

Berichte

aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Reports

from the Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry

Heft 53

1999

Pflanzenschutz im ökologischen Landbau - Probleme und Lösungsansätze -

Zweites Fachgespräch am 5. November 1998 in Darmstadt

Die Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel, ihre Auswirkungen auf den Naturhaushalt und Erörterung der Möglichkeiten, unerwünschte Auswirkungen zu begrenzen

Plant protection in organic farming
Second Workshop in Darmstadt on 5 November 1998

Bearbeitet von
compiled by

Marga Jahn
und
Holger Beer

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry

Herausgeber

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Braunschweig, Deutschland



BBA

Verlag:
Eigenverlag

Vertrieb:
Saphir Verlag, Gutsstraße 15, D-38551 Ribbesbüttel
Telefon +49/(0) 53 74-65 76
Telefax +49/(0) 53 74-65 77

ISSN: 0947-8809

Kontaktadresse:
Dr. Marga Jahn und Dr. Holger Beer
Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Außenstelle Kleinmachnow
Stahnsdorfer Damm 81
D-14532 Kleinmachnow

Telefon +49(0) 3 32 03 / 48-0
Telefax +49(0) 3 32 03 / 4 84 25
Internet <http://www.bba.de>

© Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersendung, des Nachdrucks, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis	Seite
Vorwort (Dr. J. Huber).....	4
Begrüßung (Prof. Dr. F. Klingauf).....	5
 Stand der Zulassung und Anwendungsgebiete	
Übersicht über den Stand der Zulassung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel (Dr. H. Rothert)	6
Darstellung wichtiger Anwendungsgebiete kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel aus der Sicht des amtlichen Pflanzenschutzdienstes (W. Klein).....	10
Bedeutung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel zur Bekämpfung der Hopfenperonospora (<i>Pseudoperonospora humuli</i>) für den bayerischen Hopfenbau (B. Engelhard)	13
Kupferproblematik und Peronosporabekämpfung im ökologischen Weinbau (Dr. U. Hofmann) ...	18
Versuche zur Regulierung der Kraut- und Knollenfäule <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary an Kartoffeln im ökologischen Landbau (Dr. C. Schüler)	24
Einsatz von Kupfer im Kern- und Steinobstbau (Dr. G. Palm)	29
 Auswirkungen und Verbleib	
Verbleib von Kupfer in Boden und Wasser nach Anwendung von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln (Dr. Regina Kloskowski).....	34
Auswirkungen von Kupfer auf die terrestrische Flora und Fauna (Dr. Christine Kula).....	38
Prüfung der Auswirkungen von Kupfer auf Wasserorganismen (R. Spangenberg).....	44
Einfluß von kupferhaltigen Fungiziden auf die Raubmilbe <i>Typhlodromus pyri</i> im Weinbau (Dr. F. Louis)	55
Vorkommen, Bioverfügbarkeit und Auswirkungen von Kupferfungiziden auf den Naturhaushalt (Dr. Simon).....	56
 Minimierungsstrategien, Alternativen und Forschungsbedarf	
Einsatz von kupferhaltigen Mitteln zur Schaderregerbekämpfung im ökologischen Landbau (Dr. Manon Haccius, K.-P. Wilbois)	60
Untersuchungen zur Wirksamkeit sehr geringer Kupfermengen gegen <i>Plasmopara viticola</i> im Weinbau (Dr. W. K. Kast).....	64
Alternativen zu Kupfer im ökologischen Landbau aus der Sicht der Anwendung von Pflanzenstärkungsmitteln (Dr. Marga Jahn)	67
Alternativen zu Kupfer im ökologischen Landbau aus der Sicht der Anwendung mikrobieller Antagonisten (Dr. E. Koch)	72
Alternativen zu Kupfer im ökologischen Landbau aus der Sicht der Forschung zur Resistenz- und Toleranzinduktion (Dr. Annegret Schmitt, Sabine Meinck).....	74
Forschungsbedarf und Alternativen (Dr. H. Beer).....	79
 Diskussion und Fazit	
Abschließende Diskussion und Fazit (Dr. E. Bode)	81
 Anlage	

Vorwort

Das zweite Fachgespräche in der Reihe „Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze“ fand am 5. November 1998 im Institut für biologischen Pflanzenschutz der BBA in Darmstadt statt und war dem Thema „Die Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel, ihre Auswirkung auf den Naturhaushalt und Erörterung der Möglichkeiten, unerwünschte Auswirkungen zu begrenzen“ gewidmet. Die Teilnahme von mehr als 60 Personen aus den verschiedensten Interessengruppen, wie Pflanzenschutz-Berater und -Praktiker, amtlicher Pflanzenschutzdienst, Produzenten von Pflanzenschutzmitteln und Pflanzenstärkungsmitteln, Universitäten, Bundesbehörden, AGÖL und andere Organisationen des ökologischen Landbaus, machte die Bedeutung der angesprochenen Thematik deutlich.

Kupferhaltige Pflanzenschutzmittel sind als Fungizide für eine Reihe von Anwendungen in Landwirtschaft und Gartenbau zugelassen und sind insbesondere für den ökologischen Anbau gegenwärtig unverzichtbar. In jüngerer Zeit wird aber zunehmend und nicht ohne Grund diskutiert, daß die Anwendung von Kupferpräparaten im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf den Naturhaushalt nicht länger vertretbar ist. Als eine Folge davon wurde im Anhang II der Verordnung (EWG) 2092/91 des Rates über den ökologischen Landbau (in der novellierten Fassung 1488/97 der Kommission) festgelegt, daß kupferhaltige Mittel im ökologischen Landbau nur noch bis zum 31. März 2002 eingesetzt werden dürfen. Ein völliger Verzicht auf Kupferpräparate innerhalb eines so kurzen Zeitraumes würde aber den ökologischen Landbau vor große Probleme stellen und könnte für einige Kulturen sogar das Aus bedeuten. So sind Kartoffel-, Apfel-, Wein- und Hopfenanbau gegenwärtig ohne Kupferpräparate nicht oder nur mit hohem Risiko zu betreiben.

In dem Fachgespräch wurden die Notwendigkeit der Kupferanwendung aus dem Blickwinkel der Praxis dargestellt, die Probleme bei der Anwendung insbesondere aus der Sicht des Naturhaushaltes erörtert, sowie Möglichkeiten der Begrenzung dieser negativen Auswirkungen und auch denkbare Alternativen als Kupferersatz aufgezeigt und diskutiert. Neben einer Optimierung der Anwendung und Weiterentwicklung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel mit dem Ziel einer weiteren Reduzierung der Kupfer-Aufwandmenge je Hektar und Jahr stand insbesondere die Entwicklung von für den ökologischen Landbau akzeptierbaren, alternativen Lösungen im Mittelpunkt der Veranstaltung. Dabei wurden folgende Möglichkeiten abgefragt und diskutiert:

Entwicklung und Einsatz von Resistenz- und Toleranzinduktoren (Pflanzenstärkungsmittel),
Anwendung von physikalischen Verfahren und Kulturmaßnahmen,
biologischer Pflanzenschutz (antagonistische Mikroorganismen),
Verwendung krankheitsresistenter Pflanzen-Sorten.

Es zeigte sich, daß zur Entwicklung und Anwendung von neuen Mitteln und Verfahren als Kupferersatz für den ökologischen Landbau noch erheblicher Forschungsbedarf besteht. Für die Bereitstellung praxisreifer Verfahren erscheint ein Zeitraum von 10 Jahren realistisch. Aufgrund fehlender Alternativen ist deshalb aus fachlicher Sicht die Verfügbarkeit von Kupferpräparaten für den ökologischen Landbau auch nach dem Jahre 2002 noch für einige Zeit erforderlich.



.....
Dr. J. Huber
Institut für biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt

Begrüßung

Prof. Dr. F. Klingauf

Präsident und Professor der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

Die Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel wird in Deutschland, aber auch EU-weit mit Verweis auf mögliche negative Auswirkungen auf den Naturhaushalt zunehmend kritisch diskutiert. In dem heutigen Fachgespräch sollen die Probleme, die sich bei der Anwendung von Kupfer für den Naturhaushalt ergeben können, erörtert sowie Möglichkeiten zur Begrenzung dieser Auswirkungen und denkbare Alternativen aufgezeigt werden.

Kupfer ist ein wichtiger Mikronährstoff für die Pflanzen. Mangel kann auf Moor- und Sandböden zu Pflanzenschäden führen. Kupfer ist auch Spurenelement für das Leben terrestrischer und aquatischer Organismen, die sich im Laufe der Evolution an die natürlichen Hintergrundkonzentrationen in Böden von 3 - 80 mg Cu/kg, in Flußwasser von 3 - 15 µg Cu/kg und in Meerwasser von 1 - 10 µg Cu/kg angepaßt haben.

Erhöhte Kupferkonzentrationen können jedoch andererseits zu einer Beeinträchtigung der Bodenmikro- und -makroflora sowie -fauna führen. Kupferverbindungen sind in höheren Konzentrationen giftig für Wasserorganismen. Eine Auswaschung in das Grundwasser ist zwar kaum zu erwarten, jedoch kann eine Belastung der Gewässer mit Kupfer durch Abschwemmung belasteter Böden und Abtrift bei Behandlungen entstehen. Es gibt auch Hinweise, daß die Anwendung von hohen Kupfermengen zu Schäden bei Nichtzielorganismen, wie beispielsweise Raubmilben, führen kann.

Kupfer wird seit mehr als hundert Jahren in der Landwirtschaft angewendet. Klassische Indikationen sind beispielsweise die Kraut- und Knollenfäule an Kartoffeln und Tomaten sowie die Reben- und Hopfenperonospora. In Obst-, Zierpflanzen- und Sonderkulturen werden durch Kupferpräparate Lückenindikationen geschlossen und die Palette der zur Verfügung stehenden Pflanzenschutzmittel erweitert.

Die hoheitlichen Tätigkeiten und Forschungen der BBA sind auf die Bereitstellung und Erarbeitung von Mitteln und Methoden ausgerichtet, die auf den Schutz von Pflanzen und Pflanzenerzeugnissen abzielen. Mittel und Verfahren zum Schutz der Kulturpflanzen müssen für alle acker- und pflanzenbaulichen Bewirtschaftungsformen verfügbar sein. Die BBA muß gleichzeitig Sorge dafür tragen, daß nur Pflanzenschutzmittel zugelassen werden, die den Naturhaushalt schonen; dies gilt gleichermaßen für die ökologische und die konventionelle Landwirtschaft. Einen Sonderweg für die Zulassung von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln nur für den ökologischen Landbau kann es allein aus diesem Grund nicht geben.

Ziel des Gesprächs ist die umfassende Erörterung der Vor- und Nachteile der Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel und der Möglichkeiten zur Bereitstellung von Alternativen. Ich begrüße die Vertreter aus den Verbänden, der Industrie, der Praxis, der Forschung und den Behörden und wünsche uns einen konstruktiven Dialog.

Tabelle 2: Ergänzungsanträge mit abgesenktem Aufwand

für Anwendungsgebiet	von Anzahl	mit Aufwand	auf Anzahl	mit Aufwand
Rebenperonospora	2	0,25 %	1	0,20 %
	2	0,50 %	2	0,25 %
	2	0,55 %	1	0,35 %
Hopfenperonospora	6	0,50 %	6	0,30 %
Dürrfleckenkrankheit an Kartoffeln	3	6 kg/ha	1	4 kg/ha
Kraut- und Knollenfäule an Kartoffeln	3	6 kg/ha	1	4 kg/ha

Aus dieser Situation ergibt sich für die Anwender, die auf kupferhaltige Mittel angewiesen sind, eine bedrohliche Lage, zumal das eine demnächst zur Zulassung anstehende Mittel nur wenige Anwendungsgebiete enthalten wird und die Anzahl der Anwendungen bei den beantragten Anwendungsgebieten durch die Einvernehmenserklärungen des UBA stark begrenzt worden ist. Auch die übrigen Entscheidungen des UBA aus den laufenden Verfahren führen zu erheblichen Einschränkungen für die Anwender. Im einzelnen handelt es sich um folgende, bei den einzelnen Mitteln unterschiedlich greifende Maßnahmen:

- Erteilung der Auflage „NW 200“, d. h. Begrenzung der Anwendung auf die bei der Zulassung festgesetzten Anwendungsgebiete
- Herabsetzung der Anzahl der Anwendungen
- Erweiterte Abstandsregelungen
- Begrenzung auf die Anwendung mit verlustmindernden Geräten.

Wie einschneidend diese Einschränkungen für die Praxis sind, läßt sich ungefähr aus der mit 24 doch recht hohen Anzahl der bei der Zulassung beantragten Anwendungsgebiete ableiten, wenn auch die wirtschaftliche Bedeutung der in den Tabellen 3 und 4 aufgeführten Anwendungsgebiete unterschiedlich ist. Mit dem bei elf Mitteln insgesamt zehnmal beantragten Anwendungsgebiet „Rebenperonospora“ ist der Weinbau sicherlich sehr stark betroffen. Größere Bedeutung haben auch Hopfenperonospora, Schorf und Obstbaumkrebs an Kernobst, Kraut- und Knollenfäule an Kartoffeln, Kraut- und Braunfäule an Tomaten sowie Rost an Spargel. Die Bedeutung der nur jeweils einmal beantragten Anwendungsgebiete darf mit dieser nur an der Antragsituation orientierten Sichtweise jedoch nicht zu gering bewertet werden. Dies zeigt auch die Tabelle 5, bei der aus dem Bereich der Baumschulen für den Zierpflanzenanbau einige wichtige Anwendungen außerhalb beantragter bzw. festgesetzter Anwendungsgebiete aufgeführt sind. Diese Anwendungen sind im Rahmen der Eigenverantwortung des Anwenders bis zum Auslaufen der in der Neufassung des Pflanzenschutzgesetzes vom 14. Mai 1998 festgelegten Übergangsfrist noch zulässig, sofern dem nicht die Erteilung der bereits genannten Auflage NW 200 als bußgeldbewehrte Anwendungsbestimmung entgegensteht.

Tabelle 3: Art und Anzahl beantragter Anwendungsgebiete (I)

A. Raumkulturen		
Hopfen- und Weinbau		
Hopfen	Hopfenperonospora – Sekundärinfektion	3
Wein	Rebenperonospora	10
Obstbau		
Kernobst	Schorf	3
	Obstbaumkrebs	3
	Kragenfäule	1
	Feuerbrand	1
Steinobst	Ast- und Baumsterben	1
	Schrotschußkrankheit	1
Pfirsich	Kräuselkrankheit	1
Gemüsebau		
Tomaten	Dürrfleckenkrankheit	1
	Kraut- und Braunfäule	2
	Septoria	1
	Stengelfäule	1

Tabelle 4: Art und Anzahl beantragter Anwendungsgebiete (II)

B. Feldkulturen		
Obstbau		
Erdbeeren	Rostfleckenkrankheit	1
	Weißfleckenkrankheit	1
Gemüsebau		
Spargel	Rost	2
Knollensellerie	Septoria	1
Zierpflanzenbau		
Zierpflanzen	Falscher Mehltau	1
Rosen	Echter Mehltau	1
	Rost	1
Ackerbau		
Rüben	<i>Cercospora beticola</i>	1
Rübensamenträger	Falscher Mehltau	1
Kartoffeln	Dürrfleckenkrankheit	1
	Kraut- und Knollenfäule	3

Tabelle 5: Beispiele für wichtige Anwendungen außerhalb beantragter bzw. festgesetzter Anwendungsgebiete

im Zierpflanzenbau - Baumschulen		
allgemeine Einsätze, z. B.		Blattfleckenkrankheiten Falscher Mehltau
spezielle Einsätze, z. B.	Ahorn	Rotpustelkrankheit
	Birke	Rotpustelkrankheit
	Buche	Buchenblattbräune
	Efeu	Blatt- und Stengelfleckenkrankheit
		Blattfleckenkrankheit
	Eiche	Rindenbrand
	Erle	Kräuselkrankheit
	Geißblatt	Kalkfleckenkrankheit
	Pappel	Bakterienkrebs
		Rindenbrand

Schließlich muß auch an die ökologisch wirtschaftenden Betriebe gedacht werden, die immer noch sehr stark auf kupferhaltige Pflanzenschutzmittel zurückgreifen. Neben der zunehmend schmaler werdenden Palette zugelassener Pflanzenschutzmittel wird sich für diese Anwender die „Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel“ in der novellierten Fassung vom 29. Juli 1997 (Nr. 1488/97 der Kommission) negativ auswirken. Diese Verordnung sieht die Anwendung von Kupfer in Form von Kupferhydroxid, Kupferoxichlorid, Kupfersulfat und Kupferoxid nur noch für eine Übergangszeit bis zum 31. März 2002 vor. Der neue Wirkstoff Kupferoktanoat ist in der Verordnung nicht aufgeführt. Ein Auslaufen der Zulassungen von Mitteln mit den übrigen Wirkstoffen könnte mögliche Bemühungen des ökologischen Landbaus, die Auslaufristen zu verlängern, sehr erschweren. Daher müssen die Bedürfnisse des konventionellen und des ökologischen Landbaus im Zusammenhang betrachtet werden.

Darstellung wichtiger Anwendungsgebiete kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel aus der Sicht des amtlichen Pflanzenschutzdienstes

W. Klein

Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Menzinger Straße 54, 80638 München

Die Auswertung des BBA-Datenbestandes ergibt, daß derzeit 19 kupferhaltige Pflanzenschutzmittel zugelassen sind. In den beiliegenden Übersichten werden die zugelassenen Anwendungsgebiete für Kupferpräparate aufgezeigt. Gleichzeitig wird dargestellt, welche kupferfreien Wirkstoffe und Pflanzenschutzmittel für diese Anwendungsgebiete derzeit zur Verfügung stehen.

Es bleibt festzuhalten, daß im konventionellen Ackerbau keine Probleme beim Ersatz der Kupferpräparate auftreten. Im Gemüsebau sind derzeit für *Septoria* und Stengelfäule bei Tomaten keine kupferfreien Pflanzenschutzmittel zugelassen.

Im Obstbau sind bei der Rotfleckenkrankheit und der Weißfleckenkrankheit der Erdbeeren, bei der Kragenfäule und beim Obstbaumkrebs bei Kernobst sowie beim Obst- und Baumsterben (*Valsa*) beim Steinobst keine kupferfreien Pflanzenschutzmittel zugelassen.

Kupferpräparate wirken auch gegen Bakterienkrankheiten, wenngleich für diese Anwendungsgebiete keine Zulassungen vorliegen. Gegen den Feuerbrand (*Erwinia amylovora*) konnten nach ZELLER Wirkungsgrade von 50 – 70 % erzielt werden. Im Erwerbsobstbau lassen sich Kupferpräparate aber nur vor der Blüte (besser nur zum Austrieb) und nach der Ernte als Blattfallspritzung einsetzen, da ansonsten bei bestimmten Witterungsbedingungen die Gefahr der Berostung besteht. Für den Baumschulbereich dagegen stellen Kupferpräparate eine Alternative für die sehr restriktiv gehandhabte Plantomycinanwendung dar. Kupferpräparate zeigen auch gegen den Bakterienbrand an Stein- und Kernobst (*Pseudomonas* ssp.) eine begrenzte Wirkung. Auch für diesen Bereich sind derzeit keine kupferfreien Pflanzenschutzmittel vorhanden. Gleiches gilt für die im fränkischen Süßkirschenanbau auftretende Blattbräune (*Gnomonia erythrostoma*). Die Bekämpfung erfolgt derzeit mit zwei Kupferbehandlungen (im Herbst nach Blattfall und im Frühjahr zur Zeit des Knospenschwellens) oder mit einem Strobilurinpräparat, wobei für viele Wirkstoffe keine Zulassung besteht.

Im Bereich des konventionellen Weinbaus hat die Abschlußspritzung mit kupferhaltigen Präparaten eine regional unterschiedliche Bedeutung. Als Vorteile werden genannt:

- die abhärtende Wirkung von Kupfer auf die Rebe und die Verbesserung der Holzreife sowie
- die Verhinderung bzw. Beseitigung von Bockser und die Förderung der Reintönigkeit der Weine.

Im konventionellen Weinbau könnte auf Kupferpräparate verzichtet werden. Für den Bereich Hopfen wird Herr Engelhard die Situation erläutern.

Aus der Sicht des amtlichen Pflanzenschutzdienstes stehen zwar für die meisten heute ausgewiesenen Anwendungsgebiete für Kupferpräparate Ersatzpräparate zur Verfügung. Dennoch sollte nicht leichtfertig auf Kupferpräparate verzichtet werden. Bislang wurden keine Resistenzbildungen gegen die kontaktwirksamen Kupfermittel nachgewiesen. Aus Gründen von Antiresistenzstrategien sollte deshalb der Einsatz der Kupferpräparate weiter ermöglicht werden. Dabei ist im konventionellen Anbau nicht der Dauerschutz durch eine möglichst hohe Zahl von Anwendungen anzustreben, sondern der Einsatz im Rahmen des Wirkstoffwechsels. Damit wird ein Wirkstoffmanagement ermöglicht, das im Sinne der guten fachlichen Praxis Resistenzentwicklungen vorbeugt. Sollte auch die Gruppe der Dithiocarbamate zur Diskussion gestellt werden, so würde die Palette der Nichtkupferpräparate sehr stark geschmälert.

Zugelassene Anwendungsgebiete für kupferhaltige und kupferfreie Wirkstoffe im Weinbau

Krankheit	Wirkstoffe		Präparate	*)	max. Zahl d. Anwen- dungen
	kupferhaltig	kupferfrei			
Reben- peronospora	Kupferoxy- chlorid Kupfersulfat	Cymoxanil + Dithiamon	Aktuan SC	S	8
		Dithianon	Delan SC 750	K	8
		Mancozeb	Dithane Ultra	K	6
		Dimethomorph	Forum	LS	6
		Mancozeb + Fosetyl	Mikal MZ	KS	6
		Metiram	Polyram WG	K	8
Echter Mehltau	Kupferoxy- chlorid + Schwefel	Triadimenol	Bayfidan Spezial	S	8
		Fluquinconazol	Castellan	S	6
		Kresoxim-methyl	Discus	K	6
		Pyrifenox	Dorado	K	6
		Tebuconazol+Tolyfluamid	Folicur EM	KS	6
		Schwefel	Netzschwefel	K	8

K = Kontaktmittel
S = systemisch

LS = lokalsystemisch
KS = Kontakt + systemisches Mittel



Zugelassene Anwendungsgebiete für kupferhaltige und kupferfreie Wirkstoffe im Obst- und Zierpflanzenbau

Kultur	Krankheit	Wirkstoffe		Präparate	*)	max. Zahl der Anwen- dungen
		kupferhaltig	kupferfrei			
Erdbeeren	Rotfleckigkeit	Kupferoxychlorid	—	—		
	Weißfleckigkeit	"	—	—		
Kernobst	Schorf	Kupferoxychlorid	Kresoxim-methyl	Discus		8
			Mancozeb+Penconazol	Omnex plus	KS	12
			Pyrimethanil	Scala	K	12
			P.+ Fluquinconazol	Vision	KS	12
			Captan	Malvin	K	13
Cyprodinil	Chorus	S				
Steinobst	Kragenfäule	Kupferoxychlorid	—	—		
	Obstbaumkrebs	" + Kupferhydroxid	—	—		
Steinobst	Obst- und Baum- sterben (Valsa) Schrotschußkr.	Kupferoxychlorid	—	—		
		Kupferoxychlorid	Propineb	Antracol WG	K	3
Pfirsich	Kräusel- krankheit	Kupferoxychlorid	Dichlofluamid	Euparen WG	K	1
			"	Euparen	K	1
Zierpflanzen	Falsche Mehl- taupilze	Kupferoxychlorid	Maneb	Maneb Spritzpulver	K	8
			Metiram	Polyram WG	K	8

K = Kontaktmittel

KS = Kontakt + systemisches Mittel



Zugelassene Anwendungsgebiete für kupferhaltige und kupferfreie Wirkstoffe im Ackerbau

Kultur	Krankheit	Wirkstoffe		Präparate	*)	max. Zahl d. Anwen- dungen
		kupferhaltig	kupferfrei			
Kartoffeln	Kraut- und Knollen- fäule	Kupferoxy- chlorid	Propineb	Antracol WG	K	6
			Mancozeb	Dithane Ultra	K	6
			M.+ Metalaxyl	Ridomil MZ S.	S	2
			M.+ Propamocarb	Tattoo	LS	6
			M.+ Cymoxanil	Ciluan	LS	6
			M.+ Dimethomorph	Acrobat plus	LS	5
			Maneb	Manex	K	8
			Metiram	Polyram WG	K	5
			Fentin-hydroxid	Brestan flüssig	K	1
			Fluazinam	Shirlan	K	8
	Dürrflecken- krankheit	Kupferoxy- chlorid	Maneb	Maneb Spritzp.	K	8
			Metiram	Polyram WG	K	5
Zucker- und Futtermühen	Cercospora beticola	Kupferoxy- chlorid	Cyproconazol	Alto 100 SL	S	2
			Difenoconazol	Bardos	S	2
			Flusilazol + BCM	Harvesan	S	2
			Epoxiconazol	Opus	S	2
Rübensamen- träger	Falscher Mehltau	Kupferoxy- chlorid	--	--	--	--

*) K = Kontaktmittel LS = lokalsystemisch
S = systemisches Mittel KS = Kontakt + systemisches Mittel



Zugelassene Anwendungsgebiete für kupferhaltige und kupferfreie Wirkstoffe im Gemüsebau

Kultur	Krankheit	Wirkstoffe		Präparate	*)	max. Zahl der Anwen- dungen
		kupferhaltig	kupferfrei			
Spargel	Rost	Kupferoxychlorid	Manozeb	Dithane Ultra	K	4
			Metiram	Polyram WG	K	4
			Difenoconazol	Bardos	S	3
Knollen- sellerie	Septoria Blatt- fleckenkrankheit	Kupferoxychlorid	Propineb	Antracol WG	K	3
Tomaten	Kraut- und Braunfäule	Kupferoxychlorid	Dichlofluanid	Euparen WG	K	6
			Maneb	Maneb Spritzpulver	K	4
			Propineb	Antracol WG	K	3
	Stengelfäule	Kupferoxychlorid	--	--		
	Septoria Blatt- fleckenkrankheit	Kupferoxychlorid	--	--		

K = Kontaktmittel

S = systemisches Mittel



Bedeutung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel zur Bekämpfung der Hopfenperonospora (*Pseudoperonospora humuli*) für den bayerischen Hopfenbau

B. Engelhard

Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP), Hüll 5 1/3, 85283 Wolnzach

Auftreten der Hopfenperonospora

Hopfenperonospora trat 1924 erstmals in stärkerem Umfang auf. 1926 führte die Peronospora in Deutschland fast zu einem Totalausfall der Hopfenernte, so daß die Brauer Angst hatten, in Zukunft nicht genügend Hopfen für die Bierproduktion zu bekommen. Die deutschen Brauer gründeten die „Deutsche Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.“ mit dem vorrangigen Ziel, Bekämpfungsmaßnahmen gegen diese Krankheit zu erarbeiten.

Bis heute ist die Hopfenperonospora eine jährlich auftretende Krankheit während der gesamten Vegetationsperiode von April bis Mitte September. Bedingt durch die lange Infektionsperiode sind mehrere Bekämpfungsmaßnahmen notwendig. Ertragsausfälle bis 100 % und Qualitätsminderungen bis zur vollständigen Unbrauchbarkeit wären bei fehlender Bekämpfung die Folge.

Aktuelle Zulassungssituation unter Berücksichtigung des Hopfenexportes

Bekämpfung der Primärinfektion:	Ridomil Granulat Aliette WG
Bekämpfung der Sekundärinfektion:	Kupferhaltige Pflanzenschutzmittel Kupfer-Schwefelmittel (Wacker 83 v) Euparen WG Delan SC 750 Aliette WG Aktuan SC, Aktuan

Zusätzlich hat der Hopfenpflanzer laut Lieferverträgen die sog. „US-Norm“ zu berücksichtigen; dies bedeutet, daß nur Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden dürfen, für die auch in den USA eine Rückstandshöchstmenge für Hopfen ausgewiesen ist. Nach Schätzungen der LBP sind ca. 2/3 der Hopfenfläche nach „US-Norm“ zu behandeln. Wegen des weltweit guten Rufes des amerikanischen Zulassungsrechtes fordern auch viele andere Käufer auf dem Weltmarkt die Erfüllung dieser Norm. Zur Bekämpfung der Hopfenperonospora sind auf diesen Flächen z. Zt. folgende Präparate einsetzbar:

Primärinfektion:	Ridomil Granulat Aliette WG
Sekundärinfektion:	Kupfermittel Aliette WG

Bei alleiniger Anwendung von Aliette (Al-Fosetyl) ist mit der raschen Ausbildung von Resistenzen zu rechnen. In den USA wurde dies nach verstärktem Einsatz bereits festgestellt. Daneben besitzen systemisch wirkende Produkte nur bis Blühbeginn (rascher Transport in der Pflanze) eine sehr gute Wirkung. Ab beginnender Ausdoldung haben von den zur Auswahl stehenden Produkten kupferhaltige Mittel deutliche Vorteile. Deshalb werden ab diesem Zeitpunkt auf ca. 2/3 der gesamten Hopfenfläche ausschließlich kupferhaltige Pflanzenschutzmittel zur Bekämpfung der Hopfenperonospora eingesetzt.

Der Gesamteinsatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel in bayerischen Hopfenanbaugebieten wird von der LBP auf jährlich 400 - 420 t geschätzt.

Weitere Alternativen stehen den Hopfenpflanzern z. Zt. nicht zur Verfügung!

Beeinflussung aquatischer Ökosysteme

Kupfergehalte in Fließgewässern der Hallertau

Im Rahmen von Makrozoobenthos-Untersuchungen an ausgewählten Fließgewässern der Hallertau (noch nicht veröffentlicht) wurden auch die Cu-Gehalte (nach MEBAK Nr. 1.3.1.9.) der Gewässer untersucht. Die Probenahmen erfolgten im April/Mai 1995.

Folgende Werte wurden festgestellt:

Kleinreichertshofener Graben	Quellbereich	0,18 mg/l
	nach Hopfen	0,15 mg/l
	nach durchflossenem Biotop	0,31 mg/l
Gschwender Bächlein	Mittellauf im Wald	0,35 mg/l
	Unterlauf nach Hopfen	0,28 mg/l
Wildmoosgraben	Oberlauf im Wald	0,40 mg/l
	Mittellauf neben Acker	0,29 mg/l
Langenwiesbach	Quellbereich	0,24 mg/l
	Oberlauf nach Fischteichen	0,26 mg/l
	Mittellauf nach Hopfen	0,16 mg/l
Zum Vergleich	Leitungswasser in Hüll	0,33 mg/l

Nach diesen Untersuchungen wird der Kupfergehalt von Fließgewässern durch kupferhaltige Pflanzenschutzmittel nicht beeinflusst.

Aktivitäten zur Verbesserung der Zulassungssituation von Pflanzenschutzmitteln

Amtliche Mittelprüfung am Abschnitt Hopfen der LBP und den Prüfstellen in den Anbaugebieten Tettwang und Elbe-Saale

Geprüfte organische Pflanzenschutzmittel stehen in ausreichender Auswahl zur Verfügung. Die Pflanzenschutzfirmen sind an einer Zulassung interessiert. Eine breitere Zulassungspalette ist auch im Sinne einer Resistenzstrategie und des Integrierten Pflanzenschutzes wünschenswert. In der folgenden Übersicht ist der aktuelle Stand der Prüfung dargestellt.

Aktueller Stand der Zulassungsprüfungen Hopfen 1998

Peronospora [*Pseudoperonospora humuli* (MIY. et TAK.) WILSON]

Indikation/ Präparat	Wirkstoff	Wirk- samkeit	Zulassungsprüfung			Rückstandsversuche			Zulassung in D mög- lich ab
			1.Jahr	2.Jahr	abge- schlossen	1.Jahr	2.Jahr	abge- schlossen	
Peronospora									
Euparen M	Tolyfluanid	gut			1996			1996 ¹⁾	1999
?	Tolyfluanid + Cymoxanil	gut			1996			1996 ¹⁾	1999
Folpan	Folpet	gut			1997			1997 ¹⁾	1999
NAD 21060 F	Strobilurin + Cymoxanil	sehr gut			1997			1997 ¹⁾	2001
Forum	Dimethomorph	gut			1996			1997	nicht solo
Forum D	Dimethomorph + Dithianon	sehr gut			1998			1997	2000
Ortiva	Azoxystrobin	sehr gut			1998	x			2000
Ridomil „Gold“ Combi	Metalaxyl M + Folpet	sehr gut			1998			1998	2000
Echter Mehltau (gute Peronospora-Nebenwirkung)									
NAD 21060 F	Strobilurin + Cymoxanil	gut			1998			1997 ¹⁾	2001

¹⁾ Mitwirkung der LBP an Rückstandsversuchen nach GLP-Norm

Zusammenarbeit mit den Prüfstellen in den USA

Mit den Prüfstellen in den USA (auch mit den Prüfstellen in den hopfenanbauenden Ländern Europas) besteht ein sehr enger Kontakt.

Folgende Wirkstoffe werden nach Kenntnis der LBP in den USA in Hopfen geprüft:

	Wirkungsversuche	Rückstandsversuche
Azoxystrobin	x	
Cymoxanil	x	x
Dithianon		Antrag auf US-Toleranz
NAD 21060	x	
Tolyfluanid		Antrag auf US-Toleranz
Dimethomorph	x	x
Folpet	x	x
NAD 21000 F		x

Maßnahmen zur Reduzierung der Spritzungen gegen Hopfenperonospora (Sekundärinfektion)

Bekämpfung der Primärinfektion

Versuche der LBP haben gezeigt, daß die Bekämpfung der Primärinfektion eine wesentliche Voraussetzung ist, um den Infektionsdruck durch Sekundärinfektion gering zu halten.

Die Auswahl zugelassener Pflanzenschutzmittel für diesen Bereich sollte größer werden!

Peronosporawarndienst

In allen deutschen Anbaugebieten ist ein Peronosporawarndienst aufgebaut. In bayerischen Anbaugebieten wird vom amtlichen Dienst mit einem täglichen Arbeitsaufwand von ca. 20 Akh die Peronosporaprognose erarbeitet. Für die Prognose wird nach anfälligen und toleranten Sorten unterschieden. Mit Hilfe des Warndienstes war es möglich, die Anzahl der Spritzungen deutlich zu reduzieren:

- vor Einführung des Warndienstes: 16 - 18 Spritzungen
- nach Warndienst bei anfälligen Sorten: Ø 6 Spritzungen (1998 = 5)
- bei toleranten Sorten: Ø 3 Spritzungen (1998 = 2)

Anbau peronosporatoleranter Sorten

In Kooperation mit der Deutschen Gesellschaft für Hopfenforschung e.V. wird in Hüll seit Anfang der 30er Jahre Hopfenzüchtung betrieben (Hüll ist die einzige Zuchtstation für Hopfen in Deutschland). Ein vorrangiges Zuchtziel war und ist die Resistenzzüchtung, speziell die Züchtung peronosporatoleranter Hopfensorten.

Hopfensorten - Peronosporatoleranz und Altflächenanteile 1998 (Bayern)

Sorte	Abkürzung	Peronosporatoleranz	ha	Prozentualer Anteil
Nugget	NU	---	581	26 %
Hallertauer Mittelfrüh	HA	--	792	
Brewers Gold	BG	--	231	
Target	TA	--	72	
Hersbrucker Spät	HE	--	2.404	
Spalter	SP	-	174	12 %
Northern Brewer	NB	+	1.736	
Spalter Select *	SE	++	1.324	62 %
Hallertauer Magnum *	HM	++	2.480	
Hallertauer Taurus *	TU	(++) in Prüfung	545	
Perle *	PE	+++	3.429	
Hallertauer Tradition *	HT	+++	1.916	

* = Hüller Zuchtsorten

--- = sehr geringe Toleranz
+++ = sehr gute Toleranz

Da die peronosporatoleranten Hüller Zuchtsorten auch am Weltmarkt nachgefragt werden, nimmt der Flächenanteil dieser Sorten laufend zu.

Applikationstechnik

Verbesserte Randbehandlung zur Vermeidung von Abtrift

Bei diesem Verfahren werden die drei Randreihen der Hopfengärten nur von einer Seite in Richtung des Hopfengartens mit Spritzbrühe behandelt. Zusätzlich wird, um Luftverwirbelungen zu vermeiden, die nach außen gerichtete Seite des Gebläses mit einem Blech abgedeckt. Mit dieser einfachen Maßnahme kann die Abtrift um ca. 75 % vermindert werden.

Injektor-Düsen

Die aus anderen Kulturen bekannten Injektor- bzw. Turbo-drop-Düsen wurden auch im Hopfen überprüft. Abtriftversuche der Landesanstalt für Pflanzenschutz Stuttgart brachten eine nochmalige Reduzierung der Abtrift im Vergleich zu den herkömmlichen Düsen. Nach den Erkenntnissen des Jahres 1998 ist die Düsenbestückung noch geringfügig zu ändern. Injektor-Düsen können ab 1999 für die Praxis empfohlen werden.

Kupferproblematik und Peronosporabekämpfung im ökologischen Weinbau

Dr. U. Hofmann

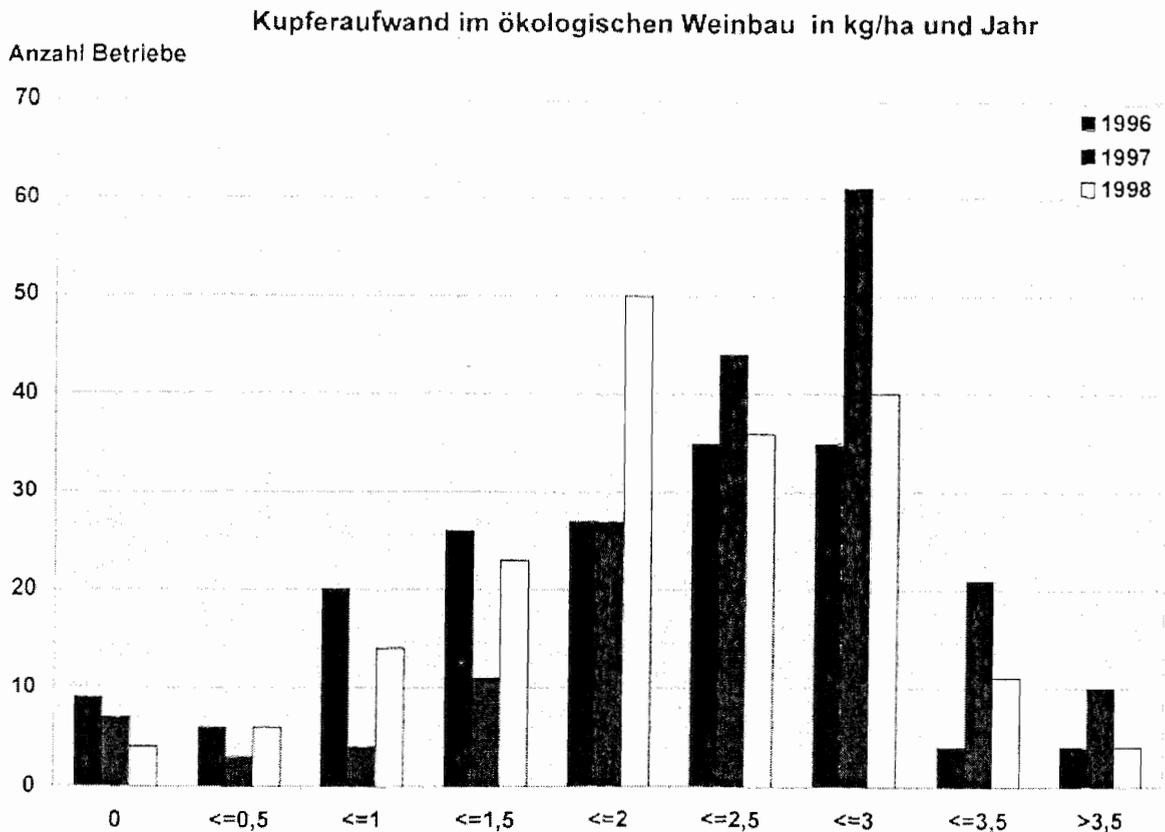
Internationale Beratung im ökologischen Weinbau, Prälät, Werthmannstraße 37, 65366 Geisenheim

Kupfer ist ein anorganischer Wirkstoff, der gegen den aus Nordamerika eingeschleppten Erreger der Rebenperonospora (*Plasmopara viticola*), gegen *Peronospora humuli* im Hopfenanbau sowie weitere Falsche Mehltäupilze 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 Nützlinge, wie z.B. die Raubmilbe *Typhlodromus pyri* im Weinbau (SCHRUFF 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, steinigen 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 (pH < 4,5) und geringem Humusgehalt toxisch auf Bakterien, Algen, Rhizobien, Regenwürmer und Pflanzenwurzeln sein. Verantwortlich für die Kupfertoxizität ist das Cu²⁺-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 2 - 4 kg/ha und Jahr beschränkt. In der EU-Verordnung 2092/91 zum ökologischen Landbau ist bisher keine Begrenzung der Kupferaufwandmenge festgeschrieben.

In der Abbildung 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.



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	Behandlungen
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 werden vom Bundesverband Ökologischer Weinbau zusammen mit Weinbaubetrieben, staatlichen Lehr- und Versuchsanstalten und den Herstellern von Pflanzenstärkungsmitteln Versuche zur Wirkungsprüfung und Eignung dieser Mittel im ökologischen Weinbau durchgeführt. Parallel werden diese Versuche auch in der Schweiz vom Forschungsinstitut für biologischen Landbau in Oberwil bzw. Frick durchgeführt. In der Tabelle 2 wird ein Überblick über die Wirkung von Kupferpräparaten im Vergleich zu Ulmasud gegeben. Die Ergebnisse stammen aus den Versuchsanlagen in der Schweiz (HÄSELI, 1995). Die in den Versuchen eingesetzten Kupferaufwandmengen lagen teilweise deutlich über der aktuellen Grenze von 4 kg Cu. Die Zahl der Behandlungen zeigt allerdings auch, daß, um erfolgreich ökologischen Weinbau betreiben zu können, ein erheblicher Aufwand an Beobachtungen, Kontrolle und Spritzungen notwendig werden kann.

Tabelle 2: Peronosporabekämpfung mit Kupfer im Vergleich zu Ulmasud (Tonmineral) und Unbehandelter Kontrolle. (Versuchsergebnisse aus der Schweiz)

Standorte	Jahr	Sorte	Wirkung Kupfer	Wirkung Ulmasud	Befall Kontrolle	Behandlungen
Arlenheim	1987	Müller-Thurgau	95 (7,5)	97 (10)	60	7
Arlenheim	1988	Müller-Thurgau	85 (8,4)	83 (15,6)	44	8
Nussbaumen	1989	Müller-Thurgau	85 (4,2)	57 (6,2)	81	8
Nussbaumen	1990	Roter Burgunder	98 (3,6)	98 (10)	17	8
Oberwil	1993	Müller-Thurgau	100 (4)	100 (4)	1	14
Oberwil	1994	Müller-Thurgau	83 (4)	52 (9)	26	9
Walenstadt	1989	Roter Burgunder	60 (4,8)	41 (8,7)	95	10
Wädenswil	1987	Müller-Thurgau	92 (7,5)	81 (10)	43	10
Tirano	1988	Nebbiolo		98 (8,8)	42	11
Tirano	1989	Nebbiolo		98 (6,3)	57	11
Tirano	1990	Nebbiolo		96 (7)	19	11

Quelle: A. HÄSELI, FIBL - OBERVV11-, 1995

Im Zeitraum 1990 bis 1997 wurden gegen Peronospora im Rahmen des BÖW-Ringversuches neben Kupfer in sehr geringer Aufwandmenge (50 - 100 g im Vorblütbereich, 250 - 500 g im Nachblütbereich) die beiden Tonerdepräparate Ulmasud und Myco-Sin sowie jeweils verbesserte Versuchspräparate und Kombinationen mit zweimaliger Kupferanwendung im Vergleich zu unbehandelt insgesamt 236 Versuche auf 14 Standorten durchgeführt. Die Tabelle 3 zeigt, daß im Mittel der Versuchsergebnisse mit Myco-Sin und Ulmasud bzw. der Kombination aus Ulmasud mit zweimaliger Kupferanwendung (vor und nach der Blüte) vergleichbare Ergebnisse wie mit den geringen

Kupferaufwandmengen bei fünf- bis zehnmaliger Anwendung zu erzielen sind. Bei starken Infektionen, wie sie 1987, 1995 und 1997 in verschiedenen Anbaugebieten auftraten, reichen diese Mittel allerdings nicht aus. Dann wird es mit der Kupferbegrenzung auf 3 kg/ha und Jahr schon eng, was sich in den 18 % Kupferüberschreitungen im Jahre 1997 ausdrückt.

1998 wurden erstmals die unterschiedlichen Kupferpräparate (Kupferoxychlorid, Kupferkalk, Kupferhydroxid und an Fettsäuren organisch gebundenes Kupfer) bei sehr geringer Aufwandmenge pro Applikation miteinander verglichen. Leider war 1998 kein typisches Peronospora-Jahr, so daß noch keine Aussage über die Wirkung der einzelnen Mittel gemacht werden kann.

Tabelle 3: Befall der Trauben durch Peronospora (BÖW - Ringversuch 1990 – 1997)

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 2 x Kupfer (1,5-2kg/ha)	21	26,8	51	0
Ulmasud VP 2 x Kupfer (1,5-2 kg/ha)	5	34	80	4
Unbehandelt	33	77,2	100	10

Zusammenfassend können nach dem heutigen Kenntnisstand folgende Empfehlungen für eine erfolgreiche Peronosporabekämpfung bei gleichzeitig minimiertem Einsatz von Kupfer im ökologischen Weinbau gegeben werden (HOFMANN, 1996):

- Anbau pilztoleranter, interspezifischer Rebsorten.
- Kulturmaßnahmen

Beim Rebschnitt auf gute Durchlüftung der Anlage achten; kein übereinander Gerten der Fruchtruten. Entfernen von Wasserschossen. Ausbrechen von Doppel- und Kümmertrieben. Termingerechte Laubarbeit und Entfernen von auf den Boden hängenden Trieben. Förderung einer raschen Abtrocknung des Laubes und guter Durchlüftung der Laubwand. Weitraumanlagen begünstigen eine rasche Abtrocknung. Eine Bodenabdeckung sowie eine hochwachsende Begrünung vermindern die Spritzintensität der Regentropfen und somit die Befallshöhe der Infektionen vom Boden. Ebenso wird bei einer Stammhöhe von min. 70 cm das Befallspotential reduziert.

Vorbeugend können Kompostgaben und Schachtelhalm-Kompostextrakt- oder Kanne Biol. Pflanzenpflegespritzungen auf den Boden die Antagonistentätigkeit erhöhen und dadurch ausgekeimte Sporen abtöten.

- Sobald die Keimungsbedingungen der Wintersporen am Boden erreicht sind (Bodenfeuchte, Boden- und Lufttemperatur) und die Gefahr einer Primärinfektion gegeben ist, sollte Ulmasud oder Myco-Sin alle 10 - 14 Tage (0,8 - 1 % mit 400 - 600 l Wasser) eingesetzt werden.
- Ca. zwei bis drei Vorblütebehandlungen mit Ulmasud oder Myco-Sin (0,8 – 1 %).
- Bei stärkeren Infektionsbedingungen (Starkregen, länger anhaltenden Niederschlägen mit höheren Temperaturen) sollte auf 100 - 300 g Kupfer/ha zurückgegriffen werden.
- Abgehende Blüte und 1. Nachblütebehandlung
200 - 500 g Kupfer/ha.
- Weitere Behandlungen bis Traubenschluß je nach Infektionsbedingungen mit Ulmasud oder Myco-Sin (0,8 - 1,5 % (8 - 15 kg) bzw. 300 – 500 g Kupfer/ha).
- Abschlußspritzung
500 - 800 g Kupfer/ha.

Ausblick

- Die Kupferpräparate stellen im ökologischen Weinbau zur Zeit die einzig wirksamen Mittel gegen einen starken Befallsdruck von Peronospora dar.
- Mit einer Kontrolle der Witterungs- und Infektionsbedingungen für Peronospora mittels eines Thermohygrographen und Blattbenetzungsschreiber kann der Gesamtkupferanteil durch gezielte Applikation gesenkt werden.
- Die vorhandenen Prognosemodelle sind auf den Einsatz von geringen Kupfermengen sowie Tonerdepräparate oder biologische Präparate abzustimmen. Durch eine zeitlich versetzte Kombination der Applikation von Kupfer und den Tonerdepräparaten Ulmasud oder Myco-Sin ist eine Reduzierung des Kupferaufwandes möglich.
- Hinsichtlich der Anwendungsoptimierung (Applikationstechnik, -zeitpunkt und Formulierungshilfsmittel) für die Tonerdepräparate besteht Untersuchungsbedarf.
- Bei einer weiteren Beschränkung der Kupferanwendung sowohl in der Menge als auch in der Mittelwahl ist nach dem heutigen Stand der Wissenschaft und Praxis kein wirtschaftlich erfolgreicher ökologischer Weinbau möglich.
- Bevor über ein Verbot von Kupfer nachgedacht werden kann, sind umfangreiche Forschungsaktivitäten zur Entwicklung praxisreifer alternativer Verfahren auf der Basis der Tonerdepräparate sowie von Kräuter- oder Kompostextrakten oder mikrobiellen Antagonisten notwendig.
- Ebenso muß verstärkt in der Anbautechnik (Sortenzulassung und Eignung, Erziehungsarten und Kulturmaßnahmen) im Hinblick auf eine ökologische Gesunderhaltung der Pflanzen geforscht werden.
- Ein Ersatz von Kupferpräparaten durch chemisch-synthetische Fungizide bleibt für den ökologischen Anbau auch in Zukunft ausgeschlossen.

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. Die Schädigung durch synthetische Dünge- und Pflanzenbehandlungsmittel. Alternative Konzepte 60, Verlag C.J. Müller, Karlsruhe.
- GÄRTEL, W.; (1985): Belastung von Weinbergsböden durch Kupfer. Berichte über Landwirtschaft **198**,123–133.
- HÄSELI, A.; (1995): Versuche zur Krankheitsbekämpfung im biologischen Rebbau der Schweiz. In: HAMPL, HOFMANN et al (Hrsg) Öko-Weinbau, Boden- und Pflanzenpflege, Weinqualität und Betriebswirtschaft, SÖL-Sonderausgabe **64**, 57-64.
- HOFMANN, U.; (1996): Peronosporabekämpfung im ökologischen Weinbau. Obstbau- Weinbau, Bozen 4/96, 105-107.
- 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, Boden- und Pflanzenpflege, Weinqualität und Betriebswirtschaft, SÖL-Sonderausgabe **64**, 75-82.
- SCHRUF, G. et al; (1990): Die Wirkung von Kupfer und Schwefel auf Raubmilben. Rebe & Wein **43**, 142-143.

Versuche zur Regulierung der Kraut- und Knollenfäule *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary an Kartoffeln im ökologischen Landbau

Dr. C. Schüler

Universität Gesamthochschule Kassel, Fachbereich Landwirtschaft, Internationale Agrarentwicklung und Ökologische Umweltsicherung, Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen

Die Krautfäule gehört zu den wirtschaftlich bedeutendsten Krankheiten im ökologischen Ackerbau. In erster Linie gilt es, die Ausbreitung und den Verlauf dieser Krankheit mit vorbeugenden Maßnahmen zu begrenzen.

Dazu gehören vor allem

- der Anbau möglichst resistenter bzw. wenig anfälliger Sorten,
- die ausschließliche Verwendung von einwandfreiem Pflanzgut,
- das Vorkeimen des Pflanzgutes,
- der Anbau in möglichst windoffenen Lagen (schlechtere Infektionsbedingungen),
- das Roden schalenfester Kartoffeln, um Knolleninfektionen zu vermeiden,
- eine flache Bodenbearbeitung vor der Folgekultur, damit nicht erfaßte Knollen erfrieren,
- Einlagerung trockener Knollen mit ausreichender Belüftung, um Infektionsausbreitung im Lager zu vermeiden und
- keine Lagerung von Sortierabgängen und Abfallkartoffeln am Feldrand.

Vorbeugende Maßnahmen reichen nicht immer aus, um die Ertragsverluste in Grenzen zu halten. In den vergangenen Jahren wurden einige Versuche unternommen, ökologisch unbedenkliche und mit den Richtlinien für ökologischen Landbau übereinstimmende Pflanzenbehandlungsmittel zu entwickeln und im Freiland zu testen (MONKOS und GRUBER 1998, MEINCK und SCHMITT 1998). Die Resultate waren unter Praxisbedingungen häufig nicht befriedigend. Im folgenden werden Ergebnisse aus Feldversuchen der Jahre 1997 und 1998 zur Regulierung der Krautfäule in Kartoffeln mit unterschiedlichen Präparaten dargestellt. Die geprüften Präparate können sowohl den Pflanzenbehandlungsmitteln als auch den Pflanzenstärkungsmitteln zugeordnet werden und sind nach Anhang IIB der Verordnung 2092/91 (EWG) im ökologischen Landbau einsetzbar.

Tabelle 1: Eingesetzte Präparate

1997	1998
NEU 1140 F, 8 l/ha 7-tägiger Spritzabstand nach <i>Phytophthora</i> -Warndienst, 5 Behandlungen (720 g Cu)	NEU 1140 F, 8 l/ha, 7-tägiger Spritzabstand nach <i>Phytophthora</i> -Warndienst, acht Behandlungen (1152 g Cu)
NEU 1140 F 10 l/ha, 10-tägiger Spritzabstand, drei Behandlungen (432 g Cu)	Myco-Sin plus Haftmittel, 7-tägiger Spritzabstand nach <i>Phytophthora</i> -Warndienst, acht Behandlungen
NEU 1140F 8 l/ha, 7-tägiger Spritzabstand beginnend ab <i>Phytophthora</i> -Warndienst, jedoch nur drei Behandlungen (432 g Cu)	VPMS 98, (verbessertes MycoSin) 7-tägiger Spritzabstand nach <i>Phytophthora</i> -Warndienst, acht Behandlungen
Kupfer-Questuran (3 kg/ha/a), verteilt auf zwei Behandlungen nach <i>Phytophthora</i> -Warndienst	Kupfer-Questuran, 3 kg Cu/ha/Jahr, verteilt auf vier Behandlungen, beginnend nach <i>Phytophthora</i> -Warndienst (1 kg, 1 kg, 0,5 kg, 0,5 kg)
Myco-Sin plus Haftmittel, 7-tägiger Spritzabstand nach <i>Phytophthora</i> -Warndienst, vier Behandlungen	Kontrolle unbehandelt
Kontrolle unbehandelt	

Die Vorfrucht auf dem Versuchsschlag war in beiden Jahren Klee gras. In allen Varianten wurden vorgekeimte und nicht vorgekeimte Kartoffeln der mittelfrühen Sorte Linda gepflanzt (Termine: 3. 5. 1997 und 25. 4. 1998, Versuchsaufbau: Spaltanlage). Die Ernte erfolgte am 17. 9. 1997 sowie am 25. 9. 1998.

NEU 1140F (Fa. Neudorff) steht für ein in Entwicklung befindliches Mittel auf der Basis von Fettsäuren und einer geringen Menge an Kupfer (144 g/Behandlung) mit dem Ziel, den Aufwand dieses Wirkstoffes deutlich zu reduzieren. Myco-Sin (Fa. Schaette) ist ein Präparat auf der Basis von Pflanzenauszügen, das zur besseren Haftung auf der Blattoberfläche mit einem Zusatz versehen wurde bzw. im Jahr 1998 (unter der Bezeichnung VPMS) fertig formuliert angewandt werden konnte. Der Wirkstoff Kupfer wurde in Form von Kupferhydroxid (Questuran, Fa. Spiess Urania) eingesetzt, da er im Vergleich zu Kupferoxychlorid bei gleicher Aufwandmenge einen höheren Wirkungsgrad garantiert. Für die Region Nordhessen galt 1997 seit dem 28. Juni und 1998 bereits ab dem 7. Juni die Krautfäulewarnung. Der folgende Witterungsverlauf und der damit einhergehende Krautfäulebefall ließ nur noch die oben angegebenen Spritzungen zu. Mitte August 1997 waren die Kartoffelbestände in allen Varianten zusammengebrochen, im Jahr darauf erfolgte dies bereits zwei Wochen früher. Die Bonitur der Befallsverläufe geben die Abbildungen 1 und 2 wieder.

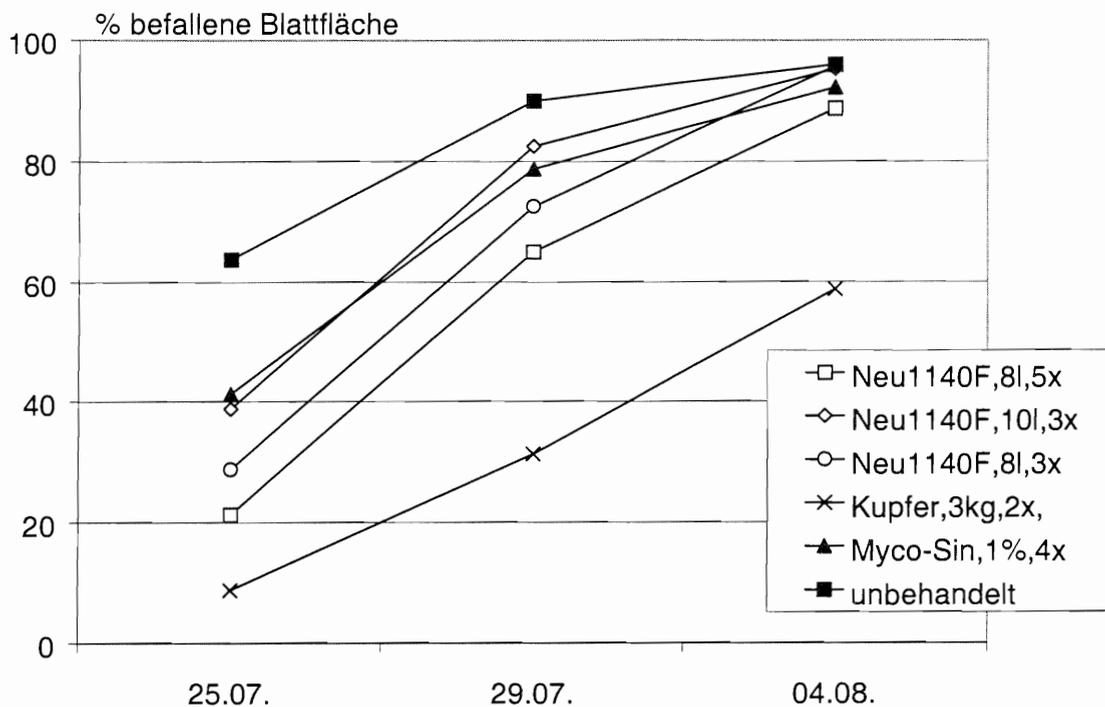


Abb. 1: Befallsentwicklung, 1997

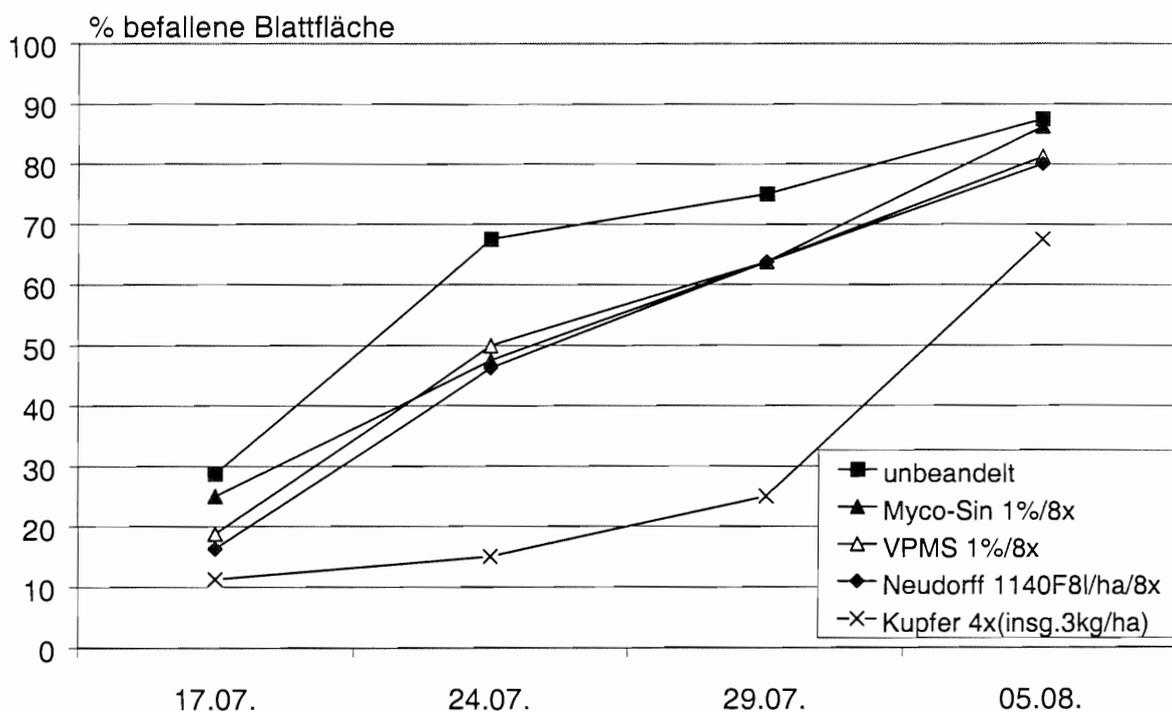


Abb. 2: Befallsentwicklung, 1998

Alle eingesetzten Präparate zeigten 1997 im Vergleich zu unbehandelt eine gewisse befallsverzögernde Wirkung. Deutliche Unterschiede mit einem gesichert geringeren Befallsgrad erzielten nur die Spritzungen mit Kupferhydroxid.

In beiden Jahren zeigten die vorgekeimten Varianten gesichert höhere Erträge als die nicht vorgekeimten (Tab. 2). Dies ist offensichtlich auf die längere Wachstumszeit der Kartoffeln durch früheres Auflaufen zurückzuführen (KARALUS und RAUBER 1996).

Tabelle 2: Kartoffelerträge nach unterschiedlicher Pflanzgutbehandlung

Pflanzgutbehandlung 1997	Rohrertrag	Marktware (35-60mm Sort.)
Vorgekeimt	264,0 a	245,5 a
Nicht vorgekeimt	234,9 b	214,5 b
LSD-Test p =0,05	GD=11,3	GD=11,1
Pflanzgutbehandlung 1998	Rohrertrag	Marktware (30-60mm Sort.)
Vorgekeimt	243,2 a	187,9 a
Nicht vorgekeimt	218,1 b	152,6 b
LSD-Test p =0,05	GD=23,8	GD=31,3

Zahlen mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant

In beiden Versuchsjahren führten die Witterungsverläufe zu optimalen Infektions- und Ausbreitungsbedingungen für den Erreger der Krautfäule. 1997 konnten alle eingesetzten Präparate gesicherte Mehrerträge erzielen. Die Ertragssteigerungen lagen zwischen 11 % und 24 %, wobei die Kupferbehandlung am besten abschnitt (Abb. 3). Die Behandlungen mit den Fettsäurekupferpräparaten und Myco-Sin lagen auf einem vergleichbaren Ertragsniveau. Nach der Sortierung der Kartoffeln ergab sich ein vergleichbares Bild.

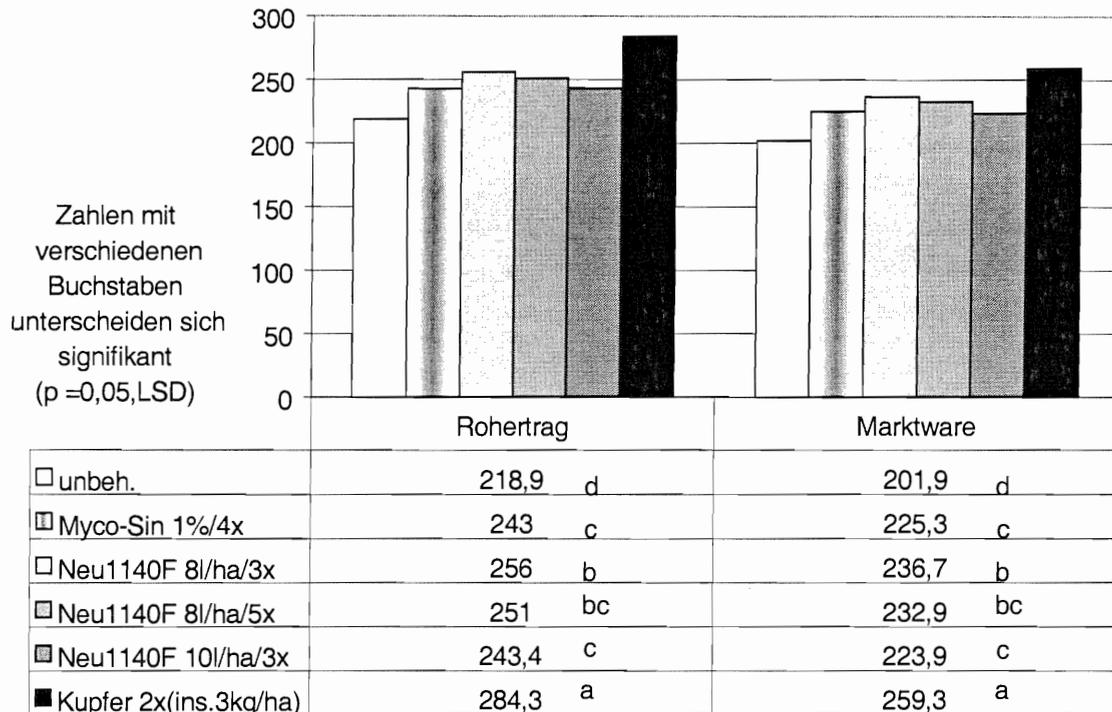


Abb. 3: Kartoffelerträge nach unterschiedlicher Behandlung, 1997

1998 setzte der Befall sehr früh ein und war sehr hoch, so daß ausschließlich die Kupfervariante zu gesicherten Mehrerträgen führte, obwohl die Behandlungshäufigkeit im Vergleich zu 1997 höher lag (Abb. 4). Die anderen Präparate zeigten zwar ebenfalls leichte Mehrerträge, die sich allerdings nicht sichern ließen. Dies zeigte sich auch nach der Sortierung.

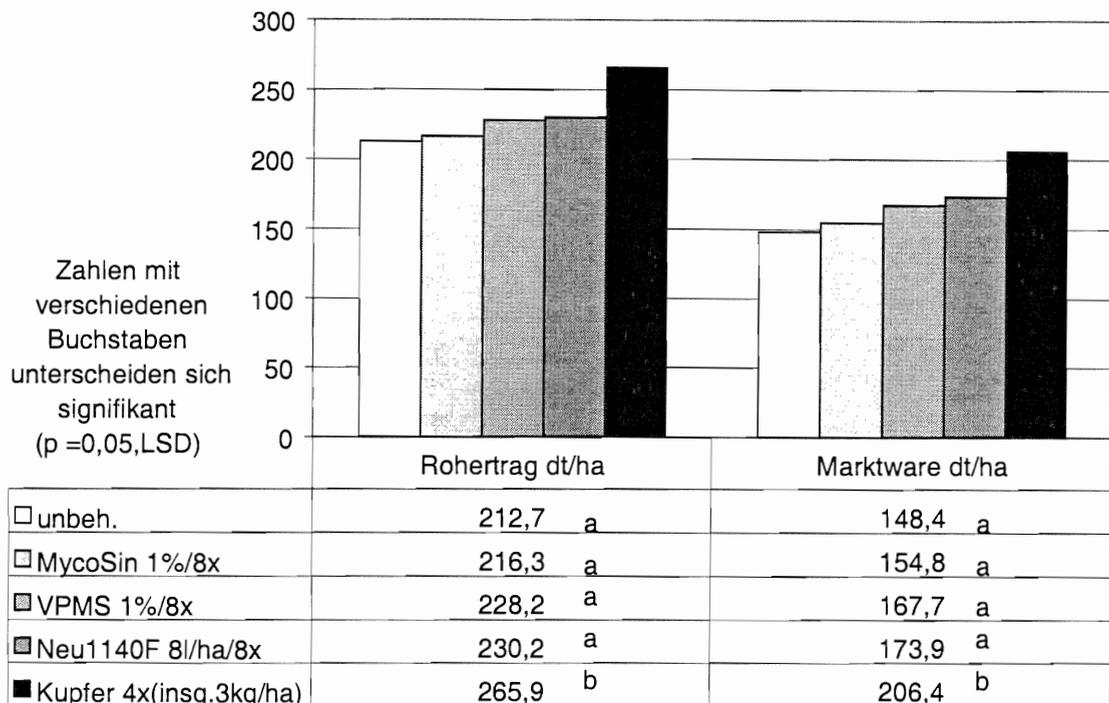


Abb. 4: Kartoffelerträge nach unterschiedlicher Behandlung, 1998

Die Ergebnisse machen deutlich, daß vorbeugende Maßnahmen wie das Vorkeimen der Kartoffeln auch unter dem sehr hohen Befallsdruck wie im Jahr 1998 zu deutlichen Mehrerträgen führen. Der Einsatz von Pflegepräparaten kann unter gewöhnlichem Befallsdruck, wie er im Jahr 1997 herrschte, ebenfalls zu Mehrerträgen führen. Ob diese Ertragszuwächse den Kostenaufwand des Mitteleinsatzes decken, muß unter den jeweiligen betrieblichen Bedingungen bzw. den erzielbaren Kartoffelpreisen geprüft werden. Ziel weiterer Untersuchungen muß es sein, die Wirksamkeit vorbeugender Maßnahmen weiter zu stärken und den Einsatz von Pflegepräparaten – vor allem die Verwendung von Kupfer – zu minimieren oder überflüssig zu machen.

Literatur:

- KARALUS, W.; RAUBER, R. (1996): Einfluß des Vorkeimens auf den Krankheitsbefall bei Kartoffeln im ökologischen Landbau. Z. Pflkrankh. 103, 420-431.
- MEINCK, S.; SCHMITT, A. (1998): Der Einfluß von alternativen Mitteln auf den Krankheitsbefall von Kartoffeln mit *Phytophthora infestans* und auf den Ertrag. Mitt. Biol. Bund. H. 357, 99.
- MONKOS, A.; GRUBER, S. (1998): Alternative Präparate im Kartoffelanbau gegen Kraut- und Knollenfäule. Ergebnisse der produktionstechnischen Versuche 1997 in Baden-Württemberg, Informationen für die Pflanzenproduktion Heft 2/1998

Einsatz von Kupfer im Kern- und Steinobstbau

Dr. G. Palm

Obstbauversuchsanstalt, Westerminnerweg 22, 21635 Jork

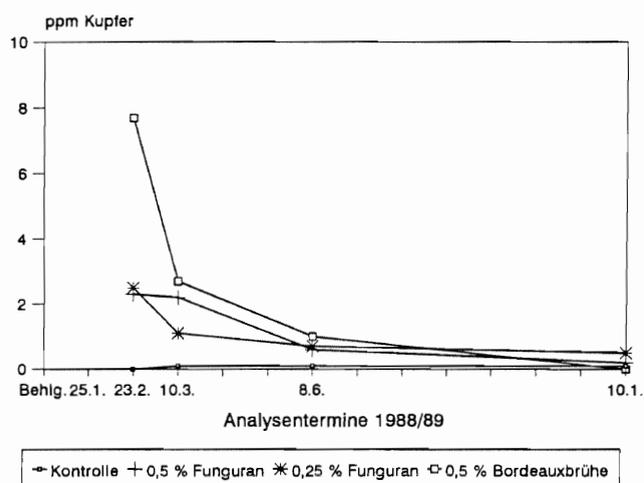
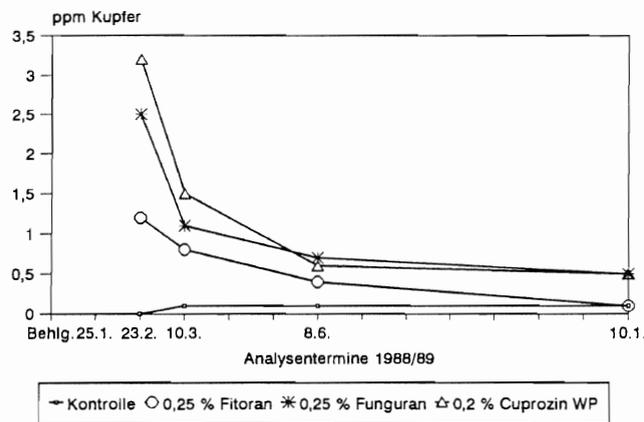
Seit 1929 werden zur Bekämpfung des Schorfpilzes u. a. kupferhaltige Pflanzenschutzmittel an der Niederelbe eingesetzt.

Kupferlöslichkeit

Die wirksamen Komponenten des Kupfers sind die in Lösung befindlichen Kupferionen. Um die Löslichkeit der Kupfermittel festzustellen, wurden in Versuchen einmalig einjährige Apfelzweige in verschiedenen Konzentrationen tropfnaß gespritzt. Die Zweige wurden freihängend natürlichen Witterungsbedingungen ausgesetzt. Vor den jeweiligen Analysenterminen (Abb. 1) wurden die über die behandelten Zweige geflossenen Niederschläge aufgefangen, anschließend gefiltert und die Kupferionen mit einem Atomabsorptionsspektrophotometer gemessen. Zwischen den drei Analysenterminen fielen jeweils 28,3 mm, 174,1 mm und 401,1 mm Niederschlag.

Die Freisetzung von Kupferionen von Funguran und Cuprozin WP ist vergleichbar. Bei Fitoran ist sie geringer. Das Kupfer des leichtlöslichen Kupfersulfates in der Bordeauxbrühe ist vier Wochen nach der Behandlung in erheblich höherer Konzentration verfügbar.

Abb. 1: In Lösung befindliche Kupferionen nach einmaliger Behandlung abgeschnittener einjähriger Apfelzweige



Beispielsweise werden bei einer Spritzung mit 3 kg/ha Kupfermittel etwa 1,5 kg ausgebracht. In 1000 l Spritzwasser entsteht eine Konzentration von 1,5 ‰. Auf den behandelten Zweigen wurden in der Analyse vier bzw. sechs Wochen nach der Behandlung zwischen 1,5 und 3 ppm gelöstes Kupfer gemessen. Demnach liegen nur ca. 1/1000 bis 1/500 des ausgebrachten Kupfers in gelöster, d. h. biologisch aktiver Form vor.

Um Kupfer effektiver zu nutzen, könnte durch die Steuerung des pH-Wertes bei erheblich verminderter Kupfermenge eine ausreichende biologische Wirkung erzielt werden (Tab. 1). Die Pflanzenschutzmittelindustrie sollte animiert werden, ein intelligentes Kupfermittel zu entwickeln, um den Eintrag zu reduzieren.

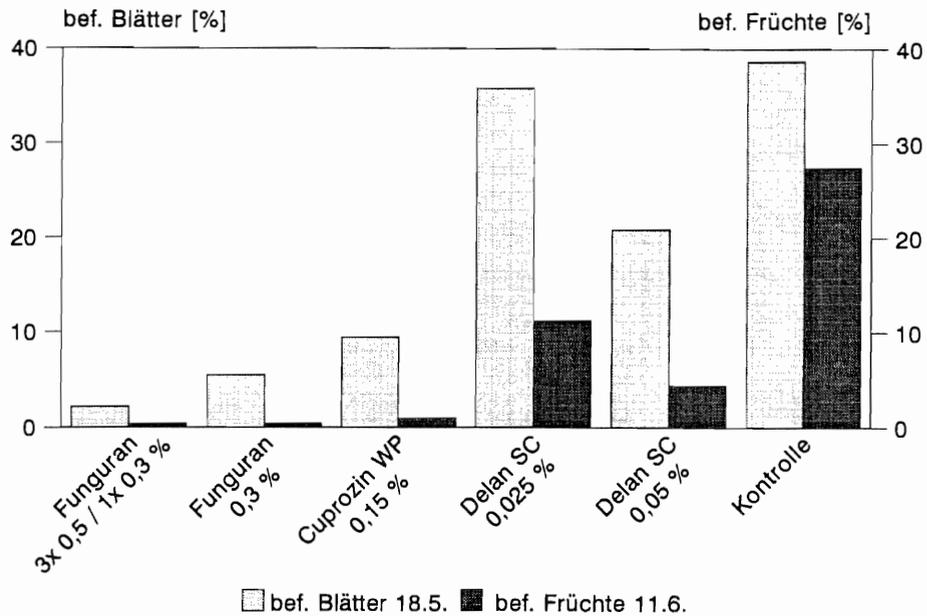
Tab. 1: Löslichkeit von Kupferpräparaten und -verbindungen in Abhängigkeit vom pH-Wert

	Präparat g/100 l	Kalk g/100 l	pH	Kupfer gesamt mg/l	Kupfer gelöst (Zentrifuge: 3000 UpM) * mit Centrisart I-Filter mg/l	Verhältnis gesamt / gelöst	Regenablauf an Zweigen 1.4.-29.4. = 82 mm Niederschlag (Centrisart I-Filter)	
							1.4.98 mg/l	29.4.98 mg/l
0,5 % Funguran	500	--	7,5	2250	1,9	1200	5,8	2,8
0,2 % Funguran	200	--	7,7	900	1,4	650	8,5	2,4
0,5 % Cuprozin	500	--	8,0	2250	14,0 / 3,7 ^{x)}	600	20,4	5,8
0,2 % Cuprozin	200	--	8,5	900	7,5 / 2,0 ^{x)}	450	13,7	3,4
1,0 % Cu-Sulfat	1000	400	11,8	2500	8,5 / 8,5 ^{x)}	300	11,8	16,0
0,8 % Cu-Sulfat	800	150	5,3	2000	270	7,5	39,2	4,4
0,4 % Cu-Sulfat	400	160	8,4	1000	0,2	5000	15,5	3,0
0,4 % Cu-Sulfat	400	75	5,5	1000	190	5,0	49,5	8,0
0,2 % Cu-Sulfat	200	80	5,8	500	7,6	65,0	8,4	2,2
0,2 % Cu-Sulfat	200	37	5,6	500	113	4,5	8,6	2,2
0,1 % Cu-Sulfat	100	18,5	5,7	100	63	1,6	5,7	1,2
Kontrolle							0,3	0,0
0,4 % Cu-Sulfat	400	1600	11,6	1000	1,6	625		
0,2 % Cu-Sulfat	200	800	11,5	500	1,8	280		

Schorfbekämpfung

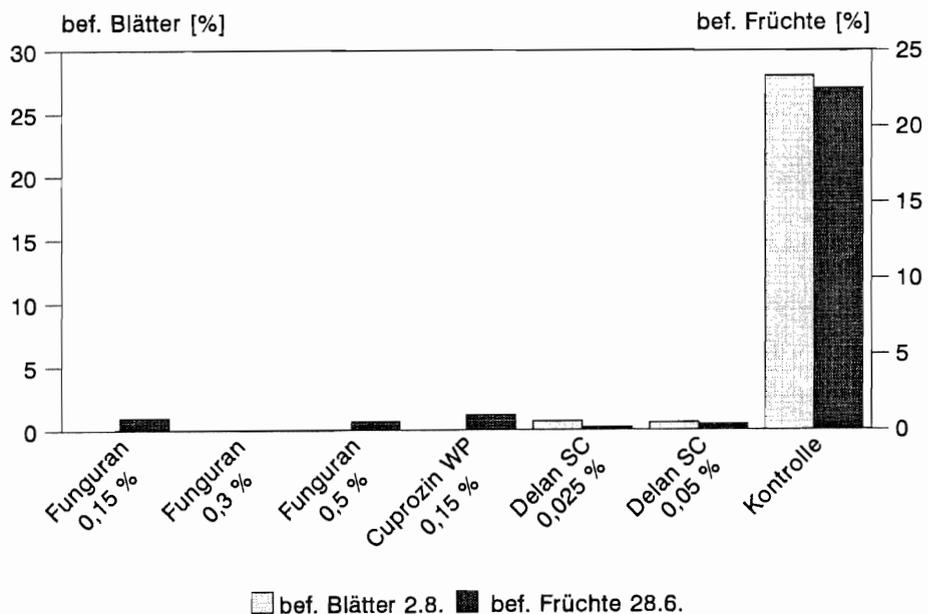
In Kernobstanlagen mit Spätschorfbefall im Herbst sind zum Knospenaufbruch neben Askosporen auch superfiziell gebildete Konidien als Infektionsquelle zu beachten. Anlagen mit einer derartig hohen Sporendichte sind besonders gefährdet. In Versuchen wurden Kupferpräparate präventiv in unterschiedlichen Konzentrationen und Häufigkeiten eingesetzt. Entsprechend den Versuchsfragen wurden zu verschiedenen Terminen Blätter der Blütenstände, Blattrosetten, Kurz- und Langtrieben sowie Früchte bonitiert. Vom „Knospenaufbruch“ bis „Grüne Knospen“ wurden viermal im Vergleich Funguran, Cuprozin WP und Delan SC eingesetzt (Abb. 2), anschließende Spritzungen erfolgten mit Delan SC. Mit zunehmenden Kupferaufwandmengen wurden Blatt- und Fruchtschorf wirksamer verhindert; Delan SC war in der zugelassenen und in der halben Konzentration unter diesen Bedingungen wesentlich schlechter wirksam.

Abb. 2: Schorf an 'Ingol' nach vier Behandlungen bis zum Stadium 'Grüne Knospen', 1992



Im folgenden Jahr wurde der Versuch mit den jeweiligen Fungiziden in den selben Parzellen fortgesetzt (Abb. 3). Zwischen den Präparaten und den Anwendungskonzentrationen waren keine Unterschiede festzustellen. Ursache des vergleichsweise geringen Befalls in den Behandlungen war das reduzierte Sporenangebot aufgrund der vorjährigen Fungizideinsätze, insbesondere durch die nicht vorhandenen superfiziell gebildeten Konidien.

Abb. 3: Schorf an 'Ingol' in 1993 sechs Behandlungen bis zur 'Vollblüte'



Die Schorfbekämpfung in Kernobstanlagen mit einem außergewöhnlich hohen Sporenangebot durch Askosporen und vor allem Konidien, entwickelt aus Myzelium auf Knospenschuppen und Terminalen von Langtrieben, ist mit Kupfermitteln sicherer als mit organischen Kontaktfungiziden. Ein bis zwei Behandlungen in einer Aufwandmenge von 1 kg/ha je 1 m Kronenhöhe ab Knospenaufbruch sind ausreichend wirksam.

Schorfbekämpfung im ökologischen Obstbau

Im ökologischen Obstbau ist eine wirksame Schorfbekämpfung existentiell. Die Resistenzzüchtung ist heute noch nicht in der Lage, ausreichend marktfähige Kernobstsorten zur Verfügung zu stellen. Neben kulturtechnischen Maßnahmen ist eine direkte Bekämpfung unumgänglich. Versuche in ökologisch produzierenden Obstbaubetrieben an der Niederelbe haben bisher keine wirksamen Alternativen zu den Kupferpräparaten ergeben. Entsprechend den Richtlinien für den ökologischen Obstbau dürfen pro Jahr maximal 3 kg a.i./ha ausgebracht werden.

1997 trat der Schorfpilz epidemisch auf. In solchen Jahren ist die Wirkung durch die begrenzten Kupferaufwandmengen unzureichend. Nur eine hohe Einsatzhäufigkeit von mehr als 30 Behandlungen ermöglicht zufriedenstellende Wirkungsgrade (Tab. 2). Algen- und Vitamin E (Plantacur E)-Präparate sind vollkommen unzureichend wirksam; Netzschwefel hat nur eine geringe Wirkung.

Tab. 2: Bekämpfung des Apfelschorfes an 'Elstar' in einem ökologisch produzierenden Obstbaubetrieb, 1997

Anz. Bhlg.*	Anzahl Behandlungen/ Präparate	Konz. Prozent	Präparat in kg bzw. l/ha	Schorfbefall in % WG			
				Blatt-rosetten	Lang-triebe	Lang-triebe	Früchte
				26.6.	4.6.	2.8.	7.7.
Kontrolle				97,8%	41,2%	89,3 %	95,7
21	Plantacur E	0,15	28,5	29,4	0	7,2	0,5
21	Biofa-Algenextrakt	0,2	38,0	31,2	26,2	15,1	0
21	Algo-Plasmin	0,2	14,0	6,2	14,1	0,8	0
	Corralite	0,2	24,0				
21	Goemar	0,2	38,0	5,2	23,1	9,6	0
21	Funguran	0,02	3,8	69,7	56,6	29,1	28,1
21	Funguran	0,02-0,1	8,15				
	Netzschwefel	0,2-0,4	62,5	80,7	60,7	19,4	18,9
	Goemar	0,2	37,5				
21	Delan SC 750	0,05	9,0	96,5	81,8	85,7	94,3
30	Funguran	0,01-0,125	2,6				
	Cuprozin WP	0,05-0,075	2,0				
	Biofa-Algenextrakt	0,2-0,3	41,5	87,6	90,5	88,7	75,4
	Netzschwefel	0,075-0,3	50,5				
	Schwefelkalkbrühe	3,0	30,0				
	Goemar	0,18-0,2	21,8				

* Die gesamte Versuchsfläche wurde am 12.3. u. 22.3. mit 1,25 kg/ha Funguran bzw. 0,75 kg/ha Cuprozin WP behandelt.

In "normalen" Schorffahren vermag Kupfer in geringen Aufwandmengen bei hoher Einsatzhäufigkeit relativ sicher Schorfinfektionen zu verhindern (Tab. 3). Algenextrakte konnten auch 1998 die Schorfwirkung nicht erhöhen, Netzschwefel nur gering. Die Algenextrakte verbessern die Verträglichkeit der Kupfermittel. Netzschwefel schädigt bekanntermaßen die Raubmilben-Populationen.

Tab. 3: Bekämpfung des Apfelschorfes in einer ökologisch bewirtschafteten Elstar-Anlage, 1998

Anz. Bhlg.	Anzahl Behandlungen/ Präparate	Konz. Prozent	Präparat in kg bzw. l/ha	Schorfbefall in % WG		Raubmilben an 40 Blättern von Langtrieben 20.8.98
				Blätter 17.8.98	Früchte 7.9.98	
Kontrolle				72,4%	97,0%	45,7
20	18x Delan SC 750 2x Malvin	0,05 0,12	9,0 2,4	92,5	98,7	31,4
21	17x Funguran 21x Biofa-Algenextrakt 1x Netzschwefel	0,02-0,04 0,2 0,1	3,7 42,0 1,0	80,5	98,5	35,7
21	17x Funguran 21x Goemar 1x Netzschwefel	0,02-0,04 0,2 0,1	3,7 42,0 1,0	78,3	97,6	18,6
21	18x Funguran 3x Netzschwefel	0,02-0,04 0,2-0,3	4,0 8,0	72,9	96,4	22,9
21	9x Cuprozin 21x Goemar 12x Netzschwefel	0,02-0,1 0,2 0,1-0,5	4,9 42,0 35,0	85,6	98,5	11,4
21	10x Funguran 19x Goemar 20x Netzschwefel	0,02-0,1 0,2 0,1-0,3	3,5 38,0 56,0	90,5	99,7	0,0
21	17x Funguran 20x Netzschwefel	0,02-0,05 0,1-0,3	4,3 56,0	89,2	99,5	7,1

Von den zugelassenen Anwendungsgebieten hat die Indikation gegen Obstbaumkrebs mit 2-3 Behandlungen nach der Ernte bis zum Knospenaufbruch bei einer Aufwandmenge von 2,5 kg/ha und 1 m Kronenhöhe höchste Priorität.

Zur Bekämpfung des Ast- und Baumsterben im Steinobst stehen keine alternativen Pflanzenschutzmittel zur Verfügung. Die bestehende Zulassung sollte daher bestehen bleiben.

Zusammenfassung

Kupferpräparate haben unabhängig von den Anbauverfahren, d. h. für den konventionellen Anbau, kontrollierten integrierten Anbau und Ökoanbau heute noch eine große Bedeutung bei der Bekämpfung des Schorfpilzes im Zeitraum des Knospenaufbruches, wenn neben Askosporen zusätzlich superfiziell gebildete Konidien auftreten. Für den ökologischen Anbau ist Kupfer von existentieller Bedeutung, da es das einzige wirksame Fungizid für die Bekämpfung des Schorfpilzes ist. Es besteht dringender Untersuchungsbedarf, um über Minimierungsstrategien die Kupfermengen und damit dessen Eintrag in den Naturhaushalt zu reduzieren, ohne daß die Wirksamkeit vermindert wird. Die Entwicklung neuer Kupferformulierungen kann erheblich zur Verringerung des Kupfereintrages führen; erste vielversprechende Ergebnisse liegen vor.

Auswirkungen und Verbleib

Verbleib von Kupfer in Boden und Wasser nach Anwendung von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln

Dr. Regina Kloskowski

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik, Fachgruppe Chemische Mittelprüfung, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

Kupfer ist ein Bestandteil des Bodens. Quellen für den Kupfergehalt des Bodens sind die Verwitterung des Bodengesteins, die Eintragung aus Pflanzenschutzmitteln und Düngern sowie Ablagerung aus der Atmosphäre. Kupfer liegt im Boden in verschiedenen Formen vor:

- Lösliche Formen in der Bodenlösung gewöhnlich in sehr geringer Konzentration,
- stabile organische Komplexverbindungen im Humus,
- durch Hydroxide des Mangans und Eisens sorbiertes Kupfer,
- an Ton-Humus-Komplex sorbiertes Kupfer sowie
- in den Kristallgittern der Bodenminerale gebundenes Kupfer, das erst bei der Verwitterung frei wird.

Eine Zusammenstellung der Analyseergebnisse von über 7.800 Proben verschiedener Böden ergab, daß die Kupfergehalte mehrheitlich zwischen 25 und 60 mg Gesamtkupfer/kg Boden liegen.

Der mögliche Eintrag von Kupfer in den Naturhaushalt als Folge der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln gab der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft bereits im Jahre 1983 Anlaß, die Zulassungsinhaber kupferhaltiger Mittel auf die mögliche Anreicherung des Kupfers in den behandelten Böden hinzuweisen und entsprechende Untersuchungen zu fordern (Abbildung 1).

Anlage 3

BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT
 ABTEILUNG FÜR PFLANZENSCHUTZMITTEL UND ANWENDUNGSTECHNIK
 Messeweg 11/12
 3800 Braunschweig, 14. Febr. 1983
 Fernrufnummer: (05 31) 991
 Durchwahl: 399-263

Abt. AP-2698 c Schl/Mk
 Besondere Nachweise - Messung (ZUV) - 100 Braunschweig

Vertriebsgesellschaft für
 schmalische Produkte
 Loran (Deutschland) mbH
 Postfach 9
 82-6660 AA Elst (Gld)
 gleichlautend an div. Firmen
 (siehe Rückseite)

Betr.: Anwendung von Kupfer-Mitteln im Hopfenbau
Besug: Ohne

Sehr geehrte Damen und Herren!

Aufgrund langjähriger Anwendungen kupferhaltiger Mittel im Hopfenbau ist nicht auszuschließen, daß eine Anreicherung des Kupfers in den Böden von Hopfenanbaugebieten stattgefunden hat, über deren Ausmaß nur wenig bekannt ist.

Da Sie Inhaber der Zulassung für ein kupferhaltiges Pflanzenschutzmittel sind, das im Hopfenbau angewendet werden kann, bitten wir Sie, folgende Untersuchungen durchzuführen bzw. zu veranlassen:

Proben des Oberbodens (0-20 cm), die langjährig wiederholt mit Kupfermitteln behandelt wurden, sind auf den Gehalt an Gesamtkupfer und an mit 10%-Magnesiumsulfatlösung austauschbarem Kupfer zu untersuchen.

Bodenproben von nicht behandelten Arealen in der Nähe der Versuchsfelder sind in gleicher Weise zu untersuchen.

Die Gesamtmenge des auf den Versuchsfeldern ausgebrachten Kupfers ist anzugeben.

Die Untersuchungen sollten im Laufe dieses Jahres durchgeführt und die Ergebnisse bis Ende 1983 vorgelegt werden.

Mit freundlichem Gruß
 Dr. A.
 R. Schinko

Vvl. FC 5 am 5. Jan. 1984
 sda. AP-2698 c
 FC-2698 c ✓

W 44/2
 S. 2
 1314

Abb. 1

Das Ergebnis der Untersuchung von Bodenproben an 55 Standorten ist in der Tabelle 1 zusammengestellt. Daraus ist erkennbar, daß nach langjähriger Anwendung von kupferhaltigen Mittel in Hopfen eine Erhöhung der Kupfergehalte im Boden zu beobachten ist.

Tabelle 1: Ergebnis der Untersuchung von Bodenproben an verschiedenen Standorten

Probe-Nr./ Gemeinde	Hopfen- nutzung (Jahre)	BODENANALYSEN							
		Ton	Schluff	Sand	org.-C	Cu (mg/kg lufttr. beh. Boden)		Cu (mg/kg lufttr. unbeh. Boden)	
		%	%	%	%	Cu gesamt	Cu MgSO ₄	Cu Gesamt	Cu MgSO ₄
Hallertauer-Hopfenanbaugebiet									
1 / Wolnzach	50	16	61	23	3,12	335	2,1	22	< 0,2
2 / Walkersbach	18	10	31	59	2,73	175	1,3	25	< 0,2
3 / Pfaffenhofen	60	10	39	51	3,64	449	2,7	14	< 0,2
4 / Pfaffenhofen	20	10	33	57	2,52	87	1,3	11	< 0,2
5 / Rohrbach	16	16	53	31	2,50	123	1,1	18	< 0,2
6 / Au	7	18	48	34	2,80	114	2,8	21	< 0,2
7 / Au	7	14	31	55	2,38	138	1,1	26	< 0,2
8 / Rudelzhausen	11	19	66	15	3,18	90	0,8	28	< 0,2
9 / Mainburg	13	15	49	36	2,85	135	9,1	45	0,2
10 / Volkenschwand	33	18	57	25	2,88	163	1,5	52	0,2
11 / Pfeffenhausen	18	21	65	14	3,17	114	1,1	75	0,4
12 / Pfeffenhausen	13	21	67	12	2,97	130	1,3	19	< 0,2
13 / Reichertshofen	18	9	22	69	3,48	186	1,5	77	0,6
14 / Geisenfeld	40	9	18	73	3,16	275	2,6	56	0,6
15 / Engelbrechtsm.	5	7	21	72	1,92	24	0,2	17	< 0,2
16 / Aiglsbach	10	4	18	78	2,08	88	1,5	22	< 0,2
17 / Mainburg	5	15	64	21	2,17	69	0,4	15	< 0,2
18 / Train	10	6	22	72	1,98	30	0,3	7	< 0,2
19 / Mindelstetten	2	24	71	5	2,49	25	0,2	18	< 0,2
20 / Pförring	8	19	76	5	2,02	21	0,2	15	< 0,2
21 / Pförring	23	24	58	18	2,64	98	1,0	23	< 0,2
22 / Biburg	1930-77	5	10	85	2,07	160	1,4	12	< 0,2
23 / Biburg	1951-76	19	18	63	2,59	132	1,1	32	< 0,2
24 / Wolnzach	50	8	19	73	2,66	177	2,6	48	0,4
25 / Wolnzach	20	5	21	74	3,02	248	2,0	19	< 0,2
26 / Hohenwart	10	7	14	79	2,25	54	0,6	12	< 0,2
27 / Siegenburg	13	7	19	74	2,64	79	1,0	28	< 0,2
28 / Indorf	20	15	66	19	2,99	140	1,5	18	< 0,2
29 / Ratzenhofen	15	17	69	14	3,43	143	1,4	46	< 0,2
30 / Attenkirchen	20	16	56	28	3,00	139	1,3	18	< 0,2
Tettlinger-Hopfenanbaugebiet									
41 / Meckenbeuren	26	12	51	37	3,44	177	1,5	24	< 0,2
42 / Bodeneegg	11	14	41	45	4,15	106	0,8	40	0,7
43 / Tettlang	5	7	44	49	7,85	21	0,2	24	0,3
44 / Meckenbeuren	13	11	52	37	5,00	119	1,0	17	< 0,2
45 / Langenargen	51	12	41	47	3,32	275	2,1	24	< 0,2
Spalter- und Hersbrucker-Hopfenanbaugebiet									
51 / Spalt	25	6	15	79	2,31	102	1,8	26	< 0,2
52 / Abenberg	25	9	13	78	2,06	83	1,1	10	< 0,2
53 / Abenberg	15	7	13	80	2,34	42	0,4	3	< 0,2
54 / Georgensgmünd	40	8	8	84	3,19	31	0,2	6	< 0,2
55 / Neunkirchen a. S.	21	11	14	75	2,27	35	0,2	27	< 0,2

Ähnliche Untersuchungen wurden mit Böden aus Weinanbaugebieten durchgeführt, wobei „alte“ und „junge“ Rebanlagen getrennt betrachtet wurden (Tabelle 2). Auch hier ist die Abhängigkeit zwischen der Anwendungsdauer und der Konzentration des Gesamtkupfers in den Böden deutlich zu erkennen. Die absolute Menge an Kupfer in Boden ist jedoch nicht mit der Konzentration an toxischen Kupfer-Ionen gleichzusetzen.

Tabelle 2: Belastung von Weinbergsböden durch Kupfer

Entnahmetiefe cm	Zahl der untersuchten Proben	mg Cu in 100 g Feinerde (ppm)			Anteil der Proben mit mehr als 100 ppm Cu, %
		Mindestwert	Höchstwert	Durchschnitt	
"alte" Böden (Rebanlagen vor 1920 angelegt)					
0-20	188	46	2880	475	97,9
20-40	188	24	1152	261	85,6
40-60	188	18	934	167	64,4
60-80	188	10	755	110	41,9
80-100	124	12	336	86	38,9
"junge" Böden (Rebanlagen nach 1945 angelegt)					
0-20	25	26	114	70	12
20-40	25	20	92	46	--
40-60	25	12	76	34	--
60-80	25	12	101	38	8
80-100	24	8	92	38	--

Die hohe Toxizität der Cu^{2+} -Ionen für Wasserorganismen verlangt eine gesonderte Betrachtung der Einträge kupferhaltiger Mittel in Oberflächengewässer. Als Beispiel für die Abschätzung der Einträge von Kupfer wurde der Eintrag nach der Anwendung von „Funguran-OH 300 SC“ in Kartoffeln und Wein dargestellt (Tabelle 3). Die angegebenen Cu-Konzentrationen im Wasser beziehen sich auf das Gesamtkupfer. Der Anteil der wirksamen Cu^{2+} -Ionen ist dabei äußerst gering.

Tabelle 3: Geschätzte Konzentrationen an Kupferhydroxid und an Gesamtkupfer im Wasser nach einmaliger Anwendung von „Funguran – OH 300 SC“ in Kartoffeln und Wein in Anhängigkeit von der Entfernung zum Gewässer

Wein				Kartoffeln			
Abstand (m)	Drift %	$\text{Cu}(\text{OH})_2$ $\mu\text{g/l}$	Cu $\mu\text{g/l}$	Abstand (m)	Drift %	$\text{Cu}(\text{OH})_2$ $\mu\text{g/l}$	Cu $\mu\text{g/l}$
0*	100	307	199,9	0*	100	307	199,9
5	5,2	16,0	10,4	1	4	12,3	8,0
7,5	2,6	8,0	5,2	2	1,6	4,9	3,1
10	1,7	5,2	3,4	3	1	3,1	2,0
15	0,8	2,5	1,6	4	0,9	2,8	1,8
20	0,4	1,2	0,8	5	0,6	1,8	1,2
30	0,2	0,6	0,4	10	0,4	1,2	0,8
				20	0,1	0,3	0,2
* Overspray				* Overspray			

Wirkstoff: Kupferhydroxid 460,6 g/l, (300 g Cu/l)
Anwendung: gegen Kraut- und Knollenfäule in Kartoffeln 2,0 l/ha, 2 Anwendungen
gegen Rebenperonospora im Wein 0,1 %, 2 Anwendungen

Die Cu^{2+} -Ionen werden aus dem Wasser rasch eliminiert. Das zeigt eine Untersuchung, die in einem Wasserreservoir in Florida durchgeführt wurde. Die Ergebnisse belegen, daß unmittelbar nach der Anwendung von Kupfersulfat die Konzentration der Cu^{2+} -Ionen im Wasser unterhalb der Nachweisgrenze abgesunken ist:

- Die Konzentration der Cu^{2+} -Ionen im Wasser und im Porenwasser direkt nach der Anwendung lag unterhalb der Nachweisgrenze von $<0,006 \text{ mg/l}$ ($6 \mu\text{g/l}$).
- Die Konzentration an Gesamtkupfer im Wasser war
 - vor der Anwendung: $<0,012 \text{ mg/l}$,
 - direkt nach der Applikation: $0,28 \text{ mg/l}$,
 - einen Tag nach der Anwendung: $0,15 \text{ mg/l}$,
 - nach 31 Tagen: unterhalb der Nachweisgrenze.
- Gesamtkupfer im Porenwasser zwischen $<0,012 \text{ mg/l}$ und $0,11 \text{ mg/l}$.
- Im Sediment 250 mg Gesamtkupfer/kg.
Da die Sedimente seit langem mit Kupfer behandelt wurden, sind die Neueinträge durch das bereits in den Sedimenten vorhandene Kupfer „maskiert“.

Entsprechend den Einträgen in Oberflächenwasser werden die Cu-Konzentrationen im Sediment berechnet. Die Hochrechnungen für die Kupfergehalte im Sediment sind in der Tabelle 4 dargestellt. Auch bei dieser Darstellung ist es wichtig zu beachten, daß es sich hierbei nicht um die Konzentrationen der toxischen Cu^{2+} -Ionen, sondern um das Gesamtkupfer handelt.

Tabelle 4: Konzentration an Gesamtkupfer im Sediment nach der Anwendung von „Funguran – OH 300 SC“ (Tiefe der Sedimentschicht 5 cm, Dichte des Sediments $1,5 \text{ g/cm}^3$)

Wein			Kartoffeln		
Abstand (m)	Drift %	Cu Mg/kg	Abstand (m)	Drift %	Cu $\mu\text{g/l}$
5	5,2	0,042	1	4	0,32
7,5	2,6	0,021	2	1,6	0,013
10	1,7	0,014	3	1	0,008
15	0,8	0,006	4	0,9	0,0072
20	0,4	0,003	5	0,6	0,0048
30	0,2	0,0015	10	0,4	0,0032
			20	0,1	0,0008

Aus den dargestellten Ergebnissen läßt sich zusammenfassen:

- Kupfer wird im Boden, Wasser und Sediment nicht abgebaut.
- Kupfereinträge führen zur Akkumulation.
- Kupfer wird leichter sorbiert als alle anderen Metalle und von der organischen Substanz am stärksten komplex gebunden.
- Die biologisch wirksamen Cu^{2+} -Ionen werden aus dem Wasser und aus der Bodenlösung durch Sorption und Komplexbildung rasch eliminiert.

Auswirkungen von Kupfer auf die terrestrische Flora und Fauna

Dr. Christine Kula

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik, Fachgruppe Biologische Mittelprüfung, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

Einleitung

Kupferhaltige Pflanzenschutzmittel werden in der Landwirtschaft seit dem Ende des vergangenen Jahrhunderts eingesetzt. Da Kupfer im Boden nicht abbaut, kommt es nach langjähriger Anwendung zu einer Anreicherung im Boden (siehe auch Beitrag von R. KLOSKOWSKI in diesem Band). Die Auswirkungen der Anwendung von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln auf terrestrische Organismen werden im folgenden anhand einiger Beispiele dargestellt. Auf Informationen aus anderen Quellen von Kupferbelastung von Böden wie z. B. durch schwermetallhaltigen Klärschlamm oder durch kupferhaltigen Schweinemist wird hier nicht eingegangen. Die Angaben in den Abbildungen beziehen sich stets auf Cu, nicht auf formulierte Pflanzenschutzmittel.

Auswirkungen

Im SECOFASE-Projekt der EU (LOKKE & VAN GESTEL 1998) wurde im Rahmen der Testmethodenentwicklung für verschiedene Bodenorganismen Kupferchlorid als Prüfsubstanz eingesetzt (siehe Abb. 1 und 2). Die Versuche wurden in der Regel in LUFA-Boden und in künstlichem Boden (artificial soil) durchgeführt. Die Substanz wurde gleichmäßig in den Boden eingemischt. In den meisten Fällen war die akute Toxizität nicht hoch.

Für Regenwürmer liegen aus verschiedene Quellen detaillierte Informationen vor (Abb. 3, z. B. MA 1984). Effekte auf die Reproduktion wurden ab ca. 80 mg Cu/kg festgestellt, während bei der Art *Octolasion cyaneum* ab ca. 40 mg Cu/kg Repellenteffekte auftraten. Der Streuabbau war ab 150 mg/kg beeinträchtigt.

Ergebnisse zu den Auswirkungen auf Regenwürmer im Freiland sind in Abb. 4 zusammengefaßt (SCHWAB 1987; NIKLAS 1980; NIKLAS & KENNEL 1978, 1981; WITTASSEK 1987; SCHRUFFT et al. 1982; KÜHLE 1986).

In Hopfengärten fand FILSER (1991) unterschiedliche Arten- und Individuenzahlen in Abhängigkeit von den Kupfergehalten der Böden (Abb. 5).

Bezüglich der Aufnahme von Kupfer existieren artspezifische Unterschiede bei Regenwürmern. Während die Art *Lumbricus rubellus* durch interne Steuer- und Regulationsmechanismen größere Kupfermengen ohne Schädigung aufnehmen kann, ist *Lumbricus terrestris* eine kupferempfindliche Art, die die Kupferaufnahme gering halten muß, da keine Regulationsfähigkeit gegeben ist. WITTASSEK (1987) geht für diese Art daher von einer Selektion von Phänotypen mit höherer Toleranz gegenüber Kupfer aus. Der Energieaufwand für die interne Regulation kann hoch sein und erklärt damit auch die Beeinträchtigung von Populationen von Bodentieren.

In verschiedenen Untersuchungen zur Anreicherung von Kupfer in Regenwürmern lagen die Konzentrationsfaktoren (Konzentration Wurm/Konzentration Boden) bei unter 1, das heißt, die Gehalte im Wurm sind niedriger als im umgebenden Boden. Mit steigendem Gehalt des Bodens an Kupfer sinkt in der Regel der Konzentrationsfaktor.

WITTASSEK (1987) ermittelte die Kupfergehalte in verschiedenen Kompartimenten eines Weinbergökosystems (Abb. 6). Sie fand keine Biomagnifikation mit ansteigender Konsumentenordnung. In jungen Pflanzen fand sie relativ niedrige Kupferwerte, in Regenwürmern gegenüber dem Bodengehalt wenig, und in Laufkäfern ebenfalls wenig erhöhte Gehalte. In Schnecken wurden erhöhte Kupfergehalte bei gleichzeitig hoher Variabilität gefunden, in Spinnen ebenfalls erhöhte und in Kellerasseln die relativ höchste Anreicherung.

Bei Vögeln und Säugetieren unterliegt Kupfer der Homöostase, das heißt, der Metabolismus kann sich an unterschiedliche Kupfergehalte in der Nahrung anpassen. Die Obergrenze des Toleranzbereichs ist artspezifisch. Schafe gelten als besonders empfindlich gegenüber Kupfer. Durch die Anwendung von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln kommt es zu einer vorübergehend erhöhten Kupferbelastung der Nahrung (Vegetation, Insekten). Bei den derzeit üblichen Dosierungen von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln ist von einem eher geringen Risiko von Vergiftungen auszugehen. Bezüglich eines möglichen Transfers in der Nahrungskette ist das Potential von Kupfer aufgrund effizienter Homöostase eher gering (HUNTER & JOHNSON, 1982)

Für Pflanzen ist Kupfer essentiell, der Gehalt im Boden sollte nicht geringer als 5 mg/kg sein. KUNISCH & HURLE (1984) ermittelten EC50-Werte von Kupfer als Kupferoxychlorid für verschiedene Nutzpflanzenarten (Abb. 7). Sie fanden in der Regel eine unverminderte Auflaufrate, jedoch ein vermindertes Wachstum und Chlorosen bei höheren Konzentrationen von Kupfer. In Weinbergen fanden sie keine Schäden an Wein, dafür aber zum Beispiel an Gründüngungspflanzen. BACHTHALER & STRITESKY (1973) fanden nach 50 Jahren Hopfenanbau bei 388 mg Cu/kg Boden keine Mindererträge bei Rotklee und Buschbohnen, jedoch zum Beispiel bei Kartoffeln und Zuckerrüben.

Risikoabschätzung

Zur Risikoabschätzung werden gemäß den Vorgaben der Richtlinie 91/414/EWG in einem ersten Schritt Angaben zur Toxizität zu ermittelten Expositionsdaten in Beziehung gesetzt (TER, siehe Abb. 8). Das Verhältnis „TER shortterm“ bezieht sich hierbei auf den Vergleich der LC50 aus dem Kurzzeittest mit der zu erwartenden Bodenkonzentration nach der letzten Anwendung, das Verhältnis „TER longterm“ auf den Vergleich der NOEC aus dem Reproduktionstest mit der zu erwartenden Bodenkonzentration nach der letzten Anwendung.

Abbildung 9 enthält einige Beispiele für die nach Modellannahmen geschätzten PEC-Werte im Hopfen für sechs Anwendungen in einem Jahr und für die tatsächlich nach langjähriger Anwendung gemessenen Konzentrationen (siehe Beitrag von R. KLOSKOWSKI in diesem Band). Das Verhältnis von Toxizität zu Exposition liegt insbesondere für die nach langjähriger Anwendung gefundenen Konzentrationen unterhalb der vorgegebenen Trigger und zeigt damit ein hohes Risiko an.

Befunde aus dem Freiland nach langjähriger Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel bestätigen dieses hohe Risiko. Eine hohe Standortabhängigkeit für die Ausprägung dieser Effekte ist jedoch gegeben, da zum Beispiel auch der pH-Wert des Bodens einen Einfluß auf die Kupferauswirkung hat. So sind zum Beispiel Regenwurmpopulationen auf biologisch bewirtschafteten Flächen, die insgesamt günstigere Bedingungen für Bodenorganismen aufweisen, offensichtlich weniger stark beeinträchtigt (z.B. SCHRUF et al. 1982, siehe Abb. 4).

Risikominimierung

Kupfer stellt bei langjähriger Anwendung ein Risiko insbesondere für Bodenlebewesen dar. Offensichtlich prägen sich die Effekte weniger stark aus, wenn die Standortbedingungen für die Bodenfauna günstig gehalten werden. Hierzu zählen Begrünung, schonende Bodenbearbeitung und möglichst wenig chemischer Pflanzenschutz (siehe Abb. 10).

Aufgrund des hohen Risikos sollte so wenig Kupfer wie möglich ausgebracht werden. Dabei sind folgende Maßnahmen für eine Minimierung denkbar:

- Reduzierte Anzahl von Anwendungen
- Recyclinggeräte
- Keine jährliche Anwendung

Aufgrund der hohen Standortabhängigkeit der Ausprägung von Effekten ist eine Risikobetrachtung für einzelne Flächen oder Regionen wünschenswert.

Literatur

- BACHTHALER, G.; STRITESKY, E. (1973): Wachstumsuntersuchungen an Kulturpflanzen auf einem mit Kupfer übersorgten Mineralboden. Bayer. Landw. Jb. 50: 73-81.
- FILSER, J. (1991): Dynamik der Collembolengesellschaften als Indikatoren für bewirtschaftungsbedingte Bodenbelastungen – Hopfenböden als Beispiel. Diss. München.
- HUNTER, B.A.; JOHNSON, M. S. (1982): Food chain relationships of copper and cadmium in contaminated grassland ecosystems. OIKOS 38: 108-117.
- LOKKE, H.; VAN GESTEL, C. A. M. (eds.)(1998): Handbook of soil invertebrate toxicity tests. John Wiley & Sons.
- KÜHLE, J. (1986): Modelluntersuchungen zur strukturellen und ökotoxikologischen Belastung von Regenwürmern in den Weinbergen Mitteleuropas. Diss. Bonn.
- KUNISCH, M.; HURLE, K. (1986): Kupfergehalte in Weinbergböden: Konsequenzen für das Pflanzenwachstum. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, XIV, 97-102.
- MA, W. (1984): Sublethal toxic effects of copper on growth, reproduction and litter breakdown activity in the earthworm *Lumbricus rubellus*, with observations on the influence of temperature and soil pH. Environmental Pollution (series A) 33, 207-219.
- NIKLAS, J. (1980): Zur Wirkung von Pestiziden, insbesondere Benzimidazolen auf Regenwürmer und andere Bodentiere in Obstanlagen. Diss. Hohenheim.
- NIKLAS, J.; KENNEL, W. (1978): Lumbricidenpopulationen in Obstanlagen der Bundesrepublik Deutschland und ihr Beeinflussung durch Fungizide auf Basis von Kupferverbindungen und Benzimidazolderivaten. Zeitschr. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 85 (12), 705-713.
- NIKLAS, J.; KENNEL, W. (1981): The role of earthworms, *Lumbricus terrestris* (L.) in removing sources of phytopathogenic fungi in orchards. – Gartenbauwissenschaften 46, 138-142.
- SCHRUF, G.; ULSHÖFER, W.; WEGNER, G. (1982): Faunistisch-ökologische Untersuchungen von Regenwürmern (Lumbricidae) in Rebanlagen. Die Weinwissenschaft, 1, 11-35.
- SCHWAB, H. (1987): Einfluß der Humuswirtschaft und der Schwermetallgehalte des Bodens auf Größe und artliche Zusammensetzung von Regenwurmpopulationen in Keuper-Weinbergen im Raum Stuttgart. Die Weinwirtschaft 42, 86-101.
- WITTASSEK, R. (1987): Untersuchungen zur Verteilung des Kupfers in Boden, Vegetation und Bodenfauna eines Weinbergökosystems. Diss. Bonn.

Abb. 1

Auswirkungen von Kupfer auf Bodenorganismen (SECOFASE, Laborversuche in LUFA-Boden)

bba

Regenwürmer (Lumbricidae):

Eisenia fetida:

Mortalität: LC50 453 mg/kg

Reproduktion: NOEC 32 mg/kg

Springschwänze (Collembola):

Folsomia fimetaria:

Mortalität: LC50 > 1000 mg/kg (juvenile)

Reproduktion: NOEC < 200 mg/kg

Milben (Oribatidae):

Platynothrus peltifer:

Mortalität: LC50 242-315 mg/kg

Reproduktion: NOEC 63 mg/kg

Kurzflügelkäfer (Staphylinidae):

Philonthus cognatus:

Mortalität: LC50 641 mg/kg

Abb. 2

Auswirkungen von Kupfer auf Bodenorganismen (SECOFASE, Laborversuche in LUFA-Boden)

bba

Asseln (Isopoda):

Porcellio scaber:

Mortalität: LC50 3755 mg/kg (Adulte, Boden)

LC50 2851 mg/kg (frisch geschlüpfte, Boden)

LC50 1117 mg/kg (Adulte, Futter)

Wachstum: NOEC 500 mg/kg (Boden)

Futteraufnahme: NOEC 100 mg/kg (Futter)

Hundertfüßer (Centipeda):

Lithobius mutabilis:

Mortalität: LC50 > 640 mg/kg (Futter und Boden)

(Konz. im Tier geringer als in der Nahrung)

Tausendfüßer (Millipeda):

Brachydesmus superus:

Mortalität: LC50 1149 mg/kg (Boden)

LC50 1046 mg/kg (Boden und Futter)

Nematoden (bacterivore Arten), art. soil:

Plectus acuminatus:

Mortalität: LC50 40 - 100 mg/kg

Heterocephalobus pauciannulatus:

Mortalität: LC50 100 - 550 mg/kg

Abb. 3

Wirkung auf Regenwürmer In Laborversuchen

bba

Allgemein: Lösliche Kupfersalze toxischer als organisch gebundene Form, bei niedrigem pH Effekte relativ stärker, Effekte bei niedrigen Temperaturen relativ stärker

Akute Wirkung (E. fetida, artificial soil):

LC50 > 350 mg/kg

Reproduktion (verschiedene Arten):

ab 80-100 mg/kg Effekt

Streuabbau (einheimische Arten):

ab 150 mg/kg Effekt

Repellenteffekt (Octolasion cyaneum):

ab 40 mg/kg Effekt

Abb. 4

Wirkung auf Regenwürmer im Freiland

bba

Schwab, 1987:

Auf 16 Rebflächen wirkten sich Kupfergehalte von über 100 mg/kg auf Größe und/oder artliche Zusammensetzung von Regenwurmpopulationen aus.

Niklas und Kennel, 1978, 1980, 1981:

In mehreren Obstbaugebieten Auswirkungen von Kupfer auf Regenwürmer, insbesondere Lumbricus terrestris; erhöhter Fallaubanteil gefunden.

Wittassek, 1987:

In stark kupferbelasteten Böden alter Rebanlagen zunächst nur A. chlorotica (zusätzlich jedoch auch andere weniger günstige Faktoren).

Schruff et al., 1982:

Auch in alternativ bewirtschafteten Weinbaubetrieben mit Kupfereinsatz sind Regenwurmpopulationen vorhanden (offensichtlich hohe Standortabhängigkeit).

Kühle, 1986:

Auch in Böden mit erhöhten Kupferkonzentrationen kommen Regenwürmer vor.



Abb. 5

Collembolen in Hopfen (Filser, 1991)

bba

4 Flächen mit 200 bis 300 mg Cu/kg,
1 Fläche mit < 100 mg Cu/kg (diese mit
insgesamt günstigen Bedingungen für
das Bodenleben):

- 32 Arten
- Individuenzahl der Collembolen auf weniger belasteter Fläche deutlich höher
- einige gegenüber intensiver Bewirtschaftung empfindliche Arten wurden gar nicht oder nur in der weniger belasteten Hopfenfläche gefunden
- kein signifikanter Einfluß der Mesofauna auf den Streuabbau (Hopfenblätter, diese enthielten 800 mg/kg Kupfer, Abbau 50 % in 5 Monaten)



Abb. 7

Auswirkungen von Kupfer auf Pflanzen

bba

Kupfer ist essentiell, Gehalt im Boden sollte nicht < 5 mg/kg sein

Kunisch & Hurle, 1984:

EC50	Phacelia 676 mg/kg
	Senf 702 mg/kg
	Weidelgras 1133 mg/kg
	Lupine 1246 mg/kg
	Ölrettich 2268 mg/kg
	Sommergerste > 5000 mg/kg

- Auflauftrate unvermindert, Wachstum vermindert, Chlorosen bei höheren Konzentrationen
- keine Schäden an Wein, aber z.B. an Gründüngungspflanzen

Bachthaler & Stritesky, 1973:

50 Jahre Hopfenanbau, 388 mg/kg, keine Mindererträge bei Rotklee und Buschbohnen, aber bei z.B. Kartoffeln und Zuckerrüben



Abb. 6

Kupfergehalte in Organismen (Wittassek, 1987)

bba

- keine Biomagnifikation mit ansteigender Konsumentenordnung

Kupfergehalte:

Vegetation: niedrig (junge Pflanzen)

Regenwürmer: wenig erhöht (artabhängig)

Schnecken: erhöht (hohe Variabilität)

Kellerasseln: relativ höchste Anreicherung

Laufkäfer: wenig erhöht (artabhängig)

Spinnen: insgesamt erhöht



Abb. 8

Prinzip der Risikoabschätzung

bba

TER = Toxicity Exposure Ratio
(Toxizität/Exposition)

Toxizität: LC50 (Lethal Conc. for 50%)
aus Akuttest (14 Tage)

NOEC (No Observed Effect Conc.)
aus Reproduktionstest (56 Tage)

Exposition: PEC

(Predicted Environmental Concentration)

Trigger (Anhang VI) : Risiko, wenn

TER shortterm < 10

TER longterm < 5



Abb. 9

Risikoabschätzung: Beispiel Hopfen

bba

Anwendung:

1 %, 1100-4000 l Wasser, 6 x, 30 % erreichen den Boden

Für PEC (5 cm) 10 - 36 mg/kg (Bezug 1 Ja

TER shortterm = 13 - 45

TER longterm = 0.9 - 3.2

Für gefundene Konzentration 20-60 mg/kg

TER shortterm = 8 - 23

TER longterm = 0.5 - 1.6

Für gefundene Konzentration 250 mg/kg:

TER shortterm = 2

TER longterm = 0.13



Abb. 10

Kupfer: Risikominimierung

bba

- So wenig Kupfer, wie möglich
 - Reduzierte Anzahl Anwendungen
 - Recyclinggeräte
 - nicht jährlich anwenden

- Standortbedingungen für Bodenfauna günstig halten
 - Begrünung
 - schonende Bodenbearbeitung
 - wenig chemischer Pflanzenschutz

Prüfung der Auswirkungen von Kupfer auf Wasserorganismen

Rüdiger Spangenberg

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik, Fachgruppe Biologische Mittelprüfung, Außenstelle Kleinmachnow, Stahnsdorfer Damm 81, 15432 Kleinmachnow

Einführung

Kupfersalze gehören zu den ältesten Pflanzenschutzmitteln und werden insbesondere im Weinbau seit mehr als 100 Jahren eingesetzt. Gegenwärtig ist bei der Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im konventionellen Anbau eine abnehmende Tendenz erkennbar, jedoch bestehen im ökologischen Landbau aus grundsätzlichen Erwägungen gegenwärtig noch keine ausreichend wirksamen Alternativen. Der Einsatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel ist in den letzten vier Jahren auf deutlich unter 300 t/Jahr Kupfer gesunken.

Der Anteil kupferhaltiger Wirkstoffe an der auf dem Inlandsmarkt umgesetzten Gesamtmenge an Wirkstoffen beträgt ca. 3 %. Bezogen auf die Fungizide haben kupferhaltige Wirkstoffe einen Anteil von weniger als 5 %. Der Trend der langjährigen Abgabe kupferhaltiger Wirkstoffe zeigt eine deutliche und andauernde Verringerung um > 30 % (Tab. 1).

Tabelle 1: Relative Abgabe kupferhaltiger Wirkstoffe in Deutschland (in % Cu)

1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
100	106	118	88	98	153	108	57	57	61	65

Die Risikobewertung der zur Bewertung bzw. Überprüfung anstehenden Zulassungsanträge bzw. Änderungsanträge kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel weist darauf hin, daß bei zahlreichen Anwendungen bzw. Mitteln auch bei bestimmungsgemäßer und sachgerechter Anwendung unter Beachtung von Risikominderungsmaßnahmen das Risiko für Wasserorganismen aus der Sicht des vorbeugenden Gewässerschutzes unverträglich hoch ist, so daß die Zulassungsvoraussetzungen gem. § 15 Abs. 1 Nr. 3 e in Verbindung mit Abs. 3 Nr. 2 PflSchG nicht mehr bestehen.

Die Zielstellung des nachfolgend zusammengefaßten Vortrages anläßlich des Fachgesprächs „Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze“ bestand darin, die Risiken bei der Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel für aquatische Biozönosen aufzuzeigen und deren Vertretbarkeit im Zusammenhang mit Risikominderungsmaßnahmen zu diskutieren.

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 Wasserorganismen wird hauptsächlich vom Anteil der gelösten, bioverfügbaren Kupferionen (Cu^{2+} , CuOH^+ , Cu_2OH_2^+) bestimmt (17). 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 (36, 17, 26).

Die in der Literatur vorhandenen sehr zahlreichen Angaben aus Labor- und Freilanduntersuchungen zur Toxizität von Kupfer für Wasserorganismen aus unterschiedlichen taxonomischen Gruppen schwanken aufgrund der Komplexität der die Bioverfügbarkeit bestimmenden Faktoren im Bereich von bis zu zwei Zehnerpotenzen. Die geringsten akuten und chronischen Toxizitätswerte (LC/EC₅₀; NOEC) von Kupfer für Wasserorganismen (Fische, Invertebraten, Algen) betragen 0,019 mg/l für *Oncorhynchus mykiss*, 0,01 mg/l für *Daphnia magna* und 0,079 mg/l für *Chlamydomonas reinhardtii* bzw. 0,0034 mg/l für *Salvelinus fontinalis*, 0,005 mg/l für *Daphnia pulex* und 0,004 mg/l für *Vaucheria terrestris* (Tab. 2; nach 17, ZU, DU bzw. 30, 18, 14).

Weitere Literaturergebnisse aus Laboruntersuchungen zur Hemmung der Zellvermehrung von Algen (*Microcystis flos-aquae*) durch Kupfer mit minimalen 6-d EC₁₀-Werten von 0,0002 mg/l sind nicht auf natürliche Bedingungen übertragbar, da diese Konzentrationen bereits den unteren Bereich der natürlichen Hintergrundkonzentration erreichen und damit als Problem der Besiedelung eines geeigneten Lebensraumes in bezug auf die Toleranz gegenüber Kupfer anzusehen sind.

Zur Hemmung von Algenmassenentwicklungen unter natürlichen Bedingungen aus wasserwirtschaftlichen Erwägungen werden für 36 relevante Arten aus sieben taxonomischen Gruppen Kupferkonzentrationen von 0,066 – 5,5 mg/l empfohlen (21).

Die Biokonzentration von Kupfer in Wasserorganismen ist unterschiedlich ausgeprägt. Als maximale Anreicherungsfaktoren (AF) sind folgende Werte angegeben:

- Makrophyten	54000
- Algen, Anneliden, Mollusken	23000
- Insektenlarven	14000
- Krustaceen	6000
- Fische	450

Hinweise für eine Anreicherung in der Nahrungskette (Biomagnifikation) können aus diesen Werten nicht abgeleitet werden. Für Fische, die als Lebensmittel in den Verkehr gebracht werden liegen keine Richt- oder Grenzwerte für Kupferrückstände vor.

Expositionsabschätzung

Kupfer ist ein weit verbreitetes Element und kommt in der Natur als Erz in verschiedenen Verbindungen vor. In der Erdkruste ist Kupfer in einer Konzentration von 55 mg/kg und in verschiedenen Gesteinen von 10 – 87 mg/kg enthalten. Der Gehalt in unbelasteten Böden beträgt 20 – 30 mg/kg (38).

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. Enzymhemmungen (10).

Das Vorkommen von Kupfer in der Umwelt ist abgesehen von der natürlichen Auswaschung aus kupferhaltigen Gesteinen bzw. Böden hauptsächlich ein anthropogenes Problem aufgrund der Kupfergewinnung aus Lagerstätten (Anreicherung) und nachfolgender ubiquitärer Verteilung in der Umwelt (Verdünnung). Kupfer wird hauptsächlich in der Elektrotechnik, im Rohrleitungsbau (Wasserleitung) sowie als Dachbelag und zur Regenwasserableitung aber auch als Biozid in Anti-fouling-Farben (Schiffsanstrich) sowie als Fungizid in Pflanzenschutzmitteln verwendet.

Tabelle 2: Kupfer - Zusammenstellung ausgewählter Toxizitätswerte für Wasserorganismen

Spezies	Dauer	NOEC mg/l	LOEC mg/l	EC/LC50 mg/l	pH-Wert	Härte mg/l CaCO ₃	Literatur
Fische, akut							
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96 h	-	-	0,019	5	30	17
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96 h	-	-	0,028	6	31	17
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96 h	-	-	0,040	6	101	17
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96 h	-	-	0,082	6	371	17
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96 h	-	-	0,298	7	361	17
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96 h	-	-	0,309	8	360	17
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96 h	-	-	0,520	9	360	17
<i>Rasbora daniconius n.</i>	96 h	-	-	0,203	-	-	8
<i>Salvelinus fontinalis</i>	96 h	-	-	0,100	7,5 – 9,5	45	23
<i>Mystus bleekeri</i>	96 h	-	-	0,850	-	-	11
<i>Lepomis macrochirus</i>	96 h	-	-	1,100	7 – 8	45	3
Fische, chronisch							
<i>Salvelinus fontinalis</i>	9 w	0,0034	-	-	-	38	30
<i>Salvelinus fontinalis</i>	9 w	0,0050	-	-	-	187	30
<i>Salvelinus fontinalis</i>	22 m	0,0034	>0,0174	-	7,5 – 9,5	45	23
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	7 w	0,0110	-	-	-	44 – 50	24
<i>Pimephales promelas</i>	11 m	0,0110	-	-	-	31	27
<i>Esox lucius</i>	6 w	0,0350	-	-	-	44 – 50	24
<i>Cyprinus carpio</i>	3 m	0,0500	-	-	-	11	28
Wirbellose, akut							
<i>Daphnia magna</i>	48 h	-	-	0,010	-	-	DB-BBA
<i>Daphnia magna</i>	48 h	-	-	0,060	7,7	45	4
<i>Viviparus bengalensis</i>	96 h	-	-	0,088	-	-	12
<i>Homarus americanus</i>	96 h	-	-	0,100	-	-	25
<i>Chironomus tentans</i>	96 h	-	-	0,298	-	71	29
Wirbellose, chronisch							
<i>Daphnia pulex</i>	10 w	0,005	-	-	-	106	18
<i>Clistorina magnifica</i>	8 m	0,008	-	-	-	26	29
<i>Gammarus pseudolimn.</i>	15 w	0,008	-	-	-	35 – 55	2
<i>Gammarus pulex</i>	100 d	0,011	0,0146	-	7,5	410	22
<i>Hyalella azteca</i>	10 d	-	-	0,720	-	34 – 65	7
<i>Hyalella azteca</i>	10 d	-	-	1.078,0*	-	34 – 65	7
<i>Daphnia magna</i>	21 d	0,022	-	-	7,7	45	4
<i>Chironomus tentans</i>	21 d	0,034	-	-	-	36	29
<i>Chironomus tentans</i>	10 d	-	-	857,0*	-	34 – 65	7
Algen							
<i>Microcystis flos-aquae</i>	6 d	-	0,0002	-	-	-	34
Phytoplankton (Seewasser)	10 d	0,005	-	-	-	115	15
<i>Chlamydomonas reinh.</i>	72 h	0,005	-	0,079	-	-	DB-UBA
<i>Chlorella vulgaris</i>	72 h	0,080	-	-	-	85	5
<i>Selenastrum capricorn.</i>	96 h	0,100	-	-	-	85	5
Mikrokosmos							
(Periphyton, Zooplankton, Makroinvertebraten)							
<i>Vaucheria</i> (Makroalge)	210 d	0,004	-	-	-	-	14

h: Stunde d: Tag w: Woche m: Monat DB-BBA: BBA-Datenbank DB-UBA: UBA-Datenbank *: mg/kg TS

Als wesentliche Umweltbelastungen werden Freisetzungen von Kupfer durch Staub-Emissionen beim Kupfer-Tagebau sowie durch Laugungsprozesse, insbesondere durch mikrobielle Freisetzung (Bioleaching durch *Thiobacillus spec.*) aus Abraumhalden angesehen (10). Häusliches Abwasser enthält aus diffusen Quellen bereits 0,01 – 1 mg/l Cu, so daß die Verbringung (Entsorgung) der Klärschlämme aus den Wasserreinigungsanlagen als weitere relevante Emissionsquelle anzusehen ist. Die Gesamtfracht aus diffusen Quellen im Regenabfluß von 1 ha normal bebautem städtischem Gebiet wird mit 104,4 g/Jahr Cu angegeben (38).

Die natürliche Hintergrundkonzentration von Kupfer in geogen und anthropogen unbelasteten Wasser beträgt 0,0005 – 0,002 mg/l (6). In deutschen Flüssen und Seen wurden Kupferkonzentrationen von 0,0003 – 0,011 mg/l festgestellt (35, 6, 37). Als Zielvorgabe für Kupfer zum Schutz von Oberflächengewässern wird auf der Basis der vierfachen mittleren natürlichen Hintergrundkonzentration ein Wert von 0,004 mg/l Cu von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser empfohlen (34). Als Qualitätsziel für niederländische Gewässer wird ein Richtwert von 0,01 mg/l Cu gefordert (19). Eine Übersicht über Kupfereinträge aus diffusen Quellen bzw. Gehalte in Oberflächengewässern und Trinkwasser ist in der Tabelle 3 enthalten.

Tabelle 3: Kupfer – Umweltdaten

Kompartiment	Konzentration (mg/l)	Literatur
Wasser (geogen u. anthropogen unbelastet)	0,0005 – 0,002	6
Meerwasser	0,0002 – 0,003	13
Flußwasser	0,002	13
Bodensee	0,0003 – 0,0008	35
Rhein (max. Werte 1991 – 1995)	0,004 – 0,01	6
Elbe (1991)	0,002 – 0,011	37
Atmosphärischer Eintrag	7,1 mg/m ² /a	35
* PSM-Modellgewässer (1 m ² ; 30 cm; 300 l)	0,024	-
Staub-Deposition	0,4 – 11 mg/m ² /a	13
* PSM-Modellgewässer (1 m ² ; 30 cm; 300 l)	0,0013 – 0,036	-
Dachabfluß (keine Metallflächen)	0,035	10
Straßenabfluß (1 ha urbaner Einzugsbereich)	0,108	10
Häusliches Abwasser (BRD)	0,01 – 1,0	38
Trinkwasser (WHO, EWG, DE: Richtwert)	3	10
Trinkwasser (Meßwerte in Bayern)	0,1 – 1,9	10
Natürliches Wasser	0,344	38
LAWA Zielvorgabe Oberflächenwasser (vierfache mittl. natürl. Hintergrundkonz.)	0,004	34

* Umrechnung des Eintrages auf das Modellgewässer, das zur Risikobewertung von Pflanzenschutzmitteln verwendet wird.

In Oberflächengewässern wird Kupfer rasch aus der Wasserphase durch Sorption und Komplexbildung eliminiert. Als wichtigster Eliminationsmechanismus wird die Sedimentation angesehen (35). Die Remobilisierung von bioverfügbarem Kupfer aus angereicherten Sedimenten ist gering (35, 31, 16). Dadurch führen wiederholte Anwendungen nicht zu einer Erhöhung der Konzentration von gelöstem Kupfer in der Wasserphase.

Bei der bestimmungsgemäßen und sachgerechten Anwendung von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln werden in an die Behandlungsfläche angrenzenden Oberflächengewässern unter Beachtung maximaler Abstandsaufgaben abtriftbedingte Expositionen (predicted environmental concentrations, PEC) entsprechend den beantragten Aufwandmengen und bei einmaliger Anwendung im Ackerbau bei 20 m Abstand von 0,000096 – 0,000641 mg/l Cu, im Weinbau bei 30 m Abstand 0,000192 – 0,00153 mg/l Cu, im Obstbau bei 50 m Abstand 0,000135 – 0,0023 mg/l Cu und im Hopfenbau bei 50 m Abstand 0,0055 mg/l Cu berechnet. Bei der Anwendung mit verlustmindernden Geräten verringern sich diese Werte um den Faktor 10 im Weinbau, 2 im Obstbau sowie 15 im Hopfenbau. Die berechneten detaillierten PEC-Werte sind in den Tabellen 6 und 7 enthalten.

Die berechneten Expositionswerte liegen im Bereich der natürlichen Hintergrundkonzentration und überschreiten die Zielvorgabe von Kupfer (0,004 mg/l Cu) für Oberflächengewässer nur bei der Anwendung im Hopfenbau mit 0,0055 mg/l Cu geringfügig.

Risikobewertung

Aufgrund der im Anhang VI der Richtlinie 91/414/EWG in den „Einheitlichen Grundsätzen“ vorgegebenen Grundsätze für die Bewertung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln und nach deren Umsetzung in nationales Recht durch das novellierte Pflanzenschutzgesetz in der ab dem 1. Juli 1998 geltenden Fassung 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 Wasserorganismen 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 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 erreicht (9).

Für die beantragten Anwendungsbereiche und Aufwandmengen weisen die berechneten TER-Werte auf ein sehr hohes akutes und chronisches Risiko für Wasserorganismen hin (Tab. 6, 7). Die gemäß Anhang VI für ein vertretbares akutes und chronisches Risiko grundsätzlich einzuhaltenen TER-Richtwerte von 100 bzw. 10 werden lediglich im **Ackerbau** bei 20 m Abstand mit einem Flächenaufwand von **145 g/ha** Cu, im **Weinbau** bei 15 m Abstand und Anwendung mit verlustmindernden Geräten bei einem Flächenaufwand von **290 g/ha** Cu bzw. bei 30 m Abstand und Anwendung mit verlustmindernden Geräten bei einem Flächenaufwand von **600 g/ha** Cu sowie im **Obstbau** bei 20 m Abstand und Anwendung mit verlustmindernden Geräten bei einem Flächenaufwand von **202 g/ha** Cu erreicht.

Erbringt eine geeignete Risikoabschätzung den praktischen Beweis, daß bei der Anwendung eines Pflanzenschutzmittels unter den vorgeschlagenen Bedingungen keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Lebensfähigkeit der direkt und indirekt (Räuber) exponierten Arten eintreten, ist eine Zulassung auch dann möglich, wenn die Richtwerte gemäß Anhang VI der Richtlinie 91/414/EWG nicht erreicht werden (9).

Die Unsicherheit bei der Bewertung des Risikos von Kupfereinträgen für Wasserorganismen ist aufgrund der Toxizitätsangaben für zahlreiche Arten aus unterschiedlichen taxonomischen Gruppen und aus Multispezies-Freilandversuchen wesentlich verringert.

Aufgrund der Tatsache, daß die berechneten Expositionskonzentrationen (PEC) für Kupfer vorwiegend im Bereich der natürlichen Hintergrundkonzentrationen von geogen und anthropogen unbelasteten Wasser liegen, ist das Risiko für Wasserorganismen unter Verwendung zusätzlicher Sicherheitsfaktoren von 100 bzw. 10 gemäß Anhang VI der Richtlinie 91/414/EWG erheblich überbewertet und kann fachlich nicht begründet werden (Tab. 6, 7, 4).

Grundlage einer realistischeren Risikobewertung sollte deshalb die von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zum vorbeugenden Schutz von Oberflächengewässern vorgeschlagene **Zielvorgabe von 0,004 mg/l Cu** sein (Tab. 3, 4).

Tabelle 4: Berechnete vertretbare Exposition auf der Basis des empfindlichsten akuten und chronischen Toxizitätswertes und der TER-Richtwerte gemäß Anhang VI

Zulassungskriterium	Exposition (mg/l)
Akutes Risiko	
<u>Laborwert</u>	
LC50 (0,01): TERa (100) = Exposition	0,0001
Chronisches Risiko	
<u>Laborwert</u>	
NOEC (0,003): TERchr. (10) = Exposition	0,0003
<u>Mikrokosmos</u>	
NOEC (0,004): TERchr. (<10) = Exposition	> 0,0004
LAWA-Zielvorgabe	
ZV (0,004): TERchr. (1) = Exposition	0,004

LAWA: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser

Diese anspruchsvolle Zielvorgabe wird für alle beantragten Aufwandmengen und Anwendungsgebiete in der konventionellen Landwirtschaft und im ökologischen Anbau in Verbindung mit Risikominderungsmaßnahmen eingehalten, so daß bei der bestimmungsgemäßen und sachgerechten Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel unververtretbaren Auswirkungen auf die aquatische Biozönose nicht zu befürchten sind (Tab. 5, 6, 7).

Tabelle 5: Zulassungsfähige Aufwandmenge auf der Basis der LAWA-Zielvorgabe von 0,004 mg/l Cu unter Berücksichtigung maximaler Abstandsauflagen

Ackerbau	Weinbau	Obstbau	Hopfen	
20 m	30 m	50 m	50 m	20 m REC
12000 g/ha	6000 g/ha	6000 g/ha	4000 g/ha	6000 g/ha

REC: Anwendung mit verlustmindernden Geräten

Tabelle 6: Bewertung des akuten Risikos (TERa) von Kupfer für Wasserorganismen bei einmaliger Anwendung in verschiedenen Anwendungsbereichen und unterschiedlichen Aufwandmengen

Abstand (m)	Drift (%)	PECi (mg/l)	TER: <i>O. mykiss</i> LC ₅₀ : 0,019 mg/l	TER: <i>D. magna</i> EC ₅₀ : 0,01 mg/l	TER: <i>Chl. reinhardi</i> EC ₅₀ : 0,079 mg/l
Ackerbau, 1842 g/ha Cu					
20	0,1	0,000614	31	16	128
Ackerbau, 600 g/ha Cu					
20	0,1	0,000200	95	50	395
Ackerbau, 145 g/ha Cu					
20	0,1	0,000096	198	104	823
Weinbau, 2302 g/ha Cu					
30	0,2	0,001535	2	3	2,6
50 REC	0,02	0,000153	20	30	26
Weinbau, 600g/ha Cu					
30	0,2	0,000400	47	25	197
30 REC	0,04	0,000040	238	125	198
Weinbau, 290 g/ha Cu					
30	0,2	0,000192	98	52	409
15 REC	0,1	0,000097	197	103	817
Obstbau, 3453 g/ha Cu					
50	0,2	0,002302	8	4	34
20 REC	0,12	0,001381	14	7	57
Obstbau, 202 g/ha Cu					
50	0,2	0,000135	141	74	585
20 REC	0,12	0,000081	235	124	987
Hopfen, 5525 g/ha Cu					
50	0,3	0,005525	3	2	14
20 REC	0,02	0,000100	190	100	790
Anhang VI Richtwerte			100	100	10

REC: Anwendung mit verlustmindernden Geräten

Eine Zunahme der endogenen Belastung aufgrund der Biokonzentrationsneigung von Kupfer ist bei den berechneten geringen Expositionskonzentrationen im Bereich der natürlichen Hintergrundkonzentration nicht zu erwarten, so daß sich das chronische Risiko nicht erhöht.

Auch für Sedimentorganismen (Amphipoden; Zuckmückenlarven) weisen die berechneten TER-Werte von > 1000, selbst im Falle einer Direktbehandlung (overspray), nicht auf ein Risiko durch sedimentgebundene Exposition hin (Tab. 8).

Tabelle 7: Bewertung des chronischen Risikos (TERchr) von Kupfer für Wasserorganismen bei einmaliger Anwendung in verschiedenen Anwendungsbereichen und unterschiedlichen Aufwandmengen

Abstand (m)	Drift (%)	PECi (mg/l)	TERchr: <i>S. fontinalis</i> NOEC: 0,0034 mg/l	TERchr: <i>D. magna</i> NOEC: 0,005 mg/l	TER: Mikrokosmos NOEC: 0,004 mg/l
Ackerbau, 1842 g/ha Cu					
20	0,1	0,000614	5	8	6
Ackerbau, 600 g/ha Cu					
20	0,1	0,000200	17	25	20
Ackerbau, 145 g/ha Cu					
15	0,2	0,000192	18	27	21
Weinbau, 2302 g/ha Cu					
30	0,2	0,001535	2	3	2,6
30 REC	0,04	0,000307	11	16	13
Weinbau, 600 g/ha Cu					
30	0,2	0,00040	8	13	10
15 REC	0,1	0,00020	17	25	20
Weinbau, 290 g/ha Cu					
30	0,2	0,000192	18	26	21
10 REC	0,16	0,000155	22	32	26
Obstbau, 3453 g/ha Cu					
50	0,2	0,002302	1	2	1,7
20 REC	0,12	0,001381	2,5	3,6	3
Obstbau, 1350 g/ha Cu					
50	0,2	0,00090	3,7	5	4
20 REC	0,12	0,00054	6,3	9	7
Obstbau, 202 g/ha Cu					
40	0,4	0,00027	12	18	15
10 REC	0,37	0,00025	13	20	16
Hopfen, 5525 g/ha Cu					
50	0,3	0,00552	0,5	0,9	0,7
40 REC	0,02	0,00037	8	14	10
Anhang VI Richtwert			10	10	< 10

REC: Anwendung mit verlustmindernden Geräten

Tabelle 8: Bewertung des Risikos für Sedimentorganismen für die Anwendung von Kupfer im Weinbau mit 921,2 g as/ha (600 g/ha Cu; 0,8 mg/ kg Cu; TM; 5 cm Sedi- ment; D = 1,5 g/cm³)

Entfernung (m)	PECi* (mg/kg Sed.)	TER	TER
		<i>Hyaella azteca</i> 10-d EC50: 1078 mg/kg Cu	<i>Chironomus tentans</i> 10-d EC50: 857 mg/kg Cu
0	0,800	> 1.000	> 1.000
5	0,042	> 25.000	> 20.000
10	0,014	> 70.000	> 60.000
15	0,006	> 170.000	> 140.000
20	0,003	> 350.000	> 280.000
30	0,0015	> 700.000	> 570.000
Anhang VI Richtwert		(100)	(100)

* PECi nach KLOSKOWSKI (in diesem Band)

Aufgrund der zum Schutz des gesamten Naturhaushaltes anzustrebenden Minimierung der Freisetzung von Kupfer sollte die Anwendungshäufigkeit und die Aufwandmenge unter Beachtung der hinreichenden Wirksamkeit überprüft werden. Im Hopfenbau wird aufgrund des hohen Flächenaufwandes die Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel mit verlustmindernden Geräten empfohlen.

Literatur

1. ANONYM (1998): Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz –PflSchG) vom September 1998, Bundesgesetzblatt Teil I, Nr. 49 vom 19. September 1998, 1505, in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1998, Bundesgesetzblatt Teil I, Nr. 28 vom 27. Mai 1998, 971.
2. ARTHUR, J. W. & LEONHARD, E. D. (1970): Effects of copper on *Gammarus pseudolimnaeus*, *Physa integra*, and *Campeloma decisium* in soft water. J. Fish. Res. Bd. Can. 27, 1277–1283.
3. BENOIT, D. A. (1975): Chronic effects of copper on survival, growth and reproduction of the bluegill (*Lepomis macrochirus*). Trans. Amer. Fisheries Soc., Lawrence, Kans., 104, 2, 353–358.
4. BIESINGER, K. E. & CHRISTENSEN, G. M. (1972): Effects on various metals on survival, growth, reproduction, and metabolism of *Daphnia magna*. J. Fisheries Res. Board Canada 29, 12, 1691–1700.
5. BLAYLOCK, B. G. et al. (1995): Comparative toxicity of copper and acridine to fish, *Daphnia* and algae. Environ. Toxicol. Chem. 4, 63–71.
6. BRAUCH, H. J. & JÜLICH, W. (1996): Rheinbericht 1994–1995. IAWR. ISBN 90-70671-21-2
7. CAIRNS, M. A.; NEBEKER, A. V.; GAKSTATTER, J. H & GRIFFIS, W. L. (1984): Toxicity of copper spiked sediments to freshwater invertebrates. Environ. Toxicol. Chem. 3, 435–445.
8. DURVE, V. S.; GUPTA, P. K. & KHANGEROT, B. S. (1980): Toxicity of copper to freshwater teleost *Rasbora daniconius neilgeriensis* (Ham.). Natl. Acad. Sci. Lett. 3, 7, 221–223.
9. EG (1997): Richtlinie 97/57/EG des Rates vom 22. September 1997 zur Festlegung des Anhangs VI der Richtlinie 91/414/EWG über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 265 vom 27.09.1997.
10. FLEMMING, H. C. (1993): Kupfer und Umwelt. Metall 47, 11, 1020–1027.
11. GUPKA, P. K. & RAJBANSHI, V. K. (1981): Measurement of acute toxicity of copper to the fresh water teleost *Mystus bleekeri* using bioassay statistical and histopathology methods. Arch. Hydrobiol. 91, 4, 427–434.
12. GUPTA, P. K. et al. (1981): Studies on the acute toxicity of some heavy metals to an Indian freshwater pond snail *Viviparus bengalensis* L. Arch. Hydrobiol. 91, 259–264.
13. HASSELBACH, G. (1992): Ergebnisse zum Schwermetalltransfer Boden/Pflanze aufgrund von Gefäßversuchen und chemische Extraktionsverfahren mit Böden aus langjährigen Klärschlamm-Feldversuchen. Dissertation. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Justus-Liebig-Universität Gießen.
14. HEDTKE, S. F. (1984): Structure and function of copper-stressed aquatic microcosms. Aquat. Toxicol. 5, 227–244.
15. HORNE, A. J. & GOLDMANN, C. R. (1974): Suppression of nitrogen fixation by blue-green algae in a eutrophic lake with trace additions of copper. Science 183, 409–411.
16. HOSMER, A. J., BEAVER, J. & BRANTLY, T. (1989). An aquatic sediment dissipation study of copper sulfate in the Hillsborough reservoir, Florida. Unveröffentlichte Studie der Copper Task Force Sponsors.

17. HOWARTH, R. S. & SPRAGUE, J. B. (1978): Copper lethality to rainbow trout in waters of various hardness and pH. *Water Research* 12, 453–462.
18. INGERSOLL, C. G. & WINNER, R. W. (1982): Effect on *Daphnia pulex* (De Geer) of daily pulse exposure to copper or cadmium. *Environ. Toxicol. Chem.* 1, 4, 321–327.
19. JANUS, J. A.; CANTON, J. H.; VANGESTEL, C. A. M. & HEIJNA-MERKUS, E. (1987): Copper. Basis document: Effects. Nat. Inst. Publ. Tealth and Env. Hyg., Bilthoven (Netherlands), Project No. 840821.
20. KLAPPER, H. (1992): *Eutrophierung und Gewässerschutz*. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, 277, ISBN 3-334-00394-9.
21. LIEBMANN, H. (1960): *Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie*. Bd. II. Gustav Fischer Verlag, Jena, 1149.
22. MAUND, S. J.; TAYLOR, E. J. & PASCOE, D. (1992): Population responses of the freshwater amphipod crustacean *Gammarus pulex* (L.) to copper. *Freshwater Biology* 28, 29–36.
23. MCKIM, J. M. & BENNOIT, D. A. (1971): Effects on long-term exposures to copper on survival, growth and reproduction of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *J. Fisheries Res. Board Canada* 28, 5, 655–662.
24. MCKIM, J. M. et al. (1978): Metal toxicity to embryos and larvae of eight species of freshwater fish – II. Copper. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.* 19, 608–616
25. MCLEESE, D. W. (1974): Toxicity of copper at two temperatures and three salinities to the American lobster (*Homarus americanus*). *J. Fisheries Res. Board Canada* 31, 12, 1949–1952.
26. MILLER, T. G. & MCKAY, W. C. (1979): The effects of hardness, alkalinity and pH of test water on the toxicity of copper to rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Water Research* 14, 129–133.
27. MOUNT, D. I. & STEPHAN, C. E. (1969): Chronic toxicity of copper to the fathead minnow (*Pimephales promelas*) in soft water. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 26, 2449–2457.
28. MURAMOTA, S. (1982): Effects of complexans (DTPA, EDTA) on the toxicity of low concentrations of copper to fish. *J. Environ. Sci. Health, A* 17, 313–319.
29. NEBEKER, A. V. et al. (1984): Relative sensitivity of *Chironomus tentans* life stages to copper. *Environ. Toxicol. Chem.* 3, 151–158.
30. SAUTER, S. et al. (1976): Effects of exposure to heavy metals on selected freshwater fish – toxicity of copper, cadmium, chromium and lead to eggs and fry of seven fish species. EPA-600/3-76-105, U. S. Environmental Protection Agency, Duluth, Minnesota.
31. SCANFERLATO, V. S. & CAIRNS, J. (1990): Effects of sediment-associated copper on ecological structure and function of aquatic microcosms. *Aquatic Toxicology*, 18, 23–34.
32. SCHMIDT, H. H. (1999): Relative Abgabe kupferhaltiger Wirkstoffe in Deutschland. (mündliche Mitteilung).
33. SCHMIDT, H. H.; HOLZMANN, A. & ADAM, E. (1995): Art und Menge der in der Bundesrepublik Deutschland abgegebenen und exportierten Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln (1987 – 1994). Ergebnisse aus dem Meldeverfahren nach § 19 des Pflanzenschutzgesetzes, 8, 65.
34. SCHUDOMA, D. (1991): Ableitung von Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer für die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink. Umweltbundesamt, Bericht im Auftrag des Bund/Länder Arbeitskreises Qualitätsziele.
35. SIGG, L.; STURM, M.; STUMM, W.; MART, L. & NÜRNBERG, H. W. (1982): Schwermetalle im Bodensee. *Naturwissenschaften* 69, 546–548.
36. STOUTHART, X. J. H. X.; HAANS, J. L. M.; LOCK, R. A. C. & WENDELAAR-BONGA, S. E. (1996): Effects of water pH on copper toxicity to early life stages of the common carp (*Cyprinus carpio*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15, 3, 376–383.

37. STREIT, B. (1994): Lexikon Ökotoxikologie. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim. ISBN 3-527-30053-8.
38. WISCHMEIER-BAYER, M.; DERSCHAU, C.; RUMPF, C.; BAYER, E.; SCHUSTER, J. & BERTELSBECK, N. (1995): Schadstoffe im Wasser. Bd. 2. Schwermetalle und weitere Einzelparameter. VAS-Verlag, Frankfurt/Main. ISBN 3-88864-083-0.

Einfluß von kupferhaltigen Fungiziden auf die Raubmilbe *Typhlodromus pyri* im Weinbau

Dr. F. Louis

Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt; Fachbereich Phytomedizin, Breitenweg 71, 67435 Neustadt a. d. Weinstraße

Die Raubmilbe *Typhlodromus pyri* spielt im Weinbau die bedeutendste Rolle bei der biologischen Regulation von phytophagen Milben. Bei konsequenter Einhaltung einer raubmilbenschonenden Spritzfolge bauen sich in den deutschen Rebbeständen stabile Raubmilbenpopulationen auf. In den Anlagen bleibt dann die Dichte von phytophagen Milben meist unter der Schadensschwelle, und es kann auf einen Akarizideinsatz verzichtet werden. Voraussetzung für den Erfolg ist jedoch der Verzicht auf raubmilbenschädigende Mittel. Die Erfahrungen der vergangenen zehn Jahre zeigen, daß zur erfolgreichen Umsetzung dieses Konzeptes auch Mittel mit „schwachschädigender“ Wirkung für Populationen von *T. pyri* zum Einsatz kommen können. Wichtig ist jedoch, daß bei Mehrfachapplikationen von Fungiziden nicht ausschließlich „schwachschädigende“, sondern auch „nichtschädigende“ Mittel in der Spritzfolge verwendet werden.

Die derzeit im Weinbau zugelassenen kupferhaltigen Fungizide und deren Einstufung sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefaßt.

Tabelle: Einstufung der im Weinbau zugelassenen Fungizide

Produkt	Wirkstoff	Max. Anzahl Anwendungen	Einstufung*
Kupfer flüssig 450 FW	Kupferoxychlorid	2	I
Kupferkalk Spiess-Urania	Kupferoxychlorid	1	II
Cuprasol	Kupferoxychlorid	2	II
Kupferkalk Urania (u.a.)	Kupferoxychlorid	2	I
Funguran (u.a.)	Kupferoxychlorid	2	II
Urania 83 V	Kupferoxychlorid + Schwefel	2	I
Cuproxat flowable (u.a.)	Kupfersulfat basisch	2	II

* I: nichtschädigend für Populationen von *T. pyri*

II: schwachschädigend für Populationen von *T. pyri*

Der Einsatz von Kupfer hat bei Einhaltung der Anwendungsvorschriften zu keinen wesentlichen negativen Beeinträchtigungen der Raubmilben-Populationsdichten geführt.

Vorkommen, Bioverfügbarkeit und Auswirkungen von Kupferfungiziden auf den Naturhaushalt

Dr. Simon

Urania Agrochem GmbH, Heidenkampsweg 77, 20097 Hamburg

Kupfer ist ein natürliches Element. Kupfer wird durch Verwitterung von Ausgangsgestein und Vulkanitätigkeit in der Umwelt verteilt. Natürliche Hintergrundkonzentrationen sind 3 – 80 mg Cu/kg in Böden, 3 – 15 µg Cu/kg in Flußwasser sowie 1 – 10 µg Cu/kg in Meerwasser.

Was reguliert die Wirkung von Kupfer?

Meist liegt Kupfer in völlig unlöslichen mineralischen Verbindungen vor, wie z. B. Kupferglanz (Cu₂S), Malachit (CuCO₃ x Cu(OH)₂), Kupferkies (Cu₂S x Fe₂S₃).

Alle Organismen haben sich im Laufe der Evolution an natürliche Kupferhintergrundkonzentrationen angepaßt, benötigen Kupfer als Spurenelement. Bei Unterschreitung eines Mindestgehalts von 0,5 µg Cu/l kommt es bei vielen aquatischen Organismen zu Mangelerscheinungen.

Das freie Kupferion ist chemisch äußerst labil. Das nackte, aggressive Kupferion wird in der Umwelt durch vielfältige Mechanismen gebunden und unschädlich gemacht: In Böden erfolgt z. B. Komplexierung mit Fulvinsäuren, die im Ligninstoffwechsel, also der Zersetzung von Holz und Blättern, entstehen. In Gewässern werden Kupferionen ebenfalls in organische Komplexe eingebunden oder dauerhaft im Sediment festgelegt.

Beispiel: Trinkwasserstausee

Eine einmalige Einbringung von 33 kg Cu/ha als lösliches Kupfersulfat in den Hillsborough Trinkwasserstausee (Florida 1988) ergab, daß 31 Tage nach der Anwendung der Gesamtkupfergehalt unter der Nachweisgrenze lag. Es gab nahezu keine freien Cu²⁺-Ionen im freien und interstiellen Wasser. Daraus ist zu schlußfolgern, daß Cu unschädlich ist, da es nicht im Porenwasser, sondern dauerhaft im Sediment gebunden ist.

Beispiel: Bodensee

Kupfereintrag: 71,9 g Cu ha/Jahr (allein durch atmosphärische Deposition)

Die Cu-Gehalte im Wasser waren trotzdem konstant niedrig und eine erhöhte Konzentration im Sediment konnte nicht festgestellt werden (Verdünnungseffekte durch Sedimentsneubildung). Zusammenfassend kann gesagt werden, daß nur ein kleiner Teil des in der Umwelt vorhandenen und des in die Umwelt eingebrachten Kupfers bioverfügbar ist.

VORGABEN NACH ZULASSUNGSVERFAHREN (1)

1. Regenwürmer:

Test gemäß BBA-Richtlinie mit FUNGURAN-OH
(50 % Cu als Kupferhydroxid).

Ergebnis: nicht-schädigend für Regenwürmer.

2. Aquatische Organismen:

Tests mit *Kupferhydroxid* und *Kupferoxychlorid* auf
DAPHNIEN,
GOLDORFEN und
REGENBOGENFORELLEN

Ergebnis: keine unannehmbaren Auswirkungen auf
aquatische Organismen bei akuter Exposition

VORGABEN NACH ZULASSUNGSVERFAHREN (2)

Daphnien

- (1) **Kupferhydroxid:** EC_{50} (48h): 650 $\mu\text{g/l}$
(extrem schwerlöslich, Studie mit Produkt)

Kartoffeln:

TERakut = 691 \Rightarrow KEIN PROBLEM
= EC_{50} (48h) / PEC = 650 $\mu\text{g/L}$ / 0,94 μg Präparat/l

Wein:

TERakut = 346 \Rightarrow KEIN PROBLEM
= EC_{50} (48h) / PEC = 650 $\mu\text{g/L}$ / 1,88 μg Präparat/l

- (2) **Kupferoxychlorid:** EC_{50} (48h): 2070 $\mu\text{g Cu/l}$
(extrem schwerlöslich)

Kartoffeln:

TERakut = 10350 \Rightarrow KEIN PROBLEM
= EC_{50} (48h) / PEC = 2070 $\mu\text{g/l}$ / 0,20 $\mu\text{g Cu/l}$

Wein:

TERakut = 5175 \Rightarrow KEIN PROBLEM
= EC_{50} (48h) / PEC = 2070 $\mu\text{g/l}$ / 0,40 $\mu\text{g Cu/l}$

- (3) **Kupfersulfat:** EC_{50} (48h): 10 $\mu\text{g Cu/l}$
(vollständig löslich)

Kartoffeln:

TERakut = 50 (statt erlaubter 100)
= EC_{50} (48h) / PEC = 10 $\mu\text{g/l}$ / 0,20 $\mu\text{g Cu/l}$

Wein:

TERakut = 25 (statt erlaubter 100)
= EC_{50} (48h) / PEC = 10 $\mu\text{g/l}$ / 0,40 $\mu\text{g Cu/l}$





VORGABEN NACH ZULASSUNGSVERFAHREN (3)

Fische

(1) Regenbogenforellen

Kupferoxychlorid: EC₅₀ (96h): 224 µg Cu/l
(*extrem schwerlöslich*)

Kartoffeln:

TERakut = 1120 ⇒ KEIN PROBLEM

= EC₅₀ (96h) / PEC = 224 µg/l / 0,20 µg Cu/l

Wein:

TERakut = 560 ⇒ KEIN PROBLEM

= EC₅₀ (96h) / PEC = 224 µg/l / 0,40 µg Cu/l

(2) Goldorfen

Kupferoxychlorid: EC₅₀ (96h): 354 µg Cu/l
(*extrem schwerlöslich*)

Kartoffeln:

TERakut = 1170 ⇒ KEIN PROBLEM

= EC₅₀ (96h) / PEC = 354 µg/l / 0,20 µg Cu/l

Wein:

TERakut = 885 ⇒ KEIN PROBLEM

= EC₅₀ (96h) / PEC = 354 µg/l / 0,40 µg Cu/l

⇒ UNBEDENKLICHE AUSWIRKUNGEN

Kupferpräparate – bedenklich für die Umwelt?

Es wurden Studien mit leicht löslichen Kupfersalzen durchgeführt, deren Ziel es war, unter den natürlichen Hintergrundkonzentrationen zu bleiben.

Beispiel:

Die EC₅₀ (48 h) von Kupfersulfat liegt bei 10 µg Cu/l (statt bei 650 µg Cu/l bei Cu-Hydroxid). Das Qualitätsziel ergibt sich laut Gesetzgebung durch Multiplikation der EC₅₀ mit dem Sicherheitsfaktor 100. Man erhielte dann eine Zielvorgabe von 0,1 µg Cu/l.

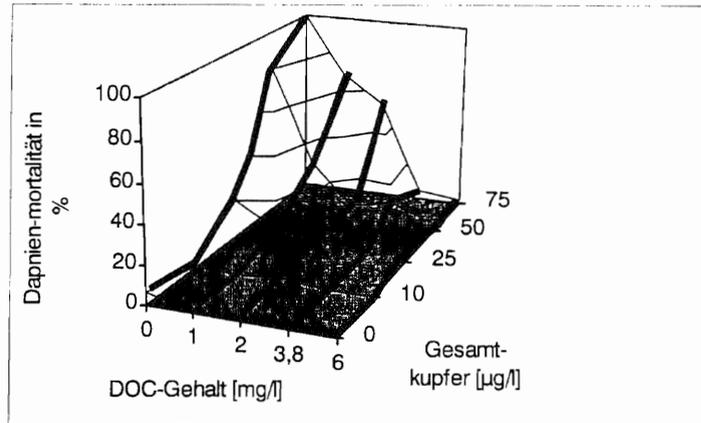
Aber:

- Unterhalb von 0,5 µg Cu/l Wasser ist mit Mangelerscheinungen zu rechnen.
- Binnengewässer enthalten 3 – 15 µg Cu/l.
- Diese Zielvorgabe liegt 30.000 mal unter dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung (3 mg/l)!

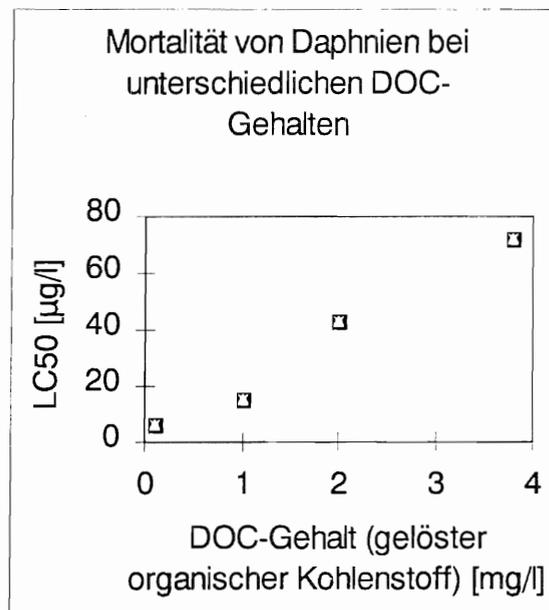
Darüber hinaus muß angemerkt werden, daß Fisch- und Daphnientests unter realitätsfremden Laborbedingungen durchgeführt werden.

Auch haben die in natürlichen Gewässern enthaltenen gelösten organischen Substanzen und Schwebestoffe einen erheblichen Einfluß auf die Toxizität von Kupferionen.

Daphnienmortalität bei verschiedenen DOC-Gehalten



Die in natürlichen Gewässern vorhandene organische Substanz verringert die Toxizität der nackten, chemisch aggressiven *freien* Kupfer-Ionen erheblich.



Fazit

- In modernen Mildkupferpräparaten ist Kupfer als Oxychlorid oder Hydroxid veredelt.
- Diese Salze sind kaum wasserlöslich und, einmal in die Umwelt ausgebracht, nur in geringem Umfang für Organismen bioverfügbar, also auch für Regenwürmer, Daphnien und Fische.
- Unter natürlichen Bedingungen ist die meßbare Toxizität der Kupferionen durch natürliche organische Substanz weiter verringert.
- Bei der Anwendung von Mildkupferpräparaten brauchen keine unannehmbaren Auswirkungen auf den Naturhaushalt befürchtet werden.

Minimierungsstrategien, Alternativen und Forschungsbedarf

Einsatz von kupferhaltigen Mitteln zur Schaderregerbekämpfung im ökologischen Landbau

Dr. Manon Haccius und Klaus-Peter Wilbois
AGÖL e. V., Brandschneise 1, 64295 Darmstadt

Ausgangslage

Kupferhaltige Mittel werden seit Anfang des vorigen Jahrhunderts (1885) als Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Bereits 1720 erprobte man Cu-haltige Getreidebeizen. Der Einsatz von jährlich mehreren zehn Kilogramm Reinkupfer je Hektar im konventionellen Wein- und Hopfenbau noch bis vor gar nicht langer Zeit führte zur Anreicherung dieses Schwermetalls im Boden. Der Einsatz von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft wird zunehmend kritisch gesehen. So beispielsweise von der Generaldirektion XI, Umwelt, der Brüsseler EU-Kommission und vom Umweltbundesamt (UBA) in Berlin. Die Bedenken nähren sich aus der Anwendungspraxis kupferhaltiger Mittel in der konventionellen Landwirtschaft, wo über Jahrzehnte jährlich 20 bis 30 kg Cu je Hektar ausgebracht worden sind. Die inzwischen ins Auge gefaßten Verbote treffen aber auch die ökologische Landwirtschaft: In Deutschland wird auf über 1.500 ha Fläche Wein, auf gut 1.000 ha Fläche Obst und auf rund 40 ha Hopfen ökologisch angebaut. In beiden Kulturen wird mit kupferhaltigen Mitteln gegen pilzliche Schaderreger gearbeitet.

Die im Öko-Anbau üblichen Ausbringungsmengen würden im Schnitt allenfalls zu einer Cu-Akkumulation von weniger als 1ppm im Oberboden führen. Die tatsächliche Lage hängt jeweils stark von der Bodenart ab. Auch gibt es noch keine Langzeituntersuchungen hierzu bei ökologischer Kulturführung mit minimalen Anwendungen von Kupfer.

Kupfer wird dem Boden nur in geringen Mengen durch die wachsende Kultur entzogen. Es ist, in Abhängigkeit von den jeweiligen Bodeneigenschaften, kaum beweglich. Durch die mengenmäßige Beschränkung und den kulturartbezogenen Einsatz von Cu-Präparaten im ökologischen Landbau sowie die regelmäßige Überwachung der Lage durch Bodenanalysen ist eine mögliche Cu-Belastung der Umwelt eng begrenzt. Sie tritt im Vergleich zu den landwirtschaftlichen Altlasten und anderen Belastungsquellen aus Klärschlamm- und Gülleausbringung, Abwasser und der punktuellen Emission von Buntmetallwerken deutlich in den Hintergrund.

KLOKE empfiehlt als Richtwert für die Bodenbelastung 100 ppm Maximum. Zum Vergleich seien Kupfergehalte bei langjährigem Hopfenanbau konventioneller Prägung, beispielsweise in der Hallertau, angeführt: Die Kupfergehalte im Boden betragen dort oft um 400 ppm, was einem Gehalt von fast 1,5 t Kupfer im Hektar Oberboden entspricht.

Die Behörden, die über die Zulassung von kupferhaltigen Mitteln – sei es die Neuzulassung, sei es die Verlängerung bestehender Zulassungen – zu entscheiden haben, müssen sich mit den Umweltbehörden ins Benehmen setzen. Die Biologische Bundesanstalt berichtet, daß es zunehmend schwierig wird, für die Zulassung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel das Einvernehmen mit dem UBA herzustellen. Auch gibt es demnächst Anwendungsvorschriften für kupferhaltige Pflanzenschutzmittel, die strikt die zulässigen Zeitpunkte der Anwendung und die zulässigen Fälle, in denen kupferhaltige Mittel angewandt werden dürfen (Indikationslösung), regeln. Dies erlaubt dann z. B. bei Wein eine nur zweimalige Anwendung nach der Blüte je Vegetationsperiode. Nicht alle dieser Bedingungen passen für den ökologischen Sonderkulturanbau.

Die die EU-Verordnung 2092/91 über den ökologischen Landbau ergänzende Kommissionsverordnung 1488/97/EG vom Juli 1997 revidiert Anhang II B, der den Einsatz von Substanzen zu Pflan-

zenschutzzwecken im ökologischen Landbau regelt. Kupferhaltige Mittel sind – verschiedene Wirkstoffe werden beispielhaft genannt – dort zur Zeit nur bis 31.03.2002 zugelassen.

Probleme

Kupferpräparate, insbesondere wenn sie in ortsfesten Dauerkulturen regelmäßig und in namhafter Menge angewandt werden, führen zur Anreicherung des Schwermetalls Kupfer im Boden. Kupfer wirkt auf die Bodenmikro- und -makroflora und -fauna ungünstig. Untersuchungen haben gezeigt, daß diese Beeinträchtigung der Mikroorganismen bereits bei (den empfohlenen Maximal-) Werten um 100 ppm Kupfer im Boden auftreten. Kupfer hat eine dosisabhängige repellente Wirkung auf Regenwürmer.

Kupferverbindungen sind in höherer Konzentration giftig für Wasserorganismen. Gelegentlich wird deshalb die Sorge vor Fischtoxizität von Kupfermitteln als Argument gegen die Zulassung solcher Mittel angeführt. Kupfer ist im Boden nur schwer beweglich; sonst würde es sich nicht anreichern. Eine Auswaschung ins Grundwasser ist daher nicht zu befürchten. Zum Problem in Gewässern kann Kupfer durch Erosion von Boden, auf dessen Bewuchs Kupferpräparate ausgebracht wurden, führen. Oder es könnte passieren, daß durch Abdrift von Spritznebel stark Cu-haltiger Präparate bei Ausbringung in Gewässernähe Kupferpartikel in Oberflächengewässer gelangen. Die Gefahr besteht so aber bei der Ausbringung von Geringstmengen nicht.

Es ist deshalb verständlich, daß eine Diskussion über die Beschränkung bzw. einen Ausstieg aus kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln in Gang gekommen ist. Der ökologische Landbau, der zur Zeit in existenzieller Weise auf den Einsatz von Cu-haltigen Pflanzenschutzmitteln angewiesen ist, verschließt sich dieser Diskussion nicht. Die Reduzierung der Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel bzw. der langfristige Ausstieg daraus liegen ganz in seinem Interesse.

Die Praxis

Der Einsatz von Cu-haltigen Pflanzenschutzmitteln im Öko-Landbau erfolgt vor allem gegen Reben- und Hopfenperonospora, gegen Apfel- und Birnen-Schorf, gegen Obstbaumkrebs, gegen die Kräuselkrankheit bei Pfirsich, gegen Rindenerkrankungen und – seltener – gegen Phytophthora bei Kartoffel und Tomate. Dort, wo ein Bekämpfungserfolg mit anderen im ökologischen Landbau zugelassenen Mitteln in Aussicht steht, wird auf den Kupfereinsatz verzichtet.

In Deutschland werden – im Vergleich zu diversen Nachbarländern – sehr geringe Kupfermengen ausgebracht. Dies liegt daran, daß – wo möglich – auf Cu-Mittel mit besonders niedrigem Cu-Gehalt zurückgegriffen wird; insbesondere aber werden geringste Mengen je Spritzung ausgebracht (z. B. 200 g Cu/ha/Spritzung). Die Rahmenrichtlinien für Ökolandbau schreiben Ausbringungsmengen von max. 3 kg Kupfer/ha/Jahr für den Wein- und Obstbau vor und gestatten den Einsatz von max. 4 kg Kupfer/ha/Jahr im Hopfenanbau. In nassen, ungünstigen Jahren mit hoher Gefahr der Pilzkrankungen im Weinbau können die Winzer beantragen, daß sie mehr als 3 kg Kupfer/ha/Jahr auf der Fläche ausbringen dürfen.

Der ökologische Landbau setzt – das sei nachdrücklich betont – nicht auf eine Begrenzung der Einsatzhäufigkeit der Cu-haltigen Pflanzenschutzmittel, sondern auf eine Begrenzung der Kupfermenge. Ein Bekämpfungserfolg ist so aber nur durch häufigere als zweimalige Anwendung zu sichern.

Begleitmaßnahmen und Alternativen

1. Der ökologische Landbau in Deutschland (ebenso Schweiz und Österreich) trägt den mit Cu-haltigen Pflanzenschutzmitteln in Zusammenhang stehenden möglichen Umweltwirkungen durch eine mengen- und kulturartspezifische Begrenzung soweit als möglich Rechnung. Die

Richtlinien normieren strikte Mengenbeschränkungen für den Kupfereinsatz. Es ist zu prüfen, ob solche Mengenbeschränkungen auch in die Gesetze übernommen werden können oder sollen.

Ein Problem von gesetzlich normierten Mengenbeschränkungen liegt darin, daß Höchstmengen, die festgesetzt werden, immer auch außerordentlichen Situationen Rechnung tragen müssen. Die festgesetzten Höchstwerte sind für die durchschnittliche Anwendung zu hoch. Es muß Sorge getragen werden, daß nicht die erlaubten Höchsteinsatzmengen als empfohlene oder anzustrebende, jedenfalls aber unbedenklich zu realisierende Werte mißverstanden werden oder daß Anstrengungen zum Unterschreiten dieser Höchstmenge vernachlässigt werden.

2. In den vergangenen Jahren wurden die Kupferausbringungsmengen je Flächeneinheit durch Weiterentwicklung der Mittel und verbesserte Applikationstechnik stetig reduziert. Diese Entwicklung ist noch nicht an ihr Ende gekommen. Auch nach geeigneten Formulierungshilfsmitteln, die der ökologische Landbau einsetzen kann, muß gesucht werden.
3. Als mittel- bis langfristige Maßnahme muß die Entwicklung, die Zulassung und der Anbau pilzresistenter oder pilztoleranter (Reb-) Sorten vorangetrieben werden. Dies kann aufgrund der dafür notwendigen Zeiträume nur flankierende Maßnahme sein. Voraussetzung für den stärkeren Rückgriff auf resistente/tolerante Sorten ist ein entsprechendes Angebot derartiger Sorten. Einem ausreichenden Angebot an pilzfesten Rebsorten steht aktuell die gemeinschaftsrechtliche Regelung zur Rebsortenklassifizierung als Hemmnis entgegen. Hier gilt es zum einen, bürokratische Hindernisse zu überwinden, zum anderen ist Entwicklungsarbeit im Feld zu leisten, denn die Traubenqualität und Ausbaueignung der neuen Sorten müssen entwickelt werden. – Resistente Sorten werden außer im Weinbau auch im Obstbau benötigt.
4. Prognosemodelle erlauben es den Winzern, gezielt jene Witterungslagen zu erkennen, die besondere Risiken bergen. Die noch bessere Nutzung und das flächendeckende Angebot von Prognosemodellen speziell auch für den ökologischen Landbau kann dazu beitragen, den Einsatz kupferhaltiger Mittel weiter zu reduzieren. Hierzu ist, wo dies noch nicht der Fall ist, die Vernetzung lokaler Wetterstationen, Blattnässeschreiber und leistungsfähiger Simulationsmodelle einzurichten.
5. Es gibt Mittel, die Alternativen zu Kupferpräparaten sind. Es sind die bereits vorhandenen Mittel weiterzuentwickeln. Saure Tonerdepräparate haben sich bei weniger starkem Peronospora-Befallsdruck für die Abwehrstärkung der Rebe bewährt. Für den Obstbau sind dies allenfalls ergänzende Mittel. Durch geeignete Formulierungshilfstoffe kann die Depotwirkung dieser Präparate verbessert werden. – Schwefelkalkbrühe zeigt vielversprechende Ergebnisse im Obstbau. – Beim Hopfen kennt man allerdings zur Zeit noch keine Alternativen zu Cu-haltigen Präparaten.
6. Mikrobielle Schaderreger haben in ihrer natürlichen Umgebung i. d. R. Gegenspieler, sog. Antagonisten. Gelingt es, die für den jeweiligen Schaderreger bedeutsamen Antagonisten zu finden und via Pflanzenschutzpräparat auf die Nutzpflanze vor dem Befall durch den Schaderreger auszubringen, kann der Befall der Pflanzen reduziert bzw. ganz vermieden werden. Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit mikrobieller Antagonisten liegen z. B. von der Universität Göttingen und der FH Geisenheim vor. Weitere Untersuchungen und ggf. die Entwicklung praxistauglicher Verfahren für den Einsatz mikrobieller Antagonisten sind erforderlich.
7. Einige Naturstoffe sind geeignet, Toleranzen oder sogar systemische Resistenzen in Pflanzen zu induzieren. Erste Ansätze in der Forschung sind vorhanden; diese müssen weiterentwickelt werden. Ergebnisse z. B. des FIBL (Frick, Schweiz) und des staatlichen Weinbauinstituts in Freiburg haben gezeigt, daß eine systemisch induzierte Resistenz bei der Rebe sich als funktionsfähig erwiesen hat. Die systemisch induzierte Resistenz wird im Gegensatz zur allgemein vorhandenen, sog. präformierten Resistenz einer Pflanze durch spezielle Stoffe oder die Anwesenheit des Schaderregers selbst ausgelöst. Durch weitere Forschung können für den ökologischen Landbau

geeignete Naturstoffe gefunden werden, die eine systemisch induzierte Resistenz in der betreffenden Pflanze auslösen und sie so vor dem epidemisch auftretenden Befall schützen.

Bestimmte Mittel und Präparate oder Vorgehensweisen vertragen sich allerdings mit dem Grundanliegen des ökologischen Landbaus nicht. Es handelt sich um synthetisierte, den Naturstoffen nachgebaute Substanzen, deren Zulassung für Zwecke des ökologischen Landbaus diesen für eine völlig neue Gruppe von Stoffen öffnen würde, also eine Abkehr von der bisherigen engen Restriktion auf traditionell erprobte Mittel aus wenigen Stoffgruppen bedeuten würde: Diese Stoffe haben sich entweder als persistent in der Umwelt oder hinsichtlich ihrer phyto- oder ökotoxikologischen Wirkung als nicht unbedenklich erwiesen. Sie eignen sich deshalb nicht als Alternative zu Kupfermitteln für den ökologischen Landbau (z. B. Strobilurine oder Bion).

Resistenzzüchtung mit den Mitteln der Gentechnik lehnt der ökologische Landbau ab.

Zukunft

Der ökologische Landbau verschließt sich langfristig nicht einem Ausschluß der Anwendemöglichkeit kupferhaltiger Mittel zu Pflanzenschutz Zwecken. Allerdings kann ein solcher Ausschluß nur dann erfolgen, wenn wirksame und erprobte Alternativen in ausreichender Zahl zur Verfügung stehen. Die Vertreter des ökologischen Landbaus stimmen einem Ausstieg aus der Kupferanwendung im Pflanzenschutz des ökologischen Landbaus nur dann zu, wenn alle Schritte und Elemente eines Ausstiegsszenarios realisiert sind.

Wir gehen davon aus, daß zur Realisierung des Ausstiegsszenarios zehn Jahre mehr benötigt werden als gegenwärtig von der Europäischen Kommission in Brüssel vorgesehen.

Für ein Ausstiegsszenario, das sinnvoll und praktikabel ist, erscheinen uns die folgenden Schritte sinnvoll:

1. Anwendungsstrategie weiter verbessern:
 - Kupfereinsatzmengen beschränken (nicht die Zahl der Ausbringungen begrenzen).
 - Formulierungshilfen zur weiteren Reduzierung der Kupferanwendungsmengen weiterentwickeln.
 - Anwendungsvorschriften zur Verhinderung der Abdrift von Kupferpräparaten in Oberflächengewässer erlassen.
 - Lückenindikation für kupferhaltige Pflanzenschutzmittel zum Einsatz im ökologischen Landbau finden.
2. Bekannte Alternativen verbessern:
 - Tonerdepräparate und Schwefelkalk z. B. weiterentwickeln.
3. Neue Mittel finden:
 - das Modell der induzierten Resistenz durch Naturstoffe weiterentwickeln.
 - mikrobielle Antagonisten weiterentwickeln.
4. Resistente Sorten:
 - Pilzresistente Sorten weiterentwickeln, ihre Zulassung erleichtern.
5. Umsetzung und Beratung:
 - Für sachgerechte Umsetzung und kundige Beratung sorgen.

Schließlich: Beendigung der Zulassung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im Öko-Landbau. – Der zuletzt genannte Aspekt kann u. E. nicht vor dem Jahr 2012 erfolgen, und dies auch nur nachdem die vorher aufgeführten Schritte gegangen worden sind und zu Ergebnissen geführt haben.

Hinweis: An der Ausarbeitung haben LUCIUS TAMM, FIBL sowie JUTTA KIENZLE, Universität Hohenheim, mitgewirkt.

Untersuchungen zur Wirksamkeit sehr geringer Kupfermengen gegen *Plasmopara viticola* im Weinbau

Dr. W. K. Kast

Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau, Postfach 13 09, 74185 Weinsberg

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in Rebflächen durchgeführt, die nach den Richtlinien für ökologischen Anbau bewirtschaftet wurden (Versuchsfläche 1: Weinsberg, Lage Schemelsberg, Rebsorte Müller-Thurgau, Unterlage 5BB, Spalierziehung, 1,8 m Gassenbreite; Versuchsfläche 2: Abstatt, Lage Burg Wildeck, Rebsorte Chardonnay, Unterlage 5BB, Spalierziehung, 2,0 m Gassenbreite). Die Kontrolle des Echten Mehltaus (*Uncinula necator*) erfolgte jeweils (wenn nicht anders angegeben) einheitlich durch Netzschwefel. Die Versuche waren als Blockversuch (1985 neun Wiederholungen, 1986 sieben Wiederholungen, ab 1995 vier Wiederholungen) angelegt, wobei die Kontrolle zwischen den Varianten randomisiert angelegt wurde. Zum Einsatz kamen 1985 und 1986 Kupferkalk (Wacker), Wirkstoff Kupferoxichlorid, Kupfergehalt ca. 18 %, 1995 Kupfer flüssig 450 SC (Wacker), Wirkstoff Kupferoxichlorid, Kupfergehalt ca. 45 %. 1985 und 1986 wurden in jeweils sieben bis acht Behandlungen insgesamt 567 g Rein-Cu/ha ausgebracht. 1995 wurden in vier bzw. acht Behandlungen jeweils insgesamt ca. 1.400 g/ha Rein-Cu verwendet (Tab. 1 - 3). 1996 wurde in einem Versuch eine Rein-Kupfermenge von 3 kg/ha, 1,5 kg/ha und 750 g/ha mit der Anwendung von Mykosan (0,8 %ig) verglichen. 1998 wurde mit verschiedenen Kupferpräparaten die gleiche Kupferaufwandmenge in insgesamt neun Behandlungen eingesetzt (2,4 kg/ha Rein-Kupfer). Als Vergleichsmittel diente wieder Mykosan 0,8 %ig. Geprüft wurden Cuproxat flüssig, Funguran, Kupferkalk Wacker und Kupfer fl. 450 FW sowie ein Versuchsmittel der Fa. Neudorff auf der Basis einer Kupferseife. Bei allen Versuchen wurde mit einem rückentragbaren Sprühgerät (Soloport) appliziert. Die Auswertung des Blatt- und Traubenbefalls wurde nach den aktuell gültigen Richtlinien der BBA durchgeführt.

Ergebnisse

1985 trat erst sehr spät im September ein starker Befall an Blättern auf. Die Trauben blieben befallsfrei. Die Kupferbehandlungen reduzierten den Befall um ca. 60 % (Tab. 4).

1986 trat ein mäßiger Befall im Juli auf, der sich danach nur wenig ausbreiten konnte. Durch das frühe Auftreten verursachte *Plasmopara viticola* aber starke Schäden an den Trauben. Sowohl der Blatt- als auch der Traubenbefall wurden durch Kupferanwendungen deutlich reduziert (Tab. 5).

1995 trat bereits sehr früh Anfang Juli ein relativ starker Befall auf, der sich noch weiter ausbreiten konnte. Insbesondere der Befall der Trauben war durch die Kupferanwendung stark vermindert (um über 95 %). Die Wirkung auf den Blattbefall (Häufigkeit!) war geringer. Viele Blätter in den behandelten Parzellen hatten jedoch nur sehr geringen Befall, während in den Kontrollen meist 50 % der Blattfläche geschädigt war. Die Wirkung war unabhängig davon, ob die Kupfermenge (ca. 1.400 g) in ca. 14tägigem oder 28tägigem Spritzrhythmus appliziert wurde (Tab. 6).

Die Versuche im Jahr 1996 zeigten, daß die Wirkung von Kupfer doch deutlich von der Aufwandmenge abhängig ist (Tab. 7). Die besten Resultate wurden mit 3 kg/ha erzielt. Die Wirkung von 750 g Rein-Kupfer/ha entsprach immer noch der Wirkung von Mykosan.

Bei einem Vergleich verschiedener Kupferformulierungen im Jahr 1998 schnitten die Kupferkalkpräparate Kupferkalk Wacker und Kupfer flüssig 450 FW schlechter ab als Funguran und Cuproxat (Tab. 8).

**Tab. 1: Anwendung von Kupferkalk
0,05 % Schemelsberg 1985**

Spritztermin	Wasser l/Ar	Cu g/ha
07.06.	6	54
21.06.	6	54
05.07.	9	81
19.07.	9	81
02.08.	9	81
16.08.	12	108
30.08.	12	108
Ges.		567

**Tab. 2: Anwendung von Kupferkalk
0,05 % Schemelsberg 1986**

Spritztermin	Wasser l/Ar	Cu g/ha
28.05.	6	54
09.06.	6	54
19.06.	6	54
01.07.	9	81
14.07.	9	81
25.07.	9	81
06.08.	9	81
18.08.	9	81
Ges.		567

Tab. 3: Anwendungen Kupfer fl. 450 SC Burg Wildeck 1995

Spritztermin	Variante 1			Variante 2		
	Wasser l/Ar	Konzentration	Cu g/ha	Wasser l/Ar	Konzentration	Cu g/ha
02.06.	5	0,05	112	5	0,1	225
19.06.	5	0,05	112	-	-	-
29.06.	5	0,05	112	5	0,1	225
10.07.	10	0,05	225	-	-	-
19.07.	10	0,05	225	10	0,1	450
31.07.	10	0,05	225	-	-	-
09.08.	10	0,05	225	10	0,1	450
16.08.	10	0,05	225	-	-	-
Gesamt			1461			1350

Tab. 4: Versuch Kupferkalk in Unterdosierung 0,05 % 1985, Weinsberg Schemelsberg, biologisch bewirtschaftete Parzelle

Datum	Merkmal	Kontrolle	Variante 1	Variante 2	Variante 3	GD 5 % Tukey-Test
19.09.	Blattbefall Häufigkeit %	62,9	25,2	25,3	24,1	10,1

Variante 1 = kein Oidiummittelzusatz

Variante 2 = Netzschwefelzusatz (0,2 %)

Variante 3 = Bio-Blatt-Zusatz 0,6 %

Tab. 5: Versuch Kupferkalk in Unterdosierung 0,05 % 1986. Weinsberg Schemelsberg, biologisch bewirtschaftete Rebfläche

Datum	Merkmal	Kontrolle	Kupferkalk 0,05 %	GD 5 % Tukey- Test
09.07.	Blattbefall (Häufigkeit %)	8,6	4,9	2,9
06.08.	Traubenbefall (Stärke 1-4)	3,59	2,20	0,25

Tab. 6: Versuch Kupfer fl. 450 SC in Unterdosierung 1995. Burg Wildeck (biologisch wirtschaftender Betrieb)

Datum	Merkmal	Kontrolle	Variante 1	Variante 2	GD 5 % Tukey-Test
26.07.	Blattbefall (Häufigkeit %)	14,9	2,4	3,1	7,6
17.08.	Blattbefall (Häufigkeit %)	69,0	35,2	34,7	13,8
26.07.	Traubenbefall (Stärke 1-4)	1,47	1,02	1,00	0,26
26.07.	Traubenbefall (Stärke %)	8,7	0,2	0,0	5,9
17.08.	Traubenbefall (Stärke 1-4)	2,38	1,15	1,19	0,45
17.08.	Traubenbefall (Stärke %)	23,0	1,1	2,1	9,4

Varianten siehe Tab. 3

Tab. 7: Vergleich verschiedener Kupferaufwandmengen bei 9 Behandlungen 1996

	Blatt Häufigkeit %	Traube Befallsstärke %
Kontrolle	88	43,0
3 kg/ha	46	4,8
1,5 kg/ha	40	5,6
0,75 kg/ha	57	8,9
Mykosin	68	9,7
GD 5 % (Tukey)	17	8,1

Tab. 8: Vergleich verschiedener Kupferpräparate 1998

	Blatt Häufigkeit %	Traube Befallsstärke %
Kontrolle	92	46,2
Neudorf (Versuchsmittel)	52	24,8
Kupfer fl. 450 FW	64	41,9
Kupferkalk	55	31,3
Funguran	53	21,4
Cuproxat fl.	58	23,0
Mykosin	56	21,0
GD 5 % Tukey	12	15,2

Alternativen zu Kupfer im ökologischen Landbau aus der Sicht der Anwendung von Pflanzenstärkungsmitteln

Dr. Marga Jahn

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für integrierten Pflanzenschutz, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow

Neben der weiteren Reduzierung der Kupferaufwandmengen je ha und Jahr durch Verbesserung von Formulierung und Anwendungstechnik ist die Entwicklung alternativer Lösungen Schwerpunkt für die nächsten Jahre. In Übersicht 1 sind die möglichen Alternativen aufgezeigt.

Übersicht 1: Alternativen zur Anwendung von Kupferpräparaten

- ⇒ **Optimierung aller Bewirtschaftungsmaßnahmen**
 - **Fruchtfolge**
 - **Düngung**
 - **Bodenbearbeitung**
 - **Saat- und Pflanzzeit**
 - **Gesundes Saatgut**
 - **Sortenwahl**
- ⇒ **Züchtung resistenter Sorten**
- ⇒ **Anwendung geeigneter Pflanzenstärkungsmittel**
- ⇒ **Anwendung biologischer Pflanzenschutzmittel**

Der ökologische Landbau versteht sich als ganzheitliche Bewirtschaftungsmethode, bei der alle Maßnahmen darauf ausgerichtet sind, einen Betrieb hinsichtlich Bodenfruchtbarkeit und Pflanzengesundheit als Ganzes zu entwickeln. Optimierung der Kulturmaßnahmen, Verbesserung des Bodens und Anbau geeigneter Arten und Sorten auf geeigneten Standorten sind daher wichtige Voraussetzungen zur Unterdrückung des Auftretens von Schadorganismen. Dennoch sind, wenn gravierende wirtschaftliche Einbußen verhindert werden sollen, direkte Maßnahmen zur Bekämpfung vielfach nicht zu umgehen.

Eine Möglichkeit ist die Anwendung von Pflanzenstärkungsmitteln. In den 90er Jahren wurden zahlreiche Pflanzenstärkungsmittel auf den Markt gebracht, von denen einige auch im Hinblick auf einen Kupferersatz untersucht wurden. In der Abbildung 1 sind diese Pflanzenstärkungsmittel übersichtsweise aufgeführt (allgemeine Angaben zur Zusammensetzung und weitere Details zu Pflanzenstärkungsmitteln siehe JAHN, 1999). Ausgewählte Beispiele aus wichtigen Anwendungsgebieten werden in den Abbildungen 2 und 3 demonstriert.

Im Weinbau haben sich vor allem die Tonerde-/Steinmehlpräparate Myco-Sin (Beispiel von PATZWahl und KOPF, 1998, in Abb. 2) und Ulmasud Neu bei einem nicht zu hohen Peronospora-Befallsdruck als geeignet erwiesen. In einem Ringversuch im Zeitraum 1990 bis 1997 konnte gezeigt werden, daß, zum Teil in Kombination mit stark reduzierter Kupferanwendung, gute Ergebnisse erzielt werden können (HOFMANN, 1999). Gut wirksam war auch das vorwiegend auf phosphoriger Säure basierende Pflanzenstärkungsmittel Ökofluid P, das jedoch von den Verbänden des ökologischen Landbaus als synthetisches Präparat eingestuft und deshalb abgelehnt wird.

Auch in Kartoffeln konnten durch regelmäßige Behandlungen mit Myco-Sin ein guter Effekt und ein gesicherter Mehrertrag erreicht werden. In einigen Versuchen stärkten Humin-Vital und Milsana die Pflanze ausreichend gegen *P. infestans* (PFLEIDERER und MONKOS, 1996; Abb. 3). Dennoch ist

einzuschätzen, daß in Jahren mit starkem Befallsdruck keines der untersuchten Stärkungsmittel einen ausreichenden Schutz induzieren kann.

Im Obstbau zeigte insbesondere Schwefelkalkbrühe eine gute Wirkung. Da jedoch kein zugelassenes Präparat auf dieser Basis auf dem Markt ist, kann eine Anwendung nur nach Eigenherstellung (entsprechend Liste gemäß § 6a Pflanzenschutzgesetz in der Fassung vom 14. Mai 1998 zur Selbstherstellung von Pflanzenschutzmitteln für die Anwendung im eigenen Betrieb) erfolgen. Ein Beispiel für die Anwendung von Pflanzenstärkungsmitteln im Apfelanbau ist in Tabelle 1 dargestellt. In Untersuchungen der Staatlichen Lehr- und Versuchsanstalt für Obst- und Weinbau Weinsberg konnte nachgewiesen werden, daß einige der zur Stärkung gegen Apfelschorf angewendeten Pflanzenstärkungsmittel sowohl an den Blättern als auch an den Früchten im Vergleich zur Kontrolle zu signifikant geringerem Befall führen. Zu diesen gehören wiederum Myco-Sin und Ulmasud, aber auch Vitamin E, PLURAPRO und ENVIREpel waren wirksam (STRAUB, 1995).

Tabelle 1: Die Wirkung ausgewählter Pflanzenstärkungsmittel zur Verminderung von Schorfinfektionen am Apfel (STRAUB, 1995)

Varianten	Anteil befallener Blätter [%]	
	1994	1995
Netzschwefel (NS)	22,6	9,7
NS + Myco-Sin	23,8	6,4
NS + ENVIREpel	25,6	8,6
NS + Vitamin E	17,8	7,3
NS + PLURAPRO	22,4	7,8
NS + Ulmasud	17,5	4,9
Kontrolle	28,2	24,5

Zusammenfassend ist einzuschätzen, daß Pflanzenstärkungsmittel durchaus zum Instrumentarium des Kupferersatzes gehören, jedoch die Stärke des Infektionsdrucks berücksichtigt werden muß.

Literatur:

- HOFMANN, U. (1999): Einsatz von Pflanzenstärkungsmitteln im ökologischen Weinbau. In: Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt, 1. Fachgespräch zum Pflanzenschutz im ökologischen Landbau, 18. Juni 1998, im Druck.
- JAHN, M. (1999): Stand und Probleme der Anwendung von Pflanzenstärkungsmitteln mit dem Schwerpunkt rechtliche Situation. In: Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt, 1. Fachgespräch zum Pflanzenschutz im ökologischen Landbau, 18. Juni 1998, im Druck.
- PATZWAHL, W.; KOPF, A. (1998): Ohne Kupfer erfolgreich gegen den Falschen Mehltau der Rebe? Ökologie und Landbau, 26, 105, 46-47.
- PFLEIDERER, H.; MONKOS, A. (1996): Alternative Pflegepräparate im Kartoffelanbau gegen Kraut- und Knollenfäule. Informationen für die Pflanzenproduktion, LAP Forchheim, Heft 15, 40-42.
- STRAUB, M. (1995): Ausgewählte Ergebnisse einer zweijährigen Leistungsprüfung biologischer Pflanzenbehandlungsmittel an Apfelbäumen. 7. Internat. Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum Ökologischen Obstbau. Beiträge zur Tagung vom 14. bis 15. 12. 1995, 40-44.

Abbildung 1



bba

Pflanzenstärkungsmittel – Alternative zu Kupferpräparaten ?

Mittel/Handelsname (Hersteller)	Präparategruppe / Bemerkungen	SM-Nummer
I. ANORGANISCHE PRÄPARATE		
Vulkamin-Pflanzenpuder (Hans G. Hauri)	Gesteinsmehl	0006-00-00
Kali-Wasserglas (H. Propfe GmbH)	Silicium-, Kaliumoxid	0023-00-00
Myco-San	Schwefelsaure Tonerde, Schwefel	keine Nummer erteilt
Myco-Sin	Schwefelsaure Tonerde, Bentonit, Hefe-, Schachtelhalmextrakt	0043-00-00
Bio-Sin (Gebr. Schaette)	Algenkalk, Steinmehl, Bentonit, Hefe-, Pflanzenextrakte	0044-00-00
Penac P (Plocher Energiesyst.)	energetisch aufgeladenes Quarzmehl	0048-00-00
Ökofluid P (Fa. Burkhart)	Na-Silikat, Na-Phosphit	0057-00-00
BIOFA-Kräuterkiesel	Na-Silikat, Kräuter	0058-00-00
BIOFA-Phytofit	Na-Bentonit, Algenkalk, -extrakt	0062-00-00
Ulmasud Neu (Biofa GmbH)	feinstvermahlene Steinmehle, kalk- u. silikatreiche Mineralien, Hefe	0071-00-00
II. ORGANISCHE PRÄPARATE		
Neudo-Vital (Fa. Neudorff)	natürliche Fettsäuren, Pflanzenextrakte	0008-00-00
Milsana flüssig (COMPO GmbH)	Sachalin- Staudenknöterich	0028-00-00
HF-Pilzvorsorge (H. Finzelberg GmbH)	vorwiegend Fenchel	0029-00-00
BIOFA-Pilzvorsorge (Bionomic Pflanzenpflege)	vorwiegend Fenchel	0039-00-00
Guardian Spray	Knoblauch	0046-00-00
ENVIREpel (Fa. Biodomo)		
KANNE Biologische Pflanzenpflege (Kanne-Brottrunk GmbH)	Pflanzenauszüge (Fermentgetreide)	0070-00-00
Humin-Vital (Fa. Agrinova)	Huminsäuren aus Leonardit	0081-00-00
Plantacur E (Prof. Dr. G. Noga)	Vitamin E	0092-00-00
III. HOMÖOPATHIKA		
BIOCOS (Bioco GmbH)	Siliziumreiche Flüssigkeit (1/3), Aufbereitung von Pflanzenteilen (1/3) u.a.	0019-00-00
Biplantol vital	Basis: Mineralstoffe, Spurenelemente, Naturstoffe,	0041-00-00
Biplantol mykos II (Bioplant Naturverfahren GmbH)	Pflanzenauszüge	0088-00-00
PLURAPRO F (Plurato GmbH)	homöopathische Dosen von Propolis und Pflanzeninhaltsstoffen in alkoholischer Lösung	0064-00-00
Talhof-fungin	informierte Propolislösung	0109-00-00
Talhof-universal (Talhof-Produkte)		0107-00-00

Abbildung 2

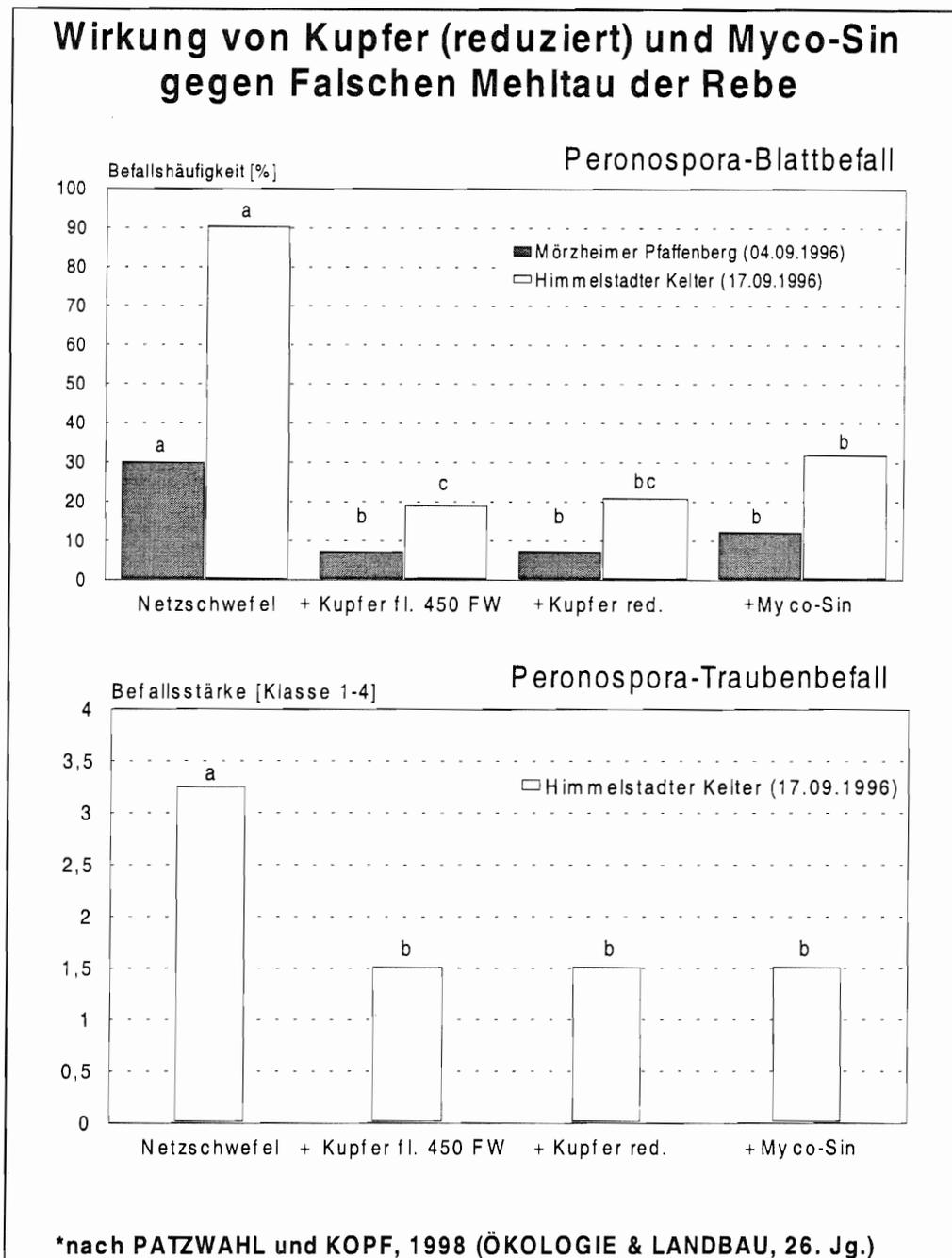
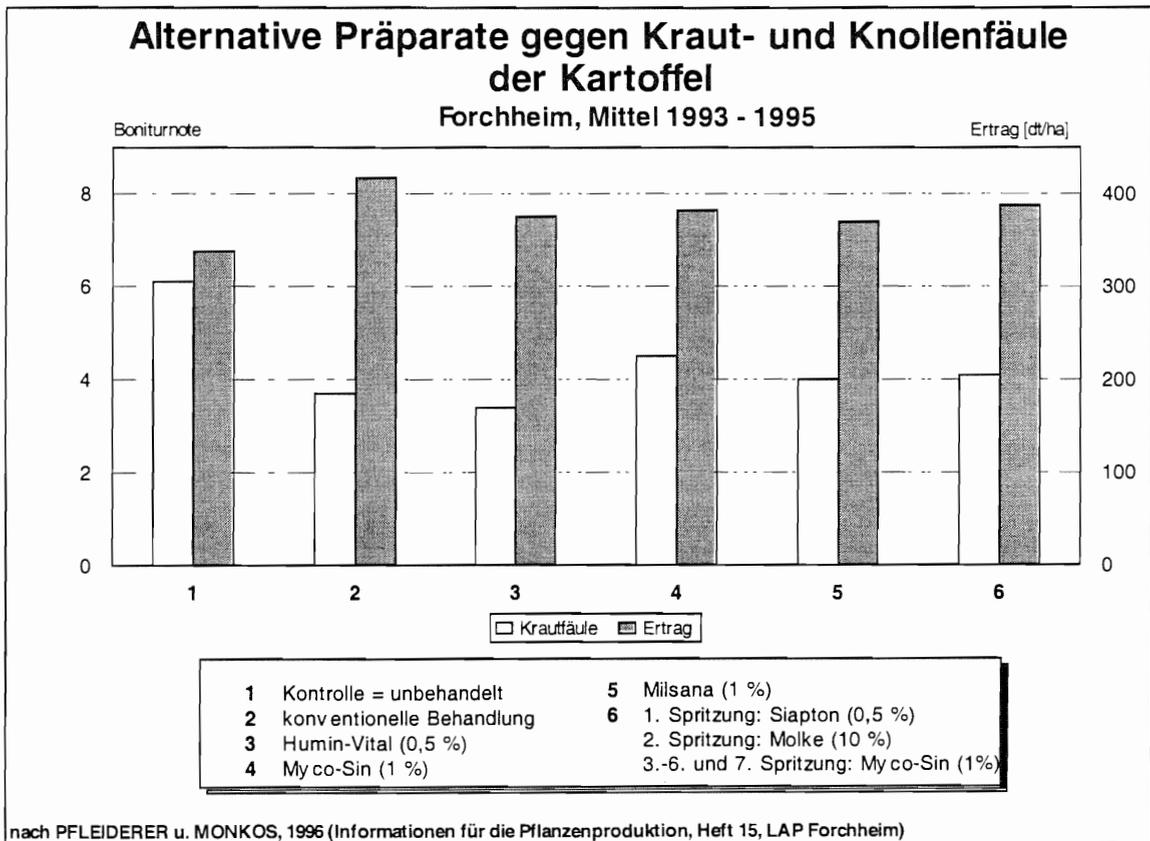


Abbildung 3



Alternativen zu Kupfer im ökologischen Landbau aus der Sicht der Anwendung mikrobieller Antagonisten

Dr. E. Koch

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

Von wenigen Ausnahmen abgesehen, hat sich die Forschung zur Anwendung mikrobieller Antagonisten von Pflanzenkrankheiten in der Vergangenheit auf die Bekämpfung bodenbürtiger Pathogene konzentriert. Aufgrund der ökologischen Unterschiede sind die mit bodenbürtigen Pathogenen gewonnenen Ergebnisse aber nur sehr begrenzt auf die Bekämpfung von Blattpathogenen übertragbar, selbst wenn es sich um verwandte Arten handelt (z. B. wurzelbefallende *Phytophthora*-Arten und *Phytophthora infestans*). Da oberirdische Pflanzenteile den Niederschlägen, der UV-Strahlung und der Austrocknung ausgesetzt sind, ist die Etablierung ausgebrachter Mikroorganismen auf Blattoberflächen schwierig. Entsprechend ist davon auszugehen, daß häufige Applikationen erforderlich sind. Daß eine Bekämpfung von Blattpathogenen mit Mikroorganismen prinzipiell möglich ist, zeigen diverse Beispiele aus der wissenschaftlichen Literatur (WILSON, 1997) sowie das Vorhandensein von kommerziellen Präparaten z.B. für die Bekämpfung von *Botrytis* (O'NEILL et al., 1996; LATORRE et al., 1997) und Echtem Mehltau (GUBLER, 1996; HOFSTEIN und AESCHLIMANN, 1996) an Reben. Die zugrundeliegenden Wirkmechanismen sind nicht in allen Fällen vollständig aufgeklärt. Neben Mykoparasitismus scheint auf Blattoberflächen häufig das Prinzip der Verdrängung durch Konkurrenz zum Tragen zu kommen.

Über die Eignung von Mikroorganismen für die Bekämpfung von Phytopathogenen, die durch Kupfer erfaßt werden, liegen nur unzureichende Kenntnisse vor. Keines der weltweit ca. 40 kommerziellen Antagonisten-Präparate wird zur Bekämpfung blattbefallender Oomyzeten (wie *Phytophthora infestans* oder *Plasmopara viticola*) und zur Bekämpfung des Schorfes (*Venturia inaequalis*) vermarktet. Allerdings ist nicht bekannt, inwieweit die Wirksamkeit gegen diese Pathogene tatsächlich experimentell überprüft wurde. In den USA wird derzeit ein Bakterienpräparat zum Einsatz gegen den Feuerbrand (*Erwinia amylovora*) vertrieben (WILSON, 1997). Die Wirksamkeit dieses Präparates und anderer bakterieller Antagonisten wird zur Zeit von der BBA überprüft (ZELLER, pers. Mitteilung).

Arbeiten mit mikrobiellen Antagonisten des Erregers des Apfelschorfes (z. B. CULLEN et al., 1984; BURR et al., 1996) haben bisher nicht zur Entwicklung praxisreifer Anwendungsverfahren geführt. Zur Bekämpfung von *P. infestans* mit mikrobiellen Antagonisten liegen keine gesicherten Ergebnisse vor. *Verticillium lecanii* ist in der Lage, *Peronospora parasitica* zu parasitieren (Hijwegen et al., 1993). In Freilandversuchen zur biologischen Bekämpfung von *P. viticola* konnte TILCHER (1995) mit *Erwinia herbicola* und einem Aktinomyzeten Wirkungsgrade über 90% erzielen. Der Gärverlauf des Mostes von 21 Tagen nach Applikation mikrobieller Antagonisten gelesenen Trauben zeigte deutliche Störungen, während die Mostgärung von Trauben, die 35 Tage vor der Lese behandelt worden waren, normal verlief.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß zur Anwendung von Mikroorganismen als Kupferersatz erheblicher Forschungsbedarf besteht. Entsprechende Projekte sollten neben der Suche nach neuen Antagonisten auch Wirksamkeitsprüfungen mit bereits kommerziell erhältlichen Präparaten beinhalten. Für die Entwicklung praxisreifer Verfahren erscheint ein Zeitraum von mindestens fünf bis zehn Jahren realistisch.

Literatur:

- BURR, T. J., MATTESON, M. C., SMITH, C. A., CORRAL-GARCIA, M. R., HUANG, TZE-CHUNG (1996): Effectiveness of bacteria and yeasts from apple orchards as biological control agents of apple scab. *Biological Control* **6**, 151–157.
- CULLEN, D., BERBEE, F. M., ANDREWS, J. H. (1984): *Chaetomium globosum* antagonizes the apple scab pathogen, *Venturia inaequalis*, under field conditions. *Canadian Journal of Botany* **62**, 1814– 818.
- GUBLER, D. (1996): Control of powdery mildew (*Uncinula necator*) in California vinyards using *Ampelomyces quisqualis*. *IOBC Bulletin* **19**, 56.
- HIJWEGEN, T., DIRVEN, J. A. A., DIRVEN, M. (1993): Mycoparasitism of powdery and downy mildews. *IOBC Bulletin* **16**, 76–77.
- HOFSTEIN, R., AESCHLIMANN, J. P. (1996): Constraints to the development of biofungicides: the example of „AQ 10“, a new product for controlling powdery mildews. *IOBC Bulletin* **19**, 166.
- LATORRE, B. A., AGOSIN, E., SAN MARTIN, R., VASQUEZ, G. S. (1997): Effectiveness of conidia of *Trichoderma harzianum* produced by liquid fermentation against *Botrytis* bunch rot of table grape in Chile. *Crop Protection* **16**, 209–214.
- O'NEILL, T. M., ELAD, Y., SHTIENBERG, D., COHEN, A. (1996): Control of grapevine grey mould with *Trichoderma harzianum* T39. *Biocontrol Science and Technology* **6**, 139-146.
- WILSON, M. (1997): Biocontrol of aerial plant diseases in agriculture and horticulture: current approaches and future prospects. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* **19**, 188–191.

Alternativen zu Kupfer im ökologischen Landbau aus der Sicht der Forschung zur Resistenz- und Toleranzinduktion

Dr. Annegret Schmitt und Sabine Meinck

Biologische Bundesanstalt, Institut für biologischen Pflanzenschutz, Heinrichstraße 243, 64287 Darmstadt, und Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projektes wurden am Institut für biologischen Pflanzenschutz der Biologischen Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft in Darmstadt in Zusammenarbeit mit BASF Limburgerhof und der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Leipzig Freilandversuche zum Einsatz von resistenzinduzierenden Pflanzenextrakten gegen *Plasmopara viticola* an Wein und *Phytophthora infestans* an Kartoffeln durchgeführt.

Untersuchungen zum möglichen Einsatz von alternativen Präparaten gegen den Blattbefall von Kartoffeln mit *Phytophthora infestans* (Krautfäule) ergaben, daß eine dauerhafte Verhinderung des Krankheitsbefalls durch keine Behandlung, auch nicht durch die Applikation chemisch-synthetischer Fungizide, erreicht werden konnte. Beobachtete Wirkungen beschränkten sich auf eine Verzögerung des Befallsbeginns oder/und auf eine Herabsetzung der Geschwindigkeit des Befallsverlaufes.

Die chemische Phytophthora-Bekämpfung (Variante „Chem.“) bewirkte erwartungsgemäß eine deutliche Befallsverzögerung, welche durch keine andere Behandlung in vergleichbarem Maße realisiert werden konnte.

Aber auch bei allen Behandlungen, bei denen Kupfer appliziert wurde, konnte am ersten Boniturtermin eine hochsignifikant verminderte Befallsstärke im Vergleich zur "Kontrolle" beobachtet werden. Während die Pflanzen, die mit Bordeauxbrühe (3 kg/ha) "CuCl" behandelt waren, auch am zweiten Boniturtermin noch einen sichtlich verminderten Befall zeigten, ließ die befallshemmende Wirkung bei den mit Kupferhydroxid (2,25 kg/ha) "CuOH" behandelten Pflanzen bereits nach. Der Wirkungsgrad der Kupferbehandlungen hing stark vom Witterungsgeschehen nach der Applikation ab. Je eher ein Niederschlagsereignis folgte, desto geringer war die erzielte Wirkung. Folglich kann ein einmal abgewaschener Schutzbelag nicht endlos erneuert werden, wie dies im konventionellen Anbau möglich ist. Daher wird empfohlen, die Aufwandmenge pro Applikation möglichst gering zu halten, um den Spritzbelag nach einem Niederschlagsereignis oft genug erneuern zu können. Als günstigste Aufwandmenge pro Spritzung hat sich in der vorliegenden Untersuchung die Menge von 750 g Reinkupfer in Form von Kupferhydroxid (max. 4 Spritzungen möglich) herausgestellt bzw. 500 g Reinkupfer in Form von Kupferoxychlorid (max. 6 Spritzungen möglich). Dieses Ergebnis bezieht auch Erkenntnisse aus den Ertragshebungen ein.

Ebenfalls eine signifikante, wenn auch sehr geringe Befallsreduktion konnte am ersten Boniturtermin für die Behandlungen mit Pflanzenextrakten aus Rhabarber "Rheum" und Kanadischer Goldrute "Solidago" nachgewiesen werden. Bei diesen Varianten war allerdings am zweiten Boniturtermin kein Effekt auf den Krautfäulebefall mehr feststellbar. Die Behandlungen mit „Biofa Tema“ und „Humin V.“ hatten keinen Einfluß auf den Befall des Blattwerks durch *P. infestans*.

Die Wirkung der Behandlungen variierte für die Sorten in Abhängigkeit von Jahr und Standort. Stengelphytophthora trat in keinem Versuchsjahr bzw. Standort in nennenswertem Umfang auf.

Abbildung 1 gibt die prozentuale Abweichung der behandelten Varianten von der unbehandelten Kontrolle hinsichtlich ihres Befalls durch *Phytophthora infestans* im Durchschnitt über drei Standorte, zwei Jahre und zwei Sorten an.

Eine Krautfäulebekämpfung wird mit dem vorrangigen Ziel durchgeführt, die durch die Krankheit verursachten Ertragsausfälle zu verhindern oder zu verringern. In diesem Zusammenhang wird meistens davon ausgegangen, daß ein Krankheitsbefall grundsätzlich mit einer Leistungsdepression einhergeht und daß gleichzeitig durch eine sichtbare Befallsreduktion in Folge der Pflanzenschutzbehandlung jener Leistungsabfall vermindert wird. Zahlreiche Untersuchungen vor allem in jüngerer Zeit haben aber gezeigt, daß die Pflanze unter bestimmten Bedingungen durchaus in der Lage sein kann, eine Streßsituation – also beispielsweise den Befall durch ein Phytopathogen – unter Beibehaltung, ja sogar unter Steigerung ihrer Leistungsfähigkeit zu bewältigen. Man spricht hier von Toleranzreaktionen.

Ist der Ertrag der behandelten Pflanze höher als der der unbehandelten bei gleichbleibendem Befall, so kann grundsätzlich von einer Toleranzinduktion gesprochen werden.

Der Ertrag von Kartoffeln unterliegt einer hohen natürlichen Streuung (Abb. 2). Aufgrund dieser Tatsache gelang i.d.R. die statistische Sicherung von Ertragsunterschieden zwischen den Behandlungsvarianten erst im Rahmen der jahres-, standort- und sortenübergreifenden Verrechnung. Abweichungen von der unbehandelten Kontrolle bezüglich des Gesamt- und Marktwareertrages, die im Mittel unter 10 % lagen, waren nicht signifikant.

Die größte Ertragssteigerung im Vergleich zur "Kontrolle" bewirkte die Behandlung mit Kupferhydroxid ("CuOH"), sie betrug im Mittel über 20 %. Auch für die andere kupferhaltige Variante konnte ein Mehrertrag von 12 % gesichert werden. Interessant erscheint das Ergebnis, daß trotz der geringeren Krautfäulebekämpfungswirkung der Behandlung mit "CuOH" ihr Ertrag im Vergleich zu "Chem." und "CuCl" zumindest tendentiell höher war. Die chemisch-konventionelle Behandlung ("Chem.") bewirkte den höchsten Ertragszuwachs in der Reihe der Spritzpräparate, es konnten aber im Vergleich zu allen anderen Spritzvarianten für den Marktwareertrag keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die Behandlungen mit "Solidago" hatten trotz ihrer (geringfügigen) befallsmindernden Wirkung keinen gesicherten Einfluß auf den Marktwareertrag. Die Behandlung mit dem Pflanzenextrakt aus Rhabarber ("Rheum") hatte eine gesicherte Ertragssteigerung um durchschnittlich 12,3 % zur Folge.

Obwohl auch die Applikation von "Humin V." und "Biofa Tema" keine Minderung des Krautfäulebefalls bewirken konnte, war doch ein Mehrertrag feststellbar. Er lag bei 13,6 bzw. bei 12,6 %. Es kann davon ausgegangen werden, daß in beiden Fällen eine Toleranzinduktion vorlag.

Eine Ertragssteigerung in Folge einer Pflanzenernährung mit den Hauptnährstoffen durch die Applikation der Pflanzenbehandlungsmittel kann im übrigen nahezu ausgeschlossen werden.

Die Versuche haben gezeigt, daß einige Präparate in Überlegungen zum Cu-Ersatz mit einbezogen werden sollten. Allerdings wäre hierfür ein Umdenken der Anbauer erforderlich, da durch den Extrakt der Befall der Kartoffelpflanzen mit *P. infestans* nicht oder nur geringfügig reduziert wurde. Da für die Praxis jedoch in erster Linie der Ertrag und gesundes Erntegut wichtig sind, könnten entsprechende Mittel eine Alternative zu den Kupferbehandlungen werden. Auch eine Kombination mit anderen Methoden, die zu einer Befallsreduktion führen, wie z. B. das Vorkeimen von Kartoffeln, wären denkbar. Es besteht weiterer Forschungsbedarf.

Gegen *P. viticola* an Reben liegen Freilandergebnisse aus insgesamt vier Jahren vor. Die besten Resultate wurden durch einen 5 %igen wässrigen Pflanzenextrakt (S27) erzielt, wobei die Wirkung in Abhängigkeit von Befallsdruck und Zeitpunkt des Infektionsbeginns mit Wirkungsgraden zwischen 40 % und 80 % (bei dem jeweiligen Zeitpunkt eines Kontrollbefalls von 50 %) in den verschiedenen Versuchsjahren stark schwankte (vgl. Abb. 3a und b). Durch die Applikation des Pflanzenextraktes wurde die Befallsentwicklung im Vergleich zur Kontrolle verzögert, was in Abbildung 4 am Beispiel des Befalls der Reben im Versuchsjahr 1996 dargestellt ist. Die Wirksamkeit des Ex-

traktes hing jeweils vom Zeitpunkt des Befallsbeginns und dem herrschenden Befallsdruck ab. Insgesamt zeigten die Ergebnisse gute Ansätze für mögliche alternative Maßnahmen zu Kupferspritzungen. Allerdings wurde auch deutlich, daß die alleinige Wirkung des Pflanzenextraktes derzeit nicht ausreichend war. Um eine gute Wirksamkeit zu gewährleisten, muß das Anfangsinokulum in den Reben niedrig gehalten werden, was durch den Einsatz von verringerten Aufwandmengen an Kupfer erreicht werden könnte.

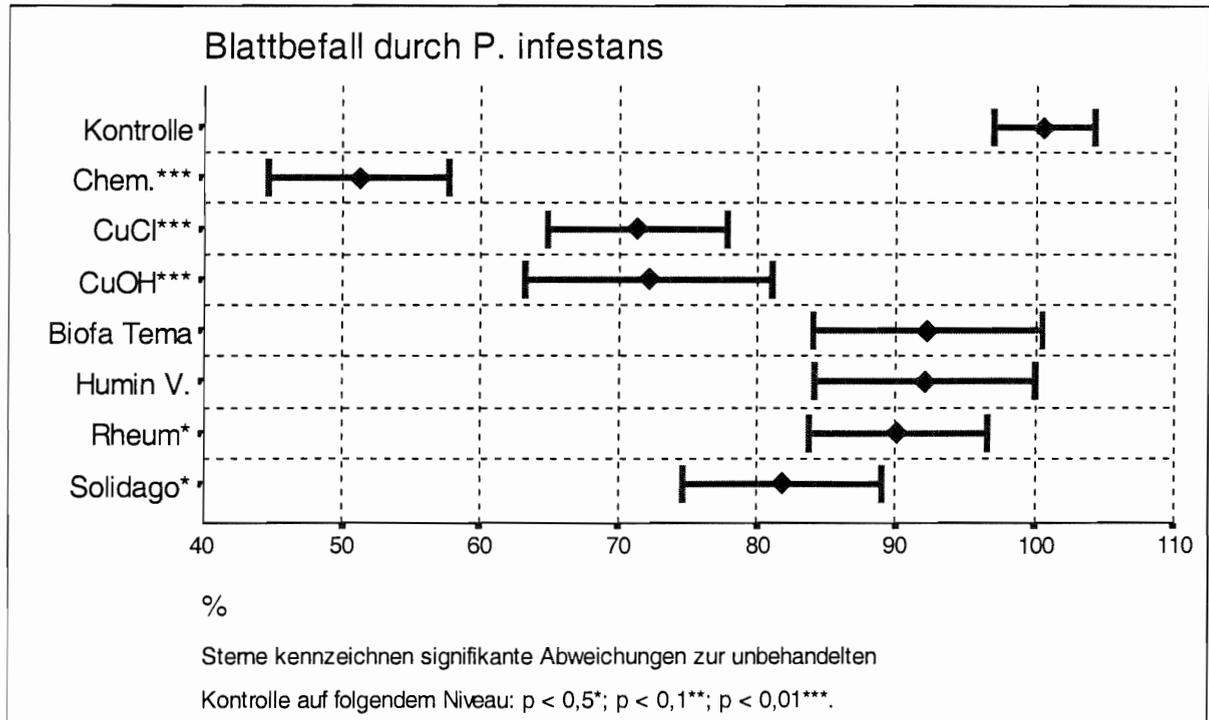


Abb. 1: Prozentualer Blattbefall von Kartoffeln mit *Phytophthora infestans*; behandelte Varianten im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (Befall Kontrollpflanzen = 100 %) an einem ausgewählten Boniturtermin (Durchschnitt über 3 Standorte, 2 Jahre und 2 Sorten)

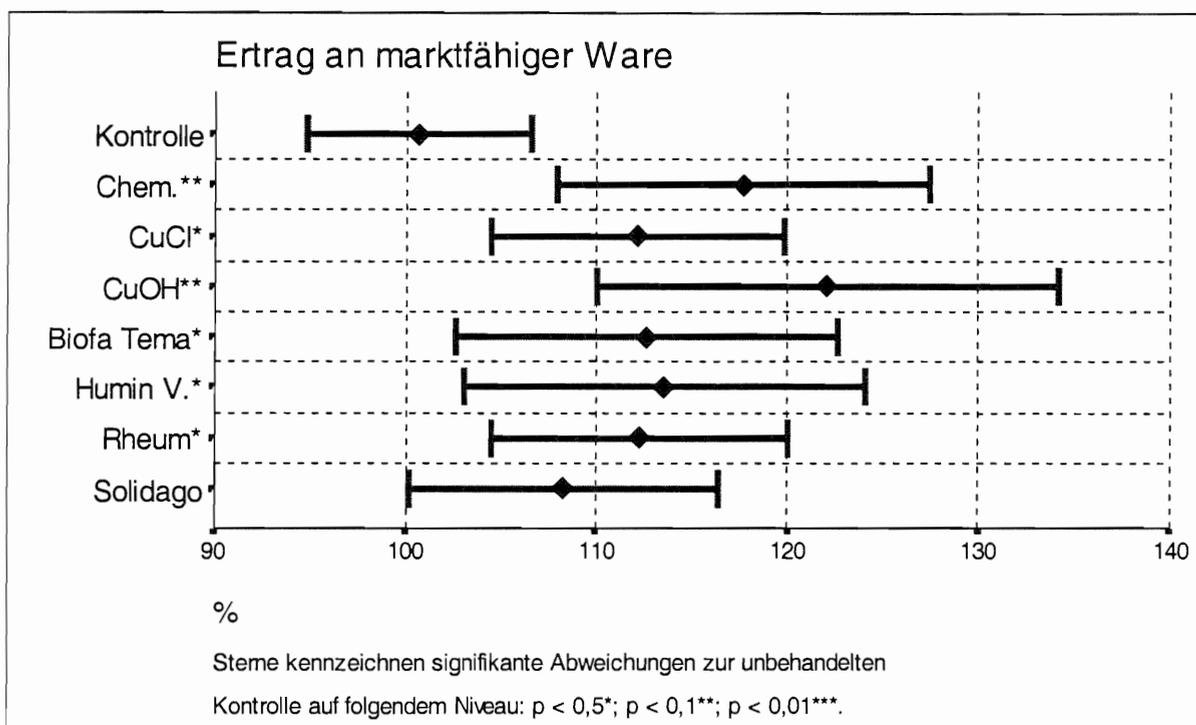


Abb. 2: Prozentualer Marktertrag von Kartoffeln; behandelte Varianten im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (Ertrag Kontrollpflanzen = 100 %) (Durchschnitt über 3 Standorte, 2 Jahre und 2 Sorten)

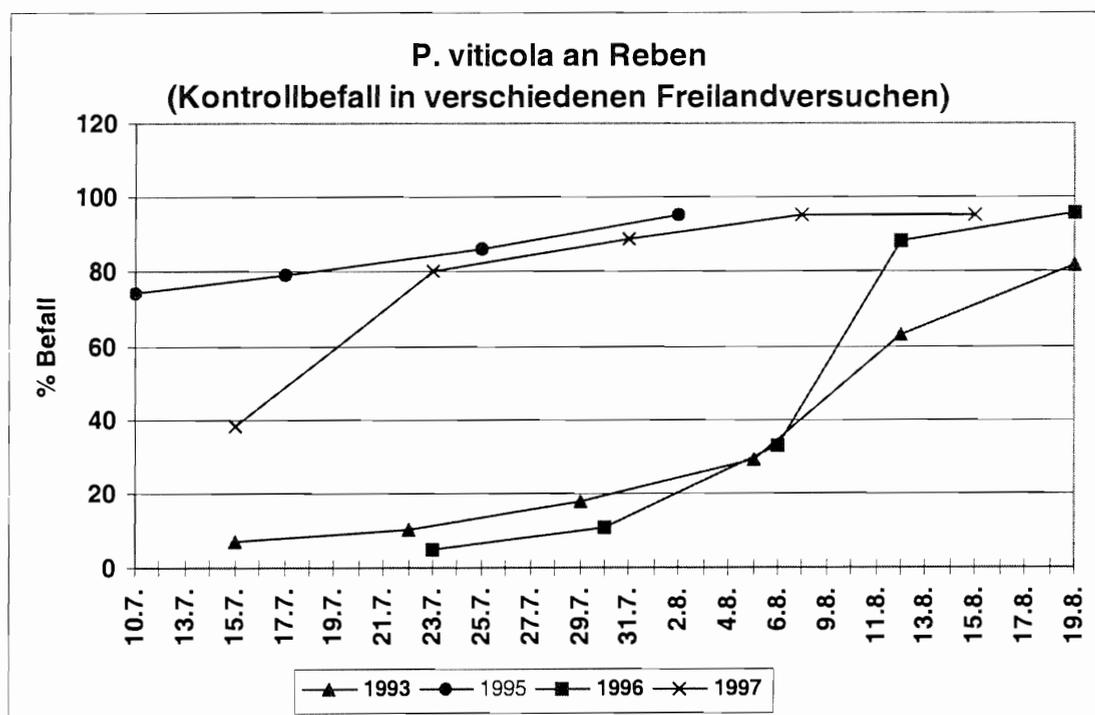


Abb. 3a: Befallsverlauf von *P. viticola* an Reblättern in den unbehandelten Kontrollparzellen in verschiedenen Freilandversuchen

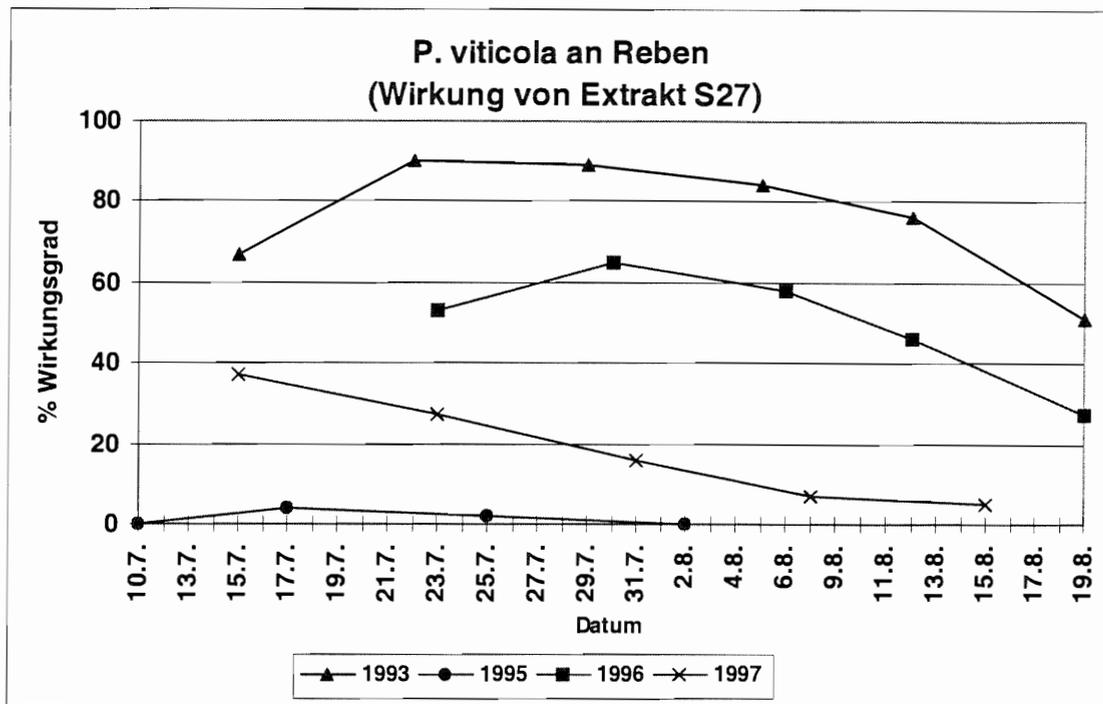


Abb. 3b: Wirkung von 5%igen Auszügen aus dem Pflanzenextrakt S27 gegen *P. viticola* an Reblättern in verschiedenen Freilandversuchen

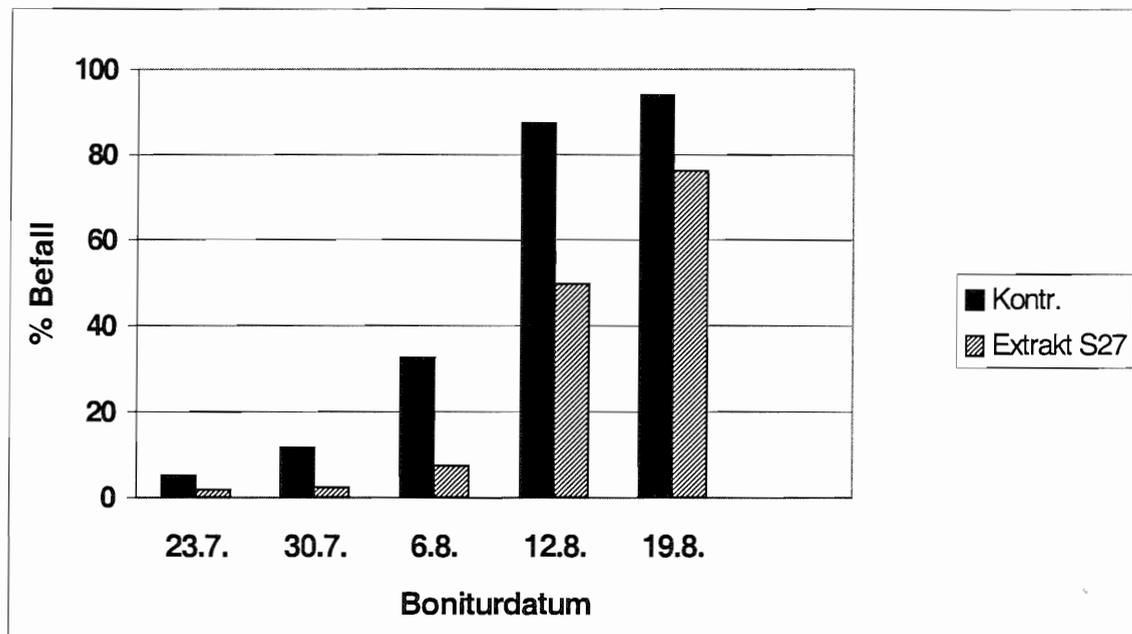


Abb. 4: Befallsverlauf von *P. viticola* an Reblättern im Freiland (Versuchsjahr 1996) nach Behandlung mit 5%igen Auszügen aus dem Pflanzenextrakt S27

Forschungsbedarf und Alternativen

Dr. H. Beer

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Außenstelle Kleinmachnow, Stahnsdorfer Damm 81, 15432 Kleinmachnow

Eine weitere Verminderung der jährlich je Flächeneinheit ausgebrachten Kupfermenge kann durch Reduzierung der Aufwandmenge und die Verringerung der Anwendungshäufigkeit erreicht werden. Hierzu kann auch durch die situationsbezogene Anwendung der Pflanzenschutzmittel auf der Grundlage der Prognose des Krankheitsauftretens beigetragen werden. Hierzu besteht erheblicher Forschungsbedarf.

Alternative Lösungen für den Kupferersatz sind derzeit für den ökologischen Landbau nicht verfügbar. Die Anstrengungen zur Bereitstellung diesbezüglicher Lösungen sind deutlich zu verstärken. Die denkbaren Ansätze lassen sich folgenden Forschungsfeldern zuordnen:

- Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen.
- Anwendung von Pflanzenstärkungsmitteln sowie Kombination von Pflanzenschutzmitteln und Pflanzenstärkungsmitteln.
- Die Entwicklung neuer Mittel.
- Anwendung mikrobieller Antagonisten.
- Die Entwicklung und Einführung resistenter Sorten.

Die Entwicklung neuer Mittel für den ökologischen Landbau muß sich auf Stoffe und Produkte natürlichen Ursprungs konzentrieren. Beispielhaft sei auf die Untersuchungen verwiesen, die im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojektes „Biologischer Pflanzenschutz durch induzierte Resistenz“ durchgeführt worden sind. Am Institut für biologischen Pflanzenschutz der BBA in Darmstadt wurden in Zusammenarbeit mit weiteren Einrichtungen Freilandversuche zum Einsatz von resistenzinduzierenden Pflanzenextrakten gegen *Plasmopara viticola* an Wein und *Phytophthora infestans* an Kartoffeln durchgeführt.

Die Suche nach neuen Mitteln als Kupferersatz muß verstärkt werden. Entsprechende Projekte sollten neben der Suche nach neuen Antagonisten auch resistenzinduzierende Stoffe einschließen. Für die Entwicklung praxisreifer Verfahren erscheint ein Zeitraum von mindestens fünf bis zehn Jahren realistisch.

Die Züchtung resistenter oder toleranter Sorten ist eine mittel- bis langfristige Aufgabe. Im Hopfenanbau, in dem seit den 30er Jahren entsprechend gearbeitet wird, beträgt der Flächenanteil peronosporatoleranter Sorten bereits ca. 60 %. Diese Sorten benötigen im Mittel der Jahre nur noch drei Behandlungen, während bei den anfälligen Sorten bis zu zwölf Behandlungen erforderlich waren. Erste resistente Sorten sind auch im Wein- und Obstbau verfügbar. Allerdings ist mit einem Zeitraum von 10 bis 15 Jahren zu rechnen, bis diese Entwicklungen durch breite Einführung wirksam werden.

Forschungsvorhaben der BBA

Die BBA trägt in vielfältiger Weise dazu bei, daß Methoden und Verfahren entwickelt werden, die darauf abzielen, die Anwendung von Kupfer zu reduzieren und abzulösen. Beispielfhaft sollen hier Aktivitäten aus dem Weinbau genannt werden. Neben der Überprüfung der im ökologischen Weinbau angewendeten Rezepturen werden Möglichkeiten der optimalen Anwendung alternativer Mittel und Methoden zur Bekämpfung von Krankheiten wie *Peronospora* untersucht. Zur Optimierung der Bekämpfung von *Plasmopara viticola* an Reben trägt auch das Forschungsvorhaben „Untersuchungen zur Verringerung der Behandlungen gegen *Plasmopara viticola* mit Hilfe eines elektronischen Warndienstgerätes“ bei. Ähnliche Vorhaben werden auch bei ackerbaulichen Kulturen (z. B.: Optimierung der *Phytophthora*-Prognose), gartenbaulichen Kulturen oder auch obstbaulichen Kulturen (z. B.: „Untersuchungen zur Epidemiologie und Pathogenese des Apfelschorfes“) bearbeitet. Schließlich tragen die Aktivitäten der BBA im Bereich der Resistenzprüfung dazu bei, daß der Praxis resistente Sorten empfohlen werden können (Kartoffeln, Gemüse u. a.).

Abschließend muß bemerkt werden, daß die genannten Aktivitäten der BBA oft in Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen oder auch nur begleitend wahrgenommen werden können. Aus Kapazitätsgründen sind umfangreichere Untersuchungen nicht möglich.

Diskussion und Fazit

Abschließende Diskussion und Fazit

Dr. E. Bode

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik, Fachgruppe Biologische Mittelprüfung, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

Diskussion

In der „Verordnung (EG) Nr. 1488/97 der Kommission vom 29. Juli 1997 zur Änderung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel“ wird die Anwendung kupferhaltiger Fungizide („Kupfer in Form von Kupferhydroxid, Kupferoxychlorid, (dreibasischem) Kupfersulfat, Kupferoxid“) nur für eine Übergangszeit bis zum 31. März 2002 als zulässig erklärt. Ohne eine Fristverlängerung gerät der ökologische Landbau in Deutschland in Bedrängnis, denn praxisreife, vom ökologischen Landbau zu akzeptierende und zudem im Anhang II Teil B der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 aufgeführte Ersatzstoffe für alle mit Kupfermitteln zu bekämpfenden Pflanzenkrankheiten gibt es noch nicht. Andererseits ist zu bedenken, daß die Zulässigkeit der Mittelanwendung nur eine Voraussetzung zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im ökologischen Landbau darstellt. Die Pflanzenschutzmittel müssen vielmehr verfügbar sein und legal in Verkehr gebracht werden dürfen, was jedoch an eine Zulassung gemäß Pflanzenschutzgesetz gebunden ist. Wird eine Lösung durch Selbsterstellung der Mittel zur Anwendung im eigenen Betrieb angestrebt, stößt man an die vom Gesetzgeber im Pflanzenschutzgesetz gezogenen Grenzen: Sollten die benötigten Stoffe oder Zubereitungen zu gewerblichen Zwecken oder im Rahmen sonstiger wirtschaftlicher Unternehmungen in den Verkehr gebracht oder eingeführt worden sein, ist die Anwendung nur erlaubt, wenn sie nach den Vorschriften der Europäischen Union bei der Erzeugung von Produkten aus ökologischem Landbau angewandt und in einer Liste der Biologischen Bundesanstalt aufgeführt sind (§ 6 a Absatz 4 Satz 1 Nr. 3 Pflanzenschutzgesetz - PflSchG). Falls Pflanzenstärkungsmittel als Ersatz in Frage kommen, müßten deren Wirkstoffe selbstverständlich auch zulässig für die Erzeugung von Produkten im ökologischen Landbau sowie in einer Liste der Biologischen Bundesanstalt über Pflanzenstärkungsmittel enthalten sein (§ 31 Absatz 1 Satz 1 Nr. 3 PflSchG).

Sollte es tatsächlich gelingen, eine Fristverlängerung zur Zulässigkeit der Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Landbau durchzusetzen, besteht dennoch die Notwendigkeit, zugelassene Mittel erwerben zu können. Die Zulassungen für Mittel mit Kupferoxychlorid sowie Kupfersulfat (dreibasisch) laufen im Dezember 2000, für jene mit Kupferhydroxid im Dezember 2002 durch Zeitablauf aus. Nach dem Stand der heutigen Erkenntnisse muß man jedoch davon ausgehen, daß wegen nicht vertretbarer Auswirkungen auf den Naturhaushalt eine erneute Zulassung als nicht möglich, zumindest aber sehr unwahrscheinlich anzusehen ist. Die diesbezüglichen Aussagen der Vertreter des Umweltbundesamtes während der Sitzung haben die Situation klar umrissen. Andererseits muß betont werden, daß die Ansichten der Fachleute zu den Risiken dieser Mittel zwar in den Grundzügen übereinstimmen, daß die Biologische Bundesanstalt aber nach einer sorgfältigen Risikoabwägung auch weiterhin Zulassungen für kupferhaltige Pflanzenschutzmittel, allerdings unter strengen Zulassungsvoraussetzungen, als möglich ansieht. Auch hierzu haben die Vortragenden ausführlich Stellung genommen.

Es wäre jedoch müßig, sich den Kopf darüber zu zerbrechen, ob oder unter welchen Voraussetzungen kupferhaltige Pflanzenschutzmittel zulassungsfähig seien, wenn in der Praxis wegen ausreichender und gut wirksamer Ersatzmittel oder -verfahren gar keine Notwendigkeit für deren Anwendung gesehen wird. Für den ökologischen Landbau ist die Sachlage klar: Kupferhaltige Pflan-

zenschutzmittel werden für eine Zeit von etwa zehn Jahren in Landwirtschaft, Garten- Wein- und Hopfenbau noch als erforderlich betrachtet. Einen Eindruck von der Größenordnung des möglichen Einsatzes ist den Angaben zum Anbauumfang zu entnehmen: Ökologischer Weinbau auf ca. 1.500 ha, ökologischer Obstbau auf ca. 1.000 ha, ökologischer Hopfenbau auf ca. 40 ha. Es gibt aber, wie berichtet wurde, durchaus ermutigende Ansätze zukünftig durch Anwendung von Tonerden, Schwefelkalk oder Mikroorganismen die bis auf weiteres mit kupferhaltigen Mitteln zu bekämpfenden Krankheiten in Schach zu halten. Allerdings stellt sich sogleich die Frage nach der Zulassungsfähigkeit für derartige Zubereitungen sowie, nicht minder wichtig, die Frage, wer die Kosten tragen kann und will, die zum Nachweis der Zulassungsvoraussetzungen gemäß Pflanzenschutzgesetz anfallen werden. Forschung und Entwicklung werden ohne Förderung durch öffentliche Mittel nicht vorankommen. Das Problem der Kostenübernahme stellt sich auch für die anderen, als Problemlösung betrachteten Möglichkeiten, Resistenzzüchtung oder Entwicklung von Mitteln oder Verfahren zur „induzierten Resistenz“.

Die Ausführungen der Vertreter des Pflanzenschutzdienstes haben für den sogenannten „konventionellen“ Produktionsbereich gezeigt, daß es zwar im großen und ganzen keine Schwierigkeiten durch ein Zulassungsende für kupferhaltige Pflanzenschutzmittel geben wird, es aber durchaus Anwendungsgebiete im Obst- und Hopfenbau gibt, in denen sie unverzichtbar sind. Beispielhaft seien hier die Bekämpfung von Obstbaumkrebs, von Lagerfäulen und - wegen der speziellen Anforderungen bei der Hopfenproduktion für den Export - von Hopfenperonospora genannt. Es wurde auch klar, daß die Notwendigkeit zur Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel wegen unterschiedlicher Befallssituationen nicht in allen deutschen Anbaugebieten gleichermaßen besteht.

Einer Abschätzung zu Bedeutung und möglichem Anwendungsumfang kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel sollte zweifellos die Kenntnis der nach dem gegenwärtigen Stand „unverzichtbaren“ Anwendungsgebiete zugrunde liegen, und zwar sowohl für die „ökologische“ als auch die „konventionelle“ Produktion. Eine derartige Zusammenstellung war während der Sitzung leider nicht zu erreichen. Aus diesem Grunde kündigte die Biologische Bundesanstalt eine Umfrage zu einem späteren Zeitpunkt hierzu an.

Wie bereits erwähnt, wird in der Entwicklung von Verfahren und Mitteln als Ersatz für die Anwendung der heute im Handel befindlichen Kupferformulierungen eine wichtige Zukunftsaufgabe gesehen. Zulassungen speziell für den ökologischen Landbau und unter Hinnahme von Wirkungsgraden, die den Anforderungen bei der „konventionellen“ Produktion beispielsweise in Landwirtschaft, Garten- oder Weinbau nicht genügen, kann man jedoch zur Zeit ausschließen. Das mag unverständlich erscheinen und wird vielleicht auch nicht auf Dauer so bleiben. Andererseits muß man anerkennen, daß ein Interesse der Industrie eher geweckt wird, wenn für ein zuzulassendes Mittel durch Anwendung auf großen Flächen ein Rückfluß der beträchtlichen Entwicklungskosten in überschaubaren Zeiträumen möglich ist.

War der Nachweis der Notwendigkeit kupferhaltiger Mittel für die Landwirtschaft die wichtige Voraussetzung, daß man sich überhaupt sinnvoll während einer ganztägigen Sitzung mit ihnen befaßt, so steht die Bewertung ihrer Auswirkungen zweifellos im Mittelpunkt des Interesses. Von deren Bewertung wird letztlich die Beantwortung der entscheidenden Frage abhängen, ob man in dem als erforderlich bezeichneten Übergangszeitraum von zehn Jahren tatsächlich auf kupferhaltige Pflanzenschutzmittel zurückgreifen kann. Eine Einzeldarstellung der Daten und Befunde aus den einschlägigen Vorträgen und deren vergleichendes Abwägen soll an dieser Stelle nicht unternommen werden und ist im Detail auch nicht erforderlich. Die Ausführungen der Redner sprechen für sich. Wichtig ist, daß die Auswirkungen von Kupfer auf die Umwelt grundsätzlich und übereinstimmend anerkannt werden. Strittig ist jedoch die Frage, wie man die Erkenntnisse in einem Zulassungsverfahren umsetzt. Kann man den flächenbezogen insgesamt geringen Anwendungsumfang

unter Beachtung der punktuellen Anwendung auf kleinen Flächen und damit auch eine nur punktuelle, insgesamt vernachlässigbare Belastungen von Lebensräumen und Lebensgemeinschaften akzeptieren? Sicher will niemand die nachhaltige Vergiftung des Lebensraumes „Boden“ und damit auch der dort siedelnden Lebensgemeinschaften in Kauf nehmen. Daß dergleichen nicht die notwendige Folge auch vieljähriger Anwendung von Kupfermitteln sein muß, zeigen beispielhaft die Befunde aus bayerischen Hopfengärten, in denen kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Kupfergehalt im Boden und Regenwurmbesatz gefunden wurde. Andere Faktoren - Gründüngung oder Bodenbearbeitung – scheinen einen wesentlich größeren Effekt zu haben. Auch ist zu berücksichtigen, daß natürlicherweise u. a. durch Gesteinsverwitterung standortabhängig beachtliche Kupfergehalte auftreten können, die durchaus regenwurmtoxische Werte erreichen und überschreiten können. Es wurde ferner darauf hingewiesen, daß Kupfer in Rebanlagen keine unvertretbaren Auswirkungen auf Raubmilben ausübt (Einstufung als „schwachschädigend“). Im Wasser kommt Kupfer als Spurenelement natürlicherweise vor; aquatische Lebewesen zeigen bei Gehalten $< 0,5 \mu\text{g}$ Mangelercheinungen. Gewässerorganismen sind demzufolge regelmäßig dem Einfluß von Kupfer ausgesetzt, zumal da man auch den anthropogenen Eintrag z. B. durch kupferbelastetes Wasser aus dem Trinkwasserleitungssystem via Abwasser in Rechnung stellen muß. Demzufolge ist bei einer Entscheidung zur Zulassungsfähigkeit sorgfältig zu prüfen, ob sich ein eventueller Eintrag aus der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln unter realistischen Bedingungen in Größenordnungen bewegt, die tatsächlich zu einer Gefährdung führen. Darüber hinaus ist es wichtig, klar zwischen gelöstem und ungelöstem Kupfer zu unterscheiden, weil eine Gesamtangabe zum Kupfergehalt in bezug auf die toxische Wirkung wenig aussagekräftig sei. Beeindruckende Befunde aus einem amerikanischen Großversuch belegen das schnelle Verschwinden der wirksamen Kupferionen aus dem Wasser und ihre Bindung im Sediment.

Ergebnisse

Überwiegend herrschte die Auffassung vor, eine Verneinung der Zulassungsfähigkeit für kupferhaltige Pflanzenschutzmittel gefährde zwar nicht den Pflanzenschutz insgesamt, könne aber für einzelne Produktionszweige von zudem flächenmäßig geringem Anteil (ökologischer Landbau in Deutschland) und für relativ wenige Betriebe in bestimmten Regionen (z. B. Obstbau im Alten Land; Hopfenbau in Bayern) durchaus existenzbedrohende Folgen bewirken. Andererseits war auch klar, daß man nicht unbeirrt von den zu Recht vorgetragenen Bedenken mit der Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel fortfahren dürfe wie bisher. Insbesondere seitens des ökologischen Landbaus wurde betont, man wolle sich einem Verzicht auf kupferhaltige Pflanzenschutzmittel nicht verschließen. Sollte es jedoch nach 2000 bzw. 2002 keine Anschlußzulassungen für kupferhaltige Pflanzenschutzmittel geben, sei wegen fehlender Bekämpfungsmöglichkeiten die Existenz der betroffenen Betriebe hochgradig gefährdet. Die Entwicklung und Zulassung praktikabler Alternativen ist in dieser kurzen Zeit unmöglich, wobei wegen der besonderen Anforderungen an die einzusetzenden Mittel die Schwierigkeiten für den ökologischen Landbau insgesamt ungleich größer sind. Als benötigter ungefährer Zeitraum für die Reaktion auf den doch erst seit relativ kurzer Zeit bekannten drohenden Verlust von Kupfer für den Pflanzenschutz wurden zehn Jahre genannt. Zur Überbrückung dieses Zeitraumes müßte als kurz- bis mittelfristige Lösung die weitere Zulassung kupferhaltiger Mittel gesichert sein. Zur Verminderung der Umweltbelastungen wurde eine Minimierungsstrategie diskutiert, wobei man im ökologischen Landbau an eine Verpflichtung zur Begrenzung des Aufwandes von 3 kg Mittel je ha und Jahr denkt. Lediglich im Hopfenbau (etwa 40 ha) müsse man 4 kg je ha und Jahr anwenden. Die flächenbezogene Begrenzung im Mittelaufwand erlaubt im Gegensatz zur Minimierung durch Festschreibung einer geringen Anzahl von Anwendungen eine flexible Mittelanwendung in Abhängigkeit von der Befallsituation. Als notwendig wird des weiteren eine verbesserte Applikationstechnik zur Abtriftminimierung eingefordert. Nicht zuletzt aufgrund einschlägiger Erfahrungen aus der Anwendung wird der Wunsch geäußert, die

Formulierungen kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel zu verbessern, mit dem Ziel, bei geringerem Aufwand mehr wirksames Kupfer an die Zielorganismen zu bringen.

Neben diesen kurzfristig greifenden Möglichkeiten besteht ein unabweisbarer Zwang zur intensiven Forschung und Entwicklung, um langfristig, d. h. am Ende des genannten Umstellungszeitraumes von etwa zehn Jahren, tatsächlich neue Mittel und Verfahren als Ersatz für die bisherigen Kupferpräparate in die Praxis einführen zu können. Vorderhand liegt es aus Sicht des ökologischen Landbaues nahe, die bereits aus Versuchen als geeignet erscheinenden Mittel mit Tonerden und Schwefelkalk zu entwickeln. Daß hierfür eine Unterstützung durch Forschungsförderung notwendig ist, muß nochmals betont werden. Weitaus größerer Anstrengungen bedarf es bei der Züchtung resistenter, vom Markt zu akzeptierender Sorten. Auch Entwicklungen zur Nutzung von Verfahren der induzierten Resistenz sind höchst aufwendig, ebenso wie die Entwicklung mikrobieller Antagonisten als marktfähige Pflanzenstärkungs- oder Pflanzenschutzmittel, die wenigstens für einige Anwendungsgebiete eine Alternative bieten können. Die Aussichten hierfür sind vorhanden, wenn der Erfolg auch eher zurückhaltend beurteilt werden muß. Im Gegensatz zum „konventionellen“ Pflanzenschutz, für den wahrscheinlich Ersatzmittel leichter zur Verfügung gestellt werden können, kommen für den ökologischen Landbau Mittel mit gentechnisch veränderten Organismen oder chemisch-synthetische Mittel (mit Ausnahme tierischer oder pflanzlicher Substanzen sowie anderer, traditionell im ökologischen Landbau verwendeter Substanzen) nicht in Frage. Deshalb besteht dort, aber auch seitens des konventionellen Landbaus und der Industrie, ein besonderes Interesse an der Entwicklung neuartiger kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel mit hohem biologischen Effekt bei gleichzeitig geringstmöglichem Kupfergehalt.

Allen Sitzungsteilnehmern war zweifellos der Ernst der Lage bewußt, so daß die Mahnung zum Abschluß der Sitzung, man möge sich mit allem Nachdruck an die Erforschung und Entwicklung von Mitteln und Verfahren als Alternative zu den heutigen Kupfermitteln begeben, hoffentlich überflüssig war. Eines ist jedoch ebenfalls klar: Wenn die in erster Linie für die Entwicklung in Frage kommenden kleinen oder mittelständischen Firmen bei dieser schwierigen Aufgabe nicht wirksam finanziell unterstützt werden, und das ist bei der derzeitigen Förderpraxis zu erwarten, wird es so bald keine Lösung der Probleme geben. Eine derartige Entwicklung aber ließe sicher, wenn auch zu unrecht, Zweifel an der Glaubwürdigkeit der Landwirtschaft insgesamt aufkommen.

Das Fachgespräch war unbestritten von hohem Wert, um allen Teilnehmern die kommenden Herausforderungen für Forschung, Beratung, Industrie und nicht zuletzt für die betroffenen Landwirte deutlich zu machen. Zur Bewältigung der bevorstehenden Aufgaben bedarf es jedoch weiterhin ständiger Beratungen. Nicht zuletzt aus diesem Grunde sind von der Biologischen Bundesanstalt Folgegespräche zur Lösung besonderer Probleme im Kreise von Spezialisten, aber auch weitere Veranstaltungen im größeren Rahmen geplant.

Anlage

05. 11. 97

Bitte EINTRAGEN:

Name:	Institution:	Unterschrift:
1 A. C. ...	Fernlehrgang, Abtl	[Signature]
2 Dr. Haccius	Agrol, Darmstadt	Mano Haccius
3 Eckmann Reinier	Bieland Bundesverband	E. Reinier
4 Dr. Wilkowitz	Agrol, DA	[Signature]
5 Dr. Schüler	Un: Gltz, Witzenhausen	[Signature]
6 Holger Passon	W. Neudorff GmbH, Emmetal	H. Passon
7 Dr. Hofmann	ECC-VFA - Bundesverband	[Signature]
8 Dr. Prokop	Neudorff, Emmetal	[Signature]
9 M. ...	W. Neudorff GmbH Emmetal	[Signature]
10 Dr. Brückmann	PAW e.V	[Signature]
11 J. J. ...	WFA - JWL	[Signature]
12 WOLTER	TISA	[Signature]
13 Hiltinger	BBF	[Signature]
14 J. ...	Urania Agrochem GmbH	[Signature]
15 Dr. Eric Gilbert	Nufarm GmbH	[Signature]
16 DR. BERND KRIEGER	Nufarm GmbH	[Signature]
17 Simon	Urania Agrochem GmbH	[Signature]
18 Norbert Drescher	Bieland FG Wunnen	[Signature]
19 Dr. Plass, Hartmut	Urania Agrochem	[Signature]
20 Patzwahl, Wolfgang	Naturland Fachverband Wein ...	[Signature]

21 Prof. Dr. R. Kauer

Fachhochschule
Wirsbaden
Fachbereich Weinbau

R. Kauer

22 U. Kötter

IS D... K... ..

23 Matthias Wolff

Beratungsdienst ökol. Weinbau
Baden-Württemberg
ALLB 79312 EM-Hochburg
17641-580087 Fax 580044



Bitte EINTRAGEN:

Jr. Huber 06/51/407,250

11

Name:	Institution:	Unterschrift:
1 E. Koch	BBA Darmstadt	E. Koch
2 F. Louis	STFA Neustadt	F. Louis
3 Y. Fischbach	HLRL - Pflanzenschule Weiblar	Y. Fischbach
4 U. Fischbach	Beauftragte für Umwelt, Pflanzenschule Weiblar	U. Fischbach
5 L. ENGLERT	BBA - Bensheim-Kreis	L. Englert
6 A. Kollar	BBA - Dossenheim	A. Kollar
7 Süß, Beate	Don Agro Sciences, München	Beate Süß
8 Kollmann, Ingrid	Beauftragte für Umwelt Weiblar	Ingrid Kollmann
9 SCHULTE, CHRISTOPH	UBA	C. Schulte
10	UBA	J. Kollmann
11 Winkler, Eberhard	UBA	E. Winkler
12 Schmitt, Annegret	BBA - Darmstadt	A. Schmitt
13 Brück, Karlheinz	Inst. für Bodenkunde, Forstliche Fakultät	K. Brück
14 J. Kollmann	UBA	J. Kollmann
15 C. Kollmann	UBA	C. Kollmann
16 W. Zombach	BTRC, 313	W. Zombach
17 BODE	BBA - AP/IFB	W. Bode
18 Berg, Martin	Inst. für Organische Chemie	M. Berg
19 Van Elk	UBA	Van Elk
20		

Bitte EINTRAGEN:

11

Name:	Institution:	Unterschrift:
1 H. Koch	LPP Mainz	Koch
2 C. Kule	BBA Braunschweig	C. Kule
3 H. Rothert		Rothert
4 R. Kluskański	BBA Braunschweig	R. Kluskański
5 E. Heinrich-Sören	BBA - BS - G	E. Heinrich-Sören
6 W. Pallutt	BBA - JP	W. Pallutt
7 R. SPANGENBERG	BBA - FB	Spangenberg
8 B. Pfeiffer	LUWO Weinsberg	B. Pfeiffer
9 W. u. Kast	LUWO Weinsberg	W. u. Kast
10 U. Burth	BBA Klein.	U. Burth
11 J. Huber	BBA - BI	Huber
12 M. Jahn	BBA - JP	Jahn
13 H. Habich	BLE, 514	Habich
14 H. Ostbomke	BLE, 514	H. Ostbomke
15 D. Ropberg	BBA - FP	Ropberg
16 H. Meier	BBA	H. Meier
17 H. BRAMMEIER	BBA	H. Brammeier
18 J. Führ	SLFA Versend	J. Führ
19 G. Klein	LBP - H	G. Klein
20 B. Eupelhard	LBP - Admitt Hopfen Hill	Eupelhard

Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft erscheinen seit 1995 in zwangloser Folge.

- Heft 30, 1997: 44. Kongreß des Internationalen Hopfenbaubüros und 42. Kongreß der Europäischen Union des Hopfenhandels. Bearbeitet von Dr. Erdmann Bode, 147 S.
- Heft 31, 1997: Einführung in die Biometrie unter Berücksichtigung der Software SAS Teil 2: Vergleich von mehr als zwei Mittelwerten, ein- und zweifaktorielle Varianzanalyse mit festen und zufälligen Effekten. Dr. Eckard Moll, 160 S.
- Heft 32, 1997: Abkürzungsverzeichnis Pflanzenschutz - Landwirtschaft - Umweltschutz. Dr. Michael Welling, Dr. Jörg-Rainer Lundehehn, Prof. Dr. Fred Klingauf, 151 S.
- Heft 33, 1997: Aufgaben der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft als selbständige Behörde. Dr. Gerhard Gündermann, 19 S.
- Heft 34, 1997: Europäische und nationale Regelungen für gentechnisch veränderte Organismen (GVO) (Richtlinien, Entscheidungen, Gesetze und Verordnungen) Stand: 1. Juli 1997. Bearbeitet von Dr. Günther Deml, Dr. Joachim Schiemann, Dr. Jörg Landsmann, 180 S.
- Heft 35, 1997: Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen (Band A: Richtlinie 91/414/EWG und diesbezüglicher Protokolle) 3. Auflage, Stand: 1. November 1997. Bearbeitet von Dr. Jörg-Rainer Lundehehn, 322 S.
- Heft 36, 1997: Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen (Band B: Richtlinien, Verordnungen, Entscheidungen und Protokolle zur Wirkstoffprüfung) Stand: 1. November 1997, 3. Auflage. Bearbeitet von Dr. Jörg-Rainer Lundehehn, 148 S.
- Heft 37, 1997: Zuständigkeiten bei der Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln und bei der EU-Wirkstoffprüfung. (Stand: Dezember 1997). Bearbeitet von Edelgard Adam, 58 S.
- Heft 38, 1997: Inhaltsverzeichnis Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen N.F. Band 1, Heft 1 bis Band 63, Heft 5. Bearbeitet von Sigrid von Norsinski, Elke Vogt-Arndt, Richard Voigt, 74 S.
- Heft 39, 1998: Wirkstoffdatenblätter zur arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung - Pflanzenschutzmittel -, 1. Folge, Stand: Dezember 1996. Bearbeitet von Dr. Hans-Hermann Schmidt, Dr. Eberhard Hoernicke, Dr. Marion Fathi, Dr. Rudolf Pfeil, 241 S.
- Heft 40, 1998: Liste der zugelassenen Pflanzenschutzmittel (Stand: 1. Januar 1998). Bearbeitet von Dr. Achim Holzmann und Andreas Spinti, 69 S.
- Heft 41, 1998: 100 Jahre Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft – Entwicklung und Organisation des Pflanzenschutzes in Deutschland. Bearbeitet von Dr. Heinrich Brammeier, 296 S.
- Heft 42, 1998: 2. BBA-Notifizierer-Konferenz (15./16. Januar 1998). Bearbeitet von Dr. Hartmut Kula und Dr. Jörg-Rainer Lundehehn, 193 S.
- Heft 43, 1998: Leitlinie: Rückstandsanalysemethoden für die Überwachung, Stand: 21. Juli 1998. Bearbeitet von Dr. Ralf Hänel und Dr. Johannes Siebers.
- Heft 44, 1998: Tagungsband zur Antragstellerkonferenz Braunschweig, 10. Juni 1998. Bearbeitet von Edelgard Adam, 176 S.
- Heft 45, 1998: Europäische und nationale Regelungen für gentechnisch veränderte Organismen (GVO) (Richtlinien, Entscheidungen, Empfehlungen, Gesetze, Verordnungen und Bekanntmachungen) Stand: 1. Juli 1998. Bearbeitet von Prof. Dr. Günther Deml, Dr. Joachim Schiemann, Dr. Jörg Landsmann, 306 S.
- Heft 46, 1998: Einführung in die Biometrie unter Berücksichtigung der Software SAS. Teil 3: Die Varianzanalyse im Feldversuchswesen. Dr. Eckard Moll, 172 S.
- Heft 47, 1998: Zuständigkeiten bei der Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln und bei der EU-Wirkstoffprüfung. (Stand: September 1998). Bearbeitet von Edelgard Adam, 59 S.
- Heft 48, 1999: Tropischer und Subtropischer Pflanzenbau. Seine Entwicklung als Teil der Landbauwissenschaften – am Beispiel der Kagera-Region in Tansania/Ostafrika – eine Kurzdarstellung der tansanischen Landwirtschaft. Dr. Heinrich Brammeier, 82 S.
- Heft 49, 1999: Art und Menge der in der Bundesrepublik Deutschland abgegebenen und der exportierten Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln (1987 – 1997). Ergebnisse aus dem Meldeverfahren nach § 19 des Pflanzenschutzgesetzes. Bearbeitet von Dr. Hans-Hermann Schmidt, Dr. Achim Holzmann, Edeltraut Alisch, 77 S.
- Heft 50, 1999: Pflanzenschutzmittel im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Erstes Fachgespräch am 18. Juni 1998 in Kleinmachnow - Pflanzenstärkungsmittel – Elektronenbehandlung - . Bearbeitet von Dr. Holger Beer und Dr. Marga Jahn, 76 S.
- Heft 51, 1999: Wirkstoffdatenblätter zur arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung - Pflanzenschutzmittel - . 2. Folge, Stand: Dezember 1998. Bearbeitet von Dr. Hans-Hermann Schmidt, Dr. Eberhard Hoernicke, Dr. Marion Fathi, Dr. Rudolf Pfeil, 239 S.
- Heft 52, 1999: Liste der zugelassenen Pflanzenschutzmittel (Stand: 1. Januar 1999). Bearbeitet von Dr. Achim Holzmann und Andreas Spinti, 63 S.

