



**Regulierung der Kraut- und Knollenfäule im
ökologischen Landbau durch Verwendung
resistenter Sorten und Unterblattspritzungen
mit reduzierter Kupfer-Aufwandmenge**

Herausgeberin:

Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau
in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
53168 Bonn

Tel.: +49 228 6845-280 (Zentrale)

Fax: +49 228 6845-787

E-Mail: geschaeftsstelle-oekolandbau@ble.de

Internet: www.bundesprogramm-oekolandbau.de

Finanziert vom Bundesministerium für
Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Auftragnehmer:

Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland der
Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA)

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.



Dieses Dokument ist in der Wissenschaftsplattform des Zentralen Internetportals "Ökologischer Landbau" archiviert und kann unter <http://www.orgprints.org/4744> heruntergeladen werden.

Abschlussbericht zum Forschungsauftrag 02OE077

Regulierung der Kraut- und Knollenfäule im ökologischen Landbau durch Verwendung resistenter Sorten und Unterblattspritzungen mit reduzierter Kupfer-Aufwandmenge

ausführende Stelle:

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland
Messeweg 11/12
38104 Braunschweig

Forschungsprojekt Nr. 02OE077

Thema:

Regulierung der Kraut- und Knollenfäule im ökologischen Landbau durch Verwendung resistenter Sorten und Unterblattspritzungen mit reduzierter Kupfer-Aufwandmenge

Laufzeit:

15.05.2002 – 31.12.2003

Inhaltsverzeichnis

1	Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Darstellung der mit der Fragestellung verbundenen Entscheidungshilfe-/Beratungsbedarfs im BMVEL.....	3
1.1	Planung und Ablauf des Projekts	3
1.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	3
2	Material und Methoden	4
3	Ergebnisse	8
3.1	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	8
3.1.1	Applikationstechnik im ersten Versuchsjahr	8
3.1.2	Ergebnisse des ersten Versuchsjahres.....	9
3.1.3	Applikationstechnik im zweiten Versuchsjahr	17
3.1.4	Ergebnisse des zweiten Versuchsjahres.....	18
3.1.5	Gewächshaus- und Laborversuche zur Bekämpfung von <i>Phytophthora infestans</i> durch Mikroorganismenextrakte	22
3.1.6	Untersuchungen zur Bekämpfung von <i>Phytophthora infestans</i> durch verschiedene Kupferformulierungen und -Aufwandmengen	26
3.2	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse, Möglichkeiten der Umsetzung oder Anwendung, insbesondere Ableitung von Vorschlägen und Maßnahmen, die durch das BMVEL weiter verwendet werden können	27
4	Zusammenfassung.....	29
5	Summary.....	30
6	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten und tatsächlich erreichten Ziele; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen.....	31
7	Literaturverzeichnis.....	31

1 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Darstellung der mit der Fragestellung verbundenen Entscheidungshilfe-/Beratungsbedarfs im BVMEEL

Die Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule, verursacht durch *Phytophthora infestans*, ist nach wie vor eines der größten phytopathologischen Probleme im ökologischen Landbau. Ein frühes Auftreten der Krautfäule kann extreme Ertragseinbußen verursachen und damit erhebliche wirtschaftliche Schäden nach sich ziehen. Bisher kann die Krautfäule im ökologischen Kartoffelanbau nur durch den Einsatz von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln erfolgreich bekämpft werden. Da sich Kupfer bei wiederholter Anwendung im Boden anreichert und negative Auswirkungen auf die Bodenfauna hat, wird im nachfolgenden Projekt untersucht, ob durch eine Kupferunterblattspritzung in Kombination mit einem Anbau von Kartoffelsorten mit geringer Anfälligkeit, der Kupferaufwand reduziert werden kann. Ergänzend wird die Möglichkeit eines Kupferersatzes durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf Basis von Mikroorganismen untersucht.

1.1 Planung und Ablauf des Projekts

In Übereinstimmung mit dem Projektantrag wurden in den Jahren 2002 und 2003 Feldversuche zur Bekämpfung der Krautfäule im ökologischen Kartoffelanbau durchgeführt. Dabei kam in beiden Jahren eine Unterblattspritzeinrichtung zur Anwendung. Der Braunfäulebefall der geernteten Kartoffelknollen wurde zur Ernte sowie nach mehrmonatiger Lagerung bonitiert. Im Winter 2002/2003 erfolgten ergänzende Labor- und Gewächshausuntersuchungen zur Krautfäulebekämpfung mittels antagonistischer Mikroorganismen und reduzierten Kupfermengen.

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Zum Untersuchungsbeginn lag ein Bericht zur Unterblattspritzung von Kartoffeln vor (Irla et al. 2001). In dem Bericht wurden in einem zweijährigen Versuch mit der Sorte Agria eine Standard-Kupferspritzung mit einer Kupferunterblattanwendung verglichen. Dabei führte die Unterblattanwendung zu einer besseren Benetzung der Kartoffelblätter mit der Kupferlösung, vor allem der Blattunterseiten. Im ersten Versuchsjahr führte die Kupferunterblattspritzung aber nicht zu einem signifikant verringerten Krautfäulebefall im Vergleich zur Anwendung der gleichen Kupferaufwandmenge mit Injektordüsen. Im zweiten Versuchsjahr waren ebenfalls keine Unterschiede zwischen der Standardanwendung und der Unterblattspritzung zu verzeichnen. Ertragsergebnisse wurden in dem Bericht nicht vorgestellt.

Basierend auf einer Literaturrecherche erfolgte die Untersuchung von mehreren Mikroorganismen hinsichtlich ihrer Eignung zur biologischen Phytophthorabekämpfung (Ng & Webster 1997, Kim et al. 2001).

Ziel des Projekts war, die Überprüfung der bisher vorliegenden Ergebnisse und die Weiterentwicklung der Verfahren im Hinblick auf eine mögliche Einführung in die Praxis des ökologischen Landbaus.

2. Material und Methoden

Feldversuche

In beiden Versuchsjahren wurden die Feldversuche zur Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule am Standort Ahlum (15 km südöstlich von Braunschweig, Landkreis Wolfenbüttel) durchgeführt. Kennzeichnend für den Standort ist seine hohe Bodengüte (76-78 Bodenpunkte). Im 30jährigen Mittel beträgt an der Wetterstation Braunschweig die jährliche Niederschlagssumme 619 mm sowie die Durchschnittstemperatur 8,9 °C.

Der Anbau entsprach im Jahr 2002 weitgehend den Vorgaben des ökologischen Landbaus. Es erfolgte keine Beizung der Pflanzkartoffeln und eine rein mechanische Unkrautkontrolle (Häufeln und Striegeln). Da das Forschungsvorhaben erst sehr spät bewilligt wurde, war zum Versuchsbeginn bereits eine Stickstoffgabe von 60 kg N / ha in Form von Harnstoff ausgebracht. Auch wenn dieses nicht den Vorgaben des ökologischen Landbaus entspricht, so ist dennoch davon auszugehen, dass durch die N-Gabe nicht das Erstauftreten und die epidemische Entwicklung der Kraut- und Knollenfäule wesentlich beeinflusst wird.

Im zweiten Versuchsjahr erfolgte der Anbau auf der ökologischen Versuchsfläche Ahlum der BBA Braunschweig. Diese Fläche ist nach der EU Verordnung 2092/91 zum ökologischen Landbau zertifiziert.

In beiden Jahren war Winterweizen die Vorfrucht, allerdings erfolgte im zweiten Jahr zusätzlich der Anbau von Perserklee als Zwischenfrucht. Ergänzend wurden 50 kg/ha organisch gebundener Stickstoff in Form von Haarmehlpellets (13%N) zum Legen der Kartoffeln ausgebracht. In beiden Jahren wurden drei Kartoffelsorten aus dem mittelfrühen Sortiment angebaut (Tab. 1).

Tabelle 1: angebaute Kartoffelsorten und deren Einstufung laut der Beschreibenden Sortenliste (BSA 2003)

Sorte /Anfälligkeit für, Ertrag	Krautfäule	Knollenfäule	Schorf	Knollen-ertrag	Marktware-ertrag
Bettina	3	3	4	6	7
Grata	5	4	3	5	5
Secura	6	3	4	6	6

Das kupferhaltige Pflanzenschutzmittel Funguran wurde entsprechend der Zulassung an drei Terminen ausgebracht. Der enthaltene Wirkstoff Kupferoxychlorid darf laut EU-VO 2092/91 im ökologischen Landbau eingesetzt werden. Das Prognosemodell SIMPHYT 1 und die Negativ-Prognose des DWD dienten in beiden Jahren zur Festlegung der ersten Anwendungstermine. Die wichtigsten Anbaudaten sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Angaben zu den Feldversuchen 2002 und 2003

	2002	2003
Pflanztermin	26.4.2002	16.4.2003
Auflaufen	21. KW (20.-26.5.2002)	20. KW (12.-18.5.2003)
Erstauftreten der Krautfäule	12.7.2002	--
Ernte	10.9.2002	4.9.2003

In der EU-VO 2092/91 wird für den Zeitraum bis zum 1. Januar 2006 eine maximale Kupfer-Aufwandmenge von 8 kg/ha pro Jahr festgelegt. Ab 2006 reduziert sich diese Jahreshöchstmenge auf 6 kg/ha. In Deutschland beträgt die zugelassene Kupfermenge (für Kupferoxychlorid) pro Jahr 4,05 kg/ha (berechnet aus 3 Anwendungen von 3 kg Funguran mit einem Kupfergehalt von 45 %). Von Seiten einiger Anbauverbände des ökologischen Landbaus wird die maximale Jahreshöchstmenge auf 3 kg/ha Kupfer begrenzt.

Auf der Basis dieser Vorgaben sind die vier Versuchsvarianten für das erste Versuchsjahr ausgewählt worden:

Kontrolle: kein Pflanzenschutzmitteleinsatz

8 kg/ha Kupfer: Diese Variante stellt die EU-weite Höchstmenge dar. Für diese Aufwandmenge wurden zwei Applikationsverfahren eingesetzt: Anwendung mit einer praxisüblichen Feldspritze (Spritzen nur von oben, „Standard“) sowie das Spritzen von oben in Kombination mit Unterblattspritzung („Standard mit Unterblatt“).

5 kg/ha Kupfer: Diese Variante ist ein mittlerer Wert aus der ab 2006 in der EU zugelassenen Höchstmenge und der in Deutschland zugelassenen Menge. Die Anwendung erfolgte als Kombination aus dem Spritzen von oben und Unterblattspritzung („Standard mit Unterblatt“)

3 kg/ha Kupfer: Diese Aufwandmenge entspricht der maximalen Jahreshöchstmenge einiger Anbauverbände des ökologischen Landbaus in Deutschland. Die Anwendung erfolgte als Kombination aus dem Spritzen von oben und Unterblattspritzung („Standard mit Unterblatt“).

In allen Varianten wurde die Gesamtkupfermenge (8 kg/ha, 5 kg/ha bzw. 3 kg/ha) gleichmäßig auf drei Anwendungstermine verteilt.

Auf Grund der Ergebnisse der Gewächshausversuche wurden im zweiten Versuchsjahr (2003) folgende Varianten im Freilandversuch eingesetzt:

Kontrolle	Kein Pflanzenschutzmitteleinsatz
3 kg/ha Kupfer:	Spritzen nur von oben („Standard“) sowie Spritzen von oben in Kombination mit Unterblattspritzung („Standard mit Unterblatt“)
1,5 kg/ha Kupfer	Spritzen nur von oben, („Standard“) sowie Spritzen von oben in Kombination mit Unterblattspritzung („Standard mit Unterblatt“)
0,75 kg/ha Kupfer	Spritzen nur von oben („Standard“) sowie Spritzen von oben in Kombination mit Unterblattspritzung („Standard mit Unterblatt“)

Bei den Varianten „Standard mit Unterblatt“ wurde die Spritzbrühe zu je 50 % über die Injektordüsen am Spritzbalken und zu 50 % über die Unterblattdüsen ausgebracht. Die Wasseraufwandmenge betrug bei allen Varianten 440 l/ha. In beiden Jahren diente eine zweifaktorielle Blockanlage (Parzellenlänge 15 m, Parzellenbreite 12 m für 3 Sorten) mit 3 (2002) bzw. 4 (2003) Wiederholungen zur Versuchsdurchführung. Die Untersuchung des Krautfäule-Befalls geschah in regelmäßigen Abständen durch Bonitur der befallenen Blattfläche (%) in den einzelnen Versuchspartellen. Im Anschluss an die Ernte wurden die Kartoffeln bei ca. 6 °C – 10 °C für ca. 8 Wochen gelagert und dann an Hand aufgeschnittener Knollen (4 x 100 Knollen pro Variante) der Braunfäule-Befall ermittelt. Ergänzend wurde 2003 der Befall durch Schorf (*Streptomyces scabies*) und *Rhizoctonia solani* ermittelt.

Nach der varianzanalytischen Verrechnung der Daten erfolgte der Vergleich der Mittelwerte mit dem Tukey-Test. Die Irrtumswahrscheinlichkeit P ist bei Werten kleiner als 5 % im Ergebnisteil angegeben.

Labor – und Gewächshausversuche

Im Rahmen der Untersuchung sollen keine grundlegenden Erkenntnisse, sondern Verfahren zum Einsatz in der Praxis entwickelt werden. Daher wurden kein Screening von Mikroorganismen zur biologischen Krautfäulekontrolle durchgeführt, sondern auf bekannten Erkenntnissen aufgebaut.

Aus einer Literaturrecherche ging hervor, dass der Pilz *Nigrospora sphaerica* (Kim et al. 2001) sowie die Bakterienart *Xenorhabdus bovienii* (Ng & Webster 1997) geeignete Mikroorganismen zur biologischen Bekämpfung der Krautfäule sein könnten.

Nach 5 – 7 Tagen Wachstum der Organismen bei Dunkelheit und 20 °C wurden das flüssige Nährmedium von den Organismen abzentrifugiert. Die Prüfung des flüssigen Mediums ohne die lebenden Organismen hinsichtlich einer Krautfäule-Wirkung erfolgte im Gewächshaus an 2-3 Wochen alten Kartoffelpflanzen der Sorte Grata. Pro Variante wurden 3 Pflanzen verwendet. Die Applikation von 10 ml Prüfmittel pro Pflanze erfolgte mit einem Handsprühgerät. Bei allen Versuchen diente eine frisch hergestellte *Phytophthora*-Zoosporensuspension (Pathotyp 1-11, 10000 Zoosporen pro ml, 10 ml pro Pflanze) zur Sprühinokulation der Pflanzen 24 Stunden nach der Behandlung mit den abzentrifugierten Nährmedien (Tab. 3). Die Kartoffelpflanzen standen für 48 Stunden nach der Sprühinokulation zur Sicherstellung des Infektionserfolges in Plastiktüten.

Tabelle 3: Kultur der verwendeten Mikroorganismen und Versuchsdurchführung

Organismus	Kulturmedium	Kulturdauer	Behandlung mit dem Kulturmedium	Inokulation
<i>Nigrospora sphaerica</i>	PDB	5 Tage	1 Tag vor Inokulation (10 ml pro Pflanze)	Phytophthora infestans Zoosporensuspension (10 ml pro Pflanze)
<i>Xenorhabdus bovienii</i>	TSB			

Die Wirkung des Kulturfiltrats von *Xenorhabdus bovienii* 4766 auf die Zoosporenkeimung von *Phytophthora infestans* erfolgte durch die Vermischung von je 2,5 ml Zoosporensuspension und 2,5 ml Kulturfiltrat unterschiedlicher Verdünnungsstufen (Verdünnung mit dest. Wasser) in kleinen Glasschälchen. Die Bestimmung der Keimschlauchbildung erfolgte in stündlichen Abständen 1 bis 5 Stunden nach dem Versuchsbeginn durch die Auszählung der gekeimten Zoosporen unter dem Mikroskop.

In Ergänzung zu dem oben beschriebenen Gewächshausversuch wurden Kupferoxychlorid (zugelassenes Pflanzenschutzmittel: Funguran) und Kupferoktanoat (zugelassenes Pflanzenschutzmittel: Cueva) in verschiedenen Aufwandmengen auf ihre Wirkung gegenüber der Krautfäule untersucht (Tab. 4). Die deutlich höheren Aufwandmengen des Kupferoxychlorids ergeben sich durch den hohen Kupfergehalt (45 %) des zugelassenen Mittels Funguran und

die zugelassene Aufwandmenge von 1,350 kg/ha Cu pro Anwendung (3 kg/ha Funguran). Kupferoktanoat ist mit 0,144 kg/ha Cu pro Anwendung zugelassen. Die geringe Aufwandmenge hängt mit dem niedrigen Kupfergehalt des zugelassenen Pflanzenschutzmittels Cueva (1,8 % Kupfer) zusammen. Die Bonitur des Krautfäule-Befalls erfolgte etwa 7 bis 15 Tage nach der Inokulation.

Tabelle 4: Eingesetzte Kupfer-Aufwandmengen im Gewächhausversuch

Formulierung	Behandlung	Inokulation							
Kupferoxychlorid	1 Tag vor Inokulation	Phytophthora infestans Zoosporensuspension							
Kupferoktanoat	(10 ml pro Pflanze)	(10 ml pro Pflanze)							
		kg Cu/ha							
Cu-oxychlorid	2,660	1,350	1,000	0,500	0,330	0,170	0,080	0,030	0,020
Cu-oktanoat						0,144	0,100	0,050	0,025

3 Ergebnisse

3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

3.1.1 Applikationstechnik im ersten Versuchsjahr

Zur Unterblattspritzung wurden Unterblattausleger der englischen Firma Benest eingesetzt. Der direkte Anbau an die vorhandenen Feldspritzgeräte war nicht möglich, da die Gestänge der Feldspritzen die 15 Unterblattausleger auf Grund ihres Gewichts (ca. 2 kg x 15) nicht getragen hätten. Daher erfolgte die Unterblattspritzung im ersten Jahr, indem ein Zusatzgestänge für 5 Unterblattausleger an einer vorhandenen Feldspritze befestigt wurde. In Abbildung 1 ist die eingesetzte Feldspritze mit der angebauten Unterblattspritzeinrichtung abgebildet. Die Unterblattausleger werden während des Spritzens in den Kartoffelfurchen geführt.



Abbildung 1: Unterblattspritzgerät im Versuchsjahr 2002

Die Unterblattdüsen erzeugen ein kegelförmiges Spritzbild, wodurch die Kartoffelpflanzen von der Seite und von unten mit der Spritzlösung benetzt werden. Mit dem Gerät konnten pro Durchfahrt 4 Kartoffelreihen behandelt werden.

In Abbildung 2 wird eine einzelne Unterblattdüse bei der dritten Anwendung im ersten Versuchsjahr am 25.7.2002 gezeigt. Die Unterblattausleger sind flexibel an der Feldspritze befestigt, so dass sie bei Bodenberührung während der Fahrt nach hinten klappen (Abb. 2).

In der Variante „Standard“ erfolgte die Applikation der gesamten Spritzflüssigkeit durch die oberen Injektordüsen am Spritzbalken. Eine Aufteilung der Spritzflüssigkeit im Verhältnis 1:1 auf die oberen Düsen und die Unterblattdüsen wurde in der Variante „Standard mit Unterblatt“ vorgenommen. Auf eine vollständige Ausbringung der Spritzflüssigkeit ausschließlich über die Unterblattdüsen wurde verzichtet, da laut Angaben des Herstellers der Unterblattspritzvorrichtung (Firma Benest, England) mit diesem Verfahren keine positiven Ergebnisse erzielt wurden.



Abbildung 2: Unterblattdüse im Bestand

3.1.2 Ergebnisse des ersten Versuchsjahres

Das Versuchsjahr 2002 war von überdurchschnittlichen Niederschlägen geprägt. Vor allem im Juli 2002 (215 mm) aber auch im Juni und August waren extrem hohe Niederschläge zu verzeichnen, wodurch das Auftreten der Krautfäule gefördert wurde (Abb. 3.).

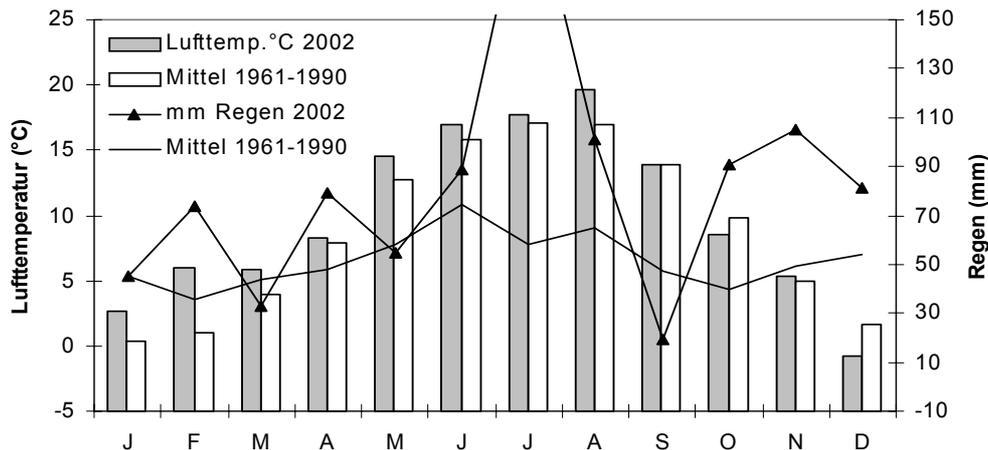


Abbildung 3: Lufttemperatur und Niederschlag im Versuchsjahr 2002, Station Braunschweig

Krautfäulebefall

Der erste Krautfäulebefall trat im Versuchsjahr 2002 am 12. Juli relativ einheitlich auf sehr geringem Niveau in allen Sorten auf. In der Folgezeit war in den dargestellten Kontrollvarianten bis zum 29. Juli ein fast linearer Befallsanstieg zu verzeichnen. Die anfällige Sorte Secura zeigt an allen Boniturterminen den höchsten Befall und war am 29. Juli, nur 17 Tage nach dem festgestellten Erstbefall, vollständig abgestorben. Die mittelanfällige Sorte Grata lag im mittleren Befallsbereich. An der Sorte Bettina trat insgesamt eine langsamere Entwicklung der Krautfäule auf, wodurch sie erst am 13.8 zu 100 % von Krautfäule befallen war (Abb. 4).

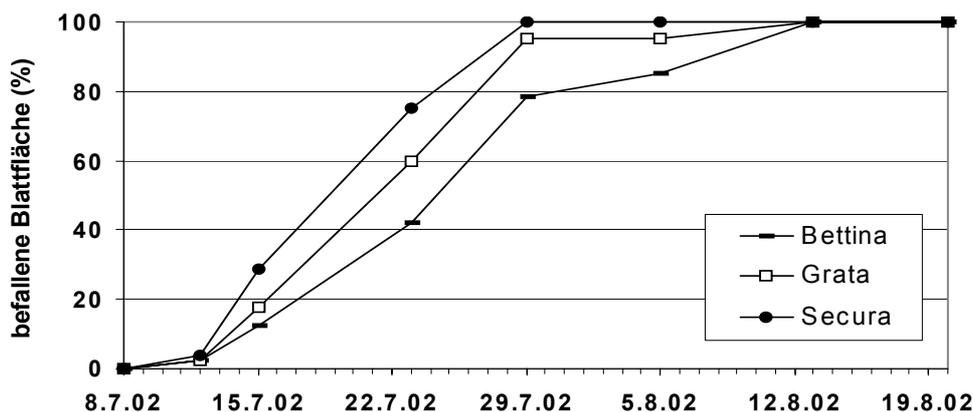


Abbildung 4: Krautfäulebefall 2002, Kontrollvarianten

Es zeigt sich also in diesem Versuch, dass die Kartoffelsorten unter ökologischen Bedingungen (reduzierte N-Verfügbarkeit, keine PK-Düngung, mechanische Unkrautbekämpfung) kei-

ne Abweichung von den Angaben der Beschreibenden Sortenliste im Hinblick auf die Krautfäuleanfälligkeit aufweisen.

Am 23.7.2002 war die anfällige Sorte Secura zu 80 % abgestorben. Bei dieser Blätterzerstörung ist davon auszugehen, dass die Ertragsbildung zum Stillstand kommt. Einen Befall in ähnlicher Größenordnung erreichte die Sorte Bettina etwa 6 Tage später am 29.7.2003. Damit standen der Sorte Bettina (geringste Krautfäuleanfälligkeit im mittelfrühen Sortiment lt. Beschreibender Sortenliste) im Vergleich zur Sorte Secura (höchste Krautfäuleanfälligkeit im mittelfrühen Sortiment) 6 Tage mehr für die Ertragsbildung zur Verfügung.

Erste Kupfer-Spritzung erfolgte am 17.6.2002. An diesem Termin hatte die Negativ-Prognose des Deutschen Wetterdienstes den Grenzwert der Gesamtbewertungsziffer (GBZ) von 150 überschritten. Das Prognosesystem SIMPHYT gab ebenfalls einen Spritzstart für diesen Termin an.

Wie oben dargestellt, stellte sich der Erstbefall jedoch erst am 12. Juli, also 3,5 Wochen nach dem prognostizierten Spritzbeginn, ein. Die erste Kupferapplikation erfolgte daher zu früh und hat vermutlich die Krautfäuleepidemie nicht beeinflusst, da zu diesem Zeitpunkt noch keine Infektionsgefahr herrschte. Zu bedenken ist auch, dass sich zu diesem Zeitpunkt die Kartoffelpflanzen noch deutlich vor dem Reihenschluss waren. D.h., auch mit einer Applikation von oben wurden die noch relativ kleinen Pflanzen gut benetzt.

Die zweite Applikation wurde am 9.7.2002 durchgeführt, also 3 Tage vor dem Erstauftreten der Krautfäule. Durch dieses enge Zusammentreffen von Applikation und Erstauftreten war diese Applikation entscheidend für die epidemiologische Entwicklung der Krautfäule in den einzelnen Varianten. Die notwendige Anschlussapplikation (3. Anwendung) hätte eine Woche nach der zweiten Anwendung durchgeführt werden sollen. Auf Grund der extremen Niederschläge im Sommer 2002 war die Versuchsfläche jedoch erst am 25.7. wieder befahrbar. Damit wurde die 3. Applikation ca. 10 Tage zu spät durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt waren die Sorten Grata und Secura schon stark durch die Krautfäule geschädigt. Da Kupfer ein rein protektives Pflanzenschutzmittel ist, können erfolgreiche Krautfäuleinfektionen durch eine verspätete Spritzung, wie z.B. am 25.7.2002, nicht mehr kontrolliert werden. Auf Grund der geschilderten Zusammenhänge wird damit deutlich, dass nur die zweite Applikation wirksam die Krautfäule bekämpft hat. Daher waren in diesem Versuch nicht die oben angegebenen Aufwandmengen, sondern nur ein Drittel dieser Mengen effektiv für die Krautfäulebekämpfung nutzbar.

Die Sorte Bettina wies in allen Kupfervarianten einen deutlich verminderten Epidemieverlauf auf. Die hohen Kupfermengen von 8 kg/ha wirkten sich, unabhängig davon ob mit oder ohne

Unterblattspritzung gearbeitet wurde, nur am letzten Boniturtermin befallsreduzierend im Vergleich zu den geringeren Kupfermengen aus (Abb.5).

An der Sorte Grata trat auch in den behandelten Varianten ein stärkerer Befallsanstieg auf. Den geringsten Befall zeigte an drei Boniturterminen die Standardapplikation (Spritzen nur von oben) mit 8 kg/ha Cu, während die übrigen drei Varianten keine bedeutenden Befallsdifferenzen aufwiesen (Abb. 6).

Bis zum 23. Juli 2002 lag der Befall der anfälligen Sorte Secura ungefähr auf dem Niveau der entsprechenden Varianten der Sorte Grata. Bis zum nächsten Boniturtermin breitete sich die Krautfäule in allen Kupfer-Varianten extrem schnell aus. Klare Differenzen zwischen den Varianten waren nicht erkennbar. Lediglich am vorletzten Untersuchungstermin hatte wiederum die 8 kg/ha Standardapplikation einen geringen Vorteil. Ähnliches trat auch bei der Sorte Bettina auf (Abb.7).

Bei keiner Sorte trat damit ein eindeutiger Befallsunterschied zwischen der Standardapplikation und der Unterblattvariante auf. Da die erste und dritte Anwendung zu früh bzw. zu spät erfolgte, haben effektiv 2,6 kg/ha, 1,6 kg/ha und 1 kg/ha Cu im diesem Versuch gegen die Krautfäule gewirkt. Zwischen diesen unterschiedlichen Kupfermengen war ebenfalls keine Befallsdifferenzierung feststellbar.

Analog zu dem oben beschriebenen Anfälligkeitsunterschieden der Sorten in den unbehandelten Varianten (Abb.4), entwickelte sich der Befall in den Kupfervarianten. Vor allem am 29.7 und am 5.8.2002 zeigte sich an der Sorte Secura der höchste, an der Sorte Grata ein mittlerer und an der Sorte Bettina der geringste Befall durch *Phytophthora infestans*.

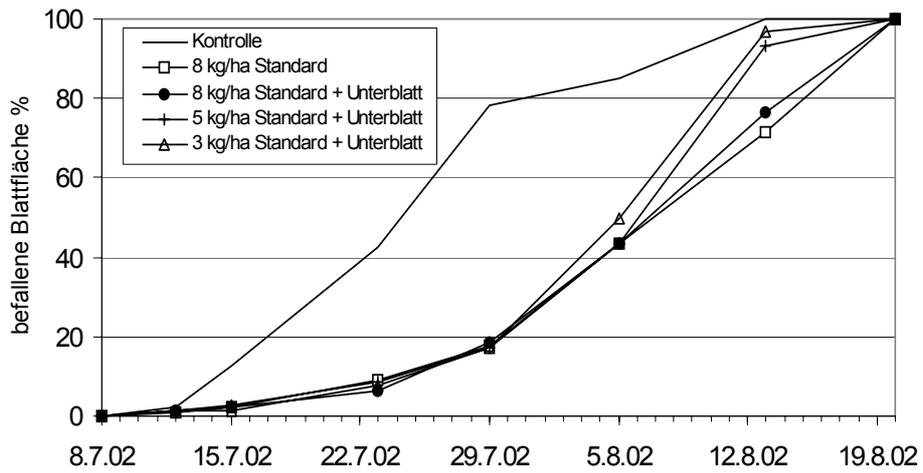


Abbildung 5: Befallsverlauf (*Phytophthora infestans*) der Sorte Bettina, 2002

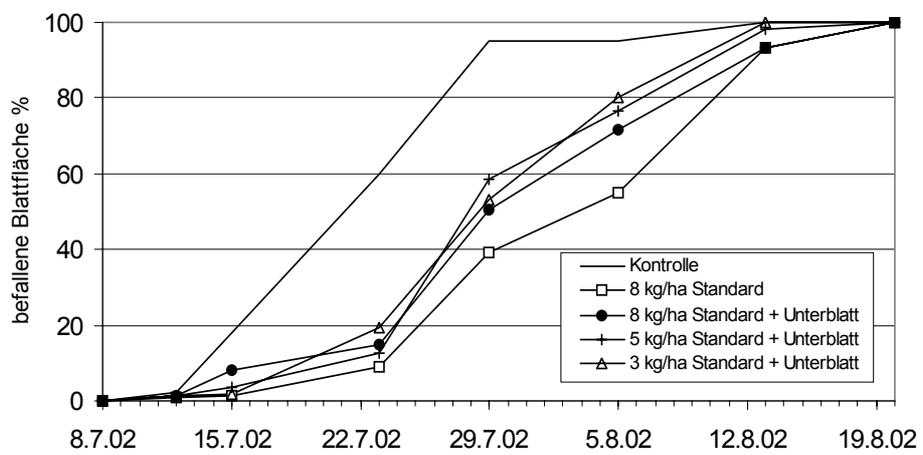


Abbildung 6: Befallsverlauf (*Phytophthora infestans*) der Sorte Grata, 2002

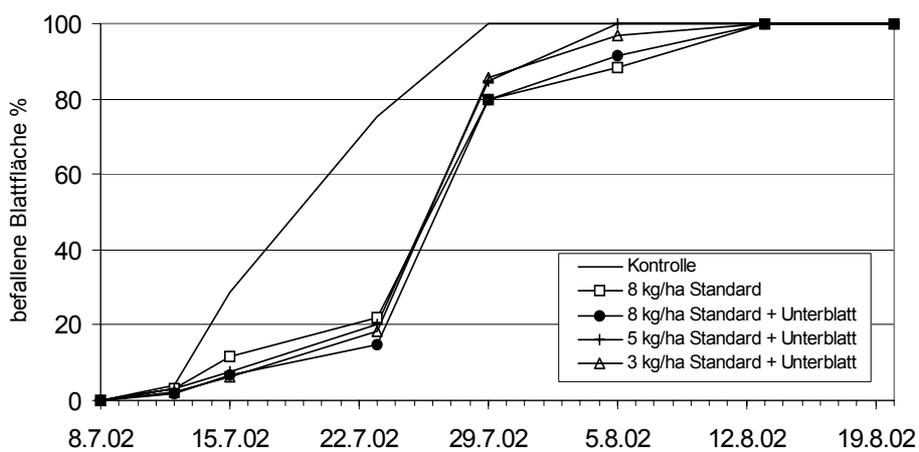


Abbildung 7: Befallsverlauf (*Phytophthora infestans*) der Sorte Secura, 2002

Ertragsergebnisse

Die Ertragshebung zeigte zwischen den Sorten in der unbehandelten Kontrollvariante nur sehr geringe Unterschiede, die keinen Zusammenhang zu dem oben aufgezeigten Krautfäule-Befall der verschiedenen Sorten aufwiesen (Abb. 8). Der durch den relativ geringen Krautfäule-Befall erwartete Ertragsvorteil der Sorte Bettina konnte für die unbehandelte Variante nicht bestätigt werden. In den Erträgen kommt vielmehr das insgesamt genetisch fixierte Ertragspotential der Sorten zum Ausdruck, das bei den untersuchten Sorten nur in geringem Maße vom Krautfäulebefall abhängt.

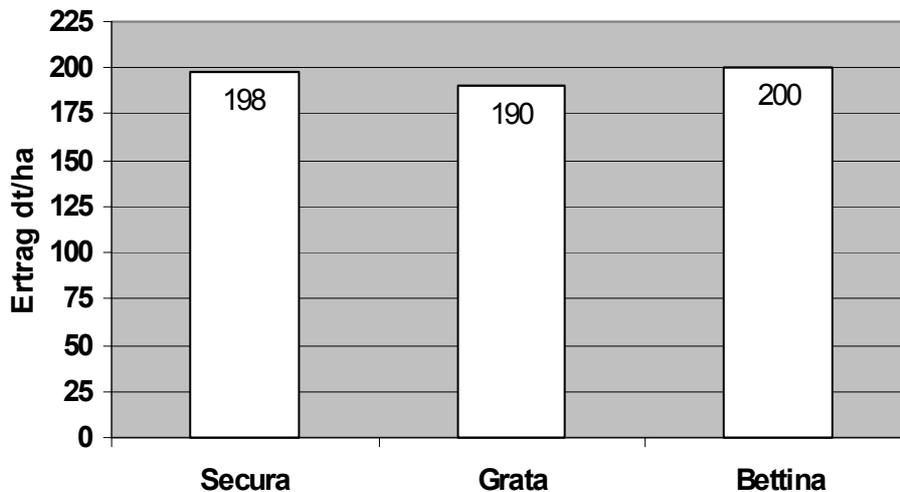


Abbildung 8: Knollenertrag dt/ha > 35 mm der untersuchten Sorten, Kontrollvariante, 2002

Im Durchschnitt der Sorten hatten alle Kupfervarianten einen um 60 dt/ha signifikanten erhöhten Mehrertrag im Vergleich zur Kontrolle. Die Varianten 8 kg/ha (effektiv wirksam 2,6 kg/ha) mit oder ohne Unterblattspritzung wiesen exakt den gleichen Ertrag auf. Nur die Variante mit der geringsten Kupfermenge (3 kg/ha, effektiv wirksam 1 kg/ha) zeigte einen leichten Ertragsabfall, der allerdings statistisch nicht abzusichern war (Abb. 9).

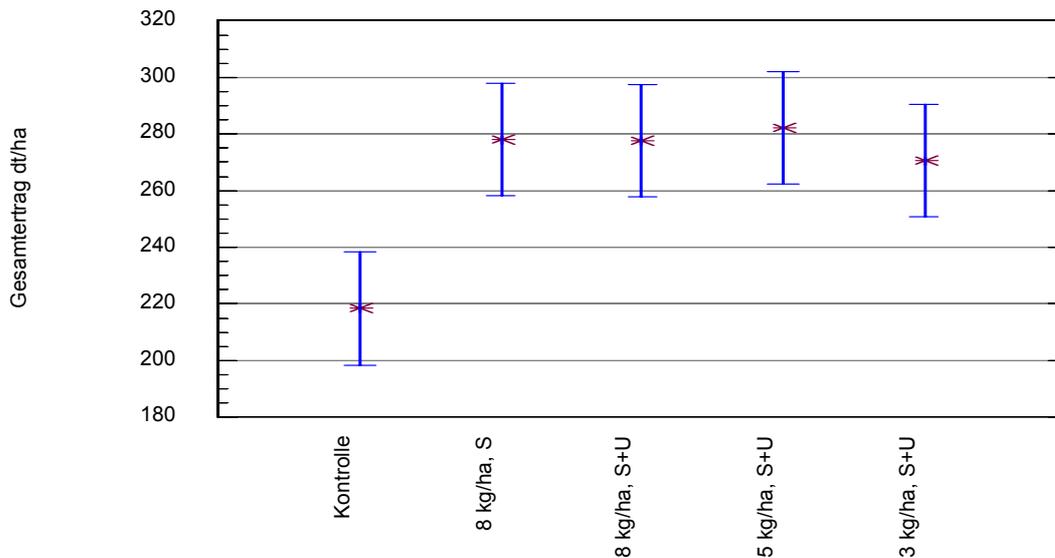


Abbildung 9: Gesamtertrag (dt/ha) im Mittel der Sorten Bettina, Grata und Secura in Abhängigkeit von der Kupferapplikation ($P = 0,0002$), 2002

Vor allem die Sorte Bettina erreichte in der Variante 8 kg/ha Standard + Unterblatt und 5 kg/ha Standard + Unterblatt einen hohen Ertragszuwachs von über 100 dt/ha. Bei der Sorte Grata lag der Ertragsanstieg durch die Krautfäule-Bekämpfung immer unter 50 dt/ha. Die anfällige Sorte Secura übertraf in den gleichen Varianten diesen Ertragszuwachs zum Teil leicht. In keiner Sorte waren signifikante Ertragsunterschiede zwischen den einzelnen Behandlungsvarianten nachweisbar. Nur bei der gering anfälligen Sorte Bettina stellte sich ein signifikanter Ertragszuwachs durch die Kupferanwendung ein. Im Mittel aller Varianten erzielte diese Sorte ebenfalls den signifikant höchsten Ertrag (Tab. 5).

Tabelle 5: Gesamtertrag (dt/ha) in Abhängigkeit von Sorte und Kupferapplikation, 2002

	Bettina ($P=0,0084$)	Grata ($P>0,05$)	Secura ($P>0,05$)	Mittelwert Sorten ($P=0,0002$)
Kontrolle	214,2 a	227,1	213,8	218,4 a
8 kg/ha Standard	292,0 b	268,4	273,3	277,9 b
8 kg/ha Standard + Unterblatt	315,1 b	252,9	264,9	277,6 b
5 kg/ha Standard + Unterblatt	315,1 b	281,3	249,8	282,1 b
3 kg/ha Standard + Unterblatt	291,1 b	264,4	256,4	270,7 b
Mittelwert Varianten ($P=0,0079$)	285,5 b	258,8 a	251,6 a	

Tabelle 6: Ertrag marktfähige Ware (> 35 mm) (dt/ha) in Abhängigkeit von Sorte und Kupferapplikation, 2002

	Bettina ($P=0,0083$)	Grata ($P>0,05$)	Secura ($P=0,05$)	Mittelwert Sorten ($P=0,0001$)
Kontrolle	200,4 a	190,2	197,8	196,1 a
8 kg/ha Standard	281,7 b	231,1	260,4	257,8 b
8 kg/ha Standard + Unterblatt	304,9 b	221,3	251,1	259,1 b
5 kg/ha Standard + Unterblatt	303,1b	242,7	235,6	260,4 b
3 kg/ha Standard + Unterblatt	280,9 b	225,8	241,8	249,5 b
Mittelwert Varianten ($P<0,0001$)	274,2 b	222,2 a	237,3 a	

In Übereinstimmung mit den Ertragszuwächsen für den Gesamtertrag stehen die Erträge der marktfähigen Ware (Knollen > 35 mm) (Tab. 6). Auch hier sind im Durchschnitt der drei Sorten zwischen den Kupfervarianten keine signifikanten Unterschiede nachweisbar. Im Mittel aller Behandlungen zeigte die Sorte Bettina den signifikant höchsten Ertrag.

Der prozentuale Anteil der marktfähigen Ware am Gesamtertrag lag für die Sorten Bettina und Secura zwischen 94 % und 96 %. Die Sorte Grata bildete insgesamt relativ viele kleine Knollen. Daher erreichte sie nur einen Anteil von 86 % marktfähiger Ware. Die Kupferanwendungen führten bei allen Sorten zu einer geringfügigen Erhöhung des Anteils an marktfähiger Ware. Im Durchschnitt der Sorten war ein Zuwachs von 2,1 % bis 2,9 % zu verzeichnen, wobei keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Kupfervarianten vorlagen (Tab. 7).

Tabelle 7: Prozentualer Anteil marktfähiger Ware am Gesamtertrag, 2002

	Bettina	Grata	Secura	Mittelwert Sorten
Kontrolle	93,6	83,8	92,6	90,0
8 kg/ha Standard	96,5	86,0	95,3	92,6
8 kg/ha Standard + Unterblatt	96,7	87,2	94,8	92,9
5 kg/ha Standard + Unterblatt	96,1	86,2	94,2	92,2
3 kg/ha Standard + Unterblatt	96,5	85,4	94,4	92,1
Mittelwert Varianten	95,9	85,7	94,3	

Braunfäulebefall

6 Wochen nach der Ernte wurden aus allen Varianten 4 x 100 Knollen aufgeschnitten und der Befall mit Braunfäule visuell bonitiert. Unabhängig von der Sorte, der Kupfer-

Aufwandmenge bzw. der Anwendungstechnik (Standard oder Standard mit Unterblatt) trat in allen Proben ein zu vernachlässigender Braunfäulebefall unter 2 % auf. Dieses Ergebnis deckt sich mit Aussagen aus der Praxis des ökologischen Kartoffelanbaus, dass der Braunfäulebefall im ökologischen Anbau nur eine untergeordnete Rolle spielt. Auf Grund des extrem geringen Befalls wurde auf eine statistische Auswertung des Braunfäulebefalls verzichtet (Tab.8).

Tabelle 8: Braunfäulebefall (% befallene Knollen) nach 6 Wochen Lagerung, 2002

	Bettina	Grata	Secura	Mittelwert Sorten
Kontrolle	0,00	0,17	0,00	0,06
8 kg/ha Standard	0,23	0,33	0,00	0,19
8 kg/ha Standard + Unterblatt	0,47	0,00	0,00	0,16
5 kg/ha Standard + Unterblatt	0,83	0,00	0,00	0,28
3 kg/ha Standard + Unterblatt	1,37	0,50	0,19	0,68
Mittelwert Varianten	0,58	0,20	0,04	

3.1.3 Applikationstechnik im zweiten Versuchsjahr

Für die Versuchsdurchführung im zweiten Versuchsjahr (2003) stellte die Firma John Deere ein Feldspritzgerät mit besonders robustem Gestänge zur Verfügung. Auf Grund der stabilen Gestängekonstruktion, die in dieser Art nur an wenigen Feldspritzgeräten zu finden ist, war der Anbau von 15 Unterblattdüsen im Abstand von 75 cm möglich (Abb. 10). Die Ansteuerung der einzelnen Düsenbereiche (obere Injektordüsen am Spritzbalken, Unterblattdüsen) erfolgte durch den Umbau der Teilbreitenschaltung auf diese Düsen. Damit konnte wahlweise die Spritzbrühe nur von oben, nur von unten oder in Kombination von oben und von unten ausgebracht werden.



Abbildung 10: Unterblattspritzgerät im Versuchsjahr 2003

3.1.4 Ergebnisse des zweiten Versuchsjahres

Das Jahr 2003 war durch eine extreme Trockenheit gekennzeichnet. In den Monaten März bis August fielen zum Teil nur 50 % der durchschnittlichen Niederschläge. Parallel hierzu lagen extrem hohe Lufttemperaturen vor, die z.B. im Juli und August mehr als 2 °C über dem langjährigen Mittel lagen (Abb. 11). Diese Wetterkonstellation verhinderte an vielen Orten ein schädigendes Auftreten von pilzlichen Pathogenen an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen.

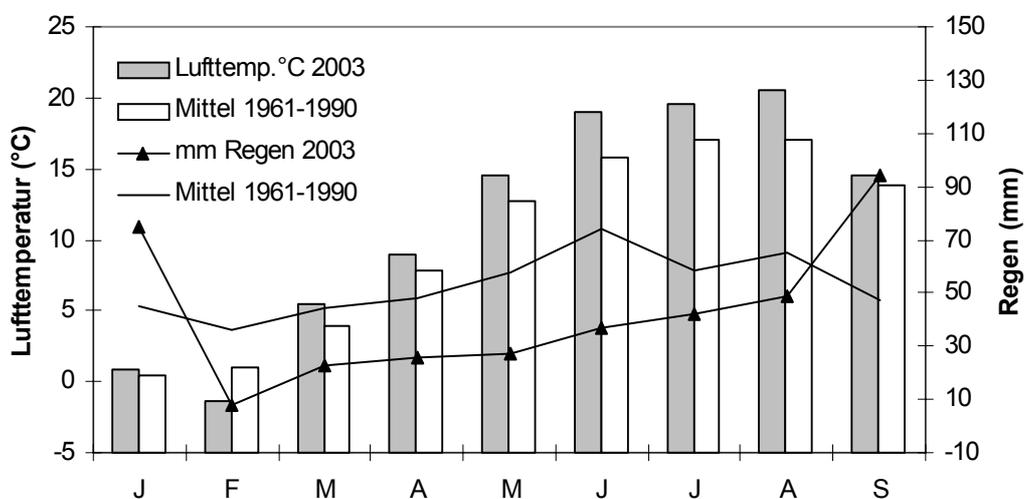


Abbildung 11: Lufttemperatur und Niederschlag im Versuchsjahr 2003, Station Braunschweig

Krautfäulebefall

Die erste Kupferspritzung orientierte sich im zweiten Versuchsjahr wiederum an den vorhandenen Prognosesystemen zum Erstauftreten der Krautfäule. Beispielhaft ist in Abbildung 12 der Verlauf der Gesamtbewertungsziffer der Negativ-Prognose für die Station Braunschweig in Abhängigkeit vom Auflauffermin angegeben.

Am 25.6.2003 erfolgte die erste Kupferapplikation. Zu diesem Zeitpunkt war die befallsfreie Zeit laut der Negativ-Prognose für den festgestellten Auflauffermin (12-18.5.2003) abgelaufen (GBZ > 150). Auch das Prognosesystem SIMPHYT gab für den Zeitraum um den 25.6.2003 den Spritzstart für die Bekämpfung der Krautfäule an.

Obwohl beide Prognosesysteme ein Krautfäuleauftreten vorhersagten, blieb der Bestand während der gesamten Vegetationsperiode in allen Varianten krautfäulefrei. Da kein Befall zu verzeichnen war, wurde auf weitere Kupferspritzungen im Jahr 2003 verzichtet.

Auch eine künstliche Infektion des Bestandes (Sprühinokulation von 50 Pflanzen am 10. Juli 2003 mit einer Zoosporensuspension, Erhöhung der Luftfeuchtigkeit auf 100 % für 48 h durch eintüten der Pflanzen in Plastikbeutel) führte auf Grund der extremen Hitze nicht zu einem Befall.

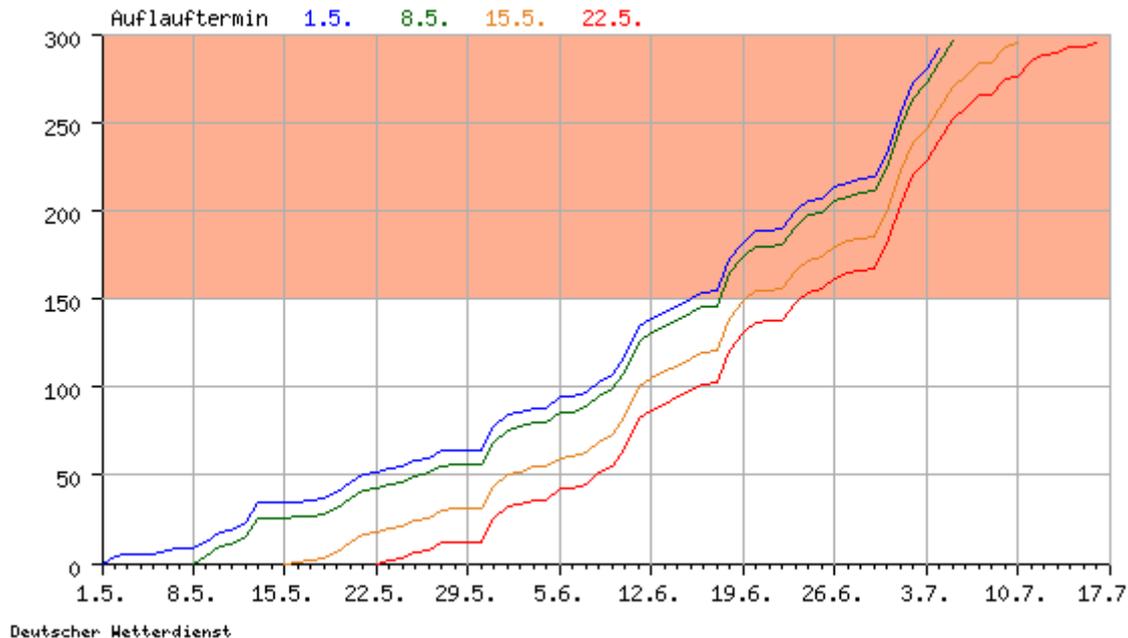


Abbildung 12: Verlauf der Gesamtbewertungsziffer (GBZ) am Standort Braunschweig (DWD 2003)

Ertragsergebnisse

Aufgrund der ausbleibenden Infektion durch *Phytophthora infestans* entwickelten sich die Kartoffeln in allen Varianten gleichmäßig. Weder phytotoxische Reaktionen der Kartoffeln auf die Kupferanwendung, noch ein differenzierter Befall mit weiteren Schadpathogenen der Kartoffel (z.B. *Alternaria solani*) war zu beobachten. Daher erfolgte im Versuchsjahr 2003 nur die Ertragsfeststellung in den Kontrollparzellen (Tab. 9).

Tabelle 9: Ertragsergebnisse des Jahres 2003

	Bettina	Grata	Secura	
Gesamtertrag (dt/ha)	297,3	256,7	319,8	p > 0,05
Ertrag marktfähige Ware (> 35 mm, dt/ha)	285,6	234,2	313,7	p > 0,05
Prozentualer Anteil marktfähige Ware	95,6	90,4	98,1	

Es ist zu erkennen, dass die Sorten Secura und Bettina, beide werden mit der Ertragsnote 6 (BSA 2003) eingestuft, einen höheren Ertrag erzielten als die Sorte Grata (Ertragsnote 5). Die Sorte Secura, die in ihrer Entwicklung etwas früher ist als Grata und Bettina, litt offenbar am wenigsten unter der Trockenheit des Jahres 2003. Im Vergleich zum Befallsjahr 2002 erzielte sie deutlich höhere Erträge. Der Ertrag der Sorte Bettina lag im befallsfreien Trockenjahr 2003 auf dem Niveau der behandelten Varianten des Befallsjahres 2002. Wie im vorherigen Versuchsjahr war bei der Sorte Grata der prozentuale Anteil an marktfähiger Ware im Vergleich zu den Sorten Bettina und Secura am geringsten.

Braunfäulebefall

Da die Krautfäule im Bestand nicht auftrat, fehlte das Ausgangsinokulum für den Braunfäulebefall der Knollen. Daher wurde erwartungsgemäß nach mehrmonatiger Lagerung bei 10 °C bis 6 °C an keiner Sorte ein Knollenbefall mit *Phytophthora infestans* festgestellt.

Schorfbefall

Auf Grund der Trockenheit war im Versuchsjahr 2003 ein verstärkter Befall mit Kartoffelschorf (*Streptomyces scabies*) feststellbar. Es zeigte sich, dass 90 % der Knollen der Sorte Secura Schorfsymptome aufwiesen. Im Durchschnitt waren 8,0 % der Knollenoberfläche dieser Sorte geschädigt. Demgegenüber wiesen nur 20 % der Knollen der Sorten Bettina und Grata Schorfbefall auf, wobei im Durchschnitt aller Knollen die Oberfläche zu etwa 1 % von Schorf bedeckt war (Tabelle 10). Auf Grund der Angaben der Beschreibenden Sortenliste (BSA 2003) wäre ein höherer Befall der Sorte Bettina zu erwarten gewesen.

Die Bonitur des Befalls mit *Rhizoctonia solani* zeigte, dass diese Krankheit am Versuchstandort, im Gegensatz zu vielen anderen ökologisch bewirtschafteten Flächen, nicht auftrat.

Tabelle 10: Befall der Ernteknollen mit Schorf und *Rhizoctonia solani* im Jahr 2003 sowie die Schorfeinstufung der Beschreibenden Sortenliste (BSA 2003)

	Bettina	Grata	Secura	<i>P</i>
Befallsstärke Schorf	0,9 a	1,0 a	8,0 b	<0,0001
Anfälligkeit für Schorf laut beschreibender Sortenliste	4	3	4	
Befallsstärke <i>Rhizoctonia solani</i>	0	0	0	>0,05

3.1.5 Gewächshaus- und Laborversuche zur Bekämpfung von *Phytophthora infestans* durch Mikroorganismenextrakte

Xenorhabdus bovienii ist ein natürlich vorkommendes Bakterium, das in Symbiose mit Nematoden der Gattung *Steinernema* lebt, die zur biologischen Schädlingsbekämpfung, z.B. zur Bekämpfung des Dickmaulrüsslers, eingesetzt werden.

Die Gewächshausuntersuchung der beiden bekannten Stämme von *Xenorhabdus bovienii* ergaben eine deutlich höhere Krautfäule-Hemmung nach der Anwendung des Kulturmediums (tryptische Sojabrühe) vom Stamm 4766 (Xe 4766). Während die Krautfäule in der Kontrollvariante (Wasser + Phyt.) schon am ersten Boniturtermin zu massiven Schäden führte, stellte sich in der aus dem Stamm 4766 hergestellten Variante auch nach 14 Tagen nur ein geringer Befall von 11,3 % ein. Auf Grund dieser Ergebnisse diente der Stamm 4766 zur Durchführung aller weiteren Versuche. Die Kupfervariante mit einer Konzentration von 7 g/l, dieses entspricht einer Aufwandmenge von 2,5 bis 3 kg/ha Cu, zeigte zu jedem Boniturtermin einen höheren Befall als die Variante aus dem Stamm *Xenorhabdus bovienii* 4766. Auch ist aus den Ergebnissen zu erkennen, dass weder die Kupferanwendung (Cu 7 g/l – Phyt.) noch die Varianten aus *Xenorhabdus bovienii* (Xe 4766 – Phyt., Xe 4767 – Phyt.) phytotoxische Reaktionen an den Kartoffelpflanzen auslösten (Tab. 11).

Tabelle 11: Einfluss von *X. bovienii* /TSP und Kupfer auf den Krautfäule-Befall nach künstlicher Inokulation

Tage nach der Infektion	6	9	14
Variante	Blattnekrosen (%)		
Wasser + Phyt.	90 d	95 d	95 e
Cu 7 g/l – Phyt.	0 a	0 a	0 a
Cu 7 g/l + Phyt.	10 c	19,67 bc	39,7 d
Xe 4766 – Phyt.	0 a	0 a	0 a
Xe 4766 + Phyt.	4 b	10 b	11,3 b
Xe 4767 – Phyt.	0 a	0 a	0 a
Xe 4767 + Phyt.	0 a	20 c	25 c
<i>P</i>	<0,0001	<0,0001	<0,0001

In einem weiteren Gewächshausversuch wurde der in Tabelle 12 dargestellte Effekt von *Nigrospora sphaerica* auf den Krautfäulebefall nach künstlicher Infektion festgestellt. Da weder für *Nigrospora sphaerica*, Stamm 1176 noch für *Nigrospora sphaerica*, Stamm 3392

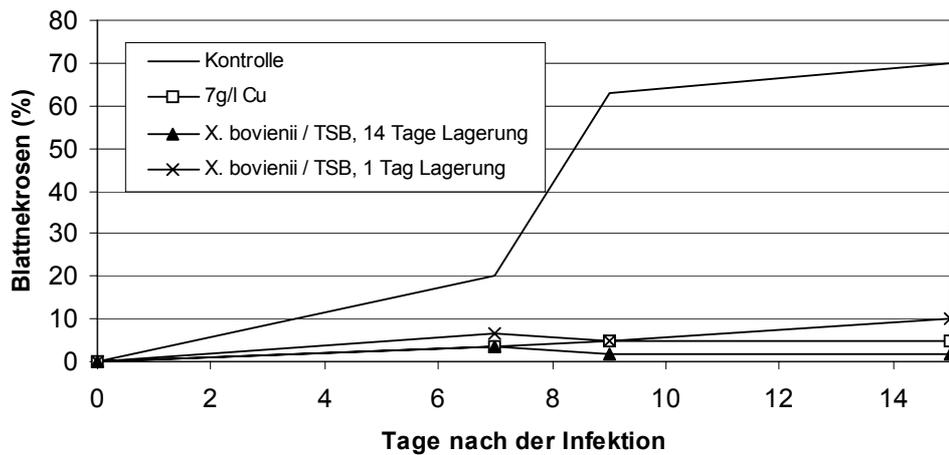
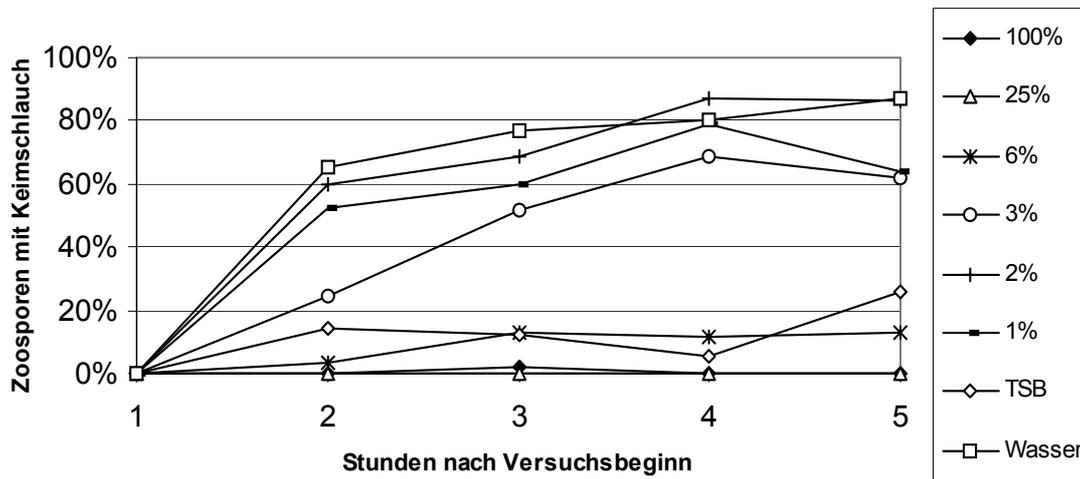
ein Effekt auf die Infektion durch *Phytophthora infestans* nachweisbar war, wurden die Versuche mit dieser Pilzart nicht weitergeführt.

Tabelle 12: Einfluss von *Nigrospora sphaerica*/TSP auf den Krautfäule-Befall nach künstlicher Inokulation

Tage nach der Infektion	7	10	15
Variante	Blattnekrosen (%)		
Wasser + Phyt.	23,33 c	30 b	35 b
Nig 1176 – Phyt.	0 a	0 a	0 a
Nig 1176 + Phyt.	13,3 b	30 b	34 b
Nig 3392 – Phyt.	0 a	0 a	0 a
Nig 3392 + Phyt.	28,3 c	25 b	40 b
<i>P</i>	<0,0001	0,0001	<0,0001

Für eine mögliche praktische Anwendung von *Xenorhabdus bovienii* ist die Klärung der Frage wichtig, ob das erprobte Kulturfiltrat von *Xenorhabdus bovienii* vor jeder Anwendung frisch produziert werden muss, oder ob nach einer längeren Lagerperiode die befallsreduzierende Wirkung erhalten bleibt. Die Untersuchungen zeigten, dass nach einer 14tägigen Lagerung (4 °C) des abzentrifugierten Flüssigmediums die Befallsverminderung erhalten blieb. Der Vergleich der Wirkung des Kulturmediums von *Xenorhabdus bovienii* und einer Kupferanwendung verdeutlicht, dass beide Varianten in diesem Versuch in gleichem Maße eine Krautfäule-Infektion verhinderten (Abb. 13).

Des Weiteren ist von Bedeutung, ob das abzentrifugierte Kulturmedium unverdünnt angewendet werden muss, oder ob sich nach einer Verdünnung mit Wasser ebenfalls eine Befallsreduktion einstellt. Die mikroskopische Untersuchung mehrerer Verdünnungsreihen (3 Wiederholungen) ergab, dass sich oberhalb einer Konzentration von 6 % des Kulturmediums (verdünnt mit Wasser) eine deutliche Hemmung der Zoosporenkeimung einstellte (Abb.14). In der 6 % Variante stellte sich 5 Stunden nach Versuchsbeginn nur an 13 % der Zoosporen eine Keimschlauchbildung ein. Die Verdünnung im Verhältnis 1 zu 4 mit Wasser (25 %) unterdrückte bis zum Ende des Versuchs die Keimung der Zoosporen vollständig.

Abbildung 13: Vergleich der Wirkung von *X. bovienii* /TSP und Cu auf den Krautfäule-BefallAbbildung 14: Wirkung von *X. bovienii* /TSP auf die Zoosporenkeimung von *P. infestans*

Das reine Flüssigmedium (TSB) wies ebenfalls eine hemmende Wirkung auf die Entwicklung der Zoosporen auf: nur 26 % der Zoosporen bildeten einen Keimschlauch.

In weiteren Versuchen wurde geprüft, ob die als Flüssigmedium dienende tryptische Sojabrühre (ohne das vorher in dem Medium *Xenorhabdus bovienii* kultiviert wurde) sowie die Variante „25 %“ nach 14tägiger und 30tägiger Lagerung bei Dunkelheit und 4 °C auch im Inokulationsversuch an Kartoffelpflanzen eine Befallsverminderung zeigt.

Wie in allen vorherigen Versuchen wies die Kontrollvariante (Wasser + Phyt.) immer den höchsten Krautfäulebefall auf. Die tryptische Sojabrühe (TSB + Phyt.) konnte zwar den Befall leicht reduzieren, aber der Befall war am zweiten und dritten Boniturtermin nicht signifikant geringer als in der Kontrollvariante. Daher wird die befallsreduzierende Wirkung der alleinigen TSB-Anwendung im Hinblick auf eine mögliche Freilandanwendung als unzureichend eingestuft. Zwischen den einzelnen Lagerungsperioden (14 und 30 Tage) traten in den unverdünnten Varianten (100 %) keine Differenzen auf: Beide Varianten wiesen 15 Tage nach der Inokulation einen Befall zwischen 5 % und 6 % auf.

Die 30 Tage alte 25 % Variante wies am dritten Boniturtermin einen Befall auf, der mit 13,3 % signifikant unter der Kontrolle und über den Werten der unverdünnten Anwendung lag. Damit zeigte sich hier eine Beziehung zwischen der Konzentration des angewendeten Mittels und der beobachteten Wirkung. Demgegenüber zeigte die 14 Tage alte 25 % Variante einen höheren Befall durch *Phytophthora infestans* von 25 % der sich nicht signifikant vom Befall der Kontrollvariante unterschied. Die Gründe für dieses abweichende Ergebnis sind möglicherweise eine zu geringe Benetzung der Pflanzen mit der Prüfsubstanz in dieser Variante (Tab. 13).

Tabelle 13: Einfluss von *Xenorhabdus bovienii*/TSB auf den Krautfäule-Befall nach künstlicher Inokulation

Tage nach der Infektion	7	10	15
Variante	Blattnekrosen (%)		
Wasser + Phyt.	25 e	50 b	66,7 b
TSB - Phyt.	0 a	0 a	0 a
TSB + Phyt.	10 d	32,5 ab	42,5 ab
Xe 4766, 25 %, 14 Tage Lagerung + Phyt.	10 d	20 a	25 ab
Xe 4766, 100 %, 14 Tage Lagerung + Phyt.	1,7 ab	4 a	5,7 a
Xe 4766, 25%, 30 Tage Lagerung + Phyt.	5 c	7,3 a	13,3 a
Xe 4766, 100 %, 30 Tage Lagerung + Phyt.	3 bc	5 a	5 a
<i>P</i>	<0,0001	0,0006	0,0019

Auf Grund der positiven Ergebnisse der Gewächshausuntersuchungen sollte das aus *Xenorhabdus bovienii* gewonnene Präparat im Jahr 2003 im Freiland zur Krautfäulebekämpfung eingesetzt werden. Daher erfolgte in einem Feldversuch mit vierfacher Wiederholung die mehrfache Applikation in Abständen von 4 bzw. 7 Tagen in den Konzentrationen 100 %, 50 % und 25 %. Wie oben beschrieben, kam es auf Grund der Trockenheit am Standort

Braunschweig zu keinem Krautfäulebefall im Jahr 2003. Daher können zur befallsreduzierenden Wirkung von *Xenorhabdus bovienii* 4766/TSB im Freiland bisher keine Angaben gemacht werden.

Im Rahmen des EU-Projekts BLIGHT-MOP werden mikrobielle Antagonisten zur Krautfäuleabwehr im ökologischen Kartoffelanbau untersucht (Forrer et al. 2003). Ab dem Jahr 2003 wurde das in der BBA Braunschweig produzierte Präparat aus *Xenorhabdus bovienii* 4766/TSB in die Untersuchungen einbezogen. Dafür wurde das Präparat in größerem Umfang (5-10 l) produziert und während der vorhergesehenen Behandlungsperiode wöchentlich per Post an die FAL Zürich-Reckenholz verschickt. Auch in der Schweiz war in diesem Jahr im Freiland nur ein geringer Krautfäulebefall zu beobachten. Daher konnten zur Freilandanwendung auch hier keine Erkenntnisse gewonnen werden. Bestätigt wurde jedoch die hohe Befallsreduktion im Gewächshaus bei künstlicher Inokulation (Dorn 2003). Geprüft wurde das Mittel auch in der BBA Darmstadt. Dort stellten sich in einem Gewächshausversuch ebenfalls hohe Wirkungsgrade ein (Koch 2003).

3.1.6 Untersuchungen zur Bekämpfung von *Phytophthora infestans* durch verschiedene Kupferformulierungen und -Aufwandmengen

Von den beiden im Gewächshaus untersuchten Kupferformulierungen zeigte Cu-oktanoat schon bei geringen Aufwandmengen von 25 g/ha Cu eine Befallsverminderung von fast 80 %. Dieser Wert wird vom Cu-oxychlorid nur bei der höchsten Aufwandmenge von 2,7 kg/ha Cu erreicht. Beide Formulierungen zeigen bei abnehmender Aufwandmenge eine Wirkungsverminderung, wobei bei gleicher Kupfermenge je ha das Cu-oktanoat eindeutige Vorteile gegenüber dem Cu-oxychlorid bietet.

Es wird ersichtlich, dass insbesondere beim Cu-oxychlorid ein abnehmender Grenznutzen im Hinblick auf die Befallsverminderung bei steigender Kupfermenge vorliegt. D. h., die höchste Effektivität der Krautfäulebekämpfung durch eine zusätzlich eingesetzte Kupfermenge war bei kleinen Cu-Mengen / ha vorhanden (Abb.15).

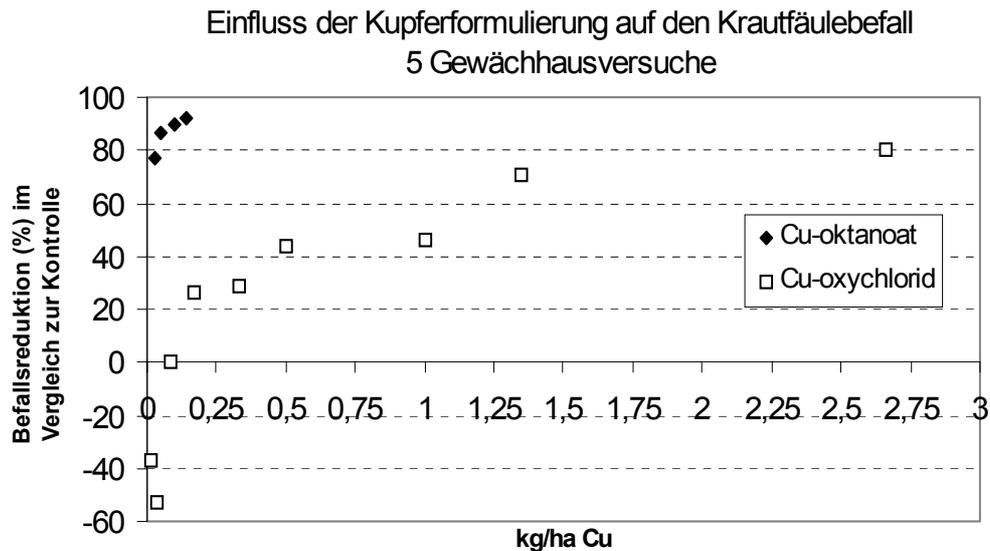


Abbildung 15: Wirkung verschiedener Kupferformulierungen auf den Krautfäule-Befall nach künstlicher Infektion

Zur Überprüfung der Ergebnisse zur Krautfäulebekämpfung mit reduzierten Kupferaufwandmengen wurden 2003 ebenfalls Freilandversuche auf dem Versuchsfeld der BBA angelegt. Zum Einsatz kamen in zwei randomisierten Feldversuchen (Braunschweig und Ahlum) mit vier Wiederholungen insgesamt 9 Varianten verschiedener Kupferformulierungen (Cu-oktanoat, Cu-hydroxid und Cu-oxychlorid) und Aufwandmengen (100 g/ha Cu bis 1 kg/ha Cu). Da, wie oben beschrieben, im Versuchsjahr 2003 auf Grund der extremen Trockenheit kein Krautfäulebefall auftrat, können zu diesen Freilanduntersuchungen keine Ergebnisse vorgestellt werden.

3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse, Möglichkeiten der Umsetzung oder Anwendung, insbesondere Ableitung von Vorschlägen und Maßnahmen, die durch das BMVEL weiter verwendet werden können

Die Gewächshausversuche zur Kupferreduktion zeigen, dass eine Krautfäulebekämpfung in Kartoffeln mit reduzierten Kupfermengen möglich ist. Wichtig für die effektive Anwendung von Kupfer ist die Spritzung unmittelbar vor einer Infektion durch den Schadpilz. Dass sich die im Gewächshaus erarbeiteten Ergebnisse zur Krautfäulebekämpfung mit reduzierten Kupfermengen ins Freiland übertragen lassen, haben Kainz & Möller (2003) gezeigt. Da Kupfer nur protektiv wirkt und bereits etablierte Infektionen nicht mehr beeinflussen kann, kommt einer Optimierung der Prognosesysteme, die zur Festlegung des ersten Behandlungstermins

dienen, besondere Bedeutung zu. Wie in den Ergebnissen gezeigt wurde, trat die Krautfäule 2002 am Standort Braunschweig deutlich später als von den Prognosesystemen vorhergesagt, bzw. 2003 gar nicht auf, wodurch nicht notwendige und unwirksame Kupferapplikationen durchgeführt wurden. Eine wichtige Maßnahme zur Reduktion des Kupfereinsatzes an die Bedingungen des ökologischen Landbaus wäre daher, die Anpassung der Prognosesysteme (z. B. SIMPHYT) an die Bedingungen des ökologischen Kartoffelanbaus. Neben der Optimierung des Ersteinsatzes sind hierzu Parameter wie Wirkungsdauer und Regenstabilität der zugelassenen Kupfermittel (Cu-oxochlorid, Cu-hydroxid und Cu-oktanoat) in Abhängigkeit von der Kupferformulierung und der Aufwandmenge zu ermitteln.

Des Weiteren wurde in Gewächshausversuchen gezeigt, dass das Kulturmedium von *Xenorhabdus bovienii* effektiv die Keimschlauchbildung von *Phytophthora infestans* unterbindet und damit eine Krautfäuleinfektion verhindert. Die Ergebnisse wurden bereits von anderen Forschungseinrichtungen bestätigt (Dorn 2003, Koch 2003). Daher scheint die Weiterentwicklung dieses Forschungsansatzes sinnvoll. Insbesondere sollten Freilanduntersuchungen weitergeführt werden, da diese Untersuchungen auf Grund der Trockenheit im Jahr 2003 weder in Deutschland noch in der Schweiz verwertbare Ergebnisse lieferten.

Auf Grund der bisher nur einjährigen Ergebnisse kann zur Effektivität der Unterblattspritzung keine abschließende Aussage gemacht werden. Für eine Unterblattspritzung spricht die von Irla et al. (2001, 2002) festgestellte bessere Benetzung der Pflanzen mit der Spritzbrühe im Vergleich zur Standardapplikation von oben. Demgegenüber steht jedoch, dass weder in den Untersuchungen von Irla et al. (2001) noch in der Untersuchung von Kainz & Möller (2003) ein signifikant verbesserter Bekämpfungserfolg bzw. eine signifikante Ertragserhöhung durch die Unterblattspritzung nachweisbar war. Auch ist zu bedenken, dass der Anbau der eingesetzten Unterblattspritztechnik nicht an alle praxisüblichen Feldspritzgeräte möglich ist. Hier wäre eine weitere Entwicklung von leichteren Unterblattspritzvorrichtungen notwendig, um das Verfahren in die Praxis einzuführen.

4 Zusammenfassung

Auf der Versuchsfläche Ahlum der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Braunschweig wurde in einem zweijährigen Feldversuch die Möglichkeit der Befallsreduktion von *Phytophthora infestans* durch den Anbau von Kartoffelsorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit sowie durch differenzierte Kupferanwendungen mit Unterblattspritztechnik im ökologischen Kartoffelanbau untersucht. Dabei zeigten sich im Befallsjahr 2002 in den Kontrollvarianten zwischen den Sorten Secura, Grata und Bettina Anfälligkeitsunterschiede, die in Übereinstimmung mit den Angaben der Beschreibenden Sortenliste stehen. Die unterschiedliche Anfälligkeit der Sorten spiegelte sich nicht in den Ertragsleistungen der unbehandelten Varianten wider. In beiden Versuchsjahren zeigten die verfügbaren Prognosesysteme (Negativ-Prognose und SIMPHYT) eine zu frühe Erstbehandlung der Kartoffeln an. Daher waren nicht alle Cu-Anwendungen relevant für die Befallsentwicklung. Der Vergleich der Standardvariante (Injektordüsen) mit der Unterblattspritztechnik zeigte in 2002 keine Befallsunterschiede. Auch die reduzierten Varianten mit effektiv wirksamen Kupfermengen von 2,6 kg/ha, 1,6 kg/ha und 1 kg/ha wiesen keine Befallsunterschiede auf. Im Versuchsjahr 2003 trat die Krautfäule nicht auf, wodurch die Ergebnisse des ersten Versuchsjahres nicht bestätigt werden konnten. In Übereinstimmung mit Berichten aus der Praxis des ökologischen Landbaus trat keine Braunfäule an den geernteten Knollen auf.

An Hand von Gewächshausversuchen konnte gezeigt werden, dass durch die Anwendung von unterschiedlichen Kupferformulierungen und reduzierten Kupfermengen die Kupferaufwandmenge zur Krautfäulebekämpfung reduziert werden kann.

Kulturmedien (TSB) der Bakterienart *Xenorhabdus bovienii* Stamm 4766 wiesen bei vorbeugender Anwendung (24 h vor der Inokulation mit *Phytophthora infestans*) im Gewächshaus eine deutliche Befallsreduktion auf, die auch bei Anwendung nach 30tägiger Lagerung und Verdünnung des Versuchsmittels auf 25 % nachweisbar waren. Demgegenüber war bei Anwendung der Kulturmedien von *Nigrospora sphaerica* keine Befallsreduktion nachweisbar. Es konnte gezeigt werden, dass die befallsreduzierende Wirkung von *Xenorhabdus bovienii* auch auf der Hemmung des Keimschlauchwachstums von *Phytophthora infestans* beruht, die mit zunehmender Verdünnung abnimmt.

5 Summary

In a two year field experiment the control of late blight was investigated by using different copper treatments, underleaf spraying (dropleg spraying) and different cultivars in organic potato production. In the first year 2002 three potato cultivars revealed different susceptibilities according to the description of the official variety list. However, yields of the untreated plots showed no correlation to the infestation with late blight. In 2002 and 2003 the first spraying of copper was performed too early before the appearance of late blight symptoms by using the available decision support system SIMPHYT and Negativ-Prognose. Therefore not all copper treatments were useful for the control of late blight. Application of copper using a spraying boom or underleaf spraying showed similar disease control. Copper treatments with the effective dosage of 2,6 kg/ha, 1,6 kg/ha and 1 kg/ha revealed the same disease progress. In accordance with other field trials there was no incidence of brown rot caused by *Phytophthora infestans* in harvested tubers of organic grown tubers. Due to the extreme dryness in the second year 2003 late blight was absent and the results of the first year could not be confirmed. However, greenhouse trials revealed the possibility to control *Phytophthora infestans* by using smaller amounts of copper and different copper formulations.

Culture filtrate (TSB) of *Xenorhabdus bovienii* showed a significant reduction of disease incidence when applied 24 h before inoculation with *Phytophthora infestans*. Even after 30 days storage of the TSB and dilution to 25 % a high reduction of late blight incidence could be proved. Compared with this, the culture filtrate of *Nigrospora sphaerica* had no effect on late blight. It could be established that an increasing concentration of the culture filtrate of *Xenorhabdus bovienii* showed an increasing inhibition of zoospore germination of *Phytophthora infestans* providing its effectiveness.

6 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten und tatsächlich erreichten Ziele; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen

Auf Grund der extremen Trockenheit war im Versuchsjahr 2003 kein Krautfäulebefall feststellbar. Daher konnten in Abweichung zur Versuchsplanung nur einjährige Ergebnisse zur Krautfäulebekämpfung durch eine Unterblattspritzung mit reduzierten Kupferaufwandmengen erhoben werden.

Da die Firma John Deere die umgebaute Feldspritze auch im Jahr 2004 für weitere Versuche zur Verfügung stellt, wird der Versuch zur Unterblattspritzung von Kupfer im nächsten Jahr in reduziertem Umfang nochmals durchgeführt.

7 Literaturverzeichnis

- BSA (2003): Beschreibende Sortenliste 2003 Kartoffeln. Deutscher Landwirtschaftsverlag Hannover.
- Dorn, B. (2003): persönliche Mitteilung an den Verfasser
- DWD (2003): Phytophthora Negativ-Prognose, verfügbar unter <[http://www. agrowetter.de/Agrarwetter/phyto.htm](http://www.agrowetter.de/Agrarwetter/phyto.htm)>, zitiert am 1.12.2003.
- Forrer, H.-R., Dorn, B., Krebs, H. & T. Musa (2003): Alternativen für Kupferfungizide: Feld-Screening und Behandlungsstrategien. In: Freyer, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur, Wien, 551-552.
- Irla, E., Anken, T., Krebs, H. & J. Ruegg (2001): Optimierung der Spritztechnik in Biokartoffeln. FAT Berichte 561, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon.
- Irla, E., Anken, T. & J. Ruegg (2002): Verbesserung der Spritztechnik in Buschbohnen. FAT Berichte 583, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon.
- Kainz, M. & K. Möller (2003): Ansätze zur Reduzierung der Kupferaufwandmengen im ökologischen Kartoffelbau. In: Freyer, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur, Wien, 553-554.
- Kim, J.C., Choi, G.J., Park, J.H., Kim, H.T. & K.Y. Cho (2001): Activity against plant pathogenic fungi of Phomalactone isolated from *Nigrospora sphaerica*. Pest Manag. Sci. 57, 554-559.
- Koch, E. (2003): persönliche Mitteilung an den Verfasser

- Ng, K.K. & J.M. Webster (1997): Antimycotic activity of *Xenorhabdus bovienii* (Enterobacteriaceae) metabolites against *Phytophthora infestans* on potato plants. *Canadian Journal of Plant Pathology* 19 (2), 125-132.
- Yang, X., Zhang, Z., Yang, H. & H. Jian (2001): Inhibition of *Xenorhabdus nematophilus* against *Phytophthora infestans*. *Journal of Agricultural, University of Hebei*.