

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Außenstelle Kleinmachnow¹⁾, und Institut für Folgenabschätzung im Pflanzenschutz, Kleinmachnow²⁾

Sind Temperatur und Niederschlagsmenge begrenzende Faktoren für das Auftreten von Kartoffelkrebs in der Bundesrepublik Deutschland?

Do temperature and rainfall limit the occurrence of potato wart in Germany?

Von Hans Stachewicz¹⁾ und SiegfriedENZIAN²⁾

Zusammenfassung

Auf der Grundlage wichtiger epidemiologischer Daten von *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. und der Analyse der Temperatur und der Niederschlagsmenge (Mittel von 30 Jahren) werden die Regionen mit günstigen Bedingungen für das Auftreten des Kartoffelkrebses in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt und in Klimakarten dargestellt. Die Anforderungen des Kartoffelkrebses an die Temperatur (November bis März < 5 °C, Juni bis August < 18 °C) werden in fast allen Regionen erfüllt. Die Niederschlagsmenge für eine optimale Entwicklung des Kartoffelkrebses (Jahresniederschlagsmenge > 600 mm, Niederschlagsmenge in den Monaten Juni bis August > 200 mm) wird im Nordosten der Bundesrepublik Deutschland (überwiegend in den neuen Bundesländern) nicht erreicht. In den Kreisen mit vorhandenen Kartoffelkrebsherden schwankt die mittlere Temperatur von November bis März zwischen 0,2 und 2,5 °C, von Juni bis August zwischen 15,9 und 16,6 °C, im Jahresmittel zwischen 7,4 und 8,8 °C. Die mittlere Niederschlagsmenge umfaßt den Bereich von 266–559 mm (Juni bis August) bzw. 812–1224 mm (Jahresmittel).

Stichwörter: Kartoffelkrebs, *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc., Klima, Temperatur, Bodenfeuchtigkeit, Niederschlagsmenge

Abstract

This article identifies the German regions with favourable conditions for the occurrence of potato wart on the basis of important epidemiological data about *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. and an analysis of temperature and rainfall (average of 30 years). These regions are shown on climate maps.

The potato wart-causing agent's requirements to temperature (< 5 °C from November to March, < 18 °C from June to August) are met nearly everywhere in Germany. The Northeast of the Federal Republic – mostly the new states – does not provide the necessary rainfall for a strong development of potato wart (annual rainfall > 600 mm, rainfall from June to August > 200 mm). The areas where potato wart is a problem have mean temperatures of between 0.2 and 2.5 °C from November to March, and 15.9 and 16.6 °C from June to August. The annual mean temperature varies between 7.4 and 8.8 °C. The average rainfall is between 266 and 559 mm (June to August), or 812 and 1224 mm (annual mean).

Key words: Potato wart, *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc., climate, temperature, rainfall, soilmoisture

Einleitung

Das Auftreten des Kartoffelkrebses *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. und seine Persistenz im Boden kann durch zahlreiche Faktoren (z. B. Sortenanfälligkeit, Häufigkeit des Anbaues anfälliger Kartoffelsorten innerhalb der Fruchtfolge, Bodenfeuchtigkeit, Bodentemperatur, Bodentyp, pH-Wert u. a.) beeinflusst werden. Aus Untersuchungen zur Ökologie des Kartoffelkrebses ist bekannt, daß von den oben genannten Faktoren die Temperatur und die Bodenfeuchtigkeit (Niederschlagsmenge) den größten Einfluß auf das Auftreten des Kartoffelkrebses haben.

Aufgrund der engen Beziehungen zwischen Kartoffelkrebsauftreten und Klima (Temperatur und Niederschlagsmenge) fertigten bereits WENZL (1958 und 1959), SAVULESCU et al. (1959) und BOJNANSKY (1959 und 1960 b) Klimakarten an, in denen für die jeweiligen Länder Österreich, Rumänien und die frühere Tschechoslowakei bzw. für Europa Regionen mit günstigen und ungünstigen Bedingungen für die Entwicklung des Kartoffelkrebses ausgewiesen werden.

Mit diesem Beitrag soll auf der Grundlage der bekannten epidemiologischen Daten des Kartoffelkrebses erneut der Versuch unternommen werden, die klimatischen Voraussetzungen für ein mögliches Auftreten des Kartoffelkrebses in der Bundesrepublik Deutschland zu bewerten.

Material und Methoden

Epidemiologische Parameter

Als Bezugsbasis für die Ermittlung der Regionen mit günstigen Klimaverhältnissen für den Kartoffelkrebs dienten Literaturangaben über den optimalen Bereich von Temperatur und Niederschlagsmenge für die Keimung von Dauer- und Sommersporangien sowie für den Infektionsablauf. Die in Tabelle 1 zusammenfassend dargestellten epidemiologischen Parameter beziehen sich auf Angaben von CURTIS (1921), ESMARCH (1924 und 1928), WEISS (1925), SPIECKERMANN (1926), LEMMERZahl (1930 a und b), KÖHLER und LEMMERZahl (1930), BOJNANSKY (1957, 1960 a, 1960 b, 1968 und 1977), WENZL (1958, 1959 und 1966), DOROSHKIN (1959), HEY (1959 und 1966), MÜLLER (1959), SAVULESCU et al. (1959), ULLRICH (1959), ZAKOPAL und

SPITZOVA (1959), THIEDE und WIERLING (1960), OLSEN (1961), STENZ (1962 und 1963), THIEDE (1964), PUSCASU und CONSTANTINESCU (1968), REITHMEIER (1973), BROOKS et al. (1974), HAMPSON (1976 und 1977), HAMPSON et al. (1994), BROWNING und DARLING (1995) u. a.

Voraussetzung für die Primärinfektion unter Feldbedingungen ist die Keimung der langlebigen Dauersporangien (Dauersori). Die Keimung der Dauersporangien ist in einem Temperaturbereich von 5–30 °C möglich, wobei bei ausreichender Bodenfeuchtigkeit die höchsten Keimungsraten bei Temperaturen von 8–20 °C erzielt worden sind.

Bei Temperaturen unterhalb von 5 °C wird die Keimung der Dauersporangien unterdrückt bzw. stark verzögert. In Regionen mit einer langen Winterperiode (Temperatur < 5 °C) wird die Persistenz der Bodenverseuchung mit Krebsdauersporangien gefördert.

Eine Infektion mit Zoosporen aus Dauer- oder Sommersori ist nach Literaturangaben in einem Temperaturbereich von 0,8–30 °C möglich. Zusammenfassend kann als Optimum ein Bereich von 8–15 °C angegeben werden.

Eine weitere wichtige Voraussetzung für das Auftreten des Kartoffelkrebses ist eine ausreichende Bodenfeuchtigkeit für die Stimulierung der Dauersporangienkeimung, die lokal begrenzte aktive und passive Fortbewegung der kurzlebigen Zoosporen sowie für den Infektionsstart. Eine Bodenfeuchtigkeit von 50–80 % in den Monaten Juni, Juli und August begünstigt das Auftreten des Kartoffelkrebses. Bei ausreichender Bodenfeuchtigkeit sind auch bei höheren Temperaturen (bis 26 °C) noch gute Infektionsergebnisse zu erwarten.

Nach BOJNANSKY (1957, 1959 und 1960 a), OLSEN (1961), SAVULESCU et al. (1959), PUSCASU und CONSTANTINESCU (1968), WENZL (1958, 1959 und 1966) genügen Jahresniederschlagsmengen von > 700 mm bzw. nach HEY (1959 und 1966) von > 600 mm für die Entwicklung und Etablierung des Kartoffelkrebses. Mit steigender Niederschlagsmenge verbessern sich die Entwicklungsbedingungen für den Kartoffelkrebs.

Ermittlung der Klimadaten

Die verwendeten langjährigen Klimawerte (30jähriges Mittel) basieren auf Daten von 412 Klimastationen des deutschen Wetterdienstes (Westdeutschland) bzw. des ehemaligen meteorologischen Dienstes (Ostdeutschland) aus der Zeit von 1951 bis 1980. Als meteorologische Parameter dienen Monatsmittelwerte von Temperatur und Niederschlagsmenge nach MÜLLER-WESTERMEIER (1990) und VEIT et al. (1987).

Die Klimawerte, die Punktdaten von Meßstationen darstellen, wurden auf repräsentative Flächen (Gebiete) mittels des geographischen Systems ARC/INFO für Personalcomputer übertragen. Kriterien für die Zuordnung einer Fläche zur Meßstation waren die Höhe über NN und ihre Entfernung zur jeweiligen Meßstation.

Als geographische Datenbasis sind die Verwaltungsgrenzen von den Gemeinden sowie die geographischen Koordinaten der Klimastationen verwendet worden. Über Entfernungsberechnungen wurde jeder Gemeinde die nahestgelegene Klimastation zugeordnet, sofern der Höhenunterschied zwischen der Gemeinde und der Klimastation nicht mehr als 100 m beträgt. Die Entfernung der jeweiligen Gemeinde (Mittelpunkt) zu der zugeordneten Klimastation beträgt maximal 40 km.

Ermittlung der Regionen mit günstigen Entwicklungsbedingungen für den Kartoffelkrebs

Für die Ermittlung der Regionen mit den günstigen Entwicklungsbedingungen für den Kartoffelkrebs sind die mittlere Temperatur in den Monaten November bis März, die mittlere Jahres-

temperatur, die mittlere Temperatur in den Monaten Juni bis August, die mittlere Jahresniederschlagsmenge und die mittlere Niederschlagsmenge in den Monaten Juni bis August errechnet und als thematische Karten dargestellt worden. Durch eine Klassifizierung der Temperatur- und Niederschlagswerte soll eine differenziertere Aussage über die Entwicklungsbedingungen des Kartoffelkrebsauftretens zwischen den einzelnen Gebieten ermöglicht werden. Die jeweilige Anzahl der Klassen richtet sich nach der Variationsbreite der tatsächlichen Werte und der Schwankungsbreite der für den Kartoffelkrebs wichtigen ökologischen Daten. Die mit der Ziffer 1 (dunkler Farbton) bezeichnete Klasse charakterisiert die günstigsten Entwicklungsbedingungen für den Kartoffelkrebs. Die Klassen mit den höheren Ziffern (heller Farbton) repräsentieren ungünstigere Bedingungen für das Auftreten des Kartoffelkrebses. Diese Aussagen betreffen nur die meteorologischen Bedingungen. Andere Einflußgrößen (Fruchtfolge, Bodentyp u. a.) bleiben bei der Darstellung der für den Kartoffelkrebs günstigen Regionen unberücksichtigt.

Analyse der Temperatur und Niederschlagsmenge in den Regionen mit Kartoffelkrebsauftreten

Die gegenwärtig ca. 1800 registrierten Krebsherde (Befallsfläche ca. 0,14 % der Kartoffelanbaufläche) wurden nach Häufigkeit ihres Auftretens in den Kreisen zu 4 Befallsgruppen (Gruppe 1: Kreise mit 1–25 Krebsherden, Gruppe 2: Kreise mit 26–50 Krebsherden, Gruppe 3: Kreise mit 51–100 Krebsherden, Gruppe 4: Kreise mit mehr als 100 Krebsherden) zusammengefaßt und die mittlere Temperatur und Niederschlagsmenge (Mittelwert von 30 Jahren) der jeweiligen Kreise in den 4 Befallsgruppen analysiert.

Ergebnisse

Mittlere Temperatur in den Monaten November bis März

Die Manifestierung des Kartoffelkrebses im Boden wird maßgeblich durch die Verlängerung der Lebensdauer der Dauersporangien im Boden (Überbrückung der Kartoffelanbaupausen) beeinflusst.

Bei Erkrankung anfälliger Kartoffelpflanzen kommt es in der Regel auch immer zur Entwicklung von Krebswucherungen mit Dauersporangien. Diese Dauersporangien gelangen nach dem Zerfall der Wucherungen (z. B. durch Fäulnis) in den Boden. Nach einem Reifungsprozeß können die in den Dauersporangien sich entwickelnden Zoosporen freigesetzt werden und bei Vorhandensein einer anfälligen Wirtspflanze und geeigneter Infektionsbedingungen erneut einen Infektionszyklus auslösen. Im Jahr der Freisetzung der Dauersporangien ist nach ESMARCH (1927), DOROSHKIN (1959), HAMPSON (1980) und LANGE und OLSON (1981) nur ein kleiner Anteil infektionsbereit. In den Versuchen von ESMARCH (1927) waren 50–90 % der Dauersporangien 14 Monate nach der Kartoffelernte noch nicht gekeimt. Einwirkung von Frost verzögert den Reifungsprozeß der Dauersporangien (KÖHLER, 1925; ESMARCH, 1928). Dauersporangien besitzen eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Kälte und Trockenheit.

In der Abbildung 1 wird die mittlere Temperatur in den Monaten November bis März (Winterperiode) dargestellt. Die Voraussetzungen für eine lange Ruheperiode der Dauersporangien werden nur in einigen lokal begrenzten Gebieten im Südwesten von Nordrhein-Westfalen bzw. im Nordwesten von Baden-Württemberg (mittlere Temperatur > 4 °C) in der Winterperiode nicht erfüllt. Es dominieren gute bis sehr gute Bedingungen für eine „Konservierung“ der Krebsdauersporangien, besonders in der östlichen Hälfte der Bundesrepublik Deutschland mit einer mittleren Temperatur < 2 °C.

Mittlere Jahrestemperatur und mittlere Temperatur in den Monaten Juni bis August

Für die Persistenz des Kartoffelkrebserregers im Boden sind neben den Voraussetzungen für eine lange Lebensdauer der Dauersporangien auch günstige Infektionsbedingungen in den Sommermonaten für die Erhaltung oder Erhöhung der Dauersporangienanzahl im Boden erforderlich. Die günstigen Temperaturbereiche für die Epidemiologie des Krebserregers werden in Tabelle 1 zusammenfassend aufgeführt. Die Abbildung 2 zeigt die Jahrestemperatur der Bundesrepublik Deutschland in den für den Kartoffelkrebs relevanten Bereichen von < 7 °C bis > 9 °C. Nach dieser Temperaturkarte wird der Grenzwert < 8 °C in Regionen nördlich der Mittelgebirge und im Südwesten der Bundesrepublik Deutschland überschritten. Diese Regionen wären nach Literaturangaben als weniger günstig für die Entwicklung des Kartoffelkrebserregers einzustufen. Nach den Eintragungen in der Krebskartei der ehemaligen Biologischen Reichsanstalt bzw. der Biologischen Bundesanstalt waren und sind aber auch in diesen Regionen Kartoffelkrebsherde vorhanden. Daraus ist zu schließen, daß der Temperaturparameter „Jahrestemperatur < 8 °C“ für die Prognose von Regionen mit geringer Kartoffelkrebsgefährdung unter den Klimabedingungen in Deutschland nicht zu empfehlen ist. Im Gegensatz zur Jahrestemperatur werden die Regionen mit ehemaligem und jetzigem Kartoffelkrebsbefall besser mit der mittleren Temperatur in den Monaten Juni bis August ausgewiesen (vgl. Abb. 3). Nach der Karte für die mittlere Temperatur in den 3 Sommermonaten wird der für Infektion und Wucherungswachstum optimale Temperaturbereich < 18 °C mit wenigen Ausnahmen flächendeckend erreicht. Besonders günstige Temperaturbedingungen sind im Küstenbereich, in den Mittelgebirgen und in Süddeutschland anzutreffen.

Mittlere Jahresniederschlagsmenge und mittlere Niederschlagsmenge in den Monaten Juni bis August

Die Epidemiologie des Kartoffelkrebserregers (Keimung der Dauersporangien, Ausbreitung der Zoosporen, Infektionsstart) wird maßgeblich durch die Bodenfeuchtigkeit während der Vegetationsperiode, insbesondere während der Phase der höchsten Anfälligkeit der Pflanzenorgane beeinflusst. Aufgrund der engen Beziehungen zwischen der Bodenfeuchtigkeit (Wasserkapazität des Bodens) und der Niederschlagsmenge kann die Niederschlagsmenge, die vom deutschen Wetterdienst erfaßt wird, für die Prognose der kartoffelkrebsgefährdeten Regionen verwendet werden. Die Abbildung 4 zeigt die mittleren Jahresniederschlagsmengen in 6 Klassen von < 600 mm bis > 1000 mm. Die in der Literatur angegebene Mindestjahresniederschlagsmenge > 600 mm, die für die Entwicklung des Kartoffelkrebserregers

wichtig ist, wird im Nordosten der Bundesrepublik Deutschland (auf dem Gebiet der neuen Bundesländer) nicht erreicht. In dieser Region ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens des Kartoffelkrebserregers deutlich geringer als in Regionen mit einer mittleren Jahresniederschlagsmenge > 600 mm. In Regionen mit einer Jahresniederschlagsmenge < 600 mm sind in den letzten 50 Jahren keine Krebsherde bekannt geworden.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, daß auch in niederschlagsarmen Regionen (z. B. auf dem Gebiet der jetzigen neuen Bundesländer) in den 20er und 30er Jahren bei einem hohen Anteil anfälliger Kartoffeln in der Fruchtfolge Krebsherde des Pathotyps 1 in der Krebskartei der Biologischen Reichsanstalt registriert waren (verstärkt z. B. an Standorten mit pflanzenverfügbarem Grundwasser).

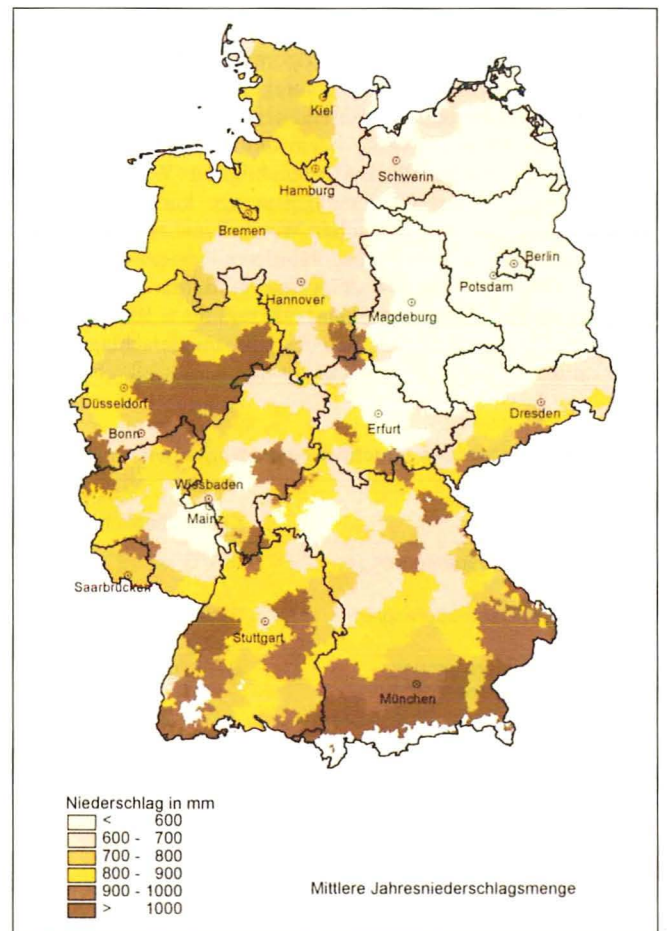
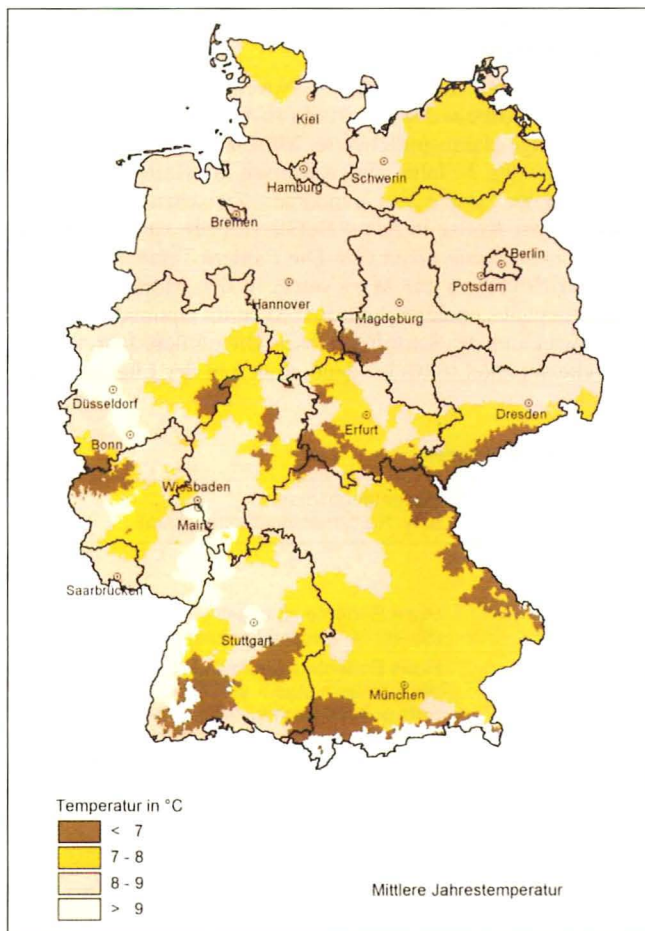
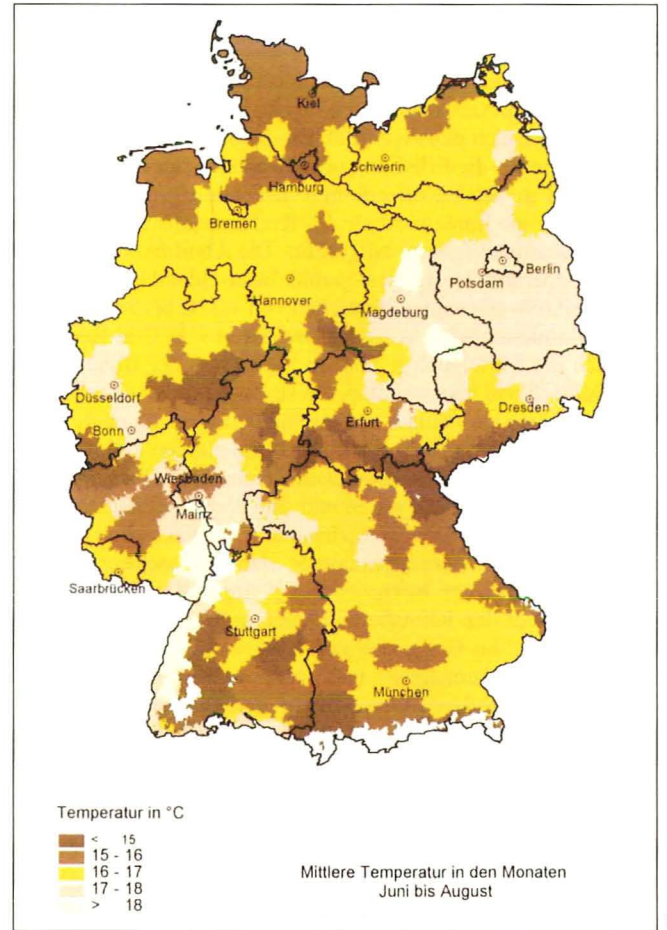
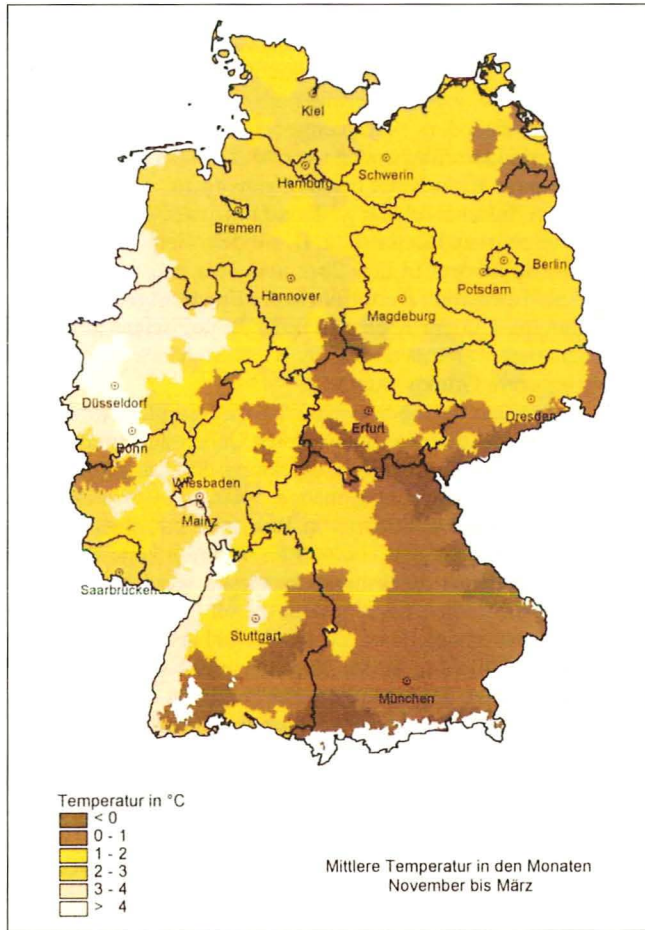
Mit Ausnahme der oben genannten niederschlagsarmen Regionen im Nordosten wird im gesamten Gebiet der Bundesrepublik Deutschland die für die Entwicklung des Kartoffelkrebserregers benötigte Jahresniederschlagsmenge > 600 mm erreicht. Das Auftreten des Kartoffelkrebserregers in Regionen mit einer Niederschlagsmenge im Bereich von 600 bis 700 mm kann durch die Existenz zahlreicher Krebsherde bewiesen werden. Entscheidend für einen starken Kartoffelkrebsbefall (Anzahl und Größe der Krebswucherungen) ist die Niederschlagsmenge während der Hauptinfektionszeit in den Monaten Juni bis August. In der Abbildung 5 wird die Verteilung der mittleren Niederschlagsmenge in den oben genannten 3 Monaten in 4 Klassen wiedergegeben. Bei einem Vergleich der Abbildungen 4 und 5 fällt auf, daß sich die Flächenanteile mit günstigen Niederschlagsbedingungen für den Kartoffelkrebserregers bei Verwendung des Parameters „Sommerniederschläge > 200 mm“ erhöht haben (z. B. in den Bundesländern Thüringen, Sachsen, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern).

Analyse der Klimabedingungen in den Regionen mit Kartoffelkrebsauftreten

Die Temperatur (Mittelwerte von November bis März, Jahresmittelwerte, Mittelwerte von Juni bis August) und die Niederschlagsmenge (Jahresmittelwerte, Mittelwerte von Juni bis August) der letzten 30 Jahre in den Kreisen mit Kartoffelkrebsauftreten sind der Tabelle 2 zu entnehmen. Zwischen den Temperaturwerten der Kreise in den 4 Befallsgruppen sind keine deutlichen Unterschiede erkennbar. Die mittlere Temperatur in den Monaten November bis März sowie in den Monaten Juni bis August liegt aus epidemiologischer Sicht im Optimalbereich für die Entwicklung des Kartoffelkrebserregers. Die mittlere Jahrestemperatur überschreitet teilweise deutlich den in der Literatur ange-

Tab. 1. Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen für das Auftreten des Kartoffelkrebserregers

Parameter	Temperatur (°C)		Bodenfeuchtigkeit (%) bzw. Niederschlagsmenge (mm)
	Optimalbereich	Grenzbereich	
Verzögerung der Dauersporangienkeimung	< 5 °C		
Förderung der Dauersporangienkeimung	8–20 °C	5–30 °C	Hohe Bodenfeuchtigkeit (50–80 % Wasserkapazität des Bodens)
Sommersporangienkeimung, Infektionsbedingungen	8–15 °C	1–30 °C	Hohe Bodenfeuchtigkeit (Jahresniederschlagsmenge > 600 mm; Juni-, Juli- und August-Niederschlagsmenge > 200 mm)
Günstige ökologische Bedingungen für die Manifestierung des Kartoffelkrebserregers im Boden	Mittlere Juni-, Juli- und Augusttemperatur < 18 °C, Bodentemperatur mindestens 5 Monate im Jahr < 5 °C		Hohe Bodenfeuchtigkeit in der Vegetationsperiode (50–80 % Wasserkapazität des Bodens); Jahresniederschlagsmenge > 600 mm (optimal > 700 mm); Juni-, Juli- und August-Niederschlagsmenge > 200 mm; pH-Wert des Bodens im sauren Bereich



1

3

2

4

Abb. 1. Karte der mittleren Temperaturen von November bis März.

Abb. 2. Karte der mittleren Jahrestemperaturen.

Abb. 3. Karte der mittleren Temperaturen von Juni bis August.

Abb. 4. Karte der mittleren Jahresniederschlagsmengen.

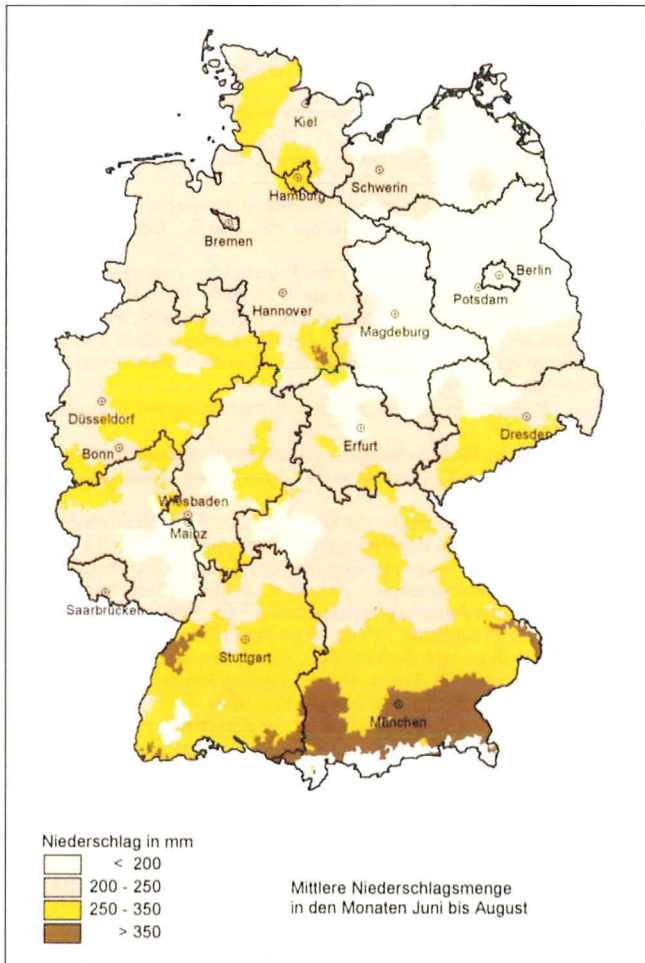


Abb. 5. Karte der mittleren Niederschlagsmengen von Juni bis August.

gebenen optimalen Bereich von $< 8^\circ\text{C}$ (z. B. in den Kreisen der Befallsgruppe 4).

Im Gegensatz zur Temperatur ist ein Einfluß der Niederschlagsmenge auf die Anzahl der Krebsherde in den Kreisen erkennbar. In der Befallsgruppe 1 mit der geringsten Anzahl von Krebsherden je Kreis ist die mittlere Niederschlagsmenge in den Monaten Juni bis August geringer als in den Kreisen der übrigen Befallsgruppen. Regionen mit einer mittleren Niederschlagsmenge $> 250\text{ mm}$ in der Zeit von Juni bis August bzw. $> 800\text{ mm}$

(Jahresmittel) bieten sehr günstige Voraussetzungen für die Entwicklung und Etablierung des Kartoffelkrebses. Grundsätzlich ist aber ein Kartoffelkrebsauftreten ab Niederschlagsmengen $> 600\text{ mm}$ möglich. In der Befallsgruppe 1 sind z. B. 51 Kreise erfaßt, in denen die mittlere Jahresniederschlagsmenge zwischen 600 und 700 mm beträgt.

Diskussion

Der Vergleich der wichtigsten epidemiologischen Daten des Kartoffelkrebses *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. mit den langjährigen Temperatur- und Niederschlagswerten zeigt, daß auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland die Regionen mit günstigen Klimabedingungen für die Entwicklung des Kartoffelkrebses überwiegen.

Die Temperatur kann unter den Klimabedingungen der Bundesrepublik Deutschland nicht als begrenzender Faktor für ein mögliches Auftreten des Kartoffelkrebses benutzt werden. Mit Ausnahme einiger lokal begrenzter Standorte liegt die Temperatur sowohl für die Verzögerung der Dauersporangienkeimung (Verlängerung der Lebensdauer) in den Wintermonaten wie auch für den Infektionsablauf (Keimung der Dauer- und Sommersporangien, Infektionsbedingungen) in der Vegetationsperiode im optimalen Bereich.

Die aktuelle Befallsituation zeigt, daß im Gegensatz zu den Angaben von WENZL (1958 und 1959), BOJNANSKY (1959 und 1960 a) u. a. Kartoffelkrebsherde auch in Regionen mit einer mittleren Jahrestemperatur $> 8^\circ\text{C}$ auftreten können (vgl. LANGERFELD et al., 1994). Die Prognose von BOJNANSKY (1960 a und b), nach der in großen Teilen Deutschlands ein Kartoffelkrebsauftreten aufgrund zu hoher Temperaturen auszuschließen ist, kann mit dieser Klimaanalyse von den Regionen mit Krebsbefall widerlegt werden.

Das Auftreten des Kartoffelkrebses in der Bundesrepublik Deutschland wird in erster Linie durch die Niederschlagsmenge in den Monaten Juni, Juli und August beeinflusst. Regionen mit mittleren Niederschlagsmengen in den 3 genannten Monaten $> 200\text{ mm}$ bzw. mit einer mittleren Jahresniederschlagsmenge $> 600\text{ mm}$ überwiegen in der Bundesrepublik Deutschland. Auf 69% des Ackerlandes werden die Anforderungen an die Niederschlagsmenge erfüllt. In Regionen mit einer mittleren Niederschlagsmenge $< 200\text{ mm}$ in den 3 Sommermonaten sind zur Zeit keine Kartoffelkrebsherde registriert.

Aufgrund der günstigen Klimabedingungen für die Entwicklung des Kartoffelkrebses sind auch zukünftig alle Maßnahmen zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses einzuhalten (Kartoffelanbauverbot auf krebsverseuchten Flächen, Anbau resistenter Sorten in der erweiterten Sicherheitszone, strenge Beachtung der legislativen Maßnahmen, mindestens 3jährige Kartoffelanbaupausen innerhalb der Fruchtfolge u. a.). In Befallsgebieten mit sehr günstigen Klimabedingungen (mittlere Temperatur in den Wintermonaten $< 1,5^\circ\text{C}$, in den Sommermonaten $16\text{--}17^\circ\text{C}$, mittlere Niederschlagsmenge im Jahr $> 800\text{ mm}$ bzw. in den Monaten Juni bis August $> 250\text{ mm}$) ist eine Durchführung des notwendigen Biotestes (Topftest) für den Nachweis der Lebens-

Tab. 2. Analyse der Witterungsbedingungen (Mittel von 30 Jahren) in den Krebsbefallsregionen in Deutschland

Befallsgruppe	Anzahl Krebsherde je Kreis	Anzahl Kreise	Mittlere Temperatur ($^\circ\text{C}$)			Mittlere Niederschlagsmenge (mm)	
			November bis März	Juni bis August	Jahresmittel	Juni bis August	Jahresmittel
1	1–25	97	1,5	16,2	8,1	266,3	812,2
2	26–50	7	1,4	16,1	8,1	306,2	872,5
3	51–100	3	0,2	15,9	7,4	458,7	1224,2
4	> 100	4	2,5	16,6	8,8	305,9	1044,1

fähigkeit der Krebsdauersporangien frühestens 18–20 Jahre nach Feststellung des Krebsherdes zu empfehlen.

Die Lebensdauer der Dauersporangien wird nicht nur durch das Klima, sondern auch durch acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (Fruchtfolgegestaltung, Nutzung der Befallsfläche als Acker- oder Dauergrünland u. a.) beeinflusst. Die Lebensdauer kann ca. 10–20 Jahre (unter besonders günstigen Bedingungen sind längere Überlebenszeiten möglich) betragen (NEUMANN, 1939; HARTMAN, 1955; OLSEN, 1961; PRATT, 1976; LAIDLAW, 1985; DOLJAGIN, 1990; PUTNAM und SINDERMAN, 1994). RINTELEN et al. (1983) fanden unter den Anbau- und Klimabedingungen in Bayern mittels Biotest noch nach einer 15jährigen Kartoffelanbausperre infektiöse Dauersporangien. Die Löschung eines Krebsherdes in Regionen mit günstigen Entwicklungsbedingungen ist nur zu empfehlen, wenn im Biotest keine lebensfähigen Dauersporangien ermittelt worden sind. Nach HAMPSON (1992) und BROWNING (1995) u. a. sind Infektionen schon mit einer sehr geringen Anzahl von Dauersporangien möglich.

Nach der Löschung von Krebsherden sind bei einem geplanten Kartoffelanbau aus Sicherheitsgründen solche Sorten auszuwählen, die gegenüber dem Pathotyp des ehemaligen Krebsherdes resistent (entsprechend den Merkmalen der Resistenzgruppe 1) reagieren (vgl. STACHEWICZ, 1996).

Abschließend soll erwähnt werden, daß das Auftreten des Kartoffelkrebses außer von der Temperatur und Niederschlagsmenge auch durch Bodentyp und pH-Wert des Bodens beeinflusst werden kann. Nach BOJNANSKY (1960 a, 1969 a und 1969 b) und HEY (1966) u. a. begünstigen Böden mit schlechter Kalkversorgung sowie diluviale und alluviale podsolierte und rostfarbene Waldböden das Auftreten des Kartoffelkrebses. Ackerflächen aus schwarzen oder braunen Steppenböden sowie hellen und dunklen Karbonatböden mit guter Kalkversorgung sind dagegen selbst bei günstigen Klimabedingungen für den Kartoffelkrebs wenig geeignet.

Literatur

BOJNANSKY, V., 1957: Das Auftreten und Verschwinden des von Schilbersky beschriebenen Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.) in der Slowakei. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Berlin) N. F. 11, 109–114.

BOJNANSKY, V., 1959: Der gegenwärtige Stand des Kartoffelkrebsbefalls in Europa und seine Analyse vom ökologischen Standpunkt. Rostlinna vyroba (Praha) 5, 13–30.

BOJNANSKY, V., 1960 a: Potato wart disease, *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Nature 185, 367–368.

BOJNANSKY, V., 1960 b: Prognosis of occurrence development, and malignity of black scab (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.) in Czechoslovakia (tschech.). Polnohospodarstvo 7, 129–140.

BOJNANSKY, V., 1968: Einfluß der Fruchtfolgen auf den Selbstreinigungsprozeß des Bodens vom Kartoffelkrebserreger (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.) bei Bewässerung. Ochrana rostlin (Praha) 4, 215–220.

BOJNANSKY, V., 1969 a: Pflanzgut als Quelle der Kartoffelkrebsverseuchung (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.). Ochrana rostlin (Praha) 5, 185–191.

BOJNANSKY, V., 1969 b: Einfluß der Bodenarten auf die Kartoffelkrebsentwicklung (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.). Ochrana rostlin (Praha) 5, 23–30.

BOJNANSKY, V., 1977: The effect of ecological conditions and irrigation on potato wart disease (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.) development. Working party on potato wart disease. EPPO-Publ., Ser. C, 50, 83–91.

BROOKS, J. L., J. BRUCE GIVEN, J. F. BANIECKI, R. J. YOUNG, 1974: Eradication of potato wart in West Virginia. Pl. Dis. Repr. 58, 291–292.

BROWNING, J. A., 1995: A comparison of laboratory and field reactions of a range of potato cultivars to infection with *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Potato Research 38, 281–289.

BROWNING, I. A., M. DARLING, 1995: Development of potato wart susceptibility testing in Scotland. Potato Research 38, 363–370.

CURTIS, K. M., 1921: The life – history and cytology of *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc., the cause of wart disease in potato. Phil. Trans. Roy. Soc., London, Ser. B, 210, 409–478.

DOLJAGIN, A. B., 1990: The problem of decreasing potato cancer infection (russ.). Zashchita Rastenii (Moskva), No. 11, 49–51.

DOROSHKIN, N. A., 1959: Die biologische Begründung agrotechnischer Bekämpfungsarten des Kartoffelkrebserreger (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Percival). Rostlinna vyroba (Praha) 5, 131–144.

ESMARCH, F., 1924: Zur Biologie des Kartoffelkrebses. Dt. Landw. Presse 51, 18–19.

ESMARCH, F., 1927: Untersuchungen zur Biologie des Kartoffelkrebses. II. Angew. Bot. 9, 88–124.

ESMARCH, F., 1928: Untersuchungen zur Biologie des Kartoffelkrebses. III. Angew. Bot. 10, 280–304.

HAMPSON, M. C., 1976: Current research studies on potato wart disease in Newfoundland. EPPO-Bull. 6, 231–236.

HAMPSON, M. C., 1977: Screening systemic fungicides for potato wart disease. Can. Pl. Dis. Survey 57, 75–78.

HAMPSON, M. C., 1980: Responses of resting sporangia of *Synchytrium endobioticum* to in vitro germination treatments. Can. J. Pl. Path. 2, 76–82.

HAMPSON, M. C., 1992: A bioassay for *Synchytrium endobioticum* using micropropagated potato plantlets. Can. J. Pl. Path. 14, 289–292.

HAMPSON, M. C., J. W. COOMBES, K. B. MCRAE, 1994: Pathogenesis of *Synchytrium endobioticum*: VIII. Effect of temperature and resting spore density (pathotyp 2) on incidence of potato wart disease. Can. J. Pl. Path. 16, 195–198.

HARTMAN, R. E., 1955: Potato wart eradication program in Pennsylvania. Acad. Sci. 17, 71–77.

HEY, A., 1959: Die Kartoffelkrebsforschung in der Deutschen Demokratischen Republik und ihre praktische Auswertung. Rostlinna vyroba (Praha) 5, 59–68.

HEY, A., 1966: Untersuchung zur Ökologie des Kartoffelkrebses. Forschungsabschlußbericht der Biologischen Zentralanstalt Berlin, 58 S.

KÖHLER, E., 1925: Beiträge zur Keimungsphysiologie der Dauersporangien des Kartoffelkrebserreger. Arb. a. d. Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 13, 369–381.

KÖHLER, E., J. LEMMERZAHL, 1930: Über die Prüfung von Kartoffelsorten im Gewächshaus auf ihr Verhalten gegen den Kartoffelkrebs (*Synchytrium endobioticum*). Arb. a. d. Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 18, 177–188.

LAIDLAW, W. M. R., 1985: A method for the detection of resting sporangia of potato wart disease (*Synchytrium endobioticum*) in the soil of old outbreak sites. Potato Research 28, 223–232.

LANGE, L., L. W. OLSON, 1981: Germination and parasitism of the resting sporangia *Synchytrium endobioticum*. Protoplasma 106, 69–82.

LANGERFELD, E., H. STACHEWICZ, J. RINTELEN, 1994: Pathotypes of *Synchytrium endobioticum* in Germany. Bull. EPPO 24, 799–804.

LEMMERZAHL, J., 1930a: Beiträge zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses. Phytopathol. Z. 2, 257–320.

LEMMERZAHL, J., 1930b: Neues vereinfachtes Infektionsverfahren zur Prüfung von Kartoffelsorten auf Krebsfestigkeit. Der Züchter 2, 288–297.

MÜLLER, W. A., 1959: Beitrag zur Methodik der Krebsresistenzprüfung bei Kartoffeln. Diss. Univ. Rostock, 44 S.

MÜLLER-WESTERMEIER, G., 1990: Klimadaten der Bundesrepublik Deutschland – Zeitraum 1951–1980. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, 289 S.

NEUMANN, H., 1939: Beobachtungen über die Lebensdauer des Kartoffelkrebserreger (*Synchytrium endobioticum*) im bearbeiteten Feld. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 49, 93–94.

OLSEN, O. A., 1961: Potato wart investigations in Newfoundland. Can. Pl. Dis. Survey 41, 148–155.

PRATT, M. A., 1976: The longevity of resting sporangia of *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in soil. EPPO Bull. 6, 107–109.

PUSCASU, A., E. CONSTANTINESCU, 1968: Contribution à l'étude de l'écologie du champignon *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Rev. Roum. Biol., Ser. Bot. 13, 263–268.

PUTNAM, M. L., A. B. SINDERMAN, 1994: Eradication of potato wart disease from Maryland. Amer. Potato J. 71, 743–747.

REITHMEIER, K., 1973: Über die Wirkung von Müllklärschlammkompost gegen den Kartoffelkrebserreger *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Diss. München, 231 S.

RINTELEN, J., M. SCHÖNER, W. HUNNIUS, 1983: Nachweis und Lebensdauer des Kartoffelkrebserreger in alten Krebsherden. Z. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz 90, 251–257.

SAVULESCU, A., E. CONSTANTINESCU, C. CONSTANTINESCU, N. CEACOIU, A. PUSCASU, 1959: Problems concerning the black wart disease of potato and the results of research work in the Rumanian Peoples Republic. Rostlinna vyroba (Praha) 5, 31–46.

SPIECKERMANN, A., 1926: Die Laboratoriumsuntersuchung von Kartoffel-

feln auf Krebsanfälligkeit und ihre Bedeutung für den Handel und die Züchtung. *Die Kartoffel* **6**, 63–66.

STACHEWICZ, H., 1996: Die Krebsresistenzprüfung von Kartoffelzuchtstämmen und -sorten in der Bundesrepublik Deutschland. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz* **48**, 181–186.

STENZ, G., 1962: Über die Verwendbarkeit von Zoosporensuspensionen als Infektionsmaterial für Resistenzprüfungen gegen den Kartoffelkrebs (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz* (Berlin) N. F. **16**, 206–211.

STENZ, G., 1963: Beiträge zur Ökologie des Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz* (Berlin) N. F. **17**, 116–123.

THIEDE, H., 1964: Zum Auftreten von *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in Westfalen-Lippe. *Gesunde Pfl.* **16**, 132–134.

THIEDE, H., F. WIERLING, 1960: Zur Methodik der Krebsresistenzprüfung im Laboratorium. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz* (Braunschweig) **12**, 171–172.

ULLRICH, J., 1959: Die Prüfungen von Kartoffelsorten und Kartoffelzuchtstämmen auf Resistenz gegenüber den Biotypen des Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum*). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz* (Braunschweig) **11**, 10–12.

WEISS, F. E., 1925: The conditions of infection in potato wart. *Amer. J. Bot.* **12**, 413–443.

WENZL, H., 1958: Beitrag zur Kenntnis der ökologischen Bedingungen des Auftretens von Kartoffelkrebs, *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. *Pflanzenschutzberichte* **21**, 1–11.

WENZL, H., 1959: Ökologische Grundlagen des Kartoffelkrebs-Vorkommens in Österreich. *Rostlinna vyroba (Praha)* **5**, 79–90.

WENZL, H., 1966: Aktuelles über den Kartoffelkrebs. *Der Förderdienst* **14**, 305–307.

VEIT, U., B. PETZOLD, H.-D. PIEHL, 1987: Klimadaten der Deutschen Demokratischen Republik – Ein Handbuch für die Praxis. Reihe B, 14, 111 S.

ZAKOPAL, J., B. SPITZOVA, 1959: Einfluß der Temperatur auf den Verlauf der durch Sommerzoosporen des Kartoffelkrebses (*Synchytrium endobioticum* [Schilb.] Perc.) hervorgerufenen Infektion (tschech.). *Rostlinna vyroba (Praha)* **5**, 97–106.

Kontaktanschrift: Dr. Hans Stachewicz, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Außenstelle Kleinmachnow, Stahnsdorfer Damm 81, D-14532 Kleinmachnow

Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz, **50** (5), S. 111–117, 1998, ISSN 0027-7479.
© Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Mikrobiologie, Berlin-Dahlem

Phytosanitäre Qualitätsbeurteilung von gewerblich hergestellten Komposten anhand ihres Pilzspektrums

Assessment of the phytosanitary quality of organic household waste composted in various commercial processes using the fungal community spectrum

Von Edda Breitenbach, Helgard I. Nirenberg, K.-D. Hentschel, Günther Deml und Helmut Bochow

Zusammenfassung

Das Pilzspektrum von Biomüllkomposten aus zwei verschiedenen Kompostierungsverfahren (offene Mietenrotte bzw. Rottebox) wurde sukzessive im Verlauf des Rotteprozesses erfaßt und anschließend das antagonistische Potential der dominierenden Pilzflora durch Plattentests abgeschätzt. Die Untersuchungen wollen einen Beitrag zu einem nach phytosanitären und hygienischen Kriterien unbedenklichen Einsatz von Komposterden leisten.

Stichwörter: Kompost, organischer Haushaltsmüll, phytosanitäre Qualität, Pilzspektrum, gewerblicher Kompostierungsprozeß

Abstract

The fungal species community of commercially composted organic household waste was assessed. Two different composting methods (as a heap or rotted in a box) were monitored during the decomposition process. Antagonistic properties of the dominant fungal species were checked by the biotic series method. The study is a contribution to the antiphytopathogenic properties of biogenic waste compost used in gardening and agriculture.

Key words: Compost, organic household waste, fungal community spectrum, phytosanitary quality, commercial composting process

1 Einleitung und Zielsetzung

Der organische Anteil des Hausmülls (ca. 30–60 %) wird im Bundesgebiet vielerorts bereits getrennt und in großgewerblichen Anlagen kompostiert (FRICKE, 1991). Bislang gibt es keine verbindlichen Gütekriterien für Komposterden, der Entwurf einer Kompostverordnung liegt aber bereits vor (LAGA, 1994).

Das Pilzspektrum von Biomüllkomposten aus zwei verschiedenen Kompostierungsverfahren (offene Mietenrotte bzw. Rottebox) wurde im Verlauf der Rotte erfaßt und deren Bedeutung für die Anwendung der Komposte im gärtnerischen und landwirtschaftlichen Bereich beurteilt.

Die dominierende Pilzflora (15 Arten) und ein Isolat von *Pythium oligandrum* wurde auf ihr antagonistisches Potential gegenüber den vier phytopathogenen Pilzen *Pythium ultimum*, *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, *Rhizoctonia solani* und *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* durch Plattentests überprüft.