

Entwicklung eines biologischen Pflanzenschutzmittels aus Süßholz mit sicherer Wirkung im Freiland unter Nutzung effizienter Anwendungstechnik. Arbeitsschwerpunkt 2: Anwendung im Freiland

Developing a biological plant protection product from the liquorice plant with proven efficacy in the field combined with an effective application technology. Part 2: Application in the field

FKZ: 09OE038

Projektnehmer:

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum
(DLR)-Rheinpfalz
Breitenweg 71, 67435 Neustadt
Tel.: +49 6321 671-0
Fax: +49 6321 671-222
E-Mail: dlr-rheinpfalz@dlr.rlp.de
Internet: www.dlr-rheinpfalz.rlp.de

Autoren:

Leinhos, Garbiele

FKZ: 09OE102

Projektnehmer:

Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für
Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst
Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig
Tel.: +49 531 299-4402
Fax: +49 531 299-3009
E-Mail: gf@jki.bund.de
Internet: www.jki.bund.de

Autoren:

Marx, Peggy

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

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 und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft können sich noch Änderungen ergeben.

Entwicklung eines biologischen Pflanzenschutzmittels aus Süßholz mit sicherer Wirkung im Freiland unter Nutzung effizienter Anwendungstechnik

Verbundprojekt



1. Industrielle Forschung und Grundlagen

FKZ 09OE036 Trifolio-M GmbH

(Teilprojekt 1: Formulierung, Standardisierung und Extraktionsoptimierung)

FKZ 09OE101 Julius Kühn-Institut, Institut für Biologischen Pflanzenschutz

(Teilprojekt 2: Wirkungsmechanismen und Vorprüfungen für Freilandanwendungen)

2. Anwendung im Freiland

FKZ 09OE038 Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinpfalz

(Teilprojekt 1: Tomate, Kartoffel/Applikationstechnik)

FKZ 09OE102 Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau
und Forst (Teilprojekt 2: Gurke/Klimafaktoren)

Gesamtlaufzeit: 04.11.2010 bis 31.03.2014

**Entwicklung eines biologischen Pflanzenschutzmittels aus Süßholz
mit sicherer Wirkung im Freiland unter Nutzung effizienter
Anwendungstechnik**

Arbeitsschwerpunkt 2 „Anwendung im Freiland“

Forschungsprojekte 09OE038 und 09OE102

Abschlussbericht

Autoren: Dr. Gabriele Leinhos (DLR), Dr. Peggy Marx (JKI)

FKZ 09OE038, Teilprojekt 1: Tomate, Kartoffel/Applikationstechnik

Zuwendungsempfänger: Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR)
Rheinpfalz, Breitenweg 71, 67435 Neustadt/Wstr.

Projektleitung und Bearbeitung: Dr. Gabriele Leinhos

FKZ 09OE102, Teilprojekt 2: Gurke/Klimafaktoren

Zuwendungsempfänger: Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Pflanzenschutz
in Gartenbau und Forst, Stahnsdorfer Damm 81,
14532 Kleinmachnow

Projektleitung: Dr. U. Gärber

Projektbearbeitung: Dr. P. Marx

Laufzeit: 01.02.2011 – 31.03.2014

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft

Kurzfassung

Entwicklung eines biologischen Pflanzenschutzmittels aus Süßholz mit sicherer Wirkung im Freiland unter Nutzung effizienter Anwendungstechnik, Arbeitsschwerpunkt 2 „Anwendung im Freiland“

Im ökologischen Anbau stehen zur direkten Kontrolle von Falschem Mehltau und *Phytophthora infestans* in Gemüsekulturen und Kartoffel ausschließlich Kupfer-Präparate zur Verfügung. Bei Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen (Gewächshaus) zeigte der ethanolsche Rohextrakt aus dem Laub von *Glycyrrhiza glabra* (Süßholz) eine gute Wirkung gegen Oomyceten, während der Pflanzenextrakt bei ersten Prüfungen im Freiland unterschiedlich wirksam war. Deshalb wurde ein durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) gefördertes Verbundprojekt mit dem Ziel initiiert, ein biologisches Pflanzenschutzpräparat auf Basis von Süßholz zu entwickeln, das eine gute Wirkung gegen *P. infestans* und *Pseudoperonospora cubensis* im Feld aufweist.

In dem Arbeitsschwerpunkt 2 wurden Semifreiland-Testsysteme in den Kulturen Tomate und Gurke etabliert, in denen formulierte Süßholzpräparate auf Stabilität bei Niederschlag und Sonneneinstrahlung sowie verschiedene Anwendungsparameter (Applikationsverfahren, Präparat- und Wasseraufwandmengen) geprüft werden konnten. Die Ergebnisse mit ausgewählten Formulierungen zeigten eine deutliche Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Präparataufwandmenge und biologischer Wirksamkeit gegen *P. infestans* und *P. cubensis*. Jedoch konnte nur mit hohen Präparat- und Wasseraufwandmengen (10-16 kg/ha in 800 l Wasser/ha) ein hoher Wirkungsgrad erzielt werden. Diese gute Wirkung konnte aber bei keinem der geprüften Süßholzpräparate nach ein bis zwei Tagen mit Sonneneinstrahlung oder 7 mm simuliertem Niederschlag mehr nachgewiesen werden.

In Feldversuchen wurde der Einfluss der Applikationstechnik und der Behandlungsintervalle auf die biologische Wirksamkeit ausgewählter Süßholzpräparate untersucht. In den Kartoffelversuchen konnte kein Süßholzpräparat die Entwicklung oder die Stärke des Krautfäuleauftretens vermindern. Unterschiede durch die verschiedenen Applikationsverfahren (Feldspritze mit Spritzbalken oder die Kombination mit Droplegs) konnten gleichfalls nicht nachgewiesen werden. In den Gurkenfeldversuchen erfolgte eine verzögerte Befallsentwicklung von ca. einer Woche bei 7tägigem Behandlungsintervall mit Süßholzpräparat. Zusätzlich wurde in den Süßholzvarianten ein höherer marktfähiger Ertrag nachgewiesen.

Abstract

Developing a biological plant protection product from the liquorice plant with proven efficacy in the field combined with an effective application technology. Part 2: Application in the field

In organic farming only cupreous agents are available to control downy mildew and *Phytophthora infestans* in vegetables and potatoes. The plant extract from *Glycyrrhiza glabra* (liquorice) has a proven efficacy against Oomycetes in several vegetable crops under controlled conditions (greenhouse), however, the liquorice extract shows varying efficacy when applied in the field. Therefore, a joint project funded by the Federal Institute for Agriculture and Food (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, BLE) aimed to develop a plant protection product based on liquorice extract which is highly effective in the field against *Pseudoperonospora cubensis* and *Phytophthora infestans*.

Semi-field systems in tomato and cucumber were established to test novel liquorice extract formulations on rainfastness and stability under sun exposure as well as on application parameters to improve disease control. The results of selected formulated liquorice products showed that there was a clear dose-response relation between increasing rates of liquorice product and disease control. Furthermore, high disease control was only achieved at high rates of the product (10-16 kg/ha) and water (800 l/ha). However, after 1-2 days of sun exposure in the field or simulated rain (7 mm), the biological activity of the formulated liquorice products decreased dramatically, as shown by bioassays with *P. infestans* on tomato and *P. cubensis* on cucumber, respectively. None of the tested formulations proved to be efficiently stable to rain and sun exposure.

In field trials, different application techniques and application intervals were tested in potatoes and cucumber. In potatoes the tested formulated liquorice product had no effect on late blight development and disease severity, independently of the application technique used (standard field sprayer and in combination with droplegs). In cucumber, a slight reduction of downy mildew development was observed at the beginning of the season, lasting approx. 1 week, when liquorice was applied every seven days. In addition, an increase in yield was noticed.

Autoren

Dr. Gabriele Leinhos

c/o DLR-Rheinpfalz, Abteilung Gartenbau
Breitenweg 71
D-67435 Neustadt/Wstr.
Tel. 0049 6235 9263 -93
e-mail: Gabriele.Leinhos@dlr.rlp.de

Dr. Peggy Marx/Dr. Ute Gärber

Julius Kühn-Institut
Stahnsdorfer Damm 81
D-14532 Kleinmachnow
Tel. 0049 33203 48 -214; -240
e-mail: peggy.marx@jki.bund.de; ute.gaerber@jki.bund.de

Inhalt

1. Einführung	9
1.1. Gegenstand des Vorhabens	9
1.2. Ziele und Aufgaben.....	9
1.3. Planung und Ablauf	10
2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....	13
3. Material und Methoden	16
3.1. Formulierte Süßholzpräparate in der Prüfung	16
3.2. Versuche am Versuchsstandort DLR Rheinpfalz, Queckbrunnerhof	17
3.2.1. Containerversuche in Tomaten unter Semi-Freilandbedingungen.....	17
3.2.2. Feldversuche in Kartoffel 2011 bis 2013	21
3.3. Versuche am Versuchsstandort JKI Kleinmachnow.....	23
3.3.1. Containerversuche in Gurke unter Semi-Freiland-/Gewächshausbedingungen	23
3.3.2. Feldversuche in Gurke 2011 bis 2013.....	23
4. Wichtigste Ergebnisse	26
4.1. Versuchsstandort DLR Rheinpfalz, Queckbrunnerhof,	26
4.1.1. Arbeitspaket 1: Erregerkultur, Etablierung der technischen Voraussetzungen und Testsysteme sowie deren Standardisierung	26
4.1.2. Arbeitspaket 2: Untersuchungen zum Einfluss der Sonneneinstrahlung auf die biologische Wirksamkeit der Süßholzpräparate in Containerversuchen mit Tomate.....	27
4.1.3. Arbeitspaket 3: Erarbeitung einer angepassten Applikationstechnik	29
4.1.4. Arbeitspaket 4: Untersuchungen zum Einfluss von Präparat- und Wasseraufwandmengen... ..	32
4.1.5. Ergänzende Untersuchungen zum Einfluss von Inokulumdichte und Sorte auf die biologische Wirksamkeit von Süßholzpräparaten.....	33
4.1.6. Arbeitspaket 5: Umsetzung von Kontrollstrategien mit ausgewählten Süßholzpräparaten in Feldversuchen mit Kartoffel	35
4.2. Versuchsstandort JKI Kleinmachnow	43
4.2.1. Arbeitspaket 1: Erregerkultur, Etablierung technischer Voraussetzungen und Testsystem	43

4.2.2.	Arbeitspaket 2 und 4: Untersuchungen zum Einfluss von Klimafaktoren in Containerversuchen/Untersuchungen zum Einfluss von Aufwandmengen, Applikationsbeginn und –häufigkeit an Gurke.....	45
4.2.3.	Arbeitspaket 5: Umsetzung von Kontrollstrategien in Parzellen- und Demonstrationsversuchen im Feld	48
5.	Diskussion der Ergebnisse	52
5.1.	Einleitung - Struktur des Verbundprojektes und Voraussetzungen, auf denen der Arbeitsschwerpunkt 2 'Anwendung im Freiland' aufbaute	52
5.2.	Semifreilandversuche bei der Entwicklung von formulierten Süßholzpräparaten für die Feldanwendung	53
5.2.1.	Einfluss von Sonnenstrahlung, Niederschlag und Präparataufwandmengen auf die biologische Wirksamkeit verschiedener Süßholzformulierungen	53
5.2.2.	Prüfung unterschiedlicher Applikationsverfahren im Testsystem Tomate im Semifreiland	54
5.2.3.	Semifreilandversuche: Bedeutung und Schlussfolgerungen	55
5.3.	Überprüfung der Wirkung formulierter Süßholzpräparate in Feldversuchen.....	56
5.3.1.	Einfluss des Applikationsverfahrens auf den Krautfäulebefall in Kartoffel	56
5.3.2.	Einfluss der Anwendungshäufigkeit in Gurken gegen <i>Pseudoperonospora cubensis</i>	57
6.	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse; Möglichkeiten der Umsetzung oder Anwendung der Ergebnisse für die Praxis und Beratung	58
7.	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen.....	59
8.	Zusammenfassung.....	62
9.	Literaturverzeichnis	65
10.	Veröffentlichungen zum Projekt, bisherige und geplante Aktivitäten zu Verbreitung der Ergebnisse	66

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Anlage der Semifreilandversuche: Containertomate, Sorte Campari, mit markierten Blättetagen (links oben) und Versuchsanlage mit Solarimeter zur Messung der Globalstrahlung (rechts oben), Fahrradspritze (Schachtner) (links unten) und Montage von wassersensitivem Papier (rechts unten)	19
Abb. 2 Einfluss des Blattalters auf die Befallsstärke im Blatttest mit <i>Phytophthora infestans</i> , Sorte Campari (MW ± SD)	26
Abb. 3 Wirkungsgrad von Cuprozin progress (Cu progress) und Süßholzpräparat P1-UFO6 bei Spritzbalkenapplikation gegen <i>Phytophthora infestans</i> an Tomate nach Inokulation auf der Blattober- bzw. Blattunterseite (Blattprobenahme: 0 dpa)	27
Abb. 4 Einfluss der Applikationstechnik auf die Belegung von Blattober- und Blattunterseiten im oberen Pflanzenbereich (1. und 2. Blättetage) und unteren Pflanzenbereich (4. und 5. Blättetage) im Testsystem Containertomaten und 800 l/ha Wasseraufwandmenge	30
Abb. 5 Einfluss der Applikationstechnik auf den Wirkungsgrad von Cuprozin progress (2 l/ha und 800 l/ha Wasseraufwandmenge) in einem Bestand aus Containertomaten erfasst im Blatttest mit <i>Phytophthora infestans</i> ; (Probenahme 0 dpa jeweils in der 1. und 4. Blättetage, Inokulation blattober- bzw. blattunterseits)	31
Abb. 6 Einfluss der Applikationstechnik auf den Wirkungsgrad von Süßholzpräparat P1SC-149 (16 kg/ha und 800 l/ha Wasseraufwandmenge) in einem Bestand aus Containertomaten erfasst im Blatttest mit <i>Phytophthora infestans</i> ; (Probenahme jeweils in der 1. und 4. Blättetage, Inokulation blattober- bzw. blattunterseits)	31
Abb. 7 Einfluss von Präparat- und Wasseraufwandmenge auf den Wirkungsgrad von P1SC-001 (Spritzbalkenapplikation auf Containertomaten und Wirkungsnachweis über Blatttest mit <i>Phytophthora infestans</i> , Probenahme 0 dpa)	32
Abb. 8 Einfluss von Präparat- und Wasseraufwandmenge auf den Wirkungsgrad von P1S-094 (Spritzbalkenapplikation auf Containertomaten und Wirkungsnachweis über Blatttest mit <i>Phytophthora infestans</i> , Probenahme 1 dpa ohne Sonneneinstrahlung im Gewächshaus)	33
Abb. 9 Einfluss von Präparat- und Wasseraufwandmenge auf die Befallsstärke von P1SC-133 (Spritzbalkenapplikation auf Containertomaten und Wirkungsnachweis über Blatttest mit <i>Phytophthora infestans</i> , Probenahme 0 dpa, angegeben sind Mittelwerte ± Standardabweichung)	33
Abb. 10 Einfluss von Inokulumdichte, Freilandexposition und Sorte auf die biologische Wirksamkeit des Süßholzpräparats P1EC-120 mit 10 kg/ha und 800 l/ha Wasseraufwandmenge (Sorten Campari und Minibel; Blatttest mit drei unterschiedlichen Inokulumdichten [Sporangien/ml] und drei Probenahmeterminen; GW = Standort Gewächshaus; Freilandexposition: Globalstrahlung in Wh/m ² ; MW+/-SD)	34
Abb. 11 Applikationsverfahren in den Kartoffelversuchen, Sorte Agria, 2011 und 2012 auf dem Queckbrunnerhof, Schifferstadt (DLR Rheinpfalz): Dropleg-Applikation (links oben und unten), Spritzbalken - Dropleg-Applikation (rechts oben)	37
Abb. 12 Saisonaler, schlagspezifischer Krautfäule-Infektionsdruck nach ÖKO-SIMPHYT sowie Applikationstermine (grüne Pfeile) in den Feldversuchen mit Kartoffel 2011 und 2012 (Berechnungen auf Datenbasis der Wetterstation Schifferstadt, Agrarmeteorologisches Messnetz Rheinland-Pfalz). Am 13.07.2011 fielen 45 mm Niederschlag und die Fläche war sieben Tage nicht befahrbar	38
Abb. 13 Befallsverlauf der Krautfäule in den einzelnen Applikationsvarianten 2011 und 2012 (Feldversuche in Kartoffeln Sorte Agria, Standort Queckbrunnerhof, Schifferstadt, DLR Rheinpfalz)	39
Abb. 14 Krautfäulebefall im Kartoffelbestand Sorte Agria 2011: Übersicht mit deutlichen Befallsunterschieden zwischen den einzelnen Behandlungsvarianten (links) und Krautfäulebefall im oberen Bestandsbereich in der Applikationsvariante Cuprozin mit Droplegs ausgebracht (rechts)	39
Abb. 15 Roherträge in den Kartoffelversuchen 2011 und 2012 (Feldversuche in Kartoffeln Sorte Agria, Standort Queckbrunnerhof, Schifferstadt, DLR Rheinpfalz, Angaben zu Versuchsvarianten siehe Abb. 13)	40
Abb. 16 Kartoffelversuch 2013 in der Sorte Gunda: Applikationstechnik Fahrradspritze mit Spritzbalken und Droplegs (links) und Versuchsübersicht am 24. Juli 2013 (rechts)	42

Abb. 17 Saisonaler, schlagspezifischer Krautfäule-Infektionsdruck nach ÖKO-SIMPHYT sowie Applikationstermine (grüne Pfeile), Befallsbeginn und Boniturtermin in dem Feldversuch mit Kartoffel 2013, Sorte Gunda (Berechnungen auf Datenbasis der Wetterstation Schifferstadt, Agrarmeteorologisches Messnetz Rheinland-Pfalz)	42
Abb. 18 Roherträge im Kartoffelversuch 2013, Sorte Gunda(Standort Queckbrunnerhof, Schifferstadt, DLR Rheinpfalz, Angaben zu Versuchsvarianten siehe Tab. 9, *** Behandlung nur bei mittlerem bzw. hohem Krautfäule-Infektionsdruck)	43
Abb. 19 Abregnungsanlage für getopfte Einzelpflanzen	44
Abb. 20 Gurkenblatt mit Falschem Mehltau in feuchter Kammer (links), getopfte Einzelpflanzen im Semifreiland rechts	44
Abb. 21 Einfluss der Süßholzformulierungen auf die Befallsstärke von Falschem Mehltau an Gurke abhängig von den Beregnungsstufen 0, 2, 7 und 15 mm	45
Abb. 22 Befallsstärke <i>P. cubensis</i> im Containerversuch unter Semifreilandbedingungen, Abregnungsstufen: 0, 2, 7, 15 mm, Aufwandmenge 600 l/ha, Mittelwert ± Standardabweichung	46
Abb. 23 Befallsstärke <i>P. cubensis</i> im Containerversuch unter Semifreilandbedingungen, Abregnungsstufen: 0, 7 mm, Aufwandmenge 800 l/ha, Mittelwert ± Standardabweichung ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede in den nichtberechneten Varianten	47
Abb. 24 Spritzflecke nach Applikation 2011 (links), gleichmäßige Verteilung der Prüfformulierung ohne Spritzflecke 2013 (rechts)	48
Abb. 25 Durchschnittliche Temperatur und relative Luftfeuchte 2011	48
Abb. 26 Durchschnittliche Temperatur und relative Luftfeuchte 2013	49
Abb. 27 Entwicklung des Befalls Falscher Mehltau an Gurke im Freiland nach Anwendung verschiedener Formulierungen (links 2011, rechts 2013)	49
Abb. 28 Anteile an der Sortierung der Ernteklassen Freilandgurke 2013	51
Abb. 29 Projektstrukturplan zum Verbundprojekt	52

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Übersicht der im Arbeitsschwerpunkt 2 geprüften Süßholzpräparate (Projektinterne Abk. für Süßholz: P1)	16
Tab. 2 Applikationstechnische Daten ‚Containerversuche‘	20
Tab. 3 Boniturschema zum Schätzen der Größe bzw. Durchmesser der Läsion im Blatttest Tomate nach Punktinokulationen mit <i>Phytophthora infestans</i>	21
Tab. 4 Kulturdaten der Feldversuche in Kartoffel 2011 bis 2013	22
Tab. 5 Applikationstechnische Daten in den Feldversuchen	22
Tab. 6 Boniturschema Falscher Mehltau in den Freilandversuchen Gurke	24
Tab. 7 Sortierschlüssel der Ernteklassen bei Gurke	25
Tab. 8 Wirkungsgrad der formulierten Süßholzpräparate im Semi-Freiland unter Sonnenstrahlung ...	28
Tab. 9 Versuchsvarianten im Kartoffelversuch 2013, Sorte Gunda	41
Tab. 10 Angabe der p-Werte der Unterschiede im Befall Falscher Mehltau je Variante und Regenstufe, Simulate-Verfahren, signifikant für $p \leq 0,05$ (Abb. 21)	46
Tab. 11 Marktfähige Gesamterträge der Freilandversuche 2011 bis 2013 in Gurke mit unterschiedlich formulierten Süßholzpräparaten	50

1. Einführung

1.1. Gegenstand des Vorhabens

In verschiedenen Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass Extrakte aus Süßholz den Befall mit Falschem Mehltau bzw. *Phytophthora infestans* in Gemüsekulturen wie Gurke, Tomate, Salat und Zwiebel im Gewächshaus deutlich reduzieren können. Ähnlich wie bei anderen Pflanzenextrakten ist jedoch die Wirkung der derzeitigen Süßholz-Extrakte unter Freilandbedingungen aufgrund von Abwaschverlusten durch Niederschlag und schnellem Abbau durch Sonnenstrahlung meist nur sehr gering und stark schwankend. Deshalb sollte in dem hier vorgestellten Vorhaben ein praxistauglich formuliertes Süßholzpräparat entwickelt und Anwendungsstrategien im Freiland in Gurke, Tomate bzw. Kartoffel geprüft werden. Ziel war es, ein praxisrelevantes Verfahren zu erarbeiten, das eine wirksame Regulierung von Falschem Mehltau und *P. infestans* ermöglicht und dadurch künftig die Anwendung von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln in Gurke, Tomate und Kartoffel reduzieren oder sogar ersetzen kann.

1.2. Ziele und Aufgaben

Oomyceten, wie Falscher Mehltau und *Phytophthora* spp. gehören in vielen Freilandgemüsekulturen zu den ökonomisch wichtigsten Schaderregern. Im ökologischen Gemüseanbau stehen zu ihrer direkten Kontrolle nur kupferhaltige Präparate zur Verfügung; im Freiland sind sie in Deutschland für die entsprechenden Indikationen in Gurken, Tomaten und Zwiebeln ausgewiesen (BVL, 2014). Deshalb wurden im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau in verschiedenen Projekten ausgewählte Pflanzenstärkungsmittel mikrobieller und pflanzlicher Herkunft vertiefend unter kontrollierten Bedingungen geprüft (FuE-Projekte 06OE150, 06OE188, 06OE073, 06OE049). Die Ergebnisse zeigten, dass der ethanolische Extrakt aus dem Laub von *Glycyrrhiza glabra* (Süßholz) im Labor und unter Glas eine gute Wirkung gegen Oomycten in verschiedenen Gemüsekulturen besitzt und den Befall stark reduzieren kann. In der Freilandanwendung dieses Extraktes wurden jedoch erhebliche Defizite in der Prüfformulierung, insbesondere hinsichtlich der Sonnen- und Regenstabilität festgestellt. Zusätzlich gab es Hinweise, dass eine angepasste Applikationstechnik und an Infektionsphasen orientierte Behandlungstermine die Freilandwirkung eines Präparates auf Süßholz-Basis deutlich steigern können.

Basierend auf diesen Ergebnissen war die Zielsetzung des hier vorgestellten Arbeitsschwerpunktes 2 Strategieoptionen in den Kulturen Gurke und Tomate bzw. Kartoffel zu erarbeiten, die eine erfolgreiche Anwendung eines formulierten Süßholzpräparates im Freiland ermöglichen und damit eine höhere Ertrags- und Anbausicherheit im ökologischen Gemüse- und Kartoffelanbau unterstützen.

Als Teilziele wurden verfolgt:

1. Prüfung der Sonnen- und Regenstabilität von im Labor und Gewächshaus geprüften Süßholzpräparaten in unterschiedlichen Formulierungen an freiland-ähnlichen Pflanzen
2. Optimierung der Anwendungsparameter (Klimafaktoren, Aufwandmengen, Applikationsbeginn und -häufigkeit, Terminierung ggf. unter Nutzung eines Prognosemodells)

3. Wirkungsverbesserung durch angepasste Applikationstechnik (Ober- und/oder Unterblattapplikation, Düsentypen, Wassermenge)
4. Integration der Ergebnisse in ein Gesamtkonzept mit Sortenanfälligkeit und Kulturmaßnahmen

Das Forschungsvorhaben nahm Bezug zu der von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung ergangenen Bekanntmachung „Erforschung und Entwicklung von Verfahren zur Reduktion oder zum Ersatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel (Bekanntmachung Nr. 02/09/51 vom 20.5.2009)“. Insbesondere bezogen sich die geplanten Arbeiten auf die von der BLE vorgegebenen thematischen Förderschwerpunkte:

- Vorbeugende Maßnahmen, auch Einsatz von Pflanzenstärkungsmitteln und deren Entwicklung
- Optimierte Pflanzenschutzverfahren
- Eine optimale Pflanzenschutzgerätetechnik unter Berücksichtigung der auf den Praxisbetrieben vorhandenen gerätetechnischen Ausstattung und bisher vorliegender Erfahrungen.

1.3. Planung und Ablauf

Die Arbeiten des Arbeitsschwerpunktes 2 „Anwendung im Freiland“ sollten an die Arbeiten des Arbeitsschwerpunktes 1 in dem Verbundprojekt anknüpfen. Im Arbeitsschwerpunkt 1 waren die Produktion des Süßholzextraktes zu optimieren, die zugrundeliegenden Wirkungsmechanismen zu untersuchen und Vorprüfungen von Süßholz-Formulierungen in Klimakammer und Gewächshaus bezüglich ihrer Stabilität gegenüber Umweltbedingungen durchzuführen. Die Ergebnisse aus diesen Arbeiten sollten in den Untersuchungen des im Folgenden beschriebenen Arbeitsschwerpunktes 2 genutzt werden, um Strategien für eine sichere Wirkung im Feld zu erarbeiten.

Methodisch standen im Arbeitsschwerpunkt zwei Untersuchungsmethoden im Vordergrund: Versuche unter Semi-Freilandbedingungen als Grundlage für Feldstudien und daran anschließende und aufbauende Parzellenversuche im Feld unter praxisähnlichen Bedingungen. Die Aufgabenverteilung zwischen den beiden Versuchsstandorten des Arbeitsschwerpunktes 2 erfolgte anhand der Kulturen (Gurke – JKI Kleinmachnow, Tomate/Kartoffel – DRL Rheinpfalz) und thematisch (Klimafaktor Feuchte und Applikationsintervalle am JKI sowie Klimafaktor Sonneneinstrahlung und Applikationstechnik am DLR).

Im Arbeitsschwerpunkt 2 waren folgende Arbeitspakete zu erarbeiten:

Arbeitspaket 1: Erregerkultur, Etablierung der technischen Voraussetzungen und Testsysteme

Die Untersuchungen zur Wirkung formulierter Süßholzpräparate waren in den Kulturen Gurke, Tomate und Kartoffel durchzuführen. Hierfür mussten die entsprechenden Erregerkulturen *Pseudoperonospora cubensis* und *Phytophthora infestans* von Freilandmaterial isoliert, auf Virulenz überprüft und über den gesamten Versuchszeitraum erhalten werden.

Um den Einfluss einzelner Klimafaktoren auf die Präparatwirkung an einem freiland-ähnlichen Blattapparat und Blattoberflächen zu prüfen, waren Containerversuche in Gurke und Tomate unter Semi-Freilandbedingungen geplant. Die Versuchsanlagen zur Niederschlagssimulation und zur Wirkung der Sonneneinstrahlung mussten entsprechend beschafft, aufgebaut und geprüft sowie die anschließenden Biotests etabliert werden. Die Standorte für die Feldversuche in Gurken waren für die ökologisch zertifizierten Flächen der Versuchsstationen des JKI in Berlin-Dahlem sowie für die Feldversuche in Kartoffeln auf den Flächen des Lehr- und Versuchsbetriebs des DLR Rheinpfalz in Schifferstadt einzuplanen und im letzten Projektjahr 2013 auch Praxisflächen für Demonstrationsversuche zu berücksichtigen.

Arbeitspaket 2: Untersuchungen zum Einfluss von Klimafaktoren in Containerversuchen mit Gurke (JKI Kleinmachnow) und Tomate (DLR Rheinpfalz)

Die Stabilität formulierter Süßholzpräparate sollte in einer Niederschlagssimulationsanlage bei Niederschlagsmengen von 2 bis 25 mm geprüft werden. Der Einfluss weiterer Klimafaktoren wie Temperatur, relative Luftfeuchte und Blattnässe zum Zeitpunkt der Applikation auf die Wirkungsdauer bzw. Stabilität der Süßholzpräparate sollte anschließend in ähnlich angelegten Versuchsreihen untersucht werden. Für diese Studien waren gegebenenfalls beim JKI Kleinmachnow auch vollständig klimatisch regelbare und begehbare Klimazellen verfügbar.

Für Studien zur Wirkung von Sonneneinstrahlung auf die Wirkungsstabilität sollten an Freilandbedingungen adaptierte Containertomaten mit formulierten Süßholzpräparaten auf der Blattober- oder auf der Blattunterseite behandelt und anschließend der Sonneneinstrahlung ausgesetzt werden. Die Strahlungsintensität war als Globalstrahlung festzuhalten und gegebenenfalls mittels Schattierungen mit definierter Strahlungsdurchlässigkeit zu variieren.

In allen Versuchsanlagen sollte der Wirkungsnachweis über Biotests entweder mit ganzen Pflanzen oder mit einzelnen Blättern definierter Blattetagen und Blattseiten erfolgen.

Arbeitspaket 3: Erarbeitung einer angepassten Applikationstechnik

Für überwiegend protektiv wirkende Pflanzenschutzmittel, wie die zu prüfenden formulierten Süßholzpräparate, ist es entscheidend, die Blattflächen, an denen Sporulation und Infektion des Erregers stattfinden können, mit der Applikation zu erreichen (Zielflächenbelegung). Deshalb sollte in dem Containersystem mit Tomaten und in den anschließenden Feldversuchen mit Kartoffel die Wirkungsverbesserung durch eine optimierte Applikationstechnik geprüft werden. Hierbei waren vorrangig zwei Gesichtspunkte zu bearbeiten: (1) die Präparatverteilung auf der Blattfläche abhängig von Präparatformulierung und Tropfengröße in Containerversuchen und (2) die vertikale Verteilung im Containersystem und im Feldbestand, insbesondere im unteren Bestandsbereich, auf Blattunterseiten und Stängelabschnitten.

Neben verschiedenen Düsentypen sollten die Applikation mit Spritzbalken, geführt über der Kultur als Standard und sogenannte Droplegs (Spritzbeine) für die Applikation auf Blattunterseiten und an den Stängelbereich, entweder einzeln oder in Kombination, geprüft werden. Der Nachweis über die Belegung der Zielflächen in Abhängigkeit von der eingesetzten Applikationstechnik sollte über Biotests

oder mit wassersensitivem Papier (Containerversuche) bzw. über Befallsbonituren und Farbstoffen/Markiersubstanzen im Feld geführt werden.

Arbeitspaket 4: Untersuchungen zum Einfluss von Aufwandmengen, Applikationsbeginn und –häufigkeit)

Aufwandmengen, Applikationsintervalle und der Behandlungsbeginn entscheiden wesentlich über den Behandlungserfolg während der Kultur im Freiland. Aufgrund dessen sollten Einzelfragen wie Aufwandmenge und Phytotoxizität in Containerversuchen unter Semi-Freilandbedingungen abgeklärt werden. Nach (vorläufiger) Festlegung einer Aufwandmenge (kg/ha) sollten diese in weiteren Untersuchungen in Parzellenversuchen an Gurke und Kartoffel überprüft werden.

Feldversuche in Gurken sollten Untersuchungen zum ersten Applikationszeitpunkt und Applikationsintervallen beinhalten. Für die Felduntersuchungen in Kartoffel stand die schlagspezifische Entscheidungshilfe Öko-SIMPHYT für die Bestimmung von Behandlungsbeginn und –abständen zur Verfügung und sollte entsprechend den tagesaktuellen und online bereitgestellten Prognoseberechnungen umgesetzt werden. Weiterhin sollten zu allen Versuchen Klimadaten mit Standardmessstationen erhoben werden.

Arbeitspaket 5: Umsetzung von Kontrollstrategien in Parzellen- und Demonstrationsversuchen im Feld

Im letzten Versuchsjahr sollten die Einzelergebnisse aus Container- und Feldversuchen in Kontrollstrategien gegen Falschen Mehltau in der Gurke und Krautfäule in der Kartoffel umgesetzt und in Parzellenversuchen überprüft werden. Der Praxistransfer sollte über entsprechende Demonstrationsversuche auf Praxisbetrieben sichergestellt werden. Zum Ende des Projektes sollten die verschiedenen in Gurken und Kartoffel geprüften Strategieoptionen unter aktuellen betriebswirtschaftlichen Aspekten bewertet werden.

Arbeitspaket 6: Projektkoordination und Verbreitung der Ergebnisse (Vorträge, Berichte und Veröffentlichungen)

Die Projektergebnisse waren zeitnah mit den anderen Projektpartnern zu diskutieren und die weitere Vorgehensweise in mindestens jährlichen Arbeitsgruppentreffen abzustimmen. Entsprechend angepasste Versuchspläne des Arbeitsschwerpunktes 2 sollten an den Projektträger BLE übermittelt werden. Die aktuellen Ergebnisse sollten zudem über Vorträge und Veröffentlichungen der Praxis verfügbar gemacht werden.

2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Anbausituation, einschließlich Sortenresistenz

Im Gurkenanbau gefährdet der Erreger des Falschen Mehltaus (*Pseudoperonospora cubensis*) regelmäßig und in starkem Ausmaß Freiland- und Hausgurken und zählt zu den wichtigsten Krankheitserregern in dieser Kultur. Während noch in den 1990er Jahren der Befall nicht vor August zu erwarten war, tritt der Falsche Mehltau seit etwa sechs Jahren bereits mit Beginn des Erntezeitraumes im Mai/Juni auf. Das frühzeitige Auftreten des Erregers verursacht besonders hohe Ertragseinbußen, wodurch sich die Anbausituation deutlich verschlechtert hat. Vermutet wird, dass der Erreger mittlerweile in den Anbaugebieten in Deutschland überdauert (Kanetis, 2009).

Eine Lösung des Problems über eine geeignete Sortenwahl ist derzeit nicht gegeben, da nur wenige Sorten Resistenzen gegenüber dem Falschen Mehltau aufweisen, die zudem weniger leistungsfähig im Ertrag als andere derzeit marktgängige Sorten sind (Rupp, 2010).

Der Tomatenanbau im Freiland (konventioneller und ökologischer Anbau) spielt mit 15 ha in Deutschland eine unbedeutende Rolle (Statistisches Bundesamt, 2009), jedoch ist die Tomate in den Verzehrgewohnheiten eines der wichtigsten Gemüse. Im Verkauf von Bio-Frischgemüse stehen Tomaten nach Möhren an 2. Stelle (Kasbohm, 2008). Insgesamt werden in Deutschland jährlich ca. 40 Mio. Tomatenpflanzen im Erwerbs- und Kleingartenbereich angebaut; dabei entspricht der Gesamtertrag in privaten Gärten etwa dem aus erwerbsmäßigem Anbau (Siebold, 2006, In: Becker und Horneburg, 2009). Der begrenzende Faktor im Freilandanbau von Tomaten in Deutschland ist die Kraut- und Braunfäule, verursacht durch *Phytophthora infestans*. Erschwerend kommt hinzu, dass sich die auftretenden Erregerassen laufend verändern und zudem ihre Virulenz in den vergangenen vier Jahrzehnten zugenommen hat (In: Becker und Horneburg, 2009). Im ökologischen Anbau findet praktisch kein Freilandanbau mehr statt.

Die Sichtung von für den Freilandanbau geeigneten und *Phytophthora* toleranten Sorten läuft seit 2003 in einem bundesweiten Projekt, das dem ökologischen Anbau von Freilandtomaten durch ein verbessertes und erweitertes Sortenspektrum zu sicheren Erträgen verhelfen soll. Alternativ zur Kultur als Stabtomate wurde das ‚Göttinger System‘ entwickelt. Jedoch konnten bisher noch keine geeigneten Sorten mit einem höheren Fruchtgewicht gefunden werden (Becker und Horneburg, 2009).

Phytophthora infestans ist im Freiland im Kartoffelanbau als Erreger der Kraut- und Knollenfäule noch bedeutender. In Deutschland wurden 2007 auf einer Fläche von ca. 2.600 ha Bio-Kartoffeln (2,7 % der deutschen Gesamtfläche, Schaack, 2008) angebaut. Sortenprüfungen auf *Phytophthora*-Toleranz werden in den letzten Jahren kontinuierlich in Praxisbetrieben durchgeführt und Sorten mit deutlich geringerem Befall am Laub konnten gefunden werden (u. a. Zillger et al., 2009). Neben der Anfälligkeit für weitere Schaderreger wie *Rhizoctonia* und physiologische Schäden wie Hohlherzigkeit sowie dem Ertragsniveau und der Lagerfähigkeit ist für den breiten Anbau widerstandsfähiger Sorten vor allem die Akzeptanz beim Endkonsumenten entscheidend. Diese ist jedoch mitunter wegen des Geschmacks oder der Knollenfärbung nicht gegeben.

Verfügbarkeit und Nutzung von wirksamen Alternativen zu Kupferpräparaten gegen Falschen Mehltau und *Phytophthora infestans*

Als Alternativen zu Kupferpräparaten für die direkte Regulierung von Falschem Mehltau/*Phytophthora* in Gemüsekulturen bzw. Kartoffel wurden in den letzten Jahren in verschiedenen Arbeitsgruppen zahlreiche Pflanzenstärkungsmittel, mikrobielle Antagonisten oder Resistenzinduktoren geprüft. Kofoet und Fischer (2007; BLE Projekt 02OE514) konnten in Radies, Zwiebel, Salat und Gurke in Gewächshausversuchen eine Wirkung von z. B. Elot-Vis, Frutogard, Neudo-Vital nachweisen; keines dieser Präparate führte jedoch in anschließenden Freilanduntersuchungen zu einer Befallsreduktion (Schubert, 2009; Kofoet und Fischer, 2004).

Seit 2007 werden ethanolische Extrakte aus dem Laub der Süßholzpflanze *Glycyrrhiza glabra* intensiv in Labor und Gewächshaus auf ihre Wirkung gegen Falschen Mehltau/*Phytophthora infestans* in verschiedenen Gemüsekulturen und Kartoffel untersucht. An Gurke wurde unter Glas bzw. Folie bei einem 7- bzw. 10tägigem Behandlungsintervall ein Wirkungsgrad von ca. 70 % gegen *P. cubensis* erreicht. Jedoch konnte im Freiland bisher keine wirtschaftlich bedeutende Reduktion des Mehлтаubefalls erzielt werden; oft zeigte sich nur eine befallsverzögernde Wirkung, die nicht ertragsrelevant war (Mattmüller et al., 2010).

In einem ersten Freilandversuch 2009 in Zwiebeln zeigte der Süßholzrohextrakt auch keine Wirkung gegen *P. destructor* bei fünfmaliger Anwendung nach dem Prognosemodell ZWIPERO und Standardspritzbalken-Applikationstechnik. An freiland-ähnlichen Zwiebelpflanzen und definierten Beregnungsintervallen konnte aber gezeigt werden, dass die mangelnde Regenfestigkeit und wahrscheinlich auch die geringe Sonnenstabilität des Süßholzrohextraktes dessen Wirkungsdauer stark einschränkt (Schmitt et al., 2010). In ersten Testungen eines Süßholzextraktes an Tomaten im Freiland gegen *Phytophthora infestans* konnten bei einer wöchentlichen Behandlung zu Versuchsende Wirkungsgrade von 55 bzw. 62 % festgestellt werden (Schuster, 2008; Jäckel, 2009, pers. Mitteilung).

Applikationstechnik und Applikationszeitraum unter Nutzung von Prognosemodellen

In den vergangenen fünf Jahren konnte die biologische Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln durch Fortschritte in der Applikationstechnik erheblich gesteigert werden. Insbesondere die Unterblattapplikation mittels ‚Droplegs‘ führte in verschiedenen Gemüsekulturen zu besseren Wirkungen von Pflanzenschutzmaßnahmen sowohl im integrierten als auch im ökologischen Anbau. Bei diesem Verfahren werden an einem Standard-Spritzbalken sogenannte Spritzbeine (Droplegs) mit zwei Düsen flexibel montiert, die bodennah zwischen den Pflanzenreihen hindurch geführt werden. Die Wirkungssteigerung kann einerseits durch die Verbesserung des Kontaktes der auf der Blattunterseite sich entwickelten Schaderreger, wie z. B. Falschen Mehltau, mit dem Präparat beruhen. Andererseits ist das Präparat unter Blatt besser vor Abwasch und Sonnenstrahlung geschützt. Kürzlich konnte auch durch Änderungen des Materials eine erhebliche Gewichtsreduktion der Spritzbeine erreicht und damit eine geringere mechanische Belastung des Spritzbalkens und insgesamt eine leichtere Handhabung ermöglicht werden.

Im Gemüsebau konnte die Wirkungsverbesserung durch Ober- und/oder Unterblattapplikationen in verschiedenen Kulturen eindrucksvoll nachgewiesen werden. Im Rosenkohlanbau wurde durch die kombinierte Ober- und Unterblattapplikation die Wirkung eines biotauglichen Insektizids tendenziell gegen Kohlmottenschildlaus und signifikant gegen Kohlweißlinge und Kohleule gegenüber der Kontrolle und der alleinigen Oberblattapplikation gesteigert (Wyss et al., 2003a und 2003b). Im konventionellen Anbau konnten in den Kulturen Blumenkohl, Rosenkohl und Zwiebel durch die Kombination von Zusatzstoff und Unter- und Oberblattapplikation sowohl bei Schädlingen wie auch bei Krankheitserregern signifikante Wirkungssteigerungen der Präparate nachgewiesen werden (Rüegg und Eder, 2006a und 2006b). In Zwiebeln betrug der Wirkungsgrad des Fungizides gegen Falschen Mehltau mit alleiniger Oberblattapplikation 67 %, mit einem Zusatzstoff 83 %, bei kombinierter Ober- und Unterblattapplikation 88 % und mit Zusatzstoff 95 %.

Im Kartoffelanbau wurden erste Erfahrungen mit der Unterblattapplikation von verschiedenen reduzierten Kupfer-Aufwandmengen gegen *P. infestans* im Rahmen des BLE-Projektes 02OE077 gesammelt (Wohlleben, 2003). Da vermutlich nur eine der drei durchgeführten Applikationen die epidemiologische Entwicklung der Krautfäule beeinflusst hat, konnte nur in einer gering anfälligen Sorte ein signifikanter Ertragszuwachs erzielt werden. Gleichfalls konnte kein Unterschied zwischen den eingesetzten Applikationsverfahren ‚Standard‘ und ‚Standard + Spritzbeine‘ festgestellt werden. Die Ergebnisse zeigen aber die Bedeutung einer weiteren Komponente eines wirksamen Pflanzenschutzverfahrens auf, die exakte Terminierung der Behandlung. Seit 2010 steht dem ökologischen Kartoffelanbau das Entscheidungshilfesystem Öko-SIMPHYT für die gezielte Terminierung von Kupferpräparaten gegen die Kraut- und Knollenfäule zur Verfügung. In den vier Versuchsjahren 2006 bis 2009 konnte in ca. 50 praxisnahen Versuchen nachgewiesen werden, dass durch die Nutzung von Öko-SIMPHYT durchschnittlich 0,6 Behandlungen und 535 g/ha Reinkupfer eingespart werden konnten (Tschöpe et al., 2010).

In Zwiebeln wurde 2010 ein Süßholz-Rohextrakt in einer ersten Testformulierung und bio-tauglichem Zusatzstoff sowohl mit Dropleg–Applikationstechnik als auch nach ZWIPERO-Prognose morgens in Sporulationsphasen von *P. destructor* eingesetzt. Nach viermaliger Applikation in einer mittel anfälligen Sorte und gering-mittel starkem Infektionsdruck konnte ein Wirkungsgrad von 62 % mit Dropleg-Technik bzw. 53 % mit der Standardtechnik bis Ende Juni erzielt werden (Leinhos, 2012).

3. Material und Methoden

3.1. Formulierten Süßholzpräparate in der Prüfung

Die Auswahl der im Arbeitsschwerpunkt 2 „Anwendung im Freiland“ geprüften Süßholzpräparat-Formulierungen erfolgte anhand der zu Applikationsbeginn aktuell verfügbaren Ergebnisse aus dem Arbeitsschwerpunkt 1. Im Arbeitsschwerpunkt 2 wurden die in Tab. 1 gelisteten Süßholzpräparate in den genannten Kulturen und Testsystemen geprüft. In jedem Versuchsansatz wurde als Standard Cuprozin progress (Spiess-Urania) in der vom Hersteller angegebenen Aufwandmenge (2 l/ha) mitgeführt. Die eingesetzten Präparat- und Wasseraufwandmengen bei den geprüften Süßholzpräparaten sind im Ergebnisteil wiedergegeben. Die Versuche wurden mit mindestens vier Wiederholungen als randomisierte Blockanlagen angelegt und mit Standardverfahren statistisch ausgewertet.

Tab. 1 Übersicht der im Arbeitsschwerpunkt 2 geprüften Süßholzpräparate (Projektinterne Abk. für Süßholz: P1)

Präparat Code (+ Zusatzstoff)	Formu- lierung	Spritzbrüheansatz für 2 % Süßholzblätter bezogen auf Trockenmasse	Semi-Freiland Containerversuche		Feldversuche	
			Tomate	Gurke	Kartoffel	Gurke
P1-UFO6	WP	10 g/l	X	X	X	X
P1-FNF5		Von Hersteller bereitgestellte Präparatmenge für Versuchsansatz				X
P1-LSS13		9 g/l		X		X
P1SC-001	SC	17,5 g/l	X	X	X	X
P1SC-047	SC	17,5 g/l	X	X		
P1SC-048	SC	17,5 g/l		X		
P1SC-061	SC	17,5 g/l	X	X		
P1SC-066	SC	20 g/l		X		
P1SC-067	SC	20 g/l		X		
P1SC-094	SC	10 g/l	X			
P1SC-094	SC	20 g/l		X		X
P1SC-107	SC	10 g/l	X			
P1SC-122	SC	25 g/l		X		
P1SC-133	SC	20 g/l	X	X		
P1SC-148	SC	20 g/l	X	X		

Präparat Code (+ Zusatzstoff)	Formu- lierung	Spritzbrüheansatz für 2 % Süßholzblätter bezogen auf Trockenmasse	Semi-Freiland Containerversuche		Feldversuche	
P1SC-149	SC	20 g/l	X	X	X	X
P1SC-157	SC	20 g/l		X		
P1SC-158	SC	20 g/l		X		
P1SC-159	SC	20 g/l		X		
P1SC-160	SC	20 g/l		X		
P1SC-161	SC	20 g/l		X		
P1SC-164	SC	20 g/l		X		
P1EC-029	EC	15 g/l		X		
P1EC-048	EC	16 g/l		X		
P1EC-050	EC	16 g/l		X		
P1EC-082	EC	10 g/l	X	X		
P1EC-120	EC	12,5 g/l	X			
P1EC-124 (+ 3,33 % Tinuvin*)	EC	10 g/l	X	X		X
P1EC-125	EC	10 g/l?		X		
P1EC-125 (+ 0,1 % Tinuvin*)	EC	10 g/l?		X		
P1EC-126	EC	10 g/l		X		
P1EC-126 (+ 1 % Tinuvin*)	EC	10 g/l	X	X		
P1EC-126 (+ 0,2 % Biomaxima)	EC	10 g/l		X		
P1EC-127	EC	10 g/l		X		

*kommerzieller UV-Stabilisator (BASF)

3.2. Versuche am Versuchsstandort DLR Rheinpfalz, Queckbrunnerhof

3.2.1. Containerversuche in Tomaten unter Semi-Freilandbedingungen

Pflanzenanzucht

Tomaten, Sorte Campari (ENZA ZADEN, Dannstadt), wurden in 4er Erdpresstöpfe gesät und nach ca. vier Wochen Gewächshausanzucht in 13er Vierecktöpfen in Bio-Kräutersubstrat (KKS, Klasmann-Deilmann GmbH) getopft. Nach weiteren vier Wochen Anzucht im Gewächshaus wurden die Pflanzen

in 5 L Mitscherlichtöpfe umgetopft, gestäubt und stundenweise im Freiland - geschützt vor Niederschlag und Starkwind - ca. zwei Wochen abgehärtet. Die Containerpflanzen wurden regelmäßig ausgezeit und zehn bis zwölf Wochen nach Saat im 7- bis 9-Blattstadium in den Applikationsversuchen eingesetzt. Zum Vergleich wurde 2013 auch die im Screening des Projektpartners Trifolio eingesetzte Balkontomatensorte Minibell (Weigelt GmbH & Co.E.S.KG, Walluf) in zwei Versuchsreihen verwendet.

Versuchsanlage und Applikationstechnik

Zu Versuchsbeginn wurden die ersten drei bis fünf Blattetagen von oben an den Containertomaten, Sorte Campari, markiert (Abb. 1). Für die anschließende Präparatapplikation wurde 2011 eine standardmäßig in Parzellenversuchen eingesetzte Rückenspritze mit einem mit der Hand gehaltenem Spritzbalken bzw. einem speziell gefertigtem ‚Dropleg‘ (Spritzbein) für die Applikation im unteren Blattbereich verwendet. Ab 2012 stand eine Fahrradspritze (Schachtner) mit Spritzbalken und drei montierten Droplegs zur Verfügung (Abb. 1). Der Spritzbalken für die Überkopfbehandlung wurde in ca. 45 cm über dem Bestand (zweireihig gruppierte Containerpflanzen), die Droplegs zwischen und entlang der Reihen in ca. 35 cm Höhe über dem Boden geführt. Die Applikation erfolgte in der Regel im Freiland zwischen 8 und 11 Uhr wind- und sonnengeschützt. Die Spezifikationen zu Düsen und Düsenanordnung von Rücken- und Fahrradspritze sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Spritzen wurden vor der Versuchsdurchführung über die Druckregulierung auf 400 l/ha Wasseraufwandmenge und 5 km/h Lauf- bzw. Fahrgeschwindigkeit ausgelitert; höhere Wasseraufwandmengen wurden durch Verminderung der Fahrgeschwindigkeit ausgebracht. Es wurde 1/3 der Spritzbrühemenge über Kopf und 2/3 über die Droplegs ausgebracht. Je nach Versuchsfrage wurde zum Sichtbarmachen der Präparatverteilung vor der Applikation Wasser sensitives Papier auf Einzelblätter blattober- und blattunterseits montiert (Abb. 1)



Abb. 1 Anlage der Semifreilandversuche: Containertomate, Sorte Campari, mit markierten Blattetagen (links oben) und Versuchsanlage mit Solarimeter zur Messung der Globalstrahlung (rechts oben), Fahrradspritze (Schachtner) (links unten) und Montage von wassersensitivem Papier (rechts unten)

Tab. 2 Applikationstechnische Daten ,Containerversuche'

Applikationstechnik	Düsen	Druck	Lauf- / Fahrgeschwindigkeit	Ausgebrachte Wassermenge
a) Rückenspritze	Containerversuche 2011			
Spritzbalken	XR TeeJet 8003 VS	3,0 bar	5 km/h	400 l/ha
Dropleg (experimentell)	IDN 120-02	Nicht gemessen	Nicht gemessen	Ca. 400 l/ha
b) Fahrradspritze	Containerversuche 2012 und 2013			
Spritzbalken	XR TeeJet 8003 VS	3,5 bar	5 bzw. 2,5 km/h	400 bzw. 800 l/ha
Droplegs mit ZwinCaps	Zungendüse, Lechler 684.446.30	3,4 bar	2,5 km/h	800 l/ha
Spritzbalken + Droplegs mit ZwinCaps	XR TeeJet 8003 VS Zungendüse, Lechler 684.406.30	3,0 bar	3,0 km/h	800 l/ha

Die Containerpflanzen wurden nach der Applikation als randomisierte Blockanlage auf transportablen Paletten im Freiland der natürlichen Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Zum Aufzeichnen der Klimadaten wurden im Bestand entsprechende Sensoren für Temperatur, relative Luftfeuchte und Globalstrahlung (Solarimeter, Abb. 1) aufgestellt und die Anzahl Stunden der Freilandexposition festgehalten. Alternativ wurden für die Strahlungsmessung (Globalstrahlung) Werte der in ca. 50 m Entfernung stehenden Standardwetterstation Schifferstadt des agrarmeteorologischen Messnetzes in Rheinland-Pfalz verwendet. Die Versuche wurden bei Starkwind und Niederschlag sowie zumeist über Nacht auf den Paletten ins Gewächshaus gezogen.

Wirkungsnachweis über Blatttest mit *Phytophthora infestans*

Der Nachweis der biologischen Wirksamkeit nach Sonneneinstrahlung und verschiedenen Applikationsverfahren wurde über Blatttests mit *Phytophthora infestans*, Isolat Queckbrunnerhof (QBH) aus Freilandversuch Kartoffel ‚Agria‘ 2011, geführt. Hierfür wurden jeweils zwei symmetrische Blättchen aus den obersten zwei bis drei vollständig entwickelten Blättern (markierte Blattetagen) entnommen und auf feuchtes Filterpapier in 14,5 cm Petrischalen je nach Versuchsfrage Blattober- oder Blattunterseite nach oben ausgelegt. Die Probenahme erfolgte 0 bis 6 Tage nach Applikation (dpa). Die Blätter wurden mit vier bis sechs Tropfen à 20 µl einer Sporangiensuspension (5×10^4 Sporangien/ml) inokuliert und 24 h dunkel bei 15 °C in den geschlossenen Petrischalen inkubiert. Anschließend wurden die Versuche vier bis sechs Tage bei 18 +/- 2 °C und Tageslicht (Fenster Nordseite, März bis Oktober) aufgestellt und danach nach dem in Tabelle 3 wiedergegebenen

Schema bonitiert. *P. infestans* wurde kontinuierlich auf Gemüsesaftagar mit jährlicher Wirtspassage über Tomatenblätter kultiviert. Bei jedem Versuchsansatz wurde die verwendete Sporangiensuspension auf Zoosporenschlupf (%) auf Wasseragar kontrolliert.

Tab. 3 Boniturschema zum Schätzen der Größe bzw. Durchmesser der Läsion im Blatttest Tomate nach Punktinokulationen mit *Phytophthora infestans*

a) Anordnung der Tomatenblätter

b) Läsionsgröße in Boniturnoten (BN)



BN	Merkmal
0	makroskopisch keine Läsionen sichtbar
0,2	kleine punktförmige Nekrosen, ca. 20 % des InokTropfens
0,5	kleine punktförmige Nekrosen, ca. 50 % des InokTropfens
0,8	kleine punktförmige Nekrosen, ca. 80 % des InokTropfens
1	Nekrosen ca. InokTropfengröße, ca. 5 mm Durchmesser
2	10 mm Durchmesser
3	15 mm Durchmesser
4	20 mm Durchmesser
5	25 mm Durchmesser
6	30 mm Durchmesser

3.2.2. Feldversuche in Kartoffel 2011 bis 2013

Die Versuche wurden auf den Flächen des direkt im Pfälzer Gemüseanbau gelegenen Lehr- und Versuchsbetriebes Queckbrunnerhof durchgeführt. Die Region weist gleichzeitig eine hohe Kartoffelanbaudichte mit häufig auftretendem und sehr hohem Befallsdruck für Kraut- und Knollenfäule auf. Die Versuche standen auf mittel bis schwach sandigem Lehmboden nach der Vorkultur Gründüngung. Vor Versuchsbeginn erfolgte eine Bodenuntersuchung mit anschließender N-Düngung mit Haarmehlpellets. Die Sortenwahl erfolgte in Absprache mit der örtlichen Beratung und nach Sichtung der häufig im Versuchswesen des ökologischen Anbaus verwendeten Sorten. Die Kulturdaten sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Zur leichteren Durchführung der Versuchsarbeiten wurden 1,5 m breite Schlepper-Spritzgassen angelegt, die mit buntblühender Gründüngung (Camena) zehn Tage nach dem Legen der Knollen eingesät wurden. Die weitere Bestandspflege (Striegeln, Häufeln, Kartoffelkäferkontrolle mit NeemAzal/Novodor) erfolgte praxisüblich. Die Beregnungsmaßnahmen erfolgten entweder mit einer Regenkanone oder Rohrberegnung nach klimatischer Wasserbilanz unter Nutzung des in EXCEL programmierten Beregnungsmanagers des DLR Rheinpfalz.

Für die Applikation wurde die Arbeitsbreite einer praxisüblichen Anbaufeldspritze an die Parzellenbreite angepasst und sieben Droplegs (Lechler) in Reihenabstand montiert. Die Düsenbestückung in den einzelnen Applikationsverfahren ist in Tabelle 5 zusammengefasst. Bei den vorgegebenen Daten von Wasseraufwandmenge, Fahrgeschwindigkeit, Düsen und Druck wurde eine Tropfengröße im grob tropfigen Bereich erzielt (ca. 435 µm nach Herstellerangaben Lechler). Es wurde 1/3 der Spritzbrühmenge über Kopf und 2/3 über die Droplegs ausgebracht. Die in den einzelnen Versuchsjahren angewandten Applikationsverfahren, Anzahl Applikationen sowie die Aufwandmengen sind im Ergebnisteil unter 4.1.6. beschrieben. Die in 7 bis 10tägigem Abstand durchgeführte Bonitur der Versuche auf Krautfäulebefall erfolgte in Anlehnung an die EPPO Richtlinie.

Hierbei wurde der Anteil befallener Blattfläche (in %) an 20 Einzelpflanzen/Parzelle erfasst. Der Knollenrohertrag wurde bei Ernte von den beiden Parzellenmittelreihen (ca. 22 m²) erhoben und varianzanalytisch ausgewertet.

Tab. 4 Kulturdaten der Feldversuche in Kartoffel 2011 bis 2013

ANBAUJAHR	2011	2012	2013
Sorte	Agria	Agria	Gunda
Parzellengröße (randomisierte Blockanlage 4 Wiederholungen)	67,50 m ² (6 Reihen, 15 m)		36 m ² (4 Reihen, 12 m)
Pflanzung	08.04.	02.04.	16.04.
Reihenabstand	75 cm		
Abstand in der Reihe	32 cm		
Auflaufen	27.04.	04.05.	20.05.
Beginn Krautfäule	22.06.	31.05.	15.07.
Volle Blüte	06.06.	15.06.	22.06.
Ernte	23.08.	14.08.	30.08.

Tab. 5 Applikationstechnische Daten in den Feldversuchen

Applikationstechnik	Düsen	Druck	Fahrge- schwindigkeit	Wassermenge	Düsenanordnung
a) Feldspritze	Feldversuch 2011 und 2012				
Spritzbalken	IDK 120-04	3,4 bar	5 km/h	400 l/ha	Siehe Abb. 11
Droplegs	Zungendüse, Lechler 684.446.30	2,2 bar	5 km/h	400 l/ha	Siehe Abb. 11
Spritzbalken + Droplegs	IDK 120-02 + Zungendüse, Lechler 684.406.30	1,6 bar	5 km/h	400/800 l/ha	Siehe Abb. 11
b) Fahrradspritze (Schachtner)	Feldversuch 2013				
Spritzbalken	XR TeeJet 8003 VS	3,5 bar	2,5 km/h	800 l/ha	^ ^ ^ ^
Droplegs	Zungendüse, Lechler 684.446.30	3,4 bar	2,5 km/h	800 l/ha	< >< >
Spritzbalken + Droplegs	XR TeeJet 8003 VS Zungendüse, Lechler 684.406.30	3,0 bar	3,0 km/h	800 l/ha	< ^ >< ^ >

3.3. Versuche am Versuchsstandort JKI Kleinmachnow

3.3.1. Containerversuche in Gurke unter Semi-Freiland-/Gewächshausbedingungen

Pflanzenanzucht

Für Abregnungsversuche im Semifreiland wurden Pflanzen im 2- bis 6-Blattstadium in Außenanlagen in Containern in 13x13 cm Vierecktöpfen kultiviert und vor Niederschlägen und direkter Sonneneinstrahlung geschützt. Es wurden die Sorten Agnes (Fa. Bejo Samen GmbH) oder Vorgebirgstraupe (Fa. Bingenheimer Saatgut AG) verwendet.

Versuchsanlage und Applikation

Eine Sprühapplikation der Prüfpräparate erfolgte mittels Saug-Druck-Pumpflasche blattoberseits ca. fünf Wochen nach Aussaat, 24 Stunden später wurden die behandelten Pflanzen beregnet. Die Abregnung erfolgte in den Stufen 0, 2, 7 und/oder 15 mm bei einem Druck von 1,1 bar und einer Tropfenfallhöhe von 1,70 m. Nach weiteren 24 Stunden erfolgte die Inokulation der Pflanzen blattober- und -unterseits mittels einer Lösung von 1×10^5 Sporen je ml mit dem Erreger des Falschen Mehltaus. Die Bonitur auf Pilzbefall erfolgte entweder an abgetrennten und in feuchten Kammern inkubierten Blättern oder als Einzelblattbonitur an ganzen Pflanzen. Für die Inkubation in feuchten Kammern wurden 24 h nach Inokulation das 1. und 2. Blatt von den Pflanzen entfernt, in Petrischalen auf Agar aufgelegt und bei 20 °C und 12 h Belichtungsdauer in Klimakammern aufgestellt. 22 Tage nach Inokulation erfolgte eine „Ja/Nein“ Bonitur auf Befall mit Falschem Mehltau.

Die Befallsstärke an ganzen Pflanzen wurde 21 Tage nach Inokulation durch visuelle Schätzung der prozentual befallenen Blattfläche je Einzelblatt an maximal fünf Blättern je Pflanze bonitiert.

3.3.2. Feldversuche in Gurke 2011 bis 2013

Kulturdaten

Untersuchungen im Freiland erfolgten auf einer öko-zertifizierten Versuchsfläche des JKI in Berlin-Dahlem. Die Direktsaat der Sorte Agnes erfolgte Ende April/Anfang Mai mit drei Korn je Saatstelle. In alle Versuchsjahren erfolgte der Einsatz einer schwarzen Mulchfolie, eine Vliesabdeckung erfolgte nur 2012 bis Ende Mai. Die Parzellengröße betrug 6,30 x 1,50 m und der Pflanzabstand 30 cm. Die Bewässerung erfolgte nach Bedarf mittels Tropfschläuche, gedüngt wurde mit Haarmehlpellets (50 kg N/ha).

Applikation

Die Anwendungen erfolgten 2011 mit Befallsbeginn (Ende Juni) im 7tägigen Abstand (7tg), mit einer Wasseraufwandmenge von 600 l/ha. 2012 wurde mit 800 l/ha ab Mitte Juni bei einem Spritzabstand von vier (4tg) und sieben Tagen sowie einer abwechselnden Anwendung einer Süßholzformulierung mit Cuprozin progress behandelt. 2013 wurden ebenfalls 800 l/ha eingesetzt. Die Prüfpräparate wurden sieben Tage nach einer Inokulation der Randparzellen Anfang Juli erstmalig angewendet und dann die Anwendung 7tägig fortgeführt. Alle Anwendungen erfolgten mittels Rückenspritze mit einer

Hohlkegeldüse \varnothing 1 mm mit Zerstäubereinsatz (G-H 49-55). Die Aufwandmenge von Cuprozin progress betrug 3 l/ha.

Zum Aufzeichnen der Klimadaten wurden im Bestand entsprechende Sensoren für Temperatur, relative Luftfeuchte und Blattnässedauer aufgestellt.

Neben der Bonitur der Befallsstärke Falscher Mehltau im Abstand von sieben Tagen durch visuelle Schätzung der prozentual befallenen Blattfläche je Parzelle (Tab. 6) erfolgte die Erfassung des Auftretens weiterer Schaderreger wie Eckige Blattflecken, *Alternaria*, *Colletotrichum*, *Ulocladium*, Wanzen und Spinnmilben.

Tab. 6 Boniturschema Falscher Mehltau in den Freilandversuchen Gurke

Befallsstufe	Befallstärke je Parzelle [%]
0	befallsfrei
1	> 0 – 2,5
2	> 2,5 – 5
3	> 5 – 10
4	> 10 – 15
5	> 15 – 25
6	> 25 – 35
7	> 35 – 50
8	> 50 – 75
9	> 75 – 100

Die Erfassung der Erträge erfolgte durch parzellenweise Beerntung zweimal pro Woche. Es wurden Gewicht und Anzahl der Gurken erfasst sowie die Sortierung in Ernteklassen (Tab. 7) durchgeführt.

Tab. 7 Sortierschlüssel der Ernteklassen bei Gurke

Klasse	Größe
1	3-6 cm x bis 2 cm
2	>6-9 cm x bis 3 cm
3	>9-12 cm x bis 4 cm
4	>12-15 cm x bis 4,5 cm
5	>15 cm x >4,5 cm
6	nicht vermarktungsfähig

Zu der Klasse nicht vermarktungsfähiger wurden in der Form veränderte, beschädigte, matschige oder krumme Gurken gezählt.

4. Wichtigste Ergebnisse

4.1. Versuchsstandort DLR Rheinpfalz, Queckbrunnerhof,

4.1.1. Arbeitspaket 1: Erregerkultur, Etablierung der technischen Voraussetzungen und Testsysteme sowie deren Standardisierung

Die Kultur des Erregers *Phytophthora infestans* und die Testsysteme Containerpflanzen, Blatttest mit *P. infestans* sowie die Feldversuche wurden, wie unter 3.2. beschrieben, durchgeführt. Hierbei dienten folgende Vorversuche und Festsetzungen zur Standardisierung der Methodik des Blatttests: Das Inokulum von *P. infestans* wurde von max. drei Wochen alten Petrischalenkulturen hergestellt, was eine Zoosporenschlupfrate auf Wasseragar von ca. 75 % gewährleistete. Nach Prüfung der Inokulumsdichten von 5×10^3 , 1×10^4 und 5×10^4 Sporangien/ml wurde letztere Dichte für die Blatttests gewählt, da hierdurch eine einheitliche (geringe Standardabweichung) und gleichmäßig hohe Befallsstärke (Boniturnote 3 bis 4 mit 1,5 bis 2 cm Läsionsdurchmesser) nach vier Tagen Inkubationszeit erreicht werden konnte. Bei der Vorprüfung verschiedener im ökologischen Anbau im Gewächshaus eingesetzter Sorten (Campari, Loreta, Valdeza, Mecano, Baylee und Unterlagen-Sorte Emperador) zeigten sich nur geringe, nicht signifikante, Unterschiede in der Anfälligkeit unter den zuvor beschriebenen Testbedingungen. Anhand von Blattgröße (Auslegen von zwei Blättern in Petrischalen), Pflanzenstabilität unter Freilandbedingungen und Bestandsaufbau für geplante Applikationstechnik wurde die Sorte Campari für die weiteren Testungen ausgewählt.

In den Versuchen zur Standardisierung des Blatttests mit der Sorte Campari konnte gleichfalls nachgewiesen werden, dass ältere Blätter eine höhere Befallsstärke zeigten als junge, noch nicht vollentfaltete Blätter (Abb. 2). Junge Blätter (Länge kleiner als ca. 9 cm) wurden deshalb von den weiteren Blatttests ausgeschlossen und vor Applikation entfernt (nachfolgend Beginn Markierung und Zählung 1. Blattetage bei voll entfaltenen Blättern).

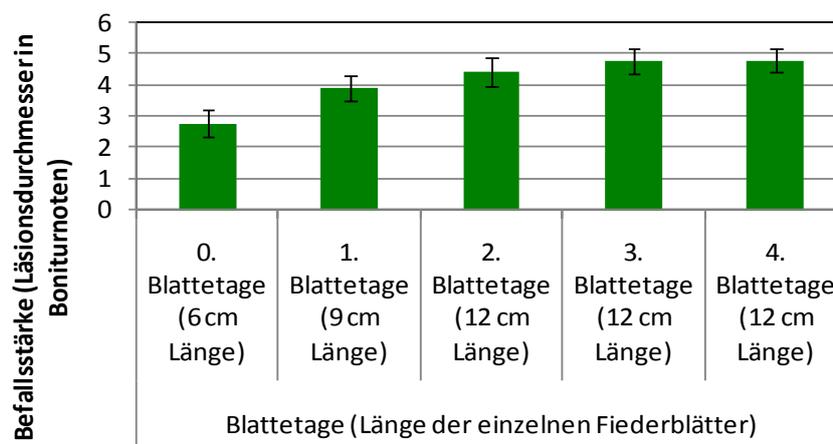


Abb. 2 Einfluss des Blattalters auf die Befallsstärke im Blatttest mit *Phytophthora infestans*, Sorte Campari (MW \pm SD)

4.1.2. Arbeitspaket 2: Untersuchungen zum Einfluss der Sonneneinstrahlung auf die biologische Wirksamkeit der Süßholzpräparate in Containerversuchen mit Tomate

Da in den Vorprüfungen im Gewächshaus bzw. Klimakammer des Arbeitsschwerpunktes 1 die Süßholzpräparate überwiegend blattober- und blattunterseits und bis ‚run off‘ appliziert wurden, war in einem ersten Schritt sowohl ein praxisnahes Applikationsverfahren als auch eine vorläufige Präparat- und Wasseraufwandmenge für die Freilandanwendung zu bestimmen. Als Standardverfahren wurde die Applikation mit Spritzbalken gewählt, mit der (überwiegend) die Blattoberseite der Pflanzen mit Spritzbrühe belegt wurde. Desweiteren zeigte sich in Versuchsreihen mit der ersten Testformulierung P1-UFO6, dass nur mit einer Wasseraufwandmenge von 800 l/ha (2 % Wirkstoffkonzentration von Hersteller Trifolio M empfohlen und beibehalten) ein hoher Wirkungsgrad erzielt werden konnte (Abb. 3). Sowohl bei Cuprozin progress als auch bei dem Süßholzpräparat war eine biologische Wirksamkeit nur auf der mit Spritzbrühe belegten Blattfläche (Blattoberseite) im Blatttest nachweisbar. Cuprozin progress zeigte in den Vorversuchen mit 2 l/ha Präparat- und 400 l/ha Wasseraufwandmenge gleichbleibende und hohe Wirkungsgrade und wurde deshalb in diesen Aufwandmengen in allen weiteren Versuchen immer als Vergleichsstandard mitgeführt.

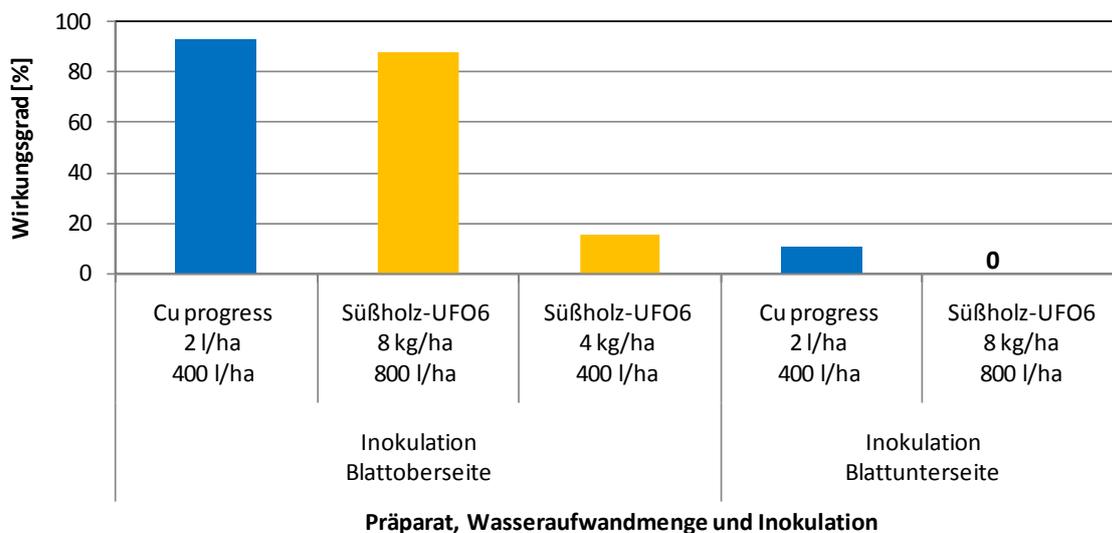


Abb. 3 Wirkungsgrad von Cuprozin progress (Cu progress) und Süßholzpräparat P1-UFO6 bei Spritzbalkenapplikation gegen *Phytophthora infestans* an Tomate nach Inokulation auf der Blattober- bzw. Blattunterseite (Blattprobenahme: 0 dpa)

Anhand der zuvor beschriebenen Testanordnung wurden alle während der Projektlaufzeit verfügbaren formulierten Süßholzpräparate auf Wirkungsstabilität/Wirkungsdauer unter Sonneneinstrahlung geprüft. Hierfür wurde der Wirkungsverlauf durch drei Probenahmeterminen nach Applikation und anschließendem Blatttest erfasst. Die Ergebnisse dieses Screenings sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tab. 8 Wirkungsgrad der formulierten Süßholzpräparate im Semi-Freiland unter Sonnenstrahlung

Im Testsystem Containertomaten nachgewiesen im Blatttest mit *Phytophthora infestans* (Wirkstoffkonzentration in der Spritzbrühe 2 %, Wasseraufwandmenge 800 l/ha, Applikation mit Spritzbalken. Paarweise in der gleichen Farbe unterlegte Präparate sind in derselben Versuchsreihe geprüft worden)

Präparat	Präparat-aufwand-menge [kg/ha]	Probenahmetermine (dpa = Tage nach Applikation) Wirkungsgrad [%]				Globalstrahlung [Wh/m ²] bis 2. Probenahme-termin (1-2 Tage Freilandexposition) Jahreszeit
		0 dpa	1-2 dpa	3-4 dpa	5-6 dpa	
P1-UFO6	8	88	30	60	10	4761 Ende Juli
P1SC-001	14	84	73/41*			2423/5909 Ende März
P1SC-047	14	56	41/26*			
P1SC-001	14	83	13/15*			3109 / 8465 Anf. Mai
P1SC-061	14	45	11/13*			
P1SC-094***	16	71	15**			4612 Mitte Juli
P1SC-107***	16	71	30**			
P1SC-133	16	83	63		61	3442 Mitte Sept.
P1SC-148	16	90	43		66	
P1SC-149	16	73	88	40	28	3280 Anf. Aug.
P1EC-082	8	90	51		20	5566 Mitte April
P1EC-120	10	67	48		12	
P1EC-124 (+ 3,33 % Tinuvin)	8	41	24		27	4424 Mitte Mai
P1EC-126 (+ 1 % Tinuvin)	8	32	19		8	

* Probenahmen 1 und 2 dpa,

** 6 Tage wegen Starkwind im Gewächshaus, anschl. 1 Tag Freilandexposition mit anschl. Probenahme

*** Geringere Löslichkeit der Präparate, daher geringere Wirkstoffkonzentration in der Spritzbrühe

Je nach Formulierung der Präparate betragen die Aufwandmengen 8 bis 16 kg/ha. Bei neun der 13 Präparate wurden hohe Anfangswirkungsgrade von 70 bis 90 % erzielt. Wirkungsschwankungen waren bei einzelnen Formulierungen nachweislich durch verminderte Löslichkeit der Versuchspräparate bedingt (P1SC-094, P1SC-107; Kontrollmessungen zum Wirkstoffgehalt durch Trifolio-M). Bereits nach ein bis zwei Tagen Freilandexposition zeigten jedoch bis auf eine Ausnahme (P1SC-149 mit Wirkungsminderung erst nach drei bis vier Tagen) alle Prüfmittel einen deutlich geringeren Wirkungsgrad. Im Extremfall konnte schon bei einer Globalstrahlung von ca. 3100 Wh/m²

(sechs Stunden Freilandexposition Anfang Mai 2012) eine Wirkungsreduktion um 85 % nachgewiesen werden. Auch der Zusatz von verschiedenen Konzentrationen des kommerziellen Licht - bzw. UV-Stabilisators Tinuvin (P1EC-124 und P1EC-126) konnte die Wirkungsdauer unter Sonneneinstrahlung nicht verlängern. Gleichfalls hatten weitere Zusatzstoffe, die eine Spreitung der Spritztropfen bzw. Anhaftung beeinflussen können, keinen Einfluss auf die biologische Wirksamkeit und deren Stabilisierung unter Sonneneinstrahlung (Daten nicht gezeigt). Das Vergleichspräparat Cuprozin progress zeigte über den gesamten Probenahmezeitraum (null bis sechs Tage) einen Wirkungsgrad von mindestens 85 %, eine Wirkungsminderung im Freiland - ohne Niederschlag - konnte im Gegensatz zu den Süßholzpräparaten nicht festgestellt werden.

Als weitere Kontroll- und Vergleichsvarianten wurde bei einzelnen Süßholzpräparaten auch die Wirkungsdauer unter Gewächshausbedingungen (ohne Zusatzbelichtung) getestet. Auch hier erwiesen sich die Süßholzpräparate in einem Zeitraum von fünf Tagen als weniger wirkungsstabil als Cuprozin. Die Ergebnisse waren allerdings sehr uneinheitlich: Es konnten nach fünf Tagen sowohl eine nur geringfügige Wirkungsminderung nachgewiesen werden als auch eine mit der Freilandexposition vergleichbare Abnahme der biologischen Wirksamkeit (Daten nicht gezeigt).

4.1.3. Arbeitspaket 3: Erarbeitung einer angepassten Applikationstechnik

In Vorprüfungen wurde festgestellt, dass für die biologische Wirksamkeit der Süßholzpräparate die Präparat- bzw. Wasseraufwandmenge entscheidend ist (siehe auch 4.1.4.), der Einfluss der verwendeten Düsen bzw. Tropfenspektren im Vergleich dazu als gering einzustufen ist (Prüfung mit Düsen TeeJet 8003, 8005 und 8008 VS; Daten nicht gezeigt). Andererseits konnte sowohl bei dem Kupfer- als auch bei Süßholzpräparaten nur auf den Blattflächen, die mit Wirkstoff belegt waren, eine biologische Wirksamkeit nachgewiesen werden (Abb. 3). Eine Wirkungsverbesserung in einem Bestand kann somit nur über die Belegung einer größeren Blattfläche erzielt werden. Deshalb wurde der Einfluss der drei Applikationsverfahren Spritzbalken, Droplegs und Spritzbalken in Kombination mit Droplegs auf die Spritzbrüheverteilung in einem aus Containertomatepflanzen konstruierten Bestand untersucht (siehe Abb. 1 und Tab. 2 für techn. Daten).

Mittels wassersensitiven Papiers wurde die Spritzbrüheverteilung in sechs bis sieben Blättern hohen Containertomaten veranschaulicht (Abb. 1, Abb. 4). Bei Applikation mit Spritzbalken wurden die Blattoberseiten gleichmäßig gut belegt, sowohl im oberen Pflanzenbereich als auch - da die konstruierte Bestandsdichte gering war - im unteren Pflanzenbereich. Die Blattunterseiten wurden mit dieser Applikationstechnik nicht erreicht. Mittels Droplegs wurden im unteren Pflanzenbereich Ober- und Unterseiten, und im oberen Pflanzenbereich z.T. die Blattunterseiten belegt. Jedoch war die Verteilung auf den Blattflächen selbst insgesamt ungleichmäßiger. Bei Einsatz von Spritzbalken in Kombination mit Droplegs wurden die Blattoberseiten gut belegt, zusätzlich wiesen aber auch die Blattunterseiten im gesamten Pflanzenbereich einen mehr oder weniger gleichmäßigen Belag auf.

Blattposition		Spritzbalken	Droplegs	Spritzbalken + Droplegs
Oberer Pflanzenbereich (1. und 2. Blatttage)	Oberseite			
	Unterseite			
Unterer Pflanzenbereich (4. und 5. Blatttage)	Oberseite			
	Unterseite			

Abb. 4 Einfluss der Applikationstechnik auf die Belegung von Blattober- und Blattunterseiten im oberen Pflanzenbereich (1. und 2. Blatttage) und unteren Pflanzenbereich (4. und 5. Blatttage) im Testsystem Containertomaten und 800 l/ha Wasseraufwandmenge

Eine anschließende Prüfung der Applikationsverfahren mit Cuprozin progress im Containersystem Tomate bestätigte, dass durch Spritzbalkenapplikation nur Infektionen auf der Blattoberseite der Pflanzen sehr gut kontrolliert werden konnten, sowohl im oberen als auch im unteren Bestandsbereich (Abb. 5). Bei Applikation mit Droplegs verminderte sich der Wirkungsgrad blattoberseits im oberen Pflanzenbereich auf 50 %, gleichzeitig konnte aber der Befall blattunterseits um 20 % reduziert werden. In der kombinierten Applikation mit Spritzbalken und Droplegs konnte eine sehr gute Bekämpfung von Infektionen auf der Blattoberseite sowie eine gewisse Kontrolle (ca. 20 % Wirkungsgrad) auch bei Infektionen auf der Blattunterseite erreicht werden.

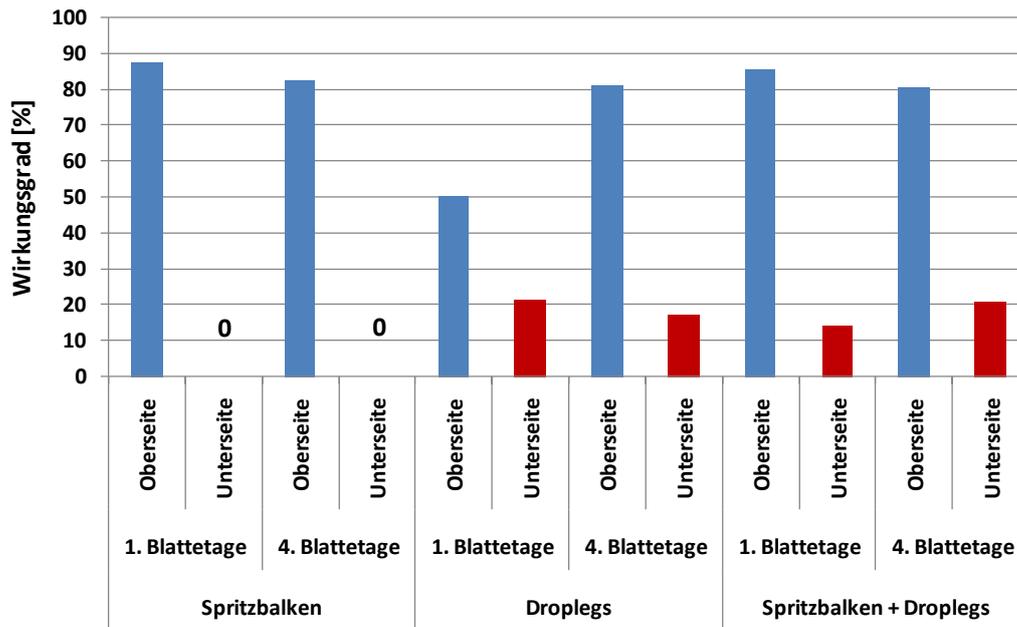


Abb. 5 Einfluss der Applikationstechnik auf den Wirkungsgrad von Cuprozin progress (2 l/ha und 800 l/ha Wasseraufwandmenge) in einem Bestand aus Containertomaten erfasst im Blatttest mit *Phytophthora infestans*; (Probenahme 0 dpa jeweils in der 1. und 4. Blatttage, Inokulation blattober- bzw. blattunterseits)

Die in ähnlicher Weise durchgeführte Testreihe mit dem Süßholzpräparat P1SC-149 zeigte tendenziell die gleichen Effekte bei Applikation mit den drei verschiedenen Verfahren (Abb. 6). Jedoch führte die weniger gleichmäßige Verteilung auf der Blattoberseite bei Dropleg-Applikation (Abb. 4) zu einer noch stärkeren Reduzierung der Wirkung bei dem insgesamt wesentlich wirkungsschwächeren Präparat (max. Wirkungsgrad bei Spritzbalkenapplikation auf der Blattoberseite 35 %).

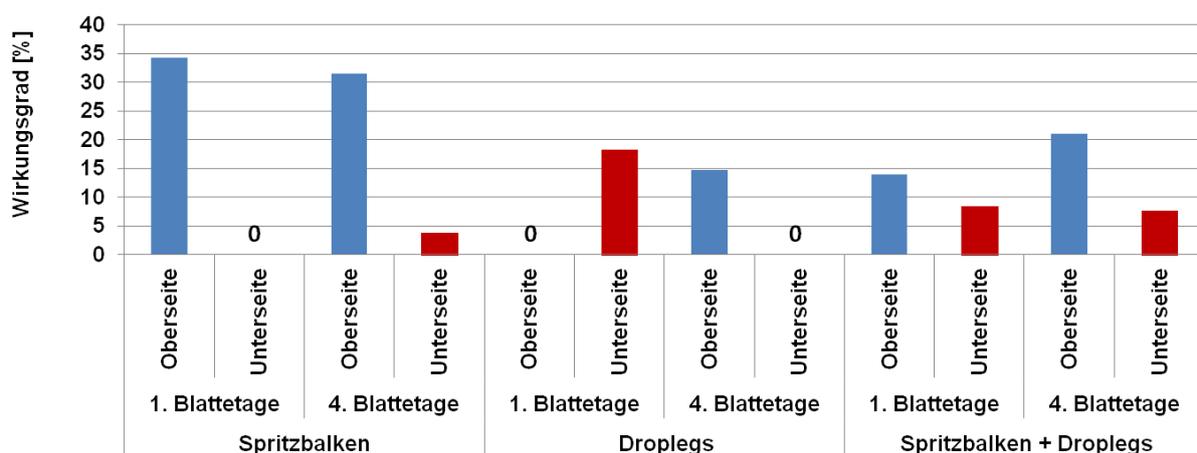


Abb. 6 Einfluss der Applikationstechnik auf den Wirkungsgrad von Süßholzpräparat P1SC-149 (16 kg/ha und 800 l/ha Wasseraufwandmenge) in einem Bestand aus Containertomaten erfasst im Blatttest mit *Phytophthora infestans*; (Probenahme jeweils in der 1. und 4. Blatttage, Inokulation blattober- bzw. blattunterseits)

4.1.4. Arbeitspaket 4: Untersuchungen zum Einfluss von Präparat- und Wasseraufwandmengen

Alle in Tabelle 8 im Screening unter Sonnenstrahlung geprüften Süßholzformulierungen wurden in mehreren Präparat- und Wasseraufwandmengen eingesetzt. Die Ergebnisse zeigten eine deutliche Dosis-Wirkungsbeziehung unabhängig von der Formulierung.

Beispiele sind in den folgenden Abbildungen wiedergegeben. Mit einer doppelten Präparat- und Wasseraufwandmenge konnte gleichfalls der Wirkungsgrad von P1SC-001 verdoppelt werden (Abb. 7). Ein ähnlicher Effekt zeigte sich beim Einsatz von 4, 8 und 16 kg P1SC-094 in 800 l/ha Wasseraufwandmenge. In dieser Reihe waren aber auch 8 kg in 400 l Wasseraufwandmenge annähernd gleich wirksam wie 16 kg in 800 l Wasser (Abb. 8). Durch eine noch höhere Präparatmenge (24 kg/ha) konnte ein gleich hoher Wirkungsgrad (94 %) wie beim Kupferpräparat erzielt werden (Abb. 9).

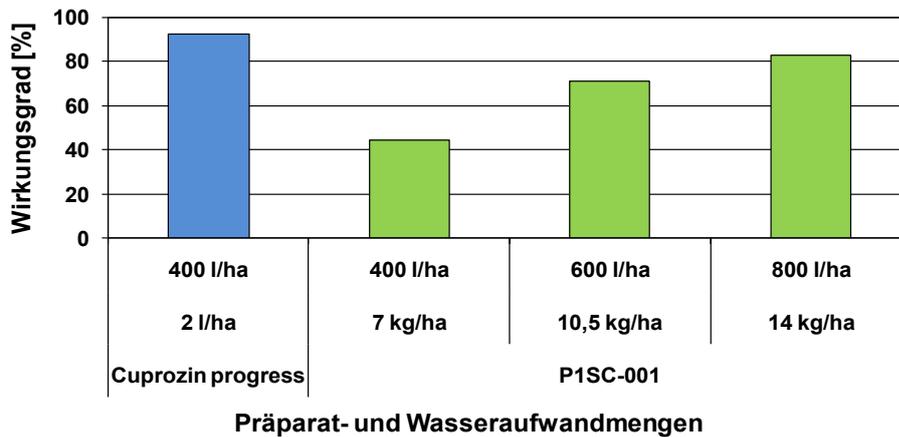


Abb. 7 Einfluss von Präparat- und Wasseraufwandmenge auf den Wirkungsgrad von P1SC-001 (Spritzbalkenapplikation auf Containertomaten und Wirkungsnachweis über Blatttest mit *Phytophthora infestans*, Probenahme 0 dpa)

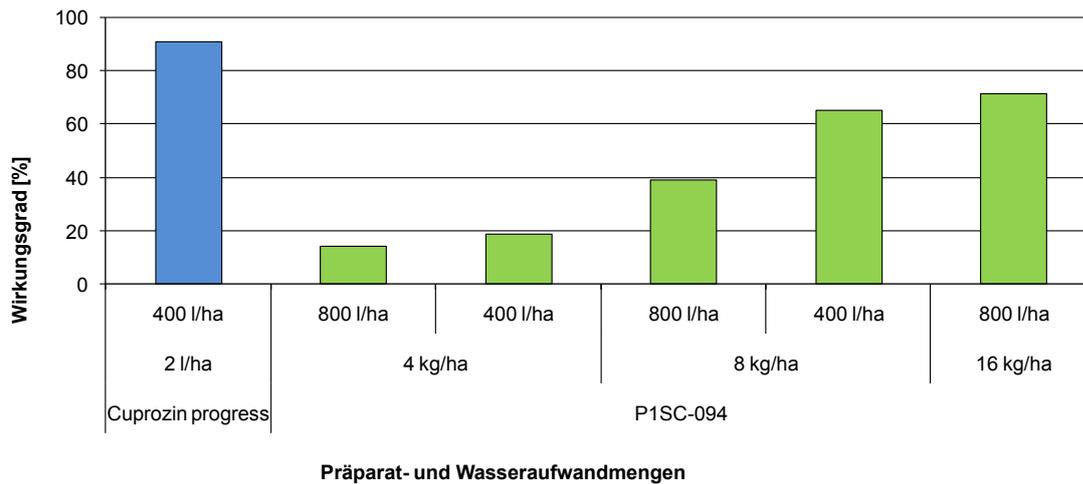


Abb. 8 Einfluss von Präparat- und Wasseraufwandmenge auf den Wirkungsgrad von P1S-094 (Spritzbalkenapplikation auf Containertomaten und Wirkungsnachweis über Blatttest mit *Phytophthora infestans*, Probenahme 1 dpa ohne Sonneneinstrahlung im Gewächshaus)

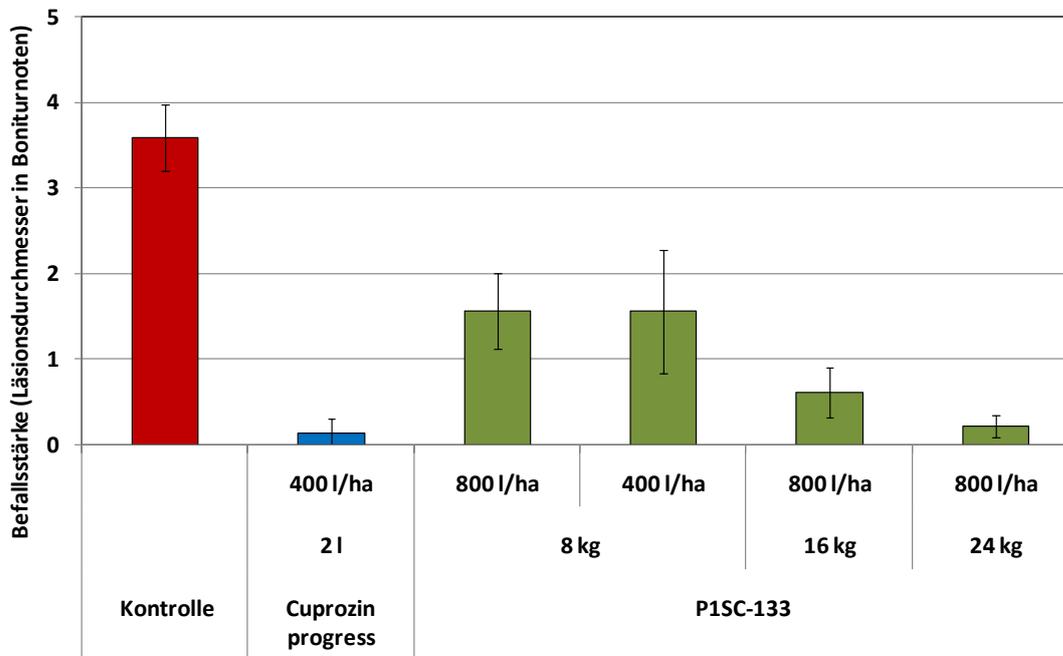


Abb. 9 Einfluss von Präparat- und Wasseraufwandmenge auf die Befallsstärke von P1S-133 (Spritzbalkenapplikation auf Containertomaten und Wirkungsnachweis über Blatttest mit *Phytophthora infestans*, Probenahme 0 dpa, angegeben sind Mittelwerte \pm Standardabweichung)

4.1.5. Ergänzende Untersuchungen zum Einfluss von Inokulumdichte und Sorte auf die biologische Wirksamkeit von Süßholzpräparaten

Zusätzlich zu den geplanten Versuchen wurde im letzten Projektjahr eine mögliche Interaktion von Sorte, Inokulumdichte und Süßholzpräparat untersucht. Hierfür wurden vier als Emulsionskonzentrat (EC) formulierte Süßholzpräparate an den Sorten Campari und Minibel geprüft und anschließend der

Wirkungsnachweis mit drei unterschiedlichen Inokulumdichten im Blatttest geführt. Um die Wirkungsdauer zu erfassen, erfolgten wieder zwei Probenahmen nach Freilandexposition.

Die Sorten unterschieden sich nicht in ihrer Befallsstärke in der unbehandelten Kontrolle (Abb. 10), ebenfalls ältere Blätter waren in beiden Sorten stärker befallen als jüngere (vergleiche Probenahmetermin 0 dpa und 6 dpa). Gleichfalls beeinflusste die Inokulumdichte (5×10^3 , 1×10^4 , 5×10^4 Sporangien/ml) die Befallsstärke der Blätter in der Kontrolle unabhängig von der Sorte (Daten nicht gezeigt). Auch in den mit P1EC-120 behandelten Varianten konnten unabhängig von der Inokulumdichte keine eindeutigen Sortenunterschiede festgestellt werden. Jedoch kann anhand der Versuchsergebnisse eine Interaktion zwischen Inokulumdichte und Wirkungsdauer vermutet werden, und zwar bei beiden Sorten gleichermaßen. Während bei den beiden niedrigeren Inokulumdichten auch zwei Tage nach Applikation die Befallsstärke der behandelten Tomatenblätter durchgehend sehr gering war, konnte bei der höchsten Inokulumdichte zum gleichen Probenahmetermin eine deutliche Wirkungsminderung erfasst werden. Bei den drei weiteren geprüften EC-Formulierungen konnte ein ähnlicher Effekt beobachtet werden. Der Sorteneinfluss war auch hier gering: Nur in einer Versuchsreihe war die Sorte Minibel geringer befallen als die Sorte Campari.

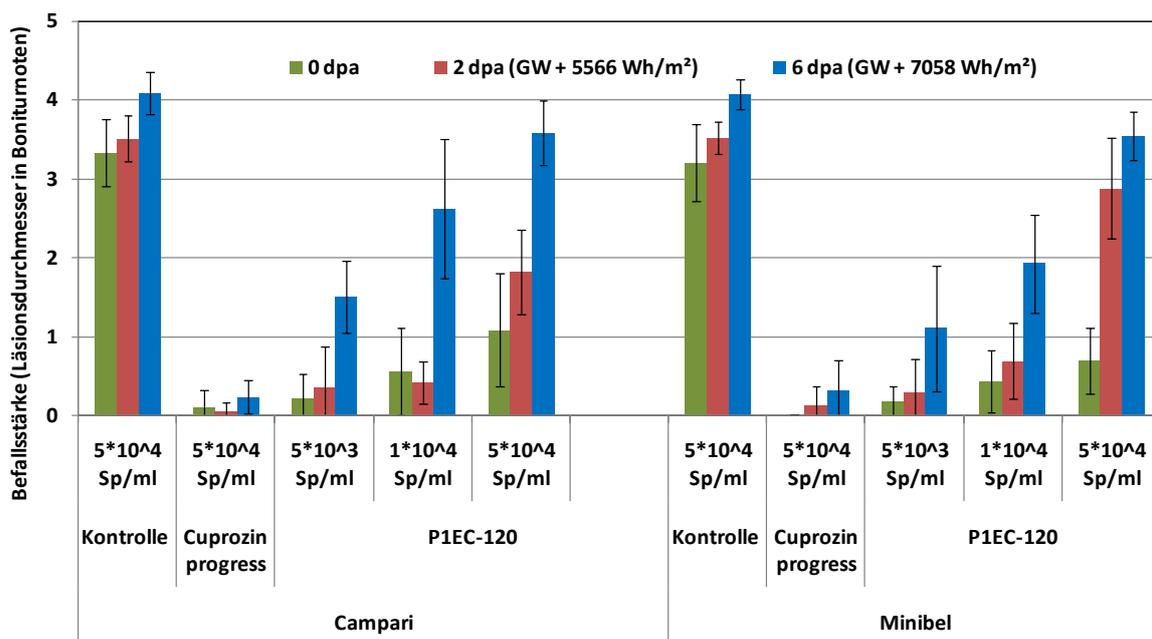


Abb. 10 Einfluss von Inokulumdichte, Freilandexposition und Sorte auf die biologische Wirksamkeit des Süßholzpräparats P1EC-120 mit 10 kg/ha und 800 l/ha Wasseraufwandmenge (Sorten Campari und Minibel; Blatttest mit drei unterschiedlichen Inokulumdichten [Sporangien/ml] und drei Probenahmeterminen; GW = Standort Gewächshaus; Freilandexposition: Globalstrahlung in Wh/m²; MW+/-SD)

4.1.6. Arbeitspaket 5: Umsetzung von Kontrollstrategien mit ausgewählten Süßholzpräparaten in Feldversuchen mit Kartoffel

Feldversuch 2011

Im Feldversuch 2011 mit der Sorte Agria (Anbaudaten siehe Tab. 4) wurde die Süßholz-Formulierung UFO6 gegen *P. infestans* an Kartoffel mit 4 kg/ha und einer Wasseraufwandmenge von 400 L/ha sowie drei verschiedenen Applikationsverfahren eingesetzt (Abb. 11). Die Terminierung der insgesamt 6 Applikationen erfolgte nach dem Prognosemodell ÖKO-SIMPHYT (Abb. 12). Ab 12.06. 2011 wurde für die Anbauregion ein mittlerer Infektionsdruck durch ÖKO-SIMPHYT angezeigt und ein Spritzabstand von zehn bis elf Tagen empfohlen. Der schlagspezifische Behandlungsbeginn wurde für den 20.06. prognostiziert. Aufgrund des vorhergesagten mittleren Infektionsdrucks erfolgte die erste Behandlung am 10.06. bei Vollblüte und Reihenschluss, Erstbefall (sporulierende *Phytophthora*-Läsionen) im Versuch wurde am 22.06.2011 beobachtet. Die erste Krautfäulebonitur wurde am 24.06.2011 bei sichtbarer Sporulation des Erregers durchgeführt. Hierbei wurden größere Läsionen vor allem in den Süßholz-Behandlungen mit Spritzbalken bzw. Droplegs festgestellt, vereinzelte kleinere Läsionen in der Kontrolle und in der Cuprozin-Behandlung mit Spritzbalken. Die Details zu den Behandlungsvarianten im Versuch sind in Abbildung 13 beschrieben.

Aufgrund der warmen und trockenen Monate Mai und Juni 2011 erfolgte eine massive Befallsentwicklung erst ab Mitte Juli in der Kontrolle aber auch in den Süßholz-Varianten, die sich zu Versuchsende nicht von den Kontrollparzellen im Befall unterschieden. Behandlungen mit Cuprozin progress verzögerten hingegen stark die Befallsentwicklung und reduzierten die Befallsstärke bis zum letzten Boniturtermin um ca. 65 % (Abb. 13, Abb. 14). Der Einfluss der unterschiedlichen Applikationsverfahren und damit verbundenen Zielflächenbelegung auf die Befallsstärke war hingegen gering. Jedoch war in den beiden Kupfer-Varianten abhängig von der Applikationstechnik eine deutliche Differenzierung in der vertikalen Verteilung des Befalls – oberes Bestandsdrittel bzw. untere Hälfte des Bestandes - Anfang August zu beobachten (Abb. 14). Bei Dropleg-Applikation war der Krautfäulebefall im 'Kronenbereich' der Pflanzen wesentlich stärker als bei Spritzbalkenapplikation, während in der Spritzbalken-Variante tendenziell stärkerer Befall in der unteren Bestandshälfte auftrat.

Die geringe Wirkung der Süßholz-Behandlungen beruhte, wie in den Tomatenversuchen nachgewiesen (Abb. 3, Tab. 8), vermutlich auch in Kartoffel auf der zu geringen Präparataufwandmenge und auf der geringen Stabilität des Präparates unter Sonneneinstrahlung. Entsprechend dem Krankheitsbefall konnte nur in den Kupfer-Varianten eine signifikante Ertragssteigerung von ca. 20 % gegenüber der Kontrolle erzielt werden (Abb. 15).

Feldversuch 2012

Die in den Tomaten-Containerversuchen getestete Süßholz-Formulierung P1SC-001 (Tab. 7) war auch bei den Prüfungen der Projektpartner zu Saisonbeginn die wirksamste Formulierung (unter geschützten Bedingungen) und wurde deshalb für die Freilandprüfung in Kartoffel 2012 ausgewählt. Da das Süßholzpräparat nur in einer begrenzten Menge zur Verfügung stand, erfolgte die Applikation in Absprache mit dem Hersteller Triofolio-M nur in der Variante ‚Spritzbalken und Droplegs mit

800 l/ha Wasseraufwandmenge'. Cuprozin progress wurde in vier Varianten mit unterschiedlicher Technik bzw. Wasseraufwandmenge ausgebracht (siehe Versuchsvarianten Abb. 13). Die erste Behandlung erfolgte ganzflächig mit Cuprozin progress am 01.06., da am 31.05. - ca. drei Wochen früher als 2011 - Erstbefall (sporulierende *Phytophthora*-Läsionen) beobachtet wurde. Dieser Befallsbeginn wurde nicht durch das Prognosemodell ÖKO-SIMPHYT vorhergesagt (prognostizierter schlagspezifischer Behandlungsbeginn 18.06.2012). Die weiteren fünf Behandlungstermine mit Süßholzpräparat bzw. Cuprozin erfolgten jeweils bei steigendem bzw. hohem *Phytophthora* – Infektionsdruck nach ÖKO-SIMPHYT (Abb. 12).

Insgesamt war der Infektionsdruck 2012 sehr hoch, was auch den frühen und starken Anstieg des Krautfäulebefalls in der Kontrollvariante erklärt (Abb. 13). Die Süßholz-Behandlungen hatten keine Wirkung auf den Befallsverlauf. Dies war zu erwarten, da sich während der Saison herausstellte, dass die verfügbaren Süßholzpräparatchargen nur schwer löslich waren und in der Feldspritze anhafteten. Der Einfluss der Applikationstechnik auf die Wirkung von Cuprozin progress war 2012 gering. Aufgrund des frühen Krautfäule- und vor allem auch Stängelbefalls sowie häufigem Starkwind lag das Kartoffellaub schon sehr früh zwischen den Dämmen auf dem Boden, sodass die Droplegs nicht mehr zwischen den Laubreihen sondern überwiegend über dem Laub geführt wurden und somit in der Wirkung einer Applikation mit Spritzbalken entsprachen. Der höchste Wirkungsgrad von Cuprozin wurde in der Spritzbalkenvariante mit 57 %, der niedrigste mit 41 % in der Droplegvariante erzielt, bezogen auf den letzten Boniturtermin.

Entsprechend dem früheren und höheren Krautfäulebefall waren die Erträge 2012 wesentlich geringer als 2011; in der Kontrollvariante lag der Ertrag 40 % unter dem von 2011. Die Süßholzbehandlung hatte keinen Effekt auf den Ertrag. Alle Kupfervarianten führten zu signifikanten Mehrerträgen um bis zu 50 % im Vergleich zur Kontrolle (Abb. 15).



Abb. 11 Applikationsverfahren in den Kartoffelversuchen, Sorte Agria, 2011 und 2012 auf dem Queckbrunnerhof, Schifferstadt (DLR Rheinpfalz): Dropleg-Applikation (links oben und unten), Spritzbalken - Dropleg-Applikation (rechts oben)

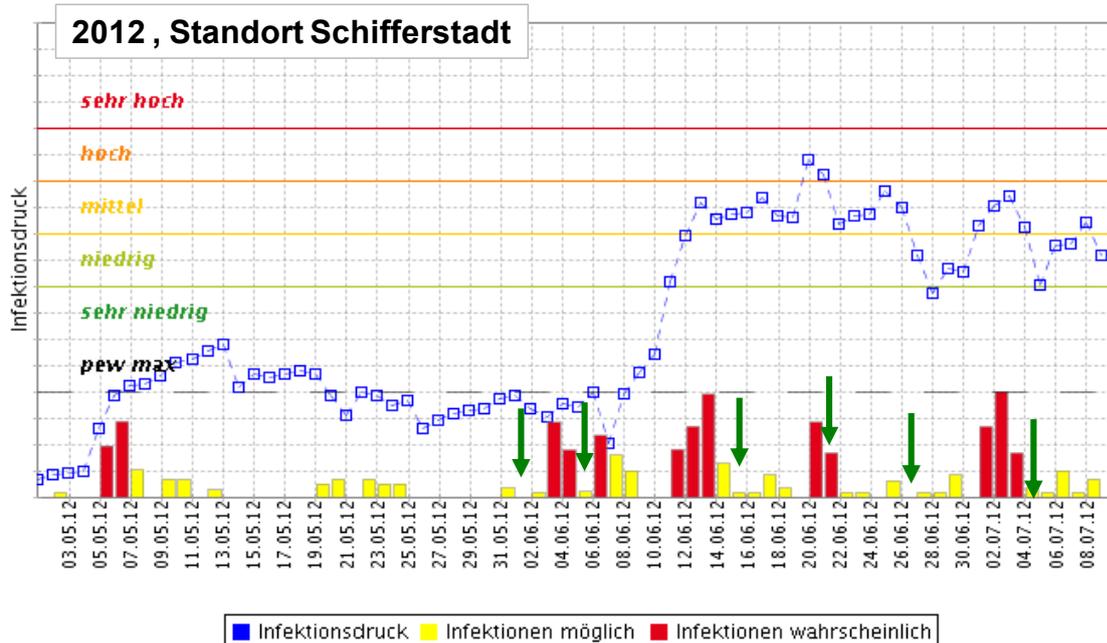
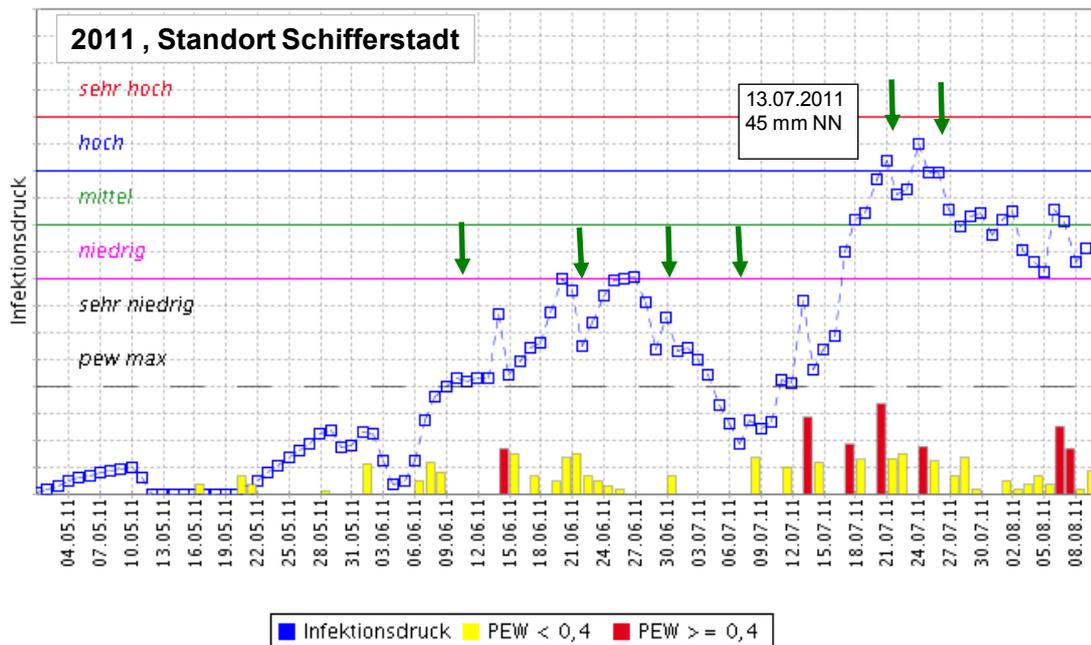


Abb. 12 Saisonaler, schlagspezifischer Krautfäule-Infektionsdruck nach ÖKO-SIMPHYT sowie Applikationstermine (grüne Pfeile) in den Feldversuchen mit Kartoffel 2011 und 2012 (Berechnungen auf Datenbasis der Wetterstation Schifferstadt, Agrarmeteorologisches Messnetz Rheinland-Pfalz). Am 13.07.2011 fielen 45 mm Niederschlag und die Fläche war sieben Tage nicht befahrbar.

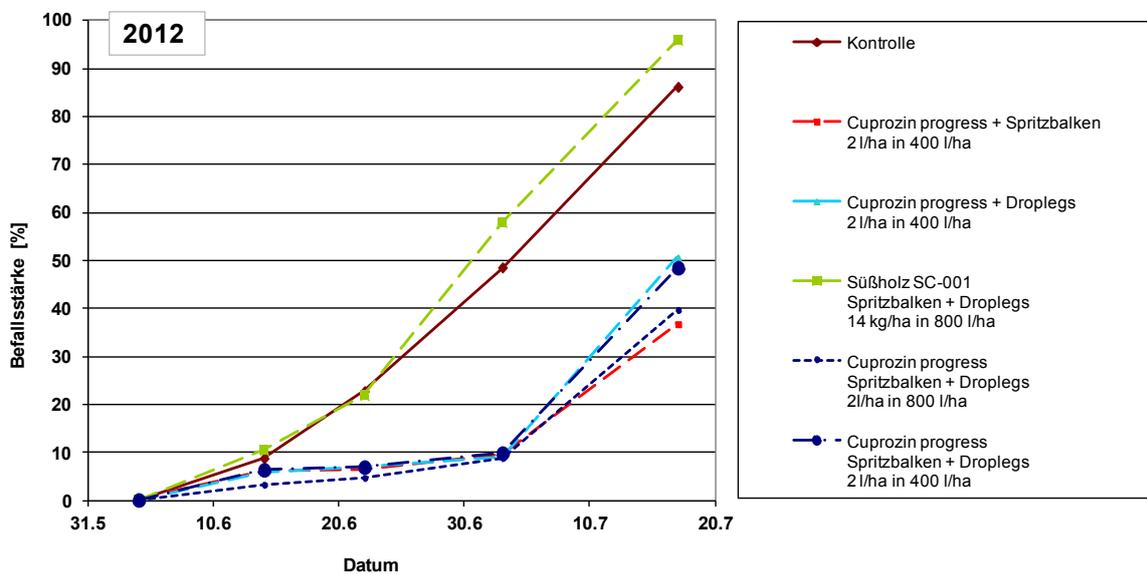
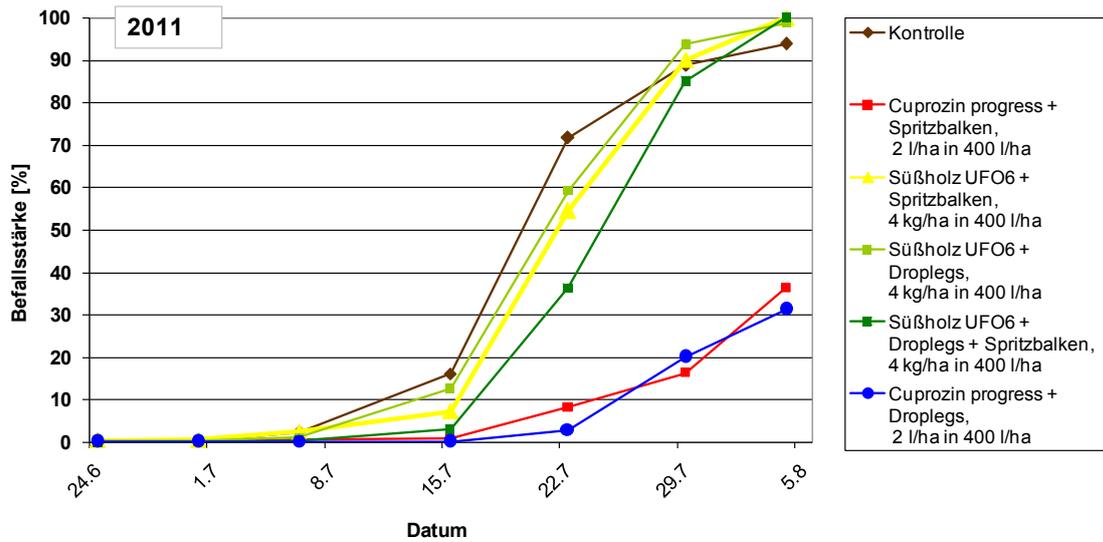


Abb. 13 Befallsverlauf der Krautfäule in den einzelnen Applikationsvarianten 2011 und 2012 (Feldversuche in Kartoffeln Sorte Agria, Standort Queckbrunnerhof, Schifferstadt, DLR Rheinlandpalz)



Abb. 14 Krautfäulebefall im Kartoffelbestand Sorte Agria 2011: Übersicht mit deutlichen Befallsunterschieden zwischen den einzelnen Behandlungsvarianten (links) und Krautfäulebefall im oberen Bestandsbereich in der Applikationsvariante Cuprozin mit Droplegs ausgebracht (rechts)

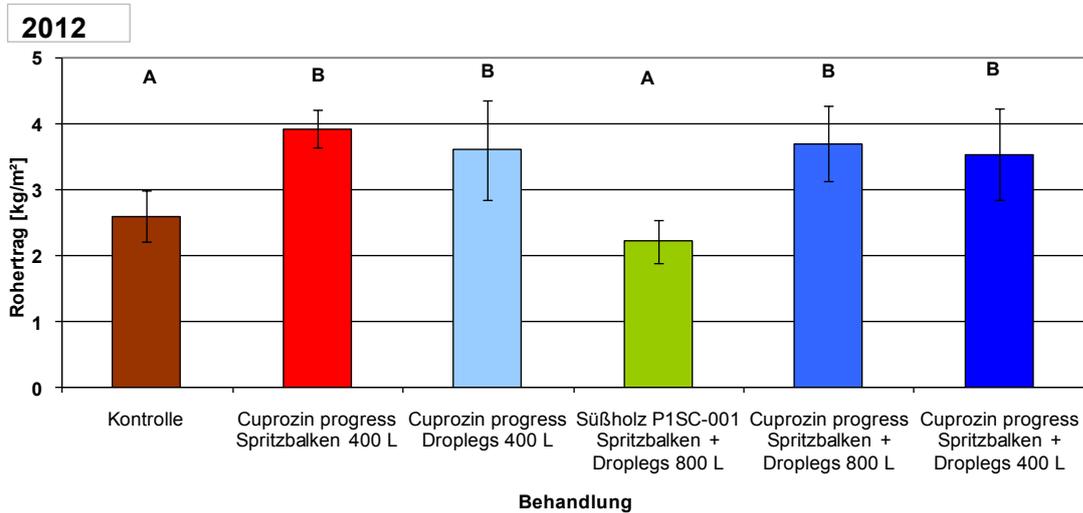
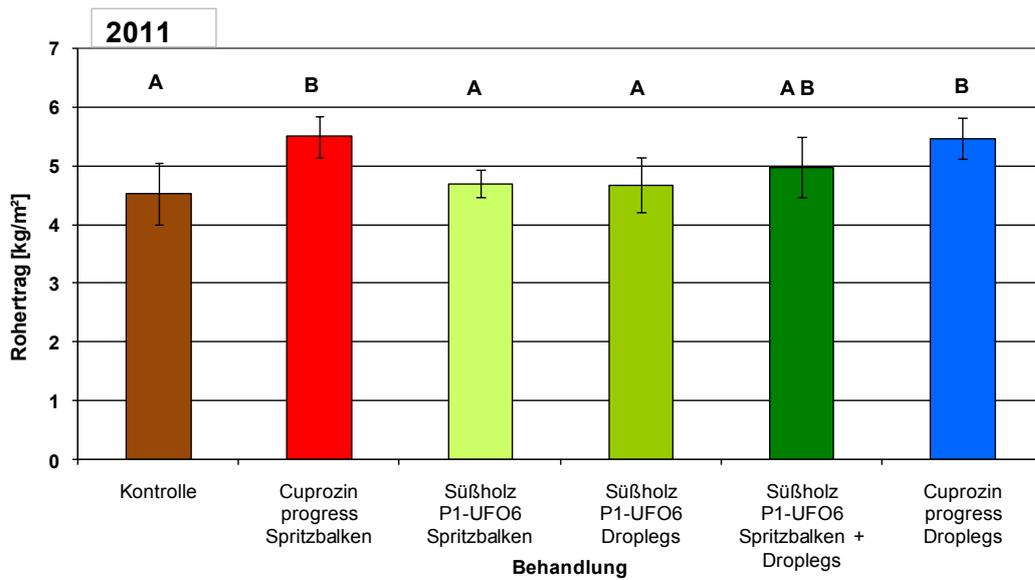


Abb. 15 Roherträge in den Kartoffelversuchen 2011 und 2012 (Feldversuche in Kartoffeln Sorte Agria, Standort Queckbrunnerhof, Schifferstadt, DLR Rheinpfalz, Angaben zu Versuchsvarianten siehe Abb. 13)

Feldversuch 2013

Die bis 2013 vorliegenden Untersuchungen zur Wirksamkeit der Süßholzpräparate und die Erfahrungen aus den vorangegangenen Feldversuchen wurden im Feldversuch 2013 in eine Spritzfolge integriert. Diese sah vor allem die ausschließliche Applikation von Süßholz bei niedrigem Infektionsdruck vor (Tab. 9). Zudem wurde mit der Sorte Gunda eine weniger Laub starke Sorte angebaut, die einen besseren und längeren Einsatz der Dropleg-Technik ermöglichen sollte. Die Anbaudaten sind wiederum in Tabelle 4 zusammengefasst. Um die für den Feldversuch notwendige Menge an Süßholzpräparat P1SC-149 zu reduzieren und die Applikationstermine flexibler planen zu können, wurde 2013 auch im Feldversuch die Fahrradspritze eingesetzt. In der Versuchsanlage wurden deshalb entsprechende Gehstreifen berücksichtigt (Abb. 16). Behandlungsbeginn wurde von ÖKO-SIMPHYT für den 01.06.2013 vorhergesagt. Der Infektionsdruck blieb jedoch aufgrund der hohen Temperaturen im Juni und Juli während der gesamten Saison sehr niedrig (Abb. 17). Infolge dessen erfolgten nur drei Behandlungen mit Süßholzpräparat SC-149 bzw. Cuprozin progress mit der halben Aufwandmenge (1 l/ha, entspr. 250 g Cu/ha und Behandlung). Befallsbeginn wurde am 15.07.2013 beobachtet. Die am 06.08.2013 durchgeführte Bonitur auf Nekrotisierung (Summe aus älteren *Phytophthora*-Läsionen und unspezifische Verbräunungen) der Blätter ergab keine Unterschiede zwischen den Behandlungsvarianten. In allen Varianten wurden ca. 25 % Nekrotisierung der Blätter beobachtet (Daten nicht gezeigt). Entsprechend gering waren auch die Unterschiede bei den Roherträgen zwischen den einzelnen Varianten (Abb. 18). Die Erträge waren zudem 2013 sowohl Sorten- als auch witterungsbedingt geringer als in den Vorjahren.

Tab. 9 Versuchsvarianten im Kartoffelversuch 2013, Sorte Gunda

Präparat/Applikationstechnik	Spritzfolge	800 l/ha
Kontrolle		
Cu progress + Spritzbalken	Cu nach ÖkoSimphyt, variierende Aufwandmengen	250 / 500 g Cu / ha
Cu progress + Droplegs + Spritzbalken	wie zuvor	250 / 500 g Cu / ha
Cu progress + Droplegs	wie zuvor	250 / 500 g Cu / ha
Süßholz P1SC 149 + Spritzbalken	Bei niedrigem Infektionsdruck Süßholz, sonst Cu progress	16 kg P1 bzw. 500 g Cu / ha
Süßholz P1SC 149 + Droplegs + Spritzbalken	Bei niedrigem Infektionsdruck Süßholz, sonst Cu progress	16 kg P1 bzw. 500 g Cu / ha
Cu progress + Spritzbalken	Nur bei mittlerem bis hohem Infektionsdruck	500 g Cu / ha



Abb. 16 Kartoffelversuch 2013 in der Sorte Gunda: Applikationstechnik Fahrradspritze mit Spritzbalken und Droplegs (links) und Versuchsübersicht am 24. Juli 2013 (rechts)

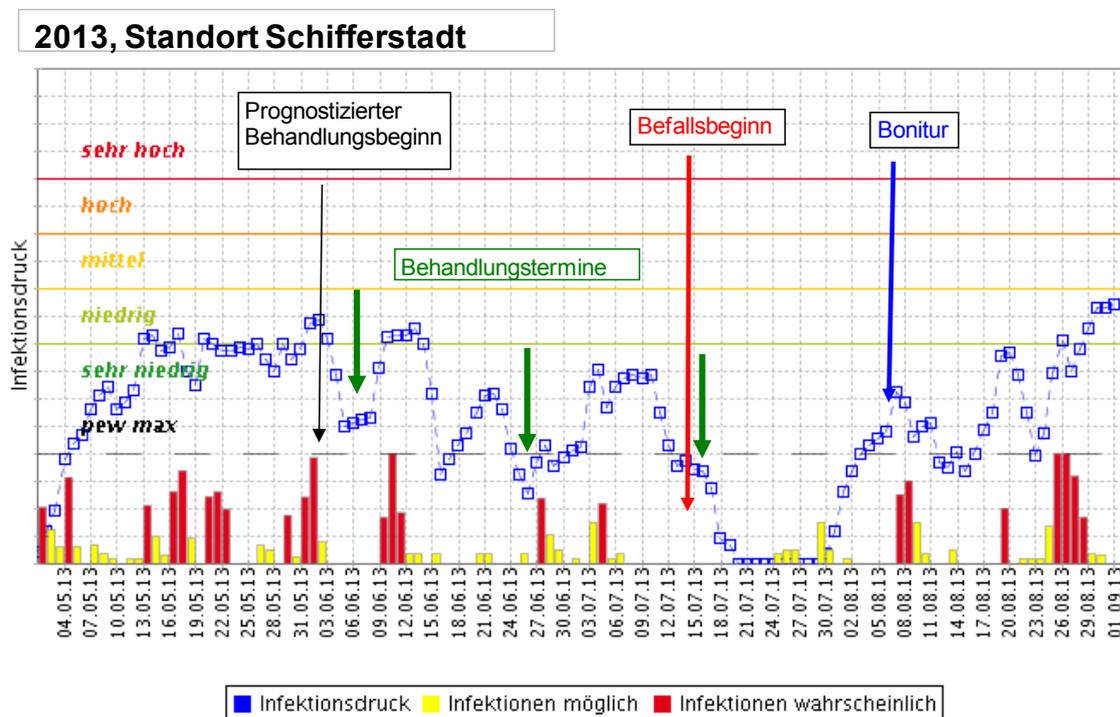


Abb. 17 Saisonaler, schlagspezifischer Krautfäule-Infektionsdruck nach ÖKO-SIMPHYT sowie Applikationstermine (grüne Pfeile), Befallsbeginn und Boniturtermin in dem Feldversuch mit Kartoffel 2013, Sorte Gunda (Berechnungen auf Datenbasis der Wetterstation Schifferstadt, Agrarmeteorologisches Messnetz Rheinland-Pfalz).

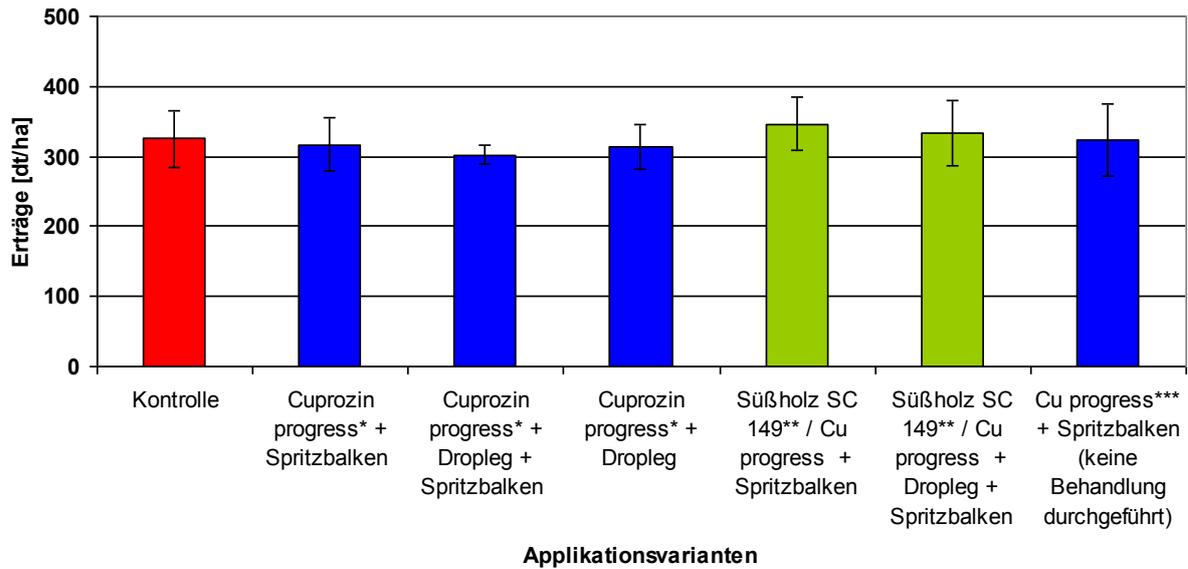


Abb. 18 Roherträge im Kartoffelversuch 2013, Sorte Gunda(Standort Queckbrunnerhof, Schifferstadt, DLR Rheinland, Angaben zu Versuchsvarianten siehe Tab. 9, *** Behandlung nur bei mittlerem bzw. hohem Krautfäule-Infektionsdruck)

4.2. Versuchsstandort JKI Kleinmachnow

4.2.1. Arbeitspaket 1: Erregerkultur, Etablierung technischer Voraussetzungen und Testsystem

Zu Beginn des Projektes und als Grundlage für die Untersuchungen zur Regenstabilität wurde am JKI Standort Kleinmachnow erfolgreich eine Methode zum Abregnen von Präparaten etabliert (Abb. 19). Anhand des Wirt-Pathogensystems Gurke/Falscher Mehltau konnte mit dieser Methode gewährleistet werden, den Einfluss verschiedener Regenmengen auf die Wirkung von Präparaten mittels einer Befallsschätzung an getopften Einzelpflanzen zu prüfen. Die Wiederholbarkeit der Untersuchungen war gewährleistet, da der Wasserdruck, die Tropfenfallhöhe und die Niederschlagsmenge regulierbar sind.



Abb. 19 Abregungsanlage für getopfte Einzelpflanzen

Für die Beurteilung des Einfluss der Süßholzformulierungen auf den Falschen Mehltau nach Abregnung wurden zwei Methoden auf ihre Eignung vergleichend geprüft. Zum Einen erfolgte die Befallsbonitur an getopften Einzelpflanzen im Semifreiland und zum andern an abgetrennten Blättern, die in feuchten Kammern inkubiert wurden (Abb. 20). Es zeigte sich, dass mit einer Einzelblattbonitur an ganzen Pflanzen die Unterschiede in der Regenstabilität der Formulierungen sicher erfasst wurden. Im Gegensatz dazu erwies sich die Ja/Nein Bonitur an in feuchten Kammern inkubierten Einzelblättern bei einem Stichprobenumfang von drei Blättern pro Variante als nicht ausreichend für eine Differenzierung der Varianten und wurde verworfen.



Abb. 20 Gurkenblatt mit Falschem Mehltau in feuchter Kammer (links), getopfte Einzelpflanzen im Semifreiland rechts

4.2.2. Arbeitspaket 2 und 4: Untersuchungen zum Einfluss von Klimafaktoren in Containerversuchen/Untersuchungen zum Einfluss von Aufwandmengen, Applikationsbeginn und –häufigkeit an Gurke

Mittels der Befallsbonitur an getopften Einzelpflanzen wurden in den drei Versuchsjahren insgesamt 27 Formulierungen in 12 Semifreiland-Ganzpflanzentests hinsichtlich ihrer Regenstabilität bei verschiedenen Abregnungsmengen geprüft. Nachfolgend werden am Beispiel von drei Versuchen die wichtigsten Ergebnisse erörtert.

Zu Beginn der Untersuchungen wurden die Prüfformulierungen „run off“ angewendet und die Abregnungsmengen von 0, 2, 7, und 15 mm geprüft (Abb. 21).

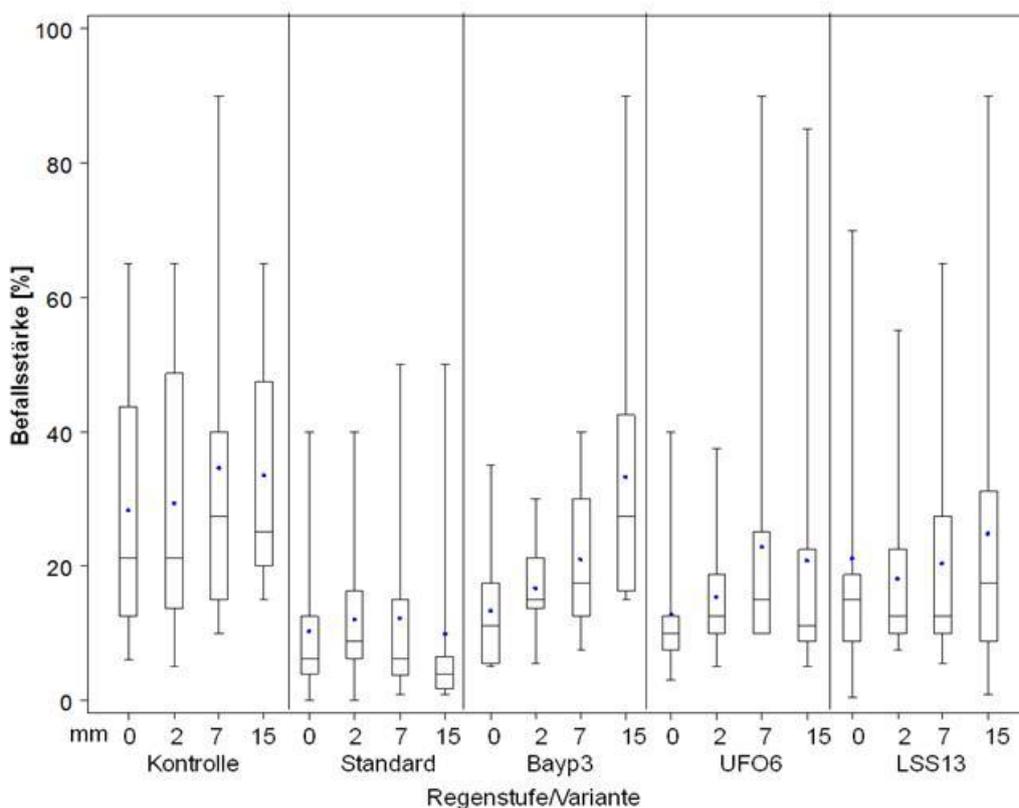


Abb. 21 Einfluss der Süßholzformulierungen auf die Befallsstärke von Falschem Mehltau an Gurke abhängig von den Beregnungsstufen 0, 2, 7 und 15 mm

Im Ergebnis zeigten die Pflanzen der unbehandelten Kontrolle die höchste Befallsstärke. Die verschiedenen Süßholzformulierungen reduzierten den Befall mit Falschem Mehltau, jedoch nicht in dem Maße wie nach einer Kupferanwendung. Signifikant waren dabei die Unterschiede in der Befallsstärke nach Anwendung von UFO 6 im Vergleich zur Kontrolle (Tab. 10), weshalb eine gewisse Regenstabilität für diese Prüfformulierung angenommen wurde. Bei Anwendung von Bayp3 war der Befall nach 15 mm Regen genauso hoch wie in der Kontrolle, weshalb hier davon ausgegangen werden kann, dass die Süßholzformulierung abgewaschen wurde.

Tab. 10 Angabe der p-Werte der Unterschiede im Befall Falscher Mehltau je Variante und Regenstufe, Simulate-Verfahren, signifikant für $p \leq 0,05$ (Abb. 21)

Regenstufe	Kontrolle vs.			
	Standard	UFO6	BAYP3	LSS13
0 mm	0.0137	0.0175	0.2041	0.9560
2 mm	0.0012	0.0427	0.0177	0.4049
7 mm	<.0001	0.0527	0.0636	0.0366
15 mm	<.0001	<.0001	0.0897	<.0001

Nachdem sich in ersten Untersuchungen der Verdacht der Abwaschung der Süßholzformulierungen bestätigte sowie erste besser geeignete Formulierungen sondiert werden konnten, erfolgten nach entsprechenden Verbesserungen der Formulierungen im Arbeitsschwerpunkt 1, 2012 Tests mit praxisüblichen Wasseraufwandmengen von 600 l/ha.

Hier zeigten die geprüften Formulierungen jedoch insgesamt keine ausreichende Wirkung gegen den Falschen Mehltau, da in den nicht berechneten Varianten der Befall genauso hoch war wie in der unbehandelten Kontrolle (Abb. 22). Eine Testung der Regenstabilität war entsprechend nicht möglich.

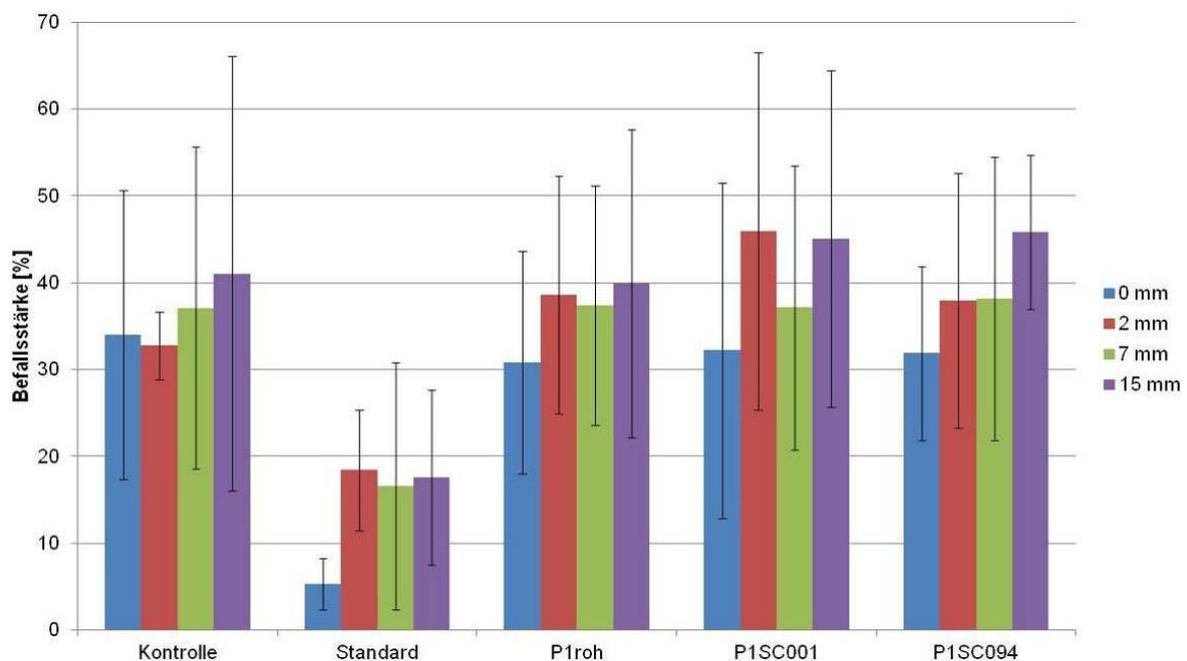


Abb. 22 Befallsstärke *P. cubensis* im Containerversuch unter Semifreilandbedingungen, Abregnungsstufen: 0, 2, 7, 15 mm, Aufwandmenge 600 l/ha, Mittelwert \pm Standardabweichung

Anschließende Untersuchungen mit Wasseraufwandmengen von 800 l/ha zeigten, dass erst ab dieser Aufwandmenge eine Wirkung der Prüfformulierungen gegen den Falschen Mehltau erzielt werden

konnte (Abb. 23). Die Unterschiede zwischen den Befallsstärken der Varianten im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle waren teilweise signifikant (Tukey Test, $p=0,05$). Insgesamt war jedoch die Befallsreduktion nach Anwendung der Süßholzformulierungen nicht ausreichend, da bei der Mehrzahl der Varianten die Befallsstärke über 40 % lag. Tendenziell war die Befallsstärke in den berechneten Varianten höher als in den nicht berechneten. Die Befallsreduktion lag weit unter den Möglichkeiten wie sie mit run off Mengen zu erzielen waren.

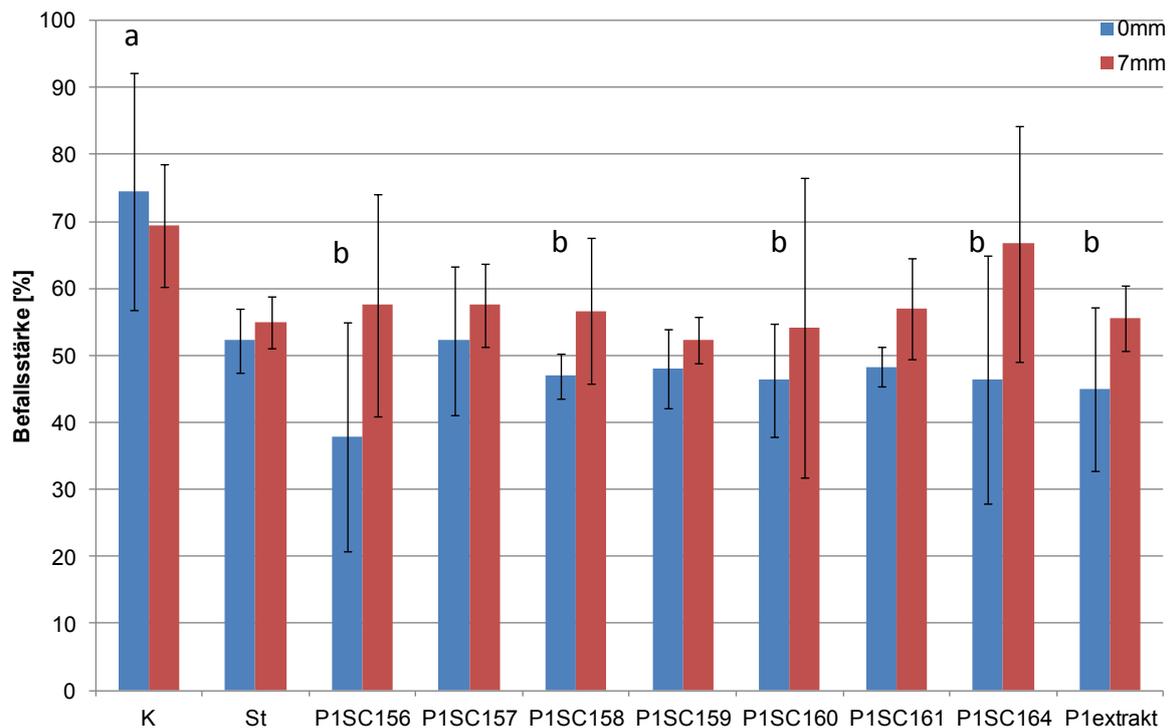


Abb. 23 Befallsstärke *P. cubensis* im Containerversuch unter Semifreilandbedingungen, Abregnungsstufen: 0, 7 mm, Aufwandmenge 800 l/ha, Mittelwert \pm Standardabweichung ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede in den nichtberechneten Varianten

Im Rahmen der Untersuchungen zu den Aufwandmengen wurden Probleme bei der Anwendung der Prüfformulierungen wie verstopfte Düsen und Spritzflecke auf den Blattoberflächen beobachtet und an Trifolio-M gemeldet (Abb. 24 links). Im Laufe der Projektlaufzeit wurden diese Probleme behoben, so dass im letzten Versuchsjahr weder Spritzflecke noch Probleme bei der Applikation auftraten. Das Spritzbild zeigte eine einheitliche Verteilung der Tropfen auf der Blattfläche (Abb. 24 rechts).



Abb. 24 Spritzflecke nach Applikation 2011 (links), gleichmäßige Verteilung der Prüfformulierung ohne Spritzflecke 2013 (rechts)

Entsprechend den Ergebnissen aus den Semifreilandtests wurden in den drei Versuchsjahren insgesamt sechs ausgewählte Formulierungen im Freiland getestet.

4.2.3. Arbeitspaket 5: Umsetzung von Kontrollstrategien in Parzellen- und Demonstrationsversuchen im Feld

2011 trat im Freiland natürlicher Befall mit Falschem Mehltau ab Kalenderwoche 25 etwa zeitgleich mit Guttation auf. Insgesamt waren 2011 Niederschläge mit nur acht niederschlagsfreien Tagen im Boniturzeitraum extrem häufig bei Temperaturen von im Durchschnitt 20 °C und höherer Luftfeuchte (70 bis 100 %), was zu einem hohen Befallsdruck führte (Abb. 25). 2013 kam es dagegen bei wesentlich höheren Temperaturen von im Durchschnitt 25 °C seltener zu Niederschlägen und einer geringeren Luftfeuchte (50 bis 80 %) (Abb. 26).

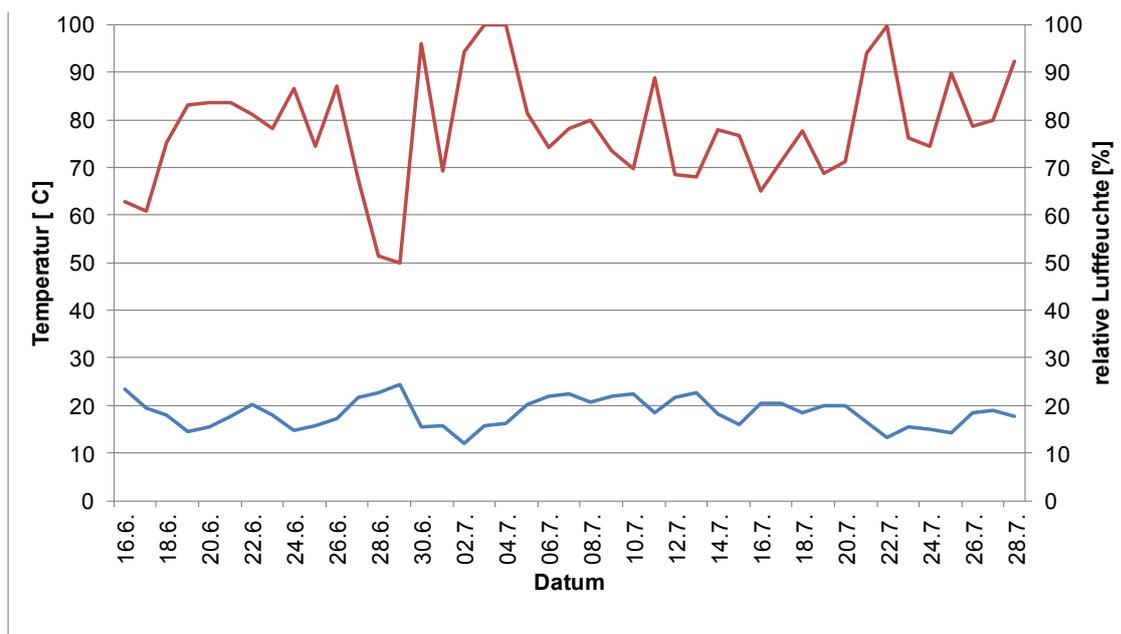


Abb. 25 Durchschnittliche Temperatur und relative Luftfeuchte 2011

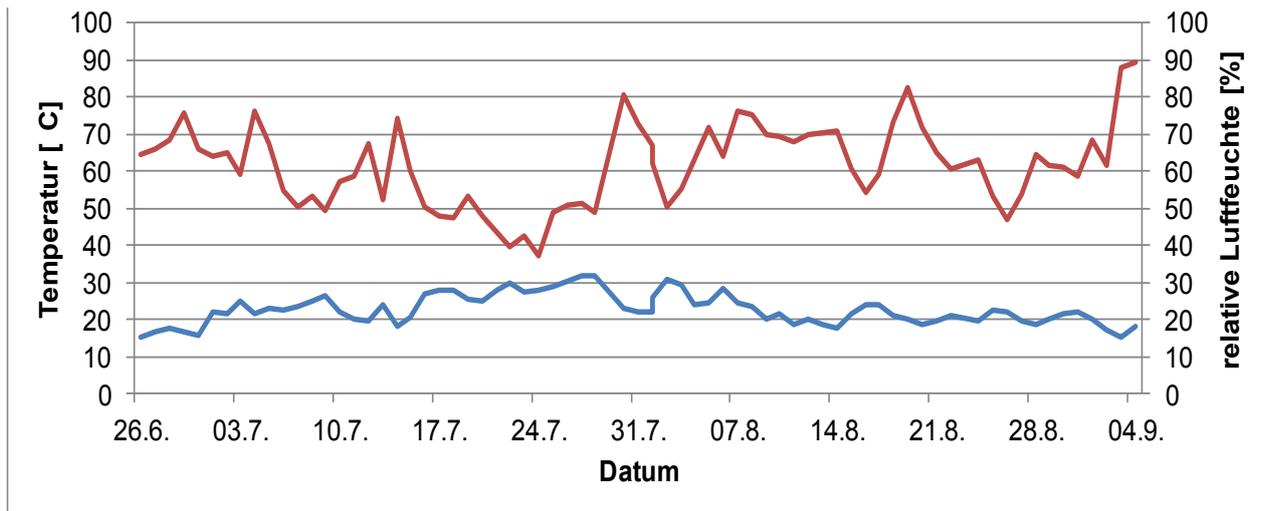


Abb. 26 Durchschnittliche Temperatur und relative Luftfeuchte 2013

Trotz der unterschiedlichen Klimabedingungen betrug in den Versuchsjahren 2011 und 2013 der Zeitraum fünf Wochen von Befallsbeginn bis zu einer Befallsstärke von 100 % (Abb. 27). Dabei verzögerten sowohl die Standardvariante Cuprozin progress als auch teilweise die Süßholzpräparate den Befallsbeginn um ein bis zwei Wochen. Bei den wöchentlichen Befallsbonituren war der Befall in den Präparatvarianten im Vergleich zur Kontrolle um eine Stufe geringer. Zum Ende des Boniturzeitraumes war jedoch in allen Varianten der Befall bei 100 %. Die statistische Auswertung zeigte für 2011 und 2013 keine signifikanten Unterschiede im Befall zwischen den Varianten (Wilcoxon Two-Sample Test, $p=0,05$).

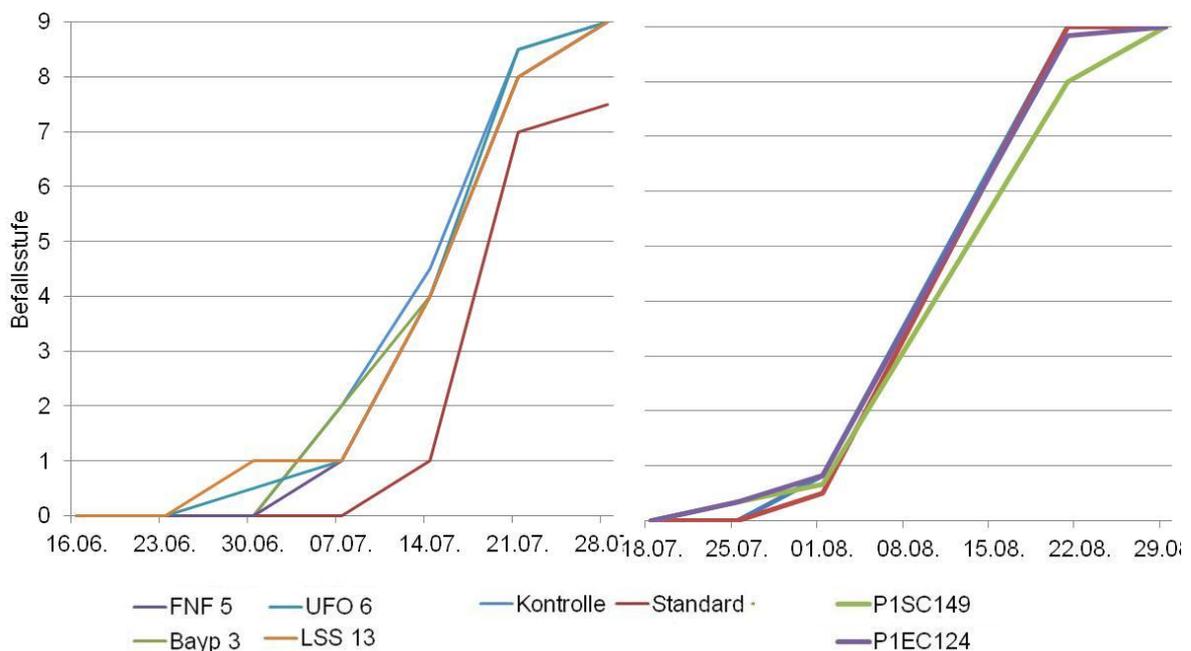


Abb. 27 Entwicklung des Befalls Falscher Mehltau an Gurke im Freiland nach Anwendung verschiedener Formulierungen (links 2011, rechts 2013)

Trotz nur geringer Unterschiede in der Befallsentwicklung zwischen den Varianten zeigten sich bei der Auswertung des Ertrages Unterschiede. Im Vergleich zur Kontrolle waren nach Anwendung der Prüfformulierungen die Gesamterträge teilweise höher (Tab. 11).

Tab. 11 Marktfähige Gesamterträge der Freilandversuche 2011 bis 2013 in Gurke mit unterschiedlich formulierten Süßholzpräparaten

Variante 2011	Gesamtertrag [dt/ha] 2011	Variante 2012	Gesamtertrag [dt/ha] 2012	Variante 2013	Gesamtertrag [dt/ha] 2013
Kontrolle	859	Kontrolle	1004	Kontrolle	1130
Standard	1046	Standard 3,1 l/ha 7tg	1070	Standard	1371
Bayp3	894	Standard 2,0 l/ha 7tg	918	P1SC149	1510
FNF5	983	P1SC001 7tg	1031	P1EC124	1192
UFO6	951	P1SC001 4tg	1149		
LSS13	955	P1SC001+TSforte 7tg	944		
		P1SC094 7tg	977		
		P1SC094 4tg	976		
		Standard 2 l/ha+P1SC001 abwechselnd 7tägig	894		

Die Steigerung des Ertrages beim Standard Kupfer wurde durch eine Verlängerung des Erntezeitraumes erzielt. Während bei allen Varianten ab vier Wochen nach Erntebeginn die Erträge deutlich zurück gingen, wurden bei kupferbehandelten Pflanzen noch über zwei Wochen die höchsten Erträge geerntet. Während die Triebe der kupferbehandelten Pflanzen zum Erntezeitraumeende einen hohen Grünanteil aufwiesen, zeigten die anderen Varianten deutlich mehr abgestorbene Blattmasse. Bei beispielsweise P1SC149 behandelten Pflanzen kam es 2013 gleichmäßig über den gesamten Erntezeitraum an jedem Erntetermin zu einer höheren Erntemenge. Auch 2012, wo kein Befall mit Falschem Mehltau im Freiland auftrat, erzielte die Variante P1SC001 bei einer Anwendung im Abstand von vier Tagen tendenziell die höchsten Erträge. Die statistische Auswertung der Ertragsdaten mittels Tukey Test ($p=0,05$) zeigte jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen allen Varianten.

Die Bewertung der einzelnen Ernteklassen zeigte, dass in den mit Süßholzformulierungen behandelten Varianten der Anteil bei den größeren Gurken etwas höher war (Abb. 28). Hier wären jedoch bessere Ergebnisse durch eine dreimal pro Woche stattfindende Ernte zu erzielen gewesen.

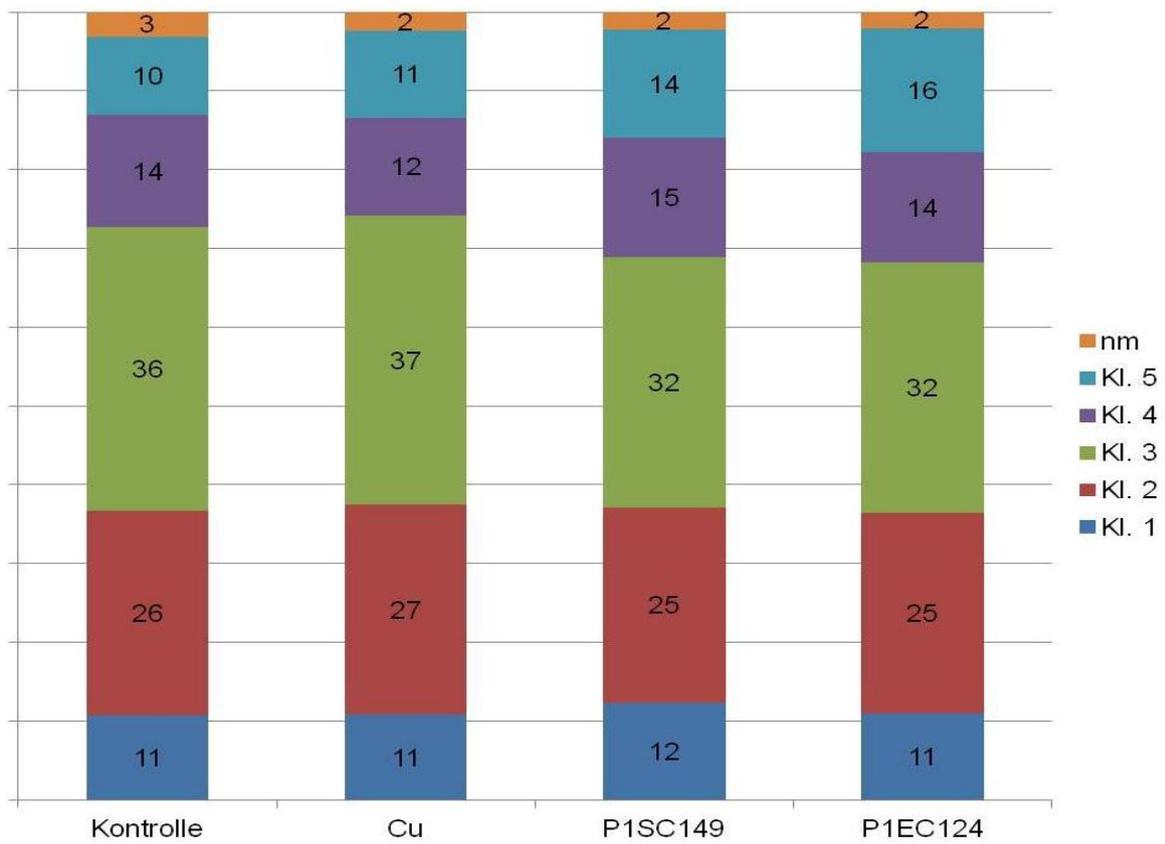


Abb. 28 Anteile an der Sortierung der Ernteklassen Freilandgurke 2013

5. Diskussion der Ergebnisse

5.1. Einleitung - Struktur des Verbundprojektes und Voraussetzungen, auf denen der Arbeitsschwerpunkt 2 'Anwendung im Freiland' aufbaute

Der strukturelle Aufbau des Verbundprojektes ermöglichte eine vielschichtige Herangehensweise an die Entwicklung eines biologischen Pflanzenschutzmittels (Abb. 29).

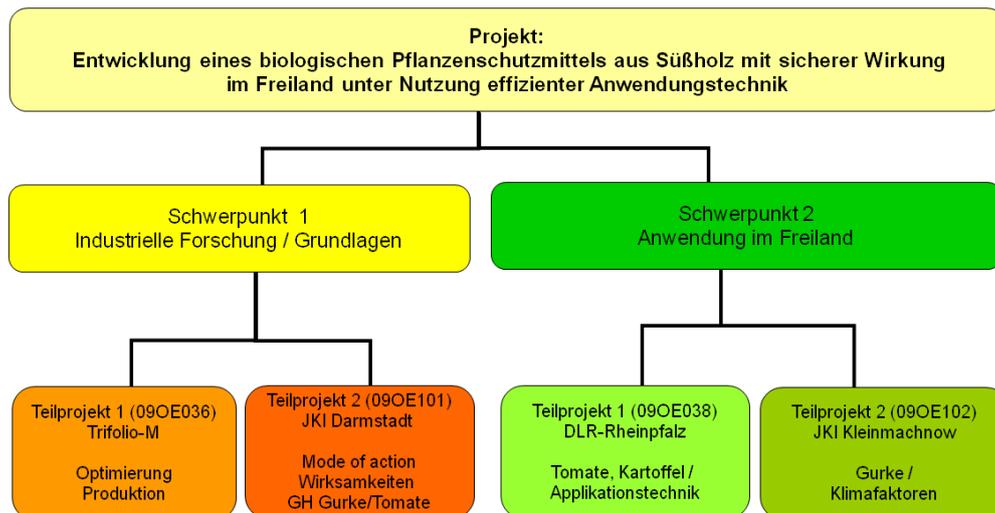


Abb. 29 Projektstrukturplan zum Verbundprojekt

In dem Arbeitsschwerpunkt 1 wurde zum einen als industrieller Partner der Hersteller Trifolio-M mit der Optimierung der Produktion und der Formulierung des Pflanzenextraktes direkt eingebunden. Für den Arbeitsschwerpunkt 2 mit den Untersuchungen unter Freilandbedingungen standen damit formulierte Süßholzextrakte zur Verfügung, deren Produktion bereits standardisiert war (siehe Abschlussbericht Trifolio-M zum Arbeitsschwerpunkt 1, Teilprojekt 09OE036). Insbesondere waren drei Leitsubstanzen in den Süßholzextrakten, die Flavonoide Pinocembrin, Licoflavanon und Glabranin soweit charakterisiert (Scherf et al., 2012), dass sie in der Qualitätskontrolle eingesetzt werden konnten. Weiterhin wurde von Trifolio-M nach positiver Vorprüfung im Gewächshaus die Anwendung der formulierten Süßholzpräparate auf eine Konzentration von 2 % Wirkstoff bezogen auf die eingesetzte (extrahierte) Pflanzentrockenmasse eingestellt und als Anwendungskonzentration empfohlen. Mit dieser Süßholzkonzentration würde nach Herstellerangaben voraussichtlich auch eine ausreichende Wirtschaftlichkeit erzielt werden können.

Zum anderen konnten mit den Arbeiten am Julius Kühn-Institut in Darmstadt im Arbeitsschwerpunkt 1 zwei weitere wichtige Schritte in der Präparatentwicklung in das Verbundprojekt integriert werden: grundlegende Untersuchungen zum Mode of Action und zur biologischen Wirksamkeit des Pflanzenextraktes sowie ein Screenen von neuen Präparatformulierungen. Als möglicher Wirkungsmechanismus konnte eine direkte fungistatische bzw. fungizide Wirkung des Süßholzextraktes mikroskopisch nachgewiesen werden, die vermutlich hauptsächlich die

Befallsreduktion von Falschem Mehltau in Gurke und *P. infestans* an Tomate bedingt. Nach vorläufigen Ergebnissen am JKI Darmstadt ist zudem zu erwarten, dass es Wirkungsunterschiede zwischen den beiden Erregern gibt und *P. infestans* empfindlicher gegenüber den Süßholz-Wirkstoffen reagiert als *P. cubensis*. Andererseits konnte auch gezeigt werden, dass der Extrakt bzw. einzelne Extraktfraktionen die physiologische Leistungsfähigkeit der Pflanzen über eine höhere Photosyntheseleistung und über eine Seneszenz verzögernde Wirkung steigern könnten. In einem erweiterten Screening wurden die von Triofolio-M vorselektierten formulierten Süßholzpräparate unter Laborbedingungen auf UV-Stabilität und Düsengängigkeit geprüft (Abschlussbericht Teilprojekt 09OE101).

Somit standen für die Untersuchungen unter Freilandbedingungen des Arbeitsschwerpunktes 2 schon mehrfach geprüfte formulierte Süßholzpräparate zur Verfügung.

5.2. Semifreilandversuche bei der Entwicklung von formulierten Süßholzpräparaten für die Feldanwendung

5.2.1. Einfluss von Sonnenstrahlung, Niederschlag und Präparataufwandmengen auf die biologische Wirksamkeit verschiedener Süßholzformulierungen

Die Entwicklung von Pflanzenschutzmitteln auf der Basis von Pflanzenextrakten für die Freilandanwendung zeigte in verschiedenen jüngeren Studien und Projekten regelmäßig das gleiche Phänomen: Die unter kontrollierten Bedingungen beobachtete gute Wirkung gegen *Phytophthora infestans* und *Pseudoperonospora cubensis* konnte nur in den wenigsten Fällen und da auch nur ansatzweise im Feld reproduziert werden (Kofoet und Fischer, 2004, Neuhoff et al., 2006; Schubert, 2009; Mattmüller et al., 2010, Schmitt et al., 2010). Als Gründe dafür sind vor allem mangelnde Kenntnisse zu nennen, wie einzelne Umweltfaktoren die biologische Wirksamkeit der Pflanzenextrakte im Feld beeinflussen und wie diesen gegebenenfalls mit entsprechenden Formulierungen entgegen gewirkt werden kann. Deshalb nahm in den hier vorgestellten Projektarbeiten des Arbeitsschwerpunktes 2 die Etablierung von Semifreilandversuchsanlagen einen breiten Raum ein, in denen einzelne Umweltfaktoren in ihrer Wirkung getrennt geprüft werden konnten.

Die vorgestellten Ergebnisse mit ausgewählten Süßholz-Formulierungen zeigen, dass in den Testsystemen Tomate - *P. infestans* und Gurke - *P. cubensis* unter Semifreilandbedingungen der Einfluss der Faktoren Sonnenstrahlung und Niederschlag auf die Wirkungsdauer des biologischen Präparates in unterschiedlichen Formulierungen detailliert untersucht werden kann. Unter Sonnenstrahlung nahm die Wirkung der 13 geprüften Formulierungen nach zwei Tagen deutlich ab, keine erwies sich unter diesen Bedingungen für länger als drei bis vier Tage stabil, d. h. der Wirkungsgrad sank auf ca. 20 bis 50 %. Gleichfalls reduzierte der Faktor Niederschlag bereits ab 7 mm die Wirkung der formulierten Süßholzpräparate. Auch Cao et al. (2003) konstatierte in einem Semifreiland-Testsystem mit Kartoffel und *P. infestans* einen starken Wirkungsverlust von Pflanzenextrakten nach 48 Stunden im Freiland, wobei hier die Faktoren Licht/Sonnenstrahlung und Niederschlag nicht getrennt untersucht wurden. In dem Abregungstestsystem zeigten die Präparate bereits in der Variante 'ohne Niederschlag' häufig eine hohe Befallsstärke, was ein Hinweis auf eine

zu geringe Aufwandmenge bzw. Anwendungskonzentration (siehe unten) bzw. Wirkungsunterschiede zwischen den beiden Schaderregern sein kann (siehe zuvor). Unter den Prüfbedingungen erschien keine der Süßholz-Formulierungen für den Freiland Einsatz geeignet und für diese Anwendung zu empfehlen.

In beiden Testsystemen zeigte sich zudem, dass für einen hohen Wirkungsgrad verhältnismäßig hohe Präparat- und Wasseraufwandmengen notwendig waren. Im Tomaten-System konnte ein deutlicher Dosis-Wirkungszusammenhang und zwar unabhängig von der geprüften Formulierung nachgewiesen werden. Steigende Wasseraufwandmenge von 400 bis 800 l/ha sowie formuliertes Süßholzpräparat in Mengen von 4 bis 24 kg/ha führten zu einem kontinuierlich ansteigenden Wirkungsgrad, der bei der höchsten Aufwandmenge dem von Cuprozin progress entsprach. Ähnliche Effekte wurden auch im Gurken-System beobachtet: Hier zeigten bis 'run off' applizierte Formulierungen deutliche Unterschiede im Wirkungsgrad nach dem Abregnen. Dagegen war bei geringeren Aufwandmengen auch in der nicht abgeregneten Variante keine hinreichende Wirkung zu erzielen. Im Hinblick auf die erforderlichen sehr hohen Präparataufwandmengen muss überdacht werden, ob eine gute Freilandwirkung nur über eine entsprechende Formulierung erreicht werden kann oder ob auch die Wirkstoffkonzentration im Präparat erhöht werden muss, um praxisnähere Aufwandmengen einsetzen zu können.

5.2.2. Prüfung unterschiedlicher Applikationsverfahren im Testsystem Tomate im Semifreiland

Eine weitere Fragestellung, die in dem Testsystem Tomate mit den ca. 70 cm hohen Pflanzen im Freiland bearbeitet werden konnte, war die nach einem Praxis tauglichen Applikationsverfahren, das zudem die Wirkungsweise des Präparates berücksichtigt. Das in den Versuchen des Arbeitsschwerpunktes 1 zumeist eingesetzte Verfahren - Applikation mit Handdrucksprayern tropfnass auf alle Pflanzenteile, insbesondere auch auf die Blattunterseiten - musste in eine praxisübliche Technik übertragen werden. Hierfür stand ab 2012 eine Fahrradspritze beim DLR Rheinpfalz zur Verfügung, mit der die Versuchspräparate analog einer Standardfeldspritze ausgebracht werden konnten.

In den Versuchen konnte nachgewiesen werden, dass mit einer praxisüblichen Applikation mit Spritzbalken erwartungsgemäß nur die Blattoberseiten der Pflanzen mit der Spritzbrühe erreicht wurden und anschließend nur auf dieser belegten Fläche die Süßholzpräparate wirksam waren. Um auch eine Wirkung bei Infektion auf der Blattunterseite zu gewährleisten, wurden sogenannte 'Droplegs' zwischen Reihen aus Tomatenpflanzen geführt. In diesem Verfahren konnten die Blattober- und Blattunterseiten im unteren Bestandsbereich und zum Teil auch die Blattunterseiten und - oberseiten der oberen Blattetagen mit Spritzbrühe belegt werden. Mit einer Kombination aus beiden konnte zwar insgesamt mehr Blattfläche erreicht werden, jedoch war das Spritzbild, dargestellt mit wassersensitivem Papier, auf den Einzelflächen weniger gleichmäßig als bei der alleinigen Applikation mit Spritzbalken.

Im biologischen Nachweis mit *P. infestans* und Cuprozin progress konnten in dem kombinierten Verfahren die zu erwartenden hohen Wirkungsgrade (80 bis 85 %) auf den Blattoberseiten im

gesamten Pflanzenbereich erzielt werden, Infektionen auf der Blattunterseite konnten jedoch nur in geringem Umfang (10 bis 20 %) vermindert werden. Bezogen auf die gesamte Blattoberfläche lag der Wirkungsgrad um ca. 10 % im Spritzbalken-Dropleg-Verfahren höher als bei alleiniger Applikation mit Spritzbalken. Tendenziell ähnliche Ergebnisse wurden mit einer Süßholzformulierung bei den unterschiedlichen Applikationsverfahren erzielt, allerdings auf einem wesentlich niedrigeren Wirkungsniveau. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in einer Versuchsanstellung wie dem hier vorgestellten Semifreiland-Testsystem Tomate - *P. infestans* auch applikationstechnische Fragestellungen bearbeitet und diese einfach und reproduzierbar mit einem biologischen Wirkungsnachweis bezogen auf bestimmte Blatt- und Pflanzenbereiche kombiniert werden können. Vor allem Letzteres ist bei Versuchsanlagen im Feld wesentlich schwieriger und nur mit höherem Probenumfang und Arbeitsaufwand zu erreichen.

5.2.3. Semifreilandversuche: Bedeutung und Schlussfolgerungen

Erste Untersuchungen zur Wirkungsdauer von Pflanzenextrakten in einem Semifreiland-Testsystem stellten Cao et al. (2003) vor: Nach der Behandlung von Kartoffelpflanzen im Freiland wurden zu unterschiedlichen Terminen Blattproben entnommen und im Labor mit *P. infestans* infiziert und anhand der Befallswerte die Wirkungsdauer unter natürlichen, wechselnden Witterungsbedingungen ermittelt. Die Autoren schlussfolgern aus den Ergebnissen, dass ein Semifreiland-Testsystem die Entwicklung eines auf einem Pflanzenextrakt basierenden Pflanzenschutzmittels beschleunigen kann. Auch Neuhoff et al. (2006) verweisen auf die Bedeutung von Semifreilanduntersuchungen in der Pflanzenschutzforschung für den ökologischen Anbau als Kombination aus Versuchsanlage im Freiland und Nachweisverfahren im Labor oder Gewächshaus.

Die hier vorgestellten Semifreiland-Testsysteme Tomate und Gurke gehen noch mehrere Schritte weiter:

- Homogenes freiland-ähnliches Versuchspflanzenmaterial wurde durch eine Gewächshausanzucht und anschließender längerer Freilandadaptionsphase gewonnen.
- Die Applikation der biologischen Präparate konnte insbesondere im Tomaten-Testsystem an praxisnahe Ausbringungsverfahren angepasst werden. Dies schloss auch die Möglichkeit ein, besondere Applikationsverfahren, wie die Dropleg-Technik, in kleinem Versuchsrahmen detailliert zu untersuchen.
- Da die Versuchsanlagen vor Regen bzw. Sonnenstrahlung geschützt werden konnten, war es möglich, den Einfluss der beiden Faktoren getrennt zu prüfen.
- Die Regenfestigkeit der Versuchspräparate konnte im Gurken-Testsystem in einer Regensimulationsanlage standardisiert und reproduzierbar mit definierten Niederschlagsmengen untersucht werden.

In den Semifreiland-Testsystemen konnte meistens die gute bis sehr gute Wirkung der formulierten Süßholzpräparate zu Versuchsbeginn ohne Sonnenstrahlung und Niederschlag nachgewiesen werden. In dieser Hinsicht konnten die Gewächshausergebnisse aus dem Arbeitsschwerpunkt 1

bestätigt werden. Jedoch schon wenige Stunden Sonnenstrahlung oder auch Niederschlagsereignisse von 7 mm verminderten die biologische Wirksamkeit gravierend. Damit konnte nachgewiesen werden, dass beide Faktoren die Wirksamkeit der Süßholzpräparate im Feld negativ beeinflussen werden.

In den vorgestellten Versuchsanordnungen konnten jedoch einige weitere Faktoren nicht untersucht werden, die eine biologische Wirksamkeit eines Präparates im Feld im Vergleich zur Gewächshausprüfung beeinflussen können, z. B. die veränderte Oberflächenmorphologie der Blätter (Wachsschicht!), Unterschiede in der Wirkstoffverteilung und -aufnahme oder biochemische Abbauprozesse in der Phyllosphäre unter Freilandbedingungen.

In der Zusammenschau der Versuchsergebnisse und der Erfahrungen in den einzelnen Versuchsansätzen ist festzustellen, dass Semifreilandprüfungen als wichtiger, wenn nicht sogar unumgänglicher Zwischenschritt in der Entwicklung eines Pflanzenschutzmittels auf biologischer Basis einzustufen sind. Hierdurch können zeit- und kostenintensive Parzellen- und Praxisversuche erheblich reduziert werden, bei gleichzeitig größerem Erkenntnisgewinn, welche Umweltfaktoren primär die biologische Wirksamkeit eines Präparates im Freiland beeinflussen werden. Mit diesem Wissen könnten gezielter Präparatentwicklungen vorangetrieben werden.

5.3. Überprüfung der Wirkung formulierter Süßholzpräparate in Feldversuchen

5.3.1. Einfluss des Applikationsverfahrens auf den Krautfäulebefall in Kartoffel

Die Kultur Kartoffel ist hinsichtlich ihrer Blattmorphologie und Blattoberflächenstrukturen verhältnismäßig gut benetzbar, erfordert aber aufgrund ihres Bestandsaufbaus mit weit verzweigtem Blatt- und Stängelapparat entsprechend angepasste Applikationsverfahren, um eine gute Verteilung der Spritzbrühe im Bestand zu erreichen. Hierfür wurden vor allem im konventionellen Kartoffelanbau verschiedene Applikationstechniken, insbesondere unterschiedliche Düsentypen, eingehend geprüft (z. B. Luckhard et al., 2011). Um einen optimalen Pflanzenschutzmittelbelag auf beiden Blattseiten sowie auch im unteren Bestandsbereich zu erzielen, wurde in den letzten Jahren die Applikation mit Dropleg-Technik für verschiedene landwirtschaftliche Kulturen wie auch Gemüsekulturen entwickelt.

Im ökologischen Kartoffelanbau konnten Wohlleben (2003) keine Unterschiede im Krautfäulebefall bei Kupfereinsatz entweder mit Standard Spritzbalken oder mit der Kombination Spritzbalken - Droplegs nachweisen. Hingegen konnten Irla et al (2001) durch Einsatz einer Spritzbalken - Dropleg - Technik nachweislich sowohl den Bedeckungsgrad der Blattoberflächen verbessern als auch den Krautfäulebefall signifikant verringern.

Im Rahmen dieses Projektes wurde die Wirkung von Cuprozin progress mit gleichbleibender Aufwandmenge von 2 l/ha in den Applikationsverfahren 'Spritzbalken', 'Droplegs' und Spritzbalken-Dropleg-Kombination verglichen. Es konnten keine Unterschiede in der Befallsstärke mit Krautfäule abhängig vom eingesetzten Verfahren festgestellt werden. Jedoch wurden im Versuch 2011 deutliche Unterschiede in der Verteilung des Befalls im Bestand beobachtet je nachdem, welcher Pflanzenbereich überwiegend durch das Applikationsverfahren 'Spritzbalken' (oberer Pflanzenbereich) bzw. 'Dropleg' (unterer Pflanzenbereich) erreicht wurde. Die Spritzbalken-Dropleg-Kombination wurde

allerdings 2011 nicht mit Cuprozin geprüft. Im Versuchsjahr 2012 konnten keine Verteilungsunterschiede im Bestand festgestellt werden, was wahrscheinlich auch auf den Umstand zurückzuführen ist, dass in der laubstarken und rankenden Sorte Agria spätestens ab dem dritten Applikationstermin ein Führen der Droplegs zwischen den Reihen nicht mehr möglich war. Der Einsatz von Dropleg-Technik in der Kultur Kartoffel kann nach diesen Ergebnissen deshalb nur mit Einschränkungen empfohlen werden.

Die gleichfalls 2011 und 2012 mit verschiedenen Verfahren geprüften Süßholzpräparate P1-UFO6 und P1SC-001 hatten keine Wirkung auf den Krautfäulebefall, was aufgrund der nachgewiesenen geringen Wirkungsdauer der Formulierungen in den Semifreilandversuchen zu vermuten gewesen war. Jedoch zeigte die 2012 eingesetzte nicht Feldspritzen taugliche SC-Formulierung noch eine weitere Problemstellung auf: Aufgrund der Konsistenz und des offensichtlich schwer formulierbaren Pflanzenextraktes sollten umfangreiche Testungen mit unterschiedlichen praxisüblichen Feldspritzen und auch unter unterschiedlichen Anwendungsbedingungen vor einer Präparateinführung in die Praxis erfolgen.

Die für 2013 geplante Spritzfolge 'Süßholzpräparat bei niedrigem Infektionsdruck und Cuprozin bei mittlerem bis höherem Infektionsdruck' führte mangels Befallsentwicklung zu keinem Ergebnis. Da aber - wie in Semifreilandversuchen nachgewiesen werden konnte - der Infektionsdruck (Inokulumdichte) die Wirkungsdauer des Süßholzpräparates beeinflussen kann, könnte eine so gestaltete Spritzfolge mit einer photostabilen Süßholzformulierung zu einem verminderten Einsatz von Kupferpräparaten im ökologischen Kartoffelanbau führen.

5.3.2. Einfluss der Anwendungshäufigkeit in Gurken gegen *Pseudoperonospora cubensis*

Für die Prüfung der Wirkung der Präparate hinsichtlich einer Befallsreduktion im Feld, erfolgte eine Anwendung im Abstand von sieben oder vier Tagen. Jedoch war die positive Wirkung einiger Formulierungen aus den Containerversuchen im Freiland zum Vegetationsende in keinem der Anwendungsintervalle nachweisbar. Engere Anwendungsabstände wurden nicht geprüft, da sie in der Praxis nicht zu vertreten wären.

Im Gegensatz zu den Semifreilandversuchen, kam es bei den Feldversuchen zu einem weiteren wesentlichen Einflussfaktor auf die Wirkung der Präparate - die Sonnenstrahlung. Aber auch Faktoren wie ein hoher Infektionsdruck, Starkregenereignisse oder Guttation bei der Gurke beeinflussten hier maßgeblich die Wirkung der Präparate. Unter natürlichen Klimabedingungen musste daher mit einer schwächeren Wirkung der Präparate gerechnet werden. Obwohl durch die Formulierung der Süßholzpräparate vereinzelt Verbesserungen in der Stabilität unter den einzelnen Einflussfaktoren wie Sonneneinstrahlung oder Regen erzielt werden konnten, waren diese bei dem Zusammenwirken aller Einflussfaktoren im Feld nicht ausreichend, um eine Wirkungsdauer in praxisüblichen Anwendungsabständen zu gewährleisten.

Darüber hinaus traten zu Beginn der Feldversuche Probleme bei der Ausbringung der Präparate auf. Während in den Semifreilandversuchen die Präparate mit Saug-Druck-Pumpflaschen noch gut löslich

und zu applizieren waren, traten bei praxisüblichen Aufwandmengen zunehmend Löslichkeitsprobleme und in Folge dessen verstopfte Düsen und Spritzbeläge auf den Pflanzen auf. Im Laufe der Projektlaufzeit konnten diesbezügliche Probleme durch eine Verbesserung der Formulierungen reduziert werden.

Anhand der Feldversuche konnte auch nachgewiesen werden, dass Pflanzen, die mit Süßholzformulierungen behandelt wurden, tendenziell einen höheren Ertrag erbringen. Bisher wurde bei der biologischen Wirkung von Süßholz nur von einer direkten Wirkung auf den Erreger ausgegangen. Da aber der Befall nicht reduziert wurde, der höhere Erträge begründet hätte, müssen andere Faktoren dazu geführt haben. Hier könnte ein Einfluss auf die vegetative und/oder generative Pflanzenentwicklung entscheidend sein. Faktoren die zu einer höheren Erntemenge bei Gurke führen würden, wären ein höherer Anteil an Pflanzenmasse, der zu einer höheren Anzahl an Blüten entweder durch eine erhöhte Triebanzahl oder durch längere Triebe entstanden sein kann.

6. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse; Möglichkeiten der Umsetzung oder Anwendung der Ergebnisse für die Praxis und Beratung

Da während der Projektlaufzeit kein Freiland-taugliches formuliertes Süßholzpräparat entwickelt werden konnte (siehe Abschlussbericht Teilprojekt Industrielle Forschung FKZ 09OE036), konnten auch keine darauf aufbauende Anwendungsverfahren für die Praxis erarbeitet werden. Jedoch wurden im Rahmen des Arbeitsschwerpunktes 2 neue Semifreiland-Testsysteme etabliert und deren Aussagekraft mit zahlreichen Versuchsformulierungen nachgewiesen, so dass diese Methodik bei der künftigen Entwicklungen von biologischen Pflanzenschutzmitteln auf Basis von Pflanzenextrakten sinnvoll genutzt werden kann.

**7. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen;
Hinweise auf weiterführende Fragestellungen**

Nachfolgend werden die geplante Vorgehensweise und die entsprechende Bewertung gegenübergestellt.

Arbeitspaket (Soll)	Bewertung (Ist)
Teilprojekt 1 (FKZ 09OE038): Tomate, Kartoffel/Applikationstechnik	
(1) Erregerkultur, Etablierung der technischen Voraussetzungen und Testsystem	durchgeführt
(2) Untersuchungen zum Einfluss von Klimafaktoren in Containerversuchen in Tomate <ul style="list-style-type: none"> • Faktor Sonneneinstrahlung • Faktor Niederschlag 	<ul style="list-style-type: none"> • durchgeführt • nicht durchgeführt, da ab dem 2. Projektjahr die Versuche zum Faktor Sonneneinstrahlung zum Screening erweitert wurden.
(3) Erarbeitung einer angepassten Applikationstechnik	z. T. durchgeführt Da kein Freiland-taugliches Süßholzpräparat zur Verfügung stand, konnte der Einfluss der erarbeiteten Verfahren auf die Präparatwirksamkeit nur ansatzweise untersucht werden.
(4) Untersuchungen zum Einfluss von Aufwandmengen	durchgeführt
(5) Umsetzung von Kontrollstrategien in Parzellen- und Demonstrationsversuchen im Feld	z. T. durchgeführt Da kein Freiland-taugliches Süßholzpräparat zur Verfügung stand, wurden keine Demonstrationsversuche angelegt.
(6) Projektkoordination und Verbreitung der Ergebnisse (Vorträge, Berichte Veröffentlichungen)	durchgeführt

Arbeitspaket (Soll)	Bewertung (Ist)
Teilprojekt 2 (FKZ 09OE102): Gurke/Klimafaktoren	
(1) Erregerkultur, Etablierung der technischen Voraussetzungen und Testsystem	durchgeführt
(2) Untersuchungen zum Einfluss von Klimafaktoren in Semifreilandversuchen in Gurke <ul style="list-style-type: none"> • Faktor Niederschlag 	<ul style="list-style-type: none"> • durchgeführt
(3) Klimakammerversuche, Simulation Wetterablauf	nicht durchgeführt Da kein Freiland-taugliches Süßholzpräparat zur Verfügung stand, konnte der Einfluss des Wetterablaufs nicht untersucht werden.
(4) Untersuchungen zum Einfluss von Aufwandmengen	durchgeführt
(5) Umsetzung von Kontrollstrategien in Parzellen- und Demonstrationsversuchen im Feld	z. T. durchgeführt Da kein Freiland-taugliches Süßholzpräparat zur Verfügung stand, wurden keine Demonstrationsversuche in der Praxis angelegt.
(6) Projektkoordination und Verbreitung der Ergebnisse (Vorträge, Berichte, Veröffentlichungen)	durchgeführt

Als Meilensteine wurden definiert:

MS 1 03/2011 Auswahl der aktuell verfügbaren Süßholzpräparate für Container- und Feldversuche

MS 2 07/2011 Versuchsmethodik zum Nachweis von Stabilität bei Regen und Sonne etabliert

MS 3 12/2011 Erste Bewertung biologische Wirksamkeit im Feld

MS 4 03/2012 Applikationstechnik entwickelt und Präparataufwandmengen bestimmt

MS 5 07/2012 Zweijährige Ergebnisse zur Freilandwirkung liegen vor

MS 6 03/2013 Strategieoptionen sind erarbeitet und Demonstrationsversuche geplant

MS 7 11/2013 Bewertung der Strategieoptionen und Erarbeiten von Beratungsempfehlungen

Die Arbeitspakete wurden nach Projektplan abgearbeitet und die Meilensteine wurden, soweit sie sich auf die Methodik bezogen (MS 1-5), erreicht. Da nach dem ersten Projektjahr absehbar war, dass die Entwicklung eines praxistauglichen Süßholzpräparates wesentlich mehr Entwicklungs- und Prüfarbeiten erforderte, wurden die Versuchsplanungen jährlich angepasst und der BLE zu Beginn der Freilandsaison zugesandt. Die Anpassungen bestanden überwiegend darin, dass wesentlich mehr

unterschiedliche Formulierungen in den Semifreilandversuchen in einem erweiterten Screening geprüft wurden. Der Anteil vertiefender Untersuchungen mit einzelnen formulierten Süßholzpräparaten musste infolgedessen stark reduziert werden. Aus diesen Gründen konnten auch keine Demonstrationsversuche und Strategieoptionen entwickelt werden. Das geplante Hauptziel des Projektes - eine optimierte und stabile Süßholz-Formulierung im Freilandeinsatz zu prüfen - konnte nicht erreicht werden.

Die erarbeitete Methodik der Semifreilandversuche wurde schon während der Projektlaufzeit von den Projektpartnern im Arbeitsschwerpunkt 1 bei der Prüfung und Selektion von Testformulierungen übernommen. Der Hersteller Trifolio-M arbeitet im Rahmen nationaler und europäischer Projekte (<http://www.co-free.eu/>) weiter intensiv an einem Freiland-tauglichen Präparat auf Basis von Süßholz.

8. Zusammenfassung

Falscher Mehltau und *Phytophthora* spp. gehören in vielen Freilandgemüseulturen sowie Kartoffel zu den ökonomisch wichtigsten Schaderregern. Im ökologischen Anbau stehen zu ihrer direkten Kontrolle nur kupferhaltige Präparate zur Verfügung, deren Einsatz in der Europäischen Union zukünftig weiter reduziert werden soll.

Deshalb beschäftigten sich im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau in den vergangenen Jahren verschiedene Projekte mit der eingehenden Prüfung ausgewählter Pflanzenstärkungsmittel mikrobieller und pflanzlicher Herkunft unter kontrollierten Bedingungen. Die Ergebnisse zeigten, dass der ethanolische Extrakt aus dem Laub von *Glycyrrhiza glabra* (Süßholz) im Labor und unter Glas eine gute Wirkung gegen Oomycten in verschiedenen Gemüseulturen besitzt und den Befall stark reduzieren kann. In der Freilandanwendung dieses Extraktes wurden jedoch erhebliche Defizite in der Prüfformulierung, insbesondere hinsichtlich der Sonnen- und Regenstabilität festgestellt. Zusätzlich gab es Hinweise, dass eine angepasste Applikationstechnik und an Infektionsphasen orientierte Behandlungstermine die Freilandwirkung eines Präparates auf Süßholz-Basis deutlich steigern könnten.

Basierend auf diesen Ergebnissen wurde 2010 ein Verbundprojekt mit der Zielsetzung initiiert, ein biologisches Pflanzenschutzmittel aus Süßholz mit sicherer Wirkung im Freiland unter Nutzung effizienter Anwendungstechnik zu entwickeln. In dem hier vorgestellten Arbeitsschwerpunkt 2 sollten Prüfverfahren für die Sonnen- und Regenstabilität formulierter Süßholzpräparate unter Freilandbedingungen erarbeitet sowie Strategieoptionen in den Kulturen Gurke und Kartoffel geprüft werden, die eine erfolgreiche Anwendung eines Süßholzpräparates im Freiland ermöglichen und damit eine höhere Ertrags- und Anbausicherheit im ökologischen Gemüse- und Kartoffelanbau unterstützen. Alle in diesem Arbeitsschwerpunkt geprüften Süßholzformulierungen wurden von der Firma Trifolio-M entwickelt und bereitgestellt. Die insgesamt 31 Formulierungen hatten zuvor bei Trifolio-M und dem JKI Darmstadt im Arbeitsschwerpunkt 1 des Verbundprojektes eine intensive Vorprüfung durchlaufen.

Für die Prüfung des Einflusses von Sonnenstrahlung und Niederschlag auf die biologische Wirksamkeit formulierter Süßholzpräparate wurden am DLR-Rheinpfalz, Lehr- und Versuchsbetrieb Queckbrunnerhof, und am Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst Kleinmachnow, Semifreiland-Testsysteme in Tomate mit *Phytophthora infestans* und Gurke mit *Pseudoperonospora cubensis* entwickelt und etabliert. Diese ermöglichten sowohl nach Beregnung als auch unter dem Einfluss von Sonnenlicht eine Bewertung der Wirksamkeit formulierter, pflanzlicher Präparate im Vergleich zu unbehandelten Kontrollpflanzen und Kupferfungizid. Die Pflanzen wurden hierfür ein bis zwei Wochen vor Versuchsbeginn an Freilandbedingungen adaptiert, mit den Prüfpräparaten behandelt, nach definierten Zeiträumen in einem Regensimulator mit unterschiedlichen Regenmengen beregnet oder in klar definierten Zeitabständen dem Sonnenlicht ausgesetzt. Nach der anschließenden künstlichen Infektion mit *Phytophthora infestans* bzw. dem Falschen Mehltau der Gurke wurde die Befallsstärke der Pflanzen beurteilt. Mit beiden Methoden konnten reproduzierbare Ergebnisse erzielt werden.

An Tomaten, Sorte Campari, wurde im Blatttest mit *P. infestans* nachgewiesen, dass die meisten Süßholzformulierungen direkt nach der Applikation ohne Sonneneinstrahlung hohe Wirkungsgrade von 70 bis 90 % besaßen. Wirkungsschwankungen konnten bei einzelnen Formulierungen nachweislich durch verminderte Löslichkeit der Versuchspräparate bedingt sein. Jedoch zeigten bereits nach ein bis zwei Tagen Freilandexposition alle Süßholzformulierungen einen deutlich geringeren Wirkungsgrad. Im Extremfall konnte schon nach sechs Stunden Freilandexposition eine Wirkungsreduktion um 85 % nachgewiesen werden. Das Vergleichspräparat Cuprozin progress zeigte über den gesamten Probenahmezeitraum (0 bis 6 Tage) einen sehr hohen Wirkungsgrad, eine Wirkungsminderung im Freiland - ohne Niederschlag - konnte im Gegensatz zu den Süßholzpräparaten nicht festgestellt werden. Im Semifreiland-Testsystem Gurke mit simulierten Regenbedingungen wurde deutlich, dass die Süßholzpräparate bei Applikation bis ‚run off‘ eine gute Wirkung gegen Falschen Mehltau aufwiesen, diese jedoch mit zunehmender Regenmenge deutlich abnahm. Anhand der Untersuchungen wurde die geringe Stabilität der Prüfformulierungen sowohl unter Sonneneinstrahlung als auch bei Niederschlag nachgewiesen.

In beiden Testsystemen zeigte sich zudem, dass für einen hohen Wirkungsgrad verhältnismäßig hohe Präparat- und Wasseraufwandmengen notwendig waren. Im Tomaten-System konnte ein deutlicher Dosis-Wirkungszusammenhang unabhängig von der geprüften Formulierung nachgewiesen werden. Steigende Wasseraufwandmenge von 400 bis 800 l/ha sowie formuliertes Süßholzpräparat in Mengen von 4 bis 24 kg/ha führten zu einem kontinuierlich ansteigenden Wirkungsgrad, der bei der höchsten Aufwandmenge dem von Cuprozin progress entsprach. Ähnliche Effekte wurden auch im Gurken-System beobachtet: Hier zeigten bis ‚run off‘ applizierte Formulierungen deutliche Unterschiede im Wirkungsgrad nach dem Abregnen, während bei geringeren Aufwandmengen auch in der nicht abgeregneten Variante keine hinreichende Wirkung erreicht werden konnte.

Des Weiteren wurden im Testsystem Tomate der Einfluss der Applikationsverfahren ‚Spritzbalken‘, ‚Droplegs (Spritzbeine)‘ und der Kombination Spritzbalken + Droplegs auf die Präparatverteilung im Bestand mit wassersensitivem Papier sowie im Blatttest mit den Präparaten Cuprozin progress und einer ausgewählten Süßholzformulierung geprüft. Mit dem Verfahren Spritzbalken wurden die Blattoberseiten gut belegt und Infektionen auf der Blattoberseite der Pflanzen im gesamten Bestand kontrolliert. Bei alleiniger Dropleg-Applikation verminderten sich Belegung und Wirkungsgrad blattoberseits, gleichzeitig wurden aber die Blattunterseiten teilweise belegt. Die kombinierte Applikation ‚Spritzbalken + Droplegs‘ führte zu einer sehr gute Zielflächenbelegung und Bekämpfung von Infektionen auf der Blattoberseite sowie teilweise auch auf der Blattunterseite. Die Effekte von Dropleg- und kombinierter Applikation konnten jedoch nur mit dem Kupferpräparat und nicht mit dem wesentlich wirkungsschwächeren Süßholzpräparat nachgewiesen werden. Gleichzeitig zeigten diese Untersuchungen deutlich die Kontaktwirkung beider Präparate auf der Blattoberseite bei alleiniger Spritzbalkenapplikation.

In Feldversuchen wurden unter praxisnahen Bedingungen die Wirksamkeit der jeweils zu Saisonbeginn ausgewählten und weiterentwickelten Süßholzformulierungen im Vergleich mit Cuprozin progress gegen Krautfäule in Kartoffeln und gegen Falschen Mehltau in Gurken untersucht.

In den Kartoffelversuchen, Sorte Agria, wurden die schon in den Tomatenversuchen getesteten Applikationsverfahren eingesetzt und die Behandlungstermine nach dem Prognosemodell ÖkoSimphyt bestimmt. In den Versuchsjahren 2011 und 2012 mit starkem Krautfäulebefall konnten bei den Süßholzpräparaten unabhängig vom Applikationsverfahren weder Effekte auf die Befallsstärke oder die Befallsentwicklung noch signifikante Mehrerträge im Vergleich zur Kontrolle festgestellt werden. Die Kupfer-Behandlungen (6 Behandlungen mit jeweils 2 l/ha Cuprozin progress) verzögerten die Befallsentwicklung und reduzierten die Befallsstärke. Es wurden signifikante Mehrerträge von 20 % (2011) und 50 % (2012) im Vergleich zur Kontrolle erzielt. Die Applikationsverfahren hatten in den Kupfer-Varianten keinen Einfluss auf die Befallsstärke, jedoch konnten 2011 Unterschiede in der Verteilung des Befalls im Bestand (obere oder untere Blätter stärker befallen) abhängig vom eingesetzten Applikationsverfahren (Droplegs oder Spritzbalken) festgestellt werden. Nach diesen Erfahrungen kann der Einsatz von Droplegs in der Kultur Kartoffel zur besseren Spritzbrüheverteilung im Bestand nur mit Einschränkungen empfohlen werden.

Die Ergebnisse der Feldversuche bei Freilandgurken mit der Sorte Agnes zeigten bei einem Spritzabstand von sieben Tagen anfänglich eine befallsverzögernde Wirkung, die nach Applikation einiger Süßholzpräparate etwa sieben Tage und bei Cuprozin progress etwa 14 Tage nach Befallsbeginn endete. Durch die Anwendung formulierter Süßholzextrakte konnten jedoch höhere Erträge in Gurken im Vergleich zu unbehandelten Kontrollen und zu Cuprozin progress erzielt werden. Da diese Effekte auch ohne Befall zu beobachten waren, wird eine wachstumsfördernde Wirkung der Süßholzpräparate vermutet.

Im Arbeitsschwerpunkt 2 des Verbundvorhabens konnten aus den insgesamt 31 formulierten Süßholzpräparaten Kandidaten für eine weitere Optimierung selektiert werden. Während der Projektlaufzeit wurden die Formulierungen von Trifolo-M hinsichtlich ihrer Löslichkeit deutlich verbessert, so dass zu Projektende keine Probleme bei der Applikation (Verstopfen von Düsen, Spritzflecken) mehr auftraten. Die bisher geprüften Präparate zeigten eine Verbesserung gegenüber dem Rohextrakt aus Süßholzlaub, waren aber aus den zuvor dargestellten Gründen im Freiland nicht wirksam und nicht einsetzbar. Um ein biologisches Präparat auf Basis von Süßholz für den Kartoffelanbau und den Gurkenanbau im Feld bereitstellen zu können, sind immer noch wesentliche Hürden in der Präparatformulierung von dem Hersteller Trifolio-M zu nehmen.

9. Literaturverzeichnis

- Arauz, L. F., Neufeld, K. N., Lloyd, A. L., Ojiambo, P. S. (2010): Quantitative models for germination and infection of *Pseudoperonospora cubensis* in response to temperature and duration of leaf wetness. *Phytopathology* 100(9), 959-967.
- Becker, H. C., Horneburg, B. (2009): Tomaten für den ökologischen Anbau im Freiland – Züchtungsmethodik und regionale Sortenentwicklung. <http://forschung.oekolandbau.de>, BÖL-Bericht-ID 16154, 20 S.
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2014): Zugelassene Pflanzenschutzmittel – Auswahl für den Ökologischen Landbau nach der Verordnung (EG) Nr. 834/2007, www.bvl.bund.de.
- Cao, K., Wang, S., Kessler, P., Fried, P. M., Forrer, H. R. (2003). Potato late blight: a new approach for an outdoor screening of substitutes for copper fungicides. *Agrarforschung* 10(5), 182-187.
- Irla, E., Anken, T., Krebs, H., Rüegg, J. (2001): Optimierung der Spritztechnik in Biokartoffeln - Neue Technik erfolgreicher gegen Krautfäule. *FAT-Berichte* 561, 1-8.
- Kanetis, L. et al. (2009): Survival of *Pseudoperonospora cubensis* sporangia exposed to solar radiation. *Plant Pathology* 59(2), 313-323.
- Kasbohm, A. (2008): 1. Gemüse. In: Verkaufspreise im ökologischen Landbau 2006/2007. Ökomarkt Jahrbuch 2008 (Hrsg. Ralf Goessler) Materialien zur Marktberichterstattung Band 77. ZMP Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH, 123 S.
- Kofoet, A., Fischer, K. (2004): Regulierung Falscher Mehltau Pilze an Gemüsekulturen im ökologischen Landbau am Beispiel von Salat und Zwiebeln. <http://forschung.oekolandbau.de>, BÖL-Bericht-ID 13561. 85 S.
- Kofoet, A., Fischer, K. (2007): Evaluation of plant resistance improvers to control *Peronospora destructor*, *P. parasitica*, *Bremia lactucae* and *Pseudoperonospora cubensis*. *J. Plant Dis. Prot.* 114 (2), 54-61.
- Leinhos, G. (2012): Kontrolle von Falschem Mehltau im ökologischen Anbau: Ein schwieriges Thema. *Monatsschrift Sonderheft Zwiebel* 2/2012, 12-13.
- Luckhard, J., Brune, R., Wolf, S. (2011): Kartoffeln rundum schützen - Hohe Ansprüche an die Applikationstechnik. *Kartoffelanbau* 4, 18-23.
- Mattmüller, H., Rupp, J., Schubert, W., Marx, P. (2010): Anbaustrategien für Einlegegurken im ökologischen Freilandgemüseanbau. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung, Julius-Kühn-Archiv 428, 453.
- Neuhoff, D., Tadesse, M., Köpke, U. (2006): Nutzung von Braunalgenextrakten (*Ascophyllum nodosum*) zur Kontrolle der Krautfäule (*Phytophthora infestans*) im ökologischen Kartoffel- und Tomatenanbau. *Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL*, Nr. 133, 53 S.
- Rüegg, J., Eder, R. (2006a): Zwiebel und Lauch gezielt schützen. *Gemüse* 6, 17-19.
- Rüegg, J., Eder, R. (2006b): Wirkung durch Spritzbeine und Zusatzstoffe. *Gemüse* 3, 34 –36.
- Rupp, J. (2010): Entwicklung von Anbaustrategien zur Sicherung und Ausweitung des heimischen Anbaus von Bio-Einlegegurken. *Abschlussbericht BÖL Projekt 06OE150*.
- Schaack, D. (2008): 3. Kartoffeln. In: Verkaufspreise im ökologischen Landbau 2006/2007. Ökomarkt Jahrbuch 2008 (Hrsg. Ralf Goessler) Materialien zur Marktberichterstattung Band 77. ZMP Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH, 123 S.
- Scherf, A., Treutwein, J., Kleeberg, H., Schmitt, A. (2012): Efficacy of leaf extract fractions of *Glycyrrhiza glabra* L. against downy mildew of cucumber (*Pseudoperonospora cubensis*). *Eur. J. Plant Pathol.* 134(4), 755-762.
- Schubert, W. (2009): Weder Vorkultur noch Behandlung mit Pflanzenstärkungsmittel überzeugten. *Versuche im Deutschen Gartenbau, Versuchsbericht der LWG Veitshöchheim/Bamberg*, 5 S.
- Schuster, Ch. (2008): Untersuchung der Wirksamkeit eines Extraktes aus *Glycyrrhiza glabra* gegen luft-, boden- und samenbürtige Pathogene. *Diplomarbeit TU Darmstadt*.

- Tschöpe, B., Kleinhenz, B., Keil, S., Zellner, M. (2010): Öko-SIMPHYT: Ein praxisreifes Entscheidungshilfesystem zur gezielten Terminierung von Kupferpräparaten gegen Kraut- und Knollenfäule. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung, Julius-Kühn-Archiv 428, 448.
- Wohlleben, S. (2003): Regulierung der Kraut- und Knollenfäule im ökologischen Landbau durch Verwendung resistenter Sorten und Unterblattspritzungen mit reduzierter Kupfer-Aufwandmenge. Abschlußbericht BÖL-Projekt 02OE077. <http://orgprints.org/4744/1/4744-02OE077-ble-bba-2003-krautfaeule.pdf>.
- Wyss, E., Specht, N., Daniel, C., Rüegg, J. (2003a): Wirkung verschiedener Insektizide bei Ober- und Unterblattapplikation gegen die Kohlmottenschildlaus *Aleurodes proletella* in biologischem Rosenkohl. <http://orgprints.org/00002592/>.
- Wyss, E., Specht, N., Daniel, C., Rüegg, J. (2003b): Wirkung des Bacillus thuringiensis var. kurstaki Präparats „Delfin“ bei Ober- und Unterblattapplikation gegen Kohlweisslinge (*Pieris* sp.) und Kohleule (*Mamestra brassicae*) in biologischem Rosenkohl. <http://orgprints.org/00002594/>.
- Zillger, Ch., Kling, J., Hofstätter, J., Mohr, M. (2010): Ergebnisse des Sortenversuches Ökokartoffeln in RLP 2009. Versuchsbericht, DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, online.

10. Veröffentlichungen zum Projekt, bisherige und geplante Aktivitäten zu Verbreitung der Ergebnisse

- Marx, P.,** Leinhos, G. und U. Gärber (2013): Süßholzextrakt – eine Alternative zu Kupfer im Freilandgemüseanbau? Ökumenischer Gärtnerbrief 03, S. 43-44
- Leinhos, G.,** und N. Laun (2013): Einsatz von Droplets - Eine Möglichkeit zur Wirkungsverbesserung von Kupfer in Kartoffeln und Zwiebeln? IN: Fachgespräch: 'Kupfer als Pflanzenschutzmittel' (Eds. S. Kühne, B. Friedrich, P. Röhrig) am 5. Dezember 2013 in Berlin-Dahlem. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut (eingereicht).
- Leinhos, G.,** Marx, P., Pauz, E. und U. Gärber (2013): Entwicklung eines biologischen Pflanzenschutzmittels aus Süßholz zur Anwendung an Freilandgemüse. IN: Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau (Hrsg. D. Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler, G. Rahmann, U. Hamm & U. Köpke), 280-283.
- Leinhos, G.** und E. Pauz (2012): Biologisches Pflanzenschutzmittel aus Süßholz – Einsatz im Freiland in Kartoffel und Tomate unter Nutzung effizienter Applikationstechnik. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Julius-Kühn-Archiv 438, 379.
- Leinhos, G.,** Schmitt, A., Gärber, U., Cergel, S., Marx, P., Orlik, M. und H. Kleeberg (2012): Entwicklung eines biologischen Pflanzenschutzmittels aus Süßholz mit sicherer Wirkung im Freiland unter Nutzung effizienter Anwendungstechnik. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Julius-Kühn-Archiv 438, 378.
- Marx, P.** und U. Gärber (2012): Biologisches Pflanzenschutzmittel aus Süßholz – Entwicklung zur Anwendung an Freilandgurken. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Julius-Kühn-Archiv 438, 380.
- Die Ergebnisse der Publikationen **Leinhos, G.,** und N. Laun (2013) und **Leinhos, G.,** Marx, P., Pauz, E. und U. Gärber (2013) wurden auf den entsprechenden Tagungen auch als Vortrag vorgestellt.
- Es ist eine weitere Publikation zur Versuchsmethodik in der Entwicklung von biologischen Pflanzenschutzmitteln geplant.

Das Projekt traf in der Kartoffelanbauregion Pfalz auf großes Interesse von Seiten der Praxis. Deshalb lud am 19. Juli 2012 das Kompetenzzentrum Ökologischer Landbau Rheinlandpfalz zu einem Kartoffel-Feldtag auf dem Queckbrunnerhof (DLR Rheinpfalz) mit dem Thema ‚Vermarktung, Versuche zu *Phytophthora infestans*, N- Düngung sowie Tröpfchenbewässerung‘ ein, auf dem die Projektergebnisse zu Kartoffel vorgestellt wurden.