel.

Eine der wichtigsten Krankheiten der Kartoffeln ist die durch den Pilz *Phytophthora infestans* hervorgerufene Kraut- und Knollenfäule. Lange hielt man sie für die wichtigste aller Kartoffelkrankheiten, und so kommt es, daß sie auch heute noch vielfach schlechthin als „die Kartoffelkrankheit“ bezeichnet wird. Sie ist in allen Kartoffelbau treibenden Ländern vorhanden, tritt aber, da die Entwicklung des Pilzes sehr von der Witterung beeinflusst wird, nicht überall und nicht in allen Jahren gleichmäßig stark auf. In trockenen Jahren bleibt sie auf besonders feuchte Standorte beschränkt; nasse warme Jahre begünstigen sie aber so stark, daß beträchtliche Ernteverluste entstehen und die Haltbarkeit der geernteten Kartoffeln leidet.



Abb. 1.

Nur selten wird man die ersten Anfänge der Krankheit auffinden. Man sieht Ende Mai oder im Juni an einem einzelnen Stoc einen oder mehrere Triebe verkümmern und schwarz werden. Nach einiger Zeit zeigen sich in der Umgebung an einzelnen Blättern, besonders an der Spitze oder den Rändern, dunkelbraune bis schwärzliche Flecke, die sich rasch vergrößern

(Abb. 1). Bei feuchtem Wetter erkennt man am Saume dieser Flecken einen weißlichen Anflug, der mit dem Größerwerden der Flecken allmählich fortschreitet.

Verlagsbuchhandlung Paul Parey — Berlin — Verlagsbuchhandlung Julius Springer.

Im Deutschen Reich für Behörden, gemeinnützige Körperschaften und Vereine, sowie in einzelnen Abzügen auch für Privatpersonen durch die Kaiserliche Biologische Anstalt für Land- und Forstwirtschaft zu Berlin-Dahlem (Post Berlin-Steglitz) unentgeltlich zu beziehen; außerdem bei der Verlagsbuchhandlung von Paul Parey, Berlin SW. 11, Hedemannstraße 10 u. 11, käuflich, und zwar je ein Abzug zu 5 Pf. bei Bezug von 1—99 Abzügen, zu 4 Pf. bei Bezug von 100—499, zu 2,5 Pf. bei Bezug von 500—4999, zu 1 Pf. bei Bezug von 5000—9999 und zu 0,76 Pf. bei Bezug von 10 000 und mehr Abzügen. (Bei Bezug von weniger als 100 Abzügen durch die Verlagsbuchhandlung sind 3 Pf. Porto beizufügen.) Die kostenfreie Abgabe an Schüler ist nicht beabsichtigt. Der Nachdruck, sofern er nicht zum Zwecke des Verkaufs als Sonderdruck erfolgt, ist unter Angabe von Quelle, Verlag und Bezugsbedingungen gestattet. Nachbildungen der Bildstöcke sind zu diesem Zwecke zum Preise von 0,10 M für das qcm bei der genannten Verlagsbuchhandlung erhältlich.

Zusammenfassung und Ausblick

In den vorangegangenen Kapiteln ist versucht worden, die Entwicklung auf dem Gebiet der Kartoffelforschung – speziell der Kraut- und Braunfäule – aufzuzeigen, die in der Kaiserlichen Biologischen Reichsanstalt bzw. in deren Nachfolgeorganisation, der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, seit deren Gründung vor jetzt 100 Jahren, abgelaufen ist.

Am Ausgangspunkt dieser Forschungsrichtung, die stark von den damaligen praktischen Bedürfnissen der Landwirtschaft geprägt war, stand die Frage, wie der epidemisch und weltweit vorkommenden „Kartoffelpest“ in Deutschland begegnet werden kann. Die Kartoffel war seinerzeit eines der wichtigsten Grundnahrungsmittel, die es zu erhalten galt. Nachdem sich gezeigt hatte, daß mit der Auswahl gering anfälliger Sorten die Krankheit in Grenzen gehalten werden konnte, wurde die Züchtung und Kreuzung von verschiedenen Kartoffelarten und -bastarden eine der wichtigsten Forschungsaufgaben, die bis heute ihre Gültigkeit nicht verloren haben. Die Züchtung immer wieder neuer Kartoffelsorten hat sich auch deshalb als notwendig erwiesen, weil der Erreger der Krankheit, der Pilz *Phytophthora infestans*, immer wieder neue Pathotypen hervorbrachte, die die ehemalige Resistenz der Kartoffelpflanze überwinden konnten. Durch dieses Wechselspiel entstand ein Teufelskreis, bei dem auch heute noch kein Ende abzusehen ist. Damit liegt in den vergangenen Züchtungsbemühungen zwar eine gewisse Tragik. Ohne die Arbeiten der Züchter hätte aber der Kartoffelbau in Deutschland keine Überlebenschance gehabt.

Es soll hier nicht unerwähnt bleiben, daß bei den Arbeiten über das Resistenzverhalten der Kartoffel eine der wichtigsten Abwehrreaktionen gegenüber pathogenen Organismen in der Phytopathologie entdeckt wurde, die weltweit die Resistenzforschung geprägt hat. Die Grundlagen dazu wurden seinerzeit von K.O. Müller mit der Entdeckung der Phytoalexine gelegt.

Das zweite Standbein, das den Kartoffelbau in Deutschland sichern sollte, war die Entwicklung und die Anwendung chemischer Fungizide, an deren Entstehung die BBA allerdings nur hinsichtlich der Wirksamkeitsprüfung, ihrer Zulassung und ihrer Auswirkungen auf das biologische Verhalten des Pilzes beteiligt war. Besonders hervorzuheben ist hier die Beobachtung, daß bestimmte Fungizide bei häufiger Anwendung durch Resistenzbildung seitens des Erregers unwirksam wurden. Auch hier zeigte sich also die

Notwendigkeit einer steten Weiterentwicklung von Fungiziden, um den Wettlauf mit dem Pilz zumindest für bestimmte Zeitabschnitte zu gewinnen. – Als Variante der Bekämpfungsverfahren bei der Kraut- und Braunfäule sollte auch auf den „Integrierten Pflanzenschutz“ im Kartoffelbau hingewiesen werden, an dessen Entwicklung und Erprobung ebenfalls Wissenschaftler der BBA beteiligt waren.

Eine Pflanzenschutzmaßnahme läßt sich dann erst erfolgreich durchführen, wenn sie frühzeitig genug und termingerecht angewandt wird. Als Voraussetzung hierfür gilt zunächst die eindeutige Diagnose der Krankheit bzw. ihres Erregers. Die von der BBA entwickelten Laborverfahren, zu denen neuerdings auch der zeitsparende ELISA gehört, haben wesentlich zu einer Früherkennung von Pilzinfektionen geführt.

Der Gedanke, die äußeren, witterungsmäßigen Bedingungen für eine Infektion und Erkrankung schon vor dem eigentlichen Geschehen voraussagen und auswerten zu können, wurde durch die Entwicklung der „Negativ-Prognose“ realisiert, die auf die Arbeiten von Ullrich und Schrödter zurückgeht. Später wurden daraus neuere Modelle entwickelt.

Mit den heute zur Verfügung stehenden Strategien eines Integrierten Pflanzenschutzes (Züchtung und Sortenwahl, Anbautechnik, Prognose, chemische Bekämpfungsverfahren) hat der Kartoffelbau in Deutschland inzwischen eine ausreichend gesicherte Grundlage geschaffen, um auch weiterhin die Kartoffelproduktion und damit die Sicherung eines der wichtigsten Grundnahrungsmittel zu gewährleisten.

Nicht zuletzt soll auch auf die nutzbringende Zusammenarbeit mit dem heute selbständigen Bundessortenamt (BSA) hingewiesen werden. Die Zulassung neuer Kartoffelsorten hängt u. a. auch von der in der BBA festgestellten Widerstandsfähigkeit der Blätter oder Knollen ab. Das BSA hat die Möglichkeit, hochanfällige Sorten abzuweisen. Auch dies hat in den letzten Jahrzehnten zu einem deutlichen Anstieg des Resistenzniveaus im Kartoffelsortiment geführt. Trotz aller Anstrengungen und Bemühungen werden aber wahrscheinlich auch in Zukunft noch die Worte de Bary's (1861) gelten:

„ Eine gänzliche Ausrottung des Parasiten wird dabei so wenig je möglich sein als totale Austilgung von Raupen und anderem Ungeziefer, und wie vor diesen wird man vor ihm beständig auf seiner Hut sein müssen.“

Phytophthora infestans (Mont.) de Bary:

History of late blight of potatoes

Summary

The late blight disease appeared for the first time 1845 in Ireland and caused people hunger and death. The causal agent of the disease was studied by Moore in the Botanical Garden in Dublin and described 1861 in Germany by de Bary. A resistance breeding program was initiated 1908 in the "Kaiserliche Biologische Anstalt für Land- und Forstwirtschaft" in the laboratory for applied genetics by Broili and Müller. The latter created the first resistant varieties, but these were short-lived, since this form of resistance was soon overcome by the fungus. *Phytophthora infestans* quickly produced new races, and today complex races which can overcome all known resistance genes are dominating. Many investigations were performed concerning the cause of the resistance of the potato, and that time, the theory of the phytoalexins was born by Müller and Börger.

There was a need for new methods in detecting the fungus. Today *P. infestans* can be detected in very early stages of the infection by using ELISA and PCR. To obtain good yields, the start of the epidemic must be forecast in order to control the disease effectively by application of fungicides. The so called „Negativeprognose“ was created by Schrödter and Ullrich and later „Simphyt I and II“ by Gutsche and Kluge. For controlling the disease, contact and systemic fungicides are now available. The latter caused many problems by generating fungicide resistance in the causal fungus. In the future, research on integrated control and genetic engineering is necessary in order to ensure a potato production.

Literatur

- ANONYM, 1995: Beschreibende Sortenliste Kartoffel. Landbuchverlagsgesellschaft Hannover, 108 S.
- BARY, A. DE, 1861: Die gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankheit, ihre Ursache und ihre Verhütung. Leipzig, 75 S.
- BARY, A. DE, 1876: Research into the nature of the potato-fungus, *Phytophthora infestans*. Journal of Botany, New Series V, 105-126 und 149-154.
- BROILI, J., 1921: Arbeiten mit Wildbastarden von *Solanum*. Mitteilungen der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 21, 154-158.
- BURTH, U., H. LYR, H.-E. STACHEWICZ und S. RATKE, 1988: Zur Resistenzsituation beim Einsatz von Fungiziden in der Kartoffelproduktion. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR 42, 61-65.
- DANIEL, M. and R. P. PURKAYASTHA (Eds.), 1995: Handbook of phytoalexin metabolism and action. Marcel Dekker, Inc. New York - Basel - Hong Kong.
- GOTTHELF, J., 1847: Käthi die Großmutter oder Der wahre Weg durch jede Not. Diogenes Taschenbuch 20567, 1978.
- GUTSCHE, V. und E. KLUGE, 1983: Phyteb-Prognose, ein neues Verfahren zur Prognose des Krautfäuleauftretens (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary). Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR 37, 45-49.
- KLINKOWSKI, M., 1970: Catastrophic plant diseases. Annual Review of Phytopathology 8, 37-60.
- KLUGE, E. und V. GUTSCHE, 1984: Untersuchungen zum Einfluß des Braunfäulebefalls der Pflanzkartoffelknollen auf das Erstauftreten der Krautfäule (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary) mittels Simphyt I. Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz 20, 361-369.
- KLUGE, E. und V. GUTSCHE, 1985: Zur Befallsstärke der Krautfäule der Kartoffel (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary) auf dem Territorium der DDR und deren Prognose. Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz 21, 159-167.
- KNAPOVA, G., B. SCHÖBER-BUTIN und H. FEHRMANN, 1992: Nachweis von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary mittels ELISA. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem Heft, 283, 328.
- KNAPOVA, G., B. SCHÖBER-BUTIN und H. FEHRMANN, 1993: Nachweis von *Phytophthora infestans* im Gewebe. Abstracts 12. Triennial Conference of the European Association for Potato Research, 467-468.
- KRÜGER, E., 1943: Untersuchungen über den Einfluß von Elektrolyten und Nichteletrolyten auf die Sporangienkeimung und die Differenzierung der Zoosporen bei *Phytophthora infestans*. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 23, 51-95.
- LANGERFELD, E., B. SCHÖBER, F. MAYKUHS und A. SPECHT, 1986: Krankheiten der Kartoffel. AID, Heft 171.

- LEHMANN, H., 1937: Das heutige Ausgangsmaterial für die Züchtung *Phytophthora*-widerstandsfähiger Kartoffeln. Der Züchter **9**, 29-35.
- LEHMANN, H., 1938a: Geschichte und Ergebnisse der Versuche zur Züchtung krautfäulewiderstandsfähiger Kartoffeln. Der Züchter **10**, 72-80.
- LEHMANN, H., 1938b: Ein weiterer Beitrag zum Problem der physiologischen Spezialisierung von *Phytophthora infestans* de Bary, dem Erreger der Kartoffelkrautfäule. Phytopathologische Zeitschrift **11**, 121-154.
- MEYER, G., 1939: 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, Heft **23**, 97-132.
- MÜLLER, K. O., 1925: Neue Wege und Ziele der Pflanzenzüchtung. Beiträge zur Pflanzenzüchtung **8**, 45-72.
- MÜLLER, K. O., 1928: Über die Züchtung krautfäule-resistenter Kartoffelsorten. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung **13**, 143-156.
- MÜLLER, K. O., 1935: Über den augenblicklichen Stand unserer Kenntnisse zur biologischen Spezialisierung des Krautfäuleerregers der Kartoffel (*Phytophthora infestans*). Der Züchter **7**, 5-12.
- MÜLLER, K. O., 1941: Zur Genetik der Phytophthoresistenz der Kartoffel. Mitteilungen aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Wissenschaftlicher Jahresbericht 1939, 32-34.
- MÜLLER, K. O., 1951: Über die Herkunft der W-Sorten, ihre Entwicklungsgeschichte und ihre bisherige Nutzung in der praktischen Kartoffelzüchtung. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung **29**, 366-387.
- 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.
- MÜLLER, K. O. und R. GRIESINGER, 1942: Der Einfluß der Temperatur auf die Reaktion von anfälligen und resistenten Kartoffelsorten gegenüber *Phytophthora infestans*. Angewandte Botanik **24**, 130-149.
- MÜLLER, K. O., G. MEYER und M. KLINKOWSKI, 1939: Physiologisch-genetische Untersuchungen über die Resistenz der Kartoffel gegenüber *Phytophthora infestans*. Naturwissenschaften **27**, 765-768.
- NELSON, F. C., 1995: The cause of the calamity: the discovery of the potato blight in Ireland, 1845 - 1847, and the role of the National Botanic Gardens, Glasnevin, Dublin. In: DOWLEY, L.J., E. BANNON, LOUISE R. COOKE, T. KEANE & O'SULLIVAN: *Phytophthora* **150**, 1-11.
- NIEPOLD, F. and B. SCHÖBER-BUTIN, 1995: Application of the PCR technique to detect *Phytophthora infestans* in potato tubers and leaves. Microbiological Research **150**, 379-385.
- ORTH, H., 1937: Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf das Keimverhalten der Sporangien von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, des Erregers der Kartoffelkrautfäule.

- Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie) und Pflanzenschutz **47**, 425-447.
- SCHAPER, P., 1949: Die Krautfäule-Anfälligkeit einiger deutscher Kartoffelsorten 1947/48. *Der Züchter* **19**, 265-271.
- SCHICK, R. und M. KLINKOWSKI, 1962: Die Kartoffel. Ein Handbuch. Band II. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- SCHICK, R. und H. LEHMANN, 1936: Zur physiologischen Spezialisierung von *Phytophthora infestans*. *Der Züchter* **8**, 34-46.
- SCHICK, R. und P. SCHAPER, 1936: Das Verhalten von verschiedenen Formen von *Solanum demissum* gegenüber vier verschiedenen Linien der *Phytophthora infestans*. *Der Züchter* **8**, 65-70 und 102-104.
- SCHICK, R., E. SCHICK und H. HANK, 1954: Einige Bemerkungen zu einer internationalen Nomenklatur der *Phytophthora*-Rassen und der die *Phytophthora*-Widerstandsfähigkeit kontrollierenden Gene der Kartoffel. *Der Züchter* **24**, 250-252.
- SCHMIDT, E., 1933: Unsere Erfahrungen bei der Züchtung *Phytophthora*-resistenter Kartoffeln. *Der Züchter* **5**, 173-179.
- SCHÖBER, B., 1971: Physiologische Veränderungen in der Kartoffelknolle nach Verletzung und Infektion mit *Phytophthora infestans*. *Potato Research* **14**, 39-48.
- SCHÖBER, B., 1975: Das Auftreten von Pathotypen von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in der Bundesrepublik Deutschland. *Potato Research* **18**, 130-132.
- 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., 1983: Definition und Auftreten der Pathotypen von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Der Kartoffelbau* **34**, 156-158.
- SCHÖBER, B., 1984: Resistenz von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary gegen Metalaxyl in der Bundesrepublik Deutschland. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig)* **36**, 121-124.
- SCHÖBER, B. und E. HÖPPNER, 1972: Zur Methodik der Resistenzprüfung von Kartoffelknollen gegen den Erreger der Braunfäule, *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Potato Research* **15**, 378-383.
- SCHÖBER, B. und G. RULLICH, 1986: Oosporenbildung von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Potato Research* **29**, 395-398.
- SCHÖBER, B. and L. J. TURKENSTEEN, 1992: Recent and future developments in potato fungal pathology. *Netherlands Journal of Plant Pathology* **98**, Suppl. 2, 73-83.
- SCHÖBER, B. und J. ULLRICH, 1971: Nekrogene Abwehr von Infektionen mit *Phytophthora infestans* bei tiefen Temperaturen. *Potato Research* **14**, 337.
- SCHÖBER-BUTIN, B., 1992: *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary - auch ein bodenbürtiger Krankheitserreger? *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*, Heft **283**, 86.

- SCHRÖDTER, H. und J. ULLRICH, 1965: Untersuchungen zur Biometeorologie und Epidemiologie von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary auf mathematisch-statistischer Grundlage. *Phytopathologische Zeitschrift* **54**, 87-103.
- SCHRÖDTER, H. und J. ULLRICH, 1966: Weitere Untersuchungen zur Biometeorologie und Epidemiologie von *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Ein neues Konzept zur Lösung des Problems der epidemiologischen Prognose. *Phytopathologische Zeitschrift* **56**, 265-278.
- SCHRÖDTER, H. und J. ULLRICH, 1967: Eine mathematisch-statistische Lösung des Problems der Prognose von Epidemien mit Hilfe meteorologischer Parameter, dargestellt am Beispiel der Kartoffelkrautfäule (*Phytophthora infestans*). *Agricultural Meteorology* **4**, 119-135.
- STACHEWICZ, H., U. BURTH, S. RATHKE, M. SCHOLZ, und I. WULFERT, 1989a: Metalaxylresistenz bei *Phytophthora infestans* an Kartoffeln. *Saat- und Pflanzgut* **30**, 171-172.
- STACHEWICZ, H., U. BURTH, S. RATHKE und L. ADAM, 1989b: Hinweise zur *Phytophthora*-Bekämpfung in Kartoffeln beim Auftreten metalaxylresistenter *Phytophthora*-Populationen. *Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR* **43**, 82-85.
- STACHEWICZ, H. und U. BURTH, 1992: Ergebnisse zur Metalaxylresistenz des Kraut- und Braunfäuleerregers der Kartoffel (*Phytophthora infestans*) in Ostdeutschland. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **44**, 220-221.
- STEPHAN, S., 1968: Methoden des Warndienstes zur gezielten Krautfäulebekämpfung. *Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutzdienst in der DDR* **22**, 240-244.
- STEPHAN, S. und V. GUTSCHE, 1980: Ein algorithmisches Modell zur Simulation der *Phytophthora*-Epidemie (Simphyt). *Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz* **16**, 183-191.
- 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.
- ULLRICH, J., 1970: Untersuchungen über einige für die Fäule im Lager wesentliche Eigenschaften der Braunfäuleerresistenz (*Phytophthora infestans*) verschiedener Kartoffelsorten. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig)* **22**, 166-170.
- ULLRICH, J., 1976: Epidemiologische Aspekte bei der Krankheitsresistenz von Kulturpflanzen. Beihefte zur *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg, **6**, 88 S.
- ULLRICH, J. und B. SCHÖBER, 1972: Zoosporenzahl und Sporangiengröße bei *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Phytopathologische Zeitschrift* **74**, 268-271.

ULLRICH, J. und H. SCHRÖDTER, 1966: Das Problem der Vorhersage des Auftretens der Kartoffelkrautfäule (*Phytophthora infestans*) und die Möglichkeit seiner Lösung durch eine „Negativprognose“. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **18**, 33-40.

VOWINCKEL, O., 1926: Die Anfälligkeit deutscher Kartoffelsorten gegenüber *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary unter besonderer Berücksichtigung der Untersuchungsmethoden. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **14**, 588-641.

Geschichte der Phytophthora-Negativprognose

Bärbel Schöber-Butin und Helmut Schiff

Einleitung

Vor rund dreißig Jahren erschien in der Phytopathologischen Zeitschrift ein Artikel von Schrödter und Ullrich (1965), den Van der Plank (1975) mit folgendem Zitat kommentierte:

„ Future historians may well come to regard Schrödter and Ullrichs introduction of multiple regression analysis into the epidemiology of plant disease as one of the milestones in plant pathology.“

Das Manuskript hatte den Titel „Untersuchungen zur Biometeorologie und Epidemiologie von *Phytophthora infestans* (Mont.) de By. auf mathematisch-statistischer Grundlage“ und war das Ergebnis einer langen, fruchtbaren Zusammenarbeit zwischen einem Meteorologen – Harald Schrödter – und einem Botaniker – Johannes Ullrich. Es war die Grundlage für die nur zwei Jahre später in die Praxis eingeführte Negativprognose zur Bekämpfung der Kraut- und Braunfäule der Kartoffel.

Ullrich war 1954 bei seinem Eintritt in die Biologische Bundesanstalt, Institut für physiologische Botanik, mit der Durchführung eines gemeinsamen Forschungsvorhabens mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) betraut worden. Ziel der Untersuchungen war die Erforschung der Witterungsabhängigkeit von Krautfäuleepidemien. Zu diesem Zeitpunkt wurden den Pflanzenschutzämtern vom DWD meteorologische Unterlagen für einen Phytophthora-Warndienst zur Verfügung gestellt. Es handelte sich dabei um Auszüge aus dreistündigen Wettermeldungen von verschiedenen Wetterstationen, aus denen sich die Pflanzenschutzämter „Phytophthora-kritische Perioden“ aussuchten und danach ihre Warnmeldungen herausgaben. Diese Warnmeldungen waren derzeit jedoch noch sehr unsicher.

Schrödter war zu dieser Zeit an der Agrarmeteorologischen Forschungsstation in Aschersleben beschäftigt. Auf dem Kongreß der International Society of Biometeorology

1963 in Pau, Frankreich, trafen sich beide Forscher in der Arbeitsgruppe „Wetter und Pflanzenkrankheiten“. Ullrich berichtete Schrödter über das Krautfäuleprojekt und beide beschlossen, zusammenzuarbeiten. Schrödter, der inzwischen vom DWD an der Agrar-meteorologischen Forschungs- und Beratungsstelle Gießen angestellt war, übernahm das gesamte bisher angefallene Datenmaterial vom DWD und führte die notwendigen Berechnungen am Rechenzentrum der Universität Gießen durch. Nach vielen gemeinsamen Treffen und Diskussionen entstand die Idee der Negativprognose.



Johannes Ullrich



Harald Schrödter

Grundlagen und biologische Voraussetzungen

Der Erreger der Kraut- und Braunfäule der Kartoffel, der Pilz *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, benötigt für die Keimung der Sporangien tropfbar flüssiges Wasser. Abhängig von der Temperatur beginnt das Schwärmen der Zoosporen nach mindestens einer Stunde. Für die Keimung der Zoosporen und das Eindringen des Keimschlauches in das Gewebe werden nochmals mindestens 3 - 4 Stunden mit tropfbar flüssigem Wasser oder zumindest hoher relativer Luftfeuchtigkeit benötigt. Damit ist die Infektion bereits nach ca. 5 Stunden vollzogen. Die Feuchtigkeit ist auch entscheidend für die erneute Bildung von Sporangien am Luftmyzel. Unabhängig von Feuchtigkeit und Wasser ist nur

das Myzelwachstum im Blatt, das lediglich von der Temperatur gesteuert wird. Eine Hemmung der Ausbreitung erfolgt indirekt über eine verminderte Lebensfähigkeit der Sporangien bei Trockenperioden mit Luftfeuchtigkeiten unter 70%. Zusammengefaßt lassen sich die biologischen Anforderungen wie folgt darstellen:

| Pilzstadium | Temperatur-anspruch | Feuchtigkeits-anspruch | Dauer in Stunden |
|------------------------------|----------------------------|---|-------------------------|
| Sporangienkeimung, Infektion | 10 - 12°C | tropfbar flüssiges Wasser, über 90% rel. Luftfeuchtigkeit | mindestens vier Stunden |
| Myzelwachstum im Gewebe | 15 - 20°C | keiner | unbegrenzt |
| Sporangienbildung | 20 - 22°C | über 90% rel. Luftfeuchtigkeit | mindestens zehn Stunden |

Aus diesen Angaben ist bereits die hohe Abhängigkeit des Erregers von Witterungsdaten ersichtlich.

Versuchsanlage und Durchführung

In Zusammenarbeit mit dem Pflanzenschutzdienst der Länder wurden seinerzeit Beobachtungspartellen angelegt. Sie lagen entweder in der Nähe von Stationen des DWD oder der DWD installierte die notwendigen meteorologischen Geräte auf den Versuchsfeldern. Als Sorten wurden Erstling, Bona und Ackersegen ausgewählt. Die Bonituren begannen 14 Tage nach dem Auflaufen der Kartoffeln. Festgehalten wurden das Datum des Erstbefalls und das Fortschreiten der Epidemie. Gleichzeitig erfolgte die stündliche Messung von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit in 2m Höhe sowie des Niederschlags in 1m Höhe. Die Messung in 2m Höhe wurde einer Messung im Bestand vorgezogen, weil die Messungen für einen größeren Bereich als für ein Feld repräsentativ sein sollten. Diese Versuchsanlage wurde auf der am 10./11. Dezember 1956 in Braunschweig abgehaltenen Europäischen Phytophthora-Prognose-Konferenz auch von Nachbarstaaten

übernommen. Dies geht aus den wenigen Unterlagen, die aus dieser Zeit noch vorhanden sind, hervor.

In eingehenden Untersuchungen im Labor wurden Faktoren erarbeitet, die eine Wichtung sowohl der Witterungskriterien als auch der biologischen Faktoren erlaubten (Ullrich und Schrödter 1966). Sie wurden mit den stündlichen Wetterdaten multipliziert und über eine Woche addiert. Daraus ergab sich die Wochenbewertungsziffer WBZ. Ab dem Auflaufdatum der Kartoffeln wurden die WBZ wiederum addiert und ergaben die Gesamtbewertungsziffer GBZ.

Aus den Befalls- und Witterungsdaten wurden zwei Schwellenwerte, nämlich GBZ 150 und GBZ 270, festgelegt (Schrödter und Ullrich 1966, 1967). Was heißt nun GBZ 150 bzw. 270.? Nach van der Plank (1963) ist ein Befallsgrad von 0,1 % als Startpunkt für eine Epidemie anzusehen, die noch auf ein Feld mit einer Primärinfektion beschränkt ist, während die großräumige Ausbreitung erst bei 1 % beginnt. Graphisch dargestellt ergibt sich für den Befallsverlauf pro Zeit eine S-Kurve, die durch eine Logittransformation zu einer Geraden wird (van der Plank 1963). 0,1 % Befall entspricht dann 150×10^{-2} Logits und 1 % 270×10^{-2} Logits. Der Einfachheit halber wird in der Praxis nur vom Grenzwert 150 bzw. 270 gesprochen.

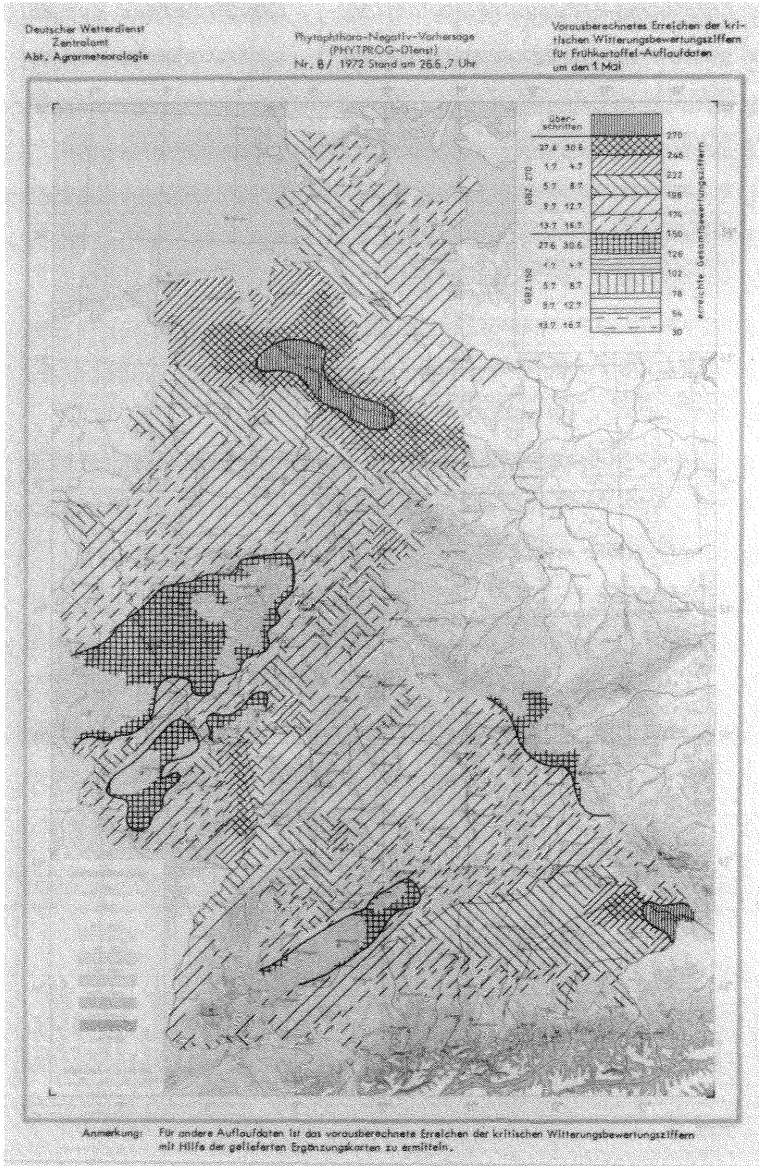
Die Negativprognose sagt also nicht den Befallsbeginn voraus sondern das Ende der aus Witterungsgründen befallsfreien Zeit. Vor dem ersten Termin = GBZ 150 tritt kein Befall auf. Zwischen dem ersten und dem zweiten Termin = GBZ 270 kann Befall auftreten, d.h. die Bestände müssen kontrolliert und gegebenenfalls behandelt werden. Nach dem zweiten Termin kann sich der Befall sehr schnell entwickeln und die Bestände sollten mit Fungiziden behandelt werden. Damit ist die Negativprognose abgeschlossen.

Übertragung in die Praxis

Der DWD übernahm die Berechnung der Prognose unter dem Namen PHYTPROG-Dienst. Zwischen 70 und 80 Stationen des DWD meldeten stündlich die Witterungsdaten an den Zentralkomputer des DWD in Offenbach. Bis 1971 wurden die WBZ und GBZ zwischen April und August in Form von Tabellen dem Pflanzenschutzdienst zur Verfügung gestellt (Abb. 1).

Bei dieser Darstellung ergaben sich aber Schwierigkeiten, weil nicht immer die Zuordnung der Wetterstation zur Anbaufläche ersichtlich war. 1972 erschien der Warndienst dann zum erstenmal in Kartenform (Abb.2). Hier mußte nur der Standort gesucht werden, und an Hand der Schraffur konnte die GBZ bzw. das Datum des Erreichens der GBZ 150 bzw. 270 abgelesen werden.

Abb. 2: PHYTPROG 1972



Im Laufe der Zeit wurde das System immer weiter verbessert. Um allen Auflaufdaten zwischen April und Mai gerecht zu werden, wurden Ergänzungskarten herausgegeben. Mit ihnen konnte nun die GBZ für ein bestimmtes Auflaufdatum genau festgelegt werden.

Der PHYTPROG-Dienst wurde von den Pflanzenschutzämtern schnell in die Praxis eingeführt. Die zuständigen Sachbearbeiter legten die für ihr Dienstgebiet zutreffenden Grenzwerte fest und reduzierten so den Einsatz von Fungiziden. In Gemeinschaftsversuchen wurden die Rahmenbedingungen für die Negativprognose kontinuierlich überprüft. Die dabei gemachten Erfahrungen haben den hohen, praktischen Wert dieser Methode immer wieder bestätigen können.

Zusammenfassung

In rund 30 Jahren hat die Negativprognose nun ihre Zuverlässigkeit bewiesen. Nach und nach übernahmen auch andere europäische Länder dieses Prognoseverfahren und wandelten es ihren Bedürfnissen entsprechend ab. In Holland wurde es in ein Beratungsprogramm, das der Landwirt selbst durchführen kann, integriert. In den letzten Jahren hat sich jedoch der Anbau von Frühkartoffeln erheblich verändert. Immer häufiger werden Verfahren zur Reifebeschleunigung eingesetzt, z.B. Anbau unter Folie oder Vlies, und in einigen Bezirken wird beregnet. Für diese Anbaubedingungen gilt die Negativprognose nicht. Daher wurden von der Zentralen Agrarmeteorologischen Forschungsstelle des DWD in Braunschweig neue Modelle entwickelt, die unter den Namen AMBER-FOLIE bzw. AMBER-PHYBER laufen. Sie basieren zwar auf der bewährten Negativprognose; die Bewertungsziffern werden jedoch speziell für die genannten Anwendungsgebiete errechnet und sind höher als im normalen Feldanbau (Löpmeier et al. 1990).

Schrödter und Ullrich sind für ihre Verdienste um die Landwirtschaft mit vielen Auszeichnungen bedacht worden. So ehrte u. a. die International Society of Biometeorology Schrödter mit dem Preis der William F. Peterson Foundation und beide wurden mit der Anton-de-Bary-Medaille der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft ausgezeichnet.

History of Phytophthora - Negativprognosis

Summary

30 years ago the Negativprognosis was created by Schrödter and Ullrich. This prognosis is based on weather conditions like rainfall, temperature and relative humidity. The official weather service calculate a model which includes all parameters and transfers the results to the plant protection service, which in turn warns the farmers. The model informs the farmers for how long the fungus will not pose any danger and forecast the exact date for the first application of fungicides. This prognosis helps to reduce the application of fungicides and is considered to be environmentally friendly.

Literatur

- LÖPMEIER, F.-J., SYRING, K.-M. und H.-D. HAENEL, 1990: Ansätze zur Anwendung des Phytophthoramodells bei Anwendung unter Folie sowie bei Beregnung. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 266, 484.
- SCHRÖDTER, H. und J. ULLRICH, 1965: Untersuchungen zur Biometeorologie und Epidemiologie von *Phytophthora infestans* (Mont.) de By. auf mathematisch-statistischer Grundlage. Phytopathologische Zeitschrift 54, 87 - 103.
- SCHRÖDTER, H. und J. ULLRICH, 1966: Weitere Untersuchungen zur Biometeorologie und Epidemiologie von *Phytophthora infestans* (Mont.) de By. Ein neues Konzept zur Lösung des Problems der epidemiologischen Prognose. Phytopathologische Zeitschrift 56, 265 - 278.
- SCHRÖDTER, H. und J. ULLRICH, 1967: Eine mathematisch-statistische Lösung des Problems der Prognose von Epidemien mit Hilfe meteorologischer Parameter, dargestellt am Beispiel der Kartoffelkrautfäule (*Phytophthora infestans*). Agricultural Meteorology 4, 119 - 135.
- ULLRICH, J. und H. SCHRÖDTER, 1966: Das Problem der Vorhersage des Auftretens der Kartoffelkrautfäule (*Phytophthora infestans*) und die Möglichkeit seiner Lösung durch eine „Negativprognose“. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) 18, 33 - 40.
- VAN DER PLANK, J. E., 1963: Plant diseases: Epidemics and control. Academic Press New York, 349 S.
- VAN DER PLANK, J. E., 1975: Principles of plant infection. Academic Press New York, 216 S.

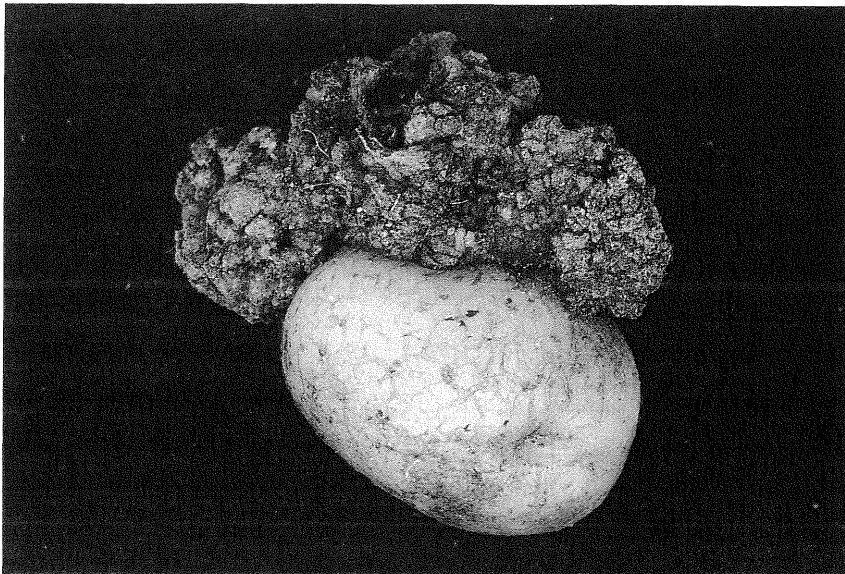
***Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.:**
Zur Geschichte des Kartoffelkrebses in Deutschland

Hans Stachewicz und Eduard Langerfeld

Einleitung

Der Kartoffelkrebs gehörte in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts in Ländern mit gemäßigten Klimaverhältnissen und intensivem Kartoffelanbau neben den Virose- und der Kraut- und Knollenfäule zu den wichtigsten Kartoffelkrankheiten (Salaman 1949). Bei starker Verseuchung des Bodens mit *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. kann es zu erheblichen Ertragsausfällen und zur Wertminderung des Erntegutes durch Ausbildung von Wucherungen an den Knollen kommen (Abb. 1). In den Wucherungen entwickelt der Pilz massenhaft Dauersporangien, die bei Fäulnis der Wucherungen freigesetzt werden und im Boden mindestens 15 Jahre infektiös bleiben können (Rintelen et al. 1983).

Abb. 1: Knolle mit Krebswucherungen



Die Beschreibung der Symptome und die systematische Zuordnung erfolgte bereits 1896 durch Schilberszky. Er stellte den als *Chrysophlyctis endobiotica* beschriebenen Erreger in die Ordnung der Chytridiales (Schilberszky 1896).

Die gegenwärtige wirtschaftliche Bedeutung des Kartoffelkrebses resultiert in erster Linie aus Einschränkungen durch staatliche Verordnungen, die einer Verbreitung des Erregers entgegen wirken sollen (z. B. Ein- und Ausfuhrverbote von Pflanz- und Speisekartoffeln aus Befallsgebieten, Kartoffelanbauverbot auf krebsverseuchten Flächen u. a.). Mit dem vorliegenden Beitrag soll ein kurzer Überblick über die Geschichte des Kartoffelkrebses, insbesondere über seine Verbreitung und die Entwicklung der Resistenzprüfung auf dem Gebiet der heutigen Bundesrepublik Deutschland gegeben werden. Die Geschichte des Kartoffelkrebses ist in besonderer Weise mit der Biologischen Reichsanstalt bzw. mit deren Nachfolgeeinrichtungen in beiden ehemaligen deutschen Staaten verbunden. Seit der Entdeckung des Kartoffelkrebses in Deutschland im Jahre 1908 sind alle Arbeiten zur Forschung, Überwachung (Krebsherdkartei) und Bekämpfung von der Biologischen Reichsanstalt bzw. deren Nachfolgeeinrichtungen in ständiger Partnerschaft mit dem Pflanzenschutzdienst durchgeführt oder koordiniert worden. Ein Schwerpunkt der Arbeiten war die Aufklärung der Praktiker über Biologie und Bekämpfungsmaßnahmen mit Flugblättern und Beiträgen in Fachzeitschriften und der Tagespresse. In diesem Zusammenhang ist das Flugblatt Nr. 53 von Schlumberger (1927) hervorzuheben, in dem die wichtigsten Erkenntnisse über den Kartoffelkrebs eindrucksvoll zusammenfassend dargestellt werden (Abb. 2). Aufgrund der Biologie des Krebserregers (lange Lebensdauer der Dauersporangien) und der Möglichkeit seiner leichten Verbreitung durch erkranktes oder kontaminiertes Pflanzgut innerhalb eines Landes oder zwischen den Ländern ist der Kartoffelkrebs schon frühzeitig im In- und Ausland zum Quarantäneschaderreger erklärt worden.

Erstauftreten in Deutschland

Die ersten Informationen über das Auftreten des Kartoffelkrebses in Deutschland gehen auf das Jahr 1908 zurück. Spieckermann (1908), Schneider (1908) und Jösting (1908) haben unabhängig voneinander in Westfalen (Arnsberg) bzw. im Rheinland (Cronenberg bei Düsseldorf) Kartoffelkrebs nachgewiesen. An den Fundstellen wurden die befallenen Flächen bereits als stark verseucht eingestuft.



Der Kartoffelkrebs

Von Regierungsrat Dr. Otto Schlumberger

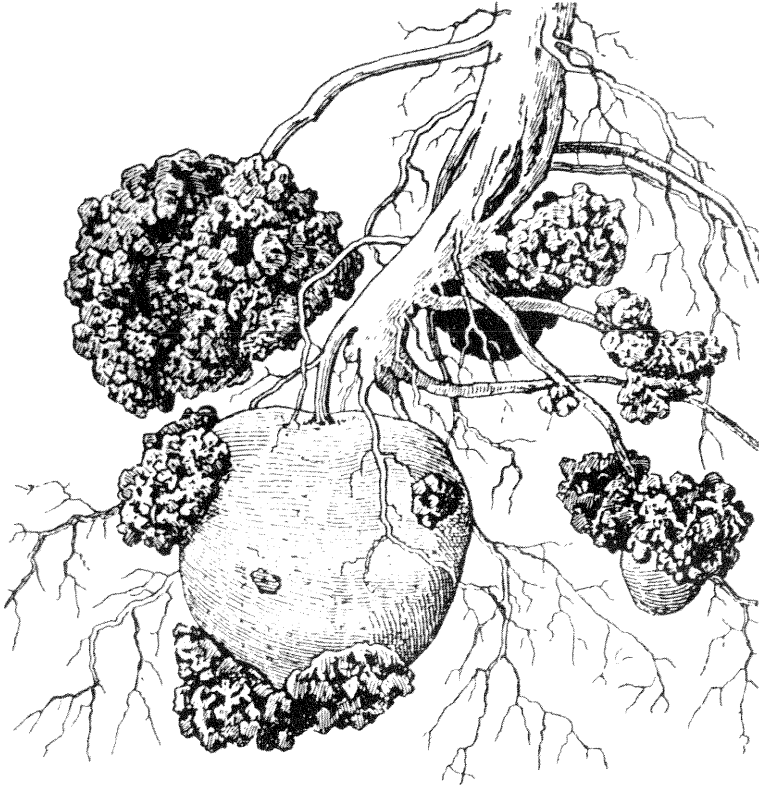


Abb. 1. Stark krebssranke Kartoffelstaude. An einzelnen Triagsäden ist die Knollenbildung vollkommen unterblieben.

Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung: Seit dem ersten Auftreten des Kartoffelkrebses in Deutschland, das im Rheinland und gleichzeitig in Westfalen im Jahre 1908 beobachtet wurde, hat sich die Krankheit vor allem in Teilen der Industriegegend Rheinlands, Westfalens, Thüringens, Sachsens und Schlesiens und in der Umgebung einiger Großstädte ausgebreitet. Sie ist aber auch in Kartoffelproduktionsgebieten, und zwar vor allem in Mecklenburg und Brandenburg, stellenweise aufgetreten. Während der ersten Jahre war die Krankheit fast ausschließlich in Arbeiter- und Schrebergärten beobachtet worden, in denen alljährlich Kartoffeln auf der gleichen Fläche angebaut werden.

Alle Flugblätter und Merkblätter sind kostenlos zu haben bei der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem Königin-Luise-Strasse 19, Postfach 10000 Berlin Nr. 75, und den amtlichen Pflanzenkrankheiten-Empfehrer 19 V, von 10 Stück an 5, von 100 Stück an 4, von 1000 Stück an 3 M. bei freier Zuleitung.
Ein Verzeichnis der erschienenen Flugblätter und Merkblätter sowie eine Preisverzeichnisse können auf Wunsch zur Verfügung gestellt werden. Bestellungen unter Quellenangabe gebietet und erwünscht.

Die internationale Verbreitung des Kartoffelkrebses ist Tabelle 1 zu entnehmen. In den meisten Ländern ist über das Auftreten des Kartoffelkrebses in den ersten 30 bis 40 Jahren dieses Jahrhunderts berichtet worden, nachdem der Erreger wahrscheinlich mit süd-amerikanischen Wildsorten oder Guano-Transporten nach Europa eingeführt worden ist und bei enger Anbaufolge von anfälligen Kultursorten optimale Entwicklungsbedingungen vorfand. Andererseits ist bekannt, daß *S. endobioticum* in Europa heimische Solanaceen infizieren kann, und daß so die Existenz des Erregers bei geringer Vermehrungsrate auch ohne anfällige Kulturkartoffeln möglich ist. Wegen günstiger klimatischer Voraussetzungen sowie wildwachsender Solanaceen als Wirtspflanzen vermuten daher Esmarch (1925) und Gäumann (1951) den Ursprung des Kartoffelkrebses in Europa.

Tab. 1: Zitiertes Auftreten von *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in den einzelnen Ländern (nach Langerfeld 1984, verändert)

| Jahr | Land |
|-------------|--|
| bis 1900 | Finnland, Großbritannien, Ungarn/ jetzt Slowakei |
| 1901 - 1910 | Deutschland, Irland, Kanada-Neufundland, Norwegen |
| 1911 - 1920 | Malta, Niederlande, Schweden, (Belgien, Luxemburg), Tschechische Republik, USA |
| 1921 - 1930 | Dänemark, Österreich, Peru, Polen, (Portugal), Rumänien, Schweiz, Südafrika |
| 1931 - 1940 | Bolivien, Italien, Ukraine, Weißrußland |
| 1941 - 1950 | Falkland-Inseln |
| 1951 - 1960 | Indien, Slowenien, Kroatien, Uruguay, Rußland, Lettland, Estland, Litauen |
| 1961 - 1970 | Chile, China, Nepal, Neuseeland |
| 1971 - 1980 | Bhutan, Sikkim |
| 1981 - 1990 | keine Meldung |

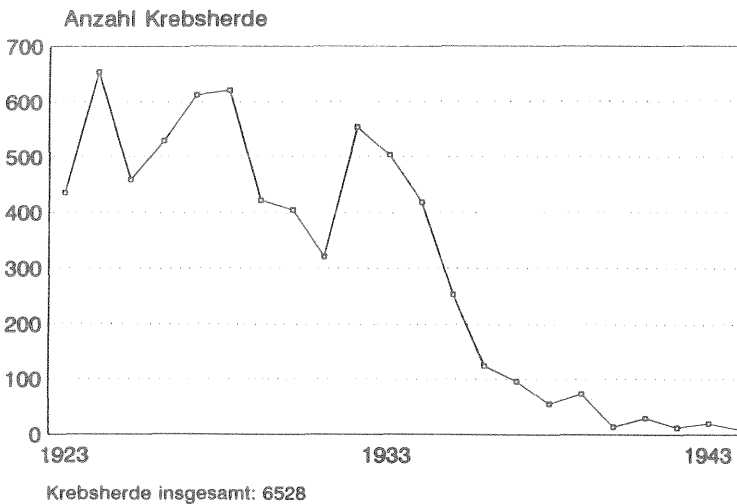
Nach EPPO (1982): (...) nicht etabliert. Berichte über Auftreten in Rhodesien, Iran, Korea, Libanon, Japan und in der Vereinigten Arabischen Republik wurden nicht bestätigt.

Befallssituation auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland

Situation vor 1945

Seit seinem Bekanntwerden hat sich der Erreger des Kartoffelkrebses in Deutschland schnell verbreitet. Die ständig wachsende Anzahl neuer Krebsherde führte dazu, daß ab 1923 alle gemeldeten Krebsherde von der Biologischen Reichsanstalt in einer Krebskartei erfaßt und jährlich in der Zeitschrift „Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst“ bekannt gegeben wurden. Die Abbildung 3 zeigt die Anzahl der bis zum Jahre 1944 in Deutschland registrierten Krebsherde, die später dem Pathotyp 1 zugeordnet wurden.

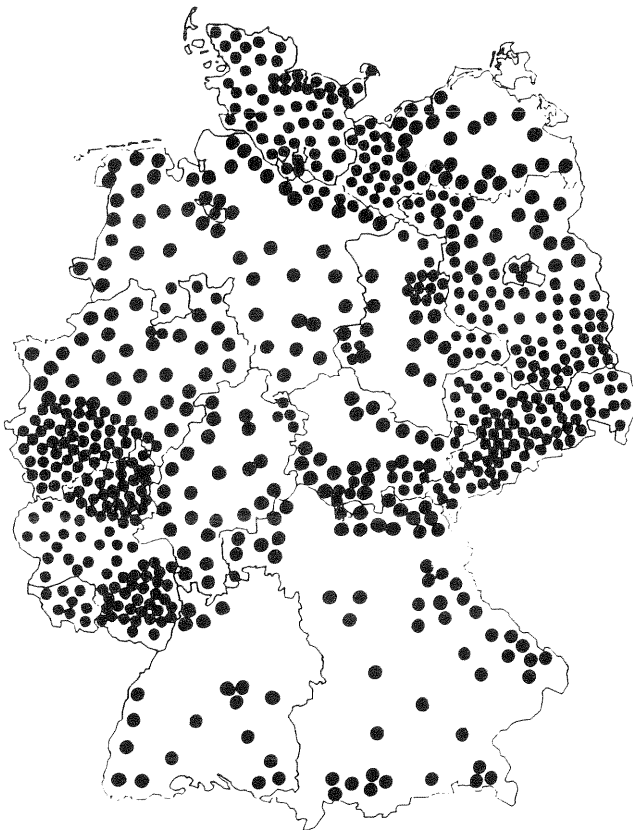
Abb. 3: Von 1923 - 1944 registrierte Krebsherde des Pathotyps 1 in Deutschland



Im gesamten damaligen Reichsgebiet verringerten sich die Meldungen über das Neuauftreten von Krebsherden erst ab 1935. Der Rückgang der Neuvorkommen steht in engem Zusammenhang mit den intensiven Bemühungen zur Züchtung resistenter Sorten und deren staatlich verordnetem Anbau. Hauptbefallsgebiete in den 20er und 30er Jahren waren das rheinisch-westfälische Industriegebiet, sowie die Länder Sachsen, Thüringen,

Schleswig-Holstein, Brandenburg und Mecklenburg (Abb. 4). Nach Köhler (1931 c) betrug die Befallsfläche Ende der 20er Jahre etwa 0,1 % der gesamten Kartoffelanbaufläche. Hauptursache für die schnelle Verbreitung des Krebsserregers war neben den günstigen Infektionsbedingungen vor allem der Handel mit erkrankten bzw. kontaminierten Kartoffeln. Allen entsprechenden Berichten zufolge trat der Kartoffelkrebs vorwiegend in Hausgärten und auf kleineren Flächen auf. Als Erklärung können fehlender jährlicher Pflanzgutwechsel (Knollen der eigenen Ernte werden wieder als Pflanzgut eingesetzt), keine geregelte Fruchtfolge (Kartoffelanbau in Folge), Verbreitung des Erregers mit Erdresten an Maschinen und Geräten, Transportfahrzeugen, Wind und Regenwasser (Hanglagen), Stallmist (bei Rohverfütterung befallener Knollen oder anderer Pflanzenteile), Pflanzgutaustausch als „Nachbarschaftshilfe“ u. a. angeführt werden.

Abb. 4: Verbreitung der Krebsherde des Pathotyps 1 vor 1944



Situation nach 1945

Noch vor 1945 konnten nach den Richtlinien der Biologischen Reichsanstalt aus dem Jahre 1927 fast alle Krebsherde des Pathotyp 1 amtlich gelöscht werden. Eine Löschung wurde dann möglich, wenn im Bereich des Krebsherdes sechs Jahre nach dem letzten Krebsauftreten kein neuer Krebsbefall durch den zuständigen Pflanzenschutzdienst beobachtet worden war und eine vollständige Umstellung des Anbaues auf krebsresistente Sorten in der Sicherheitszone stattgefunden hatte. Außerdem mußte die Verpflichtung des Besitzers der verseuchten Fläche zu einem 6 jährigen Anbau von krebsresistenten Kartoffelsorten vorliegen.

Abb. 5: Verbreitung der Krebsherde mit neuen Pathotypen nach 1945



Die noch verbliebenen Krebsherde aus der Zeit vor 1945 und die wenigen neuen Krebsherde des Pathotyp 1, die in den ersten Nachkriegsjahren auftraten, wurden in beiden deutschen Staaten unter Beachtung der aktuellen gesetzlichen Regelungen ebenfalls bereits amtlich gelöscht oder die vorgeschriebenen Untersuchungsverfahren für die Löschung eingeleitet. In der Bundesrepublik Deutschland ist der Pathotyp 1 gegenwärtig nicht mehr nachweisbar.

Im Gegensatz zum Pathotyp 1 gewannen nach 1942 neue Pathotypen, die Sorten mit Resistenz gegenüber Pathotyp 1 befallen können, an Bedeutung. Bisher konnten in Ost- und Westdeutschland 9 verschiedene neue Pathotypen identifiziert werden (Tab. 2).

Tab. 2: Pathotypen von *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in Deutschland

| Pathotyp | erster Fundort | Jahr der Identifizierung |
|----------|---|--------------------------|
| 1 | Arnsberg/Westfalen, Cronenberg/Rheinland | 1908 |
| 2 | Gießübel/Thüringen | 1942 |
| 4 | Pappenheim/Thüringen | 1948 |
| 5 | Koppatz/Brandenburg | 1951 |
| 6 | Olpe/Westfalen | 1952 |
| 7 | Schweinsberg/Hessen | 1953 |
| 8 | Kohlhaus (Fulda)/Hessen | 1954 |
| 9 | Rudolstadt/Thüringen | 1950 |
| 10 | Eulendorf/Sachsen | 1956 |
| 18 | Trannroda/Thüringen | 1978 |

Die Abbildung 5 zeigt einen Überblick über die Verteilung der Krebsherde mit neuen Pathotypen. Zur Zeit (Stand 1995) sind etwa 1700 Krebsherde registriert. Der Anteil der Krebsbefallsfläche zur Kartoffelanbaufläche (ca. 350 000 ha) beträgt etwa 0,3 % und

stellt daher keine nennenswerte Beeinträchtigung des Kartoffelanbaues dar. Während vor 1945 die Krebsherde des Pathotyp 1 in ganz Deutschland auftraten, sind Krebsherde mit den neuen Pathotypen nördlich der Mittelgebirge bzw. des 52. Breitengrades bisher nicht festgestellt worden. Es ist aber darauf hinzuweisen, daß die ökologischen Voraussetzungen für eine Ausbreitung der neuen Krebspathotypen in der gesamten Bundesrepublik Deutschland vorhanden sind (Hey 1966).

Optimal für das Krebsauftreten sind leicht saure Mineralböden mit nicht zu hohem Humusanteil und einer Wasserkapazität von 60 - 70 % sowie eine Jahresniederschlagsmenge von > 600 mm. Niederschläge in den ersten 3 Wochen sowie 7 - 10 Wochen nach der Pflanzung begünstigen die Infektionen.

Die Anzahl der jährlich gemeldeten Krebsherde ist starken Schwankungen unterlegen. Seit dem Jahre 1983 entspricht die Anzahl der jährlich neu gemeldeten Herde etwa der Anzahl der amtlich gelöschten Herde.

Forschungsarbeiten in Deutschland

Als in Deutschland erstmalig über das Auftreten von Kartoffelkrebs berichtet wurde, waren z. B. in England unter dem Druck der starken Ausbreitung dieser Krankheit bereits Untersuchungen zur Biologie des Erregers und seiner Bekämpfung begonnen worden. Im Jahre 1910 waren in England schon etwa 18 Sorten mit Feldresistenz bekannt. Nach Köhler (1929) ist die englische Sorte „Snowdrop“ bereits in den 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts als „krebsfest“ erkannt worden. Inzwischen war auch der Lebenszyklus des Erregers beschrieben worden und Untersuchungen zur Zytologie und Morphologie hatten eine neue Eingruppierung ergeben. Der Erreger wurde nun zur Gattung *Synchytrium* gestellt und erhielt den endgültigen Namen *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. (Percival 1910).

In Deutschland wurden vor allem mit den Arbeiten von Köhler (1923, 1924a, 1924b, 1925, 1927a, 1927b, 1931a, 1931b, 1936 u. a.) die bisherigen Erkenntnisse zur Biologie des Krebserreger präzisiert. Köhler leistete einen wichtigen Beitrag zur Aufklärung der Wirt-Parasit-Beziehungen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Sortenreaktionen. Diese Ergebnisse dienten bis Anfang der 50er Jahre als Grundlage für die Sortenbeurteilung. Hey (1951, 1957 und 1959), Ullrich (1960 a, b und c) und Hille (1965) haben die Untersuchungen über die Resistenz- und Anfälligkeitsreaktionen der Sorten unter Einbe-

ziehung der neuen Pathotypen fortgesetzt und die Bildung von Abwehnekrosen bei Tolerierung von fünf nichtnekrotisierten Sori je Sproß als Grundlage für die Bewertung der Resistenzreaktion befürwortet. Diese aus biologischer Sicht willkürliche Grenzziehung bei der Sortenbeurteilung unter Laborbedingungen hat sich unter praktischen Bedingungen bewährt (Langerfeld und Stachewicz 1992). Entscheidend für das Merkmal „Resistenz“ ist die Verhinderung von „Sekundärinfektionen“ unter Freilandbedingungen. Die zahlreichen Versuche zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses im In- und Ausland in den 20er Jahren dieses Jahrhunderts zeigen, daß die Sortenresistenz in Verbindung mit Reglementierungen des Anbaues und des Handels die wirksamste Möglichkeit zur Unterdrückung des Kartoffelkrebses darstellt.

Die Versuche zur chemischen Entseuchung des Bodens von Schaffnit und Voss (1917 und 1918) und später von Lemmerz (1930) brachten wegen ungenügender Wirkung und phytotoxischen Nebenwirkungen nicht die erhofften Erfolge, so daß die Arbeiten zur Züchtung resistenter Sorten verstärkt wurden.

Entwicklung von Resistenzprüfmethoden

Die ersten Informationen über eine gezielte Resistenzprüfung deutscher Kartoffelsorten stammen von Appel (1918). Nach dreijährigen Feldprüfungen (1915 - 1918) an drei natürlich verseuchten Standorten (Münster, Cronenberg und Lübeck) zeigten 7 von 169 untersuchten Sorten keinen Befall. Dieses Ergebnis begünstigte die Entscheidung zur Züchtung von Sorten mit Krebsresistenz. Im Rahmen der Neustrukturierung der Biologischen Reichsanstalt im Jahre 1920 unter Leitung von Appel wurden mit der Gründung der Laboratorien für Kartoffelbau und für Pflanzenzucht wichtige Voraussetzungen zur Intensivierung der Forschungs- und Züchtungsaufgaben geschaffen. Eine besondere Bedeutung bei der Züchtung krebsresistenter Sorten erlangte z. B. der Kartoffelstamm BRA 9089 der Biologischen Reichsanstalt.

Eine entscheidende Grundlage für die Krebsresistenzzüchtung war die Entwicklung von Prüfmethoden, die eine exakte Bewertung der Sortenreaktion, eine deutliche Erhöhung des Prüfumfanges und eine Verkürzung der Prüfzeiten ermöglichten. Spieckermann und Kotthoff (1924) haben als erste eine Labormethode entwickelt, mit der Feldversuche ersetzt bzw. deutlich reduziert werden konnten. Bei dieser Methode werden Dauer-sporangien des Krebserregers (Krebskompost) zur Infektion von Kartoffelkeimen be-

nutzt. Nach einer Ruheperiode entwickeln sich in den Dauersporangien Zoosporen, die nach ihrer Freisetzung meristematisches Gewebe (Keimspitzen) infizieren. Mit dieser Methode konnte die Leistungsfähigkeit der Resistenzprüfung hinsichtlich Qualität und Quantität gegenüber der Feldprüfung spürbar verbessert werden. Die Spieckermann-Methode wurde seit 1925 für die amtliche Resistenzprüfung in Deutschland eingesetzt. Die häufig geringen Infektionsraten mit dieser Methode, besonders bei schnellwachsenden Keimen, waren Anlaß für erneute Forschungsarbeiten zur Verbesserung der Labor-methode. Glynne (1925) stellte ein neues Infektionsverfahren vor, das in England zur Resistenzprüfung eingesetzt wurde. Im Gegensatz zu Spieckermann und Kotthoff arbeitete Glynne mit einer Zoosporensuspension aus *Sommersori*, mit der direkt die 1 bis 2 mm langen Keime der Augenplatten infiziert wurden. Lemmerzähl (1930a, 1930b, 1931) modifizierte die Glynne-Methode, indem er statt der Zoosporensuspension frische Wucherungen mit reichlich *Sommersori* für die Infektion benutzte. Diese Verfahrensweise vereinfachte die praktische Anwendung einer Zoosporensuspension ganz erheblich. Ab 1930 wurde die amtliche Resistenzprüfung auch nach diesem Verfahren, jetzt als Glynne-Lemmerzähl-Methode bekannt, durchgeführt. Während der etwa 65-jährigen Anwendung ist diese Methode mehrfach im In- und Ausland modifiziert worden und stellt heute in den meisten Ländern, einschließlich der Bundesrepublik Deutschland, die Grundlage für die Resistenzprüfung und für die ganzjährige Vermehrung der Krebs-Laborkulturen dar. Mit der Glynne-Lemmerzähl-Methode konnten gegenüber der Spieckermann-Methode durch Optimierung der Infektions- und Inkubationsbedingungen die Infektionsraten erhöht, die Bewertung sogenannter Grenzsorten verbessert und die Prüfungsdauer je Probe auf 14 - 28 Tage verkürzt werden.

Die ganzjährige Haltung der Krebskulturen unter Laborbedingungen ist vor allem dann erforderlich, wenn ständige Krebsversuchsfelder zur Lieferung frischer Krebswucherungen für den Neuaufbau der Laborkulturen nicht zur Verfügung stehen und die Prüfung aus Kapazitätsgründen unmittelbar nach der Ernte beginnen muß. Nach einem Neuaufbau von Laborkulturen aus Feldherkünften mit frischem Wucherungsmaterial oder Krebskompost sind außerdem vor Beginn der Resistenzprüfungen (besonders bei Kultivierung verschiedener Pathotypen) zeitaufwendige Pathotypenanalysen mit einem Kartoffeltestsortiment durchzuführen.

Entdeckung neuer Pathotypen

Die Entdeckung von Pathotypen des Kartoffelkrebserregers hatte erneut eine Intensivierung der Forschungsarbeiten zur Folge. Braun (1942) und Blattny (1942) berichteten als erste über Krebsbefall an bisher als resistent bezeichneten Kartoffelsorten in Gießübel (Thüringen) und Silberhütte (Südböhmen). Damit war bewiesen, daß auch der Krebserreger Rassen oder Pathotypen bildet, die sich in ihrem physiologischen Verhalten gegenüber bestimmten Kartoffelsorten unterscheiden.

Tab. 3: Reaktion von Kartoffelsorten gegenüber west- und ostdeutschen Pathotypen des Kartoffelkrebses

| Differential- sorten *) | Krebspathotyp | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------|---|---|---|---|---|---|----|----|
| | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 18 |
| Asche-Sämling | + | + | - | - | + | + | + | + | + |
| Blanik | - | + | + | + | + | + | + | ± | + |
| Certo(Certa) | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Desiree | - | ± | ± | ± | ± | + | ± | ± | + |
| Galina | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Giewont | - | + | + | - | + | + | + | + | + |
| Irmgard | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Karolin | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Maxilla | - | + | - | - | + | + | + | + | + |
| Miriam | - | - | - | - | - | - | - | + | + |
| Ora | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Palladia | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Panda | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Saphir | - | + | - | - | - | - | - | - | - |
| Sira | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Sissi | - | - | - | - | - | - | - | - | + |
| Tomensa | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Ulme | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Xenia | - | - | + | + | + | + | ± | + | + |

+ = anfällig;

- = resistent;

± = leicht anfällig bei Laborprüfung; im Freiland befallsfrei

*) Herrn Dr. K. Schüler, Institut für Pflanzenzüchtung und Kulturpflanzenforschung Gatersleben, Außenstelle Groß Lüsewitz, sei an dieser Stelle für die Überlassung des Knollenmaterials der Differentialsorten gedankt.

Schwerpunkte der Forschungsarbeiten von Braun (1942), Hey (1948, 1953 und 1957) und Ullrich (1957, 1958 und 1959) waren Untersuchungen zur physiologischen Spezialisierung des Krebsregens und zur Bewertung der Sortenreaktionen. In Ost- und Westdeutschland konnten unabhängig voneinander insgesamt 9 neue Pathotypen nachgewiesen werden (Tab. 2). Der westdeutsche Pathotyp 7 ist wegen Bebauung der Befallsfläche (Langerfeld mdl. Mitt.) sowie wegen Fehlens geeigneter Differentialsorten (Hassia, Hilla, Fortuna, Fram, Fontana u. a.) nicht mehr nachweisbar. Die nach der Wiedervereinigung beider deutscher Staaten durchgeführten Pathotypenanalysen unter Labor- und Feldbedingungen mit einem einheitlichen Testsortiment und Bewertungsschema bestätigten die Anzahl der beschriebenen Pathotypen in Ost und West (Langerfeld und Stachewicz 1992, 1993, 1994; Langerfeld et al. 1994). Mit den in der Tabelle 3 aufgeführten Testsorten lassen sich alle deutschen Pathotypen differenzieren. Hervorzuheben ist die große Ähnlichkeit der Pathotypen 5, 6, 8 und 9. Sie lassen sich nur mit den Sorten Giewont, Desirée bzw. Xenia unterscheiden. Die Krebsherde des Pathotyp 5 in Ostdeutschland konnten Ende der 80er Jahre amtlich gelöscht werden. Die lokal begrenzt auftretenden Herde der Pathotypen 4, 9 und 10 in Thüringen und Sachsen sind älter als 20 Jahre und konnten teilweise ebenfalls bereits gelöscht werden.

Tab. 4: Zuordnung der nach 1945 registrierten Krebsherde zu Pathotypen (Herde insgesamt = 100 %, Stand 1995)

| Pathotyp | Anteil Krebsherde % |
|----------|---------------------|
| 1 | 0,8 |
| 2 | 30,7 |
| 4 | 0,5 |
| 5 | 0,1 |
| 6 | 61,1 |
| 8 | 4,6 |
| 9 | 1,1 |
| 10 | 1,0 |
| 18 | 0,1 |

Aufgrund der geringen Unterschiede zwischen den Pathotypen 4, 8 und 9 ist die Laborhaltung der Pathotypen 4 und 9 auch unter Berücksichtigung ihrer geringen praktischen Bedeutung zugunsten des „aktiven“ Pathotyp 8 eingestellt worden. Der Pathotyp 1, der in der Bundesrepublik Deutschland ebenfalls seit mehr als 20 Jahren nicht mehr aufgetre-

ten ist, existiert nur noch als Laborkultur zur Absicherung der Krebsresistenzprüfung. Dieser Pathotyp ist in allen anderen Ländern mit Krebsbefall am häufigsten vertreten. Tabelle 4 zeigt die Bedeutung der Pathotypen, gemessen an ihrem Anteil an den nach 1945 gemeldeten Krebsherden einschließlich der inzwischen gelöschten Krebsherde. Aus praktischer Sicht sind nur noch die Pathotypen 1, 2, 6, 8, 10 und 18 für die Bundesrepublik Deutschland von Bedeutung. Diese Pathotypen lassen sich mit dem in Tabelle 5 zusammengestellten Testsortiment unter Freilandbedingungen identifizieren.

Tab. 5: Differentialsortiment zur Identifizierung von Krebspathotypen in Deutschland mit gegenwärtig zugänglichen Kartoffelsorten

| Differentialsorte | Krebspathotyp | | | | | |
|-------------------|---------------|---|---|---|----|----|
| | 1 | 2 | 6 | 8 | 10 | 18 |
| Tomensa | + | + | + | + | + | + |
| Irmgard | - | + | + | + | + | + |
| Desirée | - | ± | ± | + | ± | + |
| Saphir | - | + | - | - | - | - |
| Miriam | - | - | - | - | + | + |
| Sissi | - | - | - | - | - | + |
| Karolin | - | - | - | - | - | - |

+ = anfällig; ± = leicht anfällig bei Laborprüfung, im Freiland befallsfrei; - = resistent

Die amtliche Krebsresistenzprüfung

Der Anbau resistenter Sorten erwies sich als die wirksamste Maßnahme gegen den Kartoffelkrebs. Köhler (1929) bezeichnete die Resistenzzüchtung gegen den Kartoffelkrebs als ein „Schulbeispiel für die wirksamste Bekämpfung einer gefährlichen Kartoffelkrankheit“.

Die amtliche Resistenzprüfung wurde von der Biologischen Reichsanstalt in enger Zusammenarbeit mit dem Pflanzenschutzdienst zunächst als Feldprüfung in verschiedenen Befallsgebieten durchgeführt. Werth (1921) nennt als Standorte für Feldversuche Cronenberg, Kiel (Rendsburg), Rostock (Mönchshof) und Gotha (Gehlsberg). Die zugelassenen Sorten mit Krebsresistenz sind ab 1921 jährlich im Merkblatt Nr. 1 der Biologischen Reichsanstalt veröffentlicht worden. Von z. B. 7 Sorten im Jahre 1921 erhöhte

sich die Anzahl resistenter Sorten im Jahre 1925 auf 24 Sorten. Im Jahre 1931 gab es bereits 80 Sorten im deutschen Kartoffelsortiment mit Resistenz gegenüber Pathotyp 1. Mit der Umstellung von der Feld- auf die Gewächshausprüfung wurden ab 1925 die Resistenzprüfungen in Berlin-Dahlem (Biologische Reichsanstalt), Münster (Pflanzenschutzamt) und Lübeck (Bezirksstelle des Pflanzenschutzamtes Kiel) durchgeführt. Die Prüfung bestand aus 3 Stufen, nämlich der Vorsortierung (Münster oder Lübeck), Vorprüfung (an einer der 3 Prüfstellen) und Hauptprüfung (an allen drei Stellen gleichzeitig). Das endgültige Urteil wurde auf der Grundlage der Prüfergebnisse aus der Hauptprüfung der drei Prüfstellen durch die Biologische Reichsanstalt gefällt. Bei nicht eindeutiger Sortenreaktion unter Laborbedingungen (Grenzsorten) schloß sich eine Feldprüfung auf den künstlich verseuchten Versuchsfeldern am Prüfungsstandort an. Die Felder waren mit Krebsherkünften der jeweiligen Region verseucht worden. Das Versuchsfeld in Berlin-Dahlem z. B. wurde mit Krebsherkünften aus dem nördlichen und mittleren Teil Deutschlands verseucht. Nach Braun (1938) ist für eine sichere Bewertung der Sortenreaktion eine Vor- und Hauptprüfung unerlässlich. Für die Hauptprüfung wurden nur solche Stämme und Sorten zugelassen, die bei der Vorprüfung als „befallsfrei“ beurteilt worden waren. Innerhalb von 15 - 20 Jahren nach Beginn der Resistenzzüchtung war es möglich, für mehr als die Hälfte der damaligen Kartoffelanbaufläche resistente Sorten bereitzustellen. Nach Schlumberger (1937) betrug die anerkannte Fläche krebseresistenter Sorten im Jahre 1935 bereits 74,5 % der Pflanzguterzeugung insgesamt. Die Erfolge bei der Bekämpfung des Kartoffelkrebses ab 1935 führten zu den gesetzlichen Regelungen vom 08.10.1937 und 29.04.1939, nach denen ab Juni 1940 nur noch Pflanzgut krebseresistenter Sorten in den Verkehr gebracht und ab März 1941 mit wenigen Ausnahmen nur noch krebseresistente Sorten (Pathotyp 1-Resistenz) angebaut werden durften. Der Anbau anfälliger Sorten in Befallsgebieten war grundsätzlich verboten. Diese Festlegungen und die Verfahrensweise der Resistenzprüfung sind zunächst nach der Teilung Deutschlands in beiden deutschen Staaten im wesentlichen beibehalten worden.

In Ostdeutschland durften bis zur Wiedervereinigung 1990 nur Sorten zugelassen und angebaut werden, die gegenüber dem Pathotyp 1 resistent reagierten. In Verantwortung der Biologischen Zentralanstalt erfolgten die Resistenzprüfungen mit dem Pathotyp 1 in Kleinmachnow (Biologische Zentralanstalt, Vorsortierung, Vorprüfung, Hauptprüfung), Groß-Lüsewitz (Institut für Kartoffelforschung, Vorsortierung, Vorprüfung, Hauptprüfung) und in Halle (Pflanzenschutzamt, Hauptprüfung bis 1980). Das ständige Versuchs-

feld für den Pathotyp 1 (nur in Kleinmachnow) war mit Krebsherkünften des Versuchsfeldes in Berlin-Dahlem verseucht worden. Alle Sorten und Zuchtstämme mit Resistenz gegenüber Pathotyp 1 wurden zu einem späteren Zeitpunkt auf ihr Verhalten gegenüber allen in Ostdeutschland vorkommenden Pathotypen (Vor- und Hauptprüfung nur in Kleinmachnow) untersucht. Sorten und Zuchtstämme mit nicht eindeutigen Resistenzreaktionen im Labor sind zusätzlich unter Freilandbedingungen auf natürlich verseuchten Versuchsfeldern in den Befallsgebieten (neue Pathotypen) überprüft worden (Stachewicz et al. 1979; Stachewicz und Große 1990).

In Westdeutschland wurde die Krebsresistenzprüfung als Hoheitsaufgabe unter Federführung der Biologischen Bundesanstalt in Braunschweig (Vor- und Hauptprüfung mit allen Pathotypen), Münster (Landwirtschaftskammer, Hauptprüfung mit Pathotyp 1 bis 1987, mit Pathotyp 6 bis 1989), Lübeck (Amt für Land- und Wasserwirtschaft, Vor- und Hauptprüfung mit Pathotyp 1 bis 1995) und in Freising (Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Vorprüfung mit den Pathotypen 1, 2, und 6) ausschließlich unter Laborbedingungen durchgeführt. Zur Anwendung kamen die Glynne-Lemmerzähl-Methode (Braunschweig) und wahlweise die Glynne-Lemmerzähl-Methode oder /und die Spieckermann-Methode (Lübeck, Münster, Freising). Die Prüfungen auf Resistenz gegenüber Pathotyp 1 und den anderen Pathotypen erfolgen zeitgleich im selben Jahr. „Feldprüfungen“ von Kartoffelzuchtstämmen und zugelassenen Sorten auf Flächen mit natürlichem Befall mit den Pathotypen 2 und 6 führt die Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (Freising) auf freiwilliger Basis durch.

Der gesetzlich vorgeschriebene Anbau von Sorten mit Pathotyp 1-Resistenz wurde für das Gebiet in Westdeutschland mit der Krebsverordnung vom 14.03.1966 aufgehoben. Diese Entscheidung hatte wegen des ständig hohen Anteils von Sorten mit Pathotyp 1-Resistenz im Kartoffelsortiment (> 70 %) und der 1966 schon geringen Bedeutung dieses Pathotyps keinen Anstieg von Krebsherden des Pathotyp 1 zur Folge. Der Anteil Sorten mit „Vollresistenz“ gegenüber den neuen Pathotypen war dagegen in den Kartoffelsortimenten von Ost- und Westdeutschland immer deutlich geringer (< 10 %).

Nach der Wiedervereinigung beider deutscher Staaten ist die Krebsresistenzprüfung nach der bisherigen Verfahrensweise in Westdeutschland fortgesetzt worden. Die Resistenzprüfung wird mit allen wichtigen und z. Z. identifizierbaren Pathotypen (1, 2, 6, 8, 10 und 18) durchgeführt. Mit der Einbeziehung der sortentypisch bedeutsamen Pathotypen 10 und 18 in die Resistenzprüfung wird die Qualität der Prüfung verbessert und ein brei-

teres Resistenzspektrum erfaßt. Sorten mit „Vollresistenz“ gegenüber den oben genannten Pathotypen sind nach bisherigen Erfahrungen mit hoher Wahrscheinlichkeit auch gegenüber den ehemaligen deutschen Pathotypen 4, 7 und 9 resistent. Obwohl eine Kombination von Resistenz gegenüber Pathotyp 1 und der Resistenz gegenüber den neuen Pathotypen aus genetischer Sicht nicht zwingend zu erwarten ist (Hey 1953, Scheidt und Hunnius 1981), überwiegt nach Langerfeld und Bätz (1990) und Stachewicz (1990) bei Resistenz gegenüber mehreren Pathotypen der Typ der „Vollresistenz“ gegenüber allen Pathotypen. Voraussetzung für die amtliche Hauptprüfung ist eine Vorprüfung mit mindestens einem der 6 Pathotypen an einer der genannten Prüfstellen. Empfohlen wird, die Vorprüfung bevorzugt mit Pathotyp 1 durchzuführen, weil gegenüber diesem Pathotyp der Anteil resistenter Zuchtstämme deutlich größer ist als gegenüber den übrigen Pathotypen (kein Informationsverlust für den Züchter) und dieser Pathotyp aus internationaler Sicht die größte Bedeutung hat. Im deutschen Kartoffelsortiment aus dem Jahre 1995 waren 72,8 % der Sorten gegenüber Pathotyp 1 und nur 3,1 % (5 Sorten, darunter 4 Wirtschaftssorten) gegenüber allen Pathotypen resistent.

Legislative Maßnahmen

Die Wissenschaftler der Biologischen Bundesanstalt bzw. ihrer Vorgänger waren auch an der Erarbeitung von Gesetzen und Verordnungen beteiligt, die sich neben dem Anbau resistenter Kartoffelsorten für eine erfolgreiche Bekämpfung des Kartoffelkrebses als notwendig erwiesen. Kaum eine andere Pflanzenkrankheit nimmt in den Pflanzenschutzbestimmungen der einzelnen Staaten einen so breiten Raum ein wie der Kartoffelkrebs. Schon zu Beginn der 20er Jahre bestanden in Großbritannien und Deutschland Verordnungen über behördliche Regulierungen bei Auftreten von *S. endobioticum*. Die Mehrzahl der Länder mit Krebsvorkommen folgte mit einschränkenden Gesetzen, Verordnungen, Richtlinien u. a.. Ebenso verbot die Mehrzahl aller Länder der Erde im Rahmen der Import- und Quarantänebestimmungen bereits vor 1930 die Einfuhr krebsbefallener Kartoffeln. Später beschränkte man sich zunehmend auf räumliche Begrenzungen zum nächsten Krebsherd und auf zeitliche Limits seit dem letzten Auftreten in einem Gebiet. Für Importe besteht jedoch auch heute noch grundsätzlich eine „Nulltoleranz“. Bei Krebsbefall an einer einzigen Knolle muß die gesamte Sendung zurückgewiesen werden. Darüber hinaus wird ein Pflanzengesundheitszeugnis der jeweiligen staatlichen Behörde

der Exportländer, ein Herkunftsnachweis mit Angaben über den Abstand des Anbaustandortes zum nächsten Krebsherd, Einhaltung bestimmter Verpackungsvorschriften u. a. gefordert. Die Richtlinie der Europäischen Gemeinschaft (77/93 EWG) „Über Maßnahmen zum Schutz der Gemeinschaft gegen die Einschleppung und Ausbreitung von Schadorganismen der Pflanzen und Pflanzenerzeugnisse“ mit den Änderungen vom 29. März 1994 und der Berichtigung zur Änderung vom 07. Februar 1995 sowie die „Pflanzenbeschauverordnung“ vom 10. Mai 1989 mit den Änderungen vom 02. Mai 1992 und vom 25. Juli 1994 beinhalten die wichtigsten aktuellen Vorschriften zum Kartoffelkrebs im Bereich der Europäischen Gemeinschaft.

Die Inlandbestimmungen der einzelnen Staaten, in der Regel Gesetze oder auf Gesetzen basierende Verordnungen, sind sich in vielen Punkten sehr ähnlich. Ausschlaggebend für die Notwendigkeit einer gesetzlichen Absicherung war, neben der Verhinderung der Ausbreitung, in erster Linie die schwierige Bekämpfbarkeit durch konventionelle Verfahren. Wesentliche Punkte der innerstaatlichen Reglementierungen beinhalten z. B. die Meldepflicht bei Krebsbefall, die Abgrenzung der Befallsfläche und Sicherheitszone, das Kartoffelanbauverbot auf der Befallsfläche, die Nutzung von befallenen Kartoffeln einschließlich Vernichtungsmaßnahmen, das Verbringungsverbot für befallsverdächtiges Material aus dem betreffenden Betrieb, das Verbot der Erzeugung von Pflanzkartoffeln in Befallsgebieten, der Anbau resistenter Sorten in Sicherheitszonen, die Ermittlung der Pathotypen durch staatliche Organe, die Prüfung und Bekanntmachung der Reaktion von Kartoffelsorten (Resistenzprüfung) durch staatliche Organe, die Haltung und Züchtung des Erregers usw.. Diese und ähnliche Bestimmungen waren auch Inhalt von Gesetzen beider deutscher Staaten. Für die Bundesrepublik Deutschland sind die aktuellen gesetzlichen Bestimmungen zum Kartoffelkrebs in der „Verordnung zur Bereinigung pflanzenschutzrechtlicher Vorschriften“ vom 10. November 1992, BGB 1992, Teil I, S. 1887 - 1896 in Artikel 2 (Kartoffelschutzverordnung) zusammengefaßt worden. Mit dieser Verordnung werden Anzeigepflicht, Sicherheitszone, Schutzmaßnahmen, Züchtungs- und Haltungsverbot der Krebspathotypen u. a. geregelt. Nachdrücklich wird auf das Verbot des Kartoffelanbaues auf der Befallsfläche und im angrenzenden Sicherheitsbereich (bis zu einer Entfernung von 300 m) hingewiesen. In dem zusätzlichen Sicherheitsbereich dürfen nur Sorten mit Resistenz gegenüber dem auf der Befallsfläche festgestellten Pathotypen angebaut werden. Die Kartoffelschutzverordnung schreibt u. a. vor, daß die Resistenzprüfung und die Bekanntgabe der resistenten Sorten unter Angabe der Pathoty-

pen im Bundesanzeiger durch die Biologische Bundesanstalt zu erfolgen hat. In der Pflanzkartoffelverordnung der Bundesrepublik Deutschland vom 21. Januar 1986 (BGL Teil I vom 28.01.1986) wird ebenfalls darauf hingewiesen, daß der Feldbestand nicht mit Kartoffelkrebs befallen sein darf. Die heute relativ geringe wirtschaftliche Bedeutung des Kartoffelkrebses in der Bundesrepublik Deutschland ist das Ergebnis einer erfolgreichen Resistenzzüchtung, von administrativen Maßnahmen und einer gegenüber den Vorkriegsjahren deutlich veränderten sozialen Struktur. Bei einer Einschränkung der Krebsresistenzzüchtung und -prüfung ist eine Verschlechterung der Krebsbefallssituation nicht auszuschließen. Ein verstärkter „Eigenanbau“ von Kartoffeln in Gärten und Kleinbetrieben mit unregelmäßiger Fruchtfolge würde diesen Prozeß beschleunigen.

Zukünftige Arbeiten der Biologischen Bundesanstalt

Die gegenwärtige Krebsbefallssituation in der Bundesrepublik Deutschland (jährlich neue Krebsherde) und in den Nachbarländern (verbreitetes Auftreten von Pathotyp 1) zwingt zur Fortsetzung der Resistenzprüfung und der Forschungsarbeiten. Die Einbeziehung aller wichtigen Pathotypen in die Resistenzprüfung von Kartoffelzuchtstämmen und -sorten ist eine wichtige Voraussetzung für die notwendige Vergrößerung der Sortenzahl mit Krebsvollresistenz. Neben der Durchführung der amtlichen Krebsresistenzprüfung sind als weitere Schwerpunkte die Verbesserung der Prüfmethodik einschließlich Methoden zur Erhaltung der Laborkulturen und die Suche nach neuen Differentialsorten zur Unterscheidung der Pathotypen zu nennen. Die praktische Identifizierung der Pathotypen in neuen Krebsherden (Feldversuch) und die Maßnahmen zur Löschung alter Herde werden auch weiterhin von den Pflanzenschutzdiensten der Länder in enger Zusammenarbeit mit der Biologischen Bundesanstalt durchgeführt werden. Die aktuelle Befallssituation wird aufgrund von Meldungen der Länder (Löschungen, neue Herde) jährlich neu von der Biologischen Bundesanstalt zusammengestellt.

Die Geschichte des Pathotyp 1 des Krebserregers in Deutschland zeigt, daß der Kartoffelkrebs mit dem Anbau resistenter Sorten in Verbindung mit gesetzlich fixierten Maßnahmen erfolgreich bekämpft werden kann.

Synchytrium endobioticum (Schilb.) Perc.:

The history of potato wart in Germany

Summary

In Germany the first appearance of the potato wart was recorded in 1908. Since then, the Biological Research Centre for Agriculture and Forestry has carried out, or coordinated, potato research on the quarantine organism causing this disease. This research includes an official resistance testing of newly bred potato cultivars or breeding material from breeding stations and the registration of new outbreaks of the disease. New procedures for testing the resistance of new potato varieties under laboratory and greenhouse conditions, the identification of new pathotypes as well as new procedures for successfully controlling potato wart in the fields were developed. At present, all potato cultivars and breeding material is screened for resistance against every pathotype occurring in Germany by applying improved screening procedures. The discovery of new and existing pathotypes and the spread and importance of the fungus is depicted. Also, legislation on resistance testings of new potato varieties is presented, since only the use of resistant cultivars proved to be the best control against the spread of potato wart.

Literatur

- APPEL, O., 1918: Über die Anfälligkeit und Widerstandsfähigkeit verschiedener Kartoffelsorten gegen Krebs. Arbeiten der Gesellschaft zur Förderung des Baues und der wirtschaftlich zweckmäßigen Verwendung der Kartoffeln, Heft 15, Berlin, 19 S.
- BLATTNY, C., 1942: Vorläufige Mitteilung über die Rassen des Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.). Ceskoslovenska Akademie Zemedelska (Praha): Sbornik CSAZ 17, 40-46.
- BRAUN, H., 1938: Variationsstatistische Untersuchungen zur Frage der Vererbung von Krebs- und Schorfresistenz der Kartoffel. Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre 75, 55-105.
- BRAUN, H., 1942: Biologische Spezialisierung bei *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. (vorläufige Mitt.). Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 52, 481-486.
- EPPO, 1982: *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Percival. EPPO-List A 2. Data Sheets on Quarantine Organismus. EPPO-Bulletin 12, 1-3.
- ESMARCH, F., 1925: Nachtschattengewächse als Wirtspflanzen des Kartoffelkrebspilzes. (*Synchytrium endobioticum*). Angewandte Botanik 7, 108-120.
- GÄUMANN, E., 1951: Pflanzliche Infektionslehre. Basel, 2. Auflage, 681 S.
- GLYNNE, M. D., 1925: Infection experiments with wart disease of potatoes *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.. Annals of applied Biology 12, 34-60.
- HEY, A., 1948: Die Biotypenforschung beim Erreger des Kartoffelkrebses, *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc., in Deutschland. Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst. Neue Folge 2, 1-3.
- HEY, A., 1951: Untersuchungen über die Anfälligkeit von Kartoffelsorten gegen den Krebsbiotyp G. Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst. Neue Folge 5, 226-321.
- HEY, A., 1953: Zur Biotypenfrage des Kartoffelkrebses. Mitteilungen aus der Biologischen Zentralanstalt Berlin-Dahlem, Heft 75, 173-175.
- HEY, A., 1957: Zur Rassenanalyse des Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.). Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 64, 452-457.
- HEY, A., 1959: Die Kartoffelkrebsforschung in der Deutschen Demokratischen Republik und ihre praktische Auswertung. Rostlinna vyroba 5, 59-68.
- HEY, A., 1966: Ökologie des Kartoffelkrebses als Objekt der Pflanzenquarantäne. Forschungsbericht der Biologischen Zentralanstalt Berlin, 58 S.
- HILLE, M., 1965: Die Beurteilung von Kartoffelsorten hinsichtlich ihres Verhaltens gegenüber *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc., dem Erreger des Kartoffelkrebses. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) 17, 137-142.
- JÖSTING, 1908: Der Kartoffelkrebs. Deutsche Landwirtschaftspresse 35, 888 und 923.

- KÖHLER, E., 1923: Über den derzeitigen Stand der Erforschung des Kartoffelkrebses. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **11**, 289-315.
- KÖHLER, E., 1924a: Über die hauptsächlichsten Fehlerquellen, die bei der Prüfung von Kartoffelsorten auf Krebsfestigkeit zu berücksichtigen sind. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **4**, 8-9.
- KÖHLER, E., 1924b: Beiträge zur Keimungsphysiologie der Dauersporangien des Kartoffelkrebserreger. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **13**, 360-381.
- KÖHLER, E., 1925: Untersuchungen über den Kartoffelkrebs. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **13**, 385-411.
- KÖHLER, E., 1927a: Fortgeführte Untersuchungen über den Kartoffelkrebs II. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **15**, 135-176.
- KÖHLER, E., 1927b: Fortgeführte Untersuchungen über den Kartoffelkrebs III. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **15**, 401-416.
- KÖHLER, E., 1929: Die Züchtung krebsfester Kartoffelsorten. Der Züchter **1**, 16 - 20.
- KÖHLER, E., 1931a: Zur Biologie und Cytologie von *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.. Phytopathologische Zeitschrift **4**, 43-55.
- KÖHLER, E., 1931b: Über das Verhalten von *Synchytrium endobioticum* auf anfälligen und widerstandsfähigen Kartoffelsorten. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **19**, 263-284.
- KÖHLER, E., 1931c: Der Kartoffelkrebs und sein Erreger *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.. Landwirtschaftliches Jahrbuch **74**, 673-828.
- KÖHLER, E., 1936: Untersuchungen über *Synchytrium endobioticum* (Schlußbericht). Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **46**, 215-223.
- LANGERFELD, E., 1984: *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft **219**, 142 S.
- LANGERFELD, E. und W. BÄTZ, 1990: Verhalten von Kartoffel-Neuzüchtungen gegenüber verschiedenen Pathotypen von *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **42**, 187-188.
- LANGERFELD, E. und H. STACHEWICZ, 1992: Bewertung des Abwehrverhaltens von Kartoffelsorten gegenüber dem Erreger des Kartoffelkrebses *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **44**, 175-178.
- LANGERFELD, E. und H. STACHEWICZ, 1993: Pathotypen des Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.) in den alten und neuen Bundesländern. Gesunde Pflanzen **45**, 9-12.
- LANGERFELD, E. und H. STACHEWICZ, 1994: Assessment of varietal reactions to potato wart (*Synchytrium endobioticum*) in Germany. EPPO Bulletin **24**, 793-798.

- LANGERFELD, E., STACHEWICZ, H. und J. RINTELEN, 1994: Pathotypes of *Synchytrium endobioticum* in Germany. EPP0 Bulletin **24**, 799-804.
- LEMMERZAHL J., 1930a: Beiträge zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses. Phytopathologische Zeitschrift **2**, 257-320.
- LEMMERZAHL, J., 1930b: Neues vereinfachtes Infektionsverfahren zur Prüfung von Kartoffelsorten zur Krebsfestigkeit. Der Züchter **2**, 228-297.
- LEMMERZAHL, J., 1931: Methodik der Krebsprüfung von Kartoffelzuchtstämmen. Der Züchter **3**, 138-152.
- PERCIVAL, J., 1910: Potato „wart“ disease: The life history and cytologie of *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.. Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde II, **25**, 440-447.
- RINTELEN, J., SCHÖNER, M. und W. HUNNIUS, 1983: Nachweis und Lebensdauer des Kartoffelkrebseserregers in alten Krebsherden. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **90**, 251-257.
- SALAMAN, R. N., 1949: The history and social influence of the potato. Cambridge, 685 S.
- SCHAFFNIT, E. und G. VOSS, 1917: Versuche zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses im Jahre 1916. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **27**, 339.
- SCHAFFNIT, E. und G. VOSS, 1918: Versuche zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses im Jahre 1917. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **27**, 339.
- SCHIEDT, M. und W. HUNNIUS, 1981: Vererbung der Resistenz gegen die Pathotypen 2 und 6 des Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum*). Zeitschrift für Pflanzenzüchtung **86**, 158-173.
- SCHILBERSZKY, K., 1896: Ein neuer Schorfparasit der Kartoffelknollen. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft **14**, 36-37.
- SCHLUMBERGER, O., 1927: Der Kartoffelkrebs. Flugblatt Nr. 53 der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, 5. Auflage, 4 S.
- SCHLUMBERGER, O., 1937: Die Erzeugung krebsfester anerkannter Pflanzkartoffeln in den Jahren 1934 und 1935. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **17**, 4-6.
- SCHNEIDER, G., 1908: Eine eigenartige, neue Kartoffelkrankheit in Deutschland. Deutsche Landwirtschaftspresse **35**, 832.
- SPIEKERMANN, A., 1908: Über das Vorkommen von *Chrysophlyctis endobioticum* Schilb. in Westfalen. Prakt. Blätter Pflanzenbau Pflanzenschutz **11**, 113.
- SPIEKERMANN, A. und P. KOTTHOFF, 1924: Die Prüfung von Kartoffeln auf Krebsfestigkeit. Deutsche Landwirtschaftspresse **51**, 114-115.
- STACHEWICZ, H.; BURTH, U.; EITERNICK, G.; EFFMERT, M.; DEMNY, L. und S. BALLHAUSEN, 1979: Die Prüfung der Kartoffelzuchtstämmen auf Resistenz gegen den Erreger des Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.) in der

- Deutschen Demokratischen Republik. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR **33**, 170 - 173.
- STACHEWICZ, H., 1990: Anfälligkeit von Kartoffel-Neuzüchtungen aus der ehemaligen DDR gegenüber Pathotypen von *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **42**, 187-188.
- STACHEWICZ, H. und E. GROßE, 1990: 40 Jahre Resistenzprüfung an Kartoffeln. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR **44**, 306-307.
- ULLRICH, J., 1957: Physiologic specialization of *Synchytrium endobioticum*. FAO Plant Protection Bulletin **5**, 181-187.
- ULLRICH, J., 1958: Die physiologische Spezialisierung von *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in der Bundesrepublik. Phytopathologische Zeitschrift **31**, 273-278.
- ULLRICH, J., 1959: Die physiologische Spezialisierung von *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in der Bundesrepublik. Rostlinna vyroba **5**, 111-116.
- ULLRICH, J., 1960a: Untersuchungen zur Beurteilung der Resistenz von Kartoffelsorten gegenüber *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.. Phytopathologische Zeitschrift **37**, 217-235.
- ULLRICH, J., 1960b: Die Beurteilung der Resistenz von Kartoffelsorten und Kartoffelzuchtstämmen gegenüber dem Erreger des Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum*). Der Züchter **30**, 350-351.
- ULLRICH, J., 1960c: Besprechung über die Beurteilung von Kartoffelsorten gegenüber *Synchytrium endobioticum*. Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst (Braunschweig) **12**, 124.
- WERTH, E., 1921: Versuche zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses. Mitteilungen aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft **21**, 121-125.

Zur Geschichte der Bekämpfung von Lagerfäulen bei Kartoffeln

Hans Stachewicz

Einleitung

Aufgrund der großen Bedeutung der Kartoffel als Grundnahrungs- und Futtermittel sowie als Rohstofflieferant gehörten Arbeiten zur Bekämpfung von Kartoffelkrankheiten in der Biologischen Reichsanstalt und den Nachfolgeeinrichtungen stets zu den Schwerpunktaufgaben. Im folgenden soll auf solche Forschungsarbeiten von Mitarbeitern der Biologischen Reichsanstalt und den Nachfolgeeinrichtungen hingewiesen werden, die wesentlich zur Verbesserung der Kenntnisse über pilzliche und bakterielle Lagerfäuleerreger und deren Bekämpfungsmöglichkeiten beigetragen haben.

Diese Übersicht berücksichtigt nur eine Auswahl der zahlreichen Veröffentlichungen über Lagerfäuleerreger. Die Braunfäule, verursacht durch *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, findet als nicht typische Lagerfäule in dieser Darstellung keine Berücksichtigung, obwohl auch dieser Pilz eine Knollenfäule im Lager verursachen kann. Im Vordergrund stehen Arbeiten zur Fusarium-Trockenfäule (*Fusarium* spp.) und bakteriellen Naßfäule (*Erwinia* spp.). Diese beiden Fäulen gehören zu den wichtigsten Lagerfäulen.

Arbeiten der Biologischen Reichsanstalt

Appel (1903, 1905, 1906a, 1906b, 1907, 1927) hat mit seinen Untersuchungen über die Schwarzbeinigkeit und Knollennaßfäule die bakteriologischen Arbeiten auf dem Gebiet der Phytopathologie in Deutschland eingeleitet. Er stellte fest, daß diese Krankheiten durch Bakterien (*Bacterium phytophthorum* Appel = *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* [van Hall] Dye) verursacht werden, und daß zwischen beiden Krankheiten enge Beziehungen bestehen. Er verweist darauf, daß Infektionen der Pflanze sowohl von der Mutterknolle (frühes Auftreten der Schwarzbeinigkeitssymptome) wie auch direkt vom Boden aus erfolgen können (späteres Auftreten der Schwarzbeinigkeitssymptome). Stapp (1929, 1935, 1937) hat als erster Phytopathologe Ende der 20er Jahre begonnen, sero-

logische Methoden zur Diagnostik der inzwischen unter verschiedenen Namen beschriebenen Bakterien der Knollenaßfäule anzuwenden. Serologische Methoden wurden damals nur in der Medizin eingesetzt. Bei der Untersuchung der Naßfäuleerreger fand er fünf serologische Gruppen, die aber alle von ihm zur „*Bacterium phytophthorum*-Gruppe“ zusammengefaßt wurden. Neben diesen Grundlagenuntersuchungen führte Stapp bereits Resistenzprüfungen mit den wichtigsten Kartoffelsorten durch und fand große Anfälligkeitsunterschiede im deutschen Kartoffelsortiment. Aufgrund des damaligen Erkenntnisstandes über die Infektionsbedingungen und Übertragungsmöglichkeiten der Naßfäuleerreger gab Stapp (1937) praktische Hinweise zur Bekämpfung der Naßfäule (z. B. Entfernung schwarzbeiniger Pflanzen, Abtrocknung der Knollen vor der Einlagerung, Förderung der Bedingungen für die Wundperidermbildung, Vermeidung von Verletzungen während der Ernte und im Lager, Entfernung erkrankter Knollen im Erntegut, Vermeidung von Fäulnisnestern im Lager, kühle und nicht zu feuchte Lagerungsbedingungen u. a.). Alle diese Bekämpfungsmaßnahmen haben an Aktualität nicht verloren und sind auch heute noch wichtige Voraussetzungen zur Bekämpfung der Knollenaßfäule (Abb. 1 a und b).

Abb. 1 a: Naßfäulesymptome nach künstlicher Inokulation mit *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* (ganze Knollen)

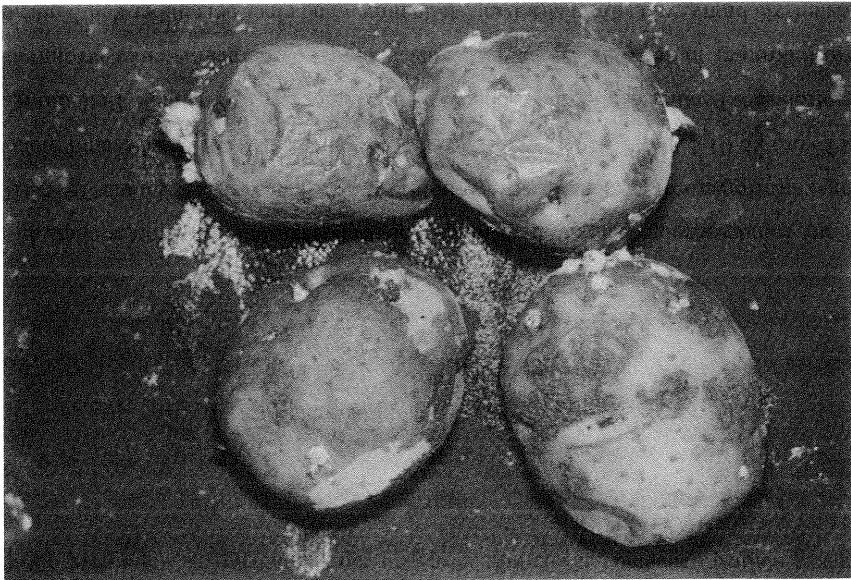
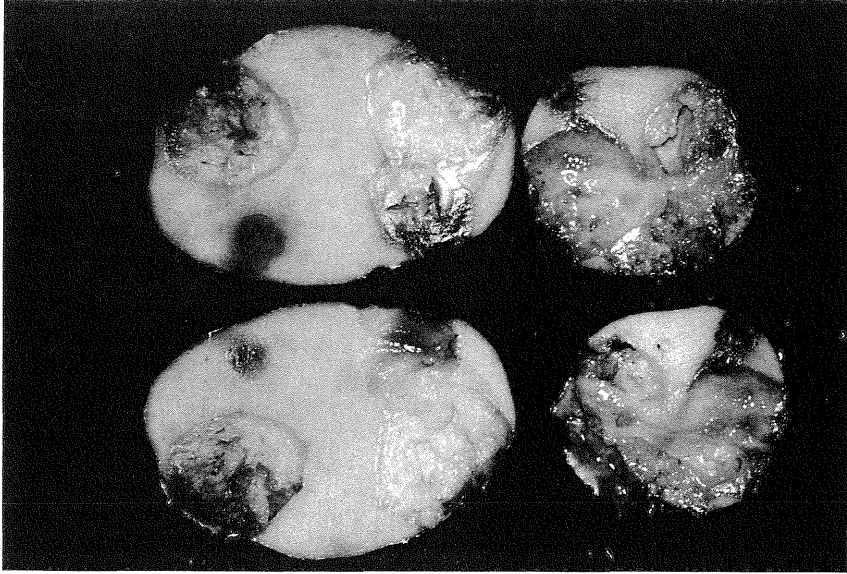


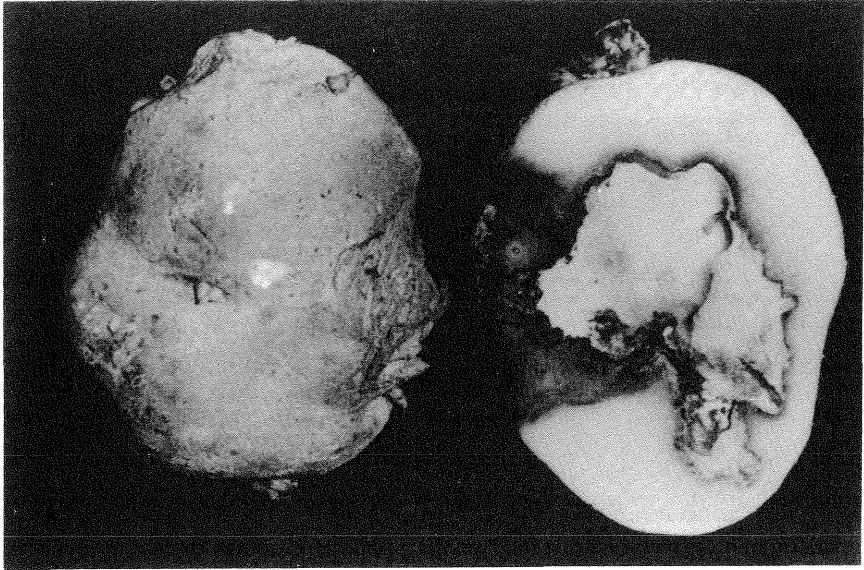
Abb. 1 b: Naßfäulesymptome nach künstlicher Inokulation mit *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* (Knollenhälften)



Auf mykologischem Gebiet sind besonders die systematisch-taxonomischen Arbeiten von Appel und Wollenweber (1910), Wollenweber et al. (1925) und Wollenweber (1931) über Fusarium-Pilze herauszustellen. *Fusarium* spp. und *Phoma* spp. sind wichtige Erreger von Trockenfäulen der Kartoffelknolle (Abb. 2). Wollenweber hat nach über zwei Jahrzehnten systematisch-taxonomischer Arbeit auf der Basis von Fusarium-Reinkulturen eine neue Fusarium-Monographie zusammengestellt. Auf der Grundlage morphologischer Merkmale konnte die Anzahl der Arten in seiner Monographie deutlich verringert und die Bestimmung der zahlreichen Fusarium-Arten erleichtert werden. Große internationale Anerkennung fand Wollenweber als Erstautor des Standardwerkes „Die Fusarien, ihre Beschreibung, Schadwirkung und Bekämpfung“ (Wollenweber und Reinking 1935). Schmidt (1928) hat als wichtigsten Fusarium-Trockenfäuleerreger an erkrankten Knollen *F. coeruleum* (Lib.) Sacc. isoliert und die Infektionsbedingungen für diese Fusarium-Art in umfangreichen Versuchsreihen ermittelt. Er verweist darauf, daß die knollenpathogenen Fusarium-Arten als Wundparasiten nur über Verletzungen der Knollenschale bzw. über Primärinfektionen anderer Krankheitserreger in die Knollen eindringen können. Resistenzprüfungen mit *F. coeruleum* zeigten große Anfälligkeitsunterschiede zwischen den

Sorten. Nach Wollenweber und Reinking (1935) ist auch *F. sambucinum* Fuck. f. 6 Wr. (= *F. sulphureum* Schlecht.) ein wichtiger Trockenfäuleerreger der Kartoffel.

Abb 2: Trockenfäulesymptome nach künstlicher Inokulation mit *Fusarium sulphureum*



Neben den bakteriellen Naß- und Fusarium-Trockenfäulen wurden vereinzelt Knollenfäulen beobachtet, die durch *Alternaria* spp. verursacht worden waren. Von Braun (1935) stammt der erste Bericht über das Auftreten einer Hartfäule (*Alternaria* spp.). Bisher war dieser Pilz in Deutschland nur als Erreger der Dürffleckenkrankheit an den Blättern bekannt. Auch in den nachfolgenden Jahren sind größere Schäden durch Hartfäule die Ausnahme geblieben. Dagegen erlangte die Phoma-Trockenfäule (*Phoma exigua* [Desm.] var. *foveata* [Boerema] Foister) in den letzten Jahren in feuchteren und kühleren Regionen Europas und auch in Deutschland eine Bedeutung. In Deutschland wurde die Phoma-Trockenfäule erstmalig von Braun (1953) nachgewiesen.

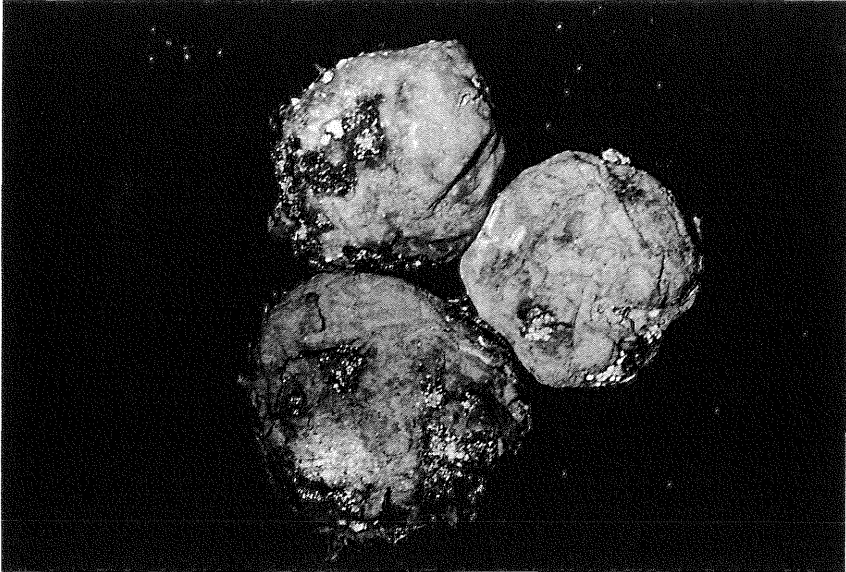
Zur Verhinderung von pilzlichen und bakteriellen Lagerfäulen empfahl Schlumberger (1940) die Einlagerung von „einwandfreien“ Kartoffeln (unverletzte, abgereifte, abgetrocknete Knollen, Entfernung aller kranken Knollen vor der Einlagerung), die sachgemäße Anlage der Erdmieten, eine sorgfältige Überwachung der Lagerung (Abtrocknung, Verhinderung der Schwitzwasserbildung, Regulierung der Lagertemperaturen zwischen 2 und maximal 8 °C) und die richtige Behandlung des Lagergutes während und nach dem

Auslagern. Nachdrücklich wird auf die Vermeidung von Verletzungen hingewiesen (kein mehrmaliges Umschütten, geringe Fallhöhen, Schütthöhe in der Miete nicht über 1 m u.a.) Erntegut von Schlägen mit starkem Krautfäule- und Schwarzbeinigkeitserreger bzw. mit einem hohen Anteil fauler Knollen im Erntegut sollte möglichst sofort verbraucht oder gesondert gelagert werden. Zur Abtrocknung des Erntegutes empfahl Schlumberger ein „kurzes Liegenlassen auf dem Feld“. Trotz dieser Hinweise, die auch heute noch ihre Berechtigung haben, ist häufiger über hohe Verluste durch Lagerfäulen berichtet worden. Aus den jährlichen Berichten des Meldedienstes der Biologischen Reichsanstalt über das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen ist zu entnehmen, daß die Verluste durch „Mietenfäulen“ in Einzelfällen bis zu 40 - 50 % betragen haben und nicht selten „das normale Maß“ übertrafen (Anon. 1929, 1933; Boelkel und Klemm 1938). Appel (1921) gibt als durchschnittliche Höhe der Verluste durch Fäulen im Lager etwa 10 % der eingelagerten Menge an. Als Ursache der Verluste werden ausschließlich Naß- und Trockenfäulen genannt. Als Folge der zunehmenden Mechanisierung der Ernte und Einlagerung mit Beginn der 50er und 60er Jahre blieb trotz verbesserter Lagerungsbedingungen (Lagerhäuser) die hohe Infektionsgefahr für Naß- und Trockenfäuleerreger bestehen (hoher Anteil beschädigter Knollen, Kontaminationsgefahr durch nicht entfernte faule Knollen im Erntegut). Die mit der Teilung Deutschlands gegründeten Nachfolgeeinrichtungen der Biologischen Reichsanstalt haben unabhängig voneinander die Forschungsarbeiten zur Biologie der Fäuleerreger und zur Bekämpfung der Lagerfäulen fortgesetzt.

Arbeiten der Biologischen Zentralanstalt und der Biologischen Bundesanstalt

Nach Erhebungen von Stachewicz (1974) in ostdeutschen Lagerhäusern wurden Anfang der 70er Jahre ca. 30 % der Lagerfäulen durch *Fusarium* spp., ca. 20 % durch *Erwinia* spp. und ca. 50 % durch Mischinfektionen mit *Erwinia* spp. und *Fusarium* spp. verursacht (Abb. 3). Neben *F. coeruleum* wurde jetzt auch in Ost- und Westdeutschland von Langerfeld (1970) und Stachewicz (1971) als zweithäufigster *Fusarium*-Trockenfäuleerreger *F. sulphureum* von erkrankten Knollen isoliert.

Abb 3: Mischfäulesymptome nach natürlicher Infektion mit *Erwinia* spp. und *Fusarium* spp.



Fusarium-Pilze sind nach wie vor die Hauptursache für das Auftreten von Lagerfäulen. Der hohe Anteil von Mischinfektionen ist möglicherweise die Folge eines Synergismus, der bei gleichzeitiger Infektion von *F. sulphureum* und *Erwinia carotovora* var. *atrosep-tica* in Laborversuchen von Stachewicz (1970), Noll (1972), Stachewicz et al. (1978a, 1978b) und Langerfeld (1981) nachgewiesen werden konnte. Es ist davon auszugehen, daß Naß- und Fusarium-Trockenfäuleerreger immer im Boden oder auf bzw. in der Knolle (latent) vorhanden sind. Die Verluste durch Lagerfäulen betragen nach eigenen Erhebungen in den 70er Jahren in ostdeutschen Pflanzkartoffellagerhäusern bis zu 10 %. Von Langerfeld (1977) wurden für Westdeutschland Verluste durch Fäulen von mindestens 5 % angegeben.

In der Biologischen Bundesanstalt wurden in den 70er und 80er Jahren eine Reihe von Grundlagenuntersuchungen durchgeführt, die wesentlich zur Verhütung von Fäulen bzw. Verbesserung von Bekämpfungsverfahren beigetragen haben. Insbesondere wurden bisherige Erkenntnisse zur Infektkette der Naßfäuleerreger, Infektionsbedingungen der Fusarium-Trockenfäuleerreger (Pathogenität in Abhängigkeit zur Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Alter der Knolle), Beeinflussung der Fusarium-Anfälligkeit der Knolle durch

Düngungsmaßnahmen und Krautabtötung, Fungizidresistenz der Fusarium-Trockenfäuleerreger und zur Diagnostik von bakteriellen und pilzlichen Lagerfäuleerregern erweitert (Langerfeld 1971, 1973a, 1973b, 1973c, 1974, 1979, 1981, 1982; Langerfeld und Hoekstra 1994). Niepold (1994) konnte mit der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) latente Infektionen mit *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* noch bei Zellzahlen von 10^4 Zellen/ml in Pflanzenextrakten nachweisen.

Ein Schwerpunkt seit vielen Jahren in der Biologischen Bundesanstalt sind jährliche Resistenzprüfungen von Kartoffelzuchtstämmen (Basismaterial für Neuzüchtungen) mit Naß- und Trockenfäuleerregern (*Erwinia* spp., *Fusarium* spp., *Phoma* spp.) als Voraussetzung für die Züchtung von Sorten mit geringerer Fäuleanfälligkeit. Die Anfälligkeitsunterschiede schwanken von „gering anfällig“ bis „hoch anfällig“. Häufig reagieren die Sorten unterschiedlich gegenüber *F. coeruleum* und *F. sulphureum* (Langerfeld 1977). Ein Schwerpunkt der Arbeiten in Ostdeutschland war die Entwicklung und Mittelprüfung von Beizmitteln gegen Lagerfäulen und Auflaufkrankheiten (*Rhizoctonia solani* Kühn). In zwei Jahrzehnten (von 1970 - 1990) wurden zahlreiche fungizide und bakterizide Substanzen auf ihre Wirksamkeit gegen *Fusarium* spp., *Erwinia* spp. und *Rhizoctonia solani* sowie auf ihre phytotoxischen Nebenwirkungen (Einfluß auf Wundperidermbildung, Keimung, Pflanzenentwicklung, Ertrag u. a.) untersucht (Burth und Jahn 1976; Burth. et al. 1979, 1984, 1990; Jahn 1978; Jahn und Adam 1980; Stachewicz und Burth 1988, 1990; Stachewicz et al. 1990). Das Ziel war die Entwicklung von Beizmitteln, die mit einer fungiziden und bakteriziden Komponente gleichermaßen gegen Pilze und Bakterien wirksam sind. Die Formulierungen mit den geeigneten Wirkstoffkombinationen erfolgten in Zusammenarbeit mit der chemischen Industrie. Die verfahrenstechnischen Untersuchungen wurden gemeinsam mit dem ehemaligen Institut für Kartoffelforschung Groß Lüsewitz und Praxisbetrieben durchgeführt. Die Applikation des Beizmittels erfolgte während des Befüllens der Paletten, in denen die Kartoffeln überwinterten. Bei Einhaltung der Beizparameter (Beiztermin bis 4 Stunden nach der Ernte, gleichmäßige Verteilung des Beizmittels auf der Knollenoberfläche und sofortige Abtrocknung der Knollenoberfläche) wurden die Lagerfäulen um durchschnittlich 60 - 70 % und der Rhizoctonia-Befall an Pflanze und Erntegut um ca. 40 - 50 % gemindert. Gleichzeitig wurden die Pflanzgut- und Bruttoerträge um 5 - 10 % erhöht.

Insgesamt sind vier Beizmittel bis zur Zulassung entwickelt worden. Als fungizide Komponente wurde anfangs Zineb, später Carbendazim in Kombination mit Chloramphenicol,

Bronopol oder Nourseothricin als bakterizide Komponente eingesetzt (Burth et al. 1974, 1978, 1982; Stachewicz et al. 1984; Stachewicz und Burth 1989). Ende der 80er Jahre wurden mehr als 60 % der eingelagerten Pflanzkartoffeln in Ostdeutschland gegen Lagerfäulen und Auflaufkrankheiten im Herbst gebeizt.

Repräsentative Fungizidresistenzuntersuchungen in Ost- und Westdeutschland mit Fusarium-Isolaten von ungebeizten Knollen ab Mitte der 80er Jahre ergaben ein alarmierendes Ergebnis. Ein hoher Anteil von Isolaten der Art *F. sulphureum* (ca. 60 - 90 % der Isolate aus Kartoffellagerhäusern in Ostdeutschland) waren gegenüber Carbendazim bzw. Thiazabendazol resistent (Langerfeld 1986, Burth et al. 1988, Stachewicz et al. 1992 a und b). Pathogenität, Sporulationsintensität und Überlebensfähigkeit der resistenten Stämme wurden durch die Benzimidazolresistenz nicht vermindert. Der Anteil der *F. sulphureum*-Isolate in der Fusarium-Population war mit 68,3 % in Ostdeutschland Ende der 80er Jahre deutlich höher als Anfang der 70er Jahre. Nur 385 Isolate (31,7%) konnten der Art *F. coeruleum* zugeordnet werden. Langerfeld (1990) konnte auch bei *F. coeruleum* Resistenz nachweisen. Bei dem hohen Anteil benzimidazolresistenter Stämme von *F. sulphureum* in der Fusarium-Population ist die Anwendung benzimidazolhaltiger Beizmittel nicht mehr zu empfehlen.

Gegenwärtige Arbeiten der Biologischen Bundesanstalt konzentrieren sich auf die Entwicklung moderner Diagnoseverfahren für bakterielle und pilzliche Lagerfäuleerreger und auf die Resistenzprüfung von Kartoffelzuchtstämmen und -sorten mit Naß- und Trockenfäuleerregern sowie auf die Verbesserung der Resistenz-Prüfmethoden.

History of controlling potato storage diseases

Summary

This paper describes results of the control of potato storage diseases over the past 90 years obtained by the Biologische Reichsanstalt (Biological Research Center for Agriculture and Forestry, 1903-1945) and its follow-up institutions in East and West Germany (after 1945). During that time the most important storage disease of tubers was Fusarium dry rots (*Fusarium coeruleum* [Lib.] Sacc. and *Fusarium sulphureum* Schlecht.) and the bacterial soft rot disease (*Erwinia carotovora* var. *atroseptica* [van Hall] Dye and *Erwinia carotovora* var. *carotovora* [Jones] Dye). The results of this research were the basis for the development of the following control measures to improve the tuber quality:

- mature tubers should be harvested or handled only by minimizing mechanical damage;
- a moisture film on the tubers can be prevented by ventilation and cooling steps, facilitating wound healing;
- when using potatoes for planting after storage, a treatment with appropriate fungicides ensures healthy plants during the growing season.

Literatur

- ANONYM, 1929: Krankheiten und Beschädigungen der Kulturpflanzen im Monat April 1929. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **9**, 51 - 54.
- ANONYM, 1934: Die hauptsächlichsten starken Schäden an Hackfrüchten im Jahre 1933. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **14**, 13 - 15.
- APPEL, O., 1903: Untersuchungen über die Schwarzbeinigkei und die durch Bakterien hervorgerufene Knollenfäule der Kartoffel. Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt Berlin **3**, 364 - 432.
- APPEL, O., 1905: Die Schwarzbeinigkei und die mit ihr zusammenhängende Knollenfäule der Kartoffel. Flugblatt Nr. **28** der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, 4 S.
- APPEL, O., 1906a: Neuere Untersuchungen über Kartoffel- und Tomatenerkrankungen. Sonderdruck aus: Jahresbericht der Vereinigung der Vertreter für angewandte Botanik Berlin **3**, 192 - 236.
- APPEL, O., 1906b: Zur Kenntnis des Wundverschlusses bei Kartoffeln. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft **24**, 118 - 122.
- APPEL, O., 1907: Beiträge zur Kenntnis der Kartoffelpflanze und ihrer Krankheiten. Arbeiten aus der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **5**, 377 - 435.
- Appel, O., 1921: Die wirtschaftliche Bedeutung der Pflanzenkrankheiten und die Mittel zu ihrer Bekämpfung. Sonderdruck aus: Arbeiten der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft, Heft **314**, 18 S.
- APPEL, O., 1927: Die Bedeutung der Arbeiten der Biologischen Reichsanstalt für die praktische Landwirtschaft. Sonderdruck aus Mitteilungen der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft **11**, 4 S.
- APPEL, O. und H. W. WOLLENWEBER, 1910: Grundlagen einer Monographie der Gattung *Fusarium* (Link). Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **1**, 207 S.
- BOELKEL, H. und M. KLEMM, 1938: Die wichtigsten Krankheiten und Schädigungen an Kulturpflanzen im Jahre 1938. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **19**, 3 - 31 (Beilage).
- BRAUN, H., 1935: *Alternaria solani* als Parasit der Kartoffelknolle. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **15**, 109 - 111.
- BRAUN, H., 1938: Minderung des Pflanzkartoffelwertes durch Befall mit *Alternaria solani*. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **18**, 105 - 106.
- BRAUN, H., 1953: *Phoma foveata*, Erreger einer Knollenfäule. Sonderdruck der Fachzeitschrift „Kartoffelwirtschaft“ **6**, 2 S.
- BURTH, U. und M. JAHN, 1976: Möglichkeiten der Bekämpfung von Lagerfäulen der Kartoffeln unter industriemäßigen Produktionsbedingungen mit besonderer Berücksichtigung von *Pectobacterium carotovorum* var. *atrosepticum*. Tagungsbericht der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin **140**, 251 - 260.

- BURTH, U., MOTTE, G., STACHEWICZ, H., BRAZDA, G., PETT, B., BECKER, E. und R. KLOSS, 1974: Zur Entwicklung der Pflanzkartoffelbeizung - einem neuen Verfahren zur Stabilisierung der industriemäßigen Kartoffelproduktion. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der Deutschen Demokratischen Republik **28**, 153 - 158.
- BURTH, U., PFLAUMBAUM, J. und G. BRAZDA, 1978: Pflanzgutgesunderhaltung durch Beizung. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR **32**, 105 - 110.
- BURTH, U., JAHN, M., PETT, B., GÖTZ, J. und G. BRAZDA, 1979: Möglichkeiten der Herausbildung resistenter Erreger bei der Kartoffelbeizung und ihre Bedeutung für das Beizverfahren. Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz Berlin **15**, 255 - 264.
- BURTH, U., JAHN, M., MOTTE, G., MÜLLER, H., MÜLLER, R. und H. STACHEWICZ, 1984: Application of bacterial and fungicidal phenolic compound 2-chlor-6-methyl-4-benzylphenol (CMB) in disease control. Tagungsbericht der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin **222**, 239-298.
- BURTH, U., LYR, H., STACHEWICZ, H. und S. RATHKE, 1988: Zur Resistenzsituation beim Einsatz von Fungiziden in der Kartoffelproduktion. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR **42**, 61-65.
- BURTH, U., STACHEWICZ, H., MÜLLER, H. J. and M. JAHN, 1990: Control of disease in potatoes by dressing seed potatoes with nourseothricin. Tagungsbericht der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin, **291**, 385-388.
- JAHN, M., 1978: Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen *Fusarium* spp.- Infektionen, chemischer Bekämpfung des Erregers und Wundabschlußreaktion der Kartoffelknolle. Tagungsbericht der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin, **157**, 283-293.
- JAHN, M. und L. ADAM, 1980: Kurative Wirksamkeit von Beizpräparaten zur Bekämpfung von Lagerfäulen bei Pflanzkartoffeln. Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz Berlin **16**, 533-539.
- LANGERFELD, E., 1970: Lagerfäulen an Kartoffeln. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **22**, 109-110.
- LANGERFELD, E., 1971: Unterschiedliche Eigenschaften in der Pathogenität von zwei Kartoffelfäuleerregern aus der Gattung *Fusarium* Lk.. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **23**, 168-169.
- LANGERFELD, E., 1973a: Einfluß der Temperatur auf den Befall von Kartoffelknollen durch Pilze der Gattung *Fusarium* Lk.. Potato Research **16**, 224-233.
- LANGERFELD, E., 1973b: Einfluß der Nährstoffversorgung des Bodens auf die Anfälligkeit von Kartoffelknollen gegenüber Lagerfäulen, verursacht durch *Fusarium coeruleum* (Lib.) Sacc. Potato Research **16**, 290-292.
- LANGERFELD, E., 1973c: Lagerfäulen an Kartoffeln. Der Kartoffelbau **24**, 216.
- LANGERFELD, E., 1974: Identifizierung von *Phoma exigua* Desm. var. *foveata* (Foister) Boerema an faulen Kartoffelknollen. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **26**, 163-164.

- LANGERFELD, E., 1977: Vergleichende Darstellung pilzlicher Lagerfäuleerreger an Kartoffelknollen. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **29**, 20-24.
- LANGERFELD, E., 1978: *Fusarium coeruleum* (Lib.) Sacc. als Ursache von Lagerfäulen an Kartoffelknollen. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft **184**, 81 S.
- LANGERFELD, E., 1979: Prüfung des Resistenzverhaltens von Kartoffelknollen gegenüber *Fusarium coeruleum* (Lib.) Sacc.. Potato Research **22**, 107-122.
- LANGERFELD, E., 1982: Reaktion von Kartoffelknollen gegenüber *Fusarium coeruleum* (Lib.) Sacc. nach chemischer Krautabtötung. Potato Research **25**, 31-39.
- LANGERFELD, E., 1986: Thiabendazol-Resistenz bei *Fusarium sulphureum*. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **38**, 165-168.
- LANGERFELD, E., 1990: Thiabendazol-Resistenz bei *Fusarium coeruleum*. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **42**, 79.
- LANGERFELD, E. und U. SIMON, 1981: Die Ausbreitung bakterieller Naßfäule- und Schwarzbeinigkeitserreger an Kartoffeln. Der Kartoffelbau **32**, 137-139.
- LANGERFELD, E. und R. HOEKSTRA, 1994: Reaktion von Solanum-Wildarten gegenüber dem Erreger der Phoma-Fäule der Kartoffelknollen (*Phoma exigua* var. *foveata*). Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **46**, 181-184.
- NIEPOLD, F., 1994: Anwendung der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) zum Nachweis von *Erwinia carotovora* spp. *atroseptica*, dem Erreger der Schwarzbeinigkeit und Knollennaßfäule bei Kartoffeln. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **46**, 243-246.
- NOLL, A., 1972: Über das Zusammenwirken von *Fusarium sambucinum* Fuck. f. 6 Wr. und *Pectobacterium carotovorum* (Jones) Waldee bei den Lagerfäulen der Kartoffelknollen. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **24**, 1-3.
- SCHLUMBERGER, O., 1940: Die sachgemäße Lagerung von Kartoffeln. Flugblatt Nr. 15 der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **9**, 8 S.
- SCHMIDT, E., 1928: Schädigungen der Kartoffel durch Pilze der Gattung *Fusarium* Lk.. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **15**, 537-592.
- STACHEWICZ, H., 1970: Untersuchungen über die Weißfäule der Kartoffelknollen unter Berücksichtigung der Braun- und Naßfäule. Archiv für Pflanzenschutz Berlin **6**, 455-467.
- STACHEWICZ, H., 1971: Untersuchungen über die Fusarium-Trockenfäule der Kartoffelknollen. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutzdienst in der DDR **25**, 113-116.
- STACHEWICZ, H., 1974: Zur Fusarium-Trockenfäule der Kartoffel - Schadensanteil, Bedeutung der Wundverkorung und Verbreitung der Erreger im Boden. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR **28**, 24-27.

- STACHEWICZ, H., 1978: Neue Erkenntnisse bei der Entstehung von Mischfäulen (*Fusarium spp.* und *Erwinia spp.*) und Möglichkeiten ihrer Bekämpfung. Tagungsbericht der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin **157**, 249-256.
- STACHEWICZ, H., PETT, B., KLEINHEMPEL, D., BRAZDA, G. und M. EFFMERT, 1978: Zur Bedeutung der Mischinfektion (*Erwinia carotovora var. atroseptica*, *Fusarium spp.*, *Phoma exigua var. exigua*) bei der Kartoffel. Tagungsbericht der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin **157**, 101-111.
- STACHEWICZ, H., ALBRECHT, U. und H. LEHMANN, 1984: Falisolan - ein neues Kartoffelbeizmittel. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der Deutschen Demokratischen Republik **37**, 42-44.
- STACHEWICZ, H. und U. BURTH, 1988: Beizung von Pflanzkartoffeln mit Metalaxyl gegen *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz Berlin **24**, 35-43.
- STACHEWICZ, H. und U. BURTH, 1990: Einfluß einer Pflanzgutbehandlung (Beizung) mit Kaliumthiocyanat auf die vegetative Pflanzenentwicklung und die Qualität des Erntegutes. Wissenschaftliche Zeitschrift der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Medizinische Reihe **39**, 40-42.
- STACHEWICZ, H., BURTH, U., LEADBEATER, A., van der MAAREL, H. und H. ELMESHEUSER, 1990: Behandlung von Kartoffeln mit Beret (Fenpiclonil) gegen Lagerkrankheiten und *Rhizoctonia solani*. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft **266**, 192.
- STACHEWICZ, H., BURTH, U. und S. RATHKE, 1992a: Fungizidresistenz bei Fusarium-Trockenfäuleerregern der Kartoffel in den neuen Bundesländern. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **44**, 97-100.
- STACHEWICZ, H., BURTH, U. und S. RATHKE, 1992b: Einfluß der Carbendazimresistenz auf die Fitneß von *Fusarium sulphureum* (Schlecht.). Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **44**, 121-124.
- STAPP, C., 1929: Schwarzbeinigkeit und Knollenaßfäule der Kartoffel. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **16**, 643-701.
- STAPP, C., 1935: Beitrag zur Frage der Widerstandsfähigkeit verschiedener Kartoffelsorten gegen Schwarzbeinigkeit und Knollenaßfäule, verursacht durch *Bacillus phytophthorus* Appel. Angewandte Botanik **17**, 97-117.
- STAPP, C., 1937: Schwarzbeinigkeit und Knollenaßfäule der Kartoffel. Flugblatt Nr. **28** der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, 5 S.
- WOLLENWEBER, H. W., SHERBAKOFF, C. D., REINKING, O. A., JOHANN, H. J. and BAILEY, A. A., 1925: Fundamentals for taxonomic studies of *Fusarium*. Journal of Agricultural Research **30**, 833-843.
- WOLLENWEBER, H. W., 1931: *Fusarium*-Monographie. Fungi Parasitici et Saprophytici. Zeitschrift für Parasitenkunde **3**, 269-514.
- WOLLENWEBER, H. W. und REINKING, O. A., 1935: Die Fusarien, ihre Beschreibung, Schadwirkung und Bekämpfung. Parey-Verlag Berlin, 338 S.

Clavibacter michiganensis ssp. *sepedonicus*:
Zur Geschichte der bakteriellen Ringfäule der Kartoffel

Frank Niepold

Einleitung

Im Jahre 1905 wurde das Auftreten einer neuen Kartoffelkrankheit im Westen Deutschlands beschrieben, die „in bedenklicher Weise Staudenkrankheit verursacht“ (Appel 1906). Obwohl schon Frank (1897) in seinem „Kampfbuch“ eine Aufteilung in verschiedene Kartoffelstauden-Krankheiten durchgeführt hatte, gelang erst Appel (1906) eine exaktere Beschreibung der Symptome und die Bestimmung des zugehörigen Krankheitserregers als Bakterium. Er beschrieb in einem Flugblatt eine Gefäßbakteriose, die er als „Bakterienring-Krankheit“ oder auch „Blattrollkrankheit“ bezeichnete, die wohl mit der vormals nicht klar definierten „Kräuselkrankheit“ identisch war. Das Auftreten dieser Krankheit war zu jener Zeit so stark, daß „es Felder gab, die wegen der Heimsuchung durch die Bakterienring-Krankheit nicht die Arbeit des Aberntens lohnten“ (Appel 1906).

Die für diese Krankheit charakteristischen Symptome waren schon um 1900 bekannt, und die Veröffentlichung von Stapp (1930) zur Diagnose der Kartoffelkrankheit hat noch heute ihre Gültigkeit. Ganz besonders einfach ließen sich bei Kartoffelknollen die charakteristischen und namengebenden Symptome diagnostizieren, da sie sich hier an der Knolle sehr früh ausbilden. So waren im Anfangsstadium nur verbräunte Gefäßbündelringe in der Kartoffelknolle sichtbar, aus denen bei fortgeschrittener Symptomatik ein cremig-gelber Brei austrat (Stapp 1930).

Erreger, Symptome und Verbreitung

Den infizierenden Mikroorganismus der Bakterienring-Krankheit zu charakterisieren gelang Spiekermann und Kotthoff (1914). Sie fanden eine einzelne, grampositive Bakterienart, die sie *Bacterium sepedonicum* nannten. Seither ist diese Krankheit in mehr als 30 Ländern der Erde aufgetreten. Über einen Zeitraum von ca. 55 Jahren, von 1930 bis

1985 war, bis auf eine Ausnahme, kein Auftreten der „bakterielle Ringfäule der Kartoffel“ mehr in Deutschland zu verzeichnen gewesen (Langerfeld 1989). Deshalb wurden auch keine wissenschaftlichen Arbeiten an diesem Mikroorganismus während dieses Zeitraumes in Deutschland durchgeführt. Erst wieder in jüngster Zeit war jedoch nicht nur ein bevorzugtes Auftreten der Krankheit in Ländern der gemäßigten und kalten Klimaten festzustellen (Zeller 1983), sondern auch in Ländern mit wärmeren Klimaten (Langerfeld 1978). Bei dem Erreger handelt es sich um ein unregelmäßig geformtes, meist keulenförmiges Bakterium, das den Namen *Corynebacterium sepedonicum* (Spiek. et Kotth.) Skapt. et Burkh. erhielt. Später wurde dieses Bakterium in *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus* umbenannt (Bradbury 1986). Dieser langsam wachsende Organismus wurde von Stapp 1930 und später 1958 als ein ca. 1,5 µm langer und 0,3 bis 0,6 µm dicker, grampositiver Mikroorganismus beschrieben.

Die bakterielle Ringfäule der Kartoffel verursacht nicht nur Verluste bei der Erzeugung, sondern bringt auch einen hohen administrativen, regulativen, phytosanitären sowie vermehrungstechnischen Aufwand mit sich, da diese Kartoffelkrankheit zu einer Quarantänekrankheit geworden ist. Das Gesetz verlangt eine sogenannte „Nulltoleranz“, d. h., bei Stichprobennahme dürfen keine Bakterien in Kartoffelknollen auffindbar sein. Zur Verankerung dieser Forderung sei hier die 1980 erschienene Richtlinie des Rates der europäischen Gemeinschaft zur Bekämpfung der bakteriellen Ringfäule, die Verordnung zur „Bekämpfung der Bakterienringfäule der Kartoffel“ von 1981, sowie die „Pflanzkartoffelverordnung der Bundesrepublik Deutschland“ von 1986 erwähnt (Niklahs und Schiffer 1981). Im Rahmen dieser Prüfungen wurden in der BBA moderne serologische Nachweismethoden der Immunfluoreszenz verwendet, um den Erreger der bakteriellen Ringfäule auch gemäß der europäischen Quarantänebestimmungen nachweisen zu können (Langerfeld 1990).

Infektion und Ausbreitung in der Pflanze sowie Übertragung und Überleben des Bakteriums

Für eine erfolgreiche Infektion sind alle pflanzenpathogenen Bakterien auf Verwundungen ihrer Wirtspflanzen angewiesen. Dieses gilt auch für den Erreger der bakteriellen Ringfäule der Kartoffel. Spiekermann und Kotthoff (1914), sowie Stapp (1930) erkannten, daß der Erreger der bakteriellen Ringfäule nur Verletzungen an der Knolle oder an

oberirdischen Pflanzenteilen als Eintrittsorte benutzen kann. Außerdem war schon relativ früh bekannt, daß die Ausbreitung des Bakteriums in der Kartoffelpflanze über das Xylem apikal erfolgt (Spiekermann und Kotthoff 1914). Beide Autoren wiesen nach, daß *Corynebacterium sepedonicum* ein Toxin produziert, das in die Gruppe der Glykopeptide einzuordnen ist und zum Verschuß der Leitbündel führt. Die Ausscheidung dieses Toxins ist auch für die im Laufe der Pathogenese entstehenden Welkesymptome verantwortlich (Spaar et al. 1977).

Die systemische Verbreitung des Krankheitserregers erfolgt von der befallenen Mutterknolle auf Stengel, Blätter, Stolonen, aber auch auf Tochterknollen und Wurzeln. Allerdings findet die Verteilung der Bakterien nicht gleichmäßig in alle Bereiche der Kartoffelpflanze statt. Schon Stapp (1930) war diese ungleichmäßige Ausbreitung bekannt. Er konnte nachweisen, daß nach Anpflanzung von infizierten Knollen nur ein Teil der neu gebildeten Tochterknollen und Triebe erkrankte. Zudem war die Ausbreitung der Bakterien in der Kartoffel auch noch temperaturabhängig. So konnte Langerfeld (1990) mittels Immunfluoreszenztest und Biotest eine ungleichmäßige Verteilung des bakteriellen Ringfäuleerregers in den Tochterknollen nachweisen, die mit unterschiedlichen Infektionsintensitäten korreliert waren.

Eine Verbreitung der bakteriellen Ringfäule durch Pflanzkartoffeln wurde schon von Appel (1906) festgestellt. Heute wissen wir, daß Neuinfektionen generell durch die Kontamination von Kartoffelknollen mit infektiösem Material erfolgen, wenn die Knollen während der Ernte, beim Sortieren oder später beim Transport verletzt werden. Eine der wichtigsten Übertragungsarten war damals das aus Kosten- und Materialersparnis durchgeführte Schneiden der Pflanzkartoffeln vor dem Legen. Äußerlich erkennbare Symptome traten erst in der zweiten Pflanzgutgeneration auf (Langerfeld 1989).

Damit der Erreger der bakteriellen Ringfäule auch in der nächsten Vegetationsperiode infizieren kann, muß er die niedrigen Temperaturen im Winter der gemäßigten Zonen überdauern können. So konnte Stapp zeigen, daß sich die Überlebensrate von *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus* von einer Vegetationsperiode zur anderen offenbar dann erhöhte, wenn das Bakterium im Schutz von organischer Substanz überwinterte (Stapp 1949). Gleichzeitig konnte er nachweisen, daß Ringfäulebakterien in vergrabenen Stengelteilen und Knollen ohne große Pathogenitätseinbuße überwintern konnten.

Der Erreger der bakteriellen Ringfäule vermehrt sich nicht nur in Kartoffeln, sondern auch in anderen Solanaceen. Da sich die Eierpflanze (Aubergine, *Solanum melongena*)

als Indikatorpflanze gut zum Nachweis des Ringfäuleerregers eignet, wird diese Pflanze als amtlich anerkannter Indikator für den Nachweis des Ringfäuleerregers eingesetzt. Langerfeld (1994) konnte zeigen, daß *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus* nicht nur typische Welkesymptome an Eierpflanzen auslöste, sondern daß auch die Tomate (*Lycopersicon esculentum*) mit ähnlich guten Ergebnissen als Testpflanze für das Vorkommen des Erregers eingesetzt werden konnte. Somit steht eine weitere Testpflanze für den Nachweis dieser Krankheit zur Verfügung.

Verhalten verschiedener Sorten, Verluste und Abwehrmaßnahmen

Schon relativ früh konnte festgestellt werden, daß sich verschiedene Kartoffelsorten unterschiedlich gegenüber dem Ringfäuleerger verhielten. Die Palette reichte von hochanfällig bis zu Sorten ohne jegliche Symptomausprägung (Zielke und Naumann 1987). Bei den durch Kreuzung erhaltenen resistenten Kartoffelsorten konnte gezeigt werden, daß die Resistenz vererbbar war. Dieses traf auch dann noch zu, wenn nur ein Elter der Kreuzungspartner eine Resistenz besaß (Spaar et al. 1977). Allerdings bereiteten die angeblich resistenten Sorten erhebliche Kopfschmerzen, da sich bei Überprüfungen mit sensitiven Nachweismethoden diese Kartoffelsorten auch als latent mit *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus* befallen erwiesen.

Bei stärkerem Befall können sowohl auf dem Feld als auch beim Lagern der Kartoffelknollen erhebliche Einbußen auftreten. So können bei starkem Befall die Kartoffeln nach der Aussaat erst gar nicht zum Austreiben kommen, oder es kommt zu geringerer Knollenzahl, kleineren Knollen oder später im Kartoffellager zur Knollenfäule. Dabei schwanken die Angaben über Ausfälle von wenigen Prozenten bis zu einem Drittel (Spiekermann und Kotthoff 1914; Stapp 1949).

Eine direkte chemische Bekämpfung scheidet vor allem wegen der systemischen Ausbreitung des Ringfäulebakteriums aus. Neben der Empfehlung einer Reinigung und Desinfektion von Erntegeräten, Maschinen und Lager- bzw. Transporteinrichtungen zur Eindämmung oder Ausrottung dieser Krankheit gilt heute noch die von Stapp (1949) vorgeschlagene Pflanzenhygiene bei der Aussaat, nämlich die Verwendung von gesundem Pflanzgut in Form von ganzen, ungeschnittenen Knollen.

Der Quarantänestatus von *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus* verursachte verstärkte Forschungsanstrengungen zur Entwicklung eindeutiger Diagnoseverfahren zur

Untersuchung von Kartoffelpellets. Anfänglich wurden die von der Europäischen Union vorgeschriebenen bakteriologischen Nachweismethoden (Bunte Reihe) angewendet. Eine Steigerung der Nachweisempfindlichkeit des Erregers konnte mit der Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR) erreicht werden. Diese wurde so weit verfeinert, daß eine routinemäßige Anwendung der PCR nun möglich ist. Durch die Spezifität der PCR bleiben die beim serologischen Nachweis manchmal auftretenden Kreuzreaktionen aus (Niepold unveröffentlicht).

Damit die BBA auf dem Gebiet der Diagnose von bakteriellen Krankheitserregern nicht ins Hintertreffen gerät, müssen in Zukunft gentechnische Methoden besonders berücksichtigt werden.

***Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus*:**

History of bacterial ring rot of the potato

Summary

This article summarizes ten decades of research on *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (Davis), performed at the Biologische Bundesanstalt and its former institutions. The research of this bacterium, the causal agent of potato ring rot disease, focussed on the classification, development and application of detection procedures.

Special emphasis was put on the contributions of scientists from these institutions on the evaluation of the conditions for infection and spread of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*, which relatively early was considered to be a quarantine disease causing organism. Therefore, it was important to conduct measures for the prevention of the spread of this organism by subsequently applying the developed plant health procedures since no chemical agents can be used to control this disease. The investigated measures belong to an actively performed plant protection which is one of the goals of the Biologische Bundesanstalt.

Literatur:

- APPEL, O., 1906: Die Bakterien-Ringkrankheit der Kartoffel. Kaiserliche Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Flugblatt Nr. 36, 1-4.
- BRADBURY, J. F., 1986: Guide to plant pathogenic bacteria. C. A. B. International Mycological Institute, KEW., 322 S.
- FRANK, 1897: Kampfbuch. Zitiert aus: SPIEKERMANN, A. und P.KOTTHOFF 1914: Untersuchungen über die Kartoffelpflanze und ihre Krankheiten. 1. Die Bakterienringfäule der Kartoffelpflanze. Landwirtschaftliche Jahrbücher 46, 659-729.
- LANGERFELD, E., 1989: Die bakterielle Ringfäule der Kartoffel (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* Davis et al.) aus biologischer, epidemiologischer, ökologischer und ökonomischer Sicht. Eine Literaturstudie. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) 41, 153-159.
- LANGERFELD, E., 1990: Verteilung befallener Knollen in einigen mit Ringfäule (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* Davis et al.) verseuchten Kartoffelproben. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 97, 187-193.
- LANGERFELD, E., 1994: Nachweis der bakteriellen Schleimfäule der Kartoffel mittels Testpflanzen. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 46, 81-82.
- NIKLAHS, V. und S. SCHIFFER, 1981: Verordnung zur Bekämpfung der Bakterienringfäule der Kartoffel (Ringfäuleverordnung). Gesunde Pflanze 33, 210-214.
- SPAAR, D., H. KLEINHEMPEL, H. J. MÜLLER und K. NAUMANN, 1977: Bakterienringfäule. In: Bakteriosen der Kulturpflanzen. Akademie-Verlag, Berlin, 155-159.
- SPIEKERMANN, A. und P. KOTTHOFF, 1914: Untersuchungen über die Kartoffelpflanze und ihre Krankheiten. 1. Die Bakterienringfäule der Kartoffelpflanze. Landwirtschaftliche Jahrbücher 46, 659-729.
- STAPP, C., 1930: Beiträge zur Kenntnis des *Bacterium sepedonicum* Spiekerm. et Kotth., des Erregers der „Bakterienringfäule“ der Kartoffel. Zeitschrift für Parasitenkunde 2, 756-823.
- STAPP, C., 1949: Die Bakterienringfäule der Kartoffel und ihre erneute Beachtung in Deutschland. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz 56, 81-92.
- STAPP, C., 1958: *Corynebacterium sepedonicum*. In: Pflanzenpathogene Bakterien. Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg, 121-129.
- ZELLER, W., 1983: Zur Problematik der bakteriellen Ringfäule der Kartoffel (*Corynebacterium sepedonicum* (Spiek. et Kotth. Skapt. et Burkh.)) unter besonderer Berücksichtigung der Diagnose des Erregers. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) 35, 155-156.

Streptomyces scabies (Thaxt.) Waksman et Henrici: Die „Grabenmethode“ zur Prüfung des Kartoffelschorfs

Bärbel Schöber-Butin

Einleitung

Der Kartoffelschorf wurde in Deutschland 1845 erstmals erwähnt. Ein „ostpreußischer Landwirth und Ehrenmitglied der königl. preußischen ökonomischen Gesellschaft zu Potsdam“ namens Kreyssig berichtet über „*Die jetzt so verheerend auftretenden Kartoffelkrankheiten, die Trockenfäule und die Schorfkrankheit oder Pocken, in ihrem Wesen, ihren Ursachen und mit naturgemäßen und praktischen Mitteln zu ihrer Verhütung*“ (Schöber und Langerfeld 1979). Der Autor beschreibt darin das Erscheinungsbild des Kartoffelschorfes und vermutet, daß das Auftreten der Krankheit mit der besonderen Behandlung des Bodens mit Mergel in Zusammenhang stehen müsse. Der eigentliche Urheber wurde erst viel später, 1891, entdeckt und von Thaxter unter dem Namen *Oospora scabies* beschrieben. Der zu den Bakterien gehörende Organismus ist heute unter dem Namen *Streptomyces scabies* (Thaxt.) Waksman et Henrici bekannt. Bis heute hat der Kartoffelschorf seine wirtschaftliche Bedeutung nicht verloren.

Im folgenden soll über eine besondere Methode zur Prüfung der Resistenz von Kartoffelknollen berichtet werden, die in den 60er Jahren von Alfred Noll im damaligen Institut für Botanik der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft entwickelt worden ist, und die auch heute noch angewandt wird.

Vorarbeiten

Alfred Noll, ein Botaniker, hatte sich bereits 1939 mit der Biologie und den Bekämpfungsmöglichkeiten von *Streptomyces scabies* befaßt (Noll 1939). Als dann nach dem Zweiten Weltkrieg die Kartoffel im Institut in Braunschweig vorrangiges Forschungsobjekt wurde, übertrug man Noll die Prüfung der Resistenz von Sorten und Zuchtstämmen gegenüber Kartoffelschorf.



Alfred Noll

Heute ist bekannt, daß der Erreger für seine Entwicklung leichten, alkalischen Boden benötigt und besonders günstige Wachstumsbedingungen bei relativ hohen Temperaturen findet. Daraus ist schon ersichtlich, daß Prüfungen in verseuchten Feldern oft keine verwertbaren Resultate erbringen, weil der Boden zu schwer, zu feucht, zu sauer oder zu kalt ist. Im Gewächshaus hätte man diese Nachteile sicher vermeiden können. Karla Longrée, eine der ersten Wissenschaftlerinnen in der BBA, hatte aber 1932 schon gezeigt, daß sich der Schorfbefall im Verlauf der Vegetationszeit ändern kann und daß eigentlich nur die reife, erntefähige Knolle beurteilt werden könne (Longrée 1932). Diese Voraussetzung war im Gewächshaus schwer zu erfüllen.

Bei seinen Untersuchungen zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln gegen Kartoffelschorf hatte Noll festgestellt, daß sich die Knöllchensucht der Kartoffel für das angestrebte Prüfverfahren gut verwenden ließe. Knöllchensucht entsteht, wenn Kartoffelknollen häufig abgekeimt werden. An den Augen der Kartoffel bilden sich dann anstelle der Keime kleine Knöllchen. Diese mit Knöllchen behafteten Knollen wurden nun zur Mittelprüfung in 1 Liter Vorratsdosen mit Erde gepflanzt und mit den zu prüfenden Mitteln behandelt. Dabei stellte Noll fest, daß die in der Erde neu gebildeten Knöllchen größer waren als die

vorher bereits vorhandenen und daß diese außerdem Schorfbefall aufwiesen (Noll 1968a). Diese Beobachtung war der Auslöser für die Entwicklung seiner „Grabenmethode“ zur Resistenzprüfung von Kartoffelknollen gegen den Gewöhnlichen Schorf, *Streptomyces scabies*.

Entwicklung der Grabenmethode

Nach diesen Beobachtungen begann Noll mit verschiedenen Böden – natürlich verseucht, künstlich verseucht und Bausand mit dem Erreger vermischt – zu experimentieren. Sehr schnell zeigte sich, daß der verseuchte Bausand für diese Versuche am besten geeignet war. Die Schorfentwicklung auf den Knöllchen verlief sehr schnell, denn bereits nach 3 bis 4 Wochen konnten die Versuche ausgewertet werden.

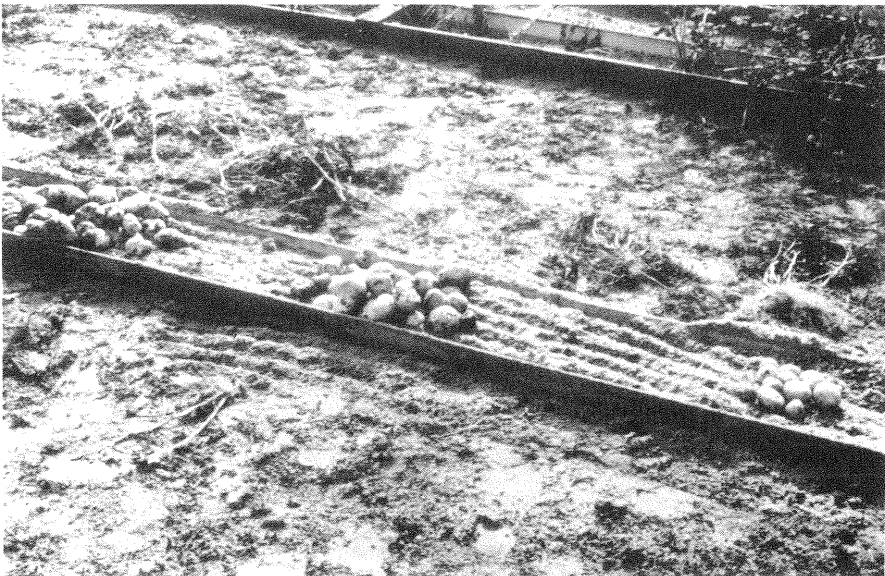
Im weiteren Verlauf seiner Untersuchungen versuchte Noll, die im Labor gewonnenen Erkenntnisse auf Freilandverhältnisse zu übertragen. Dazu wurden auf dem Versuchsfeld lange, schmale Gräben von 30 cm Breite und 25 cm Tiefe gezogen. In diese Gräben wurde „Schorfboden“, d.h. natürlich verseuchte Erde eingefüllt und die Kartoffeln hineingelegt. Dieses Verfahren hatte den Vorteil, daß sich die Tochterknollen unmittelbar im „Schorfboden“ entwickelten und daß die Wurzeln in den natürlich gewachsenen Mutterboden eindringen konnten, um von dort Wasser und Nährstoffe aufzunehmen. Die Pflanzen wuchsen normal und wiesen zur Ernte eine relativ starke Verschorfung auf.

Nachdem sich aber in den Vorversuchen gezeigt hatte, daß durch Bausand die Verschorfung besonders gefördert wird, machte Noll einen weiteren Schritt weg vom gewachsenen Boden und füllte die Schorfgräben unmittelbar mit dem genannten Material. Dieser Bausand (Korngröße 3 mm) wurde zunächst gesiebt und gewaschen. Anschließend erfolgte in einem Betonmischer die gleichmäßige Vermengung des Sandes mit dem Erreger. Diese Mischung wurde dann auf die Schorfgräben verteilt. Damit war die „Grabenmethode“ geboren (Noll 1968b). Abbildung 1 und 2 zeigen die Pflanzenentwicklung in den Gräben und die Knollengröße bei der Ernte.

Abb. 1: Schorfgräben im Sommer



Abb. 2: Schorfgräben nach der Ernte



Zusammenfassung

Zur Prüfung der Anfälligkeit der Kartoffelknolle gegenüber dem Gewöhnlichen Schorf hat Noll ab 1939 verschiedene Versuche durchgeführt, die schließlich in die standardisierte „Grabenmethode“ mündeten. Das Verfahren erlaubt eine Prüfung unter gleichen Bedingungen für alle Prüfglieder und ist weniger arbeitsintensiv als Labor- oder Feldversuche. Die Grabenmethode hat sich in über 30 Jahren bewährt und wurde mit Abwandlungen von vielen Ländern übernommen.

***Streptomyces scabies* (Thaxt.) Waksman et Henrici: The „Grabenmethode“ for testing potatoes against Common scab**

Summary

A method is described for testing potatoes for resistance against common scab (*Streptomyces scabies*) in „trenches“ in the field. The „trenches“ are filled with sand mixed with equal amounts of the mycelium of the causal organism. This method allows a testing of each single specimen under the same conditions in respect of the infection pressure.

Literatur

- LONGRÉE, K., 1932: Untersuchungen über die Ursache des verschiedenen Verhaltens der Kartoffelsorten gegen Schorf. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt Berlin-Dahlem **19**, 285-336.
- NOLL, A., 1939: Untersuchungen über die Biologie und Bekämpfung des Kartoffelschorfes (*Actinomyces*). Landwirtschaftliches Jahrbuch **89**, 41-113.
- NOLL, A., 1968a: Zur Frage der Prüfung von Bekämpfungsmitteln gegen den gewöhnlichen Schorf (*Streptomyces scabies*) im Laboratorium unter Ausnutzung der Knöllchen-sucht der Kartoffel. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **20**, 65-70.
- NOLL, A., 1968b: Eine „Grabenmethode“ zur Prüfung von Kartoffelzuchtstämmen auf Schorfresistenz (*Streptomyces scabies*). Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **20**, 163-169.
- SCHÖBER, B. und E. LANGERFELD, 1979: Ein kleiner Ausflug in die Geschichte der Kartoffelkrankheiten. Der Kartoffelbau **30**, 402-403.

Abbaukrankheiten der Kartoffel:

Der Weg von den Anfängen zur modernen Kartoffelvirologie

Hans-Ludwig Weidemann

Einleitung

Die Geschichte des Kartoffelabbaus ist so alt wie die Geschichte der Kartoffel in Europa. Bereits in der Frühzeit des Kartoffelanbaus waren Abbauerscheinungen bekannt. Ihre Bedeutung nahm in dem Maße zu, in dem die Anbaufläche erweitert und die Kartoffel als Nahrungsmittel akzeptiert wurde. Otto Appel, der spätere Präsident der Biologischen Reichsanstalt, zitiert in seiner Arbeit über die Geschichte der Kartoffelkrankheiten (Appel 1907) eine frühe Beschreibung des Kartoffelabbaus:

„Aus äußerlich gesund scheinenden ...Kartoffeln erwachsen in allen Jahren und Erdarten.. mehr oder weniger häufig solche Pflanzstöcke, deren äußeres Aussehen bereits einem Unkundigen anzeigt, daß es ein mißratenes abgeartetes Gewächs sei. Die Blätter sind nicht so glatt auf der Oberfläche, sondern rauh, runzlicht, mager, kraus und verschrumpfen.“ (D.J.Simon 1782).

Simon beschrieb damit eine Krankheit, die sich um etwa 1775 in Mitteleuropa in größerem Maße auszubreiten begann. Sie wurde in Anlehnung an die bereits aus England bekannte "curl"-Krankheit als Kräuselkrankheit bezeichnet. Simon beobachtete auch, daß diese Symptome stets dann auftraten, wenn die heimischen Speisekartoffeln in Nachbarschaft mit den damals neu aus England eingeführten „Viehkartoffeln“ standen, und er vermutete deshalb einen Zusammenhang mit Fremdbestäubungen. Otto Appel schloß aus diesen Angaben bereits auf eine infektiöse Ursache dieser Erscheinung.

Der Kartoffelabbau läßt sich beschreiben als ein fortschreitender Rückgang des Knollenertrages. Ein ursprünglich leistungsfähiger Kartoffelbestand läßt im Laufe weniger Jahre in seiner Leistung nach, wenn das Pflanzgut kontinuierlich der vorangegangenen Ernte entnommen wird.

Der Ertrag und die Stärkegehalte sinken, die Anteile marktgerechter Knollengrößen gehen zurück und die allgemeine Krankheitsanfälligkeit nimmt zu. Der Kartoffelabbau erwies sich bereits im 19. Jahrhundert als ein begrenzender Faktor für einen wirtschaftlich sinnvollen Kartoffelanbau.

Zur Zeit der Gründung der Kaiserlichen Biologischen Reichsanstalt gehörte Deutschland zu den größten Kartoffelproduzenten Europas. Vor dem ersten Weltkrieg nahm Deutschland hinter Rußland in der Anbaufläche die zweite Stelle und in der Gesamterzeugung die erste Stelle in Europa ein (Siebeneick 1948; Opitz 1949). Es lag deshalb auf der Hand, daß sich in der Kaiserlichen Biologischen Reichsanstalt der Kartoffelabbau bereits früh zu einem Schwerpunktthema entwickelte.

Wir wissen heute, daß die Ursache dieser Abbaukrankheiten Virusinfektionen sind. Blattläuse übertragen die Viren von kranken auf gesunde Kartoffelpflanzen und sorgen dadurch für die Ausbreitung der Viruskrankheiten im Feldbestand. Werden Knollen von infizierten Kartoffelpflanzen zu Pflanzzwecken verwendet, so erwachsen daraus wiederum virushaltige Pflanzen mit geschwächter Vitalität und verringerter Leistungsfähigkeit. Der Weg zu dieser Erkenntnis verlief jedoch nicht geradlinig. Der Kartoffelabbau wurde als eine äußerst komplexe Erscheinung betrachtet, die nicht nur mit einer einzigen Ursache erklärt werden könne.

Die Inkubationszeit

Erich Köhler bediente sich dieses Begriffes in einer Rede (Köhler 1967). Anlaß dafür war die Verleihung der Otto-Appel-Gedenkmünze an ihn durch den Bundesminister Hermann Höcherl auf der 36. Deutschen Pflanzenschutztagung in „Anerkennung der überragenden Verdienste um die Landwirtschaft durch grundlegende wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der pflanzlichen Virusforschung.“

Köhler benutzte als Pflanzenpathologe den Begriff 'Inkubationszeit', um die erste Phase eines Prozesses zu beschreiben, der in der Biologischen Reichsanstalt von den verschiedenen Abbautheorien zur Akzeptanz der Virusätiologie des Kartoffelabbaus geführt hat. Die Inkubationsphase ist in diesem Sinne eine sehr aktive Phase, die aber noch nicht zu einem sichtbaren Erfolg führt.

Am Anfang dieses Jahrhunderts erschien eine Abhandlung mit dem Titel „Europas Kartoffelbau in Gefahr“ (Armin-Schlagenthin 1908), in der auf Grund der Abbaukrankheiten für das Jahr 1908 ein Ertragsausfall von zwei Drittel der Kartoffelernte prophezeit wurde. Hier wurde von der Biologischen Reichsanstalt bereits erste Hilfe geleistet, in dem Otto Appel die Blattrollkrankheit aus dem Abbaukomplex herauslöste und sie als eigenständige Krankheit erkannte (Appel 1907b; Appel und Schlumberger 1914). Er entdeckte

die für diese Krankheit typischen Gefäßnekrosen und führte sie damals auf pilzliche Erreger zurück. Folgerichtig wurde im Jahre 1912 die Entfernung blattrollkranker Stauden aus dem Feldbestand empfohlen (Köhler 1967), eine Maßnahme, die noch heute zu den Grundlagen der Pflanzguterzeugung gehört.

Bei den weiteren Bemühungen um die Ursachenfindung der Abbauerscheinungen wurden zunächst verschiedene Wege eingeschlagen. Dabei zeichneten sich zwei Richtungen ab, die im Bezug auf den Kartoffelabbau auf jeweils unterschiedliche Beobachtungen beruhten.

So fiel bereits frühzeitig auf, daß die Abbaurate abhängig war vom Standort. In einigen Regionen bauten die Kartoffeln schon nach wenigen Generationen ab, in anderen blieben sie längere Zeit davon verschont. Ein damals sehr bekanntes Beispiel dafür war die Kartoffelsorte *Magnum bonum*, die in den Gebirgsgegenden Skandiaviens gesund und kräftig blieb, während sie in den anderen Landesteilen bereits weitgehend degeneriert war. Deshalb interpretierte man den Kartoffelabbau als Folge ungünstiger Wechselwirkungen zwischen Pflanze und Standort und suchte dafür ökologische Ursachen.

Ein anderer Weg wurde in den Niederlanden von Quanjer (1922, 1923) beschritten. Quanjer untersuchte die infektiöse Natur der Abbauerscheinungen, fand jedoch keine parasitischen Organismen in den Pflanzen. Es gelang ihm jedoch, die Symptome von kranken auf gesunde Pflanzen mittels Pfropfung zu übertragen. Er schloß aus diesen Ergebnissen, daß es sich hier um ähnliche Agenzien handeln müsse wie sie bereits von Mayer (1886) und Beijerinck (1898) für die Tabakmosaikkrankheit beschrieben wurden. Diese Agenzien wurden bereits damals als Virus bezeichnet ohne deren Natur zu verstehen. Später stellte sich heraus, daß Quanjer hier auf dem richtigen Weg war. Nahezu gleichzeitig gelang es, die Krankheitssymptome mittels Blattläusen von kranken auf gesunde Pflanzen zu übertragen (Oortwijn-Botjes 1920, 1925; Schulz und Folsom 1923).

Theorien über ökologische Gründe des Kartoffelabbaus

In Deutschland erfuhren die Theorien über ökologische Gründe des Abbaus zunächst besondere Akzeptanz. Sie entsprachen den hier damals vorherrschenden ganzheitlichen Betrachtungsweisen. Zwar verschloß man sich nicht der Virustheorie, man zögerte jedoch noch, den als komplex erscheinenden Kartoffelabbau einer einzigen Ursache zuzuordnen. Es bildeten sich in diesem Zusammenhang zwei Richtungen heraus, die nicht

immer deutlich voneinander getrennt werden konnten: Die Standorttheorien und Theorien über physiologische Ursachen des Abbaus.

Die Standorttheorien interpretieren den Abbau als ungünstige Wechselwirkung zwischen Pflanze und Standort, insbesondere im Hinblick darauf, daß die hiesigen Anbaugebiete nicht den natürlichen Standorten der Kartoffel entsprechen. Dadurch kommt es, so meinte man, bei dieser besonders labilen Kulturpflanze zu Funktionsstörungen, die zum Leistungsabbau führen (Morstatt 1925). Merckenschlager, der in den 30er Jahren als Leiter der Dienststelle für Botanik der Biologischen Reichsanstalt in Dahlem tätig war, erläuterte seine Vorstellungen über die Rolle des Standortes ausführlich am Beispiel der Kartoffelsorte *Magnum bonum* (Merckenschlager und Klinkowski 1931).

Merckenschlager beschreibt den Weg dieser „Großen Sorte“ von England zum europäischen Festland, wo sie in Deutschland im Jahr 1876 erstmals angebaut wurde. Während *Magnum bonum* in England eine sehr erfolgreiche Kartoffelsorte war, erfolgte hier ein plötzlicher Rückschlag ihrer Leistungsfähigkeit. Die ersten Anzeichen des Niedergangs wurden bereits im Jahr 1891 beobachtet, und der Abbau nahm außergewöhnliche Ausmaße an in den Jahren 1905 und 1910. Im Jahre 1912 wurde die Sorte nicht mehr an den Börsen notiert, obwohl nach ihr verlangt wurde.

Merckenschlager deutete den Niedergang dieser Sorte als Antwort auf die Änderung ihrer Lebensbedingungen. Angepaßt an das feuchte Küstenklima Englands erlitt sie, so schreibt er, unter kontinentalen Bedingungen in trockenen und warmen Jahren Störungen der Wasserbilanz und als Folge Salzanhäufungen in den Geweben. Die in England weniger auffällige aber in Deutschland sehr verbreitete Blattrollkrankheit war für ihn ein Ausdruck für die Wassernot der Pflanze, die pathologisch fixiert wird. Bei ausgewogener Wasserbilanz entsteht dann die Vitalknolle, bei gestörter Wasserbilanz die Abbauknolle. Gestützt wurde diese Annahme durch Beobachtungen, die auf dem Versuchsfeld der Biologischen Reichsanstalt, dem „Dahlemer Abbauboden“, gemacht wurden (Merckenschlager et al. 1932). Es handelte sich hier um ein Feld, dessen Wasserführung stellenweise schlecht war wegen des humusarmen lehmigen Sandbodens. Hier wurden viele Jahre hintereinander Kartoffeln angebaut, um den Kartoffelkrebs zu untersuchen. Dabei beobachtete man, daß Originalpflanzgut auf diesem Gelände bereits nach einem Jahr ausgeprägte Blattrollerscheinungen zeigte und abgebaut war.

Merckenschlager verfaßte, z.T. zusammen mit seinen Mitarbeitern, mehrere Abhandlungen über diese Zusammenhänge, die kurz hintereinander in den Arbeiten aus der Biologi-

schen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft erschienen sind (Merkenschlager 1930, 1931; Merkenschlager et al. 1930a, 1930b, 1932). Er sah darin, ebenso wie andere Autoren dieser Zeit (Morstatt 1925; Ziegler 1927; Klapp 1930; Boas 1937) die Kartoffel als eine spezialisierte Kulturpflanze, deren Weg aus ihrer andinen Heimat mit kühlfeuchtem Klima in unsere kontinental bestimmte eher warm-trockene Region zu einer Überschreitung ungünstiger Standorteinflüsse und damit zur Grenze ihrer Leistungsfähigkeit führt. Mit dieser Deutung des Kartoffelabbaus ließen sich auch die günstigen Bedingungen für den Pflanzkartoffelanbau in Küstennähe erklären. Hohe Luftfeuchtigkeit, Böden mit guter Wasserbindung und eine besondere Struktur der Spaltöffnungen (Boas 1937), die es erlaubt, Wasser in Form von Tau aufzunehmen, dies sind die Kriterien, die, wie man annahm, zur Vitalknolle führen.

Die Standorttheorien versuchten die Bedingungen zu beschreiben, die zum Abbau der Kartoffel führten. Die Ursachen dafür, so meinte man, sollten demzufolge in Veränderungen des pflanzlichen Stoffwechsels zu suchen sein.

Die Pflanzenphysiologie war zu dieser Zeit eine noch junge Wissenschaftsdisziplin und man erwartete von ihr Antworten zum Mechanismus des Abbaus. Die Suche nach **physiologischen Gründen** für den Abbau kann mit den Begriffen Streß, Altersschwäche und Degeneration beleuchtet werden.

Streß führt zur Konstitutionsschwäche der Pflanzen. Dies war die allgemeine Aussage der Streßhypothesen. Ursachen dafür waren nicht allein ungünstige Standortbedingungen, sondern man suchte sie auch in einer verminderten Vitalität, hervorgerufen durch die Züchtung der Kartoffelsorten auf höchste Ertragsleistung. Die Kartoffel sei dadurch biologisch überfordert und neige dazu, auf das normale Maß ihrer Leistungsfähigkeit zurückzukehren (Klapp 1930). Ein heute seltsam anmutender Ansatz ist die Senilitätstheorie (vergl. Morstatt 1925). Sie geht davon aus, daß Altersschwäche zur Konstitutionsschwäche der Pflanze und damit zum Abbau führt. Ursache für Altersschwäche sind Klonvermehrungen, die ihren Ursprung in einer einzigen Pflanze haben. Jeder Klon unterliegt nach dieser Auffassung einem Alterungsprozeß, ähnlich dem der Ausgangspflanze. Die Sorte, aufgefaßt als Individuum, altert und stirbt, was sich im Abbau äußert (Gräbner 1920; Salaman 1921).

Der Begriff Degeneration wird oft synonym für den Begriff Abbau verwendet. Er beschreibt das Abgleiten der Sorte von ihrer Norm, auch als Folge fortschreitender Änderung der erblichen Konstitution in nachteiliger Richtung. Diese Betrachtungen waren in

mancher Hinsicht bestimmt von vitalistischen Denkweisen und weitgehend entfernt von kausalanalytischen Forschungsansätzen. Sie boten deshalb keine Handhabe zur Lösung der Probleme.

In der Biologischen Reichsanstalt wurden deshalb eine Reihe physiologischer Arbeiten durchgeführt mit dem Ziel, Abbau- und Vitalknollen unterscheiden zu können. Diese Untersuchungen wurden von Appel und Merckenschlager unterstützt.

Ausgehend von der „Versalzungstheorie“ versuchten Marx und Merckenschlager (1932) an Hand von Aschenanalysen „Vitalknollen“ von „Abbaunknollen“ zu unterscheiden. Experimente dafür wurden wiederum auf dem „Dahlemer Abbauboden“ durchgeführt. Große Erwartungen für eine praktisch verwertbare Diagnosemethode wurden auf die Untersuchungen von Wartenberg und Hey gesetzt (Hey 1932, Wartenberg et al. 1936a, Wartenberg et al. 1936b). Die Autoren untersuchten das Redoxpotential im Gewebebrei der zu prüfenden Kartoffelknolle. Die Messungen schienen zunächst erfolgreich zu sein, denn Potentialänderungen ließen sich kranken und gesunden Knollen scheinbar zuordnen. Diese Ergebnisse stießen damals auf großes Interesse, so daß Otto Appel sie auf dem Treffen der American Phytopathological Society in Chicago am 21. Juni 1933 vortrug (Appel 1934). Später stellte sich jedoch heraus, daß diese Methode mit erheblichen Unsicherheiten behaftet war, so daß ihr diagnostischer Wert in Frage gestellt wurde. Klinkowski (1933) führte mit dem gleichen Ziel Untersuchungen über Änderungen des Katalasegehaltes durch, aber auch hier erfüllten sich nicht die Hoffnungen, kranke und gesunde Knollen mit analytischen Methoden zu unterscheiden.

Die Anerkennung der Virustheorie

Die kontroversen Diskussionen über die Ursachen des Kartoffelabbaus führten Anfang der 30er Jahre in der Biologischen Reichsanstalt zu einer Polarisierung der Meinungen. Die Arbeitsgruppe um Merckenschlager beharrte auf den ökologischen Aspekten des Abbaus, Erich Köhler vertrat dagegen sehr engagiert die Virustheorie, und Otto Appel als Präsident verhielt sich abwartend, wohl wissend, daß sich die richtige Position in Kürze durchsetzen würde.

Erich Köhler, der der Virustheorie in Deutschland zum Durchbruch verhalf, kam 1921 als junger Wissenschaftler an die Biologische Reichsanstalt (Bartels 1979). In dem neu

gegründeten Laboratorium für Kartoffelbau, das von Otto Schlumberger geleitet wurde, wurde er zunächst mit der Erforschung des Kartoffelkrebses beauftragt.



Erich Köhler, aufgenommen am 15. November 1979 anlässlich seines 90. Geburtstages

Dabei blieb es nicht aus, daß er mit den Abbauproblemen konfrontiert wurde und somit auch mit der Virstheorie. Sie erschien ihm einleuchtend, und so hielt er darüber auf dem Kolloquium der Biologischen Reichsanstalt in Dahlem 1923 einen Vortrag. Er fand jedoch in diesem Kreise kaum Resonanz, was wohl auch zu erwarten war, zumal der noch junge Mitarbeiter keine experimentelle Erfahrung auf dem Gebiet des Kartoffelabbaus vorzuweisen hatte. So führte Erich Köhler die Untersuchungen über den Kartoffelkrebs weiter fort, und es dauerte noch etwa sieben Jahre, bis er von der Leitung der Biologischen Reichsanstalt beauftragt wurde, den Kartoffelabbau experimentell zu bearbeiten. Köhler mußte sich nun gegen die übermächtige Gruppe der „Standorttheoretiker“ durchsetzen, und er wählte dafür die richtige Strategie. Er begann seine Untersuchungen auf

dem „Dahlemer Abbauboden“, jenem Versuchsfeld, das bisher Argumente für die Standorttheorien geliefert hatte.

Ausgangspunkt für die Untersuchungen waren Beobachtungen Köhlers über den raschen Abbau der Kartoffelsorte Gustav Adolf. Innerhalb eines Jahres hatte hier die Sorte ihr Aussehen völlig verändert. Er beauftragte seinen Mitarbeiter Böhme, diese Pflanzen nach den besonders in England bereits etablierten Methoden zu analysieren (Smith 1931), während er sich zunächst der bisher noch ungelösten Blattrollkrankheit, aber auch den biologischen Eigenschaften der Mosaikviren widmete.

Böhm übertrug unter Anleitung Köhlers die „Krankheitsstoffe“ mittels Stengelpropfung und Saftübertragungen von Kartoffeln auf Tabak-, Paprika- und Tomatenpflanzen. Er nutzte die Blattlausart *Myzus persicae*, um die Krankheit auf andere Kartoffelsorten zu übertragen, und es gelangen ihm mittels unterschiedlicher Übertragungsweisen und Indikatorpflanzen Auftrennungen der X-, Y- und Blattrollkrankheit (Böhme 1936). Köhler veröffentlichte nun in rascher Folge die eigenen ersten Ergebnisse über die Stammvielfalt der Kartoffelviren und deren biologische Eigenschaften (Köhler 1933a, 1933b, 1933c, 1934a, 1934c, 1936a, 1936c, 1937a, 1937b, 1937c). Er suchte auch die Akzeptanz außerhalb der engeren Fachwelt, indem er im Sorauerschen Handbuch für Pflanzenkrankheiten das Kapitel „Viruskrankheiten“ verfaßte (Köhler 1934b).

Erich Köhler gebührt nicht nur der Verdienst, die Virustheorie gegen große Widerstände in Deutschland durchgesetzt zu haben, sondern er machte auch den Weg frei für weitere Entwicklungen zum Nutzen der Kartoffelzüchter und Pflanzgutproduzenten.

Die Bemühungen, den Kartoffelabbau mit Hilfe der Standorttheorien zu erklären, waren gescheitert. Sie hatten jedoch besonders im Hinblick auf die Charakterisierung von Gesund- und Abbaulagen interessante Ergebnisse gebracht. Die Schlußfolgerungen mußten jedoch korrigiert werden. Nicht die Unverträglichkeiten zwischen der scheinbar ungenügend angepaßten Kartoffelpflanze und ihrer Umwelt war die Ursache für unterschiedliche Abbauraten in den Gesund- und Abbaulagen, auch nicht die gestörte Wasserbilanz der Kartoffel, sondern das mehr oder weniger gute Gedeihen der Blattläuse als Virusüberträger in diesen Regionen.

Neue Wege in der Pflanzgutproduktion

Auf Grund der Arbeiten Köhlers wurden Testpflanzensortimente geschaffen, die es erlaubten, an Hand der Symptome die verschiedenen am Abbau beteiligten Viren zu unterscheiden (Köhler 1933, 1936a, 1936b). Der Augenstecklingstest wurde eingeführt und damit den Züchtern bei der Selektion gesunden Pflanzgutes geholfen (Köhler 1935). Die Anerkennungsbestimmungen wurden den neuen Bedingungen angepaßt. Wenige Jahre später führte Köhler den „A6“- Test ein (Köhler 1953). Es handelte sich dabei um einen Biotest mit der Kartoffelhybride *Solanum demissum* X *Solanum tuberosum* 'Aquila', mit dessen Hilfe die Kartoffelviren A und Y in der Routinetestung an Hand der Lokalläsionen unterschieden werden konnten. Dieser Test gehörte bis zum Ende der 70er Jahre zu den Standardverfahren der Kartoffeltestung in den Pflanzkartoffeln produzierenden Ländern.

Die zunehmende Testung großer Probenumfänge verlangte weitere vereinfachte Nachweismethoden. Nachdem Purdy (1931) die antigenen Eigenschaften des Tabakmosaikvirus entdeckt hatte, lag es nahe, zu untersuchen, inwieweit serologische Verfahren auch für den Nachweis von Kartoffelviren geeignet sind.

Stapp, damals Leiter der mikrobiologisch-chemischen Abteilung der Biologischen Reichsanstalt, stellte sich zusammen mit seinem Mitarbeiter Bercks dieser Herausforderung. Es wurden Methoden zur Reindarstellung der Kartoffelviren entwickelt, Antiseren in Kaninchen produziert und geeignete Testbedingungen erarbeitet (Stapp und Bercks 1939; Stapp 1942, 1943a, 1943b, 1943c). Die serologischen Verfahren wurden bald Bestandteil der Virustestung im Rahmen der Pflanzkartoffelerkennung.

Die Anerkennungen dieser Leistungen blieben nicht aus. Im Jahre 1939 wurden von der Biologischen Reichsanstalt anlässlich der Tagung des Deutschen Pflanzenschutzdienstes erstmals Virusthemen auf die Tagesordnung gesetzt (Anon. 1939) und dazu auch Vertreter der Landwirtschaft, insbesondere des Kartoffelbaus, eingeladen.

Eine weitere Virustagung folgte im Jahre 1943 (Anon. 1943). Der damalige Präsident Eduard Riehm verwies hier in seiner Einleitung auf die Bedeutung der Virologie insbesondere für die Pflanzkartoffelproduktion und anerkannte besonders die Leistungen Erich Köhlers auf diesem Gebiet.

Die nun von Köhler geleitete Dienststelle für Viruspathologie wurde im Jahre 1943 aus Kriegsgründen nach Ebstorf verlegt, später, 1945, nach Celle. Es handelte sich hier um

Provisorien, die erst 1954 mit dem Umzug nach Braunschweig mit einem Neubau endeten. Bode, seit 1942 Mitarbeiter Köhlers, übernahm nach dessen Eintritt in den Ruhestand die Leitung des neu bezeichneten „Instituts für landwirtschaftliche Virusforschung“ und Bercks erhielt die Leitung des neu gegründeten „Instituts für Virusserologie“. In beiden Instituten lagen die Forschungsschwerpunkte zunächst bei der Kartoffelvirologie, deren Ergebnisse zu großen Fortschritten in der Pflanzkartoffelproduktion führten. So wurden serologische Nachweisverfahren zunächst für das Kartoffelvirus X entwickelt (Stapp und Bartels 1951, 1952) und erste Ergebnisse über die Altersresistenz von Kartoffelpflanzen im Hinblick auf Virusbefall erzielt (Bercks 1952). Das Elektronenmikroskop wurde als Werkzeug zur Erforschung der Kartoffelviren eingesetzt (Bode und Köhler 1952) und der Begriff der Normallänge eingeführt. Einige Jahre später führte dies im Institut für landwirtschaftliche Virusforschung erstmals zur Charakterisierung gestreckter Viruspartikel an Hand dieser Normallängen (Brandes 1964). Weiterhin wurden Untersuchungen zur Prämunizität durchgeführt, einer Resistenzform, die darauf beruht, daß bei einer bereits infizierten Pflanze eine zweite Infektion mit einem Stamm des gleichen Virus verhindert wird (Köhler 1951). Heute wissen wir, daß diese von Köhler entdeckte Resistenzform durch das Hüllprotein des Virus vermittelt wird. Dies führte, natürlich sehr viel später, Ende der 80er Jahre, zur gentechnisch erzeugten „Hüllproteinvermittelten Resistenz“, die auch erfolgreich bei Kartoffelpflanzen wirksam ist (Stark und Beachy 1989).

In den Vorträgen, die anlässlich der Einweihung des neu errichteten Dienstgebäudes der Abteilung für pflanzliche Virusforschung gehalten wurden, spiegelt sich der Stand der damaligen Kenntnisse wider (Anon.1954).

Die Viruskalamität der 50er Jahre

Die Viruskalamität kam überraschend. Ende der 50er Jahre kam es zu hohen Aberkennungsquoten in der Pflanzkartoffelproduktion. Insbesondere die Sorten Augusta, Heida und Ackersegen entsprachen nicht mehr den Anerkennungsbestimmungen. Später stellte sich dann heraus, daß die Sorte Bona völlig infiziert war, allerdings ohne sichtbare Symptome. Diese Sorten beherrschten damals drei Viertel der Kartoffelanbaufläche. Ursache für die Kalamität war ein für Europa neuer Stamm des Kartoffelvirus Y. Köhler isolierte diesen Virusstamm zwar schon 1952 aus Blattproben, die aus einem Tabakfeld in der

Umgebung Oldenburgs stammten (Köhler 1955). Die Gefahr, die damit dem Kartoffelbau drohte, war jedoch noch nicht vorauszusehen. Die von Köhler untersuchten Tabakblätter zeigten ungewöhnlich starke Symptome, auffällig waren dabei starke Nekrotisierungen der Mittelrippe. Köhler erkannte bald, daß dieser Virusstamm vergleichbar war mit einer Variante des Kartoffelvirus Y, wie sie von Nobrega und Silberschmidt (1944) bereits aus Südamerika beschrieben worden war. Der neue Virusstamm wurde als Tabakrippenbräune-Stamm des Kartoffelvirus Y bezeichnet.

Es ist bis heute nicht bekannt, auf welchem Wege dieser Stamm eingeschleppt worden ist. Er verbreitete sich jedoch rasch und wurde bald in allen Kartoffelanbaugebieten Europas gefunden (Bode 1959; Weidemann 1988).

Im Jahre 1957 sprach man bereits von einem Notstand in der Pflanzkartoffelproduktion. Für die Biologische Bundesanstalt (BBA) war dies wiederum eine Herausforderung, zumal zu dieser Zeit hier viele Virologen langjährige Erfahrungen in der Kartoffelvirologie hatten. Es gab eine Reihe von Krisensitzungen zusammen mit dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, dem Bundessortenamt, dem Pflanzenschutzdienst der Länder und den Kartoffelzüchtern. Man befürchtete eine völlige Durchseuchung der Kartoffelbestände infolge der symptomlos bleibenden Infektionen. Zur Eindämmung der Infektionen wurden deshalb von Seiten der BBA vier Vorschläge gemacht, die, wie betont wurde, als eine einheitliche Maßnahme zu betrachten seien:

1. Schaffung geschlossener Anbaugebiete, in denen nur Pflanzgut, jedoch keine Konsumkartoffeln angebaut werden.
2. Vorzeitige Krautabtötung vor der Ernte, um das Abwandern der Viren in die Knolle nach Spätinfektionen zu verhindern.
3. Anwendung von Testverfahren bei der Pflanzkartoffelerkennung.
4. Prüfung der Kartoffelsorten auf latenten Virusbefall.

In Anbetracht der Gefahr durch den neuen Virusstamm mußte schnell gehandelt werden, und so flossen diese Vorschläge in neue gesetzliche Bestimmungen ein (Weidemann 1979). Es wurden neue Anerkennungsvorschriften für Pflanzkartoffeln erlassen (Pielen und Böringer 1959), in denen eine Beschaffenheitsprüfung des Pflanzgutes, d.h. ein Knollentest, gefordert wurde, und Basispflanzgut durfte nur noch anerkannt werden, wenn es aus getesteten Vorstufen erwachsen war, d.h. Vorstufen unterlagen einer obliga-

torischen Virustestung. Die Anerkennungsstellen wurden nach den neuen Vorschriften ermächtigt, Krautabtötung und Frührodung zu verlangen, und es wurden geschlossene Anbaugelände geschaffen, um gesundes Ausgangsmaterial, frei von Neuinfektionen, zu erhalten. Bei der Zulassung neuer Sorten hatte die Virusresistenz einen besonders hohen Stellenwert.

Voraussetzung für diese Maßnahmen war der Aufbau von Teststationen, die in der Lage waren, große Probenmengen schnell und zuverlässig zu untersuchen. Die zu dieser Zeit entstandene enge Zusammenarbeit, insbesondere auch mit den Pflanzenschutzdienststellen der Länder und den Züchtern, hat sich bis zum heutigen Tage bewährt.

Die neue Herausforderung

Man wußte, daß nur ein Bündel verschiedener Maßnahmen die Ausbreitung der Viren eindämmen kann. Der Infektionszyklus mußte durchbrochen oder mindestens gestört werden. Dazu gehörte auch die Erforschung der Biologie der Blattläuse als Virusüberträger, um deren Populationsentwicklung und Flugzeiten während der Wachstumszeit abschätzen zu können. Die Verminderung der Anteile infizierter Pflanzen als Virusquellen im Bestand und die strengeren Anforderungen an den Virusgehalt von Basispflanzgut erforderten Testverfahren, die auch in den neu aufzubauenden Teststationen der Pflanzenschutzdienste zuverlässig arbeiten.

Zur Bestimmung der Virusresistenz von Sortenneuzüchtungen mußten Strukturen geschaffen werden, die es erlaubten, die für das Zulassungsverfahren notwendigen Informationen dem Bundessortenamt zu liefern.

Bei der Bearbeitung der Blattläuse als Virusvektoren konnte man auf Grundlagen bauen, die bereits Ende der 30er Jahre in der Dienststelle für Virusforschung der Biologischen Reichsanstalt gelegt wurden. Es ging damals hauptsächlich um Überwinterungsmöglichkeiten und Massenwechsel von Kartoffelblattläusen im Hinblick auf Bekämpfungsmaßnahmen (Heinze 1941; Heinze und Profft 1938, 1940). Die Ergebnisse führten per Gesetz zu einem Pflanzverbot für Pfirsichbäume, dem Winterwirt der Grünen Pfirsichblattlaus *Myzus persicae*. Diese Blattlausart war bereits als wirkungsvollster Überträger von Kartoffelviren bekannt. Das Gesetz wurde erst Ende der 60er Jahre aufgehoben, nachdem genügend Informationen über alternative Überwinterungsmöglichkeiten der Grünen Pfirsichblattlaus und über andere Vektorblattlausarten vorlagen.

Vorangegangen waren Untersuchungen über die Entwicklung von Blattlauspopulationen und über Besiedlungsdichten an krautigen Pflanzen sowie über die Blattlausübertragbarkeit des neuen Virusstammes (Völk 1954, 1959).

Serologische Nachweismethoden für Kartoffelviren wurden nach Möglichkeit den Erfordernissen der Routinetestung angepaßt (Bartels 1959; Bode und Bercks 1959) und die Methode sowie die dafür notwendigen Antiseren dem Pflanzenschutzdienst zur Verfügung gestellt. Der Virusresistenz von Kartoffelsorten wurde besondere Aufmerksamkeit geschenkt und die Durchführung der Resistenzprüfungen organisiert (Bode et al. 1958).

Zusammenarbeit auf europäischer Ebene

Nach dem Kriege bestand das Bedürfnis, wieder eine Basis für die Zusammenarbeit der europäischen Kartoffelvirologen zu schaffen. Man dachte zunächst an einen losen Zusammenschluß einer kleinen Gruppe von Spezialisten, die sich im Dreijahresrhythmus zu einer Vortragstagung treffen. Die Initiative dafür ergriff Prof. Thung, Leiter des „Laboratorium voor Virologie“ in Wageningen. Die drei daraus resultierenden Konferenzen über Kartoffelvirosen fanden unter Beteiligung der Braunschweiger Virologen in den Jahren 1951, 1954 und 1957 in Wageningen statt. Da die Anzahl der Teilnehmer in diesen Jahren von 17 auf 80 Wissenschaftler angewachsen war, wurde über eine neue Organisationsform für diese Gruppe nachgedacht.

Dieses Thema wurde am 1. September 1959 im Zusammenhang mit der Vorbereitung der Tagung der Europäischen Gesellschaft für Kartoffelforschung (EAPR) in Braunschweig in der FAL und der BBA diskutiert. Dabei wurde ein Zusammenschluß der europäischen Virologen in einer Sektion „Virology“ unter dem Dach der EAPR ins Auge gefaßt. Die Gründung dieser Sektion, an der die Virologen der BBA maßgeblichen Anteil hatten, wurde 1960 anlässlich der ersten EAPR Konferenz in der FAL und der vierten Konferenz der Kartoffelvirologen, die in der BBA stattfand, beschlossen (Proceedings 1961). Braunschweig war nicht nur Gründungsort für die EAPR Sektion „Virology“, die Braunschweiger Virologen waren auch aktiv in dieser Arbeitsgruppe engagiert. So stellten sie zwei Sektionsvorsitzende (Bode 1963 - 1969 und Weidemann 1987 - 1993), und im Jahre 1983 fand in der BBA eine weitere Sektionstagung statt (Weidemann 1983).

Teilnehmer an der 4. Konferenz über Viruskrankheiten der Kartoffel, auf der die Gründung der Sektion Virologie der Europäischen Gesellschaft für Kartoffelforschung (EAPR) beschlossen wurde. BBA Braunschweig, 12 - 17. September 1960



Participants of the Fourth Conference on Potato Virus Diseases

- | | | | | | |
|---------------------|--------------|---------------|---------------|--------------|------------------|
| 1 Quantz | 11 Wiersema | 21 Orad | 31 Baerecke | 41 McKay | 51 Kohler |
| 2 Sarkar | 12 Cadman | 22 Schmelzer | 32 Volk | 42 Loughnane | 52 de Vos |
| 3 Petzold | 13 Borchardt | 23 Klinkowski | 33 Schmidt | 43 Lovisolo | 53 van Slogteren |
| 4 Nienhaus | 14 Scheibe | 24 Roguski | 34 Hiddema | 44 Canova | 54 Close |
| 5 Wetter | 15 Salentijn | 25 Noordam | 35 Kristensen | 45 Borges | 55 Bartels |
| 6 Lister | 16 de Bokx | 26 Stegwee | 36 Paul | 46 Bercks | 56 Govier |
| 7 Heinze | 17 Kassanis | 27 Dijkstra | 37 Valenta | 47 Hooker | |
| 8 Hille Ris Lambers | 18 Gibbs | 28 Gabriel | 38 Panjan | 48 Hamann | |
| 9 Ross | 19 Wenzl | 29 Sprau | 39 Grancini | 49 Clinch | |
| 10 van der Veken | 20 Harrison | 30 Kercher | 40 Beemster | 50 Thung | |

Die 60er und 70er Jahre

Die Anstrengungen hatten sich gelohnt. Dank erfolgreicher virologischer Forschungsarbeit und der Zusammenarbeit der BBA mit allen Stellen, die mit Pflanzkartoffeln befaßt waren, konnte die Gefahr, die von dem neuen Y-Virusstamm ausging, abgewendet werden. Voraussetzung für einen langfristigen Erfolg war die ständige Kontrolle des Kartoffelsortiments auf Virusbefall und die Prüfung der Neuzüchtungen auf Virusresistenz. Diese Arbeiten wurden nun in der BBA in Zusammenarbeit mit dem Bundessortenamt durchgeführt. Für die Routinetestung großer Stichprobenumfänge hatte sich der folgende Testablauf bewährt:

Die Kartoffelviren A und Y wurden mit dem Köhlerschen A6-Test nachgewiesen, die Kartoffelviren X, M und S mit Hilfe des serologischen Präzipitintestes und das Kartoffelblattrollvirus visuell an der Augenstecklingspflanze an Hand der Symptome. Es waren also verschiedene Nachweismethoden erforderlich, um alle Kartoffelviren zu erfassen. Die Kartoffeltestung war deshalb sehr arbeits- und personalaufwendig.

Bei diesen umfangreichen Untersuchungen stellte sich heraus, daß ein Großteil des Kartoffelsortimentes mit Kartoffelvirus S verseucht war. Dieses Virus verursacht allein nur geringe Schäden. Zusätzliche Infektionen mit anderen Viren führen jedoch zu besonders starken Schädigungen der Kartoffelpflanzen. Da Kartoffelpflanzen vom Kartoffelvirus S weitgehend symptomlos infiziert werden, war eine Feldbereinigung der Bestände nicht möglich.

In Absprache mit der BBA wurde vom Bundessortenamt den Züchtern deshalb zur Auflage gemacht nachzuweisen, daß die zur Sortenzulassung angemeldeten Neuzüchtungen frei sind von Kartoffelvirus S, eine Auflage, die noch heute ihre Gültigkeit hat. In vielen Fällen war dies wegen des hohen Verseuchungsgrades nicht möglich. Den Kartoffelzüchtern konnte aber geholfen werden, weil in der BBA mit Hilfe der damals neuen Meristemkultur-Technik die Viren aus Kartoffelpflanzen eliminiert werden konnten (Huth und Bode 1970).

Nach einer Reihe ruhiger Jahre wurde die Kartoffelwirtschaft durch einen erneuten Viruseinbruch aufgeschreckt. Hohe Aberkennungsquoten im Jahre 1976 waren wieder äußere Zeichen einer Viruskalamität. Nach den deutschen Anerkennungsnormen genügten nur noch ein Drittel der Basispartien den Anforderungen (Wigger 1977).

In dieser Zeit begann ein neues serologisches Verfahren die Virustestung zu revolutionieren. Es handelte sich hier um ein Verfahren, bei dem der Antigen-Antikörperkomplex nicht wie bisher als Präzipitat sichtbar gemacht wurde, vielmehr wird hier durch die Aktivität des an den Antikörper gekoppelten Enzyms ein Substrat gespalten. Dabei entsteht eine Färbung, die visuell und photometrisch beurteilt werden kann. Diese Idee kam aus dem medizinischen Bereich. Die Virologen der BBA waren jedoch maßgeblich daran beteiligt, dieses als ELISA (enzyme-linked immuno sorbent assay) bezeichnete Verfahren an die Erfordernisse der Pflanzenvirologie zu adaptieren (Casper 1977). Angesichts der derzeitigen Virusprobleme im Kartoffelbau wurde sehr engagiert an der Anwendung des ELISA in der Kartoffeltestung gearbeitet. Der Test erwies sich als empfindlicher und zuverlässiger als alle bisherigen serologischen Verfahren. Er setzte jedoch hochgereinigte Viruspräparate für die Antiserumproduktion sowie standardisierte Testbedingungen voraus.

Die Erfüllung dieser Voraussetzungen und die praxismäßige Entwicklung des ELISA war eine große Herausforderung für die Virologen der BBA. Die Mühe hatte Erfolg, und in verhältnismäßig kurzer Zeit konnte der Pflanzenschutzdienst ELISA übernehmen. Die Bundesrepublik Deutschland war das erste Land, in dem ELISA erfolgreich im Rahmen der Pflanzkartoffelanerkennung angewandt wurde. Der ELISA erfüllte die Forderungen nach hoher Nachweisempfindlichkeit und Aussagesicherheit, verbunden mit leichter Handhabung.

Ein weiterer großer Schritt in die Richtung eines wirtschaftlich vertretbaren Aufwandes war die Mechanisierung und Automatisierung der einzelnen Arbeitsschritte. Virologen der BBA entwickelten zusammen mit der Firma Pollähne einen Gerätesatz, der es erlaubte, große Probenumfänge mit geringem Personalaufwand in kurzer Zeit zu verarbeiten (Casper und Pollähne 1979). Heute stehen diese Geräte in den großen Kartoffel-Teststationen der Welt.

Die nicht-europäischen Kartoffelviren

Mit zunehmender Bedeutung der Züchtung virusresistenter Kartoffelsorten stieg auch das Interesse an Wildkartoffelarten aus Südamerika. In den 70er Jahren wurden jedoch eine Reihe von südamerikanischen Kartoffelviren beschrieben, die nicht in Europa vorkommen. Die Europäische Wirtschaftsgemeinschaft (EWG) wünschte sich vor diesen

Viren und dem samen- und pollenübertragbaren Spindelknollen-Viroid zu schützen, in dem sie die Einfuhr von Kartoffelpflanzen aus südamerikanischen Ländern regelte. Virologen der BBA waren von Anbeginn an der Erarbeitung der dafür notwendigen Pflanzenschutzrichtlinie beteiligt, deren Forderungen später in die nationale Pflanzenbeschauverordnung einfließen. Die Herstellung der Antisera für die Quarantäneviren erwies sich in vielen Fällen als schwierig, ebenso ihre Nachweisbarkeit wegen stammspezifischer Reaktionen (Koenig und Bode 1977; Koenig et al. 1979). Es gelang jedoch, ein Testsystem zu entwickeln, mit dessen Hilfe auch die Pflanzenschutzdienste die Quarantäneviren mit ELISA und das Viroid elektrophoretisch zuverlässig nachweisen konnten (Weidemann 1987; Schroeder et al. 1990).

Ein neuer Virusstamm

Anfang der 80er Jahre wurde man in Ungarn auf Knollenschäden aufmerksam, die sich in nekrotischen Ringen an der Oberfläche der Knollen äußerten. Bald darauf wurden solche Knollen auch in Deutschland gefunden. Die damals noch als selten betrachtete Krankheit ist heute in allen europäischen Ländern verbreitet und hat bereits in Südeuropa zu einer Gefährdung der Pflanzkartoffelproduktion geführt (Kus 1995). Es stellte sich heraus, daß die Ursache dafür ein bisher nicht bekanntes Kartoffelvirus Y aus der Tabakrippenbräune-Stammgruppe ist. Die Herkunft dieses neuen Virusstammes ist noch nicht völlig geklärt, es gibt aber Hinweise dafür, daß er auch in Südamerika gefunden wurde. Man stand jetzt vor einer neuen Situation, denn bei diesem neuen Stamm, der als Knollenringnekrose-Stamm (PVY^{NTN}) bezeichnet wird, handelt es sich erstmalig um ein blattlausübertragbares Virus, das Schäden auch an Speisekartoffeln hervorruft. Damit wird nicht nur der Gesundheitszustand der Pflanzkartoffel beeinträchtigt sondern auch die Qualität der Speiseware.

Es kommt hinzu, daß dieses Virus im Verdacht steht, bisher wirksame Resistenzeigenschaften gegenüber Kartoffelvirus Y in Kartoffelsorten zu brechen. Eine Reihe deutscher Kartoffelsorten mit teilweise guten Resistenzeigenschaften sind von dieser Krankheit betroffen. Es lag daher nahe, mit Hilfe eines groß angelegten Testprogramms das Kartoffelsortiment auf Anfälligkeit für PVY^{NTN} zu überprüfen. Dabei zeigten sich jedoch sehr schnell die Grenzen dieses Vorhabens.

Es stellte sich bald heraus, daß PVY^{NTN} mit den herkömmlichen Methoden nicht von anderen Isolaten des Kartoffelvirus Y unterschieden werden konnte. Weder serologische noch biologische Nachweismethoden eigneten sich für eine Differentialdiagnose.

In dieser ausweglos erscheinenden Situation erhielten die Virologen Unterstützung von den Gentechnikern, die am Institut als Arbeitsgruppe bereits seit einigen Jahren etabliert waren. Es gelang, eine molekularbiologische Diagnosemethode auf der Basis der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) zu entwickeln (Weidemann und Maiss 1996). Diese Technik erlaubt zwar noch nicht die Testung großer Probenumfänge. Vereinfachungen von Arbeitsschritten machten es jedoch möglich, damit zu beginnen, die Anfälligkeit für PVY^{NTN} innerhalb des Sortiments zu überprüfen. Die Methode arbeitet mit großer Zuverlässigkeit, so daß sie bereits vom Pflanzenschutzdienst übernommen wurde.

Schluß

Die Erforschung der Abbaukrankheiten der Kartoffel war in Deutschland eng mit der Geschichte der heutigen Biologischen Bundesanstalt verknüpft. Der wissenschaftliche Umgang mit den Abbaukrankheiten kann auf eine nahezu 100-jährige Geschichte zurückblicken. Er führte jedoch nicht auf direktem Weg zu analytischen Betrachtungsweisen, sondern war zunächst bestimmt von holistischen Erklärungsversuchen, die die Pflanze und ihre Umwelt als Ganzheit empfanden. Daraus resultierten Standorttheorien, die den Abbau als Wechselwirkung ungünstiger Standortmerkmale mit der an unser Klima wenig angepaßten Kartoffelpflanze zu erklären versuchten. Erich Köhler verhalf in den 30er Jahren mit seinen Arbeiten der Virstheorie des Kartoffelabbaus in Deutschland zum Durchbruch. Damit wurde der Weg frei für die Entwicklung einer modernen Pflanzkartoffelproduktion.

Es begann damit auch der Weg zur Entwicklung von Nachweisverfahren für die Kartoffelviren. Die Viruskalamitäten der 50er und 70er Jahre erforderten Testverfahren, die zuverlässig und leicht zu handhaben sind. Die Entwicklung führte von biologischen Nachweisverfahren, die durch einfache serologische Tests ergänzt wurden, zum ELISA, einem serologischen Verfahren, dessen Ergebnis an Hand einer Färbung beurteilt werden kann. Mit dem ELISA können große Probenumfänge besonders ökonomisch getestet werden, weil alle relevanten Kartoffelviren mit gleicher Methode nachgewiesen werden

und viele Arbeitsschritte mechanisiert werden können. Durch das Auftreten eines neuen Stammes des Kartoffelvirus Y in den 80er Jahren ergab sich eine neue Situation. Dieser Virusstamm schädigte nicht nur die Pflanzkartoffeln sondern beeinträchtigte auch die Qualität der Speisekartoffeln. Der spezifische Nachweis mit ELISA scheiterte, weil die Hüllproteine der Viren innerhalb dieser Stammgruppe sehr ähnlich sind. Hier lagen die Grenzen der Serologie. Eine Lösung bot eine molekularbiologische Methode, die Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR), mit deren Hilfe dieser Virusstamm von den übrigen Mitgliedern der Stammgruppe differenziert werden konnte.

Die Geschichte der Kartoffelvirologie hat gezeigt, daß dieses Gebiet in ständiger Weiterentwicklung begriffen ist. Neue Virusprobleme, bedingt durch die Variabilität der Viren und die sich ständig verändernde genetische Vielfalt der Kartoffelsorten, erforderten stets neue Lösungen. Die moderne Pflanzkartoffelproduktion mit den heutigen Leistungsanforderungen verlangt von der Virologie nicht nur die Entwicklung zuverlässiger, leicht zu handhabender und ökonomisch vertretbarer Techniken zur Virusdiagnostik, sondern auch Engagement und Flexibilität im Hinblick auf immer wiederkehrende neue Probleme mit Kartoffelviren.

**Potato decline:
From the beginning to modern potato virology**

Summary

In Germany, the research of the decline disease of the potato had a strong connection with the Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. However, the plants were then considered, due to a holistic point of view, as a completeness and therefore research did not focus on the causes, but ecological reasons were made responsible for the potato decline.

During this time the decline was thought to be the reason for an unfavourable interaction between the plant and the soil, or the result of breeding for higher yields which led to constitutional and vitality weakness of the potatoes. During the 1930 decade these ecological theories were detached by the virus theory. This results in the development of the modern seed potato production and finally in the development of detection procedures for potato viruses. The intense outbreak of viruses during the fifties and sixties required detection procedures which were reliable and easy to handle. This led to biological test procedures, which were supplemented by easy to handle serological tests. One example is the ELISA where the occurrence of a virus can be determined by a colour reaction and a high number of tests can be performed at relative low costs. Today these serological tests are completed by molecular procedures. Here, the Polymerase Chain Reaction (PCR) has proven to be suitable, especially in detecting new strains of potato Y virus.

Literatur

- ANONYM, 1939: Virusforschung und Viruskrankheiten. Vorträge auf der Pflanzenschutztagung der Biologischen Reichsanstalt am 2. Februar 1939. Mitteilungen der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 59.
- ANONYM, 1943: Virustagung der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft am 23. Januar 1943. Mitteilungen der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 67.
- ANONYM, 1954: Pflanzliche Virusforschung. Vorträge gehalten anlässlich der Einweihung des neu errichteten Dienstgebäudes der Abteilung für pflanzliche Virusforschung der Biologischen Bundesanstalt Braunschweig am 23. Februar 1954. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 81, 51 S.
- APPEL, O., 1907a: Beiträge zur Kenntnis der Kartoffelpflanze und ihrer Krankheiten I. Arbeiten aus der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 5, 377-435.
- APPEL, O., 1907b: Die Blattrollkrankheit der Kartoffel. Flugblatt Nr.42 der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, 1.Aufl.
- APPEL, O., 1934: Vitality and vitality determination in potatoes. *Phytopathology* 24, 482-494.
- APPEL, O. und O. SCHLUMBERGER, 1914: Zur Kenntnis der Blattrollkrankheit der Kartoffel. Mitteilungen der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 15, 8-11.
- ARMIN - SCHLAGENTIN, 1908: Europas Kartoffelbau in Gefahr. Frühlings Landwirtschaftliche Zeitung 57, 108.
- BARTELS, R., 1959: Erfahrungen mit dem serologischen Test auf Kartoffel-Y-Virus. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 97, 61-63.
- BARTELS, R., 1979: Erich Köhler, der Begründer der deutschen Pflanzenvirologie, 90 Jahre alt. *Gesunde Pflanzen* 31, 277-278.
- BEIJERINCK, M. W., 1898: *Verhand. Kon. Akad. Wet. Amsterdam* 6, e, (*Phytopathological Classic* 7, 33).(1,6) zit. aus A. GIBBS and B. HARRISON, *Plant Virology*, Edward Arnold Publishers LTD, London, 1976.
- BERCKS, R., 1952: Fortgeführte Freilanduntersuchungen über die Altersresistenz von zwei Kartoffelsorten gegen das X-Virus. *Der Züchter* 22, 85-91.
- BOAS, F., 1937: *Dynamische Botanik*. Lehmanns Verlag München.
- BÖHME, R. W., 1936: Das Vorkommen von Virose auf dem Dahlemer Versuchsfelde. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 21, 58 S.
- BODE, O., 1959: Untersuchungen über das Y-Virus der Kartoffel (Tabak-Rippenbräune-Stämme). Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 97, 52-60.

- BODE, O. und E. KÖHLER, 1952: Elektronenmikroskopische Untersuchungen an Kartoffel-X- und Tabakmosaik-Virus. Zeitschrift für Naturforschung **7b**, 598-600.
- BODE, O. und R. BERCKS, 1959: Einzelheiten zur Durchführung der Teste bei Kartoffeln. Der Kartoffelbau **10**, 52-53.
- BODE, O., SCHEIBE, K und G. BORCHARDT, 1958: Resistenz von Kartoffelsorten gegenüber dem Y-Virus. Der Kartoffelbau **9**, 231-232.
- BRANDES, J. (1964): Identifizierung von gestreckten pflanzenpathogenen Viren auf morphologischer Grundlage. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft **110**, 130 S.
- CASPER, R., 1977: Detection of potato leafroll virus in potato and in *Physalis floridana* by enzym-linked immunosorbent assay (ELISA). Phytopathologische Zeitschrift **90**, 364-368.
- CASPER, R. und E. POLLÄHNE, 1979: Geräte für die rationelle Massentestung mit dem enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Gesunde Pflanzen **31**, 291-293.
- GRÄBNER, P., 1920: Lehrbuch der nicht-parasitären Pflanzenkrankheiten. Verlag Paul Parey, Berlin, 11ff.
- HEINZE, K., 1941: Die Entwicklung des Pfirsich- und Aprikosenanbaus in Deutschland bis zum Jahre 1938 als Ursache für die allmähliche Zunahme der Kartoffelvirosen. Forschungsdienst, Organ der deutschen Landwirtschaft **11**, 50-59.
- HEINZE, K. und J. PROFFT, 1938: Zur Lebensgeschichte und Verbreitung der Blattlaus *Myzus persicae* (Sulz.) in Deutschland und ihre Bedeutung für die Verbreitung von Kartoffelvirosen. Landwirtschaftliche Jahrbücher **86**, 483-500.
- HEINZE, K. und J. PROFFT, 1940: Über die an der Kartoffel lebenden Blattlausarten und ihren Massenwechsel im Zusammenhang mit dem Auftreten von Kartoffelvirosen. Mitteilungen der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft **60**, 164S.
- HEY, A., 1932: Die Diagnose des Abbaugrades von Kartoffelknollen durch elektrometrische Messung. In: MERKENSCHLAGER, F. Zur Biologie der Kartoffel. XIV Mitteilung. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **20**, 79-90.
- HUTH, W. und O. BODE, 1970: Befreiung völlig infizierter Kartoffelsorten von Infektionen des Kartoffel-S-Virus durch Meristemkultur. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **22**, 37-39.
- KLAPP, E., 1930: Kartoffel und Standort. 2. Mitteilung Pflanzenbau, Pflanzenschutz und Pflanzenzucht **7**, 138-146.
- KLINKOWSKI, M., 1933: Beiträge zur Kenntnis der Kartoffelknollenkatalase. In: Zur Biologie der Kartoffel. XV. Mitteilung. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **20**, 91-99.
- KÖHLER, E., 1933a: Die Viruskrankheiten der Kartoffel. Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Flugblatt Nr. **42**, 4S.

- KÖHLER, E., 1933b: Untersuchungen über die Viruskrankheiten der Kartoffel. I. Mitteilung. Versuche mit Viren aus der Mosaikgruppe. *Phytopathologische Zeitschrift* **5**, 567-591.
- KÖHLER, E., 1933c: Untersuchungen über die Viruskrankheiten der Kartoffel. II. Mitteilung. Studien zur Blattrollkrankheit. *Phytopathologische Zeitschrift* **6**, 359-369.
- KÖHLER, E., 1934a: Beiträge zum Studium des Kartoffelabbaus. Beobachtungen auf dem Dahlemer Versuchsfelde der Biologischen Reichsanstalt. *Landwirtschaftliche Jahrbücher* **79**, 205-217.
- KÖHLER, E., 1934b: Viruskrankheiten. In: SORAUER: *Handbuch der Pflanzenkrankheiten*. 6. Aufl., **1**, II. Teil, 329-511, Paul Parey Verlag, Berlin.
- KÖHLER, E., 1934c: Untersuchungen über die Viruskrankheiten der Kartoffel III. Weitere Versuche mit Viren aus der Mosaikgruppe. *Phytopathologische Zeitschrift* **7**, 1-30.
- KÖHLER, E., 1935: Nachweis von Virusinfektionen am Kartoffelpflanzgut mit der Stecklingsprobe. *Der Züchter* **7**, 62-65.
- KÖHLER, E., 1936a: Fortgeführte Untersuchungen über den Kartoffelabbau. *Landwirtschaftliche Jahrbücher* **80**, 379-408.
- KÖHLER, E., 1936b: Der Virusnachweis an Kartoffeln. Eine Anleitung für Züchter und Kartoffelbegutachter. *Mitteilungen der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*, Heft **53**, 9S., 37 Abb.
- KÖHLER, E., 1936c: Erfahrungen beim feldmäßigen Anbau von künstlich blattrollinfizierten Kartoffeln (Sorte Kl-Sp. Wohltmann). Untersuchungen über die Viruskrankheiten der Kartoffel. V. Mitteilung. *Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem* **21**, 517-529.
- KÖHLER, E., 1937a: Über ein "Veinbanding-Virus" der Kartoffel. *Phytopathologische Zeitschrift* **10**, 17-29.
- KÖHLER, E., 1937b: Fortgesetzte Untersuchungen mit verschiedenen Stämmen des X-Virus der Kartoffel (Ringmosaikvirus). *Phytopathologische Zeitschrift* **10**, 31-41.
- KÖHLER, E., 1937c: Ueber eine äußerst labile Linie des X-Mosaikvirus der Kartoffel. *Phytopathologische Zeitschrift* **10**, 467-479.
- KÖHLER, E., 1951: Untersuchungen zur Prämunitätsfrage. I. Das Vordringen von Virus aus der Sproßachse in das prämunne Blatt im Pfropfversuch. *Phytopathologische Zeitschrift* **17**, 462-467.
- KÖHLER, E., 1953: Der *Solanum demissum* Bastard "A6" als Testpflanze verschiedener Mosaikviren. *Der Züchter* **23**, 173-176.
- KÖHLER, E., 1955: Weitere Beiträge zur Kenntnis des Y-Virus der Kartoffel. *Phytopathologische Zeitschrift* **23**, 328-334.
- KÖHLER, E., 1967: Von den Anfängen der Kartoffelvirologie in Deutschland. *Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*, Heft **121**, 5-11.

- KOENIG, R. und O. BODE, 1977: In Westeuropa bisher nicht vorkommende Viren aus südamerikanischen Kartoffeln und ihr hochempfindlicher Nachweis mit dem serologischen Latextest. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 178, 102.
- KOENIG, R., FRIBOURG, C. E. and R. A. C. JONES, 1979: Symptomatology, serological, and electrophoretic diversity of isolates of Andean potato latent virus from different regions of the Andes. *Phytopathology* 69, 748-752.
- KUS, M., 1995: The epidemic of the tuber necrotic ringspot strain of potato virus Y (PVY^{NTN}) and its effect on potato crops in Slovenia. Abstracts Virology Section Meeting of the EAPR, 45-46 Bled, Slovenia June 18-22.
- MARX, T. und F. MERKENSCHLAGER, 1932: Beobachtungen und Untersuchungen über den Verlauf des Kartoffelabbaus. In: MERKENSCHLAGER, F.: Zur Biologie der Kartoffel. XII Mitteilung. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 19, 413-492.
- MAYER, A., 1886: Landw. Vers. Sta. 32, 451, (*Phytopathological Classic* 7, 11).(1) zit. aus: A. GIBBS and B. HARRISON, 1976: *Plant Virology*. Edward Arnold Publishers LTD, London.
- MERKENSCHLAGER, F., 1930: Geographie und Ökologie der Kartoffel. In: MERKENSCHLAGER, F.: Zur Biologie der Kartoffel. I. Mitteilung. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 17, 225-251.
- MERKENSCHLAGER, F. und M. KLINKOWSKI, 1931: Der Rückzug der Kartoffelsorte Magnum bonum nach Skandinavien im Lichte der ökologischen Abbautheorie mit einem Bericht von E. Klapp: Magnum bonum in Thüringen. In: MERKENSCHLAGER, F.: Zur Biologie der Kartoffel. VII. Mitteilung. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 18, 431-463.
- MERKENSCHLAGER, F. und M. KLINKOWSKI, 1930a: Zur Pathologie des Abbaus. In: MERKENSCHLAGER, F.: Zur Biologie der Kartoffel. IV. Mitteilung. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 17, 435-458.
- MERKENSCHLAGER, F. und M. KLINKOWSKI, 1930b: Zur Pathologie der Blattrollkrankheit. In: MERKENSCHLAGER, F.: Zur Biologie der Kartoffel. II. Mitteilung. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 17, 345-369.
- MERKENSCHLAGER, F., W. SCHEER und M. KLINKOWSKI, 1932: Der Dahlemer Abbauboden. In: MERKENSCHLAGER, F.: Zur Biologie der Kartoffel. X. Mitteilung. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 19, 199-210.
- MORSTATT, H., 1925: Entartung, Altersschwäche und Abbau bei Kulturpflanzen, insbesondere der Kartoffel. Freising-München, 1925.
- NOBREGA, N. R. and K. SILBERSCHMIDT, 1944: On a suspected variant of the potato virus "Y" (*Solanum Virus* 2, Orton) which causes necrosis on tobacco plants (portugies.). *Arquivos Inst. Biol.*, S. Paulo, 15, 307-330.
- OPITZ, K., 1949: *Der Kartoffelbau*. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 10. Aufl., 118 S.

- OORTWIJN-BOTJES, J., 1920: De bladrolziekte van de Aardappelplant. Dissertation Landbouwhoogeschool, Wageningen.
- OORTWIJN-BOTJES, J., 1925: Die Gesunderhaltung der Saatkartoffel. Pflanzenbau **16**, 265-268.
- PIELEN, L. und D. BÖRINGER, 1959: Die neuen Anerkennungsvorschriften für Pflanzkartoffeln. Der Kartoffelbau **10**, 45-46.
- Proceedings of the Fourth Conference on Potato Diseases, Braunschweig, 12.-17. Sept. 1960, Wageningen, 1961.
- PURDY, HELEN A., 1931: Specificity of the precipitin reaction in tobacco mosaic disease. Contributions from Boyce Thompson Institute **3**, 529-540.
- QUANJER, H. M., 1922: De stand de oenderzoekingen over de bladrolziekte, de mozaiekziekte, de krinkel en de stippelstreepziekte. Voordrachten Eersten Aardappeldag Cent. Com. Inzake Keuring v. Gewassen, Wageningen, 9-12.
- QUANJER, H. M., 1923: So called "Virus diseases" of Plants: Their Symptoms, causation, mode of dissemination, and economic importance from a physiological point of view. British Association for the Advancement of Science. Liverpool, XCI. Ann. Meeting.
- REMY, Th., 1909: Der Hackfruchtbau: Bd.1, Der Kartoffelbau. Berlin 1909. Zit. nach MERKENSCHLAGER und KLINKOWSKI, 1930b.
- SALAMAN, F., 1921: Degeneration of Potatoes. Roy. Hort Soc., Report Intern. Potato Conference, London.
- SCHROEDER, M. and H. L. WEIDEMANN, 1990: Detection of quarantine viruses of potato by ELISA. EPPO Bulletin **20**, 581-590.
- SCHULTZ, E. S. and B. FOLSOM, 1923: Transmission, variation, and control of certain degeneration diseases of Irish potatoes. Journal of Agricultural Research **25**, 43-114.
- SIEBENEICK, H., 1948: Die deutschen und ausländischen Kartoffelsorten 1947/48 Schriftenreihe für die Kartoffelwirtschaft Heft 2 und 3. Herausgeber Zentralverband der Kartoffelkaufleute Nord- und Westdeutschlands, Hamburg.
- SIMON, J. D., 1782: Von der jetzigen verderblichen Abartung der Kartoffeln oder von derselben seit einigen Jahren häufiger erschienenen minder fruchtbaren Bastardpflanzen, nebst angezeigten Mitteln, solchen Übeln vorzukommen und auf die wirksamste Weise Einhalt zu tun. Physikalisch praktische Abhandlungen über die Haus- und Landwirtschaft I. Teil, Frankfurt a. M. (zit. nach APPEL 1907).
- SMITH, K. M., 1931: On the Composite Nature of Certain Potato Virus Diseases of the Mosaic Group as Revealed by the use of Plant Indicators and Selective Methods of Transmission. Proceedings of the Royal Society of London, B. **109**, 251-267.
- STAPP, C., 1942: Serologischer Nachweis von X-, Y- und A-Virus der Kartoffeln. Zentralblatt für Bakteriologie II. **105**, 127-128.
- STAPP, C., 1943a: Über serologische Virusforschung und den diagnostischen Wert serologischer Methoden zum Nachweis der pflanzlichen, insbesondere der am Kartoffelabbau beteiligten Viren. Journal für Landwirtschaft **89**, 161-188.

- STAPP, C., 1943b: Die serologische Virusdiagnose und ihre Bedeutung für den Kartoffelbau. Mitteilungen der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **67**, 1-25.
- STAPP, C., 1943c: Bedeutung und Wert der serologischen Virusdiagnose für die Kartoffelzüchtung. Der Züchter **15**, 184-187.
- STAPP, C. und R. BERCKS, 1939: Zur Frage des serologischen Nachweises von Kartoffelviren. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **23**, 21-30.
- STAPP, C. und R. BARTELS, 1951: Der serologische Nachweis des X-Virus in Augenstecklingen. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **3**, 145-147.
- STAPP, C. und R. BARTELS, 1952: Fortgeführte Untersuchungen über den Nachweis des X-Virus in Kartoffeldunkelkeimen. Der Züchter **22**, 298-303.
- STARK, D. M. and R. N. BEACHY, 1989: Protection against potyvirus infections in transgenic plants: evidence for broad spectrum resistance. Biotechnology **7**, 1257-1262.
- VÖLK, J., 1954: Jahresbericht der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, 1952, 38.
- VÖLK, J., 1959: Zur Übertragung von Tabak-Rippenbräune-Stämmen des Y-Virus auf Tabak und Kartoffeln. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft **97**, 69-71.
- WARTENBERG, H., 1931: Beitrag zur Kenntnis des ökologischen Abbaues der Kartoffel. In: MERKENSCHLAGER, F.: Zur Biologie der Kartoffel. VI. Mitteilung. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **18**, 405-420.
- WARTENBERG H., HEY, A. und O. URHAN, 1936a: Die elektrometrische Pflanzgutwertbestimmung der Kartoffelknolle. I. Mitteilung. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **21**, 331-362.
- WARTENBERG, H., HEY, A. und A. TAHSIN, 1936b: Untersuchungen über die Azidität des Gewebebreies der Kartoffelknolle. Die elektrometrische Pflanzgutwertbestimmung der Kartoffelknolle. II. Mitteilung. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **21**, 499-515.
- WEIDEMANN, H.-L., 1979: Viruskrankheiten im Kartoffelbau: Bedeutung, Ausbreitung und Krisen. Berichte über Landwirtschaft **57**, 534-554.
- WEIDEMANN, H.-L., 1983: Über die Tagung der Kartoffelvirologen in Braunschweig. Der Kartoffelbau **34**, 359-36.
- WEIDEMANN, H.-L., 1987: The distribution of potato spindle tuber viroid in potato plants and tubers. EPPO Bulletin **17**, 45-50.
- WEIDEMANN, H.-L., 1988: Importance and control of potato virus Y^N (PVY^N) in seed potato production. Potato Research **31**, 85-94.
- WEIDEMANN, H.-L. and E. MAISS, 1996: Detection of the potato tuber necrotic ringspot strain of potato virus Y (PVY^{NTN}) by reverse transcription and immunocap-

ture polymerase chain reaction. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **103**, 337-345.

WIGGER, E. A., 1977: Zum Virusproblem niedersächsischer Pflanzkartoffeln. Der Kartoffelbau **28**, 196.

ZIEGLER, O., 1927: Beiträge zum Abbauprobem der Kartoffel. Naturwissenschaft und Landwirtschaft, Heft **13**.

Blattlausforschung – Suche nach den Vektoren

Thomas Thieme und Udo Heimbach

Einleitung

Das erste europäische Land, in dem die Kartoffel in größerem Umfang angebaut wurde, war Irland. Doch auch in Preußen und Frankreich förderte der Staat den Anbau dieser Kulturpflanze wegen ihrer guten Eigenschaften als Nahrungsmittel. Die immer stärkere Erweiterung der Anbauflächen führte im Laufe der Zeit zu einem fortschreitenden Rückgang des Knollenertrages. Obwohl sich dieser „Kartoffelabbau“ bereits im 19. Jahrhundert als begrenzender Faktor des Kartoffelanbaues erwies, waren seine Ursachen lange Zeit unbekannt.

Die Ursache des Kartoffelabbaues

Die zunehmenden Probleme veranlaßten die Kaiserliche Biologische Reichsanstalt, sich intensiv mit dem Kartoffelabbau zu beschäftigen. Wenn auch sehr früh durch Otto Appel (1907) der Nachweis erbracht wurde, daß der Kartoffelabbau einen Komplex von verschiedenen eigenständigen Krankheiten darstellt, so blieben die Ursachen und Übertragungswege weiter unklar.

Nachdem im Jahre 1914 von dem Nordamerikaner Allard für ein Virus, das auf Tabak Mosaiksymptome verursacht, und gleichzeitig von Taubenhaus für ein Mosaik der Platt-erbse der Nachweis erbracht worden war, daß diese Erkrankungen durch Blattläuse übertragen werden können, setzte in verschiedenen Ländern eine intensive Forschungstätigkeit nach diesen Überträgern (Vektoren) ein.

In Deutschland dominierte zu dieser Zeit die Auffassung, daß der Kartoffelabbau die Folge einer ungünstigen Wechselwirkung zwischen Pflanze und Standort ist. Diese, als Standorttheorien bezeichneten Vorstellungen, ignorierten die Ergebnisse holländischer Forscher, die sich mit der Übertragung der Symptome durch Pfropfung beschäftigten.

Blattläuse wurden in Deutschland noch 1922 von Wilke ohne Differenzierung der Arten lediglich als schädliche Insekten gewertet, die mehr oder weniger alle Kulturpflanzen der heimgesuchten Gegenden gemeinsam trafen und lediglich ihr Auftreten in Kartoffelfeldern erwähnt. In der Auflistung der wirtschaftlich bedeutsamen tierischen Schädlinge der Kartoffel fanden Blattläuse aber bei Wilke (1922) keine Berücksichtigung.

Dies änderte sich erst, als Erich Köhler an der Biologischen Reichsanstalt den Kartoffelabbau experimentell bearbeitete und den Beitrag der Blattläuse für die Übertragung der den Abbau verursachenden Viruserkrankungen zeigen konnte. Seine Ansichten setzten sich dann allmählich im Kreise der Fachkollegen durch. So erwähnt Appel (1938) in der Auflistung der Staudenkrankheiten im Taschenatlas der Kartoffelkrankheiten, daß die Übertragung der Mosaikkrankheit durch Blattläuse angenommen wird.

Die Blattlausvektoren

In seinem Vortrag auf der Pflanzenschutztagung der Biologischen Reichsanstalt berichtete Köhler (1938) über die Bedeutung der Insekten für den Kartoffelabbau. Nach den Untersuchungen seiner Mitarbeiter Heinze und Profft waren im wesentlichen vier Blattlausarten regelmäßig auf den Kartoffelfeldern Deutschlands anzutreffen. Nur gelegentlich und offenbar auf bestimmte Örtlichkeiten beschränkt treten die zwei zuletzt genannten Arten in größerer Häufigkeit auf.

Die Benennung der Aphiden widerspiegelt die zum damaligen Zeitpunkt herrschende Auffassung über die maßgeblich von Börner geprägten verwandtschaftlichen Beziehungen der Aphiden. Heutigen „Nichtaphidologen“ wären etliche dieser Namen unbekannt, deshalb wird zusätzlich die jetzt gültige Bezeichnung angegeben.

| | |
|---------------------------|--|
| <i>Myzus persicae</i> | |
| <i>Aphis rhamni</i> | heute gültiger Name: <i>Aphis nasturtii</i> |
| <i>Macrosiphum gei</i> | heute gültiger Name: <i>Macrosiphum euphorbiae</i> |
| <i>Myzus pseudosolani</i> | heute gültiger Name: <i>Aulacorthum solani</i> |
| <i>Aphis rumicis</i> | heute gültiger Name: <i>Aphis fabae</i> |
| <i>Myzus circumflexus</i> | |

Die größte Bedeutung wurde jedoch *Myzus persicae* zugeordnet. Diese Bewertung resultiert aus der Untersuchung der Sicherheit und Häufigkeit der Übertragung von Kartoffelblattrollvirus. Als zweitwichtigste Blattlaus wurde *Aphis rhamni* (= *nasturtii*) bezeich-

net. Nach den im Jahre 1937 durchgeführten umfangreichen Erhebungen von Heinze und Profft (1938) trat *Aphis rhamni* überall in Deutschland auf und kam auch in Massen vor. Zur Biologie und Systematik der virusübertragenden Blattläuse trug Heinze (1939) vor. Die systematische Durcharbeitung der an Kartoffeln gesammelten Blattläuse erfolgte vorwiegend durch Profft. Sie ergab, daß eine Reihe von Aphiden diese Pflanze nur gelegentlich aufsucht, daß aber sechs Arten regelmäßig an der Kartoffel zu finden sind:

| | Deutscher Name | Heutiger Name |
|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| <i>Doralis fabae</i> | Schwarze Rübenlaus | <i>Aphis fabae</i> |
| <i>Doralis rhamni</i> | Kreuzdornlaus | <i>Aphis nasturtii</i> |
| <i>Doralis frangulae</i> | Gurkenlaus | <i>Aphis frangulae</i> |
| <i>Macrosiphon solanifolii</i> | Grünstreifige Kartoffellaus | <i>Macrosiphum euphorbiae</i> |
| <i>Aulacorthum solani</i> | Grünfleckige Kartoffellaus | |
| <i>Myzodes persicae</i> | Grüne Pfirsichblattlaus | <i>Myzus persicae</i> |

Der Pfirsichblattlaus wird die größte Gefährlichkeit zugeordnet, obwohl jede der genannten Arten Überträger für mehrere Viruserkrankungen ist.

Heinze und Profft (1940) erarbeiteten einen Schlüssel für die Bestimmung der verbreitetsten Kartoffelblattläuse. Durch sehr arbeitsaufwendige Boniturarbeiten schufen sie die hierfür erforderliche umfangreiche Datensammlung. Die detaillierten Angaben über die sonstigen Wirtspflanzen der Blattläuse lassen erkennen, daß Heinze und Profft mitunter Mischungen von Taxonen aus Komplexarten vorlagen. Fehlende Kenntnisse über die Taxonomie der Aphiden führten bei der Auswertung der Literaturangaben auch dazu, daß eine Art unter verschiedenen Namen erwähnt wird. Erst in neuerer Zeit entstand unter Mitarbeit der BBA wieder ein Bestimmungsschlüssel für Kartoffelblattläuse, der sowohl die an Kartoffeln siedelnden Läuse als auch geflügelte Tiere, die nur Probestiche ausführen, behandelt (Thieme und Heimbach 1994).

Gesundlagen

Die Frage, ob ein örtlicher Zusammenhang zwischen der Häufigkeit des Auftretens von *Myzus persicae* und dem Grade der Abbauneigung der Kartoffel vorhanden ist, wurde erstmalig von englischer Seite in Nord-Wales untersucht. Es wurden verschiedene stark abbaubare Lagen mit Gesundlagen bezüglich des Läuseauftretens verglichen.

Die Erhebungen zeigten, daß *Myzus persicae* in den Gesundlagen bei weitem nicht so häufig ist wie in den Abbaulagen, und daß diese Art in den Gesundlagen den Gipfel ihrer Massenvermehrung zu einem späteren Zeitpunkt erreicht. Diese Ergebnisse beeinflussten auch die deutschen Forscher.

Nach Köhler (1938) ist das Vorhandensein von Überwinterungsmöglichkeiten in der Nähe der Kartoffeln eine wichtige Voraussetzung für das Zustandekommen von Frühinfektionen (die ein schnelleres Vordringen des Virus zu den Knollen ermöglicht als in Spätinfektionen). Die in den Jahren 1932-1934 durchgeführte Pfirsichbaumzählung lieferte das statistische Material für solche Betrachtungen.

In den Gegenden gehäuften Vorkommens des Pfirsich erleidet die Kartoffel einen besonders starken Abbau, deshalb sind diese Gegenden für die Gewinnung von Pflanzgut ungeeignet.

Hieraus resultierten Folgerungen für die Praxis. Nach Köhler (1938) ließe sich in bewährten Hochzuchtlagen ein allgemeines Verbot des Anpflanzens von Pfirsichbäumen rechtfertigen.

Massenwechsel der Blattläuse

Seit 1936 sind auch in der Biologischen Reichsanstalt umfangreiche Untersuchungen über den Massenwechsel der Blattläuse im Gang. Sie erstreckten sich hauptsächlich auf die sogenannte Abbaulage Dahlem im Berliner Raum und seit 1937 auch auf das Kartoffelhochzuchtgebiet der Dramburger (Pommern) Gegend.

Von Köhler beauftragt, untersuchten Heinze und Profft nicht nur das Auftreten, sondern auch den Massenwechsel der Blattläuse. Dabei beschäftigten sie sich intensiv mit der Überwinterung von *Myzus persicae*. Erste Ergebnisse über die Vermehrung auf den Winterwirten gewann Heinze in Dahlem, wo er zwei Pfirsichzweige, an denen sich je ein halbes Dutzend aus dem Ei geschlüpfter Fundatrix-Larven befanden, im Frühjahr einbeutelte und später feststellte, daß der eine Beutel 2650 geflügelte Läuse und der andere 1900 enthielt.

In Pommern erfaßte Profft (1937) überwinterte Pfirsichblattläuse. Die nur in geringen Zahlen vorkommenden Pfirsichbäume waren so gut wie alle durch *Myzus persicae* besiedelt.

Der Vergleich des Massenwechsels der Pfirsichblattlaus in Dahlem und Dramburg zeigte grundsätzliche Unterschiede in der Befallsstärke an beiden Untersuchungsorten. In Dahlem wurden Ende Juli 1937 während des Höchstbefalls je Staude im Durchschnitt etwa 5400 *Myzus persicae* gezählt, in Pommern wurden als durchschnittlicher Höchstbefall 25-30 *Myzus persicae* je Staude festgestellt. Die Betrachtung des Gesamtblattlausbefalls in den Sommermonaten von 1936 bis 1938 führte Heinze (1939) zu der Vermutung, daß der starke Blattlausbefall von 1937 auf die hohen Frühjahrstemperaturen zurückzuführen ist. Als weiteres mögliches Regulativ berücksichtigte Heinze (1939) die natürlichen Feinde. Die beobachteten Marienkäfer waren jedoch nach Heinze nicht befähigt, die Vermehrung der Blattläuse wesentlich aufzuhalten.

Inzwischen hatten vorwiegend englische, holländische und amerikanische Autoren Untersuchungen über den Massenwechsel der Blattläuse an Kartoffeln angestellt. Besonders sind hierbei Davies und Whitehead (1938) zu nennen, die mit Hilfe der 100-Blatt-Methode die Populationsschwankungen der Blattläuse in Kartoffelschlägen der Hochzuchtlagen Schottlands und Wales bzw. in den südenglischen Abbaulagen erforschten. Murphy und Loughnane (1937) versuchten einen Zusammenhang zwischen der jährlichen Häufigkeit der Läuse und dem Ablauf von Temperatur und Niederschlägen zu finden. Weed (1927) und De Jong (1929) analysierten im Labor den Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf die Entwicklungsdauer von *Myzus persicae*. Diese Vorarbeiten lieferten Heinze und Profft (1940) die methodischen Ansätze für ihre Untersuchungen über die Blattlausarten an Kartoffeln und ihren Massenwechsel. Heinze und Profft differenzierten die an Kartoffeln vorkommenden Blattlausarten unter Berücksichtigung biologischer Gesichtspunkte in solche, die regelmäßig an *Solanum* gefunden werden und sich auf dieser Art gut vermehren. Eine weitere Gruppe stellen Blattläuse dar, die nur gelegentlich Kartoffeln besiedeln und sich dort auch vermehren können. Letztlich werden auf den Kartoffelfeldern auch Blattläuse gefunden, die nur kurze Zeit auf den Pflanzen verweilen, ohne Larven absetzen zu können.

Die wichtigsten Arten wurden bereits in früheren Jahren gefunden. Da sich jedoch Heinze und Profft sehr strikt an den Auffassungen des Naumburger Zweigstellenleiters Carl Börner orientierten, änderten sie die wissenschaftlichen Namen der Aphiden entsprechend ab. Bei der Durchführung der Untersuchungen kam es Heinze und Profft nicht allein darauf an, Maßzahlen für die Blattlausentwicklung an den Untersuchungsorten zu finden, sondern sie sahen ihr Ziel darin, den Massenwechsel aller an der Kartoffelpflanze

lebenden Blattlausarten zu studieren und die ihn beeinflussenden Faktoren kennenzulernen.

Bei der Auswertung der Ergebnisse stellten Heinze und Profft (1940) zwischen den Beobachtungsjahren und Untersuchungsorten stark voneinander abweichende Resultate fest. Da die an Kartoffeln lebenden Blattläuse vorwiegend an Gehölzen überwintern, die besonders zahlreich in Gärten und Anlagen der Städte zu finden sind, wurde der hohe Befall in Dahlem auf den begünstigenden Einfluß der Großstadtnähe zurückgeführt. Eine weitere nicht zu unterschätzende Rolle spielt nach Heinze und Profft der früher einsetzende und länger währende Befall der Kartoffel in Dahlem.

Die Variationen des Befalls zwischen den Jahren wird auf verschiedene Ursachen zurückgeführt. In befallsschwachen Jahren sollen die natürlichen Feinde (Marienkäfer und Schlüpfwespen) den hauptsächlichen Einfluß auf die Blattläuse ausgeübt haben. Für 1937, einem Jahr des Massenvorkommens, sahen Heinze und Profft andere Faktoren als bedeutsam an. In diesem Untersuchungsjahr kamen die Nützlinge so spät, daß der Zusammenbruch der Blattlauskolonien durch klimatische Ereignisse vermutet wurde. Die einzelnen biologischen Faktoren und ihre Wirksamkeit bei der Vernichtung von Blattläusen wurden von Heinze und Profft in Laborversuchen geprüft. Fütterungsversuche konnten mit verschiedenen Coccinellidenarten, Chrysopiden, Hemerobiiden, Syrphiden und räuberischen Wanzen durchgeführt werden. In Ergänzung zu den Literaturbefunden lieferten diese Versuche Angaben über die potentiellen Fraßleistungen der Nützlinge. Allerdings entsprachen die Laborergebnisse nicht den Freilandbeobachtungen.

Bei der Untersuchung des Ausmaßes der Überwinterung kamen bereits Heinze und Profft zu der auch heute noch von einigen Autoren umstrittenen Auffassung, daß sich die Stärke des im nächsten Jahr zu erwartenden Zuflugs zur Kartoffel kaum anhand des Anflugs am Winterwirt im Herbst und der Zahl der abgelegten Eier beurteilen läßt, sondern daß vielmehr die Bedingungen im Frühjahr eine wichtige Rolle spielen.

Die Bemühungen der Praxis, die Kartoffelerträge durch Zufuhr von zusätzlichen Nährstoffen zu erhöhen, hatte aber auch phytopathologische Konsequenzen.

Nach den mehrjährigen Beobachtungen von Bode trat im Gefolge des Einsatzes von chloridhaltigen Kalidüngern eine Zunahme an blattrollkranken Pflanzen im Nachbau auf. Dieser Problematik widmete sich Völk am Institut für Virusforschung in Celle. Auf der Pflanzenschutztagung in Goslar stellte Völk (1951) seine ersten Ergebnisse über das

Auftreten virusübertragender Blattläuse an Kartoffelpflanzen in Abhängigkeit von der Düngung vor. Er konnte für *Myzus persicae* keine stärkere Vermehrung in den mit Chlorkali gedüngten Parzellen feststellen. Auch für die als zweitwichtigste Art angesehene *Aphis nasturtii* ließen sich keine Zusammenhänge zwischen Blattlauszahlen und Düngung herausstellen. Im Labor wiederholte Versuche bestätigten die im Freiland erzielten Ergebnisse. Bei den in Ergänzung zu den Blattlausbeobachtungen geernteten und im Augenstecklingstest geprüften Knollen wurde aber gefunden, daß der Prozentsatz blattrollkranker Stecklinge in den mit chlorkalihaltigen Düngern behandelten Parzellen wesentlich höher lag als in den anderen. Einen entscheidenden Ansatz zur Lösung dieses scheinbaren Widerspruchs lieferte in der anschließenden Diskussion der an der Bonner Universität arbeitende Moericke. Er wies darauf hin, daß Völk (1951) bei der Auswertung zwischen der Zahl der Läuse und ihrer Beweglichkeit nicht genügend unterschieden hatte. Zu dieser Zeit hatte Moericke bereits begonnen, sich mit der Fähigkeit der Blattläuse zu beschäftigen, optische Signale (Farben) wahrzunehmen und diese Reaktion für eine Fangmethode einzusetzen. Die Ergebnisse dieser Arbeiten, die zu den bekannten Moericke-Fangschalen führten, stellte er jedoch erst später vor (Moericke 1951, 1952).

Bekämpfung

Die phytopathologische Bedeutung der Blattläuse zog im Laufe der Zeit eine verstärkte und vor allem gezielte Bekämpfung mit synthetischen Insektiziden nach sich. In ersten Tastversuchen (mit nikotinhaltenen Brühen) im Sommer 1937 wurde von Heinze in Dahlem erkundet, ob sich durch Bespritzen der Kartoffelbestände etwas gegen die Läuse erreichen läßt. Am aussichtsreichsten sind nach Heinze (1939) Bekämpfungsmaßnahmen, die sich gegen Eier und Larven am Pfirsich richten.

Nach Störmer (1938) galt es den Kampf gegen die Pfirsichblattlaus in ganzer Breite zu führen. Die restlose Aufklärung ihrer Biologie sollte erst die richtigen Wege zeigen. Als äußerstes Mittel wurde die Beseitigung des Pfirsichbaumes gefordert. Bis dahin sollte die Winterspritzung als ein sicheres Mittel zur Abtötung der Eier der Pfirsichblattlaus Anwendung finden. Auch während der sonstigen Vegetationsperiode müßte jeder Pfirsichbaum durch wiederholtes Abspritzen läusefrei gehalten werden. Heute wissen wir, daß diese Bekämpfungsstrategie das angestrebte Ziel nicht erreicht hätte, weil *Myzus persicae* befähigt ist, auch andere Pflanzen als Winterwirte zu nutzen.

Schon 1938 äußerte sich Störmer zuversichtlich über den Einsatz von Spritzmitteln im Kartoffelanbau. Er lobte neben der toxischen auch die mechanische Wirkung: „Wird mit motorisch angetriebenen Spritzen gearbeitet, ... , dann braust geradezu ein Sturmwind über den Kartoffelschlag.“

Der zunehmende Einsatz von Insektiziden führte aber auch zur Entwicklung von resistenten Blattläusen. Das Problem des Resistentwerdens von Insekten wurde erstmals 1908 in den USA erkannt, als bis dahin erfolgreich zu bekämpfende Schildläuse dem Einsatz von Schwefelkalkbrühe widerstanden (Brown 1960). Dem Problem der Insektizidresistenz bei Blattläusen stellte sich auch die BBA. 1971 wurde vom Zoologischen Institut der Biologischen Bundesanstalt eine Umfrage über die Situation der Blattlausbekämpfung in der Bundesrepublik Deutschland bei den Pflanzenschutzämtern vorgenommen. Sie ergab, daß es unter anderem Schwierigkeiten bei der Bekämpfung von *Myzus persicae* und *Macrosiphum euphorbiae* gab. Von Steffan angeregt, führte deshalb Raßmann (1973) erste Untersuchungen zur Insektizid-Empfindlichkeit von *Myzus persicae* in Berlin-Dahlem durch. Der von ihm geprüfte schwer bekämpfbare Stamm der Grünen Pfirsichblattlaus erwies sich als gruppen-resistent gegen die drei eingesetzten organischen Phosphorsäureester. Diese Untersuchungen mündeten in dem Vorschlag, eine staatliche Kontrollstelle einzurichten, die nach einheitlichen Maßstäben mit Standardmethoden und unter gleichbleibenden Versuchsbedingungen Empfindlichkeitskontrollen durchführt. Dieser Vorschlag wurde aber nicht realisiert. Naturgemäß interessierte sich die Agrochemieindustrie für diese Fragestellung am meisten. Sie hat deshalb eigene Kapazitäten für die Bearbeitung der Insektizidresistenz bereitgestellt bzw. nutzte die Möglichkeiten der Gruppe um den britischen Forscher Devonshire in Rothamsted. Devonshire hat maßgeblich dazu beigetragen, den Mechanismus der Insektizidresistenz von *Myzus persicae* aufzuklären (Devonshire 1975, Devonshire und Sawicki 1979).

Der inzwischen immer stärker werdende Einsatz von synthetischen Pflanzenschutzmitteln und die Konzentration auf andere Schwerpunkte bewirkte eine Verlagerung der Arbeitsschwerpunkte in der BBA, wodurch Blattläuse auf Kartoffeln nur noch geringe Aufmerksamkeit erfuhren. Diese Insektengruppe liefert dann aufgrund der relativ guten Handhabbarkeit beliebte „Laboratoriumstiere“ für die akademische Forschung im universitären Bereich. Ein staatlich geführter Blattlauswarndienst, der auch die Belange des Kartoffelbaus berücksichtigte, wurde hingegen in der DDR aufgebaut (Dubnik 1969).

Blattläuse konnten aber nicht völlig vernachlässigt werden. Die polyphage *Myzus persicae* stellte auch für andere Kulturen einen wirtschaftlich bedeutsamen Schaderreger dar. Ihre Biologie wurde deshalb unter dem Aspekt ihrer Bekämpfung als Rüben- bzw. Kohlschädling weiter erforscht. Die Untersuchungen von Steudel (1952) sowie Steudel und Burckhardt (1950) halfen, die Populationsentwicklung dieser Aphide gezielt zu überwachen.

Kartoffelblattläuse fanden auch in Arbeiten Erwähnung, in denen Heinze die Überträger pflanzlicher Viruskrankheiten vorstellte (Heinze 1951), oder die mitteleuropäischen Myzinae nach systematischen Gesichtspunkten durcharbeitete (Heinze 1960). Grundlage dieser systematisch angelegten Arbeit war die bereits von Börner seit Jahrzehnten durchgeführte Bearbeitung des mitteleuropäischen Blattlausmaterials und das Katalogwerk „Europae Centralis Aphides“ (Börner 1952).

Übertragung des Kartoffelvirus Y

Die Situation in der Blattlausforschung an der BBA änderte sich, als über mehrere Jahre in den Kartoffelbeständen verstärkt Infektionen mit dem Kartoffelvirus Y (PVY) auftraten, die zu hohen Aberkennungen in der Pflanzkartoffelvermehrung führten. Die Ursachen für die hohen PVY-Infektionen werden u.a. in der höheren PVY-Anfälligkeit einiger Kartoffelsorten, im extrem frühen Blattlausflug, als Folge eines milden Winters mit anschließendem milden Frühjahr sowie im Vorhandensein umfangreicher Infektionsquellen gesehen (Wigger 1990). Zur Entscheidungsfindung bei der Bekämpfung von Virusvektoren wurden bisher die Populationsdynamik und das Einwandern von Blattläusen in den Kartoffelbestand erfaßt (Dubnik 1969; Rieckmann 1990). Es fanden jedoch nur die Blattlausarten Berücksichtigung, welche Kartoffeln besiedeln und auf ihnen Kolonien gründen können (Dubnik 1978; Naton 1976). Neben den eigentlichen Kartoffelblattläusen können aber auch zahlreiche andere Arten während des Probestichs die nichtpersistente PVY übertragen (Kennedy et al. 1962; Van Hoof 1980; Van Harten 1983; De Bokx und Piron 1984; Harrington und Gibson 1989).

Für die Kalkulation der Übertragungseffizienz verschiedener Arten wird *Myzus persicae* als Vergleichsstandard herangezogen. Blattlausarten, die über eine geringere Effizienz verfügen, werden mitunter als vernachlässigbar betrachtet. Wegen ihres häufigen Auftretens können sie aber dennoch eine Gefährdung darstellen. So bildete in den Untersu-

chungen von Harrington und Gibson (1989) *Myzus persicae* lediglich 3,9% des Gesamtfanges, wohingegen *Sitobion avenae* und *Brachycaudus helichrysi* mit 21,2 % bzw. 14,2 % im Fang vertreten waren. In den Saugfallenfängen aus Großbritannien, Deutschland, Polen, Frankreich und Italien stellten die Getreideblattläuse die häufigsten Blattlausarten dar, bei deutlicher Dominanz von *Rhopalosiphum padi* (Taylor et al. 1978; Bouchery et al. 1987; Zlotkowski 1987; Coceano 1989; Karl 1992). Diesen Sachverhalt berücksichtigend, integrierte Nemecek (1993) in seinem Modell zur Epidemiologie von PVY in der Schweiz neben den Kartoffelläusen auch andere Aphiden als Vektoren. Mit großer Wahrscheinlichkeit werden mit den bisher praktizierten Methoden der Bestandesüberwachung von Kartoffeln Einwanderungen von geflügelten Aphiden, die *Solanum tuberosum* nicht besiedeln können, übersehen. Dieser Problematik wird seit 1995 in einer Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland und dem Institut für Biochemie und Virologie an der BBA nachgegangen.

Ausblick

In den Diskussionen der Beiträge, die 1952 in Würzburg anlässlich der Pflanzenschutztagung der Biologischen Bundesanstalt gehalten wurden, betonte Blunck die Notwendigkeit, auf Rassenbildungen bei Schaderregern einzugehen. Sein Vorwurf, daß sich Zoologen und insbesondere Entomologen im Gegensatz zu Bakteriologen und Mykologen bei ihren Arbeitsobjekten nur sehr schwer an das Auftreten von Biotypen gewöhnen, hat bis in die Gegenwart Gültigkeit. Der in der Naumburger Außenstelle arbeitende Aphidologe Börner lieferte Arbeitsergebnisse, die als klassische Beispiele für die Bedeutung der Kenntnisse über die Existenz von Insektenrassen zu bewerten sind (Börner 1908, 1909, 1912, 1924). Er bearbeitete zum damaligen Zeitpunkt das Reblaus-Problem und war bemüht, möglichst viele Rassen einzutragen, um den Genotyp mit der größten Aggressivität zu finden. Eine Vielzahl seiner Zeitgenossen hat ihn dafür ausgelacht, der Verspottete ließ sich jedoch nicht beirren. Nur dieser Beharrlichkeit haben wir es zu verdanken, daß es in Europa heute noch möglich ist, Weinbau zu betreiben.

Auch bei den Kartoffelblattläusen gibt es zahlreiche Arten, die als Komplex von verschiedenen Unterarten und Rassen existieren. Erste Hinweise hierfür hatte bereits Heinze (1939) erhalten, als er habituelle Unterschiede bei den Funden von *Aphis frangulae* registrierte. Er war aber nicht in der Lage, die Beobachtungen entsprechend zu deuten. Bei

der Erforschung der Biologie und Taxonomie des *Aphis frangulae*-Komplexes leistete in Rostock die Gruppe um F.P. Müller die entscheidende Arbeit. Selbst die allseits bekannte *Myzus persicae* ist als Komplexart zu verstehen. Unter ihrem Namen wurden lange Zeit unerkant sogar verschiedene Arten geführt. Die von Blackmann (1987) als eigenständige Art beschriebene *Myzus nicotianae* besitzt auch in Deutschland eine weite Verbreitung und besiedelt unerkant die Gewächshäuser einschlägiger deutscher Forschungseinrichtungen. Weil Taxonomie gegenwärtig keinen hohen Stellenwert genießt, werden Arbeiten in dieser Richtung, wenn überhaupt, nur sehr zögerlich gefördert. Diese Situation kann sich ändern, wenn die Spezifität der Taxa unterhalb des Artniveaus für die verschiedenen Virusstämme akzeptiert wird.

Potato aphids – The search for virus vectors

Summary

Efforts to determine vectors of viral diseases of potatoes, carried out in Germany since 1900, are described. The principal scientists involved in such research, before the second world war, were Köhler, Heinze and Profft. Less research on potato aphids has been done at the BBA since the war, but some research in Germany has been conducted mainly by Heinze and Völk. In the last few years, research on aphids as vectors of PVY has been reinitiated and is continuing

Literatur

- APPEL, O., 1937: Taschenatlas der Kartoffelkrankheiten. II. Teil Staudenkrankheiten. Paul Parey Verlag Berlin.
- BLACKMAN, R. L., 1987: Morphological discrimination of a tobacco-feeding form from *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) and a key to New World *Myzus* (*Nectarosiphon*) species. Bulletin of entomological Research 77, 713-730.
- BOKX, J. A. DE and P. G. M. PIRON, 1984: Aphid trapping in potato fields in the Netherlands in relation to transmission of PVY^N. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent 49, 443-452.
- BÖRNER, C., 1908: Beobachtungen und Versuche über die Biologie der Reblaus. Mitteilungen der Kaiserlichen Biologischen Anstalt Berlin-Dahlem, Heft 6, 31-36.
- BÖRNER, C., 1909: Untersuchungen über Phylloxerinen. Mitteilungen der Kaiserlichen Biologischen Anstalt Berlin-Dahlem, Heft 8, 39-43.
- BÖRNER, C., 1912: Untersuchungen über die Reblaus. Mitteilungen der Kaiserlichen Biologischen Anstalt Berlin-Dahlem, Heft 12, 39-43.
- BÖRNER, C., 1924: Neue Untersuchungen zur Reblausrassenfrage. Angewandte Botanik 6, 160-168.
- BÖRNER, C., 1952: Europae Centralis Aphides. Die Blattläuse Mitteleuropas, Namen, Synonyme, Wirtspflanzen, Generationszyklen. Mitteilungen der Thüringischen Botanischen Gesellschaft, Beiheft 3, Weimar, 488 S.
- BÖRNER, C. und K. HEINZE, 1957: Aphidina - Aphidoidea. In: P. SORAUER: Handbuch der Pflanzenkrankheiten, V. 2. Teil, 4. Lief. Homoptera II, Paul Parey Verlag Berlin, 1-402.
- BOUCHERY, Y., P. G. COCEANO, J. DERRON, A. HÄNI et M. RENOUST, 1987: Comparaison de captures d'aphides par pieges a succion de 12 m autour du massif alpin en 1983. In: Aphid migration and forecasting 'Euraphid' systems in European Community countries. Luxembourg, 123-131.
- BROWN, A.W.A., 1960: Mechanism of resistance against insecticides. Annual Review of Entomology 5, 301-326.
- COCEANO, P. G., 1989: Resultats de six ans de piegeage aphidien dans le Nord-Est de l'Italie. In: 'Euraphid' network: trapping and aphid prognosis. Luxembourg, 41-46.
- DAVIES, W.M. and T. WHITEHEAD, 1938: Studies on aphids, infesting the potato crop. VI. Aphis infestation of isolated plants. Annals of Applied Biology 25, 122-142.
- DE JONG, J.K., 1929: Enkele resultaten van het onderzoek naar de biologie van de Tabaksluis, *Myzus persicae* Sulzer. Bulletin Deli Proefstation Medan-Sumatra 28.
- DEVONSHIRE, A. L., 1975: Studies of the carboxylesterases of *Myzus persicae* resistant and susceptible to organophosphorus insecticides. Proceedings of the 8th British Insecticide and Fungicide Conference 1975, 1, 67-74.
- DEVONSHIRE, A.L. and R. M. SAWICKI, 1979: Insecticide-resistant *Myzus persicae* as an example of the evolution by gene duplication. Nature 280, 67-74.

- DUBNIK, H., 1969: Aufbau und Arbeitsweise des Blattlaus-Warndienstes und das Auftreten der Virusvektoren im Jahre 1969. Saat- und Pflanzgut **12**, 217-220.
- DUBNIK, H., 1978: Einschätzung der Befallsintensität bei Kartoffelblattläusen an Hand der Ergebnisse der Gelbschalenfänge 1970 bis 1977. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR **4**, 79-82.
- HARRINGTON, R. and R. W. GIBSON, 1989: Transmission of potato virus Y by aphids trapped in potato crops in southern England. Potato Research **32**, 167-174.
- HARTEN, A. VAN, 1983: The relation between aphid flights and the spread of potato virus Y^N (PVY^N) in the Netherlands. Potato Research **26**, 1-15.
- HEINZE, K., 1939: Zur Biologie und Systematik der virusübertragenden Blattläuse. Virusforschung und Viruskrankheiten, Paul Parey Verlag Berlin, 35-48.
- HEINZE, K., 1951: Die Überträger pflanzlicher Viruskrankheiten. Mitteilungen aus der Biologischen Zentralanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft **71**, 126 S.
- HEINZE, K. und J. PROFFT, 1938: Zur Lebensgeschichte und Verbreitung der Blattlaus *Myzus persicae* (Sulzer) in Deutschland und ihre Bedeutung für die Verbreitung von Kartoffelvirosen. Landwirtschaftliches Jahrbuch **86**, 483-500.
- HEINZE, K. und J. PROFFT, 1940: Über die an der Kartoffel lebenden Blattlausarten und ihren Massenwechsel im Zusammenhang mit dem Auftreten von Kartoffelvirosen. Mitteilungen aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft **60**, 164 S.
- HOOFF, H. A. VAN, 1980: Aphid vectors of potato virus Y^N. Netherlands Journal of Plant Pathology **86**, 159-162.
- KARL, E., 1992: Artenspektrum der Blattläuse (Homoptera, Aphidina), die mit einer Saugfalle in Aschersleben (Land Sachsen-Anhalt) in den Jahren 1985 bis 1990 gefangen wurden. Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz **28**, 69-74.
- KENNEDY, J. S., M. F. DAY and V. F. EASTOP, 1962: A conspectus of aphids as vectors of plant viruses. C.I.E. London, 114 S.
- KÖHLER, E., 1938: Die Bedeutung der Insekten für den Kartoffelabbau. Vorträge der Pflanzenschutztagung der Biologischen Reichsanstalt am 10. Februar 1938, Paul Parey Verlag Berlin, 29-36.
- MOERICKE, V., 1951: Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pfirsichblattlaus (*Myzodes persicae* [Sulzer]). Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **3**, 23-24.
- MOERICKE, V., 1952: Wie finden geflügelte Blattläuse ihre Wirtspflanze? Mitteilungen aus der Biologischen Zentralanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft **75**, 90-97.
- MURPHY, P.A. and J.B. LOUGHAME, 1937: A ten years experiment on the spread of leaf roll in the field. Scientific Proceedings Royal Dublin Society **21**, 567-579.
- NATON, E., 1976: Die wichtigsten Blattläuse im Hackfruchtbau. Pflanzenschutzinformationen **44**, 20 S.
- NEMECEK, T., 1993: The role of aphid behaviour in the epidemiology of potato virus Y: A simulation study. Dissertation ETH No. 10086, 232 S.

- RASSMANN, W., 1973: Insektizid-Resistenz bei Blattläusen. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **149**, 76 S.
- RIECKMANN, W., 1990: Auftreten und Bekämpfung von Vektoren im Pflanzkartoffelbau. Der Kartoffelbau **5**, 176-178.
- STEUDEL, W., 1952: Untersuchungen zur anholocyklischen Überwinterung der grünen Pfirsichlaus (*Myzodes persicae* Sulz.) an *Brassicaceen*. Mitteilungen aus der Biologischen Zentralanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft **73**, 32 S.
- STEUDEL, W. und F. BURCKHARDT, 1950: Zur Überwinterung der grünen Pfirsichblattlaus in westdeutschen Futterrübenmieten. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **2**, 137-138.
- STÖRMER, R., 1938: Die praktische Bekämpfung der Viruskrankheiten bei der Kartoffel. Vorträge der Pflanzenschutztagung der Biologischen Reichsanstalt am 10. Februar 1938, Paul Parey Verlag Berlin, 37-46.
- TAYLOR, L. R., K. A. FRENCH, I. P. WOIWOD and J. COLE, 1978: Aphid surveying. Aphid occurrence. Report Rothamsted Experimental Station for 1977, Part I, 90-91.
- THIEME, TH. und U. HEIMBACH, 1994: Bildschlüssel zur Bestimmung von Blattläusen an Kartoffeln. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **46**, 161-169.
- VÖLK, J., 1951: Beobachtungen über das Auftreten virusübertragender Blattläuse an Kartoffelpflanzen in Abhängigkeit von der Düngung. Mitteilungen aus der Biologischen Zentralanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft **70**, 69-72.
- VÖLK, J., 1953: Bericht über die in den Jahren 1950 und 1951 gemeinsam mit den Pflanzenschutzämtern in Nordwestdeutschland durchgeführten Blattlauszählungen. Mitteilungen aus der Biologischen Zentralanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft **76**, 32 Seiten.
- WEED, A., 1927: Metamorphosis and reproduction in apterous forms of *Myzus persicae* Sulzer as influenced by temperature and humidity. Journal of Economic Entomology **20**, 150-157.
- WILKE, G., 1926: Wichtige Krankheiten und Schädigungen. C) Insekten. In: WERTH, E.: Krankheiten und Beschädigungen der Kulturpflanzen in den Jahren 1922-1924. Paul Parey Verlag Berlin, 30-40.
- WIGGER, E.-A., 1990: Zur Virussituation niedersächsischer Pflanzkartoffeln. Der Kartoffelbau **5**, 172-176.
- ZLOTKOWSKI, J., 1987: Migracje mszyc uskrzydlonch, szkodnikow wazniejszych roslin uprawnych w okolicy Poznania w latach 1976-1980. Prace Naukowe Instytut Ochrony Roslin **29**, 63-74.

Die Rolle der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft sowie ihrer Vorläufer und parallelen Einrichtungen bei der Erforschung und Bekämpfung des Kartoffelkäfers in Deutschland

Gustav-Adolf Langenbruch

Der Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*) wurde 1824 von Thomas Say am mittleren Missouri (USA) gefunden und beschrieben. Vermutlich kam er auf *Solanum rostratum* (Büffelklette) vor, doch wurden dort auch bereits verstreut Kartoffeln angebaut. 1859 wird der Käfer von Walsh in Nebraska als Kartoffelschädling genannt. Er breitete sich von dort auf den Kartoffelfeldern aus, verursachte ernsthafte Schäden und hatte 1874 die amerikanische Ostküste erreicht.

Bereits 1875 wurden in Deutschland und anderen europäischen Staaten Einfuhrverbote für Kartoffeln aus Amerika erlassen, um den Kartoffelbau in Europa zu schützen, der hier - und vor allem auch in Deutschland - eine volkswirtschaftlich gesehen wesentlich bedeutendere Rolle spielte als in den USA. Trotz dieser Vorsichtsmaßnahmen wurde der Kartoffelkäfer ab 1876 mehrfach nach Deutschland verschleppt, konnte aber stets wieder ausgerottet werden. Vermutlich im ersten Weltkrieg gelangte er jedoch unbemerkt nach Frankreich und hatte 1922 bereits 250 km² bei Bordeaux besiedelt. Trotz einsetzender intensiver Bekämpfungsmaßnahmen konnte er sich in manchen Jahren um mehr als 150 km nach Osten ausbreiten und erreichte schon 1936 die deutsche Westgrenze.

Einer der lokalen Befallsherde infolge Einschleppung wurde 1914 bei Stade entdeckt. In der daraufhin gebildeten Kommission war die damalige Kaiserliche Biologische Anstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem durch Martin Schwartz vertreten. Obwohl eine etwa 1 ha große Fläche von über 300.000 Käfern und Larven befallen war, gelang auch hier die vollständige Tilgung durch Absammeln und Verwendung radikaler chemischer Maßnahmen wie z.B. Gießen von Rohbenzol. Diese Aktion wurde in der Presse stark beachtet und führte auch zu mehreren wissenschaftlichen Publikationen u. a. von M. Schwartz. Als der Käfer sich dann 1922 in Frankreich festgesetzt hatte, berichte-

ten er sowie Mansfeld von der Biologischen Reichsanstalt (seit 1919; = BRA) über seine Ausbreitung. Bekämpfungsmöglichkeiten wurden von M. Schwartz, Hilgendorf, Riehm, Trappmann und Vogt von der BRA getestet bzw. aufgeführt, wobei zur Bekämpfung der im Boden lebenden Stadien - die besonders gefürchtet wurden, da sie leicht zu übersehen waren - Rohbenzol, Neutralöl, Schwefelkohlenstoff und Chlorpikrin genannt und zum Spritzen nach Erfahrungen in den USA und Frankreich Arsenverbindungen empfohlen wurden. Schneider und Siegwart testeten die Nachwirkungen einer Bodenbehandlung mit Neutralöl auf dem Versuchsfeld der BRA in Dahlem und stellten nur bei Rüben und Lupinen Ertragsminderungen fest. Schwartz verfaßte 1925 eine Anleitung zur Bekämpfung des Kartoffelkäfers, nach der bei weiteren Ausrottungsmaßnahmen verfahren wurde. Ein Erlaß des Preußischen Ministers für Landwirtschaft aus dem gleichen Jahr regelte die Beteiligung der amtlichen Stellen.

Schwartz und Erika von Winning berichteten weiter über die Ausbreitung des Kartoffelkäfers in Frankreich verbunden mit einer frühzeitigen Aufklärung der Bevölkerung. Auf großen Markierungskarten in der BRA wurde die jeweilige Verbreitung in Europa eingetragen. Danach erlassene Einfuhrverbote sollten eine weitere Verschleppung vermeiden helfen. Als 1934 wiederum ein Befallsherd in Stade gefunden wurde, waren an seiner Beseitigung zahlreiche Mitarbeiter der dortigen Zweigstelle der BRA beteiligt.

Da der Kartoffelkäfer 1935 nur noch 22 km von der deutschen Grenze entfernt war, wurde auf Vorschlag von Schwartz der „Kartoffelkäfer-Abwehrdienst“ ins Leben gerufen, dessen Oberleitung ihm als dem „Generalbevollmächtigten für die Bekämpfung des Kartoffelkäfers und der San-José-Schildlaus“ übertragen wurde. Die technische Leitung erhielt Langenbuch, der dazu von der BRA beurlaubt wurde. Auf Grund des ersten Pflanzenschutzgesetzes 1937 und darauf aufbauender Verordnungen konnte die Kartoffelkäferbekämpfung durch staatliche Institutionen organisiert und aus der öffentlichen Hand finanziert werden. Die Bevölkerung war durch polizeiliche Anordnung zur sorgfältigen Überwachung von Kartoffelflächen und zur Meldung etwaiger Kartoffelkäferfunde verpflichtet. Beim Absuchen hatten u. a. die Anbauer und Schulkinder mitzuwirken. Zur Vernichtung der sich evtl. im Boden befindenden Stadien des Kartoffelkäfers wurden anfangs Neutralöle, später Schwefelkohlenstoff eingesetzt. Zur Spritzung gefährdeter, später auch befallener Kartoffelflächen dienten Bleiarсенat und Kalkarsenat. Ihr Einsatz

gehörte mit zu den ersten großflächigen Schädlingsbekämpfungen im Ackerbau Deutschlands.

Die gut organisierten und intensiv durchgeführten Maßnahmen konnten das Vordringen des Kartoffelkäfers erheblich verzögern. Als es aber in den letzten Kriegsjahren an einsetzfähigen Menschen, Transport- und Pflanzenschutzmitteln fehlte, hatte der Schädling leichtes Spiel. Bis 1948 war Deutschland - bis auf einzelne Regionen in Höhenlagen und in Schleswig-Holstein - bis zur Oder besiedelt.

Die ersten Forschungsarbeiten zur Abwehr des Kartoffelkäfers wurden ab 1936 - aus Sicherheitsgründen - gemeinsam mit französischen Wissenschaftlern in Ahun in Südfrankreich durchgeführt. Die Leitung auf deutscher Seite lag bei Schwartz, Mitarbeiter vor Ort waren u. a. Müller-Böhme, und Sellke. Zu Kriegsbeginn wurde stattdessen eine Kartoffelkäfer-Forschungsstation in Kruft in der Eifel eingerichtet, die der BRA angegliedert war und später nach Mühlhausen/Thüringen verlegt wurde. In Kruft und Mühlhausen war u. a. auch von Winning beschäftigt. Aufbauend auf französische Arbeiten wurden in diesen Stationen verschiedene Kartoffelsorten, wilde *Solanum* - Arten und Hybriden auf Widerstandsfähigkeit gegen den Schädling geprüft. Leider erfüllten sich aber die gehegten Erwartungen auf ausreichend „kartoffelkäferfeste“ Sorten nicht.

Zur chemischen Bekämpfung des Schädlings wurden neben verschiedenen Arsenverbindungen auch Pyrethrum-Derris-Stäubemittel im Labor erfolgreich getestet. In Kruft kamen auch die ersten synthetischen Insektizide (HCH) zum Einsatz, die als hoch wirksame Kontaktgifte den Pflanzenschutz revolutionierten, zumal sie für den Anwender weniger gefährlich als Arsenverbindungen waren.

Aus Beobachtungen in den USA und in Frankreich waren bereits einige Gegenspieler des Kartoffelkäfers bekannt. Vögel erwiesen sich als wenig effektiv. Einheimische Insekten spielten keine herausragende Rolle. Die größten Hoffnungen wurden auf die amerikanischen Raubwanzen *Perillus bioculatus* und *Podisus maculiventris* gesetzt. Letztere hielten Sellke und von Winning nach 1935 in Berlin. Es zeigte sich jedoch, daß eine Einbürgerung auf Grund der hohen Wintersterblichkeit und des sehr zeitigen Verlassens der Winterquartiere nicht erfolversprechend sein würde.

Da sich der Kartoffelkäfer unaufhaltsam über ganz Europa (außer Großbritannien, Irland, Island und Skandinavien) ausbreitete, wurde auf mehreren Konferenzen (ab 1936) eine internationale Zusammenarbeit gefordert, die - unterbrochen durch den Zweiten Weltkrieg - im Jahr 1950 zur Gründung der European Plant Protection Organisation (EPPO) führte.

Durch die gewaltigen Fortschritte im chemischen Pflanzenschutz verlor der Kartoffelkäfer in der Nachkriegszeit allmählich seine Schrecken. Im Osten Deutschlands behielt der Kartoffelanbau seine herausragende Bedeutung. Die Arbeiten zum Kartoffelkäfer wurden im Institut in Mühlhausen fortgesetzt, das nach dem Tode von M. Schwartz (1947) durch von Winning geleitet und 1949 eine Zweigstelle der Biologischen Zentralanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin (Ost) wurde. Zur Kartoffelkäferbekämpfung blieben dort lange Zeit die chlorierten Kohlenwasserstoffe HCH und DDT die hauptsächlich eingesetzten Wirkstoffe. Mitte der sechziger Jahre wurden regional auch entsprechende Resistenzentwicklungen bei Kartoffelkäfer-Populationen beobachtet, doch konnte auf andere Pflanzenschutzmittel ausgewichen werden.

In Westdeutschland wurde 1948 auf Drängen von Drees das Institut für Kartoffelkäferforschung und -bekämpfung in Darmstadt gegründet, das 1949 der Biologischen Zentralanstalt in Braunschweig angeschlossen wurde und aus dem in den fünfziger Jahren das heutige Institut für biologischen Pflanzenschutz der Biologischen Bundesanstalt hervorging. Es wurde kurze Zeit von Drees und dann von Klein geleitet.

Im Osten wie im Westen wurden frühzeitig Anstrengungen unternommen, die chemische Kartoffelkäferbekämpfung zu rationalisieren (verminderter Wasseraufwand, verbesserte Ausbringungstechnik, Luftapplikation). Beteiligte Wissenschaftler der Biologischen Zentralanstalt im Osten waren dabei u. a. Erika Schwartz, Sellke und Thiem. Im Westen bearbeiteten u. a. Trappmann (Braunschweig), Küthe, Langenbuch und Scheibe (alle Darmstadt) Fragen des chemischen Pflanzenschutzes und der Anwendungstechnik.

Die Vermeidung von Geruchs- und Geschmacksbeeinflussungen der Kartoffel durch HCH-Einsatz war vor allem im Osten von Bedeutung, weil im Westen diese Frage bald

durch zunehmende Reinheit der Präparate und mit wachsender Anzahl der zur Verfügung stehenden Wirkstoffe an Bedeutung verlor.

Die Resistenzzüchtung auf der Basis widerstandsfähiger Wildarten wurde in beiden Teilen Deutschlands fortgesetzt. In den Kaiser-Wilhelm-Instituten in Heidelberg und Ladenburg (Rosenhof) konnten verschiedene Pflanzeninhaltsstoffe (Demissin und andere Alkaloidglykoside) als vergärend erkannt werden (Kuhn und Mitarbeiter), doch gelang es nicht, leistungsfähige kartoffelkäferresistente Kultursorten zu züchten. Auch im Osten blieben diese Arbeiten leider erfolglos (Buhr). Doch konnte dort ein flächendeckendes Melde-, Überwachungs- und Prognosesystem zur Praxisreife gebracht werden (Kurth, Rossberg u.a.), dessen grundlegendes Modell heute für ganz Deutschland ausgebaut wird.

Arbeiten zur Biologie und Ökologie des Kartoffelkäfers waren in Deutschland weniger zahlreich. Sie wurden im Westen vor allem von Klein (Darmstadt) und im Osten u. a. von Daebeler und Elisabeth Kittlaus durchgeführt, wobei die Überwinterungsbedingungen, Temperatureinflüsse auf die Entwicklung sowie eine Ermittlung des Fraßschadens und der daraus resultierenden Ertragsverminderungen im Vordergrund standen.

Beobachtungen zu natürlich auftretenden Gegenspielern des Kartoffelkäfers sind von Klein berichtet. Eine weitere Phase der biologischen Bekämpfung des Kartoffelkäfers scheiterte sowohl in Ost- als auch in Westdeutschland, als sich auch bei der Raubwanze *Perillus bioculatus* eine Einbürgerung auf Grund hoher Wintermortalität und zu frühen Erscheinens im Frühjahr als unmöglich erwies. Massenzucht und regelmäßige Aussetzung sind aber selbst heute wirtschaftlich nicht tragbar. Dazu sind Franz (Institutsleiter in Darmstadt und Nachfolger von Klein) sowie Edith Kahlow und Christel Zeletzki im Osten zu nennen.

Als der insektenpathogene Pilz *Beauveria bassiana* in Kartoffelkäferzuchten in Mühlhausen auftrat, wurde er von Liebetrau als Agens zur biologischen Bekämpfung geprüft. Obwohl brauchbare Ergebnisse erzielt wurden, kam es zu keiner Produktion in Deutschland.

Der entscheidende Durchbruch für eine biologische Kartoffelkäferbekämpfung gelang mit der Isolierung des *Bacillus thuringiensis* ssp. *tenebrionis* in Darmstadt im Jahr 1982 durch Huger und Krieg und der Entdeckung seiner käferspezifischen Wirksamkeit durch Schnetter (Heidelberg). Dieser Stamm wird heute in den USA produziert und in vielen Anbauregionen Nordamerikas und Europas gegen den Kartoffelkäfer eingesetzt.

Mit steigendem Lebensstandard ist die Bedeutung der Kartoffel für die deutsche Landwirtschaft erheblich zurückgegangen. Die Anbaufläche hat seit dem Kriegsende um etwa 85% auf ca. 335000 ha abgenommen. Die Kartoffelkäferbekämpfung wurde eine normale Pflanzenschutzmaßnahme, die vom Landwirt in eigener Verantwortung und auf eigene Kosten nach Einschätzung oder Schadensschwelle durchgeführt wird. Es stehen zahlreiche Wirkstoffe zur Verfügung, von denen die synthetischen Pyrethroide die größte Bedeutung haben. Allerdings ist die Mehrzahl der im Pflanzenschutzmittelverzeichnis gegen den Kartoffelkäfer aufgeführten Verbindungen mit einem Gefahrenhinweis für den Anwender versehen und/oder bienengefährlich und für relevante Nutzorganismen schädlich. Nach ökologischen Maßstäben ist der *Bacillus thuringiensis* ssp. *tenebrionis* zweifellos zu bevorzugen. Da sich aber der Einsatz umweltschonender Methoden im Ackerbau - im Gegensatz zu Dauerkulturen - für den Einzelbetrieb nur dann auszahlt, wenn höhere Produktpreise erzielt werden können, ist sein Einsatz in Deutschland auf alternative Betriebe und Kleingärten beschränkt.

Für ein anzustrebendes integriertes Kartoffelkäferbekämpfungssystem können Anbaumaßnahmen z. B. Vermeidung von Durchwuchskartoffeln, weiträumiger Fruchtwechsel, kein benachbarter Anbau von Früh- und Spätsorten, gesundes Pflanzgut, zügige Jugendentwicklung und evtl. Fangstreifen, der genannte *Bacillus thuringiensis* und eine Kartoffelkäfer-Absammelmaschine kompatible Bausteine darstellen. Weitere umweltschonende Methoden sind wünschenswert. Ob dazu Insekten als Gegenspieler Bedeutung erlangen können, erscheint nach wie vor unsicher. Neem-Produkte und evtl. der Pilz *Beauveria bassiana* wären trotz geringerer Selektivität vertretbar, wenn entsprechende Zulassungen vorlägen. Das Prognosesystem sollte weiter verfeinert und an biologische und integrierte Bekämpfungsmethoden angepaßt werden. Der Anbau transgener Kartoffelsorten, die Toxine des *Bacillus thuringiensis* ssp. *tenebrionis* produzieren, sollte wegen der zu befürchtenden Resistenzentwicklung beim Kartoffelkäfer zurückgestellt werden.

Einzelheiten zu den historischen Gegebenheiten und zu dem heutigen Stand der Forschung und Bekämpfung sind der ausführlichen Darstellung „Der Kartoffelkäfer in Deutschland: Seine Erforschung und Bekämpfung unter besonderer Berücksichtigung der Arbeiten der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft und ihrer Vorläufer und parallelen Institutionen“ (Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, 1997) zu entnehmen. Dort findet sich auch ein ausführliches Literaturverzeichnis.

The role of the Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry and their preceding and parallel institutes in the investigation and control of the Colorado potato beetle in Germany

Summary

After some local incidences since 1875, which could always be eliminated, the Colorado potato beetle reached in 1936 the western frontier of Germany. In the beginning, the defence was forcible and nationally organized. The preferred control methods were collecting, spraying and soil disinfection with chemical products. But this „Colorado Beetle Defense Service“ broke down during World War II. Till 1948, the whole of Germany was colonized by the pest besides the extreme north and some higher regions.

From the beginning, the National Biological Research Centre for Agriculture and Forestry was particularly involved in the investigations and the control of the pest. Two special institutes investigated the Colorado potato beetle after the separation of Germany: The experimental Station for the Colorado potato beetle in Mühlhausen/Thuringia in GDR (as a part of the Biological Research Centre) and the Institute for Research and Control of Colorado beetle in Darmstadt in the FRG (as a part of the Federal Biological Research Centre), which eventually became the Institute for Biological Control.

The Colorado potato beetle stimulated the development of the agricultural plant protection, the legislation, and the international cooperation in the plant protection area.

With the availability of synthetical insecticides, beginning with DDT and HCH, the pest lost its horror. Chemical control became the usual method for the farmer. The development of modern insecticides went on more quickly than the occurrence of resistance by the pest. The strong efforts in breeding resistant or tolerant cultivars of potatoes by conventional methods on the other hand were not successful. In the GDR a system for supervision and prognosis was organized all over the country.

Surprisingly, in Germany the naturally occurring vertebrates, insects, nematodes and other multicellular organisms have no essential effect on the Colorado potato beetle and they are not used in biological control. Only the isolation and investigation of *Bacillus thuringiensis* ssp. *tenebrionis* (*B.t.t.*) in Darmstadt and Heidelberg lead to an effective biological control method for the farmers.

The chemical insecticides used today in controlling the Colorado potato beetle in Germany have unfortunately a broad spectrum of activity. Possibilities for an integrated, non-chemical pest management system (IPM) using crop rotation, cultivation methods, an improved prognosis system, *B.t.t.* and a collecting machine are mentioned. It is assumed, that they can be completed by entomopathogenous fungi and Neem-products. The risk to get resistant pest populations by the introduction of transgenic cultivars of potatoes expressing *B.t.* toxins are addressed.

More details about the history and the investigation and control of the Colorado potato beetle today are given in the paper „The Colorado potato beetle in Germany: Investigation and control with special emphasis on the role of the Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry and its preceding and parallel institutes“ (Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, 1997). A detailed reading list is annexed there, too.

Anschrift der Autoren

- Dr. Udo Heimbach Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig
- Dr. Gustav-Adolf Langenbruch Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für biologischen Pflanzenschutz, Heinrichstraße 243, 64287 Darmstadt
- Dr. Eduard Langerfeld Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig
- Dr. Frank Niepold Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig
- Dr. Helmut Schiff Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Landwirtschaft, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig
- Dr. Bärbel Schöber-Butin Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig
- Dr. Hans Stachewicz Biologische Bundesanstalt für land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow
- Dr. Thomas Thieme BTL Bio-Testlabor GmbH Sagerheide, Birkenallee 19, 18184 Sagerheide
- Dr. Hans-Ludwig Weidemann Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Biochemie und Pflanzenvirologie, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig