

# Versuche zur Minimierung des Einsatzes kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau

Florian Weihrauch & Johannes Schwarz

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Hopfenforschungszentrum Hüll

## 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 Aufwandsmengen (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 nur für *Peronospora*-tolerante Zuchtsorten, nicht für anfällige Landsorten, die im ökologischen Hopfenbau kaum mehr eine Rolle spielen. Die Option des völligen Verzichts auf Kupferpräparate ist im Öko-Hopfen auch zukünftig nicht in Sicht.

## Abstract

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 and 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. They do not apply to susceptible landraces, which are not of importance in organic hop growing. A complete abandonment of copper products in organic hop growing in the future is still not in sight.

## Einleitung

Die Bekämpfung des Falschen Mehltaus *Pseudoperonospora humuli*, der in der Hopfenbau-Praxis normalerweise als 'Peronospora' bezeichnet wird, zählt in allen Hopfengärten alljährlich 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 kritisch beurteilt wird, steht die öffentliche Forderung im Raum, auf Kupferpräparate im Pflanzenschutz ganz zu verzichten bzw. deren Einsatz auf ein Minimum einzuschränken. In einem früheren Forschungsprojekt wurden in der hoch anfälligen Sorte 'Hallertauer Mittelfrüher' bereits Kupferhydroxid-Formulierungen mit gutem Erfolg zur Bekämpfung der Peronospora getestet (ENGELHARD et al. 2007), eine weitere Reduzierung wurde aber nicht mehr geprüft. Auch das phos-phonat-haltige, kupferfreie 'Frutogard' zeigte eine sehr gute Wirkung gegen die Peronospora; da Frutogard allerdings zukünftig als Pflanzenschutzmittel gelistet wird, ist sein Einsatz im Öko-Hopfenbau aktuell kein Thema mehr.

In dem von den Öko-Verbänden 2009 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. Es 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« (BÖLW, 2010). 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 angesiedelt war. Es sollte dazu dienen, Strategien zu entwickeln, um den Einsatz von Kupfer zu Zwecken des Pflanzenschutzes im Ökologischen Hopfenbau mit Hilfe von 'modernen' Kupferhydroxiden und Synergisten soweit wie möglich zu minimieren.

## **Material und Methoden**

### **Versuchsstandort**

Die Prüfungen wurden auf einem Naturland-Betrieb in Haushausen bei Wolnzach durchgeführt. Der Versuchsgarten (ca. 1,5 ha, Sorte 'Perle') lag am Rande des Wolnzach-Tales und wurde im Norden und im Süden von konventionell bewirtschafteten Hopfengärten eingegrenzt. Einen Schutz gegen Abdrift aus diesen Flächen boten Pappelreihen zwischen den Gärten.

### **Versuchsplan**

Der Schwerpunkt wurde auf die Prüfung von Neuformulierungen kupferhaltiger Produkte und die Reduzierung der Aufwandmengen durch Zusatz von Pflanzenstärkungsmitteln als Synergisten gelegt. Letztere gleichen sich häufig in der Zusammensetzung und der beworbenen Wirkungsweise. Aus der Vielzahl der Angebote wurden ursprünglich drei Produkte ausgewählt, die sich hinsichtlich ihrer biologisch wirksamen Inhaltsstoffe unterscheiden:

- (1) 'Herbageen' (Mikro-Mineral GmbH, AT); jährliche gesamte Produktaufwandmenge 27,25 kg/ha in fünf Applikationen (2010-2013);
- (2) 'Biplantol H forte NT' (Bioplant Naturverfahren GmbH); jährliche gesamte Produktaufwandmenge 10,0 l/ha in fünf Applikationen (2010-2013); und
- (3) 'Frutogard' (Vertrieb Fa. Spiess-Urania); jährliche gesamte Produktaufwandmenge 10,0 l/ha in drei Applikationen bis zur Blüte (2010-2012). Im vierten Versuchsjahr 2013 wurde Frutogard durch 'Myco-Sin' (Biofa GmbH, Münsingen) ersetzt; geplante jährliche Produktaufwandmenge 0,6 kg/ha in fünf Applikationen. Zudem wurden ab dem dritten Versuchsjahr noch jeweils einjährige Tastversuche in Einzelparzellen mit kupferarmen bzw. -freien Varianten angelegt. Hierbei wurden die Präparate 'Sakalia' (Knöterichextrakt, Fa.

Syngenta; 2012), 'Polyversum' (*Pythium oligandrum*, Fa. Biopreparaty, CZ; 2012) und 'Flavonin Agro Protect' (Fa. Citrox Natural Solutions, AT; 2013) eingesetzt.

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<sup>2</sup>). Im ersten Versuchsjahr 2010 wurden die Versuche mit zwei neuen Kupferhydroxiden (SC-Formulierung und WP-Formulierung) der Firma Spiess-Urania durchgeführt, die in Aufwandmengen von 2,0 und 3,0 kg/ha Reinkupfer solo bzw. diese Aufwandmengen jeweils in Kombination mit den drei Pflanzenstärkungsmitteln ausgebracht wurden. Zu jeder Anwendung wurde eine betriebsübliche Biomischung gegeben, die u.a. Diabas Lavamehl, Braunalgenextrakt und z.T. Netzschwefel enthielt.

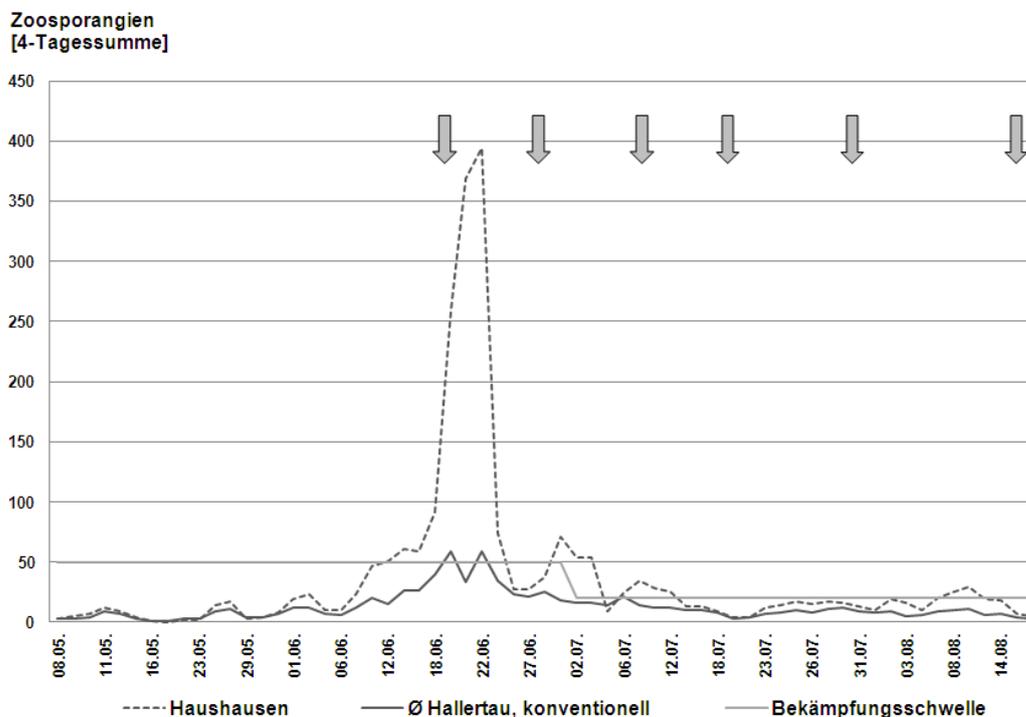
Diese beiden 2010 eingesetzten Kupferhydroxide waren im Frühjahr 2011 schon zum Einsatz gegen Falschen Mehltau im Hopfen offiziell zugelassen ('Cuprozin progress', Zulassung Februar 2011) oder standen kurz davor ('Funguran progress', Zulassung Mai 2011). Kurz vor Beginn der ersten Behandlungen kam es allerdings zu einer unerwarteten Komplikation: bei einer Betriebsinspektion des Versuchslandwirts im Mai 2011 kam ans Licht, dass zwei Formulierungs-Hilfsstoffe von 'Funguran progress' und 'Cuprozin progress' nicht mit den US-Ökorichtlinien des National Organic Program (NOP) konform waren. Der Einsatz der beiden Hydroxide hätte demnach bedeutet, dass der Betrieb seine US-Zulassung verloren hätte und wieder eine dreijährige Umstellungsphase nötig gewesen wäre. Ein sofortiger Antrag auf eine befristete Ausnahmegenehmigung wurde vom NOP abgelehnt. Aus diesem Grund wurde 2011 anstatt der beiden kritischen Formulierungen das NOP-unproblematische Kupferoxychlorid 'Funguran' in den geplanten Aufwandmengen von 2 oder 3 kg/ha Kupfer verwendet. In den Jahren 2012 und 2013 wurden nach Klärung dieses rechtlichen Problems wieder die beiden geplanten Kupferhydroxide eingesetzt; dazu kamen neu die Kupfersulfat-Präparate 'Cuproxtat' und die auf Verkapselungstechnik basierenden 'CuCaps'. Als praxisüblicher Vergleich wurde 2010-2012 die bisherige Standardanwendung mit 4,0 kg/ha Kupfer mit 'Funguran' (Kupferoxychlorid) und nach dessen Zulassungsende 2013 'Funguran progress' mit 4,0 kg/ha gewählt.

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. Nach den beiden ersten Versuchsjahren wurde die Sporenfalle 2012 und 2013 aus dem Zentrum des Versuchsgartens in eine benachbarten Öko-Fläche derselben Sorte in etwa 200 m Entfernung verschoben. Der Grund war die im Laufe des Jahres 2011 erkannte Gefahr, dass durch die unbehandelte Parzelle in direkter Nähe zur Sporenfalle der tatsächliche Infektionsdruck überbewertet werden könnte. Die werktägliche Entnahme der Zoosporangien-Muster aus der Falle und die Auswertung der Daten (Abb. 1) erfolgte jedes Jahr von Anfang Juni bis zur Ernte.

## Ergebnisse

Die Zoosporangien-Auszählung in vier Versuchsjahren ergab, dass der Infektionsdruck in diesem Öko-Hopfungarten in Jahren mit normalem Befallsdruck wesentlich höher als in konventionellen Anlagen war. So zeigten die Zoosporangienzahlen 2010 und 2012 die gleichen Spitzen wie die Zahlen, die für die Peronospora-Prognose ermittelt wurden, nur auf wesentlich höherem Niveau (Abb. 1). Im Versuchsjahr 2011 ließ der ab Anfang August dauerhaft in extremen Höhen liegende Befallsdruck (Viertagesumme kontinuierlich über 150, z.T. bis zu 450) auf einen außergewöhnlichen, 'hausgemachten' Befallsdruck aus der unbehandelten Kontrolle auf die Versuchsfläche schließen. Schließlich führten die extremen Witterungsverhältnisse 2013 – nasses und kaltes Frühjahr, heißer und staubrockener Hochsommer – dazu, dass in diesem Jahr der Befallsdruck ab Anfang Juli gleich Null war und kein auswertbares Ergebnis gestatteten. Selbst in der unbehandelten Kontrolle lag der Befall kurz vor der Ernte am 22. August noch bei 0,0 % und in keinem Versuchsglied über 0,1 %.

Abb. 1: Vergleich des Peronospora-Befallsdruckes im Jahr 2012 anhand der Zoosporangien-



Zahlen der Station Haushausen mit dem Durchschnitt der Warndienststationen in der Hallertau. Die Pfeile zeigen die Applikationstermine der jeweiligen Peronospora-Behandlungen.

Bei den Bonituren im Hopfungarten wurde die Wirksamkeit der einzelnen Bekämpfungsmaßnahmen in der Regel 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 drei der vier Jahre (Ausnahme 2013) fast Totalschaden (2010: 86,1 %; 2011: 97,2 %; 2012: 92,8 % Doldenbefall). Dem entgegen wurde in allen Kupfervarianten aller auswertbaren 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 und 2012 eingesetzten Kupferhydroxide schienen dabei bei identischem Kupferaufwand wesentlich potenter zu sein als die Kupferoxychlorid-Behandlungen des Jahres 2011. Die 2012 erstmals im Freiland getestete Verkapselungstechnik der 'CuCaps' mit Kupfersulfat als Wirkstoff ergab ebenfalls

vielversprechende Ergebnisse. Hier lag die Befallshäufigkeit der Dolden trotz einiger Kinderkrankheiten bei der Applikation der Kapseln durchwegs auf demselben Niveau wie die besten anderen Varianten.

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).

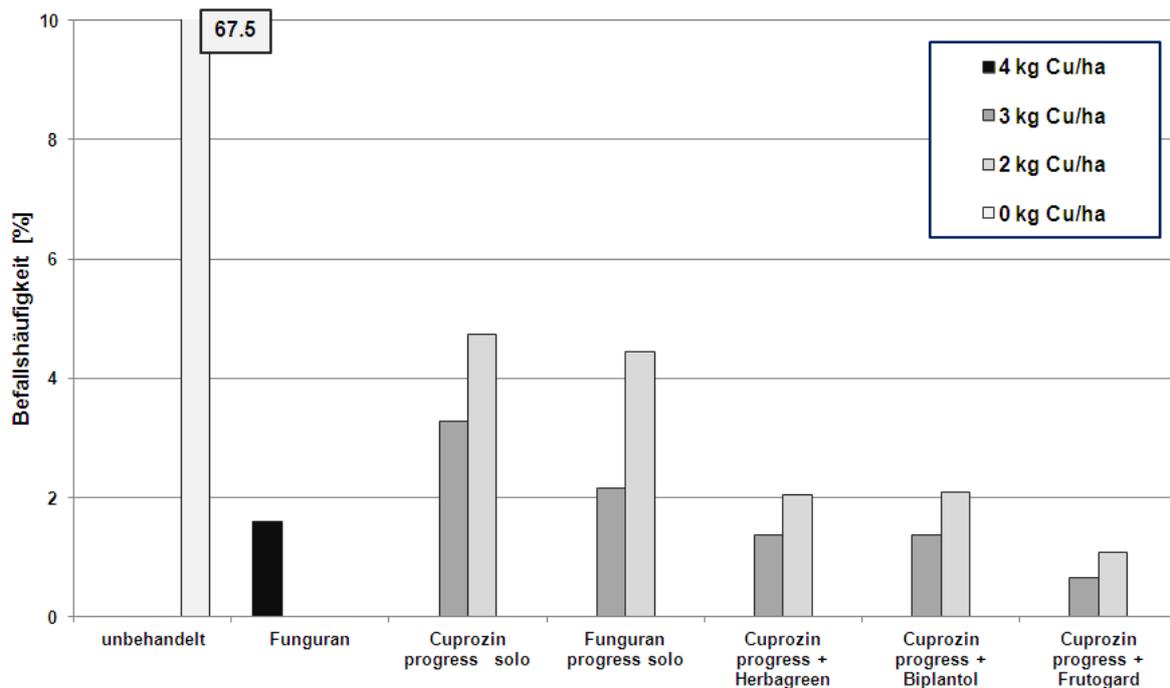


Abb. 2: Peronospora-Doldenbefall im Versuchsgarten Haushausen am 18.08.2010.

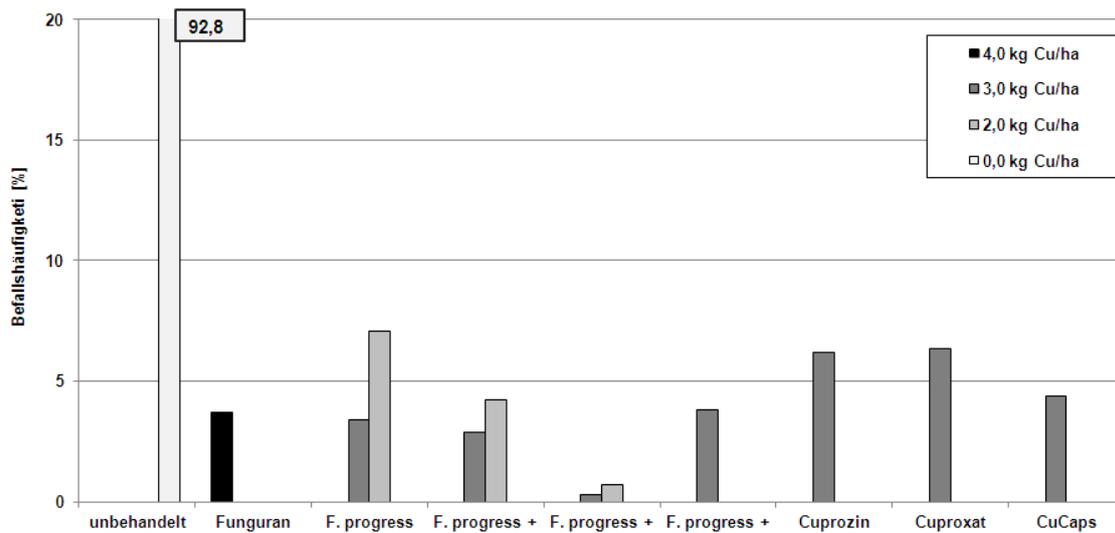


Abb. 3: *Peronospora*-Doldenbefall im Versuchsgarten Haushausen zum Zeitpunkt der Ernte am 03.09.2012 anhand der Bonitur der getrockneten Dolden

### Rückstandsuntersuchungen auf Phosphonat

Während der drei Ernten 2010 bis 2012 wurde aus den geernteten Dolden der Varianten 1 (unbehandelt), 11 (Frutogard + 2 kg/ha Kupfer) und 12 (Frutogard + 3 kg/ha Kupfer) jeweils Mischproben entnommen und vakuumiert bei 2°C gelagert. Einige Tage bzw. Wochen nach den Ernten wurden in denselben drei Parzellen 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 der Wurzelproben ergaben in allen drei Jahren, dass jede untersuchte Probe einen  $\text{HPO}_3$ -Wert unterhalb der Nachweisgrenze von 0,5 mg/kg TM aufwies. Es handelte sich dabei explizit um Pflanzen, die während dreier Vegetationsperioden mit Frutogard behandelt worden waren. Offenbar kommt es durch den Einsatz zu keiner nennenswerten Anreicherung von Phosphonat in den Wurzeln. Bezüglich der Doldenproben lieferten die ersten beiden Versuchsjahre ebenfalls einen  $\text{HPO}_3$ -Wert unterhalb der Nachweisgrenze von 0,5 mg/kg FM. Die Doldenproben aus der Ernte des dritten Untersuchungsjahres 2012 ergaben dagegen – für uns relativ überraschend –  $\text{HPO}_3$ -Werte von 15,7 (Parzelle 11) und 12,1 mg/kg FM (Parzelle 12), wohingegen die unbehandelte Parzelle auch 2012 unter der Nachweisgrenze lag. Die Frutogard-Behandlung 2012 hat demnach bei der Ernte am 3. September zu Rückständen in den Dolden geführt, obwohl die Pflanzen letztmals noch vor der Blüte am 9. Juli gespritzt worden waren.

### Schlussfolgerung und Ausblick

Leider litt das gesamte Projekt unter dem 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 *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' (BÖWL,

2010) 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 dessen Einsatz steht in der Praxis aktuell nicht zur Diskussion. Daher setzen wir die größten Hoffnungen für eine weiterführende Minimierung des Kupfereinsatzes im ökologischen Hopfenbau auf die Verkapselungstechnik der 'CuCaps', wobei nur die zur Pilzbekämpfung tatsächlich nötigen  $\text{Cu}^{2+}$ -Ionen langsam und kontinuierlich freigesetzt werden. Nach ersten, sehr ermutigenden Ergebnissen 2012 (und einem verlorenen Jahr 2013) planen wir für 2014 – und bei erfolgreicher Antragstellung auch darüber hinaus – die Prüfung des verkapselten Kupfersulfates auch bei niedrigeren Aufwandmengen als den momentan erreichten 3 kg/ha.

## **Förderhinweis und Dank**

Dieses Forschungsvorhaben wurde von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) über das Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) gefördert (Förderkennzeichen: 2809OE058). Unser Dank geht zudem an die Versuchstechniker Daniel Ismann und Georg Meyr (LfL Hüll) sowie an Georg Pichlmaier (Haushausen) für die freundliche Überlassung seines Hopfengartens als Versuchsfläche.

## **Literaturverzeichnis**

BUND ÖKOLOGISCHE LEBENSMITTELWIRTSCHAFT (BÖLW) (2010): Strategiepapier zu Kupfer als Pflanzenschutzmittel unter besonderer Berücksichtigung des Ökologischen Landbaus, [http://kupfer.jki.bund.de/dokumente/upload/80547\\_kupfer\\_strategiepapier\\_juli\\_2010.pdf](http://kupfer.jki.bund.de/dokumente/upload/80547_kupfer_strategiepapier_juli_2010.pdf), Stand: Juli 2010

ENGELHARD B, BOGENRIEDER A, ECKERT M & WEIHRAUCH F (2007): Entwicklung von Pflanzenschutzstrategien im ökologischen Hopfenbau. - LfL-Schriftenreihe 9/2007: 1-49

Zitiervorschlag: Weihrauch F & Schwarz J (2014): Versuche zur Minimierung des Einsatzes kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau. In: Wiesinger K, Cais K & Obermaier S (Hrsg.): Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag 2014, Tagungsband. –Schriftenreihe der LfL 2/2014, 174-180