Bearbeitet von:

Stefan Kühne, Britta Friedrich
- Institut für Strategien und Folgenabschätzung Kleinmachnow -

und

Peter Röhrig
- Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft e. V. (BÖLW)

Fachgespräch: „Kupfer als Pflanzenschutzmittel“

Berlin-Dahlem, 1. Dezember 2011

Berichte aus dem Julius Kühn-Institut

164

Julius Kühn-Institut
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

Bearbeitet von:

Stefan Kühne, Britta Friedrich
- Institut für Strategien und Folgenabschätzung Kleinmachnow -

und

Peter Röhrig
- Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft e. V. (BÖLW)

Fachgespräch: „Kupfer als Pflanzenschutzmittel“

Berlin-Dahlem, 1. Dezember 2011

Berichte aus dem Julius Kühn-Institut

164

Kontaktadresse
Dr. Stefan Kühne
Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Institut für Strategien und Folgenabschätzung im Pflanzenschutz
Stahnsdorfer Damm 81
14532 Kleinmachnow

Telefon +49 (0) 033203 48-0
Telefax +49 (0) 033203 48-424

Der Forschungsbereich des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) hat seit dem 1. Januar 2008 eine neue Struktur.
Die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), die Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ) sowie zwei Institute der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) wurden zum Julius Kühn-Institut - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen zusammengeschlossen. Das Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) wurde aus der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft und aus Teilen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft errichtet.

The research branch of the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV) has been reorganized. The former Biological Research Centre for Agriculture and Forestry (BBA) has been merged with other institutions. The newly established Julius Kühn-Institut (JKI), Federal Research Centre for Cultivated Plants, is working on plant protection, plant breeding, crop and soil science. The Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) was created from the German Federal Research Centre for Fisheries, the German Federal Research Centre for Forestry and Forest Products and part of the German Federal Agricultural Research Centre.

Wir unterstützen den offenen Zugang zu wissenschaftlichem Wissen.
Die Berichte aus dem Julius Kühn-Institut erscheinen daher als OPEN ACCESS-Zeitschrift.
Alle Ausgaben stehen kostenfrei im Internet zur Verfügung:
http://www.jki.bund.de Bereich Veröffentlichungen – Berichte.

We advocate open access to scientific knowledge. Reports from the Julius Kühn-Institut are therefore published as open access journal. All issues are available free of charge under http://www.jki.bund.de (see Publications – Reports).

Herausgeber / Editor
Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Braunschweig, Deutschland
Julius Kühn-Institut, Federal Research Centre for Cultivated Plants, Braunschweig, Germany

Verlag
Eigenverlag

Vertrieb
Saphir Verlag, Gutsstraße 15, 38551 Ribbesbüttel
Telefon +49 (0)5374 6576
Telefax +49 (0)5374 6577

ISSN 1866-590X

© Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, 2012
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 Datenver¬arbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis Seite

Vorwort (Stefan Kühne und Peter Röhrig) 4

Kupfermonitoring in Deutschland (Aktueller Stand, Ergebnisse und Ausblick) (Thomas Strumpf, Frank Riepert, Dieter Felgentreu) 6

Auswirkungen von Kupfereinträgen im Weinbau auf die Regenwurmzönose – Ergebnisse von Feldbeprobungen und ergänzenden Labortests (Frank Riepert, Barbara Baier, Dieter Felgentreu und Thomas Strumpf) 8

Bioverfügbarkeit von gealterten Kupferrückständen in Weinbergsböden (Matthias Weidenauer) 11

Räumliche Abschätzung der Kupferbelastung infolge historischer Pflanzenschutzmitteleinträge im Weinbau – Erarbeitung einer Methodik an zwei Modellregionen in Deutschland (Matthias Trapp, Bernd Altmayer, Kai Thomas, Wolfram König, Tobias Frische) 25

Funguran® progress und Cuprozin® progress – Die neue Generation der Kupferfungizide (Herbert Welte) 38

Einsatz von Kupfer im Gemüsebau am Beispiel Spargel (Alexandra Wichura, Norbert Laun, Gabriele Leinhos) 41

Saisonrückblick und Status der Kupfer-Strategie im Bereich Gemüse (Andreas Fritzsche-Martin) 43

Versuche zur Reduzierung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau (Florian Weihrauch, Johannes Schwarz).....46

N-Versorgungsstatus und -Aufnahme von Öko-Kartoffeln als Parameter für zukünftige Entscheidungsmodelle bei Kupfereinsatz (Thorsten Haase, H. Schulz, E. Kölsch; J. Heß) ..52

Saisonrückblick und Status der Kupfer-Strategie im Bereich Kartoffel (Eckhard Reiners) 63

Kupferreduzierung und Kupfersubstitution im Weinbau – zum Stand der Dinge aus Sicht der Forschung (Beate Berkelmann-Löhnertz, Stefan Klärner, Ottmar Baus, Gerald Herrmann, Bruno Flemming, Reiner Keicher, Hans-Peter Schwarz, Marco Pfliehinger, Otmar Löhnertz) 65

Saisonrückblick und Status der Kupfer-Strategie im Bereich Wein (Lotte Pfeffer-Müller) 71

Erforschung und Entwicklung alternativer Mittelzubereitungen für die Apfelschorf-bekämpfung im Falllaub (Franziska Rüdiger, Naomi Nietsch, Barbara Pfeiffer, Andreas Kollar).....73

Aktueller Stand der Ausarbeitung von Strategieansätzen zur Kupferminimierung (Jürgen Zimmer, David Kreuzberg) 79

Benchmarking von Strategien zur Kupferminimierung im Öko-Obstbau: Erste Erfahrungen, Ökologischer Obstbau – Aktueller Stand und Ausblick (Philipp Haug) 88

Steht die Kupferminimierung im Widerspruch zu einer wirksamen Bekämpfung des Obstbaumkrebses? (Gerd Palm, Petra Kruse) 95

Vorwort

Stefan Kühne und Peter Röhrig[1]
Institut für Strategien und Folgenabschätzung
Julius Kühn-Institut, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow
stefan.kuehne@jki.bund.de
[1]Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft e.V. (BÖLW)
Marienstr. 19-20; 10117 Berlin
roehrig@boelw.de

Mit den seit 1998 stattfindenden Fachgesprächen zur Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel hat das Julius Kühn-Institut (JKI) dazu beigetragen, regelmäßig den Stand der Bemühungen zu Reduzierung und Ersatz dieser Mittel in der Landwirtschaft zusammenzufassen und dem weiteren Vorgehen eine Zielrichtung zu geben. Es war die nunmehr vierte Veranstaltung zu diesem Thema nach 1998, 2002 und 2008, wobei deutlich wurde, dass der Druck zur Reduktion dieser Mittel sowohl auf nationaler als auch internationaler Ebene zunimmt. Die jüngste Veranstaltung, die hier dokumentiert ist, wurde gemeinsam mit dem Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft e.V. ausgerichtet.

Die EU-Kommission hat Kupfer als Pflanzenschutzmittelwirkstoff mit einer Fristsetzung bis November 2016 nur unter der Auflage zugelassen, dass die Mitgliedsländer Maßnahmen zur Reduzierung der Anwendung ergreifen. Möglicherweise können kupferhaltige Pflanzenschutzmittel nach diesem Datum nicht mehr verwendet werden. Besonders der Ökolandbau wäre davon betroffen, da für wesentliche Anwendungen keine ausreichenden Alternativen zur Verfügung stehen. Kupferhaltige Pflanzenschutzmittel sind jedoch auch für viele Kulturpflanzen im konventionellen Anbau von besonderer Bedeutung. Sie werden im Hinblick auf einen notwendigen Wirkstoffwechsel und ein erfolgreiches Resistenzmanagement bisher dringend benötigt und tragen wesentlich dazu bei, Bekämpfungslücken bei dem Anbau von Kulturpflanzen mit geringem Anbauumfang (Lückenindikation) zu schließen.

Vor diesem Hintergrund sind die Entwicklung von Minimierungsstrategien und die Erforschung von Kupferalternativen wichtige Maßnahmen. Die Bemühungen in Deutschland können hier im europäischen Kontext als vorbildlich gelten. Ein intensiver Austausch zwischen Landwirtschaft, Behörden, Politik, Forschung und Präparateherstellern, wie sie von den Fachgesprächen gefördert wird, sind ein wesentlicher Motor für diese Entwicklung.

Das von den Verbänden des Öko-Landbaus unter Mitarbeit der konventionellen Anbauverbände erarbeitete Strategiepapier zur Minimierung des Kupfereinsatzes im Pflanzenschutz hat die deutliche Reduzierung der Kupfergaben und zugleich die Entwicklung alternativer Bekämpfungsverfahren zum Ziel. Es setzt die seit jahrzehnten bestehenden Bemühungen der Landwirtschaft um die Reduzierung des Kupfereinsatzes fort.

Das BMELV fördert über das Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) seit 2007 gezielt Forschungsprojekte, die Alternativen zum Kupfereinsatz erforschen. Hier wurden bislang 56 Projekte zum Thema Kupferersatz mit einem Finanzvolumen von 5,6 Mio € gefördert.

Auch die Industrie arbeitet an der Herstellung einer neuen Generation von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln, die bei gleicher Wirkungssicherheit die ausgebrachten Kupfermengen um bis zu 78 % reduzieren.

Erstmalig wird seit 2011 die Kupferthematik in der Landwirtschaft ausführlich im Rahmen eines Themenportales im Internet der Öffentlichkeit vorgestellt (http://kupfer.jki.bund.de/). Das neue Themenportal dokumentiert die Bemühungen des BMELV und des JKI gemeinsam mit den Verbänden des ökologischen und konventionellen Anbaus in Deutschland, Kupfereinträge durch Pflanzenschutzmittel zu reduzieren und Alternativen dafür zu finden. Es werden die Themenbereiche Kupfer als Pflanzennährstoff, Düngemittel und Pflanzenschutzmittel vorgestellt. Weiterhin werden die aktuellen Ergebnisse aus der Forschung zu den Bodengehalten und den Umweltwirkungen populärwissenschaftlich aufgearbeitet. Die Kupfer-Minimierungsstrategie der Ökoverbände und des konventionellen Landbaus steht als Download zur Verfügung. Insgesamt möchte das Themenportal zu einer sachlichen und differenzierten Darstellung der Kupferthematik beitragen und fortlaufend die neuesten Erkenntnisse auf diesem Gebiet dokumentieren.

Kupfermonitoring in Deutschland (Aktueller Stand, Ergebnisse und Ausblick)

Thomas Strumpf, Frank Riepert, Dieter Felgentreu
Julius Kühn-Institut, Institut für Ökologische Chemie, Analytik, Vorratsschutz,
Königin-Luise-Straße 19, 14195 Berlin
thomas.strumpf@jki.bund.de

Im Jahre 2009 hat die EU-Kommission Kupfer in den Anhang I der Richtlinie 91/414/EWG aufgenommen. Die Aufnahme erfolgte jedoch mit Fristsetzung bis November 2016 unter der Auflage, dass die Mitgliedsländer Maßnahmen zur Reduzierung der Anwendung ergreifen. Zusätzlich fordert die EU-Kommission ein zulassungsbegleitendes Monitoring (Richtlinie 2009/37/EG vom 23. April 2009) auf nationaler Ebene, damit auf der Grundlage aktueller Daten zu nicht erwünschten Auswirkungen eine abschließende Entscheidung zum Verbleib (ggf. mit Auflagen) oder zur Streichung kupferhaltiger Verbindungen im Anhang I erfolgen kann.

Über Kupfergehalte in Acker- und Grünlandböden und das Verhältnis dieser Gehalte zu den durch Pflanzenschutz ausgebrachten Kupfermengen wurde bereits in einem Themenheft Kupfer (Journal für Kulturpflanzen 61, 2009) berichtet. Im Hinblick auf die Auswirkungen der anthropogen verursachten Kupferanreicherung im Boden ist zu berücksichtigen, dass der austauschbare Anteil des Kupfers bei pH-Werten > 5 in der Regel kleiner als 1 % des Gesamtgehaltes ist[1]. Der häufig schon traditionelle Einsatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel und die damit verbundene Anreicherung bei geringer Verfügbarkeit aber langer Einwirkdauer erfordern eine differenzierte Risikobetrachtung im Sinne des Schutzziels einer ökologisch nachhaltigen Bewirtschaftung. Die vom JKI begonnenen Forschungsarbeiten dienen der Verbreiterung der Datengrundlage im Vorfeld zu erwartender Nutzen-Risikoabwägungen.

Zu aktuell aus Felderhebungen bei Dauerkulturflächen gewonnenen Erkenntnissen zur Belastungsverteilung (Kupfergesamtgehalte im KW-Extrakt) sowie Expositionsabschätzung (mobile Anteile im NH_4NO_3- und $CaCl_2$-Extrakt) werden die beteiligten Kreise auf den Kupferfachgesprächen regelmäßig informiert.

2011 wurden 1613 Einzelproben aus den Bodenhorizonten 0-5 und 5-20 cm von Baumobstlagen an 40 ökologisch und 12 konventionell bewirtschafteten Standorten unter den Aspekten einer möglichst repräsentativen Erfassung der Belastungsverteilung entnommen. Das Erhebungsergebnis soll als Grundlage für die Auswahl gebietstypischer Anbausituationen dienen, die in Verbindung mit einer spezifischen Expositionsermittlung die Erfassung der Wirkungsausprägung an empfindlichen Indikatorarten der jeweiligen Regenwurmzönosen ermöglicht.

Auf der Basis von Gesamtgehalten wird die Belastungssituation und -verteilung auf Prüfflächen und Referenzflächen in deutschen Baumobstbaugebieten dargestellt und mit den bereits im Wein-[2] und Hopfenbau[3] ermittelten Belastungsverteilungen verglichen. Darüber hinaus werden aus der Bewirtschaftungshistorie resultierende Schwermetalleinträge quantifiziert.

[1] KRATZ, S., HANEKLAUS, S. & SCHNUG, E. (2009): Kupfergehalte in Acker- und Grünlandböden und das Verhältnis dieser Gehalte zu den durch Pflanzenschutz ausgebrachten Kupfermengen, Journal für Kulturpflanzen, 61 (4). S. 112–116
[2] STRUMPF, T., STEINDL, A., JÖRN STRASSEMEYER, J. & RIEPERT, F. (2011): Erhebung von Kupfergesamtgehalten in ökologisch und konventionell bewirtschafteten Böden. Teil 1: Gesamtgehalte in Weinbergsböden deutscher Qualitätsanbaugebiete, Journal für Kulturpflanzen, 63 (5). S. 131–143
[3] STRUMPF, T., ENGELHARD, B., WEIHRAUCH, F., RIEPERT, F., STEINDL, A. (2011): Erhebung von Kupfergesamtgehalten in ökologisch und konventionell bewirtschafteten Böden. Teil 2: Gesamtgehalte in Böden deutscher Hopfenanbaugebiete, Journal für Kulturpflanzen, 63 (5). S. 144–155

Fehlende Bodenbearbeitung/-verschiebung zeigt sich in klassischen Baumobstbaugebieten in einer signifikanten Erhöhung der Kupfer-Gesamtgehalte in Proben von Prüfflächen des oberen Bodenhorizonts (Abb. 1). Auch in Baumobstbaugebieten mit früherer wein- und/oder hopfenbaulicher Nutzung sind im Bodenhorizont 0–5 cm tendenziell höhere Kupfergehalte nachweisbar. Auf den Prüfflächen entnommene Böden zwischen Obstbaumreihen und Fahrgassen zeigen keine Belastungsunterschiede. Die Versuchsauswertung der bioverfügbaren Kupfergehalte soll Aufschluss über die tatsächliche für Bodenorganismen und Pflanzen verfügbare Kupfermenge geben.

Bei der Belastungserhebung konnte durch Verknüpfung von Daten zur Bewirtschaftungsgeschichte mit vorhandenen Flächenbelastungen in Verbindung mit beispielhaft für das Anbaugebiet Niederelbe ermittelten Kupferaufwandmengen im Zeitraum 1960 bis 2010 nachgewiesen werden, dass diese Belastungen aus den Jahren 1960 bis etwa 1995 resultieren, wo noch zwischen 10 und 13 kg Reinkupfer pro Jahr und Hektar zur Schaderregerbekämpfung im Baumobstbau angewandt worden. Welche Anteile von diesen ‚gealterten' Kupfergesamtgehalten bioverfügbar sind und damit auf die Bodenzönose wirken, wird derzeit noch untersucht.

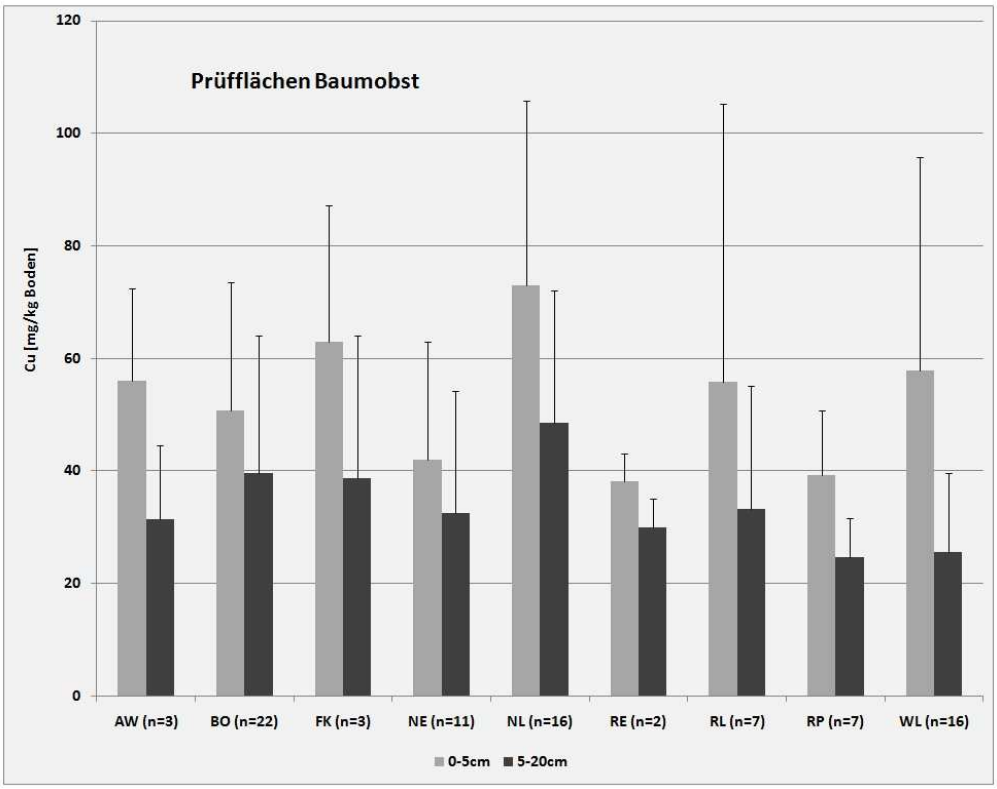


Abbildung 1: Vergleich der Kupfer-Gesamtgehalte in Proben von Prüfflächen deutscher Baumobstbaugebiete für die Bodenhorizonte 0–5 cm und 5–20 cm (Basis Mittelwert des Anbaugebiets). n= Anzahl Prüfflächen

Kürzel Anbaugebiete: Ahrweiler (Ahrtal) (AW); Bodensee (BO); Forchheim (FK); Neckartal (NE); Niederelbe (NL); Rheinebene (RE); Niederrhein/ Rheinland (RL); Pfalz/ Rheinhessen/Trier (RP); Westfalen-Lippe (WL)

Auswirkungen von Kupfereinträgen im Weinbau auf die Regenwurmzönose – Ergebnisse von Feldbeprobungen und ergänzenden Labortests

Frank Riepert, Barbara Baier, Dieter Felgentreu und Thomas Strumpf
Julius Kühn-Institut, Institut für Ökologische Chemie, Analytik, Vorratsschutz,
Königin-Luise-Straße 19, 14195 Berlin
frank.riepert@jki.bund.de

Auf der Grundlage der 2009 begonnenen Erhebung zum Kupfergehalt in der belebten Bodenschicht bis 20 cm Tiefe in den Hauptsonderkulturen Wein-, Obst- und Hopfenbau konnten unter Berücksichtigung der breiten Spanne der bestimmten Kupfergesamtgehalte auf den Bewirtschaftungsflächen und anderer wichtiger Bodenkenngrößen der Stichprobe insgesamt 8 Betriebe für eine Freilandbeprobung der Regenwurmlebensgemeinschaft im Ökologischen Weinbau ausgewählt werden. Bestimmend für die Auswahl waren neben den Cu-Gesamtgehalten, Bodeneigenschaften, denen eine wichtige Rolle bei der Verfügbarkeit des Kupfers zugemessen wird. Da Beprobungen nur während der Aktivitätsphasen von Regenwürmern, in unseren Breiten im Frühjahr und im Herbst, sinnvoll sind, wurde die Beprobung von jeweils 4 Betrieben auf den Herbst 2010 und das Frühjahr 2011 gelegt. Je zwei Betriebe fielen dabei auf die Anbaugebiete Pfalz, Rheinhessen sowie Mittelmosel und Baden. Je Betrieb wurden im Regelfall 3 Versuchsglieder, eine in Bewirtschaftung befindliche Fläche (Prüffläche), eine möglichst niemals genutzte Fläche (Kontrolle) und eine ehemals genutzte Fläche (Referenz) einbezogen. Letztere Fläche dient der Einschätzung des Einflusses von Bewirtschaftungsmaßnahmen wie z.B. der Bodenbearbeitung oder der Düngung. Je Versuchsglied wurden 4 x 0,25 m², verteilt über den Schlag, per Handauslese und Formalinextraktion gemäß den Vorgaben nach DIN ISO 11266-1 beprobt. Die taxonomische Bestimmung bis auf Artebene wurde durch das Labor Dr. Krück in Berlin durchgeführt.

Die Vorortbeprobungen wurden von biologischen Labortests mit Bodenproben des Aushubs begleitet, um eine zusätzliche Interpretationshilfe der multifaktoriell beeinflussten Freilandsituation zu erhalten. Dafür wurden biologische Standardtests der Bodengütebestimmung (Regenwurmfluchttest nach DIN ISO 17512-1, der Regenwurm-Reproduktionstest nach DIN ISO 11268-2, der Collembolenfluchttest nach DIN ISO 17512-2, der Collembolen-Reproduktionstest nach DIN ISO 11267 und als letzter faunistischer Test der Enchytraeen-Reproduktionstest nach DIN ISO 16387) eingesetzt. Darüber hinaus wurden aus dem Bereich der Prüfung von Pflanzenschutzmitteln auf Nutzarthropoden ein Test mit der Laufkäferart *Poecilus cupreus* eingesetzt. Die Larven dieses Laufkäfers haben sich seit Jahren in Laboruntersuchungen als geeigneter Prüforganismus zur Ermittlung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf im Boden lebende Nutzorganismen bewährt.

Neben den faunistischen Prüfverfahren wurden auch standardisierte mikrobiologische Laborverfahren in das Projekt eingebunden. Die Auswahl der Verfahren orientierte sich an den Vorgaben aus dem Zulassungsverfahren von Pflanzenschutzmitteln. Untersucht wurde der Einfluss von Kupfer auf die Dehydrogenaseaktivität (DIN ISO 23753-1), Basal- und Kurzzeitatmung (DIN ISO 16072) und potentielle Ammonifikation (DIN ISO 15685).

Als Ergebnis der Freilanduntersuchung hat sich herausgestellt, dass die Gesamtabundanzen (Anzahl Würmer über alle Arten) bei niedriger und mittlerer Kupferbelastung wenig aussagekräftig sind und streuungsbedingt Mittelwertvergleiche zu keinen signifikanten Unterschieden führen. Bei näherer Betrachtung der Verteilung auf Lebensformen [Streubewohner (epigäisch), Mineralbodenbewohner (endogäisch) und Tiefengräber (anezisch)] (Abb. 1) und erst recht bei Betrachtung der Artenzahlen, werden dagegen Auswirkungen erkennbar (Abb. 2). In allen untersuchten Flächen äußerten sich die Wirkungen maßgeblich in einer Reduktion der Artenzahl der Mineralbodenbewohner. Im Falle geringerer Belastung (< 100 mg Cu/kg Boden) war diese Lebensform zwar noch zahlenmäßig präsent, aber nur durch eine Art repräsentiert. Bei hohen Gehalten (> 200 mg Cu/kg Boden) entfiel diese Lebensform zur Gänze und Streubewohner und Tiefengräber bestimmten die Lebensgemeinschaft bei nun auch deutlich reduzierter Gesamtabundanz. In der Mehrzahl der untersuchten Flächen reichte eine Auftrennung nach Lebensform aus, um Effekte sichtbar zu machen.

Die Labortests an Indikatoren der Bodenmakrofauna und Bodenmikroflora erbrachten bezogen auf die eingesetzten Testsysteme ein uneinheitliches Bild. Ähnlich wie in früheren Untersuchungen erwies sich der das Meidungsverhalten von Würmern nutzende Regenwurmfluchttest (48 h) als der empfindlichste Test. Auch der mit 3 Wochen erheblich längere Enchytraeen Reproduktionstest und auch die Larven des Laufkäfers *Poecilus cupreus* zeigten Effekte an. Die euedaphisch lebende Collembolenart *Folsomia candida* hingegen erwies sich als unempfindlich. Die mikrobiologischen Funktionstests zeigten sich vom Ausmaß der Kupferbelastung eher unbeeindruckt, sodass diese Ergebnisse noch einer weiteren Analyse zu unterziehen sind.

Die Unterschiede in den Ergebnissen der Freiland- und Laborstudien lassen sich möglicherweise mit der eher geringen Verfügbarkeit der gealterten Rückstände für die Labortestsysteme zurückführen, während die Freilanddaten ein Bild einer längerfristigen Entwicklung auf Populationsebene widerspiegeln.

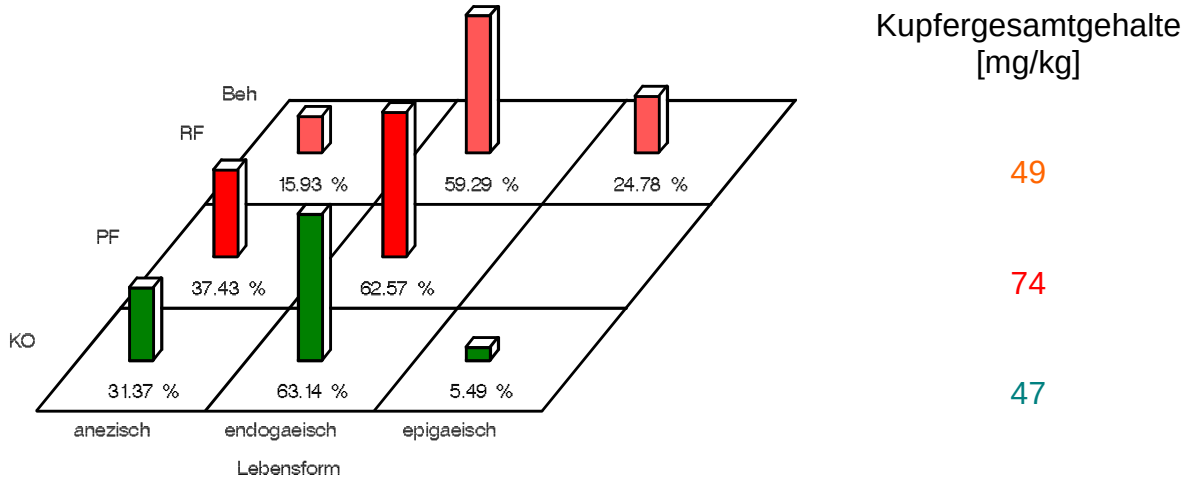


Abb.: 1
Anteil [%] der Anzahl Würmer der Lebensformen in den Prüfgliedern (Beh): Kontrolle (KO), Prüffläche (PF) und Referenzfläche (RF)

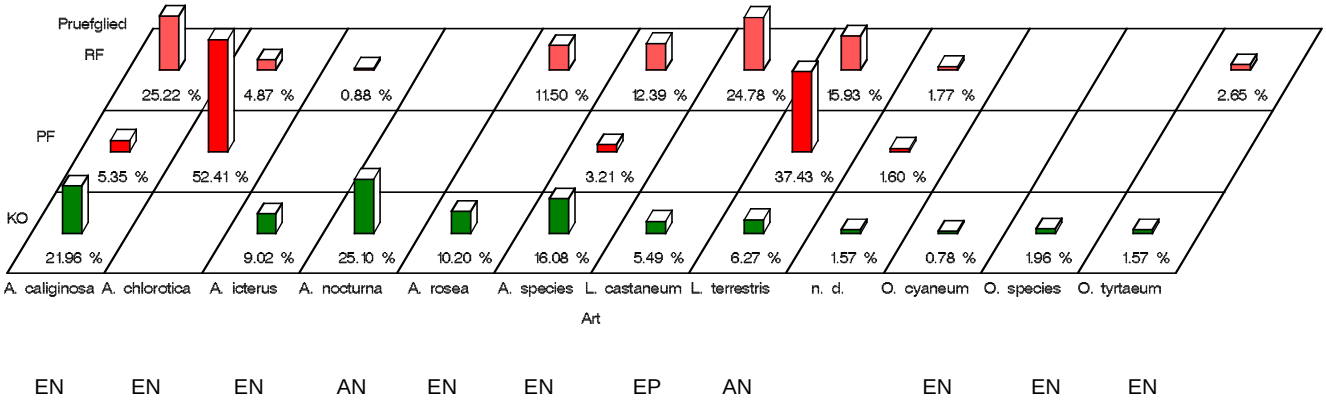


Abb.: 2
Anteil [%] der gefundenen Arten in den Prüfgliedern Kontrolle (KO), Prüffläche (PF) und Referenzfläche (RF) des Betriebes PF_02. Die Kürzel EN, AN und EP bezeichnen die Lebensformen Endogäische, Anezische und Epigäische.
Die Artenreduktion in der Prüffläche ist mit der deutlich geringeren Anzahl an Balken leicht erkennbar, obwohl der zahlenmäßige Anteil endogäisch lebender Individuen noch nicht betroffen ist, wie in Abb. 1 sichtbar.

Bioverfügbarkeit von gealterten Kupferrückständen in Weinbergsböden

Matthias Weidenauer
Battelle AgriFood Schweiz
weidenauer@battelle.org

EUROPEAN UNION COPPER TASK

European Union Copper Task Force

- 13 Mitgliedsfirmen:
  - Agri Estrella S. de R.L. de C.V.
  - Cerexagri s.a.
  - Cinkarna - Metallurgical & Chemical Industry Celje, INC.
  - DuPont de Nemours (France) S.A.S.
  - n.v. Erachem Comilog s.a.
  - Industrias Quimicas Del Valles, S.A.
  - Isagro S.p.A.
  - Manica SpA
  - Montanwerke Brixlegg AG
  - Nordox AS
  - Nufarm GmbH & Co KG
  - Sales y Derivados de Cobre S.A.
  - Spieß-Urania Chemicals GmbH
- Wissenschaftliches und Leitungskomitee

BUSINESS SENSITIVE 2

EUROPEAN UNION COPPER TASK

European Union Copper Task Force

- Ziel der Task Force:
  - Aufnahme von Kupferverbindungen in Annex I der Richtlinie 91/414/EWG (Tomaten, Weinbau)
  - Als Aktivsubstanz nach Anforderungen des Annex II
    - Kupferhydroxid — Kupferkalkbrühe (Bordeaux mixture)
    - Kupferoxychlorid — Dreibasisches Kupfersulfat
    - Kupferoxid

➢ Aufnahmerichtlinie 2009/37/EG: Cu für 7 Jahre

  - Bedingungen Antragsteller (30. Nov.2011):
    - Inhalationsrisiko
    - Risikobewertung für Nicht-Zielorganismen, Böden und Gewässer
  - Mitgliedsstaaten:
    - Programm zur Überwachung des Bodens gefährdeter Gebiete

BUSINESS SENSITIVE 3

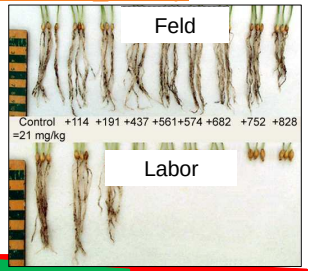
EUROPEAN UNION COPPER TASK

Bioverfügbarkeit und Alterung

- Toxizität von Kupfer im Boden abhängig von
  - Bodenart (pH, KAK, organischer Kohlenstoff)
  - Alter der Rückstände

➢ Ergebnisse für Einfluß auf Makro- und Mikro-Organismen des Bodens scheinbar widersprüchlich

- Konzept der Bioverfügbarkeit
  - Regressionsmodell entwickelt von ECI (VRAR) http://echa.europa.eu/chem_data/transit_measures/vrar_en.asp
    - Korrelationen von Toxizität für verschiedene Bodenorganismen mit pH, KAK, organischem Material, Ton
    - Akzeptiert vom SCHER Ausschuss, mit Einschränkung für landwirtschaftliche Szenarien/Böden

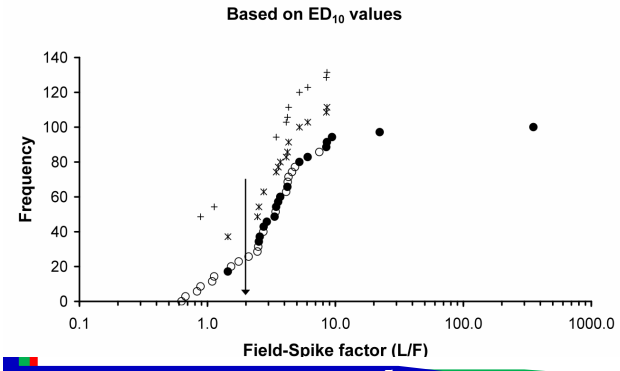


BUSINESS SENSITIVE 1

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Regressionsmodell für PNEC

- Ökotoxtests (Pflanzen, Mikro-Organsimen, Invertebrate) mit frisch zugesetztem Cu in verschiedenen Böden
- Auswahl des NOEC aus erstellter Datenbank
- Gleiche Ökotoxtests mit frischen und gealterten Cu-Rückständen in gleichen Böden



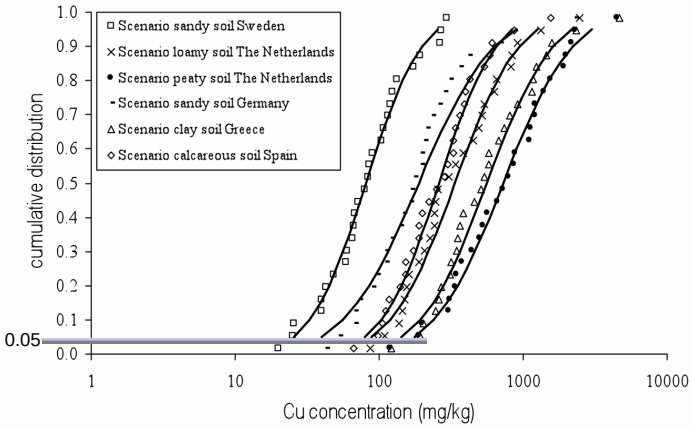
Bestimmung eines Alterungs (leaching/ageing) Faktors:
Für Cu L/A = 2

BUSINESS SENSITIVE 5

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Bestimmung von Bodenspezifischen PNECs

Für Cu:
PNEC variiert zwischen 20 – 200 mg/kg je nach Bodentyp



Task Force erweitert das Modell für landwirtschaftlich relevante Szenarien:
L/A Faktor für Weinbergsböden

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Bodenauswahl

- Verschiedene Bodentypen
- Möglichst hoher Cu-Rückstand
- Gradient auf dem Feld
- Geeignete Kontrolle

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Eigenschaften der Böden

Gradient 1

Cu_{tot}	pH	CEC
92	7.5	36
234	7.6	20
321	7.4	33
365	7.3	31
391	7.5	34

Gradient 2

Cu_{tot}	pH	CEC
44	7.35	18
146	7.31	18
303	7.15	23
341	7.29	20
400	7.05	37
402	7.12	25

Gradient 3

Cu_{tot}	pH	CEC
93	7.54	15
120	7.51	18
172	7.55	17
307	7.5	24
340	7.51	14
380	7.46	20

Gradient 4

Cu_{tot}	pH	CEC
101	7.49	36
258	7.29	38
291	7.26	36
305	7.23	34
349	7.31	37

Gradient 5

Cu_{tot}	pH	CEC
101	7.34	23
161	7.41	23
247	7.13	23
231	7.29	23
389	7.27	32
435	7.28	32
502	6.82	19

Gradient 6

Cu_{tot}	pH	CEC
23	7.38	17
201	5.93	10
425	6.83	22
531	6.78	14
689	6.88	23

Erste Linie: Kontrolle
Cu_{tot} in mg/kg

BUSINESS SENSITIVE 8

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Eigenschaften der Böden

Gradient 7

Cu_{tot}	pH	CEC
105	7.35	16
194	7.41	18
272	7.46	20
425	7.34	35
448	7.17	17

Gradient 8

Cu_{tot}	pH	CEC
65	7.22	29
276	7.33	21
335	7.22	21
360	7.28	22
418	7.34	21
516	7.33	21

Gradient 9

Cu_{tot}	pH	CEC
74	5.73	11
142	6.65	17
304	6.75	19
364	6.71	20
491	6.76	19
513	6.76	23

Gradient 10

Cu_{tot}	pH	CEC
105	6.5	6
159	6.36	20
237	6.93	16
321	6.87	19
376	6.83	20
435	6.87	19

Gradient 12

Cu_{tot}	pH	CEC
66	7.67	15
155	7.55	15
187	7.58	17
328	7.41	18
389	7.45	18
397	7.37	15
455	7.33	19

Erste Linie: Kontrolle
Cu_{tot} in mg/kg
Parameter bestimmt nach Smolders 2004

Sand: 19 – 71%
Ton: 9 – 41%
Schluff: 7 – 46%

BUSINESS SENSITIVE 9

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Versuchsbedingungen

- Kontrollboden mit 5 Aufstockungen versetzt
  - 100, 200, 400, 800, 1600 mg/kg als $CuCl_2$
- Alle Proben eines Bodengradienten getestet
- Wassergehalt eingestellt (max 70% pF2)
- Oekotoxtests mit 3 trophischen Levels:
  - Pflanze (Wurzellänge Gerste) ISO 11269-1 (2005); alle 11 Böden
  - Pflanze (Tomate Wachstum) ISO 11269-2 (2005); Böden 6 -12
  - Nitrifikation (Substrat induziert) ISO 14238-1 (1997); Böden 6 – 12
  - Nitrifikation (Potentielle Rate bei unlimitiertem Substrat) Böden 6 – 12
  - Invertebrate (Reproduktion *Enchytraeus albbidus)* OECD 220 (2004a) Böden 6 – 12 (z.Z. noch im Gange)

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Versuchsauswertung

- Dosis/Wirkungs Kurven für jeden Test erstellt als Funktion der Kupferzugabe (nach Abzug Kontrollwert)
  - Fit nach Doelman and Haansrta 1989, Marquart Methode (SAS 9.2)
- Vergleich von ED50 bzw. ED10 mit Resultaten der Böden mit gealterten Rückständen (Alterungsfaktor):

$$L/A\ factor = \frac{ED10\ field = C2}{ED10\ spiked = C1} \quad (Eqn.\ 2)$$

$$minimal\ L/A\ factor = \frac{C_{max}}{ED10\ spiked = C1} \quad (Eqn.\ 3)$$

- Zusätzliche Korrektur für Unterschiede in KAK:

$$C_{max}\,corr = C_{max} \times \left[\frac{eCEC_{control\ soil}}{eCEC\ C_{max}}\right]^{bioassay\ slope\ ED50} \qquad Eqn.\ (6)$$

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Ergebnisse - Pflanzentest Wurzellänge Gerste

	Root length (mm)	stdev (n=3)	ED10 (mg Cu/kg)	95% confidence interval	ED50 (mg Cu/kg)	95% confidence interval
Gradient 1	62	5	86	[53; 140]	620	[506; 759]
Gradient 2	92	1	224	[188; 266]	458	[420; 499]
Gradient 3	65	4	15	[5; 50]	201	[124; 326]
Gradient 4	45	11	637	[213; 1903]	1363	[966; 1922]
Gradient 5	88	6	105	[56; 198]	481	[362; 639]
Gradient 6	55	1	117	[64; 214]	538	[408; 709]
Gradient 7	80	16	23	[4; 130]	240	[120; 480]
Gradient 8	79	12	399	[233; 684]	937	[755; 1162]
Gradient 9	108	3	186	[159; 218]	441	[412; 471]
Gradient 10	77	5	122	[62; 242]	432	[326; 571]
Gradient 12	28	9	60	[9; 391]	638	[240; 1694]

- Frisch aufgestockt mit Cu

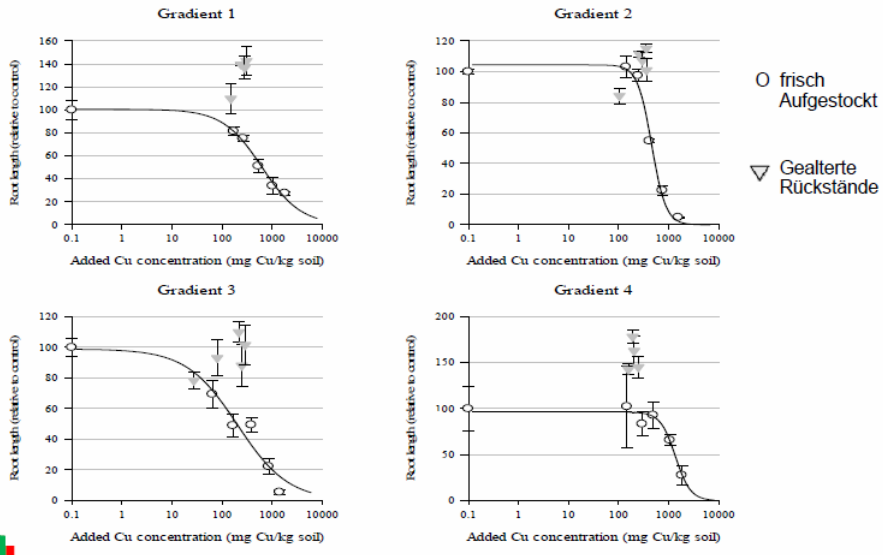
	C_{max} (mg added Cu/kg)	C_{max}corr (mg added Cu/kg)	Root length (%, relative to control)	stdev (n=3)	Expected Response (%)	
Gradient 1	306	314	143	13	67	[55; 79]
Gradient 2	360	283	101	7	85	[71; 98]
Gradient 3	287	244	102	13	55	[35; 75]
Gradient 4	248	243	145	12	94	[44; 144]
Gradient 5	401	462	99	5	56	[36; 77]
Gradient 6	666	546	139	5	50	[28; 71]
Gradient 7	345	329	122	13	42	[8; 76]
Gradient 8	451	561	92	39	84	[55; 112]
Gradient 9	440	272	80	6	77	[69;85]
Gradient 10	330	175	113	14	78	[59; 98]
Gradient 12	390	334	229	25	70	[14; 127]

- Gealterte Cu Rückstände und erwartetes Ergebnis

BUSINESS SENSITIVE 12

EUROPEAN UNION COPPER TASK FORCE

Ergebnisse - Pflanzentest Wurzellänge Gerstebnisse



BUSINESS SENSITIVE 13

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Überblick Ergebnisse

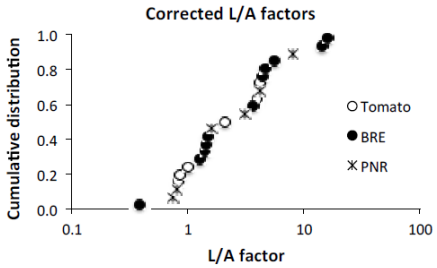
	Pflanze		Nitrifikation		Invertebrate
	Tomate	Wurzel	PNR	SIN	
Gradient 1		>3.7			
Gradient 2		>1.3			
Gradient 3		>15.9			
Gradient 4		>0.4			
Gradient 5		>4.4			
Gradient 6	>2.1	>4.7	>4.1	>0.58	>1.7
Gradient 7	>1.0	>14.5	>3.1	ND	
Gradient 8	>4.2	>1.4	>1.6	>0.42	
Gradient 9	>0.8	>1.5	>0.7	>0.5	
Gradient 10	>0.8	>1.4	>0.8	>0.3	
Gradient 12	>3.9	>5.5	>8.1	>0.2	
Median	> 1.5	>3.7	>2.4		
Mittelwert	>2.1	>5.0	>3.1	>0.4	
Sd	1.5	5.3	2.4	0.1	
Gesamtmittelwert		>3.7			
sd		4.1			

BUSINESS SENSITIVE 14

EUROPEAN UNION COPPER TASK FORCE

Schlußfolgerung

Gradient	Cu max	PNECtotal	Cumax/PNEC
	mg Cu/kg	mg Cu/kg	/
		L/A factor = 4.0	
1	391	227	1.7
2	402	207	1.9
3	380	159	2.4
4	349	255	1.4
5	502	185	2.7
6	689	193	3.6
7	448	169	2.7
8	516	173	3.0
9	513	206	2.5
10	435	175	2.5
12	455	173	2.6
Min	349	159	1.4
Median	448	185	2.5
Max	689	255	3.6



- Der Alterungsfaktor 2 (VRAR) wurde für zu niedrig befunden, da resultierende PNECs weit unter Cu max liegen

- **Ein Alterungsfaktor von 4.0 wird vorgeschlagen, mit resultierenden PNECs im Bereich 159-255mg/kg**

BUSINESS SENSITIVE 15

EUROPEAN UNION COPPER TASK

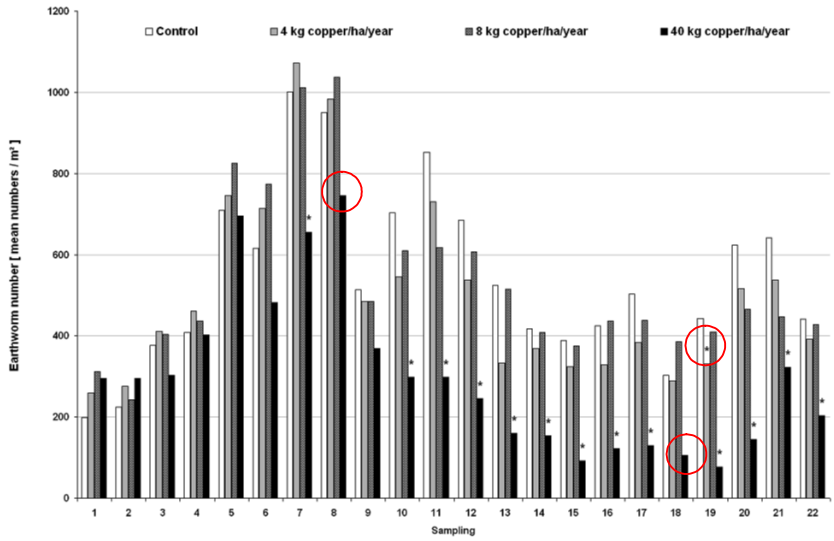
Langzeitfeldstudie - Regenwurm

- Klein et. al. 2011
- Studie im Jahr 2003 begonnen
  - Richtlinie ISO 11268-3
  - 2 Standorte Süddeutschland (Gras)
    - Schluff (Us, Niefern), Lehm (Lt, Heiligenzimmern)
  - Jährliche Dosisraten 4 kg/ha, 8 kg/ha and 40 kg/ha
    - 3 Applikationen / Probenahme (Apr. Okt. und Dez.)
  - Endpunkte: Anzahl, Biomasse, Taxa, Bio-Akkumulation
- Kupfergehalt im Boden
  - Horizonte 0-5 cm, 5-30 cm
  - Gesamtkupfer und $CaCl_2$ Extrakt

BUSINESS SENSITIVE 16

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Anzahl Regenwürmer - Niefern



BUSINESS SENSITIVE 17

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Ergebnisse Niefern - Anzahl

Reductions [a] in total earthworm abundance in %					
Field site	Year	Sampling	4 kg Copper/ ha/year	8 kg Copper/ ha/year	40 kg Copper/ ha/year
Niefern	2003	1	-	-	-
		2	-	-	-
	2004	3	-	-	-
		4	-	-	-
		5	-	-	-
	2005	6	-	-	-
		7	-	-	34.5*
		8	-	-	-
	2006	9	-	-	-
		10	-	-	57.6*
		11	-	-	64.9*
	2007	12	-	-	64.1*
		13	-	-	69.6*
		14	-	-	63.2*
	2008	15	-	-	76.4*
		16	-	-	71.3*
		17	-	-	74.3*
	2009	18	-	-	-
		19	25.1*	-	82.8*
	2010	20	-	-	76.8*
		21	-		49.8*
	2011	22	-	-	53.9*

- Reduktion der Anzahl Regenwürmer %
- - keine signifikante Reduktion
- Nach Probenahme 19 keine weitere Applikation bei 40 kg Cu/ha/Jahr

BUSINESS SENSITIVE 18

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Ergebnisse Heiligenzimmern - Anzahl

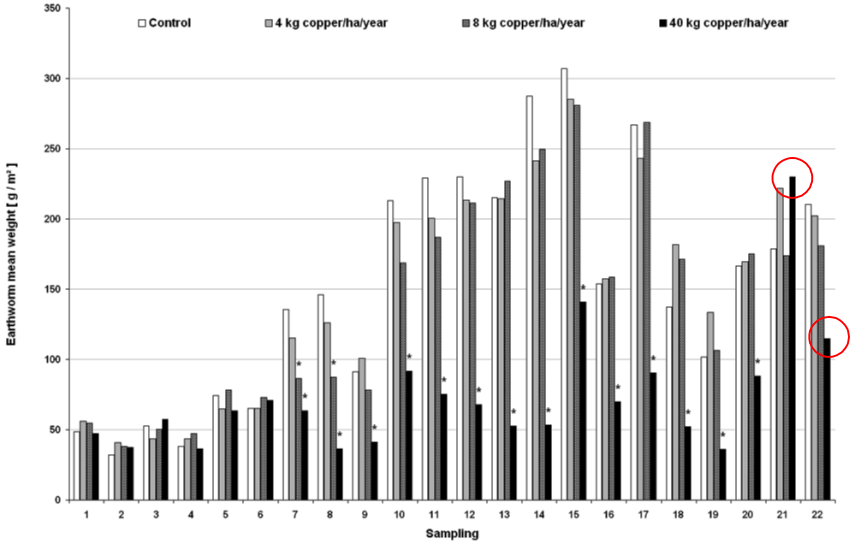
Reductions [a] in total earthworm abundance in %					
Field site	Year	Sampling	4 kg Copper/ ha/year	8 kg Copper/ ha/year	40 kg Copper/ ha/year
Heiligenzimmern	2003	1	-	-	-
		2	-	-	-
	2004	3	-	-	-
		4	-	-	-
		5	-	-	-
	2005	6	-	-	-
		7	-	-	-
		8	-	-	45.9*
	2006	9	-	-	-
		10	-	-	43.3*
		11	-	-	50.4*
	2007	12	-	22.8*	48.2*
		13	-	-	83.7*
		14	-	26.0*	85.1*
	2008	15	-	-	65.1*
		16	-	-	62.0*
		17	-	-	65.6*
	2009	18	-	-	62.9*
		19	-	-	81.4*
	2010	20	-	-	78.0*
	2011	22	-	-	65.1*

- Reduktion der Anzahl Regenwürmer %
- - keine signifikante Reduktion
- Nach Probenahme 19 keine weitere Applikation bei 40 kg Cu/ha/Jahr

BUSINESS SENSITIVE 19

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Biomasse Regenwürmwer - Heiligenzimmern



BUSINESS SENSITIVE 20

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Resultate Gruppen + Einzelspezies

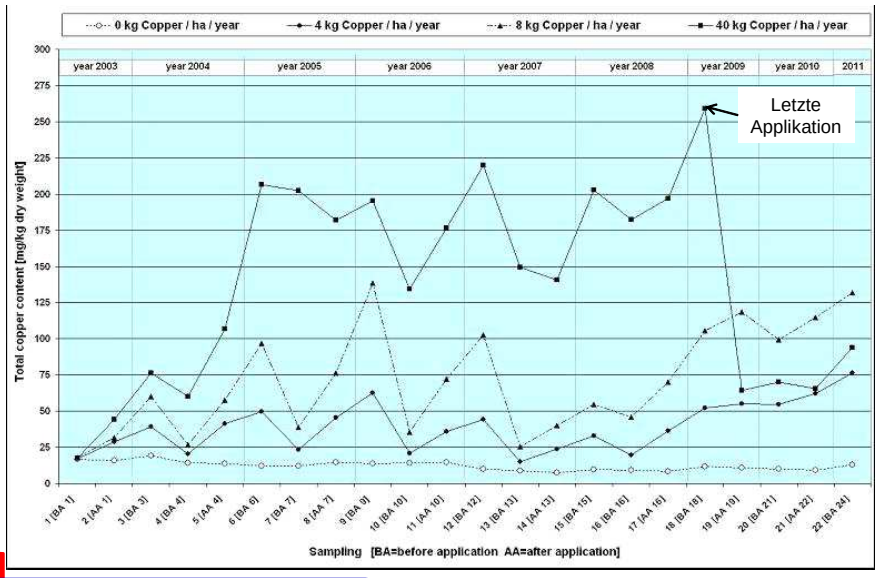
Earthworm species/group	Year	Sampling	4 kg Copper/ ha/year	8 kg Copper/ ha/year	40 kg Copper/ ha/year
			Reductions[a] in earthworm abundance in %		
Epigeic earthworms	2004	3	80.0*	84.0*	96.0*
		4	-	-	64.8*
	2006	9	-	57.8*	85.3*
	2007	13	-	-	60.9*
		14	-	-	76.2*
	2008	15	-	-	78.6*
	2009	19	-	-	80.6*
	2010	20	-	-	62.7*
Endogeic earthworms	2006	11	-	-	60.1*
	2008	16	-	-	81.3*
	2009	19	48.5*	-	64.4*
	2010	20	-	-	63.0*
		21	-	-	76.0*
	2011	22	-	-	66.9*
Total juvenile earthworms	2005	7	-	-	41.8*
	2006	10	-	-	65.7*
		11	-	-	68.5*
	2007	12	-	-	71.8*
		13	-	-	80.5*
		14	-	-	78.4*
	2008	15	-	-	83.3*
		16	-	-	72.7*
		17	-	-	83.6*
	2009	18	-	-	73.4*
		19	-	-	89.6*
	2010	20	-	-	83.5*
		21	-	-	58.3*
	2011	22	-	-	60.1*
Total adult earthworms	2005	6	-	-	31.2*
	2006	11	-	-	51.4*
	2008	16	-	-	69.0*
	2009	19	27.9*	-	71.8*
	2010	20	-	-	63.6*
	2011	22	-	-	45.3*

Earthworm species/group	Year	Sampling	4 kg Copper/ ha/year	8 kg Copper/ ha/year	40 kg Copper/ ha/year
			Reductions[a] in earthworm abundance in %		
Aporrectodea caliginosa	2006	11	-	-	72.4*
	2007	13	-	-	88.4*
	2008	16	-	-	95.1*
		17	-	-	94.9*
	2009	19	64.2*	-	97.3*
	2010	20	-	-	87.9*
		21	-	-	93.9*
	2011	22	-	-	93.4*
Aporrectodea rosea	2008	16	-	-	92.1*
	2009	19	-	-	98.0*
	2010	20	-	-	93.6*
		21	-	-	95.1*
	2011	22	-	-	97.6*
Lumbricus rubellus	2004	3	80.0*	84.0*	96.0*
	2005	8	-	-	58.8*
	2006	9	55.6*	52.8*	80.6*
	2007	13	-	-	68.0*
		14	-	-	74.6*
	2009	19	-	-	78.0*
	2010	20	-	-	53.2*
Tanylobous juvenile earthworms	2004	3	-	-	66.4*
	2005	6	-	-	63.5*
		7	-	-	43.7*
	2006	9	-	-	66.7*
		10	39.1*	32.3*	82.3*
		11	-	-	74.3*
	2007	12	43.0*	-	82.1*
		13	50.7*	-	92.3*
		14	-	-	86.6*
	2008	15	-	-	82.4*
		16	-	-	82.9*
		17	-	-	89.9*
	2009	18	-	-	85.0*
		19	-	-	93.5*
	2010	20	-	-	83.8*
Epilobous juvenile earthworms	2006	10	-	-	54.5*
		11	-	-	64.5*
	2007	13	-	-	70.8*
		14	-	-	72.9*
	2008	17	-	-	75.1*
	2009	19	-	-	85.3*
	2010	20	-	-	83.3*
		21	-	-	88.9*
	2011	22	-	-	82.7*

BUSINESS SENSITIVE 21

EUROPEAN UNION COPPER TASK

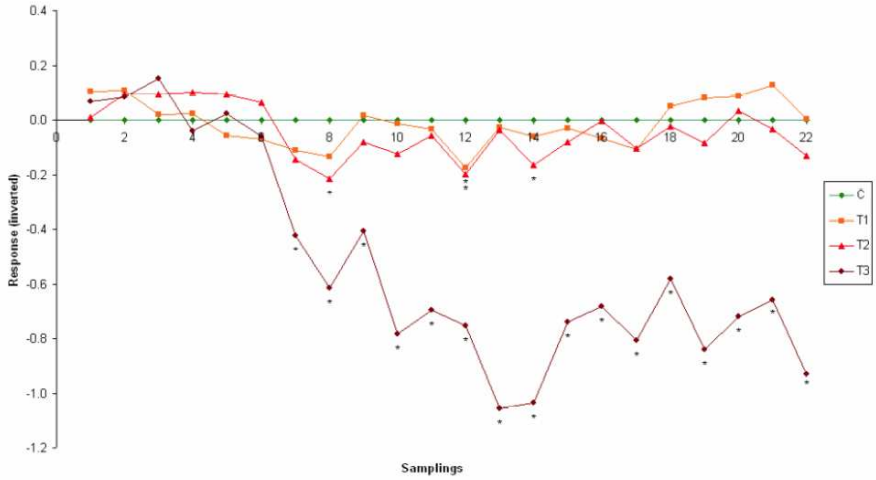
Kupfergehalt im Regenwurm



BUSINESS SENSITIVE 22

EUROPEAN UNION COPPER TASK FORCE

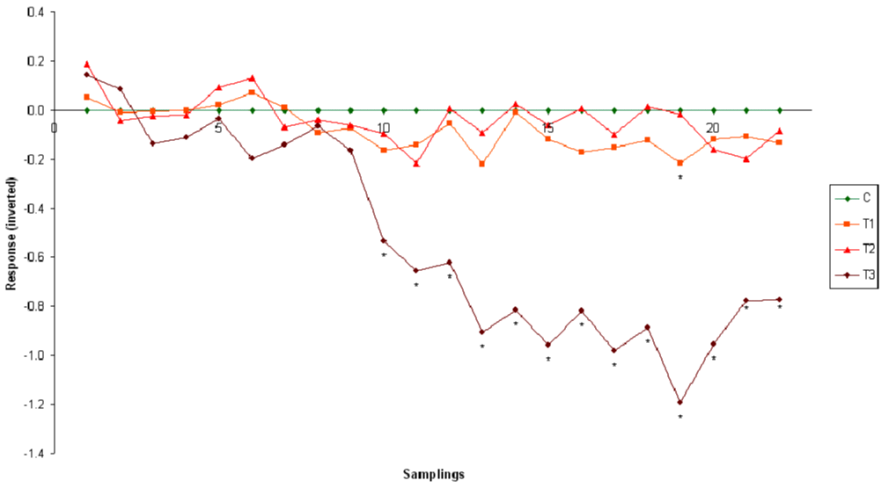
Multivariaten Analyse (PRC) – Niefern



BUSINESS SENSITIVE 23

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Multivariaten Analyse (PRC) –



BUSINESS SENSITIVE 24

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Lineare gemischte Modelle (LMM)

p = 0.05	Sampling																			
treatment T1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A. caliginosan																				
A. limicolan																				
A. longan																				
A. rosea													(*)			(*)				(*)
L. rubellusn																				
L. terrestrisn																				
tanylobous juveniles										(*)		(*)	(*)							
epilobous juveniles													(*)							
epigeic earthworms			(*)					(*)									(*)			
endogeic earthwormsn																				
anecic earthwormsn																				
total juveniles												(*)	(*)							
total adults		(*)																		
total earthworms													(*)							

p = 0.05	Sampling																			
treatment T3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A. caliginosan																				
A. limicolan																				
A. longan																				
A. rosea											(*)		(*)		(*)	(*)	(*)	(*)	*	*
L. rubellusn																				
L. terrestrisn																				
tanylobous juveniles			(*)	(*)	(*)	(*)	(*)		(*)	(*)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
epilobous juveniles							(*)			(*)	(*)	*	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)		(*)	*
epigeic earthworms			(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	**	(*)	(*)	(*)	(*)	*			(*)	*	(*)
endogeic earthwormsn																				
anecic earthwormsn																				
total juveniles							(*)	(*)	(*)	(*)	*	*	*	*	*	*	*	(*)	*	*
total adults											(*)		(*)	(*)	*	*	(*)	(*)	*	*
total earthworms							(*)			(*)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

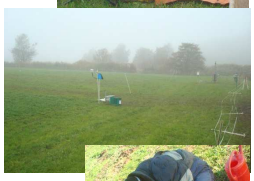
- Standort Niefern
- T2 (8 kg/ha)
- Signifikanz mit Tukey+LSD *
- Nur LSD ( )

- T3 (40 kg/ha)
- Signifikanz mit Tukey+LSD *
- Nur LSD ( )

BUSINESS SENSITIVE 25

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Regenwurm Feldstudie mit Cu

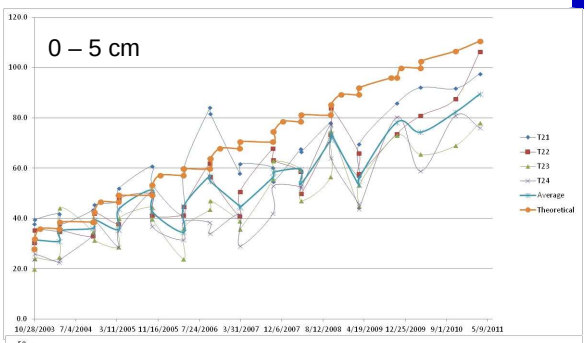


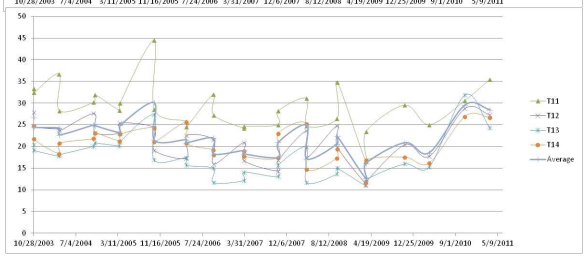
- Ergebnisse nach 8 Jahren
  - Keine statistisch signifikanten Effekte bei 4 kg/ha/Jahr über den gesamten Zeitraum
    - Probenahme 2 erhöhte, 19 verringerte Anzahl
  - Keine statistisch signifikanten Effekte bei 8 kg/ha/Jahr über den gesamten Zeitraum
    - Probenahmen 12 und 14 verringerte Anzahl
  - Multivariaten Analyse (PRC) und lineare gemischte Modelle zeigen keine Effekte für 4 und 8 kg/ha/Jahr
  - Effekte deutlich be 40 kg/ha/Jahr
    - Applikation von 40 kg/ha in 2009 gestoppt
    - Biomasse nimmt wieder zu

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Feldstudie – Kupfer im Boden

- Standort Niefern
  - 8 kg/ha
  - 4 Replikate
  - Kein Austrag
  - Werte in mg/kg





- Cu Akkumulation
  - Auf 0-5 cm begrenzt
  - 5-30 cm nimmt ab
  - 0-30 cm Durchschnitt zeigt kaum Anstieg

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Langzeitstudie Regenwurm / Bodenakkumulation

- Keine Effekte auf Regenwürmer bei 8 kg/ha/Jahr
  - Bodenkonzentration nach 8 Jahren bei ca. 95 mg/kg
  - Am oberen Ende der UBA Studie Römbke & Jentsch
    - SSD HC5 = 55 mg/kg (27.7 – 92.4)
- Massenbilanz verbessert
  - Gefundene Kupfermengen bleiben z.T. leicht hinter Erwartung zurück
  - Weitergehende analytische Anstrengungen unternommen
    - Run-off Studie zeigt, daß kein Kupfer weggespült wird
    - Grasabfall (litter) wird nicht ausgetragen und mitbeprobt
    - Aqua regia Aufschluß liefert gleiches Ergebnis wie Totalaufschluß

BUSINESS SENSITIVE 28

EUROPEAN UNION COPPER TASK

Reduktion von Kupfer

- Die EU Copper Task Force hat notwendige Daten erarbeitet, um die EU-Zulassung von Kupferpräparaten zu bestätigen
- Die Resultate erlauben die Ableitung einer sicheren Nutzung von Kupfer bis zu 8 kg/ha/Jahr
- Die EUCuTF unterstützt die Reduktion von Kupfergaben auf die zum Erzielen des gewünschten Effekts minimal notwendige Dosis
  - Wirksamkeitsstudien im Gange
- Die Risikobewertung für Boden insbesondere gealterter Rückstände sollte Standortspezifisch erfolgen, unter Inbetrachtnahme von Bodenparametern und Alterungsfaktoren

BUSINESS SENSITIVE 29

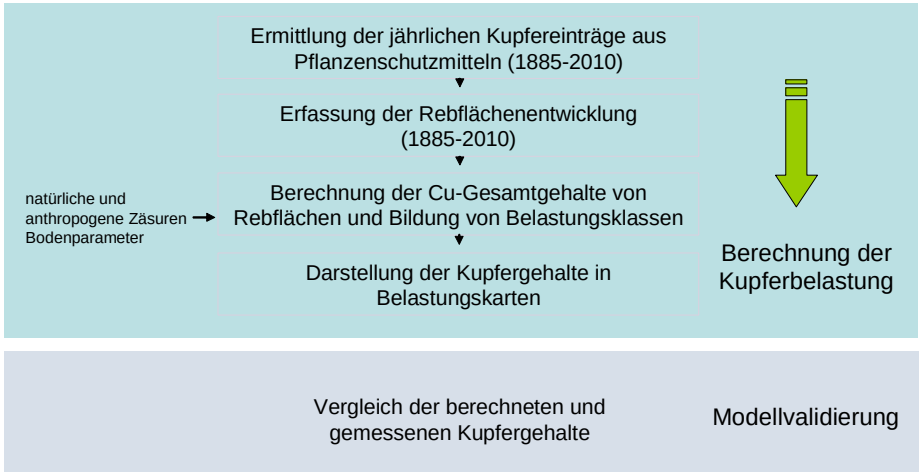
Räumliche Abschätzung der Kupferbelastung infolge historischer Pflanzenschutzmitteleinträge im Weinbau – Erarbeitung einer Methodik an zwei Modellregionen in Deutschland

Matthias Trapp[1], Bernd Altmayer[2], Kai Thomas[1], Wolfram König[3], Tobias Frische[3]
[1] RLP AgroScience, Breitenweg 71, 67435 Neustadt an der Weinstraße
[2] DLR Rheinpfalz, Breitenweg 71, 67435 Neustadt an der Weinstraße
[3] Umweltbundesamt, Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau
matthias.trapp@agroscience.rlp.de

Das Ziel des im Vortrag vorgestellten Projektes war, anhand von zwei ausgewählten Teilgebieten in deutschen Weinanbauregionen ein Modell zu entwickeln, mit dem typische Erwartungsgehalte von Kupfer in Weinbergböden räumlich vorausgesagt werden können. Die Modellberechnungen basieren dabei hauptsächlich auf der Dauer der Weinbergnutzung und typischen Kupfereinträgen durch Pflanzenschutzmittel in der Vergangenheit, wobei auch standortspezifische Bodenparameter wie Kupfer-Hintergrundwerte, Bodentextur und Bodenbearbeitung in das Modell eingeflossen sind.
Ideale Voraussetzungen im Sinne einer sehr guten Datenbasis boten sich für die Projektrealisierung in Rheinland-Pfalz. Sowohl digitale Kartenwerke und Kupfer-Oberbodenmesswerte des Landesamtes für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht als auch bereits in Bodenzustandsberichten (Landesamt für Geologie und Bergbau) veröffentlichte Kupferbodengehalte sowie zahlreiche Archivdaten über Weinbergspritzungen in den letzten 115 Jahren existieren für weite Teile des Bundeslandes. Letztlich wurden zwei Teilgebiete an der Mosel und an der Pfalz für die Untersuchungen ausgewählt. Für beide Gebiete war die digitale Datenbasis überdurchschnittlich gut.
Mit dem Projekt ist es erstmalig gelungen, für südwestdeutsche Anbaugebiete die Kupfereinträge in Weinbergböden über Pflanzenschutzmittel seit 1886 zu bilanzieren. Damit steht eine neue Datenbasis für modellbasierte Abschätzungen der Kupferanreicherung in Weinbergböden zur Verfügung. Darüber hinaus ließ sich das räumliche Ausmaß der Bewirtschaftung von Weinbergflächen seit 1886 in beiden Modellgebieten (Schweich/Trier, Bad Dürckheim) gut erfassen. Auf der Basis der verwendeten historischen Karten (Maßstab 1:25.000) lassen sich gebietsspezifische Aussagen zur Entwicklung der Flächennutzung im Weinbau ableiten, die jedoch nicht ohne Weiteres auf andere Anbaugebiete und -regionen oder auf das gesamte Bundesgebiet übertragen werden können. Die Validierung des Modells zeigte eine gute Übereinstimmung der berechneten und der gemessenen Kupferwerten in Weinbergböden in der Mosel und eine tendenzielle Überschätzung in der Pfalz. Als Hauptursache für die stärker überschätzten Modellvorhersagen in der Pfalz wird die fehlerbehaftete Extrapolation der Weinbergnutzung vor 1934 (aufgrund fehlender historischer Informationen) angesehen. Im Ergebnis zeigen nicht unerhebliche Flächenanteile der untersuchten Weinbauflächen deutlich erhöhte modellierte Kupfer-Gehalte im Boden oberhalb der Vorsorgewerte der BBSchV und oberhalb der typischen Hintergrundwerte. Diese Tatsache ist ebenfalls aus Einzelmessungen der Bundesländer bekannt. Die Modellergebnisse bestätigen ferner die Annahme, dass die Nutzungsdauer der Weinberge ein entscheidender Parameter für die Kupferanreicherungen im Boden aufgrund von Pflanzenschutzmitteleinträgen ist. Im Untersuchungsgebiet an der Mosel werden zum Beispiel vor allem für die langjährig genutzten Steillagen hohe Kupfergehalte im Oberboden vorausgesagt. Allgemein

gilt: Je besser die historische Flächennutzung bekannt ist, desto genauer lassen sich die Schwermetalleinträge durch Pflanzenschutzmittel in den Boden abschätzen.

Methodik* - Ablauf der Modellstudie

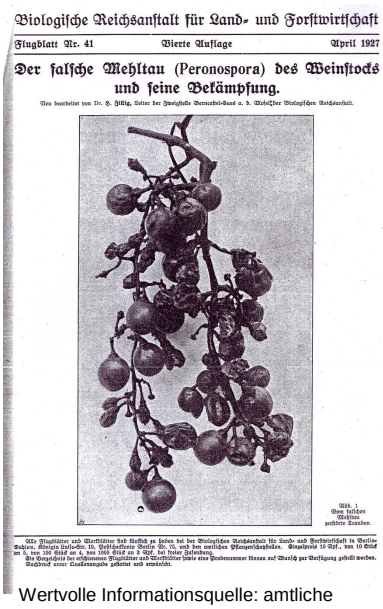


*) Die angewandte Methode basiert auf der schweizerischen Studie von Studer et al. (1995)

Agroscience

Methodik - Ermittlung der jährlichen Kupfereinträge aus Pflanzenschutzmitteln (1885-2010)

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ


Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Flugblatt Nr. 41 — Vierte Auflage — April 1927
Der falsche Mehltau (Peronospora) des Weinstocks und seine Bekämpfung.

Wertvolle Informationsquelle: amtliche Rebschutzberatung

- **Sichtung historischer Quellen** zur Kupferanwendung: z. B. Beratungsempfehlungen, Fachartikel, Versuchsberichte, Pflanzenschutzmittelverzeichnisse
- **Festlegung von Zeitabschnitten** nach etwa gleichen produktionstechnischen, wirtschaftlichen oder politischen Bedingungen
- **Abschätzung der jährlich ausgebrachten Kupfermengen** nach Angaben zu Anwendungshäufigkeit, Aufwandmengen und Anwendungskonzentrationen

Agroscience

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ

Zeitabschnitte:

Zeitraum	Prägende Ereignisse	Cu-Eintrag kg/ha/Jahr Ø
1887 - 1914	Erstes Auftreten der Peronospora, Beginn erster Weltkrieg, Bordeauxbrühe, erste Spritzgeräte (Platz)	21
1915 - 1918	1. Weltkrieg, Metallknappheit, teilweise Cu-freie oder Cu-reduzierte Ersatzmittel, geringere Anwendungskonz.	15
1919 - 1940	Inkubationskalender, Nosperal, Nosperit (Hoechst), Kupferkalkbrühe noch vorherrschend, Motorpumpen	45
1941 - 1945	Cu ist „kriegswichtiger Rohstoff“, kupferfreie Mittel von Schering, Kupfersparmittel, Kupferfertigpäparate, KKB mit max. 1 % empfohlen	26
1946 – 1950	KKB „bestes und billigstes Mittel“, PSM-Verzeichnis von 1948: außer Fuklasin nur Cu-Mittel	35
1951 - 1955	Kupferhaltige Mittel noch dominant, Kupferfertig-präparate häufiger, verbesserte Applikationstechnik, KKB rückläufig	42
1956 - 1959	KKB noch häufig, Akzeptanz für organische Fungizide nimmt zu, Grün-Weißspritzmittel kommen auf	17

Agroscience

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ

Nur seit Ende des 2. Weltkrieges

1946 – 1950	KKB* „bestes und billigstes Mittel“, PSM-Verzeichnis von 1948: außer Fuklasin nur Cu-Mittel	35
1951 - 1955	Kupferhaltige Mittel noch dominant, Kupferfertig-präparate häufiger, verbesserte Applikationstechnik, KKB rückläufig	42
1956 - 1959	KKB noch häufig, Akzeptanz für organische Fungizide nimmt zu, Grün-Weißspritzmittel kommen auf	17

*Kupfervitriolkalkbrühe („Bordeaux-Brühe“)

Alleine in 15 Jahren ca. 470 kg/ha Kupfereintrag

Agroscience

Zeitabschnitte:

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ

Zeitraum	Prägende Ereignisse	Cu-Eintrag kg/ha/Jahr Ø
1960 - 1967	Bedeutung der organischen Fungizide weiter zunehmenend (u. a. Zineb, Maneb, Orthocid, Metiram, Dithianon), Cu noch im NB-Bereich	10
1968 - 1978	Org. Fungizide durchgesetzt, Zulassung Benomyl erlaubt Botrytis-Bekämpfung ohne Cu, Abschluss-spritzung häufig noch mit Cu	4
1979 - 2002	Überwiedend organische Spritzfolge, Cu wieder verstärkt zur Abschlussspritzung eingesetzt, Öko-Weinbau noch ohne große Bedeutung	2
2003 - 2010	Datenbasis Neptun, ohne Öko-Betriebe	0,5

Agroscience

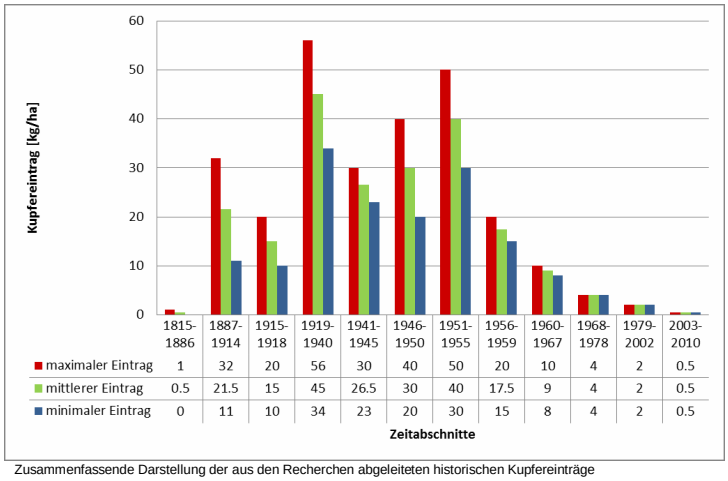
Seit Woodstock

1968 - 1978	Org. Fungizide durchgesetzt, Zulassung Benomyl erlaubt Botrytis-Bekämpfung ohne Cu, Abschluss-spritzung häufig noch mit Cu	4
1979 - 2002	Überwiedend organische Spritzfolge, Cu wieder verstärkt zur Abschlussspritzung eingesetzt, Öko-Weinbau noch ohne große Bedeutung	2
2003 - 2010	Datenbasis Neptun, ohne Öko-Betriebe	0,5

In den letzten 32 Jahren im Mittel davon nur noch 1/15 (87 kg Cu)

Agroscience

Methodik - Ermittlung der jährlichen Kupfereinträge aus Pflanzenschutzmitteln (1885-2010)



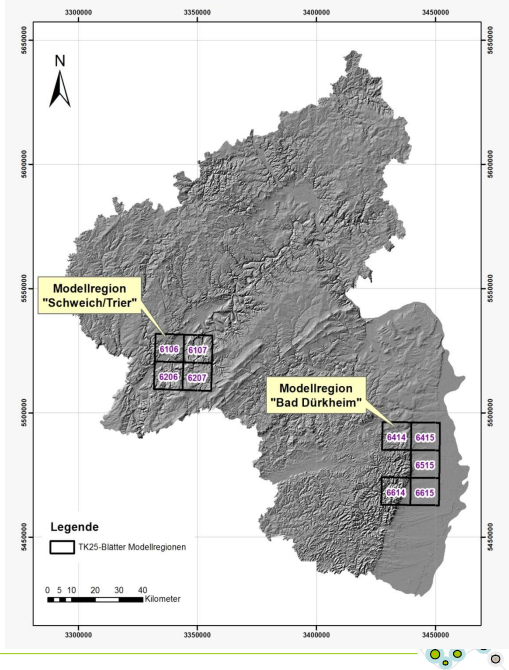
	1815-1886	1887-1914	1915-1918	1919-1940	1941-1945	1946-1950	1951-1955	1956-1959	1960-1967	1968-1978	1979-2002	2003-2010
maximaler Eintrag	1	32	20	56	30	40	50	20	10	4	2	0.5
mittlerer Eintrag	0.5	21.5	15	45	26.5	30	40	17.5	9	4	2	0.5
minimaler Eintrag	0	11	10	34	23	20	30	15	8	4	2	0.5

Zusammenfassende Darstellung der aus den Recherchen abgeleiteten historischen Kupfereinträge

- Für die Kupfergehaltsberechnung im Boden wurde der mittlere Eintrag verwendet.
- **Bei einer ununterbrochenen weinbaulichen Nutzung von 1885 – 2010 kommt es zu einem Kupfereintrag von rund 2400 kg/ha**

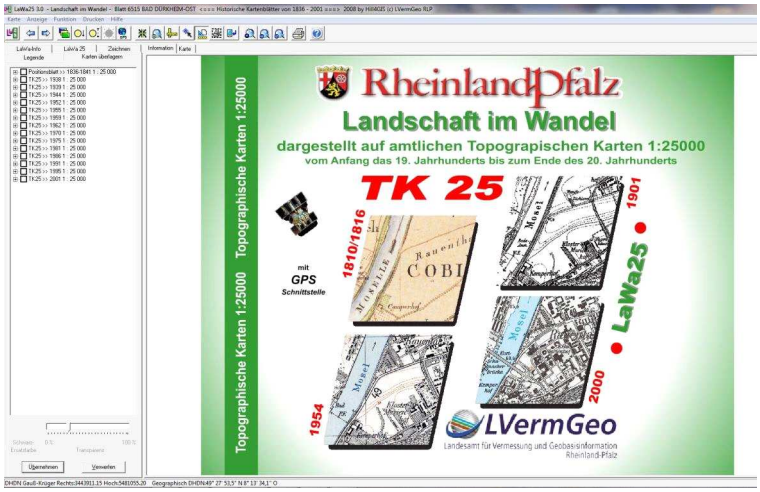
Methodik - Auswahl der Modellregionen

Unterschiede bzgl. Relief und Messwertdatensätzen

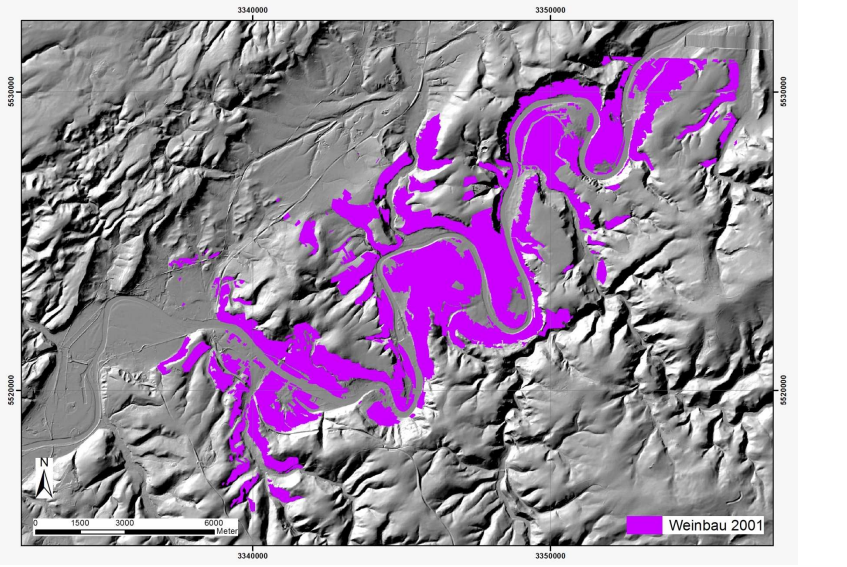


Methodik - Erfassung der Rebflächenentwicklung (1885-2010)

Informationen zur Landnutzung (Weinbau):
- Kartenwerk TK Landschaft im Wandel 1:25 000 (1885 – 2005)
- Aktuelle Weinbaufläche: Automatisiertes Liegenschaftskataster (ALK, Maßstab 1: 5 000)



© Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz, 2008

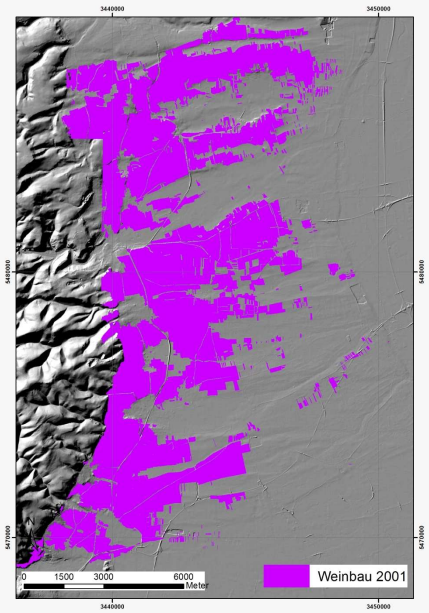


Methodik - Erfassung der Rebflächenentwicklung (1885-2010)

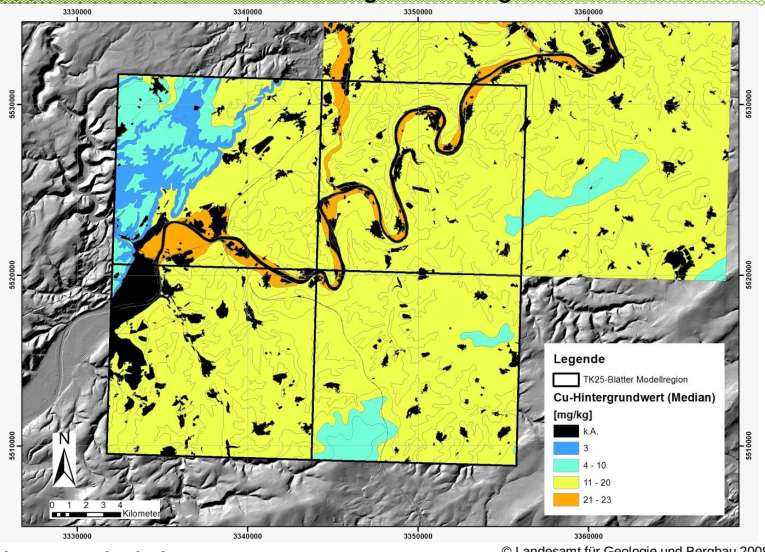
Entwicklung der Rebfläche in der Modellregion „Schweich/Trier“

Methodik - Erfassung der Rebflächenentwicklung (1885-2010)

Entwicklung der Rebfläche in der Modellregion „Bad Dürkheim“



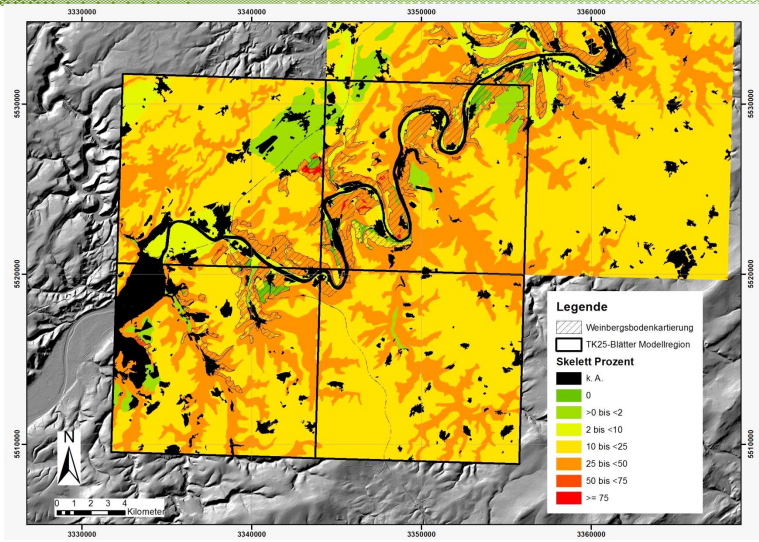
Methodik - Kartierung der Hintergrundwerte



© Landesamt für Geologie und Bergbau 2008

Hintergrundgehalt:
„Schadstoffgehalt eines Bodens, der sich aus dem geogenen (natürlichen) Grundgehalt eines Bodens und der ubiquitären Stoffverteilung als Folge diffuser Einträge in den Boden zusammensetzt“ (BBodSchV,1999)

Methodik - Grobbodenanteil



© Landesamt für Geologie und Bergbau 2007 & 2008

Die **Weinbergsbodenkartierung** für RLP von 1987 bzw. 1990 wurde bis 2007 digital umgesetzt. Daraus wurde der **Grobbodenanteil** in das Kupfermodell integriert.

Methodik - Einbeziehung natürlicher und anthropogener Zäsuren

Einflussfaktoren

Run-off/Erosion:

Aufgrund fehlender Daten keine Berücksichtigung im Modell

Flurbereinigung:

Keine flächendeckende Informationen über Maßnahmen in den Modellregionen für den gesamten Betrachtungszeitraum

Daher keine individuelle Berücksichtigung, sondern

➔Ein generalisiertes Flurbereinigungsszenario für alle Flächen (alle Einträge bis 1968 werden auf 1m Bodentiefe durchmischt)

Methodik - Berechnung des Kupfergehalts

Formel zur Berechnung des Cu-Gehaltes einer Teilfläche (verändert nach Studer et al., 1995):

$$\text{Cu-Gehalt} = \text{Eintrag} \times 1000 \div ((10000\text{m}^2 \times 0.5\text{m} \times 1.45\text{t/m}^3) \times (1 - \text{Gb})) + \text{Hw}$$

- Eintrag: Aufsummierung aller Einträge entsprechend der weinbaulichen Nutzung
- Gb: Bearbeitungstiefe, Lagerungsdichte, Faktor Grobboden
- Hw: Hintergrundwert

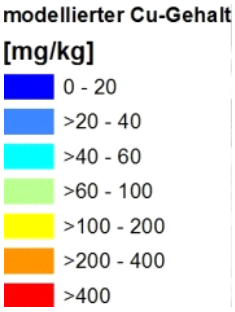
Methodik - Berechnung des Kupfergehalts

Kupfergehaltsklassen

Für die Auswertung und Darstellung der Ergebnisse wurden Kupfergehaltsklassen nach den **Kupfervorsorgewerten** aus der BBodSchV (1999) gebildet:

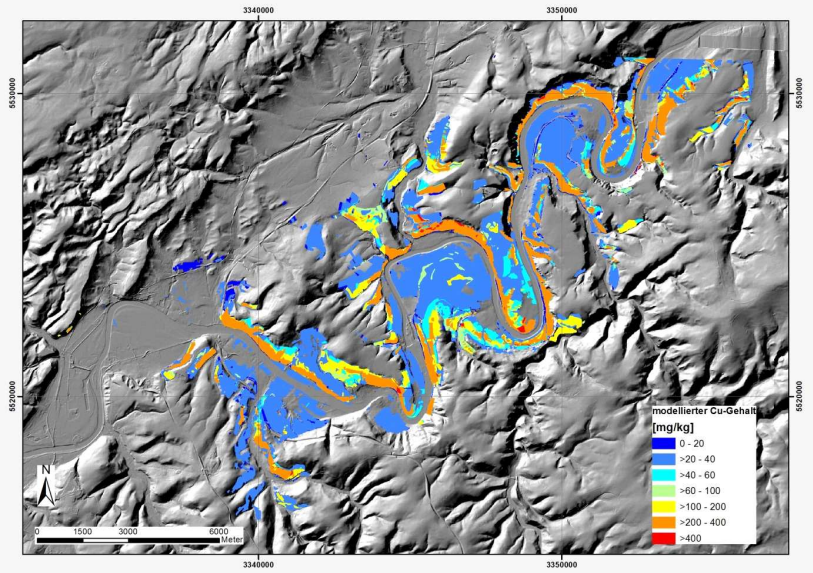
- **Sand (20 mg/kg),**
- **Schluff (40 mg/kg)**
- **Ton (60 mg/kg)**

Klassen > 60 mg/kg in Abhängigkeit von der Überschreitungshöhe



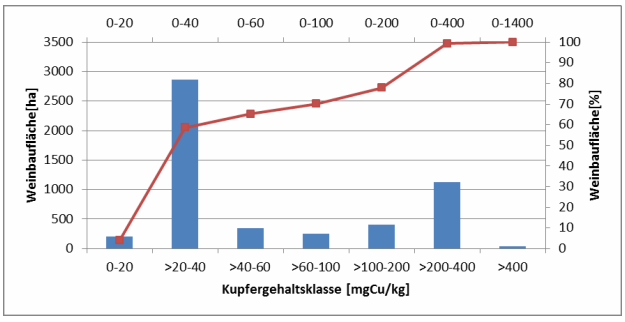
Ergebnisse - Modellierte Belastungskarte „Schweich/Trier“

Räumliches Muster der Kupfergehalte entspricht Dauer der weinbaulichen Nutzung



Ergebnisse - Flächenanteile der Kupfer-Belastungsklassen „Schweich/Trier“

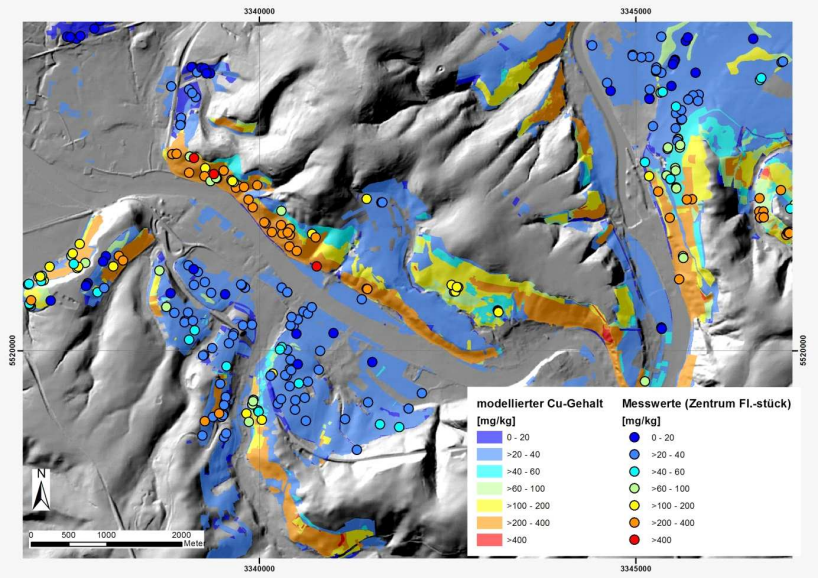
	Schweich/Trier [mg/kg]
Minimum	13
Maximum	1372
flächenbezogenes 50. Perzentil	35
flächenbezogenes 90.Perzentil	286



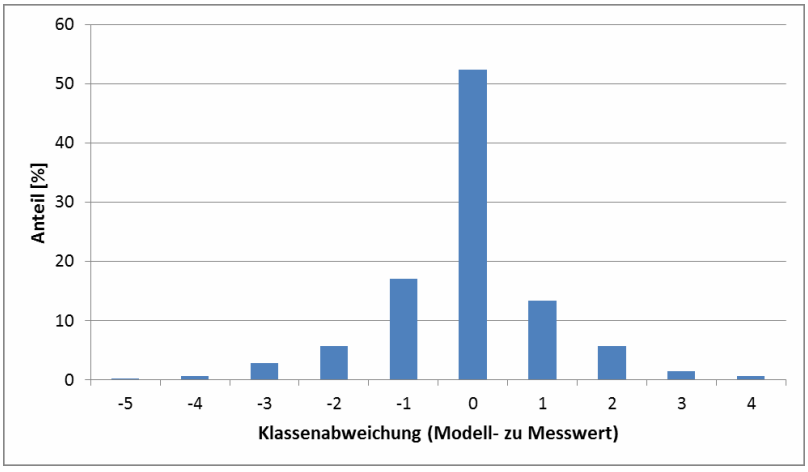
Hohe Flächenanteile in den beiden Kupfergehaltsklassen 20-40 mg/kg und 200-400 mg/kg

Ergebnisse - Modellvalidierung „Schweich/Trier“

Messwerte aus Bodenuntersuchungen gemäß Klärschlamm-VO (n=351)



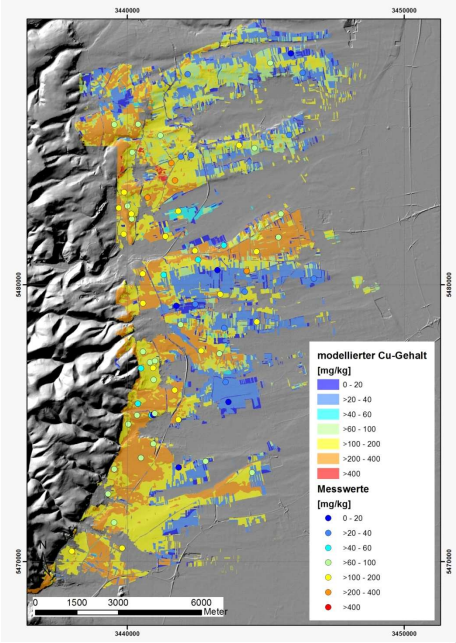
Ergebnisse - Modellvalidierung “Schweich/Trier“



- Mehr als 50 % der gemessenen Kupferbodengehalte innerhalb der modellierten Klassengrenzen
- Ca. 80 % aller Messwerte innerhalb der modellierten Klassengrenzen ± 1
- In den Klassen 20-40 mg/kg und 200-400 mg/kg über 70% Klassenübereinstimmung

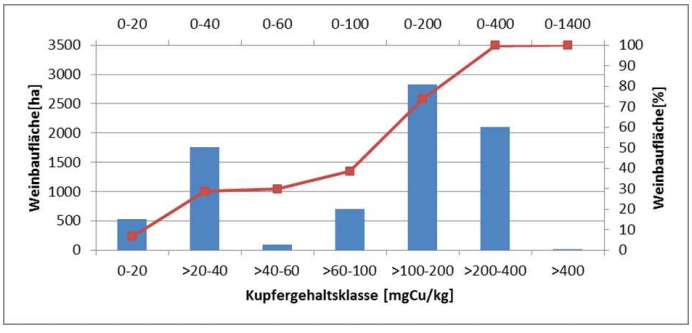
Ergebnisse - Modellierte Belastungskarte „Bad Dürkheim“

- Heterogeneres Bild der modellierten Kupfergehalte
- Messwerte aus der Bodenzustandsdatenbank (n=71)

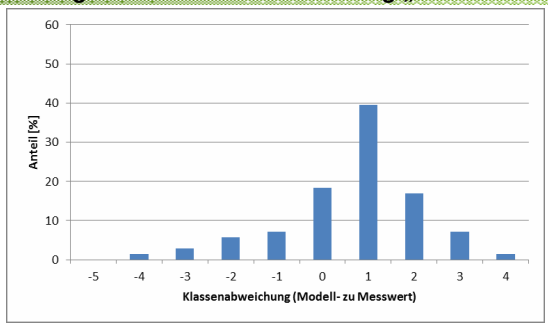


Ergebnisse - Flächenanteile der Kupfer-Belastungsklassen „Bad Dürkheim“

	Bad Dürkheim [mg/kg]
Minimum	3
Maximum	1367
flächenbezogenes 50. Perzentil	183
flächenbezogenes 90.Perzentil	284



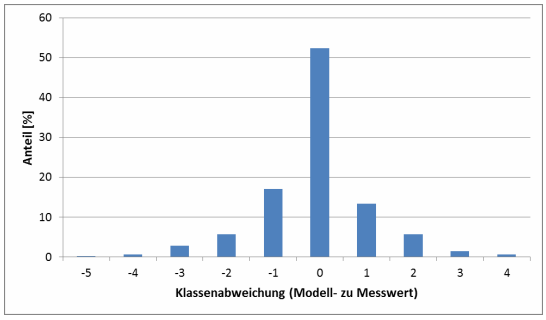
Ergebnisse – Vergleich der Modellvalidierung „Bad Dürkheim“ & „Schweich/Trier“



„Bad Dürkheim“

18 % der Messwerte innerhalb der modellierten Klasse

Ca. 65 % aller Messwerte innerhalb der modellierten Klasse ± 1



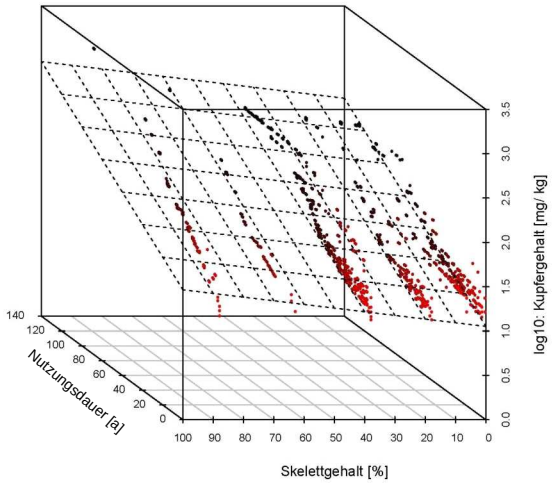
„Schweich/Trier“

50 % der Messwerte innerhalb der modellierten Klasse

Ca. 80 % aller Messwerte innerhalb der modellierten Klasse ± 1

Ergebnisse - 3D-Plot: Nutzungsdauer, Skelettgehalt und Cu-Gehalte

„Schweich Trier“



Rangkorrelation Spearman:
Skelettgehalt: r= 0.26
Nutzungsdauer: r= 0.95

Funguran® progress und Cuprozin® progress –
Die neue Generation der Kupferfungizide

Der Fortschritt in der Kupferminimierung
Herbert Welte
Spiess-Urania Chemicals GmbH
Frankenstraße 18 b, 20097 Hamburg
Jentzmik@Spiess-Urania.com

Seit vielen Jahrzehnten leistet die Spiess-Urania Chemicals GmbH mit umfangreicher Forschungsarbeit zur Minimierung des Eintrags von Kupfer in die Umwelt einen Beitrag zur Ressourcenschonung und Nahrungsmittelsicherheit. Im Vordergrund steht dabei die Entwicklung von Kupferfungiziden, die trotz geringer Kupfer-Aufwandmengen hohe Wirkungsgrade aufweisen.

Mit Einführung der Produkte **Funguran®** ***progress*** und **Cuprozin®** ***progress*** stehen zwei neue Fungizide mit Kupfer in Form von Kupferhydroxid zur Verfügung die ab 2012 vermarktet werden. Ein großer Vorteil von Kupferhydroxid im Vergleich zum Kupferoxychlorid liegt begründet in der unterschiedlichen Kristallstruktur der Kupfersalze. Durch die nadelförmige Kristallstruktur von Kupferhydroxid ist bei mengengleicher Ausbringung von Kupfer eine gleichmäßigere Bedeckung der Blattoberfläche zu erreichen, als mit der oktaederförmigen Kristallstruktur des Kupferoxychlorids. Dadurch konnte eine deutliche Reduktion der notwendigen Kupfermengen im Vergleich zu Funguran® erreicht werden. Aufgrund der unterschiedlichen Blattoberflächenstruktur der Pflanzen und der Bekämpfung unterschiedlicher Pathogene, hängt das mögliche Reduktionspotential sowohl von der Kultur als auch von dem zu bekämpfenden Schaderreger ab.

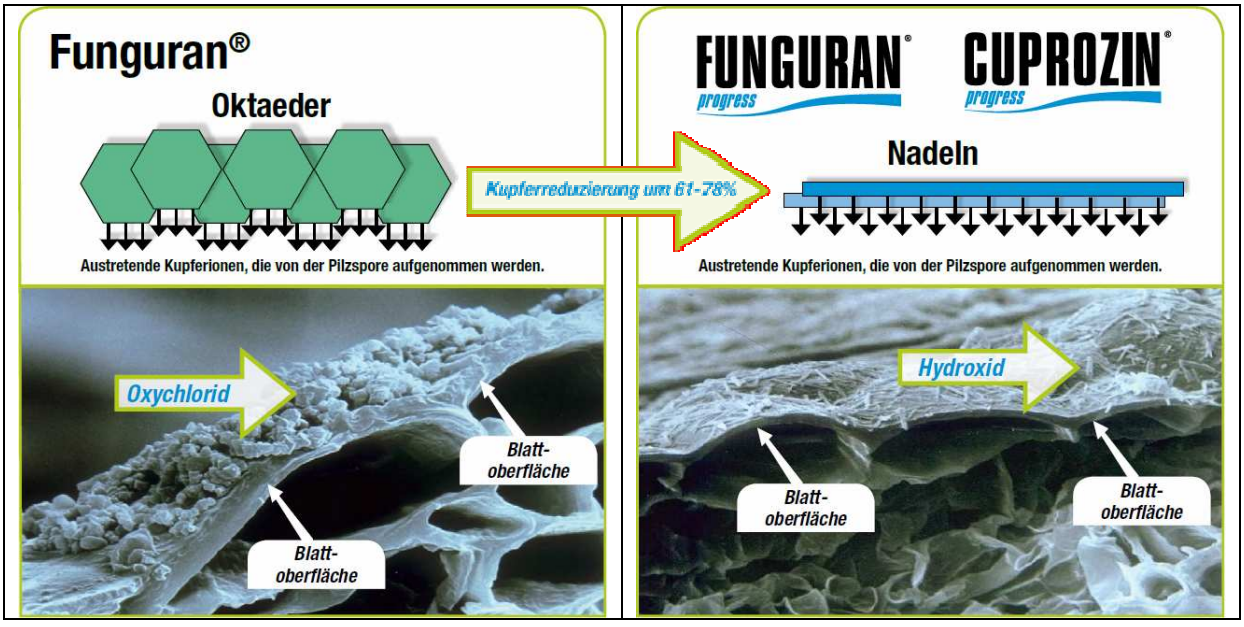


Abbildung 1: Eine deutliche Kupferreduzierung wird durch den Übergang von großen Oktaedekristallen der Kupferoxychlorides hin zu den nadelförmigen Kristallen des Kupferhydroxides erreicht. Im Kernobst gegen Schorf wird eine Kupferreduzierung von über 72% erreicht, im Weinbau liegt diese sogar bei 78%.

Neben der nadelförmigen Partikelform sind zudem die Partikelgröße und auch die Partikelgrößenverteilung der Kupfersalzkristalle im Produkt von maßgeblicher Bedeutung. Langjährige Erfahrungen haben gezeigt, dass Partikelgrößen im Bereich von 1 µm – 4 µm bei Kupferhydroxid optimal sind, um möglichst hohe Wirkungsgrade zu erreichen. Beide Produkte der *progress*-Generation wurden dazu im Hinblick auf die Partikelgrößen und Partikelgrößenverteilung optimiert.

Funguran® *progress* wurde bezüglich der Partikelgrößenverteilung soweit optimiert, dass mit 62% ein hoher Anteil der enthaltenen Kupferhydroxid-Partikel im optimalen Größenbereich von 1 µm – 4 µm liegt. Durch die spezielle Formulierung von Cuprozin® *progress* war es möglich, hier noch einen Schritt weiter zu gehen und durch besondere Vermahlungstechniken die ideale Partikelgrößenverteilung noch ausgeprägter einzustellen. Der größte Teil der Kupferhydroxid-Partikel von Cuprozin® *progress* liegt mit 70% im optimalen Größenbereich von 1 µm – 4 µm.

Die Haftfähigkeit steht in einem engen Verhältnis zu der Wirkungsdauer von Kupferfungiziden. Eine hohe Haftfähigkeit der Produkte soll nach der Applikation die Abwaschung des Wirkstoffs durch nachfolgende Niederschläge minimieren, um somit einen möglichst langen protektiven Schutz gegen die Pathogene zu gewährleisten.
Mit der neu entwickelten Hilfsstoff-Kombination der progress-Generation ist es gelungen, ein ausgewogenes und fein abgestimmtes Gleichgewicht zwischen optimierter Wirkstoff-Freisetzung und Haftfähigkeit der Produkte auf der Zieloberfläche zu erreichen. Nach dem Antrocknen und auch nach Wiederbefeuchten des Spritzbelages verbleiben die einzelnen Wirkstoffdepots in Form der Kupferhydroxid-Partikel in engem Kontakt mit dem Blatt und erzielen so eine lange Wirkungsdauer.

Kupferhydroxid ist ein protektiv einzusetzender Wirkstoff, der bei gleichmäßiger Verteilung der Partikel auf der Pflanzenoberfläche eine Infektion bzw. Befallsausbreitung mit pilzlichen und bakteriellen Schaderregern verhindert. Funguran® *progress* und Cuprozin® *progress* ermöglichen durch die neu entwickelte Hilfsstoff-Kombination eine optimale Verteilung der Kupferhydroxid-Partikel auf der Pflanzenoberfläche, was entscheidend für eine gleichmäßige und konstante Wirkstoffabgabe ist und damit die Wirksamkeit direkt beeinflusst.

Kupfer ist ein essentieller Mikronährstoff, der praktisch am Ablauf aller wichtigen Stoffwechselfunktionen direkt oder indirekt beteiligt ist. Besondere Bedeutung hat er im pflanzlichen Organismus im Rahmen der Photosynthese und der Proteinsynthese. Daher ist Kupfer unverzichtbar für die Pflanzen und folglich ein wichtiger Bestandteil von Spurennährstoffdüngern. Die biologischen Eigenschaften von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln sind einzigartig, da sie sowohl fungizide als auch bakterizide Eigenschaften aufweisen. Zudem leisten Sie einen wichtigen Beitrag zum Resistenzmanagement im Pflanzenschutz, da Kupfer an vielen Orten im Stoffwechsel der Schadorganismen („multi-side-inhibitor“) wirkt und daher nicht resistenzgefährdet ist.

Produktsteckbrief	FUNGURAN® progress	CUPROZIN® progress
Wirkstoff	Kupferhydroxid	Kupferhydroxid
Wirkstoffgehalt	537 g/kg	383,8 g/L
Kupfergehalt	350 g/kg	250 g/L
Formulierung	WP	SC
Ökoanbau	Ja	Ja
Splitting	Ja	Ja

Tabelle 1: Produktsteckbrief von Funguran® *progress* und Cuprozin® *progress*. Beide Produkte erlauben ein universelles Splitting: Bei Behandlungen mit niedrigerer Dosierung (mit verminderter Wirksamkeit, z. B. im ökologischen Pflanzenbau) kann die maximale Zahl der Behandlungen erhöht werden, solange der für die Kultur und das Jahr vorgesehene Gesamtmittelaufwand* nicht überschritten wird.

Mit Funguran® *progress* und Cuprozin® *progress* stehen nun moderne Kupferfungizide zur Verfügung, welche bei deutlicher Kupferreduzierung eine hohe Wirksamkeit bieten. Beide Produkte sind in den wichtigen Indikationen in den Kulturen Obst, Wein und Hopfen zugelassen. Weitere Indikationen folgen ab 2013. Um dieses Ziel der Kupferminimierung schnell zu erreichen wird die Produktion von Funguran® im Jahr 2012 eingestellt. Es stehen nun würdige Nachfolger in den Startlöchern!

Einsatz von Kupfer im Gemüsebau am Beispiel Spargel

Alexandra Wichura[1], Norbert Laun, Gabriele Leinhos
[1]Pflanzenschutzamt, Wunstorfer Landstr. 9, 30453 Hannover
alexandra.wichura@lwk-niedersachsen.de

In den letzten zwei Jahren hat Kupfer als Pflanzenschutzmittel im konventionellen Gemüseanbau an Bedeutung gewonnen. Am Beispiel der Kultur Spargel sollen hierfür die Gründe und mögliche Ansätze im Rahmen der Kupferminimierungsstrategie erläutert werden.

Warum und wie wird Kupfer im konventionellen Spargelanbau eingesetzt?
In den letzten drei Jahren wurde eine zunehmende Minderwirkung von einigen verbreitet eingesetzten Fungiziden gegen die Laubkrankheit *Stemphylium* ssp. auf Praxisflächen beobachtet. In einem zweijährig durchgeführten bundesweiten Monitoring in Praxisanlagen konnten flächendeckend mutationsbedingte Resistenzen unterschiedlicher Ausprägungsintensität gegenüber Strobilurinen nachgewiesen werden. Aus Gründen des Resistenzmanagements wurde deshalb in den Strategieempfehlungen von Firmen- und Beraterseite verstärkt auf Kontaktfungizide gesetzt. Verschärft wurde die Lage allerdings durch die auslaufende Zulassung eines Kontaktfungizids, die nicht verlängert wurde, sowie die unerwartete quantitative Knappheit eines anderen Kontaktmittels am Markt. Kupfer wurde nach dem Auslaufen der Zulassung und Aufbrauchfrist von Funguran Ende 2009 im Spargel Anfang 2011 aufgrund seiner sehr guten Wirkung gegen *Stemphylium* und Rost mit dem Präparat Cuprozin flüssig wieder neu im Spargel genehmigt, was vor allem für den biologischen Anbau von großer Bedeutung war. Aufgrund fehlender Alternativen wurde Kupfer dann auch im konventionellen Anbau verstärkt empfohlen und eingesetzt. Die Empfehlung der Vorlage oder Zumischung eines Kupferpräparates zielte vor allem auf Standorte, bei denen bereits in der Vergangenheit eine Resistenz oder Minderwirkung bei *Stemphylium* zu beobachten gewesen war. Eine Abschlussspritzung mit Kupfer wurde besonders in Anlagen empfohlen, in denen ein verstärktes Auftreten mit Rost zu erwarten war, was vorwiegend in Süddeutschland der Fall ist.

Welche Möglichkeiten gibt es auf Kupfer im Spargel zu verzichten bzw. den Einsatz zu reduzieren?
Sowohl in Niedersachsen als auch in Rheinland-Pfalz wurden alternative Präparate auf ihre Wirkung gegen *Stemphylium* und/oder Rost bzw. als Zusatz in einer Spritzfolge getestet. Vielversprechend waren die Präparate Vitisan, Frutogard oder Sergomil, die aber in weiteren Versuchen noch eingehender geprüft werden müssen. Schwefel zeigte sich aufgrund seiner relativ schwachen Wirkung gegen *Stemphylium* nicht als geeignete Alternative.
Ein Versuch in Rheinland-Pfalz zur Wirkungsverbesserung von Kupferpräparaten durch Zusatzstoffe zeigte, dass auf diesem Weg zwar geringe Effekte erzielt werden können, aber diese nicht ausreichen, um die Kupferaufwandmengen zu reduzieren. Der zurzeit beste Ansatz die Kupfermenge zu reduzieren, bietet sich durch eine Genehmigung von Kupferprodukten der neuen Progress-Generation. In verschiedenen Versuchen konnte mit den neuen Formulierungen bei deutlich reduziertem Kupfereinsatz pro Behandlung eine vergleichbare Wirkung zu den alten Formulierungen nachgewiesen werden.
Die im konventionellen Anbau scheinbar einfachste Möglichkeit - die Erarbeitung einer Zulassung von weiteren Fungiziden - ist schwierig. Momentan befinden sich

keine Fungizide bei den Firmen in der Entwicklung, mit denen ein Wirkstoffklassenwechsel und damit ein Resistenzmanagement möglich wären. Zusätzlich sind viele Gemüsekulturen, selbst Spargel, einigen Firmen flächenmäßig zu klein, als dass sie sich in diesen Kulturen mit einer Zulassung engagieren möchten.
Eine weitere Möglichkeit der Reduzierung würde sich über die genauere Terminierung der Spritzung bieten. Sie ist bei der Stemphyliumbekämpfung im Spargel ein generelles Thema. Das Prognosemodell TomCast wurde in den letzten Jahren getestet, brachte aber im Vergleich zum betriebsüblichen Einsatz keinen Vorteil. Wichtig ist die Entwicklung eines Prognosemodells, das vor allem die Terminierung des Spritzstartes zulässt.
Erste kleinere Versuche in Rheinland-Pfalz brachten Hinweise, dass eine weitere Reduzierung ebenfalls durch eine Optimierung der Applikationstechnik möglich ist.

Handlungsbedarf im Sinne der Kupferminimierungsstrategie
Es sind weitere Versuchsaktivitäten zur Testung alternativer Präparate, sowie zur Festlegung der für eine Bekämpfung notwendigen Minimaldosis Kupfer im Spargel notwendig und auch geplant.
Zur Optimierung der Terminierung und Applikationstechnik sind ebenfalls Versuche notwendig, die wegen der komplexen Fragestellung allerdings nur im Rahmen eines Projektes abgearbeitet werden können. Um dies voran zu treiben wurden bereits 2011 konkrete Schritte eingeleitet.
Weiterhin wird mit den Firmen und dem Arbeitskreis Lückenindikation daran gearbeitet, die Anzahl der einsetzbaren und wirksamen Fungizide im Spargel aufrechtzuerhalten.

Saisonrückblick und Status der Kupfer-Strategie im Bereich Gemüse

Andreas Fritzsche-Martin
Naturland e.V., Freisinger Strasse 3, 85417 Marzling
a.fritzsche-martin@naturland-beratung.de

Wetter:
2011 war statistisch gesehen ein durchschnittliches Jahr – auch wenn die Extrema (Hagel, Starkregen u.ä.), wie schon die letzten Jahre, weiter am Zunehmen waren. Nach einem relativ trockenen und überdurchschnittlich warmen Frühling und Frühsommer folgte ein sehr nasser und eher zu kühler Hochsommer (Juli/August). Danach gab es regional sehr große Unterschiede: Im September gab es extrem hohe Niederschläge in Schleswig-Holstein, Sachsen, Brandenburg, Franken und im Allgäu; im Oktober dann in Niedersachsen und Brandenburg; alle übrigen Gebiete hatten einen langen, warmen und eher trockenen Herbst.

Pilzdruck:
In Folge des oben geschilderten Witterungsverlaufes gab es im Frühling und Frühsommer kaum Probleme. Diese wurden massiv v.a. im Juli/August sowie regional im September/Oktober. Gemüsebaulich betroffen waren v.a. Spargel (Laubkrankheit, Rost), Einlegegurken (Falscher Mehltau), Knollensellerie (Septoria), Kürbis (Falscher Mehltau, pilzliche Blattfleckenerreger), Tomaten – für diese Kulturen lagen aktuell 2011 Einsatzmöglichkeiten für kupferhaltige Pflanzenschutzmittel vor – sowie Zwiebeln (Falscher Mehltau), Möhren (Alternaria), Basilikum/Salate/Spinat (Falscher Mehltau),… - bei denen 2011 kein Kupfereinsatz möglich war.

Saisonrückblick 2010: Kupferaufwandmengen und –einsatzflächen bei Naturland und Bioland
Im Zuge des seit 2009 durchgeführten Kupfermonitorings bei Naturland und Bioland liegen für das Jahr 2010 folgende Zahlen vor:

Kultur	Reinkupfer kg/ha behandelte Fläche	behandelte Fläche in % Gesamtfläche	ausgewertete Gesamtfläche in ha
Sellerie	**2,32**	**65,5%**	30,4
Kürbis	**1,80**	**22,0%**	11,5
Gurken	**1,43**	**60,7%**	44,0

Das Kupfermonitoring wird in den kommenden Jahren fortgeführt, um so auch über verschiedene Witterungsverläufe immer aussagefähigere Zahlen zu bekommen. Die bisherigen, allerdings nur einjährigen Zahlen, geben Anlass zu vorsichtigem Optimismus, die nach Öko-Verbandsrichtlinien vorhandene Grenze von 3 kg Reinkupfer/ha*Jahr mittelfristig auf 2,5 kg absenken zu können.

Kupfer im konventionellen Gemüsebau:
Kupfer hat trotz einer Vielzahl von Alternativen nach wie vor eine große Bedeutung im konventionellen Gemüsebau. Neben den Standardanwendungen bei Spargel, Knollensellerie und Tomaten gibt es auch etliche Genehmigungen nach §18b altes Pflanzenschutzgesetz, wie z.B. bei Frischen Kräutern im Gewächshaus und Freiland gegen Falschen Mehltau oder bei Rucola im Freiland gegen pilzliche Blattfleckenerreger. Kupfer ist dabei auch ein wichtiger Wirkstoff im Resistenzmanagement (Stichwort Wirkstoffwechsel).

Kupferaufwand-reduzierende Alternativen 2011
Gute Erfahrungen gab es mit dem Pflanzenstärkungsmittel Vi-Care; dort sind allerdings weitere, vielfältige Versuche (Kulturen, Netzmittel u.ä.) dringend nötig. Ein Unsicherheitsfaktor ist das neue Pflanzenschutzgesetz, was mit über die weitere lückenlose Verfügbarkeit dieses Mittels ab 14.2.2013 entscheiden wird: Neuzulassung als Pflanzenstärkungsmittel (damit weiter ohne Pause einsetzbar) oder Neuzulassung als Pflanzenschutzmittel (damit würde durch die dann erst erforderliche Listung auf Anhang II EU-Öko-VO eine deutliche zeitliche Zulassungslücke entstehen). Ebenfalls gute Erfahrungen gab es mit dem Anbau von resistenten und hochtoleranten Zwiebelsorten –dort ist aber eine noch größere Sortenvielfalt nötig (z.B. frühe Sorten). Das ebenfalls zur Kupferreduzierung beitragende Pflanzverfahren bei Zwiebeln ist mittlerweile in der Praxis breit angekommen. Das neue kupferreduzierte Mittel Cuprozin Progress soll evtl. ab 2013 oder 2014 auch für wichtige Gemüsebau-Indikationen zur Verfügung stehen. Bei den bisherigen Versuchen (mit 2,5 kg/ha) gab es je nach Kultur unterschiedliche Ergebnisse: gute Wirkung bei Spargel, Reduzierung bei Möhren (65%) und Zwiebeln (58%), Probleme bei Einlegegurken (63% Reduzierung, trotz 3,1 kg/ha). Erste (Praxis-)Versuche mit Tröpfchenbewässerung im Freiland - zur Reduzierung der Blattnässe - liefen bei Kartoffeln und Möhren; hier ist eine Versuchsintensivierung dringend nötig, um praxisreife Lösungen für Öko-Landwirte anbieten zu können, insbesondere unter dem Aspekt der Kombination und Verträglichkeit von Tröpfchenbewässerung und mechanischer Unkrautregulierung. Der Dammanbau als Anbausystem mit besser Bestands-durchlüftenden Bedingungen ist weiter auf dem Vormarsch. Entsprechende Landtechniklösungen sind zum größeren Teil vorhanden, lassen sich aber insbesondere bei Pflanzkulturen durch entsprechende Forschungs- und Entwicklungsarbeit noch weiter optimieren.

„Offene Baustellen“
Was passiert zukünftig mit den Pflanzenstärkungsmitteln? Das neue Pflanzenschutzgesetz wird zu einer deutlichen Reduzierung der zur Verfügung stehenden Pflanzenstärkungsmittel führen; genaueres weiß man erst ab Februar 2013. Pflanzenstärkungsmittel sind ein wichtiger Baustein in Kupferreduzierungsstrategien; es sollten daher, auch von Zulassungs- und Behördenseite, alle Kräfte gebündelt werden, um einerseits auch nach Februar 2013 ein gutes Angebot an Pflanzenstärkungsmitteln zur Verfügung zu haben und andererseits Wege zu finden, dass ehemalige Pflanzenstärkungsmittel, die dann als Pflanzenschutzmittel zugelassen sein werden, ohne zeitliche Unterbrechung für Ökobetriebe einsetzbar bleiben. Umfangreiche Anstrengungen, insbesondere in Form starker finanzieller Beteiligung durch die öffentliche Hand, sind dringend nötig, um die Züchtungsarbeit in Richtung Toleranzen und Resistenzen bei allen kupferrelevanten Gemüsekulturen deutlich zu intensivieren.

Die Versuchstätigkeit mit den neuen kupferreduzierten Mitteln wie Cuprozin Progress und Funguran Progress, insbesondere auch in Kombination mit verschiedenen Pflanzenstärkungsmitteln, muss mit einem möglichst breiten Sortiment von kupferrelevanten Gemüsebaukulturen fortgesetzt und intensiviert werden, um wirklich praxistaugliche Rezepte liefern zu können. Weitere Versuche und Verfahrensentwicklung rund um das Thema Tröpfchenbewässerung im Freiland sind dringend nötig, um die Erfahrungen über das bisherige Kulturenspektrum (Kartoffeln, Möhren) hinaus entsprechend auszudehnen; besondere Beachtung benötigt dabei die im Ökolandbau zwingend erforderliche Verträglichkeit von Tröpfchenbewässerung und mechanischer Unkrautregulierung. Ebenfalls erst ganz am Anfang steht die Entwicklung von speziellen Ökogemüse-Prognosemodellen (v.a. für Zwiebel, Spargel, Möhre, aber auch alle anderen kupferrelevanten Kulturen) in Analogie zu dem Prognosemodell Öko-Simphyt (Phytophtora infestans-Prognose Kartoffeln). Zur Umsetzung gehört auch der bundesweite und flächendeckende Ausbau des Agrarwetterstationen-Netzes. Benötigt werden auch Investitionszuschussprogramme für sämtliche kupferreduzierende Landtechnik (z.B. Pflanzenschutz-Ausbringungstechnik, Prognosemodell-Software und -nutzungsentgelt , Agrarwetterstationen, Tröpfchenbewässerung, Ventilatoren, Klimacomputer, Ebbe-Flut-Tische u.ä.). Im Bereich der Topfpflanzen (Kräuter, Zierpflanzen) bedarf es der Entwicklung von anwendungsfreundlicher Ebbe-Flut-Technik für organische Flüssigdünger sowie weiterer, noch besser dafür geeigneter organischer Flüssigdünger. Hintergrund: Ebbe-Flut-Technik sorgt für trockenes Laubwerk und ist damit Pilzkrankheiten-vorbeugend. Die bisher zur Verfügung stehende Standard-Technik sowie die zur Verfügung stehenden organischen Flüssigdünger haben das Problem der Geruchsbeeinträchtigung durch Gärung von Düngelösungsresten in den Becken noch nicht in den Griff bekommen. Intensive Versuchstätigkeit ist ebenfalls nötig, um Erfahrungen mit dem Kaltnebeln der verschiedenen Pflanzenstärkungsmittel zu bekommen (Eignung der Mittel für diese Ausbringungstechnik, ausreichende Wirkung). Kaltnebeln wäre ein wichtiger Schlüssel, um die arbeitswirtschaftlichen Belastungen einer vorbeugenden Pflanzenstärkung deutlich zu reduzieren und damit eine breite Anwendung in der Praxis zu ermöglichen. Unbedingte Voraussetzung ist eine in allen Bundesländern flächendeckende staatliche Bezuschussung/Förderung der Öko-Beratung (bisher nur in sehr wenigen Bundesländern wie z.B. Bayern und Baden-Württemberg umgesetzt). Kupferreduzierung kann nur durch die Anwendung eines breiten Mosaiks aller erdenklichen, v.a. vorbeugenden Maßnahmen erreicht werden; dafür brauchen Betriebsleiter unbedingt die Unterstützung durch kompetente Öko-Fachberatung. Bisher fehlt eine Vernetzung aller Förderantrags-Entscheider auf Bund- und Länderebene; das „Strategiepapier zu Kupfer als Pflanzenschutzmittel unter besonderer Berücksichtigung des Ökologischen Landbaus“ muss bekannt und als Richtschnur immer ganz oben in der „Entscheidungsschublade“ liegen – denn (last not least): „money makes the copper go down…“ (frei nach Liza Minelli)

Versuche zur Reduzierung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau

Florian Weihrauch und Johannes Schwarz

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Hopfenforschungszentrum, Hüll 5 1/3, 85283 Wolnzach
Florian.Weihrauch@LfL.bayern.de, Johannes.Schwarz@LfL.bayern.de

Zusammenfassung

In den Jahren 2010 und 2011 wurden im Rahmen eines noch laufenden Forschungsprojektes Versuche zur Reduzierung der Kupferaufwandmenge bei der Bekämpfung des Falschen Mehltaus im ökologischen Hopfenbau gesucht. Getestet wurden Kupferhydroxide und Kupferoxychlorid mit niedrigen Aufwandmengen (2 und 3 kg/ha) an Reinkupfer sowie in Kombination mit den drei Pflanzenstärkungsmitteln 'Herbagreen', 'Biplantol' und dem phosphonathaltigen 'Frutogard'. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass mit modernen Kupferhydroxiden eine erfolgreiche Bekämpfung des Falschen Mehltaus auch mit einem reduzierten Aufwand von 3 kg/ha Kupfer möglich sein kann. In Kombination mit den geprüften Pflanzenstärkungsmitteln wurde sogar durchwegs eine Wirkungsverbesserung erzielt. Die besten Ergebnisse wurden mit Mischungen erzielt, die Frutogard enthielten; dieses Produkt wird allerdings wegen seines Phosphonatanteiles vom Öko-Hopfenbau abgelehnt. Weitere Versuche zu dieser Fragestellung werden auch 2012 durchgeführt.

Einleitung

Die Bekämpfung des Falschen Mehltaus *Pseudoperonospora humuli*, der in der Hopfenbau-Praxis normalerweise als 'Peronospora' bezeichnet wird, zählt in allen Hopfengärten alljährlich generell zu den wichtigsten Pflanzenschutzmaßnahmen. Dies gilt sowohl für konventionelle Betriebe als auch für Betriebe, die nach ökologischen Richtlinien produzieren. Dabei ist im ökologischen Hopfenbau – genauso wie in allen anderen ökologisch bewirtschafteten Kulturen, die regelmäßig von Falschem Mehltau oder ähnlichen Pilzkrankheiten befallen werden – der Einsatz von kupferhaltigen Präparaten derzeit alternativlos, da eine wirksame Kontrolle dieser Krankheiten mit anderen, nach Öko-Richtlinien derzeit zur Verfügung stehenden Mitteln nicht möglich ist.

Da Kupfer als Schwermetall ökotoxikologisch jedoch höchst kritisch beurteilt wird (Jänsch & Römbke 2009), besteht u.a. seitens des Umweltbundesamtes die Forderung, auf Kupferpräparate im Pflanzenschutz ganz zu verzichten bzw. deren Einsatz auf ein Minimum einzuschränken. In einem früheren Forschungsprojekt wurden in diesem Kontext bereits in der sehr anfälligen Sorte 'Hallertauer Mittelfrüher' Kupferhydroxidformulierungen und Pflanzenstärkungsmittel zur Bekämpfung der Peronospora getestet (Engelhard et al. 2007). Der Bekämpfungserfolg mit Neuformulierungen von Kupferprodukten war gut, eine weitere Reduzierung wurde aber nicht mehr geprüft. Bei Pflanzenstärkungsmitteln hingegen war die Wirkung völlig unzureichend. Lediglich das phosphonathaltige 'Frutogard' zeigte eine sehr gute Wirkung gegen die Peronospora, wird aber von den Öko-Hopfenbauern mehrheitlich grundsätzlich abgelehnt.
In dem von den Öko-Verbänden formulierten 'Strategiepapier zu Kupfer als Pflanzenschutzmittel unter besonderer Berücksichtigung des Ökologischen

Landbaus wurde schließlich die weitere Vorgehensweise zur schrittweisen Lösung des Kupfer-Dilemmas im Ökolandbau skizziert. Dabei wurde folgendes 'kurzfristiges Ziel' formuliert: »Innerhalb der nächsten fünf Jahre soll die zulässige Aufwandmenge von derzeit 3 [Hopfen: 4] kg/ha im Durchschnitt über alle Kulturen auf 2,5 [Hopfen: 3] kg/ha reduziert werden«. Daher wurde im Rahmen des 'Bundesprogrammes Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft' (BÖLN) in verschiedenen Kulturen eine Initiative zum Ersatz bzw. der Reduktion kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel gestartet, in der auch das vorliegende Projekt (Laufzeit 2010-2012) angesiedelt ist. Es soll dazu dienen, Strategien zu entwickeln, die den Einsatz von Kupfer zu Zwecken des Pflanzenschutzes im Ökologischen Hopfenbau mit Hilfe von von 'modernen' Kupferhydroxiden und Pflanzenstärkungsmitteln als Synergisten soweit wie möglich zu minimieren. Hier werden Ergebnisse der ersten beiden Versuchsjahre präsentiert.

Material und Methoden

Die Prüfungen werden auf einem Naturland-Betrieb in Haushausen bei Wolnzach durchgeführt. Der Versuchsgarten (ca. 1,5 ha, Sorte Perle) wird im Norden und im Süden von Hopfengärten eingegrenzt, die nach konventionellen Vorgaben bewirtschaftet werden. Einen gewissen Schutz gegen Abtrift aus den konventionellen Flächen bieten Pappelreihen, die vor einigen Jahren zwischen den Gärten angelegt worden sind.

Der Schwerpunkt wurde auf die Prüfung von Neuformulierungen kupferhaltiger Produkte und die Reduzierung der Aufwandmengen durch Zusatz von Pflanzenstärkungsmitteln gelegt. Letztere gleichen sich häufig in der Zusammensetzung und der beworbenen Wirkungsweise. Aus der Vielzahl der Angebote wurden drei Produkte ausgewählt, die sich hinsichtlich ihrer biologisch wirksamen Inhaltsstoffe unterscheiden:
(1) 'Herbagreen' (Mikro-Mineral GmbH, Rechnitz, Österreich); Feinst vermahlenes, elektrostatisch aufgeladenes Kalzit mit zusätzlichen Spurenelementen. Jährliche gesamte Produktaufwandmenge 27,25 kg/ha in fünf Applikationen.
(2) 'Biplantol H forte NT' (Bioplant Naturverfahren GmbH, Konstanz); Homöopathischer Wirkstoffkomplex mit Mineralien, Spurenelementen und Bodenmikroorganismen. Jährliche gesamte Produktaufwandmenge 10,0 l/ha in fünf Applikationen.
(3) 'Frutogard' (Vertrieb Fa. Spiess-Urania, Hamburg); Kaliumphosphonathaltiger Braunalgenextrakt mit pflanzlichen Aminosäuren, Spurenelementen etc. Jährliche gesamte Produktaufwandmenge 10,0 l/ha in drei Applikationen bis zur Blüte.
In dem Versuchsgarten wurden insgesamt 26 Parzellen angelegt, die als 13 unterschiedliche Versuchsglieder geplant waren. Jedes Versuchsglied hatte eine Gesamtgröße von ca. 0,1 ha (912 bis 1.046 m^2). Da kein Hersteller und Anbieter von natürlichen Pflanzenstärkungsmitteln ausschließlich mit seinem Produkt Aussicht auf eine wirksame Bekämpfung der Peronospora im Hopfen bestätigen konnte, wurde in der Planung außer der unbehandelten Kontrolle auf völlig kupferfreie Varianten verzichtet. Im ersten Versuchsjahr 2010 wurden die Versuche mit den Kupferhydroxiden 'SPU-02700-F' (SC-Formulierung) und 'SPU-02720-F' (WP-Formulierung) der Firma Spiess-Urania durchgeführt. Die Hydroxide wurden in Aufwandmengen von 2,0 und 3,0 kg/ha Reinkupfer solo bzw. diese Aufwandmengen jeweils in Kombination mit den drei Pflanzenstärkungsmitteln ausgebracht. Als Vergleich wurde die bisherige Standardanwendung mit 4,0 kg/ha Kupfer mit dem

Produkt Funguran (Kupferoxychlorid) gewählt. Zu jeder Anwendung wurde eine betriebsübliche Biomischung gegeben, die u.a. Diabas Lavamehl, Braunalgenextrakt und Netzschwefel enthielt.
Nach dem Ausstecken der Parzellen im Frühjahr 2011 sollten die Versuchsglieder wieder genauso wie im Vorjahr angelegt werden. Die beiden 2010 eingesetzten SPU-Kupferhydroxide waren dabei mittlerweile schon zum Einsatz gegen Falschen Mehltau im Hopfen offiziell zugelassen ('SPU-02700-F' unter dem Markennamen 'Cuprozin progress', Zulassung Februar 2011) oder standen kurz davor ('SPU-02720-F' unter dem Markennamen 'Funguran progress', Zulassung Mai 2011). Kurz vor Beginn der ersten Behandlungen kam es allerdings zu einer unerwarteten Komplikation: Bei der jährlichen Betriebsinspektion des Versuchslandwirts im Mai 2011 durch die Firma, die für das US Department of Agriculture (USDA) die Einhaltung der Richtlinien des 'National Organic Program' (NOP) überprüft – oder, einfach gesagt, während der Kontrolle der Einhaltung der US-Vorgaben für den Ökolandbau – kam ans Tageslicht, dass zwei Formulierungs-Hilfsstoffe von 'Funguran progress' und 'Cuprozin progress' nicht konform mit den US-Ökorichtlinien sind. Der Einsatz der beiden Hydroxide würde demnach bedeuten, dass der Betrieb seine NOP-Zulassung verlieren würde und zu deren Wiedererlangung wieder eine dreijährige Umstellungsphase nötig wäre. Ein sofort durch die Projektleitung beim NOP eingereichter Antrag auf eine zeitlich befristete Ausnahmegenehmigung für den Einsatz der beiden SPU-Hydroxide wurde vom NOP abgelehnt.
Aus diesem Grund und einem enormen zeitlichen Druck, mit den Behandlungen im Versuchsgarten endlich zu beginnen, wurde daraufhin der gesamte, auf Kupferhydroxide ausgelegte Versuchsplan geändert und anstatt der beiden kritischen Formulierungen 'Cuprozin progress' und 'Funguran progress' das zugelassene, NOP-unproblematische Kupferoxychlorid verwendet. Funguran war ja als Standardanwendung mit 4 kg/ha Kupfer ohnehin im Versuchsplan inbegriffen, nun wurden alle anderen Kupfer-Behandlungen mit den geplanten Aufwandmengen von 2 oder 3 kg/ha Kupfer mit demselben Pflanzenschutzmittel durchgeführt. Die Ergebnisse des Jahres 2011 beziehen sich also alle auf Kupferoxychlorid in verschiedenen Aufwandmengen und in Kombination mit Pflanzenstärkungsmitteln. Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse mit Kupferhydroxiden bei der jeweils identischen Menge an Reinkupfer einen deutlich besseren Bekämpfungserfolg ergeben würden.
Um erstmalig überhaupt Daten über den Peronospora-Befallsdruck in einem Öko-Hopfengarten zu erhalten, wurde im Zentrum des Versuchsgartens eine Burkard-Sporenfalle mit Solarmodul zur Energieversorgung aufgebaut. Die werktägliche Entnahme der Zoosporangien-Muster aus der Falle und die Auswertung der Daten (Abb. 1) erfolgte von Anfang Juni bis zur Ernte.

Ergebnisse

Das Ergebnis der werktäglichen Zoosporangien-Auszählung ergab, dass der Infektionsdruck in diesem Öko-Hopfengarten wesentlich höher als in konventionellen Anlagen war. Die Zoosporangienzahlen 2010 zeigten dabei die gleichen Spitzen wie die Zahlen, die für die Peronospora-Prognose ermittelt wurden, nur auf wesentlich höherem Niveau (Abb. 1). Eine derartige Übereinstimmung war im Kurvenverlauf des Jahres 2011 nur noch in geringem Maße erkennbar. Insbesondere das ab Anfang August dauerhaft in extremen Höhen liegende Niveau (Viertagessumme kontinuierlich über 150, z.T. bis zu 450) belegt einen außergewöhnlichen Befallsdruck in diesem Öko-Versuchsgarten.

Bei den Bonituren im Hopfengarten wurde die Wirksamkeit der einzelnen Bekämpfungsmaßnahmen eigentlich erst ab Beginn der Ausdoldung gegen Ende Juli sichtbar, mit der Befallshäufigkeit der Dolden in den Einzelparzellen als Maßstab. Bis zur Ernte entwickelte sich in der unbehandelten Kontrolle in beiden Jahren fast Totalschaden (2010: 86,1 %; 2011: 97,2 % Doldenbefall). Dem entgegen wurde in allen Kupfervarianten beider Jahre ein signifikanter Bekämpfungserfolg registriert, wobei die 3 kg/ha-Varianten in fast allen Fällen wesentlich besser abschnitten als jene mit 2 kg/ha Kupferaufwand. Die im Jahr 2010 eingesetzten Kupferhydroxide schienen dabei wesentlich potenter zu sein als die reinen Kupferoxychlorid-Behandlungen des Jahres 2011 bei identischem Reinkupferaufwand. Die Kombinationen mit den drei Pflanzenstärkungsmitteln ergaben durchwegs Wirkungsverbesserungen, wobei der Doldenbefall in den Varianten mit 'Frutogard' sogar jedes Mal am niedrigsten war und auch mit 2 kg/ha noch unter der Kupferoxychlorid-Variante mit 4 kg/ha lag, die im Öko-Hopfenbau jahrelang die Standardbekämpfung der Peronospora darstellte (Abb. 2, 3).

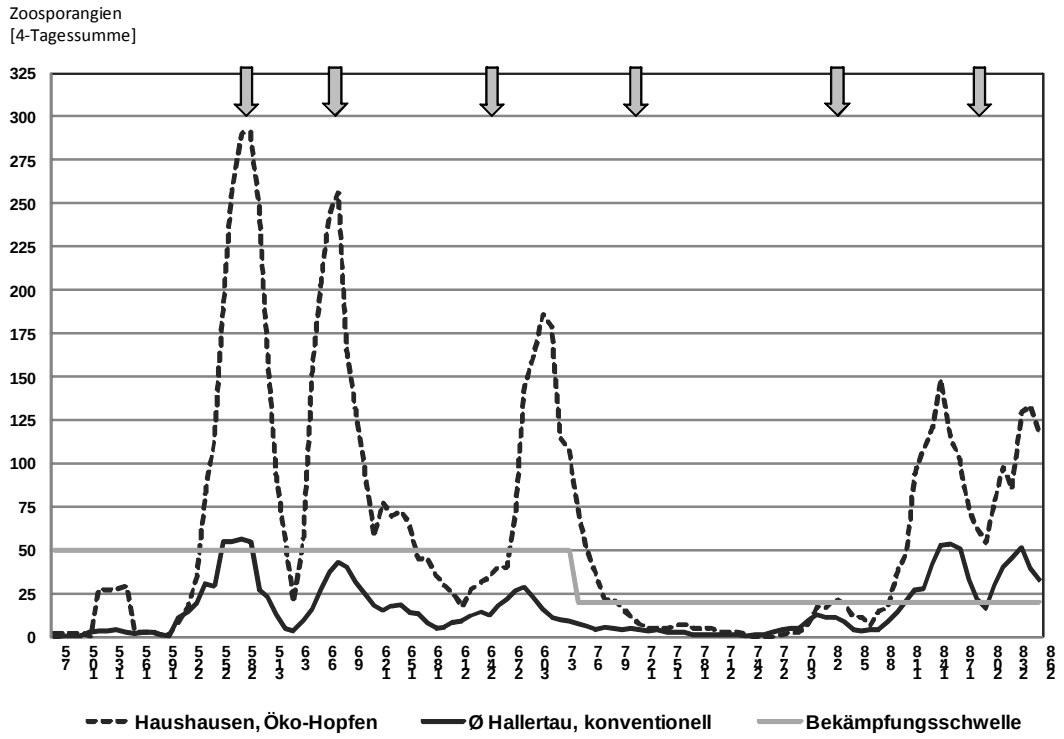


Abb. 1: Vergleich des Peronospora-Befallsdruckes im Jahr 2010 anhand der Zoosporangien-Zahlen der Station Haushausen mit dem Durchschnitt der Warndienststationen in der Hallertau. Die Pfeile zeigen die Applikationstermine der jeweiligen Peronospora-Behandlungen.

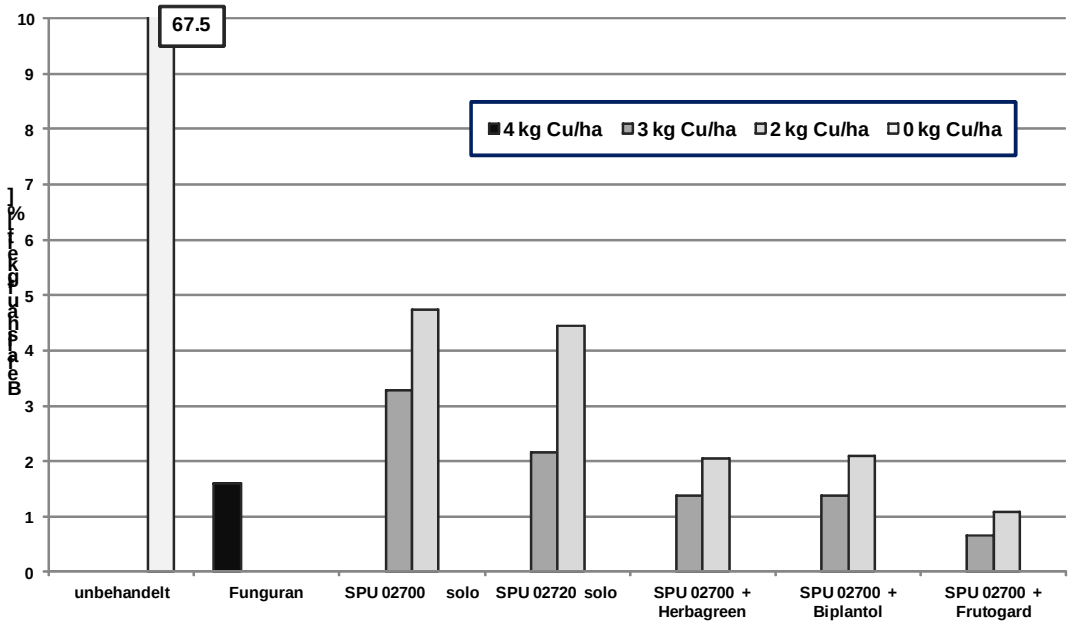


Abb. 2: Peronospora-Doldenbefall im Versuchsgarten Haushausen am 18.08.2010.

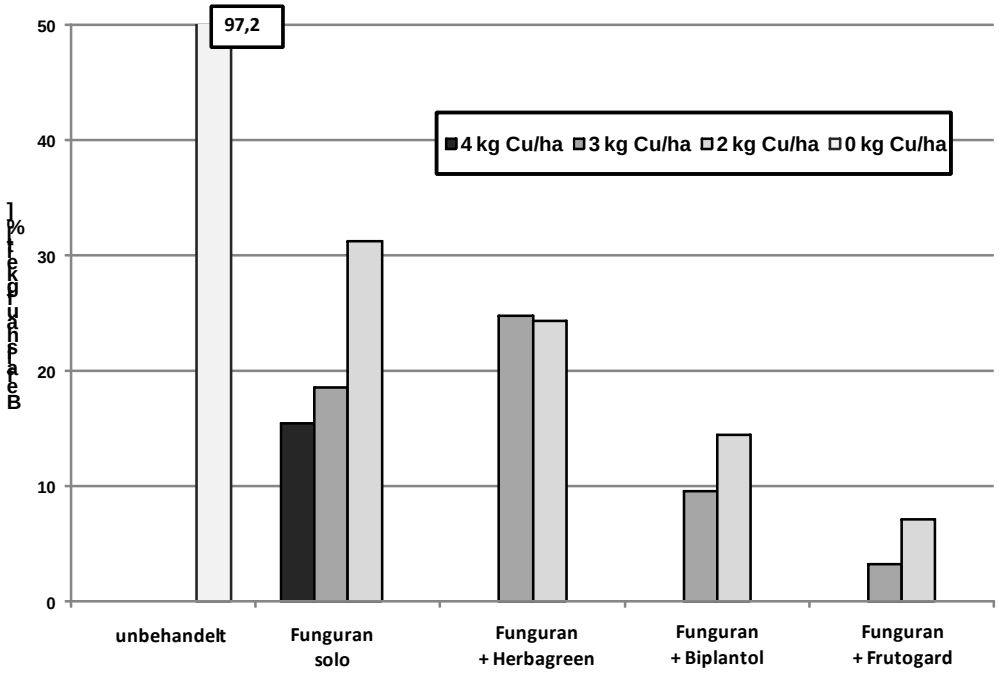


Abb. 3: Peronospora-Doldenbefall im Versuchsgarten Haushausen zum Zeitpunkt der Ernte am 29.08.2011 anhand der Bonitur der getrockneten Dolden im September.

Rückstandsuntersuchungen

Während der Ernten 2010 und 2011 wurde aus den geernteten Dolden der Varianten 1 (unbehandelt) und 12 (Frutogard + 3 kg/ha Funguran) Mischproben entnommen und vakuumiert bei 2℃ gelagert. Einige Tage bzw. W ochen nach den Ernten wurden in den Parzellen der Varianten 1, 9 (Frutogard + 2 kg/ha Funguran) und 12 je eine Wurzel-Mischprobe (jeweils mehr als 500 g; dickere, ältere Wurzelbereiche, keine 'Sommerwurzeln') von jeweils vier Hopfenstöcken ausgegraben. Das gesamte

Material wurde anschließend zur Analyse auf Phosphonate an das Amt für Agrikulturchemie des Land- und Forstwirtschaftlichen Versuchszentrums Laimburg (Pfatten, Auer/Ora, Südtirol, Italien) verschickt. Die Analysen ergaben, dass bislang jede untersuchte Dolden- oder Wurzelprobe einen HPO_3-Wert unterhalb der Nachweisgrenze von 0,5 mg/kg TM aufwies. Dies gilt auch für Pflanzen, die während zwei Vegetationsperioden mit Frutogard behandelt worden sind. Offenbar kommt es durch den Einsatz zu keiner nennenswerten Anreicherung von Phosphonat in den Wurzeln.

Schlussfolgerung und Ausblick

Leider litt das zweite Projektjahr sehr unter dem Problem, dass die beiden geplanten Kupferhydroxide nicht eingesetzt werden konnten. Im dritten Versuchsjahr werden voraussichtlich wieder aussagekräftigere Varianten geprüft werden können als 2011, und auch eine mögliche Verlängerung des Projektes um ein weiteres Jahr wir derzeit überprüft. Doch immerhin lassen die ersten beiden Jahre schon einige wichtige Trends für die zukünftige Vorgehensweise hin zu einer Reduktion der eingesetzten Kupfermenge erkennen: So ist zwar jedes Kilogramm Kupfer mehr im Bekämpfungserfolg der Peronospora erkennbar, doch scheint mit 'modernen' Kupferhydroxiden eine ausreichende Kontrolle des Pilzes auch mit dem reduzierten Aufwand von 3 kg/ha möglich, so dass dieses kurzfristige Ziel des 'Strategiepapiers Kupfer' wohl erreicht wird. Dies gilt insbesondere in Kombination mit den getesteten Pflanzenstärkungsmitteln, die die Kupferwirkung eindeutig verstärken. Die potenteste Mischung ist dabei ohne Zweifel jene mit 'Frutogard', doch der Disput zum Einsatz von phosphonathaltigen Mitteln im Ökolandbau kann und soll an dieser Stelle nicht weitergeführt werden. Solange dieser Wirkstoff im ökologischen Hopfenbau mehrheitlich abgelehnt wird, steht sein Einsatz in der Praxis nicht zur Diskussion.

Förderhinweis

Dieses Forschungsvorhaben wird vom Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) gefördert (Förderkennzeichen: 2809OE058).

Literatur

Engelhard B, Bogenrieder A, Eckert M, Weihrauch F (2007): Entwicklung von Pflanzenschutzstrategien im ökologischen Hopfenbau. - LfL-Schriftenreihe 9/2007: 1-49

Jänsch S, Römbke J (2009): Einsatz von Kupfer als Pflanzenschutzmittel-Wirkstoff: Ökologische Auswirkungen der Akkumulation von Kupfer im Boden. - Umweltbundesamt (Dessau), Texte 10/2009: 1-70

N-Versorgungsstatus und -Aufnahme von Öko-Kartoffeln als Parameter für zukünftige Entscheidungsmodelle bei Kupfereinsatz

Thorsten Haase, H. Schulz, E. Kölsch & J. Heß
Universität Kassel, Hessische Staatsdomäne Frankenhausen, Frankenhausen 1, 34393 Grebenstein
thaase@wiz.uni-kassel.de

Stand der Forschung

1. Resistenzzüchtung gegen **Krautfäule** hat bislang keine längerfristig resistenten/toleranten Speisekartoffelgenotypen hervorgebracht.

2. **Vorkeimen** der Pflanzkartoffeln als wirksames Instrument zur Ertragssicherung in Krautfäulejahren (*Escape strategy*).
   Haase et al., 2007
   Möller & Reents, 2007
   Hospers-Brands et al., 2008

3. Die Ertragswirksamkeit von Kupferanwendungen hängt sehr stark vom **N-Versorgungsstatus** der Kartoffelbestände ab.
   Möller et al., 2007
   Finckh, Bruns & Schulte-Geldermann, 2006

Bestimmung des N-Versorgungsstatus bei Kartoffeln (*crop nitrogen status: CNS*)

- im konventionellen Anbau für N-Spätdüngung genutzt
- Öko-Landbau:
  - keine leicht verfügbaren N-Quellen verfügbar (Spätdüngung sinnlos!)
  - CNS-Bestimmung zur Abschätzung des verbleibenden Ertragspotenzials

Was wird benötigt:

- (Mehr) Empirische Daten zu
  - **Ertragsbildung** von Öko-Kartoffeln
  - **Krautfäule-Anfälligkeit** von Kartoffelsorten
  - **N-Aufnahme/-Nutzungseffizienz** von Kartoffelsorten
- Praxisnahe Methoden zur **CNS-Bestimmung**

Ausgewählte Fragestellungen

1. Unterscheiden sich die die Sorten hinsichtlich ihrer Krautfäuleanfälligkeit?
2. Unterscheiden sich die geprüften Sorten hinsichtlich ihrer N-Nutzungseffizienz?
3. Welche Methoden eignen sich für die Bestimmung des N-Versorgungsstatus?

Hessische Staatsdomäne Frankenhausen Feldversuche 2009-2011

Bodentyp: Parabraunerde aus Löss (75 Bodenpunkte)
Bodenart: Ut3 (mittlerer toniger Schluff)
Niderschlag: 698 mm
Temperatur: 8.5°C

Versuchsanlage (2009 und 2010)

- ✓ Vorfrucht: Kleegras (einjährig) + Zwischenfrucht
- ✓ Einheitliche Pflanzgutsortierung (35/55 mm)
- ✓ Pflanzgut vorgekeimt in Kisten (6 Wo. bei 10-15°C)
- ✓ Legen: ~ 25. April

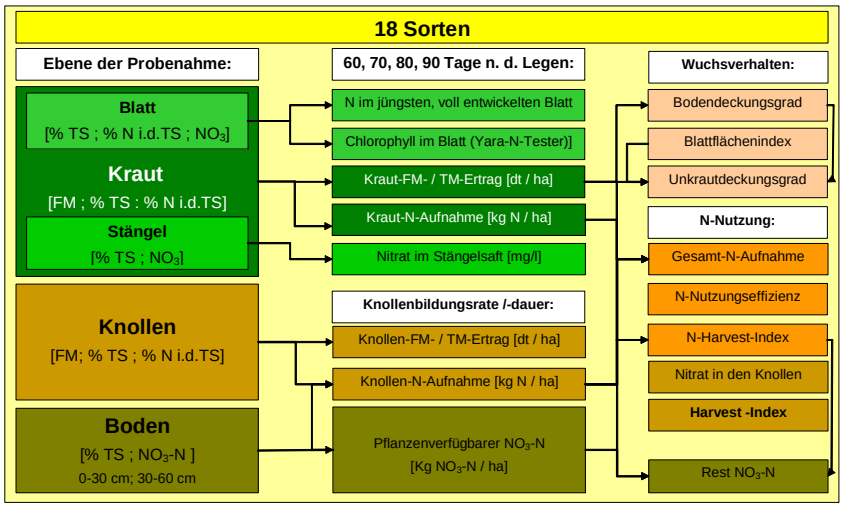
Einleitung **Material & Methoden** Ergebnisse & Diskussion Schlussfolgerungen Ausblick

Sortenspektrum

sehr früh	früh	mittelfrüh	mittelspät-spät
Annabelle	Agila	Finessa	Jelly
Anuschka	Belana	Ditta	
Salome	Princess	Allians	
Biogold	Mirage	Adelina	
	Elfe	Vitabella	
	Primadonna		
	Francisca		
	Miranda		
4	**8**	**5**	**1**

Einleitung **Material & Methoden** Ergebnisse & Diskussion Schlussfolgerungen Ausblick

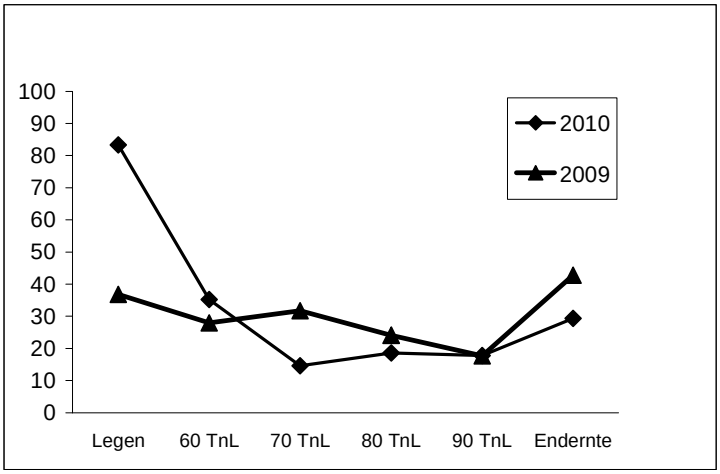
Schematische Übersicht des Versuches



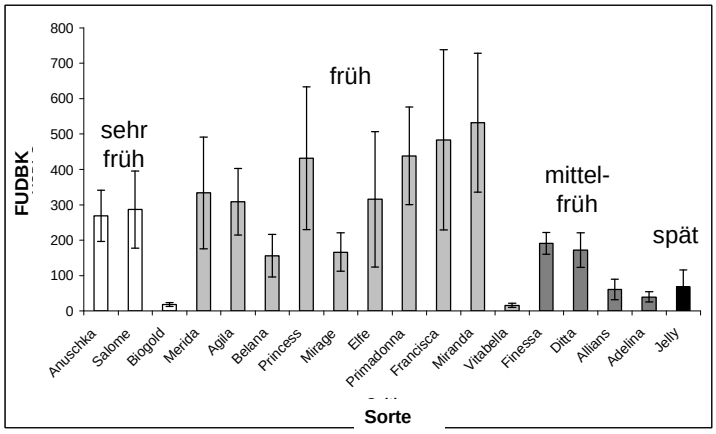
Bestimmung des N-Versorgungsstatus

- NO_3-N im Stängelsaft (Nitracheck)
- N im jüngsten voll entwickelten Blatt (Dumas)
- N im gesamten Kartoffelkraut (Dumas)
- Chlorophyll im jüngsten voll entwickelten Blatt (YARA-N-Tester)
- NO_3 in den Knollen (Nitracheck)
- N in den Knollen (Dumas)

Nitrat-N (kg/ha) im Boden (0-60 cm) im Verlauf der Vegetationsperioden 2009 und 2010

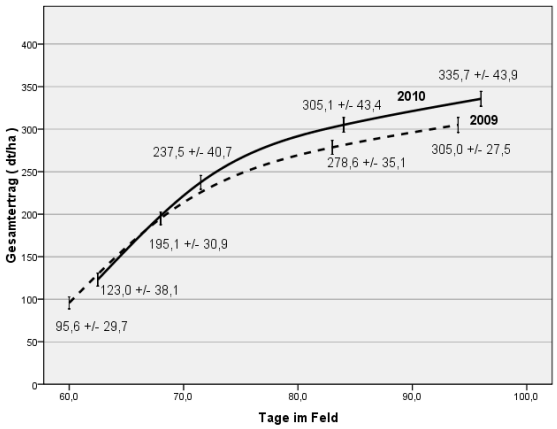


Krautfäule in 2009 (Beginn Mitte Juli) Fläche-Unter-Der-Befalls-Kurve (FUDPK)



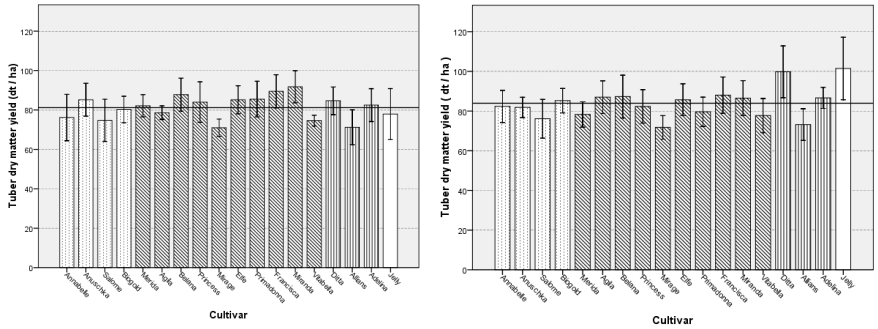
Krautfäuleverlauf der Sorten im Feld unterscheidet sich erheblich - auch innerhalb von Reifegruppen

Gesamt-Knollen-FM-Ertrag [dt/ha] (gemittelt über 18 Sorten): 2009 and 2010



Gesamt-Knollen-FM-Ertrag ab 70 Tage nach dem Legen (Ende Juni) höher in 2010 vermutlich aufgrund von mehr pflanzenverfügbarem **Stickstoff** und dem Ausbleiben der **Krautfäule**

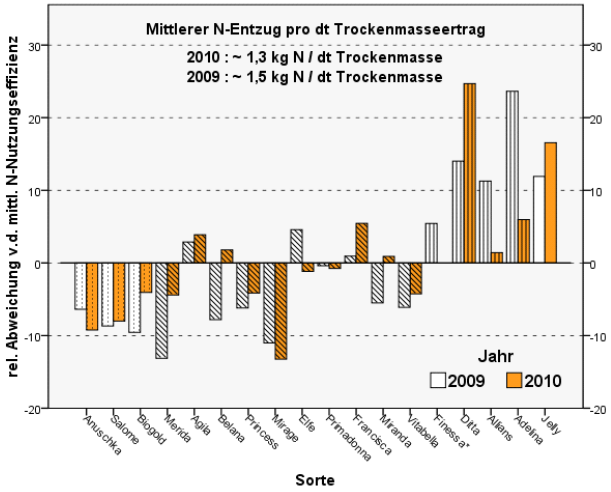
Gesamt-Knollen-TM-Ertrag [dt/ha] zwischen vierter Zeiternte und Haupternte (2010)



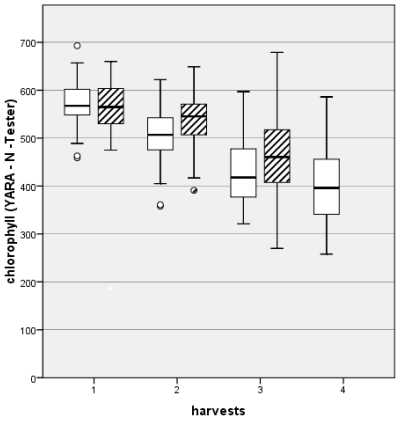
90 TnL **Haupternte**

<u>Keine</u> weitere *signifikante* Zunahme des Knollen-TM-Ertrages 90 TnL (20. Juli) außer bei zwei Sorten (mittelfrühe Sorte Ditta und mittelspäte Sorte Jelly)

N-Nutzungseffizienz (2009 und 2010)
[kg N (in Kraut und Knollen) pro dt Knollen-TM]
(% Abweichung vom Mittelwert)



N-Versorgungsstatus (YARA-N-Tester)
jüngstes voll entwickeltes Blatt
zu 4 (2009) bzw. 3 (2010) Terminen

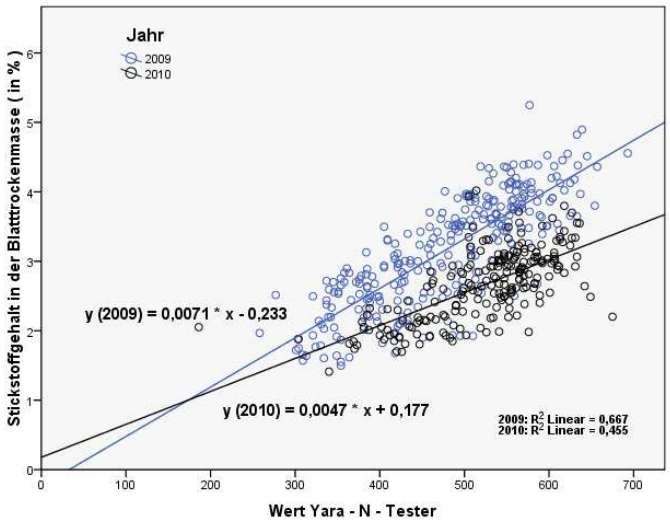


- Keine Werte 90 TnL in 2010
- Höhere Werte in 2010 (N_{min}, Krautfäule?)
- Abnahme über die Zeit
- Verlässlichkeit geht zurück

Harvest 1=60 TnL, harvest 2=70 TnL, etc.

N-Versorgungsstatus: YARA-N-Tester versus N [%] in der Blatt-Trockensubstanz:

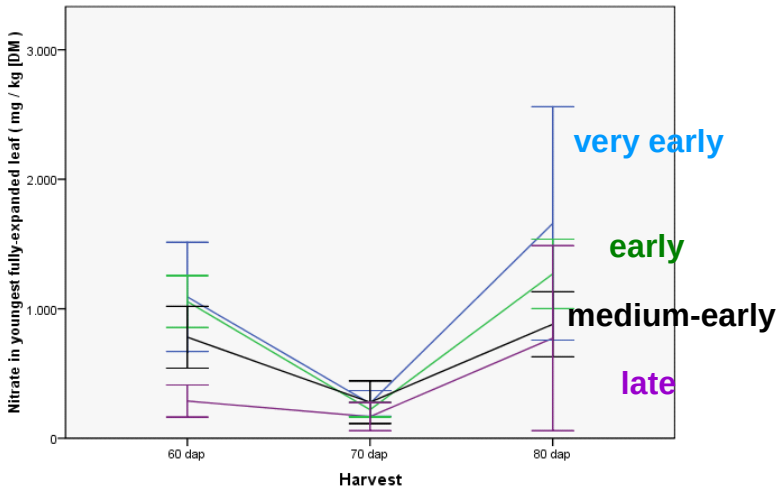
Jüngstes voll entwickeltes Blatt (2009 und 2010)



N-Versorgungsstatus: Nitrat

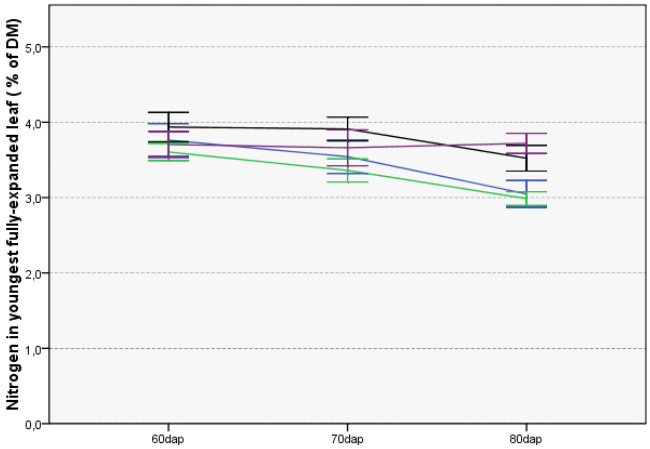
jüngstes voll entwickeltes Blatt (2010)

60, 70 und 80 TnL;Mittel; [mg/kg TM] ± S.E.



N-Versorgungsstatus: Stickstoff (Dumas)
jüngstes voll entwickeltes Blatt (2010)

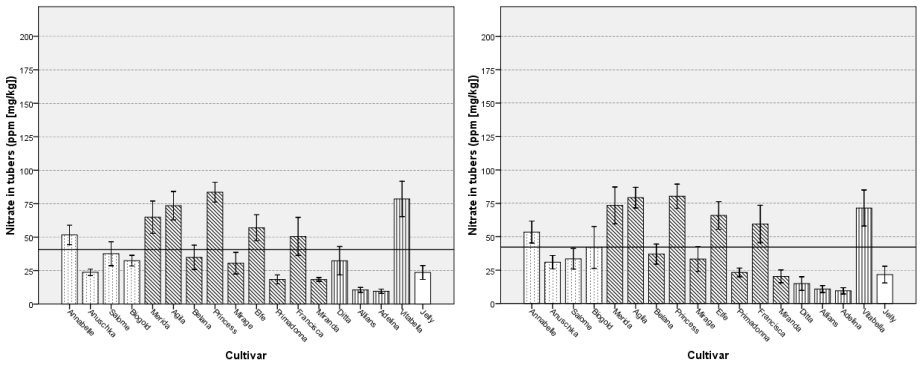
[mg/kg TM] Mittel ± S.E.



Weniger Wechselwirkung mit der Reifegruppe

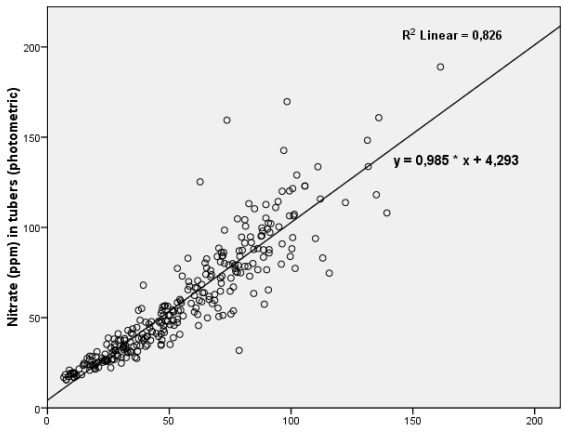
Besser geeignet zur Bestimmung der N-Versorgung?

Nitrat-Konzentration der Knollen (ppm): 2010
90 TnL und zur Endernte (Nitracheck)



Keine signifikante Veränderung der Nitrat-Konzentration
niedriges Niveau

Nitrat-Konzentration der Knollen (ppm): 2010
Nitracheck vs. Photometrie



Gute Übereinstimmung der beiden Methoden

Schlussfolgerungen

- **Ertragsbildung** erheblich von Anbausaison (N_{min}, Krautfäule?) beeinflusst.
- Die Sorten weisen unterschiedliche **N-Nutzungseffizienz** auf; Interaktionen mit Anbaujahr
- **YARA-N-Tester** erscheint geeignet für die (nicht-destruktive) Bestimmung des **N-Versorgungsstatus** von Kartoffelbeständen; Zeitpunkt der Messung von hoher Bedeutung.
- **Knollen-Nitrat-Konzentraton** auf niedrigem Niveau; von Sorte und Zeitpunkt der Messung beeinflusst.
- **Nitracheck** geeignet für günstige Bestimmung der Knollen-Nitrat-Konzentration und als Alternative für die Messung im Labor.

Zukünftige Forschungsfragen/-ansätze

- Empirische Daten zum Ertragspotenzial von Kartoffelsorten
  - bei unterschiedlicher N-Versorgung (Vorfrucht; organische Düngung)
  - bei Auftreten der Krautfäule (gar nicht; moderat; stark)
- Quantifizierung der Ertragswirksamkeit der **Krautfäule** durch krautfäulefreie Kontrollvarianten (Inokulation?)
- Sortenspezifische N-Nutzungseffizienz bei unterschiedlicher N-Versorgung (**Vorfrucht; Organische N-Düngung**)
- Wachstumsmodelle bei unterschiedlicher **N-Versorgung**
- **N-Versorgungsstatus** (z.B. via YARA-N-Tester) von Ökobeständen sollte in weiteren Feldversuchen (Umwelten) geprüft werden
- N-Versorgungsstatus als Entscheidungskriterium für **Kupferapplikation.**

Saisonrückblick und Status der Kupfer-Strategie im Bereich Kartoffel

Eckhard Reiners
Bioland Bundesverband, Kaiserstr. 18, 55116 Mainz
eckhard.reiners@bioland.de

Witterungsverlauf

Auf ein zum Teil extrem trockenes Frühjahr folgten ab Juni/Juli Niederschläge. Besonders im Süden war der Juli sehr nass. Der Krautfäuledruck kann als durchschnittlich bezeichnet werden, aber es gab erhebliche regionale Unterschiede. Starke Niederschläge in der Abreifephase führten örtlich zu Probleme im Lager (Nassfäule).

Maßnahmen

Die im Strategiepapier angesprochenen Maßnahmen wurden auch in 2011 angewandt:

Eine bewährte Maßnahme zur Ertragssicherung ist das Vorkeimen. Sie ist fast immer erfolgreich, der Effekt ist aber abhängig vom Witterungsverlauf während der Auflaufperiode. Das Vorkeimen wird von der Beratung allgemein empfohlen, nicht nur für den Frühanbau sondern auch für die Haupternte. Es ist zu beobachten, dass weitere Vorkeimhäuser gebaut wurden und dasVorkeimen auch bei Pflanzflächen über 10 ha durchgeführt wird.

Die Optimierung der Nährstoffversorgung ist regelmäßiger Bestandteil der Beratungsgespräche und Inhalt von Beratungsunterlagen. Thematisiert werden Vorfrucht, Zwischenfruchtanbau vor Kartoffeln, Bodenbearbeitung, Verwendung von organischen Düngern etc.

Das gleiche gilt für die Kulturplanung: Wert wird gelegt auf die räumliche Trennung von Früh- und Spätsorten, die Anordnung anfälliger und weniger anfällige Sorten gemäß Hauptwindrichtung etc.

Generell ist der Aspekt Bestandshygiene Gegenstand der Beratung. Vor Ort erfolgt Hilfestellung bei der Beurteilung der Infektionslage, daraus leiten sich z.B. Handlungsempfehlungen zur mechanische Beseitigung von Erstbefallsnester ab.

Bei der Sortenberatung ist die Phytophthora-Anfälligkeit ein maßgeblicher Aspekt bei Sortenempfehlung der Fachberatung. Die Sortenentwicklung ist permanent unter Beobachtung, z.B. bei den “Open Days” 2011 der Züchter in NL, neue viel versprechende Stämme sind in Prüfung.

Bei direketen Maßnahmen zur Phytophtorabekämpfung sind Prognosemodelle zur Befallsentwicklung wie “Öko-Simphyt” und andere in der Praxis eingeführt und werden als Entscheidungshilfen genutzt.

Bezüglich der Applikationstechnik von Pflanzenschutzmitteln wurden 2011 Praxisversuche durchgeführt, z.B. mit “Danfoil”-Zerstäubertechnik. Hierbei zeigen sich gute Ansätze, aber weitere Versuche sind notwendig.

Eine Beizung des Pflanzgutes gegen *Erwinia carotovora* mit Kupfer zeigt erfahrungsgemäß einen Nebeneffekt auf die Phytophthora-Infektion. Beobachtungen aus den Jahren 2009, 2010 und auch aus 2011 sind aber uneinheitlich.

Auch in 2011 erfolgten Versuche mit Pflanzenschutzmitteln mit den Kupferhydroxid-Formulierungen der neuen Generation im Vergleich zu herkömmlichen Formulierungen auf verschiedenen Betrieben auf insgesamt über 80 ha Kartoffelfläche. Es zeigt sich der Trend, dass mit den neuen Mitteln für eine vergleichbare Wirkung nur eine um rd. 25 % verminderte Rein-Kupfer-Menge benötigt wird.

Projekte
Bewährte Verfahren und neue Erkenntnisse wurden auch in 2011 bei Wissenstransferveranstaltungen und Praktikertagen vermittelt. Dabei ist die Phythophthora-Regulierung immer ein Schwerpunktthema. In durch das Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft geförderten Projekten werden Kupferminimierungs- und Vermeidungsstrategien im ökologischen Kartoffelbau weiter erforscht, z.B. im Verbundvorhaben mit der *LfL* (*Bayerische* Landesanstalt für Landwirtschaft), der Technischen Universität München u.a. [FKZ 09OE045, FKZ 09OE114]. Ein weiteres Projekt befasst sich mit der Krautfäuleresistenzzüchtung unter Miteinbeziehung von Biobauern in Selektion und Bewertung, gearbeitet wird mit Stämmen öffentlicher Einrichtungen und privater Züchterhäuser.

Kupfer-Erhebung
Jährlich werden bei Naturland- und Bioland-Betrieben Erhebung zur Kupferanwendung bei Kartoffeln durchgeführt. In 2011 wurden die Daten über die Anwendungen im Anbaujahr 2010 erhoben.
(Hinweis: Die Auswertung ist zum Zeitpunkt dieser Veranstaltung noch unvollständig!)

Kultur	bisher ausgewertete Gesamtfäche	davon behandelte Fläche	durchschnittliche Cu-Menge auf behandelter Fläche
Kartoffeln	1884 ha	1529 ha = 81 %	1,4 kg/ha

Kupferreduzierung und Kupfersubstitution im Weinbau – zum Stand der Dinge aus Sicht der Forschung

Beate Berkelmann-Löhnertz[1], Stefan Klärner[1], Ottmar Baus[1], Gerald Herrmann[2], Bruno Flemming[2], Reiner Keicher[3], Hans-Peter Schwarz[3], Marco Pfliehinger[4] & Otmar Löhnertz[4]

[1] Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Phytomedizin, Geisenheim
[2] uv-technik meyer gmbh, Ortenberg (Hessen)
[3] Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Technik, Geisenheim
[4] Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Bodenkunde und Pflanzenernährung, Geisenheim

Email: berkelmann@fa-gm.de

Einleitung

Kupfer ist eines der ältesten Fungizide und wird traditionell im Ökologischen Landbau eingesetzt. Dies gilt insbesondere für den ökologischen Weinbau. Hier werden regelmäßig kupferhaltige Pflanzenschutzmittel mit unterschiedlichen Mischungspartnern zur Bekämpfung von *Plasmopara viticola*, dem Erreger des Falschen Mehltaus der Rebe, im Abstand von etwa zehn Tagen appliziert. In Deutschland liegt der Grenzwert der maximal zulässigen Reinkupfermenge derzeit bei 3 kg pro Hektar und Jahr. Vor allem aufgrund der vieldiskutierten Problematik „Ökotoxikologie von Kupfer“ werden dringend praxistaugliche Kupfer-Minimierungsstrategien sowie wirksame Kupfer-Alternativen gebraucht (Schwarzbach 2008; Berkelmann-Löhnertz et al. 2008).

Ein wichtiges Fazit des letzten Kupfer-Fachgespräches im Jahr 2008 zur „Bedeutung von Kupfer für den Pflanzenschutz, insbesondere für den Ökologischen Landbau – Reduktions- und Ersatzstrategien“ war, dass die Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Kupferredzierung sowie Kupfersubstitution weiter intensiviert werden müssen (Kühne, 2008).

Nachfolgend soll deshalb dargestellt werden, welche Lösungsmöglichkeiten derzeit an der Forschungsanstalt Geisenheim versuchstechnisch verfolgt werden und in welchem Zeithorizont diese Untersuchungen Lösungsansätze für die weinbauliche Praxis erwarten lassen.

Forschungs- und Arbeitsschwerpunkte in Geisenheim

In der Arbeitsgruppe „Rebkrankheiten“ des Fachgebietes Phytomedizin der Forschungsanstalt Geisenheim werden derzeit drei unterschiedliche Ansätze zur Unterstützung der Reduzierung/Eliminierung von Kupfer im ökologischen Weinbau verfolgt, um Verfahren zu erarbeiten bzw. zu optimieren. Diese können grundsätzlich einzeln oder in Kombination eingesetzt werden:

- Anwendung der „Geisenheimer Peronospora-Prognose“ zur besseren Terminierung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel sowie phosphonathaltiger Pflanzenstärkungsmittel und anderer Elicitoren;
- Reduzierung des Einsatzes kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel durch UVC-Bestrahlung von Laubwand und Traubenzone;
- direkter Einsatz Effektiver Mikroorganismen sowie basischer Substanzen gegen den Erreger des Falschen Mehltaus der Rebe.

Darüber hinaus ist erwähnenswert, dass auf der Basis des im Fachgebiet Phytomedizin vorliegenden GEP-Zertifikats („Gute Experimentelle Praxis“) zur Überprüfung der biologischen Wirksamkeit und möglicher phytotoxischer Reaktionen neuer Substanzen im Versuchsweinberg in der jüngeren Vergangenheit vermehrt Prüfungen potentieller Kupfer-Alternativen erfolgten. Diese wurden von

verschiedenen KMU mit einem Portfolio für Produkte des Ökologischen Landbaus oder von Unternehmen, die Agenzien des Biologischen Pflanzenschutzes vertreiben, in Auftrag gegeben. Hierbei handelt es sich allesamt um Kontakte, die im Rahmen des in Geisenheim koordinierten BÖL-Verbundprojektes „Optimierung des ökologischen Rebschutzes unter besonderer Berücksichtigung der Rebenperonospora“ (Laufzeit: 2004 bis 2008), geknüpft und in den Folgejahren ausgebaut wurden. Auch hierin ist langfristig ein Beitrag zur Minimierung/Substitution von Kupfer im Pflanzenschutz zu sehen.

Anwendung der „Geisenheimer Peronospora-Prognose“

Grundsätzlich können Prognosemodelle in der Pflanzenschutzpraxis zur besseren Terminierung von Pflanzenschutzmaßnahmen eingesetzt werden. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist die so genannte Prognosegüte, d.h. eine hohe Vorhersagegenauigkeit. Diese ist beim oben genannten Modell gegeben.

In den vergangenen zehn Jahren wurde in Geisenheim das vorhandene Peronospora-Modell um verschiedene Sub-Module erweitert, die insbesondere die Primärinfektion und darauf folgende, gefährliche bodenbürtige Infektionen abbilden und bei der Vorhersage berücksichtigen (Berkelmann-Löhnertz et al., 2011 a). Dieses „Geisenheimer Peronospora-Prognosemodell“ wurde im Zeitraum 2008 bis 2011 validiert. Mittlerweile erfolgt die Rebschutz-Beratung im Rheingau in Bezug aus den Falschen Mehltau ausschließlich auf der Basis dieses neuen Prognosemodells.

Abbildung 1 zeigt die Modellergebnisse auf der Basis der berechneten Parameter Bodenfeuchte, Primärinfektionsindex (= PI-Index) sowie Splash-Höhe (= SPLH). Anhand dieser Größen lassen sich zum einen die Zeitpunkte bodenbürtiger Infektionen und zum anderen die spezifischen Inkubationszeiten vorhersagen. Die Inkubationsphasen der Primärinfektion und weiterer bodenbürtiger Infektionen sind hier als braune Balken dargestellt; Inkubationszeiträume blattbürtiger Infektionen werden dementsprechend durch grüne Balken repräsentiert.

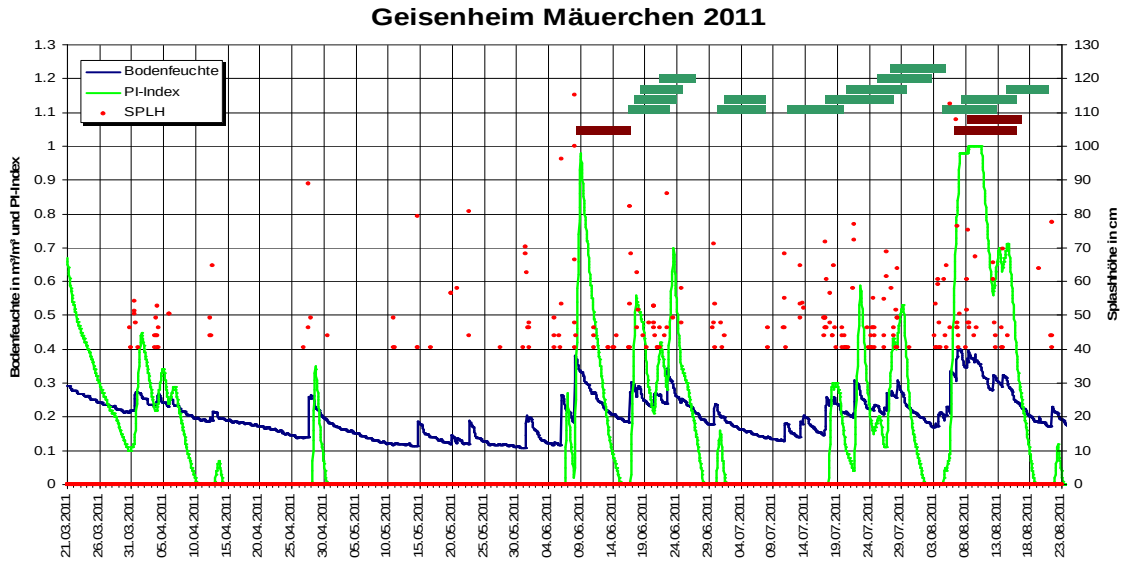


Abb. 1: Inkubationsphasen nach Infektionen durch blattbürtige (grün = Blatt) sowie bodenbürtige (braun = Boden) Vermehrungseinheiten von *Plasmopara viticola* im Jahr 2011 auf dem Versuchsstandort Geisenheimer Mäuerchen (dargestellter Zeitraum: 21. März 2011 bis 23. August 2011). Legende: blauer Kurvenverlauf = Bodenfeuchte; grüner Kurvenverlauf = Primärinfektionsindex [PI-Index]; rote Punkte = Höhe der Splash-Tropfen).

Hinsichtlich der Anwendung dieses Modells in der Rebschutz-Praxis sind drei gravierende Vorteile zu nennen:

- Optimale Terminierung von Pflanzenschutzmittelapplikationen. Dies gilt in besonderem Maße für kupferhaltige Pflanzenschutzmittel (sowie Kupferersatzstoffe) und ist für diese Mittelgruppe eine wichtige Voraussetzung, da Kupfer (sowie Kupferersatzstoffe) sowohl bezüglich der biologischen Wirksamkeit als auch hinsichtlich der Dauerwirkung nicht mit organisch-synthetischen Peronospora-Fungiziden zu vergleichen ist. Aktuell erfolgen im Lippmann-Institut (Luxemburg) sowie in Geisenheim molekularbiologische Untersuchungen zur Identifizierung des besten Applikationstermins phosphonathaltiger Pflanzenstärkungsmittel und anderer Elicitoren. Auch hier ist die exakte Terminierung von sehr großer Bedeutung, da in der Regel die Reaktionskaskade der pflanzeneigenen Abwehrmechanismen zunächst anlaufen oder sogar vollständig ablaufen muss, bevor eine Abwehrreaktion gegenüber dem Pathogen möglich ist (Berkelmann-Löhnertz et al., 2011 b; Selim et al., 2012).
- Möglichkeit der Diagnose und dadurch Differenzierung „harmloser" blattbürtiger Infektionen von „gefährlichen" bodenbürtigen Infektionen, die möglicherweise (und gemäß der Beobachtungen der letzten Jahre) aufgrund des Eintrags neuer, virulenter Genotypen den Epidemieverlauf verstärken können. Gegebenenfalls ist diesem Phänomen im ökologischen Weinbau mit wiederholten Kupferanwendungen innerhalb sehr kurzer Applikationsintervalle und/oder der Zugabe entsprechend potenter Mischungspartner entgegen zu wirken.
- Reduzierung des Anteils „falsch positiver" Prognosen, so dass das Reduktionspotential bezüglich des Fungizid-Einsatzes tatsächlich ausgeschöpft werden kann. Prognosemodelle, die einen hohen Anteil „falsch positiver" Meldungen generieren, verfehlen das gesetzte Ziel des schaderregerorientierten Einsatzes bei Überschreiten der Schadschwelle und führen letztendlich nicht zu einer Einsparung an Pflanzenschutzmitteln.

UVC-Bestrahlung von Laubwand und Traubenzone[4]

Seit fast zwei Jahren erfolgen in Geisenheim Untersuchungen zum Einsatz einer UVC-Bestrahlung von Laubwand und Traubenzone mit dem Ziel der Schädigung generativer und vegetativer Vermehrungseinheiten der Schadpilze sowie Unterdrückung des Mycelwachstums. Durch das applizierte UVC-Licht (254 nm) wird die Thymonukleinsäure (Baustein aller Lebewesen) im Pathogen zerstört. Die Zellen und Vermehrungseinheiten der Mikroorganismen sterben ab und können sich nicht mehr fortpflanzen.

Im Zentrum der praxisorientierten Freilanduntersuchungen stehen die wirtschaftlich wichtigen Schadpilze *Plasmopara viticola*, *Erysiphe necator* und *Botrytis cinerea*. Bei allen drei Pathogenen handelt es sich um polyzyklische Pilze mit extrem hohem Schadpotential. Gleichzeitig ergibt sich aufgrund des hohen Inputs an Fungiziden, welches zur Eindämmung dieser Pathogene erforderlich ist, ein großes Einsparpotential beim Einsatz des oben beschriebenen physikalischen Verfahrens.
Nach Festlegung der optimalen Dosierung des UVC-Lichtes im Rahmen von Labor- und Gewächshausversuchen erfolgten in der Vegetationsperiode 2011 die ersten

[4] Dieses Vorhaben wird vom Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst (HMWK) im Rahmen des Programmschwerpunktes LOEWE (Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Excellenz) gefördert. Projektträger ist die HessenAgentur.

Freilandversuche mit einem Geräte-Prototyp (Abb. 2). Neben der Erfassung der biologischen Wirksamkeit sowie phytotoxischer Reaktionen der Wirtspflanze wurden Studien zum Auftreten möglicher Nebenwirkungen auf physiologischer Ebene durchgeführt. Betont sei an dieser Stelle, dass UVC-Applikationen nur dort wirken können, wo die Zielfläche ohne Abschattung optisch frei zugänglich ist.

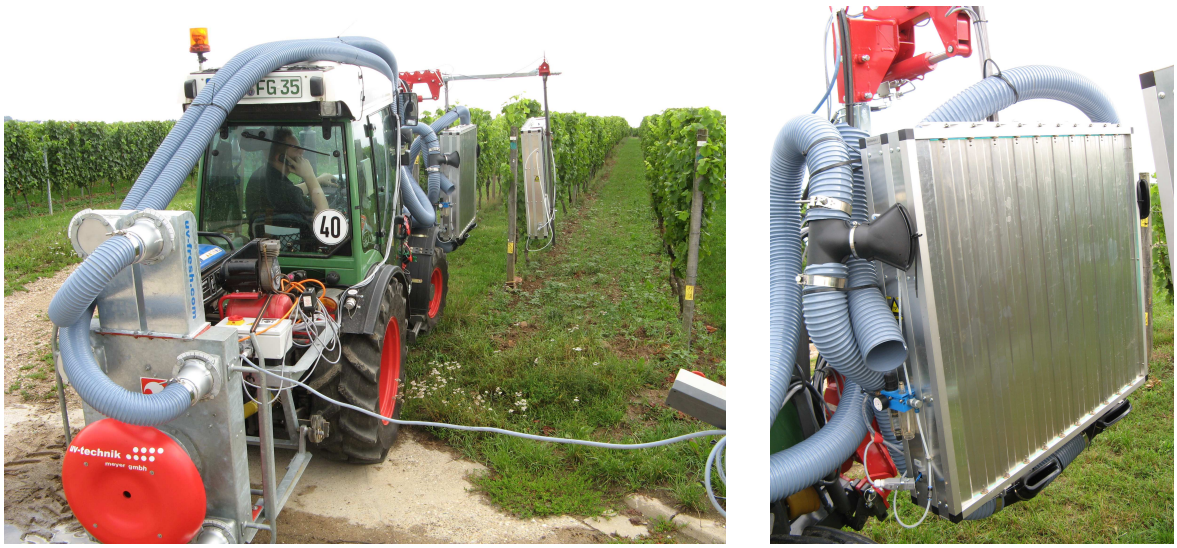


Abb. 2: Geräte-Prototyp für UVC-Applikationen im Weinberg. Für den Freilandeinsatz wurde die Bestrahlungseinheit UVC-2 (Gewächshaus) modifiziert und mit diversen Aggregaten und einer Gebläseeinrichtung versehen.

Der Fokus dieses Freilandversuches lag auf der Reduzierung der Zahl an Fungizidapplikationen (also einem reduzierten Pflanzenschutzmitteleinsatz), um mögliche Potentiale zur Einsparung von Fungiziden – grundsätzlich auch auf kupferhaltige Pflanzenschutzmittel bezogen – aufzuzeigen. Im Versuchsweinberg Mäuerchen wurde die Wirksamkeit einer ausschließlichen UVC-Behandlung (UVC solo), einer gemischten Anwendung (UVC + reduzierter Fungizideinsatz; 3 Fungizid-Applikationen) sowie einer Standard-Spritzfolge (integriert Standard; 8 Fungizid-Applikationen) bezogen auf die drei Pathogene *P. viticola, E. necator* und *B. cinerea* gegenüber gestellt. Hierbei kam eine Bestrahlungsdosis von ≤160 mWs/cm² zur Anwendung.

Dabei ließen sich Effekte einer Befallsreduzierung durch die UVC-Bestrahlung tendenziell beim *Oidium*-Befall an Trauben sowie beim *Botrytis*-Befall feststellen. Der Peronospora-Befall ließ sich dagegen mittels UVC-Bestrahlung im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle nicht reduzieren. Eine mögliche Erklärung hierfür liegt in der Tatsache begründet, dass im Falle von *P. viticola* der Infektionsprozess auf der Blattunterseite verläuft und die Pathogenese fast ausschließlich „versteckt“ im Blattinneren stattfindet. So lässt sich die schlechte Peronospora-Wirkung mit diesen „Abschattungseffekten“ erklären. Im geplanten Freilandversuch 2012 soll mit einem starken Gebläse ein kurzzeitiges Aufrichten der Blätter erreicht werden, um auch die Peronospora-relevante Zielfläche (Blattunterseite) für die UVC-Applikation zugänglich zu machen.
Im Rahmen der ersten Freilanduntersuchungen zeigte sich weiterhin, dass die avisierte Bestrahlungsdosis von ≤160 mWs/cm² keine sichtbaren phytotoxischen Reaktionen bei den Reben hervorrief. Hinsichtlich der untersuchten physiologischen

Parameter Beerengröße, Blatt-Chlorophyllgehalt, Blatt-Gesamtstickstoff und Auftreten des Stressindikators Malondialdehyd waren keine signifikanten Unterschiede festzustellen.

Effektive Mikroorganismen und basische Substanzen

Im Ökologischen Landbau kommen unter Anderem mikrobiologische Präparate zum Einsatz, die sich positiv auf Nährstoffaufnahme und Pflanzengesundheit auswirken sollen. Zu diesen Präparaten zählen auch die so genannten Effektiven Mikroorganismen. Solche mikrobiellen Suspensionen werden im allgemeinen zur Bodenbehandlung und/oder zur Anreicherung verschiedener Komposte oder anderer organischer Substrate (Holzschnitzel, Strohmischungen, Trester) eingesetzt. Im Rahmen einer in Geisenheim durchgeführten Diplomarbeit wurden unterschiedliche Aufbereitungen dieser Mikroorganismen-Suspensionen sowie verschiedene basische Substanzen im protektiven Applikationsmodus direkt auf Topfreben-Blätter appliziert (Wiltschko, 2011). Einen Tag später erfolgte die Inokulation mit einer Sporangien-Suspension von *P. viticola*.

Dabei zeigte sich, dass unter den geschützten Bedingungen des Gewächshauses eine Reduzierung des Pilzbefalls erzielt werden konnte. Je nach Aufbereitungsart fiel diese unterschiedlich aus. Grundsätzlich ging von den basischen Substanzen im Vergleich zu den Effektiven Mikroorganismen eine stärkere biologische Wirksamkeit aus. Somit konnte im Rahmen der oben genannten Diplomarbeit das Potential verschiedener Aufbereitungen Effektiver Mikroorganismen sowie spezifischer basischer Substanzen zur direkten Bekämpfung von *Plasmopara viticola* aufgezeigt werden (Wiltschko, 2011).
Aktuell erfolgen Studien zur Verbesserung der Regenfestigkeit durch Zusatz verschiedener Formulierungshilfsstoffe (solo und als Mischung). Hierbei wird darauf geachtet, dass nur solche Agenzien zur Anwendung kommen, die im Ökologischen Landbau ohne Einschränkungen eingesetzt werden können. Im laufenden Jahr ist der erste Freilandeinsatz im Versuchsweinberg geplant.
Ein weiteres Ziel der Arbeit war die Charakterisierung der Prüfsubstanzen, die möglicherweise als Kupferersatz Anwendung finden werden. Hierfür wurden phytomedizinische, chemisch-physikalische sowie mikrobiologische Methoden eingesetzt. Im Mittelpunkt stand dabei die Charakterisierung der Mikroorganismen. Hierfür fanden neben den klassischen mikrobiologischen Protokollen neue chemisch-physikalische Ansätze Verwendung (z.B. Bio-Elektronische Terrainanalyse (BETA) nach Vincent). In der Summe gaben die Ergebnisse dieser Untersuchungen Hinweise zum Mechanismus, auf den die biologische Wirksamkeit der Substanzen gegenüber *Plasmopara viticola* zurückzuführen ist.

Fazit

Einer der Forschungs- und Arbeitsschwerpunkte im Fachgebiet Phytomedizin der Forschungsanstalt Geisenheim ist die Erarbeitung von praxisrelevanten und nachhaltigen Kupferreduzierungs-/Kupferersatzstrategien für den ökologischen Weinbau. Dabei kommen sowohl chemische als auch nichtchemische Verfahren zum Einsatz. Alle Ansätze zur Lösung der Kupferproblematik basieren letztendlich auf einer Weiterentwicklung der Verfahren des integrierten Pflanzenschutzes. Unter Berücksichtigung spezifischer Reglements können die erarbeiteten Strategien unmittelbar im ökologischen Weinbau Anwendung finden. Um diesen Prozess zu beschleunigen, wäre es wünschenswert, im Falle leistungsfähiger Kupferalternativen die Abläufe der Markteinführung und Kommerzialisierung zu vereinfachen.

Die vorgestellten Verfahren stehen (zukünftig) auch integriert wirtschaftenden Weinbauern zur Verfügung. Ziel ist die breite Nutzung in der weinbaulichen Praxis. Damit ist ein weiterer, wichtiger Schritt getan, um gemäß den im „Nationalen Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln“ (Anonym, 2008) aufgeführten Grundprinzipien die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß zu begrenzen und Risiken, die von Pflanzenschutzmitteln ausgehen können, zu reduzieren.

Literatur

Anonym (2008): Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV). Gesamtverantwortung: Referat 421 - Wissensmanagement, Internetangebote, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit (BLE), Dr. Uwe Lichtenstein. Fachliche Inhalte: Referat 514 – Agrarforschung (BLE).

Berkelmann-Löhnertz B, Heibertshausen D, Baus-Reichel O, Hofmann U, Kauer R (2008): Ohne Kupfer geht es nicht – Status quo im ökologischen Weinbau nach vier Jahren BÖL-Verbundprojekt. Fachgespräch „Bedeutung von Kupfer für den Pflanzenschutz, insbesondere für den Ökologischen Landbau – Reduktions- und Ersatzstrategien“. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 142, 17-20.

Berkelmann-Löhnertz B, Baus O, Hassemer-Schwarz H, Frühauf C (2011 a): Elaboration and validation of a downy mildew forecast model regarding soil borne infections. Journal of Plant Pathology 93 (1, Supplement), 45-46.

Berkelmann-Löhnertz B, Selim M, Langen G, Kogel K-H & Evers, D (2011 b): Molekularbiologische Untersuchungen zur Aufklärung der Wirkung phosphonathaltiger Elicitoren im Pathosystem *Vitis vinifera*/*Plasmopara viticola*. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 158, 29-33.

Kühne S (2008): Zusammenfassung. Fachgespräch „Bedeutung von Kupfer für den Pflanzenschutz, insbesondere für den Ökologischen Landbau – Reduktions- und Ersatzstrategien“. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 142, 4-5.

Schwarzbach W (2008): Kupfer als Pflanzenschutzmittel-Wirkstoff: Bewertung der Auswirkungen auf den Naturhaushalt. Fachgespräch „Bedeutung von Kupfer für den Pflanzenschutz, insbesondere für den Ökologischen Landbau – Reduktions- und Ersatzstrategien“. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 142, 10-14.

Selim M, Legay S, Berkelmann-Löhnertz B, Langen G, Kogel K-H, Evers D (2012): Identification of suitable reference genes for real-time RT-PCR normalization in the grapevine-downy mildew pathosystem. Plant Cell Rep 31, 205–216.

Wiltschko K (2011): Charakterisierung Effektiver Mikroorganismen und basischer Substanzen sowie deren Einfluss auf wirtschaftlich wichtige Pathogene der Rebe. Diplomarbeit, Hochschule RheinMain, Fachbereich Geisenheim.

Saisonrückblick und Status der Kupfer-Strategie im Bereich Wein

Lotte Pfeffer-Müller
ECOVIN Bundesverband Ökologischer Weinbau e. V., Wormser Str. 162,
55276 Oppenheim
info@ecovin.de

Rückblick auf die Saison 2011:

Witterungsverlauf

1. Extrem früher Austrieb,
2. ausgesprochene Trockenheit bis Anfang Juni
3. starke Maifröste am 4. Mai
4. hohe Feuchtigkeit mit Starkregen und Hagel bis Anfang September

Auf Grund des frühen Austriebs und der Trockenheit begann die Phase des Pflanzenschutzes mit Pflanzenschutzmittel erst ab dem Rebstadium 55 und somit mit nur wenigen Vorblütespritzungen. Der Schutz der Trauben war leicht zu sichern bis auf die Trauben der vom Maifrost geschädigten Weinberge. Die ununterbrochene Feuchtigkeit im Juli / August führte bei fast allen Betrieben zu starken Infektionen im oberen Laubbereich.
In den vom Maifrost geschädigten Anlagen bestand die Problematik, dass zwei Generationen von Trauben parallel wuchsen und somit kein Einsatz des Kaliumphophonats möglich war. Nur mit hohem Pflanzenschutzaufwand waren die Trauben der Frostanlagen zu sichern.
Wie sich diese besonderen Bedingungen auf den Einsatz von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln ausgewirkt haben, lässt sich erst nach der Kontrollsaison 2012 dokumentieren.

Im Rahmen des Ringversuches hat sich gezeigt, dass auf mit den beiden neuen Kupferhydroxid-Formulierungen eine Einsparung von Reinkupfer gegenüber dem Kupferoxychlorid bei gleicher Wirkung um 20 % möglich ist. Die ausgebrachte Kupfermenge lag bei den Neuen Mitteln bei durchschnittlich 2,0 kg und bei Funguran bei 2,5 kg bei gleichzeitiger 2-3 maliger Anwendung von Phosphonat.
In den Versuchsflächen ohne zusätzliche Phosphonat-Anwendung wurden hingegen bei den Progress-Mitteln bis 2,6 kg und bei Funguran 3 kg Reinkupfer ausgebracht bei erkennbar geringerer Wirkung gegenüber Phosphonat-Vergleichsflächen.

Überblick über den Einsatz von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln im ökologischen Weinbau 2010

Insgesamt wurden die Aufwendungen der Betriebe von Bioland, Demeter, ECOVIN und Naturland ausgewertet. (ca. 2/5 der gesamten deutschen ökologisch bewirtschafteten Rebfläche, von den „Nichtverbandsbetrieben“ liegen uns keine Zahlen vor)

Durchschnittlich wurden 99 % der Weinbauflächen mit Kupfer behandelt.
Die durchschnittliche Aufwandmenge betrug 2,14 kg/ha Kupfer. (2,35 kg/ha im Jahr 2009 erhoben von ECOVIN)
Auffallend war der Unterschied innerhalb der Verbände. In den Richtlinien des ECOVIN-Verbands ist die Anwendung von Kalium-Phosphonat erlaubt und der

Einsatz wird von der Beratung zur Kupferreduzierung empfohlen. Die durchschnittliche Aufwandmenge lag bei den ECOVIN-Betrieben um 10–20 % niedriger als bei den anderen Verbänden, bei denen der Einsatz des Kalium-Phosphonats über Ausnahmeanträge geregelt wird. Ca. 3/4 der ECOVIN-Betriebe setzen Kalium-Phosphonat zwei bis vier Mal bis zur abgehenden Blüte ein.

Die folgenden Zahlen beziehen sich nur auf ECOVIN-Betriebe:
Die Aufwandmenge ist abhängig von der jeweiligen Witterung und den regionalen Besonderheiten.
Die durchschnittliche Aufwandmenge lag zwischen 0,8 kg/ha an der Ahr und 2,3 kg/ha in Württemberg und Mosel. An der Mosel spielt hier die Schwarzfäule eine große Rolle. In den Anbaugebieten Mosel, Baden, Nahe und Württemberg haben einzelne Betriebe die 3kg/ha ausgenutzt und insgesamt lagen 30 % der Betriebe über 2,5 kg/ha

Die starke Thematisierung der Kupferreduzierung hat allerdings bei einigen Betrieben, vorrangig Umstellungsbetriebe, zu großer Verunsicherung geführt und zu zu geringem Einsatz, der wiederum höhere Befallsstärken und Traubenausfall zur Folge hatte.

Hier ist besonders eine intensive Beratung gefragt.

<u>Projektstand aus dem Strategiepapier zur Kupferreduzierung im ökologischen Weinbau, verantwortlich ECOVIN, Bundesverband ökologischer Weinbau.</u>

Partner	**Aufgabe**	**Finanzierung**	**Aktueller Stand 11/2011**
Eco-Consult, Betriebe	Ringversuche mit den neuen Kupferpräparaten im Weinbau Funguran progress und Cuprozin progress	SPU, Ecovin	2011 das letzte Jahr im Versuch, 50 ha sind beteiligt, unterschiedliche Sorten und Regionen Wie in den beiden ersten Jahren war auch 2011 eine Reduzierung um ca. 20 % Reinkupfer gegenüber dem Vergleichsmittel Funguran möglich.
	Kontaktaufnahme mit Firmen, die sich für eine Zulassung von anorganischen Salzen der Phosphonsäure interessieren	Ecovin	Einzelgespräche im laufenden Jahr, Strategietreffen im 12/2011
JKI	Pilzwiderstandsfähige Rebsorten: Erhebung des Reduktionspotentials für Kupfer Programme zur Erhöhung der Marktakzeptanz	BÖLN-Projekt	Laufzeit 01/2011 bis 2013 mit der Hochschule Rhein-Main, 1. Teil Bachelorarbeit Bestandsaufnahme bis 2/2012
WBI Freiburg	F & E Projekt Strategie zur Kupferminimierung durch Additive in der Formulierung.	BÖLN-Projekt	Laufzeit 3/2011 bis 2013 Untersuchung zu dem Wirkungsmechanismus von Kupfer, Versuche zur besseren Ausnutzug der wirksamen Kupferionen mit Hilfe von Additiven erste Versuchsergebnisse werden auf der Kupfertagung 2012 vorgetragen
Ecovin, DLR	Durchführung von Fortbildungsveranstaltungen im Weinbau, Aktualisierung Ökoportal		Fortbildungen zu Kupfer laufen bspw. über DLR, und in den Regionalgruppen von Ecovin
Beratungsorganisationen	Wissens- und Technologie-Transfer im Weinbau		Wird auf normalem Niveau, besonders im Rahmen von Beratertagungen, Feldtagen sowie den Einführungs- und Fortbildungsveranstaltungen durchgeführt

Erforschung und Entwicklung alternativer Mittelzubereitungen für die Apfelschorfbekämpfung im Falllaub

Franziska Rüdiger[1], Naomi Nietsch[2], Barbara Pfeiffer[2], Andreas Kollar[1]
[1]Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau, Schwabenheimer Str. 101, 69221 Dossenheim
[2]Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau, Traubenplatz 5, 74189 Weinsberg

Einleitung

Die Bekämpfung des Apfelschorfes im ökologischen Obstbau ist die kosten- und zeitaufwendigste Pflanzenschutzmaßnahme. Kupferpräparate wirken innerhalb der für den ökologischen Anbau zugelassenen Mittel vergleichsweise gut und sind derzeit nicht zu ersetzen. Vor dem Hintergrund des geplanten EU-weiten Verbots von Kupfer als Pflanzenschutzmittel (ab 2016) ist jedoch die Entwicklung neuer Pflanzenschutzmittel anzustreben. Ziel des Projektes ist es, Verfahren die zur Abtötung bzw. Schwächung der Überdauerungsorgane im Falllaub führen zu entwickeln, um somit den Infektionsdruck im Frühjahr zu verringern. Die auf diese Weise abgeschwächte Wirkung der Primärinfektionen soll den Bedarf an fungiziden Maßnahmen reduzieren und/oder die Effizienz bisher unzureichender Fungizide aus dem Bereich des ökologischen Pflanzenschutzes verstärken.

Die Reduktion des Sporenpotentials im Frühjahr, sollte durch eine Behandlung des Falllaubs mit unterschiedlichen Medien und Pflanzenextrakten erreicht werden. Hierbei wurden zwei unterschiedliche Strategien in der Schorfbekämpfung verfolgt. Zum einen wurden fungizid wirkende Pflanzenextrakte eingesetzt, die eine direkte Wirkung auf die Fruchtkörperbildung haben. Zum anderen wurden verschiedene Nährmedien verwendet, die das Wachstum von „antagonistischen Mikroben“ fördern sollten und somit indirekt (Nahrungskonkurrenz, Blattzersetzung etc.) die Fruchtkörperreifung hemmen.

Material und Methoden

Falllaubbehandlungen in Dossenheim 2010/11

Im Herbst 2010, wurden mit beginnendem Laubfall (1.11.10) jeweils 80g stark schorfbefallene Blätter in 20 Plastikschalen eingewogen. Die Schalen waren mit Drainagelöchern versehen, um das Ablaufen von Regenwasser zu ermöglichen und mit einem Drahtgitter abgedeckt. Sie wurden im Freiland auf einem Sarannetz exponiert, um Regenwürmer fernzuhalten und an vier Terminen (11.1; 27.1; 16.2; 7.3.11) mit den jeweiligen Nährlösungen und Medien behandelt (Tab. 1). Die Medien und Pflanzenextrakte wurden in den entsprechenden Konzentrationen angesetzt und mit einer Handsprühflasche bis zum ersten Ablauf an der Blattoberfläche aufgebracht.

Tab.1: Medien und Pflanzenextrakte, sowie angewendete Konzentrationen für die Falllaubbehandlungen 2010/11 in Dossenheim

Dossenheim	**Konzentration**
Unbehandelte Kontrolle (Wasser)	-
TSB	9%
TSB 80% Ethanolextrakt	9%
TSB 80% Ethanolpräzipitat	9%
TSB 9% hitzebehandelt	9%
Hefeextrakt „Leiber“	1,1%
Hefeextrakt „Leiber“ 80% Ethanolextrakt	1,1%
Hefeextrakt „Leiber“ 80% Ethanolpräzipitat	1,1%
Hefeextrakt „Leiber“ hitzebehandelt	1,1%
Yuccasaponin 1,5%	1,5% (vol%)
Primelwurzel	10% Tee, davon 6% vol (kalt ansetzen, aufkochen, 10 min ziehen lassen)
Saponariawurzel	10% Tee, davon 6% vol
Quillajarinde	10% Tee, davon 6% vol
TSForte	1,5ml TSForte + 150ml Wasser
Palmarosa	150ml Wasser + 150µl Palmarosa + TSForte 1,5ml
Pepton Casein	6%
Pepton Soja	6%
Casaminoacids	6%
TSB	4,5%
Unbehandelte Kontrolle (Wasser)	-

Mit Beginn der Schorfprimärsaison 2011 wurden wöchentlich Blattproben entnommen (23.3-14.6.11), um das Ascosporenpotential mit der Wasserbadmethode (KOLLAR, A. 2000) zu bestimmen. Dabei wurde je ein Gram Blattaliquot in 50 ml destilliertes Wasser eingewogen und für 1h bei 100 U/min auf einem Horizontalschüttler geschwenkt. Die Sporensuspension wurde anschließend durch Miracloth gefiltert und in eine Kolkwitz Zählkammer gegeben. Nach kurzem Absetzen der Sporenlösung, konnte das Ascosporenpotential mikroskopisch bestimmt werden. Die Auszählung der Ascosporen erfolgte über einen Zeitraum von 13 Wochen (23.3.11-14.6.12). Zusätzlich wurde der optische Eindruck von den Blättern (Zersetzungsgrad, Ablösung der Epidermis usw.) ermittelt und dokumentiert.

Bestimmung der mikrobiellen Aktivität

Um zu überprüfen, ob die Medien bzw. Pflanzenextrakte das Wachstum von Mikroben und damit die mikrobielle Konkurrenz (natürlicher Antagonismus, Laubzersetzung) fördern, wurde die mikrobielle Aktivität im Falllaub bestimmt.
Die Quantifizierung der Bakterien in den behandelten und überwinterten Blättern erfolgte mit 1g Blattmaterial (7.3.11) aus dem jeweiligen Depot. Die Blätter wurden über Nacht getrocknet und bis zur Aufarbeitung bei -20℃ eingefroren. Das abgewogene Blattmaterial wurde mit flüssigem Stickstoff zermörsert und in 100 ml destilliertem Wasser aufgenommen. Diese Suspension wurde für 15 min auf dem Horizontalschüttler gestellt, um die Mikroorganismen von der Blattoberfläche abzulösen. Ausgehend von dieser Suspension wurde eine Verdünnungsreihe bis zu

einer Endkonzentration von 10^{-6} angelegt. Jeweils 100 µl der entsprechenden Verdünnung wurden auf Tryptic Soy Agar (TSA) ausplattiert. Dem Agar wurde Cycloheximid (0,4 µg)zugesetzt, um das Wachstum von Pilzen zu unterdrücken. Nach einer dreitägigen Inkubationszeit bei 20℃ kon nten dann die Kolonien auf den Platten ausgezählt werden.

Ergebnisse

Ascosporenpotential 2011

Für die mit Pepton Casein 6% und TSB 9% hitzebehandelten Blätter konnte die stärkste Reduktion des Ascosporenpotentials gegenüber der Kontrolle verzeichnet werden (Abb.1). Der Wirkungsgrad lag für beide Medien bei 98%. Die anderen TSB Medien konnten das Ascosporenpotential ebenfalls wirksam senken, so konnte für TSB 9% eine Reduktion um 97% verzeichnet werden. Niedrige TSB Konzentration (4,5%) zeigten dabei einen geringeren Effekt. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass niedermolekulare Bestandteile des TSB, wie z.B. Peptide, wirksamer waren als hochmolekulare, da der Wirkungsgrad von TSB 80% Ethanolextrakt bei 85% lag, der von TSB 80% Ethanolpräzipitat dagegen nur bei 71%. Die Annahme, dass Präparate mit hohem Peptidanteil, das Ascosporenpotential effektiv herabsetzen können, wird auch durch die Ergebnisse der Pepton Soja 6% und der Casaminoacid 6% Behandlungen gestützt (siehe Abb.1).

Bei den Saponinbehandlungen zeigten nur der aus *Saponaria officinalis* gewonnene Tee, sowie das Yuccasaponin eine Wirkung. Das Ascosporenpotential konnte gegenüber den Kontrollbehandlungen um 42 bzw. 34% herabgesetzt werden. Bei den Behandlungen mit *Quillaja officinalis* und *Primula veris* konnte keine wirkungsvolle Reduktion des Sporenpotentials festgestellt werden. Auch die Hefepräparate, sowie Palmarosa und TS Forte konnten das Ascosporenpotential nicht signifikant herabsetzen.

Zusätzlich zum Ascosporenpotential wurde der optische Eindruck von den Blättern ermittelt und dokumentiert. Im Vergleich zu den Kontrollblättern (Abb.2) konnte bei den mit TSB, Pepton Casein (Abb.3), Pepton Soja und den mit Casaminoacids behandelten Blättern ein höherer Zersetzungsgrad festgestellt werden. Zudem konnten Strukturveränderungen, wie z.B. Ablösungen an der Epidermis beobachtet werden. Der sichtbare Blattabbau setzte bereits Mitte März ein und entwickelte sich bis zur letzten Probenahme Mitte Juni weiter fort.

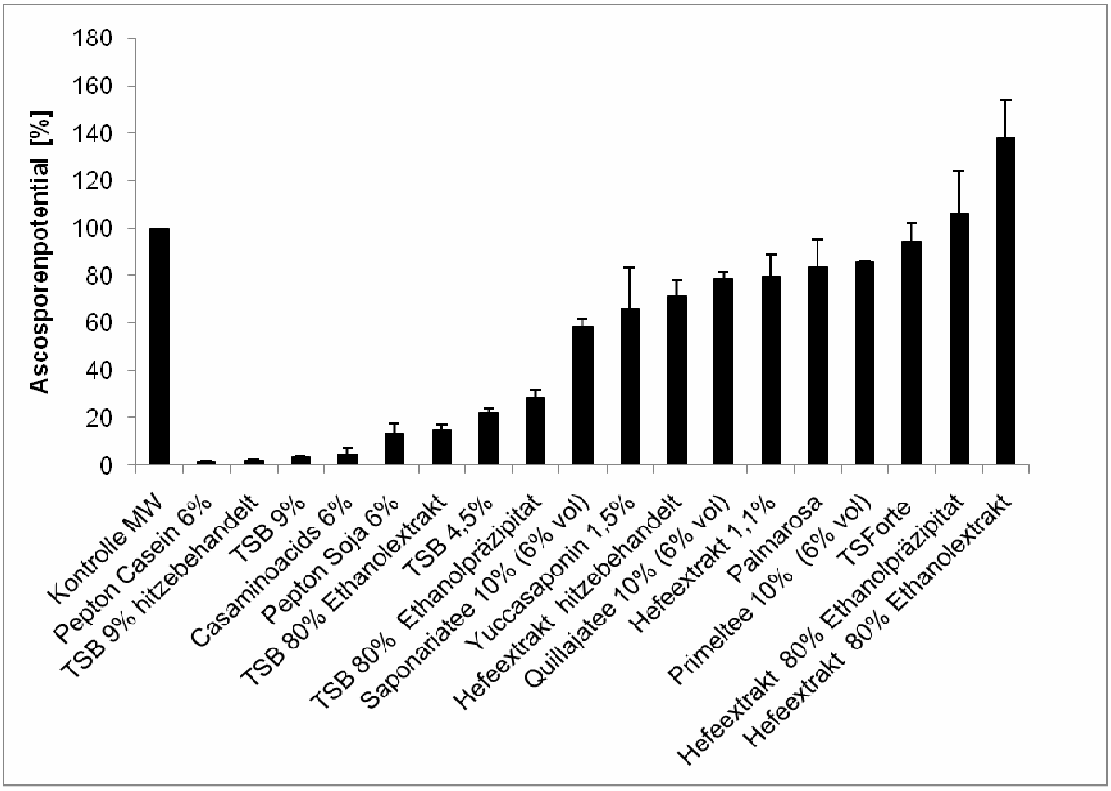


Abb. 1: Kumulatives Ascosporenpotential [%] 2011

Abb. 2: unbehandelte Blätter (Kontrolle)

Abb. 3: Pepton Casein 6% behandeltes Falllaub

Koloniebildende Einheiten (CFU´s)

Auf den unbehandelten Blättern (Kontrolle) konnte eine natürliche Populationsdichte von $4{,}2*10^{-7}$ CFU´s nachgewiesen werden (Abb. 4). Im Vergleich dazu, wurde bei den mit TSB 9% behandelten Blättern eine deutlich höhere mikrobielle Besiedlung von $2{,}42*10^{-10}$ CFU´s festgestellt. Auch die anderen Nährlösungen, wie die Pepton Casein, die Casaminoacid Behandlung, sowie die weiteren TSB Varianten, führten zu einer deutlichen Förderung der mikrobiellen Besiedlung gegenüber der Kontrolle. Bei den mit „Leiber“ Hefe behandelten Blättern konnten, im Vergleich zur Kontrolle, etwa doppelt soviel CFU´s nachgewiesen werden. Die anderen Hefevarianten, sowie der Quillajatee, Palmarosa und Pepton Soja 6% hatten keinen Einfluss auf die

mikrobielle Besiedlung des Falllaubs. Die Populationsdichte entsprach annähernd der auf den Kontrollblättern. Eine hemmende Wirkung trat hingegen bei den Saponinbehandlungen mit Yucca, Saponariatee, Primeltee sowie bei den mit TS-Forte behandelten Blättern auf. Die Populationsdichte lag im Bereich im Bereich von 10^{-6} CFU´s.

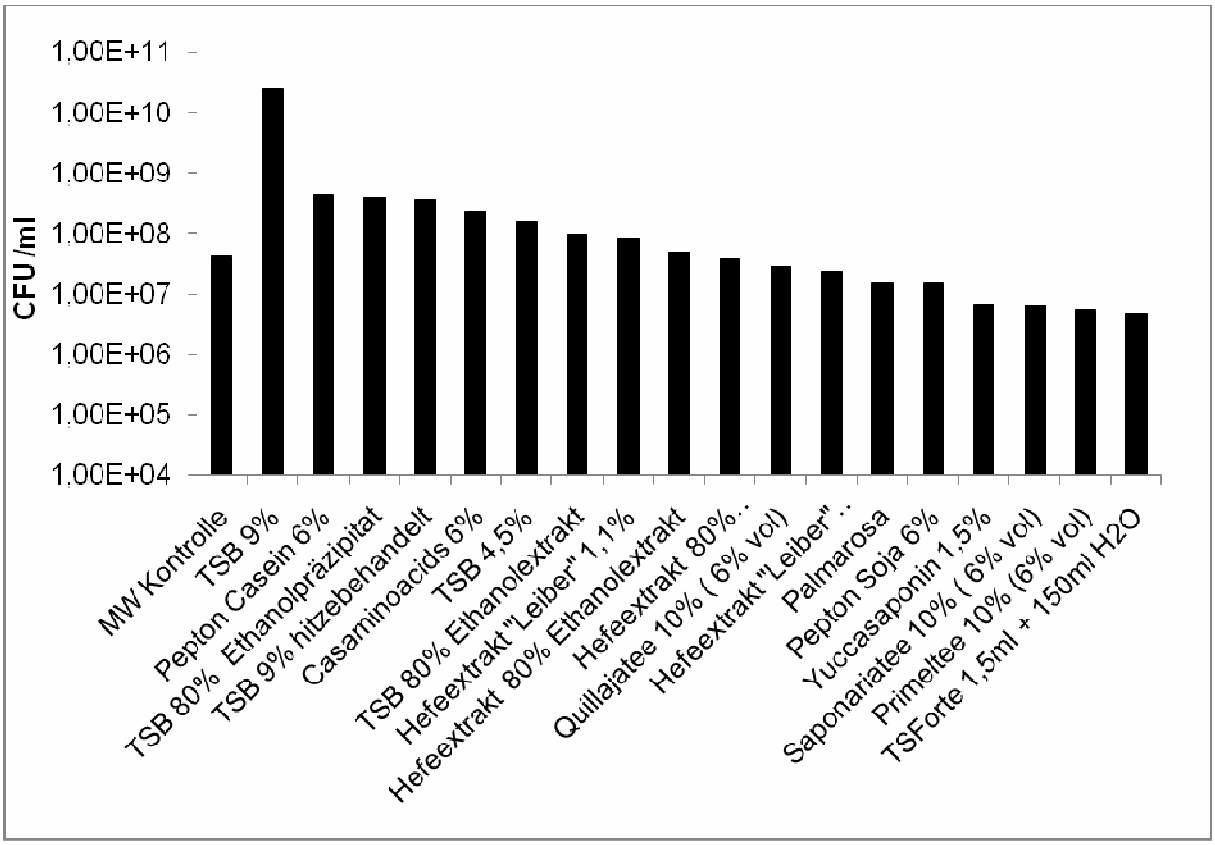


Abb. 4: Anzahl der colony forming Units/ml (CFU´s) auf den mit Nährlösungen und Pflanzenextrakten behandelten Blätter

Diskussion

Trotz der späten Behandlung und dem frühen Beginn der Schorfprimärsaison konnte mit einigen Medien eine wirkungsvolle Reduktion des kumulativen Ascosporenpotentials erreicht werden. Die effektivsten Nährlösung waren dabei Pepton Casein 6%, sowie TSB 9%, die das Sporenpotential um 98% reduzierten. Da eine Korrelation zwischen dem verminderten Ascosporenpotential und dem Zersetzungsgrad der Blätter bestand ist davon auszugehen, dass dieser Effekt durch die Förderung von mikrobiellen Antagonisten zustande kam, die eine schnellere Blattzersetzung gewährleisten und zu einer effizienten Bekämpfung der sexuellen Vorgänge, Fruchtkörperbildung und/oder Sporenausschleuderung führen. Die wichtigsten Wirkbestandteile sind dabei vermutlich Peptide, die das Wachstum der Mikroben fördern. Unterstützt wird diese Hypothese auch durch die Bestimmung der CFU´s. Sowohl für Pepton Casein 6%, als auch für TSB 9% konnte eine mikrobielle Förderung nachgewiesen werden. Für die Behandlung des Falllaubs mit Saponinen konnte ebenfalls eine Hemmung der Fruchtkörperbildung nachgewiesen werden. Das kumulative Ascosporenpotential konnte um bis zu 42% reduziert werden. Ferner führten die Behandlungen zu einer Hemmung des mikrobiellen Wachstums (CFU´s), was vermutlich auf die membranolytischen Eigenschaften der Saponine zurüchzuführen ist. Dementsprechend konnte im Vergleich mit den Kontrollblättern auch keine schnellere Blattzersetzung beobachtet werden.

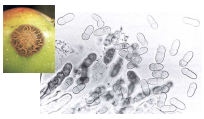
Im weiteren Verlauf des Projektes sollen die Extraktionsverfahren für die Pflanzenextrakte und Nährlösungen optimiert werden. Zusätzlich sollen die Wirkbestandteile des Soja-mediums bestimmt werden, die das Wachstum der „antagonistischen Mikroben“ bewirken. Dies erfordert biochemische Analysen, um entsprechende Konzepte und Strategien im Sinne einer Weiterentwicklung des Mediums zu entwickeln, die den Anforderungen des ökologischen Anbaus entsprechen.

Literatur

KOLLAR, A. (2000): A waterbath method for detection of potential ascospore discharge of *Venturia inaequalis*. Bulletin IOBC wprs., Vol.23 (12), 53-60.

Aktueller Stand der Ausarbeitung von Strategieansätzen zur Kupferminimierung

Jürgen Zimmer, David Kreuzberg
Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz, Breitenweg 71, 67435 Neustadt
juergen.zimmer@dlr.rlp.de



Bekämpfung Apfelschorf

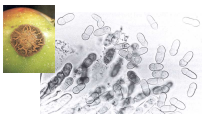
(Labortestung)

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ

Dr. Stefan Kunz, Malin Hinze
Bio-Protect GmbH, Konstanz, www.bio-protect.de

© DLR Rheinpfalz – Kompetenzzentrum Gartenbau

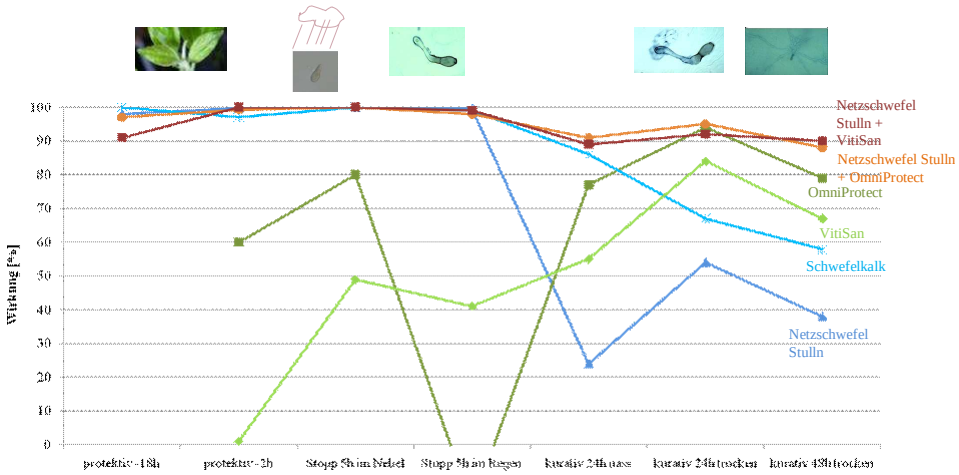
BÖLN
Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft



Bekämpfung Apfelschorf

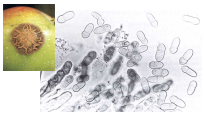
(Labortestung)

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ



Dr. Stefan Kunz, Malin Hinze
Bio-Protect GmbH, Konstanz, www.bio-protect.de

BÖLN
Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft



Mittelwahl je nach Applikationstermin

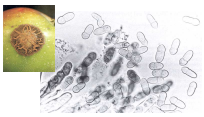
RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ

Applikation	protektiv		Stopp	Infektion	kurativ	
Konidien						
Zeit	-18h bis -2h	0h	+5h	+6 bis +20h	+24h	+48h
Präparate	Kupfer Schwefelkalk (Netzschwefel)		**Schwefelkalk** Netzschwefel (NS + VitiSan o. OmniProtect)		(Schwefelkalk) (NS + VitiSan o. OmniProtect)	(NS + VitiSan o. OmniProtect)

Unter Freilandbedingungen nur bedingt übertragbar

Dr. Stefan Kunz, Malin Hinze
Bio-Protect GmbH, Konstanz, www.bio-protect.de

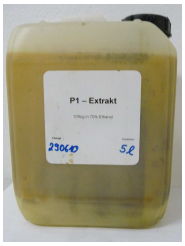
BÖLN
Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft



Alternative Produkte
(Beispiel Süßholzextrakt, P1)

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ

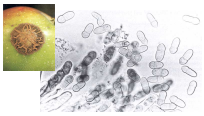
Verwendung u. a.:
Volksmedizinisch wird das Süßholz bei Bronchitis, Magen- und Darmgeschwüren, Stoffwechselstörungen und Verstopfung angewendet



Süßholz (*Glycyrrhiza glabra*)

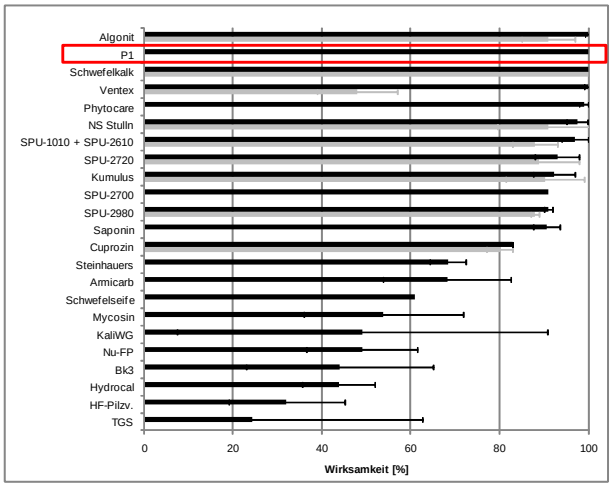
BÖLN
Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft

© DLR Rheinpfalz – Kompetenzzentrum Gartenbau



Labortestung
(Protektiv, 18 h vor Inokulation)

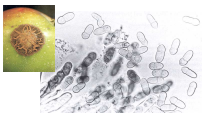
RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM
LÄNDLICHER RAUM
RHEINPFALZ



Wirksamkeit von Präparaten bei Applikation protektiv (18 Stunden vor Inokulation mit *V. inaequalis* Konidien) ohne (schwarze Balken) oder mit 30 mm Regen (graue Balken) vor der Inokulation.

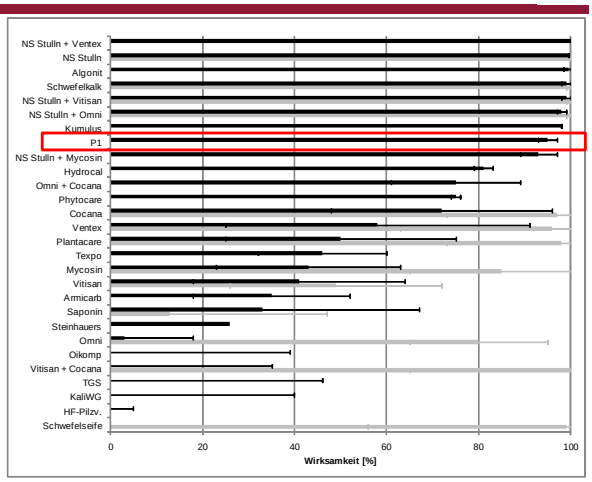
BÖLN
Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft

© DLR Rheinpfalz – Kompetenzzentrum Gartenbau



Labortestung
(Stopp, während der Keimungsphase)

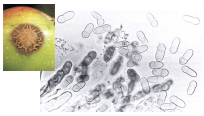
RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM
LÄNDLICHER RAUM
RHEINPFALZ



Wirksamkeit von Präparaten bei Applikation auf Apfeltriebe während der Keimphase von Konidien von *V. inaequalis* 5 Stunden nach der Inokulation. Die Applikation erfolgte während eines simulierten Regenereignisses (schwarze Balken) oder im Nebel (graue Balken).

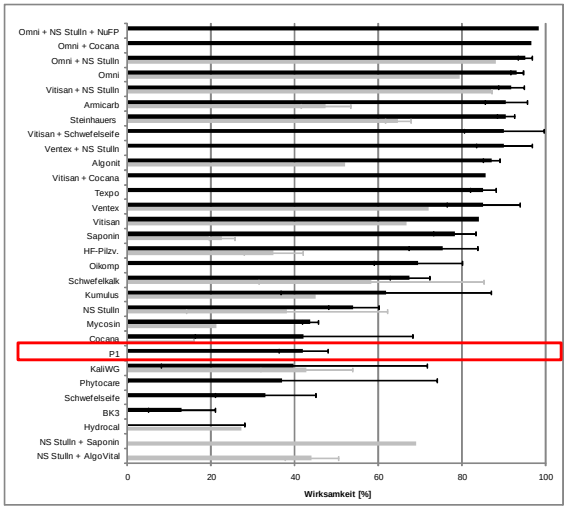
BÖLN
Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft

© DLR Rheinpfalz – Kompetenzzentrum Gartenbau



Labortestung
(Kurativ, 24 h / 48 h nach Inokulation)

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM
LÄNDLICHER RAUM
RHEINPFALZ



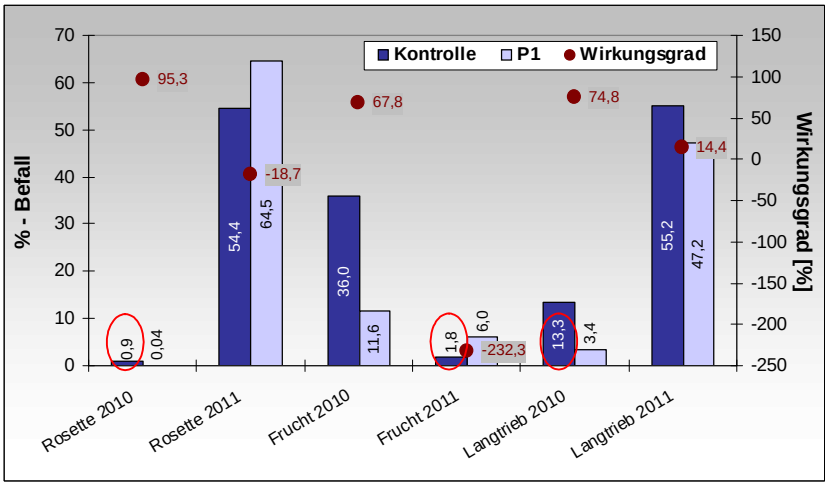
Wirksamkeit von Präparaten oder Mischungen appliziert auf Apfeltriebe 24 Stunden (schwarze Balken) oder 48 Stunden (graue Balken) nach der Inokulation mit Konidien von *V. inaequalis* auf das abgetrocknete Blatt.

BÖLN
Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft

© DLR Rheinpfalz – Kompetenzzentrum Gartenbau

Ergebnisse Süßholzextrakt P1
Jonagold 2010/11

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM
LÄNDLICHER RAUM
RHEINPFALZ



2010

2011

BÖLN
Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft

© DLR Rheinpfalz – Kompetenzzentrum Gartenbau

Versuchsplan 2011
Gala & Elstar

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ

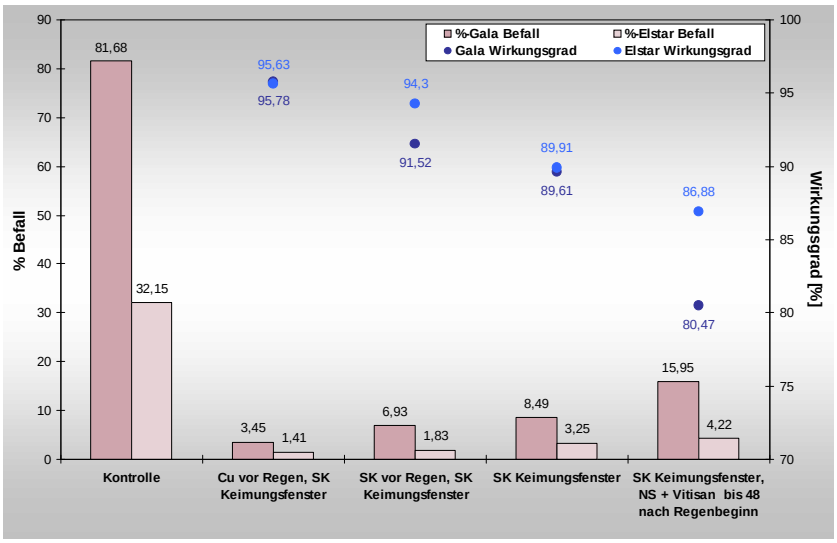
Variante		Aufwandmenge pro ha	Behandlungstermine
1	Kontrolle	---	---
2	Präventiver Kupferbelag vor Regen + Schwefelkalk ins Keimungsfenster	200 g – 500 g rein Cu/ha Ab Blüte ohne Kupfer wie Var. 3 10 l/ha u. mKh bis Blüte 7,5 l/ha u. mKh ab Blühbeginn	**16.03.*/ 29.03. *** / 31.03. / 07.04. / **11.04.*** / 12.04. / 21.04. / 27.04. / 08.05. / 17.05. / 30.05. (11 Behandlungen)
3	Präventiver Schwefelkalkbelag vor Regen + Schwefelkalk ins Keimungsfenster	10 l/ha u. mKh bis Blüte 7,5 l/ha u. mKh ab Blühbeginn (NS 1,0 – 2,5 kg/ ha u. mKh)	**16.03.** / **29.03.** / 31.03. / 07.04. / **11.04.** / 12.04. / 21.04. / 27.04. / 08.05. / 17.05. / 30.05. (11 Behandlungen)
4	Nur Schwefelkalk ins Keimungsfenster	10 l/ha u. mKh bis Blüte 7,5 l/ha u. mKh ab Blühbeginn	16.03. / 31.03. / 07.04. / 12.04. / 21.04. / 27.04. / 08.05. / 17.05. / 30.05. (9 Behandlungen)
5	Schwefelkalk ins Keimungsfenster + Netzschwefel + Vitisan bis 48 Stunden nach Regenbeginn	10 l/ha u. mKh bis Blüte 7,5 l/ha u. mKh ab Blühbeginn NS 1,0 – 2,5 kg/ha u. mKh Vitisan 2,5 – 3,0 kg/ha u. mKh	16.03. / 31.03. / 07.04. / 12.04. / 21.04. / 27.04. / **28.04.** / 08.05. / 17.05. / 30.05. (10 Behandlungen)

* Behandlungen mit Cuprozin progress: 16.03. (300 g rein Cu/ha), 29.03. (300 g rein Cu/ha), 11.04. (200 g rein Cu/ha), **Σ 800 g** rein Cu/ha

© DLR Rheinpfalz – Kompetenzzentrum Gartenbau

Ergebnisse Rosette 28.06.11
Gala/Elstar

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ

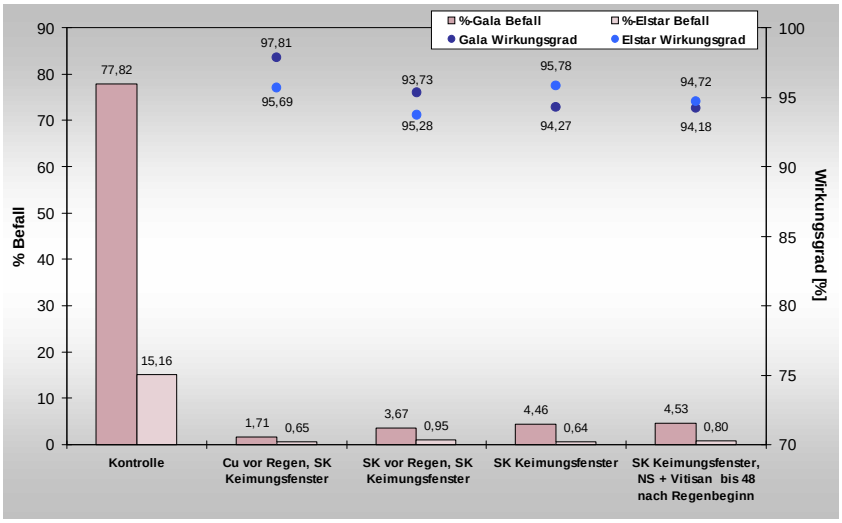


BÖLN

© DLR Rheinpfalz – Kompetenzzentrum Gartenbau

Ergebnisse Frucht 28.06.11
Gala/Elstar

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ

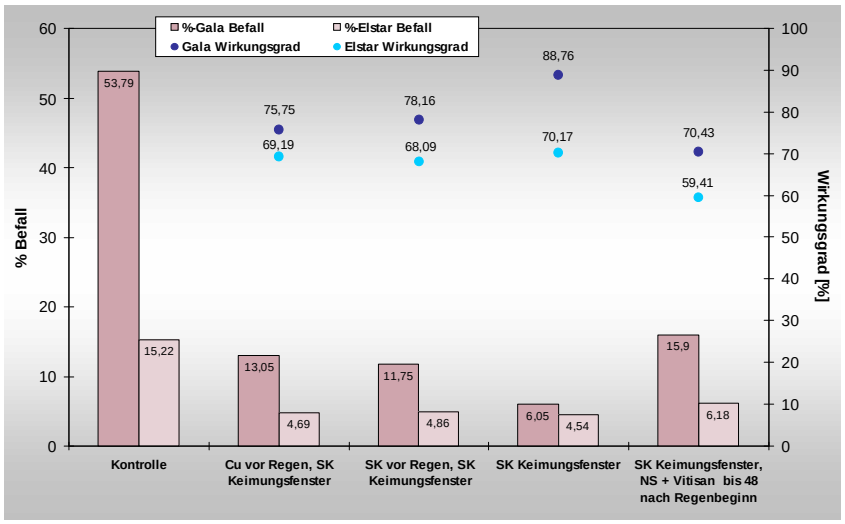


BÖLN

© DLR Rheinpfalz – Kompetenzzentrum Gartenbau

Ergebnisse Langtrieb 19.07.11
Gala/Elstar

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ



BÖLN

© DLR Rheinpfalz – Kompetenzzentrum Gartenbau

Fazit Schorfbekämpfung

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ

- Alternativprodukte zeigen eine gute Wirkung in der Labortestung, fallen aber in den Freilandversuchen deutlich ab (Regenbeständigkeit, UV-Stabilität usw.)
- Kaliumbicarbonate können in Kombination mit Netzschwefel je nach Witterungsbedingungen eine zusätzliche Alternative zu Schwefelkalk darstellen
- Schwefelkalk in das Keimungsfenster appliziert erweist sich als die effektivste und zuverlässigste Alternative zu Kupfer
- Auch beim Einsatz von niedrigen Kupfermengen vor der Blüte ist ein positiver Effekt bei der Reduzierung des Schorfbefalls ersichtlich
- Eine deutliche Kupferreduzierung kann bei der Apfelschorfbekämpfung durch die neue Generation von Kupfermitteln in der Form von Kupferhydroxid erreicht werden
- Kupferreduktion erzielt durch:

Schwefelkalk ⟹ Kupferhydroxid ⟹ Kaliumbicarbonat ⟹ Neue Präparate?

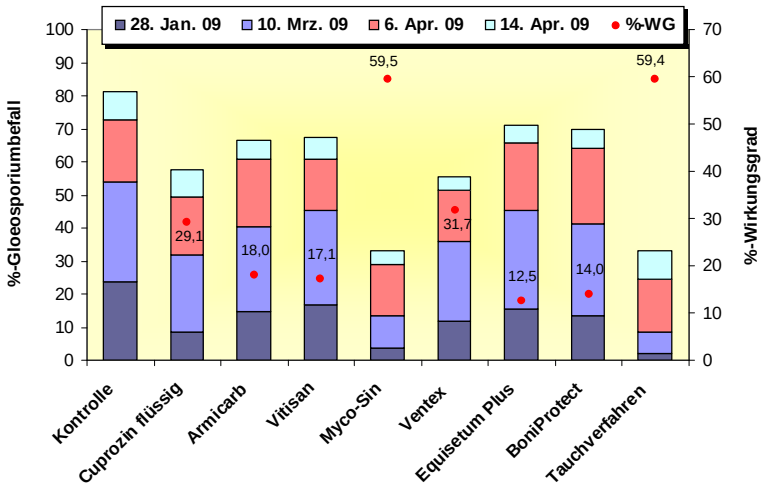
BÖLN

© DLR Rheinpfalz – Kompetenzzentrum Gartenbau

Gloeosporiumbefall und Wirkungsgrad

(2. Pflücke) Standort Klein-Altendorf 2009

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ

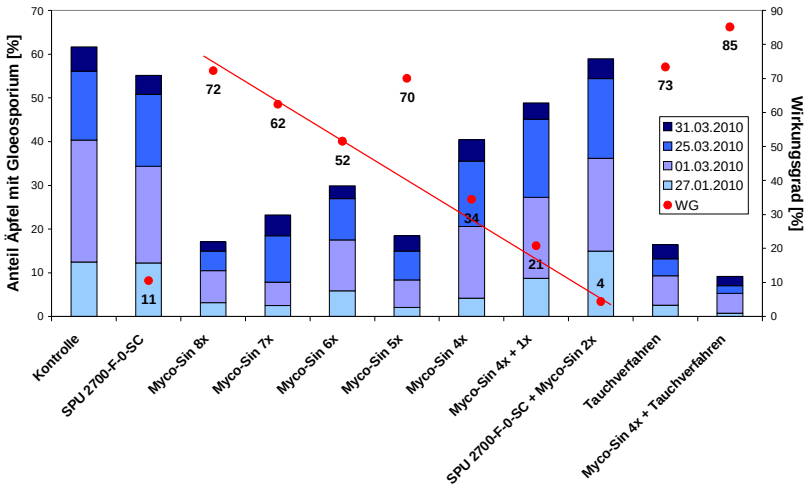


BÖLN

© DLR Rheinpfalz – Kompetenzzentrum Gartenbau

Gloeosporiumbefall und Wirkungsgrad
(2. Pflücke) Standort Klein-Altendorf 2010

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ



BÖLN

© DLR Rheinpfalz – Kompetenzzentrum Gartenbau

Schorfbekämpfung in der Sekundärschorfphase
Ergebnisse Braeburn, 2009

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ

Auswirkung auf Lagerschorf

	Wirkungsgrad % nach Henderson&Tilton
	Lagerschorf (Februar 2010)
Kontrolle	---
Netzschwefel	21,2
Netzschwefel + Vitisan	26,7
MycoSin	43,9
Tauchverfahren	88,3

BÖLN

© DLR Rheinpfalz – Kompetenzzentrum Gartenbau

Fazit Gloeosporiumregulierung

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ

- Mit MycoSin konnte der Gloeosporiumbefall an allen drei Standorten 2008 und 2009 im Vergleich zu anderen Präparaten am besten reguliert werden
- Am Standort Klein-Altendorf wurden mit MycoSin und dem Tauchverfahren die besten Resultate erzielt
- Kupfer konnte in den Versuchen 2008 und 2009 den Gloeosporium-befall an allen drei Standorten nicht zufriedenstellend reduzieren
- Zwischen der Anwendungshäufigkeit des pflanzenstärkenden Gesteinsmehls MycoSin und dem Gloeosporiumbefall besteht ein enger Zusammenhang
- Mit MycoSin konnte auch eine leichte Reduzierung des Lagerschorfbefalls erzielt werden
- Durch den Einsatz von MycoSin kann ein deutlicher Beitrag zur Kupferreduzierung erreicht werden

BÖLN

© DLR Rheinpfalz – Kompetenzzentrum Gartenbau

Zusammenfassung
Erreichte Kupferreduktion

RheinlandPfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM RHEINPFALZ

- Schwefelkalk in das Keimungsfenster appliziert erweist sich als die effektivste und zuverlässigste Alternative zu Kupfer
- Durch den gezielten Einsatz von Schwefelkalk kann die größte Kupferreduktion erzielt werden
- Eine deutliche Kupferreduzierung kann bei der Apfelschorfbekämpfung durch die neue Generation von Kupfermitteln in der Form von Kupferhydroxid erreicht werden

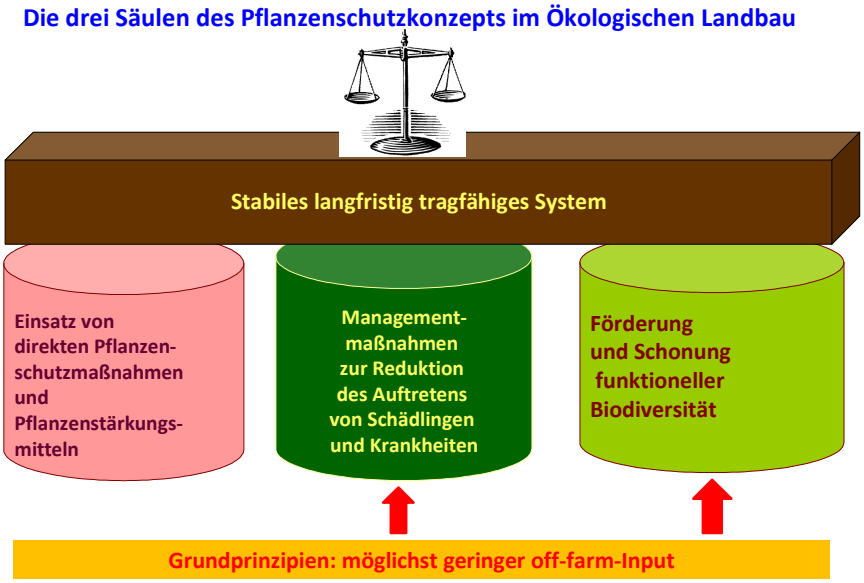
- Eine deutliche Kupferreduzierung wird durch das pflanzenstärkende Gesteinsmehl MycoSin erzielt

BÖLN

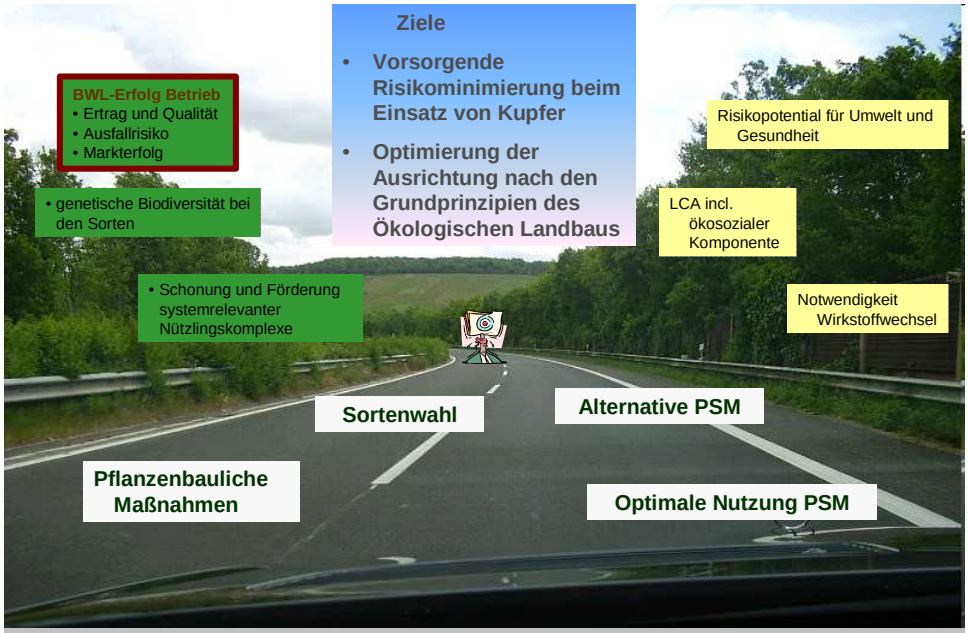
© DLR Rheinpfalz – Kompetenzzentrum Gartenbau

Benchmarking von Strategien zur Kupferminimierung im Öko-Obstbau: Erste Erfahrungen, Ökologischer Obstbau – Aktueller Stand und Ausblick

Philipp Haug
Fördergemeinschaft ökologischer Obstbau e.V., Traubenplatz 5, 74189 Weinsberg



föko
Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V.



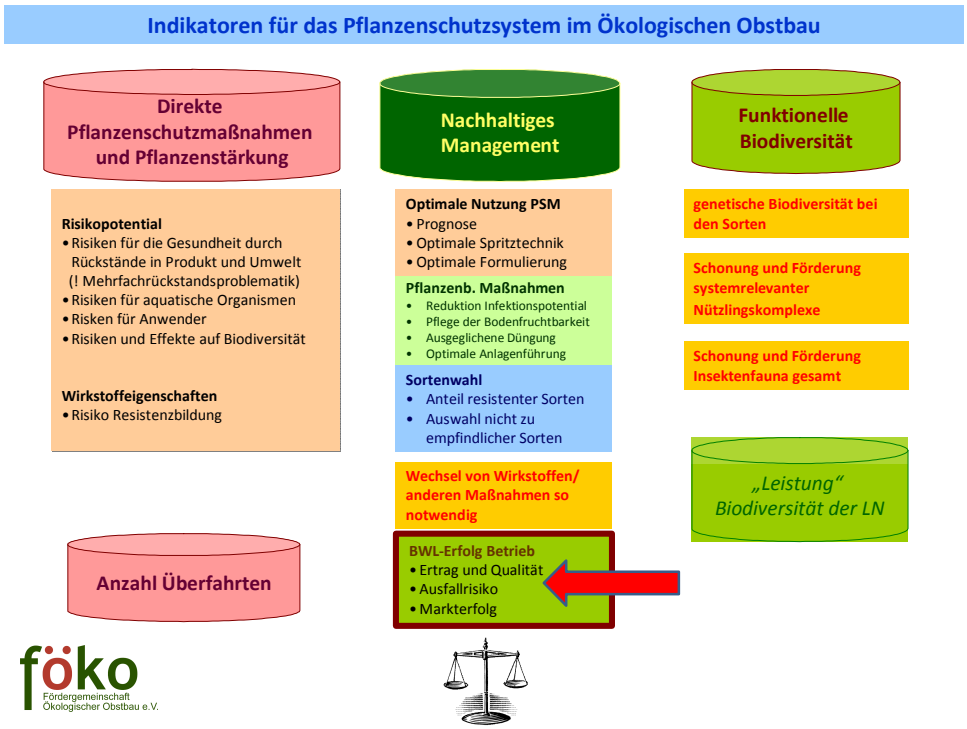
- **Darstellung von Strategien als Grundlage für eine Richtungsgebung**
- **Erkennen von Verbesserungspotentialen für den Einzelbetrieb durch *Betriebsvergleiche***

Benchmarking von Strategien zur Kupferminimierung

Wichtig

- Kein absolutes **Bewertungssystem** sondern ein **Darstellungssystem**, das z.B. als Basis für eine Diskussion über eine Richtungsgebung/**Entscheidungshilfe** bei der Auswahl von Strategien zur Erreichung bestimmter Ziele genutzt werden kann.
- **Den „absoluten Goldstandard“ gibt es bei uns nicht unbedingt!**
- Keine Zusammenfassung zu Nachhaltigkeitszahlen oder Gesamtindikatoren
- Dargestellt werden alle relevanten Parameter im Gesamtsystem für die zu diskutierenden Strategieansätze **in Relation zur Standardstrategie**.
- Sowohl der Erfolg als auch die Kosten/Konsequenzen des Erfolgs werden dargestellt!
- Darstellung so detailliert, dass eine fundierte Diskussion der Gruppe möglich ist und die wichtigsten Parameter aufliegen.
- Parameter können quantitativ und qualitativ dargestellt werden

f Man kann nie alles darstellen, der „Rest“ wird in der Diskussion gemacht, ggf. weitere Parameter zumindest qualitativ zur Darstellung hinzufügen.



Was machen wir in dem Projekt?

Für das System braucht man als Basis

- die Gruppe, die Grundprinzipien und die Zielformulierung
- die Auswahl der Parameter für das jeweilige Ziel (Bausteine, Zielparameter und Kosten des Erfolgs)
- **das Softwaretool zur Datenerfassung**
- **das benchmarking-tool zum Vergleich der Daten**
- **die Diskussion**
- **die Beratung!**

Was machen wir

- Entwicklung von Parametern für Erfassung des Maßnahmenerfolges **(Boniturklassen für Krankheitsbefall, von den Praktikern selbst erfassbar)**

- Entwicklung Software
- Probelauf Dateneingabe
- Probelauf benchmarking, Beratung und Diskussion

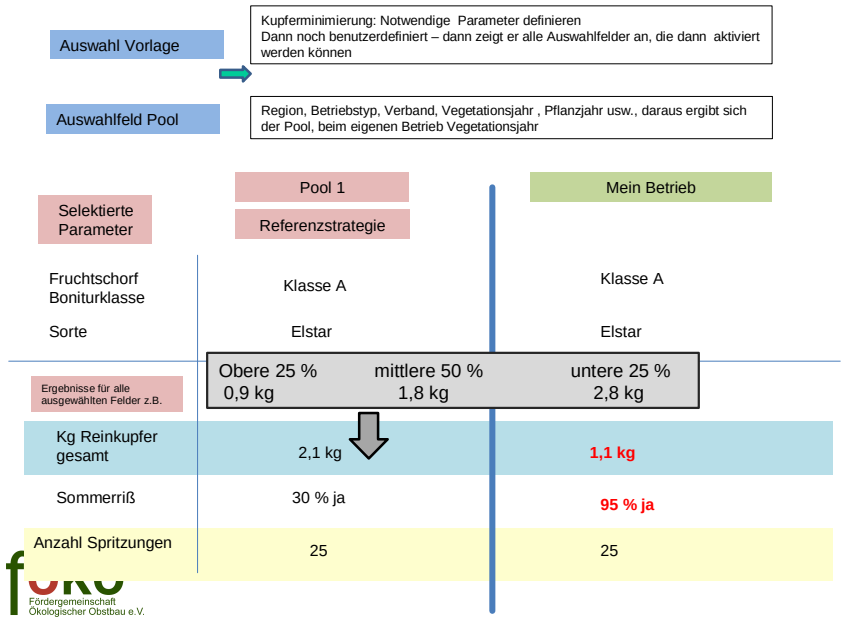
föko Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V.

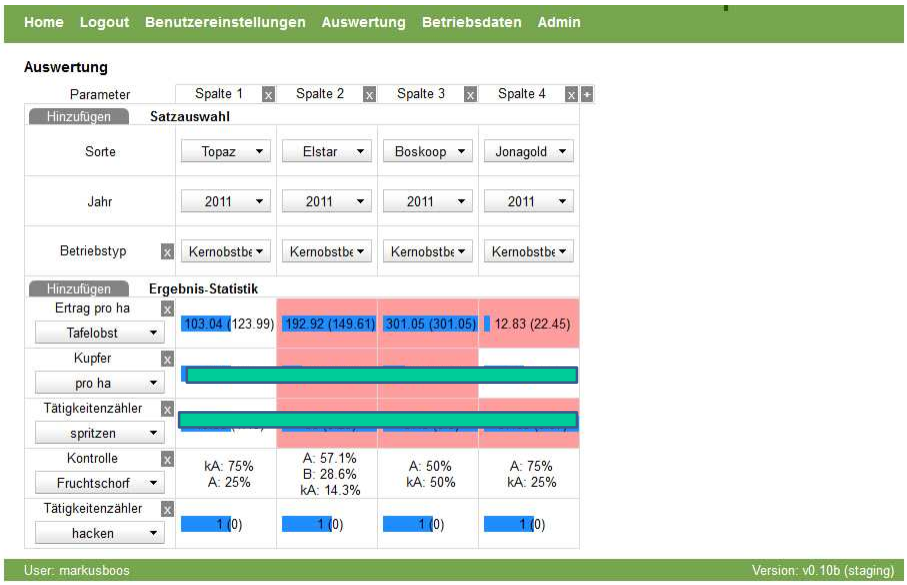
Datenerfassung

- Schlagkartei Proflura (nicht internetbasiert)
- Nutzbar zur Führung der betrieblichen Aufzeichnungen, auch für Kontrolle oder QS-Systeme
- Attraktiv für Betriebe: Möglichkeit, eine an die eigenen Bedürfnisse angepasste Schlagkartei zusammen mit anderen Betriebesleitern günstig zu beziehen incl. spezifische Anpassungen, Betreuung und Erfahrungsaustausch
- **Benutzerfreundliche Oberfläche: Die Parameter fürs benchmarking (PSM, Dünger, Maßnahmen, Sorten usw. sind voreingestellt in Dropdown Listen**
- **Eingabe des Befalls nach Klassen A B C D E**
- **EC-Stadium zusätzlich zum Datum als Pflichtfeld**
- **„Toys“ wie z.B. Schnittstelle zu Synops (Aquatox nach Bedarf), Pedimap - Sortenverwandtschaften, Nützlingsschonung**

föko Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V.

Benchmarking Prinzip





föko
Fördergemeinschaft
Ökologischer Obstbau e.V.

Aktueller Stand und Ausblick

Das System läuft an (20 Betriebe in 6 Obstbau-Regionen, grundsätzlich funktionsfähig

Wir müssen lernen, damit umzugehen und Erfahrung sammeln, was es kann und was es bringt

Projektverlängerung wird beantragt

? Das System könnte 2014 ggf. auch für eine Darstellung der aktuellen Situation und des weiteren Potentials zur Erreichung der mittelfristigen Ziele anhand von Daten genutzt werden, wenn Interesse besteht

Auch hier müssen wir erst Erfahrung sammeln und diskutieren

föko
Fördergemeinschaft
Ökologischer Obstbau e.V.

Aktueller Stand und Ausblick

Gute Chancen, das kurzfristige Ziel von 2,5 kg/ha zu erreichen durch

- Einsatz von Schwefelkalk als „Stopp-Spritzung“
  - Prognosesysteme
  - **Zulassungssituation?!**

- Einsatz von Mycosin
  - Stärkung während Blüte und Spätsommer
  - **Zulassungssituation**

- Einsatz von Vitisan

- Neue Kupferpräparate:
  - wurden in Exakt und Ringversuchen getestet;
  - Dosis-Wirkung-Tests noch nicht vollständig

Es wird intensiv an Gesamtstrategien gearbeitet

Mittel- und langfristige Maßnahmen

- Mittel und langfristig angelegte Sorteninitiativen
  (Einführung vorhandener Vf-resistenter Sorten, Züchtung!)
  z.B. NATYRA
  ? Neue Blattkrankheit bei Topaz
  Verlängerung NÖP (BÖL-Projekt);
  Weitere Vernetzung div. Züchtungsinitiativen

- Maßnahmen zur Reduktion des Infektionspotentials
  2 BÖL-Projekte: JKI, LVWO; DLR, KOB, ÖON

- Benchmarking, Erfahrungsaustausch der Betriebe zum Erkennen von Verbesserungspotentialen

Für die Prognose für das mittelfristige Ziel ist es noch zu früh

Erhebungen zum Einsatz von Kupferpräparaten bei den Verbänden Bioland und Naturland im Jahr 2010 im Kern- und Steinobst

Kultur	Durchschnittliche Reinkupferaufwandmenge auf den behandelten Flächen in kg pro ha	Anteil der mit Kupfer behandelten Flächen in %	Ausgewertete behandelte Anbaufläche in ha
Apfel	**1,59**	**90,7**	*1.038,0*
Birne	**1,49**	**92,9**	*28,5*
Pfirsich	**2,21**	**50,0**	*0,1*
Pflaume/Zwetsche	**0,95**	**67,3**	*10,3*
Süss- und Sauerkirsche	**1,34**	**56,7**	*32,0*

Steht die Kupferminimierung im Widerspruch zu einer wirksamen Bekämpfung des Obstbaumkrebses?

Dr. Gerd Palm[1], Petra Kruse[2]
[1]Obstbauversuchsanstalt Jork, [2]Obstbauversuchsring des Alten Landes
Moorende 53, 21635 Jork
Gerd.Palm@LWK-Niedersachsen.de

Zusammenfassung

Kupferhaltige Pflanzenschutzmittel werden seit etwa 150 Jahren gegen Pilzkrankheiten eingesetzt. Als mögliche Folgen der langjährigen Anwendung werden der Verbleib im Boden und die Auswirkungen auf Bodenorganismen national als auch international diskutiert.

Kupferhaltige Pflanzenschutzmittel haben auch noch heute für wichtige Indikationen eine essentielle Bedeutung. Kupfer ist, unter der Auflage Maßnahmen zur Reduzierung der Anwendung zu ergreifen, befristet bis 2016 zugelassen.

Das größte Minimierungspotential für Kupfer im integrierten und konventionellen Kernobstanbau besteht für die Indikation Obstbaumkrebs. Seit 2008 finden Wirksamkeitsprüfungen mit den Kupferhydroxiden Funguran progress und Cuprozin progress statt. Versuche an der Krebsanfälligen Sorte 'Kanzi' haben bei präventiver Anwendung gute Ergebnisse erzielt. Der Befall konnte zwischen 60 % und 90 % reduziert werden. Bei einer Aufwandmenge von jeweils 1 kg/ha m Kh waren Cuprozin WP und Funguran progress wirksamer als Cuprozin progress.

Bei einer vergleichbaren Wirkung gegen Obstbaumkrebs von 2,25 kg/ha m Kh Funguran mit jeweils 1 kg/ha m Kh Cuprozin WP bzw. Funguran progress und der etwas geringeren Wirkung von 1 kg/ha m Kh Cuprozin progress kann der Kupferaufwand um 56 %, 65 % bzw. 75 % reduziert werden. Damit wird die Forderung nach einer weiteren Kupferminimierung im Obstbau ermöglicht.

Summary

Copper compounds have been used against fungal diseases for about 150 years. Copper accumulation in the soil as well as possible effects against soil-borne organisms are being discussed nationally and internationally as possible consequences. Crop protection compounds containing copper are essential for important indications. The registration of copper is valid until 2016, provided that measures are being taken to reduce its application rates. The indication of apple canker holds the largest potential of copper reduction in integrated and conventional pome fruit production. Efficacy trials with the copper hydroxide compounds Funguran progress and Cuprozin progress have been conducted since 2008. Trials using the canker-sensitive apple variety ‘Kanzi’ have indicated high efficacies of these compounds when applied preventively, leading to a reduction of canker incidence by 60 to 90 %. At a dosage of 1 kg / ha / m crown height, Cuprozin WP and Funguran progress were more effective than Cuprozin progress. A canker control equivalent to 2.25 kg Funguran / ha / m crown height of was achieved with 1 kg / ha / m Cuprozin WP and1 kg / ha / m Funguran progress, and a slightly reduced control with 1 kg / ha / m Cuprozin progress, whilst the copper input was reduced by 56 %, 65 % and 75 %, respectively. These results meet requirements of further copper reductions in fruit production.

Kupferhaltige Pflanzenschutzmittel werden seit etwa 150 Jahren gegen Pilzkrankheiten eingesetzt, im Alten Land wurde erstmals 1885 über die Anwendung von Kupferkalkbrühe im Obstbau berichtet. Als mögliche Folgen der langjährigen Anwendung des Metalls Kupfer werden der Verbleib im Boden und die Auswirkungen auf Bodenorganismen national als auch im internationalen Rahmen diskutiert (Anonym, 2009).
Trotz der Einführung synthetischer Fungizide seit Anfang der 1950er Jahre des letzten Jahrhunderts haben kupferhaltige Pflanzenschutzmittel im konventionellen und integrierten und insbesondere im ökologischen Anbau für einige Indikationen eine essentielle Bedeutung.

Zulassung
Die EU-Kommission hat mit der Richtlinie 2009/37/EG 2009 Kupfer in den Anhang I der Richtlinie 91/414/EWG aufgenommen. Die Aufnahme ist befristet bis November 2016 unter der Auflage, dass Maßnahmen zur Reduzierung der Anwendung zu ergreifen sind. In Deutschland wurde mit den zuständigen Behörden und Verbänden ein Einvernehmen erzielt, dass über eine gezielte Kupferminimierungsstrategie die jährliche Gesamtmenge von 3 kg/ha an Reinkupfer weiter minimiert werden soll. Die EU-Kommission fordert darüber hinaus ein Monitoring für eine abschließende Entscheidung zum Verbleib oder zur Streichung kupferhaltiger Verbindungen im Anhang I der Richtlinie 91/414/EWG.
In Deutschland sind zurzeit Kupferoxychlorid-, Kupferhydroxid-, Kupferoktanoat und Kupfersulfat- (nur Weinbau) Präparate zugelassen (Tab. 1). Die Zulassungen enden zwischen dem 30.06.12 und 31.12.17. Eine Verlängerung der Zulassungen für Funguran, Cuprozin WP und Cuprozin Flüssig wird von der Firma SPIESS URANIA nicht angestrebt. Für die Indikation Obstbaumkrebs sind bis Mitte 2012 Funguran und bis Ende 2014 Cuprozin WP zugelassen. Beantragt sind Zulassungserweiterungen der neuen Kupferhydroxid-Formulierungen Funguran progress und Cuprozin progress.
Das größte Minimierungspotential für Kupfer für den kontrolliert Integrierten Obstbau besteht in Deutschland für die Indikation Obstbaumkrebs.
In humiden Anbauregionen werden in Abhängigkeit von den jährlich unterschiedlichen Infektionsbedingungen in gefährdeten Anlagen und bei anfälligen Apfelsorten während des Blattfalls bis zum Knospenaufbruch zwei bis drei Behandlungen erforderlich. Gegen Schorf wird dagegen max. einmal Kupfer eingesetzt.

Tab. 1: In Deutschland zugelassene und beantragte Indikationen für Kupferpräparate im Kernobst, Stand 01.01.12.

Präparat	Wirkstoff-Formulierung	Zulassungs-ende	Indikation		
			Schorf	Obstbaumkrebs	Kragenfäule
Funguran	Kupferoxychlorid	30.06.12	+	+	
Funguran	Kupferoxychlorid	31.12.17			+
Cuprozin WP	Kupferhydroxid	31.12.14		+	
Cuprozin Flüssig	Kupferhydroxid	31.12.13			+
Funguran progress	Kupferhydroxid	16.05.14	+	#	
Cuprozin progress	Kupferhydroxid	15.02.14	+	#	
Cueva	Kupferoktanoat	31.12.12	+ (Apfel)		

Zulassung beantragt

Neue Kupfer-Formulierungen
Funguran progress und Cuprozin progress sind eine Weiterentwicklung des Kupferhydroxids. Nach Informationen der SPIESS URANIA ist die unterschiedliche

Kristallstruktur der Kupfersalze entscheidend für das Reduzierungspotential der Aufwandmengen. Beim Kupferoxychlorid liegt eine oktaederförmige, beim Kupferhydroxid eine nadelförmige Kristallstruktur vor. Damit wird eine optimale Verteilung auf der Pflanzenoberfläche erreicht (Spiess Urania, 2011). Durch die Neuformulierung wurde die Partikelform, -größe und –verteilung optimiert, die eine Reduzierung der Kupfermenge bei vergleichbarer Wirkung ermöglichen soll. Langjährige Erfahrungen der Spiess Urania (2011) haben gezeigt, dass Partikelgrößen im Bereich von1 µm – 4 µm optimal sind, um möglichst hohe Wirkungsgrade zu erreichen. Beim Funguran progress liegt dieser Anteil bei 62 % und von Cuprozin progress bei 70 %. Beiden Mitteln wird durch eine gute Haftfähigkeit eine hohe Regenbeständigkeit attestiert.
Die aus den Kristallen austretenden Kupfer-Ionen (Cu2+) sind entscheidend für die Wirkung. Dieser chemische Prozess wird wesentlich vom pH-Wert bestimmt. Cu2+-Ionen werden von den pilzlichen Zellen aufgenommen, es kommt zu einer Blockade der Protein- und Enzym-Synthese, was zu einem Absterben der Pilzsporen führt.

Versuche

Seit 2008 werden vom ESTEBURG Obstbauzentrum Jork Wirksamkeitsprüfungen mit Funguran progress und Cuprozin progress gegen Obstbaumkrebs durchgeführt. Die folgenden zwei Versuche wurden in großflächigen homogenen Apfelanlagen angelegt. Beide Versuche erfolgten an 2-jährigen Bäumen der Krebs anfälligen Sorte 'Kanzi'. Die Bäume des Versuches in Grünendeich waren im Herbst 2008 gepflanzt worden. Nach der ersten Vegetationsperiode wurde bei Beginn des Blattfalls mit dem auf ein Jahr angelegten Versuch begonnen (Tab. 2). Die Bäume der Anlage in Neuenfelde wurden 2007 gepflanzt. Versuchsbeginn war nach dem zweiten Standjahr, er war auf 2 Jahre angelegt (Tab. 3). Sämtliche Versuchs- und Randbäume wurden in beiden Anlagen vor Versuchsbeginn intensiv auf sichtbaren Befall durch Obstbaumkrebs kontrolliert. Bäume mit Infektionen am Stamm oder der Stammverlängerung wurden gerodet. Befall an den Seitenzweigen wurde weit ins gesunde Holz hineinreichend abgeschnitten. Bäume die vor Versuchsbeginn Befallstellen durch Krebs aufwiesen, wurden trotz des Ausschneidens nicht für den Versuch genutzt. Bei Versuchsbeginn war der Befall in Grünendeich relativ geringer als in Neuenfelde. Das Wachstum der Bäume kann als normal bezeichnet werden.
Die Pflege- und Pflanzenschutzmaßnahmen während der Vegetationsperioden wurden von den Obstbauern durchgeführt. Die Bekämpfung des Obstbaumkrebses, d. h. die Fungizidbehandlungen in der Blattfallphase und im Verlauf des Winters bis zur ersten Schorfbekämpfung und das wiederholte Entfernen des Befalls, erfolgte durch die Abt. Integrierter Pflanzenschutz der ESTEBURG. Die Behandlungen wurden im Handspritzverfahren mit 500 l/ha m Kronenhöhe (Kh) durchgeführt. Praxisüblich fanden zwei Behandlungen während des Blattfalls und eine in der Winterruhe Anfang des Jahres statt.
In den Versuchen wurden im Vergleich zum Standard Cuprozin WP die neuen Kupferhydroxid-Präparate Funguran progress und Cuprozin progress getestet. Die Aufwandmenge der Kupferpräparate war immer 1 kg/ha m Kh (Tab. 4). In Grünendeich wurde in einer Variante bei Beginn des Blattfalls (17.11.08) Merpan 80 WDG (0,75 kg/ha m Kh) und anschließend zweimal Cuprozin WP eingesetzt.

Tab. 2: Versuchsanlage Grünendeich	
Sorte:	'Kanzi'
Pflanzjahr:	2008, 2-jährig
Pflanzabstand:	3,30 m x 0,90 m
Baumhöhe:	1,80 m
Versuchsglied:	5 Bäume x 4 Wiederholungen
Wasseraufwandmenge:	500 l/ha m Kronenhöhe
Behandlungen:	17.11.08 (5-10% Blattfall)
	01.12.08 (60% Blattfall)
	15.01.09 (Winterruhe)
Bonituren:	14.04., 15.05., 27.05., 17.06., 28.08., 19.11.09

Tab. 3: Versuchsanlage Neuenfelde	
Sorte:	'Kanzi'
Pflanzjahr:	2007, 2-jährig
Pflanzabstand:	3,50 m x 1,00 m
Baumhöhe:	2,50 m
Versuchsglied:	10 Bäume x 4 Wiederholungen
Wasseraufwandmenge:	500 l/ha m Kronenhöhe
2009/10	
Behandlungen:	12.11.09 (30-50% Blattfall)
	01.12.09 (98% Blattfall)
	23.02.10 (Winterruhe)
Bonituren:	18.03., 13.04., 11.05., 30.06., 13.09.10
2010/11	
Behandlungen:	08.11.10 (50-60% Blattfall)
	22.11.10 (95-98% Blattfall)
	27.01.11 (Winterruhe)
Bonituren:	20.01., 30.03., 14.06., 24.08., 07.11.11

Tab. 4: Produktdaten der in den Versuchen eingesetzten Kupferhydroxid-Fungizide.

	Cuprozin WP	Funguran *progress*	Cuprozin *progress*
Kupfergehalt	450 g/kg	350 g/kg	250 g/l
Formulierung	Wasserdispergierbares Pulver (WP)	Wasserdispergierbares Pulver (WP)	Suspensions-konzentrat (SC)
Anwendungskonzentration	0,20%	0,20%	0,20%
Aufwandmenge/ha m Kh*	1 kg	1 kg	1 kg
Kupfer /ha m Kh*	0,450 kg	0,350 kg	0,250 kg
Kupfermenge bei 3 Behandlungen /ha m Kh*	1,350 kg	1,050 kg	0,750 kg

* Kh Kronenhöhe

Bonituren

Die im Versuch stehenden Bäume wurden jeweils fünf- bis sechsmal pro Jahr bonitiert. (Tab. 2, 3) Bei eindeutig identifizierbarem Krebsbefall wurde differenziert zwischen Symptomen am Stamm, der Stammverlängerung und den Seitenzweigen. Der Befall in allen Versuchsvarianten inklusive der Kontrolle wurde bei der Bonitur weit bis ins gesunde Holz entfernt. Wurden erneute Befallsymptome aus einer bei vorangegangenen Bonitur ausgeschnittenen Krebswunde festgestellt, wurde diese nicht als Neubefall gewertet. Der Krebsbefall ist in den Ergebnissen jeweils bis zum Ende des Versuchsjahres bzw. nach dem zweiten Jahr zusammengefasst worden (Abb. 1-3).

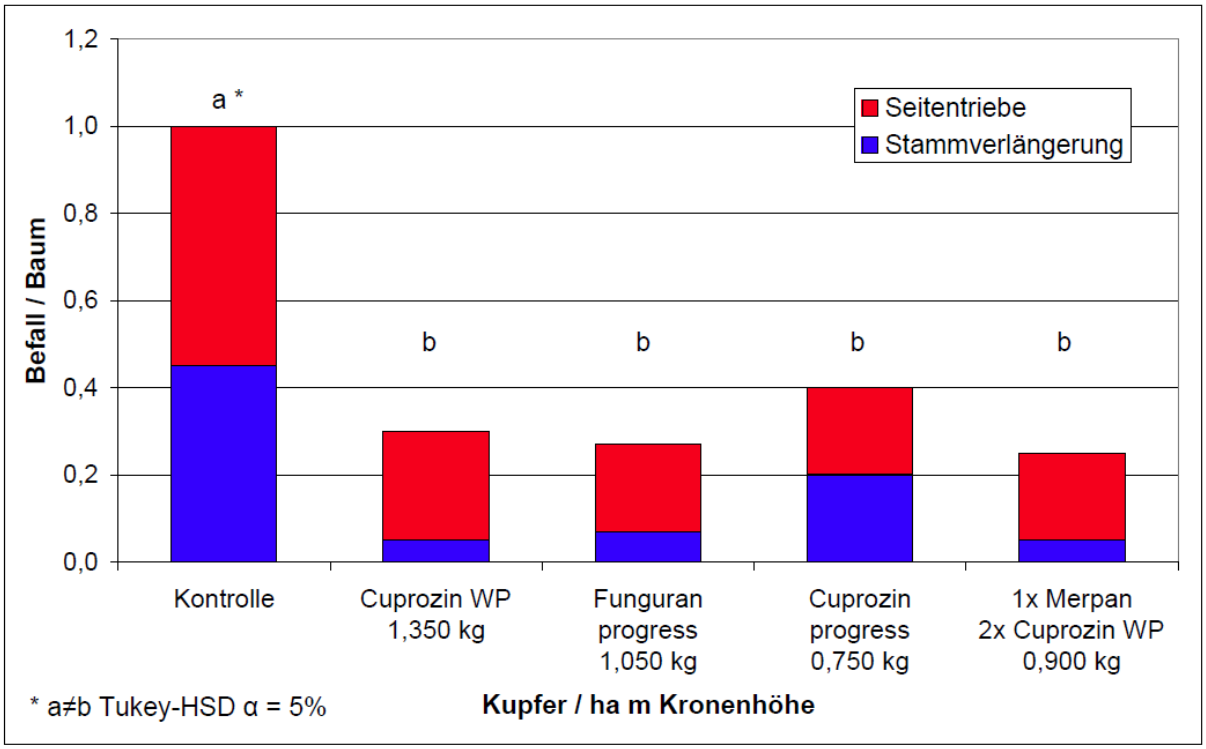


Abb. 1: Befall durch Obstbaumkrebs an 'Kanzi' nach drei Behandlungen im Versuch in Grünendeich.

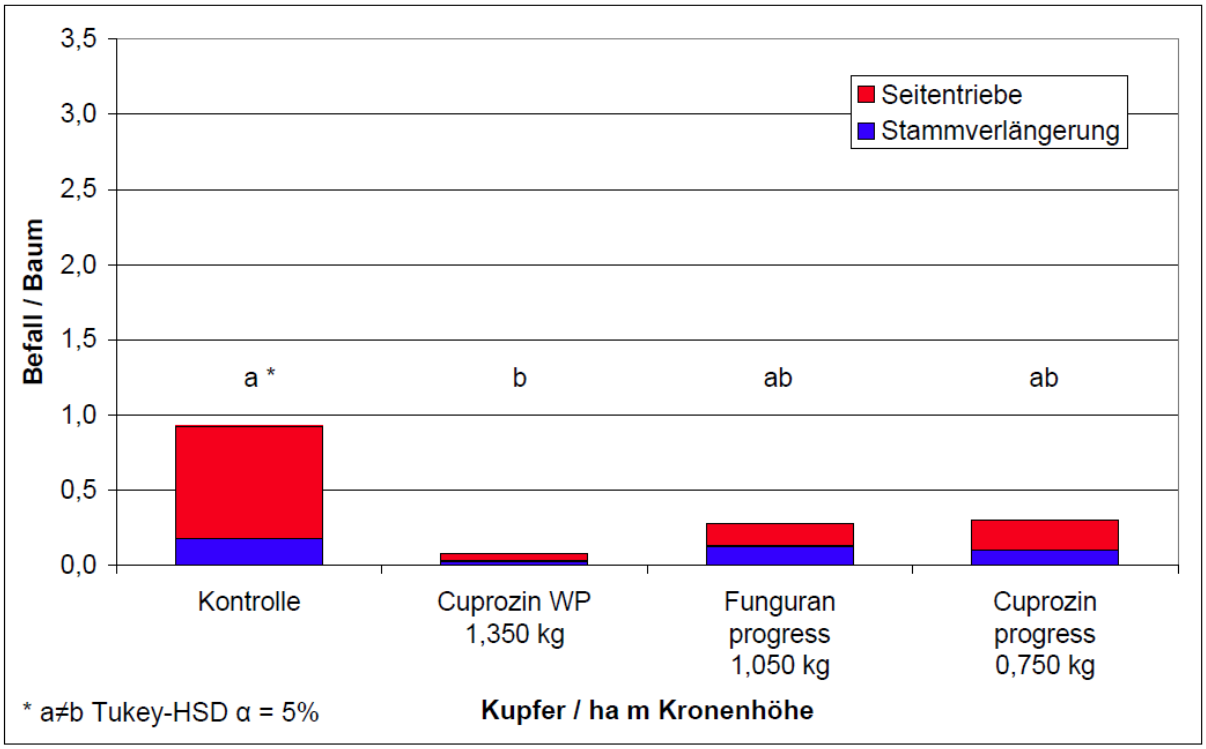


Abb. 2: Befall durch Obstbaumkrebs an 'Kanzi' nach drei Behandlungen im Versuch in Neuenfelde.

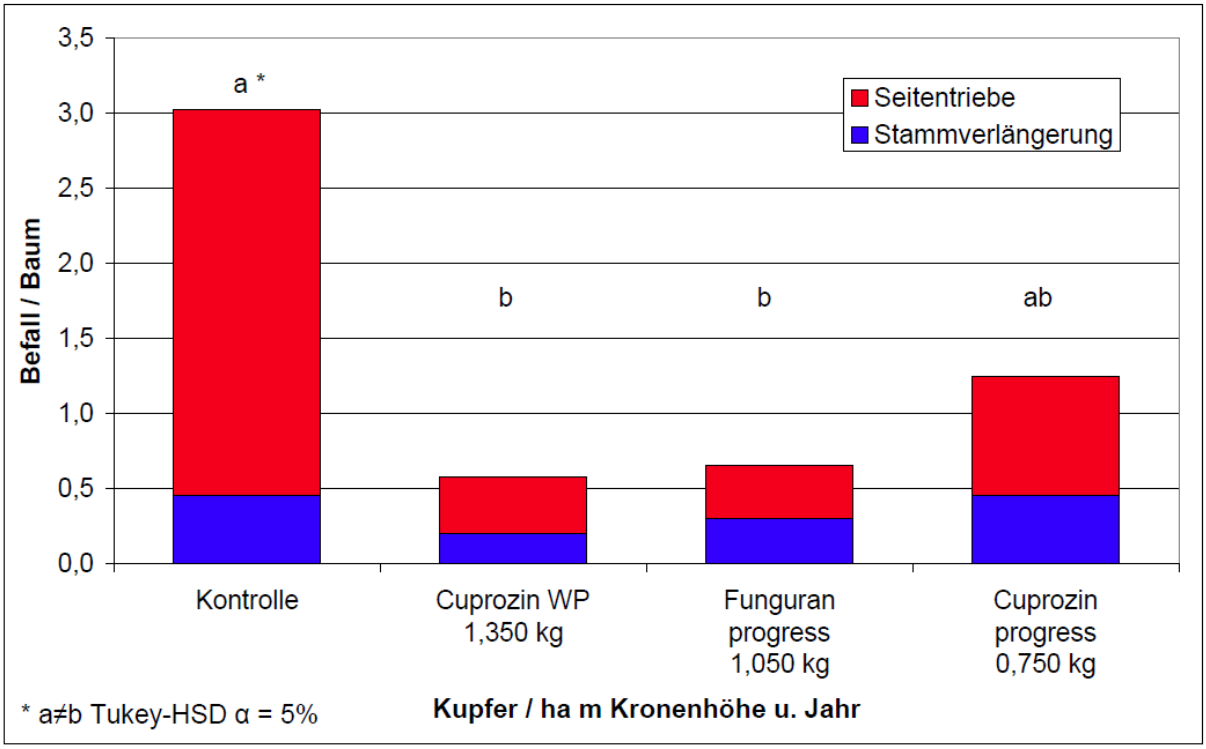


Abb. 3: Befall durch Obstbaumkrebs an 'Kanzi' nach zwei Jahren bei drei Behandlungen pro Jahr im Versuch in Neuenfelde.

Ergebnisse

In dem Versuch in Grünendeich erfolgten vom 14.04.09 bis 19.11.09 sechs Bonituren. In der unbehandelten Kontrolle waren im Durchschnitt der 4 x 5 Versuchsbäume eine Krebsinfektion pro Baum, ca. die Hälfte an der Stammverlängerung und an den Seitenzweigen. Die Kupferpräparate und die Merpan 80 WDG/Cuprozin WP Variante haben im Vergleich zur Kontrolle den Befall um 60 % bis 75 % deutlich verhindert. Zur Kontrolle sind alle behandelten Versuchsvarianten signifikant, untereinander besteht kein Unterschied (Abb. 1).

In dem 2-jährigen Versuch in Neuenfelde waren nach dem ersten Versuchsjahr in der Kontrolle 0,9 Befallsstellen pro Baum an den 4 x 10 Bäumen. Der Gesamtbefall war etwa gleich hoch wie in Grünendeich. Am häufigsten waren Infektionen an den Seitenzweigen vorhanden. Durch Kupfer konnte der Befall um ca. 65 % bis 90 % reduziert werden (Abb. 2). Nur Cuprozin WP war signifikant zur Kontrolle. Im folgenden Jahr stieg der Befall in der Kontrolle auf insgesamt drei Befallsstellen je Baum. Die größte Befallszunahme war an den Seitenzweigen. Cuprozin WP und Funguran progress hatten einen vergleichbar hohen Wirkungsgrad mit ca. 80 %. Cuprozin progress konnte nach zwei Jahren ca. 60 % der Krebsinfektionen verhindern. Cuprozin WP und Funguran progress waren signifikant zur Kontrolle, Cuprozin progress dagegen nicht (Abb. 3).

Diskussion

Die ein- bzw. zweijährigen Versuche mit Kupferhydroxid-Präparaten zur Verhinderung von Krebsinfektionen an der anfälligen Sorte 'Kanzi' haben bei präventiver Anwendung gute Ergebnisse erzielt. Der Befall konnte zwischen ca. 60 % und 90 % reduziert werden. Bei einer Aufwandmenge von jeweils 1 kg/ha m Kh Cuprozin WP bzw. Funguran progress bzw. Cuprozin progress waren die beiden erstgenannten Präparate wirksamer. Die einmalige Behandlung mit Merpan 80 WDG zu Beginn des Blattfalls und die anschließenden zwei mit Cuprozin WP waren vergleichbar in der Wirkung.

Erstmalig hat Graf (1985) in 2-jährigen Freilandversuchen mit 'Gloster' ebenfalls bei natürlichen Infektionsbedingungen die relativ bessere Wirkung von Kupferhydroxid-Versuchspräparaten im Vergleich zu den damaligen Standardpräparaten Fitoran grün (Kupferoxychlorid+Zinksulfid) und Kupferkalkbrühe (Kupfersulfat+Calciumhydroxid) festgestellt.

Ergebnisse 2-jähriger Untersuchungen von Palm (2009) in einer 'Rubens'-Anlage ergaben, dass 1 kg/ha m Kh Cuprozin WP einen um ca. 30 % höheren Wirkungsgrad erzielte als die gleiche Menge Funguran. 2,25 kg/ha m Kh Funguran führten zu vergleichbar guten Ergebnissen.

Die Entwicklung der Kupferpräparate von der Kupferkalkbrühe (Bordeaux-Brühe) über die Kupferoxychlorid- zu den Kupferhydroxid-Präparaten und den neu formulierten Kupferhydroxiden Funguran progress und Cuprozin progress ermöglichen die Kupfermengen zu reduzieren.

In der Annahme einer vergleichbaren Wirkung gegen Obstbaumkrebs von 2,25 kg/ha m Kh Funguran mit jeweils 1 kg/ha m Kh Cuprozin WP bzw. Funguran progress und der etwas geringeren Wirkung von 1 kg/ha m Kh Cuprozin progress kann der Kupferaufwand um 56 % bzw. 65 % bzw. 75 % reduziert werden.

Voraussetzung für eine Kupferminimierung für die wirtschaftliche bedeutende Indikation Obstbaumkrebs im Kernobst ist eine amtliche Zulassung. Damit könnte die Forderung nach einer weiteren Kupferminimierung im Kernobstanbau ermöglicht werden.

Literatur

Anonym (2009). Kupfer im Pflanzenschutz – geht es auch ohne? Fachkonferenz 9. Juni 2009, Berlin.

Graf, H. (1985). Ein neues Kupferpräparat zur erfolgreichen Durchführung der Winterspritzung gegen Obstbaumkrebs. Mitteilungen des Obstbauversuchsringes des Alten Landes 40: 103-111.

Palm, G. (2009). Untersuchungen zur Bekämpfung des Obstbaumkrebses (Nectria galligena, Bres.). Mitteilungen des Obstbauversuchsringes des Alten Landes 64: 180-185.

Spiess Urania (2011). Die neue Generation der Kupferfungizide. Technische Information.

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

Seit 2008 werden sie unter neuem Namen weitergeführt:
„**Berichte aus dem Julius Kühn-Institut“**

Heft 141, 2007: Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze.
12. Fachgespräch am 27. September 2007. Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und innovativer Verfahren im Ökologischen Landbau – neue Wirkstoffe und Applikationstechnik. Bearbeitet von: Stefan Kühne, Heinz Ganzelmeier, Britta Friedrich, 64 S.

Heft 142, 2008: Fachgespräch: „Bedeutung von Kupfer für den Pflanzenschutz, insbesondere für den Ökologischen Landbau – Reduktions- und Ersatzstrategien“, Berlin-Dahlem, 29. Januar 2008. Bearbeitet von: Stefan Kühne, Britta Friedrich, 94 S.

Heft 143, 2008: Datensichtung, Unterstützung bei der Problemanalyse, erste Schritte einer Datenanalyse. Eckard Moll, Thomas Stauber, 66 S.

Heft 144, 2008: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz – Jahresbericht 2007. Bearbeitet von: Bernd Freier, Bernhard Pallutt, Marga Jahn, Jörg Sellmann, Volkmar Gutsche, Wolfgang Zornbach, 53 S.

Heft 145, 2008: NEPTUN 2007 – Zuckerrüben. Dietmar Roßberg, Erwin Ladewig, Pavel Lukashyk, 44 S.

Heft 146, 2009: Chronik zum 75jährigen Jubiläum des Instituts für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland.
Bärbel Schöber-Butin, 47 S.

Heft 147, 2009: NEPTUN 2007 – Obstbau. Dietmar Roßberg, 71 S.

Heft 148, 2009: 21st International Conference on Virus and other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops. July 5 – 10, 2009, Neustadt, Germany, 92 S.

Heft 149, 2009: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz – Jahresbericht 2008. Bearbeitet von: Bernd Freier, Bernhard Pallutt, Marga Jahn, Jörg Sellmann, Volkmar Gutsche, Wolfgang Zornbach, Eckard Moll, 64 S.

Heft 150, 2009: NEPTUN 2008 – Hopfen. Dietmar Roßberg, 17 S.

Heft 151, 2010: NEPTUN 2009 – Weinbau. Dietmar Roßberg, 19 S.

Heft 152, 2010: NEPTUN 2009 – Zuckerrübe. Dietmar Roßberg, Eike-Hennig Vasel, Erwin Ladewig, 45 S.

Heft 153, 2010: NEPTUN 2009 – Gemüsebau. Dietmar Roßberg, 72 S.

Heft 154, 2010: Bewertung der Resistenz von Getreidesortimenten: Planung und Auswertung der Versuche mit Hilfe der SAS-Anwendung RESI 2. Eckard Moll, Kerstin Flath, Ines Tessenow, 109 S.

Heft 155, 2010: Biofumigation als Pflanzenschutzverfahren: Chancen und Grenzen. Beiträge des Fachgespräches vom 5. Mai 2010 in Bonn-Roleber. Bearbeitet von: Johannes Hallmann, Johannes Keßler, Rita Grosch, Michaela Schlathölter, Florian Rau, Wolfgang Schütze, Matthias Daub, 102 S.

Heft 156, 2010: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz - Jahresbericht 2009. Bearbeitet von: Bernd Freier, Jörg Sellmann, Jürgen Schwarz, Marga Jahn, Eckard Moll, Volkmar Gutsche, Wolfgang Zornbach. Unter Mitwirkung von: Anita Herzer, Merle Sellenriek, Rene Brand, Benita Burghardt, Christiane Seidel, Florian Kluge, Ute Müller, Christina Wagner, Christoph Hoffmann und den Pflanzenschutzdiensten der Länder, 83 S.

Heft 157, 2010: Drittes Nachwuchswissenschaftlerforum 2010; 23. - 25. November in Quedlinburg - Abstracts , 47 S.

Heft 158, 2010: 14. Fachgespräch: „Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze“. Phosphonate. Bearbeitet von Stefan Kühne, Britta Friedrich, 34 S.

Heft 159, 2011: Handbuch. Berechnung der Stickstoff-Bilanz für die Landwirtschaft in Deutschland, Jahre 1990 – 2008. Martin Bach, Frauke Godlinski, Jörg-Michael Greef, 28 S.

Heft 160, 2011: Die Version 2 von FELD_VA II und Bemerkungen zur Serienanalyse. Eckard Moll, 34 S.

Heft 161, 2011: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz - Jahresbericht 2010 - Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2010, Bernd Freier, Jörg Sellmann, Jürgen Schwarz, Marga Jahn, Eckard Moll, Volkmar Gutsche, Wolfgang Zornbach, 86 S.

Heft 162, 2011: Viertes Nachwuchswissenschaftlerforum 2011 - Abstracts - , 62 S.

Heft 163, 2012: Bewertung und Verbesserung der Biodiversität leistungsfähiger Nutzungssysteme in Ackerbaugebieten unter Nutzung von Indikatorvogelarten. Jörg Hoffmann, Gert Berger, Ina Wiegand, Udo Wittchen, Holger Pfeffer, Joachim Kiesel, Franco Ehlert, 215 S. , Ill., zahlr. graph. Darst.

JKI
Julius Kühn-Institut
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen