

Inhaltsverzeichnis	Seite
Kupfer als Pflanzenschutzmittel – Zielstellung und Ergebnisse seit dem 1. Kupfer-Fachgespräch (E. Bode)	4
Kupfer und Umwelt	6
Auswirkungen von Kupfer auf Gewässerorganismen (H. Kula)	6
Auswirkungen von Kupfer auf Bodenorganismen bei langjähriger Anwendung (Ch. Kula, S. Guske)	11
Kupfer und Obstbau	17
Literaturstudie zum Thema „Alternativen zum Einsatz von kupferhaltigen Präparaten im Apfelanbau“ (B. Golba)	17
Einsatz von Kupfer im ökologischen Obstbau (J. Kienzle)	19
Alternativen zu Kupfer im ökologischen Obstbau - Prüfung von Pflanzenextrakten (B. Pfeiffer)	21
Kupfer und Weinbau	27
Kupferreduzierung und Kupferersatz im Ökologischen Weinbau - Ergebnisse aus dem BÖW – Ringversuch (U. Hofmann)	27
Ökologischer Weinbau in Deutschland - Feldversuche und praktische Erfahrungen zur Kupferreduzierung (R. Kauer)	38
Untersuchungen zur Wirksamkeit von Pflanzenextrakten gegen den Erreger des Falschen Mehltaus der Weinrebe (<i>Plasmopara viticola</i>) (W. K. Kast)	44
Kupfer und Kartoffelbau.....	48
Regulierung der Kraut- und Knollenfäule (<i>Phytophthora infestans</i>) im ökologischen Kartoffelanbau (H. Böhm)	48
Ansätze zur Reduzierung der Kupferaufwandmengen im ökologischen Kartoffelbau (K. Möller)	56
EU-Projekt – Development of a systems approach for the management of late blight in EU organic potato production (D. Stefan, A. Schmitt, E. Koch)	67

Kupfer als Pflanzenschutzmittel – Zielstellung und Ergebnisse seit dem 1. Kupfer-Fachgespräch

Erdmann Bode

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Fachgruppe Biologische
Mittelprüfung, Messeweg 11 – 12, 38104 Braunschweig

In seiner Einleitung zum ersten Kupferfachgespräch am 5. November 1998 erinnerte der damalige Präsident der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), Herr Professor Klingauf, an einige grundlegende Kenntnisse: Kupfer ist ein wichtiger Mikronährstoff für Pflanzen; Mangel kann zu Pflanzenschäden führen. Kupfer ist darüber hinaus Spurenelement für terrestrische und aquatische Organismen, die sich an natürliche Hintergrundkonzentrationen im Boden und im Wasser angepasst haben. Kupfer in höheren Konzentrationen kann jedoch auch giftig wirken. Einerseits wird dieser Effekt seit etwa 150 Jahren bei der erfolgreichen Anwendung kupferhaltiger Fungizide beispielsweise im Acker-, Wein- und Hopfenbau genutzt, andererseits sind auch schädliche Auswirkungen für den Naturhaushalt bekannt. Diese Auswirkungen müssen auf ein vertretbares Maß reduziert werden. Das Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) bietet hierfür im Rahmen der Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln das notwendige und geeignete Instrumentarium: Werden unvertretbare Auswirkungen festgestellt und sind sie nicht mit geeigneten Risikominderungsmaßnahmen zu beherrschen, so kann die Zulassung nicht erteilt werden. Die Komplexität der Eingriffe in den Naturhaushalt und die Abschätzung vor allem ihrer längerfristigen Folgen erlauben aber nicht immer eine klare Zuordnung von Auswirkungen als „vertretbar“ oder „unvertretbar“, zumal da es keine verbindliche Definition hierzu gibt und letztlich in diesem Zusammenhang auch gesichertes Wissen für eine Wichtung fehlt. So wird beispielsweise in der Begründung zu § 15 PflSchG ausgeführt, dass die Vertretbarkeit schädlicher Auswirkungen dann nicht gegeben ist, wenn eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit zu erwarten ist.

Diese Schwierigkeiten traten vor einigen Jahren bei der Bewertung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel in aller Schärfe zutage. Zwar waren sich die Behördenvertreter darin einig, dass die Auswirkungen auf aquatische Biozönosen, auf die Fauna und Flora von Ziel- und Nichtzielflächen sowie Verhalten und Verbleib in der Umwelt wichtige Problemfelder darstellen, mit der Bewertung, wonach kupferhaltige Pflanzenschutzmittel nach einer Nutzen-Risiko-Abwägung und in Verbindung mit angemessenen Risikominderungsmaßnahmen zulassungsfähig seien, stand die Biologische Bundesanstalt jedoch seinerzeit allein.

Zum Zeitpunkt des ersten Treffens am 5. November 1998 war die erneute Zulassung verschiedener kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel wegen fehlenden Einvernehmens nicht möglich. Ende 2000 würde die Zulassung für das letzte Pflanzenschutzmittel mit Kupferoxychlorid, Ende 2002 mit Kupferhydroxid durch Zeitablauf enden. Landwirtschaft und Gartenbau sowie die Sonderkulturen Wein und Hopfen hätten dadurch in einigen Fällen vor allenfalls längerfristig überwindbaren Schwierigkeiten gestanden. Für den ökologischen Landbau hätte das Fehlen kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel wegen nicht vorhandener Alternativen aber durchaus existenzbedrohend werden können. Vor dieser Verantwortung war es ein zwingendes Gebot für die an der Zulassung beteiligten Behörden unter Einbeziehung des Sachverständigen aus Wissenschaft und Praxis die der Risikobewertung zugrunde liegenden Daten und Informationen nochmals sorgfältig zu prüfen, und zwar unter Berücksichtigung aller bekannten kurz- und längerfristigen Effekte auf terrestrische und aquatische Lebensgemeinschaften, auch unter Beachtung der sich aus einer Anreicherung von Kupfer im

Boden oder im Sediment ergebenden Probleme. Die Veröffentlichungen im Heft 53 (1999) der Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft legen hierfür ein beredtes Zeugnis ab. Selbstverständlich galt es auch zu prüfen, ob durch Einsparungen bei der Anwendung von Mitteln mit den heute gängigen Wirkstoffen Kupferoxychlorid und Kupferhydroxid eine geringere Umweltbelastung erreicht werden könnte, ohne gleichzeitig den notwendigen Bekämpfungserfolg zu gefährden. Im Vordergrund der hierbei erforderlichen Überlegungen standen und stehen Maßnahmen zur Verringerung der Anzahl von Anwendungen je ha und Jahr, die Mittelanwendung mit verlustmindernder Technik sowie Maßnahmen zum Gewässerschutz, beispielsweise durch bei der Mittelanwendung einzuhalten Gewässerabstände, die Beschränkung der Zulassung auf unverzichtbare Anwendungsgebiete sowie die Einführung einer Obergrenze für die jährlich auszubringende Wirkstoffmenge. Diese Möglichkeit wird in Verbindung mit einer geeigneten Modifikation von Mittelaufwand und Anzahl der Anwendungen schon seit einiger Zeit im ökologischen Landbau Deutschlands in freiwilliger Selbstbeschränkung wahrgenommen, indem in Flächenkulturen maximal 3 kg, in Raumkulturen maximal 4 kg Kupfer erlaubt sind. Tatsächlich führten alle diese Maßnahmen und Überlegungen zusammen mit der nachfolgenden Bewertung damals noch zu erarbeitender Studien zur Belastung von Gewässerorganismen dazu, dass nach einer Vertretbarkeitsabwägung zu Anfang des Jahres 2001 das wegen seiner vielen Anwendungsgebiete wichtige Mittel Funguran (Wirkstoff Kupferoxychlorid) bis zum 30. Dezember 2004 befristet erneut zugelassen werden konnte. Durch Genehmigungen gemäß §§ 18, 18 a PflSchG für Funguran OH (Kupferhydroxid) konnten etliche wichtige Lücken speziell für den ökologischen Landbau geschlossen werden. Eine weitere große Erleichterung wurde für den ökologischen Landbau erreicht, als die Verordnung (EG) Nr. 473/2002 der Kommission vom 15. März 2002 zur Änderung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates über den ökologischen Landbau die Anwendung von Kupfer im ökologischen Landbau über den 31. März 2002 hinaus bis zum 31. Dezember 2005 möglich machte.

Alle diese erfreulichen Tatsachen dürfen aber nicht verdrängen, was schon während des Fachgespräches im November 1998 als Ziel formuliert wurde: Die Wirkstoffe Kupferoxychlorid und Kupferhydroxid können nur noch für eine damals mit zehn Jahren eingeschätzte notwendige Übergangsfrist erhalten bleiben. Kurzfristig muss erreicht werden, die jährlichen Aufwandmengen von Kupfer bei den vorhandenen Formulierungen durch angepasste Strategien des Pflanzenschutzes weiter zu minimieren. Hierneben darf jedoch die Forschung nicht vernachlässigt werden, um wirksame Verfahren oder Wirkstoffe für Pflanzenstärkungsmittel oder Pflanzenschutzmittel zu finden, die wegen der hohen Entwicklungskosten möglichst gleichermaßen im ökologischen und konventionellen Anbau Verwendung finden sollten. Hierbei können beispielsweise Pflanzenextrakte in Frage kommen, aber auch durchaus kupferhaltige Formulierungen, wenn es gelingt, ihre Wirksamkeit mit geringsten Kupfermengen zu erreichen, die hoffentlich in der Nähe der Entzugsgrenze durch Kulturpflanzen liegen.

Das Fachgespräch von 1998 war, wie ich damals im Schlusskapitel zusammengefasst hatte, von hohem Wert, um die kommenden Herausforderungen für Forschung, Beratung, Industrie und nicht zuletzt für die betroffenen Landwirte deutlich zu machen. Zur Bewältigung der bevorstehenden Aufgaben bedürfe es jedoch weiterhin ständiger Beratungen und, wie ich heute hinzufügen, bedarf es der Ermunterung. In diesem Sinne möge das heutige Treffen auf dem Wege zur Lösung der zu bewältigenden Aufgaben verstanden werden.

Kupfer und Umwelt

Auswirkungen von Kupfer auf Gewässerorganismen

Hartmut Kula

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Fachgruppe Biologische
Mittelprüfung, Messeweg 11 – 12, 38104 Braunschweig

Einleitung

Kupferhaltige Pflanzenschutzmittel werden seit mehr als 100 Jahren insbesondere im Weinbau eingesetzt. Während sich im konventionellen Anbau eine abnehmende Tendenz der Anwendung von Kupferpräparaten abzeichnet, stellen sie im ökologischen Landbau mangels ausreichend wirksamer Alternativen häufig das Mittel der Wahl. Im Folgenden wird der aktuelle Stand der Erkenntnisse zu Auswirkungen kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel auf aquatische Biozönosen zusammengefasst und die sich daraus ergebenden Risikominderungsmaßnahmen erläutert.

SPANGENBERG (1999) fasste den zur Zeit des letzten Kupferfachgespräches im Jahr 1998 gültigen Sachstand zusammen. Die damalige Risikobewertung basierte größtenteils auf Literaturdaten. Diese Angaben genügen oftmals nicht mehr den heutigen Ansprüchen an standardisierte und reproduzierbare Prüfmethode, wie sie in den Anhängen II und III der Richtlinie 91/414/EWG gefordert werden. Mit dem novellierten Pflanzenschutzgesetz von 1998 ist die Richtlinie in nationales deutsches Recht umgesetzt worden und damit auch im Rahmen der Bewertung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln zu beachten.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurde im Rahmen der Wiedezulassung eines kupferhaltigen Pflanzenschutzmittels von einem der Hauptantragsteller ein umfangreiches Datenpaket zum Wirkstoff Kupfer erarbeitet und im Jahr 2001 eingereicht. Dieses Datenpaket umfasst den erforderlichen Basisdatensatz, d. h. akute und längerfristige Toxizitätsstudien an Fischen, akute und chronische Studien an Daphnien sowie chronische Studien an Algen. Aufgrund der schon bekannten Komplexität der Auswirkungen von Kupfer wurden außerdem weiterführende, höherwertige Studien an sedimentbewohnenden Organismen sowie eine Multispezies-Mikrokosmos-Studie eingereicht.

Umweltverhalten und Toxizität

Kupfer kommt in Oberflächengewässern gelöst als Kupfer(II)-Ion, komplexiert mit anorganischen und organischen Liganden sowie partikulär gebunden vor. Die Toxizität von Kupferverbindungen für Gewässerorganismen wird hauptsächlich vom Anteil der gelösten, bioverfügbaren Kupferionen (Cu^{2+} ; CuOH^+ ; Cu_2OH_2^+) bestimmt. Der Ionisierungsgrad wird von unterschiedlichen Faktoren, wie z. B. von der Art der Verbindung, deren Löslichkeit, dem pH-Wert, der Wassertemperatur, der Wasserhärte sowie der Anwesenheit von Komplexbildnern beeinflusst. Mit sinkendem pH-Wert und abnehmender Wasserhärte nimmt die Toxizität von Kupfer zu.

In natürlichen Oberflächengewässern wird gelöstes Kupfer rasch aus der Wasserphase durch Sorption und Komplexbildung eliminiert. Als wichtigster Eliminationsmechanismus wird die Sedimentation angesehen. Die Remobilisierung von bioverfügbarem Kupfer aus angereicherten Sedimenten ist eher gering. Dadurch führen wiederholte Anwendungen nicht zu einer Erhöhung der Konzentration von gelöstem Kupfer in der Wasserphase. Im Rahmen der Risiko-

bewertung wird deshalb die Anwendungshäufigkeit bei der Expositionsrechnung für die Wasserphase nicht berücksichtigt.

Die natürliche Hintergrundkonzentration von Kupfer in anthropogen unbelastetem Wasser beträgt 0,5-2,0 µg Cu/L. In deutschen Flüssen und Seen wurden Kupferkonzentrationen von 0,3-11,0 µg Cu/L festgestellt. Als Zielvorgabe für Kupfer zum Schutz von Oberflächengewässern wird auf der Basis der vierfachen mittleren natürlichen Hintergrundkonzentration von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) ein Wert von 4 µg Cu/L empfohlen.

Als essentielles Spurenelement ist Kupfer in seinen Verbindungen bzw. als Ion an zahlreichen vitalen biologischen Prozessen bei Pflanzen, Tieren und Menschen beteiligt. Die toxische Wirkung von Kupfer beruht auf Proteinbindung und verursacht Funktionsstörungen, z. B. Enzyminhemmungen.

Die in der Literatur vorhandenen sehr zahlreichen Angaben aus Labor- und Freilanduntersuchungen zur Toxizität von Kupfer für Gewässerorganismen aus unterschiedlichen taxonomischen Gruppen schwanken aufgrund der Komplexität der die Bioverfügbarkeit bestimmenden Faktoren im Bereich von bis zu zwei Zehnerpotenzen (SPANGENBERG, 1999). In Tab. 1 sind die Ergebnisse der neu eingereichten Toxizitätsstudien, die gemäß der derzeit geforderten Prüfrichtlinien durchgeführt wurden, zusammengefasst.

Tab. 1: Zusammenstellung ausgewählter Toxizitätswerte für Gewässerorganismen

Spezies	Versuchsdauer	NOEC mg Cu/L	EC ₅₀ /LC ₅₀ mg Cu/L
Fische, akut			
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96 h (fl)	-	10,0
Fische, längerfristig			
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	90 d (fl)	0,0037 (LC ₁₀)	-
Wirbellose, akut			
<i>Daphnia magna</i>	48 h (st)	-	0,293
Wirbellose, längerfristig			
<i>Chironomus riparius</i>	28 d (st)	0,339	-
Wirbellose, chronisch			
<i>Daphnia magna</i>	21 d (sst)	0,0176	-
Algen			
<i>Scenedesmus subspicatus</i>	72 h (st)	-	56 (E _b C ₅₀)
Multispezies-Mikrokosmos			
Algen, Zooplankton, Benthosorganismen, Makroinvertebraten, Makrophyten	385 d (st)	0,012 (NOEC _{single species} : <i>Chydorus</i> <i>sphaericus</i>)	-

h: Stunde; d: Tag; fl: Durchfluss; st: statisch; sst: semistatisch; E_bC₅₀: Hemmung der Biomasseentwicklung

Als empfindlichster Testparameter und damit als bewertungsrelevant erwies sich die im 90-Tage Early Life Stage-Test mit der Regenbogenforelle *Oncorhynchus mykiss* während des Dottersack-Stadiums beobachtete deutlich erhöhte Mortalität. Die für diese empfindlichste Phase ermittelte LC₁₀ beträgt 3,7 µg Cu/L. Ein signifikanter Einfluss auf den Schlupf wurde nicht festgestellt.

Expositionsabschätzung und Risikobewertung

Aufgrund der im Anhang VI der Richtlinie 91/414/EWG in den „Einheitlichen Grundsätzen“ vorgegebenen Kriterien für die Bewertung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln und nach deren Umsetzung in nationales Recht durch das novellierte Pflanzenschutzgesetz werden Pflanzenschutzmittel nach dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse und Technik hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Naturhaushalt geprüft.

Eine Zulassung wird nicht erteilt, wenn bei einer möglichen Exposition von Gewässerorganismen das Verhältnis zwischen Toxizität und Exposition („toxicity exposure ratio“, TER) als Kriterium für das akute bzw. chronische Risiko für Fische und Daphnien bei akuter Exposition < 100 und bei langfristiger Exposition < 10 ist bzw. das Verhältnis zwischen der Konzentration bei Hemmung des Algenwachstums und der Exposition weniger als 10 beträgt oder der höchste Biokonzentrationsfaktor (BCF) bei Pflanzenschutzmitteln, die biologisch leicht abbaubare Wirkstoffe enthalten, mehr als 1000 und bei sonstigen Wirkstoffen mehr als 100 beträgt.

Im vorliegenden Fall wurde das empfindlichste Lebensstadium des Testorganismus untersucht. Des weiteren zählt die Art *Oncorhynchus mykiss* unter Fischen mit zu den empfindlichsten Arten. Gemäß der Empfehlungen von HARAP („Guidance Document on Higher-tier Aquatic Risk Assessment for Pesticides, CAMPBELL et al. (1999)“) kann der in Anhang VI der Richtlinie 91/414/EWG vorgegebene Sicherheitsfaktor von 10 in begründeten Fällen reduziert werden. Auf der Basis aller vorhandenen Daten zu den Auswirkungen von Kupfer auf Gewässerorganismen wird bei der Bewertung ein Sicherheitsfaktor von 2 als ausreichend angesehen.

Die Expositionsabschätzung für den Eintrag bei der Anwendung eines Pflanzenschutzmittels erfolgt auf der Basis des Abtrift-Modells nach GANZELMEIER et al. (1995). Es werden hierbei die aktuellen kulturspezifischen Abdrifteckwerte eingestellt.

Für die beantragten Anwendungsgebiete und Aufwandmengen weisen die berechneten TER-Werte auf ein hohes Risiko für Gewässerorganismen hin. Aus diesem Grunde sind zum Schutz der Gewässerbiozöten geeignete Risikominderungsmaßnahmen zu ergreifen. Dieses erfolgt durch die Erteilung von bußgeldbewehrten Anwendungsbestimmungen in Form von Abstandsaufgaben, die bei einer Anwendung in Gewässernähe einzuhalten sind. Unter Berücksichtigung der vorgesehenen Aufwandmengen wurde im Jahr 2001 für das Pflanzenschutzmittel Funguran (Wirkstoff: Kupferoxychlorid) die damals gültige Anwendungsbestimmung NW 603 mit folgenden Gewässerabständen nach dem Differenzierungskonzept erteilt (s. Tab. 2).

Tab. 2: Anwendungsbestimmung NW 603 für das Pflanzenschutzmittel Funguran mit kulturspezifischen Gewässerabständen

Kultur	Standard- Abstand (m)	Reduzierte Abstände (m)			
		Risikokategorie (in Klammern: % Risikominderung)			
		A (99 %)	B (90 %)	C (75 %)	D (50 %)
Ackerbau	10	-*	-*	5	5
Gemüsebau <50 cm	5	-*	-*	5	5
Gemüsebau 50 - 125 cm	30	-*	5	10	15
Gemüsebau >125 cm	30	-*	10	15	20
Erdbeere	10	-*	5	5	5
Zierpflanzen <50 cm	10	-*	-*	5	5
Zierpflanzen 50 - 125 cm	40	-*	10	15	20
Weinbau	30	-*	10	15	20
Hopfen	50	5	30	30	40
Obstbau (1,5 kg/ha und m Baumhöhe)	75	5	20	20	40
Obstbau (2,25 kg/ha und m Baumhöhe)	75	10	30	40	50

Weitere Maßnahmen der Risikominimierung

Zum heutigen Zeitpunkt (2002) werden im Zulassungsverfahren Gewässerabstandsaufgaben von mehr als 20 m aus verschiedenen Gründen als nicht mehr praktikabel und überwachbar angesehen. Legt man den bewertungsrelevanten Toxizitätswert ($LC_{10} = 3,7 \mu\text{g Cu/L}$) und den entsprechenden Sicherheitsfaktors ($SF = 2$) zugrunde, so darf eine Konzentration von $1,85 \mu\text{g Cu/L}$ im Oberflächenwasser nicht überschritten werden. Unter Berücksichtigung der entsprechenden Abtrifteckwerte lassen sich damit für die verschiedenen Kulturen die maximal möglichen Aufwandmengen errechnen. In Tab. 3 sind diese für einen Gewässerabstand von 20 m wiedergegeben.

Tab. 3: Maximale Aufwandmengen in kg Cu/ha bei einem Gewässerabstand von 20 m

Angaben in kg Cu/ha	Konventionelle Technik	50 % Abtrift- minderung	75 % Abtrift- minderung	90 % Abtrift- minderung
Ackerbau	3,5	7,0	-	-
Weinbau	1,3	2,6	5,2	13,0
Hopfen	0,3	0,6	1,2	3,0
Obstbau	0,2	0,4	0,8	2,0

In Anbetracht der toxischen Wirkungen von Kupfer auf Gewässerorganismen ist eine generelle Vermeidung des Kupfereintrages in Oberflächengewässer wünschenswert. Diese lässt sich erreichen durch die Nutzung verlustmindernder Technik, durch die Reduktion der Aufwandmenge sowie die Reduktion der Anzahl der Anwendungen. Eine weitere Möglichkeit bietet die Nutzung anderer Pflanzenschutzmittel mit einem günstigeren ökotoxikologischen Risikoprofil.

Literatur:

ANON. (1991): Richtlinie 91/414/EWG des Rates vom 15. Juli 1991 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln. – Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 230, 34. Jahrgang, 19. August 1991

CAMPBELL, P.J., ARNOLD, D.J.S., BROCK, T.C.M., GRANDY, N.J., HEGER, W., HEIMBACH, F., MAUND, S.J. & STRELOKE, M. (1999): Guidance Document on Higher-tier Aquatic Risk Assessment for Pesticides, SETAC-Europe

GANZELMEIER, H., RAUTMANN, D., SPANGENBERG, R., STRELOKE, M., HERMANN, M., WENZELBURGER, H.J. & WALTER, H.F. (1995): Studies on the spray drift of plant protection products. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem **305**

SPANGENBERG, R. (1999): Prüfung der Auswirkungen von Kupfer auf Wasserorganismen. In: Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 53, 44-54

Auswirkungen von Kupfer auf Bodenorganismen bei langjähriger Anwendung

Christine Kula, Susanne Guske

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Fachgruppe Biologische
Mittelprüfung, Messeweg 11 – 12, 38104 Braunschweig

Einleitung

Kupferhaltige Pflanzenschutzmittel können bei langjähriger Anwendung Auswirkungen auf Bodenorganismen haben. Im ersten Fachgespräch der Biologischen Bundesanstalt zu den Auswirkungen von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln im Jahr 1999 wurden einige Ergebnisse hierzu zusammengefasst (KULA, 1999). Im folgenden wird aufbauend auf den Ergebnissen des ersten Fachgesprächs ein kurzer Überblick über die Auswirkungen auf Bodenorganismen gegeben. Der Schwerpunkt liegt hierbei bei Aussagen über langjährige Anwendung von Kupfer. Viele Kenntnisse über die Auswirkungen hoher Kupferbelastung auf Bodenorganismen entstammen nicht aus dem Bereich Pflanzenschutz (z. B. schwermetallhaltige Klärschlämme), hierauf wird im folgenden nicht Bezug genommen. Angaben in den Abbildungen und im Text beziehen sich stets auf Kupfer, nicht auf formulierte Pflanzenschutzmittel.

Auswirkungen

Über die Auswirkungen von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln und Einträgen aus anderen kupferhaltigen Quellen in der Landwirtschaft auf Bodenorganismen existiert eine umfangreiche Literatur (z. B. NIKLAS et al., 1978, PAOLETTI et al, 1998). Aus diesen Untersuchungen lässt sich ableiten, dass Kupfer bei langjähriger Anwendung schädigend auf viele Arten von Bodenorganismen wirkt (Abb. 1). Aufgrund unterschiedlicher artspezifischer Empfindlichkeit gegenüber Kupfer kann es zur Verschiebung des Artengefüges auf kupferbelasteten Standorten kommen. Insgesamt sinkt die Biodiversität mit steigendem Kupfergehalt (PEDERSEN et. al, 1999). Die Vorhersagbarkeit von Effekten an einzelnen Standorten ist erschwert durch eine hohe Standortabhängigkeit der Kupfer-Wirkungen (Abb. 2). So können niedrigerer pH-Wert oder niedriger organischer Gehalt des Bodens die Auswirkungen von Kupfer erhöhen. Anpassungsmechanismen an erhöhte Kupferkonzentrationen sind je nach Art in Abhängigkeit vom Vorhandensein von Entgiftungsmechanismen möglich. Allgemein scheint hierfür jedoch ein hoher Energieaufwand erforderlich zu sein (Abb. 3, 4, 5).

Für Bodenmikroorganismen (s. Abb. 4).....

Für Regenwürmer scheinen ca. 100 mg/kg eine Schwelle für Effekte auf Populationen im Freiland zu sein (Abb. 6). Eine umfangreiche Untersuchung von BELOTTI (1998) auf 52 Standorten in Baden-Württemberg zeigte eine hohe Standortabhängigkeit der Effekte (Abb. 7). Für insgesamt 324 Flächen wurde gezeigt, dass maximal ca. 3 % des im Boden vorhandenen Kupfers bioverfügbar sind (mit NH_4NO_3 extrahiert).

Eine Studie zu den Auswirkungen auf Springschwänze im Freiland wies Effekte auf Populationen von Collembolen ab ca. 200 mg/kg nach (PEDERSEN et al, 1999). In dieser Studie sank die Biodiversität linear mit steigender Kupferkonzentration.

Risikoabschätzung

Werden die Vorgaben zur Risikoabschätzung gemäss EU-Richtlinie 91/414/EWG (ANON., 1991) auf Kupfer angewendet, ist die Problematik der Anreicherung von Kupfer zu berücksichtigen. Einige Beispielsrechnungen der Toxizitäts-Expositionsverhältnisse (Abb. 8, 9) verdeutlichen, dass bei hohen Kupferkonzentrationen die Toxizitäts-Expositionsverhältnisse insbesondere für die Langzeitwirkungen unter den relevanten Triggern liegen. Dies bedeutet, dass ein Risiko nicht auszuschließen ist. Dies ist aus Freilanduntersuchungen bestätigt.

Trotz der umfangreichen Literatur zu Kupfer sind grundsätzliche Fragen offen. So fehlt in der Regel in den Arbeiten ein Bezug der Auswirkungen zum Anteil an verfügbarem Kupfer im Boden. Da die Kupferwirkung auf Bodenorganismen von Standortfaktoren wie Boden-pH und organischem Gehalt abhängig ist, wäre eine standortbezogene Risikobetrachtung wünschenswert und nur mit Kenntnis dieser Zusammenhänge möglich.

Berichte, wonach auf ökologisch bewirtschafteten Flächen die Auswirkungen auf Bodenorganismen nicht so hoch ausfallen wie auf konventionell bewirtschafteten Flächen sind bisher nur wenig mit Zahlen untermauert (siehe SCHRUF et al., 1982), so dass allgemeingültige Aussagen und Zusammenhänge hieraus noch nicht abgeleitet werden können.

Risikominimierung

Aufgrund des sich aufbauenden Risikos für Bodenorganismen durch Anreicherung im Boden sind speziell auf einen Standort mit seiner spezifischen anthropogenen Belastung durch Kupfer zugeschnittene Risikominderungsmaßnahmen wünschenswert.

Generell sollte so wenig Kupfer wie möglich ausgebracht werden, um eine Anreicherung des Kupfers im Boden zu verhindern (Abb. 10). Anzustreben ist eine mehr oder weniger ausgeglichene Kupferbilanz, das heißt der Eintrag sollte in derselben Größenordnung wie der Austrag liegen.

Eine weitere Möglichkeit um die Kupferwirkungen gering zu halten sind generell günstige Standortbedingungen für Bodenorganismen, d. h. zum Beispiel Begrünung der Flächen und schonende Bodenbearbeitung. Hier ist jedoch weiterer Forschungsbedarf vonnöten, um die Zusammenhänge zu klären. Zu untersuchen wäre auch, ob sich je nach Regulationsfähigkeit der Organismen die günstigen Standortbedingungen nur bis zu einer bestimmten Kupferobergrenze im Boden auswirken.

- Kupfer ist essentiell für die meisten Organismen (d.h. Mangelercheinungen bei zu geringen Konzentrationen)
- Kupfer wird im Boden nicht abgebaut, wirkt bei langjähriger Anwendung schädigend auf viele Bodenorganismen
- Verschiebung des Artengefüges
- Verdrängung sensibler Arten durch weniger sensitive
- Biodiversität sinkt mit steigendem Cu-Gehalt

Abb. 1: Bodenorganismen allgemein

- Die Effekte sind unterschiedlich stark ausgeprägt, u. a. aufgrund hoher Standortabhängigkeit (niedriger pH-Wert und niedriger organischer Gehalt des Bodens erhöhen zum Beispiel die Effekte)
 - synergistische Effekte mit anderen Stressfaktoren möglich, z. B. Trockenheit, Kälte
- ⇒ ökologische Konsequenzen (Reversibilität)

Abb. 2: Bodenorganismen allgemein

Anpassung an erhöhte Kupferkonzentrationen:

- möglich; von Art zu Art verschieden
- abhängig vom Vorhandensein von Entgiftungsmechanismen
- diese Entgiftungsmechanismen sind energieaufwändig (daher häufig subletale Effekte bzw. reduzierte Populationen)

Abb. 3: Bodenorganismen allgemein

- Bakterien sind in der Regel empfindlicher als Pilze
- signifikante Effekte auf die Kurzzeitatmung treten ab ca. 50 mg Cu/kg Boden auf
- resistente Bakterienpopulationen zeigen
 - verringerte Mineralisierungsraten
 - verringerte Kälteresistenz
- resistente Mykorrhizapilze können das Pflanzen-wachstum negativ beeinflussen

Abb. 4: Bodenmikroorganismen

- Effekte ab ca. 20 mg Cu/kg Boden
- resistente Bakterien können z. T. hohe Metall-konzentrationen akkumulieren, die räuberische Organismen (z. B. Nematoden) schädigen können
- Hopfenbau: Collembolenanzahl auf weniger belasteter Fläche deutlich höher, empfindliche Arten fehlen oder nur in weniger belasteter Hopfenfläche vorhanden

Abb. 5: Bodenmesofauna

- Akute Wirkung (*Eisenia fetida*): LC50 > 350 mg/kg
- Reproduktion (verschiedene Arten): Auswirkungen ab ca. 32 mg/kg
- Freiland: auf 16 Rebflächen wirken sich Kupfergehalte von über 100 mg/kg auf Größe und/oder artliche Zusammensetzung von Regenwurmpopulationen aus
- Freiland: in ökologisch bewirtschafteten Weinbaubetrieben mit Kupfereinsatz können relativ hohe Populationsstärken ausgebildet sein

Abb. 6: Regenwürmer

Belotti (1998):

- 52 Standorte in Baden-Württemberg untersucht hinsichtlich der Auswirkungen auf Regenwürmer (3 Mineralbodenformen ausgewählt)
- Standortfaktoren waren wichtig für die Ausprägung der Effekte
- Laborversuche mit belasteten Böden und unbelasteten Würmern: Effekte auf die Reproduktion ab 30 - 40 mg Cu/kg
- Daten von 324 Flächen hinsichtlich der Obergrenze an mobilem Cu \Rightarrow max. 3 % sind verfügbar

Abb. 7: RegenwürmerBeispiel:

Berücksichtigung des jährlichen zusätzlichen Eintrags:

Annahmen: 3 kg Cu/ha
 5 cm Bodentiefe
 mittlere Bodendichte 1,5
 kein Austrag

\Rightarrow in 10 Jahren 40 mg Cu/kg Boden zusätzlich

Abb. 8: Abschätzung des Kupfereintrags**LC50: > 350 mg Cu/kg****NOEC_{Reprod.}: 32 mg Cu/kg**

Beispiele für Bodenkonzentrationen (PEC in mg/kg)	TER Kurzzeit (LC50/PEC) EU-Trigger: 10	TER Langzeit (NOEC/PEC) EU-Trigger: 5
2	> 175	16
60	> 5,8	0,5
250	> 1,4	0,13

TER = Toxicity - Exposure - Ratio

Abb. 9: Regenwürmer: Vergleich Wirkung/Exposition

- Anteil an verfügbarem Kupfer im Boden ?
- Effekte auf ökologisch bewirtschafteten Flächen ?
- Synergistische Effekte mit anderen Faktoren?
- Wirksame Minimierungsmaßnahmen für die Einträge von Kupfer auf landwirtschaftlich genutzte Flächen ?
- Standortbezogene Risikobetrachtung ?

Abb. 10: Offene Fragen

- so wenig Kupfer wie möglich
(*reduzierter Aufwand; Recyclinggeräte*)
- Standortbedingungen für Bodenorganismen günstig halten
(*Begrünung; schonende Bodenbearbeitung; wenig chemischer Pflanzenschutz*)

Abb. 10: Risikomindernde Maßnahmen

Literatur:

ANON. (1991): Richtlinie 91/414/EWG des Rates vom 15. Juli 1991 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln. – Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 230, 34. Jahrgang, 19. August 1991

BELOTTI, E. (1998): Assessment of a soil quality criterion by means of a field survey. Applied soil ecology 10, 51-63

KULA, C. (1999): Auswirkungen von Kupfer auf die terrestrische Flora und Fauna. In: Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze, Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, H. 53, S. 38-43

NIKLAS, J., KENNEL, W. (1978): Lumbricidenpopulationen in Obstanlagen der Bundesrepublik Deutschland und ihre Beeinflussung durch Fungizide auf Basis von Kupferverbindungen und Bendimidazolderivaten. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. 85 (12), 705-713

PAOLETTI, M. G., SOMMAGIO, D., FAVRETTO, M. R., PETRUZZELLI, G., PEZZAROSA, B., BARBAFIERI, M. (1998): Earthworms as useful bioindicators of agroecosystem sustainability in orchard and vineyards with different inputs. Applied soil ecology 10, 137-150

PEDERSEN, M.B., AXELSEN, J.A., STRANDBERG, B., JENSEN, J., ATTRILL, M. J. (1999): The impact of a copper gradient on a microarthropod field community. Ecotoxicology, 8, 467-483

SCHRUFT, G., ULSHÖFER, W., WEGNER, G. (1982): Faunistisch-ökologische Untersuchungen von Regenwürmern (Lumbricidae) in Rebanlagen. Die Weinwissenschaft, 1, 11-35

Kupfer und Obstbau

Literaturstudie zum Thema „Alternativen zum Einsatz von kupferhaltigen Präparaten im Apfelanbau“

Beate Golba

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz im Obstbau, Schwabenheimer Str. 101, 69221 Dossenheim

Zielsetzung

Aufgrund der begrenzten Zulassung der umwelttoxikologisch kritischen Kupferpräparate im ökologischen Landbau bis zum 31. März 2002 (Verordnung (EWG) 2092/91) sollten in der vorliegenden Literaturstudie alle Untersuchungen zur Minimierung des Kupfereintrags bzw. zu alternativen Präparaten und Bekämpfungsmethoden gegen die wichtigste Krankheit im Kernobstbau, den Apfelschorf (*Venturia inaequalis*), dargestellt und bewertet sowie zukünftige Forschungsstrategien aufgezeigt werden.

Fazit

Zur Zeit stehen keine alternativen Mittel zur Verfügung, die anstelle der Kupferpräparate in der Vorblüte zur Bekämpfung des Apfelschorfs eingesetzt werden könnten. Der im ökologischen Anbau als weiteres Standardfungizid verwendete Netzschwefel wirkt meist unzureichend. Die getesteten Gesteinsmehle, Algenextrakte, Pflanzen-, Kompost- und andere organische Präparate und Substanzen zeigten keine oder bestenfalls eine dem Netzschwefel vergleichbare Schorfwirkung. Eine Wirkungsverbesserung des im Vergleich zu Kupferpräparaten schwächer wirkenden Netzschwefels konnte durch Zugabe der potenziellen Wirkstoffe nicht bzw. nur in unzureichendem Maße erreicht werden. Aufgrund der Phytotoxizität und der Aggressivität der im Vergleich zu Netzschwefel effektiven Schwefelkalkbrühe sollte deren Verwendung auf einzelne Spritzungen – insbesondere als kurative Anwendung in schweren Infektionsperioden – begrenzt bleiben.

Ein Einsparungspotenzial von Kupferpräparaten oder von Fungiziden allgemein durch phytosanitäre Maßnahmen ist unbestritten. Dennoch ist die Akzeptanz für diese Behandlungsmethode unter den Anbauern gering, da dadurch die Anzahl der üblicherweise vorbeugend durchgeführten Spritzungen nicht verringert wird. Ein direkter Vergleich aller bisher untersuchten Methoden zur Inhibierung der Pilzentwicklung bzw. zur Förderung der Falllaubzersetzung unter Praxisbedingungen fehlt bisher. Die tatsächliche Verminderung des primären Schorfbefalls in der Praxis aufgrund verschiedener Falllaubbehandlungen wäre in „Modellanlagen“ zu erforschen.

Die Applikation von Substanzen, die eine Bedeutung in der pflanzlichen Abwehrreaktion haben könnten, erzielten bisher nicht den erwünschten Erfolg. Eine ungezielte Fortführung der Testung weiterer pflanzlicher Extrakte und sonstiger Präparate erscheint wenig sinnvoll. Zielführend sollten für die Entwicklung neuer Präparate und Bekämpfungsmethoden innovative Forschungskonzepte und Ideen gefördert werden.

Die Forschung bezüglich schorffresistenter Apfelsorten wird weltweit betrieben und sollte auch in Zukunft einen wichtigen Stellenwert besitzen. Um das bisherige Problem der Resistenzdurchbrechung zu mindern, werden neue Züchtungsstrategien entwickelt. Das Ziel sind Apfelsorten, die sich durch eine dauerhafte Resistenz sowohl gegen den Schorfpilz wie auch gegen den Echten Mehltau auszeichnen. Neben den Resistenzeigenschaften müssen die

Sorten auch den Anforderungen des Anbauers und Handels sowie den Ansprüchen des Verbrauchers bezüglich der Fruchtqualität genügen. In absehbarer Zeit ist nicht mit der Verfügbarkeit von resistenten Apfelsorten, die alle diese Kriterien erfüllen, zu rechnen. Die breite Einführung neuer Sorten kann, verbunden mit einer deutlichen Reduzierung der Pflanzenschutzmaßnahmen, nur eine langfristige Strategie darstellen.

Zusammenfassend kann gefolgert werden, dass ein Kupferersatz mit vergleichbaren fungiziden Eigenschaften derzeit nicht verfügbar ist. Alle genannten Forschungsbereiche können einen Beitrag für den Kupferersatz im speziellen bzw. für die Bekämpfung des Apfelschorfes im allgemeinen prinzipiell leisten. Bei den schwierigen Gegebenheiten kann dies allerdings nur mittel- bis langfristig zum Erfolg führen, wenn neue Strategien in der anwendungsbezogenen Grundlagenforschung Ergebnisse liefern, die aussichtsreiche Ansätze für die praktische Forschung und in der Folge für die obstbauliche Praxis liefern.

Literatur:

GOLBA, B. (2002): Alternativen zum Einsatz von kupferhaltigen Präparaten im Apfelanbau. Ergebnisse einer Literaturrecherche. Berichte Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch. Braunschweig, Heft 109

Einsatz von Kupfer im ökologischen Obstbau

Jutta Kienzle

Wollgrasweg 49, 70599 Stuttgart

Im Auftrag der Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V.

Kupfer wird traditionell im Öko-Anbau zur Regulierung von Pilzkrankheiten eingesetzt. Für viele Indikationen im Obstbau ist es derzeit das einzig verfügbare wirksame Präparat. Die deutschen Öko-Verbände haben allerdings von Anfang an die Anwendung von Kupfer nur in sehr geringen Aufwandmengen erlaubt und eine Höchstaufwandmenge von 3 kg/ha/Jahr vorgeschrieben. So werden zum Beispiel gegen Schorf in der Praxis für eine Spritzung je nach Befallsdruck und Sortenspektrum 0,5 bis 0,1 kg/mKh Funguran eingesetzt. Diese Aufwandmengen, die anfangs empirisch festgelegt wurden, haben auch in Versuchen eine für den Öko-Obstbau ausreichende Wirksamkeit gezeigt (Abb. 1).

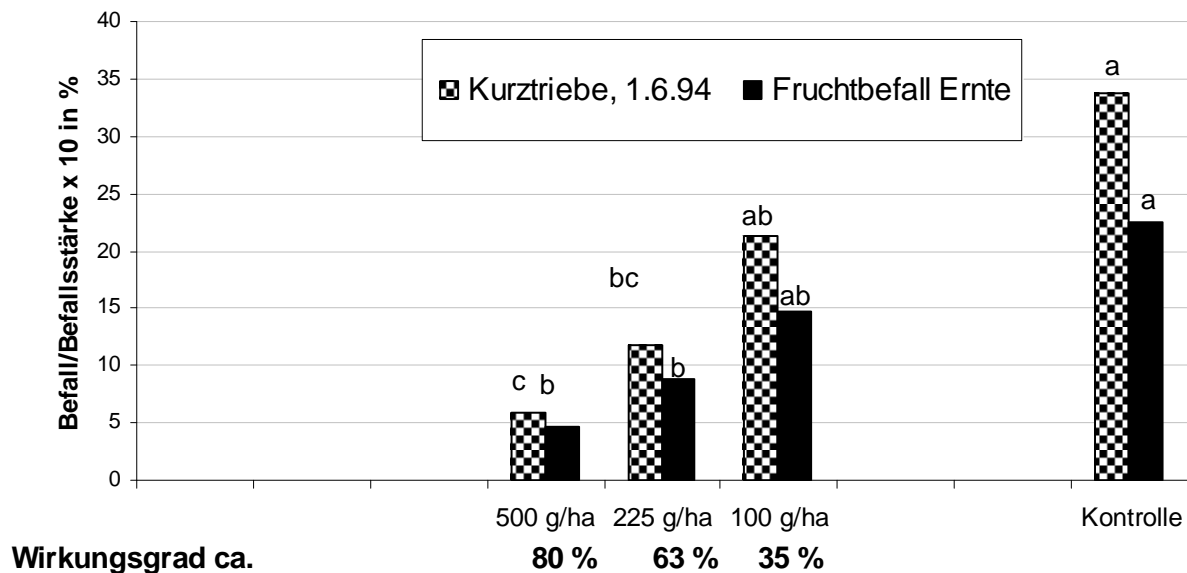


Abb. 1: Wirksamkeit von 6 Behandlungen mit Cuprozin WP vor der Blüte an der Sorte Golden-Delicious mit einer Aufwandmenge von 100, 225 und 500 g Reinkupfer pro ha (nach KIENZLE et al., 1995). Die anderen Versuchsglieder im Versuch (insgesamt 9) wurden der Übersichtlichkeit halber hier nicht aufgetragen.

Da dem Öko-Obstbau keine längere Zeit kurativ wirkenden Präparate zur Verfügung stehen, werden vor der Blüte häufigere Behandlungen notwendig. Der Öko-Betrieb unterliegt hier von Verbandsseite lediglich der Vorschrift, die Gesamtaufwandmenge von 3 kg Reinkupfer pro ha und Jahr nicht zu überschreiten. Für die Aufwandmenge pro Spritzung gibt es keine Auflagen. In der Praxis werden aber bei hohem Infektionsdruck Aufwandmengen um 500 g Reinkupfer/ha (entspricht ca. 0,5 kg Funguran pro m Kronenhöhe bei den praxisüblichen Anlagen) pro Spritzung eingesetzt. Bei geringerem Infektionsdruck wird diese Aufwandmenge meist wesentlich unterschritten.

Bei der Wiederzulassung von Kupferpräparaten stand die Dringlichkeit im Vordergrund, da den Öko-Betrieben keine alternativen Präparate zur Verfügung standen. Gleichzeitig allerdings ist der mengenmäßige Anteil der Öko-Betriebe am Marktpotential von Kupfer gering. Der Zulassungsantrag orientierte sich daher an der Anwendungspraxis im großen Marktsegment des „konventionellen“ Anbaus: Wenige Behandlungen mit hoher

Aufwandmenge pro Behandlung. Hieraus entstand eine Diskrepanz zwischen der Kennzeichnungsaufgabe mit wenigen Behandlungen und höherer Aufwandmenge für die Neuzulassung von Funguran z. B. für die Indikation Schorf an Kernobst und der Anwendungspraxis mit häufigeren Behandlungen mit niedriger Aufwandmenge im ökologischen Obstbau (Tab. 1).

Dies verursacht bei den Öko-Betrieben, besonders bei Neuumstellern, Verunsicherungen hinsichtlich der Anwendung von Kupfer. Die hohen Aufwandmengen an Funguran pro Behandlung in der Zulassung bedingen auch Abstandsauflagen zu Oberflächengewässern, die im Verhältnis zu der im Öko-Anbau praktizierten Anwendung wohl überhöht sind. Gerade diese Abstandsauflagen verursachen aber in einigen Betrieben existentielle Probleme.

Tabelle 1: Vergleich der Praxisanwendung von Funguran im Ökologischen Obstbau gegen Schorf mit der derzeitigen Zulassung gegen Schorf im Kernobst

	Zulassung für Funguran	Anwendungspraxis im Öko-Obstbau
Aufwandmenge	1,5 bis 0,5 kg/mKh abfallend zur Blüte	meist 0,5 bis 0,1 kg/mKh meist abfallend zur Blüte evtl. kurz vor Blüte noch einmal eine höhere Aufwandmenge
Anwendungshäufigkeit	max. 2 Anwend. je Befall, max 4 Anwendungen je Vegetation	max. 6-8 Anwendungen
Höchstaufwand je ha und Jahr	Bei 2 m Kronenhöhe 4 Anwendungen x 3 kg/ha = 12 kg/ha	6,7 kg/ha Richtlinien der Verbände!

Mittelfristig wäre es daher besonders für die Indikation Schorf an Kernobst vorteilhaft, eine weitere Zulassung zu erwirken, die der Anwendungspraxis im Ökologischen Obstbau Rechnung trägt.

Ausblick

Derzeit ist ein Verzicht auf Kupfer für den Öko-Obstbau nicht ohne untragbare wirtschaftliche Einbußen möglich. Der Kupferaufwand wird auf das kleinstmögliche Maß reduziert, eine weitere Reduzierung muss dennoch erfolgen. Es steht zu hoffen, dass dies über eine Verbesserung der Kupferpräparate mittelfristig möglich ist. Gleichzeitig muss aber eine Optimierung anderer Strategien (z. B. Anlagenhygiene) erfolgen sowie an anderen Präparaten zur Pilzbekämpfung gearbeitet werden.

Literatur:

KIENZLE, J., ZEYER, A., SCHMIDT, K. (1995): Zweijährige Untersuchungen zur Optimierung des Kupfereinsatzes im ökologischen Obstbau. In: 7. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum Ökologischen Obstbau, Hrsg. Föko e.V., 53-57

Alternativen zu Kupfer im ökologischen Obstbau - Prüfung von Pflanzenextrakten

Barbara Pfeiffer

Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg, Traubenplatz 5,
D-74189 Weinsberg

Einführung

Aufbauend auf der Diplomarbeit von Sibylle Späth (SPÄTH 2000) wurden an der LVWO Weinsberg 2001 mehrere Versuche zu Alternativen zu Kupfer im ökologischen Obstbau im ungeheizten Gewächshaus an Sämlingen der Sorte 'Golden Delicious' durchgeführt. Ziel der Versuche war es, geeignete Pflanzenextrakte auf ihre Wirkung gegen Apfelschorf im Vergleich zu einer Kupferdosierung entsprechend einer Aufwandmenge von 500 g Kupfer/ha zu prüfen. 500 g Reinkupfer werden derzeit als Einzelgabe vor der Blüte im ökologischen Obstbau zur Schorfbekämpfung eingesetzt. Bei einem Gehalt von 45 % Kupfer entspricht das einer Kupferhydroxid- oder Kupferoxychloridgabe von 1,1 kg/ha.

Material und Methoden

Die Auswahl der Arzneipflanzen für die Extraktion richtete sich nach der Beschreibung der Inhaltsstoffe, besonders wurde darauf geachtet, ob in der Literatur (FISCHER & KRUG 1997, PAHLOW 1993) negative Nebenwirkungen auf die menschliche Gesundheit genannt wurden. Die Extrakte wurden je nach Zubereitungsempfehlung für die Anwendung im humanmedizinischen Bereich entweder als Tee, Aufguss oder mittels Zusatz von Alkohol hergestellt.

Die Sämlinge wurden mit verschiedenen Extrakten vorbeugend oder kurativ behandelt. Je Versuchsvariante wurden 12 Sämlinge gespritzt. Die Pflanzen wurden künstlich mit einer Konidien suspension des Schorfpilzes *Venturia inaequalis* inokuliert. Die Konidien wurden von stark mit Schorf befallenen Blättern aus der unbehandelten Kontrollparzelle eines Schorfversuches bei der Sorte Jonagold im Freiland gewonnen. Die Konidiendichte wurde im Versuch 1 auf 44 000, im Versuch 2 auf 55 000 Konidien/ml eingestellt. An jedem Sämling wurde das Blatt angeschnitten, das gerade altersresistent geworden war. Alle jüngeren Blätter wurden auf ihr Alter bonitiert (a = „fast ausgewachsen“ bis d = „feine, noch zusammengerollte Blattspitze“).

Beim Versuch 1 wurden die Sämlinge im Laufe des späten Nachmittags des 10. Mai 2001 künstlich inokuliert, beim Versuch 2 wurden die Sämlinge am späten Vormittag des 06. Juni 2001 vorbeugend behandelt und gegen Abend inokuliert.

Unmittelbar nach der Inokulation wurden die Sämlinge in Folienbeutel eingetütet, um eine sehr hohe Luftfeuchtigkeit um die Pflanzen zu gewährleisten. Am folgenden Tag wurden die Tüten wieder entfernt, nachdem eine entsprechend lange Blattnässedauer für eine starke Infektion gegeben war.

Tabelle 1: Versuch 1 - Präparate, Konzentrationen und Spritzzeitpunkt

Präparat	Konzentration	Spritzzeitpunkt
Kontrolle	-	-
Cu-hydroxid	0,1 %	präventiv (-4 h)
Schwefelkalk	2,0 % (v/v)	kurativ (inoc. + 15 h)
AUSMA	0,2 % (v/v)	kurativ (inoc. + 15 h, + 14 Tage)
F-08-1	0,4 % (v/v)	kurativ (inoc. + 15 h)
F-08-2	0,4 % (v/v)	kurativ (inoc. + 15 h, + 12 Tage)
F-EB	0,5 % (v/v)	kurativ (inoc. + 15 h)
BioC	1,0 % (v/v)	kurativ (inoc. + 15 h, + 12 Tage)
PI-Ex 1-alt (P1o) <i>Saponaria officinalis</i>	2,0 % (v/v)	präventiv (-4 h)
PI-Ex 1-frisch (P1fr), <i>Saponaria officinalis</i>	2,0 % (v/v)	präventiv (-4 h)
PI-Ex 2-frisch (P2fr) <i>Juglans regia</i> -Kätzchen	2,0 % (v/v)	präventiv (-4 h)

Tabelle 2: Zubereitung der Extrakte aus Arzneipflanzen Versuch 2

Präparat	genaue Bezeichnung	Konzentration	Zubereitung
Kontrolle	-		
Cuprozin	Kupferhydroxid	0,15 % (w/v)	
Gänseblümchen	Flores Bellidis	1,6 % (w/v)	Aufguss - 4 Minuten ziehen lassen
Pfennigkraut	Herba Lysimachiae	1,2 % (w/v)	5 Minuten in kochendem Wasser ziehen lassen
Geißraute	Herba Galegae	1,6 % (w/v)	Aufguss - 4 Minuten ziehen lassen
Vogelmiere	Herba Stellariae Mediae	0,6 % (w/v)	Aufguss - 5 Minuten ziehen lassen
Attich	Radix Ebuli	0,8 % (w/v)	mit kaltem Wasser ansetzen, langsam erhitzen, 4 Minuten ziehen lassen
Engelsüß	Rhizoma Polypodii	4 % (w/v)	mit kaltem Wasser ansetzen, erhitzen, 5 Minuten köcheln lassen, dann absieben
Diptam	Radix Dictamni	1,6 % (w/v)	Aufguss - 4 Minuten ziehen lassen
Seifenkraut	Radix Saponariae alba	2,5 % (v/v)	10 g fein gemahlene Wurzelstücke mit 100 ml 70 %igem Alkohol versetzen, 2 Stunden bei 60 °C extrahieren, dann absieben
Vitalan sauer	Netzmittel	0,1 % (v/v)	

Bei den Pflanzenextrakten und bei Cuprozin wurde jeweils 0,1 %ig Vitalan sauer als Netzmittel zugegeben. Alle frisch zubereiteten Kräutertees wurden ca. 2 Stunden vor der Behandlung gekocht.

Nach Ablauf der Inkubationszeit wurde der Blattbefall mit Schorf in 5 Klassen bonitiert (0 = „ohne Befall“, 4 = „flächiger Befall“). Der Mittelwert für den Blattschorf wurde folgendermaßen berechnet: Summe der Werte von jedem Blatt / Zahl der bonitierten Blätter insgesamt

Zusätzlich wurden die zum Zeitpunkt der Inokulation infizierbaren Blätter abgepflückt und mit weichem Wasser 10 Minuten ausgeschüttelt, um die Produktion der Konidien zu quantifizieren.

Die Anzahl Konidien/ml jeder Variante wird mit der Kontrolle und der Kupferbehandlung verglichen.

Ergebnisse Blattschorfbefall

Tabelle 3: Versuch 1 - Befall mit Blattschorf, Konidien/ml

Präparat	Blattschorf (0-4)	Konidien/ml
Kontrolle	1,82	593 822
Cuprozin	0,94	99 220
Schwefelkalk	1,14	226 914
AUSMA	2,07	452 290
FU-08-1	1,86	735 355
FU-08-2	1,75	563 054
FU-EB	1,84	466 135
BioC	1,80	667 666
PI-Ex 1-alt (P1o)	1,50	316 910
PI-Ex 1-frisch (P1fr)	1,73	171 532
PI-Ex 2-frisch (P2fr)	1,92	512 287

Bei den geprüften Präparaten zeigte sich lediglich bei Cuprozin eine deutliche, jedoch nicht vollständige Reduzierung des Schorfbefalls, daneben wirkte der frisch hergestellte Extrakt aus *Saponaria officinalis* relativ gut, konnte jedoch den Befall nicht ganz verhindert werden. Die kurative Schwefelkalk-Behandlung (15 Stunden nach Inokulation) wirkte vergleichsweise schlechter als der *Saponaria*-Extrakt. Die anderen Produkte, die teils präventiv, teils kurativ eingesetzt wurden, konnten den Befall mit Schorf nicht verringern.

Tabelle 4: Versuch 2 - Befall mit Blattschorf, Konidien/ml

Präparat	Blattschorf (0-4)	Konidien/ml
Kontrolle	1,30	24 307
Cuprozin	0,86	26 307
<i>Bellis perennis</i> (BP)	1,06	20 768
<i>Lysimachia nummulata</i> (LN)	1,35	111 726
<i>Galega officinalis</i> (GO)	0,96	37 998
<i>Stellaria media</i> (SM)	1,01	57 382
<i>Sambucus ebulus</i> (SE)	1,44	144 571
<i>Polypodium vulgare</i> (PV)	0,68	14 153
<i>Dictamnus albus</i> (DA)	1,51	99 227
<i>Saponaria officinalis</i> (SO)	0,74	8 461
Vitalan sauer (Vit)	1,26	28 653

Im zweiten Versuch bewegte sich die Konidienproduktion insgesamt auf einem etwas niedrigeren Niveau. Ein erhöhter Befall im Vergleich zur Kontrolle wurde bei *Lysimachia nummulata* und *Sambucus ebulus* beobachtet, von den übrigen Extrakten schnitten *Polypodium vulgare* und *Saponaria officinalis* gut ab. Bei *Saponaria officinalis* wurden kleine Punktnekrosen beobachtet, die auf eine Abwehrreaktion der Sämlinge hindeuten.

In der Cuprozin-Variante war deutlicher Schorfbefall zu sehen. Bei der Ausbringung der Inokulationslösung verlief der Spritzbelag etwas, so dass der Schorfbefall dadurch zu erklären sein könnte. Außerdem kann die Referenzmenge von 500 g Reinkupfer/ha nicht ganz ausreichend sein, um bei der gewählten Konidiendichte der Inokulationslösung den Schorfbefall vollständig zu verhindern.

Ausblick laufende/geplante Versuche 2002/2003

In einem Versuch im **Halbfreiland** mit getopften 'Golden Delicious' auf der Unterlage M9 wurden im Frühjahr 2002 Extrakte von *Polypodium vulgare* (als Tee gekocht, drei Konzentrationen, alkoholischer Extrakt in zwei Konzentrationen) und von *Saponaria officinalis* (alkoholischer Extrakt, zwei Konzentrationen) verglichen. Es ergaben sich deutliche Unterschiede je nach der gewählten Konzentration.

Bei der Sorte 'Jonagold' wurde während der Primärsaison bis zur abgehenden Blüte ein **Freilandversuch** angelegt mit den folgenden Varianten: Moosextrakt (fertiges Handelspräparat), alkoholischer Extrakt aus *Saponaria officinalis*, übliche Spritzstrategie auf der Basis Netzschwefel/Schwefelkalk mit und ohne Zusatz von ProFital, unbehandelte Kontrolle. Während des Versuchszeitraums war das Wetter sehr niederschlagsreich mit lange andauernden Regenperioden. Das Moosextrakt schnitt schlechter als die Kontrolle ab, beim *Saponaria*-Extrakt zeigte sich eine gewisse Wirkung, die jedoch für eine zufriedenstellende Schorfbekämpfung zu schwach war. Vermutlich muss die Regen- und UV-Strahlungsstabilität des Extraktes deutlich verbessert werden. Entsprechende Versuche dazu sind für den Spätherbst unter simulierten Bedingungen im Gewächshaus geplant.

Parallel dazu laufen **Gewächshausversuche** an Apfelsämlingen zum Screenen von Pflanzenextrakten weiter. Für den Spätherbst und den Winter 2002/2003 sind **Versuche zu Hygienemaßnahmen** in kontrolliert ökologisch wirtschaftenden Obstbaubetrieben mit hohem Schorfbefall geplant.

Literatur:

FISCHER, G. & KRUG, E. (1997): Heilkräuter und Arzneipflanzen - Tabellenbuch. VMA Wiesbaden, 7. Auflage

PAHLOW, M. (1993): Das große Buch der Heilpflanzen. Gräfe und Unzer, München, 119, 288, 289

PFEIFFER, B. (2002): Greenhouse experiments on control of *Venturia inaequalis* – First results. In: FÖKO (Hrsg.): 10th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing and Viticulture – 4th to 7th February 2002, Weinsberg. Proceedings 81-85

SPÄTH, S. (2000): Versuche an Apfelsämlingen zur Regulierung von Apfelschorf *Venturia inaequalis* (Cooke) Aderhold im Ökologischen Landbau. Diplomarbeit FH Nürtingen

Kupfer und Weinbau

Kupferreduzierung und Kupferersatz im Ökologischen Weinbau - Ergebnisse aus dem BÖW - Ringversuch

Uwe Hofmann

Prälat Werthmannstr. 37, 65366 Geisenheim, uhofmann@netart-net.de

1. Einleitung

Kupfer ist ein anorganischer Wirkstoff, der gegen den aus Nordamerika eingeschleppten Erreger der Rebenperonospora (*Plasmopara viticola*), gegen *Peronospora humuli* im Hopfenanbau sowie weitere Falsche Mehltaupilze im ökologischen Obst- und Gemüseanbau im Einsatz ist. Im Weinbau wird seit über 100 Jahren mit Kupfer in den verschiedensten Formulierungen gegen die Peronospora vorgegangen (CLAUS 1979). Kupfer wirkt als Kontaktfungizid direkt auf die Sporenkeimung und die Zoosporen des Erregers und muss deshalb präventiv eingesetzt werden. Die Wirkung des Kupfers besteht daneben auch in der Förderung des Eiweißaufbaus und damit der Wiederherstellung der pflanzeigenen Abwehrkraft (CHABOUSSOU 1987). Kupferionen werden vom Blatt aufgenommen, dringen tief in das Gewebe ein und bilden einen Schutz auf der Blattunterseite. Kupfer steuert im pflanzlichen Gewebe verschiedene enzymatische Vorgänge insbesondere die Oxydasen, welche wiederum den N-Stoffwechsel mitbestimmen. Mit Kupfer behandelte Blätter enthalten weniger löslichen Stickstoff. Es erfolgt eine wesentlich bessere Verwertung der Kohlehydrate und eine Steigerung der Produktion an Proteinen. Kupferpräparate haben günstige Nebenwirkungen auf weitere Schadpilze wie z. B. den Fäulniserreger *Botrytis cinerea* oder den Roten und Schwarzen Brenner. Die meisten der im ökologischen Anbau eingesetzten Kupferverbindungen schonen die Nützlinge wie z. B. die Raubmilbe *Typhlodromus pyri* im Weinbau (SCHRUF 1990).

Das Schwermetall Kupfer reichert sich jedoch in den Böden an, da der pflanzliche Entzug im Verhältnis zum Kupfereintrag durch Pflanzenschutzmittel keine nennenswerte Rolle spielt und Kupfer bis zur Mitte dieses Jahrhunderts in nicht unerheblichem Maße von 20 – 30 kg / ha und Jahr als Kupfersulfat ausgebracht wurde. Aus den Untersuchungen von GÄRTEL (1985) zeigt sich, dass Böden aus alten, vor 1920 angelegten Weinbergen durch die 65 jährige ununterbrochene Kupferanwendung stark mit Kupfer angereichert sind. In der Schicht zwischen 0 bis 20 cm findet man die höchsten Cu-Gehalte. Böden aus steilen, steinigem Weinbergen an der Mosel und Saar enthielten bis zu 2880 mg/kg Cu in der Feinerde. Schäden an Ertragsreben sowie an Gründüngungspflanzen wurden bisher nicht beobachtet. In Rebschulen und Junganlagen können durch erhöhte Kupfergehalte in humusarmen, sandigen Böden erhebliche Entwicklungsstörungen an den Jungpflanzen auftreten.

Kupfer kann toxisch auf Algen, Fische und Wasserflöhe wirken, wenn es als freies Ion in die Gewässer kommt. Im Boden können höhere Kupferkonzentrationen bei niedrigem Boden-pH-Wert ($\text{pH} < 4,5$) und geringen Humusgehalt toxisch auf Bakterien, Algen, Rhizobien, Regenwürmer und Pflanzenwurzeln sein. Verantwortlich für die Kupfertoxizität ist das bioverfügbare Cu^{++} - Ion.

Aus den dargestellten Problemen der Kupferanwendung wurde im ökologischen Weinbau in Deutschland, Österreich und der Schweiz die Aufwandmenge von Kupfer pro ha und Jahr auf 3 – 4 kg/ha und Jahr beschränkt. In der EU – Verordnung 2092/91 zum ökologischen Landbau ist seit März 2002 die Kupferbegrenzung auf 8 kg/ha und Jahr und ab 2005 auf 6 kg/ha und Jahr begrenzt.

In der Abbildung 1 wird eine Übersicht über die im ökologischen Weinbau in Deutschland in den Jahren 1996 bis 1998 eingesetzten Kupfermengen pro ha gegeben. Es zeigt sich, dass je

nach Infektionsbedingungen, Jahr und Gebiet die Aufwandmengen stark schwanken und dass mehr als 85 % der ökologisch arbeitenden Winzer mit der Begrenzung von 3 kg Kupfer pro ha und Jahr erfolgreich wirtschaften können.

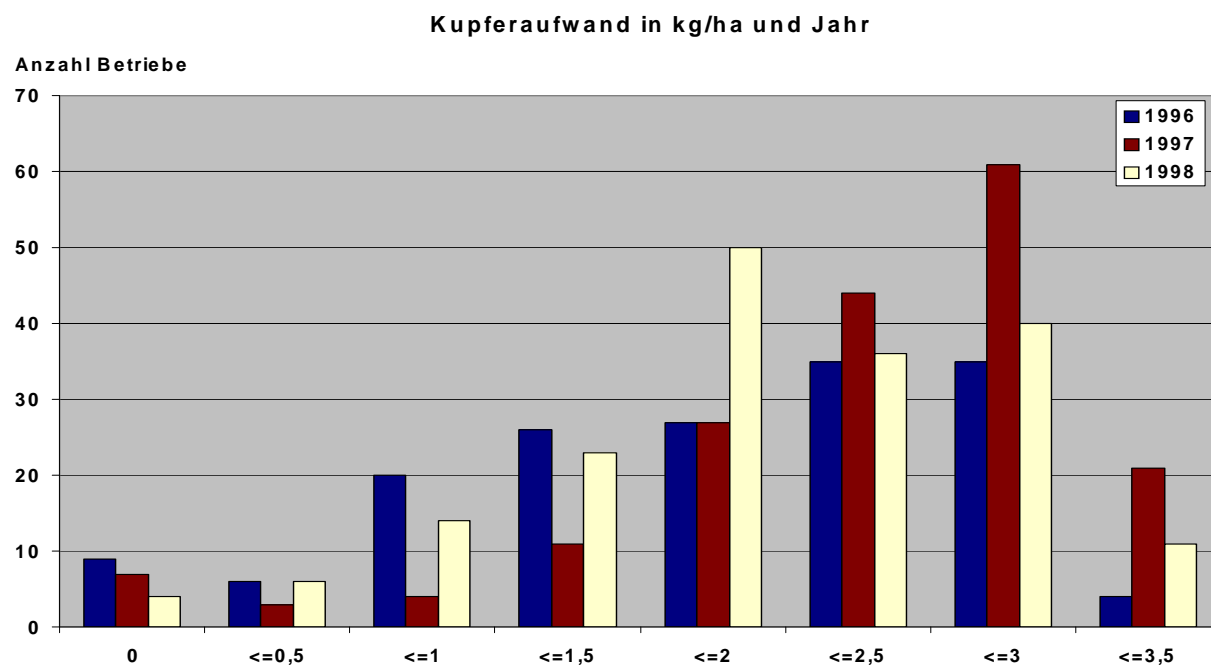


Abb. 1: Im ökologischen Weinbau in Deutschland eingesetzte Kupfermengen pro ha, 1996 bis 1998

Die Tabelle 1 gibt parallel dazu die Situation in Frankreich wieder (ROUSSEAU 1995). Unter den dortigen klimatischen und spezifischen Infektionsbedingungen kann nur mit größeren Kupfermengen von bis zu 15 kg Cu / ha und Jahr erfolgreich gearbeitet werden.

Tabelle 1: Kupfereinsatz zur Peronosporabekämpfung im ökologischen Weinbau in Frankreich (Umfrage 1994)

REGION	Befallsdruck	Kupfer / Spritzung	Kupfer / ha / Jahr	Behand- lungen
SÜDEN	Schwach bis mittel	1,5	8,2	6
SÜD - WEST	Stark	1,3	14	11
NORD - OST	Mittel bis schwach	1,3	7,3	6

Quelle J. ROUSSEAU, ITAB - CIVAM BIO, 1995

Seit 1988 führt der Bundesverband Ökologischer Weinbau / Arbeitskreis Wissenschaft und Forschung zusammen mit Herstellerfirmen für Pflanzenstärkungsmittel und ökologisch arbeitenden Betrieben in verschiedenen deutschen Anbaugebieten (Baden, Württemberg,

Rhein Hessen, Nahe) Versuche zur Bekämpfung von *Peronospora*, *Plasmopara viticola* (Falscher Mehltau) im Vergleich zu einer Betriebsvariante (Kupfer / Schwefel) und einer unbehandelten Kontrolle durch. Seit 1995 wird der Versuch zusätzlich in verschiedenen staatlichen Lehr- und Versuchsanstalten in Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg durchgeführt.

Im Zeitraum 1990 bis 1997 wurden gegen *Peronospora* im Rahmen des BÖW-Ringversuches neben Kupfer in sehr geringen Aufwandmengen (50 – 100 g im Vorblütbereich, 250 – 500 g im Nachblütbereich) die beiden Tonerdepräparate Ulmasud und Myco-Sin (VPMSW) sowie jeweils verbesserte Formulierungen und Kombinationen mit zweimaliger Kupferanwendung im Vergleich zu unbehandelt in insgesamt 236 Versuchen auf 14 Standorten getestet. In den sieben Jahren traten sowohl Jahre mit sehr geringem Befall an *Peronospora* wie auch Jahre mit Totalbefall auf. In der Tab. 2 wird ein Überblick über die Befallshäufigkeit an den Trauben gegeben. Es zeigt sich, dass sich im Mittel der Jahre der Befall mit *Peronospora* durch die geringen Kupfermengen wie auch die Tonerdepräparate unter 40 % einpendelt, dass aber in Befallsjahren kein ausreichender Erfolg gegeben ist. Selbst 40 % Befall ist für einen wirtschaftlichen Erfolg nicht ausreichend und wird von der Praxis des ökologischen Weinbaus auch nicht akzeptiert.

Tabelle 2: Befallshäufigkeit in % der durch *Peronospora* befallenen Trauben im BÖW - Ringversuch 1990 – 1997 (HOFMANN 2000).

Varianten	Anzahl Versuche	Mittelwert Befall %	Maximum	Minimum
Kupfer 5- 10 Behandlungen Ø < 3 kg / ha	131	39,3	90,5	0
Myco-Sin	24	37,3	89	0
Myco-Sin – VP	13	36,5	89	0
Ulmasud	8	37,1	87	0
Ulmasud 2X Kupfer (1,5 –2 kg/ha)	21	26,8	51	0
Ulmasud VP 2X Kupfer (1,5 –2 kg/ha)	5	34	80	4
Unbehandelt	33	77,2	100	10

Seit 1998 wird zusätzlich die Frage nach der Wirkung von unterschiedlichen Kupferpräparaten (Kupferoxychlorid: 18 %, 50 %, flüssig, Kupferhydroxid, Kupferoctanoat sowie Kupferpräparate in Verbindung mit Alginaten und Phosphonaten) in sehr geringen Aufwandmengen, wie im ökologischen Weinbau üblich, untersucht.

Gleichzeitig wurden die zwei Tonerdemehle Ulmasud und Myco-Sin in verschiedenen Formulierungen bzw. Kombinationen getestet.

Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt bei der Überprüfung der biologischen Wirkung gegenüber Peronospora. Aus diesem Grund wurde in allen Varianten Netzschwefel zum Schutz vor Oidiumbefall eingesetzt. Die Versuche finden an den Standorten Trier und Korb statt.

2. Material und Methoden

2.1. Versuchsflächen

SLVA Trier

Der Versuch wurde in einer Ertragsrebfläche des Weingutes Avelsbach der Staatl. Weinbaudomäne durchgeführt. Schon im Vorjahr stand diese nach ökologischen Grundsätzen bewirtschaftete Rieslingfläche Schlag 1 in der Domäne Avelsbach für die Versuchsdurchführung zur Verfügung.

In Trier wurden Versuche zur Peronosporabekämpfung durchgeführt.

Versuchsansteller: Fachbereich Weinbau der SLVA TR-BKS

Versuchsfläche: Staatliche Weinbaudomäne Trier
Weingut Trier, Schlag 34/20 (Parzelle 15)
Lage: Trierer Deutscherherrenköpfchen
Rebsorte: Riesling / Unterlage: 125 AA
Pflanzjahr: 1997
Pflanzabstände: 2,00 m x 1,10 m
Unterstützungsvorrichtung/Erziehungsart:
Drahtrahmen mit 1 Halbbogen
Inklination: leichter Hang bis 5 % Neigung
Exposition: S
Bodenart: Schieferverwitterung

Weingut Schmalzried, Korb

Im Weingut Schmalzried werden seit 1988 die Versuche zur Wirkungsprüfung von Stärkungsmitteln im Rahmen des BÖW Ringversuches durchgeführt.

Der Versuch zur Peronosporabekämpfung wurde in einer randomisierten Blockmethode mit 4 Wiederholungen pro Variante bei der Sorte Müller-Thurgau angelegt.

Versuchsansteller: Weingut H. Schmalzried Korb
Versuchsfläche: Weingut H. Schmalzried Korb
Lage: Hüttenweinberg Gewann Neusatz
Rebsorte: Müller-Thurgau / Unterlage: 5BB
Pflanzjahr: 1972
Pflanzabstände: 1,70 m x 1,40 m
Unterstützungsvorrichtung/Erziehungsart:
Drahtrahmen mit Pendelbogenerziehung
Bodenart: Lehm
Bodenbearbeitung: jede Zeile begrünt

Die Versuchsanlagen wurden so gewählt, dass mit „ausreichendem“ Befall zu rechnen ist. Bei diesem Versuch handelt es sich um eine Praxisüberprüfung, sogenannte „on farm research“. Die Versuchspartellen wurden so gewählt, dass keine gegenseitige Beeinflussung

der Mittel möglich war bzw. die einzelnen Versuchsglieder durch Trennzeilen von einander abgeschirmt waren.

2.2. Versuchsprogramm

Die Applikation der Präparate erfolgte mit den im Betrieb vorhandenen Spritzgeräten, wobei die Applikationszeitpunkte den Standort- und Infektionsbedingungen angepasst wurden.

Tabelle 3: Versuchsprogramm und Behandlungstermine in 2000

Variante	Spritzfolge	Rebstadium / Behandlung	Brüheauf- wand
1. Unbehandelt		BBCH / Datum	
2. DOW Agro Sciences FW 450 flüssig			
WDH	120 g Kupfer + Netzschwefel 0,6 %	15-16 / 16.05.	400 l
	120 g Kupfer + Netzschwefel 0,4 %	55 / 25.05.	500 l
	180 g Kupfer + Netzschwefel 0,4 %	60 / 05.06.	600 l
	300 g Kupfer + Netzschwefel 0,2 %	68 / 15.06.	1000 l
	350 g Kupfer + Netzschwefel 0,2 %	71 / 26.06.	1200 l
	480 g Kupfer + Netzschwefel 0,2 %	73 / 06.07.	1200 l
	480 g Kupfer + Netzschwefel 0,2 %	77 / 17.07.	1200 l
	480 g Kupfer + Netzschwefel 0,2 %	79 / 27.07.	1200 l
3. Spiess & Söhne Kupfer-Kalk 25%			
4. Urania Cuprozin 50%			
5. Neudorf - Kupferpräparat NEU 1140 CUEVA (40 – 150 g CU) * ca. 30% unterdosiert			
6. Schätte Myco-Sin 1 % + Milsana 1,8 %			
7. Schätte VPMSW 2000 1 % + Netzschwefel 0,6 %			
8. BIOFA Ulmasud B 1 % + Netzschwefel 0,6 %			

Tabelle 4: Versuchsprogramm und Behandlungstermine in 2001

Variante	Spritzfolge	Rebstadium / Behandlung	Brüheauf- wand
1. Unbehandelt		BBCH / Datum	
2. Funguran + Netzschwefel			
WDH	120 g Kupfer + Netzschwefel 0,6 %	13 / 14.05.	400 l
	120 g Kupfer + Netzschwefel 0,4 %	16 / 23.05.	500 l
	180 g Kupfer + Netzschwefel 0,4 %	55 / 05.06.	600 l
	300 g Kupfer + Netzschwefel 0,2 %	60 / 18.06.	1000 l
	350 g Kupfer + Netzschwefel 0,2 %	68 / 26.06.	1200 l
	480 g Kupfer + Netzschwefel 0,2 %	73 / 05.07.	1200 l
	480 g Kupfer + Netzschwefel 0,2 %	75 / 16.07.	1200 l
	480 g Kupfer + Netzschwefel 0,2 %	79 / 25.07.	1200 l
	480 g Kupfer + Netzschwefel 0,2 %	79 / 02.08.	
	80 / 15.08.		
3. Neudorf - Kupferpräparat NEU 1140 CUEVA (40 – 150 g CU) * ca. 30% unterdosiert			
4. DOW Agro Sciences FW 450 flüssig			
5. URANIA SPU-00260 FOWP 0,1% (nur 30% der eigentlich empfohlenen Dosierung 0,3%)			
6 URANIA SPU-00880 FOSC 0,2% (nur 30% der eigentlich empfohlenen Dosierung 0,6%)			
7. Schätte VPMSW 2000 1 % + Netzschwefel 0,6 %			
8. Myco-Sin 1% + Netzschwefel			
9. Mischvariante: VPMSW + Milsana + Pflanzenextrakt			
10. BIOFA Ulmasud 1 % + Netzschwefel 0,6 %			
11. BIOFA Ulmasud VP 1 % + Netzschwefel 0,6 %			

Im Jahr 2000 und 2001 wurde in der Versuchsanlage Trier bei dem Mittel Neu 1440 / CUEVA mit 0,9 kg CU /ha und Jahr eine um 30 % zu geringe Kupfermenge ausgebracht. Im Jahr 2001 wurden die beiden Versuchspräparate SPU (Kombinationsprodukte von Kupfer und Alginaten sowie Phosphonaten) aufgrund eines Übermittlungsfehlers mit 0,3 bzw. 0,6 kg CU/ha und Jahr deutlich zu niedrig dosiert. Die eigentlich empfohlene Menge liegt bei 0,9

bzw. 1,8 kg CU. In der Tabelle 5 sind die ausgebrachten Kupfermengen zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 5: Ausgebrachte Kupfermenge in den beiden Versuchsflächen im Jahr 2001

	Peronospora	
	Korb	SLVA Trier
Kontrolle Schwefel / Unbehandelt	x	
Funguran / Schwefel	X 2,5 kg	X 3 kg
Neu 1440 1% - CUEVA	X 1,2 kg	X 0,9 kg
450 FW DOW Agro	X 2,5 kg	X 3 kg
Urania SPU 00260 F0WP 0,1%	X 0,3 kg	X 0,3 kg
Urania SPU 00880 F0SC 0,2%	X 0,6 kg	X 0,6 kg
VPMSW 2000	X	x
Myco-Sin	x	x
Mischvariante: VPMSW 2000 + Milsana VP 2001 + PE 2001	x	x
Ulmasud	x	x
Ulmasud VP	x	x

2.3. Versuchsauswertung

Die Versuche wurden zweimal während der Vegetationsperiode auf Schadsymptome durch die Krankheitserreger bonitiert. Die Bonituren erfolgten im Zeitraum Juli / August sowie September / Oktober .

Die Bonitur erfolgte nach den Richtlinien der BBA für die Prüfung von Fungiziden zur Bekämpfung von *Plasmopara viticola*. Ausgewertet wurden jeweils vier Wiederholungen mit je 100 Trauben. Die Befallsstärke wurde mittels Befallsklassen von 0 - 3 ermittelt.

- Befallsklasse 1 = kein Befall
- Befallsklasse 2 = < 5 % Befall
- Befallsklasse 3 = < 25 % Befall
- Befallsklasse 4 = > 25 % Befall

3. Ergebnisse

3.1. Peronosporabefall

Das Versuchsjahr 2000 war von extremen Witterungsbedingungen geprägt. Das Jahr 2000 war das wärmste Jahr im letzten Jahrhundert gleichzeitig aber auch eines der nassesten Jahre in der letzten Dekade. Bedingt durch ein sehr warmes Frühjahr kam es zu einem um ca. 14 Tage verfrühten Austrieb Mitte April und eine ebenso um 14 Tage verfrühte Blüte Anfang Juni. In den Anbaugebieten mit den starken Niederschlägen zwischen dem 9. und 11. Mai kam es zu starken Primärfektionen die sich unmittelbar nach der Blüte als Ölflecke sichtbar wurden. Die Niederschläge um die Blüte führten vielerorts zu stärkerem Beerenbefall. Durch die starken Niederschlagsereignisse im Juli verbunden mit der Schwierigkeit der termingerechten Applikationen kam es in Trier zu stärkerem Traubenbefall.

Erste Befallssymptome der Peronospora traten in der Versuchsanlage Trier nach der Blüte am 15.06.00 auf. In der Folgezeit kam es zu stärkerem Traubenbefall.

Versuchsanlage Trier

Bei der Bonitur am 09. August waren in der Kontrolle bis zu 100 % aller Trauben bei einer Befallsstärke von 3,78 befallen.

In den Versuchsvarianten zeigte nur die Variante Cuprozin eine ausreichende Wirkung. Zwar lag in den Varianten Kupfer flüssig 450FW, Kupfer-Kalk, Ulmasud B sowie das neue Versuchspräparat VPMSW 2000 der Fa. Schütte der Befall signifikant unter dem der Kontrolle aber mit durchschnittlich 70 % deutlich über einem für Betriebe akzeptablem Level. Die gleiche Situation zeigte sich bei der Bonitur am 18. September. In allen Varianten zeigte sich eine kleinere Zunahme des Befalls um durchschnittlich 2 %.

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen die Befallshäufigkeit und die Befallsstärke in der Versuchsanlage Trier zum Zeitpunkt der Abschlussbonitur am 18.09.00.

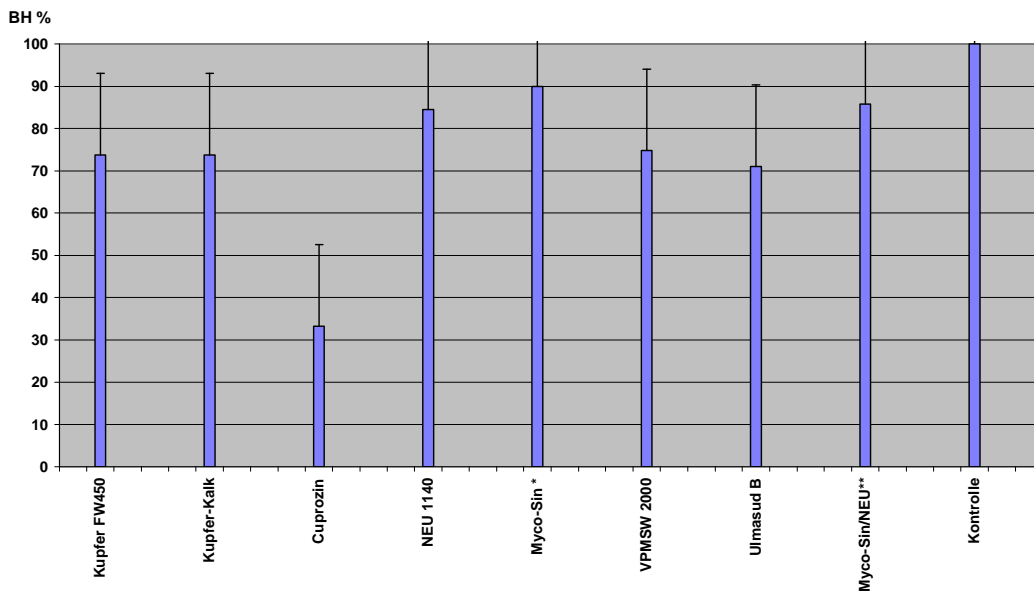


Abb. 2: Anzahl befallener Trauben in der Versuchsanlage Trier 2000

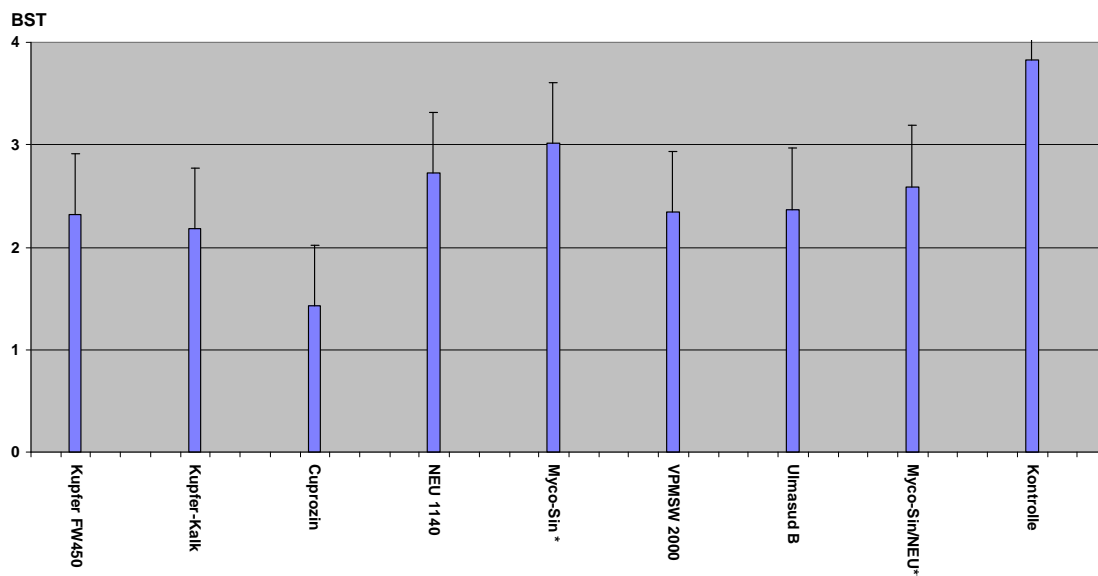


Abb. 3: Befallsstärke (gewichtetes Mittel) befallener Trauben, Trier 2000

Versuchsanlage Korb

Trotz der günstigen Infektionsbedingungen im Versuchsjahr trat in der Versuchsanlage keine Peronospora auf. Die in den anderen Versuchsanlagen zu Infektionen geführten Niederschlägen im Mai und Juni traten in Korb nicht auf. Auch war der Juli nicht so niederschlagsreich wie in Trier.

Zu den Boniturterminen war selbst in der unbehandelten Kontrolle kein Beerenbefall feststellbar. Ende September trat in allen Varianten ein Spätbefall an den Blättern auf, der aber keine Auswirkungen auf die Trauben hatte. Ein extremer Botrytisbefall (Sauerfäule) führte am 3. Oktober zum Totalausfall der Trauben.

Das Versuchsjahr 2001

SLVA Trier

Der Austrieb der Rebsorte Riesling erfolgte am 02. Mai und lag, trotz eines nassen und kühlen Aprils mit wenig Sonnenscheinstunden, im langjährigen Mittel. Am 14.05. (ES 13) wurde mit den Applikationen begonnen und im Abstand von 9 bis 13 Tagen folgten weitere 9 Behandlungen bis zum 15. August. Bedingt durch die günstigen Witterungsverhältnisse im Mai und Juni, vor allem während der Rebenblüte in der letzten Junidekade, kam es erst am 03. Juli zum Auftreten von ersten Befallssymptomen (Ölflecke mit Ausbruch) am Blatt in der Versuchsanlage. Am 13. Juli wurde dann der erste Traubenbefall festgestellt. Der sehr nasse und warme Juli, mit 130 mm Niederschlag (langjähriges Mittel 70 mm) und einer Durchschnittstemperatur von 19,1°C (langj. Mittel 17,6 °C), bot ideale Voraussetzungen für weitere Peronosporainfektionen.

Bei der Bonitur am 16. August waren in der Kontrolle 35 % der Blätter und 84 % der Trauben bei einer Befallsstärke von 2,68 befallen.

In der 3 Wochen später durchgeführten Bonitur Abb. 4 wurde lediglich bei den Blättern eine Befallszunahme festgestellt. In der Kontrolle waren 86 % der Blätter befallen, in den behandelten Versuchsvarianten lag der Befall zwischen 7 und 14%. Der Wirkungsgrad lag entsprechend zwischen 84 und 93 %, was für ökologisch arbeitende Betriebe als gut angesehen werden kann.

Größere Unterschiede wurden bei der Traubenbonitur deutlich (Abb.4). Der absolute Traubenbefall lag zwischen 25 % mit einer Befallsstärke von 1,38 (Variante 8, VPMSW 2000) und 59 %, Befallsstärke 2,01 (Var. 3, NEU 1140). Die höchsten Wirkungsgrade wurden in den Varianten 8 (VPMSW 2000, 77,4 %), Variante 2 (Kupfer fl. FW 450, 66,1 %), Variante 6 (Myco-Sin, 63,1 %) und Variante 10 (Ulmasud VP, 61,9 %) erzielt. Berücksichtigt man die Witterungsverhältnisse im Juli mit einem hohen Peronosporainfektionsdruck, so kann man mit den erzielten Wirkungsgraden zufrieden sein. Nicht zufriedenstellend waren die restlichen Varianten mit Wirkungsgraden zwischen 56,5 % und 39,9 %. Die Varianzanalyse ergab einen statistisch gesicherten Unterschied zwischen allen Versuchspräparaten und der Kontrolle einen gesicherten Unterschied bei einer Grenzdifferenz von 18,7 bei der Befallshäufigkeit und einer GD 5% von 0,362 bei der Befallsstärke. Damit zeigten sich auch deutliche Unterschiede zwischen den Varianten. Die Variante VPMSW unterscheidet sich statistisch gesichert von den Varianten NEU 1440; SPU-00260-F-O-SC; SPU-008880-F-O-SC; der Kombination aus Myco-Sin und VPMSW sowie Ulmasud. Zwischen den Varianten FW 450; Myco-Sin sowie Ulmasud VP und VPMSW besteht kein statistisch gesicherter Unterschied. Bei der Beurteilung der Ergebnisse müssen allerdings die ausgebrachten Kupfermengen in den Varianten NEU 1440 sowie SPU mit berücksichtigt werden. So wurden in den Varianten SPU statt 0,9 bzw. 1,8 kg CU / ha und Jahr jeweils nur 30% des Bedarfs ausgebracht.

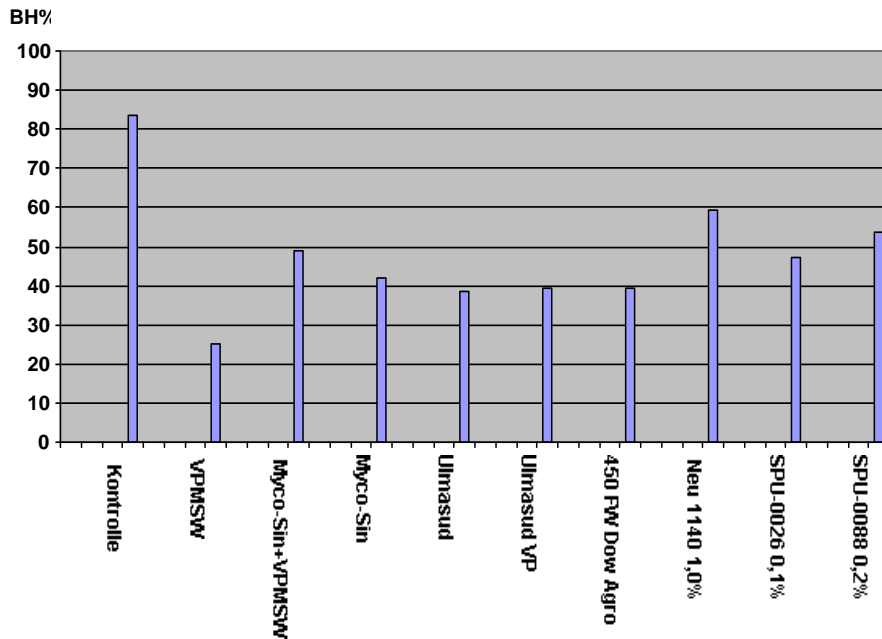


Abb. 4: Anzahl befallener Trauben in Prozent, Versuchsanlage Trier

Weingut Schmalzried

In der Versuchsanlage trat schon früh Peronosporabefall in der unbehandelten Kontrolle auf. Bei der Abschlussbonitur am 30.08. waren in der Kontrolle 68 % der Trauben mit einer Befallsstärke von 1,94 befallen. Die Versuchsvarianten zeigten alle einen guten Erfolg und lagen mit durchschnittlich 20 % Befallshäufigkeit und einer Befallsstärke von 1,25 in einem für den ökologischen Weinbau akzeptablen Befallsbereich. Die Variante Funguran fiel gegenüber den anderen Varianten deutlich ab, was aber auch an der Lokalisierung der Wiederholung lag. Es waren nur zwei Wiederholungen möglich, die direkt neben der unbehandelten Kontrolle am oberen Ende der Versuchsanlage angeordnet waren. Bei einer Grenzdifferenz GD 5 % von 12,15 für die Befallshäufigkeit und einer GD 5 % von 0,2 % für die Befallsstärke liegt ein statistisch gesicherter Unterschied zur Kontrolle vor.

3.2. Ertragsauswertung

In den Versuchsanlagen Trier wurden im Jahr 2000 die einzelnen Varianten getrennt beerntet ausgewogen und das Mostgewicht in °Oe festgestellt. Durch den extrem hohen Botrytisbefall in der Versuchsanlage in Korb erfolgte keine Ertragsauswertung im Jahr 2000.

Der Ertrag in Trier lag bei der unbehandelten Kontrolle mit 100% Peronosporabefall bei 25,6 hl/ha mit einem Mostgewicht von 61 °Oe und 10,8 g/l Säure. In den Versuchsvarianten hatten die Varianten Cuprozin und Kupfer-Kalk mit 69 hl/ha bzw. 62 hl/ha bei 70 °Oe bzw. 75 °Oe die besten Ertragsergebnisse. Die Variante Myco-Sin + Milsana hatte mit 29 hl/ha einen geringfügig höheren Ertrag als die Kontrolle. Die anderen Varianten liegen im Durchschnitt bei 45 hl/ha und einem Mostgewicht von 68 °Oe. In der Versuchsvariante VPMSW 2000 kam es zu einem starken Abfall der Mostgewichte mit 59 °Oe.

Im Jahr 2001 ergaben sich in der Versuchsanlage Trier zwischen den Varianten und der Kontrolle ein signifikanter Unterschied im Ertrag. Der Ertrag in der Kontrolle lag bei 4073

kg/ha mit einem Mostgewicht von 77°Oe, gefolgt von Myco-Sin- Milsana + VPMSW mit 5000 kg/ha. Die anderen Versuchsvarianten lagen zwischen 5500 und 8000 kg/ha. Die Variante Ulmasud hatte mit 8000 kg/ha und einem Mostgewicht von 82 °Oe das beste Ergebnis erzielt (Tab. 6).

In der Versuchsanlage Korb konnte die Kontrolle aufgrund des hohen Befalls an Peronospora nicht ausgewertet werden. Die befallenen Trauben wurden nicht geerntet bzw. auf den Boden geschnitten. Die Ertragsunterschiede zwischen den Varianten waren geringer als in Trier. Statistisch gesicherte Unterschiede im Ertrag gab es zwischen allen Varianten und der Variante Ulmasud VP, diese hatte mit 10700 kg/ha den mit Abstand höchsten Ertrag bei einem Mostgewicht von 69°Oe. Das höchste Mostgewicht wurde in der Variante Ulmasud mit 82°Oe erzielt (Tab. 6).

Tabelle 6: Ertragsauswertung im Jahr 2001 in den Versuchsanlagen Trier und Korb

BÖW-Versuch 2001			
Ergebnisse: Ertragsauswertung kg/ha °OE			
Varianten	Trier	Korb	
Kontrolle /Netzschwefel	4073 / 77	0	
VPMSW / Netzschwefel	6928 / 80	8495 / 72	
Myco-Sin /VPMSW / Milsana	4957 / 82	8100 / 69	
Myco-Sin / Netzschwefel	5499 / 82	8923 / 69	
Ulmasud / Netzschwefel	8056 / 82	8586 / 82	
Ulmasud VP / Netzschwefel	7092 / 81	10723 / 68	
FW 450/Netzschwefel	6586 / 79	8955 / 72	
NEU 1140 1%	5631 / 80	8750 / 65	
SPU-00260-F-O-WP 0,1%	7470 / 79	8774 / 68	
SPU-00880-F-O-SC 0,2%	6466 / 80	9854 / 65	

4. Diskussion und Zusammenfassung

In den vorliegenden Untersuchungen wurden Pflanzenstärkungsmittel (Ulmasud , Ulmasud VP, Myco-Sin, VPMSW sowie Kombinationen von Myco-Sin und VPMSW) sowie unterschiedliche Kupferpräparate (Kupferoxychlorid, Kupferhydroxid, Kupferoctanoat sowie Kupferverbindungen mit Alginaten und Phosphonaten) auf ihre Wirkung gegen Plasmopara viticola an Reben getestet.

In beiden Versuchsjahren wie auch in den Versuchsanlagen lag der Befallsdruck sehr hoch was sich in dem Befall von 70 – 83 % in der Kontrolle niederschlägt.

Die extremen Witterungsbedingungen im Jahr 2000 führten zu starken Peronosporainfektionen in der Versuchsanlage Trier. Zwischen den Versuchsvarianten und der unbehandelten Kontrolle ergaben sich zwar signifikante Unterschiede aber auf einem so hohen Befallsniveau, dass alle Versuchspräparate bis auf das Mittel Cuprozin der Fa. Urania als nicht ausreichend wirkungsvoll angesehen werden müssen. In einem Jahr wie 2000 zeigen auch die Kupferminimierungsstrategien ihre deutlichen Grenzen.

Im Jahr 2001 zeigten die Versuchsvarianten einen besseren Erfolg wobei die Variante VPMSW + Netzschwefel in beiden Versuchsflächen das beste Ergebnis erzielte.

Es zeigt sich, dass mit den Tonerdepräparaten aber auch mit den sehr geringen Kupfermengen unter den gegebenen Befallsdrücken ausreichende Wirkung erzielten.

Diese Ergebnisse schlagen sich auch in den Erträgen von 6000 – 10000 kg/ ha nieder.

Mit den bisher vorliegenden Ergebnissen zeigt sich, dass ausreichend wirkungsvolle Alternativen zum Kupfer bisher nicht vorhanden sind. Es zeigt sich aber, dass die Tonerdepräparate Myco-Sin, Ulmasud bzw. VPMSW mit den Wirkungen von sehr geringen Kupferspritzungen auf der Basis von Kupferoxychlorid mithalten können, wobei auch da der Erfolg nicht immer ausreichend war.

Zwischen den Kupferpräparaten hat sich bei gleicher Kupferaufwandmenge Cuprozin (Kupferhydroxid) als am wirkungsvollsten herausgestellt. Mit dem Mittel CUEVA lässt sich bei richtiger Dosierung auch ein gutes Ergebnis erzielen bei gleichzeitig geringerem Kupfereinsatz. Die Kupfermittel in Verbindung mit Alginaten und Phosphonaten müssen weiter untersucht werden. Durch die Kombination scheint zumindest eine Stabilisierung der Wirkung bei sehr geringem Kupfereinsatz möglich.

Literatur:

CLAUS, D. (1979): 90 Jahre Kupferanwendung im Weinbau und immer noch Erkenntnislücken. Weinberg und Keller 26, 142-172

CHABOUSSOU, F. (1987): Pflanzengesundheit und ihre Beeinträchtigung. Alternative Konzepte Band 60, Verlag C.J. Müller

GÄRTEL, W. (1985): Belastung von Weinbergsböden durch Kupfer. Berichte über Landwirtschaft 198, 123-133

HOFMANN, U. (2000): Kupferproblematik und Peronospora – Bekämpfung im ökologischen Weinbau. Weinbau Jahrbuch 51, 73 – 78

ROUSSEAU, J. (1995): Fight against downy mildew (*Plasmopara viticola*) in organic viticulture and reduction of copper use. In: Hampl/Hofmann et al (Hrsg): Öko-Weinbau – SÖL Sonderausgabe 64, 75-82

Ökologischer Weinbau in Deutschland - Feldversuche und praktische Erfahrungen zur Kupferreduzierung

R. Kauer¹⁾, B. Berkelmann-Löhnertz³⁾, J. Uhl¹⁾, M. Schmidt¹⁾, M. Wolff²⁾

- 1) Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Fachhochschule Wiesbaden - Standort Geisenheim - University of Applied Sciences von Lade Str.1, D-65366 Geisenheim, r.kauer@fbw.fh-wiesbaden.de
- 2) Beratungsring Ökologischer Weinbau, Emmendingen
- 3) Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Phytomedizin

1. Einleitung und Problemstellung:

Für den ökologischen Weinbau im Rahmen der EU-Verordnung 2092/91 und den nationalen Richtlinien der Verbände des ökologischen Landbaus stellt die Bekämpfung der eingeschleppten Pilzkrankheiten *Peronospora viticola* und *Oidium tuckeri* weiterhin die größte Herausforderung dar. Dabei liegt die größere Problematik weiterhin innerhalb der Bekämpfung des falschen Mehltaus. Tonerdepräparate (Mycosin, Ulmasud) zeigen oft nur in der Vorblütephase oder bei geringem Befallsdruck einen ausreichenden Bekämpfungserfolg.

Innerhalb der *Peronospora*-Bekämpfung ist ein ausreichender Erfolg derzeit nur unter Einsatz von Kupferpräparaten sicher zu stellen. Die Diskussion um die Ökotoxizität (Wasser / Boden) hat dazu geführt, dass national derzeit nur noch ein Kupferpräparat gegen *Peronospora* in Deutschland zur Verfügung steht, was zunächst bis 2004 zugelassen wurde.

Innerhalb der EU Verordnung für den ökologischen Landbau läuft die Zulassung der Kupferpräparate im März 2002 aus. Nach dem aktuellen Stand der Diskussion in der EU zur EU-VO 2092/91 kann von einer Verlängerung der Kupfereinsatzmöglichkeit bis 31.12.2006 in Verbindung mit einer Mengengrenzung pro ha zu rechnen.

In Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet Phytomedizin der Forschungsanstalt Geisenheim konnten die Versuche zum Kupfer- und Netzschwefelersatz bzw. -reduzierung seit 1999 weiter intensiviert werden.

2. Versuchsvarianten

In den Jahren 2000 und 2001 wurden 5 bzw. 6 Versuchsvarianten zur Kupfer- und Netzschwefelreduzierung bzw. zum Ersatz dieser Substanzen jeweils gegen eine unbehandelte Kontrolle, eine „Öko-Standard“ Bewirtschaftung sowie eine integrierte Bewirtschaftung geprüft (vgl. Tabelle 1). Die Versuche erfolgten in einer seit 1996 auf ökologischen Weinbau umgestellte Rieslinganlage in der Lage Geisenheimer Mäuerchen.

Zur Applikation der Versuchssubstanzen wurde ein Parzellenspritzgerät eingesetzt. Alle Varianten wurden in 4-facher Wiederholung angelegt. Die Bonituren (4x100 Trauben bzw. Blätter) erfolgten zu drei Terminen im Zeitraum BBCH 75 – 81.

Tabelle 1: Versuchsvarianten 2000 und 2001

Varianten 2000	Mittel:	Applikationsintervalle:	ausgebrachte Mengen / ha:
Integriert	Polyram WG, Forum, Ridomil Gold, Vento, Quadris, Prosper, Netzschwefel	12-14 tägig	nach Herstellerangaben
Öko-Standard	Wasserglas, Mycosin, Kupferkalk (Kupferoxichlorid), Netzschwefel	10-12 tägig	Kupfer: 3,36 kg Netzschwefel: 32,4 kg Mycosin: 19,2 kg
Cu / NaHCO ₃	Steinhauers Mehлтаuschreck, Kupferkalk (Kupferoxichlorid)	10-12 tägig	Kupfer: 3 kg SM: 102 kg
Cu / KHCO ₃	Kaliumhydrogencarbonat, Kupferkalk (Kupferoxichlorid)	10-12 tägig	Kupfer: 3 kg KHCO ₃ : 102 kg
Ökofluid-P (67 gPO ₃ /l)	Wasserglas, Netzschwefel Ökofluid-P	10-12 tägig	ÖF-P: 157 l Netzschwefel: 19,0 kg
Erwinia	Erwinia herbicola (Bio-Antagonist)	14 tägig	Unformuliertes Präparat
Fungifend	Kalium-, Natriumpolyphosphate (2%):	10-12 tägig	Fungifend: 228 kg
2001			
Integriert	Polyram WG, Forum, Ridomil Gold, Vento,	12-14 tägig	nach Herstellerangaben
Öko-Standard	Wasserglas, Mycosin, Funguran, (Kupferoxichlorid), Netzschwefel	10-12 tägig	Kupfer: 2,9 kg Netzschwefel: 32,4 kg Mycosin: 39,2 kg
Cu / NaHCO ₃	Steinhauers Mehлтаuschreck, Funguran	10-12 tägig	Kupfer: 2,8 kg Stein.M: 95 kg
Cu / KHCO ₃	Kaliumhydrogencarbonat, Kupferkalk	10-12 tägig	Kupfer: 2,8 kg KHCO ₃ : 95 kg
Ökofluid-P „Neu“ (26,8 g PO ₃)	Wasserglas, Netzschwefel Ökofluid-P (BBCH 68-75) Funguran (Kupferoxichlorid)	10-12 tägig	Ökofluid-P „Neu“: 60 l Netzschwefel: 26,4 kg Kupfer: 1,7 kg
Robus (103 g/l PO ₃)	Wasserglas, Netzschwefel Robus (BBCH 68-75) Funguran (Kupferoxichlorid)	10-12 tägig	Robus: 50 l Netzschwefel: 26,4 kg Kupfer: 1,7 kg
Erwinia	<i>Erwinia herbicola</i> (Bio-Antagonist)	14 tägig	Unformuliertes Präparat
Fungifend	Kalium-, Natriumpolyphosphate (0,6%):	10-12 tägig	Fungifend: 67 kg

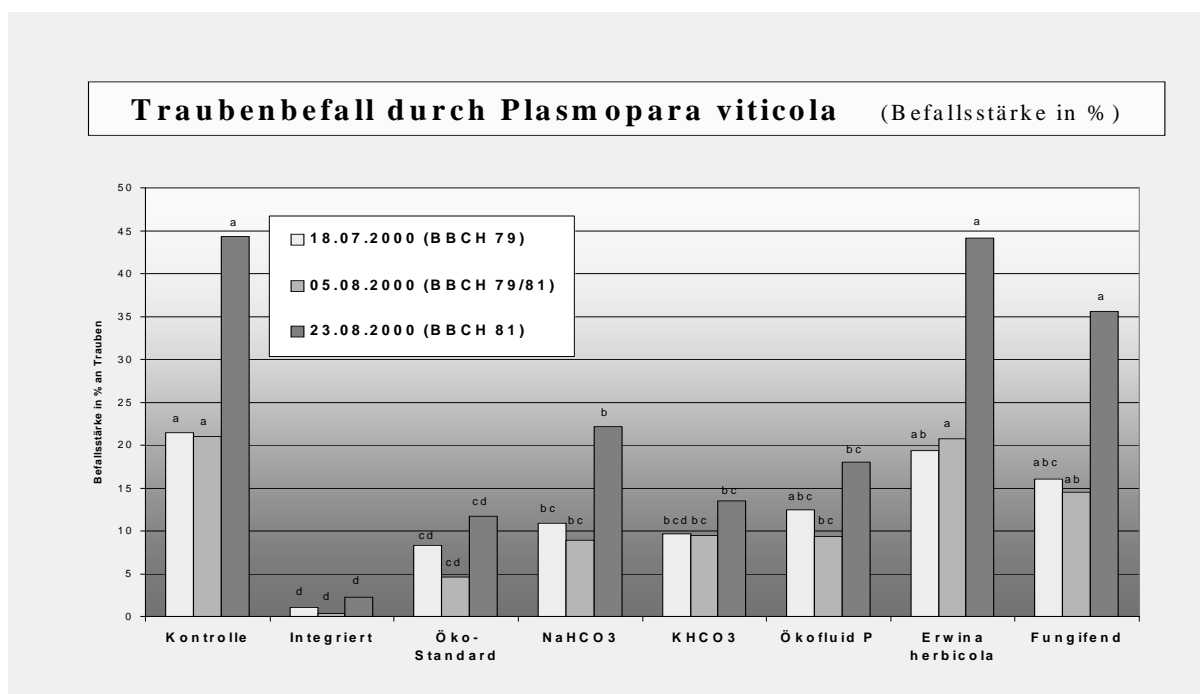
3. Ergebnisse

3.1. Peronosporabefall im Jahr 2000

Die Witterungsbedingungen des Jahres 2000 führten zu einem extrem starken Peronosporadruck, so dass im Sinne einer Mittelprüfung optimale Bedingungen gegeben waren. Nach einer relativ ruhigen Aufbauphase des Erregers im Juni (6 Regeninfektionen, jedoch nur eine Ausbruchssituation) erfolgte im Monat Juli mit 143 Liter Niederschlag pro m² eine explosionsartige Vermehrung. Es konnten 18 Regeninfektionen und Ausbruchsbedingungen in 14 Nächten registriert werden. Aufgrund des schon weit fortgeschrittenen Traubenwachstums (Vollblüte ES 65 am 9.6.) war die Traubenresistenz zwar schon fortgeschritten, jedoch konnten selbst nach dem Stadium Erbsengröße (ES 75 am 26.6.) noch Infektionen der Trauben insbesondere über das Stielgerüst festgestellt werden.

Aufgrund des hohen Befallsdrucks konnte das Ziel einer Kupferreduzierung in den Netzschwefelersatzvarianten (NaHCO₃, KHCO₃) auf ca. 2 kg/ha nicht realisiert werden. In der Variante „Ökologisch-Standard“ wurden insgesamt 3,36 kg Reinkupfer ausgebracht und somit die nationalen Mengenvorgaben der Verbände geringfügig überschritten.

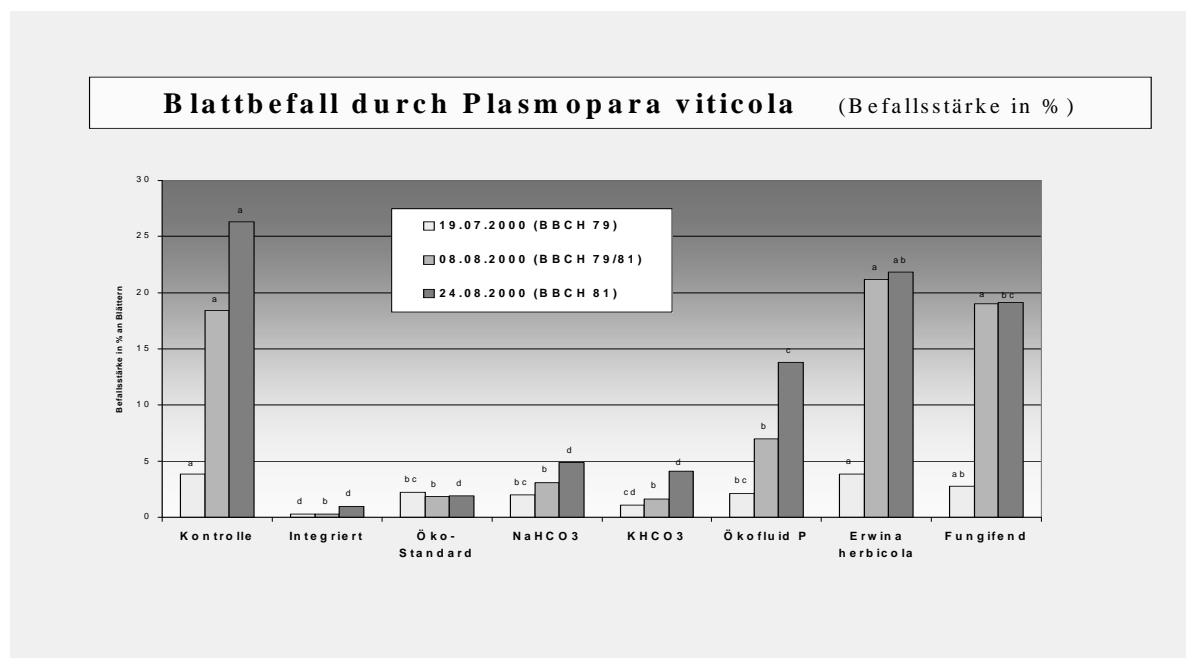
Bezüglich der Stärke des **Traubenbefalls** durch *Plasmopara viticola* kann festgestellt werden, dass die Varianten *Erwinia herbicola* und Fungifend unter den gegebenen Bedingungen keine ausreichende Wirkung gegenüber Peronospora zeigten. Die Varianten NaHCO₃, KHCO₃ sowie Ökofluid-P zeigten eine noch ausreichende Peronospora Wirkung bei einem Befall zwischen 12 und 22 % Ende August, die sich nur tendenziell voneinander unterschieden und auch zur Variante Öko-Standard nur geringe Unterschiede aufwiesen. Innerhalb der Variante „Integriert“ konnte eine Befallsstärke von 2 % Traubenbefall festgestellt werden (vgl. Abb. 1)



(signifikant unterschiedliche Mittelwerte sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet)

Abb. 1: Traubenbefall im Jahr 2000 durch *Plasmopara viticola*

Die Bonitur des Blattbefalls durch *Peronospora* zum Zeitpunkt 24.8. ergab ein ähnliches Bild, wobei in der Variante Ökofluid-P festgestellt werden konnte, dass ab Anfang August der Blattbefall nicht mehr ausreichend verhindert werden konnte. Hierdurch kam es analog zu den Vergleichsvarianten *Erwinia herbicola* und Fungifend zu einem annähernd 100 %igem Befall der Blätter (Befallshäufigkeit) bei einer Befallsstärke von ca.15 % (vgl. Abb. 2).



(signifikant unterschiedliche Mittelwerte sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet)

Abb. 2: Blattbefall im Jahr 2000 durch *Plasmopara viticola*

3.2. Peronosporabefall im Jahr 2001

Im Versuchsjahr 2001 war ein etwas niedrigerer Befallsdruck durch *Plasmopara viticola* gegeben. Aufgrund der im Versuchsjahr 2000 festgestellten mangelnden Wirkung des phosphithaltigen Präparates Ökofluid-P gegen Blattbefall nach dem Entwicklungsstadium (BBCH 75) wurden die Abschlussbehandlungen mit Kupferoxychlorid durchgeführt (vgl. Tab. 1, Versuchsvarianten in 2001). Zusätzlich wurde ein weiteres Präparat mit höherem Phosphitgehalt (Robus), jedoch geringerer Konzentration (ausgebrachte Phosphitmenge: 5,15 kg/ha) in die Versuchsdurchführung aufgenommen. Mit Ausnahme der Kontrollvariante sowie der Varianten *Erwinia herbicola* und Fungifend konnte in allen anderen Varianten ein gutes Behandlungsergebnis sowohl beim Trauben- (vgl. Abb. 3) als auch beim Blattbefall durch *Peronospora* festgestellt werden.

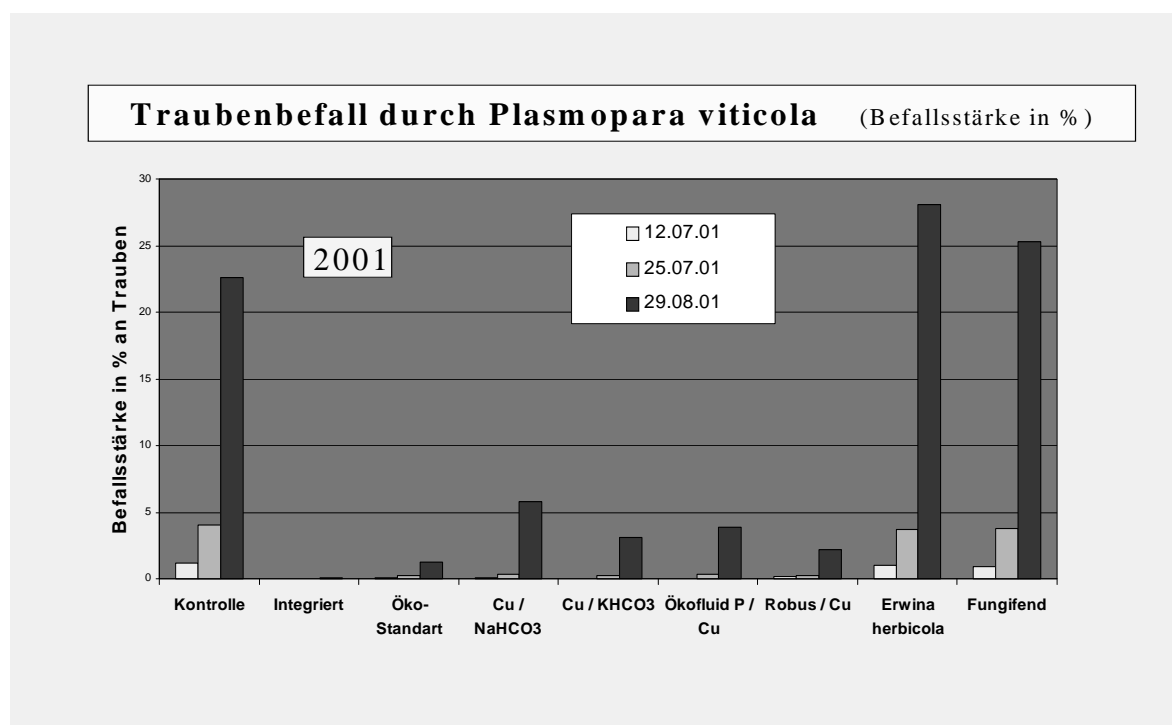


Abb. 3: Traubenbefall durch *Plasmopara viticola* im Jahr 2001

3.3. Ertrags- und Qualitätsdaten des Jahres 2000

Aufgrund des relativ späten Peronoporabefalls in Verbindung mit der schon weit fortgeschrittenen Traubenentwicklung im Juli 2000 lagen die **Traubenerträge** auf einem noch recht hohen Niveau (vgl. Tab.2). Die Vergleichsvarianten (Öko-Standard, NaHCO₃, KHCO₃ und Ökofluid-P) bewegten sich zwischen 113 und 139 kg/a ohne absicherbare Differenzen. In den Varianten *Erwinia herbicola*, Fungifend und der Kontrolle konnten keine für einen Weinausbau verwertbaren Trauben geerntet werden. Bei den **Mostgewichten** konnte aufgrund des hohen Blattperonosporabefalls in der Variante Ökofluid-P eine verringerte Zuckereinlagerung sowie eine erhöhte Gesamtsäure festgestellt werden. (vgl. Tab. 2).

Tabelle 2: Ertrags- und Qualitätsdaten des Jahres 2000

	Integriert	NaHCO ₃	Öko-Standard	KHCO ₃	Ökofluid-P
Ertrag in kg / a	164,5	113,4	138,4	139,8	120,9
Mostgewicht in °Oechsle	75,5	77,3	79,0	74,8	70,0
Gesamtsäure in g / l	11,5	11,6	11,2	11,8	12,3

3.4. Erfahrungen und Beobachtungen zum Einsatz von Ökofluid-P (67g PO₃/l) aus der Praxis

Bis zum Blütebeginn (BBCH 60) zeigt Ökofluid-P, basierend auf einer Dosierung von 1500 g Phosphonat/ha bei voll ausgebildeter Laubwand eine bessere Wirkung als Kupfer. Erstbehandlungen mit Ökofluid-P nach dem 1.Laubschnitt zeigen nur eine verringerte

Wirksamkeit ! „Kurative“ Wirkungen können nur erwartet werden, wenn eine Behandlung innerhalb von 24 h nach der Infektion und einer Behandlungswiederholung nach max. 5 Tagen durchgeführt wird. Ein voll „etablierter“ Peronosporabefall kann bei hohem Befallsdruck nicht zum Stillstand gebracht werden.

Phytotoxische Reaktionen (Blattverformungen, Vergilbungen, Reifeverzögerungen) konnten nur bei Überdosierungen und empfindlichen Rebsorten festgestellt werden, was vermutlich auf den Anteil Wasserglas in Ökofluid-P zurückgeführt werden kann

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Ableitend aus dem aktuellen Kenntnisstand, den vorgestellten Ergebnissen und vielfältigen Erfahrungen aus der Praxis muss festgestellt werden, dass derzeit **keine praxisreifen Kupferersatzstoffe** aus den Bereichen anorganische Salze, Pflanzenextrakte und biologische Antagonisten zur Verfügung stehen.

Die im Rahmen der vorgestellten Versuche mit einem unformulierten Präparat des biologischen Antagonisten von *Plasmopara viticola*, *Erwinia herbicola*, erzielten Ergebnisse machen den Forschungsbedarf in diesem Sektor deutlich.

Die Wirkungspotentiale von *Erwinia herbicola* konnten mit dem unformulierten Versuchsprodukt bei gleichzeitig starkem Infektionsdruck und den realisierten Applikationsintervallen nicht ausgeschöpft werden.

Gute Ergebnisse beim Einsatz von *Erwinia herbicola* Anfang der 90er Jahre (Tilcher, R., 1996) belegen die Wirksamkeit dieses Antagonisten, wobei besonders durch entsprechende Formulierung Wirkungssteigerungen erreicht wurden.

Um die Existenz des europäischen Bioweinbaus sicherzustellen ist der Erhalt bestimmter Kupferverbindungen im Anhang II der EU-VO 2092/91 derzeit unverzichtbar.

Weiterhin ist aufgrund der klimatisch bedingten, an Stärke zunehmenden Infektionsereignisse durch *Plasmopara viticola* eine Reduzierung der Aufwandmengen unter 3 kg/ha und Jahr in der Praxis nicht vorstellbar.

Möglichkeiten zu einer weiteren nationalen **Reduzierung des Kupfereinsatzes** (< 3 kg/ha) bei hohem Befallsdruck wären derzeit nur nach einer Wiedezulassung von phosphithaltigen Präparaten durch die BBA (Ökofluid-P und Robus sind derzeit nicht als Pflanzenstärkungsmittel registriert) gegeben und im Sinne der Praxis verantwortbar, wobei die Akzeptanz dieser Präparate durch die Bioanbauverbände gegeben sein müsste. Bei einer Eingruppierung als Pflanzenschutzmittel wäre eine Aufnahme in den Anhang II der EU Verordnung zu beantragen.

Bereits bekannte Ergebnisse aus den 90er Jahren und aktuelle Untersuchungen zu Phosphonatrückständen in den Weinen aus den vorgestellten Versuchen sowie weiteren Proben aus der Praxis belegen die bestehende Rückstandsproblematik.

Aktuell laufende Untersuchungen weisen jedoch darauf hin, dass dieser Problematik durch eine Begrenzung des Einsatzes bis in den Bereich des Entwicklungsstadiums „Erbsengröße“ (BBCH 75) sowie den Einsatz von Präparaten mit geringerer Phosphonatkonzentration deutlich entgegengewirkt werden kann.

Die Untersuchungen hierzu sind noch nicht abgeschlossen und werden fortgesetzt.

Untersuchungen zur Wirksamkeit von Pflanzenextrakten gegen den Erreger des Falschen Mehltaus der Weinrebe (*Plasmopara viticola*)

Walter K. Kast

Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau, 74185 Weinsberg,
Postfach 13 09, E-Mail: walter.kast@lvwo.bwl.de

Ziel der Untersuchungen war die Suche nach Naturstoffen, die im ökologischen Weinbau die Anwendung von Kupfer gegen Rebenperonospora ersetzen oder ergänzen könnten. Zu diesem Zweck wurden Extrakte von einheimischen Pflanzen (Pflanzenteilen) zunächst einem Laborscreening unterworfen und die erfolgreichsten Extrakte an Topfpflanzen und schließlich in zwei Freilandversuchen (2000 und 2001) angewandt (KAST 2001).

Tabelle 1: Für die Herstellung der Extrakte verwendete Pflanzenteile

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Deutscher Name	Pflanzenteil
1	<i>Hedera helix</i>	Efeu	Bätter
2	<i>Quercus</i> spp.	Eiche	Rinde
3	<i>Verbena officinalis</i>	Eisenkraut	Ganze Pflanze
4	<i>Gentiana spec.</i>	Enzian	Wurzel
5	<i>Frangula alnus</i>	Faulbaum	Rinde
6	<i>Solidago</i> spp.	Goldrute	Ganze Pflanze
7	<i>Avena sativa</i>	Hafer	Blätter
8	<i>Sambuca nigra</i>	Holunder	Blüten
9	<i>Aesculus hippocastanum</i>	Kastanie	Blätter
10	<i>Medicago sativa</i>	Luzerne	Ganze Pflanze
11	<i>Viscum album</i>	Mistel	Ganze Pflanze
12	<i>Rheum rhabarbarum</i>	Rhabarber	Wurzel
13	<i>Calendula officinalis</i>	Ringelblume	Blüten
14	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Rosmarin	Blätter
15	<i>Salvia officinalis</i>	Salbei	Blätter
16	<i>Rumex acetosa</i>	Sauerampfer	Ganze Pflanze
17	<i>Achillea millefolium</i>	Schafgarbe	Blüte
18	<i>Achillea millefolium</i>	Schafgarbe	Ganze Pflanze
19	<i>Primula veris</i>	Schlüsselblume	Wurzel
20	<i>Sesamum indicum</i>	Sesam	Samen
21	<i>Viola tricolor</i>	Stiefmütterchen	Ganze Pflanze
22	<i>Tanacetum vulgare</i>	Rainfarn	Ganze Pflanze
23	<i>Salix</i> spp.	Weide	Rinde

Bei 23 Pflanzenarten (Tabelle 1) wurden aus unterschiedlichen Teilen (Blatt, Blüte, Wurzel oder ganze Pflanze) Extrakte hergestellt. Zur Extraktion wurden jeweils 5 % getrocknete Pflanzenteile verwendet und in Wasser oder 70 %igem Alkohol 4 Stunden bei 60°C, teilweise auch mit Zusatz von Aceton extrahiert. Diese Extrakte wurden in einem standardisierten Blattscheibentest (3 Termine, 48 und 4 Stunden vor, 24 Stunden nach der Infektion) und in einem Topfpflanzenversuch (2 vorbeugende Termine) geprüft.

Der Zusatz von Aceton während der Extraktion verbesserte die Wirkung der Extrakte in keinem Fall (Tabelle 2). Nur in wenigen Fällen war für die Wirkung die Art des Extraktionsmediums entscheidend. Die insgesamt besten Ergebnisse wurden mit Efeublättern, Faulbaumrinde, Rhabarberwurzeln, Schlüsselblumenwurzeln und Weidenrinde erzielt. (siehe Tabelle 2). Das jeweils mit der besten Extraktionsmethode hergestellte Präparat reduzierte den Befall um 80 - 90 %. Völlig unwirksam war lediglich ein Extrakt aus Sesamschrot. Hafer-Ganzpflanzenextrakt reduzierte den Befall nur wenig (maximal 50 %). In allen Fällen war die Wirkung bei der Anwendung 4 Stunden vor der Infektion am Besten. In vielen Fällen war schon nach 48 Stunden ein deutlicher Wirkungsabfall festzustellen. Dies deutet darauf hin, dass die Wirkung eher auf fungiziden Effekten als auf Resistenzinduktion beruht. Nach der Infektion (kurativ) waren nur 2 Extrakte wirksam (Schlüsselblumenwurzel, Faulbaum-Rinde). Die Effekte waren aber in beiden Fällen gering (ca. 37 % Befallsreduktion).

Tabelle 2: Blattscheibentest mit verschiedenen Pflanzenextrakten

No.	Durchschnittliche Wirkung 5 %iger Extrakte (Befallsminderung in %)											
	42 Stunden vor Infektion				4 Stunden vor Infektion				24 Stunden vor Infektion			
	AA ^s	AL	WA	WS	AA	AL	WA	WS	AA	AL	WA	WS
1	93,4	96,0	94,8	98,8	92,0	86,3	90,7	97,1	15,1	15,1	8,2	15,1
2	89,0	93,8	71,9	74,0	92,3	86,4	49,5	41,0	-5,7	-2,9	8,6	-8,6
3	71,0	76,9	54,7	57,9	80,8	81,1	60,4	63,1	31,9	20,8	6,9	6,9
4	87,8	91,0	39,1	35,3	93,9	74,4	65,6	69,7	5,0	7,5	10,0	-25,0
5	91,1	93,1	69,5	67,5	92,0	86,3	88,9	95,2	37,0	35,6	30,1	35,6
6	25,2	32,7	45,8	40,2	67,0	66,1	67,0	59,6	10,1	14,7	-1,8	-4,6
7	50,6	32,3	30,9	27,1	56,4	44,7	45,0	49,1	4,3	-6,5	8,7	6,5
8	65,2	60,4	59,2	75,4	57,5	62,6	69,3	85,8	7,6	14,8	13,3	13,3
9	73,7	71,8	70,5	76,5	73,9	70,7	68,8	61,1	-2,8	9,6	2,6	10,9
10	81,6	71,3	68,4	69,0	88,9	79,4	68,7	59,3	13,4	6,0	8,8	3,5
11	64,3	65,0	71,0	70,3	59,6	55,0	56,0	54,4	6,5	0,0	4,1	14,4
12	76,9	64,9	88,0	87,2	90,0	82,4	94,2	94,2	3,4	8,7	11,5	5,6
13	74,0	74,0	39,9	77,4	69,3	74,7	69,0	85,2	-4,4	7,0	-7,6	-0,8
14	67,7	95,5	18,6	17,2	79,7	93,5	49,8	41,7	7,2	12,3	8,6	7,3
15	78,4	95,0	58,1	51,2	92,1	95,3	78,2	67,8	15,4	0,6	9,8	2,1
16	85,1	79,0	51,4	65,7	80,7	79,6	47,8	48,5	-1,2	6,1	11,9	5,9
17	17,8	22,2	59,0	52,7	20,5	14,4	68,8	73,7	17,7	13,0	2,0	9,8
18	41,5	34,2	69,9	83,3	39,3	58,9	63,7	73,8	0,4	8,5	4,4	-7,0
19	92,4	80,9	92,8	99,0	84,3	72,1	88,5	91,6	12,5	15,7	37,2	32,4
20	-5,1	2,0	9,1	2,6	-1,6	-1,0	9,2	7,5	6,4	-2,8	13,3	-4,3
21	55,6	34,9	56,9	78,5	37,5	32,1	57,5	66,1	-6,7	-3,9	7,0	-5,6
22	44,1	41,0	52,2	49,9	52,9	56,4	70,8	72,3	4,1	1,8	2,4	-2,0
23	93,3	91,8	92,8	91,8	91,1	87,2	86,0	88,4	12,2	18,4	13,1	17,2

^sAA = Extrakt durch Alkohol + Aceton WA = Extrakt durch Wasser + Aceton
 AL = Extrakt durch Alkohol WS = Extrakt durch Wasser

Ein Versuch an Topfpflanzen, in dem die 21 wirksamsten Extrakte ebenfalls in 5 %iger Konzentration geprüft wurden, erbrachte nahezu identische Resultate. Versuche zur Abhängigkeit der Wirkung von den Konzentration zeigten bei 2 % noch relativ gute Wirkung.

In einem Freilandversuch im Jahr 2000 wurde die Wirkung von Schlüsselblumen-, Weidenrinden-, Enzianwurzel-, Faulbaumrinden- und Goldrutenkrautextrakt von 2 %iger Konzentration in 4facher Wiederholung (je 12 Rebstöcke) geprüft. Die Behandlungen erfolgten mit einem rückentragbaren Sprühgerät im Abstand von 10 Tagen vom 15.5. bis 9.8. (9 Behandlungen). Peronospora trat erst sehr spät im Juli in der Versuchsanlage auf, nachdem Ende Juni künstliche Primärinfektionen gesetzt worden waren, weil natürliche Primärinfektionen in diesem Jahr im gesamten Versuchsfeld nicht gefunden wurden. Das Vergleichsmittel Kupferkalk (0,1 %ig = 1/10 der zugelassenen Konzentration) minderte den im September ermittelten Blattbefall um 86 %. Die Kräuterextrakte bewirkten alle im Mittel eine Befallsreduktion von 33 - 42 %, wobei zwischen den verschiedenen Extrakten keine signifikanten Unterschiede auftraten.

Tabelle 3: Ergebnisse des Feldversuchs 2000, Peronosporabefall an Blättern im September

Nr.		Häufigkeit %	Wirkung %	Befallsstärke %	Wirkung %
	Unbehandelt	71,6		4,3	
	Kupferkalk (15 % Cu) 0,1 %	17,2	75,9	0,6	86,0
04	<i>Gentiana</i> spp. (Wurzeln) 2 %	54,1	24,4	2,7	37,2
05	<i>Frangula alnus</i> (Rinde) 2 %	58,1	18,9	2,9	32,6
06	<i>Solidago</i> spp. (ganze Pflanze)	62,2	13,1	2,8	34,9
19	<i>Primula veris</i> (Wurzeln) 2 %	59,8	16,4	2,8	34,9
23	<i>Salix</i> spp. (Rinde) 2 %	57,9	16,4	2,5	41,9
	GD 5 %	7,5		0,8	

Ein Freilandversuch im Jahr 2001 bestand aus 4 Wiederholungen und jeweils 12 Rebstöcken und diente der Prüfung der Wirkung von Efeuextrakt. Die Extrakte wurden jeweils einige Tage vor dem Applikationstermin frisch zubereitet und im Kühlschrank bei + 4° C gelagert und zur Applikation auf 5 % verdünnt. Zur Extraktion wurden jeweils getrocknete Efeublätter (Arzneidroge) für 4 Stunden in 60° C heißem Wasser mit 0,0125 % Tween 20 geschüttelt und anschließend filtriert. Die Applikation erfolgte jeweils gemeinsam mit Netzschwefel mittels einem Schachtner-Parzellensprühgerät (Tunnelspritzgerät) in den praxisüblichen Wasseraufwandmengen. Zwischen den Versuchsreihen befand sich jeweils eine unbehandelte Trennreihe. Diese wurde am 23. Mai künstlich infiziert (1 infizierter Trieb jeden 8. Rebstock). Die Behandlungen erfolgten wöchentlich. Als Vergleich diente das Pflanzenstärkungsmittel Mykosin (1 %ig). Diese Variante wurde im Gegensatz zur Versuchsvariante nur im 14-tägigen Rhythmus gespritzt. Ausgewertet wurde die Befallsstärke in % durch Bonitur von jeweils 100 Blättern.

Tabelle 4: Ergebnisse des Feldversuchs 2000, Peronosporabefall an Blättern (Stärke %)

Nr.	Auswertungstermin =>	16.07.	08.08.	27.08.	24.09.
	Unbehandelt	0,7	2,0	5,0	11,1
	Mykosin 1,0 % (14-tägig)	0,2	0,8	1,9	4,8
01	<i>Hedera helix</i> (Blätter) 5 % (7-tägig)	0,2	1,3	2,7	10,0
	GD 5 %	0,3	0,8	2,0	3,8

Efeuextrakt reduzierte anfänglich den Befall deutlich, vergleichbar mit dem Standardpräparat Mykosin (Tabelle 4). Ende August, bei einer sehr starken Zunahme des Befalls, brach die Wirkung aber zusammen. Der Unterschied zur Kontrolle war bei der abschließenden

Auswertung Ende September nicht mehr signifikant. Mykosin dagegen reduzierte den Befall trotz größerer Abstände zwischen den Behandlungen immer noch deutlich.

Die festgestellten Effekte der Pflanzenextrakte sind zwar signifikant, die im Freiland gefundene Wirkung ist aber für eine praktische Anwendung als Bekämpfungsmittel im ökologischen Weinbau zu gering. Sie wären allenfalls in Kombination z. B. mit Kupfer oder Gesteinsmehlen oder beim Anbau teilresistenter Reben nutzbar.

Literatur:

KAST, W. K. (2001): Untersuchungen zu Alternativen für den Einsatz kupferhaltiger Mittel gegen Rebenperonospora im ökologischen Weinbau. <http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/la/lvwo/Veroeff/alternativenKupfer.htm>.

Kupfer und Kartoffelbau

Regulierung der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) im ökologischen Kartoffelanbau

Herwart Böhm

Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft

Trenthorst 32, 23847 Westerau, email: herwart.boehm@fal.de

Einleitung

Zu den Krankheiten mit der größten Bedeutung im ökologischen Kartoffelanbau gehört die Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*). Durch diese Krankheit kann es je nach Witterungsbedingungen und damit je nach Befallsbedingungen zu deutlichen Ertragsausfällen kommen, die für ökologisch wirtschaftende Kartoffelanbauer einen enormen ökonomischen Verlust darstellen. Andererseits kann die Lagerstabilität und Qualitätsausbildung vermindert sein bzw. die Nachfrage nicht mehr ausreichend gedeckt werden.

Die durchschnittliche Kartoffelanbaufläche ökologisch wirtschaftender Betriebe lag im Jahr 2001 mit 1,4 ha um 0,5 ha über der der konventionell wirtschaftenden Betriebe (BMVEL 2002). Der durchschnittliche Kartoffelertrag der ökologisch wirtschaftenden Betriebe lag bei 206,4 dt/ha im Vergleich zu 357,9 dt/ha bei konventioneller Wirtschaftsweise. Allerdings wurden mit 24,37 €/dt für ökologisch erzeugte Kartoffeln deutlich höhere Verkaufspreise erzielt als für konventionell erzeugte Kartoffeln (6,24 €/dt).

Der Einsatz kupferhaltiger Mittel zur Regulierung der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) wird durch die EU-Verordnung 2092/91 geregelt und wurde in diesem Jahr überarbeitet (EU-VO 473/2002). Nach der Neuregelung sind nunmehr im Kartoffelanbau bis Ende 2004 8 kg Cu ha⁻¹ a⁻¹ erlaubt, danach noch 6 kg Cu ha⁻¹ a⁻¹. Dabei muss die Notwendigkeit des Einsatzes durch die Kontrollstellen anerkannt werden. Die nationalen Anbauverbände des Ökologischen Landbaus haben spezifische Regelungen, die in Deutschland je nach Anbauverband eine Beschränkung auf 3 kg Cu ha⁻¹ a⁻¹ oder einen vollständigen Verzicht kupferhaltiger Mittel festschreiben. Zugelassen sind in Deutschland im ökologischen Kartoffelanbau derzeit ausschließlich Mittel auf Basis von Kupferoxychlorid mit einer Befristung bis zum 31.12.2004 (BBA 2002).

Vorrangiges Ziel im ökologischen Landbau ist mittelfristig eine Reduzierung des Einsatzes kupferhaltiger Präparate, wobei langfristig möglichst auf Kupfer als Pflanzenschutzmittel verzichtet werden soll. Für eine Gesamtstrategie zur Regulierung der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) kommen somit einerseits den vorbeugenden Maßnahmen besondere Bedeutung zu, andererseits jedoch vor allem der Erforschung neuer Wirkstoffe im Sinne des biologischen Pflanzenschutzes, z. B. auf Basis von Pflanzen- und Algenextrakten oder antagonistisch wirkenden Mikroorganismen (s.a. Beitrag von SCHMITT et al. in diesem Band).

Bedeutung der vorbeugenden Maßnahmen

Im ökologischen Pflanzenschutz sollen die vorbeugenden Maßnahmen als fester Bestandteil des gesamten Anbaukonzeptes angesehen werden. Hierzu gehören pflanzenbauliche Maßnahmen wie Fruchtfolgegestaltung, Standortwahl und -verhältnisse sowie die Sortenwahl (AGÖL 2000).

Übertragen auf den Kartoffelanbau und den damit verbundenen vorbeugenden Maßnahmen zur Regulierung von *Phytophthora infestans* ist hiermit bereits bei der Feldhygiene zu beginnen. Hierzu gehört z. B. die Vermeidung von Primärherdbildung durch Kartoffelabfallhaufen am Feldrand oder auf dem Hofgelände, das Abräumen von Kartoffelresten von Feldmieten und die Bekämpfung von Durchwuchskartoffeln im Rahmen der Fruchtfolgegestaltung

(HOFFMANN 1962, SCHÖBER-BUTIN 2001). Ebenfalls sollten keine auf dem Roder aussortierten Kartoffeln auf den Acker zurückgeführt werden.

Für den Anbau selbst sind vor allem die Bereiche Sortenwahl, Pflanzgutvorbereitung und Standortfaktoren zu nennen. So sollten die Kartoffelfelder nicht in Senken oder Windschattenarealen, sondern in windoffenen Lagen mit Anlage der Kartoffeldämme in Hauptwindrichtung geplant werden, um somit durch ein besseres Abtrocknen des Kartoffelkrautes der Ausbreitung von *P. infestans* entgegenzuwirken (HOFFMANN 1962, SCHÖBER-BUTIN 2001). Neuere Versuche werden am Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz der Universität Kassel durchgeführt, wobei der Einfluss der Feldgröße, der Ausrichtung und der Nachbarkulturen auf die Krautfäuleepidemie untersucht wird (BOUWS-BEUERMANN & FINCKH 2002).

Die Auswahl relativ resistenter Sorten für den Anbau ist ebenfalls ein wesentlicher Beitrag im Bereich der vorbeugenden Maßnahmen (SCHÖBER-BUTIN 2001). Diese Möglichkeit wird jedoch wesentlich durch die Bevorzugung bestimmter Sorten durch den Verbraucher oder die Verarbeiter eingeschränkt. Im Rahmen eines EU-Projektes werden derzeit Kartoffelsorten hinsichtlich ihrer agronomischen Eigenschaften und damit auch ihrer Anfälligkeit gegenüber *P. infestans* beurteilt, wobei zum einen die Qualität (Speise- bzw. Verarbeitungsqualität) im Vordergrund steht und zum anderen in enger Kooperation mit den potentiellen Abnehmern eine rasche Einführung in die Praxis angestrebt wird (TAMM et al. 2002).

Die Pflanzgutvorbereitung, d. h. das Vorkeimen bietet nicht nur die Möglichkeit, infizierte Knollen auszusortieren und damit potentielle Primärherde zu eliminieren, sondern vor allem wird eine Vorverlegung der Wachstumsperiode erzielt, bei dem ein Vegetationsvorsprung von bis zu 14 Tagen erreicht wird. Dies ist besonders in Jahren mit frühzeitigem Befall von *P. infestans* und der damit einhergehenden Vernichtung des Assimilationsapparates von entscheidender Bedeutung für den zu realisierenden Ertrag. Durch den Wachstumsvorsprung vorgekeimter Kartoffeln kann die befallsfreie Zeit besser ausgenutzt werden (DREYER 1992). Die Literaturobwertung neuerer Arbeiten zum Einfluss des Vorkeimens unter den Anbaubedingungen des ökologischen Landbaus zeigt, dass bei Pflanzung vorgekeimter Kartoffeln Mehrerträge von bis zu 30 % erzielt werden. KARALUS (1995) zeigte in umfangreichen Untersuchungen über 3 Jahre an zwei Standorten und 2 bzw. 4 Sorten 3 bis 28 % höhere Erträge, PAGEL & HANFF (1997) im Mittel von zweijährigen Feldversuchen 27 %, MEINCK (1999) im Durchschnitt von 3 Jahren an 2 Standorten und 2 Sorten 18 %, SCHÜLER (1999) 19 % (Durchschnitt von 2 Jahren und unterschiedlichen Pflanzenbehandlungen), BÖHM (1999) 1,5 bis 25 % in zweijährigen Untersuchungen bei 3 Düngungsstufen und 2 Sorten sowie REENTS et al. (2001) 8 % im Durchschnitt von 2 Jahren und 19 Sorten. Voraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung des Vorkeimens ist neben einer guten Vorkeimtechnik vor allem ein schonendes Pflanzen mit optimaler Technik, um möglichst geringe Keimabbruchraten zu realisieren. Insgesamt kann das Vorkeimen als ertragssichernde Maßnahme bewertet werden. Tritt keine Krautfäule auf, so führt das Vorkeimen nur zu geringfügig höheren Erträgen, bei einem frühzeitigem Befall des Krautes durch *P. infestans* oder auch anderen den Blattapparat zerstörenden Krankheiten wie z. B. einen Befall durch den Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*) können deutliche Mehrerträge erzielt werden (KARALUS 1995).

Einsatz und Wirksamkeit von Pflanzenstärkungsmitteln

Pflanzenstärkungsmittel sind ausschließlich dazu bestimmt, die Widerstandsfähigkeit von Pflanzen gegen Schadorganismen zu erhöhen und Pflanzen vor nichtparasitären Beeinträchtigungen zu schützen. Das heißt, es dürfen keine direkten Schutzwirkungen gegen Krankheiten und Schädlinge hervorgerufen werden. Wenn biozide Eigenschaften vorhanden sind, handelt es sich um ein zulassungspflichtiges Pflanzenschutzmittel (BBA 2002). Aufgrund des relativ einfachen Anmeldeverfahrens hat die Zahl der Pflanzenstärkungsmittel in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Für den Anwender ist es nicht immer einfach, die am Markt befindlichen Pflanzenstärkungsmittel hinsichtlich ihrer Wirksamkeit einzuschätzen.

Ebenso ist sicherzustellen, dass die Pflanzenstärkungsmittel nicht aus gentechnologisch veränderten Organismen (GVO) bestehen bzw. keine Stoffe enthalten, die aus oder durch GVO erzeugt wurden (GVO-Derivate).

Seit Anfang der 90er Jahre werden Versuche mit Pflanzenstärkungsmitteln im Hinblick auf die Regulierung von *Phytophthora infestans* im ökologischen Kartoffelanbau durchgeführt. Hierbei handelte es sich z. T. um einjährige Feldversuche (MÜCK 1990, REDL et al. 1990) oder um Versuche, die von Praktikern und Beratern angelegt wurden (WELLER 1991).

So untersuchte MÜCK (1990) 8 verschiedene Präparate [AN (schwefelsaure Tonerde und Netzschwefel), Mistkompostauszug, Ulmasud (auf Basis schwefelsaurer Tonerde), NAB plus (Mischung aus Netzschwefel, Algenkalk und Bentonit), Birkengrubenauszug, Molke, Wasserglas, Hornkiesel und Silkahum] in einem einjährigen Feldversuch, wobei keines der Präparate einen positiven Effekt auf den Ertrag aufwies. Auch die von REDL et al. (1990) in einem einjährigen Feldversuch geprüften Mittel [Biovit (Sojaölfraction), Biovin (kompostierte Pampelmusen), kompostierter Pferdemist] zeigten keine ertragssteigernde Wirkung. WELLER (1991) berichtet über einen dreijährigen Praktikerversuch, in dem die Mittel Silkaben, Wasserglas, Algifert, Schachtelhalm, Biplantol, Meerrettichextrakt, Knoblauchextrakt, Kupfer, Campusan und ein Kompostextrakt getestet wurden. Er kam zu dem Ergebnis, dass sich bei keinem der Mittel der zum Teil erhebliche Aufwand lohnte, da keines der Pflanzenstärkungsmittel ertragssteigernd wirkte.

Parallel wurden erste grundlagenorientierte Arbeiten zur Wirkung von Mistkompostextrakten (KETTERER 1990) aufgenommen. Unter kontrollierten Bedingungen wurde eine signifikant verringerte Sporangienkeimung durch einen mit Mikroorganismen angereicherten Pferdemistkompostextrakt beobachtet, die voraussichtlich auf spezifische Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen basiert. Da es zu einer direkten Hemmung der Sporangienkeimung kam, vermutete KETTERER (1990) keine Resistenzinduktion, sondern Antibiose, Parasitismus und Konkurrenz. In zweijährigen Freilandversuchen konnte bei hohen Spritzfrequenzen (10 Spritzungen) der Krautfäulebefall deutlich vermindert werden. Eine bessere Wirkung gegen *P. infestans* zeigte dabei ein mit Mikroorganismen versetzter Pferdemistkompostextrakt. In weiterführenden Untersuchungen von TRÄNKNER (1993) konnten im Freiland jedoch keine befriedigenden Ergebnisse mit Kompostpräparaten erzielt werden. Als Grund wird die nur geringe Interaktionszeit für die Blattmikroflora auf das Pathogen angegeben.

LATTEN (1994) fand in Screening-Versuchen eine hochsignifikante Hemmung des Myzelwachstums von *P. infestans* nach Behandlung mit einem Extrakt von *Solidago canadensis* (Kanadische Goldrute). In Gewächshaus- und Freilandversuchen zeigte ein Extrakt aus *Rheum rhabarbarum* (Gemeiner Rhabarber) eine gute Wirkung gegen *P. infestans*. Diese Extrakte wurden auch von MEINCK (1999) in zwei- bzw. dreijährigen Feldversuchen eingesetzt. Die wässrigen Pflanzenextrakte aus Kanadischer Goldrute und Gemeinem Rhabarber wiesen eine geringe, aber signifikante Befallsverzögerung von *P. infestans* an Kartoffeln auf. Die Behandlung mit *Rheum rhabarbarum* erbrachte einen Mehrertrag von 12,3 %, die mit *Solidago canadensis* von 8 % (vgl. Tab. 2), wobei die Versuchsvarianten mit mehr als 10 % Ertragszuwachs gegenüber der nicht behandelten Kontrolle statistisch abgesichert waren. Die ebenfalls von MEINCK (1999) geprüften Mittel Humin V (Huminsäuren) und Biolag (Biofa Tema, Ackerschachtelhalm- und Braunalgenextrakt) zeigten Mehrerträge von 13,6 % bzw. 12,6 %, obwohl eine befallsmindernde Wirkung gegen *P. infestans* nicht festgestellt wurde. Ergänzend wurden Kupferhydroxid (20 % Mehrertrag) und Mittel auf Basis von Kupferoxychlorid (12-16 % Mehrertrag) geprüft (Tab. 2).

BLAESER (1999) untersuchte *in vitro* und *in vivo* die Wirksamkeit von Extrakten aus mehr als 30 Pflanzenarten u. a. auch gegenüber *P. infestans*. Hierbei konnten sehr gute Wirkungen mit ethanolischen Extrakten aus *Potentilla erecta* und *Salvia officinalis* nachgewiesen werden. Dabei reduzierte *Salvia officinalis* den Schlupf, die Beweglichkeit und die Keimung der

Zoosporen, *Potentilla erecta* hemmte dagegen das Myzelwachstum. Da beide Extrakte nicht systemisch wirkten, sollten die Extrakte wegen der resistenzinduzierenden Eigenschaften vier bis fünf Tage vor der Inokulation appliziert werden. NEUHOFF et al. (2002) berichten von Gewächshausversuchen mit der Kartoffelsorte Nicola, dass ein 1 %iger Extrakt von *Salvia officinalis* den Blattbefall mit *P. infestans* signifikant reduzierte, bei dem 2 %igen Extrakt war dieser Effekt noch deutlicher.

Tabelle 1: Einfluss verschiedener Pflanzenbehandlungsmittel auf den Befall mit *Phytophthora infestans* [FUDB in % Tage] und den Knollenertrag [dt/ha FM] am Standort Wulksfelde im Jahr 2000

Variante	FUDB [% Tage]	Knollenertrag [dt/ha FM]	Mehrertrag [%]
Kontrolle	1032,7 (b)	320,9 (a)	
Kupfer	297,4 (a)	404,1 (b)	25,9
Salvia	909,3 (b)	362,0 (ab)	12,8
Potentilla	988,7 (b)	362,5 (ab)	13,0
Padena	934,8 (b)	366,2 (ab)	14,1
Goemar	981,9 (b)	359,0 (ab)	11,9
Bioweb	954,4 (b)	376,1 (ab)	17,2
C 2000	923,4 (b)	356,9 (ab)	11,2
CereNat	992,0 (b)	349,7 (ab)	8,9

In Freilandversuchen überprüfte BLAESER (1999) die Pflanzenextrakte in Kartoffeln (Sorte Cilena) auf 2 Standorten, wobei die beste Wirkung nach der Applikation von *Potentilla erecta* beobachtet wurde (Tab. 2). Allerdings war der Wirkungsgrad an beiden Standorten sehr unterschiedlich. Am Standort Meckenheim lag der Wirkungsgrad im Vergleich zur Kontrolle bei der ersten Bonitur signifikant bei 77 % und damit auf gleichem Niveau mit der konventionellen Fungizidbehandlung. Bei der letzten Bonitur (30. Juli) war der Wirkungsgrad mit 49 % jedoch deutlich geringer als bei der Fungizidbehandlung (73 %). Die Applikation von *Potentilla erecta* brachte je nach Standort einen Ertragszuwachs von 15,7 % bzw. 17,3 %, die von *Salvia officinalis* 12,5 % bzw. 14,0 %. In eigenen Untersuchungen konnten in zweijährigen Versuchen am Standort Wulksfelde zwar Ertragssteigerungen nach Anwendung der Extrakte in Höhe von 9,6 % (*Salvia officinalis*) und 8,3 % (*Potentilla erecta*) im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle festgestellt werden, die aber nicht signifikant waren. Tabelle 1 verdeutlicht anhand der Ergebnisse des Jahres 2000 am Standort Wulksfelde den direkten Zusammenhang zwischen der Befallsintensität (FUDB-Werte) und dem Knollenertrag. Eine signifikante, ausgeprägte befallsmindernde Wirkung konnte nur bei der Behandlung mit Kupferhydroxid beobachtet werden; entsprechend betrug der Mehrertrag 25,9 %. Die Pflanzenextrakte *Salvia officinalis*, *Potentilla erecta*, Padena (*Calendula officinalis*) oder Elot-Vis (Abb. 1) zeigten keine ausreichende Wirkung. In einem weiteren Versuch auf dem Versuchsgut Lindhof wurde für *Potentilla erecta* ebenfalls ein nicht signifikanter Mehrertrag (8,3 %) nachgewiesen, bei *Salvia officinalis* dagegen ein Minderertrag in Höhe von 7,2 % (BÖHM 2001; Tab. 2). In dreijährigen Feldversuchen von NEUHOFF et al. (2002) auf verschiedenen Standorten zeigte die Behandlung mit dem Extrakt von *Salvia officinalis* weder eine signifikante Befallsminderung gegenüber *P. infestans* noch

einen Anstieg des Brutto- bzw. des Trockenmasseertrages (Tab. 2). Die unterschiedlichen Ergebnisse bei der Anwendung der Pflanzenextrakte bei BLAESER (1999) einerseits und NEUHOFF et al. (2002) bzw. BÖHM (2001) andererseits sind eventuell durch die unterschiedlichen Ausbringungsmengen zu erklären. BLAESER (1999) arbeitete mit 1000 l/ha, während die anderen Autoren praxisübliche Mengen von 400 – 600 l/ha eingesetzt haben. In den Versuchen von NEUHOFF et al. (2002) wurde als zusätzliche Variante die Applikation von Kupfer in Form von Kupferhydroxid geprüft, die im Mittel der Versuche einen Mehrertrag von 12,5 % im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle aufwies (Tab. 2). In den Feldversuchen von BÖHM (2001) waren ebenfalls Varianten mit Kupferhydroxidbehandlung integriert, in denen z. T. signifikante Mehrerträge in Höhe von 17,7 – 18,9 % realisiert wurden.

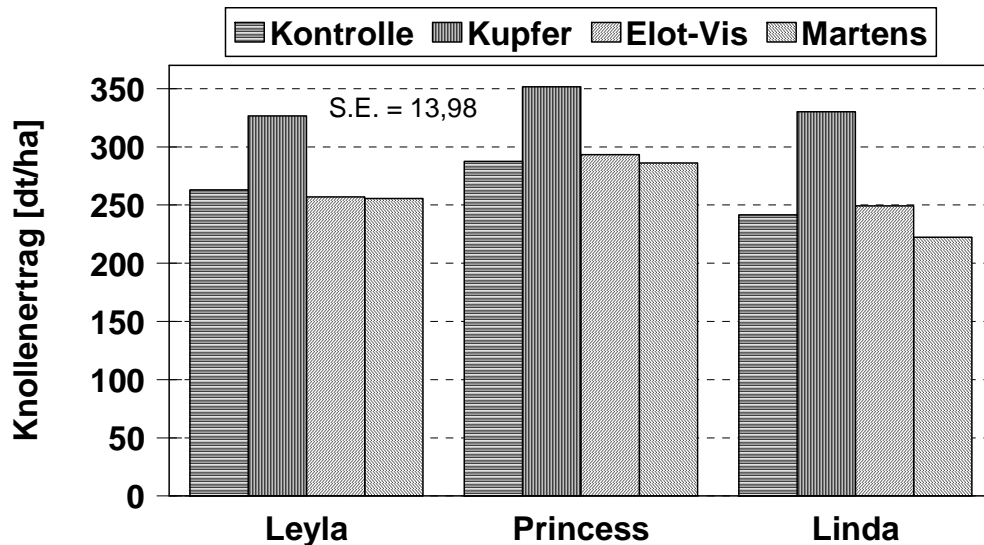


Abb. 1: Bruttoertrag von Kartoffeln in Abhängigkeit von der Sorte und der Behandlung (Standort Wulksfelde, Jahr 2001)

Ebenfalls wird der Einsatz von Pflanzenstärkungsmitteln auf Basis von Braunalgenextrakten zur Regulierung von *P. infestans* diskutiert. Die bisherigen Ergebnisse zeigen jedoch unter Freilandbedingungen in den meisten Fällen weder eine deutliche befallsmindernde Wirkung noch entsprechende Mehrerträge (s. Tab. 1: Goemar; Abb. 2: Martens).

Auch die Untersuchungen von SCHÜLER et al. (1999) und SCHLIEPHAKE & TRAUTZ (2001) verdeutlichen, dass Pflanzenstärkungsmittel keine ausreichende Befallsminderung gewährleisten. Auch diese Autoren fanden die beste Wirkung gegenüber *P. infestans* bei Kupferbehandlung. Einen vielversprechenden Ansatz bieten die von diesen Autoren geprüften neuen Kupferformulierungen (Neu 1140 F) mit verringerten Kupferanteilen. Damit kann die während der Vegetationsperiode ausgebrachte Kupfermenge deutlich reduziert werden.

Applikationstechnik

An der FAT in Tänikon (CH) wurden in den Jahren 1997 bis 2000 Versuche zur Optimierung der Applikationstechnik unter Berücksichtigung des begrenzten Einsatzes kupferhaltiger Präparate im ökologischen Landbau durchgeführt (IRLA et al. 2001). Besondere Beachtung fand in den Jahren 1999 und 2000 die Technik der Unterblattspritzung verbunden mit der Frage, ob hierdurch eine Reduzierung der Aufwandmenge möglich ist.

Eine ausreichende Blattbenetzung der Blattunterseiten wurde nur mit Hilfe der Unterblattspritzung erreicht. Diese führte im Vergleich zu den übrigen Techniken zu einer deutlicheren Reduzierung des Blattbefalls. Im Jahr 2000 wurden mit 40 % reduzierter Kupferaufwandmenge vergleichbare Wirkungen erzielt wie mit der Standardspritzung. Die Autoren kommen zum Resultat, dass in Kartoffeln mit technisch ausgereiften

Unterblattspritzeinrichtungen und einer der Staudenhöhe angepassten Spritzmenge (400 bis 500 l/ha) der Kupfereinsatz um etwa 50 % reduziert werden könnte (IRLA et al. 2001).

Tabelle 2: Ertragsänderungen [in %] in Abhängigkeit geprüfter Pflanzenstärkungsmittel (Zusammenstellung von Ergebnissen verschiedener Autoren, fettgedruckte Werte weisen auf signifikante Unterschiede zu den unbehandelten Kontrollvarianten hin)

	Kürzinger 1995	Pfleiderer & Monkos 1996	Meinck 1999	Schüler 1999	Schüler 1999	Blaeser 1999	Blaeser 1999	Schliephake & Trautz 2001	Schliephake & Trautz 2001	Böhm 2001	Böhm 2001	Böhm 2001	Neuhoff 2000	Neuhoff et al. 2002
Kupferhydroxid			22.0	29.8	25.0					18.9	17.7	25.9	9.4	12.5
Kupferoxychlorid			12-16											
Neu 1140 F (Cu)				14-16	8.2			14.9						
Ulmasud	-9.0							< 1.0						
Mycosin		13.0		11.0	1.6			8.7						
VPMS			9.0		7.3			11.7						
Solidago canadensis			8.0											
Rheum rhabarbarum			12.3											
Potentilla						15.7	17.3			8.9	8.3	13.0		
Salvia officinalis						12.5	14.0			-7.2	9.6	12.8	5.2	0.6
Padena										6.5	11.5	14.1		
Milsana		< 10.0												
Goemar								16.2		0.6	8.1	11.9		
bio-algeen	0-3													
Herbali HP Aktiv									8.1					
Biofa Tema			12.6											
Humin Vital	0.0	11.0	13.6					12.2						
Bioweb DR 19								1.2	4.0	4.0	10.3	17.2	1.8	
Kanne			< 10.0											
Cerenat E 30										6.5		8.9		
C 2000												11.2	1.4	
Penac P			7.0											
In-Wa-Quarz 97														
Biplantol vital f + Mykos II	1-7		< 10.0											
KSB 2000 Aktiv								9.6						

Zusammenfassung

Der im ökologischen Landbau limitierte Einsatz von Kupfer erfordert eine abgestimmte Gesamtstrategie zur Regulierung von *P. infestans*. Dabei muss vor allem dem Instrumentarium der vorbeugenden Maßnahmen, insbesondere dem Vorkeimen größte Bedeutung beigemessen werden. Die durch Vorkeimen zu realisierenden Mehrerträge liegen auf vergleichbarem Niveau wie die durch den Einsatz kupferhaltiger Präparate.

Die Wirkung von Pflanzenstärkungsmitteln unter Freilandbedingungen kann bislang als nicht zufriedenstellend angesehen werden. In diesem Bereich besteht erheblicher Forschungsbedarf, vor allem im Hinblick auf die Wirkungsmechanismen einerseits und die Möglichkeiten einer Formulierung der Extrakte andererseits.

Bei den kupferhaltigen Präparaten zeigen sich Entwicklungspotenziale hinsichtlich der Reduzierung der Kupfermenge bei gleichbleibendem Wirkungsgrad. Kupferhaltige Mittel sollten nur zum Einsatz kommen, wenn alle vorbeugenden Maßnahmen ausgeschöpft wurden.

Literatur:

AGÖL (2000): Rahmenrichtlinien für den Ökologischen Landbau, Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau e.V., 15. Auflage

BBA (2002): www.bba.de

BLAESER, P. (1999): Isolierung und Charakterisierung von Pflanzeninhaltsstoffen mit fungizider Wirkung, Diss. Institut für Pflanzenkrankheiten der Rheinisch Friedrich- Wilhelms- Universität Bonn

BMVEL (2002), Agrarbericht 2001, Daten zu ökologischen Landbau, aus dem Internet am 31.04.02. <http://www.verbraucherministerium.de/landwirtschaft/ab.2002/ab02/blac.htm> 1.3

BÖHM, H. (1999): N-Versorgung, Ertragsbildung und N-Aufnahme von Kartoffeln im Ökologischen Landbau bei variiertem Stallmistdüngung und Pflanzgutvorbereitung. Ökologische Hefte der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät, Heft 10, 105-110

BÖHM, H. (2001): Möglichkeiten der Regulierung von *Phytophthora infestans* an Kartoffeln im Ökologischen Landbau. Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 6.-8. März 2001 Freising- Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, 377-380

BOUWS-BEUERMANN, H. & FINCKH, M.R. (2002): Effect of field geometry and plot dimensions on Late Blight. Abstracts of Papers and Posters, 15th Triennial Conference of the EAPR, Hamburg 2002, 71

DREYER, W. (1992): Kartoffelanbau. In: NEUERBURG, W. & S. PADEL (Hrsg.): Organisch-biologischer Landbau in der Praxis. BLV Verlagsgesellschaft, München, 153-160

HOFFMANN, G. M. (1962): Pilz- und Bakterienkrankheiten der Kartoffel. In: SCHICK, R. & KLINKOWSKI, M. (Hrsg.): Die Kartoffel – ein Handbuch, Bd II, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 1139 – 1297

IRLA, I., ANKEN, T., KREBS, H. & RÜEGG, J. (2001): Optimierung der Spritztechnik in Bio-kartoffeln. Neue Technik erfolgreicher gegen Krautfäule. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon (CH), FAT-Berichte Nr. 561/2001

KARALUS, W. (1995): Einfluss der Pflanzgutvorbereitung auf den Krankheitsbefall und Ertragsaufbau bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) im ökologischen Landbau. Diss. Gießen, Wissenschaftlicher Fachverlag, Niederkleen

KETTERER, N. (1990): Untersuchung zur Wirkung von Kompostextrakten auf den Blattbefall der Kartoffel und Tomate durch *Phytophthora infestans* sowie auf den Befall der Weinrebe durch *Plasmopara viticola*, *Pseudopezizia tracheiphila* und *Uncinula necator*, Diss. Universität Bonn

KÜRZINGER, W. (1995): Einsatz von Pflanzenstärkungsmitteln. Kartoffelbau **46** (10/95), 418-420

LATTEN, J. (1994): Biologische Bekämpfung phytopathogener Pilze mit Hilfe von Pflanzenextrakten. –Diss. Universität Gießen

MEINCK, S. (1999): Speisekartoffelanbau im Ökologischen Landbau: Optimierung des Anbauverfahrens durch Sortenwahl und Phytophthora- Prophylaxe, Diss. Universität Gesamthochschule Kassel

MÜCK, U. (1990) Regulierung der Krautfäule bei Kartoffeln. Ökologie und Landbau **72**, 22

NEUHOFF, D. (2000): Krautfäulebekämpfung an Kartoffeln. Internet:
<http://www.leitbetriebe.uni-bonn.de/pdf/krautf00.pdf> vom 22.12.2000

NEUHOFF, D., KLINKENBERG, H.J. & KÖPKE, U. (2002): New approaches in Late Blight (*Phytophthora infestans*) control in organic farming. 2nd International Conference on the Alternative Control Methods against Plant Pests and Diseases, Lille, March 2002, 197-204.

PAGEL, R. & HANFF, H. (1997): Einfluss differenzierter Grundbodenbearbeitung und organischer Düngung auf Ertragsleistung und Wirtschaftlichkeit im ökologischen Kartoffelanbau auf einem Sandstandort. Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Bonn, 335-340

PFLEIDERER, H. & MONKOS, A. (1993): Ergebnisse der produktionstechnischen Versuche in Baden-Württemberg 1991 und 1992. Informationen für die Pflanzenproduktion **11**, 25-35

REENTS, H.J., GERSTNER, G., VON TUCHER, S. & MÖLLER, K. (2001): Qualitätsmerkmale und Erträge von ausgewählten Kartoffelsorten unter den Anbaubedingungen des ökologischen Landbaus. ERNO **2**(1), 19-27

REDL, H., SCHÖLLNHAMMER, U. & ECKEL, K. (1990): Prüfung von Kompostextrakten und anderen alternativen Mitteln gegen *Phytophthora infestans* im Kartoffelbau. Bodenkultur **41**(2), 177-181

SCHLIEPHAKE, U. & TRAUTZ, D. (2001): Einsatz verschiedener Mittel zur Phytophthoraprophylaxe in Kartoffeln. 44. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften **13**, Bonn, 27.-29. September 2001, 84-85

SCHÜLER, C. (1999): Versuche zur Regulierung der Kraut- und Knollenfäule *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary an Kartoffeln im ökologischen Landbau. In: Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft **53**, 24-28

SCHÜLER, C., KÖLSCH, E. & AHLERS, S. (1999): Zur Regulierung der Kraut- und Knollenfäule *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary an Kartoffeln im ökologischen Landbau. In: HOFFMANN, H. & MÜLLER, S. (Hrsg.): Beitr. 5. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Berlin, 206-208

TAMM, L., SPEISER, B., FUCHS, J. & AMSLER, T. (2002):
<http://www.fibl.ch/buehne/forschung/pflanzenschutz/kartoffel.html>

TRÄNKNER, A. (1993): Möglichkeiten und Grenzen von Kompostextrakten zur biologischen Schaderregerbekämpfung. In: Forschungsberichte, Heft **7**: 7. Wissenschaftliche Fachtagung: Elemente des Organischen Landbaus, Lehr- und Versuchsschwerpunkt „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“ an der Universität Bonn, 62-67

WELLER, M. (1991): Versuche zur Eindämmung von *Phytophthora infestans* in Kartoffelbeständen; Bioland Heft 1/1991, 6

Ansätze zur Reduzierung der Kupferaufwandmengen im ökologischen Kartoffelbau

Kurt Möller

Professur für Organischen Landbau, Justus Liebig-Universität Gießen,
Karl Glöckner Str. 21c, 35394 Gießen. Email: kurt.moeller@alumni.tum.de

Einleitung

Als Folge von regional sehr begrenztem, ungewöhnlich frühem und zugleich extrem starkem Befall mit Krautfäule in den letzten Jahren (z. B. 1998 in Teilen von Niedersachsen, 1999 in Teilen Süddeutschlands) wurde die Verwendung von Kupfer (Cu) durch die ökologischen Anbauverbände teilweise wieder zugelassen. Die Zulassung von Cu ist eine rein politische Entscheidung, die unter wirtschaftlichen und verbandspolitischen Erwägungen (u. a. Verhinderung von Aus- und Übertritten) getroffen wurde. Im Folgenden werden einige Aspekte im Zusammenhang mit dem Einsatz von Kupfer im ökologischen Kartoffelbau dargelegt und diskutiert sowie Ansätze zur Reduzierung der jährlichen Aufwandmengen aufgezeigt.

Nährstoffflüsse von Kupfer innerhalb einer Fruchtfolge bzw. innerhalb eines Betriebes

Die **Kupferentzüge** durch die Ernteprodukte betragen 20 bis 100 g Cu/ha*a. Sie variieren in Abhängigkeit der Erträge und vor allem in Abhängigkeit der Kulturpflanzen relativ stark: Bei Getreide liegen die Cu-Entzüge bei 20 bis 30 g/ha*a, bei Kartoffeln 30 bis 60 g/ha*a (ca. 2 g/Tonne Frischmasse), die Cu-Entzüge des Ackerfutterbaus sind am höchsten und betragen ca. 100 g Cu/ha*a. Gerade die Entzüge des Ackerfutterbaus verbleiben fast vollständig im Betriebskreislauf und werden über die organische Düngung zurückgeführt. In einer 7-feldrigen Fruchtfolge eines Gemischtbetriebes (2x Ackerfutterbau, 1x Kartoffeln, 4x Druschfrüchte einschließlich Körnerleguminosen) betragen die Gesamtentzüge der Rotation ca. 350 g Cu/ha*a. Über die organischen Dünger werden schätzungsweise etwa zwei Drittel der entzogenen Kupfermengen (ca. 250 g Cu/ha*a) wieder zurückgeführt, so dass der Gesamtentzug über die gesamte Rotation ca. 100 g Cu/ha*a beträgt. Dem stehen Kupferaufwandmengen von bis zu 3 kg bei verbandsgebundenen bzw. für sog. EU-Betriebe nach der neuen EU-Richtlinie von 8 bzw. 6 kg Rein-Cu gegenüber. Daher ist aus wissenschaftlicher Sicht die heute teilweise übliche Verwendungspraxis von kupferhaltigen Fungiziden nicht nachhaltig. Häufig wird sehr viel mehr Cu zugeführt als über die Ernteprodukte wieder abgefahren wird, so dass es langfristig zu einer deutlichen Anreicherung im Boden kommen kann. Aus diesen Gründen sollte die Mindestforderung bestehen, dass Kupfer - wenn überhaupt - mit möglichst niedrigen Aufwandmengen sehr gezielt nur dort eingesetzt wird, wo ein deutlicher Mehrertrag zu erwarten ist. In dem Zusammenhang ist besonders bedenklich, dass der Einsatz von Kupfer in der Praxis häufig nicht besonders zielgerichtet durchgeführt wird. Grundvoraussetzung für einen zielgerichteten Pflanzenschutz ist die sichere Erkennung der spezifischen Krankheitssymptome. Bereits hier bestehen in der Praxis und teilweise auch in der Beratung erhebliche Unsicherheiten. So werden gerade zum vermeintlichen Epidemiebeginn die Symptome anderer Krankheiten (z. B. *Alternaria* und *Botrytis*) sehr häufig mit denen der Krautfäule verwechselt. Selbst sortentypische Stängelverfärbungen (!) werden vereinzelt für Krautfäulebefall gehalten und dienen als Begründung für einen Kupfereinsatz.

Neben dem Problem der sicheren Erkennung eines Anfangbefalles zur Terminierung einer Erstbehandlung liegt im ökologischen Kartoffelbau häufig kein Konzept vor, wann die Behandlungen mit Cu gegen Krautfäulebefall abgeschlossen werden sollen. Sehr häufig wird

Kupfer zu einem Zeitpunkt eingesetzt, an dem die Bestände bereits in die Abreife übergegangen sind (bzw. kurz davor stehen) und daher keine nennenswerten Ertragseffekte mehr erzielt werden können.

Ansätze und Möglichkeiten zur Reduzierung der Kupferaufwandmengen im ökologischen Kartoffelbau

Jeder Kupferbehandlungsstrategie sollte eine möglichst genaue Definition der wichtigsten Ziele des Kupfereinsatzes gegen Krautfäulebefall vorausgehen. Hierbei ergeben sich mehrere Fragen:

- 1) Sollen durch den Kupfereinsatz die jeweils maximal möglichen Erträge unter Ausreizung des Ertragspotenzials des Standortes erzielt werden oder sollen durch den Kupfereinsatz vor allem die schlimmsten Folgen eines frühzeitigen und sehr starken Krautfäulebefalls „abgefangen“ werden, möglicherweise unter Inkaufnahme gewisser Ertragseinbußen?
- 2) Soll durch den Kupfereinsatz „lediglich“ eine befallsverzögernde oder eine weitgehend befallsverhindernde Wirkung (d. h. jeglicher Befall soll soweit möglich zunächst unterbunden werden, wie dies z. B. von konventionell wirtschaftenden Anbauern verlangt wird) erzielt werden?

Bereits bei diesen Fragen dürften in Praxis und Beratung stark abweichende Meinungen und Abschätzungen vorliegen. Es sind jedoch sehr wichtige und grundsätzliche Fragen, die maßgeblich die Einsatzstrategie von Kupfer bestimmen. Im Hinblick auf die erste Frage muss z. B. darauf hingewiesen werden, dass mit zunehmender Kupferaufwendung der zusätzliche Mehrertrag zunehmend geringer wird (siehe u. a. die in Tab. 1 aufgeführten Ergebnisse). Dieser Effekt betrifft sowohl die Anwendungsdauer (Anzahl an Spritzungen pro Vegetationsperiode) als auch – ab einer bestimmten Menge – die Aufwandmenge je Spritzung (g Rein-Cu/ha). Zur 2. Frage soll an dieser Stelle beispielhaft darauf hingewiesen werden, dass sich die Anwendungsempfehlungen der Hersteller von kupferhaltigen Fungiziden an dem Hauptmarkt (dem konventionellen Landbau) orientieren. Daher sind die Empfehlungen darauf ausgerichtet, einen Kartoffelbestand befallsfrei zu halten.

Meiner Meinung nach ist für den ökologischen Landbau Befallsfreiheit nicht das entscheidende Kriterium, vielmehr sollte beim Einsatz von Cu v.a. eine befallsverzögernde Wirkung angestrebt werden. Dies hängt mit zwei wichtigen ertragsphysiologischen Merkmalen der Kartoffel zusammen:

- 1) Ein Kartoffelbestand kann eine Krautzerstörung von bis zu 60-65 % ohne nennenswerte Auswirkungen auf die Wachstumsraten durch eine erhöhte Photosyntheseleistung der noch gesunden Blätter kompensieren. Dies hängt damit zusammen, dass während des Kartoffelwachstums die Ableitung der gebildeten Kohlehydrate in die Knollen das Knollenwachstum sehr viel stärker begrenzt als die Bildung der Kohlehydrate in den Blättern durch die Photosynthese (siehe auch CRANSHAW und RADCLIFFE, 1980; DWELLE ET AL., 1983; JOHNSON, 1987; DWELLE, 1990; EWING ET AL., 1990; GAUNT, 1995; MÖLLER, 2001).
- 2) Kartoffeln auf reduzierte N-Versorgung an erster Stelle durch eine Verkürzung der Knollenbildungsdauer reagieren, Bestände mit niedriger N-Versorgung beenden die Knollenfrischmassebildung deutlich früher als Bestände mit hoher N-Versorgung (nähere Erläuterungen siehe unten).

Aus neueren wissenschaftlichen Untersuchungen lassen sich grundsätzlich zwei Ansätze ableiten, um die jährlichen Gesamtaufwandmengen von Kupfer zu reduzieren: a) durch

Reduzierung der Aufwandmengen je Behandlung sowie b) durch eine zeitliche Beschränkung der Anwendungsdauer.

Reduzierung der Aufwandmengen

In den letzten Jahren wurden vereinzelt Versuche durchgeführt, mit dem Ziel die Möglichkeiten einer Reduzierung der Aufwandmengen zu untersuchen. In Südbayern führte KAINZ (persönliche Mitteilung) einen entsprechenden Versuch im Jahre 2000 durch, dessen Ergebnisse in Tab. 1 dargestellt sind. Der Versuch wurde auf einem Standort mit einem hohen Stickstoffversorgungsniveau durchgeführt. Neben einer unbehandelten Kontrolle wurden zwei Varianten mit der empfohlenen Ausbringmenge und –rhythmus und vier Varianten mit reduzierten Aufwandmengen angelegt.

Mit einem vorbeugenden Einsatz reduzierter Cu-Aufwandmengen (0,5 kg je Behandlung bei insgesamt 6 Behandlungen) wurden tendenziell höhere Erträge erzielt als mit der Standardvariante mit 3 Behandlungen à 1 kg Rein-Cu. An dieser Stelle soll besonders darauf hingewiesen werden, dass in diesem Versuch mit dem vorbeugenden Einsatz von 0,25 kg Rein-Cu/ha und Behandlung (also einem Viertel der üblichen Aufwandmenge je Behandlung und der Hälfte der Gesamtaufwandmenge in der Vegetationsperiode) vergleichbare Ergebnisse erzielt wurden wie mit dem heute üblichen Einsatz von 3 kg Rein-Cu verteilt auf drei Spritzungen nach Befallsbeginn. Selbst mit der vorbeugenden Anwendung eines Achtels der üblichen Aufwandmenge (125 g Rein-Cu je Hektar und Behandlung) und eines Viertels (750 g Rein-Cu) der insgesamt zulässigen Aufwandmenge je Vegetationsperiode (3 kg Rein-Cu) wurde eine deutliche befallsverzögernde Wirkung im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle sowie ein deutlicher Ertragseffekt erzielt. Besonders hervorzuheben ist, dass die Wirkung einer sechsmaligen vorbeugenden Unterblattapplikation von 125 g Rein-Cu je Hektar und Behandlung auf den Endertrag nur geringfügig geringer war als die übliche Einsatzstrategie von 3 x 1 kg Rein-Cu, bei einer Reduzierung der insgesamt ausgebrachten Cu-Mengen auf ein Viertel (siehe Tab. 1).

Im Jahre 2001 wurde auf der Versuchsstation in Scheyern ein weiterer Versuch zu Fungizidstrategien im Öko-Kartoffelanbau angelegt: Ähnlich wie im Vorjahr konnte durch den vorbeugenden Einsatz von reduzierten Aufwandmengen (5x 250 g Rein-Cu) vergleichbare Ergebnisse erzielt werden wie mit dem Einsatz von 3 kg Rein-Cu verteilt auf drei Ausbringtermine nach Befallsbeginn (KIMMELMANN und KAINZ, persönliche Mitteilung).

In der Schweiz wurden von Mitarbeitern des dortigen Forschungsinstitutes für Biologischen Landbau in Frick auch entsprechende Strategien zur Optimierung der Kupferapplikationen entwickelt und getestet (siehe Abb. 1).

Tabelle 1: *Phytophthora*-Regulierungsversuch Scheyern 2000, Sorte Aurelia, hohes N-Versorgungsniveau (KAINZ, persönliche Mitteilung)

Mittel	Einsatzstrategie	P.i.- Befall (%)	Gesamt- ertrag (dt/ha)	Relativerträge (%)		
				Ge- samt	> 55 mm	35-55 mm
Unbehandelt		68	209	100	100 (= 22 dt/ha)	100 (= 173 dt/ha)
Cu-oxichlorid	3 x 1 kg, nach Befallsbeginn	17	291	139	305	121
Cu-hydroxid	3 x 1 kg, nach Befallsbeginn	15	282	135	267	120
Cu-hydroxid	6 mal 0,5 kg, vorbeugend	9	309	148	369	122
Cu-hydroxid	6 mal 0,25 kg, vorbeugend	11	286	137	199	127
Cu-hydroxid	6 mal 0,125 kg, vorbeugend	19	255	122	139	121
Cu-hydroxid	6 mal 0,125 kg, Unterblatt, vorbeugend	18	268	128	135	124

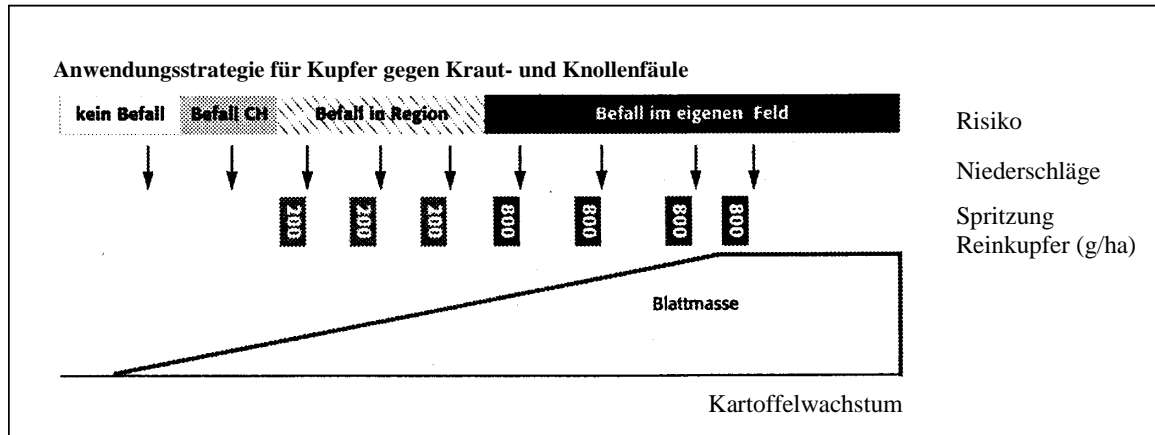


Abb. 1: Anwendungsstrategie für Kupfer gegen Kraut- und Knollenfäule (aus DIERAUER und SPEISER, 1998)

Das Hauptziel der Versuche bestand jedoch nicht in der Reduzierung der insgesamt ausgebrachten Cu-Mengen je Vegetationsperiode. Vielmehr wurde eine Strategie entwickelt, die einen möglichst langen Krautfäuleschutz mit den insgesamt zur Verfügung stehenden Kupfermengen (in der Schweiz sind $4 \text{ kg/ha} \cdot \text{Vegetationsperiode}$ erlaubt) ermöglicht. Dennoch lassen sich auch Aussagen im Hinblick auf eine Reduzierung der Aufwandmengen je Behandlung ableiten. Nach den dortigen Erfahrungen werden mit 200 g Rein-Cu vor Epidemiebeginn ausreichende befallsvorbeugende bzw. befallsverzögernde Wirkungen erzielt (SPEISER, persönliche Mitteilung). Daher wird dort empfohlen, bis zu einem sichtbaren Befall auf dem eigenen Feld zunächst nur reduzierte Aufwandmengen auszubringen. Erst nach Befall auf dem eigenen Feld sollen gemäß der Empfehlung die ausgebrachten Cu-Mengen erhöht werden, um den Bestand möglichst vollständig vor einer weiteren Befallsausbreitung zu schützen. Es stellt sich jedoch aus ertragsphysiologischer Sicht die Frage, ob diese hohen Aufwandmengen zu einem relativ späten Zeitpunkt in jedem Fall wirklich notwendig sind. Bedauerlicherweise wurden von den schweizer Kollegen keine Strategien mit weiter abgestuften Aufwandmengen und Behandlungsstrategien untersucht, die eine Verminderung der jährlich aufgewendeten Cu-Mengen in den Mittelpunkt stellen.

Insgesamt deuten die vorliegenden Ergebnisse darauf hin, dass in der Reduzierung der Aufwandmengen ein deutliches Potenzial zur Verminderung der Gesamtaufwandmengen je Vegetationsperiode vorhanden ist.

Zeitliche Beschränkung der Anwendungsdauer

Ein weiterer Ansatz zur Reduzierung der Gesamtaufwandmengen je Vegetationsperiode liegt in der Kombination von reduzierter Aufwandmenge je Behandlung mit der Begrenzung der Anzahl der Behandlungen pro Vegetationsperiode. Auch dies ist aus ertragsphysiologischer Sicht zu begründen: In eigenen Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass im Durchschnitt aller untersuchten ökologisch wirtschaftenden Standorte die Kartoffeln bis Mitte Juli 97,5 kg N/ha aufgenommen hatten. Sie liegen damit deutlich unter den konventionellen N-Sollwerten für optimale Erträge (150 bis 220 kg N/ha).

Bei Kartoffeln gilt generell, dass je höher die N-Ernährung ist, desto länger ist ein Kartoffelbestand in der Lage, die täglichen Knollenzuwächse aufrecht zu erhalten und desto später beginnt die Abreife (MILLARD und MACKERRON, 1986; HONEYCUTT ET AL., 1996; VOS, 1995, 1999; MÖLLER, 2001). Wie stark dieser Effekt ist, zeigen die Ergebnisse in Abb. 2: Die untersuchten Bestände mit niedriger N-Versorgung hatten in allen vier Untersuchungs-jahren bereits Mitte Juli (!) die Knollenbildung nahezu abgeschlossen, nur bei vergleichsweise hoher N-Versorgung wurden nach Mitte Juli noch nennenswerte Ertragszuwächse festgestellt. Dies obwohl der Krautfäulebefall in allen vier Jahren Mitte Juli noch vergleichsweise schwach war und sich zwischen den Standorten unterschiedlicher N-Versorgung nicht signifikant unterschied. Für die Erträge zur Ernte waren damit insbesondere die Unterschiede in der Wachstumsdauer nach Mitte Juli maßgeblich. Schematisch lassen sich die Auswirkungen einer unterschiedlich hohen N-Versorgung anhand der Kurvenverläufe in Abb. 3 darstellen: Ein ökologisch bewirtschafteter Kartoffelbestand mit relativ guter N-Versorgung (z. B. nach Kleegras mit einer N-Aufnahme von 110 bis 130 kg N/ha) unterscheidet sich von einem konventionell gedüngten Bestand im Wesentlichen durch eine deutlich kürzere (potenzielle) Knollenwachstumsdauer, die täglichen Knollenzuwächse unterscheiden sich

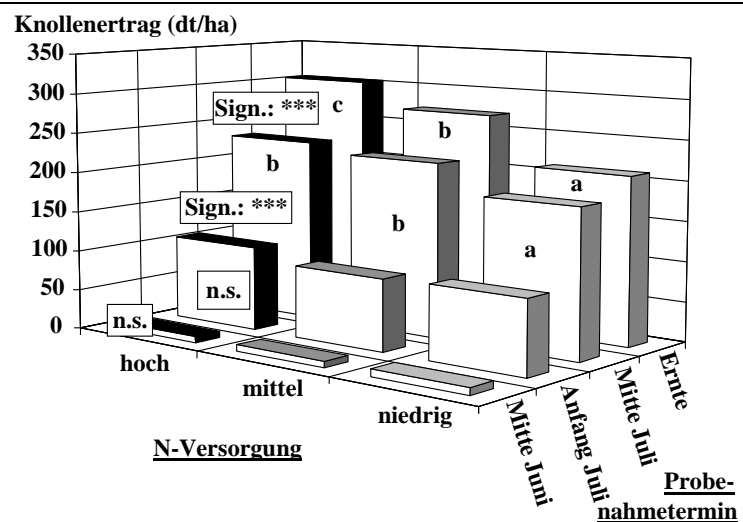


Abb. 2: Knollenbildung im Verlauf der Vegetationszeit in Abhängigkeit von der N-Versorgung – Erhebungen in Südbayern 1995 bis 1998 (MÖLLER, 2001)

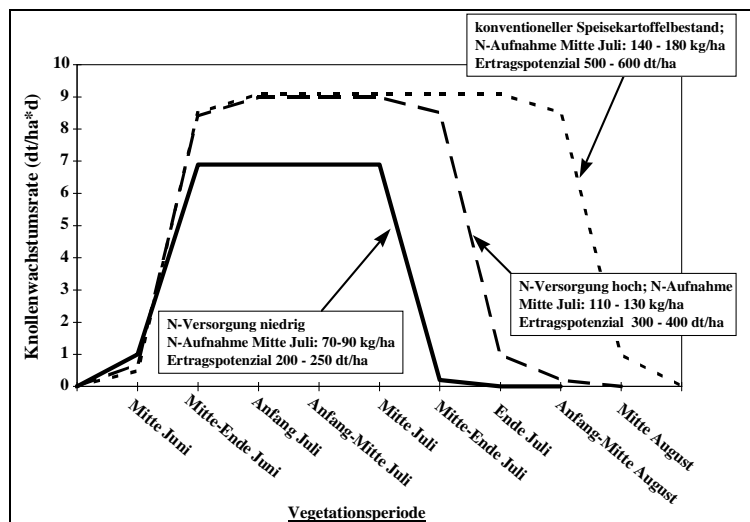


Abb. 3: Schematischer Vergleich des Verlaufs des Knollenwachstums von konventionell, ökologisch „hoch“ und ökologisch „niedrig“ mit Stickstoff versorgten Kartoffeln

nicht. Bei einer selbst für Öko-Bedingungen niedrigen N-Versorgung (z. B. häufig nach Getreidevorfrucht, selbst bei einer gewissen Stallmistzudüngung) kommt es sowohl zu einer weiteren Verkürzung der Knollenbildungsdauer als auch zu einer Reduzierung der täglichen Knollenzuwächse. Diese sehr starken ertragsphysiologischen Auswirkungen einer unterschiedlich hohen N-Ernährung haben zur Folge, dass Biobestände in aller Regel sehr viel früher als konventionelle Bestände die Knollenfrischmassebildung beenden und in die Abreifephase übergehen. Darüber hinaus wirken sie sich dahingehend aus, dass je höher die N-Ernährung eines Bestandes ist, desto stärker ist dieser auf eine ausreichend lange Wachstumsdauer angewiesen, um das über die Ernährung angelegte Ertragspotenzial auch in Ertrag umzusetzen.

Dass mit steigender N-Ernährung die relative Bedeutung des Krautfäulebefalls steigt, wird aus der in Abb. 4 dargelegten Beziehung zwischen der Anzahl der Wachstumstage (= Wachstumsdauer in Tagen) und den Knollenerträgen ersichtlich. Insgesamt ist gemäß dem errechneten Bestimmtheitsmaß die Beziehung zwischen der Wachstumsdauer und den Knollenerträgen im ökologischen Kartoffelbau relativ schwach, jedoch muss in Abhängigkeit der N-Versorgung sehr stark differenziert werden:

Bei hoher N-Versorgung besteht in der Praxis eine deutliche Beziehung zwischen Wachstumsdauer und Knollenerträgen, bei niedriger N-Versorgung besteht keine Beziehung. Dies hängt damit zusammen, dass bei niedriger N-Versorgung die Bestände selbst in sog. „Krautfäulejahren“ (= Absterben der Bestände im Verlauf der letzten Julidekade) kaum bzw. gar nicht durch den Krautfäulebefall im Wachstum behindert werden und die Bestände bereits vor dem Absterben mit der Abreife beginnen. Bei hoher N-Versorgung dagegen kann sich ein Krautfäulebefall auf das Wachstum eines Bestandes sehr viel eher auswirken, da dieser in Anlehnung an Abb. 3 stärker auf eine entsprechend lange Wachstumsdauer angewiesen ist.

Zur **Einordnung des Krautfäulebefalls als ertragsbestimmender Faktor** im ökologischen Landbau ist zu ergänzen, dass in der Praxis - anders als bisher allgemein angenommen - , die Unterschiede in der N-Versorgung eine sehr viel stärkere Rolle zur Erklärung der starken Ertragsschwankungen als die Unterschiede im Auftreten von Krautfäulebefall spielen. Dies lässt sich aus den Betakoeffizienten als ein Maß für die relative Bedeutung des jeweiligen Faktors der „Gesamt-Wachstumsdauer“ (indirektes Maß für den Krautfäulebefall) im Vergleich zu den beiden anderen Faktoren, die in Zusammenhang mit der N-Ernährung des Bestandes stehen, in Tab. 2 ableiten.

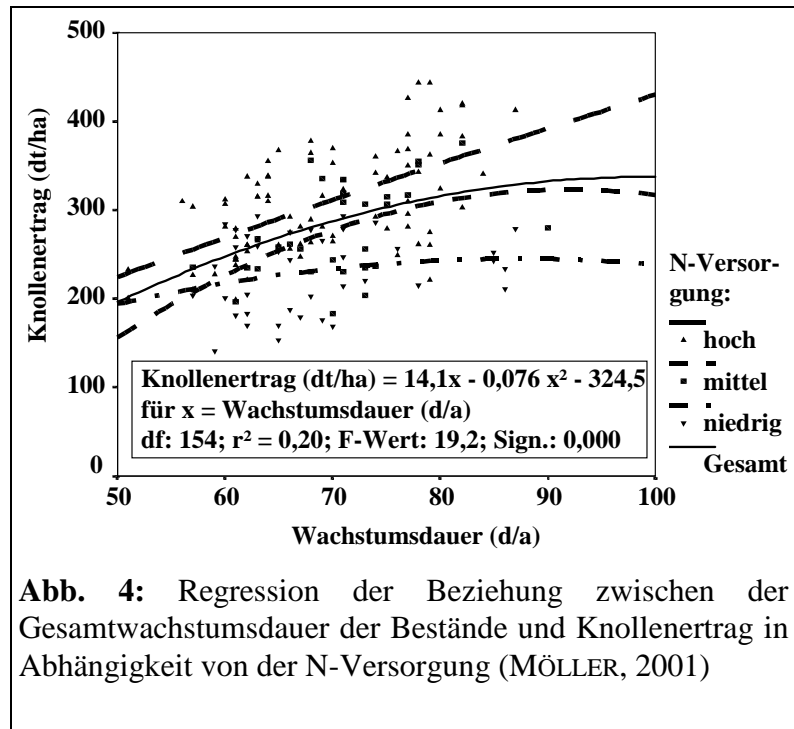


Abb. 4: Regression der Beziehung zwischen der Gesamtwachstumsdauer der Bestände und Knollenertrag in Abhängigkeit von der N-Versorgung (MÖLLER, 2001)

Tabelle 2: Haupteinflüsse auf die Variation der Knollenerträge zu Vegetationsende

Einflussvariablen	Beta-Koeffizient	(Bestimmtheitsmaß) r²
Konstante		
ln (Gesamt-N-Gehalt _{Kraut} Mitte Juni)	1,10	0,55
Gesamt-Wachstumsdauer	0,42	0,67
Gesamt-N-Gehalt _{Kraut} Anfang Juli	-0,32	0,73

Neben Ertragseinbußen kann ein frühzeitiger Krautfäulebefall auch zu einer deutlichen Verminderung der Trockenmassegehalte der Knollen führen. Insbesondere bei Verarbeitungsware sind möglichst ausgereifte Knollen (meist mit hohen Stärkegehalten) notwendig, um die Qualitätsstandards der Verarbeitungsindustrie zu erfüllen. Bei Kartoffeln „geht die Knollenbildung der Trockenmasseeinlagerung voraus“, die Trockenmassegehalte steigen nach der Knollenanlage kontinuierlich an. Ein deutlicher Anstieg ist auch noch in den ersten (ca. zehn) Tagen nach Beendigung des Knollengrößenwachstums - während der beginnenden Abreifephase - festzustellen. Generell kann von der Regel ausgegangen werden, dass je besser ein Kartoffelbestand ausreifen konnte, bevor das Kraut durch Krautfäulebefall abgestorben ist, desto höher sind die Stärke- bzw. Trockenmassegehalte¹ in den Knollen. Dies hat zur Folge, dass die Trockenmassegehalte der Knollen sehr viel „empfindlicher“ auf einen Krautfäulebefall reagieren (durch Verminderung der Gehalte) als die Knollenerträge. Daher deuten sehr hohe Stärkegehalte stets darauf hin, dass das Knollenwachstum eines Kartoffelbestandes nicht nennenswert durch Krautfäule beeinträchtigt wurde. Daher können aus den Knollen-TM-Gehalten der Knollen Rückschlüsse auf die Wachstumsbedingungen der Kartoffeln gezogen werden. So lässt sich z. B. anhand des in Abb. 5 dargestellten Verlaufs der TM-Gehalte ableiten, dass das frühe Ende (Mitte Juli) des Knollenwachstums auf den Standorten mit niedriger N-Versorgung tatsächlich mit Abreifeerscheinungen im Zusammenhang steht. Dies ist an den hohen Trockenmassegehalten der Knollen Mitte Juli zu erkennen. Da mit steigender Stickstoffversorgung der Beginn der Abreife eines Bestandes (= Ende des Knollengrößenwachstums) zeitlich entsprechend verschoben wird, wird auch der Anstieg der Trockenmassegehalte in den Knollen durch Erhöhung der N-Versorgung zunehmend verzögert.

¹ Wobei die Stärkegehalte erntereifer Knollen auch von einer Vielzahl anderer Wachstumsfaktoren bestimmt werden, neben der genetischen Veranlagung der jeweiligen Sorte spielen u.a. noch die Kalium- und die Wasserversorgung eine wichtige Rolle.

Dieser Effekt zeigt sich beim Vergleich zwischen den Standorten niedriger, mittlerer und hoher N-Versorgung in Abb. 5. Zugleich weist die deutliche Zunahme der TM-Gehalte in den Knollen zwischen Anfang und Mitte Juli für die Standorte mit einer hohen N-Versorgung im ökologischen Landbau „hohen N-Versorgung“ auf den nahenden Beginn der Abreifephase auch auf den insgesamt höher mit Stickstoff versorgten Standorten. Dieses Ergebnis ist wichtig auch im Hinblick auf die Produktion von

Verarbeitungskartoffeln, die aufgrund der Qualitätsanforderungen auf ausreichend hohe Stärkegehalte und einer gewissen Ausreife der Kartoffeln angewiesen sind.

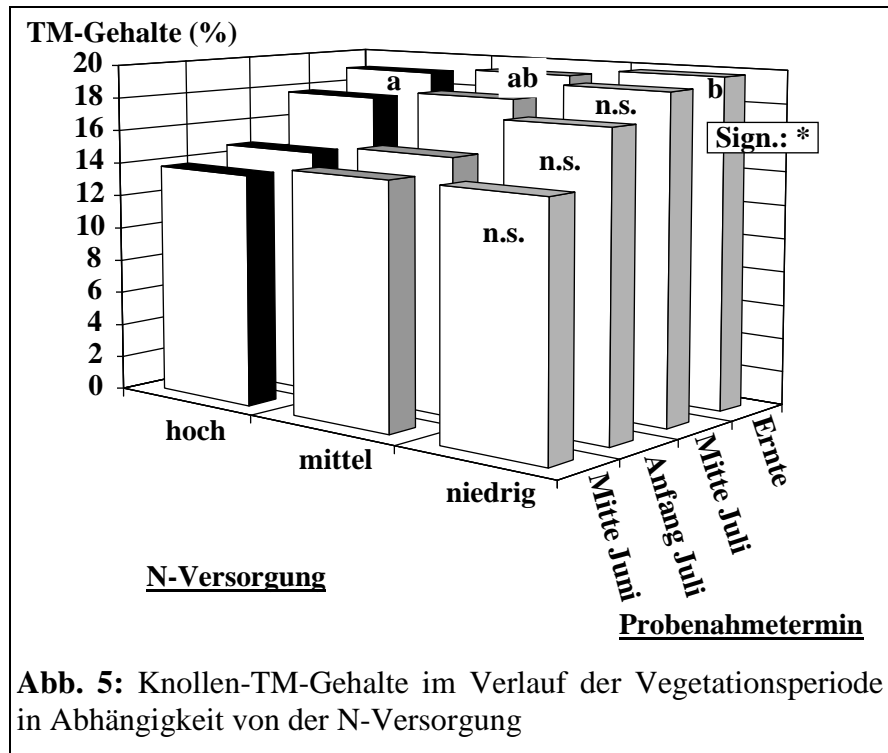


Abb. 5: Knollen-TM-Gehalte im Verlauf der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der N-Versorgung

Diskussion

Konsequenzen für die Pflanzenschutzpraxis

Die Tatsache, dass bei Kartoffeln der Verlauf der Knollenbildung sehr stark auf die jeweilige Anbausituation, insbesondere jedoch auf Unterschiede in der N-Versorgung reagiert und Bio-Bestände im Vergleich zu konventionellen Beständen ein sehr viel niedrigeres N-Niveau aufweisen und sich zugleich untereinander stark unterscheiden, hat eine Reihe von Konsequenzen auf die Behandlungsstrategie und für die Einsatzdauer von Kupferfungiziden innerhalb einer Vegetationsperiode. Im Hinblick auf eine Reduzierung der ausgebrachten Kupfermengen pro Vegetationsperiode und mit dem Ziel einer Optimierung der Ausbringstrategie sind meiner Meinung nach folgende Maßnahmen zu ergreifen.

1) Es sollte eine **zeitliche Beschränkung** eingeführt werden, die den Einsatz von Kupfer bis spätestens zum 15. Juli erlaubt. Denn die meisten Öko-Bestände schließen zwischen Mitte Juli und Ende Juli/Anfang August das Knollengrößenwachstum ernährungsbedingt ab. Während der dann anschließenden relativ kurzen Abreifephase lagern sie „nur“ noch Stärke in die Knollen ein. Eine verbindliche zeitliche Begrenzung des Cu-Einsatzes würde einerseits die Bekämpfung von besonders frühen (und damit besonders ertragsrelevanten) Krautfäuleausbrüchen ermöglichen und andererseits die Reduzierung auf 2 bis 4 Behandlungen ermöglichen (in Extremjahren evtl. 6 Behandlungen). In Kombination mit reduzierten Aufwandmengen könnte auf diese Weise eine deutliche Reduzierung der Cu-Belastung der Böden auf unter 1 kg Cu/ha und Jahr erreicht werden.

Wird zusätzlich noch bedacht, dass nach der letzten Cu-Behandlung in aller Regel die Bestände mindestens noch zwei Wochen „durchhalten“, ist jede Cu-Behandlung ab etwa dem 5. Juli auf ihre Sinnhaftigkeit zu hinterfragen und sollte nur bei sehr starker Krautbildung (= hohe N-Versorgung) bzw. beim Anbau von Verarbeitungskartoffeln erfolgen. Behandlungen nach dem 15. Juli dürften selbst bei hoher N-Versorgung im Wesentlichen der

Gewissensberuhigung des Anwenders und nur in absoluten Ausnahmefällen nennenswert zur Ertragsbildung beitragen. Eine Krautfäulebekämpfung mit Cu dient auch nicht zur Vorbeugung gegen Braunfäulebefall, denn für Knolleninfektionen mit *Phytophthora infestans* ist maßgeblich, ob Befall am Kraut überhaupt vorhanden ist, das Ausmaß des Krautbefalles ist zweitrangig (LAPWOOD, 1977). Kupferbehandlungen sind nicht dazu geeignet, den Krautfäulebefall vollständig zu unterdrücken, sie führen lediglich zu einer Verzögerung der Epidemie und verlängern dadurch den Zeitraum, in dem Knolleninfektionen möglich sind und können daher eher zu einer Zunahme als zu einer Abnahme des Braunfäulebefalles führen. Eine zeitliche Begrenzung würde darüber hinaus dazu führen, dass vorbeugende Maßnahmen wie das arbeitsaufwändige Vorkeimen wirtschaftlich nicht vollkommen uninteressant werden (Näheres siehe unten).

2) Aus der Gesamtschau der Ergebnisse zu reduzierten Aufwandmengen und zur Ertragsphysiologie der Kartoffeln sollten die erlaubten **Kupfermengen im Öko-Kartoffelbau** auf 1 kg Rein-Kupfer je ha und Jahr reduziert werden. Die Verwendung höherer Mengen sollte - wenn überhaupt - nur als wirkliche (!) Ausnahmegenehmigung gestattet werden (z.B. bei einem ungewöhnlich frühen Erstbefall noch vor Mitte Juni). Wird bedacht, dass ein Schutz gegen Krautfäule vor allem im Zeitraum nach Befallsbeginn (i.d.R. zwischen Mitte Juni und Ende Juni) bis Mitte Juli in Jahren mit hohem Befallsdruck zur Ertragssicherung notwendig ist, so können mit zwei bis vier Spritzungen (und damit mit weniger als 1 kg Rein-Cu/ha und Jahr) die wesentlichen ertragssichernden Wirkungen erzielt werden.

Meiner Meinung nach kann nur die Kombination dieser Maßnahmen die Verwendungspraxis von Kupfer so verändern, dass dessen praktischer Einsatz zielgerichteter (= hoher Nutzen bei geringer Ausbringung) wird und die Aufwandmengen insgesamt reduziert werden. Insgesamt besteht jedoch im Einzelnen noch ein gewisser Forschungsbedarf zur genaueren Abstufung der notwendigen Aufwandmengen und der Anpassung an den standort- und N-bedingten Wachstumsrhythmus der Kartoffeln.

Ertragsniveau vorliegender Versuche zum Einsatz von Kupfer und ihre Übertragung auf Praxisbedingungen

Im Zusammenhang mit den vorliegenden Versuchen zum Einsatz von Kupfer im ökologischen Kartoffelbau muss bedacht werden, dass das Ertragsniveau der unbehandelten Kontrollen in den meisten Versuchen zum Einsatz von Fungiziden bei Öko-Kartoffeln im Vergleich zu den in der Praxis festgestellten Durchschnittserträgen sehr hoch ist (z. B. KAINZ, persönliche Mitteilung; BÖHM, 2001; SCHLIEPHAKE ET AL., 2001); sie liegen teilweise knapp doppelt so hoch wie die in der Praxis festgestellten Erträge. Die hohen Erträge hängen mit einer entsprechend „ausgefeilten“ Produktionstechnik (v. a. hohe Düngung) in den Versuchsgütern zusammen. Die Ergebnisse der unbehandelten Kontrollen vieler dieser Fungizidversuche belegen, dass auch ohne Einsatz von Kupfer durch eine Verbesserung der Produktionstechnik eine deutliche Steigerung der Praxiserträge möglich ist. Für viele Betriebe wäre das Erreichen des Ertragsniveaus dieser unbehandelten Kontrollen bereits ein großer Fortschritt. Da bei einem hohen Ertragspotenzial die Bestände sehr viel stärker auf eine lange Wachstumsdauer angewiesen sind als bei niedrigem Ertragspotenzial, sind meiner Meinung nach die Ergebnisse aus solchen Versuchen nur auf Standorte mit vergleichbarem Ertragspotenzial übertragbar. Wenn in Versuchen auf einem Standort mit überdurchschnittlichem Ertragspotenzial mit Kupferbehandlungen eine Erhöhung der Erträge um 20 % festgestellt wird, betragen die prozentualen Mehrerträge auf Standorten mit niedrigerem Ertragspotenzial mitnichten 20 % (auf einem insgesamt niedrigeren Niveau), wie dies häufig unterstellt wird.

Bedeutung vorbeugender Maßnahmen wie das Vorkeimen des Pflanzgutes

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass in der „Öko-Szene“ sehr viel über die Krautfäuleproblematik und den Einsatz von Kupfer diskutiert wird. Kaum Erwähnung findet jedoch die Tatsache, dass nur eine Minderheit der Landwirte (ca. 20-25 %) die wichtigste vorbeugende Maßnahme ergreift, das Vorkeimen des Pflanzgutes. Das Vorkeimen des Pflanzgutes führt zu einem Wachstumsvorsprung von 7 bis 10 Tagen oder umgerechnet 50 bis 80 dt/ha (oder umgerechnet die Wirkung von ein bis zwei Cu-Behandlungen). Hier besteht ein Glaubwürdigkeitsproblem für den ökologischen Landbau, wird doch stets behauptet, dass im ökologischen Landbau vorbeugende Maßnahmen Vorrang gegenüber direkten Bekämpfungsmaßnahmen einnehmen. Eine verbindliche, scharfe zeitliche Begrenzung des Cu-Einsatzes im ökologischen Kartoffelbau würde dazu führen, dass das Vorkeimen für den Einzelbetrieb weiterhin eine wirtschaftlich sinnvolle Maßnahme bleibt. Bei der jetzigen rechtlichen Situation ist es ökonomisch in der Regel vorteilhafter, das Pflanzgut nicht vorzukeimen und dafür die Kartoffelbestände mit Kupfer zu behandeln.

Literatur:

BÖHM, H. (2001): Möglichkeiten der Regulierung von *Phytophthora infestans* an Kartoffeln im ökologischen Landbau. In: REENTS, H.J. (Hrsg.): Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 6.-8. März 2001 in Freising-Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, S. 377-380

CRANSHAW, W.S. & E.B. RADCLIFFE (1980): Effect of defoliation on yield of potatoes. *Journal of economic entomology* **73**, 131-134

DIERAUER, H. & SPEISER, B. (1998): Merkblatt Kartoffeln. Forschungsinstitut für Biologischen Landbau, Frick, Schweiz

DWELLE, R.B., P.J. HURLEY & J.J. PAVEK (1983): Photosynthesis and stomatal conductance of potato clones (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Physiol.* **72**, 172-176

DWELLE, R.B. (1990): Source/sink relationship during tuber growth. *Amer. Pot. J.* **67**, 829-833

EWING, E.E., K.P. SANDLAN & A.G. NICHOLSON (1990): Improvements to the simulation model „POTATO“, including the ability to simulate compensatory growth resulting from pest defoliation. Proc. of 11. Triennial conference of EAPR, Edinburgh, Groß Brittanien, 137-138

GAUNT, R.E. (1995): The relationship between plant disease severity and yield. *Annu. Rev. Phytopathol.* **33**, 119-144

HONEYCUTT C.W., W.M. CLAPHAM & S.S. LEACH (1996): Crop rotation and N fertilization effects on growth, yield and disease incidence in potato. *Amer. Pot. J.* **73**, 45-61

JOHNSON, K.B. (1987): Defoliation, Disease and Growth: A Reply. *Phytopathology* **77**, 1495-1497

KIMMELMANN, S. & M. KAINZ, TU München-Weihenstephan, persönliche Mitteilung.

KAINZ, M., Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, TU München-Weihenstephan, persönliche Mitteilung

- LAPWOOD, D.H. (1977): Factors affecting the field infection of potato tubers of different cultivars by blight (*Phytophthora infestans*). Ann. appl. Biol. **85**, 23-45
- MEINCK, Sabine (1999): Speisekartoffelanbau im Ökologischen Landbau. Optimierung des Anbauverfahrens durch Sortenwahl und *Phytophthora*-Prophylaxe. Diss. an der Gesamthochschule Kassel, Fachgebiet Ökologischer Landbau
- MILLARD, P. & D.K.L. MACKERRON (1986): The effects of nitrogen application on growth and nitrogen distribution within the potato canopy. Ann. Appl. Biol. **109**, 427-437
- MÖLLER, K. (2001): Einfluss und Wechselwirkung von Krautfäulebefall (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) und Stickstoffernährung auf Knollenwachstum und Ertrag von Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) im ökologischen Landbau. München, Techn. Univ., Dissertation
- SCHLIEPHAKE, U., D. TRAUTZ & J. GRIMM (2001): Einsatz verschiedener Mittel zur Regulierung der Krautfäule (*Phytophthora infestans*) an Kartoffeln (Sorte Linda). In: REENTS, H.J. (Hrsg.): Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 6.-8. März 2001 in Freising-Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, S. 381-384
- SPEISER, B., Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick, Schweiz: persönliche Mitteilung
- VOS, J. (1995): Nitrogen and the growth of potato crops. In: A.J. HAVERKORT und D.K.L. MACKERRON (Hrsg.): Potato Ecology and Modelling of Crops under Conditions Limiting Growth. Kluwer A.P. Dordrecht. Kapitel 8, S. 115-128
- VOS, J. (1999): Potato. In: D.L. SMITH und C. HAMEL (Hrsg.): Crop yield - Physiology and processes, S. 333-354. Springer-Verlag, Berlin

EU-Projekt – Development of a systems approach for the management of late blight in EU organic potato production

Dietrich Stefan, Annegret Schmitt und Eckhard Koch

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für biologischen Pflanzenschutz, Heinrichstraße 243, 64287 Darmstadt

Im organischen Landbau verursacht der Erreger der Kraut- und Knollenfäule, *Phytophthora infestans*, hohe wirtschaftliche Verluste. Aus diesem Grund sollen im Rahmen des von der EU geförderten Projektes „Development of a systems approach for the management of late blight in EU organic potato production“ integrierte Maßnahmen zur Bekämpfung von *P. infestans* entwickelt werden. An dem Projekt sind 12 Arbeitsgruppen aus verschiedenen europäischen Ländern beteiligt, die unterschiedliche Bereiche bearbeiten. Dazu gehören sozio-ökonomische Aspekte der Kraut- und Knollenfäule, Sorteneinfluss, Optimierung der Anbausysteme, Prüfung neuer Applikations- und Formulierungsstrategien, Entwicklung alternativer Methoden als Kupferersatz sowie letztendlich die Integration der einzelnen Komponenten zu einer optimierten *Phytophthora*-Bekämpfung. Dem Institut für biologischen Pflanzenschutz fällt dabei die Entwicklung alternativer Produkte und Verfahren als Kupferersatz auf der Basis von Pflanzenextrakten, Mikroorganismen und anderen für den organischen Landbau geeigneten Stoffen zu. In der ersten Projektphase werden pilzliche und bakterielle Antagonisten sowie Pflanzenextrakte auf ihre Wirkung gegenüber *P. infestans* getestet. Für die Testung stehen 142 Bakterien bzw. Hefen und 39 Pilze (Isolate von Kartoffelblättern), 9 Pflanzenextrakte (u. a. aus *R. rhabarbarum* und *S. canadensis*), 14 kommerzielle oder experimentelle Präparate, sowie 38 Streptomyzeten zur Verfügung.

Mit Hilfe eines Einzelblatt-Biotestsystems wurden unter Berücksichtigung einer möglichen kurativen und/oder protektiven Wirkung bisher insgesamt 122 Substanzen getestet. Einige der geprüften Substanzen wiesen einen hohen Wirkungsgrad auf, wobei tendenziell eher eine protektive Wirkung beobachtet werden konnte (Abb. 1).

Bei der Testung der Mikroorganismen wurde bei einigen Vertretern aus den o.g. Gruppen eine gute Wirksamkeit gefunden (Abb. 2).

Ein Vergleich der Ergebnisse aus den Biotests mit denen von Dualkulturen in Petrischalen zeigte, dass eine hemmende Wirkung in-vitro nicht in allen Fällen auch mit einer Wirksamkeit im Biotest einhergeht und umgekehrt. Dualkulturen eignen sich also insbesondere zur Abklärung möglicher Wirkmechanismen und sollten nicht als alleiniges Auswahlkriterium in Bezug auf Wirksamkeit herangezogen werden. Basierend auf den gewonnenen Ergebnissen werden im Rahmen des Projektes Untersuchungen zur Produktion von Metaboliten von ausgewählten effektiven Antagonisten folgen, sowie die Kompatibilität verschiedener Antagonisten für eine mögliche gemeinsame Anwendung geprüft.

In einem weiteren Biotest wurden die wirksamsten Pflanzenextrakte (*A. vulgaris*, *I. parviflora*, *R. rhabarbarum*, *S. canadensis*, *U. dioica*) und Präparate (ELOT-VIS[®], SERENADE[®], TRICHODEX[®], sowie zwei weitere *Trichoderma*-Präparate) bei einem deutlich höheren Infektionsdruck auf ihre Wirksamkeit hin geprüft. Hier zeigte SERENADE[®], ein Präparat auf der Basis von *Bacillus subtilis*, die beste Wirkung sowohl bei Applikation 24 Stunden vor als auch 90 Minuten nach Inokulation von *P. infestans*. Wurde 90 Minuten nach *P. infestans*-Inokulation appliziert, zeigte ansonsten nur ein 1%iger Pflanzenextrakt aus Rhabarberblättern eine Wirkung. Hingegen konnte bei einer Applikation 24 Stunden vor der *P. infestans*-Inokulation eine signifikante Wirkung eines 1%igen Extraktes der kanadischen Goldrute sowie der Präparate TRICHODEX[®] und ELOT-VIS[®] beobachtet werden. Die Wirkung war jedoch signifikant schwächer als die der Cu-Behandlung.

Für einen optimalen Einsatz im Freiland sollen im Gewächshaus Applikationshäufigkeit, Behandlungszeitpunkt und die notwendige Dosis für die jeweils am besten wirksamsten mikrobiellen Antagonisten, Pflanzenextrakte und Präparate ermittelt werden.

Eine erste Wirksamkeitsprüfung im Feldversuch erfolgte mit SERENADE[®], *R. rhabarbarum*, *S. canadensis* und TRICHODEX[®] beim Projektpartner FAL Zürich-Reckenholz. Auch Wirksamkeitsprüfungen durch Versuchsansteller ausserhalb des EU-Projektes wären von großem Interesse, um eine möglichst breite Basis an Ergebnissen erhalten zu können. Interessenten können sich gerne an uns wenden.

Besonderer Dank gilt bei der Durchführung der Arbeiten Pia Panndorf, BBA, Institut für biologischen Pflanzenschutz und Dr. Barrie Seddon und Dr. Sunil Nandi, University of Aberdeen, Dept. of Agriculture and Forestry, UK sowie der EU (FAIR CT-2000-1065) für die Finanzierung des Projektes.