

Reduzierung oder Ersatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau

Reduction or substitution of copper-bearing pesticides in organic hop growing

FKZ: 09OE058

Projektnehmer:

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abt. Hopfenforschungszentrum Hüll, IPZ 5b
Hüll 5 1/3, 85283 Wolnzach
Tel.: +49 8442 9257-32
Fax: +49 8442 9257-70
E-Mail: Florian.Weihrauch@LfL.bayern.de
Internet: www.lfl.bayern.de/ipz/hopfen/029820/index.php

Autoren:

Weihrauch, Florian; Schwarz, Johannes

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

Die inhaltliche Verantwortung für den vorliegenden Abschlussbericht inkl. aller erarbeiteten Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen liegt beim Autor / der Autorin / dem Autorenteam. Bis zum formellen Abschluss des Projektes in der Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft können sich noch Änderungen ergeben.

Reduzierung oder Ersatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau

BÖLN-Projekt, Förderkennzeichen 2809OE058

Laufzeit:

19.04.2010 – 28.02.2014

Ausführende Stelle:

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Hopfenforschungszentrum Hüll
Arbeitsgruppe Pflanzenschutz im Hopfenbau (IPZ 5b)
Hüll 5 1/3
85283 Wolnzach

Projektleitung:

Bernhard Engelhard (19.04.2010 – 31.03.2011)
Dr. Florian Weihrauch (01.04.2011 – 28.02.2014)

Projektbearbeitung:

Johannes Schwarz, Dr. Florian Weihrauch,
Daniel Ismann (2011-2013), Georg Meyr (2011-2013), Andreas Sterler (2010)

Kooperationspartner:

Naturland-Hof Georg Pichlmaier
Haushausen 3
85283 Wolnzach

Abschlussbericht

zum 28. Februar 2014

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft

Reduzierung oder Ersatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau

BÖLN-Projekt, Förderkennzeichen 2809OE058

Autoren:

Dr. Florian Weihrauch, Johannes Schwarz
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Hopfenforschungszentrum Hüll
Arbeitsgruppe Pflanzenschutz im Hopfenbau (IPZ 5b)
Hüll 5 1/3
85283 Wolnzach

E-Mail: Florian.Weihrauch@LfL.bayern.de, Johannes.Schwarz@LfL.bayern.de

Kurzfassung:

In den Jahren 2010 bis 2013 wurden im Rahmen eines vierjährigen Forschungsprojektes Möglichkeiten zur Reduzierung der Kupferaufwandmenge bei der Bekämpfung des Falschen Mehltaus im ökologischen Hopfenbau gesucht. Getestet wurden Kupferhydroxide, Kupfersulfate und Kupferoxychlorid mit niedrigen Aufwandmengen (2 und 3 kg/ha und Jahr) an Reinkupfer sowie in Kombination mit Synergisten. Die Ergebnisse zeigen, dass mit modernen Kupferhydroxiden eine erfolgreiche Bekämpfung des Falschen Mehltaus auch mit einem reduzierten Aufwand von 3 kg/ha Kupfer möglich ist. In Kombination mit den geprüften Synergisten wurde durchwegs eine Wirkungsverbesserung erzielt. Diese Ergebnisse gelten allerdings einschränkend nur für Peronospora-tolerante Zuchtsorten, nicht für anfällige Landsorten, die im ökologischen Hopfenbau aber kaum mehr eine Rolle spielen. Die Option des völligen Verzichts auf Kupferpräparate ist im Öko-Hopfen auch zukünftig nicht in Sicht.

Summary:

In the years 2010 to 2013 a four-year research project was conducted to find ways to reduce the amount of copper used for the control of Hop Downy Mildew in organic hop growing. Copper hydroxides, copper oxychloride and copper sulphates were tested in low amounts of 2 und 3 kg/ha elementary copper, and in combination with plant strengtheners. The results demonstrate that a successful control of downy mildew in hops is possible by a reduced amount of 3 kg/ha copper. In combination with the tested plant strengtheners the control effect was even better throughout. Admittedly, these results apply only to bred cultivars that are tolerant to downy mildew infection and not to susceptible landraces, which however are not of importance in organic hop growing. A complete abandonment of copper products in organic hop growing in future is still not in sight.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
1.1	Gegenstand des Vorhabens	4
1.2	Ziele und Aufgabenstellung des Projekts	4
1.3	Planung und Ablauf des Projekts	4
2	Wissenschaftlicher und technischer Stand	5
3	Material und Methoden	6
3.1	Versuchsstandort und Versuchspläne	6
3.2	Versuchsplan 2010	7
3.3	Versuchsplan 2011	9
3.4	Versuchsplan 2012	9
3.5	Versuchsplan 2013	12
3.6	Überprüfung des Peronospora-Infektionspotentials im Öko-Hopfengarten	14
4	Ergebnisse	14
4.1	Ergebnisse des Jahres 2010	14
4.1.1	Peronospora-Befallsdruck 2010	14
4.1.2	Witterungsverlauf 2010, Behandlungstermine und Boniturergebnisse	15
4.2	Ergebnisse des Jahres 2011	16
4.2.1	Peronospora-Befallsdruck 2011	16
4.2.2	Witterungsverlauf 2011, Behandlungstermine und Boniturergebnisse	17
4.2.3	Ertrags- und Qualitätsermittlung 2011	19
4.2.4	Rückstandsuntersuchungen 2011	20
4.3	Ergebnisse des Jahres 2012	21
4.3.1	Peronospora-Befallsdruck 2012	21
4.3.2	Witterungsverlauf 2012, Behandlungstermine und Boniturergebnisse	21
4.3.3	Ertrags- und Qualitätsermittlung 2012	25
4.3.4	Rückstandsuntersuchungen 2012	26
4.4	Ergebnisse des Jahres 2013	28
4.4.1	Peronospora-Befallsdruck 2013	28
4.4.2	Witterungsverlauf 2013, Behandlungstermine und Boniturergebnisse	28
5	Diskussion	30
6	Angaben zum Nutzen und der Verwertbarkeit der Ergebnisse	31
7	Hinweise auf weiterführende Fragestellungen	32
8	Zusammenfassung	32
9	Literaturverzeichnis	32
10	Öffentlichkeitsarbeit im Projektzeitraum	33
10.1	Vorträge	33
10.2	Publikationen	33
10.3	Internet	34
10.4	Sonstige Öffentlichkeitsarbeit	34

1 Einführung

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Die Bekämpfung des Falschen Mehltaus *Pseudoperonospora humuli*, der in der Hopfenbau-Praxis normalerweise als 'Peronospora' oder kurz als 'Pero' 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 allen anderen ökologisch bewirtschafteten Kulturen, die regelmäßig von Falschem Mehltau oder ähnlichen Pilzkrankheiten geplagt 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, besteht u.a. seitens des Umweltbundesamtes die Forderung, auf Kupferpräparate im Pflanzenschutz ganz zu verzichten bzw. deren Einsatz auf ein Minimum einzuschränken. Das vorliegende Projekt sollte – auch im Kontext des ‚Strategiepapiers Kupfer‘ der Öko-Verbände – dazu dienen, Strategien zu entwickeln, die den Einsatz von Kupfer zu Zwecken des Pflanzenschutzes im Hopfenbau soweit wie möglich minimieren.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts

Die derzeit von den Ökoverbänden im Hopfenbau erlaubte Aufwandmenge von 4,0 kg Reinkupfer pro Hektar und Jahr sollte mit Hilfe dieses Projekts zumindest um 25 % auf 3,0 kg reduziert werden. Dazu wurden in einem ursprünglich auf drei Jahre angelegten, später vierjährigen Versuchsprogramm neue, effektivere Kupferformulierungen auch in Kombination mit Pflanzenstärkungsmitteln sowie wenige kupferfreie Varianten geprüft. Über eine Sporenfalle sollte zudem ermittelt werden, ob der Infektionsdruck im Öko-Hopfen grundsätzlich höher als in konventionellen Hopfenanlagen ist.

1.3 Planung und Ablauf des Projekts

Alle geplanten Maßnahmen erfolgten in einem Hopfengarten eines öko-zertifizierten Praxisbetriebes, der nach Naturland-Richtlinien arbeitet. Alle notwendigen produktionstechnischen Arbeiten sowie feste und variable Kosten wurden von diesem Betrieb eingebracht. Nur die Maßnahmen zur Bekämpfung der Peronospora und der Projektvorgaben wurden vom Projektteam des Hopfenforschungszentrums Hüll durchgeführt. Qualitäts- und Ertragsverluste, die durch die Versuchsarbeiten verursacht wurden, wurden dem Hopfenpflanzer entschädigt.

Vor Projektbeginn waren konventionell und ökologisch bewirtschaftete Hopfengärten noch nicht bezüglich des Peronospora-Befallsdruckes verglichen worden, bewertet über die Anzahl an Zoosporangien in Burkart-Sporenfallen. Für die Peronospora-prognose wird an fünf Standorten in der Hallertau täglich die biologische Kenngröße 'Anzahl der Zoosporangien' über Burkard-Sporenfallen erhoben. Diese wichtige Kenngröße wird, unterstützt durch Witterungsparameter, als Auslöser für Spritzaufrufe genutzt.

Praxiserfahrungen der Ökobetriebe zeigen, dass bei niedrigeren Kupfermengen pro Spritzung bereits reagiert werden muss, wenn die Zahl der Zoosporangien ansteigt, ohne die Bekämpfungsschwelle erreicht zu haben.

Um für die Prognose den *worst case* zu erhalten, stehen die Pero-Stationen in anfälligen Sorten. Derzeit kann man vermuten, dass im Ökobetrieb mehr infektiöse Zoosporangien vorhanden sind, da es keine effektive Bekämpfung der Primärinfektion gibt und nur die mechanische Entfernung der sog. 'Bubiköpfe' möglich ist. Daher wurde im Versuchsgarten eine Pero-Station aufgebaut und die Anzahl der Zoosporangien werktäglich erfasst und unter dem Mikroskop ausgezählt.

Über eine angegliederte Wetterstation wurden die relevanten Witterungsparameter (Stundenwerte) erhoben. Die Betreuung der Station musste durch eine geschulte Person per Werkvertrag erfolgen. Die notwendige Energieversorgung der Pero-Station erfolgte über ein Solarmodul. Auf- und Abbau der Station und die Schulung der Person zur täglichen Auswertung der Daten erfolgte durch Stammpersonal des Hopfenforschungszentrums Hüll. Die Burkard-Sporenfalle und die meteorologischen Geräte wurden vom Hopfenforschungszentrum in das Projekt eingebracht.

Die Ausbringung der Produkte erfolgte mit praxisüblichen Spritzgeräten nach GEP (Spritzen-TÜV, Auslitern). Um die Bonituren in den Nachbarparzellen nicht durch Abtritt zu beeinflussen, waren Parzellen von ca. 500 m² notwendig, d.h. sechs Reihen mit je 15 - 20 Pflanzen. Die Versuchsfläche betrug bei der vorgesehenen Anzahl an Varianten knapp 1,5 Hektar.

Um mögliche Verluste zu minimieren, wurden von jeder Variante zwei Parzellen mit je zwei unechten Wiederholungen angelegt, so dass grundsätzlich vier Werte zur Verrechnung vorlagen. Bei sehr risikoreichen Varianten wurde nur eine Parzelle mit insgesamt zwei Auswertungsreihen als Tastversuch angelegt. Die Bonituren erfolgten nach einem am Hopfenforschungsinstitut standardisierten Verfahren vor jeder Behandlung oder spätestens im Abstand von zwei Wochen. Bonitiert wurde die Befallshäufigkeit, d.h. den prozentualen Befallsgrad aller Blätter, Blüten oder Dolden, unabhängig von der einzelnen Befallsstärke. Da die Bonituren über die gesamte Pflanzenhöhe erfolgten, waren eine Spezialkanzel und für jeden Boniturdurchgang fünf Personen notwendig (Stammpersonal, Hilfspersonal). Zur Ernte wurden aus jeder Parzelle Muster entnommen, getrocknet und jeweils 500 Dolden einer Vier-Klassen-Bonitur unterzogen. Das dabei gewonnenen „gewogene Mittel“ des Befalls gibt einen sehr guten Vergleichswert für die Wirksamkeit der Prüfprodukte.

2 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Peronospora ist eine Pilzkrankheit, die jährlich in allen Hopfengärten zum vollen Verlust des Erntegutes führen kann. Die Anfang der 1980er-Jahre eingeführte Peronospora-Prognose und die Züchtung toleranter Sorten – beide Maßnahmen wurden am Hopfenforschungszentrum Hüll erarbeitet – führten zu einer deutlichen Reduzierung der Spritzungen gegen diese Krankheit, von ehemals im Durchschnitt 17 Spritzungen auf mittlerweile sechs bei anfälligen bzw. drei bei toleranten Sorten.

Im BLE-Forschungsprojekt ‚Entwicklung von Pflanzenschutzstrategien im ökologischen Hopfenbau‘ (Engelhard et al. 2007) wurden bereits in der sehr anfälligen Sorte ‚Hallertauer Mittelfrüher‘ Produkte mit Kupferhydroxid-Formulierungen und Pflanzenstärkungsmittel getestet. Der Bekämpfungserfolg mit Neuformulierungen bei Kupferprodukten war gut, eine weitere Reduzierung wurde aber nicht mehr geprüft. Bei Pflanzenstärkungsmitteln hingegen war die Wirkung völlig unzureichend. Das phosphonat-haltige Produkt ‚Frutogard‘ wäre gut geeignet, wird aber von den Öko-Hopfenbauern als synthetisches Produkt grundsätzlich abgelehnt. Im konventionellen Anbau werden Kupferhydroxide mit sehr gutem Erfolg eingesetzt.

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsstandort und Versuchspläne

Die Prüfungen wurden – in Absprache mit dem vom Bioland-Anbauverband koordinierten Arbeitskreis Öko-Hopfen – auf dem Betrieb Georg Pichlmaier, Haushausen 3, 85283 Wolnzach durchgeführt. Der Betrieb arbeitet nach den Richtlinien von Naturland. Der Versuchsgarten (ca. 1,5 ha, Sorte Perle) lag im Anbaugebiet Hallertau südlich von Wolnzach zwischen Haushausen und Siegertszell am Rande des Wolnzach-Tales und wurde im Norden und im Süden von Hopfengärten eingegrenzt, die nach konventionellen Vorgaben bewirtschaftet wurden (Abb. 1). Einen gewissen Schutz gegen Abtrieb aus den konventionellen Flächen boten Pappelreihen, die vor einigen Jahren zwischen den Gärten angelegt wurden.

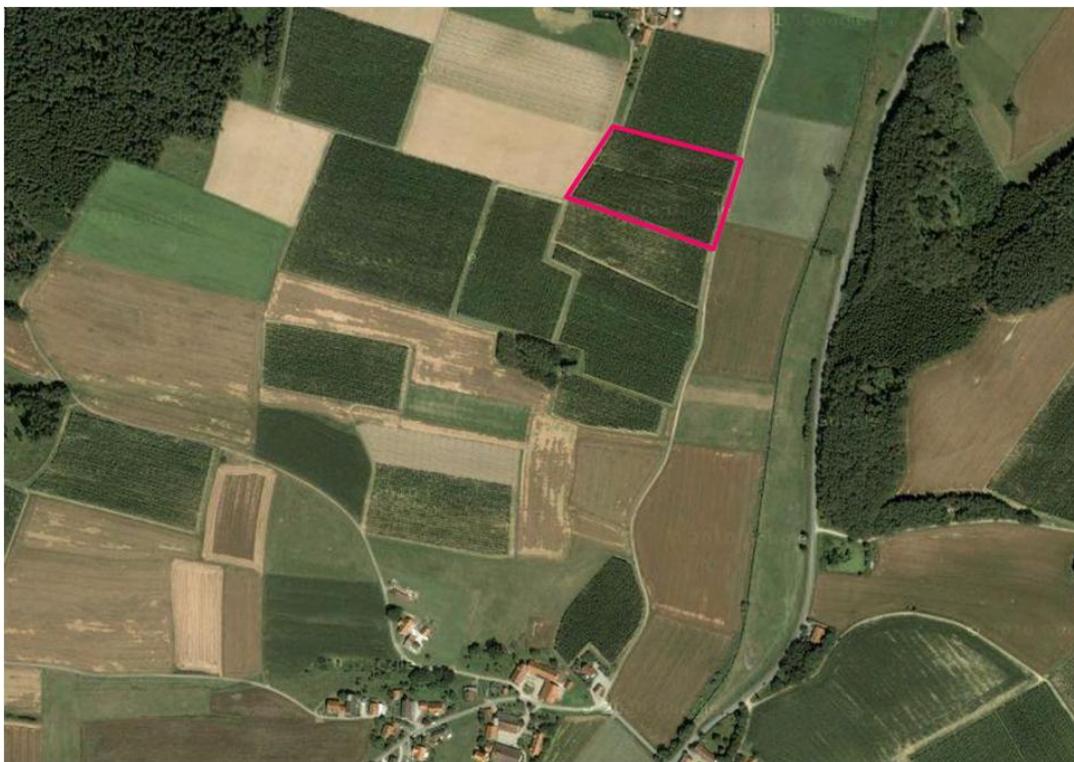


Abbildung 1: Lage der Versuchsfläche nördlich Haushausen (unten).

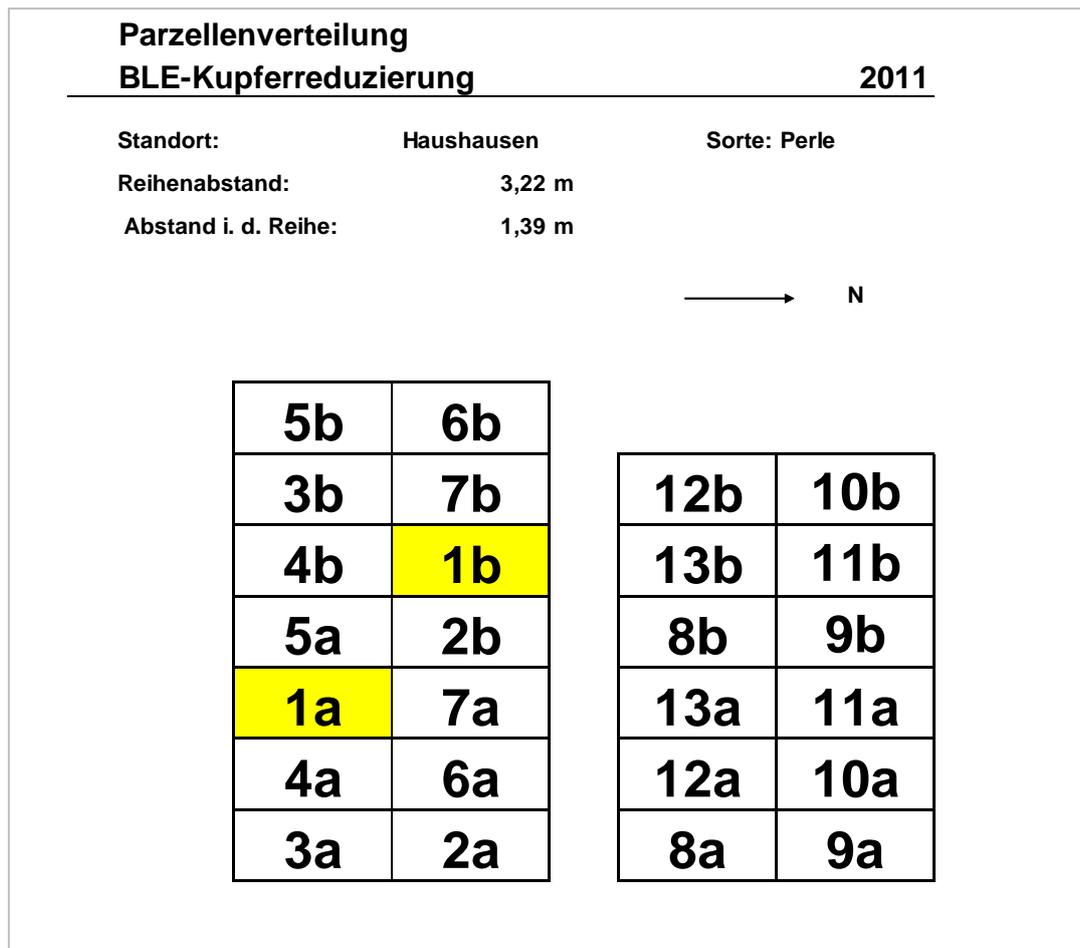


Abbildung 2: Einteilung und Lage der Versuchsparzellen im Versuchsgarten Haushausen in den Jahren 2010 und 2011

3.2 Versuchsplan 2010

In dem Versuchsgarten wurden insgesamt 26 Parzellen angelegt, die als 13 unterschiedliche Versuchsglieder geplant waren (Abb. 2). Jedes Versuchsglied hatte eine Gesamtgröße von ca. 0,1 ha (912 bis 1.046 m²). Da kein Hersteller und Anbieter von natürlichen Pflanzenstärkungsmitteln bzw. anderer 'Naturprodukte' ausschließlich mit seinem Produkt Aussicht auf eine wirksame Bekämpfung der Peronospora im Hopfen bestätigen konnte, wurde in der Planung zunächst 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 beiden Hydroxide wurden in Aufwandmengen von 2,0 und 3,0 kg/ha Reinkupfer solo bzw. diese Aufwandmengen jeweils in Kombination mit den drei Pflanzenstärkungsmitteln 'Herbagreen', 'Biplantol' und 'Frutogard' ausgebracht (Tab. 1). Als Vergleich zu den Varianten mit den Hydroxid-Formulierungen und den Kombinationen mit Pflanzenstärkungsmitteln wurde die damalige Standardanwendung mit 4,0 kg/ha Kupfer mit dem Produkt Funguran (Kupferoxychlorid) gewählt. Zu jeder Anwendung wurde eine betriebsübliche Biomischung gegeben, abwechselnd Diabas Lavamehl und ultrafeines Gesteinsmehl mit Netzschwefel.

Tabelle 1: Versuchsglieder im Versuchsgarten Haushausen im Jahr 2010

Amtliche Mittelprüfung 2010		Versuchsplan		 LFL Leibniz-Forschungsinstitut für Lebensmittel- Systemkunde	
		Standort: Haushausen		Seite: 1 von 2	
Amtliche Prüfstelle :		Lfl - Hüll / IPZ 5b			
Versuchsplan-Nr.:		BLE Kupferreduzierung		Perle	
Schaderreger:		<i>Pseudoperonospora humuli</i>			
Kultur:		Hopfen			
Richtlinie:		EPPO-Richtlinie 1/3(4)			
Vgl.-Nr. ID-NR.	Mittel Wirkstoff Gef.-Symbol	Begrenzung Reinkupfer/ha	Anwendungs - Hinweise	Fläche des Vgl. in m ² Mittel-/Wasser- menge/ha	
1	unbehandelt		2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh.	939	
2	Funguran Kupfer SPU (Xn)	max. 4,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	939 nach ES	
3	SPU-02700-F Kupfer SPU	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	957 nach EC	
4	SPU-02700-F Kupfer SPU	max. 2,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	957 nach ES	
5	SPU-02720-F Kupfer SPU	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	939 nach ES	
6	SPU-02720-F Kupfer SPU	max. 2,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	912 nach ES	
7	SPU-02720-F Kupfer SPU	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	912 nach ES	
8	HERBAGREEN + SPU-02700-F Kupfer SPU	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. Herbagreen nach Firmenvorgabe + Bio-Mischung	1019 nach ES	
13	HERBAGREEN + SPU-02700-F Kupfer SPU	max. 2,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. Herbagreen nach Firmenvorgabe + Bio-Mischung	1019 nach ES	
10	BIPLANTOL + SPU-02700-F Kupfer SPU	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. Biplantol nach Firmenvorgabe + Bio-Mischung	993 nach ES	
11	BIPLANTOL + SPU-02700-F Kupfer SPU	max. 2,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. Biplantol nach Firmenvorgabe + Bio-Mischung	1019 nach ES	
12	FRUTOGARD + SPU-02700-F Kupfer SPU	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. Frutogard 3 mal nach Austrieb zur Bekämpfung der Primärfektion + Bio-Mischung	1046 nach ES	
9	FRUTOGARD + SPU-02700-F Kupfer SPU	max. 2,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. Frutogard 3 mal nach Austrieb zur Bekämpfung der Primärfektion + Bio-Mischung	1046 nach ES	

3.3 Versuchsplan 2011

Nach dem Ausstecken der Parzellen im Frühjahr 2011 sollten die Versuchsglieder wieder genauso wie im Vorjahr und wie im Projektantrag geplant angelegt werden (Abb. 2, Tab. 1). 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 ABCERT AG aus Esslingen, 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 abgelehnt. Die wesentlichen Teile des Schriftwechsels sind in Anhang 1 dokumentiert.

Aus diesem Grund und einem enormen zeitlichen Druck, mit den Peronospora-Behandlungen im Versuchsgarten endlich zu beginnen, wurde daraufhin am 8. Juni beschlossen, den gesamten auf Kupferhydroxide ausgelegten Versuchsplan zu ändern und anstatt der beiden kritischen Formulierungen 'Cuprozin progress' und 'Funguran progress' das zugelassene, NOP-unproblematische Kupferoxychlorid (Markenname 'Funguran') zu verwenden. 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. In der Biomischung wurde im Gegensatz zum Vorjahr auf Netzschwefel verzichtet, da dies kontraproduktiv zu einem 2011 erfolgten Raubmilbeneinsatz zur Spinnmilbenbekämpfung gewesen wäre.

Die vorgestellten 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 gezeigt hätten.

3.4 Versuchsplan 2012

Im dritten Versuchsjahr 2012 konnten die ursprünglich geplanten Hydroxide wieder ohne rechtliche Probleme eingesetzt werden. Neben den beiden Produkten der Firma Spiess-Urania wurden 2012 noch weitere kupferhaltige Fungizide anderer Anbieter eingesetzt, nämlich das tribasische Kupfersulfat 'Cuproxtat' der Firma Nufarm sowie unter dem Namen 'CuCaps' mikroverkapseltes Kupfersulfat der Firma Agrolytix, das die effektiv wirksamen Kupferionen langsam und kontinuierlich abgeben sollte.

Die drei Synergisten wurden mit Kupferaufwandmengen von 2 und 3 kg/ha wie 2010 wieder in Kombination mit 'Funguran progress' eingesetzt. Als Tastveruche, die nur in je einer Parzelle erfolgten, wurde zudem der Pflanzenextrakt 'Sakalia' der Firma Syngenta sowie das Produkt 'Polyversum' der tschechischen Firma Biopreparaty ebenfalls in Kombination mit 'Funguran progress' eingesetzt. Abbildung 2 zeigt die neue Verteilung der einzelnen Parzellen im Versuchsgarten ab dem Jahr 2012. Die in diesem Jahr einzelnen Kupfer-Aufwandmengen und eingesetzten Kombinationen können dem Versuchsplan in Tabelle 2 entnommen werden. Die exakten Anteile an Reinkupfer pro Spritztermin und Versuchsglied, die durch das Splitting des Einsatzes auf sechs Behandlungstermine ergaben, sind in Tabelle 3 exemplarisch aufgeführt. Tabelle 4 zeigt die Aufwandmengen der eingesetzten Pflanzenstärkungsmittel pro Behandlungstermin.

Parzellenverteilung BLE-Kupferreduzierung

2012

Standort: Haushausen Sorte: Perle
Reihenabstand: 3,22 m
Abstand i. d. Reihe: 1,39 m

→
Weg nach Haushausen

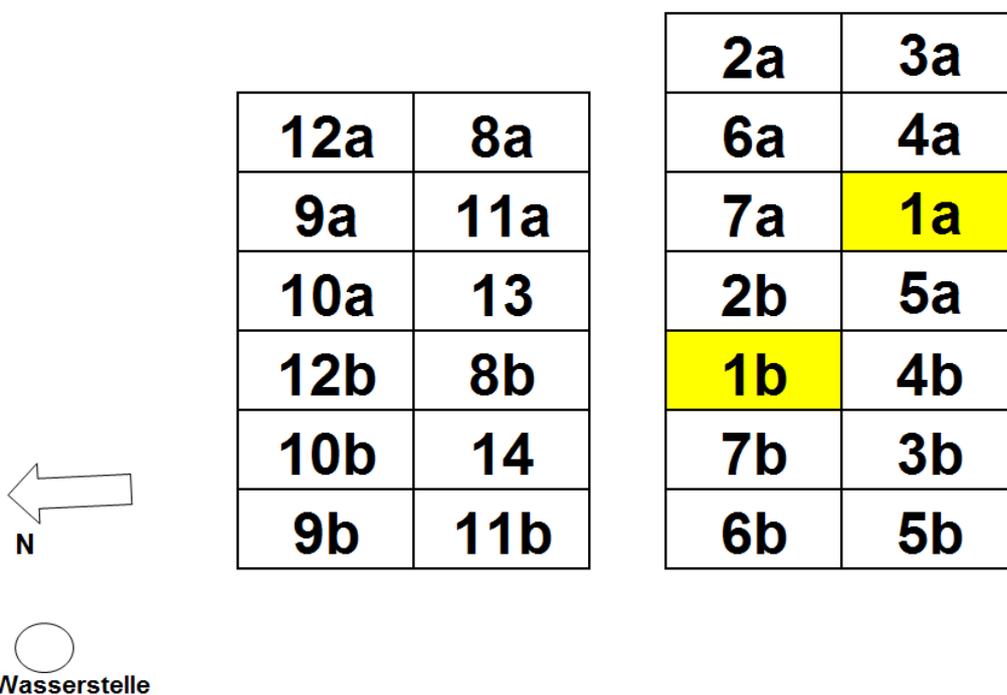


Abbildung 2: Einteilung und Lage der Versuchsparzellen im Versuchsgarten Haushausen 2012 und 2013.

Tabelle 2: Die einzelnen Versuchsglieder mit den Aufwandmengen an Reinkupfer und Pflanzenstärkungsmittel im Versuchsgarten Haushausen im Jahr 2012

Vgl.-Nr. ID-NR.	Mittel Wirkstoff Gef.-Symbol	Begrenzung Reinkupfer/ha	Anwendungs - Hinweise	Fläche des Vgl. in m ²
				Mittel-/Wasser- menge/ha
1	unbehandelt		2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh.	939
2	Funguran Kupfer SPU (Xn)	max. 4,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	939 nach ES
3	Funguran progress Kupfer SPU	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	957 nach EC
4	Funguran progress Kupfer SPU	max. 2,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	966 nach ES
5	Cuprozin progress Kupfer SPU	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	939 nach ES
6	Cuproxat Kupfer Nufarm	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	912 nach ES
7	CuCaps Kupfer Agrolytix	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	912 nach ES
8	HERBAGREEN + Funguran progress Kupfer SPU	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. Herbagreen nach Firmenvorgabe + Bio-Mischung	1019 nach ES
9	BIPLANTOL + Funguran progress Kupfer SPU	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. Biplantol nach Firmenvorgabe + Bio-Mischung	993 nach ES
10	BIPLANTOL + Funguran progress Kupfer SPU	max. 2,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. Biplantol nach Firmenvorgabe + Bio-Mischung	1019 nach ES
11	FRUTOGARD + Funguran progress Kupfer SPU	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. Frutogard 3 mal nach Austrieb zur Bekämpfung der Primärfektion + Bio-Mischung	1046 nach ES
12	FRUTOGARD + Funguran progress Kupfer SPU	max. 2,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. Frutogard 3 mal nach Austrieb zur Bekämpfung der Primärfektion + Bio-Mischung	1046 nach ES
13	Sakalia + Funguran progress Knöterichextrakt / Cu Marrone / SPU	0,125% max. 2,0 kg Cu/ha	1 Parzelle mit je 2 unechten Wdh. Sakalia nach Firmenvorgabe + Bio-Mischung	510 nach ES
14	Polyversum + Funguran progress <i>P. oligandrum</i> / Cu Biopreparaty / SPU	0,025% max. 2,0 kg Cu/ha	1 Parzelle mit je 2 unechten Wdh. Polyversum 2 mal nach Schneiden gegen Primärf. mit 0,25 kg/ha in 400 l/ha später Kupfer solo, dann im im August 0,025%ig + Bio-Mischung	537 nach ES

Tabelle 3 und 4: Aufwandmengen an Reinkupfer und Pflanzenstärkungsmittel im Versuchsgarten Haushausen im Jahr 2012 bei den einzelnen Behandlungen

Aufwandmengen Reinkupfer

Versuchsjahr 2012

Vgl.	Reinkupfer pro Behandlung [kg/ha]						Gesamtmenge Reinkupfer pro Jahr [kg/ha]
	1. Applikation 18.06.2012	2. Applikation 28.06.2012	3. Applikation 09.07.2012	4. Applikation 19.07.2012	5. Applikation 31.07.2012	6. Applikation 14.08.2012	
1							0,0000
2	0,35100	0,43875	0,47025	0,74250	0,97200	1,02550	4,0000
3	0,26325	0,32900	0,35275	0,55688	0,72900	0,76912	3,0000
4	0,17550	0,21950	0,23525	0,37125	0,48600	0,51255	2,0000
5	0,26325	0,32900	0,35280	0,55688	0,72900	0,76907	3,0000
6	0,26325	0,32900	0,35280	0,55688	0,72900	0,76907	3,0000
7	0,26317	0,00000	0,35289	0,66651	0,83860	0,87865	2,9998
8	0,26325	0,32900	0,35280	0,55688	0,72900	0,76907	3,0000
9	0,26325	0,32900	0,35280	0,55688	0,72900	0,76907	3,0000
10	0,17550	0,21950	0,23520	0,37125	0,48600	0,51255	2,0000
11	0,26325	0,32900	0,35280	0,55688	0,72900	0,76907	3,0000
12	0,17550	0,21950	0,23520	0,37125	0,48600	0,51255	2,0000
13	0,17550	0,21950	0,23520	0,37125	0,48600	0,51255	2,0000
14	0,17550	0,21950	0,23520	0,37125	0,48600	0,51255	2,0000

Aufwandmengen Pflanzenstärkungsmittel

Versuchsjahr 2012

Produkt/ Vgl.	Aufwandmenge Produkt pro Behandlung [kg oder l/ha]						Gesamtmenge Produkt [kg oder l/ha]
	1. Applikation 18.06.2012	2. Applikation 28.06.2012	3. Applikation 09.07.2012	4. Applikation 19.07.2012	5. Applikation 31.07.2012	6. Applikation 14.08.2012	
Herbageen Vgl. 8	3,00	3,00	4,75	7,50	9,00	-	27,25
Biplantol Vgl. 9, 10	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	-	10,00
Frutogard Vgl. 11, 12	3,00	3,00	4,00	-	-	-	10,00

3.5 Versuchsplan 2013

Im vierten Versuchsjahr 2013 war der Versuchsplan praktisch identisch mit jenem des Vorjahres 2012. Die drei Synergisten wurden mit Kupferaufwandmengen von 2 und 3 kg/ha wieder in Kombination mit 'Funguran progress' eingesetzt, wobei 'Frutogard' aus dem Programm genommen und in einer Parzelle durch 'Myco-Sin' ersetzt wurde. Als weiteren Tastversuch wurde das auf Bioflavonoiden basierende Mittel 'Flavonin Agro Protect' der österreichischen Firma Citrox Natural Solutions eingesetzt. Die in diesem Jahr einzelnen Kupfer-Aufwandmengen und eingesetzten Kombinationen können dem Versuchsplan in Tabelle 5 entnommen werden.

Tabelle 5: Die einzelnen Versuchsglieder mit den Aufwandmengen an Reinkupfer und Pflanzenstärkungsmittel im Versuchsgarten Haushausen im Jahr 2013

Vgl.-Nr. ID-NR.	Mittel Wirkstoff Gef.-Symbol	Begrenzung Reinkupfer/ha	Anwendungs - Hinweise	Fläche des Vgl. in m ²
				Mittel-/Wasser- menge/ha
1	unbehandelt		2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh.	939
2	Funguran progress Kupfer SPU (Xn)	max. 4,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	939 nach ES
3	Funguran progress Kupfer SPU	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	957 nach EC
4	Funguran progress Kupfer SPU	max. 2,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	966 nach ES
5	Cuprozin progress Kupfer SPU	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	939 nach ES
6	Cuproxat Kupfer Nufarm	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	912 nach ES
7	CuCaps Kupfer Agrolytix	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	912 nach ES
8	CuCaps Kupfer Agrolytix	max. 2,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. + Bio-Mischung	1019 nach ES
9	HERBAGREEN + Funguran progress Kupfer SPU	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. Herbagreen nach Firmenvorgabe + Bio-Mischung	993 nach ES
10	HERBAGREEN + Funguran progress Kupfer SPU	max. 2,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. Herbagreen nach Firmenvorgabe + Bio-Mischung	1019 nach ES
11	BIPLANTOL + Funguran progress Kupfer SPU	max. 3,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. Biplantol nach Firmenvorgabe + Bio-Mischung	1046 nach ES
12	BIPLANTOL + Funguran progress Kupfer SPU	max. 2,0 kg Cu/ha	2 Parzellen mit je 2 unechten Wdh. Biplantol nach Firmenvorgabe + Bio-Mischung	1046 nach ES
13	MYCO-SIN + Funguran progress Kupfer SPU	max. 2,0 kg Cu/ha	1 Parzelle mit je 2 unechten Wdh. Myc-Sin nach Firmenvorgabe ohne Bio-Mischung	510 nach ES
14	Flavonin Agro Protect Bioflavonoide / Cu Citrox Natural Solutions	0,2% max. 0,2 kg Cu/ha	1 Parzelle mit je 2 unechten Wdh. ohne Bio-Mischung	537 nach ES

3.6 Überprüfung des Peronospora-Infektionspotentials im Öko-Hopfengarten

Für die Peronosporaprogno­se wird an fünf Standorten in der Hallertau täglich die biologische Kenngröße 'Anzahl der Zoosporangien' über Burkard-Sporenfallen erhoben und als Auslöser für Spritzauf­rufe für den konventionellen Anbau genutzt. Um für diese Prognose ein *worst case*-Szenario zu erhalten, stehen die ständigen Pero-Stationen in anfälligen Sorten. Vor Projektbeginn waren konventionell und ökologisch bewirtschaftete Hopfengärten noch nicht bezüglich des Peronospora-Befallsdruckes verglichen worden. Praxiserfahrungen der Ökobetriebe zeigten, dass bei niedrigeren Kupfermengen pro Spritzung bereits reagiert werden muss, wenn die Zahl der Zoosporangien ansteigt, ohne die Bekämpfungsschwelle erreicht zu haben. Man kann vermuten, dass im Ökobetrieb mehr infekti­onsfähige Zoosporangien vorhanden sind, da es keine effektive Bekämpfung der Primärinfektion gibt und nur die mechanische Entfernung der sog. 'Bubiköpfe' möglich ist.

Daher wurde für das Projekt im Zentrum des Öko-Versuchsgartens eine Burkard-Sporenfalle mit Solar­modul zur Energieversorgung aufgebaut. Die werktägliche Entnahme der Zoosporangien-Muster aus der Falle und die Auswertung der Daten (Abb. 3) erfolgte in Haushausen jedes Versuchsjahr von Anfang Juni bis zur Ernte per Werkvertrag durch ange­lerntes sachkundiges Personal. Nach den beiden ersten Versuchsjahren, als die Sporen­falle im Zentrum des Versuchsgartens stand, wurde die Sporenfalle 2012 und 2013 in einem benachbarten Öko-Garten derselben Sorte in etwa 200 m Entfernung aufgebaut. Der Grund für die Verschiebung war die im Laufe des Jahres 2011 erkannte Gefahr, dass durch die unbehandelte Kontrollparzelle in direkter Nähe zur Sporenfalle der tatsächliche Infektionsdruck überbewertet werden könnte. Diese Problematik ist im Zwischenbericht für 2011 bereits diskutiert worden.

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse des Jahres 2010

4.1.1 Peronospora-Befallsdruck 2010

Die erstmalige Auswertung der Peronospora-Station war durchaus überraschend, denn der große Unterschied in der Anzahl der gefangenen Zoosporangien zu konventionellen Gärten war in dieser Größenordnung nicht zu erwarten (Abb. 3). Der Infektionsdruck im Öko-Hopfengarten war zumindest in diesem Fall)wesentlich höher als in den konventionellen Anlagen, obwohl es sich im letzteren Fall um Anlagen mit anfälligen Sorten gehandelt hat.

Eine Erklärung für die sehr hohen Zahlen im Frühjahr ist die Befallsstärke der Peronospora-Primärinfektion, die sich in Form sogenannter ‚Bubiköpfe‘ (stark gestauchte, hoch infektiöse Boden- und Seitentriebe) äußert. In konventionellen Betrieben können diese Primärinfektionen mit systemischen Fungiziden bekämpft werden; im Öko-Betrieb müssen die Bubiköpfe von Hand ausgebrochen werden, um die Produktion von Zoosporangien zu reduzieren. Im Juli/August sind die Primärinfektionen weg und die Differenz zwischen den Produktionsrichtungen wird geringer.

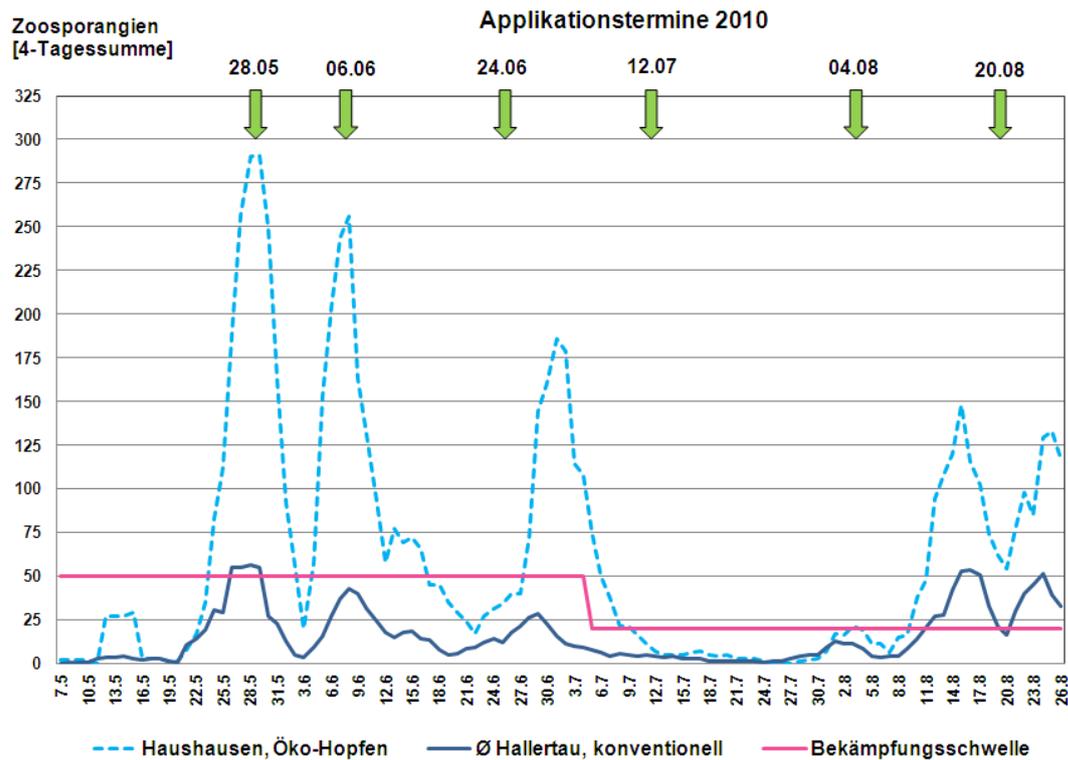


Abbildung 3: Vergleich des Peronospora-Befallsdruckes anhand der Zoosporangien-Zahlen der Station Haushausen mit dem Durchschnitt der Warndienststationen in der Hallertau im Jahr 2010. Die grünen Pfeile zeigen die jeweiligen Behandlungstermine.

4.1.2 Witterungsverlauf 2010, Behandlungstermine und Boniturergebnisse

Nach einem außergewöhnlich kalten und nassen **Mai** kam es zum Pfingstwochenende (22.05.-25.05.2010) zu einem deutlichen Anstieg der Temperaturen und gleichzeitig zu einem extremen Ausbruch der Primärinfektion im Versuchsgarten wie in der ganzen Hallertau. Entsprechend kam es am 27.05. zu einem allgemeinen Peronospora-Spritzaufruf für alle Sorten und die Versuchsfläche wurde am 28.05. erstmals behandelt. Der niederschlagsreiche und etwas zu kühle **Juni** bot günstige Bedingungen für Peronospora-Infektionen; entsprechend erfolgten zwei Spritzungen am 06.06. und 24.06. Gegen Ende des Monats setzte bis Mitte **Juli** heiße und trockene Witterung ein, die den Befall stark einbremste. Eine Behandlung am 12.07. erfolgte daher eher als Vorsichtsmaßnahme zu Beginn der Blüte als kritischer Phase, da für die Folgetage Niederschläge prognostiziert worden waren; diese Behandlung wäre allerdings nicht nötig gewesen. Erst im überdurchschnittlich kühlen und nassen **August** stieg das Infektionspotential wieder deutlich an und es waren am 04.08. und 20.08. zwei diesmal sinnvolle Behandlungen nötig.

Es erfolgten vier Bonituren der Peronospora-Primärinfektion vom 03.05. bis zum 23.06. und fünf der Sekundärinfektion vom 23.06. bis zum 18.08. Aussagekräftige Ergebnisse, die die Auswirkungen der eingesetzten Kupfermengen und der Synergisten widerspiegeln, waren erst bei den Doldenbonituren im August erkennbar (Abb. 4).

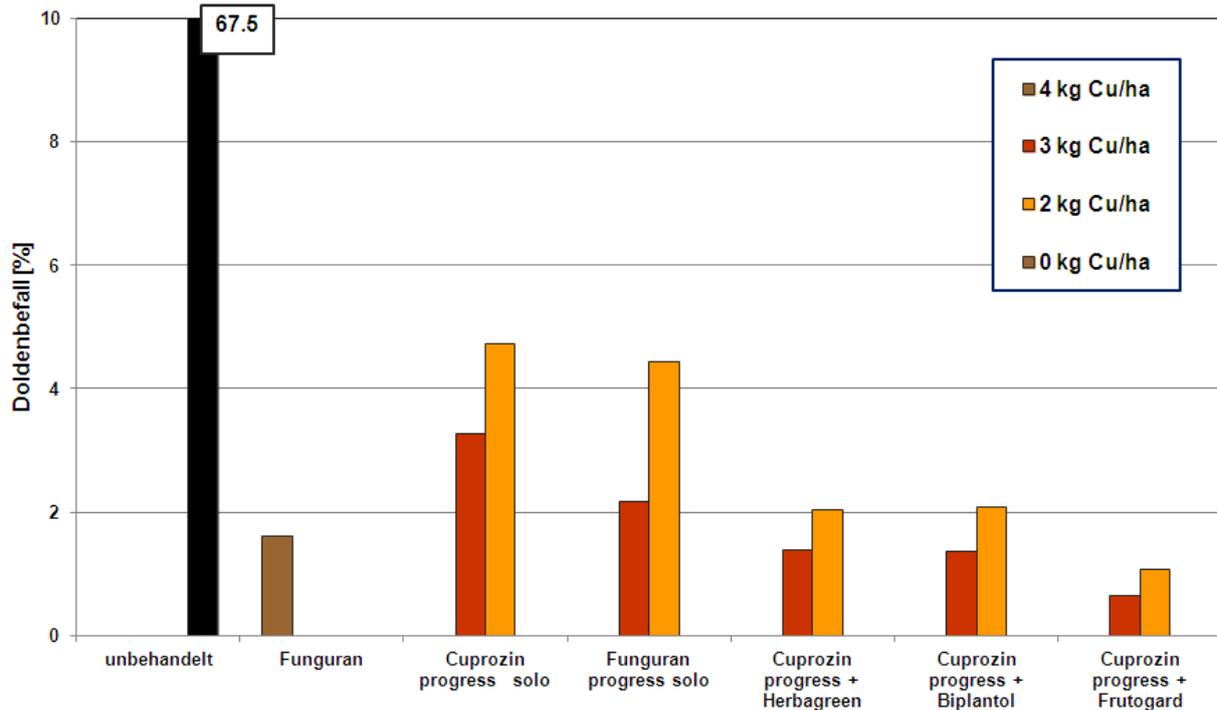


Abbildung 4: Peronospora-Doldenbefall im Versuchsgarten Haushausen am 18.08.2010

Es zeigte sich 2010 eine eindeutige Abstufung, wobei in allen Varianten einerseits bei jedem kg Kupfer weniger der Befall zunahm und andererseits alle Synergisten eine Wirkungsverbesserung brachten. Dies galt insbesondere für das phosphonathaltige Frutogard, das selbst mit 2 kg Cu/ha noch besser abschnitt als die Standardvariante mit 4 kg Kupferoxychlorid (Abb. 4).

4.2 Ergebnisse des Jahres 2011

4.2.1 Peronospora-Befallsdruck 2011

Die Auswertung der Zoosporangien-Fänge in der Burkard-Sporenfalle (Abb. 5) ergab eine noch größere Diskrepanz zwischen dem Versuchsgarten und dem Durchschnitt der Warndienststationen in der Hallertau als im Vorjahr. Während 2011 zumindest klar erkennbare Peaks der beiden Kurven – wenngleich in signifikant unterschiedlichen Höhen – im selben Zeitraum auftraten, ist eine derartige Übereinstimmung in den Graphen des Jahres 2012 nur noch in geringem Maße erkennbar. Insbesondere das ab Anfang August dauerhaft in extremen Höhen liegende Niveau belegt einen außergewöhnlichen Befallsdruck in diesem Öko-Versuchsgarten. Möglicherweise hat sich hier 2012 der Druck durch die unbehandelte Kontrollparzelle als 'hausgemachte' Infektionsquelle gegen Ende der Saison in diese Höhen aufgeschaukelt. Allerdings war dieses Phänomen im Vorjahr nicht erkennbar, wobei 2012 sicherlich die nasse Witterung des Jahres ihren Teil dazu beigetragen hat.

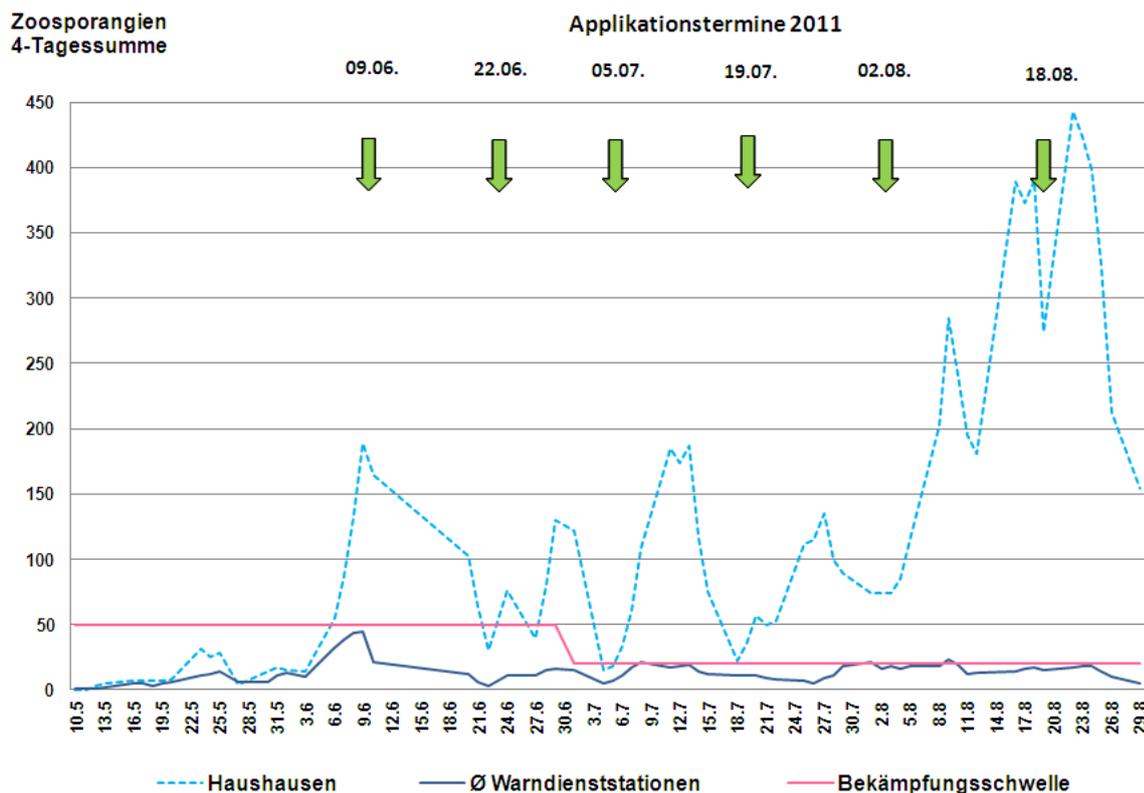


Abbildung 5: Vergleich des *Peronospora*-Befallsdruckes anhand der Zoosporangien-Zahlen der Station Haushausen mit dem Durchschnitt der Warndienststationen in der Hallertau im Jahr 2011. Die grünen Pfeile zeigen die jeweiligen Behandlungstermine.

4.2.2 Witterungsverlauf 2011, Behandlungstermine und Boniturergebnisse

Der **April** 2011 setzte den Trend des Vormonats fort: Warm, sonnig und extrem trocken. Die anhaltende Trockenheit dämpfte den Druck von Pilzkrankheiten und die Hopfenperonospora-Primärinfektion trat praktisch überhaupt nicht in Erscheinung.

Auch der **Mai** war sonnenscheinreich und fiel rund 2°C wärmer als im langjährigen Mittel aus. Die Trockenheit aus den Vormonaten setzte sich fort. Die Niederschlagsmengen wurden erst zum Monatsende ergiebiger, flächendeckend waren die Niederschläge oftmals aber nicht. Mit einer Durchschnittstemperatur von 9,7°C belegte das Frühjahr 2011 Platz zwei der wärmsten Frühjahre seit 1880. Mit vielerorts über 700 Sonnenstunden war noch kein Frühling so sonnenscheinreich wie in diesem Jahr. Die Witterungsverhältnisse des gesamten Frühjahres führten dazu, dass im Versuchsgarten praktisch überhaupt keine Primärinfektion zu verzeichnen war. Daher beschränkten sich die Bonituren auf cursorische stichpunktartige Kontrollen, bei denen jedoch nie ein Befall registriert werden konnte.

Der **Juni** fiel wärmer, gleichzeitig aber auch etwas sonneinscheinärmer aus als im Klimamittel. Die Niederschläge verteilten sich typisch sommerlich recht uneinheitlich.

Am 6. Juni ergab die Auszählung der Zoosporangien aus der Sporenfalle im Versuchsgarten Haushausen mit 55 Zoosporangien erstmals einen Wert, der über der Bekämpfungsschwelle lag. Gleichzeitig erfolgte der erste Spritzaufwurf des Peronospora-Warndienstes für alle Sorten in der Hallertau. Der zweite Spritzaufwurf (nur anfällige Sorten) wurde am 16. Juni ausgegeben, der dritte (nur anfällige Sorten) am 27. Juni. Die erste Peronospora-Behandlung erfolgte im Versuchsgarten am 9. Juni, die zweite am 22. Juni. Die erste Bonitur (Sekundärbefall Blätter) wurde am 10. Juni und die zweite am 28. Juni durchgeführt.

Der **Juli** war im Vergleich zum langjährigen Mittel deutlich zu kalt und zudem arm an Sonnenschein. Es gab auch eine überdurchschnittliche Zahl an Regentagen mit deutlich mehr Niederschlägen als gewöhnlich; in der Region Wolnzach lag die Juli-Niederschlagssumme mit etwa 220 mm mehr als doppelt so hoch als das mehrjährige Mittel. Am 6. Juli wurde der vierte Spritzaufwurf des Peronospora-Warndienstes für alle Sorten und am 15. Juli der fünfte (nur anfällige Sorten) ausgegeben. Am 27. Juli folgte der sechste Spritzaufwurf für alle Sorten. Die dritte Peronospora-Behandlung in Haushausen erfolgte am 5. Juli, die vierte am 19. Juli. Die dritte Bonitur (Sekundärbefall Blätter und Blüten) wurde am 25. Juli durchgeführt (Abb. 6).

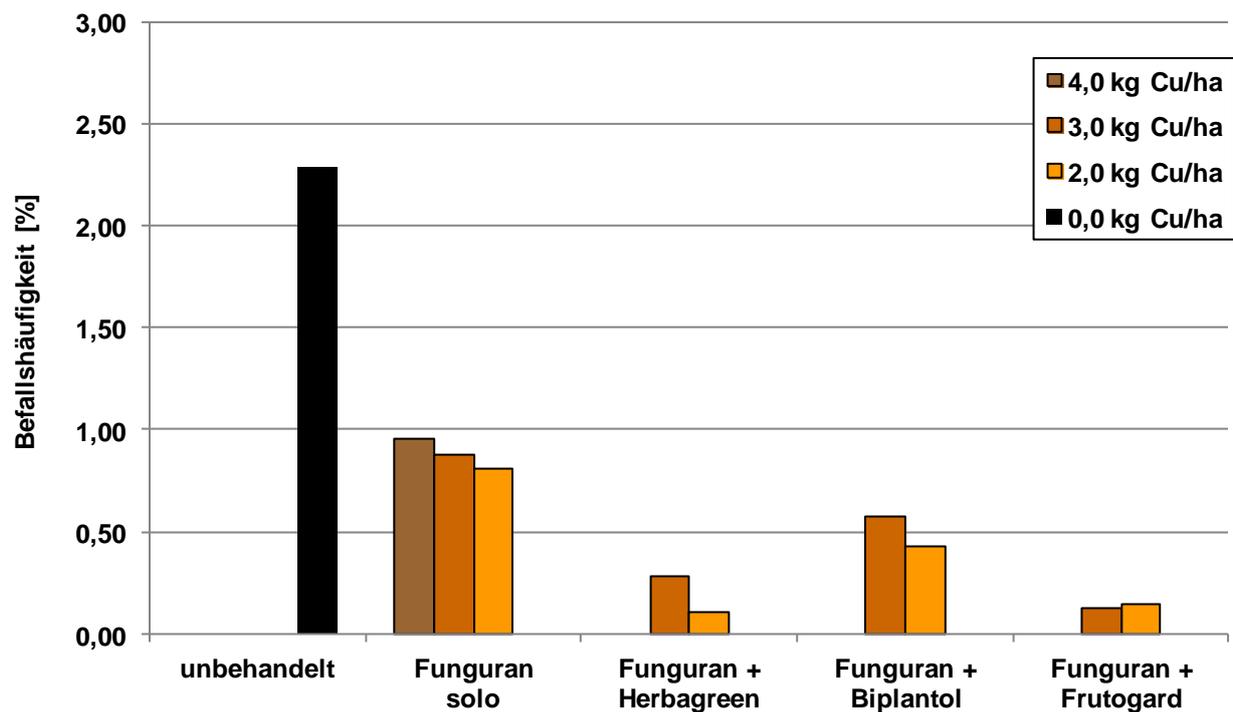


Abbildung 6: Peronospora-Blütenbefall im Versuchsgarten Haushausen am 25.07.2011

Auch im **August** setzte sich das unbeständige und abwechselnd warme und kühle Wetter aus den Vorwochen zunächst fort. Erst in der zweiten Monatshälfte nahm der Hochdruckeinfluss etwas zu. Zum Teil blieb es durchgängig an mehreren Tagen trocken. Zudem stiegen die Temperaturen in der letzten Monatsdekade z.T. auf hochsommerliche Werte um 30°C an. Der gesamte Sommer (Juni, Juli und August) fiel demnach mit einer mittleren Temperatur von 16,5°C recht durchschnittlich aus.

Nur fünf Tage nach dem letzten Aufruf wurde am 2. August der siebte Spritzaufruf des Peronospora-Warndienstes für alle Sorten und bereits am 9. August der achte ebenfalls für alle Sorten ausgegeben. Am 23. August folgte der neunte und letzte Spritzaufruf des Jahres für alle späten Sorten. Die fünfte Peronospora-Behandlung in Haushausen erfolgte am 2. August, die sechste und letzte am 18. August. Die vierte Bonitur (Sekundärbefall Dolden) wurde am 11. August durchgeführt (Abb. 7). Der Bestand wurde am 29. August einschließlich einer Ertragsermittlung innerhalb der einzelnen Parzellen komplett beerntet und zu diesem Termin auch die Muster für die abschließende Bonitur der getrockneten Hopfendolden entnommen (Abb. 8).

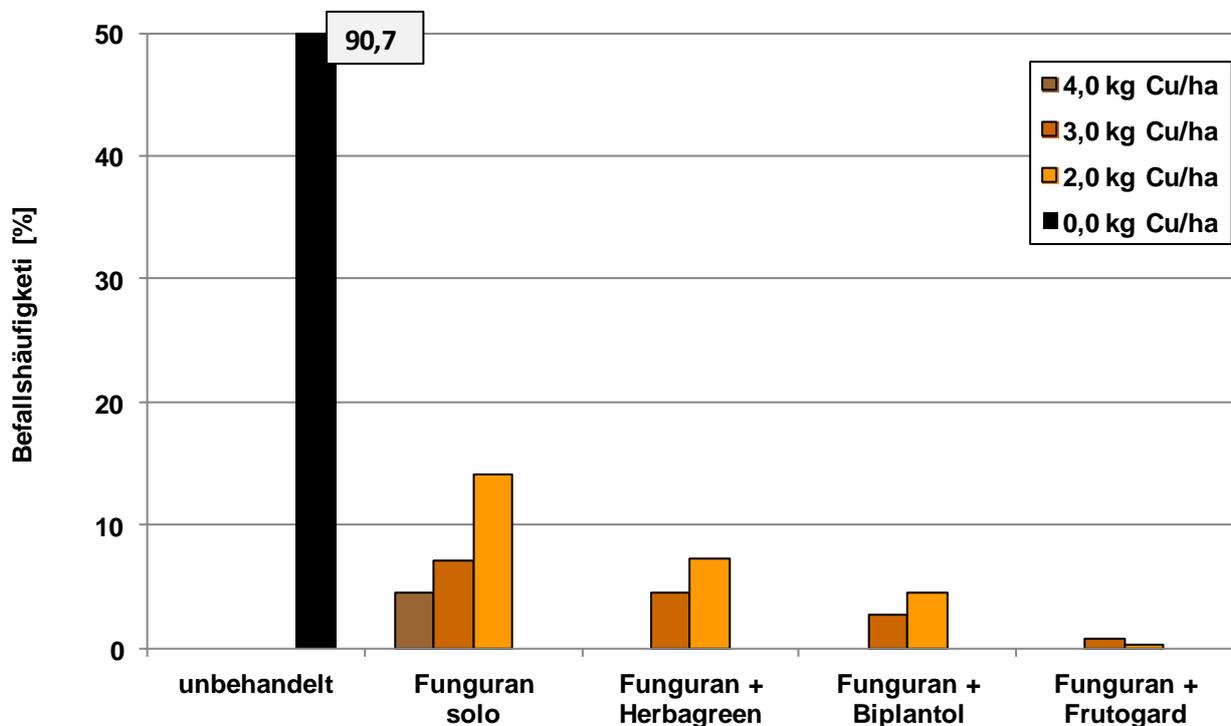


Abbildung 7: Peronospora-Doldenbefall im Versuchsgarten Haushausen am 11.08.2011

4.2.3 Ertrags- und Qualitätsermittlung 2011

Während der Ernte am 29. August 2011 wurden aus den beernteten Parzellen fast aller Varianten Muster (pro Variante fünf Aufleitungen, jeweils vierfach wiederholt) entnommen und eine Ertrags- und Qualitätsermittlung durchgeführt, letztere in Form des Gehaltes an Alpha-Säuren. Die Analysen erfolgten im Labor des Hopfenforschungszentrums Hüll.

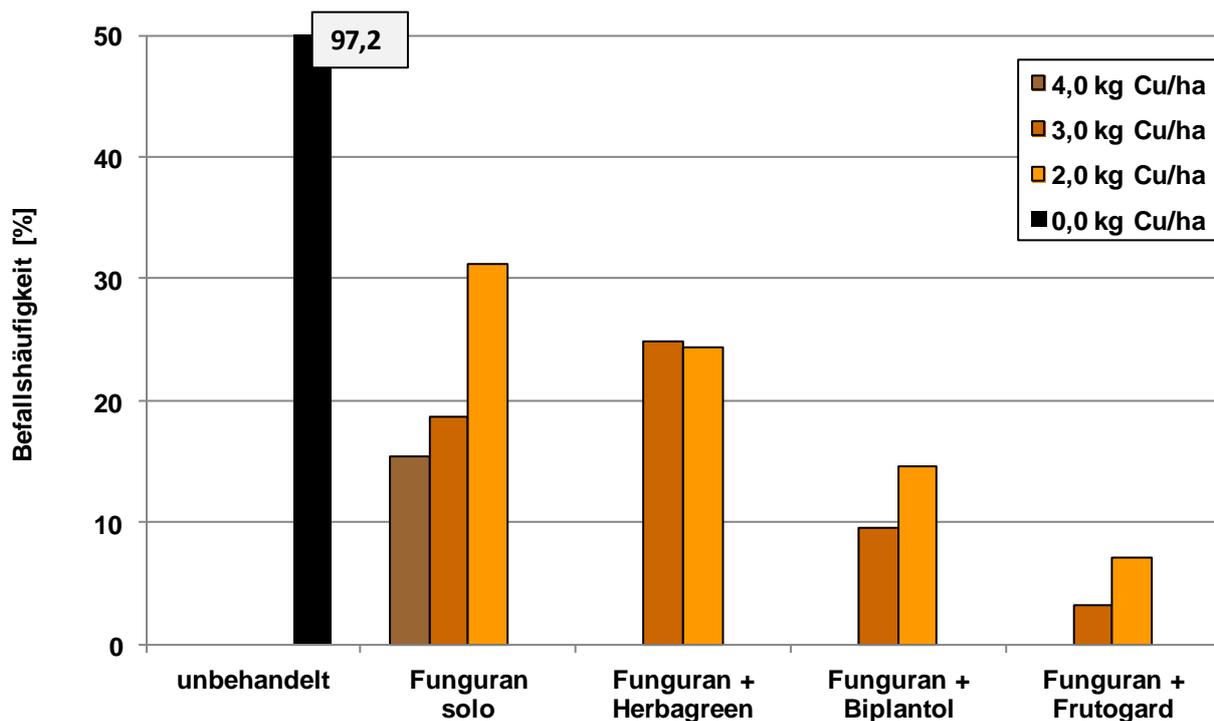


Abbildung 8: *Peronospora*-Doldenbefall im Versuchsgarten Haushausen zur Ernte am 29.08.2011 anhand der Bonitur der geernteten getrockneten Dolden im September

Die Ergebnisse (Abb. 9) belegen bei dem wichtigsten Qualitätsparameter Alpha-Säuren eine signifikante Reduktion in der unbehandelten Kontrolle auf 10,03 % Alpha, während alle anderen Varianten ohne weitere signifikante Unterschiede um die 12 % Alpha lagen. Hinsichtlich der ermittelten Erträge ergab sich eine differenziertere Abstufung: Die signifikant höchsten Erträge wurden in den Parzellen 9, 10 und 12 erzielt (17,0-19,3 dt/ha; Frutogard + 3 kg/ha Cu, Frutogard + 2 kg/ha Cu, Biplantol + 3 kg/ha Cu). Es folgten Parzellen 8 und 11 (14,6-15,4 dt/ha; Biplantol + 2 kg/ha Cu, Herbagreen + 3 kg/ha Cu) sowie 13 (11,9 dt/ha; Herbagreen + 2 kg/ha Cu). Einen hoch signifikanten Abfall gab es bei der unbehandelten Kontrolle, die mit 8,8 dt/ha nur mehr stark befallenen, nicht vermarktbareren Hopfen lieferte.

4.2.4 Rückstandsuntersuchungen 2011

Während der Ernte wurde aus den geernteten Dolden der Varianten 1 (unbehandelt) und 12 (Frutogard + 2 kg/ha Funguran) je eine Mischprobe von ca. 200 g Trockenhopfen entnommen und vakuumiert bei 2°C gelagert. Am 23. September 2011, knapp 4 Wochen nach der Ernte, wurden in den Parzellen der Varianten 1 (unbehandelt), 9 (Frutogard + 2 kg/ha Funguran) und 12 (Frutogard + 3 kg/ha Funguran) je eine Wurzel-Mischprobe (jeweils mehr als 500 g; dickere, ältere Wurzelbereiche, keine 'Sommerwurzeln') von jeweils vier Hopfenstöcken ausgegraben. Das gesamte Material wurde gleich anschließend zur Analyse auf Phosphonate (als Phosphit in Wasserauszug, ausgedrückt als HPO_3 , Bestimmung mit IC) wiederum nach Laimburg verschickt. Die Analysen ergaben, dass jede der fünf Proben einen HPO_3 -Wert unterhalb der Nachweisgrenze von 0,5 mg/kg TM aufwies.

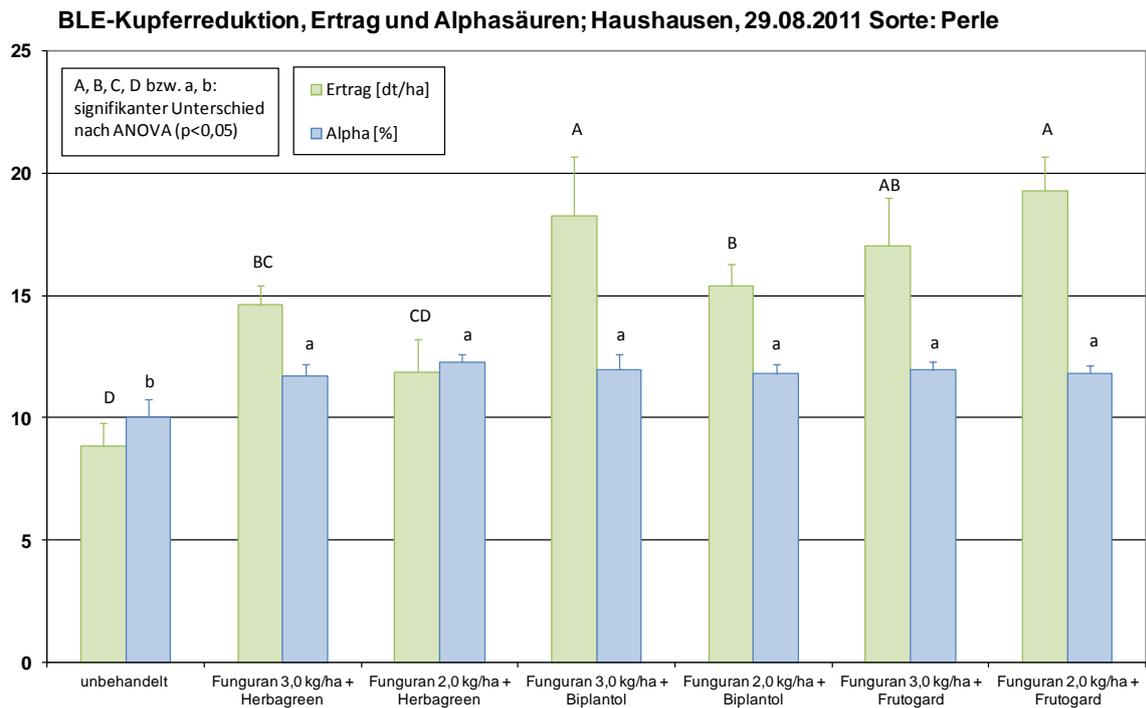


Abbildung 9: Ertrags und Qualitätsermittlung in einzelnen Versuchsvarianten im Versuchsgarten Haushausen zur Ernte am 29.08.2011.

4.3 Ergebnisse des Jahres 2012

4.3.1 Peronospora-Befallsdruck 2012

Die Auswertung der Zoosporangien-Fänge in der Burkard-Sporenfalle ergab 2012 wieder eine wesentlich geringere Diskrepanz zwischen dem Versuchsgarten und dem Durchschnitt der Warndienststationen in der Hallertau als im Vorjahr; offensichtlich hatte das 'Verpflanzen' der Burkard-Falle in den Nachbargarten den gewünschten Erfolg. Wie im ersten Versuchsjahr 2010 sind zumindest klar erkennbare Peaks der beiden Kurven in Übereinstimmung, wobei die Peaks aus dem Öko-Garten meist wesentlich höher ausfielen. Insbesondere der Peronospora-Befallsdruck Mitte Juni erreichte hier mit einer Viertagesumme von knapp 400 Zoosporangien einen enormen Wert, wohingegen die Ausschläge der Kurve zu späteren Zeitpunkten einigermaßen im Rahmen blieben (Abb. 10).

4.3.2 Witterungsverlauf 2012, Behandlungstermine und Boniturergebnisse

Ende **April** herrschten Temperaturen deutlich über dem langjährigen Durchschnitt, so dass der Monat etwas wärmer ausfiel als gewöhnlich. Die Niederschlagsmengen waren unterdurchschnittlich und auch die Sonnenscheindauer war deutlich geringer als jene der drei Vorjahre, lag aber im langjährigen Schnitt. Die relative Trockenheit dämpfte den Druck von Pilzkrankheiten und die Hopfenperonospora-Primärinfektion trat praktisch überhaupt nicht in Erscheinung.

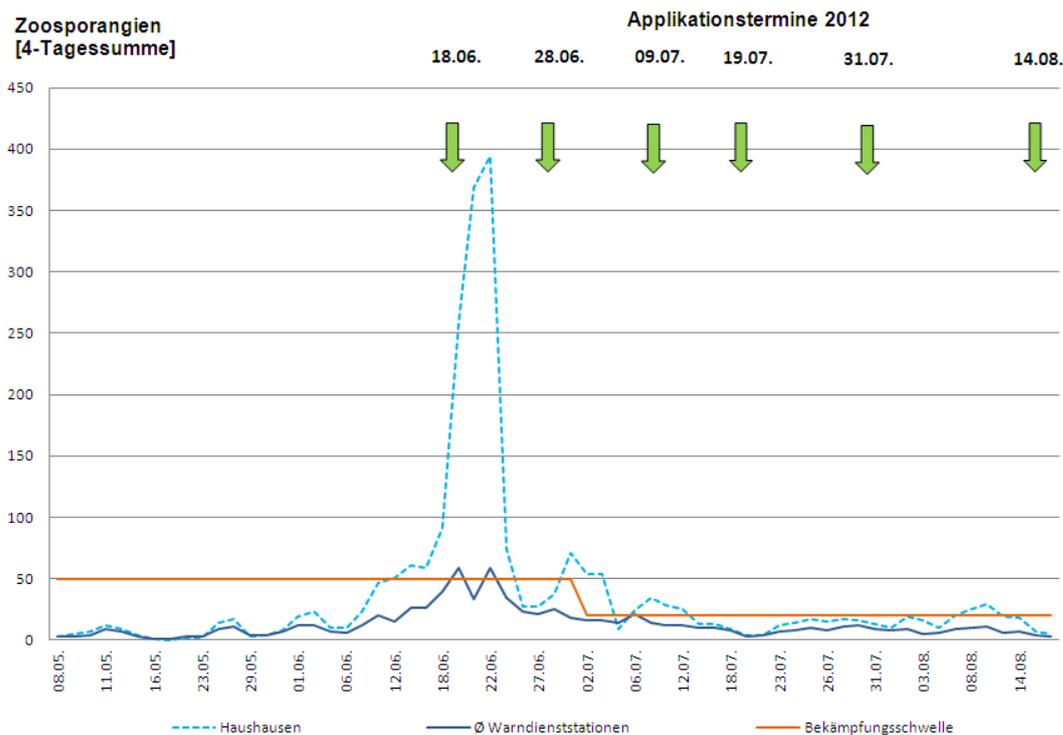


Abbildung 10: Vergleich des Peronospora-Befallsdruckes anhand der Zoosporangien-Zahlen der Station Haushausen mit dem Durchschnitt der Warndienststationen in der Hallertau im Jahr 2012. Die grünen Pfeile zeigen die jeweiligen Behandlungstermine.

Der **Mai** 2012 war sonnenscheinreicher, trockener und wärmer als gewöhnlich. Die Witterungsverhältnisse des gesamten Frühjahres haben dazu geführt, dass im Versuchsgarten Haushausen wiederum fast keine Primärinfektion zu verzeichnen war. Daher beschränkten sich die Bonituren wie im Vorjahr auf stichpunktartige Kontrollen, bei denen jedoch nie ein Befall registriert werden konnte.

Der **Juni** war wechselhaft, aber überwiegend warm. Insbesondere in der ersten Monatshälfte sorgte wechselhafte Witterung mit Schauern und einzelnen Gewittern dafür, dass sich viele Bestände von der Trockenheit des Frühjahres erholen konnten. Aufgrund der feuchten Witterung stieg der pilzliche Infektionsdruck bis Monatsmitte an und der Peronosporadruck im Hopfen erreichte erstmals kritische Werte. Am 12. Juni ergab die Auszählung mit 51 Zoosporangien im Versuchsgarten erstmals einen Wert, der über der Bekämpfungsschwelle lag. Einen Tag später erfolgte der erste Spritzaufwurf des Peronospora-Warndienstes für alle Sorten in der Hallertau. Der zweite Spritzaufwurf (nur anfällige Sorten) wurde am 22. Juni ausgegeben. Die erste Peronospora-Behandlung der Vegetationsperiode in Haushausen erfolgte am 18. Juni, die zweite am 28. Juni. Die erste Bonitur (Sekundärbefall Blätter) wurde am 21. Juni durchgeführt.

Der **Juli** brachte zwar eine überdurchschnittliche Zahl an Regentagen, im Vergleich zum langjährigen Mittel fiel er aber deutlich trockener aus. Bei den Temperaturen lag der Monat leicht über dem Mittel.

Am 2. Juli wurde der dritte Spritzaufwurf des Peronospora-Warndienstes für alle Sorten und am 12. Juli der vierte (nur anfällige Sorten) ausgegeben. Am 26. Juli folgte der fünfte Spritzaufwurf für alle Sorten. Die dritte Peronospora-Behandlung in Haushausen erfolgte am 9. Juli, die vierte am 19. Juli und die fünfte am 31. Juli. Die zweite Bonitur wurde am 10. Juli, die dritte (beide Sekundärbefall Blätter und Blüten) wurde am 27. Juli durchgeführt (Abb. 11).

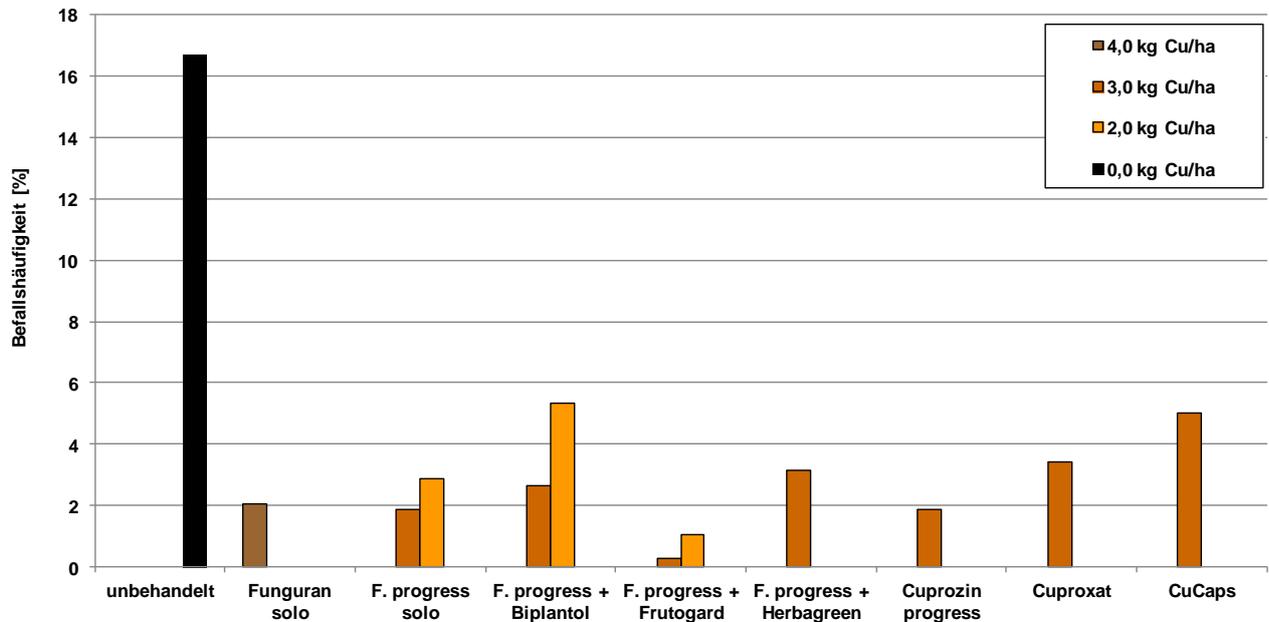


Abbildung 11: Peronospora-Blütenbefall im Versuchsgarten Haushausen am 27.07.2012

Der **August** 2012 war deutlich wärmer und sonnenscheinreicher als im langjährigen Mittel. Während der zweiten Dekade wurden tagsüber hochsommerliche Werte bis zu 35°C erreicht, die von lauen oder gar Tropennächten gefolgt wurden. Dazu kamen überdurchschnittliche Regenmengen, die auf 15 Tage verteilt waren. Der gesamte Sommer (Juni, Juli und August) fiel mit einer mittleren Temperatur von 17,2°C in der Region leicht überdurchschnittlich aus. Am 8. August erfolgte der sechste und letzte allgemeine Spritzaufwurf des Peronospora-Warndienstes für anfällige Sorten. Am 31. August folgte der siebte und letzte Spritzaufwurf des gesamten Jahres für alle späten anfälligen Sorten (Hersbrucker Spät, Herkules, Nugget). Die sechste und letzte Peronospora-Behandlung in Haushausen erfolgte am 14. August. Die vierte Bonitur wurde am 13. August (Abb. 12) und die fünfte am 23. August (Abb. 13) durchgeführt (beide Sekundärbefall Dolden).

Am 3. September wurde der Bestand einschließlich einer Ertragsermittlung innerhalb der einzelnen Parzellen komplett beerntet und zu diesem Termin auch die Muster für die abschließende Bonitur der getrockneten Hopfendolden entnommen (Abb. 14).

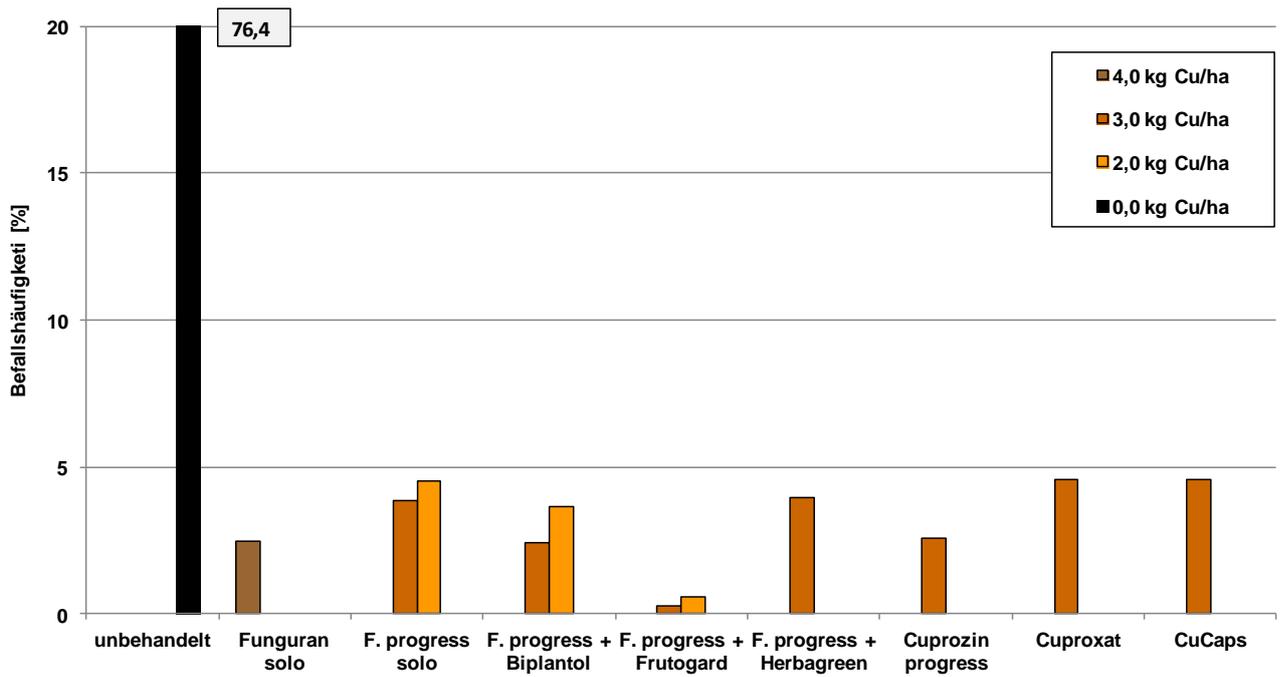


Abbildung 12: Peronospora-Doldenbefall im Versuchsgarten Haushausen am 13.08.2012

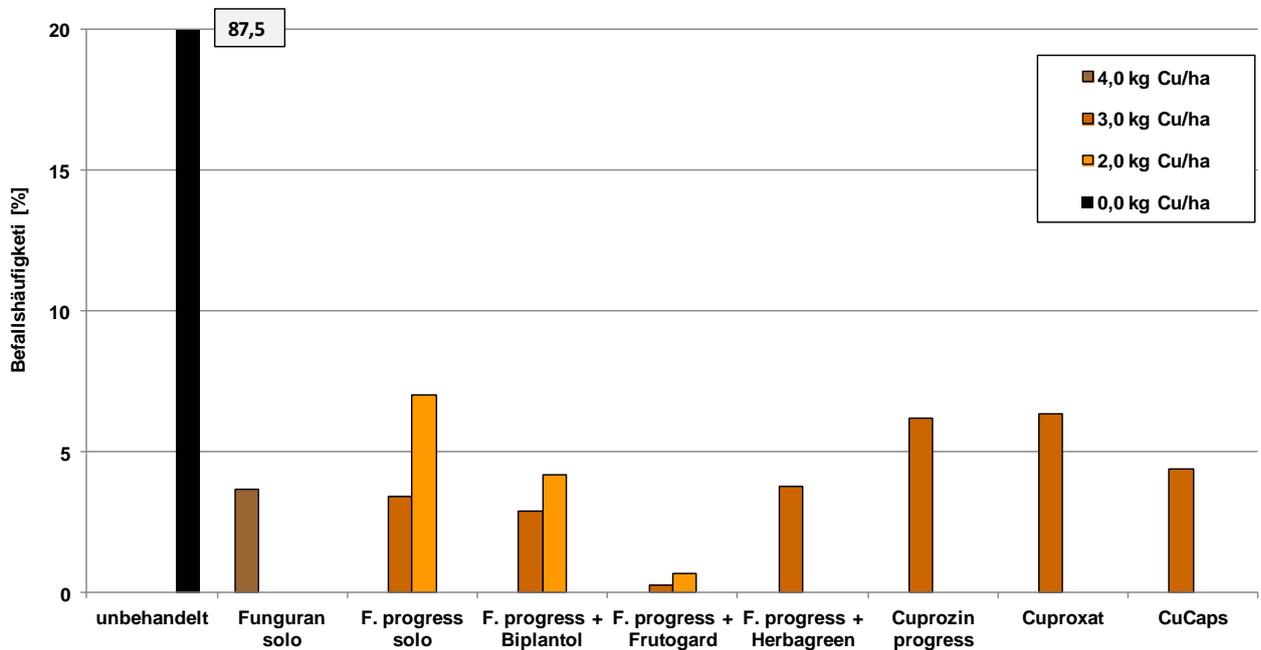


Abbildung 13: Peronospora-Doldenbefall im Versuchsgarten Haushausen am 23.08.2012

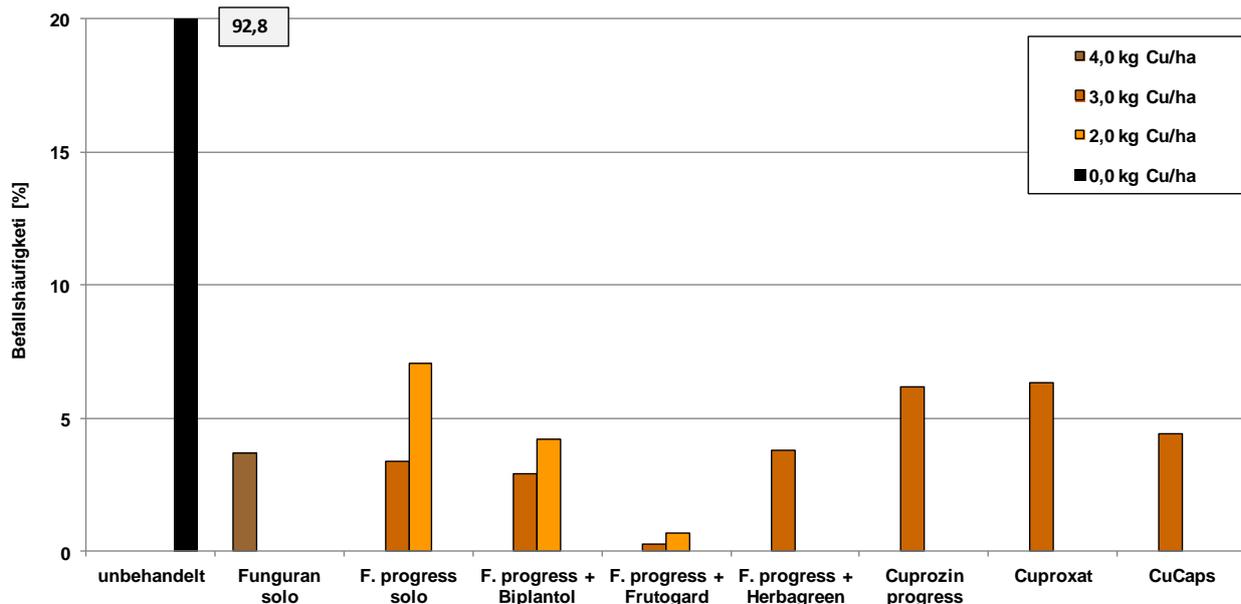


Abbildung 14: Peronospora-Doldenbefall im Versuchsgarten Haushausen zum Zeitpunkt der Ernte am 03.09.2012 anhand der anschließenden Bonitur der geernteten getrockneten Dolden

4.3.3 Ertrags- und Qualitätsermittlung 2012

Während der Ernte am 3. September wurden aus den beernteten Parzellen fast aller Versuchsglieder pro Variante zehn Aufleitungen (jeweils vierfach wiederholt) entnommen und eine Versuchsernte zur Ertrags- und Qualitätsermittlung durchgeführt. Die Ergebnisse (Abb. 15) belegen bei dem wichtigsten Qualitätsparameter Alpha-Säuren in keinem Fall einen signifikanten Unterschied zwischen den Varianten – mit einer Ausnahme: Zwischen den Varianten 3 (Funguran progress, 3,0 kg/ha) und 4 (Funguran progress, 2,0 kg/ha) wurde ein signifikante Reduktion des Alpha-Säuregehaltes festgestellt (8,97 % vs. 7,98 %).

Hinsichtlich der ermittelten Erträge ergab sich eine differenziertere Abstufung: In insgesamt sieben Versuchsgliedern (2, 3, 4, 5, 8, 9, 11) wurden Erträge erzielt, die sich nicht signifikant unterschieden. Die höchsten Erträge bei gleichzeitig niedriger Varianz wurde dabei in den Parzellen 3 (17,7 dt/ha; Funguran progress, 3 kg/ha) und 8 erzielt (18,2 dt/ha; Herbagreen + Funguran progress, 3 kg/ha). Diese beiden Varianten unterschieden sich signifikant von Versuchsglied 6 (14,9 dt/ha; Cuproxat, 3 kg/ha). Einen weiteren signifikanten Abfall gab es bei der unbehandelten Kontrolle (10,3 dt/ha) und Versuchsglied 7 (10,6 dt/ha; CuCaps, 3 kg/ha).

Das schlechte Ergebnis von 'CuCaps' lässt sich allerdings schlüssig erklären: Um die Ionenkapseln, die einen Durchmesser von etwa 250 µm besitzen, sicher durch den Filter der Gebläse-spritze (Maschenweite etwa 300 µm) zu bekommen, wurde diese Formulierung vom Versuchstechniker einige Stunden vor der Behandlung mit wenig Wasser bereits in einem Kübel angeteigt und vor Einfüllen in die Spritze noch einmal kräftig durchgerührt. Dies widerspricht allerdings diametral dem gewünschten Wirkungsmechanismus der Ionenkapseln, bei auf dem Blatt bei Einwirkung von Feuchte langsam und gezielt die eigentlich fungizid wirksamen Kupfer-Ionen abgeben sollen,

um somit die eingesetzte Kupfermenge deutlich zu reduzieren. Durch diese Vorbehandlung der Ionenkapseln hatte sich offensichtlich bereits so viel Reinkupfer in der Suspension gelöst, dass die behandelten Pflanzen bei der Applikation einen regelrechten Kupfer-Schock erlitten haben, was nach wenigen Wochen zu einer deutlich erkennbaren phytotoxischen Reaktion dieser Pflanzen und somit bis zur Ernte zu signifikanten Ertragsverlusten führte.

Bei den Doldenbonituren (Abb. 9) der Ernteproben wurde wie in den Vorjahren erneut deutlich, dass das phosphonathaltige Frutogard mit Abstand die besten Bekämpfungsergebnisse liefert und dass jedes eingesetzte Kilo Kupfer mehr sich deutlich im Bekämpfungserfolg gegen die Peronospora niederschlägt.

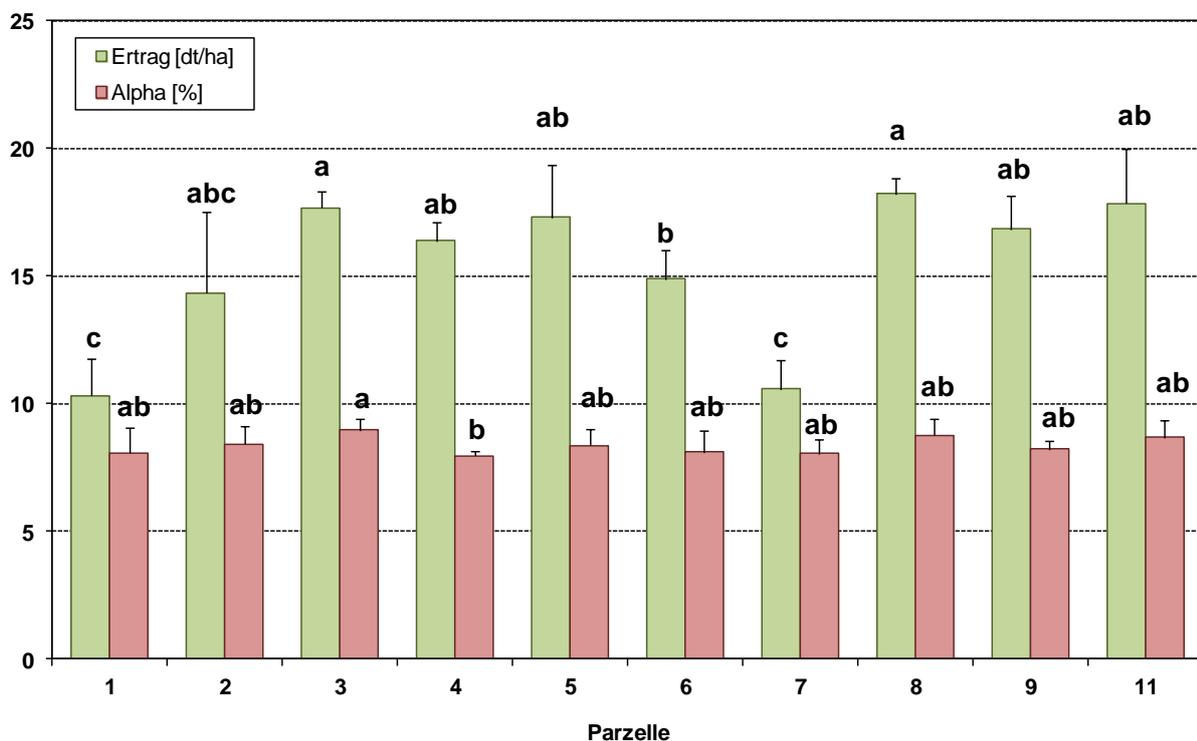


Abbildung 15: Ertrags und Qualitätsermittlung in einzelnen Versuchsvarianten im Versuchsgarten Haushausen zur Ernte am 03.09.2012. Zur Nummerierung der Varianten siehe Tabelle 1 auf S. 4. Varianten mit dem gleichen Buchstaben (a, b, c) unterscheiden sich nicht signifikant (ANOVA, $p \leq 0,05$).

4.3.4 Rückstandsuntersuchungen 2012

Während der Ernte am 3. September 2012 wurde aus den geernteten Dolden der Varianten 1 (unbehandelt), 11 (Frutogard + 3 kg/ha Funguran progress) und 12 (Frutogard + 2 kg/ha Funguran progress) je eine Mischprobe von ca. 200 g Trockenhopfen entnommen und vakuumiert bei 2°C gelagert. Am 18. September 2012, gut zwei Wochen nach der Ernte, wurde in den Parzellen derselben Varianten 1, 11 und 12 je eine Wurzel-Mischprobe (jeweils mehr als 500 g; dickere, ältere Wurzelbereiche, keine 'Sommerwurzeln') von jeweils vier Hopfenstöcken ausgegraben (Abb. 16).

Das gesamte Material wurde gleich anschließend wie in den Vorjahren zur Analyse auf Phosphonate (als Phosphit in Wasserauszug, ausgedrückt als HPO_3 , Bestimmung mit IC) nach Laimburg verschickt.

Die Analysen ergaben, dass alle drei Wurzelproben und die unbehandelte Doldenprobe einen HPO_3 -Wert unterhalb der Nachweisgrenze von $0,5 \text{ mg/kg TM}$ aufwiesen. Völlig überraschend wurden allerdings bei den Doldenproben aus den Frutogard-behandelten Parzellen 11 und 12 Werte von $15,7$ bzw. $12,1 \text{ mg/kg TM}$ gefunden. Dies ist insofern erstaunlich, da die letzte Behandlung mit dem phosphonathaltigen Frutogard bereits am 9. Juli noch vor der Blüte erfolgt war, acht Wochen vor der Ernte. Da die Dolden sich erst deutlich nach der letzten Behandlung gebildet hatten, muss der Wirkstoff über eine systemische Verteilung innerhalb der Pflanze als nachweisbarer Rückstand in die Dolden gelangt sein. Dieses Phänomen war in den beiden Vorjahren nicht zu beobachten gewesen. Auch die Ergebnisse der Wurzelproben, die ja bereits drei Jahre lang mit Frutogard behandelt worden waren und trotzdem unbelastet waren, widersprechen einer nennenswerten Anreicherung von Phosphonat in der Pflanze über die Jahre.



Abbildung 16: Ausgraben und Entnahme der Wurzelproben für die Rückstandsanalysen im Versuchsgarten am 18. September 2012 (Foto: F. Weihrauch).

4.4 Ergebnisse des Jahres 2013

4.4.1 Peronospora-Befallsdruck 2013

Die Auswertung der Zoosporangien-Fänge in der Burkard-Sporenfalle ergab 2013 fast überhaupt keine Diskrepanz zwischen dem Versuchsgarten und dem Durchschnitt der Warndienststationen in der Hallertau. Wie im ersten Versuchsjahr 2010 sind die wenigen klar erkennbaren Peaks der beiden Kurven in guter Übereinstimmung, wobei nur ein Peak aus dem Öko-Garten im Juni höher ausfiel. Da der Peronospora-Befallsdruck ab Ende Juni wegen der lange anhaltenden Hitze- und Trockenphase im ganzen Anbaubereich gegen Null ging, erreichten die Zoosporangien-Zahlen im gesamten Juli und August die Bekämpfungsschwelle nicht einmal annähernd (Abb. 17).

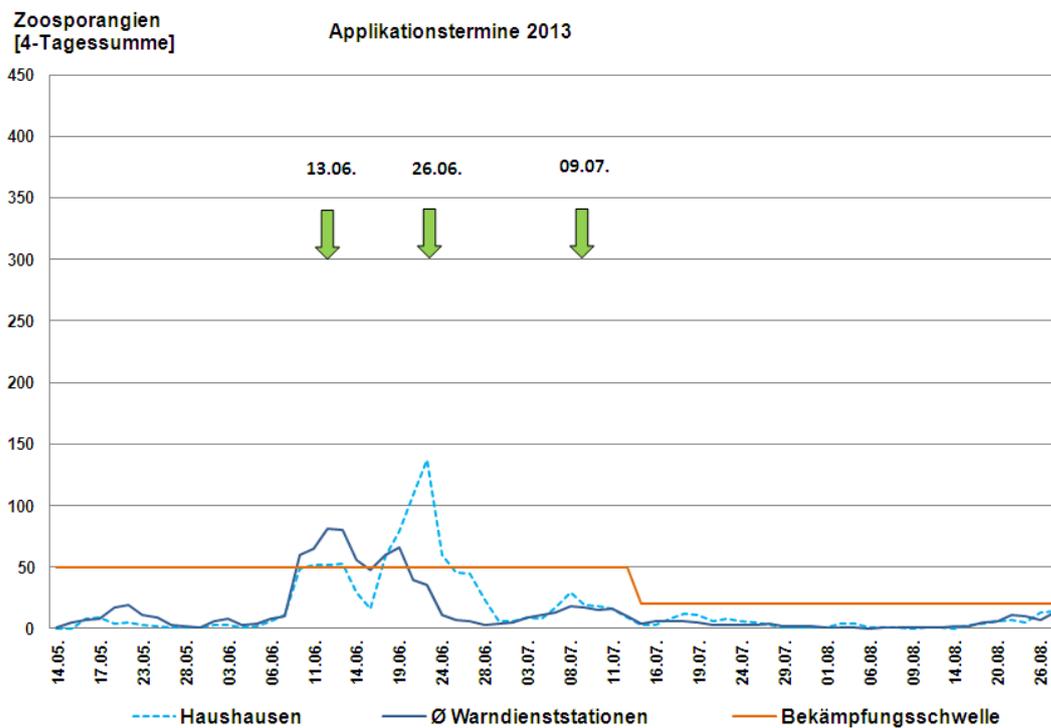


Abbildung 17: Vergleich des Peronospora-Befallsdruckes anhand der Zoosporangien-Zahlen der Station Haushausen mit dem Durchschnitt der Warndienststationen in der Hallertau im Jahr 2013. Die grünen Pfeile zeigen die jeweiligen Behandlungstermine.

4.4.2 Witterungsverlauf 2013, Behandlungstermine und Boniturergebnisse

Wegen lang anhaltender Kälte und nasser Bodenverhältnisse verschoben sich die Frühjahrsarbeiten auf Anfang bis Mitte **April**. Peronospora-Primärbefall beschränkte sich auf Einzelfälle.

Der **Mai** 2013 fiel ausgesprochen nass aus. Besonders ergiebiger Dauerregen zum letzten Monatsende führte zur Wassersättigung der Böden. Gebietsweise waren die Hopfengärten durch Hochwasser überflutet mit im Einzelfall massiven Schäden. Da die Durchschnittstemperatur unter dem langjährigen Mittelwert lag, erreichte der Hopfen nicht den für die Jahreszeit normalen Entwicklungsstand.

Peronospora-Primärbefall trat vereinzelt auf, wegen der niedrigen Temperaturen konnten sich aber noch keine Sekundärinfektionen aufbauen. Daher beschränkten sich die Bonituren wie im Vorjahr auf stichpunktartige Kontrollen, bei denen jedoch kein Befall registriert wurde.

Der **Juni** schloss sich zunächst nahtlos an den nasskalten Mai an. Mitte des Monats kam es zu einer ersten einwöchigen Hitzewelle. Bis zum Ende des Monats folgte darauf wieder feucht-kühles Wetter. Mit den steigenden Temperaturen zur Monatsmitte stiegen die Zoosporangienzahlen bei Peronospora überall sehr stark an und es kam zu erkennbarem Blattbefall (Abb. 18). Es erfolgten zwei Spritzaufufe am 10. und am 18. Juni für alle Sorten und im Versuchsgarten wurden entsprechend am 13. und am 26. Juni Behandlungen durchgeführt. Die erste Bonitur (Sekundärbefall Blätter) wurde am 18. Juni durchgeführt.

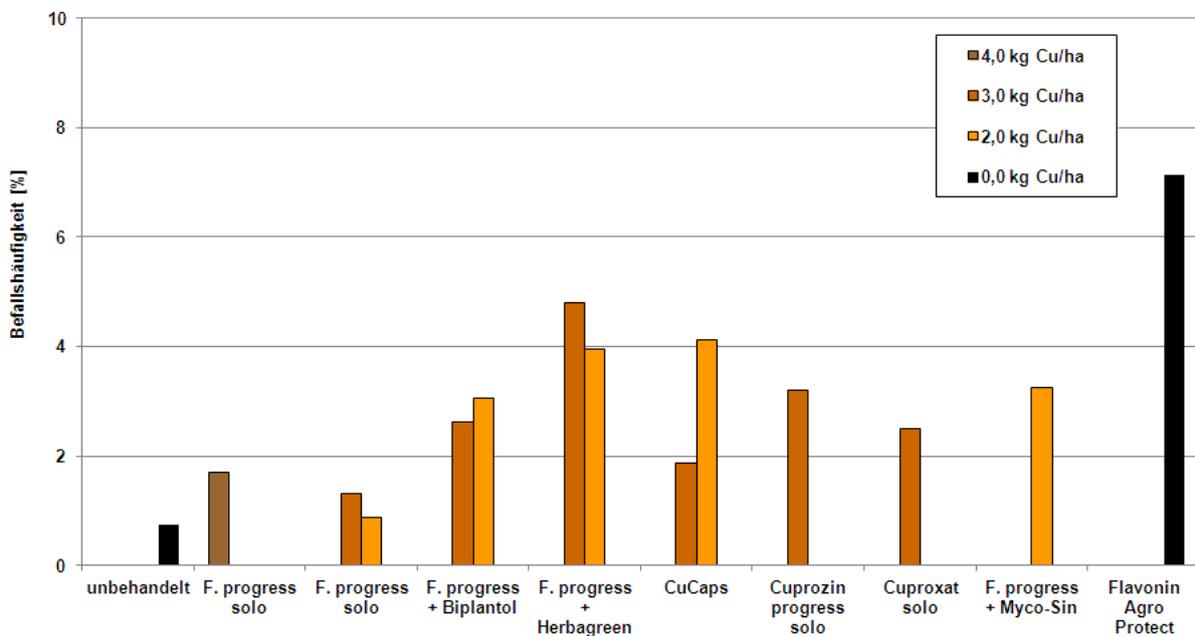


Abbildung 18: Peronospora-Blattbefall im Versuchsgarten Haushausen am 18.06.2013

Mit 90% weniger Niederschlag im Vergleich zum langjährigen Mittel ging der **Juli** 2013 in die Wetteranalagen ein. Bei gleichzeitig 25% mehr Sonnenstunden und einer um 3,1°C höheren Durchschnittstemperatur drehten sich die Wachstumsbedingungen für den Hopfen schnell von einem Extrem in das andere. Bei den frühen Sorten setzte die Blüte um bis zu zwei Wochen verzögert Mitte Juli ein. Die Zoosporangienzahlen des Peronospora Warndienstes gingen im Juli ständig zurück. Daher und wegen der trockenheißen Witterung wurde im ganzen Monat kein Spritzaufuf ausgelöst. Am 9. Juli erfolgte im Versuchsgarten trotzdem eine vorbeugende Behandlung wegen des Beginns der Blüte, die jedoch die letzte des Jahres bleiben sollte und auch nicht nötig gewesen wäre. Die zweite Bonitur des Blattbefalls erfolgte am 15. Juli und ergab deutlich niedrigeren Befall als vier Wochen vorher.

Auch der **August** blieb dem trockenen und warmen Charakter der zweiten Jahreshälfte 2013 weitgehend treu. Das Wasserdefizit verschärfte sich weiter und der Erntebeginn verschob sich auf die letzten Augusttage bzw. auf Anfang September. Die Zoosporanzienzahlen blieben bis zur dritten Augustdekade unter der Bekämpfungsschwelle und erst am 23. August kam es dann zu einem Anstieg, der noch einen Spritzaufwurf für späte Sorten zur Folge hatte. Im Versuchsgarten blieb der Doldenbefall in allen Parzellen bis zur Ernte am 9. September fast bei null (Abb. 19) und es erfolgte auch keine Behandlung mehr. Da es keinerlei erkennbaren Unterschiede zwischen den Parzellen gab, wurde 2013 auf eine Versuchsernte verzichtet. Es wurden auch keine weiteren Untersuchungen zu Rückständen durchgeführt, da es 2013 zu keinem Einsatz von Frutogard mehr gekommen war.

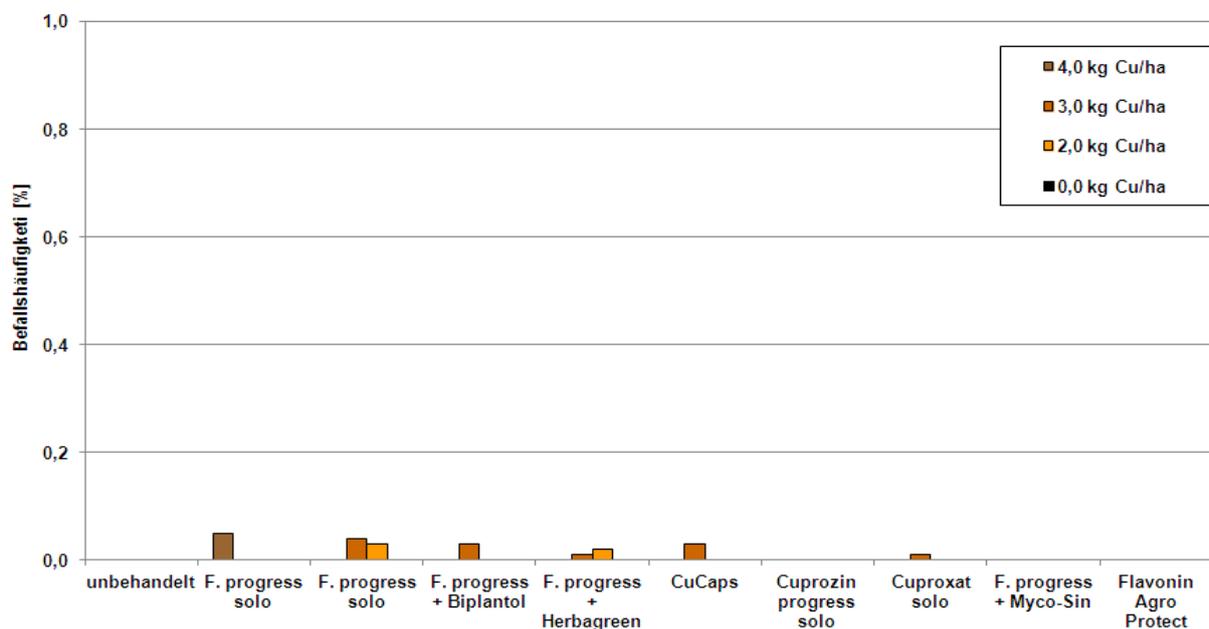


Abbildung 19: *Peronospora*-Doldenbefall im Versuchsgarten Haushausen am 22.08.2013

5 Diskussion

Leider litt das gesamte Projekt unter dem hinlänglich bekannten Problem von Freilandversuchen, dass nur zwei der vier Projektjahre aussagekräftige Ergebnisse lieferten. Doch immerhin liefern diese beiden Jahre bereits genügend Fakten, um die 2009 formulierte Kupferstrategie hin zu einer Reduktion der eingesetzten Kupfermenge erkennen: So ist zwar jedes Kilogramm Kupfer mehr im Bekämpfungserfolg der Hopfen-*Peronospora* erkennbar, doch scheint mit 'modernen' Kupferhydroxiden eine ausreichende Kontrolle des Pilzes auch mit dem reduzierten Aufwand von 3 kg/ha möglich. Dieses kurzfristige Ziel des 'Strategiepapiers Kupfer' kann somit als erreicht bezeichnet werden. 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 dessen Einsatz steht in der Praxis aktuell nicht zur Diskussion, da eine Listung des Produktes als Pflanzenschutzmittel ansteht.

Dazu kommt im Öko-Hopfenbau möglicherweise eine Rückstandproblematik, da die Doldenproben aus der Ernte des dritten Untersuchungsjahres 2012– für uns relativ überraschend – in den Frutogard-Parzellen 11 und 12 HPO3-Werte deutlich über der Nachweisgrenze ergaben. Die unbehandelte Parzelle lag dagegen auch 2012 unter der Nachweisgrenze. Die Frutogard-Behandlung 2012 hat demnach bei der Ernte am 3. September erstmals zu Rückständen in den Dolden geführt, obwohl die Pflanzen letztmals noch vor der Blüte am 9. Juli gespritzt worden waren. Da die Dolden sich erst deutlich nach der letzten Behandlung gebildet hatten, muss der Wirkstoff über eine systemische Verteilung innerhalb der Pflanze als nachweisbarer Rückstand in die Dolden gelangt sein. Derartige Rückstände konnten 2010 und 2011 nicht nachgewiesen werden. Warum dieses Phänomen nur im dritten Versuchsjahr aufgetreten ist, können wir nicht beantworten.

Die erzielten Ergebnisse und dabei gewonnenen Erkenntnisse gelten allerdings einschränkend nur für Peronospora-tolerante Zuchtsorten, nicht für anfällige Landsorten, die im ökologischen Hopfenbau aber kaum mehr eine Rolle spielen. Die Option des völligen Verzichts auf Kupferpräparate ist im Öko-Hopfen momentan aber auch zukünftig nicht in Sicht, so dass sich die Forschung kurz- und mittelfristig auf eine weitere, schrittweise Reduktion der eingesetzten Kupfermengen konzentrieren sollte. Diese Anstrengungen sollten von der Etablierung eines ‚Kupfer-Kontos‘ auch im Hopfenbau begleitet werden, das es den Landwirten gestattet, die erlaubten Kupfermengen flexibel über einen mehrjährigen Zeitraum (3 oder 5 Jahre) einzusetzen, um auf außergewöhnlichen Befallsdruck adäquat reagieren zu können. Ein entsprechendes Kupfer-Konto wird von den Öko-Verbänden in anderen Kulturen bereits vehement gefordert.

6 Angaben zum Nutzen und der Verwertbarkeit der Ergebnisse

Da die im Zuge des Projektes erzielten Ergebnisse und die gewonnenen Erkenntnisse bereits während der Projektlaufzeit kontinuierlich über Vorträge, Publikationen und Arbeitsbesprechungen an die Öko-Hopfenbauern als Hauptzielgruppe weitergegeben wurden, hat sich deren Umgang mit kupferhaltigen Fungiziden auch sofort entsprechend angepasst. Die modernen Hydroxid-Formulierungen mit geringerem Kupfergehalt wurden in diesem Kreis praktisch sofort nach deren Zulassung eingesetzt und es wurde auf den meisten Betrieben versucht, mit Zusatz von Synergisten wie Biplantol oder Myco-Sin mit deutlich weniger als den erlaubten 4 kg Reinkupfer pro Hektar und Jahr auszukommen. Nach Auswertungen der beiden im Hopfen vertretenen Öko-Verbände Bioland und Naturland werden in Deutschland alljährlich 100 % der Öko-Hopfenfläche mit Kupfer behandelt, wobei der jährliche durchschnittliche Reinkupfer-einsatz von 3,9 kg/ha (2010) über 3,7 kg (2011) auf 3,6 kg im Jahr 2012 gesunken ist. Im Ausnahmejahr 2013 wurden aufgrund des klimatisch bedingten sehr geringen Zoosporenangienfluges nur etwa 1 kg/ha ausgebracht – dies ist gewiss als eine nicht repräsentative Ausnahme zu werten.

Die Bereitschaft der Hopfenbauern, die im Projekt gewonnenen Ergebnisse sofort in ihre Pflanzenschutzmaßnahmen einfließen zu lassen, belegt jedenfalls, dass die schnelle Verwertbarkeit der Ergebnisse in der praktischen Umsetzung gewährleistet ist. Eine Reduktion des Einsatzes kupferhaltiger Fungizide auf das notwendige Minimum ist in der Pflanzenschutz-Praxis des ökologischen wie auch des konventionellen Hopfenbaus bereits eindeutig erkennbar und kann zu großen Teilen auf das Projekt zurückgeführt werden.

7 Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Wir setzen die größten Hoffnungen auf eine weiterführende Minimierung des Kupfereinsatzes im ökologischen Hopfenbau auf die Verkapselungstechnik der 'CuCaps', wobei nur die zur Pilzbekämpfung tatsächlich nötigen Cu^{2+} -Ionen langsam und kontinuierlich freigesetzt werden. Nach ersten, sehr ermutigenden Ergebnissen 2012 (und einem verlorenen Jahr 2013) planen wir zukünftig – je nach Erfolg bei der Einwerbung von Drittmitteln für eine Fortführung des Kupfer-Reduktionsprojektes – die weitere Prüfung des verkapselten Kupfersulfates auch bei niedrigeren Aufwandmengen als den momentan erreichten 3 kg/ha. Insbesondere die Frage, in wieweit die Kombination mit einem öko-unbedenklichen Synergisten hier eine Wirkungsverbesserung bringen kann, sollte unbedingt geklärt werden.

8 Zusammenfassung

In den Jahren 2010 bis 2013 wurden im Rahmen eines vierjährigen Forschungsprojektes Möglichkeiten zur Reduzierung der Kupferaufwandmenge bei der Bekämpfung des Falschen Mehltaus im ökologischen Hopfenbau gesucht. Getestet wurden Kupferhydroxide, Kupfersulfate und Kupferoxychlorid mit niedrigen Aufwandmengen (2 und 3 kg/ha und Jahr) an Reinkupfer sowie in Kombination mit Synergisten. Die Ergebnisse zeigen, dass mit modernen Kupferhydroxiden eine erfolgreiche Bekämpfung des Falschen Mehltaus auch mit einem reduzierten Aufwand von 3 kg/ha Kupfer möglich ist. In Kombination mit den geprüften Synergisten wurde durchwegs eine Wirkungsverbesserung erzielt. Diese Ergebnisse gelten allerdings einschränkend nur für Peronospora-tolerante Zuchtsorten, nicht für anfällige Landsorten, die im ökologischen Hopfenbau aber kaum mehr eine Rolle spielen. Die Option des völligen Verzichts auf Kupferpräparate ist im Öko-Hopfen auch zukünftig nicht in Sicht.

9 Literaturverzeichnis

ENGELHARD, B., A. BOGENRIEDER, M. ECKERT & F. WEIHRAUCH (2007): Entwicklung von Pflanzenschutzstrategien im ökologischen Hopfenbau als Alternativen zur Anwendung kupfer- und schwefelhaltiger Pflanzenschutzmittel. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 9/2007: 1-49

10 Öffentlichkeitsarbeit im Projektzeitraum

10.1 Vorträge

- Weihrauch F, Schwarz J, Sterler A: Downy mildew control in organic hops: How much copper is actually needed? -International Hop Growers' Convention, Scientific Commission, Lublin (Polen), 21.06.2011
- Weihrauch F, Schwarz J: Kupferreduktion im Hopfen - Ergebnisse eines BLE-Projekts sowie Saisonrückblick und Status der Kupfer-Strategie im Bereich Hopfen. –*Fachgespräch "Kupfer im Pflanzenschutz" von JKI und BÖLW, Berlin-Dahlem, 01.12.2011*
- Weihrauch F, Schwarz J: Kupferreduktion im Hopfen - Ergebnisse 2011 eines BLE-Projekts. – *Hopfenbau-Tag des Bioland-Arbeitskreises Hopfen, Berching-Plankstetten, 09.02.2012*
- Schwarz J, Weihrauch F: Versuche zur Reduzierung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau. -*Öko-Landbau-Tag 2012 der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, 29.03.2012*
- Weihrauch F, Schwarz J, Eckert M: Versuche 2012 zur Kupferminimierung im ökologischen Hopfenbau sowie Saisonrückblick und Status der Kupfer-Strategie im Bereich Hopfen. –*Fachgespräch "Kupfer im Pflanzenschutz" von JKI und BÖLW, Berlin-Dahlem, 07.12.2012*
- Weihrauch F, Schwarz J: Versuche 2012 zur Kupferminimierung im ökologischen Hopfenbau. – *Bioland-Wintertagung 2013, Hopfenbau-Tag, Berching-Plankstetten, 06.02.2013*
- Weihrauch F, Schwarz J: Downy mildew control in organic hops by the minimal use of copper fungicides – how low can we go? -*International Hop Growers' Convention, Scientific Commission, Kiev (Ukraine), 06.06.2013*
- Weihrauch F, Schwarz J: Ergebnisse des Forschungsplans Ökologischer Landbau 2008-2012 und künftiger Forschungsbedarf: Teil Kartoffeln, Hopfen, Heil- und Gewürzpflanzen. –*Fachgespräch angewandte Ökologielandbauforschung an der LfL – Stand und Perspektiven, Hohenbercha, 10.07.2013*
- Weihrauch F, Schwarz J: Reduzierung oder Ersatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau. –*Hopfen-Rundfahrt 2013, Hüll, 26.08.2013*
- Weihrauch F, Schwarz J: Versuche 2013 zur Kupferminimierung im ökologischen Hopfenbau sowie Stand der Umsetzung der Kupferminimierungsstrategie im Hopfenbau. –*Fachgespräch "Kupfer im Pflanzenschutz" von JKI und BÖLW, Berlin-Dahlem, 05.12.2013*
- Weihrauch F, Schwarz J: Versuche 2013 zur Kupferminimierung im ökologischen Hopfenbau – und wie geht es zukünftig weiter? –*Bioland-Wintertagung 2014, Hopfenbau-Tag, Berching-Plankstetten, 04.02.2014*
- Weihrauch F, Schwarz J: Versuche zur Minimierung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau. –*Gesellschaft für Hopfenforschung, Technisch-Wissenschaftlicher Ausschuss, Wolnzach, 08.04.2014*
- Schwarz J, Weihrauch F: Versuche zur Minimierung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau. -*Öko-Landbau-Tag 2014 der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Triesdorf, 09.04.2014*

10.2 Publikationen

- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. 2013. Jahresbericht 2012: 89-92
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft und Gesellschaft für Hopfenforschung e.V. 2011. Jahresbericht 2010, Sonderkultur Hopfen: 18
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft und Gesellschaft für Hopfenforschung e.V. 2012. Jahresbericht 2011, Sonderkultur Hopfen: 18

- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft und Gesellschaft für Hopfenforschung e.V. 2013. Jahresbericht 2012, Sonderkultur Hopfen: 18
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft und Gesellschaft für Hopfenforschung e.V. 2014. Jahresbericht 2013, Sonderkultur Hopfen: 69-72
- Schwarz J, Weihrauch F. 2012. Versuche zur Reduzierung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau. In: Wiesinger K, Cais K (Ed.), Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Öko-Landbau-Tag 2012 am 29. März 2012 in Freising-Weiherstephan. *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft* 4/2012: 107-113
- Weihrauch F, Schwarz J, Sterler A. 2011. Downy mildew control in organic hops: How much copper is actually needed? *Proceedings of the Scientific Commission of the International Hop Growers' Convention, Lublin, Polen, 19-23 June 2011*: 76-79
- Weihrauch F, Schwarz J. 2012. Versuche zur Reduzierung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau. In: Kühne S, Friedrich B, Röhrig P (Ed.), Fachgespräch: "Kupfer als Pflanzenschutzmittel", Berlin-Dahlem, 1. Dezember 2011. *Berichte aus dem Julius-Kühn-Institut* 164: 46-51
- Weihrauch F, Schwarz J. 2013. Downy mildew control in organic hops by the minimal use of copper fungicides – how low can we go? *Proceedings of the Scientific Commission of the International Hop Growers' Convention, Kiev, Ukraine, 04-09 June 2013*: 51-54
- Weihrauch F, Schwarz J. 2013. Versuche 2012 zur Kupferminimierung im ökologischen Hopfenbau. In: Kühne, S., Friedrich, B., Röhrig, P. (Ed.), Fachgespräch: "Kupfer als Pflanzenschutzmittel", Berlin-Dahlem, 7. Dezember 2012. *Berichte aus dem Julius-Kühn-Institut* 170: 46-54
- Weihrauch F, Schwarz J. 2014. Versuche zur Minimierung des Einsatzes kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau. In: Wiesinger K, Cais K, Obermaier S. (Ed.), Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Öko-Landbau-Tag 2014 am 9. April 2014 in Triesdorf. *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft* 02/2014: 174-180
- Weihrauch F, Schwarz J. 2014. Versuche 2013 zur Kupferminimierung im ökologischen Hopfenbau. In: Kühne, S., Friedrich, B., Röhrig, P. (Ed.), Fachgespräch: "Kupfer als Pflanzenschutzmittel", Berlin-Dahlem, 5. Dezember 2013. *Berichte aus dem Julius-Kühn-Institut* NN: [im Druck]

10.3 Internet

Vorträge der Fachgespräche "Kupfer im Pflanzenschutz" der Jahre 2011, 2012 und 2013 im Kupfer-Portal des Julius-Kühn-Institutes online, URL: <<http://kupfer.jki.bund.de>>

10.4 Sonstige Öffentlichkeitsarbeit

Fachgespräche mit Öko-Hopfenbauern während der Sommerexkursionen des Bioland-Arbeitskreises 'Hopfenbau': am 21.07.2011 in Herpersdorf und Lilling, am 24.07.2012 in Hüll mit Besichtigung des Versuches in Haushausen sowie am 23.07.2013 in Herpersdorf und Lilling.

Anhang 1:

Dokumentation des Schriftwechsels mit dem US Department for Agriculture (USDA), National Organic Program (NOP), zum Einsatz der beiden kritischen Kupferhydroxide im Projekt

F. Weihrauch, Projektleitung, an M. Kuhn, USDA NOP, am 30. Mai 2011

Dear Mrs Kuhn,

I am a researcher (biologist) working in the hop research center of Bavaria, Germany. Among other things, in this institution I am responsible for all research and other matters pertaining to organic hop growing and for the according field trials.

I have received your e-mail address from Mrs Anne Zeller, ABcert in Esslingen, Germany, and am contacting you regarding a problem she has encountered during the checking of a NOP certified hop farm here in Bavaria. As one of our major topics in organic hops currently is the reduction of the amount of copper used for the control of hop downy mildew, we are running a large 3 year project (2010-2012) on this farm and are using one field of 1.5 hectares (cv. 'Perle') for our trials. In these trials, two new formulations of copper hydroxide are tested, together with several plant strengtheners, and with copper amounts of only 75% and 50% of the currently permitted 4 kg/ha and year. The two new copper hydroxides have been developed by Spiess-Urania Chemicals in Hamburg and have been officially registered here in Germany for downy mildew control in hops only recently, under the trade names 'Cuprozin progress' (=GAP SPU-02700-F-0-SC) and 'Funguran progress' (=GAP SPU-02720-F-0-WP).

However, we now have heard from ABcert that there is a problematic adjuvant contained in these two Cu-hydroxides, which is currently not permitted according to NOP guidelines, and that the organic hop grower we are collaborating with for this research project is running danger to lose his NOP certification if the two agents are being used in his hops. On the other hand, in the NOP Final Rule there is § 205.290 - Temporary variances - which says:

(a) Temporary variances from the requirements in §§205.203 through 205.207, 205.236 through 205.240 and 205.270 through 205.272 may be established by the Administrator for the following reasons:

.... (3) Practices used for the purpose of conducting research or trials of techniques, varieties, or ingredients used in organic production or handling.

For that reason I am appealing to you to help us (i.e. the hop grower and my institution) to get the permission from NOP to continue with our research project, including the experimental use of the two critical agents during 2011 and 2012, under avoidance of any danger that the Bavarian hop grower might lose his NOP certification. We can assure you that, if this will help in that matter, the hops harvested from the trial field will be strictly separated from any batch that might probably be exported into the USA.

I hope that you are able to help us, because the success of our environmentally highly sensible 'copper reduction' research project is fully dependent on the use of these two copper hydroxides during 2011 and 2012 in the said trials. Please do not hesitate to contact me in the event you need any additional information.

Respectfully,

Florian Weihrauch

R. Pooler, USDA NOP, an K. Tepel, ABCERT, 14. Juni 2011

Dear Mr. Tepel,

NOP received an inquiry from a biologist working in the hop research center of Bavaria, Germany. Apparently the researcher wants to use two new copper hydroxides developed by Spiess-Urania Chemicals in Hamburg and registered in Germany for downy mildew control in hops. The trade names of these 'Cuprozin progress' (= GAP SPU-02700-F-0-SC) and 'Funguran progress' (=GAP SPU-02720-F-0-WP). According to the researcher, ABCERT has determined that the Copper hydroxide products contain an adjuvant that is not permitted according to NOP regulations and that the organic hop grower collaborating with the research project may lose his NOP certification if the two products are used on the hops.

Are you aware of this event? If so, is the information correct?

Thank you,

Robert Pooler
Regional Accreditation Manager
Accreditation and International Activities
USDA National Organic Program
Room 2646 – S
1400 Independence Avenue, S.W.
Washington, D.C. 20250

A. Zeller, ABCERT, an R. Pooler, USDA NOP, 15. Juni 2011

Dear Mr. Pooler,

yes, the information is correct and we are aware of this discussion. The Bavarian hop research institute conducts parts of the research on a field of our NOP customer. We asked Spiess Urania for information on the inerts of the two copper hydroxide products; the result was finally that the products contain adjuvants, which are not listed on EPA List 4a/b. So we informed the NOP hop farmer that the research field and the hop growing there would lose NOP certification if these copper hydroxide products will be used further on.

The research program is part of the German research program for organic farming. So we thought of the possibility of § 205.290 Temporary variances for the purpose of conducting research. Is there a possibility to get an exemption from the requirements of NOP Final Rule (§ 205.206 Crop pest, weed, and disease management practice standard) for the use of these copper hydroxide products on the research field? Or an exemption to avoid the 3 years of conversion (and consequently separate harvest) after the end of the research?

If you have any further questions please don't hesitate to contact us.

Best regards,

Anne Zeller
ABCERT AG

R. Pooler, USDA NOP, an A. Zeller, ABCERT, 15. Juni 2011

Dear Ms. Zeller,

Thank you for your prompt reply.

If there are prohibited substances within the Copper hydroxide formulated products, then these formulated products cannot be used for organic production under the NOP. Subsequently, we are not able to grant a temporary variance to allow the use of the Copper hydroxide products because the NOP regulations, § 205.290(e) prohibited granting variances to allow the use of prohibited substances.

205.290(e) Temporary variances will not be granted for any practice, material, or procedure prohibited under §205.105.

Under the NOP, the Copper hydroxide products cannot be used on the hops, and a temporary variance cannot be granted to allow use.

If you have questions on this interpretation, please contact me.

Best regards,

Robert Pooler

USDA NOP

A. Zeller, ABCERT, an Projektleitung und Versuchslandwirt, 16. Juni 2011

Sehr geehrter Herr Pichlmaier, sehr geehrter Herr Schwarz, sehr geehrter Herr Weihrauch, wir haben eine Antwort vom USDA erhalten bezüglich Ihrer Anfrage für eine Ausnahme für den Einsatz der Kupfermittel von Spiess Urania mit den nach NOP Final Rule verbotenen Substanzen.

Leider muss ich Ihnen mitteilen, dass es keine Ausnahme für den Einsatz der Kupfermittel im NOP-Hopfenanbau geben wird. Ausnahmen für Forschungszwecke können für den Einsatz verbotener Substanzen nicht erteilt werden.

Somit bleibt es dabei, dass der Hopfen der Versuchsfläche nicht als NOP-Ware vermarktet werden kann, wenn die Mittel in diesem Jahr eingesetzt werden/wurden. Nach derzeitigem Stand der Dinge muss die Fläche außerdem nach Abschluss des Versuchs die 3jährige Umstellungszeit erneut durchlaufen.

Ich bedauere, Ihnen keine positivere Nachricht übermitteln zu können.

Mit freundlichen Grüßen,

Anne Zeller

ABCERT AG