

**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

Parey Buchverlag Berlin
Kurfürstendamm 57, D-10707 Berlin

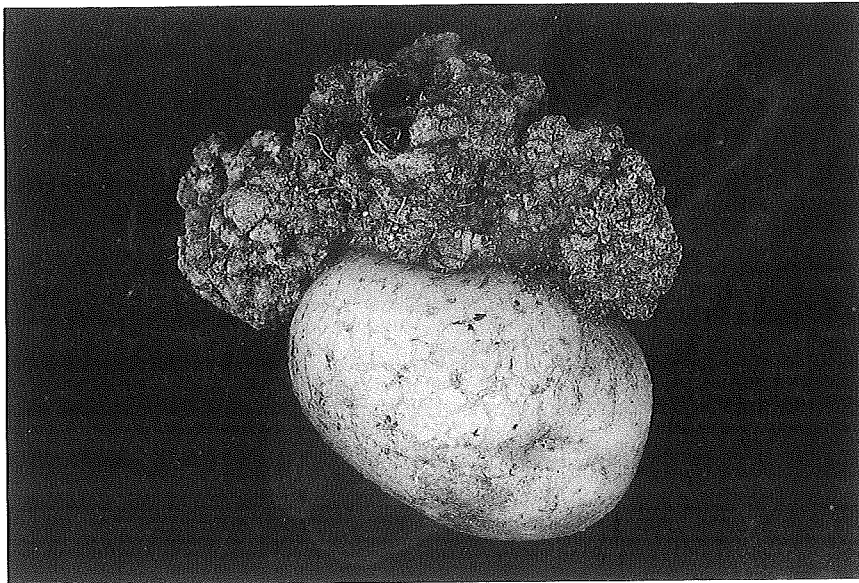
***Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.:**
Zur Geschichte des Kartoffelkrebses in Deutschland

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 Virosen 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 Quarantäneschaderegler 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

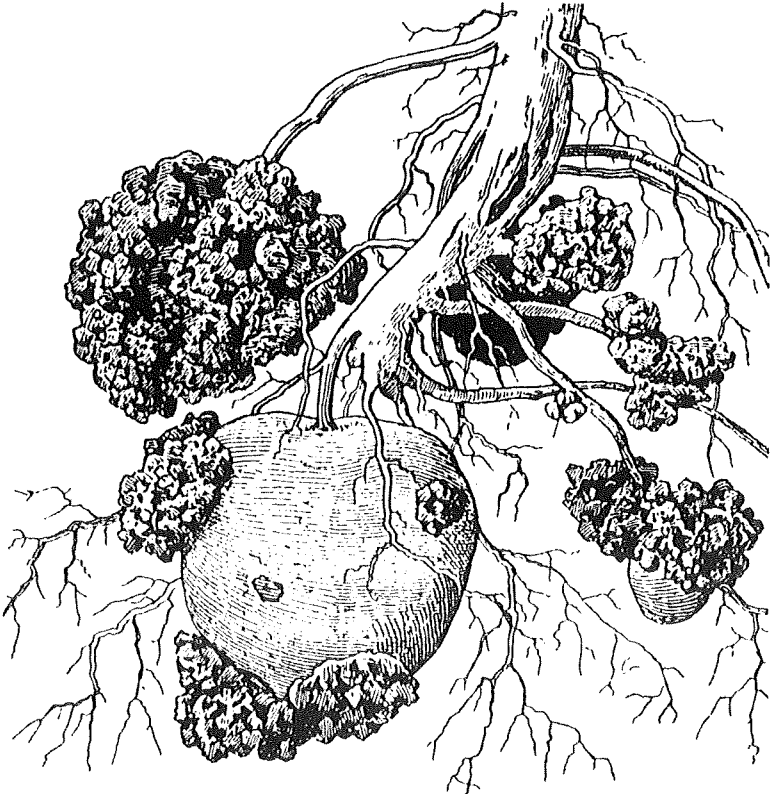


Abb. 1: Stark hrebsranke Kartoffelstaude. An einzelnen Erzeugfäden ist die Knollenbildung vollkommen unterblieben.

Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung: Seit dem ersten Auftreten des Kartoffelkrebes 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 ausbreitet. 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-Str. 17, Postfach Nr. 75, und den amtlichen Monographien-Expeditoren 19 11, von 10 Bild an 6, von 100 Bild an 1, von 1000 Bild an 1 1/2, bei jeder Lieferung.
Ein Verzeichnis der erschienenen Flugblätter und Merkblätter sowie eine Preisverzeichnisse können auf Wunsch zur Verfügung gestellt werden.
Nachdruck unter Quellenangabe gestattet 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

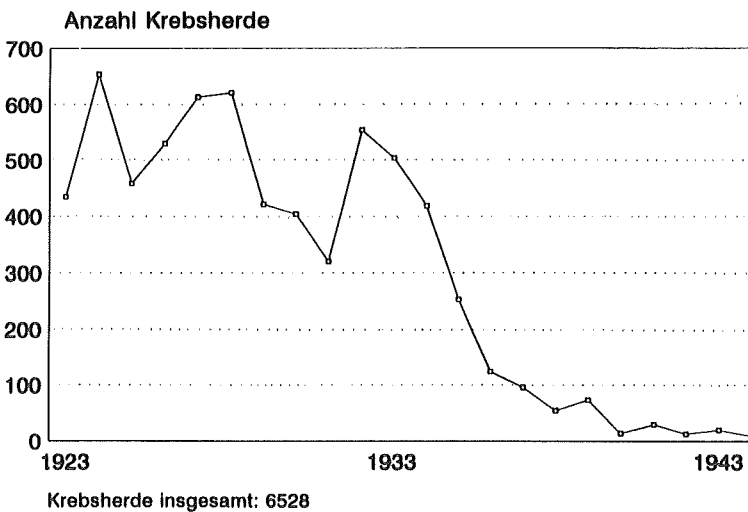
Nach EPPO (1982): (...) nicht etabliert. Berichte über Auftreten in Rhodesien, Iran, Korea, Libanon, Japan und in der Vereinigten Arabischen Republik wurden nicht bestätigt.

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.

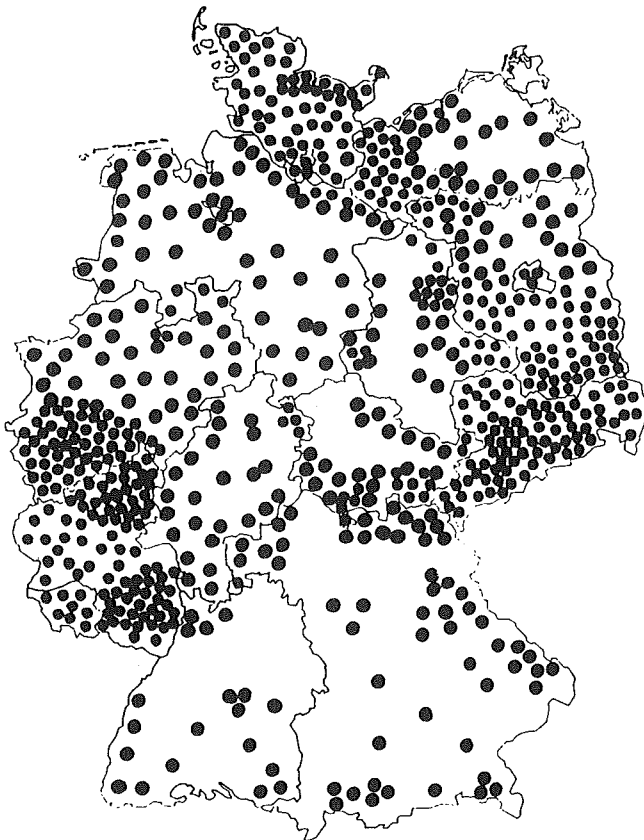
Abb. 3: Von 1923 - 1944 registrierte Krebsherde des Pathotyps 1 in Deutschland



Im gesamten damaligen Reichsgebiet verringerten sich die Meldungen über das Neuauf-treten 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 Krebserreger 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 Krebserregers 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 Lemmerzahl (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 Prüfmethode, 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 Kriebserregers (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 Labormethode. 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. Lemmerz (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-Lemmerz-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-Lemmerz-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 Krebsreggers 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 krebsresistenter 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 krebsresistenter Sorten in den Verkehr gebracht und ab März 1941 mit wenigen Ausnahmen nur noch krebsresistente 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-Lemmerzahl-Methode (Braunschweig) und wahlweise die Glynne-Lemmerzahl-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 Krebsregers 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 Kartoffelkrebses. 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. EPPO 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.
- SCHEIDT, 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 Kartoffelzuchtstämme 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.