

Entwicklung, Überprüfung und Praxiseinführung des Prognosemodells ÖKO-SIMPHYT zur gezielten Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule (*P. infestans*) im ökologischen Kartoffelanbau mit dem Ziel, den Einsatz kupferhaltige Fungizide auf ein Minimum zu reduzieren

Development, evaluation and realisation of the prognosis-system "ÖKOSIMPHYT" to control potato late blight (*P. infestans*) in organic farming with the aim to reduce the use of copper fungicides

FKZ: 06OE326

Projektnehmer:

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Pflanzenschutz
Lange Point 10, 85354 Freising
Tel.: +49 8161 71-5651
Fax: +49 8161 71-5735
E-Mail: Pflanzenschutz@LfL.bayern.de
Internet: <http://www.lfl.bayern.de>

Autoren:

Zellner, Michael; Keil, Sven; Bangemann, Lars-Wilhelm; Zwerger, Peter; Kleinhenz, Benno; Tschöpe, Beate

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

Die inhaltliche Verantwortung für den vorliegenden Abschlussbericht inkl. aller erarbeiteten Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen liegt beim Autor / der Autorin / dem Autorenteam. Bis zum formellen Abschluss des Projektes in der Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau können sich noch Änderungen ergeben.

Abschlussbericht 2009

Forschungsprojekt im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Förderkennzeichen: 06OE326

Thema:

**Entwicklung, Überprüfung und Praxiseinführung des Prognosemodells
ÖKOSIMPHYT zur gezielten Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule (*P. infestans*)
im ökologischen Kartoffelanbau mit dem Ziel, den Einsatz kupferhaltiger Fungizide
auf ein Minimum zu reduzieren**

Projektlaufzeit: 2008-2009

Durchführende Institution:

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Pflanzenschutz, IPS 3d
Lange Point 10, 85354 Freising

Projektleitung: Dr. Michael Zellner

Projektbearbeitung: Dr. Sven Keil

Kooperationspartner:

Julius Kühn-Institut in Braunschweig
Institut für Pflanzenschutz im Ackerbau und Grünland
Prof. Dr. Peter Zwirger, Lars-Wilhelm Bangemann

Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen
und Programme im Pflanzenschutz in Bad Kreuznach
Dr. Benno Kleinhenz, Beate Tschöpe

Gliederung

1	Ziele und Aufgabenstellung des Projekts	4
1.1	Planung und Ablauf des Projekts	5
1.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	
1.2.1	Grundlagen.....	6
1.2.2	Datenbasis aus dem Vorgängerprojekt.....	7
2	Material und Methoden	
2.1	PCR-Nachweis von latentem <i>Phytophthora infestans</i> - Befall.....	9
2.2	Regulierung des primären Stängelbefalls mittels Kupferbeizung.....	9
2.3	Tensiometerversuche zur Eingrenzung der Bedingungen für das Auftreten von Primärbefall.....	11
2.4	Kupferminimierungsstrategien im Freiland	12
2.5	Entwicklung der Entscheidungshilfe ÖKOSIMPHYT	16
3	Ergebnisse	
3.1	Detaillierte Darstellung der Ergebnisse	
3.1.1	PCR-Nachweis von latentem <i>Phytophthora infestans</i> - Befall.....	19
3.1.2	Regulierung des primären Stängelbefalls mittels Kupferbeizung.....	19
3.1.3	Tensiometerversuche zur Eingrenzung der Bedingungen für das Auftreten von Primärbefall	
	Versuchsjahr 2008	33
	Versuchsjahr 2009	36
3.1.4	Kupferminimierungsstrategien im Freiland	
	Versuche an der LfL	
	Versuchsjahr 2008	37
	Versuchsjahr 2009	49
	Versuche am JKI	
	Versuchsjahr 2008	61
	Versuchsjahr 2009	73

3.1.5	Entwicklung der Entscheidungshilfe ÖKOSIMPHYT	
	Versuchsjahr 2008	83
	Versuchsjahr 2009	85
3.2	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	90
4	Zusammenfassung der Ergebnisse beider Projekte 2005-2009	
	• PCR-Nachweis von latentem <i>Phytophthora infestans</i> - Befall	91
	• Regulierung des primären Stängelbefalls mittels Kupferbeizung.....	92
	• Kupferminimierungsstrategien im Freiland	93
	• Entwicklung der Entscheidungshilfe ÖKOSIMPHYT	96
5	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen / Hinweise auf weiterführende Fragestellungen	98
6	Literaturverzeichnis	100
7	Veröffentlichungen \ Öffentlichkeitsarbeit zum Projekt 2008-2009	101
	Danksagung	103

Liste der verwendeten Abkürzungen

Nicht gesondert aufgeführt sind die Abkürzungen der SI-Einheiten und der chemischen Elemente.

BH	Befallshäufigkeit
BS	Befallsstärke
DF	Doppelflachstrahldüsen (Typ AVI-TWIN 110-04)
fl.	flüssig (Cuprozin flüssig)
PSM	Pflanzenschutzmaßnahme
var.	variable Kupfermenge nach ÖKOSIMPHYT-Modell
VB	Vollblüte
VG	Versuchsglied

1. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts

Ziel des Projekts ist es, den Einsatz von Kupferfungiziden bei der Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule, verursacht durch den Erreger *Phytophthora infestans* zu reduzieren. Diese Krankheit stellt im ökologischen Anbau nach wie vor ein ungelöstes Problem dar, welches bisher nur durch den Einsatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel reguliert werden kann. Es sollen Verfahren entwickelt werden, um in Jahren mit hohem Krankheitsdruck auf Grundlage der maximal erlaubten Aufwandmenge die bestmögliche fungizide Wirkung zu erzielen. Dies soll durch folgende Forschungsschwerpunkte erreicht werden:

- Verwendung von kupferhaltigen Präparaten (falls vorhanden auch anderer „Bio-Mittel“) auf der Grundlage eines Krautfäule-Prognosemodells. Hierfür sollte das bundesweit vorhandene Prognosesystem SIMPHYT an die spezifischen Gegebenheiten im ökologischen Anbau angepasst und der Praxis unter dem Namen ÖKOSIMPHYT zur Verfügung gestellt werden. Auf Basis der witterungsbedingten Epidemiebewertung von ÖKOSIMPHYT sollte somit die Kupfermenge auf das absolut notwendige Maß begrenzt werden.
- Reduktion des von der Pflanzknolle ausgehenden und durch Spritzapplikationen kaum beeinflussbaren Primärbefalls (Stängelbefalls) durch Beizung des Saatgutes mit Cu-Mitteln und falls vorhanden mit anderen „Öko-Präparaten“.

Durch die Reduktion und die Optimierung des Kupfereinsatzes soll die Nachhaltigkeit der Produktion verbessert werden, womit ein wichtiges Ziel des Bundesprogramms Ökologischer Landbau unterstützt wird.

Im Zusammenhang mit der gegenwärtigen akuten Diskussion um die weitere Reduktion des Einsatzes von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln innerhalb der EU, wird umso mehr darauf hingewiesen, dass im ökologischen Landbau mittelfristig nur unter hohen wirtschaftlichen Einbußen auf den Einsatz von Kupfer verzichtet werden kann. Dies gilt auch für den Kartoffelanbau. Gerade deshalb ist die Entwicklung von wirksamen Kupferreduktionsstrategien von großer Bedeutung, um eine ökologisch wie auch ökonomische Nutzung von Kupfer im ökologischen Landbau auch längerfristig sicherstellen zu können.

Die Bedeutung von kupferhaltigen Produkten zur Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule zeigt sich besonders in Extremjahren mit einem hohen Epidemiedruck der Krankheit. Allerdings zeigen Jahre mit geringem Infektionsdruck, dass hier deutliche Einsparpotentiale im Bezug auf den Kupfereinsatz möglich sind. Dies konnte über den Einsatz des neuentwickelten Prognosesystems ÖKOSIMPHYT bereits während der Laufzeit des Vorgängerprojektes verdeutlicht werden.

1.1 Planung und Ablauf des Projekts

Auf Grund der Ergebnisse des Vorgängerprojektes, sollte das Projekt in gleicher Form, d.h. in vier Teilprojekten fortgeführt werden.

Teilprojekt A (Bearbeitung durch die LfL):

Reduzierung des Primärbefalls

- Beizversuche mit infizierten Pflanzknollen auf einem leichten und einem schweren Standort (Staatl, Versuchsgüter Puch und Straßmoos). Dazu ist es notwendig, die Knollen künstlich mit *P. infestans* zu infizieren, um das Auftreten von Primärbefall sicherstellen zu können.
- Exakte Aufzeichnung der epidemiologischen Entwicklung des Primärbefalls (Bonituren im Feld, Stängel- und Knollenuntersuchungen mit PCR) sowie der Witterung auf einem leichten und einem schweren Standort. Direkte Messung der Bodenfeuchte durch Tensiometer. Auf Basis dieser Untersuchungen sollen die Zusammenhänge zwischen Feuchte an der Knolle und Primärbefall unter Freilandbedingungen ermittelt werden, was zu einer Verbesserung der Primärbefallsprognose beitragen soll.

Teilprojekt B (Bearbeitung durch die LfL und das JKI):

Krautfäulebekämpfung mit reduzierten Kupfermengen

- In Nord- (JKI; 2 Standorte) und Süddeutschland (LfL; 3 Standorte: Puch, Straßmoos, Biobetrieb) werden Feldversuche zur Krautfäuleregulierung mit reduzierten Cu-Mengen angelegt. Die Bestimmung der optimalen Terminierung der Erstapplikation und der Folgebehandlungen erfolgt für verschiedene Aufwandmengen, Formulierungen und Präparate auf Basis des Prognosemodells ÖKOSIMPHYT.
- Wechselwirkung zwischen Sortenanfälligkeit (Sorten aus ökologischem Anbau) und Kupferaufwandmenge analysieren (JKI). Das Sortenspektrum soll ausgedehnt werden.

Teilprojekt C (Bearbeitung durch die ZEPP):

Optimierung des Prognosesystems ÖKOSIMPHYT

- Anpassung und Optimierung von ÖKOSIMPHYT an die Gegebenheiten des ökologischen Landbaus (Startbedingungen, Sorten, Regionalfaktoren, Pflanzgutvorbereitung). Die in den Teilprojekten A und B erzielten Ergebnisse werden in das Prognosemodul zur Empfehlung des Behandlungsbeginns und in das Modul zur Empfehlung des Kupfereinsatzes integriert.

Teilprojekt D (Bearbeitung durch die ZEPP, LfL, JKI, Pflanzenschutzdienste der Länder, Beratungsringe Ökologischer Landbau)

Validierung und Praxiseinführung des Prognosesystems ÖKOSIMPHYT

- Durchführung von bundesweiten Demonstrationsversuchen, d.h. Praxisversuche mit betriebsüblicher Pflanzenschutztechnik, unter Anwendung des Prognosemodells ÖKOSIMPHYT

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

1.2.1 Grundlagen

In der ökologischen Landwirtschaft hat der Kartoffelanbau eine besondere Bedeutung. Durch hohe Deckungsbeiträge trägt er bei vielen Betrieben wesentlich zur Einkommenserzielung bei. Nur durch eine kontinuierliche Produktion von Öko-Kartoffeln können Lieferverpflichtungen bei Verarbeitungsbetrieben eingehalten und die Direktvermarktung aufrechterhalten werden.

Die Kraut- und Knollenfäule verursacht im ökologischen Landbau regelmäßig hohe Ertrags- und Qualitätseinbußen und somit hohe wirtschaftliche Schäden. Sie ist in besonders hohem Ausmaß witterungsabhängig. Teilweise führt *P. infestans*-Befall sogar zu Totalausfällen. Bisher kann im ökologischen Landbau der Befall nur durch die Anwendung von Kupfer-Fungiziden reguliert werden. Zur direkten Bekämpfung sind derzeit auch keine anderen Möglichkeiten in Aussicht. Auf Grund negativer Auswirkungen von Kupfer auf Nicht-Ziel-Organismen (aquatische Organismen, Regenwürmer) und der Anreicherungsproblematik im Boden, ist die weitere Reduktion des Kupfereinsatzes dringend erforderlich. Langfristiges Ziel muss sein, den Cu-Einsatz so weit zu reduzieren, dass Zufuhr und Entzug im Gleichgewicht stehen.

Das bisherige Angebot von aktuellen *Phytophthora*-Warndiensten im Internet, welches die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft unter der Internetadresse www.LfL.Bayern.de oder die ZEPP in Zusammenarbeit mit den Pflanzenschutzdiensten der anderen Bundesländern, den Landwirten und der Beratung anbieten (www.isip.de), ist vorwiegend auf die Bedürfnisse des integrierten Landbaus zugeschnitten. Es basiert auf den wettergestützten Prognosemodellen SIMPHYT 1 (Prognose des Befallsbeginns) und SIMPHYT 3 (Terminierung der Folgebehandlungen) sowie flächendeckenden regelmäßigen Befallserhebungen auf Praxisschlägen durch die Pflanzenschutzdienste. Informationen, die an die spezifischen Bedürfnisse des ökologischen Landbaus angepasst sind, werden zurzeit nicht angeboten. Unter anderem findet die Tatsache keine Beachtung, dass im ökologischen Landbau der Einsatz nur einer begrenzten Menge an Kupfer möglich ist.

Der Erreger der Kraut- und Knollenfäule überdauert den Winter in infizierten Kartoffelknollen. Erst durch die Anwendung molekularer Untersuchungsmethoden (Polymerase chain reaction, PCR) konnte in den letzten Jahren eindeutig nachgewiesen werden, dass der Pilz im Frühjahr im Kartoffelstängel nach oben wächst (ADLER, 2000). Krank aufwachsende Stauden zeigen sehr früh Krautfäulebefall am Stängel oder auch im Wipfel und bilden die Quelle für weitere Infektionen und die Ausbreitung des Erregers im Bestand.

Halbfreiland- und Gewächshausversuche, die von ADLER (2000) und BÄBLER et al. (2002, 2004) an der LfL durchgeführt wurden, zeigten, dass sowohl Bodenart als auch Bodenfeuchte einen Einfluss auf den Zeitpunkt und die Stärke des Stängelbefalls haben. Nach diesen Untersuchungen können sich bei genügend Feuchtigkeit im Boden Sporangien auf der erkrankten Knolle bilden und mit dem Bodenwasser verteilt werden. Dadurch können Nachbarpflanzen oder auch Stängel der eigenen Pflanze von außen infiziert werden. Die Fähigkeit des Bodens, Niederschlagswasser aus dem Krumbereich abzuleiten oder dort zu halten, hat deshalb erhebliche Auswirkungen auf Zeitpunkt und Stärke des Primärbefalls.

Inzwischen gibt es erste erfolversprechende Ansätze, durch Pflanzgutbeizung den Primärbefall zu reduzieren. In Freilandversuchen wurden Pflanzkartoffeln mit *P. infestans* inokuliert und mit

Ausnahme der Kontrollvariante anschließend mit chemisch-synthetischen Wirkstoffen (Metalaxyl u.a.) gebeizt. Die Versuchsglieder mit Beizung zeigten im Vergleich zur Kontrolle eine deutliche Verringerung der *Phytophthora*-Stängelsymptome. (ZELLNER, 2004; BÄBLER et al., 2002). Überraschend war, dass mit Mancozeb ein reiner Kontaktwirkstoff ebenfalls den *Phytophthora*-Befall reduzierte. BÄBLER et al. (2002) führen dies auf die erfolgreiche Verhinderung der Oberflächensporulation von *Phytophthora infestans* auf der Pflanzknolle im Boden zurück. Dies deutet darauf hin, dass auch der Kontaktwirkstoff Kupfer ähnlich effektiv sein müsste. Solange primärkranke Pflanzen nur als Durchwuchskartoffeln oder auf Abfallhaufen aufwachsen, müssen die Sporen von außen auf den Kartoffelschlag gelangen. Früher herrschten diese Infektionsbedingungen vor, denn damals verfaulten kranke Saatkollen in großer Zahl über Winter in den Feldmieten oder in schlecht klimatisierten Kartoffelkellern und wurden im Frühjahr ausgelesen. Heutzutage gelangen aufgrund verbesserter Lagerungstechnik vermehrt latent infizierte Pflanzknollen aufs Feld. Die Folge ist, dass bei feuchter Frühjahrswitterung die ersten *Phytophthora*-Symptome am Stängel im Praxisschlag meist schon vor Reihenschluss auftreten.

1.2.2 Datenbasis aus dem Vorgängerprojekt 03OE553

Die Ergebnisse des Vorgängerprojektes, an die angeknüpft wurde, können im entsprechenden Abschlussbericht detailliert nachgelesen werden, so dass hier nur eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Resultate gegeben werden soll.

Reduktion des Primärbefalls mittels Kupferbeizung

Es konnte gezeigt werden, dass eine Kupferbeizung keinen negativen Effekt auf das Auflaufverhalten hatte.

In den Jahren 2005-2007 konnte in 35% der Fälle eine Befallsreduktion um 10-50% erreicht werden, und in 18% der Fälle erfolgte sogar eine Reduktion um über 50%.

Kupfer ist als Beizbehandlung zur Bekämpfung von Schwarzbeinigkeit (*Erwinia* spp.) in Kartoffeln zugelassen. Einsetzbare Produkte sind z.B. Cuprozin fl. und Cuprozin WP. Mögliche Beizverfahren sind die Pulverbeizung, die Flüssigbeizung an der Legemaschine oder die Flüssigbeizung mit der Ultra Low Volume-Technik (Mantis). Bei der Pulverbeizung gelangt das Beizmittel sehr ungleichmäßig an die Knollen, so dass Wirkverlust oder Verätzungen möglich sind. Bei der Beizung an der Legemaschine kommt nur ein Teil des Beizmittels an die Knolle. Aus diesem Grund ist die Beizung von Cuprozin flüssig mit der ULV-Technik (Mantis-Verfahren) über Rollband oder Sortieranlage mit einer Aufwandmenge von 0,16 l/t (= 48g Reinkupfer/t = 120g Reinkupfer/ha) in 0,6 – 1 l/t Wasser als am besten geeignet anzusehen.

PCR-Nachweis von latentem *Phytophthora infestans*- Befall

Der molekularbiologische Nachweis des Pathogens mittels PCR-Sonde ergab, dass das Wachstum des Erregers im Wirtsgewebe bis zu einem Monat symptomlos erfolgen konnte, bevor es zur visuellen Symptomausprägung kam. Diese symptomlose Phase wird durch Trockenphasen, also bei Witterungsbedingungen, welche für das Pathogen nachteilig sind, verlängert. Die Dauer

dieser Phase ist für die Berechnung des Spritzstarts essentiell, konnte bisher jedoch nicht mit Witterungsdaten korreliert werden. Die Berechnung des Erstbefalls durch SIMPHYT 1, erwies sich daher nicht immer als zuverlässig. Die Einbeziehung der Bodenfeuchte in die Berechnung des Auftretens der Primärinfektionen könnte hierbei die Genauigkeit der Prognose deutlich erhöhen..

Kupferminimierungsstrategien im Freiland

In Süddeutschland konnten in den Versuchsjahren durch die getesteten Applikationsvarianten in fast allen Fällen höhere Erträge als in der unbehandelten Kontrolle erzielt werden. Die Variante mit der niedrigsten Gesamtkupferaufwandmenge und 250g Cu/ha pro Applikation erzielte vergleichbare Erträge wie alle anderen Kupfervarianten. Kupfereinsparungen waren somit bei gleichwertigem Ertrag möglich, da sich keine der Varianten deutlich von den anderen abhob. In Norddeutschland konnte dieses Ergebnis bestätigt werden. Durch verminderte Aufwandmengen und den Einsatz des Prognosemodells war im Vergleich zur Beratervariante eine Reduktion der Gesamtaufwandmengen an Kupfer von bis zu 25% ohne signifikante Ertragseinbußen möglich.

Bei geringem bis sehr geringem Infektionsdruck konnte der Kupfereinsatz durch die Anwendung des Prognosemodells ÖKOSIMPHYT gezielt angewandt werden, wodurch mindestens eine Applikation eingespart werden konnte. Krankheitsentwicklung und Spritzpausen wurden hierbei sehr gut vorhergesagt, so dass in diesen Jahren auch mit niedrigen Kupfermengen sehr gute Erträge erzielt werden konnten. In extremen Befallsjahren muß eine rechtzeitige protektive Behandlung prognostiziert werden, dies erfolgte 2007 jedoch noch nicht mit der notwendigen Zuverlässigkeit. Hier muß das Modell dringend angepasst bzw. weiter entwickelt werden, denn bei bereits befallenen Beständen und unter hohem Infektionsdruck zeigten selbst kurze Spritzabstände und hohe Aufwandmengen von Kupfer keine ausreichenden Wirkungsgrade mehr.

Während in Jahren mit einem geringen Infektionsdruck die Sortenwahl und das Vorkeimen keine große Bedeutung in der Krautfäulebekämpfung einnahmen, konnte in starken Befallsjahren die Kombination aus den genannten Faktoren mit einer intensiven Bekämpfung der Krautfäule zu deutlichen Ertragssteigerungen führen.

Entwicklung der Entscheidungshilfe ÖKOSIMPHYT

Zur Verbesserung des Prognosesystems ÖKOSIMPHYT wurde das Modell SIMPHYT 3 um ein Modul zur Anzeige von möglichen Spritzunterbrechungen erweitert. Das Modul wurde in SIMPHYT 3 erfolgreich implementiert.

Das Prognosemodell ÖKOSIMPHYT konnte im Rahmen der Projektlaufzeit 2005-2007 erfolgreich im Internet bereitgestellt werden. Die darauf aufbauenden Demonstrationsversuche in 2006 und 2007, die von den Pflanzenschutzdiensten der Länder bundesweit durchgeführt wurden, zeigten, dass auch unter praxisnahen Bedingungen gute Ergebnisse mit einer Optimierung der Kupferbehandlungen unter Anwendung der Ergebnisse des Prognosemodells ÖKOSIMPHYT erzielt werden konnten. Die Resonanz der durchführenden Stelle auf das Kupferminimierungsprojekt und das Prognosemodell war sehr positiv. Da die Vertreter des ökologischen Landbaus häufig aber noch keine oder wenige Erfahrungen auf dem Gebiet von Prognosemodellen haben, besteht noch weiterer Schulungs- und Betreuungsbedarf.

2 Material und Methoden

2.1 PCR-Nachweis von latentem *Phytophthora infestans*- Befall

Da die Ausbreitung des Pathogens im Wirtsgewebe teilweise erheblich vor dem ersten visuellen Auftreten stattfinden kann, wurden kurz nach dem Auflaufen der einzelnen Versuche damit begonnen, wöchentlich Stängelproben molekularbiologisch auf latenten Befall hin zu untersuchen. Dazu wurden Gewebeproben (ca. 100mg) aus dem Stängel entnommen. Die Extraktion der Gewebeproben erfolgte mittels DNeasy Plant Mini Kit von Qiagen. Der PCR-Nachweis auf *P. infestans* wurde modifiziert nach ADLER (2001) und JUDELSON & TOOLEY (2000) durchgeführt.

Zur Bestimmung der latenten Ausgangsdurchseuchung des Pflanzgutes wurden vom jeweiligen Saatgut 47 Knollen nach den gleichen Methoden untersucht. Analog wurden molekularbiologische Untersuchungen zur Bestimmung des Durchseuchungsgrades des Ernteguts herangezogen.

2.2 Regulierung des primären Stängelbefalls mittels Kupferbeizung

Durch die künstliche Inokulation von Pflanzknollen wurde das Auftreten von Primärbefall im Feld sichergestellt. Dazu wurden *Phytophthora*-Isolate von bayerischen Standorten auf künstlichem Nährmedium kultiviert. Von dieser Kultur wurde eine Sporangiensuspension hergestellt, die zur Induktion des Zoosporenschlupfes bei 10°C für 4 Stunden inkubiert wurde. Die Inokulation der Pflanzknollen erfolgte mit einem Impfrevolver (Abbildung 1).



Abb. 1: Inokulation der Pflanzknollen mit dem Impfrevolver

Die Aufwandmenge betrug 50µl/Knolle. Die jeweilige Konzentration an Zoosporen ist bei den entsprechenden Versuchsgliedern in Klammern hinter dem Sortennamen der Pflanzknolle angegeben (Tab.2-5). Es wurde bei allen Versuchen darauf geachtet, dass die Inokulation in ausreichendem Abstand vor der Beizung stattfand. Dies geschah, um die Etablierung des Pathogens in der Pflanzknolle zu gewährleisten.

Um den Beizeffekt auf die Erregerübertragung zu untersuchen, wurden wie bereits etabliert (siehe Abschlussbericht Projekt 03OE553; KEIL et al. 2009), 2 Pflanzknollen in eine Pflanzstelle gelegt (Abbildung 2). Die inokulierte Knolle diente hierbei als Infektionsquelle für die zweite, gesunde

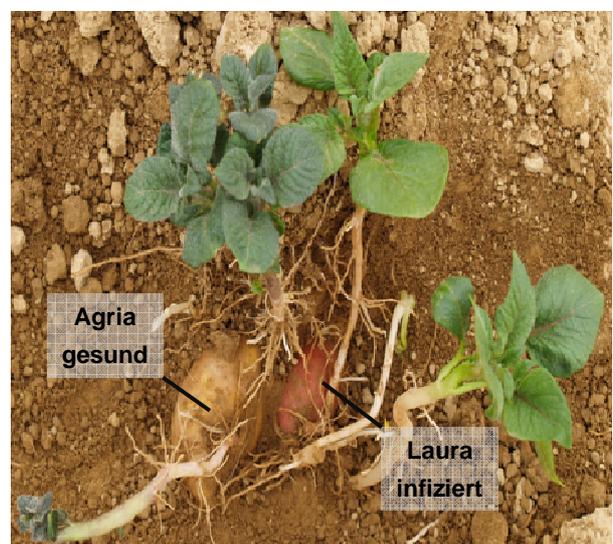


Abb. 2: Versuch zur Erregerübertragung mit 2 Knollen pro Pflanzloch

Knolle. Es wurden beim frühen Termin die Sorten Laura und Krone verwendet, ansonsten Laura und Agria. Die Beizversuche wurden auf den Standorten Puch und Straßmoos, an drei unterschiedlichen Legeterminen, in 4-facher (3-facher bei Termin 1 und 3) Wiederholung mit 6-reihigen Parzellen durchgeführt (Tab. 1).

Tab.1: Legetermine der Beizversuche 2008 und 2009 in Puch und Straßmoos

Legetermin		Versuchsbezeichnung	Inokulation	Beizung	Legen	
					Puch	Straßmoos
2008	früh	Termin 1	03.04.	09.04.	10.04.	14.04.
	normal	Termin 2-1 und 2-2	09.04.	17.04.	28.04.	24.04.
	spät	Termin 3	16.04.	07.05.	14.05.	13.05.
2009	früh	Termin 1	entfiel			
	normal	Termin 2-1 und 2-2	16.04.	20.04.	22.04.	21.04.
	spät	Termin 3	17.04.	20.04.	05.05.	04.05.

Die Beizung mit Cuprozin fl. (48g Reinkupfer/t) erfolgte mittels Ultra-Low-Volume Verfahren (Mantis-Technik). Zur Testung einer alternativen Beizmethode (Simulation der Beizung an der Legemaschine) wurde bei einem Versuchsglied direkt beim Legen eine Beizung mittels Spritzschirm vorgenommen (Tabellen 2 – 5).

Tab. 2: Varianten des Beizversuchs **Termin 1** mit 2 Knollen/Pflanzloch

VG 1 (Kontrolle)	Krone infiziert (800)	+ Agria
VG 2	Krone infiziert (800) gebeizt	+ Agria gebeizt
VG 3	Krone infiziert (800)	+ Agria gebeizt
VG 4	Krone infiziert (800)	+ Agria gebeizt mittels Spritzschirm

Tab. 3: Varianten des Beizversuchs **Termin 2-1** mit 1 Knolle/Pflanzloch

VG 1 (Kontrolle)	Agria
VG 2	Agria infiziert (50)
VG 3	Agria infiziert (50) gebeizt

Tab. 4: Varianten des Beizversuchs **Termin 2-2** mit 2 Knollen/Pflanzloch

VG 1 (Kontrolle)	Laura infiziert (200)	+ Agria
VG 2	Laura infiziert (200) gebeizt	+ Agria gebeizt
VG 3	Laura infiziert (200) gebeizt	+ Agria
VG 4	Laura infiziert (200)	+ Agria gebeizt
VG 5	Laura infiziert (200)	+ Agria gebeizt mittels Spritzschirm

Tab. 5: Varianten des Beizversuchs **Termin 3** mit 2 Knollen/Pflanzloch

VG 1 (Kontrolle)	Laura infiziert (800)	+ Agria
VG 2	Laura infiziert (800) gebeizt	+ Agria gebeizt
VG 3	Laura infiziert (800)	+ Agria gebeizt
VG 4	Laura infiziert (800)	+ Agria gebeizt mittels Spritzschirm

Es wurde wöchentlich auf Stängel- und Blattbefall, später Nekrosen/Chlorosen bonitiert. Ertrag und Stärkegehalt der Ernteknollen wurden durch eine Kernbeerntung der Reihen 3 und 4 erhoben. Die statistische Auswertung erfolgte in allen Versuchen über Duncan's Multiple-Range-Test (MRT-Test).

2.3 Tensiometerversuche zur Eingrenzung der Bedingungen für das Auftreten von Primärbefall

An den Standorten Puch und Straßmoos wurden Tensiometer und Temperaturfühler im Kartoffeldamm installiert. Somit sollte eine Korrelation zwischen Feuchte und Temperatur mit dem Auftreten des Primärbefalls ermöglicht werden. Die Sensoren wurden sowohl auf Knollenhöhe als auch am Dammgrund installiert (Abbildung 3).

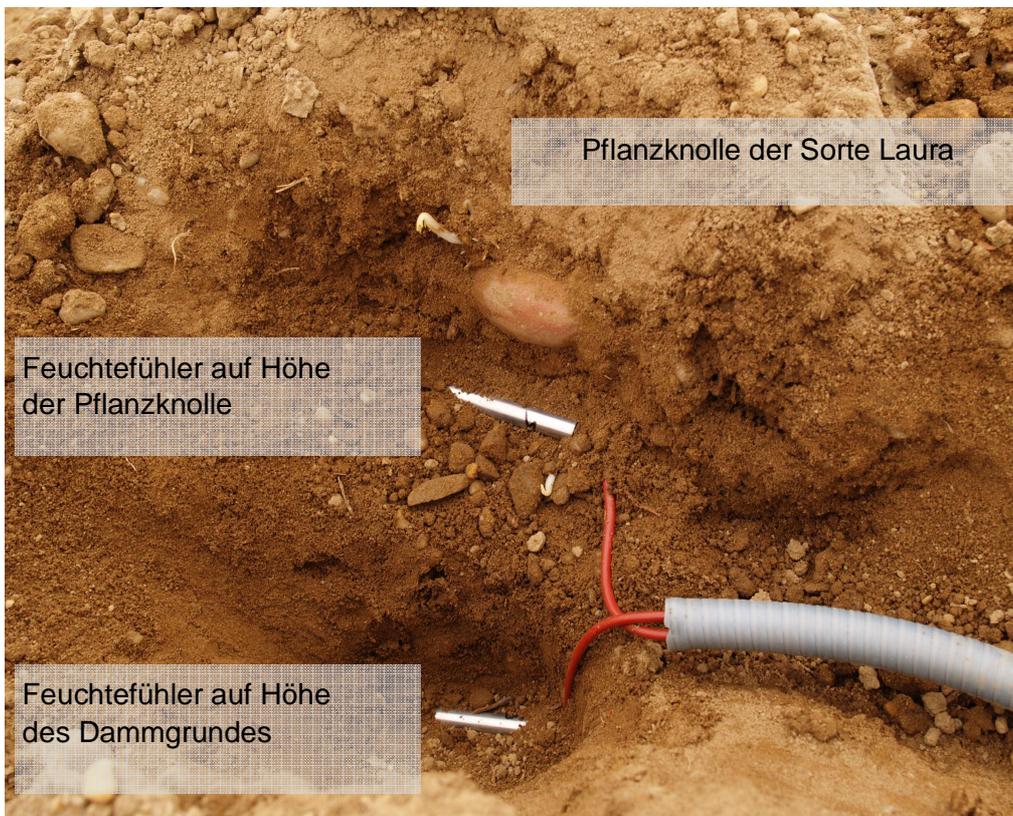


Abb. 3: Tensiometeranordnung

2.4 Kupferminimierungsstrategien im Freiland

Die Fungizidversuche zur Kontrolle des Sekundärbefalls wurden jeweils an drei Standorten in 4-facher Wiederholung mit 6-reihigen Parzellen angelegt. Die Tabellen 6 und 7 geben eine Übersicht über die Standorte, Sorten und die eingesetzten Fungizide an der LfL und dem JKI.

Tab. 6: Übersicht der Versuchsstandorte der LfL 2008-2009

Jahr	Versuchsstandorte	Sorte	getestete Fungizide
2008	Puch	Ditta	Cuprozin flüssig Phytopharm SPU 2700
	Straßmoos	Ditta	
	Geltendorf	Baril	
2009	Puch	Ditta	Cuprozin flüssig SPU 2700
	Straßmoos	Ditta	
	Petzenhofen	Ditta	

Tab. 7: Übersicht der Versuchsstandorte am JKI 2008-2009

Jahr	Versuchsstandorte	Sorte	getestete Fungizide
2008	Braunschweig	Ditta	Cuprozin flüssig SPU 2700 Cuprozin fl.+Nu-FilmP
	Ahlum	Ditta, Princess, Finka	
	Bad Salzuflen	Ditta	
2009	Barnstedt	Ditta	Cuprozin flüssig SPU 2700 Cuprozin fl.+Nu-Film-P
	Ahlum	Ditta, Princess, Finka	
	Bad Salzuflen	Ditta	

Es wurden folgende Kupferaufwandmengen und Spritzabstände im Modell ÖKOSIMPHYT verwendet (Tabelle 8).

Tab. 8: Spritzabstand und Kupfermenge abhängig vom Infektionsdruck nach ÖKOSIMPHYT (in Klammern die Anpassungen für VG 6 und VG 7 bis zur Vollblüte)

Infektionsdruck	Spritzabstand [Tage]	Kupfermenge [g/ha]
sehr niedrig	12	250
niedrig	10	250 (500 bis Vollblüte VG 6+7)
mittel	8 (7 bis Vollblüte VG 6+7)	500
hoch	6 (5 bis Vollblüte VG 6+7)	750
sehr hoch	4 (3 bis Vollblüte VG 6+7)	750

Applikationsvarianten der LfL

Jährlich wurden 10 Applikationsvarianten in 4-facher Wiederholung mit 6-reihigen Parzellen, d.h. vier Versuchs- und zwei Randreihen getestet. (Tabellen 9 und 10).

Tab. 9: Applikationsvarianten 2008 an der LfL, Spritzabstand nach ÖKOSIMPHYT

Kernvarianten	
VG 1	Unbehandelte Kontrolle
VG 2	Kupfermenge variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck
VG 3	Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu
VG 4	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu
VG 5	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu - Applikation mit Doppelflachstrahldüsen
VG 6	Kupfermenge variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck Höhere Kupfermengen und kürzere Spritzabstände vor Vollblüte
VG 7	Kupfermenge variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck Höhere Kupfermengen und kürzere Spritzabstände vor Vollblüte Applikation mit Doppelflachstrahldüsen
VG 8	Erstapplikation variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck Feste Aufwandmenge 500g Cu vor Vollblüte / 250g Cu nach Vollblüte
VG 9	Neue Kupferformulierung SPU 2690 (=SPU2700)
VG 10	Phytocare (Federmohnextrakt) 0.5%ig

Tab. 10: Applikationsvarianten 2009 an der LfL, Spritzabstand nach ÖKOSIMPHYT

Kernvarianten	
VG 1	Unbehandelte Kontrolle
VG 2	Kupfermenge variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck
VG 3	Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu
VG 4	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu
VG 5	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu -Applikation mittels DF-Düsen
VG 6	Kupfermenge variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck Applikation mittels DF-Düsen Höhere Kupfermengen und kürzere Spritzabstände vor Vollblüte
VG 7	Kupfermenge variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck - Spritzstart SIMBLIGHT
VG 8	SPU 2700 (= SPU 2690) - Feste Aufwandmenge 450g/ha Cu
VG 9	SPU 2700 (= SPU 2690) - Kupfermenge variabel (150g/ha – 450g/ha nach Infektionsdruck)
VG 10	Gebeizte Pflanzknollen - Kupfermenge variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck

Die Applikation der Kupferpräparate erfolgte an der LfL mit einer pressluftgetriebenen Rückenspritze und einem 4,5m langen Spritzgestänge. Die Wasseraufwandmenge betrug bei allen Varianten 400l/ha bei einem Arbeitsdruck von 2,5bar. Es wurden Düsen des Typs Airmix 110-04 verwendet. Ergänzend wurden Doppelflachstrahldüsen des Typs AVI-TWIN 110-04 eingesetzt (DF-Düsen).

Es wurde wöchentlich auf Stängel- und Blattbefall (Befallshäufigkeit und -stärke), später auf Nekrosen/Chlorosen bonitiert. Ertrag und Stärkegehalt der Ernteknollen wurden durch eine Kernbeerntung der Reihen 3 und 4 erhoben. Die statistische Auswertung erfolgte sofern nicht anders angegeben mittels STATGRAPHICS über Duncan´s Multiple-Range-Test (MRT-Test).

Applikationsvarianten des JKI

Die 10 Kernvarianten wurden am JKI in abgewandelter Form in 4-facher Wiederholung mit 6-reihigen Parzellen, d.h. vier Versuchs- und zwei Randreihen getestet. (Tabellen 11 und 12).

Tab. 11: Applikationsvarianten 2008 am JKI, Spritzabstand nach ÖKOSIMPHYT

Kernvarianten	
VG 1	Unbehandelte Kontrolle
VG 2	Kupfermenge variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck
VG 3	Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu
VG 4	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu
VG 5	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu - Applikation mit Doppelflachstrahldüsen
VG 6	Kupfermenge variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck Höhere Kupfermengen und kürzere Spritzabstände vor Vollblüte
VG 7	Kupfermenge variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck Höhere Kupfermengen und kürzere Spritzabstände vor Vollblüte Applikation mit Doppelflachstrahldüsen
VG 8	Erstapplikation variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck – Spritzstart SIMBLIGHT
VG 9	Neue Kupferformulierung SPU 2690 (=SPU2700)
VG 10	Feste Aufwandmenge 250g/ha Cu

Tab. 12: Applikationsvarianten 2009 am JKI, Spritzabstand nach ÖKOSIMPHYT

Kernvarianten	
VG 1	Unbehandelte Kontrolle
VG 2	Kupfermenge variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck
VG 3	Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu
VG 4	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu
VG 5	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu -Applikation mittels DF-Düsen
VG 6	Kupfermenge variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck Applikation mit Doppelflachstrahldüsen
VG 7	Kupfermenge variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck Höhere Kupfermengen und kürzere Spritzabstände vor Vollblüte
VG 8	Kupfermenge variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck – Spritzstart SIMBLIGHT
VG 9	SPU 2700 (= SPU 2690) -Feste Aufwandmenge 450g/ha Cu
VG 10	Feste Aufwandmenge 250g/ha Cu

Die Applikation der Kupferpräparate erfolgte mit einer motorgetriebenen Rückenspritze und einem 3m langen Spritzgestänge. Die Wasseraufwandmenge betrug bei allen Varianten 450 l/ha bei einem Arbeitsdruck von 2,5 bar (3,0bar bei den DF-Düsen). Es wurden Düsen des Typs Lechler IDK 120-04 und Albuz AVI-TWIN 110 040 (DF) verwendet.

Zu den angegebenen Terminen wurde für jede Parzelle die Befallsstärke nach der EPPO Richtlinie PP 1/2 (3) visuell bonitiert. Anhand von zehn Pflanzen aus der Kernparzelle wurde die Befallshäufigkeit erfasst, bis diese 10% überstieg. Die Ertragsermittlung erfolgte durch Kernbeerntung der Versuchsparzellen (12,0 x 1,5 m). Anschließend wurde die marktfähige Ware (>30 mm, <60 mm) fraktioniert. Die statistische Verrechnung erfolgte mittels STATGRAPHICS Plus 5.0. Die Auswertung der Daten bei einer Abweichungen von der Normalverteilung wurde über einen Vergleich der Mediane mittels eines nichtparametrischen Tests durchgeführt. Normalverteilte Daten wurden in einer Varianzanalyse über die Tukey-Testprozedur verglichen. Die Ertragsdaten wurden über die Benutzeroberfläche FELD-VA des SAS-Systems verglichen.

Zusätzlich zu den Kernvarianten wurden an den Standorten Ramlingen und Barnstedt die Versuche mit reduzierten Aufwandmengen bei wöchentlicher Applikation von Cuprozin fl. weitergeführt (Tabelle13).

Tab.13: Varianten mit festen wöchentlichen Behandlungen

VG	Pflanzenschutzmittel	Spritzabstand
11	Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu	wöchentlich
12	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu	
13	Feste Aufwandmenge 250g/ha Cu	
14	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu + Nu-Film-P (0,3l/ha)	

Zur Quantifizierung der Dauerwirkung einer Kupferapplikation wurden 2008 Varianten mit gestaffelten Kupferapplikationen durchgeführt. Auf Grund der Erfahrungen der letzten Jahre wurde nur mit einer Aufwandmenge von 750 g Cu/ha gearbeitet. Es wurden 2, 3 und 4-malige Behandlungen bei wöchentlicher Applikation verglichen (Tabelle 14).

Tab. 14: Untersuchungen zur Dauerwirkung von Cu

VG	Pflanzenschutzmittel	Spritzabstand
15	2 x Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu	wöchentlich
16	3 x Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu	
17	4 x Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu	

Am Standort Ahlum fanden 2008 und 2009 Versuche zur Überprüfung der Wechselwirkung zwischen Sortenwahl und Kupferbehandlung statt (Tabelle 15). Hierzu wurden drei Behandlungsvarianten in drei Sorten (Tabelle 16) aus unterschiedlichen Reifegruppen geprüft. Innerhalb dieses Versuches war auch der Einfluss des Vorkeimens auf den Befallsverlauf von *P. infestans* eine Versuchsfrage. Hierfür wurde ein Teil des Pflanzgutes der Sorte Ditta 5 Wochen vor dem Pflanztermin im Dunklen bei ca. 12°C bis zu einer Keimlänge von ca. 5cm gelagert. Anschließend wurden die Kartoffeln bis zur Auspflanzung belichtet und ausgepflanzt, nachdem sich stabile Lichtkeime entwickelt hatten. Die nicht vorgekeimten Kartoffeln wurden 2 Wochen vor dem Legen bei Sonnenlicht in Keimstimmung gebracht.

Tab. 15: Versuchsvarianten Standort Ahlum 2008 und 2009, Sorten Ditta, Princess, Finka

VG	Pflanzenschutzmittel	Spritzabstand
1	Unbehandelte Kontrolle	
2	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu	wöchentlich
3	Kupfermenge variabel (250g/ha – 750g/ha) nach Infektionsdruck	nach ÖKOSIMPHYT (in Abhängigkeit vom Infektionsdruck)

Tab.16: Kartoffelsorten (lt. Beschreibende Sortenliste sowie eigene Beobachtungen)

	Ditta	Princess	Finka
Anfälligkeit für Krautfäule	mittel	mittel	mittel- gering
Anfälligkeit für Knollenfäule	gering - mittel	gering- mittel	gering
Reifegruppe	mittelfrüh	früh	sehr früh
Knollenertrag	hoch	niedrig	mittel
Kochtyp HKVO	fest	fest	vorwiegend fest

2.5 Entwicklung der Entscheidungshilfe ÖKOSIMPHYT

Versuchsjahr 2008

Zur Erprobung des Prognosesystems ÖKOSIMPHYT für den ökologischen Kartoffelbau wurden im Versuchsjahr 2008 14 bundesweite Feldversuche angelegt. Fünf Versuche waren als 4-gliedrige und sieben Versuche als 3-gliedrige Demo-Versuche angelegt. Zwei Versuche wurden als Praxisversuche mit einem Versuchsglied durchgeführt. Beteiligte Bundesländer waren Niedersachsen mit fünf, Bayern mit vier und Nordrhein-Westfalen mit zwei Demo-Versuchen sowie Rheinland-Pfalz, Hessen und Sachsen mit jeweils einer Versuchsanlage (Tabelle 17). Des Weiteren wurden sechs weitere Öko-Kartoffelschläge in die Auswertung (SIMPHYT1) mit

einbezogen, die regelmäßig auf ein Erstaufreten der Krautfäule bonitiert wurden (Tab. 18). Der Versuchsaufbau und die Befallserhebungen zur Feststellung des Erstaufretens und der Befallsentwicklung der Krautfäule wurden analog zu den Demoversuchen 2006 und 2007 durchgeführt (siehe Abschlussbericht 2007).

Tab. 17: Übersicht der ÖKOSIMPHYT-Demoversuche 2008

Bundesland	Gemeinde	Wetterstation	Versuchsglieder**	Sorte	Auflauf
HE	Grebenstein/Frankenhausen	Kassel	1,2,3,4	Laura	18.05.08
NI	Klein Hilligsfeld	Börry*	1,2,3,4	Princess	27.05.08
RP	Abtweiler	Meddersheim	1,2,3,4	Agria	29.05.08
NW	Batenhorst	Gütersloh	1,2,3,4	Cilena	25.05.08
NW	Hennef/Sieg	Bonn-Roleber	1,2,3,4	Nicola	20.05.08
NI	Ahlum	Braunschweig	1,2,3	Ditta	19.05.08
NI	Ahlum	Braunschweig	1,2,3	Finka	17.05.08
NI	Ahlum	Braunschweig	1,2,3	Princess	19.05.08
BY	Fürstenfeldbruck/ Puch	Puch	1, 3,4	Ditta	02.06.08
BY	Geltendorf	Puch	1, 3,4	Baril	26.05.08
BY	Burgheim-Straß, Straßmoos	Burgheim	1, 3,4	Ditta	01.06.08
BY	Scheyern	Baumannshof	1, 3,4	Nicola	26.05.08
NI	Scharnhorst/ Endeholz	Langwedel	4	Agria	10.05.08
SN	Wilsdruff	Grumbach	3	Nicola	31.05.08
** VG1 unbehandelte Kontrolle VG2 Standardvariante 500 g/ha Cu/Woche VG3 Cuprozin fl. variabel 250, 500, 750 g/ha Cu, Spritzabstand nach Modell VG4 Cuprozin fl. 500 g/ha, 500 g/ha Cu nach Modellberechnung					

(*ab dem 18.07. wurde die Wetterstation Poppenburg verwendet)

Tab. 18: Zusätzliche Kartoffelschläge, bei denen das Erstaufreten der Krautfäule ermittelt wurde und die in die SIMPHYT1-Auswertung aufgenommen wurden

Bundesland	Gemeinde	Wetterstation	Nur Erstaufreten ermittelt	Sorte	Auflauf
NI	Burgdorf	Dasselbruch		Ditta	15.05.08
NI	Barnstedt	Wendisch Evern		Ditta	23.05.08
RP	Urbar	Grenzau		Princess	23.05.08
RP	Urbar	Grenzau		Princess	23.05.08
RP	Simmern	Grenzau		Krone	04.06.08
RP	Niederwerth	Grenzau		Annabelle	10.05.08

Versuchsjahr 2009

Im Jahr 2009 wurden 10 bundesweite Feldversuche angelegt. Fünf Versuche waren als 4-gliedrige, vier Versuche als 3-gliedrige und 1 Versuch als 2-gliedrige Demo-Versuche angelegt. Beteiligte Bundesländer waren Niedersachsen mit zwei, Bayern mit drei und Nordrhein-Westfalen mit zwei Demo-Versuchen sowie Rheinland-Pfalz, Hessen und Brandenburg mit jeweils einer Versuchsanlage. Der Versuchsaufbau und die Befallserhebungen zur Feststellung des Erstauftretens und der Befallsentwicklung der Krautfäule wurden analog zu den Demoversuchen 2006 bis 2008 durchgeführt (siehe Abschlussbericht 2007). Eine Übersicht der Versuchsstandorte gibt Tabelle 19.

Tab. 19: Übersicht der ÖKOSIMPHYT-Demoversuche 2009

Bundesland	Gemeinde	Wetterstation	Versuchsglieder**	Sorte	Auflauf
HE	Kassel	Kassel	1,2,3,4	Laura	22.05.09
NI	Coppernbrügge	Börry	1,2,3,4	Princess	15.05.09
RP	Rheda-Wiedenbrück	Gütersloh	1,2,3,4	Solara	12.05.09
NW	Hennef	Köln-Auweiler	1,2,3,4	Nicola	11.05.09
NW	Abtweiler	Meddersheim	1,2,3,4	Ditta	21.05.09
NI	Ahlum	Braunschweig	1,2,3	Princess	15.05.09
NI	Schmiechen	Puch	1, 3,4	Ditta	15.05.09
NI	Fürstfeldbruck/ Puch	Puch	1, 3,4	Ditta	25.05.09
BY	Straßmoos	Burgheim	1, 3,4	Ditta	22.05.09
BY	Frankfurt/Oder OT Kliestow	Manschnow	1, 3	Adretta	12.05.09
** VG1 unbehandelte Kontrolle VG2 Standardvariante 500 g/ha Cu/Woche VG3 Cuprozin fl. variabel 250, 500, 750 g/ha Cu, Spritzabstand nach Modell VG4 Cuprozin fl. 500 g/ha, 500 g/ha Cu nach Modellberechnung					

3. Ergebnisse

3.1 Detaillierte Darstellung der Ergebnisse

3.1.1 Ermittlung der Ausgangsdurchseuchung des Pflanzmaterials

Bei der molekularbiologischen Untersuchung des Pflanzgutes konnte 2008 in allen Partien ein latenter Befall mit *Phytophthora infestans* detektiert werden (Tabelle 20). 2009 wurde in 4 von 6 Partien ein latenter Befall detektiert.

Tab. 20: Ermittelte latenter Ausgangsbefall der getesteten Pflanzknollen 2008 und 2009 (n=47)

Sorte	Versuch	Ausgangsbefall [%]	
2008	Agria	Beizversuche (Termine 2-1, 2-2 und 3)	17
	Baril	Applikationsversuch Geltendorf	17
	Ditta	Applikationsversuche Puch und Straßmoos	2
	Krone	Beizversuche (Termin 1)	11
	Laura	Beizversuche (alle)	15
2009	Agria	Beizversuche (Termine 2-1, 2-2 und 3)	11
	Laura	Beizversuche (Termine 2-2 und 3)	4
	Ditta	Applikationsversuche Puch	0
	Ditta	Applikationsversuche Straßmoos	0
	Ditta	Applikationsversuch Schmiechen	2
	Maxilla	Nicht in den Versuchen verwendet	38

3.1.2 Beizversuche

Auswirkungen einer Kupferbeizung auf das Auflaufverhalten

Der Auflauf gesunder (nicht künstlich inokulierter) Pflanzknollen wurde durch eine Beizung mittels ULV-Technik 2008 signifikant verbessert. Die Beizung mittels Spritzschirm hatte hingegen nur geringfügige, nicht signifikante Auswirkungen (Tabelle 21).

Tab. 21: Auflauf gesunder Knollen nach einer Kupfer-Beizung 2008 (p<0.05)

	Auflauf [%]		
	Mittelwert	Standardabweichung	
Agria	89,5	7,7	a
Agria gebeizt	97,4	2,5	b
Agria gebeizt mit Spritzschirm	91,7	8,6	a
Krone	84,7	7,9	a
Krone gebeizt	94,2	6,9	b
Krone gebeizt mit Spritzschirm	86,0	8,8	a

Bei den Versuchen 2009 wurde der Auflauf durch eine Beizung nicht signifikant beeinflusst. (Tabelle 22).

Tab. 22: Auflauf gesunder Knollen nach einer Kupfer-Beizung 2009 ($p < 0.05$)

	Auflauf [%]		
	Mittelwert	Standardabweichung	
Agria	99,4	1,7	a
Agria gebeizt	98,1	3,1	a
Agria gebeizt mit Spritzschirm	98,7	1,9	a

Die Beizung latent infizierter Knollen der Sorte Agria verbesserte den Auflauf 2008 um 1,3%, bei der Sorte Laura kam es zu einem Rückgang um 5,2% (Tabelle 23).

Tab. 23: Auflauf latent infizierter Knollen nach einer Kupfer-Beizung 2008 ($p < 0.05$)

	Auflauf [%]		
	Mittelwert	Standardabweichung	
Agria inokuliert (50 Zoosporen)	86,9	11,8	n.s.
Agria inokuliert (50 Zoosporen)+ gebeizt	88,2	5,9	n.s.
Laura inokuliert (200 Zoosporen)	89,0	5,7	n.s.
Laura inokuliert (200 Zoosporen)+ gebeizt	83,8	10,2	n.s.

Im Jahr 2009 konnte durch die Beizung latent infizierter Knollen der Sorte Agria deren Auflauf signifikant um 6,5% verbessert werden (Tabelle 24).

Tab. 24: Auflauf latent infizierter Knollen nach einer Kupfer-Beizung 2009 ($p < 0.05$)

	Auflauf [%]		
	Mittelwert	Standardabweichung	
Agria inokuliert (50 Zoosporen)	90,9	4,5	a
Agria inokuliert (50 Zoosporen)+ gebeizt	97,4	1,9	b

Einfluss einer Beizung auf den Primärbefall an latent infizierten Pflanzknollen

Zur Auswertung wurden stets nur die ersten 3 Bonituren nach dem Erstauftreten von Stängelbefall gewertet, da später auftretende Stängelinfektionen zum größten Teil von Sekundärbefällen herrühren. Nicht aufgelaufene Pflanzen wurden positiv auf Stängelbefall hin gewertet und flossen somit in die Berechnung der Befallshäufigkeit mit ein.

Im Versuchsansatz 2-1 wurde untersucht, welchen Effekt eine Kupferbeizung auf den primären Stängelbefall an zuvor künstlich inokulierten Pflanzknollen hatte. Als Negativkontrolle wurden gesunde, unbehandelte Knollen gepflanzt.

Versuchsjahr 2008

Die Witterungsbedingungen 2008 am Standort Straßmoos waren für die Entwicklung von *Phytophthora infestans*-Primärinfektionen nicht förderlich. Es kam bei den meisten Versuchen nur zu geringem primärem Stängelbefall, der von sekundären Infektionen überdeckt wurde. Diese Versuche sind daher keinesfalls repräsentativ und werden an dieser Stelle nicht aufgeführt. Da die Ausgangsdurchseuchung des Pflanzgutes 2008 sehr hoch war (siehe Tabelle 20), kam es auch bei diesen Negativkontrollen zu einer hohen Befallshäufigkeit. Statistisch gab es daher keine Unterschiede zwischen den Befallsverläufen.

Am Standort Puch zeigten die gebeizten Knollen einen niedrigeren Befall als die ungebeizten (Tabelle 25).

Tab. 25: Stängelbefall (BH % und AUDPC-Werte) an der Agria (Termin 2-1, Puch)

Beizvarianten		Boniturdatum			AUDPC (p<0.05)	
		16.06.	23.06.	01.07.		
VG 1	Agria	2,3	10,8	52,3	297,7	a
VG 2	Agria inokuliert (50)	16,8	25,1	49,3	444,5	a
VG 3	Agria inokuliert (50) + gebeizt	14,1	20,7	53,6	418,8	a

Am Standort Straßmoos wiesen die infizierten Knollen den geringsten Befall auf. Der höchste Befall wurde an den Negativkontrollen erhoben, was den starken Ausgangsbefall des Pflanzgutes belegt (Tabelle 26). Die gebeizten Knollen zeigten hier einen höheren Befall als die ungebeizten.

Tab. 26: Stängelbefall (BH % und AUDPC-Werte) an der Agria (Termin 2-1, Straßmoos)

Beizvarianten		Boniturdatum			AUDPC (p<0.05)	
		24.06.	30.06.	08.07.		
VG 1	Agria	9,3	13,0	14,1	175,0	a
VG 2	Agria infiziert (50)	10,5	10,5	10,5	147,0	a
VG 3	Agria infiziert (50) + gebeizt	10,5	11,7	11,7	160,3	a

Die Erträge, sowie der Stärkegehalt und die Sortierung der Ernteknollen beider Versuchsstandorte zum Termin 2-1 sind in den Tabellen 27 und 28 wiedergegeben. An keinem der beiden Versuchsstandorte gab es signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgliedern bezüglich Stärkegehalt oder Ertrag. Die Erträge in Straßmoos lagen insgesamt höher als in Puch, wo die gebeizte Variante den höchsten Gesamtertrag hervorbrachte. Den niedrigsten Ertrag mit dem geringsten Stärkegehalt lieferten hier die ungebeizten, inokulierten Pflanzknollen (Tabelle 27).

Tab. 27: Ertrag, Stärkegehalt und Sortierung der Ernteknollen des Versuches 2-1 (Puch)

Beizvarianten		Ertrag relativ [%]	Stärkegehalt [%]	Größensortierung [%]		
				<35 mm	35-55 mm	>55 mm
VG 1	Agria	273dt/ha = 100 a	12,6 a	13	74	14
VG 2	Agria inokuliert (50)	97 a	12,4 a	4	54	42
VG 3	Agria inokuliert (50) + gebeizt	102 a	12,6 a	5	58	37

Am Standort Straßmoos erreichten die ungebeizten, inokulierten Pflanzknollen den höchsten Ertrag, hatten jedoch die niedrigsten Stärkegehalte (Tabelle 28).

Tab. 28: Ertrag, Stärkegehalt und Sortierung der Ernteknollen des Versuches 2-1 (Straßmoos)

Beizvarianten		Ertrag relativ [%]	Stärkegehalt [%]	Größensortierung [%]		
				<35 mm	35-55 mm	>55 mm
VG 1	Agria	447dt/ha = 100 a	12,8 a	3	70	27
VG 2	Agria inokuliert (50)	109 a	12,5 a	1	42	57
VG 3	Agria inokuliert (50) + gebeizt	108 a	12,9 a	2	49	49

Versuchsjahr 2009

Im Versuchsjahr 2009 entwickelte sich an beiden Standorten die Epidemie nach dem Auftreten des primären Stängelbefalls so schnell, dass die Versuchsauswertung nur 2 Wochen lang vorgenommen werden konnte, da der Bestand zusammenbrach.

Am Standort Puch zeigten die gebeizten Knollen einen geringfügig niedrigeren Befall als ungebeizte (Tabelle 29).

Tab. 29: Stängelbefall (BH % und AUDPC-Werte) an der Agria (Termin 2-1, Puch)

Beizvarianten		Boniturdatum			AUDPC (p<0.05)	
		22.06.	29.06.	06.07.		
VG 1	Agria	0,0	5,0	47,5	183,8	a
VG 2	Agria inokuliert (50)	0,0	5,0	57,5	260,8	a
VG 3	Agria inokuliert (50) + gebeizt	0,0	6,7	58,3	236,4	a

Am Standort Straßmoos wiesen die infizierten Knollen den deutlich höchsten Befall auf (Tabelle 30).

Tab. 30: Stängelbefall (BH % und AUDPC-Werte) an der Agria (Termin 2-1, Straßmoos)

Beizvarianten		Boniturdatum			AUDPC (p<0.05)	
		30.06.	07.07.	13.07.		
VG 1	Agria	0,0	15,0	13,8	89,9	a
VG 2	Agria inokuliert (50)	0,0	17,5	20,0	160,1	b
VG 3	Agria inokuliert (50) + gebeizt	0,0	12,5	13,8	97,9	ab

Die niedrigsten Befallsraten traten bei beiden Standorten stets an der gesunden Kontrolle auf. Im Durchschnitt der beiden Versuche lag der Befall an den gebeizten Knollen um 24,1% ($\pm 20,9\%$) niedriger als bei den ungebeizten.

Die Erträge, sowie der Stärkegehalt und die Sortierung der Ernteknollen beider Versuchsstandorte zum Termin 2-1 sind in den Tabellen 31 und 32 wiedergegeben. An keinem der beiden Versuchsstandorte gab es signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgliedern bezüglich Stärkegehalt oder Ertrag.

Tab. 32: Ertrag, Stärkegehalt und Sortierung der Ernteknollen des Versuches 2-1 (Puch)

		Ertrag relativ [%]	Stärke- gehalt [%]	Größensortierung [%]		
				<35 mm	35-55 mm	>55 mm
VG 1	Agria	300dt/ha = 100 a	11,1 a	9	82	9
VG 2	Agria inokuliert (50)	102 a	11,2 a	5	82	13
VG 3	Agria inokuliert (50) + gebeizt	98 a	11,1 a	7	85	8

Tab. 32: Ertrag, Stärkegehalt und Sortierung der Ernteknollen des Versuches 2-1 (Straßmoos)

		Ertrag relativ [%]	Stärke- gehalt [%]	Größensortierung [%]		
				<35 mm	35-55 mm	>55 mm
VG 1	Agria	371dt/ha = 100 a	11,9 a	5	82	13
VG 2	Agria inokuliert (50)	100 a	12,6 a	4	59	38
VG 3	Agria inokuliert (50) + gebeizt	104 a	11,9 a	4	75	21

Im Vergleich wurden im Versuchsjahr 2009 am Standort Straßmoos höhere Erträge mit einem höheren Stärkegehalt erzielt.

Einfluss einer Beizung auf den Primärbefall durch Infektionsübertragung

Durch die „2-Knollen-pro-Pflanzloch“-Strategie wurde in den Versuchen 1, 2-2 und 3 überprüft, ob durch eine Kupferbeizung die Erregerfreisetzung und -übertragung gehemmt wird, und somit das Auftreten von primärem Stängelbefall reguliert werden kann.

Versuchsjahr 2008

Am Standort Puch zeigten sich beim frühen Legetermin keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgliedern (Tabelle 33). Die Befallsverläufe entwickelten sich bei allen Varianten auf gleiche Weise. Der Grund hierfür liegt möglicherweise in dem hohen Ausgangsbefall aller Pflanzknollen. Der niedrigste Stängelbefall wurde in VG 2 erhoben. Den höchsten Befall hatte das Versuchsglied 3 mit der gebeizten Krone neben der inokulierten Laura.

Tab. 33: Stängelbefall (BH % und AUDPC-Werte) an der Krone (Termin 1, Puch)

Beizvarianten		Boniturdatum			AUDPC (p<0.05)	
		16.06.	23.06.	01.07.		
VG 1	Laura inokuliert (200) + Krone	11,0	11,0	14,1	177,4	a
VG 2	Laura inokuliert (200) gebeizt + Krone gebeizt	4,3	10,7	20,0	175,2	a
VG 3	Laura inokuliert (200) + Krone gebeizt	10,3	11,9	23,4	219,0	a
VG 4	Laura inokuliert (200) + Krone gebeizt (Spritzschirm)	10,3	12,0	19,4	203,3	a

Am frühen Legetermin kam es am Standort Straßmoos nur zu sehr geringem primärem Stängelbefall. Die erhobenen Unterschiede ergaben sich vorrangig aus dem Prozentsatz der Pflanzknollen, die aufgrund einer primären Infektion nicht aufgelaufen waren (Tabelle 34). Die Beizvariante mit der Spritzschirmapplikation konnte sich statistisch nicht von der Kontrolle abheben. Die Versuchsglieder mit ULV-Beizung zeigten deutlich niedrigere Befallsverläufe. Der Stängelbefall wurde durch die alleinige Beizung der gesunden Knolle am besten unterdrückt.

Tab. 34: Stängelbefall (BH % und AUDPC-Werte) an der Krone (Termin 1, Straßmoos)

Beizvarianten		Boniturdatum			AUDPC (p<0.05)	
		24.06.	30.06.	08.07.		
VG 1	Laura inokuliert (200) + Krone	19,7	19,7	20,9	280,3	a
VG 2	Laura inokuliert (200) gebeizt + Krone gebeizt	4,0	7,1	4,0	77,9	bc
VG 3	Laura inokuliert (200) + Krone gebeizt	3,0	3,0	3,0	42,0	c
VG 4	Laura inokuliert (200) + Krone gebeizt (Spritzschirm)	17,7	17,7	17,7	247,3	ab

Beim normalen Legetermin 2 zeigte sich, wie bereits beim frühen Legetermin, am Standort Puch keine signifikanten Unterschiede im Befallsverlauf (Tabelle 35). Auch hier wies die Kontrolle nur einen sehr geringen Befall auf. Die Beizung der infizierten Laura konnte Stängelbefall am wenigsten verhindern.

Tab. 35: Stängelbefall (BH % und AUDPC-Werte) an der Agria (Termin 2-2, Puch)

Beizvarianten		Boniturdatum			AUDPC (p<0.05)	
		16.06.	23.06.	01.07.		
VG 1	Laura inokuliert (200) + Agria	7,8	7,9	20,8	169,8	a
VG 2	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria gebeizt	2,0	5,6	32,9	189,8	a
VG 3	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria	9,8	13,2	27,0	241,0	a
VG 4	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt	3,5	5,9	20,5	138,2	a
VG 5	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt (Spritzschirm)	3,3	9,3	26,3	186,5	a

Am Standort Straßmoos kam es analog zur Situation beim Termin 1 nur zu sehr geringem primärem Stängelbefall. Die erhobenen Unterschiede ergaben sich auch hier daher vorrangig aus dem Prozentsatz der Pflanzknollen, die aufgrund einer primären Infektion nicht aufgelaufen waren (Tabelle 36). Der höchste Befall wurde hier nach der Beizung mittels Spritzschirm erhoben. Einen signifikant besseren Schutz vor Stängelbefall gewährleistete die Beizung beider Pflanzknollen.

Tab. 36: Stängelbefall (BH % und AUDPC-Werte) an der Agria (Termin 2-2, Straßmoos)

Beizvarianten		Boniturdatum			AUDPC (p<0.05)	
		24.06.	30.06.	08.07.		
VG 1	Laura inokuliert (200) + Agria	8,3	8,3	9,5	120,4	ab
VG 2	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria gebeizt	0,0	1,3	0,0	8,8	b
VG 3	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria	6,8	9,1	7,9	115,9	ab
VG 4	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt	1,5	1,5	1,5	21,0	ab
VG 5	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt (Spritzschirm)	10,5	10,5	10,5	147,0	a

Da bei der Versuchsanlage des späten Legetermins 3 die Inokulation deutlich intensiviert wurde, kam es hier an beiden Standorten zu starkem Stängelbefall. Jedoch konnten an beiden Standorten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Befallsverläufen der einzelnen Varianten festgestellt werden (Tabellen 37 und 38).

Der niedrigste Befall wurde am Standort Puch durch die Beizung mittels Spritzschirm erreicht. Die alleinige Beizung der gesunden Agria konnte das massive Auftreten von Stängelbefall am wenigsten verhindern.

Tab. 37: Stängelbefall (BH % und AUDPC-Werte) an der Agria (Termin 3, Puch)

Beizvarianten		Boniturdatum			AUDPC (p<0.05)	
		23.06.	01.07.	07.07.		
VG 1	Laura inokuliert (200) + Agria	21,0	74,0	97,1	892,9	a
VG 2	Laura inokuliert (200) gebeizt + Krone gebeizt	12,2	70,5	97,0	833,4	a
VG 3	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt	18,7	79,5	90,4	902,2	a
VG 4	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt (Spritzschirm)	7,9	58,6	98,6	737,4	a

Am Standort Straßmoos entwickelte sich der Stängelbefall nicht so rasch und so intensiv wie in Puch, dennoch konnte durch die verstärkte Inokulation im Gegensatz zu den Terminen 1 und 2 ein gut bonitierbarer Befallsverlauf erzeugt werden. Der höchste Befall trat in der Kontrolle auf, während der effektivste Schutz vor Stängelinfektionen durch die alleinige Beizung der Agria gewährleistet wurde.

Tab. 38: Stängelbefall (BH % und AUDPC-Werte) an der Agria (Termin 3, Straßmoos)

Beizvarianten		Boniturdatum			AUDPC (p<0.05)	
		30.06.	08.07.	15.07.		
VG 1	Laura inokuliert (200) + Agria	17,0	21,2	18,3	290,6	a
VG 2	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria gebeizt	7,5	12,3	10,7	159,5	a
VG 3	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt	6,2	11,0	7,9	134,8	a
VG 4	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt (Spritzschirm)	15,7	17,3	15,7	247,5	a

Die Ernteerträge und Stärkegehalte, sowie der Größensortierung aller Beizversuche wurden in den Tabellen 39-44 zusammengeführt.

Beim frühen Legetermin 1 kam es an keinem der beiden Standorte zu signifikanten Unterschieden in den Erträgen oder den Stärkegehalten zwischen den einzelnen Versuchsgliedern (Tabelle 39 und 40). Allgemein lagen die Erträge in Straßmoos höher als in Puch, und es wurden auch weniger Untergrößen produziert. An beiden Standorten wies die Beizung mittels Spritzschirm den geringsten Ertrag und den niedrigsten Stärkegehalt auf, während der höchste Ertrag jeweils durch die alleinige Beizung der gesunden Krone erreicht wurde. Am Standort Puch konnte in diesem Versuchsglied (VG3) auch der größte Stärkegehalt ermittelt werden, welcher in Straßmoos durch die Beizung beider Knollen erreicht wurde.

Tab. 39: Ertrag, Stärkegehalt und Sortierung der Ernteknollen des Versuches 1 (Puch)

		Ertrag relativ [%]	Stärke- gehalt [%]	Größensortierung [%]		
				<35 mm	35-55 mm	>55 mm
VG 1	Laura inokuliert (200) + Krone	290dt/ha = 100 a	10,5 a	22	70	8
VG 2	Laura inokuliert (200) gebeizt + Krone gebeizt	104 a	10,5 a	25	72	3
VG 3	Laura inokuliert (200) + Krone gebeizt	107 a	11,3 a	21	71	8
VG 4	Laura inokuliert (200) + Krone gebeizt (Spritzschirm)	97 a	10,3 a	25	71	5

Tab. 40: Ertrag, Stärkegehalt und Sortierung der Ernteknollen des Versuches 1 (Straßmoos)

		Ertrag relativ [%]	Stärke- gehalt [%]	Größensortierung [%]		
				<35 mm	35-55 mm	>55 mm
VG 1	Laura inokuliert (200) + Krone	425dt/ha = 100 a	11,4 a	4	86	10
VG 2	Laura inokuliert (200) gebeizt + Krone gebeizt	109 a	12,1 a	4	86	9
VG 3	Laura inokuliert (200) + Krone gebeizt	110 a	11,3 a	5	87	8
VG 4	Laura inokuliert (200) + Krone gebeizt (Spritzschirm)	99 a	11,2 a	6	84	10

Die Versuche zum normalen Legetermin zeigten signifikante Unterschiede im Ertrag und im Stärkegehalt der Versuchsglieder. Allgemein konnten auch hier in Straßmoos höhere Erträge bei weniger Untergrößen erzielt werden (Tabelle 41 und 42).

In Puch wurde der höchste Ertrag bei gleichzeitig höchstem Stärkegehalt durch die Beizung beider Pflanzknollen erzielt (VG 2). Die alleinige Beizung der gesunden Agria (VG 4) erzielte den zweithöchsten Ertrag und Stärkegehalt.

Tab. 41: Ertrag, Stärkegehalt und Sortierung der Ernteknollen des Versuches 2-1 (Puch)

		Ertrag relativ [%]	Stärke- gehalt [%]	Größensortierung [%]		
				<35 mm	35-55 mm	>55 mm
VG 1	Laura inokuliert (200) + Agria	246 dt/ha = 100 a	12,1 a	20	74	6
VG 2	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria gebeizt	130 b	13,7 c	6	62	32
VG 3	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria	110 a	12,3 ab	18	74	8
VG 4	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt	111 a	12,9 b	11	76	13
VG 5	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt (Spritzschirm)	104 a	12,2 ab	25	71	4

Am Standort Straßmoos wurde die besten Erträge und Stärkegehalte wiederum bei den Versuchsgliedern 2 und 4 ermittelt.

Tab. 42: Ertrag, Stärkegehalt und Sortierung der Ernteknollen des Versuches 2-2 (Straßmoos)

		Ertrag relativ [%]	Stärke- gehalt [%]	Größensortierung [%]		
				<35 mm	35-55 mm	>55 mm
VG 1	Laura inokuliert (200) + Agria	484dt/ha = 100 a	12,5 a	5	79	16
VG 2	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria gebeizt	108 bc	13,4 b	4	63	33
VG 3	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria	101 ab	12,8 ab	5	76	19
VG 4	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt	110 c	13,2 b	3	73	24
VG 5	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt (Spritzschirm)	100 a	12,9 ab	5	74	22

Bei den Versuchen des späten Legetermins konnten an beiden Standorten signifikante Unterschiede bei den Erträgen festgestellt werden, jedoch nur in Puch auch beim Stärkegehalt (Tabelle 27 und 28). Wiederum lagen die Erträge in Straßmoos höher als in Puch, wo zudem der Prozentsatz an Untergrößen größer ausfiel.

Am Standort Puch erzielten die Versuchsglieder VG2 und VG3 mit der ULV-Beizung signifikant höhere Erträge und Stärkegehalte als die Kontrolle und die Beizung mittels Spitzschirm.

Tab. 43: Ertrag, Stärkegehalt und Sortierung der Ernteknollen des Versuches 3 (Puch)

		Ertrag relativ [%]	Stärke- gehalt [%]	Größensortierung [%]		
				<35 mm	35-55 mm	>55 mm
VG 1	Laura inokuliert (200) + Agria	201dt/ha = 100 a	11,5 a	16	77	7
VG 2	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria gebeizt	134 b	13,9 b	12	79	10
VG 3	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt	146 b	13,9 b	10	75	14
VG 4	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt (Spritzschirm)	103 a	12,4 a	17	74	9

In Straßmoos wurden die signifikant höchsten Erträge wiederum bei den Versuchsgliedern 2 und 3 mit der ULV-Beizmethode ermittelt. Hinsichtlich des Stärkegehalts traten keine statistisch relevanten Unterschiede auf.

Tab. 44: Ertrag, Stärkegehalt und Sortierung der Ernteknollen des Versuches 3 (Straßmoos)

		Ertrag relativ [%]	Stärke- gehalt [%]	Größensortierung [%]		
				<35 mm	35-55 mm	>55 mm
VG 1	Laura inokuliert (200) + Agria	413dt/ha = 100 a	11,9 a	7	79	15
VG 2	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria gebeizt	115 b	12,3 a	4	84	11
VG 3	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt	118 b	12,6 a	4	85	11
VG 4	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt (Spritzschirm)	98 a	12,5 a	5	77	18

Versuchsjahr 2009

Beim Legetermin 2 zeigten sich am Standort Puch keine signifikanten Unterschiede im Befallsverlauf (Tabelle 45). Die Kontrolle wies den durchschnittlich höchsten Befall auf.

Tab. 45: Stängelbefall (BH % und AUDPC-Werte) an der Agria (Termin 2-2, Puch)

Beizvarianten		Boniturdatum			AUDPC (p<0.05)	
		08.06.	16.06.	22.06.		
VG 1	Laura inokuliert (200) + Agria	1,3	16,3	27,5	201,3	a
VG 2	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria gebeizt	0,0	2,5	18,8	73,8	a
VG 3	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria	0,0	0,0	1,3	24,8	a
VG 4	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt	0,0	0,0	10,0	57,1	a
VG 5	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt (Spritzschirm)	0,0	0,0	23,8	81,3	a

Am Standort Straßmoos konnten analog keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten ermittelt werden. Der höchste Befall trat wiederum in der Kontrolle auf (Tabelle 46).

Tab. 46: Stängelbefall (BH % und AUDPC-Werte) an der Agria (Termin 2-2, Straßmoos)

Beizvarianten		Boniturdatum			AUDPC (p<0.05)	
		15.06.	23.06.	30.06.		
VG 1	Laura inokuliert (200) + Agria	2,5	1,3	12,5	83,5	a
VG 2	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria gebeizt	0,0	0,0	5,0	40,0	a
VG 3	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria	0,0	0,0	2,5	31,0	a
VG 4	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt	0,0	0,0	5,0	62,2	a
VG 5	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt (Spritzschirm)	0,0	0,0	1,3	37,9	a

Beim späten Legetermin 3 konnte durch die Beizung der gesunden Agria (VG 2) der Befall gegenüber der Kontrolle signifikant gesenkt werden (Tabelle 47).

Tab. 47: Stängelbefall (BH % und AUDPC-Werte) an der Agria (Termin 3, Puch)

Beizvarianten		Boniturdatum			AUDPC (p<0.05)	
		16.06.	22.06.	29.06.		
VG 1	Laura inokuliert (200) + Agria	3,3	11,7	21,7	161,7	a
VG 2	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria gebeizt	0,0	5,0	21,7	108,3	ab
VG 3	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt	0,0	0,0	5,0	30,0	b
VG 4	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt (Spritzschirm)	0,0	3,3	16,7	80,0	ab

Am Standort Straßmoos brach der Bestand bereits 2 Wochen nach dem ersten Auftreten von Stängelbefall zusammen, so dass eine weitere Auswertung nicht möglich war. Innerhalb der 2 Wochen konnte sich keines der Versuchsglieder signifikant von den anderen abheben. Der höchste Befall trat wiederum in der Kontrolle auf (Tabelle 48).

Tab. 48: Stängelbefall (BH % und AUDPC-Werte) an der Agria (Termin 3, Straßmoos)

Beizvarianten		Boniturdatum			AUDPC (p<0.05)	
		23.06.	30.06.	07.07.		
VG 1	Laura inokuliert (200) + Agria	0,0	3,3	58,3	219,9	a
VG 2	Laura inokuliert (200) gebeizt + Agria gebeizt	0,0	6,7	46,7	186,7	a
VG 3	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt	0,0	1,7	45,0	168,6	a
VG 4	Laura inokuliert (200) + Agria gebeizt (Spritzschirm)	0,0	0,0	56,7	198,3	a

Bei den Erträgen und dem Stärkegehalt kam es wiederum zu keinen signifikanten Unterschieden, so dass eine Darstellung dieser Ergebnisse hier nicht sinnvoll ist. Wie schon bei Versuch 2-1 ausgeführt, lieferte Straßmoos höhere Erträge und Stärkegehalte.

3.1.3 Tensiometerversuche zur Eingrenzung der Bedingungen für das Auftreten des Primärbefalls

Versuchsjahr 2008

In den Abbildungen 4 bis 7 sind Temperatur und Saugspannung an der Knolle und auf Höhe des Dammgrundes im Zeitraum des ersten positiven Phytophthora-PCR- Nachweisen und des ersten visuellen Nachweises dargestellt. Aufgrund der empfindlichen Messtechnik kam es am Standort Puch zu Ausfällen des Systems, so dass zeitweise keine Datenaufzeichnung erfolgte. Der erste positive Nachweis des Pathogens mittels PCR gelang in Puch am 09.06. (Abb.4).

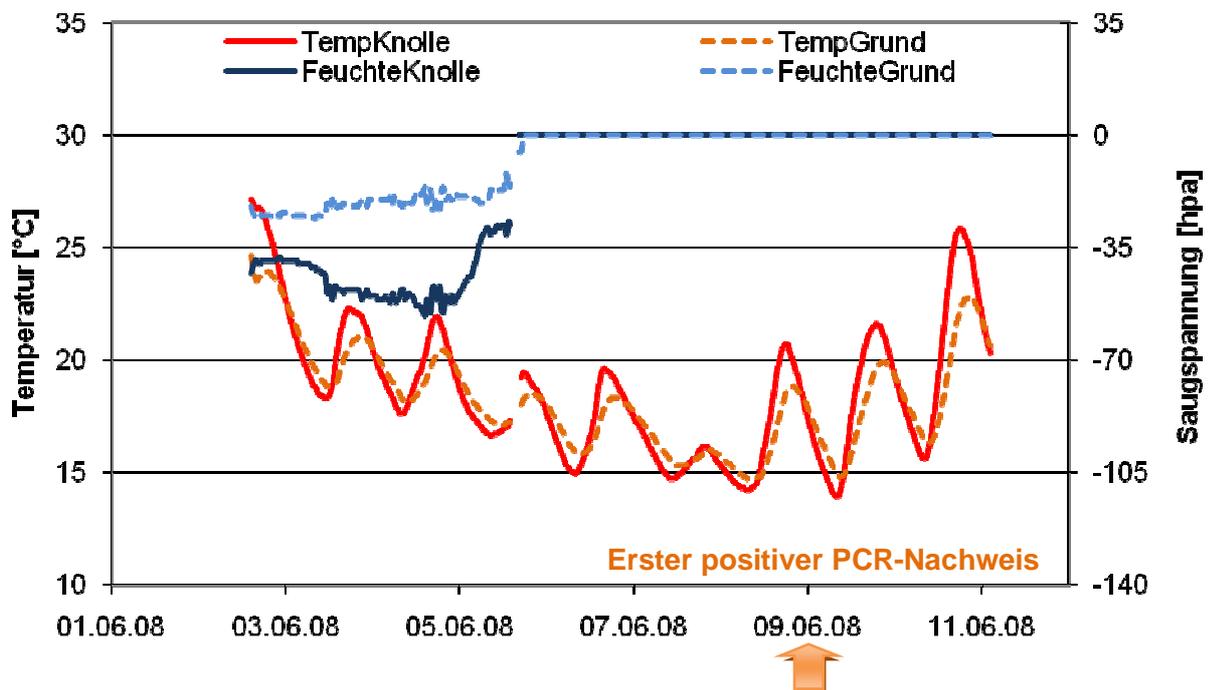


Abb.4: Temperatur und Saugspannung an Knolle und Dammgrund in Puch beim ersten positiven PCR-Nachweis

6 Tage später, am 15.06, konnte der erste visuelle Stängelbefall bonitiert werden (Abb.5). Dem ersten PCR-Nachweis ging eine dreitägige Periode mit gesättigter Bodenfeuchte voraus, wobei die Temperaturen an der Knolle in dieser Zeit unter 20°C lagen. In der Phase zwischen dem symptomfreien Wachstum und dem sichtbaren Stängelbefall, sank die Bodenfeuchte (soweit anhand der Daten belegbar) nicht ab. Das Erdreich an der Knolle und am Dammgrund war wassergesättigt. Die Temperatur lag am Tag vor der Symptomausbildung nicht höher als 17°C.

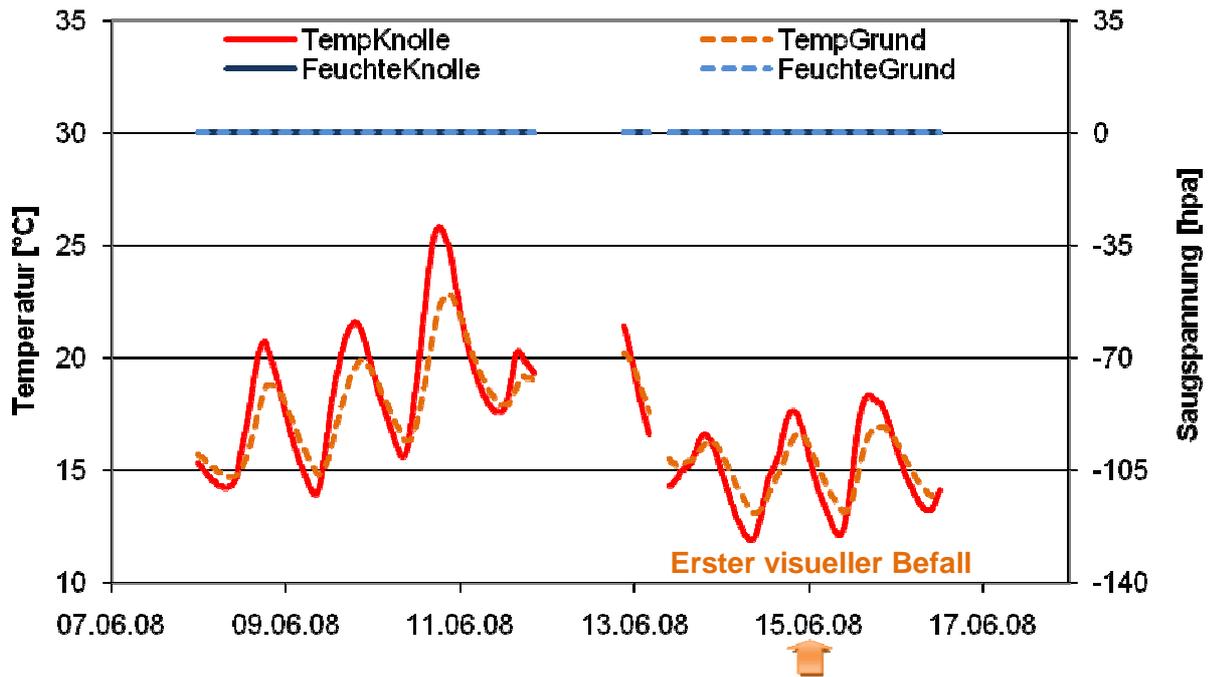


Abb.5: Temperatur und Saugspannung an Knolle und Dammgrund in Puch beim ersten visuellen Befall

Am Standort Straßmoos wurde das Pathogen ebenso wie in Puch am 09.06.08 erstmals molekularbiologisch nachgewiesen (Abb.6). Das Erdreich am Dammgrund war in den 3 vorangegangenen Tagen nahezu wassergesättigt, während an der Knolle eine durchschnittliche Saugspannung von -19,6hPa gemessen wurde. Die Temperatur lag durchschnittlich bei 20°C.

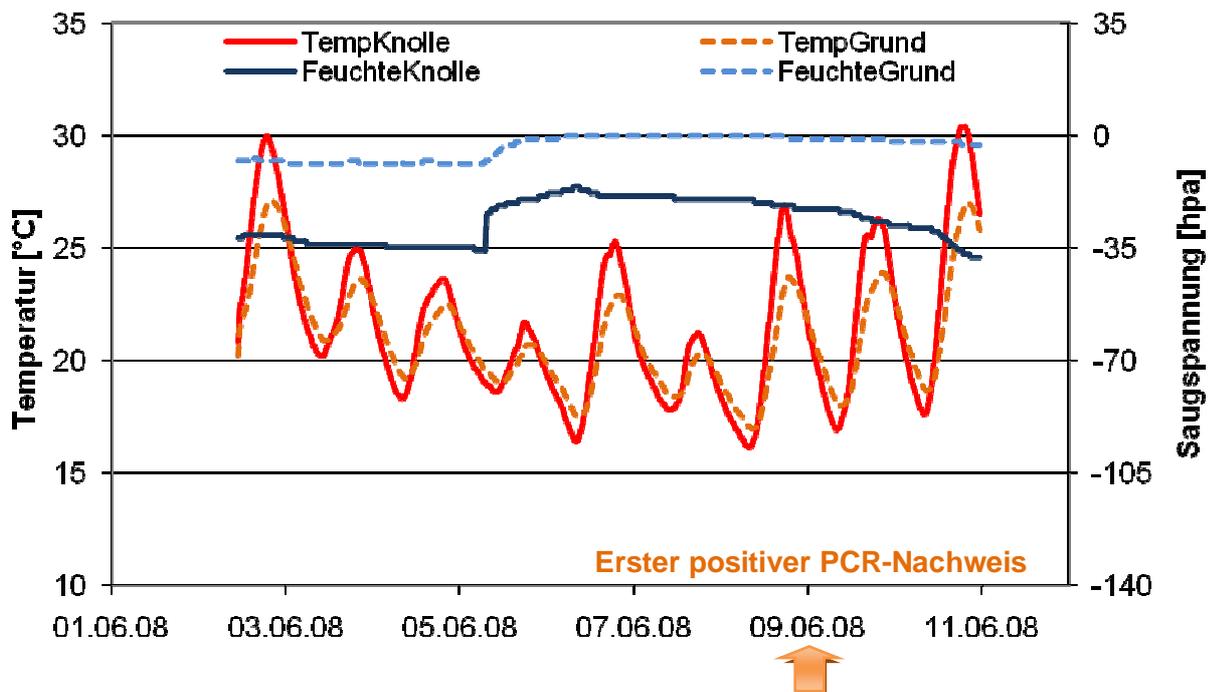


Abb. 6: Temperatur und Saugspannung an Knolle und Dammgrund in Straßmoos beim ersten positiven PCR-Nachweis

Die sichtbaren Symptome am Versuchsstandort Straßmoos wurden erstmals 15 Tage später bonitiert. Zum diesem Zeitpunkt herrschte an der Knolle eine hohe Bodentrockenheit. Die Temperaturen lagen bei über 25°C.

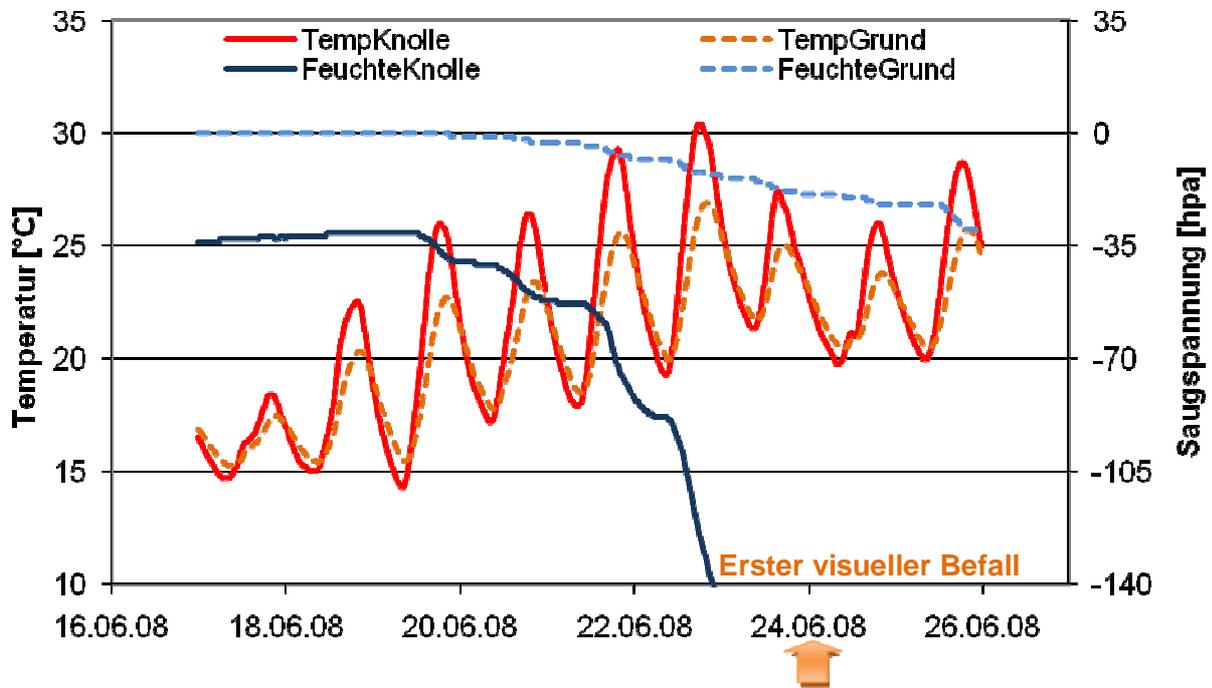


Abb. 7: Temperatur und Saugspannung an Knolle und Dammgrund in Straßmoos beim ersten visuellen Befall

Versuchsjahr 2009

Am Standort Straßmoos fiel im Zeitraum des Erstaufretens die gesamte Elektronik des installierten Datenloggers aus, so dass hier keine Daten der Tensiometer und Temperaturfühler vorliegen.

In der Abbildung 4 sind Temperatur und Saugspannung an der Knolle und auf Höhe des Dammgrundes im Zeitraum der ersten positiven Phytophthora-PCR- Detektion und des ersten visuellen Nachweises am Standort Puch dargestellt.

Sowohl visuell als auch molekularbiologisch wurde der erste Befall am 16.06. detektiert (Abb.8).

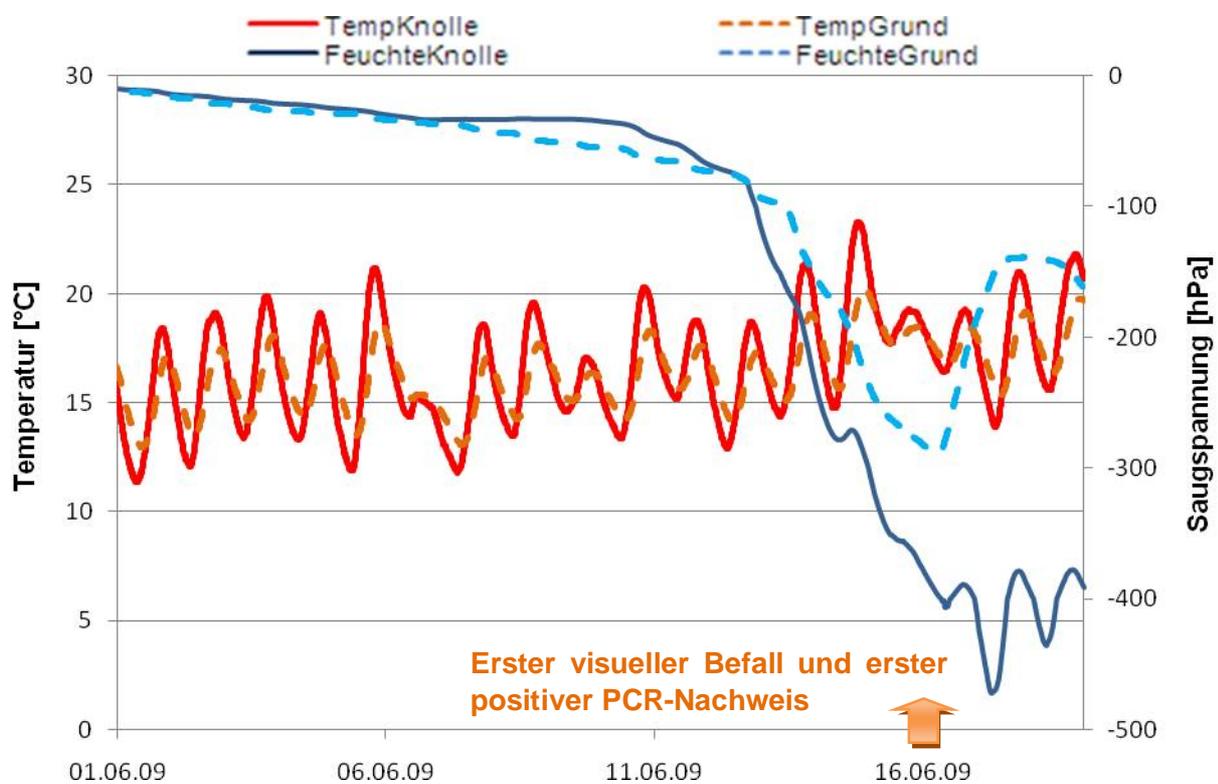


Abb.8 : Temperatur und Saugspannung an Knolle und Dammgrund in Puch im Zeitraum vor dem Erstbefall am 16.06.

Drei Tage vor dem Erstaufreten begann nach einer langen feuchteren Phase die Abtrocknung des Damms bei einem gleichzeitigen Anstieg der Temperatur. In den Tagen vor dem 15.05. lagen die Temperaturen an der Knolle zumeist unter 20°C.

3.1.4 Kupferapplikationsstrategien – Feldversuche

Versuchsjahr 2008

Allgemeine Informationen zum Anbaujahr 2008 in Bayern

Der Winter 2007/2008 war der sonnenscheinreichste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. So fielen auch die ersten zwei Monate des Jahres 2008 im Vergleich zum dreißigjährigen Mittel zu warm und zu trocken aus. Diesem Trend folgte auch die erste März-Hälfte, bis es um Ostern zu einem späten Wintereinbruch mit intensiven Niederschlägen kam. Der durchschnittlich temperierte April zeigte sich im Anschluss sehr wechselhaft mit häufigen Niederschlägen, so dass an vielen Standorten keine ausreichend langen Trockenphasen für die Frühjahrsbestellung zur Verfügung standen. Im Mai wiederum wurde an keinem Standort in Bayern das Niederschlagsoll erreicht, so dass der Niederschlagsüberschuss der Vormonate ausgeglichen wurde. Vor allem in Nordbayern lag die Regenmenge um mehr als 60% niedriger als üblich. Aufgrund dieser Trockenheit und der hohen Temperatur im Mai wies der Frühling 2008 durchschnittliche Gesamtniederschläge auf und war um 0,7°C zu warm. Der Folgemonat Juni fiel ebenfalls wärmer aus als das langjährige Mittel und war durch nur lokal verteilte, schauerartige Niederschläge gekennzeichnet. Insgesamt war dieser Monat zu trocken. Durch die regional oft sehr schwüle Luft und die recht warmen Nachttemperaturen waren dennoch gute Infektionsbedingungen für den Krautfäule-Erreger gegeben. In Kombination mit den lokalen Schauern, welche die Bodenfeuchte teils über mehrere Tage hinweg anhoben, kam es daher vor allem in Südbayern zu starken Infektionsausbrüchen und heftigen Epidemieschüben dieser Krankheit. Im Juli kam es bei der Niederschlagsverteilung zu einem starken Nord-Südgefälle. Während es in Nordbayern zu trocken und zu warm war, wurden in Südbayern überdurchschnittlich hohe Regenmengen gemessen. So wurde die Ausbreitung der Krautfäule in Südbayern gefördert, während die Epidemie in Nordbayern stagnierte und die Pflanzen dort stattdessen mit Trockenstress zu kämpfen hatten. Mit einem in allen Belangen durchschnittlichen August endete ein insgesamt um 1°C zu warmer Sommer. Der darauffolgende September schien die Gegebenheiten der Sommermonate umzukehren und war 1°C kälter als üblich. Während nun die Niederschlagsmengen in Südbayern unterhalb des dreißigjährigen Mittels lagen, wurden in Nordbayern überdurchschnittliche Regenmengen gemessen.

Berechnung von Spritzstart und Infektionsdruckverlauf

Die Abbildungen 8-10 geben den Auflauf, den ersten Befall, sowie den von ÖKOSIMPHYT berechneten Spritzstart und Infektionsdruck der drei bayerischen Versuchsstandorte wieder. Das Model ÖKOSIMPHYT errechnete den Spritzstart an zwei der drei Standorten erheblich zu spät, wobei der Befallsbeginn stets um mehr als 2 Wochen verpasst wurde. Am dritten Standort fiel der errechnete Spritzstart mit der ersten positiven Befallsbonitur zusammen, so dass auch hier die Spritzmaßnahmen zu spät getroffen worden wären.

Am Standort Puch erfolgte der Auflauf am 02.06., 27 Tage nach der Pflanzung. Der erste Befall wurde 13 Tage nach dem Auflaufen, am 15.06. bonitiert. Der berechnete Spritzstart war nach ÖKOSIMPHYT der 08.07., 24 Tage nach dem Erstbefall (Abb. 9).

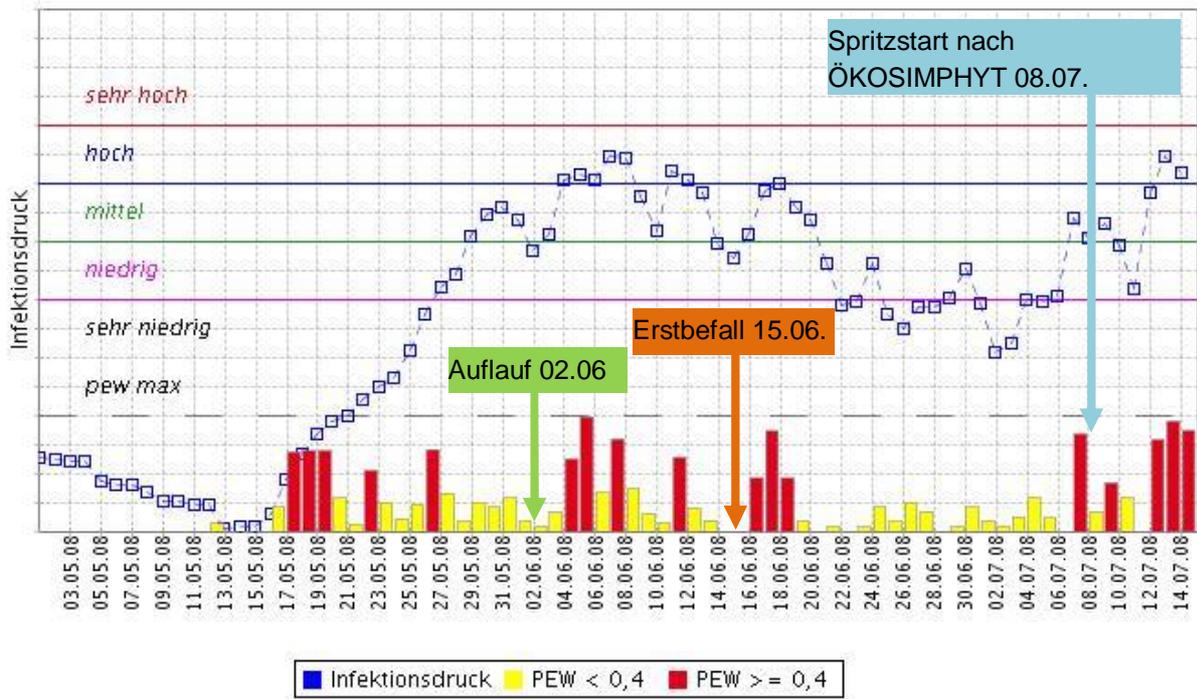


Abb. 9: Infektionsdruck, Spritzstart, Auflauf und Erstbefall am Standort Puch 2008

In Straßmoos lag der Auflauf am 01.06. 23 Tage später, am 24.06. kam es zum Erstbefall. Der Spritzstart wurde vom Model 17 Tage später, am 10.07. angegeben (Abb.10).

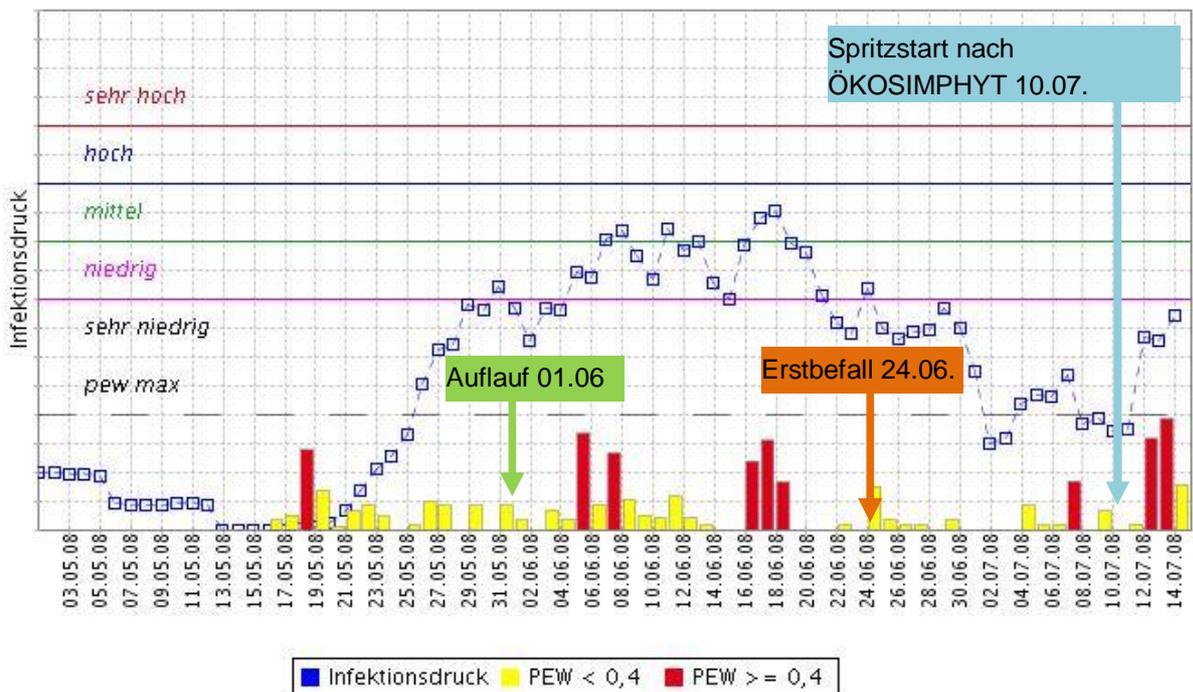


Abb. 10: Infektionsdruck, Spritzstart, Auflauf und Erstbefall am Standort Straßmoos 2008

Am dritten Standort Geltendorf war der Auflauf Ende Mai. Befallsbeginn und prognostizierter Spritzstart lagen ca. 2 Wochen später am 13.06. (Abb.11).

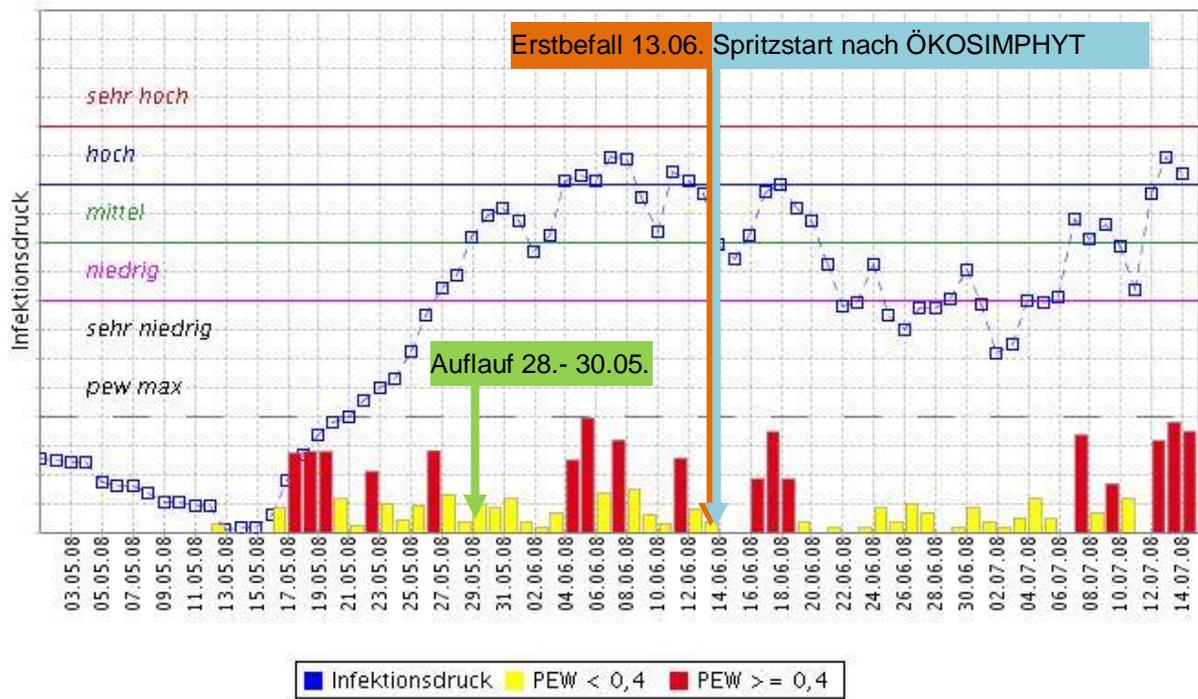


Abb. 11: Infektionsdruck, Spritzstart, Auflauf und Erstbefall am Standort Geltendorf 2008

Ergebnisse der Kupferapplikationsstrategien in Puch

In Tabelle 49 sind die Applikationstermine und Kupferaufwandmengen am Standort Puch in der Saison 2008 wiedergegeben. Zu erwähnen ist die nicht reguläre Zusatzspritzung der Variante 3, bei der versehentlich eine Applikation zu viel vorgenommen wurde. Somit betrug die Kupfergesamtmenge in diesem Versuchsglied 3750g Cu/ha. Dies wurde bei den Ergebnissen berücksichtigt. Der Infektionsdruck lag größtenteils im mittleren Bereich, so dass bei den meisten Versuchsgliedern innerhalb der 6 vorgenommenen Spritzungen die maximal zulässige Menge an Kupfer von 3000g/ha voll ausgeschöpft wurde. Die niedrigste Kupfergesamtmenge wurde durch die Applikation des Prüfmittels SPU 2690 angewandt.

Tab. 49: Übersicht der Spritzmittelapplikationen in Puch 2008 (X: Applikation)

VG	PSM	Applikationsdatum – Kupferaufwandmenge [g/ha]						Σ Cu g/ha
		19.06.	26.06.	03.07.	11.07.	16.07.	21.07.	
2	variable Cu-Menge	750	250	500	500	500	500	3000
3	750g/ha Cu	750	750	750	750	750	-	3750
4	500g/ha Cu	500	500	500	500	500	500	3000
5	500g/ha Cu + DF-Düsen	500	500	500	500	500	500	3000
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB	750	250	500	500	500	500	3000
7	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	750	250	500	500	500	500	3000
8	Erstapplikation variabel 500g/ha bis VB, dann 250g/ha	750	500	500	500	250	250	2750
9	SPU 2690	450	450	450	450	450	450	2700
10	Phytocare 0.5%ig	X	X	X	X	X	X	0

Anhand der wöchentlich bonitierten Daten zur Befallsstärke des Blattbefalls wurde der in Abbildung 12 dargestellte Epidemieverlauf erstellt.

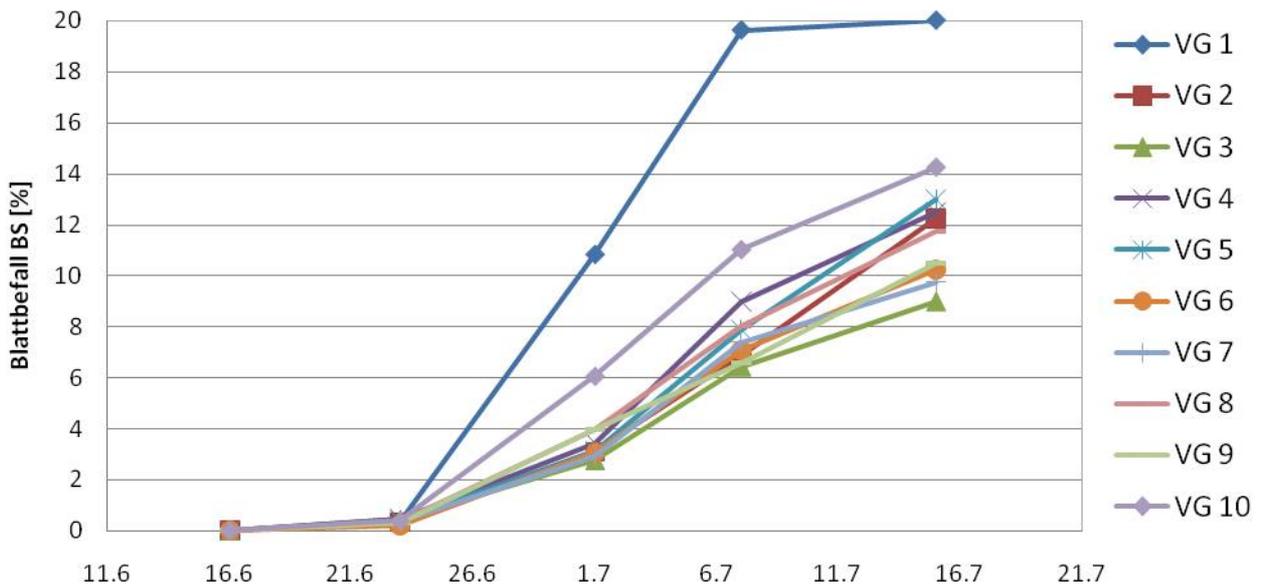


Abb. 12: Epidemiekurve über die Befallsstärke am Blatt für den Standort Puch 2008

Diese Verlaufsdaten wurden zur Berechnung der AUDPC-Werte der jeweiligen Versuchsglieder herangezogen (Tab. 50). Es zeigte sich, dass sich alle Applikationsvarianten signifikant von der Kontrolle abheben konnten. Phytocare wies gegenüber der anderen Varianten eine deutlich schlechtere Wirkung auf. Die anderen Applikationsvarianten unterschieden sich voneinander nur geringfügig. Der niedrigste Befallsverlauf und somit die beste Wirkung wurde mit der festen Applikation von 750g Cu/ha erzielt (VG 3).

Tab. 50: Vergleich der ermittelten AUDPC-Werte am Standort Puch

VG	PSM	AUDPC-Wert (p<0.05)
1	unbehandelte Kontrolle	295,7 a
2	variable Cu-Menge	121,2 c
3	750g/ha Cu	103,7 c
4	500g/ha Cu	140,2 c
5	500g/ha Cu + DF-Düsen	132,1 c
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB	113,6 c
7	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	113,8 c
8	Erstapplikation variabel 500g/ha bis VB, dann 250g/ha	133,9 c
9	SPU 2690	118,2 c
10	Phytocare 0.5%ig	179,5 b

Das Absterben der Blattfläche wurde ebenfalls wöchentlich bonitiert und ist in Abbildung 13 dargestellt. Es zeigte sich, dass analog zu Ergebnissen der Phytophthora-Befallskurve in der Kontrolle und bei der Phytocare-Variante die Nekrotisierung der Blattfläche schneller erfolgte als bei den übrigen Versuchsgliedern. Die feste Applikationsmenge von 750g Kupfer konnte die Blattfläche am längsten grün halten.

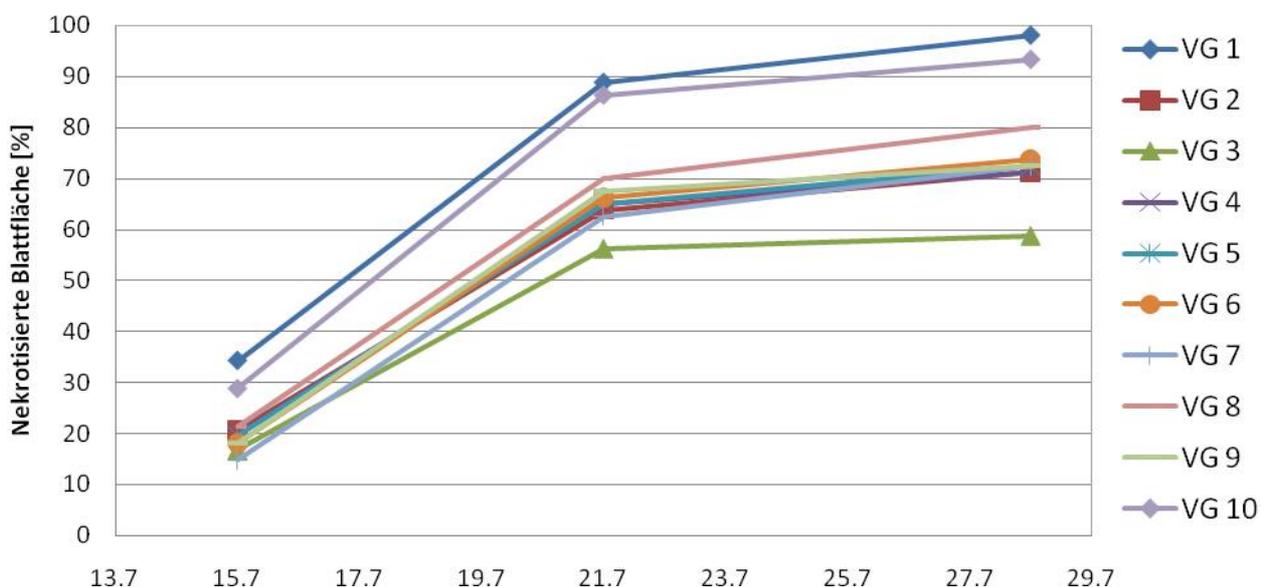


Abb. 13: Entwicklung der Blattnekrosen am Standort Puch 2008

Tab.51: Ertrag, Stärkegehalt und Sortierung der Ernteknollen am Standort Puch (p<0.05)

VG	PSM	Ertrag relativ [%]	Stärkegehalt [%]	Größensortierung [%]		
				<35 mm	35-55 mm	>55 mm
1	unbehandelte Kontrolle	169dt/ha = 100 a	10,1 a	60	40	0
2	variable Cu-Menge	128 ab	10,7 ab	41	59	0
3	750g/ha Cu	157 b	11,5 b	28	71	0
4	500g/ha Cu	136 ab	11,2 b	33	67	0
5	500g/ha Cu + DF-Düsen	134 ab	11,3 b	39	61	0
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB	125 ab	10,8 ab	37	63	0
7	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	133 ab	11,5 b	38	62	0
8	Erstapplikation variabel 500g/ha bis VB, dann 250g/ha	124 ab	11,0 ab	40	60	0
9	SPU 2690	134 ab	11,3 b	37	63	0
10	Phytocare 0.5%ig	110 a	10,5 ab	52	48	0

Wie in Tabelle 51 dargestellt, konnte durch die Applikation der festen Aufwandmenge von 750g Kupfer ein signifikant höherer Ertrag erzielt werden. Auch bezüglich des Stärkegehalts zeigte dieses Versuchsglied sehr gute Leistungen. Die Phytocare-Variante lieferte bei den Erträgen von den behandelten Varianten die schlechteste Leistung, und wies dabei neben der Kontrolle auch den größten Anteil an Untergrößen auf. Übergrößen gab es in Puch nicht.

Ergebnisse der Kupferapplikationsstrategien in Straßmoos

Tabelle 52 gibt die Applikationstermine und Kupferaufwandmengen am Standort Straßmoos in der Saison 2008 wieder. Der Infektionsdruck an diesem Standort war aufgrund der trockenen Witterung mit Ausnahme der Erstapplikation stets niedrig, so dass bei den variablen Varianten die Maximalmenge an Kupfer von 3000g nicht ausgeschöpft werden musste.

Tab. 52: Übersicht der Spritzmittelapplikationen in Straßmoos 2008 (X: Applikation)

VG	PSM	Applikationsdatum – Kupferaufwandmenge [g/ha]						Σ Cu g/ha
		18.06.	27.06.	08.07.	21.07.	31.07.	12.07.	
2	variable Cu-Menge	500	250	250	500	250	250	2000
3	750g/ha Cu	750	750	750	750	-	-	3000
4	500g/ha Cu	500	500	500	500	500	500	3000
5	500g/ha Cu + DF-Düsen	500	500	500	500	500	500	3000
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB	500	250	250	500	250	250	2000
7	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	500	250	250	500	250	250	2000
8	Erstapplikation variabel 500g/ha bis VB, dann 250g/ha	500	250	250	250	250	250	1750
9	SPU 2690	450	450	450	450	450	450	2700
10	Phytocare 0.5%ig	X	X	X	X	X	X	0

Der Epidemieverlauf am Standort Straßmoos wurde anhand der wöchentlichen Bonituren zur Befallsstärke des Blattbefalls erhoben (Abb. 14).

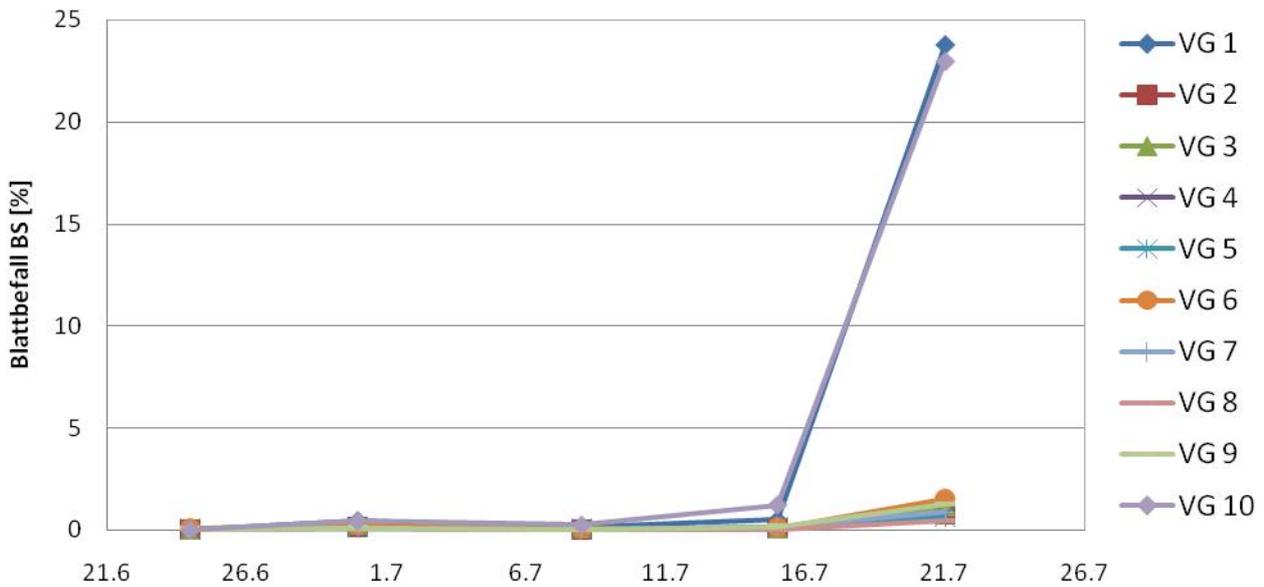


Abb. 14: Epidemiekurve über die Befallsstärke am Blatt für den Standort Straßmoos 2008

Über die Epidemiekurvenverläufe der einzelnen Applikationsvarianten wurden die AUDPC-Werte der jeweiligen Versuchsglieder berechnet (Tab. 53). Die Epidemie verlief in allen Varianten mit Ausnahme der Kontrolle und der Phytocare-Applikation sehr schwach, so dass sich diese Varianten statistisch von den beiden genannten Versuchsgliedern abheben konnten, aber untereinander nur geringfügige Unterschiede aufwiesen. Die beste Wirkung wurde mit dem Applikationsschema VG 8 erreicht. Die geringste Wirkung mit einem stärkeren Epidemieverlauf als die Kontrolle wurde durch die Phytocare-Applikation hervorgerufen.

Tab. 53: Vergleich der ermittelten AUDPC-Werte am Standort Straßmoos

VG	PSM	AUDPC-Wert ($p < 0.05$)
1	unbehandelte Kontrolle	78,7 a
2	variable Cu-Menge	4,4 b
3	750g/ha Cu	6,5 b
4	500g/ha Cu	4,7 b
5	500g/ha Cu + DF-Düsen	3,8 b
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB	7,6 b
7	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	4,4 b
8	Erstapplikation variabel 500g/ha bis VB, dann 250g/ha	2,3 b
9	SPU 2690	6,2 b
10	Phytocare 0.5%ig	81,9 a

In Abbildung 15 ist die Entwicklung der Blattnekrosen in Straßmoos dargestellt. Mit Ausnahme der Phytocare-Variante konnte alle behandelten Versuchsglieder die Blattfläche in gleichem Maße nahezu einen Monat länger grüner halten.

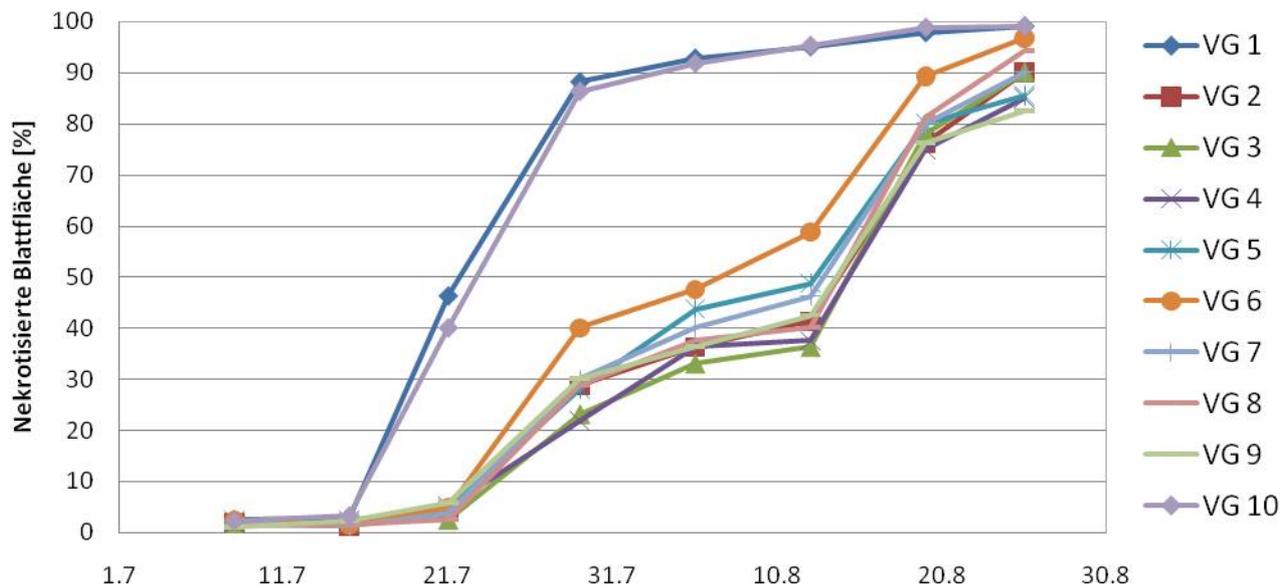


Abb. 15: Entwicklung der Blattnekrosen am Standort Straßmoos 2008

Tab.54: Ertrag, Stärkegehalt und Sortierung der Ernteknollen am Standort Straßmoos ($p < 0.05$)

VG	PSM	Ertrag relativ [%]	Stärkegehalt [%]	Größensortierung [%]		
				<35 mm	35-55 mm	>55 mm
1	unbehandelte Kontrolle	353 dt/ha = 100 a	11,4 a	17	79	4
2	variable Cu-Menge	129 b	13,2 b	9	86	5
3	750g/ha Cu	131 b	13,1 b	10	84	6
4	500g/ha Cu	132 b	13,3 b	9	84	7
5	500g/ha Cu + DF-Düsen	133 b	13,2 b	11	83	7
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB	123 b	14,0 b	11	84	5
7	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	125 b	13,0 b	13	83	4
8	Erstapplikation variabel 500g/ha bis VB, dann 250g/ha	132 b	12,8 b	11	85	4
9	SPU 2690	134 b	12,9 b	11	85	4
10	Phytocare 0.5%ig	98 a	11,4 a	18	79	2

Am Standort Straßmoos konnten mit Ausnahme der Phytocare-Applikation in allen behandelten Varianten signifikant höhere Erträge erzielt werden als in der Kontrolle (Tabelle 54). Die Phytocare-Variante konnte sich sowohl beim Ertrag als auch im Stärkegehalt nicht von der Kontrolle abheben und wies den größten Anteil an Untergrößen auf. Alle anderen Applikationsvarianten zeigten untereinander keine statistisch signifikanten Unterschiede.

Ergebnisse der Kupferapplikationsstrategien in Geltendorf

Die Applikationstermine und Kupferaufwandmengen am Standort Geltendorf sind in Tabelle 55 dargestellt. An diesem Standort entwickelte sich aufgrund der günstigen Witterungsbedingungen rasch ein hoher Infektionsdruck. Die maximale Kupfermenge von 3000g/ha war in den meisten Versuchsgliedern bereits nach 5 Applikationen ausgeschöpft. Eine sechste Spritzung erwies sich als nicht praktikabel, da zu diesem Zeitpunkt der Bestand bereits zusammengebrochen war.

Tab. 55: Übersicht der Spritzmittelapplikationen in Geltendorf 2008 (X: Applikation)

VG	PSM	Applikationsdatum – Kupferaufwandmenge [g/ha]						Σ Cu g/ha
		18.06.	26.06.	05.07.	14.07.	19.07.		
2	variable Cu-Menge	750	250	500	750	750		3000
3	750g/ha Cu	750	750	750	750	-		3000
4	500g/ha Cu	500	500	500	500	500		2500
5	500g/ha Cu + DF-Düsen	500	500	500	500	500		2500
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB	750	250	500	750	750		3000
7	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	750	250	500	750	750		3000
8	Erstapplikation variabel 500g/ha bis VB, dann 250g/ha	750	500	500	250	250		2250
9	SPU 2690	450	450	450	450	450		2250
10	Phytocare 0.5%ig	X	X	X	X	X		0

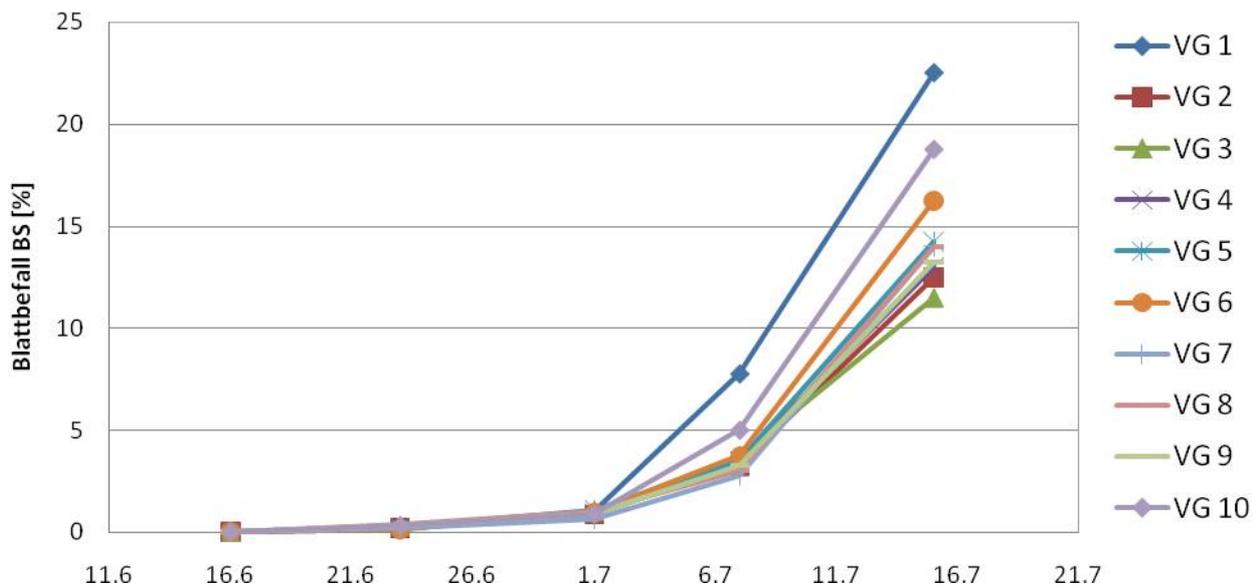


Abb. 16: Epidemiekurve über die Befallsstärke am Blatt für den Standort Geltendorf 2008

Anhand der erhobenen Daten zur Befallsstärke des Blattbefalls wurde der in Abbildung 16 dargestellte Epidemieverlauf ermittelt. Die Verlaufsdaten wurden zur Berechnung der AUDPC-Werte der jeweiligen Versuchsglieder herangezogen (Tab. 56). Alle Versuchsglieder konnten sich signifikant von der Kontrolle abheben. Von den Applikationsvarianten wies wiederum VG10 mit dem PSM Phytocare die signifikant geringste Wirkung auf. Der schwächste Epidemieverlauf und somit die beste Wirkung gegen die Krautfäule wurde im VG2 mit der Applikation variabler Kupfermengen erreicht.

Tab. 56: Vergleich der ermittelten AUDPC-Werte am Standort Geltendorf

VG	PSM	AUDPC-Wert ($p < 0.05$)
1	unbehandelte Kontrolle	152,2 a
2	variable Cu-Menge	80,3 c
3	750g/ha Cu	82,2 c
4	500g/ha Cu	84,7 c
5	500g/ha Cu + DF-Düsen	91,1 c
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB	99,0 bc
7	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	81,3 c
8	Erstapplikation variabel 500g/ha bis VB, dann 250g/ha	86,9 c
9	SPU 2690	84,2 c
10	Phytocare 0.5%ig	118,8 b

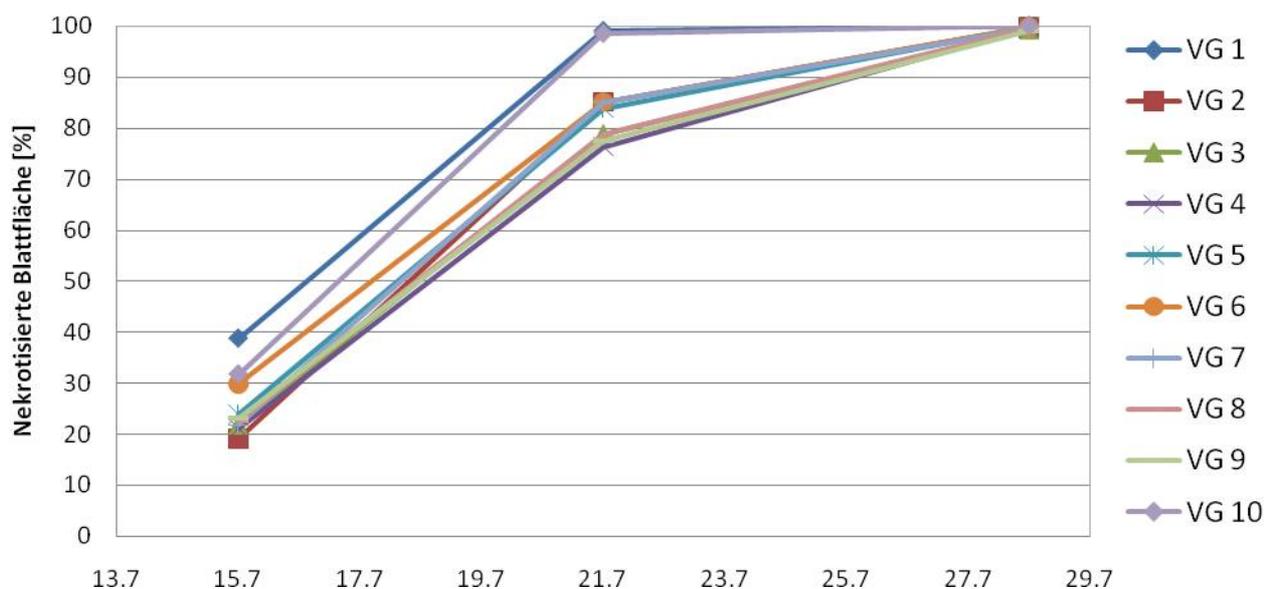


Abb. 17: Entwicklung der Blattnekrosen am Standort Geltendorf 2008

Die Nekrotisierung der Blätter erfolgte am Standort Geltendorf sehr rasch. Die Kontrolle und die Phytocare-Variante waren bereits eine Woche vor allen anderen Versuchsgliedern zu nahezu 100% nekrotisiert. Die übrigen Applikationsvarianten konnten die Blattfläche somit eine Woche länger grün halten.

Tab.57: Ertrag, Stärkegehalt und Sortierung der Ernteknollen am Standort Geltendorf ($p < 0.05$)

VG	PSM	Ertrag relativ [%]	Stärkegehalt [%]	Größensortierung [%]		
				<35 mm	35-55 mm	>55 mm
1	unbehandelte Kontrolle	171 dt/ha = 100 a	13,3 a	15	85	0
2	variable Cu-Menge	101 a	13,8 a	14	86	0
3	750g/ha Cu	100 a	13,6 a	12	88	0
4	500g/ha Cu	99 a	13,8 a	14	86	0
5	500g/ha Cu + DF-Düsen	104 a	13,6 a	14	86	0
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB	95 a	13,3 a	18	82	0
7	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	96 a	14,0 a	16	84	0
8	Erstapplikation variabel 500g/ha bis VB, dann 250g/ha	102 a	13,6 a	13	87	0
9	SPU 2690	109 a	14,0 a	14	86	0
10	Phytocare 0.5%ig	97 a	13,4 a	16	84	0

In Geltendorf kam es weder bei den Erträgen, noch beim Stärkegehalt zu signifikanten Unterschieden zwischen den Varianten. Kein Versuchsglied konnte sich von der unbehandelten Kontrolle abheben. Der höchste Ertrag wurde beim Einsatz des Prüfmittels SPU 2690 erzielt, welches gemeinsam mit dem Versuchsglied 7 den höchsten Stärkegehalt bewirkte. Übergrößen gab es in keiner Variante, und die Anteile an Untergrößen zeigten ebenfalls keine Unterschiede.

Versuchsjahr 2009

Allgemeine Informationen zum Anbaujahr 2009 in Bayern

Der Winter 2009 fiel um 1°C kälter aus als das 30jährige Mittel, mit Bodenfrost bis 50cm Tiefe. Während der Januar sonnig mit wenig Niederschlägen war, brachte der Februar weniger Sonne und dafür mehr Niederschläge. Insgesamt war die Entwicklung zum Frühlingsbeginn um 1-2 Wochen verzögert. Mit durchschnittlich 9,3°C erlebte Bayern den fünftwärmsten Frühling seit Beginn der Wetteraufzeichnungen, mit mehr Sonnenschein aber auch Niederschlägen als im langjährigen Mittel. Zunächst blieb jedoch auch der März eher winterlich. Der Entwicklungsrückstand wurde erst im milden und sonnigen April aufgeholt. Bei bis zu 60 Stunden mehr Sonnenschein wurden teilweise neue Wärmerekorde aufgestellt. Die Niederschläge erreichten im Süden nur 30% des langjährigen Mittels, während sie im Norden den Erwartungen entsprachen. Auch der wechselhafte Mai erwies sich wärmer als das langjährige Mittel und brachte um 20% höhere Niederschläge. Freundliche frühlingshafte Phasen wechselten mit feuchtkühlen Abschnitten. Insgesamt erwies sich dieser Monat für die Vegetationsentwicklung als sehr günstig, so dass ein Vorsprung von 1-2 Wochen erreicht werden konnte. Der Juni war weniger sonnig und durch feucht-warme Bedingungen gekennzeichnet. Wiederum kam es im Norden zu weniger Niederschlägen als im Süden, wo die größten Regenmengen am östlichen Alpenvorland fielen. Da die feucht-warmen Bedingungen ideal für den Krautfäuleerreger waren, herrschte vor allem im Südosten Bayerns ein sehr hoher Infektionsdruck mit intensiv sporulierenden Blatt- und Stängelinfectionen. Nur selten stiegen die Temperaturen in einen derart hohen Bereich, dass die Epidemie wieder gebremst werden konnte. Auch der warme Juli wies überdurchschnittlich viele Niederschläge auf. Da die niederschlagsfreien Phasen meist nur 3 Tage währten, waren Pflanzenschutzmaßnahmen und Feldarbeiten oft nur eingeschränkt möglich.

Berechnung von Spritzstart und Infektionsdruckverlauf

Die Abbildungen 18-20 geben den Auflauf, den ersten Befall, sowie den von ÖKOSIMPHYT berechneten Spritzstart und Infektionsdruck der drei bayerischen Versuchsstandorte wieder. Das Model ÖKOSIMPHYT errechnete den Spritzstart an einem Standort erheblich zu spät, wobei der Befallsbeginn um 1 Woche verpasst wurde. An einem weiteren Standort wurde der errechnete Spritzstart 1 Tag vor dem Erstbefall prognostiziert und am dritten Standort eine Woche früher.

Am Standort Puch erfolgte der Auflauf am 25.05. Der erste Befall wurde 28 Tage später, am 22.06. bonitiert. Der nach ÖKOSIMPHYT berechnete Spritzstart war 7 Tage später am 29.06. (Abb. 18).

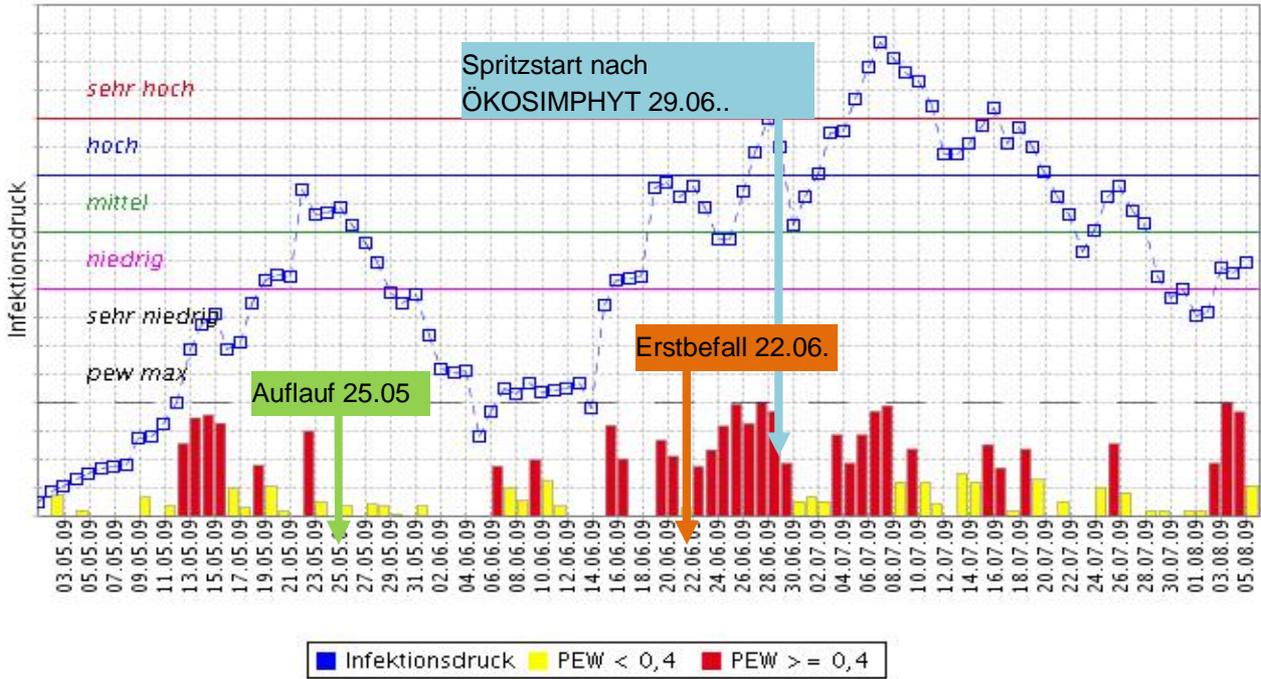


Abb. 18: Infektionsdruck, Spritzstart, Auflauf und Erstbefall am Standort Puch 2009

In Straßmoos lag der Auflauf am 22.05. 39 Tage später, am 30.06. kam es zum Erstbefall. Der Spritzstart wurde vom Modell 1 Tag zuvor, am 29.06. angegeben (Abbildung 19).

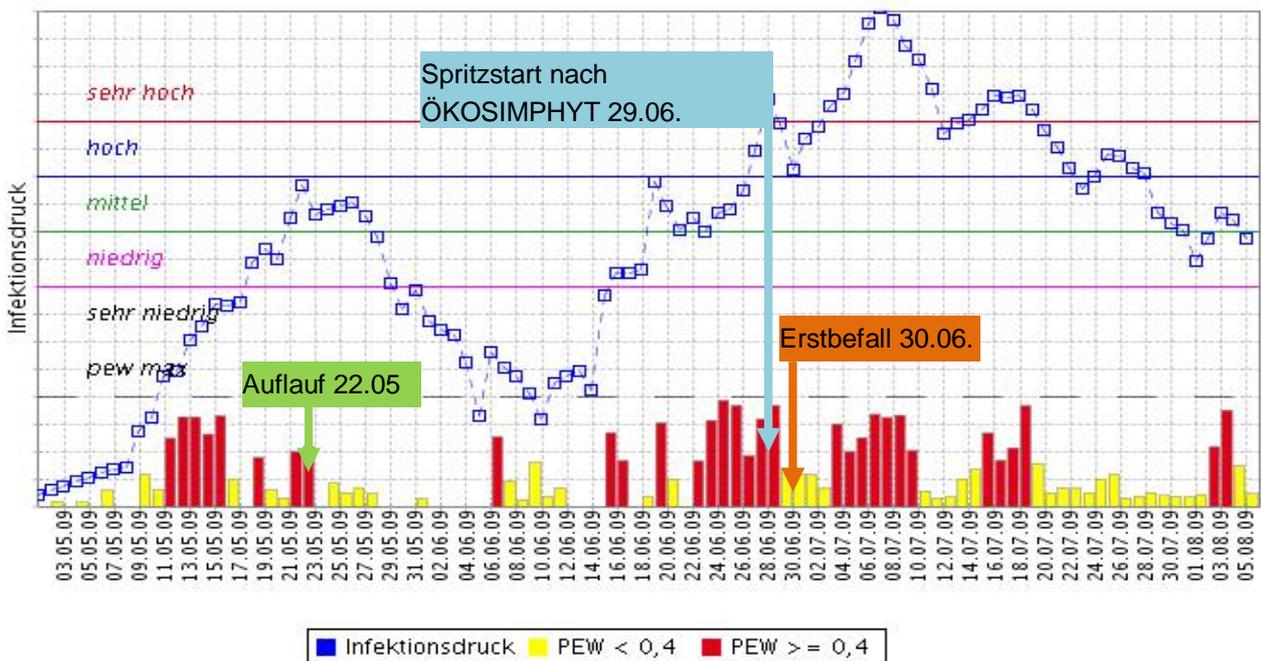


Abb. 19: Infektionsdruck, Spritzstart, Auflauf und Erstbefall am Standort Straßmoos 2009

Am Standort Schmiechen war der Auflauf am 20.05. Der Befallsbeginn erfolgte 13 Tage nach dem prognostizierten Spritzstart am 29.06. (Abbildung 20).

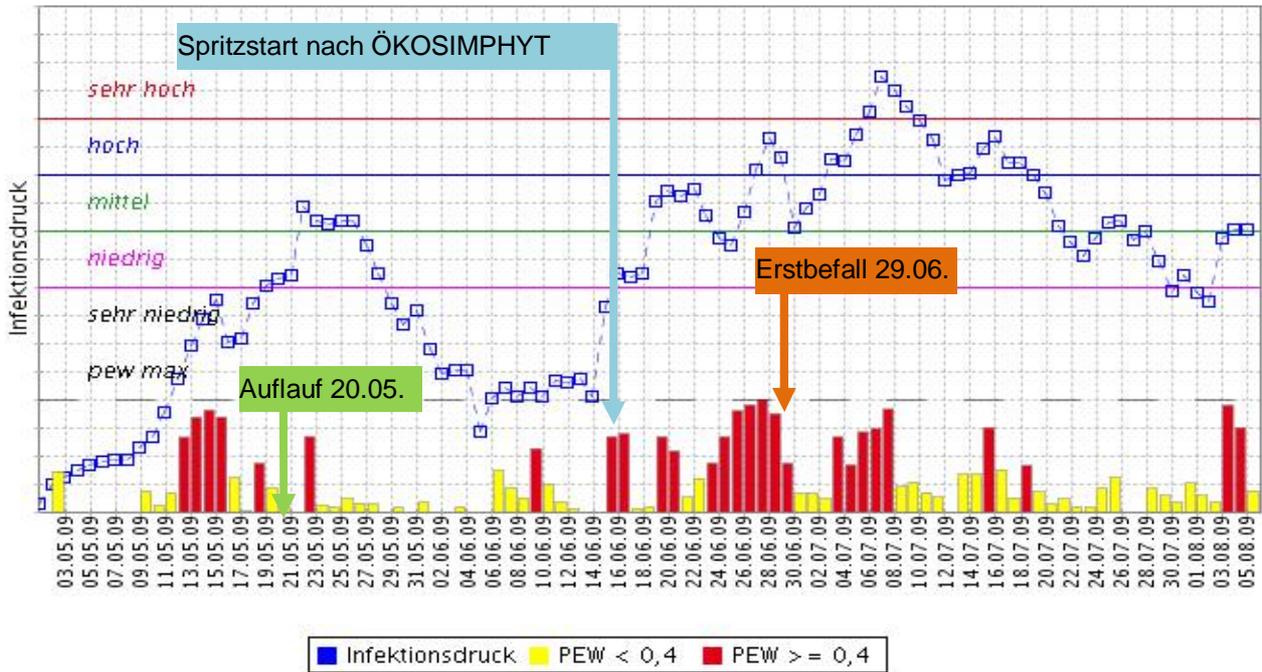


Abb. 20: Infektionsdruck, Spritzstart, Auflauf und Erstbefall am Standort Schmiechen 2009

Ergebnisse der Kupferapplikationsstrategien in Puch

In Tabelle 58 sind die Applikationstermine und Kupferaufwandmengen am Standort Puch in der Saison 2009 wiedergegeben. Der Infektionsdruck lag größtenteils im mittleren bis hohen Bereich, so dass mit Ausnahme der SPU-Varianten alle Versuchsglieder innerhalb der 6 vorgenommenen Spritzungen die maximal zulässige Menge an Kupfer von 3000g/ha voll ausgeschöpft wurde. Die niedrigste Kupfergesamtmenge wurde durch die Applikation des Prüfmittels SPU 2700 mit variabler Aufwandmenge angewandt.

Tab. 58: Übersicht der Spritzmittelapplikationen in Puch 2009 (- : keine Applikation)

VG	PSM	Applikationsdatum – Kupferaufwandmenge [g/ha]							Σ Cu g/ha
		17.06.	26.06.	29.06.	06.07.	09.07.	14.07.	21.07.	
2	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck	-	500	750	750	750	250	-	3000
3	Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu	-	750	750	750	750	-	-	3000
4	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu	-	500	500	500	500	500	500	3000
5	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu mit DF-Düsen	-	500	500	500	500	500	500	3000
6	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck mit DF-Düsen	-	500	750	750	750	250	-	3000
7	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck Spritzstart SIMBLIGHT	500	500	750	750	500	-	-	3000
8	SPU 2700 Feste Aufwandmenge 450g/ha Cu	-	450	450	450	450	450	450	2700
9	SPU 2700 Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck	-	300	450	450	450	300	450	2400
10	Gebeizte Pflanzknollen (120g Cu/ha) Kupfermenge variabel	-	500	750	750	750	130	-	3000

Anhand der wöchentlich bonitierten Daten zur Befallsstärke des Blattbefalls wurde der in Abbildung 21 dargestellte Epidemieverlauf erstellt.

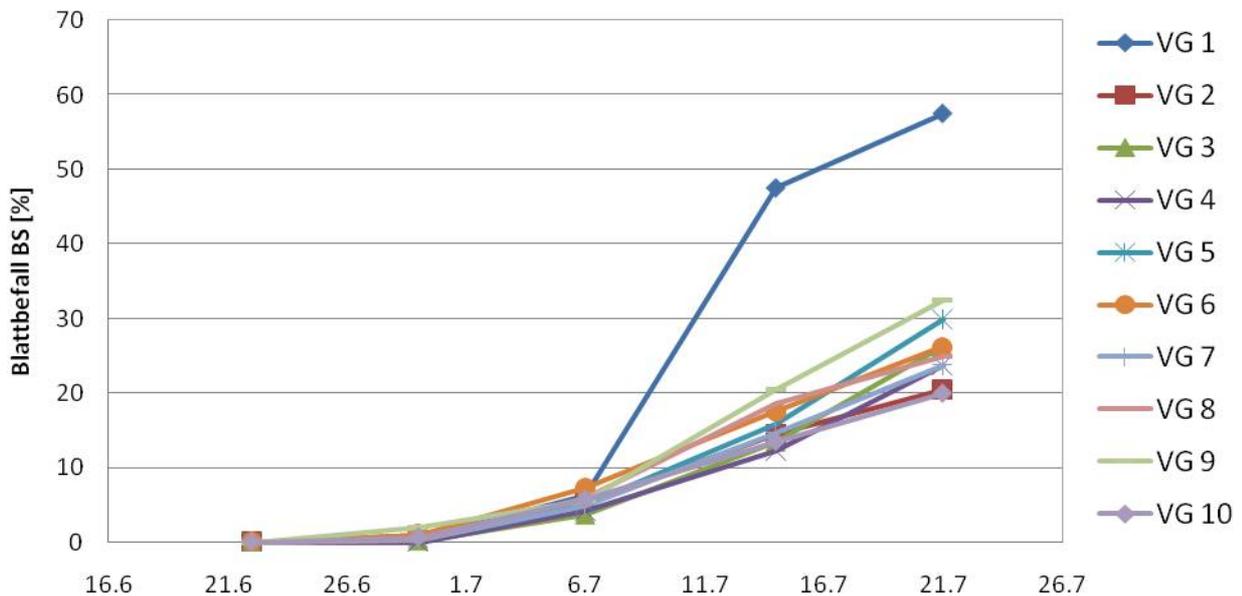


Abb. 21: Epidemiekurve über die Befallsstärke am Blatt für den Standort Puch 2009

Diese Verlaufsdaten wurden zur Berechnung der AUDPC-Werte der jeweiligen Versuchsglieder herangezogen (Tabelle 59). Es zeigte sich, dass sich alle Applikationsvarianten signifikant von der Kontrolle abheben konnten. Die besten Ergebnisse wurden durch die feste Applikation von 500g Cu/ha (VG 3) und der variablen Applikation bei gebeizten Knollen (VG 10) erzielt.

Tab. 59: Vergleich der ermittelten AUDPC-Werte am Standort Puch

VG	PSM	AUDPC-Wert (p<0.05)
1	unbehandelte Kontrolle	607,9 a
2	variable Cu-Menge	227,1 bc
3	750g/ha Cu	221,9 bc
4	500g/ha Cu	207,1 c
5	500g/ha Cu + DF-Düsen	267,6 bc
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	285,0 bc
7	variable Cu-Menge Spritzstart nach SIMBLIGHT	233,1 bc
8	SPU 2700 450g/ha Cu	277,2 bc
9	SPU 2700 variable Cu-Menge	324,2 b
10	Gebeizte Knollen + variable Cu-Menge	218,9 c

Das Absterben der Blattfläche wurde ebenfalls wöchentlich bonitiert und ist in Abbildung 22 dargestellt. Es zeigte sich, dass analog zu Ergebnissen der Phytophthora-Befallskurve in der Kontrolle die Nekrotisierung der Blattfläche 2 Wochen früher erfolgte als bei den übrigen Versuchsgliedern.

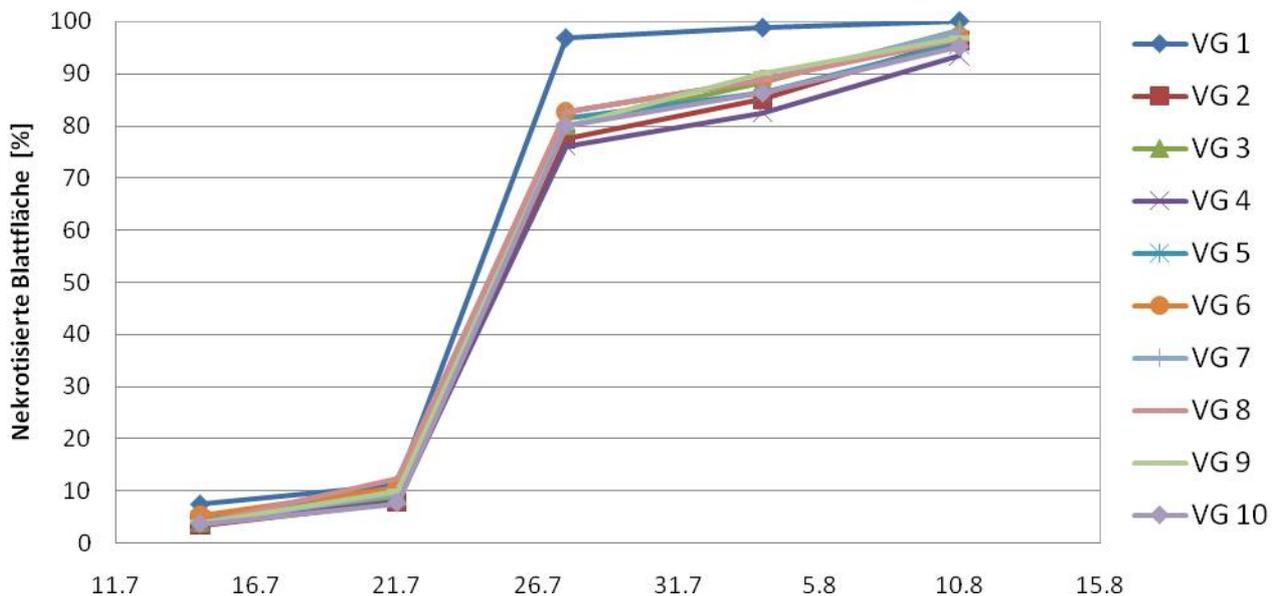


Abb. 22 Entwicklung der Blattnekrosen am Standort Puch 2009

Tab. 60: Ertrag, Stärkegehalt und Sortierung der Ernteknollen am Standort Puch ($p < 0.05$)

VG	PSM	Ertrag relativ [%]	Stärkegehalt [%]	Größensortierung [%]		
				<35 mm	35-55 mm	>55 mm
1	unbehandelte Kontrolle	239dt/ha = 100 a	10,2 a	26	74	0
2	variable Cu-Menge	130 d	11,2 bcd	18	81	1
3	750g/ha Cu	126 cd	11,4 cd	16	83	1
4	500g/ha Cu	132 d	11,4 cd	16	83	1
5	500g/ha Cu + DF-Düsen	114 bc	11,1 bcd	18	82	0
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	115 bc	11,1 bc	19	80	1
7	variable Cu-Menge Spritzstart nach SIMBLIGHT	109 ab	10,9 b	18	81	0
8	SPU 2700 450g/ha Cu	120 bcd	11,1 bc	16	83	1
9	SPU 2700 variable Cu-Menge	109 ab	11,0 bc	20	79	1
10	Gebeizte Knollen + variable Cu-Menge	120 bcd	11,6 d	18	81	1

Wie in Tabelle 60 dargestellt, konnten mit Ausnahme von VG 7 und VG 9 durch alle Applikationsmaßnahmen signifikant höhere Erträge als in der Kontrolle erzielt werden. Die besten Ergebnisse lieferten die variable Kupfermenge und die feste Aufwandmenge von 500g Cu/ha. Bezüglich des Stärkegehalts lieferten alle Applikationsvarianten signifikant bessere Ergebnisse als die unbehandelte Kontrolle. Hier zeigte das Versuchsglied 10 die beste Leistung und konnte sich von den meisten Varianten signifikant abheben. Übergrößen traten in Puch nahezu nicht auf.

3.2.4.4 Ergebnisse der Kupferapplikationsstrategien in Straßmoos

Tabelle 61 gibt die Applikationstermine und Kupferaufwandmengen am Standort Straßmoos wieder. Der Infektionsdruck war meist mittel bis hoch, so dass mit Ausnahme der SPU-Varianten die Maximalmenge an Kupfer von 3000g/ha stets ausgeschöpft werden musste.

Tab. 61: Übersicht der Spritzmittelapplikationen in Straßmoos 2009 (-: keine Applikation)

VG	PSM	Applikationsdatum – Kupferaufwandmenge [g/ha]							Σ Cu g/ha
		18.06.	23.06.	30.06.	07.07.	13.07.	20.07.	28.07.	
2	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck	-	500	750	750	750	250	-	3000
3	Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu	-	750	750	750	750	-	-	3000
4	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu	-	500	500	500	500	500	500	3000
5	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu mit DF-Düsen	-	500	500	500	500	500	500	3000
6	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck mit DF-Düsen	-	500	750	750	750	250	-	3000
7	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck Spritzstart SIMBLIGHT	500	500	750	750	500	-	-	3000
8	SPU 2700 Feste Aufwandmenge 450g/ha Cu	-	450	450	450	450	450	450	2700
9	SPU 2700 Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck	-	300	450	450	450	450	450	2550
10	Gebeizte Pflanzknollen (120g Cu/ha) Kupfermenge variabel	-	500	750	750	750	130	-	3000

Der Epidemieverlauf am Standort Straßmoos wurde anhand der wöchentlichen Bonituren zur Befallsstärke des Blattbefalls erhoben (Abb. 23).

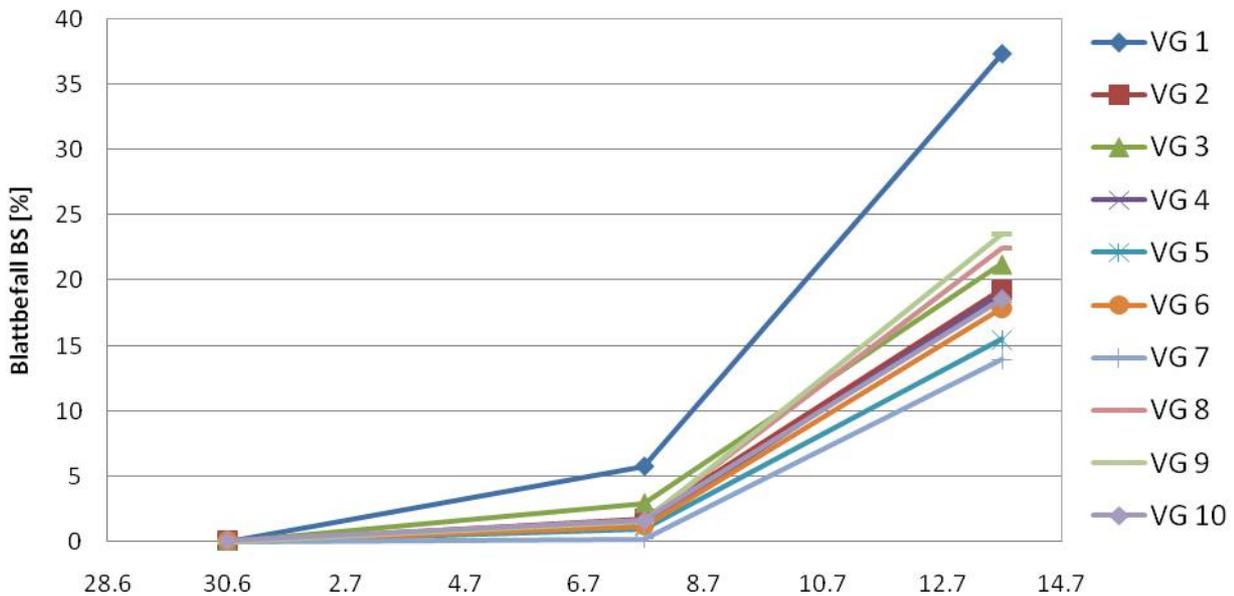


Abb. 23: Epidemiekurve über die Befallsstärke am Blatt für den Standort Straßmoos 2009

Über die Epidemiekurvenverläufe der einzelnen Applikationsvarianten wurden die AUDPC-Werte der jeweiligen Versuchsglieder berechnet (Tabelle 62). Alle Varianten konnten sich statistisch von der Kontrolle abheben, wiesen aber untereinander nur geringfügige Unterschiede auf. Die beste Wirkung wurde mit dem Applikationsschema VG 7 (Spritzstart nach SIMBLIGHT) erreicht.

Tab. 62: Vergleich der ermittelten AUDPC-Werte am Standort Straßmoos

VG	PSM	AUDPC-Wert (p<0.05)
1	unbehandelte Kontrolle	149,5 a
2	variable Cu-Menge	69,2 b
3	750g/ha Cu	82,9 b
4	500g/ha Cu	65,0 b
5	500g/ha Cu + DF-Düsen	53,2 b
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	61,2 b
7	variable Cu-Menge Spritzstart nach SIMBLIGHT	43,2 b
8	SPU 2700 450g/ha Cu	78,2 b
9	SPU 2700 variable Cu-Menge	80,8 b
10	Gebeizte Knollen + variable Cu-Menge	66,3 b

In Abbildung 24 ist die Entwicklung der Blattnekrosen in Straßmoos dargestellt. Alle behandelten Versuchsglieder konnten die Blattfläche in gleichem Maße eine Woche länger grüner halten.

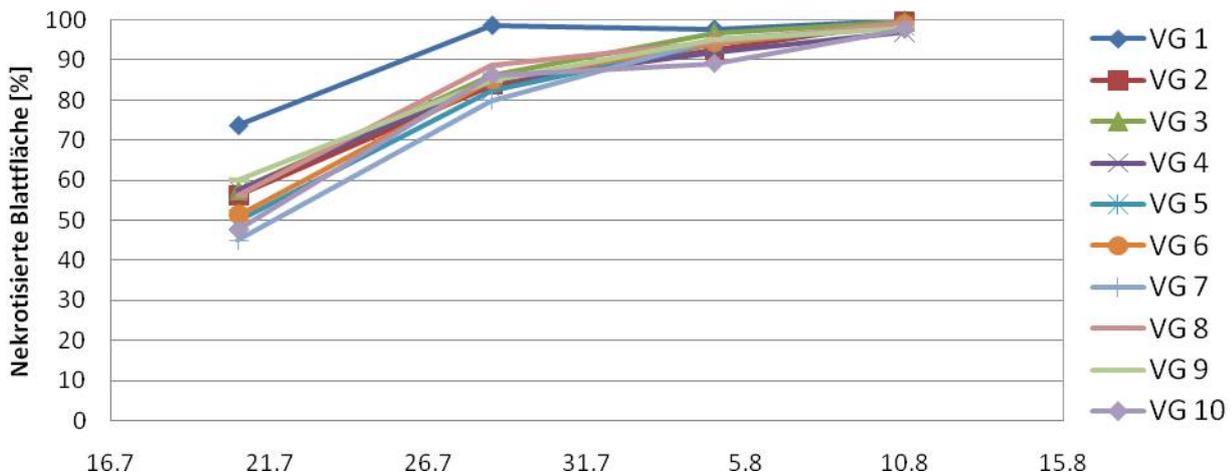


Abb. 24: Entwicklung der Blattnekrosen am Standort Straßmoos 2009

Am Standort Straßmoos konnten die Versuchsglieder 2, 5 und 10 signifikant höhere Erträge erzielen als die unbehandelte Kontrolle (Tabelle 63). Alle Applikationsvarianten erzielten signifikant höhere Stärkegehalte als die unbehandelte Kontrolle. Am besten zeigte sich hier VG 2 mit der variablen Kupfermenge. Übergrößen waren in allen Versuchsgliedern selten.

Tab.63: Ertrag, Stärkegehalt und Sortierung der Ernteknollen am Standort Straßmoos ($p < 0.05$)

VG	PSM	Ertrag relativ [%]	Stärkegehalt [%]	Größensortierung [%]		
				<35 mm	35-55 mm	>55 mm
1	unbehandelte Kontrolle	383 dt/ha = 100 a	11,0 a	15	82	3
2	variable Cu-Menge	115 b	11,9 c	14	85	1
3	750g/ha Cu	113 ab	11,8 bc	14	85	1
4	500g/ha Cu	108 ab	11,6 bc	14	84	2
5	500g/ha Cu + DF-Düsen	115 b	11,8 bc	10	87	2
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	113 ab	11,5 b	14	85	1
7	variable Cu-Menge Spritzstart nach SIMBLIGHT	113 ab	11,6 bc	10	89	1
8	SPU 2700 450g/ha Cu	107 ab	11,6 bc	14	85	1
9	SPU 2700 variable Cu-Menge	103 ab	11,6 bc	14	84	2
10	Gebeizte Knollen + variable Cu-Menge	117 b	11,5 bc	13	86	1

Ergebnisse der Kupferapplikationsstrategien in Schmiechen

Die Applikationstermine und Kupferaufwandmengen am Standort Schmiechen sind in Tabelle 64 dargestellt. Da der Landwirt hier bereits frühzeitig ohne Absprache seine Knollen gelegt hatte, konnte die Variante 10 mit den gebeizten Knollen nicht praktiziert werden, so dass hier eine alternative Variante mit der halbierten variablen Kupferaufwandmenge getestet wurde (VG 10). Der Infektionsdruck war zumeist mittel bis hoch, so dass mit Ausnahme der SPU-Varianten und der halbierten variablen Variante in allen Versuchsgliedern die maximale Kupfermenge voll ausgeschöpft wurde. Die geringste Kupfermenge wurde in VG 10 eingesetzt.

Tab. 64: Übersicht der Spritzmittelapplikationen in Schmiechen 2009 (-: keine Applikation)

VG	PSM	Applikationsdatum – Kupferaufwandmenge [g/ha]						Σ Cu g/ha
		17.06.	27.06.	04.07.	08.07.	11.07.	19.07.	
2	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck	250	500	750	750	750	-	3000
3	Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu	750	750	750	750	-	-	3000
4	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu	500	500	500	500	500	500	3000
5	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu mit DF-Düsen	500	500	500	500	500	500	3000
6	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck mit DF-Düsen	500	500	750	750	500	-	3000
7	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck Spritzstart SIMBLIGHT	500	500	750	750	500	-	3000
8	SPU 2700 Feste Aufwandmenge 450g/ha Cu	450	450	450	450	450	450	2700
9	SPU 2700 Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck	300	300	450	450	450	450	2400
10	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck halbiert	125	250	375	375	375	375	1875

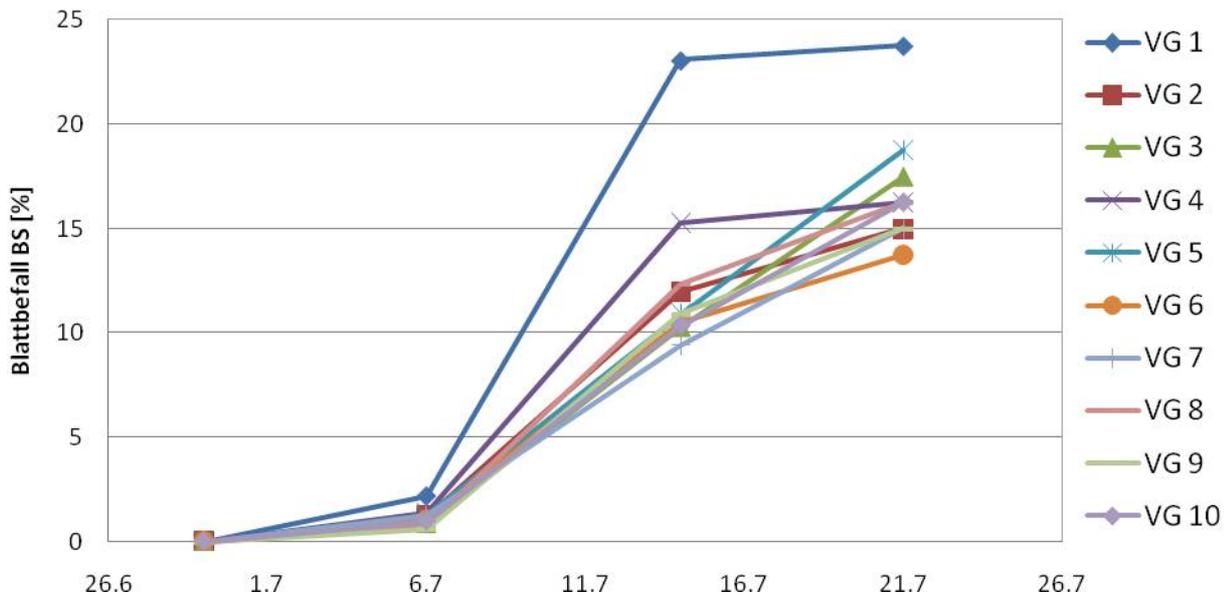


Abb. 25: Epidemieverlauf über die Befallsstärke am Blatt für den Standort Schmiechen 2009

Anhand der erhobenen Daten zur Befallsstärke des Blattbefalls wurde der in Abbildung 25 dargestellte Epidemieverlauf ermittelt. Die Verlaufsdaten wurden zur Berechnung der AUDPC-Werte der jeweiligen Versuchsglieder herangezogen (Tabelle 65). Alle Versuchsglieder konnten sich signifikant von der Kontrolle abheben, zeigten hingegen untereinander keine signifikanten Unterschiede. Der schwächste Epidemieverlauf und somit die beste Wirkung gegen die Krautfäule wurde im VG 7 mit der Applikation variabler Kupfermengen und Spritzstart nach SIMBLIGHT erreicht.

Tab. 65: Vergleich der ermittelten AUDPC-Werte am Standort Schmiechen

VG	PSM	AUDPC-Wert (p<0.05)
1	unbehandelte Kontrolle	272,3 a
2	variable Cu-Menge	151,6 b
3	750g/ha Cu	144,8 b
4	500g/ha Cu	181,8 b
5	500g/ha Cu + DF-Düsen	156,9 b
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	135,3 b
7	variable Cu-Menge Spritzstart nach SIMBLIGHT	132,5 b
8	SPU 2700 450g/ha Cu	155,4 b
9	SPU 2700 variable Cu-Menge	138,9 b
10	Variable halbierte Cu-Menge	141,9 b

Die Nekrotisierung der Blätter erfolgte am Standort Schmiechen sehr rasch (nicht dargestellt) Die Kontrolle war eine Woche vor allen anderen Versuchsgliedern zu nahezu 100% nekrotisiert. Die übrigen Applikationsvarianten konnten die Blattfläche in gleichem Maße eine Woche länger grün halten.

Bei den Erträgen konnten einige Varianten signifikant bessere Ergebnisse als die Kontrolle erreichen (Tabelle 66). Die durchschnittlich höchsten Erträge lieferte VG 10 mit der halbierten variablen Kupfermenge. Hinsichtlich des Stärkegehalts erreichten alle VG eine signifikante Verbesserung gegenüber der unbehandelten Kontrolle. Übergrößen gab es in keiner Variante. Parzellen, welche durch starken Unkrautbesatz oder anderweitig deutlich sichtbar bei der Ertragsbildung benachteiligt waren, wurden bei der statistischen Auswertung nicht berücksichtigt.

Tab.66: Ertrag, Stärkegehalt und Sortierung der Ernteknollen am Standort Schmiechen (p<0.05)

VG	PSM	Ertrag relativ [%]	Stärke- gehalt [%]	Größensortierung [%]		
				<35 mm	35-55 mm	>55 mm
1	unbehandelte Kontrolle	174 dt/ha = 100 a	11,5 a	20	80	0
2	variable Cu-Menge	143 c	12,3 b	11	89	0
3	750g/ha Cu	118 ab	12,7 b	14	86	0
4	500g/ha Cu	122 bc	12,4 b	11	89	0
5	500g/ha Cu + DF-Düsen	127 bc	12,6 b	13	87	0
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	114 ab	12,2 b	17	83	0
7	variable Cu-Menge Spritzstart nach SIMBLIGHT	132 bc	12,6 b	10	90	0
8	SPU 2700 450g/ha Cu	114 ab	12,3 b	11	89	0
9	SPU 2700 variable Cu-Menge	114 ab	12,5 b	14	86	0
10	Variable halbierte Cu-Menge	129 bc	12,2 b	14	86	0

Forschungsarbeiten am JKI

Versuchsjahr 2008

Witterung und Infektionsdruck 2008

Das Versuchsjahr 2008 zeichnete sich durch starke Niederschläge im März aus, die auf einigen Standorten das Auspflanzen der Kartoffeln um bis zu drei Wochen hinauszögerte. Der Mai war größtenteils sehr trocken mit hohen Temperaturen, die in einigen Fällen zu einem verringerten Knollenansatz der Kartoffeln führten. Dennoch begünstigten die Temperaturen auch die Blattausbildung, was zu einer relativ schnellen und guten Jugendentwicklung der Bestände führte. Am Standort Barnstedt erfolgte das Legen Ende April. Die Witterung in der Auflaufphase und der Jugendentwicklung der Kartoffeln zeichnete sich durch sehr wenig Niederschläge und verhältnismäßig hohe Temperaturen aus. Das führte dazu, dass auch die Niederschläge im Juni nicht ausreichten, um eine optimale Wasserversorgung der Kartoffeln sicherzustellen, so dass viele Flächen beregnet werden mussten. In dieser Zeit zeigte sich erwartungsgemäß auch ein sehr geringer Infektionsdruck der Krautfäule. Erst mit häufigeren Niederschlägen im Juli stieg auch das Befallsrisiko. Erster Befall wurde vielerorts in der zweiten Juli Woche in den Beständen gesichtet. Stärkerer Befall konnte bei unbehandelten Kartoffeln erst Anfang August beobachtet werden. Konventionell geführte Bestände blieben größtenteils befallsfrei. Am Versuchsstandort Barnstedt musste nach rel. trockenen Auflaufbedingungen der Kartoffeln schon in der ersten Junihälfte beregnet werden. Insgesamt wurden ca. 90 mm Zusatzwasser in der Vegetation gegeben. Die Bestände entwickelten sich relativ zügig und gleichmäßig. Mitte Juli setzte eine niederschlagsreiche Witterungsperiode ein, die zum einen ausreichend Wasser lieferte, um das Größenwachstum der Knollen zu sichern, und zum anderen den Infektionsdruck der Krautfäule begünstigte. Aufgrund der guten Wasserversorgung im Juli und des etwas geringeren Knollenansatzes zeigten viele Kartoffelbestände einen erhöhten Übergrößenanteil. Dies führte dazu, dass vielerorts Anfang August die Kartoffeln abgetötet bzw. das Kraut vernichtet wurde.

Der Versuch in Ramlingen musste auf Grund externer Einflüsse abgebrochen werden. Die Pflanzen starben großflächig ab bevor sie einen akzeptablen Ertrag gebildet hatten, was auf eine Schädigung durch das Herbizid Aminopyralid zurückzuführen war, welches sich im eingesetzten organischen Dünger (Pferdemist) angereichert hatte.

Berechnung von Spritzstart und Infektionsdruckverlauf

Für den Standort Barnstedt und die Sorte Ditta wurde mit SIMPHYT 1, unter Beachtung des Auflauftermins (15.05.), der Spritzstart für den 26.06. errechnet. Zu diesem Zeitpunkt konnte noch kein Befall in den Versuchsflächen bonitiert werden. SIMBLIGHT (Variante 8) errechnete den Spritzstart für den 28.06.08. Die Kartoffeln befanden sich hier im Entwicklungsstadium 65. Auf Grund der Witterungsverhältnisse an der Wetterstation Wendisch Evern berechnete das Prognosemodell SIMPHYT 3 den in Abbildung 4 angegebenen Infektionsdruckverlauf. Erst mit den häufigeren Niederschlägen im Juli stieg der Infektionsdruck (ID) auf ein hohes bis sehr hohes Niveau. In der Zeit vom 30.6.-12.7. wurde ein relativ konstanter Anstieg des IDs berechnet der schnell ein hohes Niveau erreichte. In dieser Zeit konnte der Erstbefall im Versuch (03.07.)

bonitiert werden und die Spritzabstände wurden vom Modell von bisher 7-14 Tagen auf 4 Tage verkürzt. In der Zeit vom 16-20.Juli wurden die höchsten Werte errechnet. Hier begann auch im Versuch die stärkste Erregerprogression, die sich bis Ende Juli in einer starken Zunahme der Befallsstärke äußerte. Nach einer trockenheitsbedingten Zeit mit geringem Infektionsdruck Anfang August wurde erneut eine Phase mit hohem bis sehr hohem ID errechnet, in der im Versuch die Kontrolle auf Grund des Befalls zusammenbrach. Zusammenfassend konnte der berechnete Infektionsdruck (Abbildung 26) sehr gut das Epidemiegeschehen im Freiland wiedergeben.

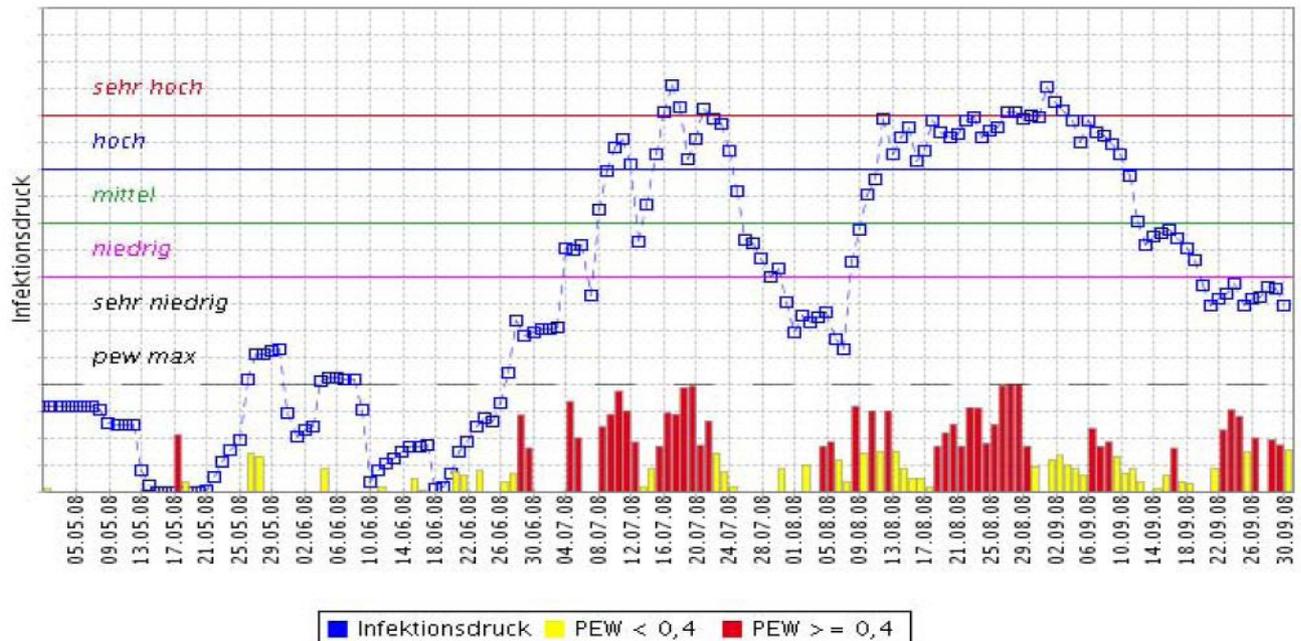


Abb. 26: Infektionsdruck nach SIMPHYT 1II. Wetterstation Wendisch Evern 2008 (PEW=Phytophthora Effizienz-Wert)

Am Standort Barnstedt wurde nach Spritzstart ein Behandlungsabstand von 14 Tagen für die ÖKOSIMPHYT- Varianten empfohlen. Ab Anfang Juli wurden mit Erhöhung des Infektionsdruckes Abstände von 7-4 Tagen errechnet. In dieser Zeit mussten auf Grund häufiger Niederschläge, Behandlungen um bis zu zwei Tage verschoben werden, um eine Applikation nach guter fachlicher Praxis durchführen zu können. Die für die Varianten 6, 7 und 8 festgesetzten Behandlungskriterien für den Zeitraum vor der Vollblüte kamen an diesem Standort nicht mehr zum Einsatz, da der Spritzstart erst zum Zeitpunkt der Vollblüte erfolgte, und hier nach den Empfehlungen des Prognosemodells weiter gearbeitet wurde

Tab. 67: Übersicht der Spritzmittelapplikationen in Barnstedt 2008 (-: keine Applikation)

VG	PSM	Applikationsdatum – Kupferaufwandmenge [g/ha]							Σ Cu g/ha
		26.06.	03.07.	07.07.	13.07.	18.07.	22.07.	30.07.	
2	variable Cu-Menge	250	-	250	750	500	250		2500
3	750g/ha Cu	750	-	750	750	750	-	-	3000
4	500g/ha Cu	500	-	500	500	500	500	500	3000
5	500g/ha Cu DF-Düsen	500	-	500	500	500	500	500	3000
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB	250	-	250	500	750	500	250	2500
7	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	250	-	250	500	750	500	250	2500
8	variable Cu-Menge Spritzstart SIMBLIGHT	250	-	250	500	750	500	250	2500
9	SPU 2690	450	-	450	450	450	450	450	2700
10	250g/ha Cu	250	-	250	250	250	250	250	1500
12	Standard Nord 500g/ha Cu wöchentlich	500	500	-	500	-	500	500	2500

Die getesteten Versuchsglieder in den Kernvarianten differenzierten in der Zeit der Befallsprogression sehr gut. Jede Variante konnte zu einer deutlichen Befallsreduktion im Vergleich zur Kontrolle führen (Tabelle 68). An Hand der AUDPC-Werte wurde ersichtlich, dass die Varianten in denen die Behandlungsabstände durch das Prognosemodell errechnet wurden, unabhängig von der Aufwandmenge, zu einer besseren Kontrolle der Krautfäule führten als die Standardbehandlung (Variante 12). Dies ist auf die kürzeren Spritzabstände in der Zeit vom 13.07 bis zum 18.07. zurückzuführen. Hier wurde im Vergleich zu 7 Tagen (in diesem Fall 9 Tage) Spritzabstand des Standards mit 4 Tagen ein kontinuierlicher Schutz der Pflanzen erreicht, der durch die Standardapplikation nicht gewährleistet war.

Es zeigte sich, dass sich in der Zeit mit einem hohen Infektionsdruck die Kombination aus kurzen Spritzabständen und hohen Aufwandmengen am erfolgreichsten auf den Krautfäulebefall auswirkte. Aus diesem Grund wurden in den Varianten mit geringeren Aufwandmengen (V 4,6 und 10) auch höhere Befallswerte bonitiert. Den Ergebnissen der Vorjahre entsprechend, konnte auch die Variante 10 mit 250g Cu/ha überzeugen. Im Verhältnis zur Variante 3 wurde hier zwar erheblich mehr Befall bonitiert, dennoch konnte im Vergleich zur Standardvariante eine ähnlich gute Bekämpfung, bei einer Reduzierung der Gesamtaufwandmenge an Kupfer von 1000g, erzielt werden.

Tab. 68: Vergleich der Bekämpfungserfolge Barnstedt 2008. Wöchentliche Behandlung

VG	PSM	AUDPC	t-test p<0,01
1	Unbehandelte Kontrolle	3559.3	a
2	variable Cu-Menge	2232.9	b c
3	750g/ha Cu	1340.7	d
4	500g/ha Cu	1691.6	c d
5	500g/ha Cu + DF-Düsen	1984.6	b c
6	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB	2193.0	b c
7	variable Cu-Menge mit höheren Mengen vor VB + DF-Düsen	2316.9	b
8	variable Cu-Menge Spritzstart SIMBLIGHT	2532.2	b
9	SPU 2690	2232.8	b c
10	250g/ha Cu	2510.7	b
12	Standard Nord 500g/ha Cu wöchentlich	2414.2	b

4.2.1.4 Ertragsleistung der Kernvarianten

Trotz des relativ späten Pflanztermins am Standort Barnstedt begünstigte der warme Mai die Phasen des Knollenansatzes und der Knollenausbildung der Pflanzen. Dies bewirkte, dass zu Befallsbeginn Ende Juli nur noch geringe Ertragszuwächse und somit auch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten zu erwarten waren. Dennoch zeigten die Varianten, in denen durch die Behandlung eine deutliche Verzögerung des Befallsanstieges um ca. zwei Wochen möglich war, dass hier tendenziell höhere Erträge erzielt wurden. So konnten in den Varianten 3 und 4 im Mittel ca. 50 dt/ha mehr marktfähige Ware geerntet werden als in der Kontrolle. Die übrigen getesteten Versuchsglieder zeigten im Vergleich dazu geringe Unterschiede zur Kontrolle (Abbildung 27).

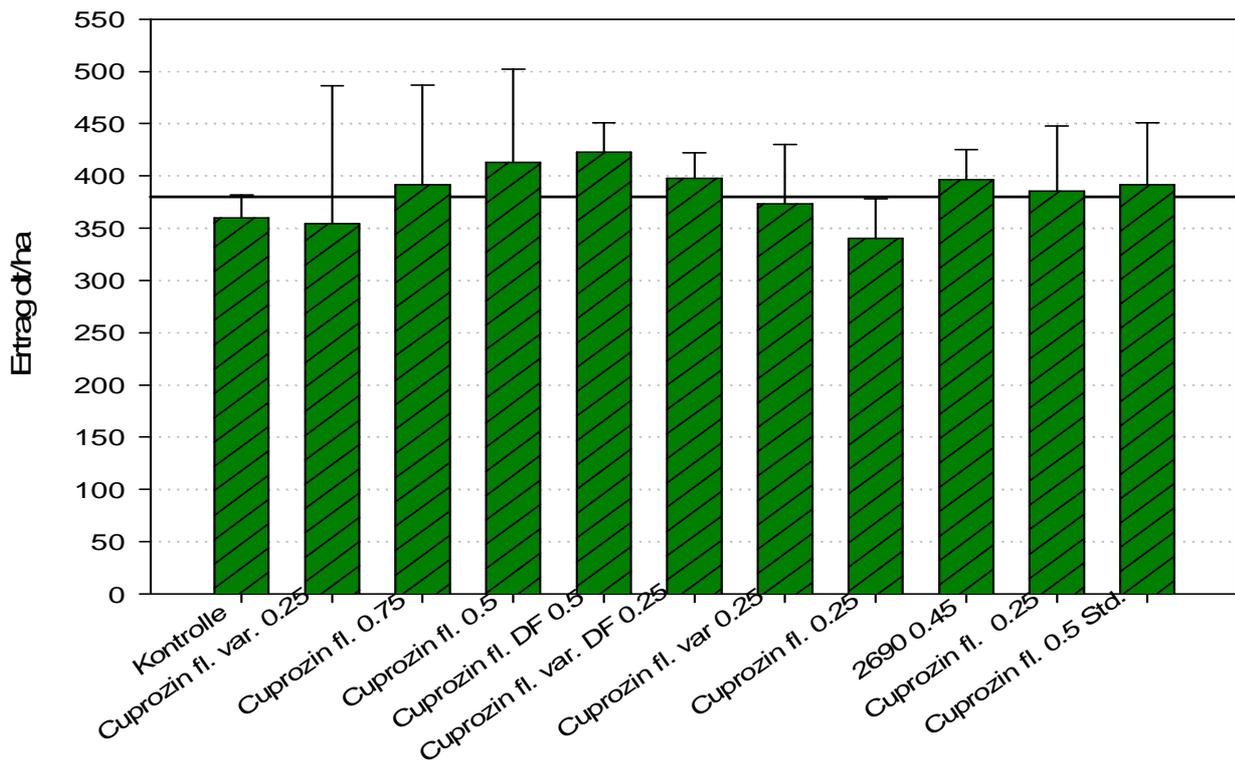


Abb.27: Erträge der Kernvarianten am Standort Barnstedt, 2008.

4.2.1.5 Krautfäule-Befall und Ertragsleistung nach Cu-Spritzung im wöchentlichen Rhythmus

Die Varianten, in denen Cuprozin flüssig in unterschiedlichen Aufwandmengen wöchentlich ausgebracht wurde, dienten dazu, das Einsparpotential zu ergründen, das eine Reduzierung der Aufwandmenge je Spritzung leisten kann. Die bisherigen Ergebnisse haben, mit Ausnahme des Extremjahres 2007, gezeigt, dass bei einer wöchentlichen Anwendung von 250g Cu/ha unter weniger starkem Befallsdruck noch deutliche Bekämpfungserfolge zu erzielen sind. Im Vergleich zum Standard wäre dies eine Einsparung von 50%.

Unter den Bedingungen des Versuchsjahres 2008 bestätigten die Ergebnisse am Standort Barnstedt die Erkenntnisse aus den Vorjahren. Hier zeigten die Varianten in denen 250g Cu/ha eingesetzt wurde, kaum Unterschiede im Krautfäulebefall im Vergleich zu den Varianten mit 500g bzw. 750g Cu/ha. Erst zu den späteren Boniturterminen, an denen der stärkste Befallsanstieg zu verzeichnen war, konnte sich der Erreger in den 250g Cu/ha- Varianten stärker ausbreiten. Insgesamt betrachtet konnte mit der wöchentlichen Applikation von Kupfer nicht der Bekämpfungserfolg erzielt werden, wie er durch die Anwendung des Prognosemodells möglich war.

Tab. 69: Vergleich der Bekämpfungserfolge Barnstedt 2008. Wöchentliche Behandlung (unterschiedliche Buchstaben geben signifikante Unterschiede an)

VG	PSM	Σ g Cu/ha	AUDPC	t-test p<0,01
1	Unbehandelte Kontrolle	0	3559.3	a
11	Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu	3000	2629.1	b
12	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu	2500	2496.7	b
13	Feste Aufwandmenge 250g/ha Cu	1250	3096.1	ab

Auch bei den Erträgen der Varianten mit wöchentlicher Behandlung konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden (Abbildung 28). Tendenziell zeigte sich wiederum ein höheres Ertragsniveau der Varianten mit einem besseren Bekämpfungserfolg (VG 11, VG 12)

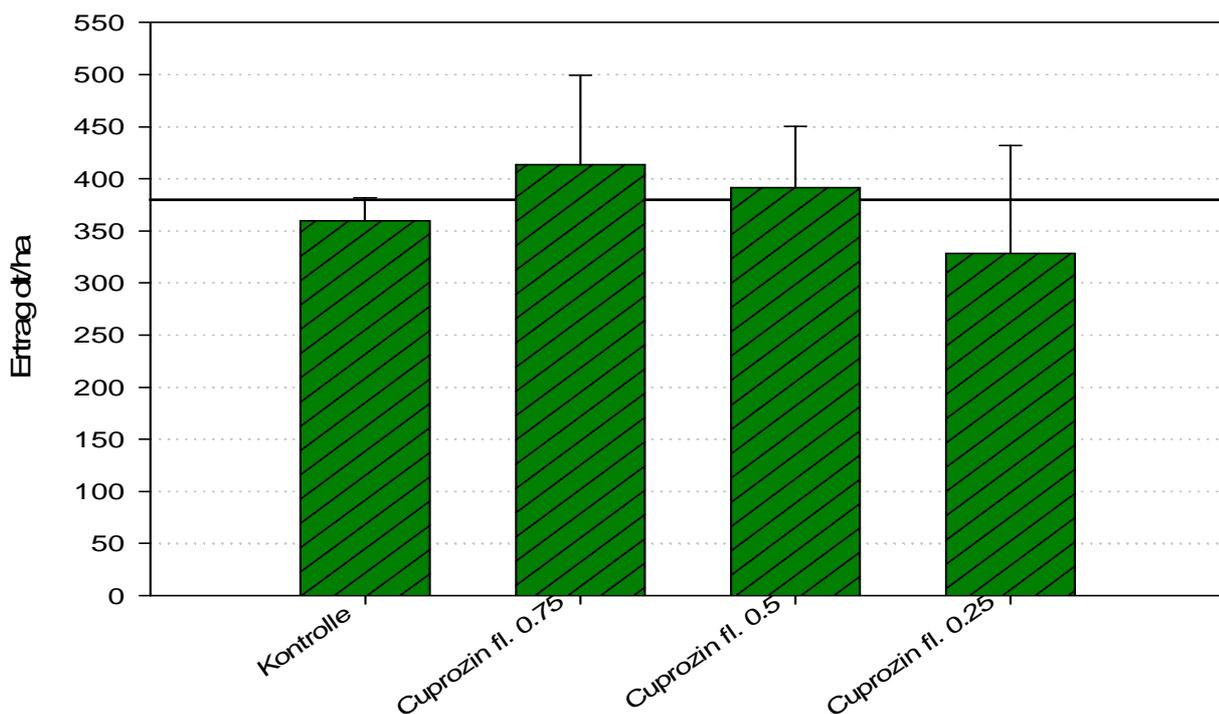


Abb. 28: Erträge der wöchentlichen Behandlungen, Barnstedt 2008

Versuche zur Dauerwirkung von Cu:

Am Standort Barnstedt wurden wöchentlich gestaffelte Kupferapplikationen mit 750g Cu/ha getestet, um die Dauerwirkung von Cuprozin flüssig zu prüfen. Die Ergebnisse (Tabelle 70) zeigen, dass bei der Applikation von 750g Kupfer/ha eine Dauerwirkung zu beobachten ist. Während die zweifach behandelte Variante 15 nur geringfügige Unterschiede zur Kontrolle aufwies, gewährleisteten die drei- bzw. vierfach behandelten Varianten 17 und 16 auch nach über 14 Tagen einen Schutz gegen Phytophthorabefall. Besonders deutlich machen das die Ergebnisse der Variante 16. Hier konnten kaum Unterschiede zur Variante 17 bonitiert werden, obwohl die letzte Applikation 11 Tage früher erfolgt war und insgesamt 750g weniger Cu ausgebracht wurden. Auch 17 Tage später waren keine Befallsunterschiede sichtbar. Dies bestätigt die Dauerwirkung der Applikation, zeigt aber auch, dass der Applikationstermin vom 13.07. an dem im gesamten Versuch ein leichter Erstbefall bonitiert wurde, die Erregerprogression nachhaltig gestört hat. Die deutliche Befallsreduktion der Varianten 16 und 17 resultierten in Mehrerträgen von ca. 56 dt/ha marktfähige Ware (Abbildung 29).

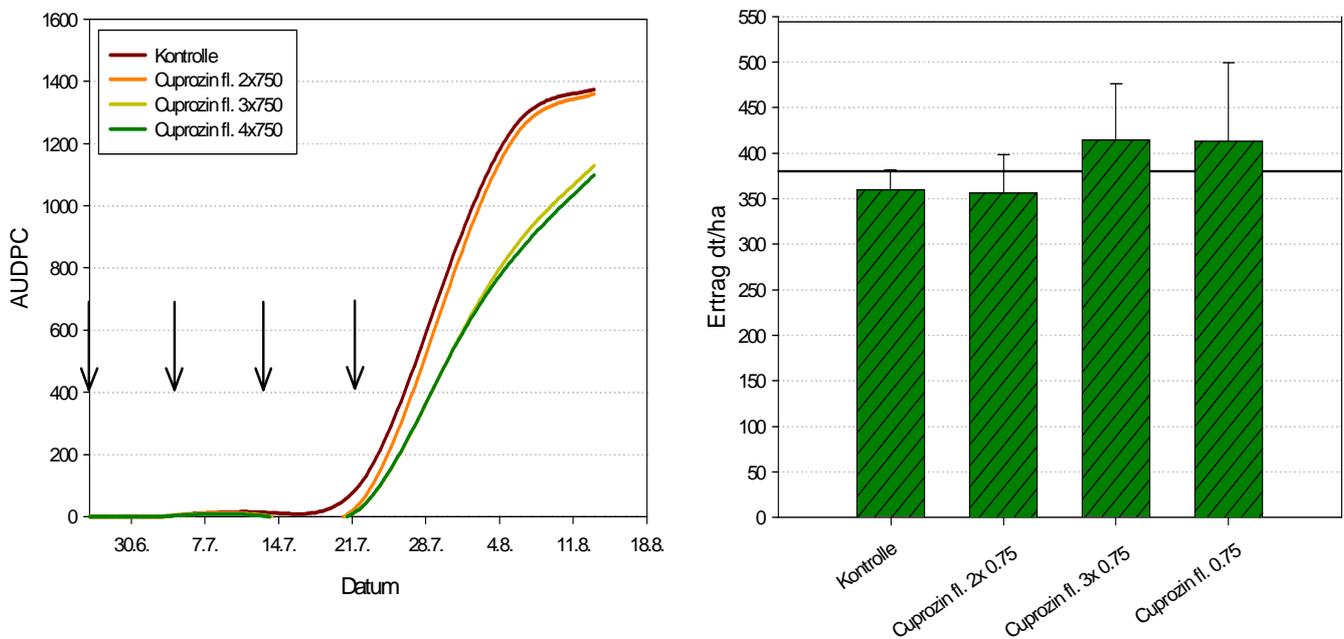


Abb. 29: Befallsverläufe (AUDPC) und Erträge Barnstedt. Staffelung von Cuprozin fl. 750 g Cu/ha

Tab. 70: Vergleich der Bekämpfungserfolge Barnstedt 2008. Cu-Staffelung (unterschiedliche Buchstaben geben signifikante Unterschiede an)

VG	PSM	Σ g Cu/ha	AUDPC	t-test p<0,05
1	Unbehandelte Kontrolle	0	3559.3	a
15	2 x Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu	1500	3376.8	a
16	3 x Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu	2250	2550.1	b
17	4 x Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu	3000	2488.3	b

Versuche mit Nu-Film-P

In den vorherigen Jahren zeigten Gewächshausversuche, dass die Kombination mit dem natürlichen Zusatzstoff Nu-Film-P zu einer besseren Regenbeständigkeit von Cuprozin flüssig führen kann. Seit drei Jahren werden hierzu auch Feldversuche durchgeführt, um die Beobachtungen aus dem Gewächshaus zu überprüfen. In diesem Jahr wurde im direkten Vergleich zur Standardvariante (VG 12) eine identische Variante (VG 14) getestet, in der zusätzlich zu Cuprozin flüssig 0,3l/ha Nu-Film-P hinzugegeben wurden. Um eine eventuelle Wirkungsverbesserung nachzuvollziehen wurde in VG 17 eine verminderte Aufwandmenge an Cuprozin fl. (375g Cu/ha) mit Nu-Film-P kombiniert. Wie bereits in den vergangenen Versuchen, konnten die Ergebnisse aus dem Gewächshaus nicht im Freiland reproduziert werden. Zwar konnten keine negativen Effekte durch den Zusatz von Nu-Film-P zu Cuprozin flüssig festgestellt werden, eine Wirkungsverbesserung oder bessere Regenbeständigkeit jedoch auch nicht (Tabelle 71). Die geringeren Bekämpfungserfolge der Variante 17 basieren höchstwahrscheinlich auf der geringeren Aufwandmenge an Cuprozin. Somit lässt sich sagen, dass der Zusatz von Nu-Film-P im Freiland keinen signifikant positiven Effekt auf die Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule hatte (Abbildung 30).

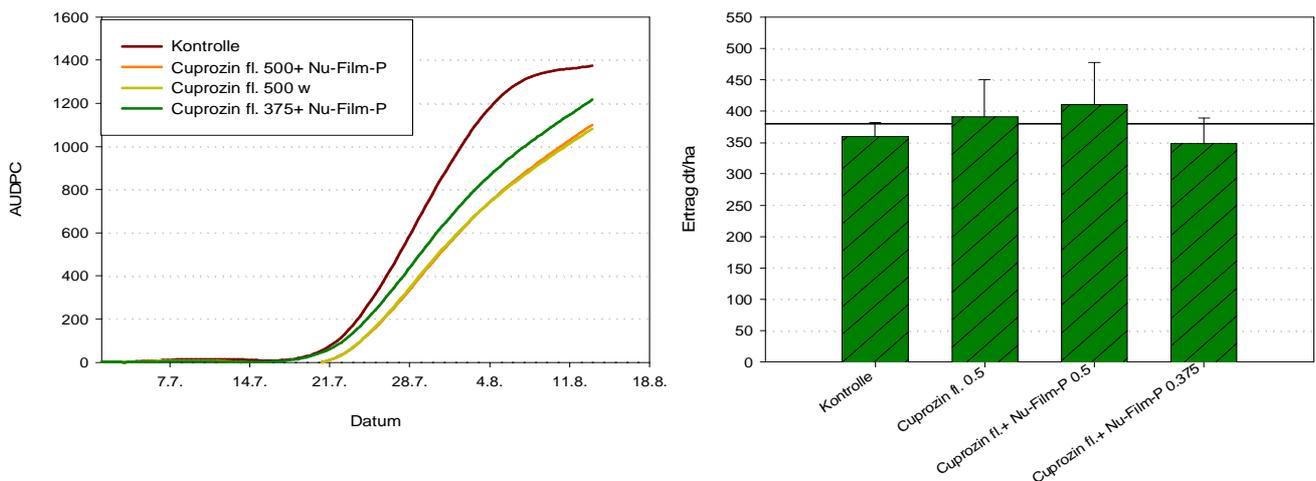


Abb. 30: Befallsverläufe (AUDPC) und Erträge Barnstedt. Versuche mit Nu-Film-P

Tab. 71: Vergleich der Bekämpfungserfolge Barnstedt 2008. Versuche mit Nu-Film-P (unterschiedliche Buchstaben geben signifikante Unterschiede an)

VG	PSM	Σ g Cu/ha	AUDPC	t-test p<0,05
1	Kontrolle	0	3559.3	a
12	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu	2500	2414.2	b
14	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu + Nu-FilmP (0,3l/ha)	2500	2431.2	b
17	Feste Aufwandmenge 375g/ha Cu + Nu-FilmP (0,3l/ha)	1875	2843.8	b

Feldversuche am Standort Braunschweig

Die durchschnittliche Lufttemperatur an der Wetterstation Braunschweig lag während der gesamten Versuchsphase über dem langjährigen Mittel. Insgesamt konnte im Jahr 2008 in der Vegetationsphase der Kartoffel ein Niederschlagsdefizit im Vergleich zum langjährigen Mittel festgestellt werden. In den Monaten Mai und Juni fielen fast nur die Hälfte der üblichen Niederschläge. Dies hatte zur Folge, dass auf diesem Standort, der ohnehin durch einen geringen Krautfäuledruck gekennzeichnet ist, kein Befall in dieser Zeit möglich war. Erst im Juli und im August wurden die Wachstumsbedingungen für die Kartoffel und den Erreger besser. Aufgrund der eher geringen Wasserversorgung im Mai und Juni konnte das Ertragspotential des Standortes nicht voll ausgeschöpft werden.

Berechnung von Spritzstart und Infektionsdruckverlauf

Auf Basis der Wetterdaten der Station Braunschweig berechnete das System SIMPHYT 1 den Spritzstart für die vorgekeimten Kartoffeln (Auflauf: 01.05.) am 19.06. Der Beginn der Behandlungen der übrigen Sorten wurde für den 24.06. angegeben. Zu Beginn der Applikationen waren noch alle Sorten befallsfrei.

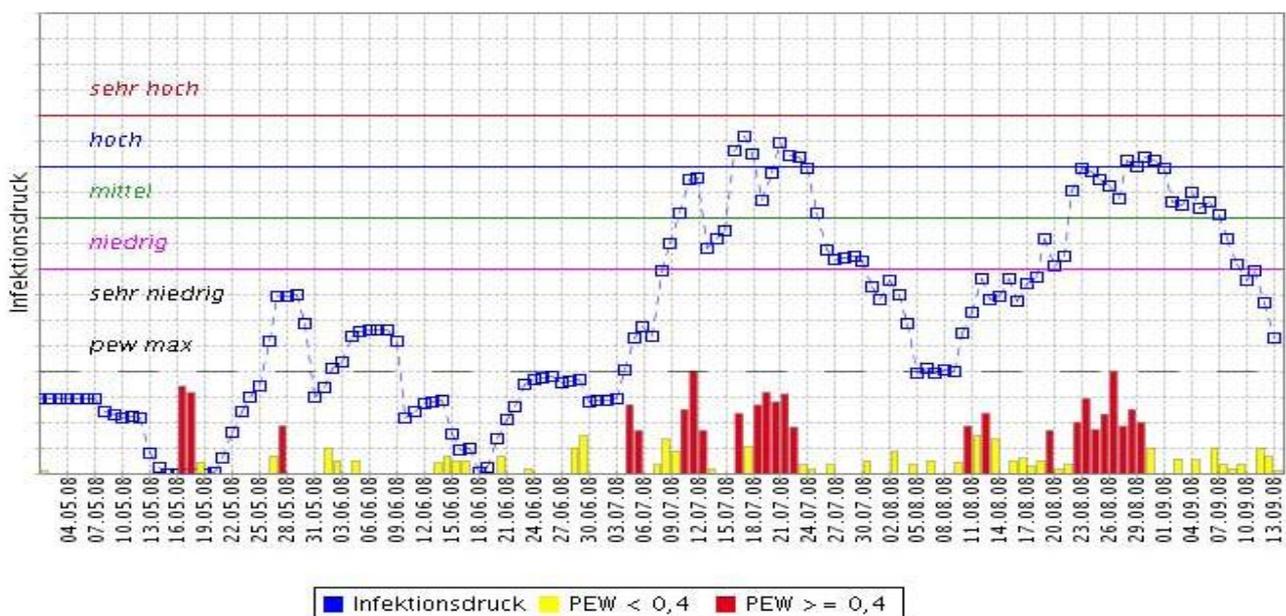


Abb. 31: Infektionsdruckverlauf Wetterstation Braunschweig 2008

Nachdem der Spritzstart am Standort Ahlum für den 24.06. bzw. 19.06. errechnet wurde, konnten auf Grund des niedrigen Infektionsdrucks Spritzabstände von bis zu 14 Tagen gefahren werden. Erst Anfang Juli war ein kontinuierlicher Anstieg des IDs zu verzeichnen, der um den 21.07. sein höchstes Niveau erreichte. An diesem Tag wurde auch die letzte Applikation durchgeführt, da die Abreife der Bestände einsetzte. Die stärkste Erregerprogression fand in der Zeit vom 22.7. bis zum 28.07. statt. Somit konnte mit dem Prognosesystem treffend und vorzeitig auf die Epidemie

eingegangen werden (Abbildung 31). Die Behandlungstermine und die dazugehörigen Aufwandmengen sind für die einzelnen Sorten und Varianten in Tabelle 72 dargestellt.

Tab. 72: Applikationen Ahlum (Braunschweig) 2008 in den Sorten Ditta vorgekeimt (vk), Ditta nicht vorgekeimt, Princess und Finka (-: keine Applikation)

VG	Sorte	PSM	Applikationsdatum – Kupferaufwandmenge [g/ha]					Σ Cu g/ha
			19.06	25.06.	02.07.	10.07.	21.07.	
1	Ditta vk	Kontrolle	-	-	-	-	-	0
2	Ditta vk	Standard	500	500	500	500	500	3000
3	Ditta vk	ÖKOSIMPHYT	250	-	250	-	750	1250
1	Ditta	Kontrolle	-	-	-	-	-	0
2	Ditta	Standard	-	500	500	500	500	2000
3	Ditta	ÖKOSIMPHYT	-	250	-	250	750	1250
1	Princess	Kontrolle	-	-	-	-	-	0
2	Princess	Standard	-	500	500	500	500	2000
3	Princess	ÖKOSIMPHYT	-	250	-	250	750	1250
1	Finka	Kontrolle	-	-	-	-	-	0
2	Finka	Standard	-	500	500	500	500	2000
3	Finka	ÖKOSIMPHYT	-	250	-	250	750	1250

Krautfäule-Befall und Ertragsleistung unterschiedlicher Sorten und Behandlungen am Standort Ahlum

Am Standort Ahlum konnten die ersten mit *P.infestans* befallenen Blätter in den Sorten Ditta vorgekeimt, Finka und Princess am 15.07. bonitiert werden. Zu diesem Zeitpunkt zeigte die nicht vorgekeimte Ditta noch keine sichtbaren Symptome. Am 22.07. konnten in allen Varianten nur noch geringe Symptome der Krautfäule auf beobachtet werden. Lediglich die vorgekeimte Ditta zeigte höhere Befallswerte. Die Befallshäufigkeit lag zu diesem Zeitpunkt bei über 10% im Schnitt der Sorten und Behandlungsstufen. Eine Differenzierung der beiden Behandlungsvarianten war zu diesem Zeitpunkt nicht erkennbar. In der Zeit vom 22.07. bis zum 28.07. konnte in den Sorten Ditta vorgekeimt, Princess und Finka eine starke Zunahme des Befalls in Kombination mit der einsetzenden Abreife beobachtet werden, so dass zur Bonitur am 28.07. über 90 % der Blattfläche dieser Sorten zerstört war. In der Sorte Finka zeigten daher die Kupferbehandlungen kaum Wirkungen auf den Verbleib der grünen Blattfläche. Hier führte der Befallsanstieg in Kombination mit der Abreife dazu, dass sowohl ein Bekämpfungserfolg als auch ein absicherbarer Mehrertrag nicht erreicht wurde. Ähnliches wurde bei der Sorte Princess beobachtet. Konnte hier anfangs noch ein geringerer Befall in den behandelten Varianten bonitiert werden, relativierte sich diese Beobachtung zu den letzten Bonituren. Die spätere Sorte Ditta (nicht vorgekeimt) zeigte hingegen in den behandelten Varianten noch einen größeren Anteil an gesunden Blättern. Hier war zu

erkennen, dass die Standardvariante deutlich bessere Bekämpfungserfolge ermöglichte als die ÖKOSIMPHYT - Variante.

Tab. 73: Vergleich der Bekämpfungserfolge Ahlum 2008. Kernvarianten (unterschiedliche Buchstaben geben signifikante Unterschiede an, Großbuchstaben zeigen Sortenunterschiede , Kleinbuchstaben Variantenunterschiede an)

Sorte	VG	Σ g Cu/ha	AUDPC	t-test p<0,05	t-test Basis V1 p<0,05
Ditta vk	1 (Kontrolle)	0	950.8	a	A
Ditta vk	2 (Standard)	3000	600.5	b	
Ditta vk	3 (ÖKOSIMPHYT)	1250	706.7	ab	
Ditta	1 (Kontrolle)	0	620.6	a	BC
Ditta	2 (Standard)	2000	170.8	b	
Ditta	3 (ÖKOSIMPHYT)	1250	474.8	ab	
Princess	1 (Kontrolle)	0	862.3	a	AB
Princess	2 (Standard)	2000	611.4	a	
Princess	3 (ÖKOSIMPHYT)	1250	639.0	a	
Finka	1 (Kontrolle)	0	471.9	a	C
Finka	2 (Standard)	2000	542.3	a	
Finka	3 (ÖKOSIMPHYT)	1250	593.3	a	

Die Ertragsermittlung bestätigte die Eindrücke der Bonituren. In den sehr frühen bis frühen Sorten Finka und Princess konnte keine ertragslimitierende Wirkung durch die Krautfäule festgestellt werden. Tendenziell wurde in den behandelten Varianten mehr marktfähige Ware geerntet. Bei der mittelfrühen Sorte Ditta konnte durch die Behandlung mit Kupfer eine Verlängerung der Assimilationszeit erreicht werden, die zu statistisch absicherbar höheren Erträgen führte. Obwohl hier die Standardvariante im Vergleich zur ÖKOSIMPHYT-Variante deutlich geringeren Krautfäulebefall zeigte, äußerte sich dies aber nicht in höheren Erträgen. Während im Versuchsjahr 2007 das Vorkeimen der Sorte Ditta unter dem frühen Befall der Krautfäule deutliche Vorteile auf Grund der früheren Ertragsbildung ergab, konnte dieser Effekt unter dem späten Befall im Jahre 2008 nicht beobachtet werden. Es konnten keine Unterschiede im Ertrag der Kontrollen der vorgekeimten und der nicht vorgekeimten Kartoffeln ermittelt werden. Die behandelten Varianten dagegen zeigten eindeutig, dass in diesem Jahr die nicht vorgekeimten Kartoffeln, auf Grund der besseren Ausnutzung der Vegetationsphase, einen Ertragsvorteil gegenüber den vorgekeimten Varianten hatten. Die Ertragsabsicherung, die durch das Vorkeimen erreicht wird, bedeutet in Jahren wie 2008, also auch ein Verzicht auf Ertragsspitzen.

Tab. 74: Ergebnisse der Ertragsermittlung, Ahlum 2008 (Unterschiedliche Buchstaben geben signifikante Unterschiede an (kleine Buchstaben stellen Effekte der Behandlung, große Buchstaben Sorteneffekte dar)

Sorte	VG	Σ g Cu/ha	Ertrag [dt /ha]	Ertrag rel. [%]	TUKEY p<0,05	TUKEY Basis Var. 2 p<0,05
Ditta vk	1 (Kontrolle)	0	198.4	153.9	a	A
Ditta vk	2 (Standard)	3000	202.8	157.3	a	
Ditta vk	3 (ÖKOSIMPHYT)	1250	213.7	165.8	a	
Ditta	1 (Kontrolle)	0	189.2	146.7	a	B
Ditta	2 (Standard)	2000	240.4	186.5	b	
Ditta	3 (ÖKOSIMPHYT)	1250	269.8	209.3	b	
Princess	1 (Kontrolle)	0	237.0	183.9	a	A
Princess	2 (Standard)	2000	228.6	177.4	a	
Princess	3 (ÖKOSIMPHYT)	1250	251.4	195.0	a	
Finka	1 (Kontrolle)	0	128.9	100.0	a	A
Finka	2 (Standard)	2000	150.4	116.7	a	
Finka	3 (ÖKOSIMPHYT)	1250	151.6	117.6	a	

Versuchsjahr 2009

Das Versuchsjahr 2009 war an allen Standorten durch eine Trockenperiode von Anfang Mai bis Anfang Juli geprägt. Dies führte dazu, dass auf fast allen Standorten beregnet werden musste. Der Krautfäuledruck war erwartungsgemäß gering. Anfang bis Mitte Juli begünstigte die Witterung den Befall mit *Phytophthora infestans*. Erstbefälle wurden in Niedersachsen zwischen dem 30.06. und dem 14.07. gemeldet. Ende Juli war ein starker Befallsstieg in unbehandelten Flächen zu beobachten

Feldversuche Barnstedt

Am Versuchsstandort Barnstedt musste mit ca. 90 mm beregnet werden. Die Temperaturen waren unter dem langjährigen Durchschnitt. Für die verwendete Sorte Ditta wurde mit SIMPHYT 1, unter Beachtung des Auflauftermins (10.05.), der Spritzstart für den 16.06. errechnet (Abbildung 32). Zu diesem Zeitpunkt konnte noch kein Befall in den Versuchsflächen bonitiert werden. SIMBLIGHT (VG 8) errechnete den Spritzstart für den 26.06. Die Kartoffeln befanden sich hier im Entwicklungsstadium 62. Erstbefall war am 30.06. Erst mit den häufigeren Niederschlägen, und den damit verbundenen günstigeren Infektionsbedingungen für *P.infestans*, Ende Juni, stieg der Infektionsdruck (ID) von einem bisher niedrigen auf ein mittleres Niveau. Innerhalb der Saison wurde ein niedriges bis mittleres Infektionsrisiko nicht überschritten, weshalb Spritzabstände zwischen 10 und 7 Tagen empfohlen wurden. Aufgrund der beendeten Blüte der Kartoffeln kam die Anwendungsroutine für die Wechselvariante (VG7) nicht zum tragen. Ende Juli wurde in den Kontrollparzellen 100% Befallsstärke bonitiert.

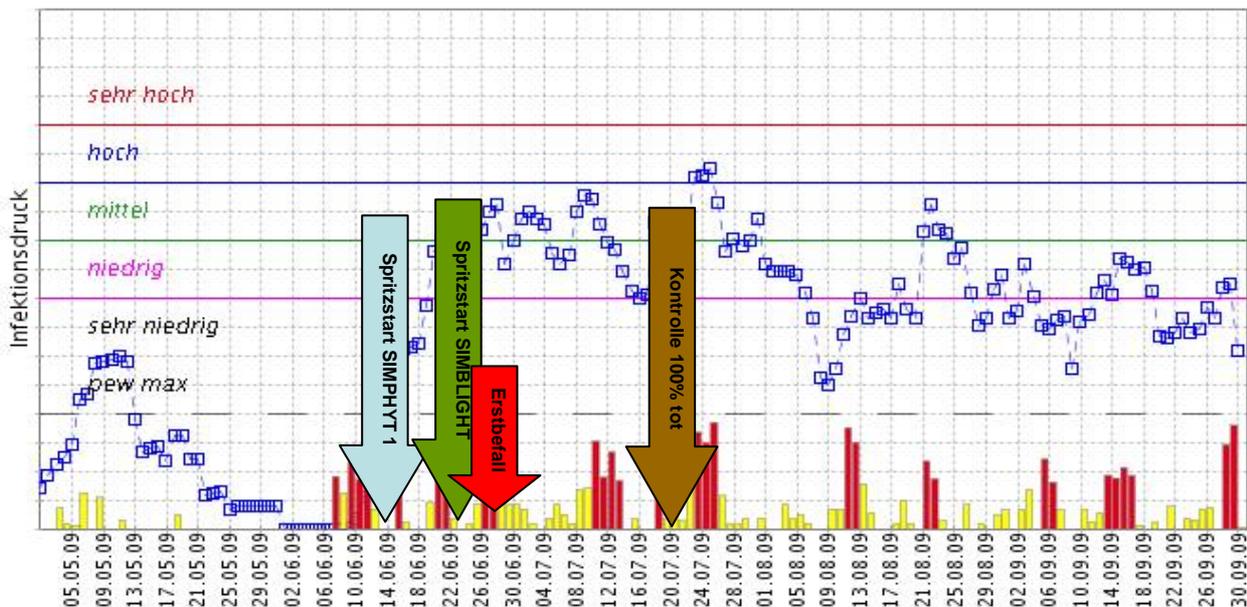


Abb. 32: Infektionsdruck nach SIMPHYT 3. Wetterstation Wendisch Evern 2009 (PEW= Phytophthora Effizienz-Wert)

Die Behandlungstermine sind in Tabelle 75 dargestellt. Insgesamt wurde durch die Nutzung des Prognosemodells im Vergleich zur Standardvariante eine Behandlung eingespart. In der Variante mit Spritzstart nach SIMBLIGHT wurden 2 Behandlungen eingespart.

Tab. 75: Übersicht der Spritzmittelapplikationen in Barnstedt 2009 (-: keine Applikation)

VG	PSM	Applikationsdatum – Kupferaufwandmenge [g/ha]						Σ Cu g/ha
		16.06.	23.06.	26.06.	13.07.	07.07.	15.07.	
2	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck	250	-	250	-	250	250	1000
3	Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu	750	-	750	-	750	750	3000
4	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu	500	-	500	-	500	500	2000
5	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu mit DF-Düsen	500	-	500	-	500	500	2000
6	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck mit DF-Düsen	250	-	250	-	250	500	1000
7	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck Intensiver vor Vollblüte	250	-	250	-	250	500	1000
8	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck Spritzstart SIMBLIGHT	-	-	250	-	250	450	750
9	SPU 2700 Feste Aufwandmenge 450g/ha Cu	450	-	450	-	450	450	1800
10	250g/ha Cu	250	-	250	-	250	250	1000
12	Standard Nord 500g/ha Cu wöchentlich	500	500	-	500	500	500	2500

Die Behandlungstermine der wöchentlichen Applikationen sind analog zu VG 12 mit den entsprechenden Aufwandmengen durchgeführt und nicht zusätzlich aufgeführt.

Alle Varianten reduzierten den Krautfäulebefall deutlich (Abbildung 33). Die Variante mit Spritzstart nach SIMBLIGHT und SPU2700 zeigten bei den Bonituren geringere Bekämpfungserfolge im Vergleich zu den übrigen Varianten. Die statistische Auswertung der Fläche unter der Befallskurve ergab signifikant bessere Krautfäulebekämpfung durch die Aufwandmengen 500g/ha und 750g/ha Cu (VG 3 und VG 4). Die übrigen Varianten unterschieden sich hingegen nicht signifikant in ihrer Befallsreduktion. Somit ließen sich mit Gesamtaufwandmengen von 1000g Cu/ha ebenso gute Bekämpfungserfolge erzielen wie mit 2000g Cu/ha. Die Doppelflachstrahldüsen ermöglichten in beiden Varianten, in denen sie eingesetzt wurden, zwar keine bessere Krautfäulekontrolle als normale Düsen, ergaben jedoch gleichmäßigere Boniturergebnisse. Dies ist am Standardfehler zu erkennen (dargestellt in der Grafik), der bedeutend kleiner bei den Doppelflachstrahldüsen ist als zu vergleichbaren Normaldüsen Varianten. In der Wirkung konnten alle von ÖKOSIMPHYT gesteuerten Varianten mit der Standardvariante bei teils deutlich geringeren Gesamtkupfermengen gleichziehen.

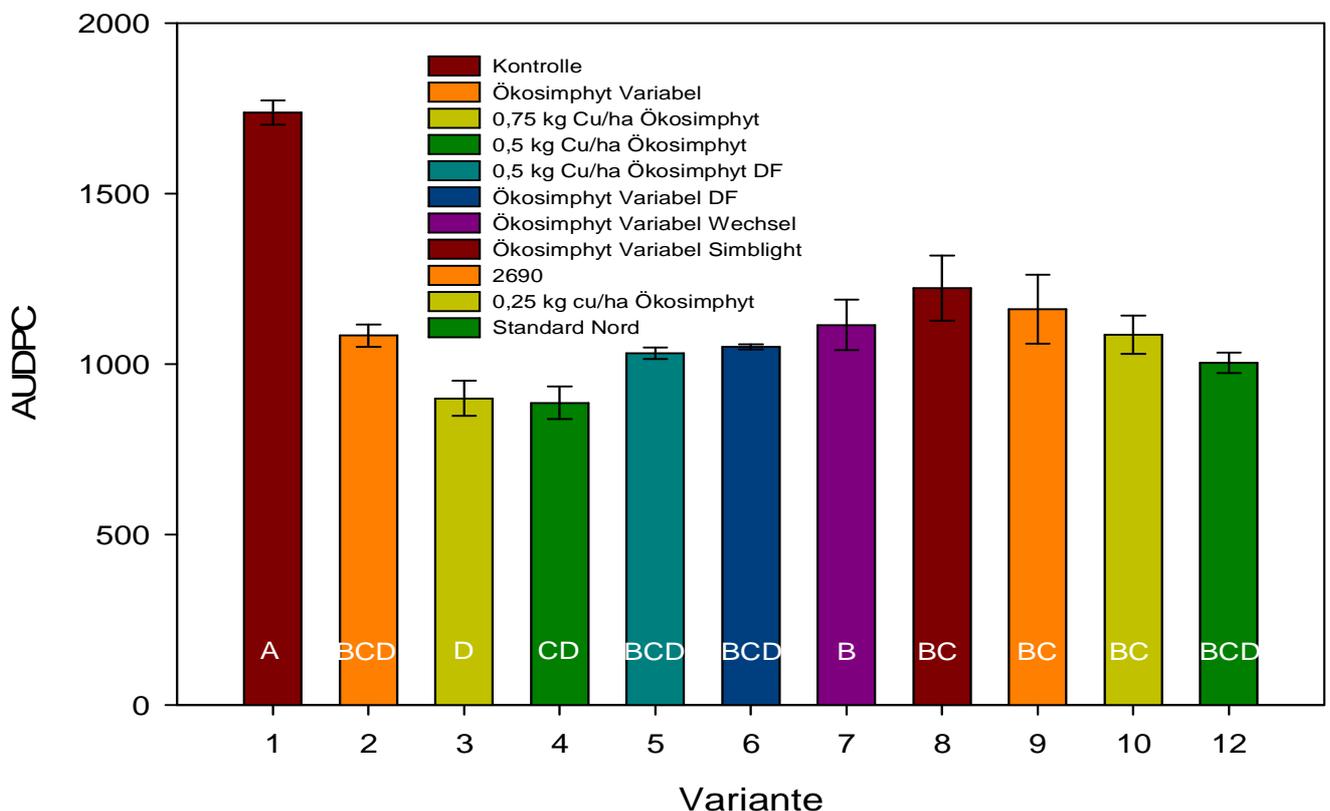


Abb. 33: AUDPC-Werte der Kernvarianten Barnstedt, 2009.
(Unterschiedliche Buchstaben geben signifikante Unterschiede an)

Im Vergleich zu den Vorjahren wurde in Barnstedt ein geringerer Durchschnittsertrag von ca. 160dt/ha erreicht (Abbildung 34). Die Krautfäulebehandlung mit Kupfer hatte signifikante Auswirkungen auf den Ertrag. Die Varianten, die auch durch einen deutlich besseren Bekämpfungserfolg auffielen (500, 500 DF und 750g Cu/ha), konnten signifikante Mehrerträge von bis zu 18% realisieren. Die übrigen behandelten Varianten konnten, wenn auch nicht statistisch absicherbar, im Mittel 8,5% Mehrertrag im Vergleich zur Kontrolle bilden.

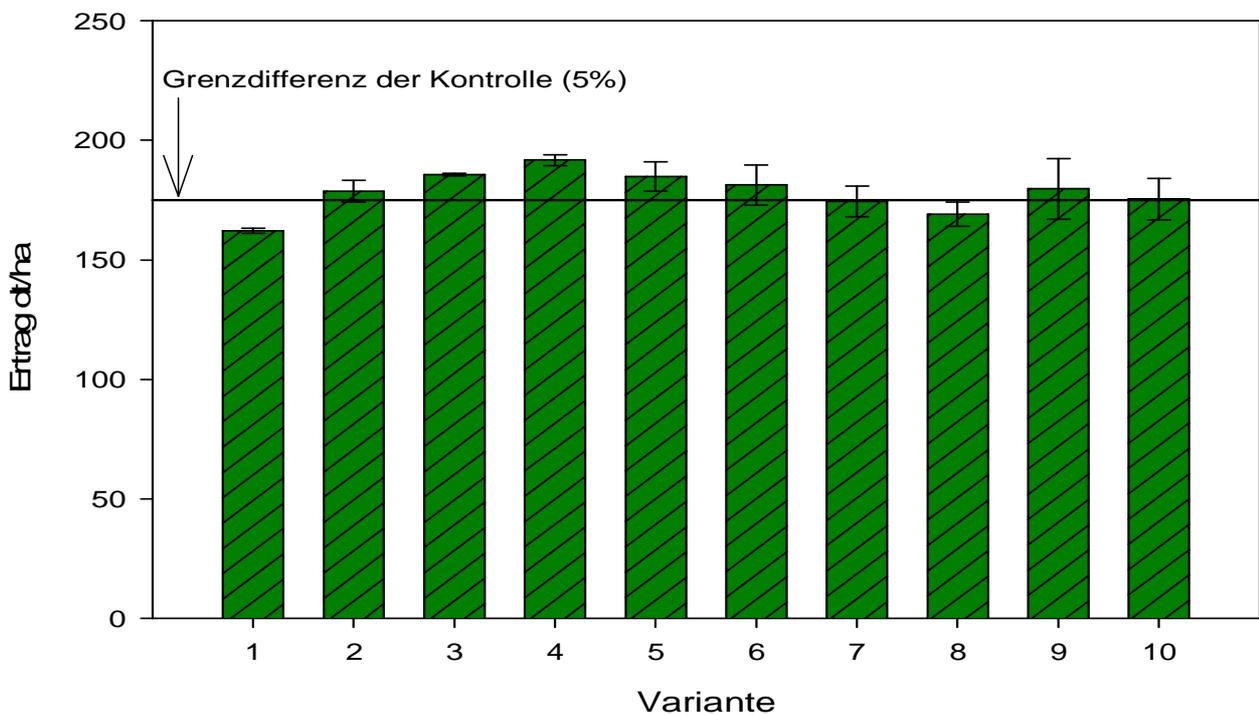


Abb. 14: Erträge der Kernvarianten am Standort Barnstedt, 2009.

Krautfäule-Befall und Ertragsleistung nach Cu-Spritzung im wöchentlichen Rhythmus, Standort Barnstedt

Die Varianten, in denen Cuprozin flüssig in unterschiedlichen Aufwandmengen wöchentlich ausgebracht wurde, dienen dazu, das Einsparpotential zu ergründen, das eine Reduzierung der Aufwandmenge je Spritzung leisten kann. Die bisherigen Ergebnisse haben, mit Ausnahme des Extremjahres 2007, gezeigt, dass bei einer wöchentlichen Anwendung von 250g Cu/ha unter weniger starkem Befallsdruck noch deutliche Bekämpfungserfolge zu erzielen sind. Im Vergleich zum Standard wäre dies eine Einsparung von 50%.

Unter den Bedingungen des Versuchsjahres 2009 bestätigten die Ergebnisse am Standort Barnstedt die Erkenntnisse aus den Vorjahren. Hier zeigten die Varianten in denen 250g Cu/ha eingesetzt wurde, kaum Unterschiede im Krautfäulebefall im Vergleich zu den Varianten mit 500g Cu/ha. Eine zusätzliche Variante, in der ein Erbsenstärkeprodukt als Haftmittel zu 250g Cu/ha beigemischt wurde, ergab keine Unterschiede zur alleinigen Anwendung von Kupfer. Den

gesichert besten Bekämpfungserfolg ergab in diesem Jahr die 4-malige Applikation von 750g Cu/ha (Abbildung 35).

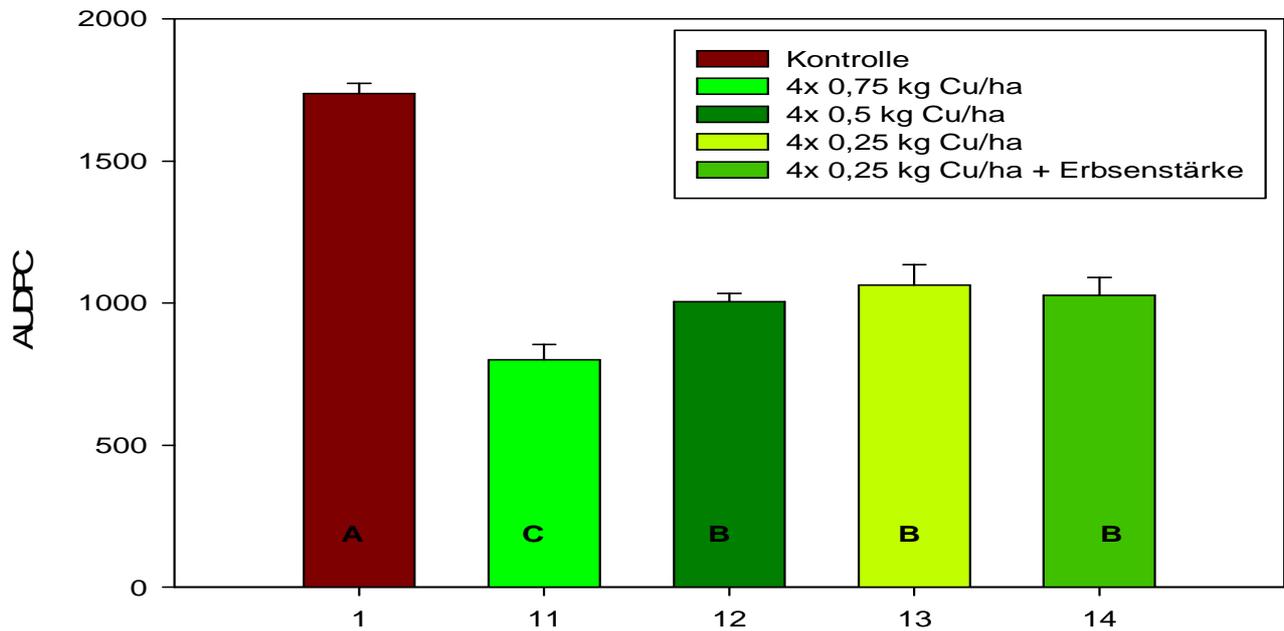


Abb. 35: AUDPC-Werte der wöchentliche Behandlung am Standort Barnstedt, 2009
 Unterschiedliche Buchstaben geben signifikante Unterschiede an ($p < 0.05$)

Auch bei den Erträgen (Abb.36) der Varianten mit wöchentlicher Behandlung konnten ein signifikanter Mehrertrag ermittelt werden, wenn 750g Cu/ha gespritzt wurden. Die reduzierten Aufwandmengen ergaben keine signifikanten, aber tendenziell höhere Erträge als die Kontrolle.

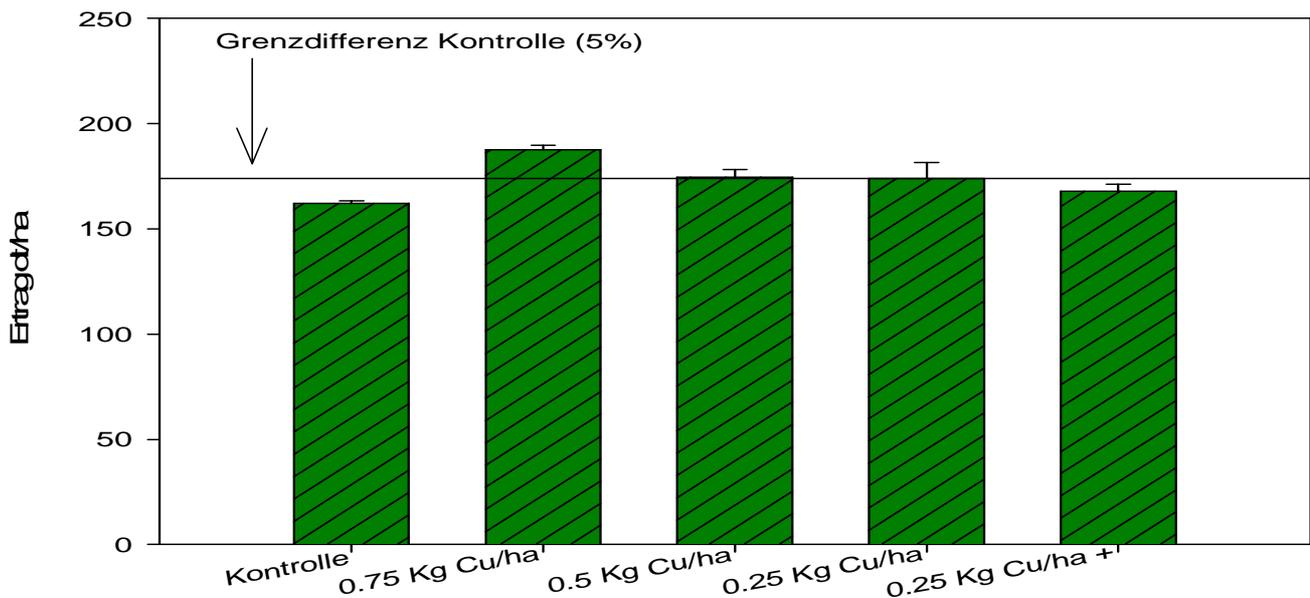


Abb. 36: Erträge der wöchentlichen Behandlungen, Barnstedt 2009

Feldversuche am Standort Ramlingen

Nachdem in Ramlingen der April und der Mai durch hohe Temperaturen und wenig Niederschläge geprägt waren, konnten im Gegensatz zu Barnstedt auch im Juni keine besonders hohen Niederschläge gemessen werden. Erst Mitte bis Ende Juli fiel häufiger Regen, so dass auch erst dann das Krautfäulerisiko anstieg. Aufgrund der geringen Niederschläge mussten die Kartoffeln an diesem Standort viermal beregnet werden und Trockenstress war nicht zu vermeiden.

Auf Basis der Wetterdaten der Station Dasselsbruch berechnete das System SIMPHYT 1 den Spritzstart für die Kartoffeln in Ramlingen für den 17.6. (Abbildung 37). Zu diesem Zeitpunkt befanden sich die Kartoffeln im Blütestadium. Der Erstbefall wurde am 08.07. beobachtet. SIMBLIGHT prognostizierte den Spritzstart für den 13.07., also eine Woche zu spät. Der Infektionsdruck war witterungsbedingt in der gesamten Zeit sehr niedrig, dennoch war die unbehandelte Kontrolle am 22.07. durch den Krautfäulebefall zu 100% abgestorben.

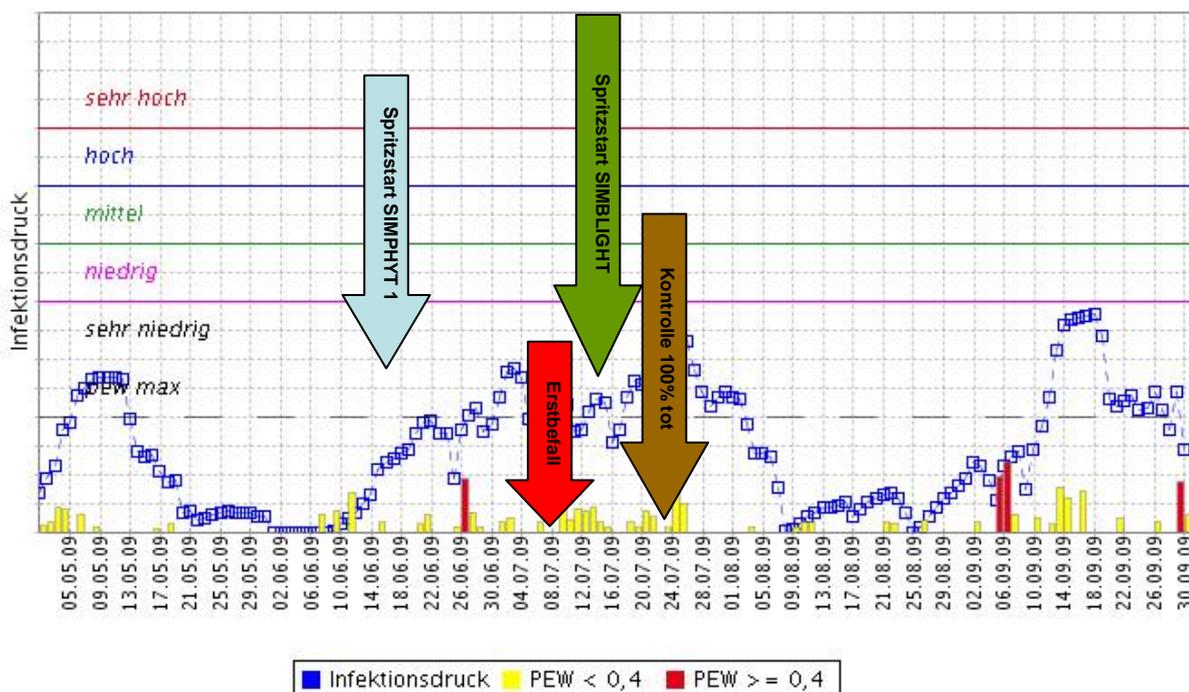


Abb.37: Infektionsdruckverlauf Wetterstation Dasselsbruch 2009

Aufgrund des geringen Infektionsdruckes wurden vom Prognosemodell Spritzabstände von zumeist 12 Tagen empfohlen. In diesen Varianten wurden daher lediglich 3 Behandlungen durchgeführt bevor die Abreife der Kartoffeln einsetzte. Somit sparte der Einsatz des Prognosemodells 2 Behandlungen im Vergleich zur Standardbehandlung. Dementsprechend fielen in den entsprechenden Varianten die Gesamtkupfermengen deutlich geringer aus (Tabelle 76).

Tab.76: Übersicht der Spritzmittelapplikationen in Ramlingen 2009 (-: keine Applikation)

VG	PSM	Applikationsdatum – Kupferaufwandmenge [g/ha]						Σ Cu g/ha
		17.06.	24.06.	29.06.	01.07.	08.07.	14.07.	
2	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck	250	-	250	-	250	-	750
3	Feste Aufwandmenge 750g/ha Cu	750	-	750	-	750	-	2250
4	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu	500	-	500	-	500	-	1500
5	Feste Aufwandmenge 500g/ha Cu mit DF-Düsen	500	-	500	-	500	-	1500
6	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck mit DF-Düsen	250	-	250	-	250	-	750
7	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck Intensiver vor Vollblüte	250	-	250	-	250	-	750
8	Kupfermenge variabel nach Infektionsdruck Spritzstart SIMBLIGHT	-	-	-	-	-	250	250
9	SPU 2700 Feste Aufwandmenge 450g/ha Cu	450	-	450	-	450	-	1350
10	250g/ha Cu	250	-	250	-	250	-	750
12	Standard Nord 500g/ha Cu wöchentlich	500	500	-	500	500	500	2500

Die Behandlungstermine der wöchentlichen Applikationen sind analog zu VG 12 mit den entsprechenden Aufwandmengen durchgeführt und nicht zusätzlich aufgeführt.

Die Differenzierung der Varianten über die Fläche unter der Befallskurve ergab signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungsvarianten (Abbildung 38). Die gesichert besten Bekämpfungserfolge waren mit Aufwandmengen von 500 und 750g Cu/ha zu erreichen, wobei auch VG 2 mit variablen Aufwandmengen vergleichbar gute Befallsreduzierungen brachte. SPU 2700 zeigte eine Wirksamkeit, die vergleichbar mit 500g Cu/ha Cuprozin fl. war.

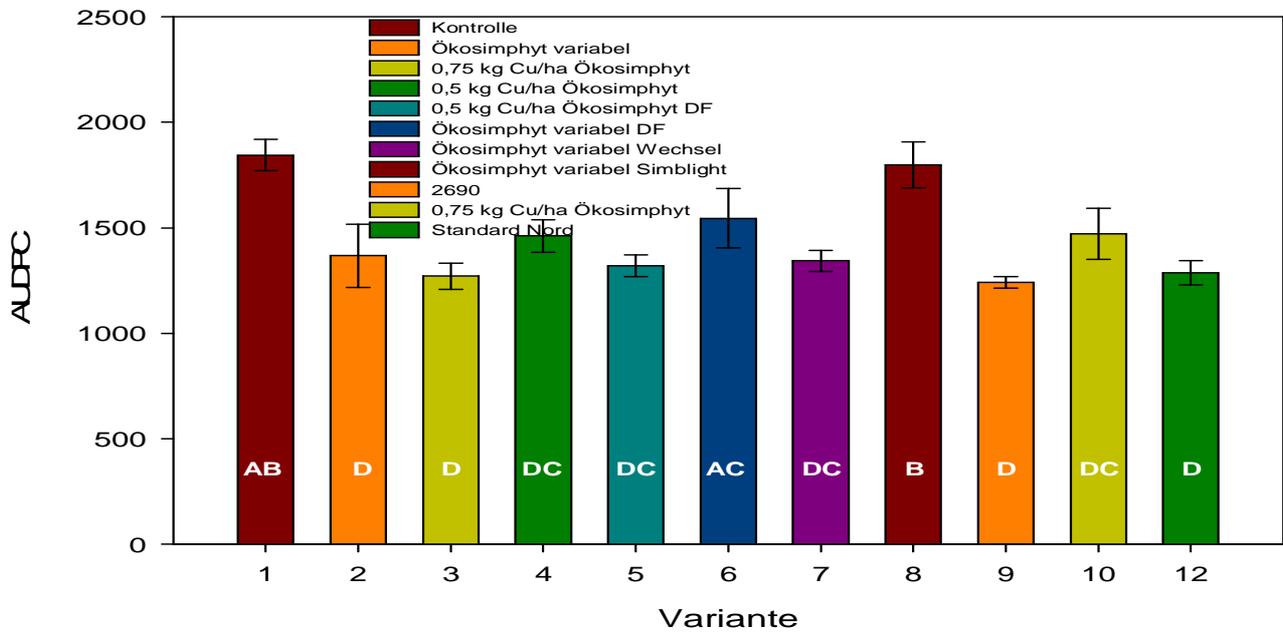


Abb. 38: AUDPC-Werte der Kernvarianten Ramling, 2009.

(Unterschiedliche Buchstaben geben signifikante Unterschiede an; $p < 0.05$)

Das Ertragsniveau am Standort Ramlingen lag im Mittel bei 161 dt/ha (Abbildung 39). Trotz eigentlich ausreichender N-Versorgung ist dies ein relativ niedriger Ertrag, der auf die lange Trockenphase an diesem Standort zurückzuführen ist. Die Beregnung konnte größere Ertragsausfälle verhindern. Die Ertragswirksamkeit der Krautfäulebekämpfung war am Standort Ramlingen gering, da der Erstbefall in den Zeitpunkt der Abreife fiel. Daher waren die Ertragsunterschiede im Vergleich zur Kontrolle nicht statistisch absicherbar. Dennoch konnten in den Varianten mit signifikant geringerem Krautfäulebefall (VG 3, VG 5, VG 9 und VG12) im Mittel Ertragssteigerungen im Vergleich zu unbehandelt von 12% realisiert werden.

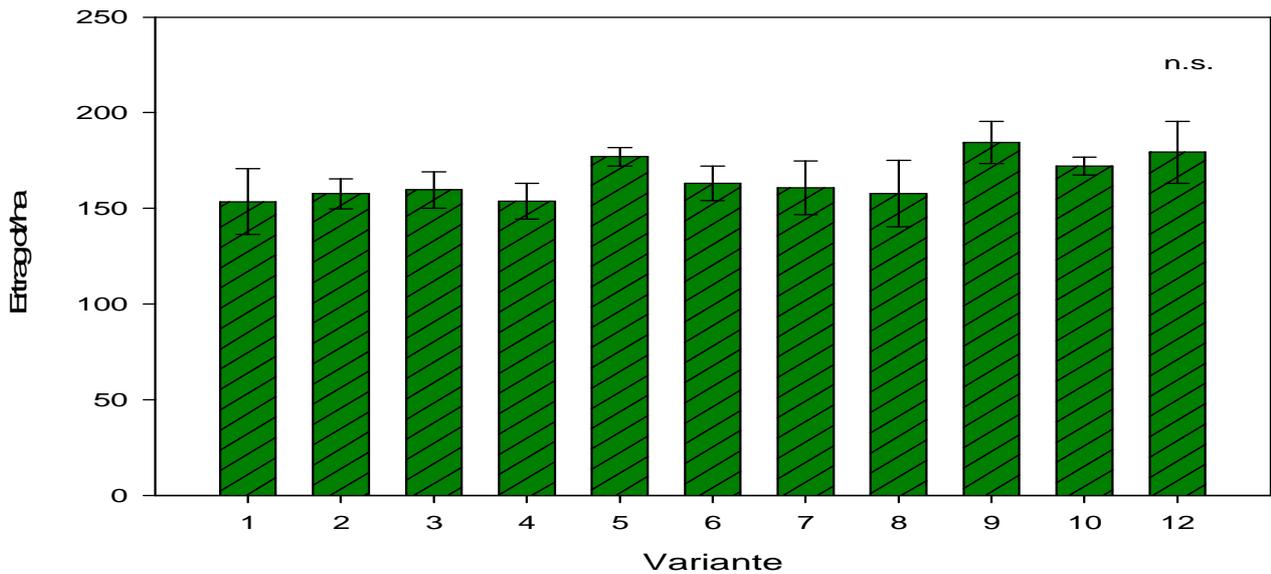


Abb. 39: Erträge der Kernvarianten am Standort Ramling, 2009

Bei den Varianten in denen Kupfer wöchentlich angewandt wurde, zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den reduzierten Aufwandmengen in der Wirkung (Abbildung 40). Alle Aufwandmengen reduzierten den Befall signifikant im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle.

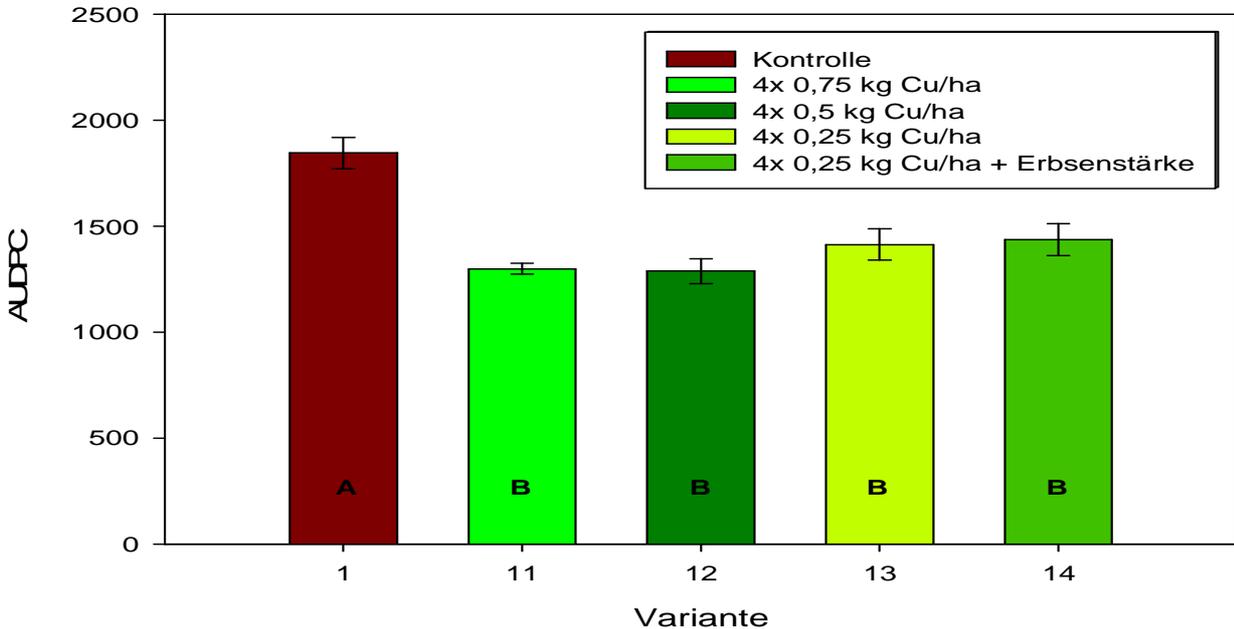


Abb. 40: AUDPC-Werte der wöchentlichen Behandlung am Standort Ramling, 2009
Unterschiedliche Buchstaben geben signifikante Unterschiede an ($p < 0.05$)

Die Erträge der wöchentlichen Behandlungsvarianten zeigten keine signifikanten Ertragsunterschiede in Bezug zur Kontrolle (nicht dargestellt).

Standort Ahlum

Am Standort Ahlum wurden die Faktoren Sortenwahl, Vorkeimen und die Behandlungsstrategie untersucht. Aufgrund der trockenen Witterung entwickelte sich in Ahlum kein Krautfäulebefall.. Daher waren die Kupferbehandlungen nutzlos. Das Vorkeimen erbrachte den aus den letzten Jahren bekannten Vegetationsvorsprung von ca. 14 Tagen. Die mittleren Erträge der unterschiedlichen Sorten sind in Abbildung 41 dargestellt.

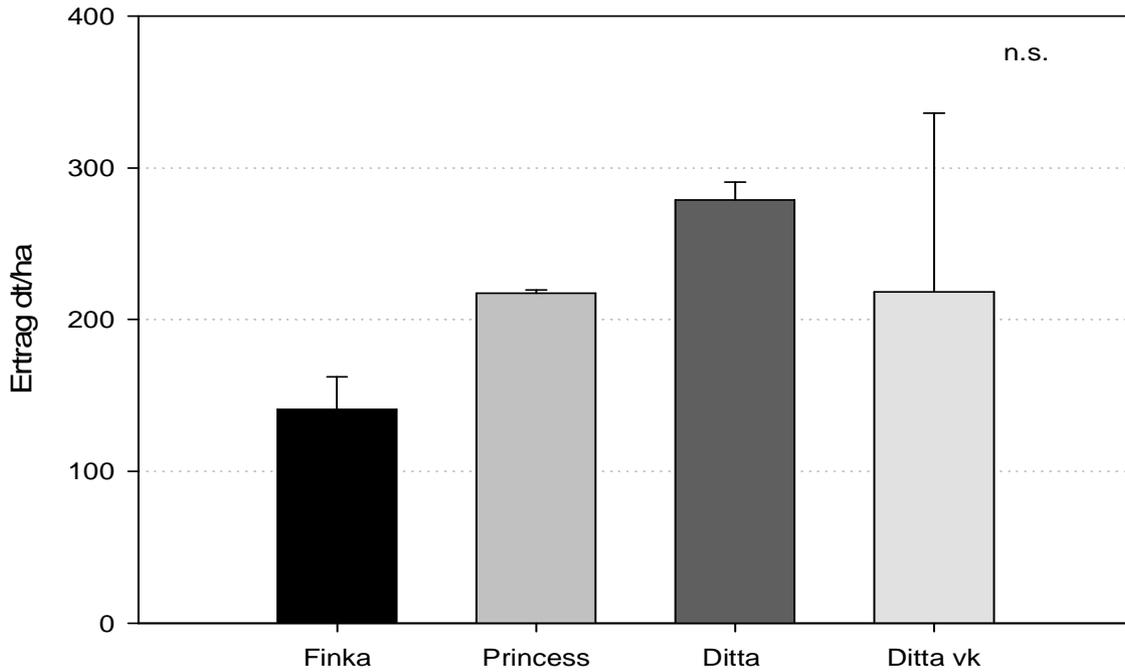


Abb. 41: Mittlere Erträge der Sorten am Standort Ahlum im Jahre 2009.

3.1.5 Entwicklung der Entscheidungshilfe ÖKOSIMPHYT

Versuchsjahr 2008

Im Jahr 2008 herrschte eine mittlere Krautfäulesituation im Vergleich zu den beiden Extremjahren 2006 und 2007. Die Situation an den Versuchsstandorten zeigte sich sehr differenziert. So wurde an den Standorten in Nordrhein-Westfalen bei einem hohen bis sehr hohen Infektionsdruck Anfang Juni das früheste Erstaufreten festgestellt, gefolgt von den Versuchen in Rheinland-Pfalz und Bayern Mitte bis Ende Juni. Das frühe Erstaufreten lässt sich in den meisten Fällen durch das Auftreten von primärem Stängelbefall erklären und ist auf eine starke Ausgangsbelastung des Pflanzguts zurückzuführen. Bei den Versuchen in Niedersachsen, Sachsen und Hessen hingegen lag das Erstaufreten ca. einen Monat später von Anfang bis Mitte Juli. Hier trat überwiegend Blattbefall auf. Tabelle 77 zeigt eine Übersicht des bonitierten Phytophthora-Erstaufretens in den Demoversuchen und gibt Informationen zu prognostiziertem (SIMPHYT1) und tatsächlichem Spritzstart (bei den Versuchen der Wetterstationen Kassel, Meddersheim, Gütersloh, Bonn-Roleber, Puch und Burgheim aufgrund von frühzeitigem Krautfäulebefall auf der Fläche vorverlegt).

Tab. 77: Gegenüberstellung von prognostiziertem Spritzstart, tatsächlichem Spritzstart und bonitiertem Phytophthora-Erstaufreten in den Demoversuchen

Bundesland	Wetterstation	Spritzstart SIMPHYT1	Spritzstart tatsächlich	Phytophthora-Erstaufreten	Befall beim Erstaufreten
HE	Kassel	20.06.08	19.06.08	04.07.08	Blatt
NI	Börry	23.06.08	23.06.08	17.07.08	Blatt
RP	Meddersheim	26.06.08	20.06.08	19.06.08	Stängel
NW	Gütersloh	23.06.08	08.06.08	05.06.08	Blatt + Stängel
NW	Bonn-Roleber	16.06.08	13.06.08	Anfang Juni	Stängel
NI	Braunschweig	24.06.08	24.06.08	22.07.08	Blatt
NI	Braunschweig	24.06.08	24.06.08	15.07.08	Blatt
NI	Braunschweig	24.06.08	24.06.08	10.07.08	Blatt
BY	Puch	08.07.08	19.06.08	13.06.08	Blatt + Stängel
BY	Puch	24.06.08	18.06.08	13.06.08	Blatt
BY	Burgheim	10.07.08	18.06.08	24.06.08	Blatt + Stängel
BY	Baumannshof	24.06.08	27.06.08	02.07.08	Blatt
NI	Langwedel	19.06.08	24.06.08	14.07.08	Blatt
SN	Grumbach	04.07.08	-	14.07.08	Blatt
NI	Dasselbruch	28.06.08	28.06.08	17.07.08	Blatt
NI	Wendisch Evern	26.06.08	26.06.08	03.07.08	Blatt
RP	Grenzau	23.06.08	-	07.07.08	Blatt
RP	Grenzau	23.06.08	-	30.06.08	Blatt + Stängel
RP	Grenzau	04.07.08	-	14.07.08	Blatt
RP	Grenzau	17.06.08	-	24.06.08	Blatt

Abbildung 42 zeigt, dass SIMPHYT1 den Spritzstart in 70% der Fälle rechtzeitig vorhersagte. Dabei war die Prognose in 40% der Fälle zwischen 0 und 14 Tagen zu früh und bei 30% mehr als 14 Tage zu früh. Bei 30% der Standorte war die Prognose zu spät. Die Standorte der zu späten Prognosen zeichneten sich allesamt, mit Ausnahme eines Standorts, durch einen starken Primärbefall am Stängel aus, der auf eine hohe Ausgangsverseuchung des Pflanzguts zurückzuführen ist. Aufgrund fehlender Informationen zum Ausgangsinokulum, kann dies im Modell nicht berücksichtigt werden.

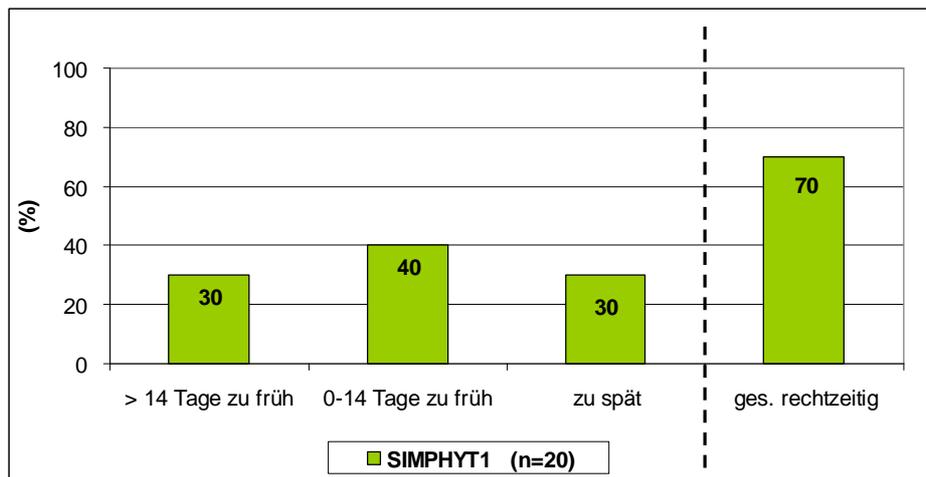


Abb. 42: Trefferquote SIMPHYT1: Vergleich von prognostiziertem Spritzstart von SIMPHYT1 und bonitiertem Phytophthora-Erstauftreten in den Demoversuchen 2008

Das Prognosemodell SIMBLIGHT1, ein weiteres Prognosemodell der ZEPP zur Prognose des Erstauftretens der Krautfäule, prognostizierte den Spritzstart in 75% der Fälle rechtzeitig (Abbildung 43) und lag somit um 5% besser als SIMPHYT1. Die Prognose war in 44% der Fälle zwischen 0 und 14 Tagen zu früh und bei 31% mehr als 14 Tage zu früh. Die zu späten Prognosen machten 25% aus und zeigten sich auch hier bei den Standorten mit Stängelbefall.

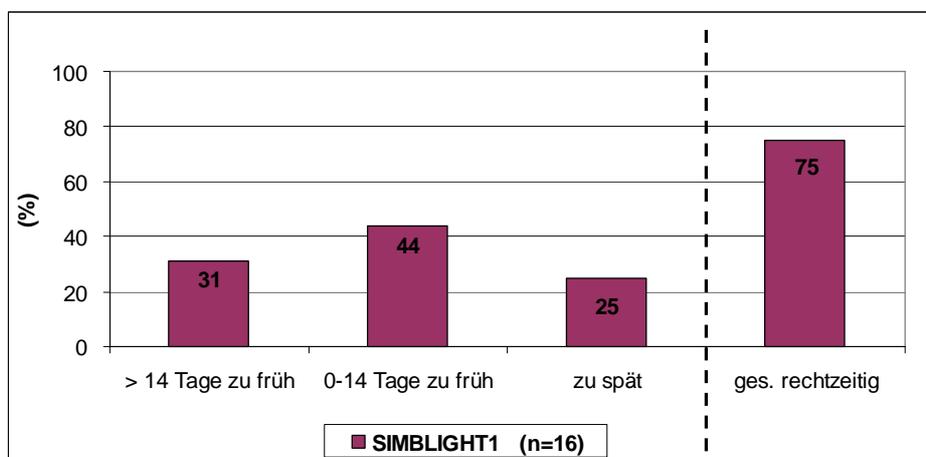


Abb. 43: Trefferquote SIMBLIGHT1: Vergleich prognostizierter Spritzstart von SIMBLIGHT1 und bonitiertes Phytophthora-Erstauftreten in den Demoversuchen 2008

Versuchsjahr 2009

Im Jahr 2009 konnte mit Ausnahme eines Standorts in Niedersachsen an allen Versuchsstandorten ein *Phytophthora*-Befall festgestellt werden. Das früheste Erstaufreten erfolgte Mitte Juni am Versuchsstandort der Wetterstation Gütersloh (NRW), das späteste am Versuchsstandort der Wetterstation Kassel (HE). An vier Standorten trat der Erstbefall als Kombination von Stängel- und Blattbefall auf. Abbildung 44 gibt eine Übersicht der Versuchsstandorte und des dort ermittelten Erstaufretenstermins. Der Spritzstart wurde mit SIMPHYT1 berechnet. Der tatsächliche Spritzstart bei dem Versuch der Wetterstation Gütersloh wurde aufgrund des frühzeitigen Krautfäulebefalls auf der Fläche vorverlegt.

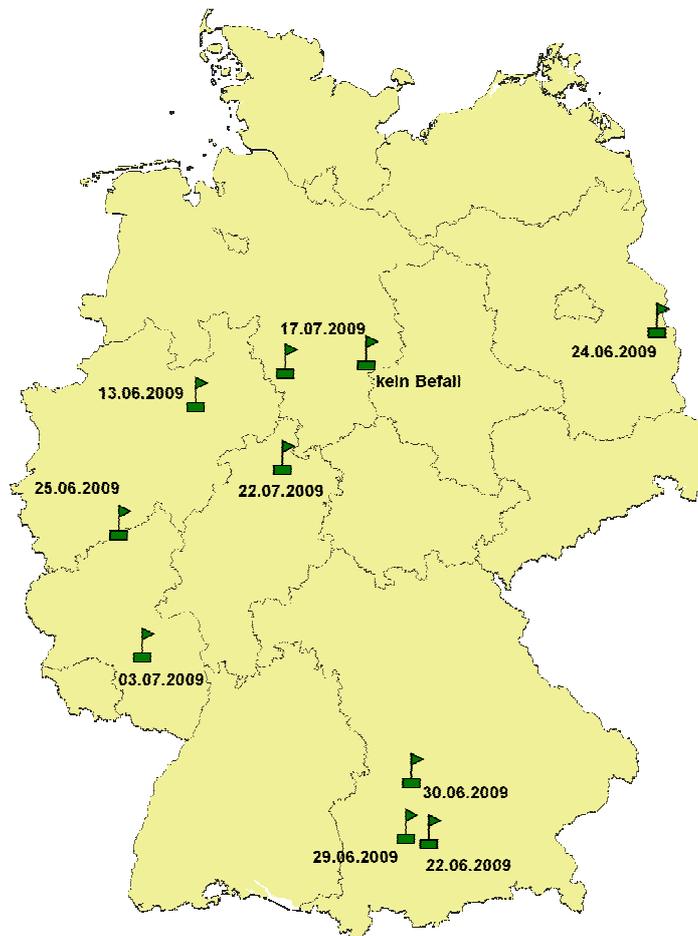


Abb. 44: Übersicht der bundesweiten ÖKOSIMPHYT-Demoversuche und des Erstaufretens von *Phytophthora infestans* 2009

Abbildung 45 zeigt, dass SIMPHYT1 den Spritzstart in 78% der Fälle rechtzeitig vorhergesagt hat. Dabei war die Prognose in 56% der Fälle zwischen 0 und 14 Tagen zu früh und bei 22% mehr als 14 Tage zu früh. Bei 22% der Standorte war die Prognose zu spät.

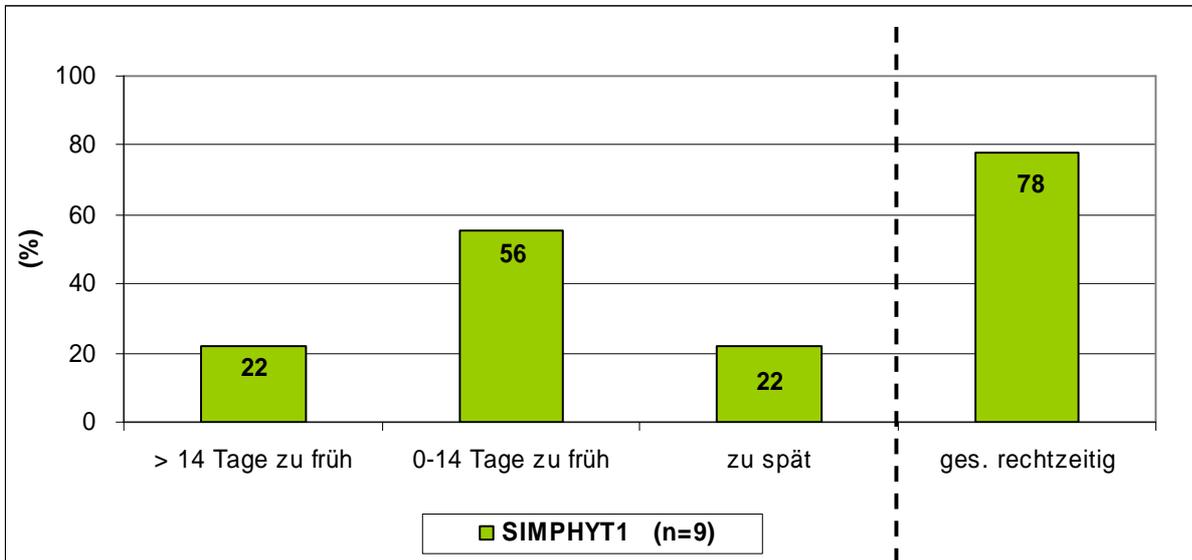


Abb. 45: Trefferquote SIMPHYT1: Vergleich von prognostiziertem Spritzstart von SIMPHYT1 und bonitiertem Phytophthora-Erstaufreten in den Demoversuchen 2009.

Das Prognosemodell SIMBLIGHT1, ein weiteres Prognosemodell der ZEPP zur Prognose des Erstaufretens der Krautfäule, prognostizierte den Spritzstart ebenfalls in 78% der Fälle rechtzeitig (Abbildung 46).

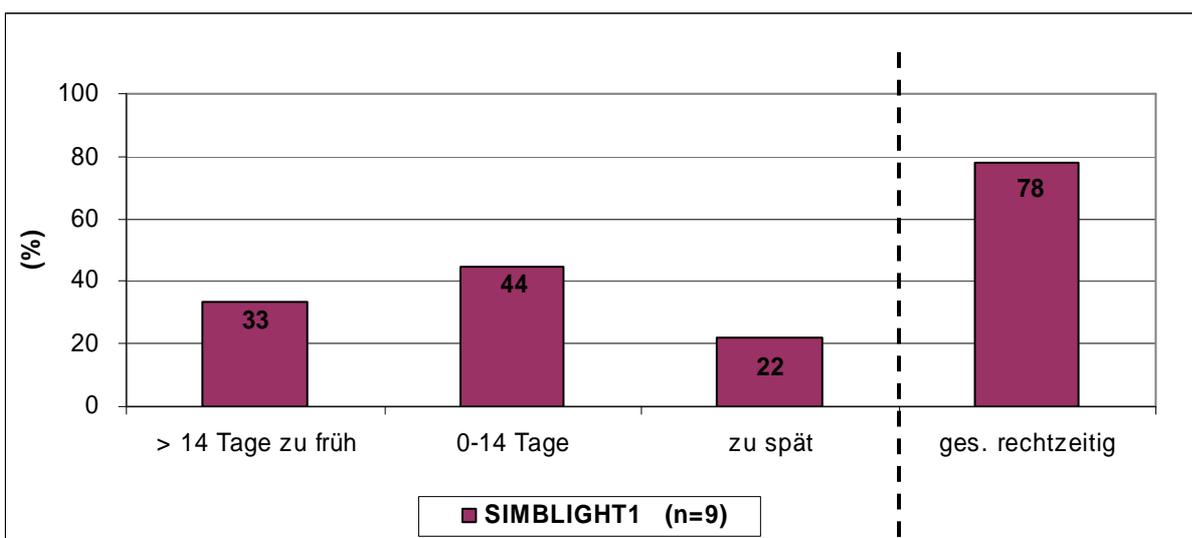


Abb. 46: Trefferquote SIMBLIGHT1: Vergleich von prognostiziertem Spritzstart von SIMBLIGHT1 und bonitiertem Phytophthora-Erstaufreten in den Demoversuchen 2009.

Die Abbildungen 47 und 48 zeigen exemplarisch die Befallsverläufe der Krautfäule in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. An diesen Standorten wurden alle vier Versuchsglieder getestet.

In Niedersachsen, Wetterstation Börry (Abb. 47) zeigte die Kupferbehandlung deutliche Effekte. Ende Juli, ca zwei Wochen nach Erstauftreten war die unbehandelte Kontrolle bereits abgestorben, während die kupferbehandelten Varianten eine Befallsstärke um die 20% aufwiesen. Die Befallszunahme konnte somit deutlich gebremst werden. Der maximale Befall wurde ca. zehn Tage später erreicht. Die Variante mit den routinemäßigen wöchentlichen Applikation zeigte zwar den geringsten Befallsverlauf, berücksichtigt werden muss jedoch, dass in der Standardvariante die Höchstmenge von 3000g /ha Cu in 6 Behandlungen ausgeschöpft wurde, wohingegen bei den Modellvarianten nur 5 Behandlungen durchgeführt wurden und 500 bis 1000g Kupfer eingespart werden konnten.

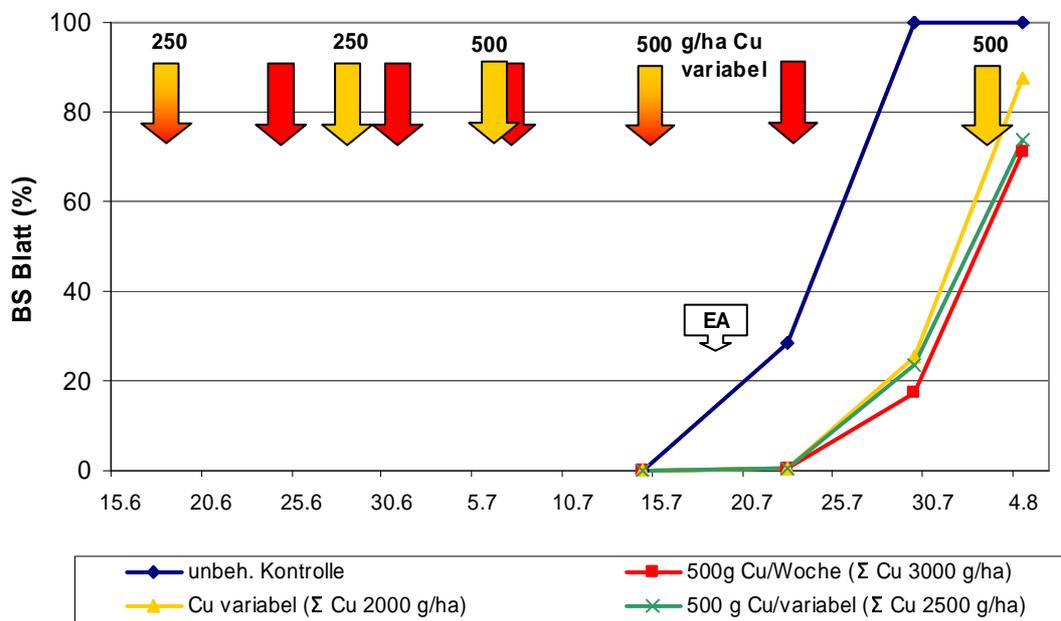


Abb. 47: Befallsverlauf Copenbrücke, Wetterstation Börry (NI): Übersicht der durchgeführten Spritzungen und ausgebrachten Cu-Mengen je Variante.
 (Roter Pfeil = Spritzung der Variante 2 wöchentlich, gelber Pfeil = Spritzung der Varianten 3 + 4 zu modellberechneten Terminen, gelb/roter Pfeil = Spritzung aller Varianten; die Zahlen über den Pfeilen geben die Kupfermenge in g/ha der variablen Variante (VG3) an.)

In Nordrhein-Westfalen, Wetterstation Gütersloh (Abb. 48) wurde der Spritzstart auf der Fläche vorverlegt. Am 10.07.09, vier Wochen nach Erstaufreten lag das Befallsniveau bei den variablen Kupfervarianten bei 24-31%, während die unbehandelte Kontrolle bereits eine Befallsstärke von 70% aufwies. Die Variante mit den routinemäßigen wöchentlichen Applikationen zeigte die geringste Befallsstärke von 18%. Sie wurde zu sechs Terminen mit einer Gesamtmenge von 3000 g/ha Cu behandelt. Demgegenüber wurde bei den ÖKOSIMPHYT-Varianten fünfmal mit einer Kupfermenge von 1500g/ha (VG 3) bzw. 2500g/ha (VG 4) behandelt.

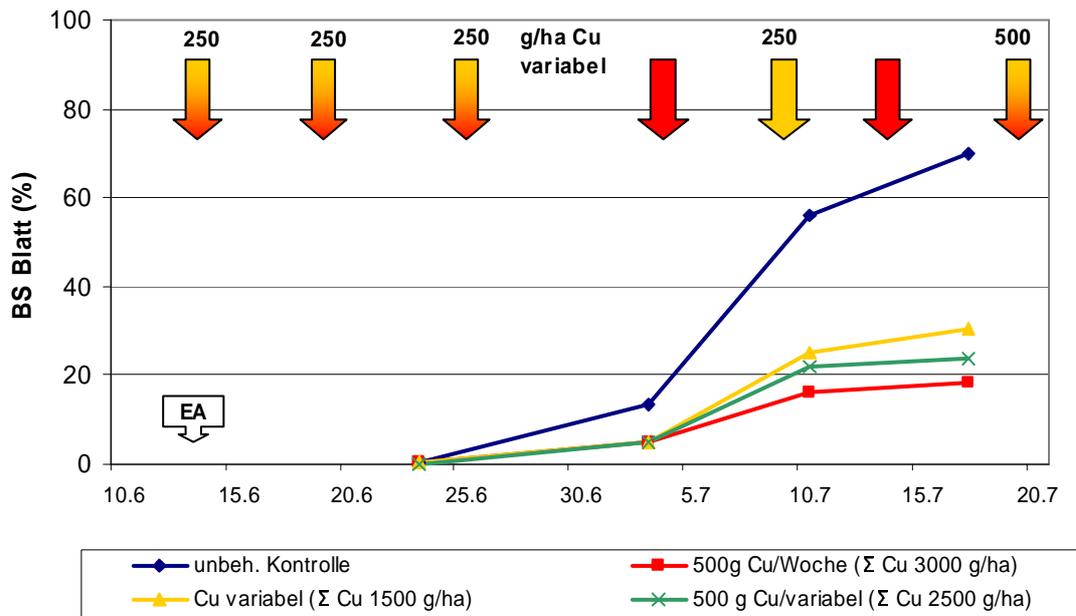


Abb. 48: Befallsverlauf Rheda-Wiedenbrück, Wetterstation Gütersloh (NW): Übersicht der durchgeführten Spritzungen und ausgebrachten Cu-Mengen je Variante.
 (Roter Pfeil = Spritzung der Variante 2 wöchentlich, gelber Pfeil = Spritzung der Varianten 3 + 4 zu modellberechneten Terminen, gelb/roter Pfeil = Spritzung aller Varianten; die Zahlen über den Pfeilen geben die Kupfermenge in g/ha der variablen Variante (VG3) an.)

Abbildung 49 zeigt einen Vergleich der Wirkungsgrade der einzelnen Kupfervarianten. Zur Berechnung der Wirkungsgrade wurde der AUDPC-Wert der Varianten mit dem AUDPC-Wert der unbehandelten Variante verrechnet. In die Betrachtung gingen die Ergebnisse aus vier viergliedrigen Versuchen 2009 ein. Der höchste Wirkungsgrad von 57,2% wurde in der Routinebehandlung erzielt mit durchschnittlich 5,3 Behandlungen und einer mittleren Kupfermenge von 2625 g/ha. Der Wirkungsgrad der ÖKOSIMPHYT-Varianten lag mit 44-46% niedriger als in der Routinevariante. Es wurden im Mittel 0,5 Behandlungen und 250g/ha (VG 4) bzw. 625g/ha (VG 3) weniger appliziert.

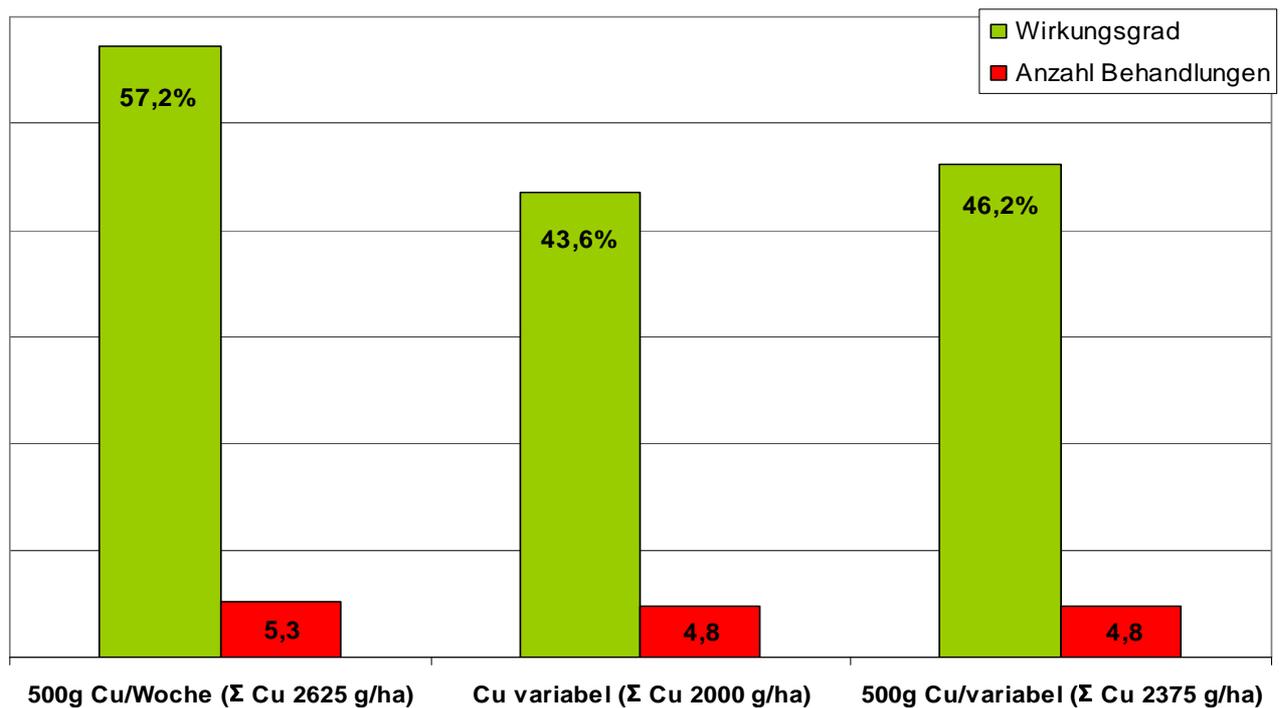


Abb. 49: Vergleich des Wirkungsgrads der Kupfervarianten, Anzahl Behandlungen und ausgebrachte Kupfermenge 2009 (n=4)

3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

PCR-Nachweis von latentem *Phytophthora infestans*- Befall

Der Nachweis des latenten Befalls von Pflanzknollen erklärt das Auftreten von primärem Stängelbefall, der bislang nicht zuverlässig prognostiziert werden kann. Es konnte gezeigt werden, dass latenter Befall kein singuläres Phänomen ist. Dies legt die Notwendigkeit nahe, Absicherungen gegen dieses unberechenbare Gefahrenpotential zu treffen, was in bislang nur durch die getestete Kupferbeizung möglich ist.

Regulierung des primären Stängelbefalls mittels Kupferbeizung

Die Kupferbeizung mittels ULV-Verfahren kann den primären Stängelbefall reduzieren. Durch diese Maßnahme kann somit der Epidemieausbruch hinausgezögert und der Epidemieverlauf abgeschwächt werden. Hierdurch wird im Speziellen die Tatsache abgesichert, dass der Stängelbefall bislang nicht ausreichend genau prognostiziert werden kann. Die Beizung dient als zusätzliche Absicherung gegen dieses unberechenbare Risiko.

Feuchtemessungen zu Bestimmungen der Bedingungen für das Auftreten von Stängelbefall

Die notwendigen Bedingungen für den Ausbruch des Stängelbefalls und die Dauer der Latenzzeit konnten auch mit zusätzlichen Feuchtemessungen im Damm nicht genauer eingegrenzt werden. Eine höhere Datendichte ist unabdingbar, um sichere Rückschlüsse zu ziehen.

Kupferminimierungsstrategien im Freiland

Die anhand des Modells angepassten Spritzintervalle und Kupferaufwandmengen ermöglichen in Jahren mit niedrigem Infektionsdruck im Vergleich mit routinemäßigen Applikationen gleichwertige Erträge bei reduzierten Kupfermengen. Vereinzelt sind Einsparungen von bis zu 1000g Kupfer möglich. Das Prognosesystem ÖKOSIMPHYT hat sich somit als wichtiges Entscheidungshilfesystem zur gezielten terminlichen und mengenmäßigen Applikation von Kupferpräparaten bewährt.

Einen gleichwertigen Ersatz für Kupfer konnte keine der getesteten Alternativen bieten. Jedoch konnte gezeigt werden, dass durch die Weiterentwicklung der Kupferpräparate eine weitere Reduktion der Kupfermengen durchaus möglich ist.

Entwicklung der Entscheidungshilfe ÖKOSIMPHYT

Durch den Einsatz des Prognosemodells ist die gezielte Anwendung von Kupferfungiziden möglich, was in Jahren mit niedrigem und mittlerem Infektionsdruck zu deutlichen Einsparungen an Kupfer und weniger Applikationsterminen führen kann. Mit Ausnahme des primären Stängelbefalls hat sich die Prognose als zuverlässiges Hilfsmittel bei der Krautfäulebekämpfung erwiesen.

4 Zusammenfassung der Ergebnisse beider Projekte 2005-2009

PCR-Nachweis von latentem *Phytophthora infestans*- Befall

Tabelle 78 gibt die Zusammenfassung der molekularbiologischen Untersuchungen von Pflanzgutproben aus den Jahren 2007-2009 wieder. Zwischen den Jahren gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen dem durchschnittlichen latenten Ausgangsbefall. Im Durchschnitt aller Partien waren 11% (± 12) der Knollen mit *P. infestans* infiziert.

Es konnten keine signifikanten Unterschiede in der latenten Ausgangsbelastung in Abhängigkeit von der Produktionsart festgestellt werden. Ökologisch produzierte Saatkartoffeln waren im Schnitt aller getesteten Pflanzgutpartien zu 14% (± 14) und konventionell hergestellte zu 10% (± 11) latent befallen. Die latenten Saatgutdurchseuchung mit *P. infestans* ist somit ein generelles Problem.

Tab. 78: Übersicht des getesteten Pflanzguts in den Jahren 2007-2009. (Stichprobenumfang: 2007: 94 Knollen/Partie, 2008 und 2009: 47 Knollen/Partie)

Versuchsjahr	Sorte/Partie	Öko-Pflanzgut	Anteil latent infizierter Knollen [%]
2007	Agria	Ja	37
	Agria	Nein	11
	Bonza	Nein	6
	Cindy	Nein	0
	Melina	Ja	2
	Durchschnitt		
2008	Agria	Nein	17
	Baril	Ja	17
	Ditta	Nein	2
	Krone	Ja	11
	Laura	Nein	6
	Laura	Nein	23
	Durchschnitt		
2009	Agria	Nein	11
	Ditta	Nein	0
	Ditta	Nein	0
	Ditta	Ja	2
	Laura	Nein	4
	Maxilla	Nein	38
	Durchschnitt		

Regulierung des primären Stängelbefalls mittels Kupferbeizung

Bei der Pflanzgutbeizung mittels ULV-Technik (120g Cu/ha) mit Cuprozin flüssig (Spiess-Urania) konnte gezeigt werden, dass diese Beizmethode, so wie sie in den Versuchen 2006-2009 angewendet wurde, keinen negativen Einfluss auf den Auflauf der behandelten Kartoffelpflanzen hatte. In Einzelfällen konnte hingegen bei der Beizung von latent bzw. künstlich infizierten Knollen ein signifikant besserer Auflauf beobachtet werden.

Die Gesamtdarstellung aller Beizversuche nach der Doppelpflanzungsmethode ist in Tabelle 79 wiedergegeben. Durch die Beizung der infizierten Knolle wurde in 75% der Fälle sowohl eine Reduktion des primären Stängelbefalls als auch eine Steigerung des Ertrags gegenüber der unbehandelten Kontrolle erzielt. Diese Effekte waren jedoch nie signifikant. Ähnlich verhielt es sich bei der Beizung mittels Spritzschirm während des Legens, bei dem die Effekte jeweils seltener auftraten und ebenfalls nie signifikant waren. Die Beizung der gesunden Pflanzknolle führte in 67% der Fälle zu einer Reduktion des Stängelbefalls gegenüber der Kontrolle, was in 17% auch signifikant war. Es wurden in 22% der Fälle signifikant bessere Erträge erzielt, mit einer maximalen Ertragssteigerung von 55%. Die Beizung beider Knollen führte in 7% der Versuche zu einer signifikanten Reduktion des Stängelbefalls und in 29% zu deutlichen Mehrerträgen mit einer maximalen Steigerung um 51%.

Signifikante Mehrerträge waren nur möglich, wenn die gesunde Knolle, ob alleine oder in Kombination mit der Infizierten, durch eine Beizung geschützt wurde. Der Effekt war nicht in jedem Versuch signifikant, da die Wirkung der Kupferbeizung davon abhängt, ob günstige Bedingungen für Stängelbefall vorliegen. In Jahren, in denen primärer Stängelbefall nur sehr schwach oder gar nicht auftritt, kann die Beizung auch keine signifikanten Effekte gegenüber der Kontrolle bewirken. Die Kupferbeizung der Pflanzknollen mittels ULV-Technik muss daher als zusätzliche Absicherung gegen den bislang nicht berechenbaren, primären Stängelbefall angesehen werden.

Tab. 79: Auswertung der Beizversuche 2006-2009 bei 2 Knollen je Pflanzloch.

	Infizierte Knolle gebeizt	Gesunde Knolle gebeizt	Beide Knollen gebeizt	Beizung beim Legen (Spritzschirm)
Stichproben	n=8	n=18	n=14	n=10
Reduktion Stängelbefall [% der Versuche]	75	67	86	70
davon signifikant [% der Versuche]	0	17	7	0
Durchschnittliche Reduktion [%]	25 (±45)	26 (±47)	30(±40)	17 (±29)
Ertragssteigerung [% der Versuche]	75	72	86	46
davon signifikant [% der Versuche]	0	22	29	0
Durchschnittliche Ertragssteigerung [%]	1	8	5	1

Höchste signifikante Ertragssteigerung [%]	-	55	51	-
--	---	----	----	---

Optimierung des Kupfereinsatzes durch Kupferapplikationsstrategien

Die Gesamtheit der Ergebnisse aller Applikationsversuche an der LfL von 2005-2009 ist in Tabelle 81 abgebildet. Die genauen Spezifikationen der einzelnen Applikationsvarianten können den jeweiligen Zwischenberichten entnommen werden und werden hier nicht nochmals erläutert. Die Zusammenfassung dieser Ergebnisse ist in Tabelle 80 dargestellt. Das Hauptaugenmerk liegt bei den Varianten, welche in mehrfachen Wiederholungen (>10) getestet wurden. Nur bei diesen lassen sich Aussagen über die Wirkung in langjährigen Versuchen treffen.

Die vielfach wiederholten Varianten erreichten eine signifikante Reduktion der Befallsstärke am Blatt in mindestens 75% der Versuche. Der durchschnittliche Wirkungsgrad dieser Versuchsglieder lag bei über 55%.

Signifikante Ertragssteigerungen waren in mindestens 30% der Fälle möglich. Am effektivsten erwies sich hier der Einsatz von Doppelflachstrahldüsen. Der durchschnittliche Mehrertrag der Varianten lag bei über 25%.

Durch die variable Anpassung der Kupfermenge an den Infektionsdruck waren durchschnittliche Einsparungen von ca. 500g/ha, bis maximal 1000g/ha Cu, ohne signifikante Einbußen bei Wirkung oder Ertrag möglich

Das mittlere Einsparpotential der neuen Formulierung SPU 2700 (vormals SPU 2690) lag ebenfalls über 500g/ha, wobei in Einzelfällen auf bis zu 900g/ha Kupfer ohne signifikante Wirkungs- oder Ertragsverluste verzichtet werden konnte.

Tab. 80: Zusammenfassung der vielfach wiederholten Applikationsversuche 2005-2009 (Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis Seite 3)

VG	Ø Kupferaufwand [g]	Versuche	Signifikant geringere Befallsstärke am Blatt als Kontrolle [% der Versuche]	Erntedaten	Signifikant höhere Erträge als Kontrolle [% der Versuche]
Variabel Cu	2.281	15	80	13	38
750 g Cu	2.813	15	93	13	31
500g Cu	2.458	15	87	13	38
500g Cu DF	2.458	11	91	9	67
SPU 2700	2.238	12	75	10	30

Tab. 81: Gesamtübersicht Applikationsversuche 2005-2009 (Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis Seite 3; :signifikant besser als die unbehandelte Kontrolle; $p < 0.05$;)

Standort		Applikationsmethode / Versuchsglied																		
		Kontrolle	Variabel	750	500	250	500 DF	SPU 2700	SPU 2700 Variabel	SPU 1010	Standard Sid	Spitzabstand +2d	Gebetzt ver.	Start SIMBLICHT	VB	VB DF	Phylocare	Variabel 1/2	500 NuFIMP	
2005	AUDPC	36,4	7,4	3,6	7,9	4,8					4,9									
	Mehrentag %/a		0	-1	14	-1				3										
	Straßmoos	18,6	0,6	0,5	2,5	1,5				0,9										
2006	AUDPC	81,5	34,2	28,7	21,8	46,4					32,2									
	Mehrentag %/a		9	2	1	12				6										
	Walleshausen	174,3	25,7	9,9	17,2	47,6	23,7	33,9	49,7	39,1	16,0									
2007	AUDPC	10,6	6,5	2,3	4,8	6,5	3,6	6,0	14,2	6,2	6,7									
	Mehrentag %/a		0	1	1	-1	-1	-8	-4	-1	1									
	Straßmoos	5,2	2,8	3,7	2,8	3,0		3,6	2,5	2,7	3,1									
2008	AUDPC	370,5	108,5	103,2	173,5	150,9	93,6	121,7	145,7	94,6									142,1	
	Mehrentag %/a		8	7	1	5	7	9	0	13									4	
	Straßmoos	815,7	161,8	151,5	333,4	291,5	204,7	254,9	383,1	212,0									205,5	
2009	AUDPC	332,5	256,6	159,6	203,0	201,6	255,7	225,4	236,6	189,6									234,0	
	Mehrentag %/a																			
	Schmiechen	295,7	127,2	103,7	140,2		132,1	118,2							113,8	113,6	179,5			
2005	AUDPC	607,9	227,1	221,9	207,1		267,6	277,2	324,2			218,9	233,1		285,0					
	Mehrentag %/a		30	26	32		15	20	9			20	9		15					
	Straßmoos	149,5	69,2	82,9	65,0		53,2	78,2	80,8			66,3	43,2		61,2					
2006	AUDPC	222,3	151,6	144,8	181,8		156,9	155,4	138,9			17	13		135,3					
	Mehrentag %/a		15	13	8		15	7	3			17	13		141,9					
	Schmiechen	222,3	151,6	144,8	181,8		156,9	155,4	138,9			17	13		135,3					
2007	AUDPC	295,7	127,2	103,7	140,2		132,1	118,2												
	Mehrentag %/a		28	57	36		34	34							33	25	10			
	Straßmoos	78,7	4,4	6,5	4,7		3,8	6,2							4,4	7,6	81,9			
2008	AUDPC	152,2	80,3	82,2	84,7		91,1	84,2												
	Mehrentag %/a		1	0	-1		4	9							81,3	99,3	118,8			
	Geltdorf	152,2	80,3	82,2	84,7		91,1	84,2							81,3	99,3	118,8			
2009	AUDPC	607,9	227,1	221,9	207,1		267,6	277,2	324,2			218,9	233,1		285,0					
	Mehrentag %/a		30	26	32		15	20	9			20	9		15					
	Straßmoos	149,5	69,2	82,9	65,0		53,2	78,2	80,8			66,3	43,2		61,2					
2010	AUDPC	222,3	151,6	144,8	181,8		156,9	155,4	138,9			17	13		135,3					
	Mehrentag %/a		15	13	8		15	7	3			17	13		141,9					
	Schmiechen	222,3	151,6	144,8	181,8		156,9	155,4	138,9			17	13		135,3					
2011	AUDPC	295,7	127,2	103,7	140,2		132,1	118,2												
	Mehrentag %/a		28	57	36		34	34							33	25	10			
	Straßmoos	78,7	4,4	6,5	4,7		3,8	6,2							4,4	7,6	81,9			
2012	AUDPC	152,2	80,3	82,2	84,7		91,1	84,2												
	Mehrentag %/a		1	0	-1		4	9							81,3	99,3	118,8			
	Geltdorf	152,2	80,3	82,2	84,7		91,1	84,2							81,3	99,3	118,8			
2013	AUDPC	607,9	227,1	221,9	207,1		267,6	277,2	324,2			218,9	233,1		285,0					
	Mehrentag %/a		30	26	32		15	20	9			20	9		15					
	Straßmoos	149,5	69,2	82,9	65,0		53,2	78,2	80,8			66,3	43,2		61,2					
2014	AUDPC	222,3	151,6	144,8	181,8		156,9	155,4	138,9			17	13		135,3					
	Mehrentag %/a		15	13	8		15	7	3			17	13		141,9					
	Schmiechen	222,3	151,6	144,8	181,8		156,9	155,4	138,9			17	13		135,3					
2015	AUDPC	295,7	127,2	103,7	140,2		132,1	118,2												
	Mehrentag %/a		28	57	36		34	34							33	25	10			
	Straßmoos	78,7	4,4	6,5	4,7		3,8	6,2							4,4	7,6	81,9			
2016	AUDPC	152,2	80,3	82,2	84,7		91,1	84,2												
	Mehrentag %/a		1	0	-1		4	9							81,3	99,3	118,8			
	Geltdorf	152,2	80,3	82,2	84,7		91,1	84,2							81,3	99,3	118,8			
2017	AUDPC	607,9	227,1	221,9	207,1		267,6	277,2	324,2			218,9	233,1		285,0					
	Mehrentag %/a		30	26	32		15	20	9			20	9		15					
	Straßmoos	149,5	69,2	82,9	65,0		53,2	78,2	80,8			66,3	43,2		61,2					
2018	AUDPC	222,3	151,6	144,8	181,8		156,9	155,4	138,9			17	13		135,3					
	Mehrentag %/a		15	13	8		15	7	3			17	13		141,9					
	Schmiechen	222,3	151,6	144,8	181,8		156,9	155,4	138,9			17	13		135,3					
2019	AUDPC	295,7	127,2	103,7	140,2		132,1	118,2												
	Mehrentag %/a		28	57	36		34	34							33	25	10			
	Straßmoos	78,7	4,4	6,5	4,7		3,8	6,2							4,4	7,6	81,9			
2020	AUDPC	152,2	80,3	82,2	84,7		91,1	84,2												
	Mehrentag %/a		1	0	-1		4	9							81,3	99,3	118,8			
	Geltdorf	152,2	80,3	82,2	84,7		91,1	84,2							81,3	99,3	118,8			
2021	AUDPC	607,9	227,1	221,9	207,1		267,6	277,2	324,2			218,9	233,1		285,0					
	Mehrentag %/a		30	26	32		15	20	9			20	9		15					
	Straßmoos	149,5	69,2	82,9	65,0		53,2	78,2	80,8			66,3	43,2		61,2					
2022	AUDPC	222,3	151,6	144,8	181,8		156,9	155,4	138,9			17	13		135,3					
	Mehrentag %/a		15	13	8		15	7	3			17	13		141,9					
	Schmiechen	222,3	151,6	144,8	181,8		156,9	155,4	138,9			17	13		135,3					
2023	AUDPC	295,7	127,2	103,7	140,2		132,1	118,2												
	Mehrentag %/a		28	57	36		34	34							33	25	10			
	Straßmoos	78,7	4,4	6,5	4,7		3,8	6,2							4,4	7,6	81,9			
2024	AUDPC	152,2	80,3	82,2	84,7		91,1	84,2												
	Mehrentag %/a		1	0	-1		4	9							81,3	99,3	118,8			
	Geltdorf	152,2	80,3	82,2	84,7		91,1	84,2							81,3	99,3	118,8			
2025	AUDPC	607,9	227,1	221,9	207,1		267,6	277,2	324,2			218,9	233,1		285,0					
	Mehrentag %/a		30	26	32		15	20	9			20	9		15					
	Straßmoos	149,5	69,2	82,9	65,0	</														

Aus insgesamt 12 auswertbaren Feldversuchen die am JKI im Rahmen des ÖKOSIMPHYT-Projektes durchgeführt wurden lassen sich folgende Kernaussagen herleiten:

Die Wirkung von Kupfer war stark abhängig vom Infektionsdruck am Standort in den jeweiligen Jahren, so dass Wirkungsgrade zwischen 0 und 78% erreicht wurden.

Bei geringem Infektionsdruck konnte mit 250 g Cu/ha ausreichende Bekämpfungserfolge ohne Ertragsverluste erzielt werden. Dies konnte in den Jahren 2005 und 2008 an mehreren Standorten gezeigt werden. Durch diese Vorgehensweise konnte bis zu 50% der Gesamtkupfermenge im Vergleich zum Standard eingespart werden.

Die Verwendung des Prognosemodells reduzierte die Anzahl der Behandlungen im Schnitt um 1,2 Behandlungen. Gerade in Jahren mit geringem Krautfäuledruck sind bis zu 2 Spritzungen weniger möglich. Diese Einsparung bewirkte im Schnitt der Jahre eine Kupferreduktion von 11,5 %.

Durch verminderte Aufwandmengen und den Einsatz des Prognosemodells waren bis zu 25% Reduktion der Gesamtaufwandmengen an Kupfer im Vergleich zur Standardvariante in moderaten Krautfäulejahren möglich.

In extremen Befallsjahren wie 2007 muß eine rechtzeitige protektive Behandlung prognostiziert werden. Bei bereits befallenen Beständen und unter einem hohen Infektionsdruck zeigten selbst kurze Spritzabstände und hohe Aufwandmengen von Kupfer keine ausreichenden Wirkungsgrade mehr. In diesen Jahren erreichte die Anpassung der Aufwandmengen und der Spritzabstände an den Infektionsdruck die höchste Effizienz.

Während in Jahren mit einem geringen Infektionsdruck die Sortenwahl und das Vorkeimen keine große Bedeutung in der Krautfäulebekämpfung einnahmen, konnte in starken Befallsjahren die Kombination aus den genannten Faktoren zusammen mit einer intensiven Bekämpfung der Krautfäule zu deutlichen Ertragssteigerungen führen. Das Vorkeimen sollte in gefährdeten Regionen (erfahrungsgemäßes häufiges und frühes Auftreten der Krautfäule) einen festen Platz in einer integrierten Bekämpfungsstrategie der Krautfäule einnehmen.

In den Gewächshausversuchen konnte gezeigt werden, dass nach einer Kupferbehandlung (Cuprozin fl.) Niederschläge von mehr als 20 mm deutliche Abwaschungsverluste verursachen. Hier sind Verluste im Wirkungsgrad von bis zu 25% zu erwarten.

Entwicklung und Validierung des Prognosemodells ÖKOSIMPHYT

In den Jahren 2006-2009 wurden insgesamt 46 Versuche bundesweit durchgeführt. Hierbei wurde durch das Modell SIMPHYT1 in durchschnittlich 72% der Fälle der Spritzstart rechtzeitig vorhergesagt. Im Vergleich hierzu erfolgte die Prognose von SIMBLIGHT1 (42 Versuche) zu 81% rechtzeitig. Abbildung 50 gibt eine Übersicht der Trefferquoten beider Modelle.

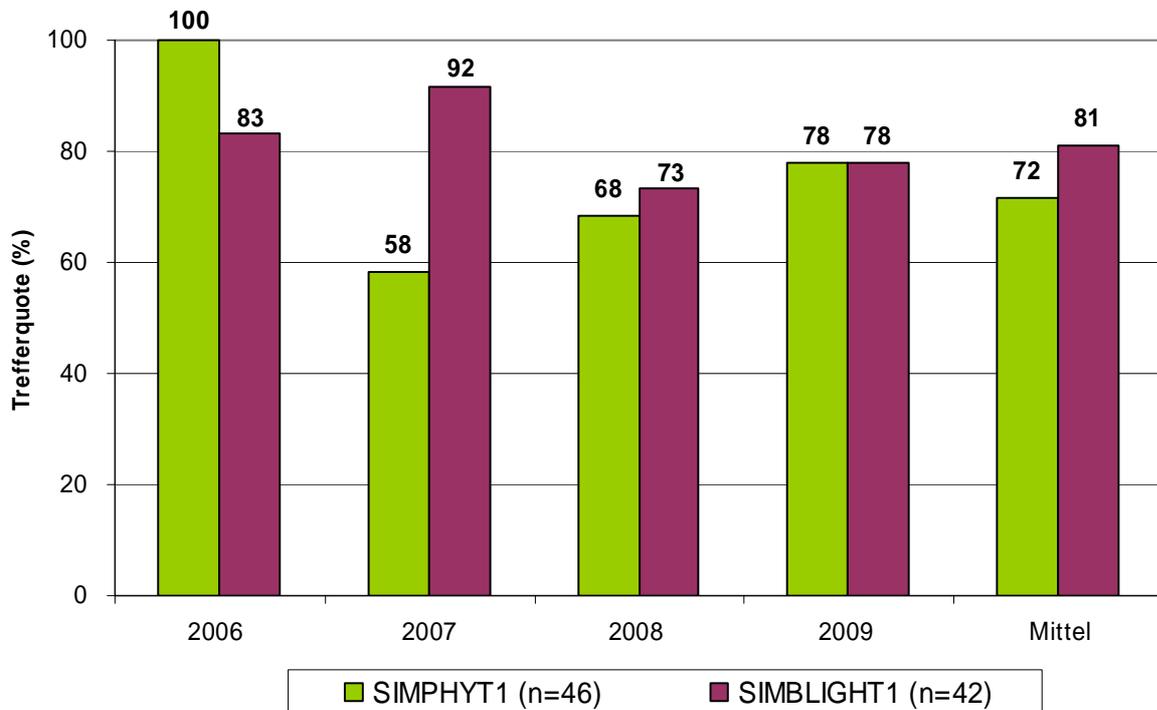


Abb. 50: Trefferquote SIMPHYT1 und SIMBLIGHT1: Vergleich von prognostiziertem Spritzstart und bonitiertem Phytophthora-Erstauftreten in den Demoversuchen 2006-2009

In den Versuchen 2006-2009 lag der Wirkungsgrad der ÖKOSIMPHYT-Varianten im Mittel von 10 Versuchen bei 38-39% gegenüber 43% in der Routine-Variante (Abbildung 51). Somit konnte durch Nutzung des Teilmodells SIMPHYT3 im Prognosesystem ÖKOSIMPHYT mit variablem Spritzstart und variabler Spritzmenge die Anzahl an Behandlungen um 0,6 und die Kupfermenge um durchschnittlich 535g/ha im Vergleich zur wöchentlichen Behandlung reduziert werden bei etwa gleichem Wirkungsgrad.

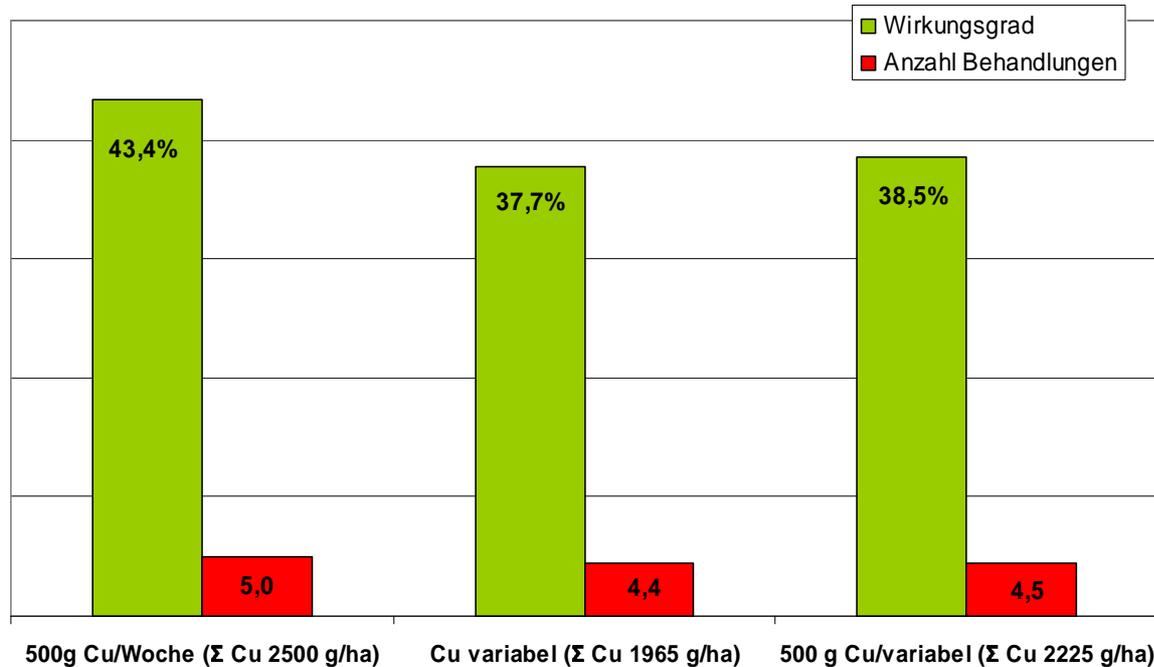


Abb.51: Vergleich des Wirkungsgrads der Kupfervarianten, Anzahl Behandlungen und ausgebrachte Kupfermenge 2006-2009 (n=10)

Das Prognosesystem ÖKOSIMPHYT hat sich in den vier Versuchsjahren als wichtiges Entscheidungshilfesystem zur gezielten Terminierung von Kupferpräparaten gegen die Kraut- und Knollenfäule bewährt. Aufgrund des infektionsdruckbasierenden Spritzabstandes kann die Bekämpfung der Phytophthora optimiert und der Einsatz kupferhaltiger Fungizide minimiert werden.

5 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen /Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Der vorgegebene Arbeitsplan wurde eingehalten, und alle geplanten Untersuchungen konnten durchgeführt werden.

Teilprojekt A

Geplantes Versuchsziel	Erreichtes Versuchsziel
Beizversuche mit infizierten Pflanzknollen auf einem leichten und einem schweren Standort (Staatl, Versuchsgüter Puch und Straßmoos).	Es wurden an den zwei Standorten wie geplant Beizversuche durchgeführt. 2008 konnten je Standort 3 Legetermine realisiert werden. 2009 waren es 2 Termine. Durch die getestete Kupferbeizung (ULV-Verfahren) konnte der primäre Stängelbefall teils signifikant reduziert werden.
Exakte Aufzeichnung der epidemiologischen Entwicklung des Primärbefalls (Bonituren im Feld, Stängel- und Knollenuntersuchungen mit PCR) sowie der Witterung auf einem leichten und einem schweren Standort. Direkte Messung der Bodenfeuchte durch Tensiometer,	Die Übertragung der Infektion von Pflanzknolle zu Pflanzknolle wurde nachgewiesen. Das Wachstum des Erregers im Stängel ohne Symptomausbildung (Latenzzeit) wurde nachgewiesen – die genauen Einflussfaktoren auf die Latenzzeit konnten auch mit Tensiometerversuchen nicht geklärt werden, da die Datendichte aus 2 Versuchsjahren zu gering war.

Teilprojekt B

Geplantes Versuchsziel	Erreichtes Versuchsziel
Feldversuche zur Krautfäuleregulierung mit reduzierten Cu-Mengen. Die Bestimmung der optimalen Terminierung der Erstapplikation und der Folgebehandlungen für verschiedene Aufwandmengen, Formulierungen und Präparate auf Basis des Prognosemodells ÖKOSIMPHYT.	Die Kupferminimierung wurde am JKI und an der LfL in den Versuchsjahren 2008 und 2009 erfolgreich getestet. Es wurde neben Cuprozin flüssig die neue Kupferformulierung SPU02700 getestet, sowie 2008 das kupferfreie Mittel Phytocare. Der Hilfsstoff Nu-FilmP wurde untersucht. Die Dauerwirkung von Kupfer wurde getestet.
Wechselwirkung zwischen Sortenanfälligkeit (Sorten aus ökologischem Anbau) und Kupferaufwandmenge analysieren (JKI). Das Sortenspektrum soll ausgedehnt werden.	Der Sorteneinfluss wurde an den Sorten Ditta, Finka und Princess untersucht. Der Einfluss des Vorkeimens wurde untersucht.

Teilprojekt C

<p>Anpassung und Optimierung von ÖKOSIMPHYT an die Gegebenheiten des ökologischen Landbaus (Startbedingungen, Sorten, Regionalfaktoren, Pflanzgutvorbereitung). Die in den Teilprojekten A und B erzielten Ergebnisse werden in das Prognosemodul zur Empfehlung des Behandlungsbeginns und in das Modul zur Empfehlung des Kupfereinsatzes integriert.</p>	<p>Anpassung des Modells an die Gegebenheiten des Ökolandbaus wurde vorgenommen. Das Modell steht im Internet zur Verfügung.</p> <p>Berechnung des Spritzstarts bei hohem Primärbefallsdruck muss weiter optimiert werden.</p> <p>Die Modellierung des primären Stängelbefalls ist nur sehr ungenügend – hier dient die Kupferbeizung als Absicherung gegen dieses unberechenbare Krankheitsbild.</p>
---	---

Teilprojekt D

<p>Durchführung von bundesweiten Demonstrationsversuchen, d.h. Praxisversuche mit betriebsüblicher Pflanzenschutztechnik, unter Anwendung des Prognosemodells ÖKOSIMPHYT</p>	<p>Das Modell wurde 2008 an 14 und 2009 an 10 bundesweiten Standorten getestet. Die Versuchsdaten wurden zur Validierung und Optimierung herangezogen. 2009 wurde das Modell interessierten Landwirten unter Betreuung der jeweiligen Beratern freigeschalten.</p>
--	--

6 Literaturverzeichnis

ADLER, N. (2000): Untersuchungen zum Befall von Kartoffeln mit *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary mittels visueller Bonitur und PCR-Methoden. Dissertation TU München/Weihenstephan.

BÄßLER, R., HABERMEYER, J.; ZELLNER M. (2002): Krautfäule-Befall durch Pflanzgutbeizung verzögern? Kartoffelbau 53, 4, 126-129.

BÄßLER, R., MADEL, C., HABERMEYER, J.; ZELLNER M. (2002): Primärbefall von *Phytophthora infestans* - Einfluss von Bodenart und Bodenfeuchte. Kartoffelbau 53, 5, 162-165.

BÄßLER, R., MADEL, C.; ZINKERNAGEL V. (2004): Primärbefall durch *Phytophthora infestans* im Kartoffelbau-Einfluss von Bodenart und Bodenfeuchte. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., 396, 98.

KEIL S., BENKER M., ZELLNER M. (2009) Double setting of potato seed tubers as a new approach to research primary stem blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary). American Journal of Potato Research, DOI 10.1007/s12230-009-9113-z

ZELLNER, M. (2004): Zur Epidemiologie und Bekämpfung von *Phytophthora*-Primärbefall an Kartoffeln. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., 396, 189

7 Veröffentlichungen \ Öffentlichkeitsarbeit zum Projekt 2008-2009

Öffentlichkeitsarbeit 2008

Vorträge

- Bangemann, L.-W.: Ergebnisse aus dem Projekt Öko-Simphyt. 4. Arbeitsgruppen-Treffen Freising, 29.02.2008
- Bangemann, L.-W., Kleinhenz, B., Keil, S., Zellner, M., Bartels, G.: Prognosegesteuerte Bekämpfungsstrategien im Ökologischen Kartoffelanbau – mögliche Kupfereinsparungspotentiale und Vergleich der Bekämpfungserfolge. 56. Deutsche Pflanzenschutztagung in Kiel 04.09.2008
- Benker, M., Keil, S., Zellner, M.: Phytophthora-Primärbefall an Kartoffeln – Probleme und Lösungen. 56. Deutsche Pflanzenschutztagung in Kiel 24.09.2008
- Keil, S.: Ergebnisse der Forschungsarbeiten an der LFL zum Projekt Öko-Simphyt. 4. Arbeitsgruppen-Treffen Freising, 29.02.2008
- Keil, S.: Krautfäulebekämpfung im ökologischen Kartoffelanbau – Einfluss des Düsentyps auf die Wirkung von Kupfer. DPG Arbeitskreis Kartoffeln Braunschweig, 06.03.2008
- Keil, S., Benker, M., Zellner, M., Kleinhenz, B., Bangemann, L.-W., Zwerger, P.: Möglichkeiten zur Optimierung der Kupferwirkung gegen Krautfäule im Ökologischen Kartoffelanbau. 56. Deutsche Pflanzenschutztagung Kiel, 24.09.2008
- Keil, S., Benker, M., Zellner, M.: Regulierung der Kraut- und Knollenfäule mittels Kupferbeizung. Vortrag zur LfL-Jahrestagung Landshut, 04.11.2008
- Keil, S.: Krautfäule-Regulierung im ökologischen Kartoffelanbau. 32. Arbeitstagung der Fachreferenten für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland Freising, 18. 11.2008
- Tschöpe, B., Kleinhenz B.: Prognosesystem Öko-Simphyt – Ergebnisse der DEMO-Versuche 2006 und 2007. 4. Arbeitsgruppentreffen Freising, 29.02.2008
- Zellner, M.: Besonderheiten im Kartoffelanbaujahr 2007. 4. Arbeitsgruppentreffen Freising, 29.02.2008
- Zellner, M., Keil, S., Benker M.: The Control of Stem Blight and the Spread of Potato Late Blight by Copper Seed Treatment. 17th Triennial Conference of the EAPR Brasov, Rumänien, 06.-07.10.2008

Poster

- Keil, S., Benker, M., Zellner, M.: The use of copper seed treatments to control late blight in organic farming. 2. Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISO FAR) im Rahmen des 16. IFOAM Organic World Congress Modena, 18.-20.06.2008
- Keil, S., Benker, M., Zellner, M.: Seed Treatment and Fungicide Applications to Control Stem Blight on Potato. Third International Late Blight Conference Peking/China, 03.-06.04. 2008
- Keil, S., Benker, M., Zellner, M.: Regulierung der Kraut- und Knollenfäule mittels Kupferbeizung. LfL-Jahrestagung Landshut, 04.11.2008

Tschöpe, B., Kleinhenz, B., Keil, S., Zellner, M.: Prognosesystem ÖKO-SIMPHYT: Funktionsweise und dreijährige Ergebnisse aus bundesweiten Demo-Versuchen. 56. Deutsche Pflanzenschutztagung in Kiel 24.09.2008

Publikationen

Keil, S., Benker, M., Zellner, M.: The use of copper seed treatments to control late blight in organic farming. In: Proceedings of the 2. Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISO FAR) im Rahmen des 16. IFOAM Organic World Congress Modena, 18.-20.06.2008, Volume 1 (476-479)

Keil, S., Benker, M., Zellner, M. (2008): Seed Treatment and Fungicide Applications to Control Stem Blight on Potato. Proceedings of the 3rd International Late Blight Conference, Beijing, China, 03-05 April 2008, Hrsg.: International Potato Center (CIP), Apartado 1558, Lima 12, Peru, 41

Keil, S., Benker, M., Zellner, M.: Regulierung der Kraut- und Knollenfäule mittels Kupferbeizung. In: Schriftenreihe der Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft 10 (2008), ISSN 1611-4159

Tschöpe, B., Kleinhenz, B. (2008). "Phytophthorakontrolle im ökologischen Anbau." Kartoffelbau 59(5): 188-192.

Zellner, M., Keil, S., Benker, M. (2008): The Control of Stem Blight and the Spread of Potato Late Blight by Copper Seed Treatment. Abstracts of the 17th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Brasov, Romania, 06-10 July 2008, Hrsg.: European Association for Potato Research, P.O. Box 822, 3700 AV Zeist, The Netherlands, 294-296.

Versuchspräsentationen

Keil, S., Wagner S.: Präsentation der Beiz- und Demonstrationsversuche am Standort Puch. Syngenta 10.07.2008

Wagner, S., Keil, S.: Präsentation der Beiz- und Demonstrationsversuche am Standort Puch. Bioland 24.07.2008

Öffentlichkeitsarbeit 2009

Vorträge

Bangemann, L.-W.: Ergebnisse aus dem Projekt Öko-Simphyt. 5. Arbeitsgruppentreffen Freising, 27.01.2009

Bangemann, L.-W.: Ergebnisse aus dem Projekt Öko-Simphyt. 6. Arbeitsgruppentreffen Freising, 29.10.2009

Keil, S., Zellner M.: Neue Erfahrungen zur Krautfäulebekämpfung im ökologischen Kartoffelanbau. 4. Ökolandbautag Freising, 28.04.2009

Keil, S.: Ergebnisse der Forschungsarbeiten an der LFL zum Projekt Öko-Simphyt. 5. Arbeitsgruppentreffen Freising, 27.01.2009

Keil, S.: Ergebnisse der Forschungsarbeiten an der LFL der Versuchsjahre 2005-2009 zum Projekt Öko-Simphyt. 6. Arbeitsgruppentreffen Freising, 29.10.2009

- Keil, S.: Erfolgreich ökologisch Kartoffeln produzieren – Ergebnisse aus dem Projekt Öko-SIMPHYT.
Agritechnika Hannover, 12.11.2009
- Keil, S.: Aktuelle Forschungsergebnisse zum Phytophthora-Stängelbefall
Wintertagung Arbeitsgemeinschaft für Kartoffelzüchtung und Pflanzguterzeugung (GPZ)
Göttingen, 18.-19.11.2009
- Tschöpe, B., Kleinhenz B.: Prognosesystem Öko-Simphyt – Validierungsergebnisse Öko-SIMPHYT
2008. 5. Arbeitsgruppentreffen Freising, 27.01.2009
- Tschöpe, B., Kleinhenz B.: Validierung Öko-SIMPHYT, Ergebnisse der DEMO-Versuche 2009 . 6.
Arbeitsgruppentreffen Freising, 29.10.2009
- Tschöpe, B.: Öko-SIMPHYT Projektstand und Validierung., 12. Tagung der ZEPP-Arbeitsgruppe in
Lübeck (35), 13.-15.01.2009

Publikationen

- Keil, S., Benker M., Zellner M. (2009) Double setting of potato seed tubers as a new approach to
research primary stem blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary). American Journal of
Potato Research, DOI 10.1007/s12230-009-9113-z
- Keil, S., Benker M., Zellner M. (2009) Seed Treatment and Fungicide Applications to Control Stem
Blight on Potato. Acta Horticulturae (ISHS) 834: 211-214
- Keil, S.: Aktuelle Forschungsergebnisse zum Phytophthora-Stängelbefall
Tagungsband Wintertagung GPZ (in press)
- Keil, S., Zellner M.: Neue Erfahrungen zur Krautfäulebekämpfung im ökologischen Kartoffelanbau.
Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 7 (2009) ISSN 1611-4159
- Keil, S., Zellner M.: Untersuchungen zur Reduktion des Phytophthora-Primärbefalls an Kartoffeln.
Jahresbericht 2008 des Instituts für Pflanzenschutz: 70-72
- Keil, S., Benker M., Zellner M.: Latent infections of potato seed tubers with *Phytophthora infestans*
(Mont.) de Bary – an underestimated problem. American Journal of Potato Research (in
progress)

Versuchspräsentationen

- Keil, S. : Präsentation der Beiz- und Demonstrationsversuche an den bayerischen
Versuchsstandorten Puch, Schmiechen und Straßmoos. Arbeitsgruppe Öko-Simphyt 01.-
02.07.2009
- Tschöpe, B.: Feldbegehung Ökologischer Kartoffelanbau, Betrieb Vollmer, Rheda-Wiedenbrück,
Vorstellung des Projekts Öko-SIMPHYT. 09.06.2009

Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)
und der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) für die finanzielle Förderung im
Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau.