

Laut einer Umfrage aus dem Jahre 2000 setzen in der Schweiz ca. 60% der Bio-Kartoffelproduzenten Kupfer zur Bekämpfung von *Phytophthora infestans*, dem Erreger der Kraut- und Knollenfäule, ein. Die Verwendung des nicht abbaubaren Schwermetalls als Pflanzenschutzmittel ist wegen der Toxizität für Boden- und andere Organismen stark umstritten und deshalb ein gewichtiger Kritikpunkt für die ökologische Produktion.



Pflanzung eines zwei Hektar grossen Feldversuchs in 2010 zur Abklärung der Wirkung von mit Kupfer und kupferfreien Produkten gebeiztem Pflanzgut auf den Epidemieverlauf der Kraut- und Knollenfäule. Versuch von Agroscope Reckenholz-Tänikon ART.

Kupferminimierung und Einsatz kupferfreier Präparate in der Krautfäulebekämpfung

Schweizer Feldversuche für den Öko-Anbau

Hans-Rudolf Forrer, Brigitte Dorn, Heinz Krebs und Tomke Musa, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich, Schweiz

Die große Bedeutung des Kupfers ist einerseits auf das Fehlen von anderen wirksamen, bio-kompatiblen und umweltfreundlichen Pilzbekämpfungsmitteln und andererseits auf die großen durch *P. infestans* verursachten Ertrags- und Qualitätsverluste zurückzuführen.

In Deutschland wird im ökologischen Kartoffelanbau mit etwa 15-20% Ertragsausfällen gerechnet. In der Schweiz dürfte dieser Prozentsatz aus klimatischen Gründen noch etwas höher sein. Während die Kupfermenge in Deutschland auf maximal 3 kg/ha begrenzt ist, dürfen in der Schweiz 4 kg/ha und Jahr in den Kartoffeln ausgebracht werden. Im biodynamischen Anbau darf, wie in anderen Ländern Europas, kein Kupfer eingesetzt werden. Neuere wissenschaftliche Studien, bei denen die Umweltwirkung von Kupfer in natürlichen

Böden im Freiland untersucht wurden, zeigen, dass die Belastung durch Kupfer deutlich niedriger sein dürfte, als aufgrund von früheren Laboruntersuchungen angenommen wurde. Obwohl damit und mit der Einhaltung einer guten Fruchtfolge das Risiko für Bodenbelastungen geringer ist, macht es aus umweltpolitischen Gründen und der Philosophie des Öko-Landbaus Sinn, weiter nach Alternativen für Kupfer zu suchen oder zumindest den Gebrauch von Kupfer zu reduzieren.

Kupferminimierung durch Krankheitsvorbeuge

Das wichtigste Element zur Minimierung des Kupfereinsatzes im ökologischen Kartoffel-

anbau besteht in der konsequenten Umsetzung von vorbeugenden Maßnahmen. Diese dienen der Reduktion von *P. infestans*-Infektionsquellen, der Nutzung von Infektionsschranken, der Hemmung der Ausbreitung des Krautfäulepilzes in der Pflanze, sowie der Verhinderung von frühen, regionalen Epidemien (Tabelle 1). Auf der Betriebsstufe lassen sich leider oft speziell wirkungsvolle und eigentlich kostengünstige Regulierungsmaßnahmen nicht umsetzen. Dies ist der Fall beim Anbau resistenter Sorten, weil dafür die Marktakzeptanz meist fehlt.

Auf der regionalen Stufe ist die Umsetzung von effizienten, vorbeugenden Maßnahmen noch deutlich schwieriger. In der Schweiz werden seit 1989 (Abb. 1) die ersten Kraut- und Knollenfäule-Befälle aufgezeichnet. In rund 80% der Fälle wurden die ersten Befallsher-

de im Land in Frühkartoffeln (meist Folienanbau) registriert. Würde man früh und normal gepflanzte Kartoffelbestände regional trennen, könnte der Epidemiebeginn bei letzteren wohl um gut zwei oder mehr Wochen verzögert werden.

Kupferminimierung durch optimal terminierte Applikationen

Wenn nicht auf eine direkte Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule verzichtet werden kann, gibt es noch weitere Erfolg versprechende Möglichkeiten zur Kupferminimierung:

1. Entwicklung und Einsatz von kupferfreien Pilzbekämpfungs- und Pflanzenstärkungsmitteln.
2. Minimierung der Kupferaufwandmengen durch einen optimal terminierten Einsatz der Kupferfungizide basierend auf Prognosemodellen.
3. Anwendung von neuen hochwirksamen Kupferformulierungen und optimierter Spritztechnik.

Tab. 1: Maßnahmen zur Vorbeugung von Kraut- und Knollenfäule

Maßnahme	Wirkung der Umsetzung	Nutzen / Umsetzung
Gesundes Pflanzgut ohne latente Infektionen	Vermeidung Primärinfektionen → bessere Wirkung von Behandlungen und späterer Epidemiebeginn	sehr hoch / Erfassung von latenten Infektionen nicht realisiert ¹
Vorkeimung	Vorsprung der Pflanze gegenüber der Krankheit und weniger Befall dank schnellem Aufbruch der Kartoffeln	hoch / speziell in Jahren mit frühem Befallsbeginn
Anbau von Sorten mit hoher Resistenz	Infektions- und Ausbreitungshindernis für <i>P. infestans</i>	sehr hoch / schlechte Marktakzeptanz resistenter Sorten
Kartoffeln mit normalen Pflanzdatum nicht neben Frühkartoffeln anbauen	Vermeidung eines frühen und hohen Befallsdrucks durch Nachbarparzellen (Windrichtung beachten)	mittel–gut / Absprache mit Kollegen und Nachbarn
Regionale Trennung von früh- und normal gepflanzten Kartoffeln	Vermeidung von verführtem Epidemiestart bei Kartoffeln mit normalem Pflanzdatum	hoch–sehr hoch / Umsetzung kaum realisierbar
Keine Abfallhaufen mit Kartoffeln; Durchwuchs vermeiden	Vernichtung von primären Infektionsquellen (wichtigste primäre Quelle ist befallenes Pflanzgut)	mittel–hoch (Abfallhaufen) / relativ einfach; gering–mittel (Durchwuchs) / schwierig
Warndienste über erste Befälle und Infektionsrisiko beachten	Feldkontrollen zu Epidemiebeginn und nach Perioden mit erhöhtem Infektionsrisiko	hoch / rechtzeitiger Spritzbeginn; Entfernung erster Befallsherde
Nutzung von Prognosemodellen	Termingerechter und effizienter Einsatz von Kupferspritzmitteln	hoch / Nutzung von Informationen und Empfehlungen
Optimierung der Applikationstechnik	Bessere Produktverteilung und Bestandesdurchdringung. Vermeidung von Abdriftverlusten	mittel–hoch / Wassermengen nicht unter 400–500 l/ha, Doppelflachstrahl Düsen uam.

¹ die Erfassung von latenten Infektionen ist mit molekularen Methoden möglich. Bisher fehlen aber noch günstige, praxisreife Anwendungen



Da steckt mehr drin!

DuPont™
Coragen®

Insektizid

mit dem Wirkstoff

RYNAXYPYR®

Stärker | länger | besser

Die optimale Kartoffelkäferkontrolle.

Hotline: 0800 – 700 60 60 oder www.agrar.dupont.de



The miracles of science™

Abb. 1: Krautfäuleepidemien in der Schweiz (1990–91 und 2002–09)

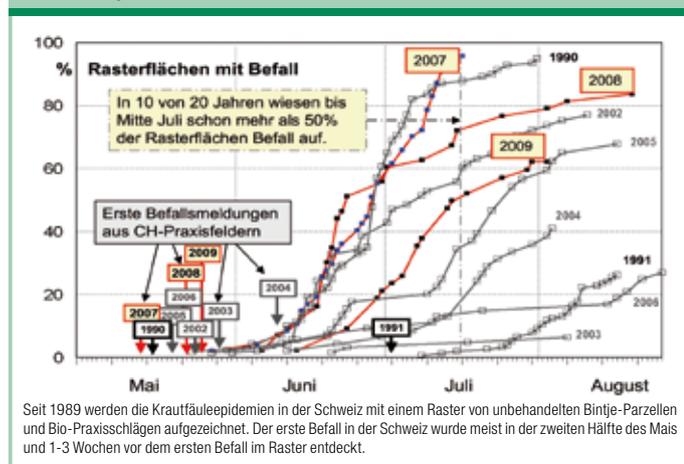
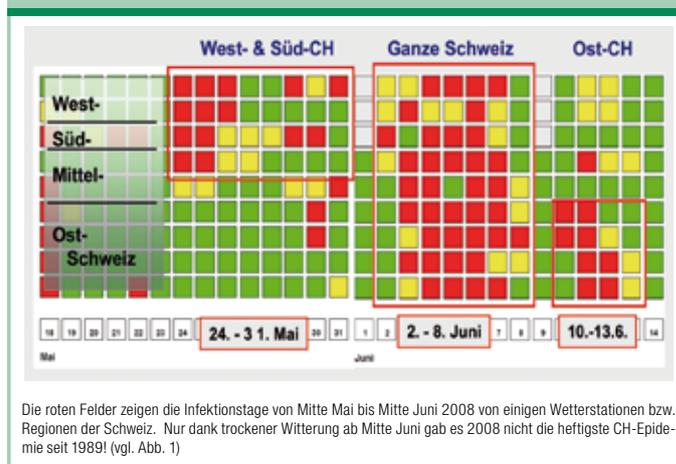


Abb. 2: PhytoPRE-Darstellung der Hauptinfektionstage im Jahr 2008



Zu Punkt drei werden von der Industrie große Anstrengungen gemacht und interessante Resultate erzielt. Zu Punkt zwei entwickelte Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) für die integrierte Produktion das EDV-gestützte Prognosesystem PhytoPRE und bietet diesen Informations- und Beratungsservice für die gezielte Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule schon seit 1993 den Kartoffelproduzenten an.

Seit 2001 wird PhytoPRE über das Internet angeboten. PhytoPRE generiert Warnungen zum Auftreten der ersten Primärherde in der Schweiz, Informationen zur aktuellen Befallsituation und dem lokalen oder regionalen wetterbedingten Infektionsrisiko (Abb. 2) so-

wie parzellenspezifische Behandlungsempfehlungen. Pro Saison werden bei PhytoPRE rund 200.000 Abfragen von Informationsseiten registriert. Seit 2004 gibt es mit Bio-PhytoPRE auch eine Programmversion für Bio-Produzenten für Kupferanwendungen.

Versuche mit kupferfreien Präparaten

Auch zu Punkt eins in der oben aufgeführten Liste bzw. zur Entwicklung von wirksamen Alternativen für Kupferpräparate wird an ART schon viele Jahre geforscht. Im Rahmen des

EU-Projekts Blight-MOP (Development of a systems approach for the management of late blight in EU organic potato production) wurde von 2001 bis 2005 die Wirkung von über 50 kommerziellen und experimentellen Produkten oder Substanzen geprüft. Diese, im Folgenden nur noch „Produkte“ genannten Stoffe, wurden aufgrund von Erfolg versprechenden Literaturangaben, Berichten von Forschungsinstituten und der Praxis ausgewählt. Unter kontrollierten Umweltbedingungen im Labor wurde die Wirkung der Produkte auf die Sporangienkeimung und das Myzelwachstum von *P. infestans* untersucht. Mit künstlichen *P. infestans*-Infektionen wurde im Gewächshaus die Wirkung der Produkte auf den Krautfäule-Befall von Tomatensämlingen untersucht.

In Kartoffel-Feldversuchen zur Abklärung der Wirkung gegen die Kraut- und Knollenfäule unter natürlichen Umweltbedingungen wurden die Produkte einer eigentlichen Nagelprobe ausgesetzt. Es wurden zwei Prüfvarianten verwendet:

1. Mikroplotversuche in denen pro Parzelle nur vier Kartoffelpflanzen angebaut waren und die zwei Mal pro Woche blattober- und unterseitig behandelt wurden (Abb. 3).
2. Kleinparzellen-Feldversuche mit üblicher Parzellengröße, jedoch mit einem selbst entwickelten Versuchsdesign, das einen homogenen Befallsdruck ermöglichte (Abb. 4).

Anhand einer repräsentativen Auswahl von sechs kommerziellen und zwei experimentellen Pflanzenextrakt-Produkten wird das Resultat der Blight-MOP-Studie in Abbildung 5 (s. S. 180) veranschaulicht.

Im Labor hemmten einzelne Produkte wie Mycosinh® (Tonerdepräparat mit Hefe- und

Abb. 3: Mikroplotversuch zur ersten Prüfung der Wirkung von kupferfreien Produkten im Feld. Ein Versuchsplot besteht aus vier Kartoffelpflanzen



Schachtelhalmextrakt), C-2000® (organische Säuren) und Armicarb® (Kaliumbikarbonat) die Sporangienkeimung und das Myzelwachstum von *P. infestans* resp. den Krautfäulebefall bei Tomaten fast so effizient wie das Kupfervergleichsprodukt.

Auch mit den zwei Pflanzenextrakten „Rheum“ (Blattextrakt von *R. rhabarbarum*) und „Solidago“ (Blattextrakt von *S. canadensis*) wurden bei Tomaten gesicherte, wenn auch nicht sehr hohe Reduktionen des Blattbefalls erzielt. Interessant war dabei die Wirkung des Solidago-Extraktes, das in den Labortests keine, dafür aber im Tomaten-Krautfäuletest gesicherte Wirkungen zeigte. Hier könnte die Wirkung auf pflanzenstärkende bzw. resistenzinduzierende Effekte zurückzuführen sein. Andere Produkte, wie die Bakterienpräparate Serenade® und Trichodex® hemmten das Myzelwachstum, nicht aber den Blattbefall der Tomaten. Sehr enttäuschend war, dass auch die besten Produkte im Mikroplotversuch höchstens schwache Wirkungen zeigten und im Kleinparzellen-Feldversuch praktisch gänzlich versagten (Abb. 5).

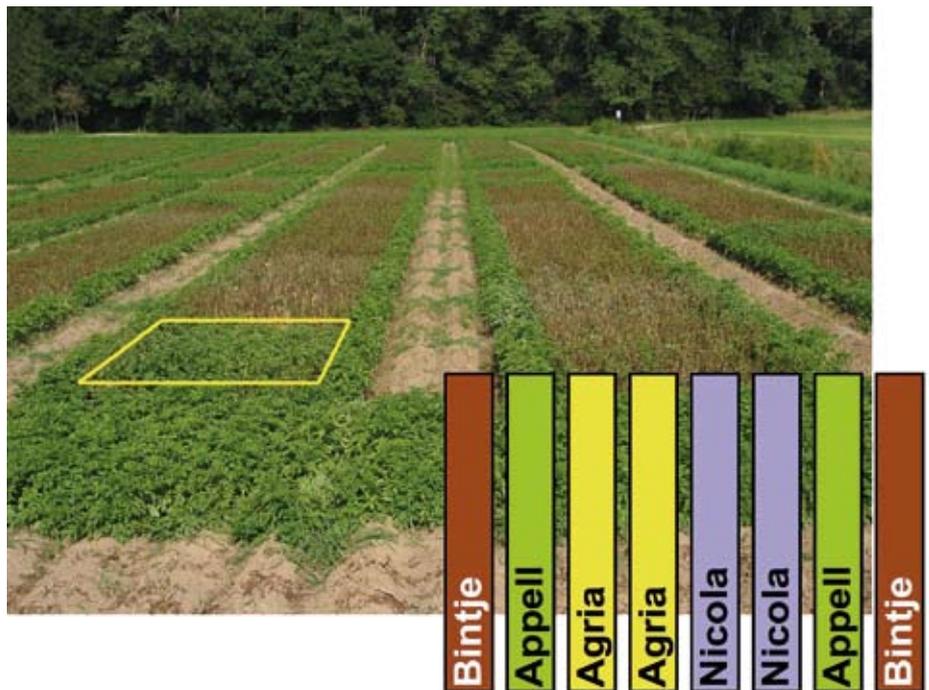


Abb. 4: Design des Kleinparzellen-Feldversuchs für Phytophthora-Wirkungsprüfungen und Ertragshebungen unter praxisnahen Bedingungen. Eine Versuchsparzelle besteht aus je zwei 5 m langen Reihen Agria und Nicola. Die wenig anfällige Sorte Appell dient der Abgrenzung. Die Bintje-Reihen (bereits entfernt) dienten als Infektionsreihen (gelb umrandete Parzelle: Kupferbehandlung)

Patentkali®

Die Erfolgsformel für höchste Qualität.

Patentkali®

- garantiert höchste Qualität im Kartoffelanbau
- die sichere K-Quelle für alle chloridempfindlichen Kulturen
- erhält die Bodenfruchtbarkeit im intensiven Anbau
- sichert den Wasserhaushalt Ihrer Kulturen
- für den ökologischen Landbau zugelassen

Patentkali® 30% K₂O · 10% MgO · 17% S

EG-DÜNGEMITTEL Kaliumsulfat mit Magnesium 30 (+10+17)



K+S KALI GmbH

Mehr Information unter Telefon 0561 9301-2316 · duengemittel@kali-gmbh.com oder www.kali-gmbh.com

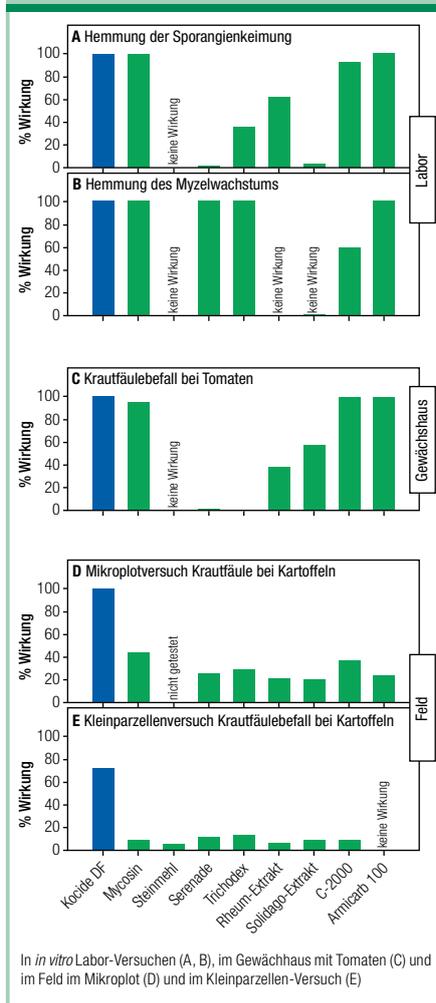
Ein Unternehmen der K+S Gruppe

Einsatz von Faulbaumrinde und Medizinalrhabarber

Trotz des ermutigenden Resultats setzen wir die Suche nach kupferfreien Alternativen fort, wobei wir uns auf Produkte aus Pflanzen fokussierten. Wichtig für diesen Entscheid war, dass wir mit neu geprüften Produkten und selbst entwickelten Formulierungen, wie mit der Applikation von Suspensionen von fein gemahlener Rinde des Faulbaums (*Frangula alnus*) und solchen der Wurzel des Medizinalrhabarbers (*Rheum palmatum*), auch im Feld gesicherte Wirkungen erzielten. Die Wirkung dieser Pflanzenprodukte in den Feldversuchen geht aus der Abbildung 6 hervor. Dort sind auszugswise Resultate von je einem Feldversuch (total 10 Prüfvarianten und 5 Wiederholungen) in den Jahren 2006 bis 2008 mit den mittel anfälligen Sorten Agria und Nicola am Standort Zürich-Reckenholz zusammengefasst. Der Wirkungsgrad eines Produktes wurde anhand des Vergleichs der Flächen unter der Befallskurve mit jener des unbehandelten Verfahrens berechnet. Mit Applikationen von Kocide DF (Kupferhydroxid, Behandlungen alle 7 Tage mit 400gr Cu/ha) wurden im Mittel der zwei Sorten Wirkungsgrade von 61% und mit Suspensionen von Faulbaumrinde- und Rhabarberwurzel-Mehl solche von 40% und 25% erzielt.

Die Wirkung von Frangula-Suspensionen wurde zudem zusammen mit Mycosin® mit verschiedenen Kupfervarianten in Bio-PhytoPRE-Feldversuchen von Agroscope ART untersucht. Bio-PhytoPRE entspricht weitgehend dem Prognosesystem für den integrierten und den konventionellen Kartoffelbau, ist aber speziell für die Anwendung kupferfreier Produkte

Abb. 5: Phytophthora-Wirkung von Kupfer (Kocide DF) und acht kupferfreien Produkten (grüne Säulen)



im ökologischen Landbau und den gezielten Einsatz von Kupferfungiziden mit niedrigen Dosierungen von 200-400 gr Cu/ha pro Applika-

tion ausgelegt. Aufgrund eigener Erfahrungen genügen Kupferdosierungen von weniger als 200 gr pro Behandlungen meist nicht, um die Kartoffeln mehr als 2-3 Tage zu schützen, was in regnerischen Perioden zu zwei Behandlungen pro Woche führen kann. Da in der Praxis kürzere Spritzintervalle kaum umsetzbar sind, werden Behandlungen mit Alternativen in Bio-PhytoPRE gleich gewichtet, wie jene mit 200 gr Kupfer. In der Abbildung 7 sind die Wirkungsgrad-Mittelwerte der vier Versuche der Jahre 2006 bis 2009 dargestellt. Mit wöchentlichen Applikationen von 400 gr und 200 gr Kupfer, bzw. mit Gesamtmengen von 3.9 und 2.1 kg Kupfer, wurden Wirkungen von 80% und 64% erzielt. Mit der Bio-PhytoPRE-Variante „Variabel“ (erste Behandlungen mit 200 gr, spätere mit 400 gr Kupfer) und mit „Biophyt 200“ wurden mit Kupfermengen von insgesamt 3.4 bzw. 2.2 kg Wirkungsgrade von 82% und 72% erzielt. Die Prüfprodukte Frangula und Mycosin®, die ebenfalls gemäss Bio-PhytoPRE-Empfehlungen terminiert wurden, erzielten mittlere Wirkungen von 48% und 9%. Die Wirkung von Frangula war in drei der vier Versuche genauso gut wie jene der Routine-Behandlungen mit 200 gr Kupfer pro Hektare und Behandlung, enttäuschte aber im 2008.

Die insgesamt erfreulich guten Wirkungsergebnisse mit Frangula zeigen, dass es prinzipiell möglich ist, die Kraut- und Knollenfäule auch ohne Kupfer zu bekämpfen. Mit Frangula haben wir zurzeit noch ein wichtiges ungelöstes Problem: in einzelnen Versuchen hat es sich negativ auf den Kartoffelertrag ausgewirkt. Mit einer Fraktionierung des Stoffgemisches in Frangula-Extrakten versuchen wir deshalb die Pilz hemmenden und phytotoxischen Stoffe zu trennen.

Abb. 6: Wirkung von Kupfer und von Behandlungen mit Suspensionen von fein gemahlener Faulbaumrinde (*Frangula alnus*) und von Rhabarberwurzeln (*Rheum palmatum*) auf den Phytophthora-Krautbefall von Kartoffeln

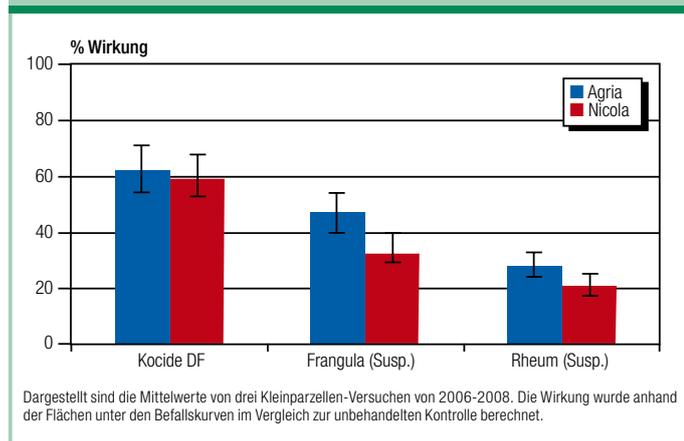
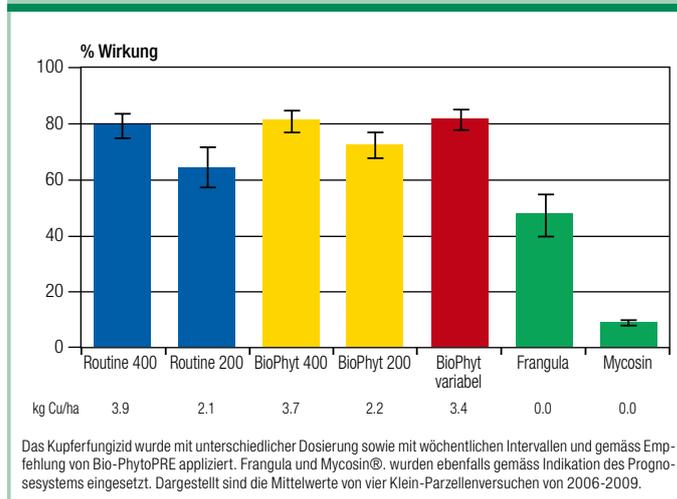


Abb. 7: Wirkung von Kupfer (Kocide DF) und kupferfreien Alternativen gegen den Krautfäulebefall von Kartoffeln



Fazit

Noch ist es schwierig abzuschätzen, bis wann praxistaugliche Kupferalternativen für den ökologischen Landbau verfügbar sind. Ein Verbot des Einsatzes von Kupfer wäre derzeit einschneidend für den Bio-Kartoffelbau und hätte zur Folge, dass ein Teil der Bio-Landwirte keine Kartoffeln mehr produzieren könnte. Die Anderen müssten dafür vermehrt auf eine möglichst konsequente Anwendung von vorbeugenden Maßnahmen, wie z.B. das Vorkeimen des Pflanzgutes und die Wahl möglichst wenig anfälliger Sorten, achten. Ein Kupferverbot könnte sich aber auch positiv auf die Marktakzeptanz von krautfäuleresistenten Sorten auswirken und vermehrte Anstrengungen zur Züchtung solcher Sorten bewirken. Wichtig sind in jedem Fall auch Kontrollen des Kartoffelbestandes bezüglich des Auftretens von Primärherden und ersten sekundären Blattinfektionen.

Zusammen mit der Umsetzung von vorbeugenden Maßnahmen kann die Kupfermenge auch mit Applikationen von niedrig dosierten Kupferfungiziden reduziert werden. Wich-



Befallskontrollen im Kleinparzellen-Versuch

tig ist dabei, Warnhinweise über die ersten Befallsmeldungen im Land oder der Region, sowie das witterungsbedingte Infektionsrisiko zu beachten, das in der Schweiz unter www.phytopre.ch oder in Deutschland unter www.isip.de

www.isip.de abrufbar ist. Hohe Beachtung ist dabei der Terminierung der ersten Behandlung zu schenken, die vor einem ersten Befall im eigenen Kartoffelschlag erfolgen sollte. Mit niedrig dosierten Kupfermengen ist natürlich auch für die Folgebehandlungen unbedingt das witterungsbedingte Infektionsrisiko zu beachten. Nachteilig bei der Anwendung von niedrigen Kupferdosierungen ist, dass dabei vom Produzenten eine hohe Bereitschaft für Spritzeinsätze in kurzen Intervallen bestehen muss. Ist diese vorhanden, so sind befriedigende Wirkungen auch mit insgesamt 2 kg/ha möglich. Damit und mit einem Kartoffelanbau-Unterbruch von mindestens 3 Jahren sollten kaum noch Gefahren der Umweltbelastung durch Kupfer im Ackerbau bestehen.

**K
O
N
T
A
K
T**

Dr. Hans-Rudolf Forrer

Leiter Gruppe Ökologischer Pflanzenschutz
Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement
EVD, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-
Tänikon ART, Zürich, Schweiz

Telefon: +41 44 377 72 30

Telefax +41 44 377 72 01

E-Mail: hans-rudolf.forrer@art.admin.ch

Electis®



Die starke Kombination in Kartoffeln

ZOXIUM + MANCOZEB