

Kupfer im Bio-Landbau:

Hintergrund, Herausforderungen und Handlungsempfehlungen

Endbericht

Freiburg, den 24. Sept. 2014

Studie gefördert durch die

stiftung **zukunftserbe** ...

Autoren:

Dr. Mark-Oliver Diesner

Rita Groß

Marcel Helbich

Markus Blepp

Philipp Bäuerle

Prof. Dr. Dirk Bunke

Öko-Institut e.V.

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg, Deutschland

Hausadresse

Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg

Tel. +49 (0) 761 – 4 52 95-0

Fax +49 (0) 761 – 4 52 95-288

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt, Deutschland

Tel. +49 (0) 6151 – 81 91-0

Fax +49 (0) 6151 – 81 91-133

Büro Berlin

Schicklerstr. 5-7
10179 Berlin, Deutschland

Tel. +49 (0) 30 – 40 50 85-0

Fax +49 (0) 30 – 40 50 85-388

Zur Entlastung der Umwelt ist dieses Dokument für den
beidseitigen Druck ausgelegt.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	IV
1 Zielsetzung und Hintergrund	1
2 Methodik	3
3 Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND) – ökonomische Grundinformationen	4
4 Human- und ökotoxikologische Aspekte von Kupferpräparaten	7
5 Belastung der Böden mit Kupfer	11
6 Kupferalternativen und -minimierungsstrategien im Bio- Landbau	13
6.1 Alternative Maßnahmen im Weinbau	14
6.2 Alternative Maßnahmen im Obstbau	15
6.3 Alternative Maßnahmen im Kartoffelbau	16
7 Schlussfolgerungen	17
8 Handlungsempfehlungen	19
9 Referenzen	21
Annex 1: Kupferhaltige Produkte auf dem deutschen Markt	25
Annex 2: In Deutschland zugelassene Fungizide für den Bio-Landbau und den konventionellen Landbau	26
Annex 3: Ökotoxikologische Daten zu kupferhaltigen Produkten und Alternativprodukten	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Die Daten des statistischen Bundesamtes zeigen einen konstanten Anstieg von Anbaufläche für den Bio-Landbau und Bio-Betrieben in Deutschland von 2007 bis 2012 (entnommen aus BÖLW (2013))	5
Abbildung 2:	Sektorspezifische Entwicklung des Bio-Landbaus in Deutschland zwischen 2008 und 2011 (entnommen aus BÖLW (2013))	6

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Abschätzung der als Pflanzenschutzmittel eingesetzten Kupfermenge in Deutschland für verschiedene Anwendungsbereiche (aus Kühne et al. (2009), S. 129)	12
Tabelle 2:	Produktnamen, Lizenzinhaber, Wirkstoffe, Konzentrationen und Anwendungsgebiete innerhalb des Biolandbaus von Kupferpräparaten in Deutschland.	25
Tabelle 3:	In Deutschland zugelassenen Fungizide mit Zulassungsnummer und Zulassungsende für die Anbauarten mit hauptsächlichem Kupferbedarf im Bio-Landbau (BVL, 2013)	26
Tabelle 4:	Ökotoxikologische Parameter zu den aus der in Annex 2 identifizierten Kupferpräparaten und synthetische Pflanzenschutzmittel mit vergleichbarem Wirkspektrum aus dem konventionellen Anbau	31

1 Zielsetzung und Hintergrund

In dieser Untersuchung wird der derzeitige Einsatz von Kupfer im Biolandbau dargestellt. Es werden Möglichkeiten des Bio-Landbaus ohne Kupfer und Möglichkeiten zur Minimierung des Kupfereinsatzes analysiert und diskutiert. Der Fokus liegt dabei auf dem biologischen Anbau von Kartoffeln, Obst und Wein.

Der Einsatz von Kupfer als Fungizid im Bio-Landbau stellt einen zusätzlichen Eingriff des Menschen in die Natur dar, der negative Effekte auf den Boden und auf Wasserorganismen hat. Der Bio-Landbau ohne Kupfereinsatz ist daher ein lange verfolgtes Ziel. An Kombinationslösungen zur Minimierung des Kupfereinsatzes sowie an Substituten wird intensiv geforscht. Dem Bio-Landbau steht der konventionelle Landbau gegenüber, in dem synthetische Fungizide oftmals in Kombination mit Kupfer eingesetzt werden. Dadurch wird im konventionellen Landbau zwar die jährliche Kupferausbringung pro Hektar reduziert, aber es werden die Nachteile des Einsatzes synthetischer Fungizide (s. Annex 2, S. 26 ff.) in Kauf genommen.

In Anbetracht der zur Verfügung stehenden Daten und der seit 15 bis 20 Jahren laufenden Debatte zu potentiellen Kupferalternativen stellt sich die Frage, ob ein Verbot von Kupfer oder eine starke Einschränkung der Nutzung von Kupfer im Bio-Landbau den gewünschten Effekt hat, die Umwelt zu schützen und den Bio-Landbau zu erhalten. In diesem Zusammenhang wird untersucht, welche Alternativen es zum Kupfereinsatz gibt, ob diese umweltfreundlicher sind und ob sie gesundheitliche Risiken für den Menschen mit sich bringen. Weiterhin wird untersucht, ob die Rentabilität der Betriebe weiterhin gewährleistet ist, wenn auf Kupfer verzichtet wird und wie sich ein eventueller Verlust des Bio-Labels auf die wirtschaftliche Situation der Betriebe auswirkt. Grundsätzlich sind Pestizide im Bio-Landbau nicht zulässig. Eine Ausnahme sind Kupferverbindungen, die auch im Bio-Landbau vornehmlich als Fungizid eingesetzt werden. Sie haben allerdings auch bakterizide Wirkung (AGES, 2012). Der Einsatz von Kupferpräparaten ist im Bio-Landbau noch bis November 2016 unter Auflagen gestattet (BMELV, 2013a; EUCOM, 2009). Generell dürfen in der EU maximal 6 kg Reinkupfer/ha und Jahr ausgebracht werden (EUCOM, 2008). Diese Vorgabe wird von den EU-Mitgliedsstaaten teilweise unterboten oder nur für Teilbereiche des Bio-Landbaus angewendet oder angepasst. In Deutschland beispielsweise sind nur 3 kg Reinkupfer / ha und Jahr zulässig (Ausnahme bei Hopfen 4 kg/ha und Jahr). Insgesamt wurden in Deutschland im Jahr 2000 ca. 20 Tonnen Kupfer im Bio-Landbau eingesetzt (UBA, 2009). 2008 wurden ca. 34 t in Deutschland eingesetzt. Dem stehen im gleichen Jahr ca. 290 t Kupfer im konventionellen Landbau gegenüber, (zusätzlich zu anderen, synthetischen Pestiziden) (Kühne et al., 2009; s. a. Kap. 6). Das entspricht für 2008 ca. 2,3 kg/ha im

Biolandbau und ca. 2 kg/ha im konventionellen Landbau.¹ In Belgien ist die Verwendung von Kupfer, mit einer Ausnahme für den Weinbau, nicht erlaubt. Frankreich reduziert die maximal mögliche Einsatzmenge auf Werte unter 6 kg/ha mit Ausnahme des Weinbaus, der 6 kg/ha einsetzen darf.

Kupfer wird im Biolandbau eingesetzt, weil es im Gegensatz zu anderen Pflanzenschutzmitteln nur sehr schlecht von Pflanzen aufgenommen und sich insbesondere nicht in Früchten anreichert (PAN, 2008). Andere, nicht Kupfer-basierte Pflanzenschutzmittel aus dem konventionellen Landbau weisen hingegen für Boden- und Wasserlebende Organismen sowie für Anwender erheblich größere Gefahren auf. Diese werden durch die Persistenz und Bioverfügbarkeit dieser Mittel in der Umwelt sowie durch Biokonzentrierbarkeit und –akkumulierbarkeit erhöht (s. Annex 3). Kupfer sammelt sich hingegen in der oberen Bodenschicht an. Dort können die natürliche Flora und Fauna, vor allem Invertebraten und Mikroorganismen des Bodens, in Mitleidenschaft gezogen werden (UBA, 2009). Die ökotoxikologische Bewertung ist allerdings nicht eindeutig. Dies liegt vornehmlich an dem noch immer nicht gänzlich verstandenen Zusammenhang zwischen Gesamtkupfer, bioverfügbarem Kupfer und organismusspezifischer Toxizität (s. Kapitel 4). Jeder dieser drei Parameter hängt von einer Reihe komplexer Faktoren ab. Durch Witterungseinflüsse kann das Kupfer in Oberflächengewässer gelangen und dort schädliche Effekte auslösen.

Der Verzicht auf Kupferpräparate im Bio-Landbau gestaltet sich mangels wirksamer Alternativen bisher schwierig. Mittel- bis langfristig sieht es so aus, als ob es nach den Richtlinien des Bioanbaus keinen einzelnen Stoff gibt, der Kupfer ersetzen könnte. Eine Minimierung des Kupfereinsatzes durch kombinierte Strategien ist allerdings möglich. Bei vollständigem Verzicht auf Kupfer im Bio-Landbau kann es je nach Sektor Ernteauffälle zwischen 15-20 % (Bio-Kartoffeln) und 50-100 % (Bio-, Wein- und Obstanbau) geben (Wilbois et al., 2009).

¹ Die zugrundeliegenden Daten stammen aus Kühne et al. (2009). Für den Kartoffelanbau im konventionellen Landbau sind dort keine Daten berücksichtigt. Durch die somit nicht berücksichtigten Anbauflächen und die dort verwendeten Kupfermengen unterliegt die Zahl für die eingesetzte Kupfermenge pro Hektar im konventionellen Landbau 2008 einer Unschärfe.

2 Methodik

Für diese Untersuchung wurde eine umfangreiche Literaturrecherche in wissenschaftlichen Zeitschriften durchgeführt. Es wurden Gesetzestexte und aktuelle Veröffentlichungen von Verbänden und Einzelpersonen ausgewertet. Außerdem wurden relevante Akteure kontaktiert. Dazu gehören Umwelt- und Landwirtschaftsverbände, Forschungseinrichtungen und Bio-Landwirte. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden mit Hilfe von Telefoninterviews ergänzt und auf Aktualität geprüft. Wichtige Fragen bezogen sich auf den bestehenden Rechtsrahmen zur Verwendung von Kupfer im Bio-Landbau, bekannte und aktuell beforschte Alternativen, Akzeptanz von neuen Methoden und pilzresistenten Sorten bei Erzeugern und Konsumenten sowie wirtschaftliche Eckdaten. Die gesammelten Daten wurden integriert und anonymisiert.

Die folgenden Akteure standen für Interviews zur Verfügung:

1. Institut für Agrarökologie (IfA)
2. Badischer Weinbauverband
3. EcoVin Deutschland
4. Bioland e.V.
5. Demeter e.V.
6. Umweltbund Initiative der Imker, Landwirte und Verbraucher e. V.
7. Copper Alliance Brüssel und Berlin

3 Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND) – ökonomische Grundinformationen

Die Nutzung von Kupfer im Biolandbau unterliegt Auflagen von der EU und individuellen Auflagen der Mitgliedsländer. In jedem Mitgliedsland der EU werden Zulassungen für die Produktion, Formulierung und Vermarktung von Wirkstoffen nach positiv ausfallender Risikobewertung erteilt.² Die in Deutschland zugelassenen Präparate sind im Annex 1 Tabelle 1 aufgelistet. Die Konzentration der Wirkstoffe bewegt sich zwischen 100g/l (\approx 5-8%; Bsp. Cueva) und 765g/kg (\approx 76,5%; Bsp. Funguran).

Die gängigsten Wirkstoffe sind hierbei Kupferoktanoat und Kupferoxichlorid. Es gibt Länder, die den Einsatz von Kupferpräparaten in der Bio-Landwirtschaft teilweise bis vollständig verbieten. Dazu gehören in der EU die Niederlande (Ausnahme bei Wein mit 3kg/ha und Jahr) und Dänemark (ausnahmslos).³

Der Bio-Landbau erfährt große Beachtung und seine Produkte werden zunehmend nachgefragt. Dadurch erhöhen sich auch die so genutzten Anbauflächen in Deutschland stetig. Das ist für die Umwelt vom Kupfereinsatz abgesehen in vielerlei Hinsicht positiv und stellt einen Trend dar, der keinesfalls gestoppt werden sollte (Interviews und Kuhnert et al., (2013)).

In

Abbildung 1 ist die Fläche, die in der EU dem Bio-Landbau gewidmet ist und die Menge von Bio-Betrieben in der EU von 2007 bis 2012, grafisch dargestellt (BÖLW, 2013). Die Zahl der EU-Bio Erzeugerbetriebe und die von ihnen bewirtschaftete Fläche sind im Zeitraum von 2007 bis 2006 konstant um ca. 2,6 % jährlich gestiegen. 2012 betrug die Gesamtfläche des Bio-Landbaus in Deutschland ca. 950.000 ha.⁴

² <https://portal.bvl.bund.de/psm/jsp/> – Im Portal des BVL, in dem alle in Deutschland zugelassenen Pflanzenschutzmittel verzeichnet sind (<https://portal.bvl.bund.de/psm/jsp/>) ist z.B. das in Österreich von der Kwizda Agro GmbH hergestellte Kupferpräparat Cuprofor nicht verzeichnet.

³ http://kupfer.jki.bund.de/dokumente/upload/20710_hofmann_ecoconsult.pdf

⁴ Diese beinhaltet mehr Sektoren als in diesem Bericht berücksichtigt werden (s. Abb. 2)

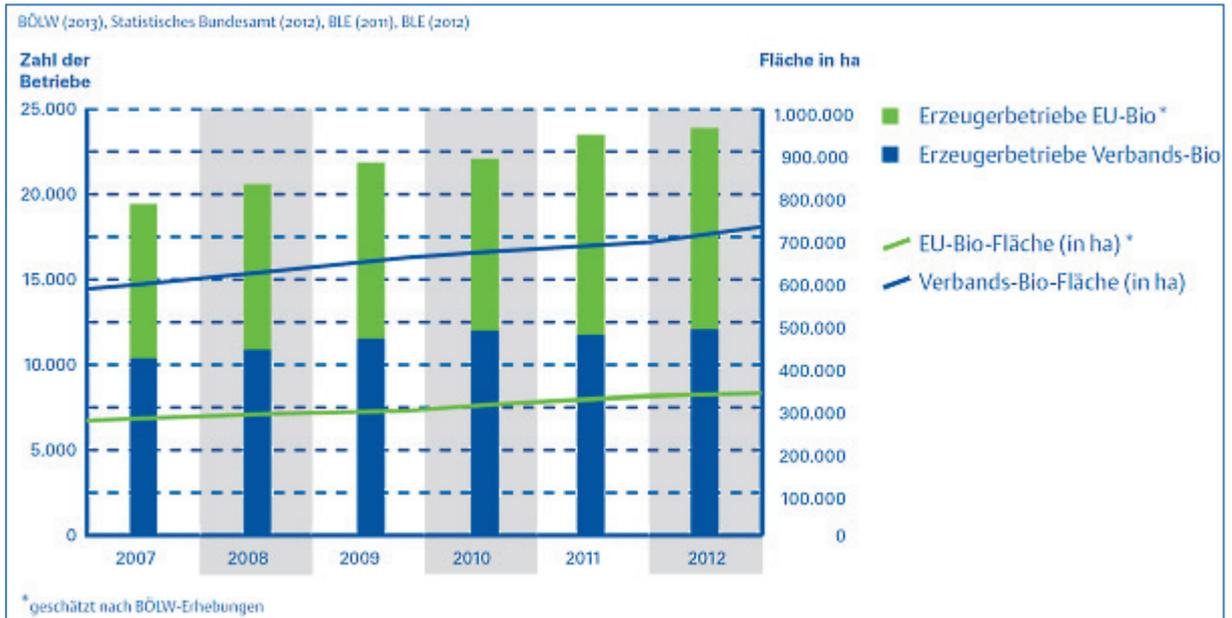


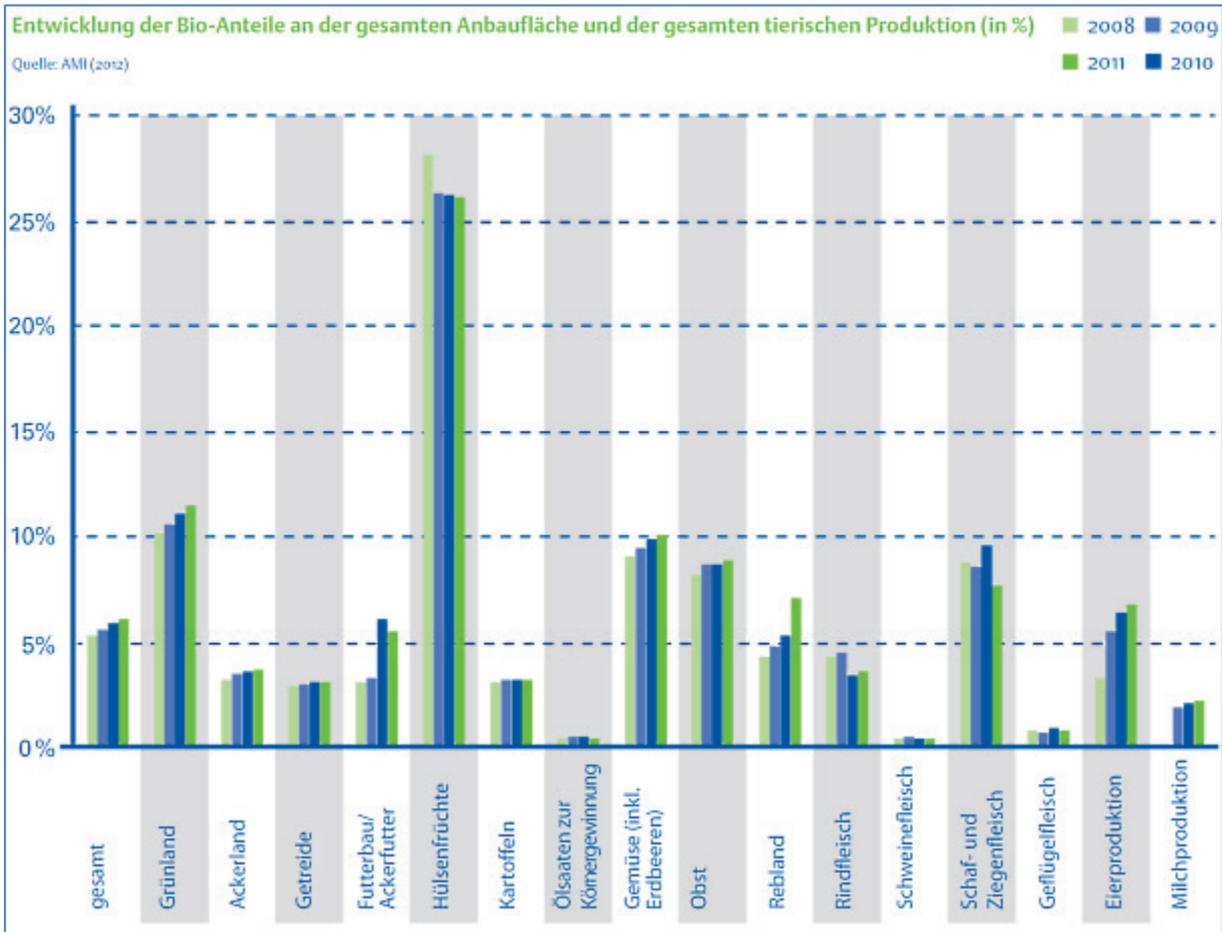
Abbildung 1: Die Daten des statistischen Bundesamtes zeigen einen konstanten Anstieg von Anbaufläche für den Bio-Landbau und Bio-Betrieben in Deutschland von 2007 bis 2012 (entnommen aus BÖLW (2013))

Dieser Anstieg ist nicht für alle Teilbereiche des Bio-Landbaus gleich hoch, wie in Abbildung 2 zu sehen ist. Einzelne Bereiche, wie z.B. der ökologische Weinbau haben ihren Flächenanteil seit 2008 fast verdoppelt. Andere, z.B. der Kartoffelanbau, sind relativ konstant geblieben. Da die verschiedenen Anbauformen unterschiedlich stark auf Kupfer angewiesen sind, ist gerade der Anstieg des ökologischen Weinbaus (starke Abhängigkeit von Kupfer) für die Beurteilung der Konsequenzen von Kupferminimierung und des Kupferverzichtes relevant (s. Kapitel 1). Sollte der Einsatz von Kupfer verboten werden würde gleichzeitig der Sektor mit dem stärksten Anstieg der Anbaufläche und der höchsten Kupferabhängigkeit stark betroffen sein.

Neben der Kupferverbotsproblematik, die je nach Ausgang signifikanten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Bio-Landbaubetrieben hat, haben allgemeine agrarpolitische Maßnahmen ebenfalls wirtschaftlichen Einfluss auf die Rentabilität der Betriebe. Die letzten Agrarreformen waren für die Bio-Landwirte aus wirtschaftlicher Sicht positiv. Trotzdem können die niedrigeren Erträge von Bio-Landbaubetrieben nicht vollständig durch höhere Produktpreise am Markt ausgeglichen werden. In Deutschland hat die Ökoprämie⁵ weiterhin

⁵ Seit 1994 wird die Einführung und Beibehaltung des ökologischen Landbaus im Rahmen von Agrarumweltprogrammen der Länder gefördert. Aktuelle Rechtsgrundlage der Förderung ist ab 1. Januar 2007 Artikel 36 a) iv) in Verbindung mit Artikel 39 der VO (EG) Nr. 1698/2005 des Rates vom 20. September 2005 in der jeweils geltenden Fassung über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raumes durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raumes (ELER). Für die Ausgestaltung der Agrarumweltmaßnahmen in der neuen EU-Planungsperiode ab 2014 sind die Vorgaben der

eine große Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit (Sanders et al., 2012). Ob diese Förderung in dieser Form bestehen bleibt, ist Gegenstand intensiver Diskussionen.



Es sind deutliche Veränderungen in einigen Bereichen wie z.B. Weinbau, Futterbau/Ackerfutter und Eierproduktion sichtbar. Andere Bereiche, z.B. Kartoffel- oder der Obstanbau, verhalten sich dagegen relativ konstant.

Abbildung 2: Sektorspezifische Entwicklung des Bio-Landbaus in Deutschland zwischen 2008 und 2011 (entnommen aus BÖLW (2013))

Dass das Wachstum des Bio-Landbaus in Deutschland zwar anhält, aber sich verlangsamt, ist auch in dem 2013 erschienenen Thünen Report 3 thematisiert. Die Verlangsamung ist ein komplexes Problem, das aber zumindest teilweise durch Aussteigerbetriebe, die dem Bio-Landbau den Rücken kehren, erklärbar ist. (Kuhnert et al., 2013). Von 2003 bis 2010 wurden jährlich durchschnittlich 2,7 % der Bio-Landbauflächen auf konventionellen Landbau rückumgestellt.

Nachfolgeverordnung bindend. Der Verordnungsentwurf wurde im Oktober von der Europäischen Kommission mit den Legislativvorschlägen für die Neuausrichtung der Gemeinsamen Agrarpolitik vorgelegt und wird auf EU-Ebene mit den Mitgliedstaaten intensiv beraten (BMELV, 2013b).

4 Human- und ökotoxikologische Aspekte von Kupferpräparaten

Kupfer ist ein Spurenelement, das für die meisten Organismen von entscheidender Bedeutung ist, da Kupferionen Bestandteil vieler Enzyme sind (5-20 µg/g in Menschen). In erhöhten Konzentrationen können sie dagegen zelluläre Abläufe stören und dadurch toxisch wirken ($c_{Cu} > 20 \mu\text{g/g}$) (Solomon, 2009). Die Kupferionen besitzen eine erhöhte Bindungsaffinität zu Carboxyl- und Aminogruppen und stören dadurch die Proteinbiosynthese. Sie binden ebenfalls an Schwefelgruppen in Proteinen, die dadurch ihre Funktion nicht mehr ausüben können. Die Ionen schädigen die Zellmembran unter Bildung freier Radikale. Letztere können DNA-Schäden hervorrufen. Da Kupfer weder entlang der Nahrungskette angereichert wird (s.u.) noch in den hier besprochenen Pflanzen angereichert wird (s.u.) stellt der Einsatz von Kupfer im Biolandbau keine direkte Gefahr für den Menschen dar. Darin unterscheidet sich Kupfer von vielen konventionellen Bioziden, die nicht nur in der Frucht (z.B. Weintrauben) sondern auch den späteren Produkten (z.B. Wein) auffindbar sind. (PAN, 2008).

Bei der ökotoxikologischen Bewertung von Kupfer muss zwischen Labor- und Freilandexperimenten unterschieden werden. Die komplexe Interaktion zwischen Kupfer und der Biosphäre wird maßgeblich von der Art des Bodens, dem pH-Wert, der Art des Bewuchses, dem Alter der Kupferbelastung bzw. dem Anteil an neu eingetragenem Kupfer und der Menge von organischer Substanz im Boden beeinflusst. Es ist von entscheidender Bedeutung, ob das Kupfer bioverfügbar ist. Experimente mit Bodenproben, die im Labor direkt mit Kupfer belastet wurden, und mit belastetem Erdreich von Freilandproben zeigen, dass das schon seit Jahren kontaminierte Erdreich erheblich geringere Toxizität für Pflanzen und Bodenorganismen aufweist als das frisch kontaminierte Erdreich. Diese Experimente wurden mit Bodenproben gleicher Beschaffenheit durchgeführt, die in räumlicher Nähe zueinander entnommen wurden (AGES, 2012).

Der Zusammenhang zwischen dem Gesamtgehalt an Kupfer in Böden und dem bioverfügbaren Anteil ist u.a. von Steindl et al. (2011) untersucht worden. Die Ergebnisse beruhen auf Probenentnahmen in „...allen deutschen Qualitätsweinbau- und Hopfenanbaugebieten.“ Wie bereits erläutert hängt die Bioverfügbarkeit von vielen Faktoren ab, aber es ist zu sehen, dass der bioverfügbare Anteil von Kupfer in der Größenordnung 10^2 niedriger liegt als der Gesamtkupfergehalt des Bodens.

Des Weiteren können Mikroorganismen und andere Bodenorganismen eine gewisse Kupfertoleranz über einen längeren Zeitraum aufbauen. Diese Eigenschaft kommt aber bei einer einmaligen Kupferzugabe zu nicht kontaminiertem Boden im Labor nicht zum Tragen, so dass bei plötzlicher Erhöhung der Kupferkonzentration (die zudem in großen Teilen bioverfügbar ist) keine Toleranz induziert werden kann. Einer aktuellen Studie zu Folge kann im Freiland die Kupferkonzentration im Boden bis zu 3,2 Mal höher, als im Labor liegen, bevor vergleichbare toxische Effekte bei Mikroorganismen auftreten (Ruyters et al., 2013). Das

hängt maßgeblich mit der Bioverfügbarkeit und der induzierten Toleranz zusammen. Induzierte Toleranz lässt sich auch bei Regenwürmern und einigen anderen Arten derselben Familie beobachten (Didden & Römbke, 2001; Lukkari et al., 2005). Es handelt sich hierbei um eine Eigenschaft, deren Aktivierung bei mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht an die Nachkommen vererbt wird, sondern die passiv vorhanden ist und nur bei Bedarf aktiviert werden kann. Es gibt Anzeichen dafür, dass dieser Regulationsprozess energieaufwendig ist und sich bei einigen Arten auf die Individuengröße auswirkt. Individuenmenge, Vermeidungsreaktionen gegenüber kupferhaltigen Böden und Artenvielfalt in belasteten Böden werden in der Literatur unterschiedlich und in starker Abhängigkeit der jeweiligen Art abgebildet (UBA, 2009, S. 38 f.).

Neben dem oben genannten Zusammenhang von Kupfer-Bioverfügbarkeit vs. Gesamtgehalt im Boden ist nach Freilanduntersuchung von Ruyters et al. (2013) auch die Verminderung toxischer Effekte bei Mikroorganismen aufgrund von Resistenzen zu beachten.

Unter Berücksichtigung dieser Faktoren sind Freilandmessungen von besonderer Bedeutung, wenn es um die Bewertung des Einflusses von Kupfer auf die Biosphäre geht. Bioverfügbarkeit, individuelle Resistenzen und klimatische Bedingungen interagieren mit den jeweiligen Bodengegebenheiten vor Ort.

Für die Pflanzen ist der pH-Wert des Bodens im Zusammenhang mit der Kupferexposition weniger relevant, da sie das Mikroklima um ihre Wurzeln herum (Rhizosphäre) kontrollieren können (Nye, 1981). Die Toxizität von Kupfer im Boden kann durch Erhöhung des pH-Wertes vermindert werden. Die Bioverfügbarkeit von Kupfer steigt bei pH-Werten <5 stark an und wird bei pH-Werten >7 geringer. In kupferreichen, sauren Böden können Pflanzen den pH-Wert um ihre Wurzeln herum anheben und das Kupfer so weniger bioverfügbar machen. In kupferarmen, eher basischen Böden können sie dagegen Kupfer chelatisieren (in Komplexen binden) und so für sich bioverfügbar machen (Bravin et al., 2009; Chaignon et al., 2009). Des Weiteren nimmt die Kupfermenge im Bodenprofil mit zunehmender Tiefe stark ab (Ribolzi et al., 2002). So werden hohe Konzentrationen von Kupfer vor allem in den oberen 10 cm des Bodens festgestellt. Im Falle von Wein- oder Obstanbau ist diese Tiefe für die direkte Aufnahme von Kupfer jedoch oft wenig relevant. Weinreben beispielsweise wurzeln bis zu sechs Meter tief und haben größte Wurzeldichte in einer Tiefe von 0,4 – 0,8 m (Linsenmeier et al., 2010; Provenzano et al., 2010). Um die Kupferlöslichkeit im Boden zu vermindern und damit auch die Bioverfügbarkeit zu senken, kann zudem eine pH- Erhöhung durch Ausbringung von Gips oder hohe Phosphatgaben helfen.

Insgesamt ist festzuhalten, dass die lokalen toxischen Effekte von Kupfer stark von klimatischen, geografischen, chemischen und organismusspezifischen Faktoren abhängen.

Ein weiteres Problem bei der flächendeckenden Anwendung von Kupfer ist die Selektion von resistenten Mikroorganismen in kupferexponierten Böden. Berg et al. (2005) zeigen ein erhöhtes Auftreten von resistenten Mikroorganismen, einhergehend mit zusätzlichen, antibiologischen Resistenzen bei diesen Organismen. Es konnte im Zuge dieses Projektes kein doku-

mentierter Fall gefunden werden, bei dem Kupfer seine Wirksamkeit gegenüber Pflanzenpathogenen eingebüßt hätte (BÖLW e.V. et al., 2010), aber die mikrobielle Zusammensetzung im Boden und die Resistenzen gegenüber Kupfer bei anderen Mikroorganismen sind bemerkenswert und müssen weiter studiert werden.

Die Abwesenheit von Resistenzen bei Pflanzenpathogenen gegenüber Kupfer ist auch in einem anderen Zusammenhang relevant. Die Pflanzenschutzmaßnahmen haben sich geschichtlich bedingt gut an die Gegebenheiten in den jeweiligen Regionen und Anbauformen angepasst. Es gibt jedoch Belege dafür, dass in Zukunft mit erhöhtem Krankheitsdruck auch durch neue Pflanzenpathogene zu rechnen ist. Die rapide Klimaveränderung führt regional zu deutlich veränderten meteorologischen Bedingungen und überregional vor allem zu Temperaturveränderungen, die die Ausbreitung von Phytopathogenen aus wärmeren in zuvor gemäßigte Regionen fördern (Bebber et al., 2013). Ein Breitbandfungizid wie Kupfer ohne bekannte Resistenzbildungen kann in diesem Zusammenhang auch in Zukunft von großer Relevanz im Bio-Landbau sein.

Auswirkung auf Wasserorganismen

Kupfer kann vom Ausbringungsort ausgeschwemmt werden und so in Oberflächengewässer gelangen. Auch im Gewässer hängt die Toxizität von Kupfer stark von der Verfügbarkeit ab. Kupfer kann im Gewässer gebunden an organische oder anorganische Moleküle vorliegen oder in freier, hydratisierter Form (Kiaune & Singhasemanon, 2011). Daher decken die unterschiedlichen Kupferverbindungen das gesamte Spektrum der Wassergefährdungsklassen von 1 (schwach-) – 3 (stark wassergefährdend) ab (UBA, 2013). Kupfer wird nicht abgebaut, es findet jedoch auch keine Biomagnifikation entlang der Nahrungskette statt. Es gibt keine Hinweise dafür, dass Kupfer in räuberisch lebenden Organismen aus der Nahrungskette angereichert wird (Solomon, 2009). Hoang et al. (2011) konnten zeigen, dass Bioakkumulation in bestimmten Organismengruppen stattfindet. Das bedeutet, dass Kupfer in bestimmten Geweben eingelagert werden kann.

Fische sind 10- bis 100-mal empfindlicher gegenüber Cu^{2+} -Ionen als Säugetiere (Flemming & Trevors, 1989). Die Kiemen und damit die Atmung sind bei Fischen direkt von Kupferexposition betroffen. Indirekte, negative Effekte sind z.B. die konzentrationsabhängige (5-20 $\mu\text{g/l}$) Beeinträchtigung des Geruchsvermögens bei Lachsen, welche zu verminderter Nahrungsaufnahme führt, Forellen zeigen schon ab 1,4 $\mu\text{g/L}$ biochemische Stressmarker. Cyanobakterien (Blualgen) sind ca. 1000 Mal empfindlicher als Säugetiere (Solomon, 2009).

Im Annex 2 werden mehr als 130 Fungizide gelistet, die in Deutschland zugelassen sind. Dreizehn dieser Produkte sind für den Bio-Landbau zugelassen. Sie sind in Tabelle 3 grau hinterlegt. In der Tabelle werden auch zwölf synthetische Fungizide genannt, die als Alternativen zu Kupferpräparaten zugelassen sind (sie sind in der Tabelle rot hinterlegt).

Bei den in Tabelle 3 genannten Fungiziden sind auch die jeweiligen Wirkstoffe aufgeführt, die für die fungizide Wirkung hauptsächlich verantwortlich sind. Bei den für den Bio-Landbau zugelassenen Fungiziden werden folgende Wirkstoffe eingesetzt: Kupfer-Oktanoat, Kupferoxichlorid, Kupferhydroxid und Kupfersulfat. Bei den synthetischen Fungiziden werden als Wirkstoffe Schwefel und die folgenden Verbindungen verwendet: Dithianon, Myclobutanil, Quinoxifen und Trifloxystrobin. Für diese Wirkstoffe sind im Annex 3 in Tabelle 4 (S. 31) ökotoxikologische und humantoxikologisch relevante Parameter zusammengestellt.

Ein erster Vergleich auf der Grundlage der Daten in Tabelle 4 zeigt, dass für den Menschen zumindest drei der vier organischen Fungizide kritischer einzuschätzen sind als die Kupferpräparate. Bei den Kupferpräparaten können akute Vergiftungen auftreten, falls hohe Mengen aufgenommen werden. Dies wird nur bei absichtlicher Falschanwendung zu erwarten sein. Hingegen gibt es bei Myclobutanil und Trifloxystrobin Hinweise auf chronische Gesundheitsschäden (Auswirkungen auf die Fortpflanzung). Sie können schon bei geringen Konzentrationen der Stoffe auftreten. Der synthetische Wirkstoff Quinoxifen zeichnet sich durch einen hohen Biokonzentrationsfaktor aus. Dies bedeutet, dass es zu Anreicherungen des Wirkstoffs in Lebewesen kommen kann. Dies vergrößert das Risiko für gesundheits-schädliche Auswirkungen auch bei kleinen aufgenommenen Mengen.

Derzeit stellen die z.B. im Wein gefundenen Kupferkonzentrationen kein gesundheitliches Problem dar, zumal eine geringe Aufnahme von Kupfer als essentielles Spurenelement für den Menschen wichtig ist (Arzberger et al., 2011). Problematisch ist dagegen die Belastung von Wein durch Rückstände synthetischer Pestizide, da diese bereits als Einzelstoffe vielfach ein chronisches Schädigungspotential aufweisen. In Weinproben wurden gleichzeitig bis zu dreizehn verschiedene Rückstände synthetischer Pestizide gefunden. Das mögliche Zusammenwirken dieser Stoffe ist bisher noch unzureichend untersucht (Smolka, 2008). Einschätzungen seitens des Bundesinstituts für Risikobewertung nahmen nur Bezug auf die für einzelne Stoffe zur Bewertung der akuten Wirkungen abgeleiteten Referenzwerte (BfR, 2008). Aus Sicht des Verbrauchers sollten die Gesamtheit der Rückstände an Pestiziden in Lebensmitteln möglichst weitestgehend gesenkt bzw. diese Stoffe ganz vermieden werden. Zum Erreichen dieses Zieles kann der Biolandbau mit dem Einsatz von Kupferpräparaten wesentlich beitragen.

5 Belastung der Böden mit Kupfer

Für eine fundierte Folgenabschätzung ist die Erfassung der aktuellen Belastung von Böden mit Kupfer erforderlich. Auf dieser Grundlage kann dann geprüft werden, wie sich bei der derzeitigen Gesetzeslage Veränderungen einzelner Faktoren (z.B. Einsatzmenge) auf die Kupferbelastung der Böden auswirken würden. Der gesetzliche Grenzwert für die Kupferbelastung der Böden im Ackerbau liegt bei 1.300 mg Cu / kg Boden (BGBL, 2012, S. 28)⁶. Daten aus dem Bericht der Deutsch-Französisch-Schweizerischen Oberrheinkonferenz (2009) belegen eine Belastung deutscher Weinböden von maximal 2.880 mg für 2009. Das kann als ein oberer Wert für die Kupferbelastung im Bio-Landbau betrachtet werden, da für den Weinanbau große Mengen von Kupfer im Vergleich zum Obst- und Kartoffelanbau eingesetzt werden. Im Mittel liegt die Belastung der Ackerbauflächen in Deutschland bei 8-42 mg Cu / kg Boden. Die große Bandbreite kommt durch die langfristige Exposition mancher Anbauflächen mit Kupfer und der Anreicherung von Kupfer in diesen Böden zustande. Die ursprüngliche Nutzung von Bordeauxbrühe⁷ begann um 1885 (BÖLW e.V. et al., 2010); ca. 100 Jahre lang wurde Kupfer in dieser und anderer Form in großen Mengen auf manche Felder ausgebracht. Über Jahrzehnte hinweg wurden stellenweise 80 kg Cu / ha und mehr ausgebracht (ca. 78 kg mehr als heute zulässig). Zuvor wurde Kupfer bereits seit 1761 zur Behandlung von Saatgut eingesetzt, um die Ausbreitung von Krankheiten dort zu verhindern (Borkow & Gabbay, 2005).

In Zahlen von 2004 und 2005 stellt sich die Anwendung von kupferhaltigen Fungiziden für verschiedene Anwendungen in Deutschland wie folgt dar:

⁶ Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 31 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist

⁷ Wässrige Suspension aus gebranntem Kalk und Kupfersulfatlösung, die erstmalig in Frankreich zum Pflanzenschutz im Weinbau eingesetzt wurde.

Tabelle 1: Abschätzung der als Pflanzenschutzmittel eingesetzten Kupfermenge in Deutschland für verschiedene Anwendungsbereiche (aus Kühne et al. (2009), S. 129)

		Ökologischer Landbau			
		Wein	Hopfen	Kartoffel	Kernobst
spez. Aufwandmenge	[kg/ ha]	2,5	4,0	2,0	3,0
Anbaufläche in 2008	ha	3.500,0 ^{*1}	80,0 ^{*2}	8.200,0 ^{*1}	2.900,0 ^{*1}
Eintragsmenge	t	8,7	0,3	16,4	8,7
Summe Ökologischer Landbau	t		34,1		
		konventioneller Landbau			
spez. Aufwandmenge	[kg/ ha]	1,3 ^{*3}	7,0 ^{*4}		1,2 ^{*5}
Anbaufläche in 2008	ha	93.900,0 ^{*1}	18.600,0 ^{*2}		30.963,0 ^{*1}
Eintragsmenge	t	122,1	130,2		37,2
Summe konventioneller Landbau	t		289,5		
Gesamtmenge	t		323,6		

^{*1} ZMP (2008)

^{*2} Hopfenforschungszentrum Hüll (mündl. Information 2008)

^{*3} NEPTUN-Erhebungen 2003 Weinbau

^{*4} NEPTUN-Erhebungen 2005 Hopfenbau

^{*5} NEPTUN-Erhebungen 2004 Obstbau

Aus Tabelle 1 geht hervor, dass im Bio-Landbau in Summe 34,1 t Kupfer eingesetzt wurden. Insgesamt wurden im Landbau in Deutschland 323,6 t eingesetzt. Die Zahl ist nicht exakt, da nicht alle Daten zur gleichen Zeit erhoben wurden (s. Legende Tabelle 1).

Wie zuvor schon erläutert haben die Boden- und Witterungsbedingungen starken Einfluss auf die Anreicherung von Kupfer im Boden. In einer auf zehn Jahre ausgelegten Freilandstudie prüft die European Copper Task Force die Effekte auf Regenwürmer und die Anreicherung von Kupfer im Boden. Im Vierjahres-Zwischenbericht konnte bei einer Einsatzmenge von 4 kg/ha keine, bei 8 kg/ha eine leichte und bei 40 kg/ha eine signifikante Steigerung des Gesamtkupfergehaltes in den behandelten Böden festgestellt werden (UBA, 2009). Der Anteil von bioverfügbarem Kupfer blieb bei den Behandlungsstufen 4 und 8 kg/ha gleich (<2 mg/kg TG⁸). Bei 40 kg/ha war vorübergehend ein Anstieg auf 2,52 mg/kg TG messbar. **Legt man diese Daten zu Grunde, so ist ein deutlicher Anstieg der Konzentrationen von bioverfügbarem Kupfer in Böden, die im Bio-Landbau bewirtschaftet werden, wenig wahrscheinlich.**

⁸ TG = Trockengewicht

6 Kupferalternativen und -minimierungsstrategien im Bio-Landbau

Bisher gibt es kein einzelnes Präparat, das Kupfer nach den Richtlinien des Bio-Landbaus vollwertig ersetzen könnte. Das gilt vergleichbar für Präparate, die im konventionellen Anbau zugelassen sind. Kupfer wird auch im konventionellen Anbau weiterhin eingesetzt, weil es einen breiten Anwendungsbereich hat und in über 100 Jahren Verwendung von Kupferpräparaten keine bekannten Resistenzen in pathogenen Mikroorganismen ausgebildet wurden.

Im Bio-Landbau wird an Bio-Fungiziden als Alternative zu Kupfer geforscht. Sie basieren auf dem Einsatz von für die Pflanze unschädlichen Mikroorganismen, die die Pflanze entweder vor Befall durch pathogene Mikroorganismen schützen oder die Pflanze stärken, indem sie z.B. die Nährstoffaufnahme optimieren. Nach der EU-Bio-Verordnung^{9,10} sind Mikroorganismen für den Bioanbau zulässig. Sie stören aber durch eigene Biomechanismen Flora und Fauna ebenfalls. Zusätzlich haben manche von ihnen potentiell weitere schädliche Eigenschaften auf Menschen und andere Lebewesen, die auf ihre mikrobielle Natur zurückzuführen sind (für Auflagen in Deutschland siehe BVL (2013)).

Die folgende Auflistung zeigt in einer Übersicht generelle Alternativen und Minimierungsstrategien zum Kupfereinsatz im Biolandbau. Diejenigen Maßnahmen, die bei Wein, beim Obst- oder Kartoffelanbau eingesetzt werden, werden in den folgenden Kapiteln 6.1 bis 6.3 nochmals aufgegriffen und dort um kulturspezifische Maßnahmen ergänzt.

Im Allgemeinen bieten sich im Bio-Landbau wie auch im konventionellen Landbau Kombinationsstrategien zur Kupferminimierung an:

- Verbesserte Prognosemodelle/Früherkennung von möglichen Infektionen
Prognosemodelle werden benutzt, um eine Primärinfektion besser vorherzusagen und so den Anwendungsstart für Kupferpräparate zu optimieren. Danach werden mit Hilfe der Prognosemodelle die Anwendungstermine und -mengen optimiert (Kontrolle der Sekundärinfektion),
- Kulturtechnische Maßnahmen wie z.B. Abtrocknung der Laubwand, die Beseitigung von Falllaub, UV-Bestrahlung der Blätter, größere Abstände zwischen Pflanzen, geeignete Applikationsverfahren für Fungizide, Pestizide und Düngemittel, etc.

⁹ EUCOM. (2009). VERORDNUNG (EG) Nr. 1107/2009 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Aufhebung der Richtlinien 79/117/EWG und 91/414/EWG des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union. Online verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0001:0050:DE:PDF>

¹⁰ EUCOM. (2011). DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) Nr. 540/2011 DER KOMMISSION vom 25. Mai 2011 zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Liste zugelassener Wirkstoffe. Amtsblatt der Europäischen Union. European Commission. Online verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:153:0001:0186:DE:PDF>

- Geeignete Nährstoffversorgung
Eine ausreichende und gut abgestimmte Nährstoffversorgung mit Spurenelementen trägt wesentlich zur Immunabwehr der Pflanze bei (Dordas, 2008). Wichtige Elemente sind hier Stickstoff, Natrium, Phosphor, Kalzium, Mangan, Zink, Bor u.a.
- Mikrobielle Antagonisten und Pflanzenstärkungsmittel
- Neue Kupfermittel mit verbesserter Formulierung (LDCC – low dose copper compounds) Die Forschung an neuen kupferhaltigen Mitteln, die den Kupfereinsatz in geringeren Konzentrationen zulassen, wird weiterhin von großer Bedeutung sein.
- Adjuvantien für den Kupfereinsatz wie z.B. Hydrogele
Im Zusammenhang mit dem vorhergehenden Punkt sind auch Adjuvantien und die Forschung an ihnen von Bedeutung. Adjuvantien sind z.B. Zusätze, die die Kupfer-effizienz steigern, indem sie eine verbesserte Haftung bzw. Regenbeständigkeit vermitteln.
- Forschung zu alternativen Naturstoffen: Hier muss weiter in den Bereichen natürlicher Fungizide und Pflanzungsstärkungsmittel geforscht werden.
Bakterien werden als Antagonisten gegen bestimmte Pathogene bei Nutzpflanzen erforscht und teilweise schon eingesetzt. Die Effektivität dieser Maßnahme über große Zeiträume ist noch nicht ganz geklärt. Nebeneffekte vor allem auf die mikrobielle Gemeinschaft im Boden können nicht ausgeschlossen werden und müssen weiter untersucht werden. Des Weiteren können bodenlebende Bakterien die Nährstoffaufnahme der Pflanzen durch die Wurzeln optimieren und so zum besseren Wachstum der Pflanzen beitragen. Auch hier muss die Forschung bezüglich der Folgen für die Bakteriengemeinschaften im Boden weiter untersucht werden.
- Resistenzinduktion/Züchtungsforschung
Die Zucht von pilzresistenten Nutzpflanzen ist eine Langzeitmaßnahme, die signifikant zur Senkung des Kupfereinsatzes im Bio-Landbau beitragen kann. Pilzwiderstandsfähige Sorten sind jedoch meist nur gegenüber spezifischen Pilzen resistent und müssen ggf. mit Fungiziden gegen weitere Pilze geschützt werden.

6.1 Alternative Maßnahmen im Weinbau

Im Weinbau werden Kombinationsstrategien zur Kupferminimierung eingesetzt. In Annex 2, Tabelle 3 sind die in Deutschland zugelassenen kupferhaltigen Produkte angegeben. Ein wichtiger Bestandteil davon sind Prognosemodelle für Primär-, Sekundär- und Bodeninfektionen. Bei frühzeitiger Kenntnis kann präventiv mit einer deutlich geringeren Kupfermenge gearbeitet werden als maximal erlaubt ist (50-300 g Cu/ha und Behandlung). Eine weitere Möglichkeit stellt die Einbindung von Kupfer in biologische Polymergele dar. Die Hydrogele sorgen dafür, dass das Kupfer an der Oberfläche der Pflanze verbleibt und

weniger leicht abgewaschen werden kann. Dadurch könnten sich die notwendige Einsatzmenge und die Einsatzhäufigkeit vermindern. In Kombination mit alternativen Produkten wie z.B. anorganischen Salzen der phosphorigen Säure, Aminosäure- und Algenpräparaten besteht die Hoffnung auf noch weitergehende Senkung der eingesetzten Kupfermenge. Sie tragen weitgehend zur Stärkung der Pflanzen bei und senken dadurch die Befallswahrscheinlichkeit. Der Einsatz von sauren Tonerden wird ebenfalls als Möglichkeit zur Senkung des Kupferbedarfs erforscht (BÖLW e.V. et al., 2010).

Kulturtechnische Maßnahmen wie die bessere Abtrocknung der Laubwand sowie Entblätterungsmaßnahmen zählen ebenfalls zu den präventiven und befallsmindernden Maßnahmen. In Kombination damit wird auch die Anwendung von UV-Bestrahlungen der Rebstöcke untersucht (Berkelmann-Löhnertz et al., 2011). Die Stärkung der Pflanzen ist ein weiterer wichtiger Bestandteil von Kupferminimierungsstrategien und stellt für die Weinreben eine Art „Hilfe zur Selbsthilfe“ dar. Pflanzenstärkung kann durch geeignete Düngung (auch Blattdüngung mit Löschkalk) erreicht werden. Die Effizienz dieses Prozesses muss aber noch weiter untersucht werden.

Mittelfristig muss weiter an der Entwicklung von Pflanzenextrakten und mikrobiellen Antagonisten (ebenfalls Pflanzenstärkungsmittel) mit guter Wirkung gegenüber *Peronospora* (Falscher Mehltau) sowie Roter Brenner und Schwarzfäule (häufige Pilzkrankungen im Weinbau) als kupferergänzende Alternative gearbeitet werden.

Die aufwendigste Komponente von Kupferminimierungsstrategien ist der Anbau und die Vermarktung pilzwiderstandsfähiger Rebsorten. Obwohl es einige Rebsorten gibt, die gegen manche Pilzsorten resistent sind, ist ihr erfolgreicher Anbau weiterhin abhängig von der Art der vor Ort zu erwartenden Pilzinfektion, der Anbau- und der Vermarktungslage. Die Zucht von widerstandsfähigen Pflanzen ist generell sehr zeitaufwendig und kostspielig. Viele der gängigen Rebsorten sind nicht durch Resistenzeigenschaften selektiert worden, da in der Vergangenheit Fungizide freizügig eingesetzt werden konnten.

Laut Wilbois et al. (2009) sind die meisten Kupferersatzstrategien alleine und vor allem ohne Kupfer nicht effektiv genug. Das Potential zur Minderung von Kupfereinsatz ist in hohem Maße abhängig von Standort und Witterung.

6.2 Alternative Maßnahmen im Obstbau

Im Bio-Obstanbau sind die Kupferpräparate Cuprozin WP und Cueva zugelassen. Cuprozin WP ist für die Indikation Kern- und Obstbaumkrebs zugelassen. Gegen den Befall durch andere Pilze steht derzeit nur Cueva zur Verfügung. Cueva wird allerdings auch als phytotoxisch eingestuft und wird daher nicht zur großflächigen Verwendung empfohlen.

Um die Einsatzmenge von Kupfer zu reduzieren und den Befallsdruck zu mindern, hat sich die Beseitigung von Falllaub als hilfreich erwiesen. In Kombination damit werden neue Kupferpräparate entwickelt, die eine geringere Konzentration von Kupfer beinhalten. Die

Anwendung von Kupferalternativen wird intensiv in den Niederlanden erforscht, wo der Kupfereinsatz für den Apfelanbau verboten ist. Hier wurde zwischen 2007 und 2009 intensiv an kupferfreiem Apfelanbau geforscht (Trapman, 2010). Es zeigt sich, dass Anbau in diesen Jahren ohne Kupfer möglich war, dass aber häufige Ausbringungen von Kaliumkarbonat und Schwefel notwendig waren.

Wie auch beim Weinbau wird intensiv an der Entwicklung resistenter Arten geforscht. Durch das sehr große Spektrum an möglichen Pilzkrankheiten ist der Einsatz resistenter Arten allein bisher jedoch nicht erfolgreich (Wilbois et al., 2009).

6.3 Alternative Maßnahmen im Kartoffelbau

Beim ökologischen Anbau von Kartoffeln muss bei der Berechnung der ausgebrachten Menge Kupfer pro Hektar und Jahr die Fruchtfolge mit berücksichtigt werden. Im Gegensatz zu Wein- und Obstbau werden Kartoffeln auf einer gegebenen Fläche nur alle 4-5 Jahre angebaut. Abhängig davon wie die Flächen anderweitig genutzt werden, lässt sich die Kupfermenge, die in dem Jahr des Kartoffelanbaus auf einer gegebenen Fläche eingesetzt wurde, mit einem Faktor versehen, der die Kupfermenge auf einen 4-5 Jahreszeitraum gesehen stark vermindert. Generell zeigt sich bei Kartoffeln auch, dass eine gute Nährstoffversorgung maßgeblich zur Gesundheit der Pflanzen beiträgt und den notwendigen Kupfereinsatz verringert. Des Weiteren sind Kartoffeln wesentlich weniger anfällig für Pilzbefall, wenn die Saat vorgekeimt kann und als Setzlinge auf das Feld gebracht wird. Wie auch bei dem ökologischen Wein- und Obstbau kann die Sortenwahl den Befallsdruck mindern. (Wilbois et al., 2009)

Die Ernteaufträge beim Verzicht auf den Einsatz von kupferhaltigen Präparaten sind nicht so hoch wie z.B. beim Weinbau und werden von Betrieben des Demeter Verbandes hingenommen (Demeter e.V., 2008, 2009).

Bevor es zum Pilzbefall kommt, können anbautechnische Maßnahmen zur Vorbeugung eingesetzt werden. Dazu gehört zum Beispiel die breitere Streuung des Saatguts, um so eine ausreichende Trocknung des Blattwerkes durch den Wind zu gewährleisten. Der damit einhergehende Ertragsverlust für die Landwirte muss kritisch gegen die Verluste durch Pilzbefall bei engerer Bepflanzung aufgewogen werden.

7 Schlussfolgerungen

Derzeit existiert weder ein einzelner Wirkstoff noch eine Kombination von Wirkstoffen, die das Wirkungsspektrum von Kupfer mit ähnlich niedrigen Einsatzmengen nachbilden können. Das liegt nicht nur an der Breitbandeffizienz von Kupfer, sondern auch an der Tatsache, dass bisher keine Resistenzen gegen Kupfer bei den bekämpften Pflanzenpathogenen festgestellt werden konnten. In den ca. 100 Jahren, seit denen Kupfer eingesetzt wird, ist bei den Pflanzenpathogenen noch keine Resistenz oder Resistenzentwicklung dokumentiert worden. Auch im konventionellen Landbau wird Kupfer weiter als Wirkstoff verwendet, um mögliche Resistenzen bei Pilzen und Mikroorganismen zu verhindern oder zu umgehen.

Durch die Klimaveränderung zeigt sich zunehmend, dass Pflanzenpathogene aus wärmeren Gebieten auch in unseren Breiten mehr und mehr Ausbreitungsräume finden. Die derzeit laufenden Resistenzzüchtungen sind mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht gegenüber neuen Pflanzenpathogenen widerstandsfähig. Vor diesem Hintergrund ist die Möglichkeit eines Kupfereinsatzes perspektivisch wichtig, um die Ernte zu schützen und eventuell eine schnelle Verbreitung von neuen Phytopathogenen zu verhindern.

Bei Bodenmikroorganismen in kupferbehandelten Böden sind dagegen Kupfertoleranzen und -resistenzen zu beobachten. Hier wurden erhöhte Kupfertoleranzen, Verschiebungen von Populationszusammensetzungen und Resistenzen gegenüber Antibiotika als Konsequenzen der Kupferexposition gemessen. Die langfristigen Konsequenzen dieses Selektionsdrucks auf die Diversität und Zusammensetzung der bodenlebenden Mikroorganismen sind im Rahmen dieser Studie nicht abschätzbar.

In Deutschland ist der Kupfereinsatz im Bio-Landbau auf Werte unterhalb der von der EU tolerierten Maximalwerte beschränkt. Werden diese eingehalten, so ist eine wesentliche Zunahme der Kupferkonzentration in den meisten Böden nicht zu erwarten. Diese Aussage kann aus der betrachteten Literatur gezogen werden, bedarf aber noch weiterer Forschung. Die Auswaschung aus dem Boden in Gewässer bleibt allerdings auch weiterhin problematisch. Weltweit wird an Vermeidungs- und Minimierungsstrategien für den Kupfereinsatz gearbeitet. In allen drei untersuchten Anbausituationen (Wein, Obst, Kartoffeln) bestehen umfangreiche Möglichkeiten, den Kupfereinsatz zu minimieren. Für den Kartoffelanbau kann möglicherweise vollständig auf Kupfer verzichtet werden. Es war im Rahmen dieses Projektes nicht möglich, aus den gefundenen Einzeldaten heraus die wirtschaftlichen Auswirkungen eines Verzichtes auf Kupfer im Kartoffelanbau in Deutschland oder in der EU abzuschätzen. Weitere Forschung ist notwendig, um festzustellen, ob die Ernteeinbußen und die damit einhergehenden Effekte wie erhöhter Flächenbedarf und Wetterabhängigkeit für die Grundversorgung tragbar sind.

Für die Kupferminimierung ist immer eine Kombination von Maßnahmen erforderlich. Die Höhe des möglichen Kupferverzichtes hängt zum Teil auch von geographischen und meteorologischen Bedingungen ab. Diese sind jahresspezifisch und deswegen schlecht

planbar. Ein wichtiger Bestandteil jeder Kupferminimierungsstrategie muss der horizontale Wissens- und Erfahrungstransfer zwischen Anwendern und Forschungseinrichtungen sein. Neue Technologien wie z.B. die UV-Behandlung von Pflanzen, die Formulierung von neuen kupferärmeren Präparaten und die Verwendung von Adjuvantien müssen in der Praxis erprobt und die Erfahrungen kommuniziert werden.

Wie in Kapitel 3 dargestellt wurde, stellt die Debatte um das Kupferverbot einen wesentlichen Unsicherheitsfaktor in der Wirtschaftlichkeitsprognose von Bio-Landbaubetrieben dar. Die Zahl der Landwirte, die den Bio-Landbau jährlich zugunsten des konventionellen Anbaus verlassen, kompensiert ungefähr die Hälfte der potentiellen Zuwächse zum Bio-Landbau in Deutschland. Trotz der Diskussion um die Konsequenzen des Kupfereinsatzes muss bedacht werden, dass die Alternative zum Kupfereinsatz in vielen Fällen die Rückkehr zum konventionellen Anbau bedeuten könnte, mit allen Konsequenzen, die sich durch den Einsatz synthetischer Pflanzenschutzmittel ergeben (s. Annex 2, Tabelle 3 (S. 26 ff.) und Annex 3, Tabelle 4 (S. 31)).

Im Kapitel 4 wurde dargestellt, dass die anstelle von Kupfer eingesetzten synthetischen Fungizide in vielen Fällen für den Menschen problematische Eigenschaften haben. Langzeitschädigungen auch durch kleine Mengen können nicht ausgeschlossen werden. Bei der Bewertung der regelmäßig in Wein gefundenen Pestizidrückstände kann nicht nur die Konzentration eines einzelnen Wirkstoffes mit Vergleichswerten zur Wirkung verglichen werden. Wie oben dargestellt, werden in der Regel in konventionellen Weinen und auch in anderen konventionell produzierten Nahrungsmitteln gleichzeitig Rückstände mehrerer Pestizide gefunden. Dies führt zu einer Gesamtbelastung des Verbrauchers, die derzeit toxikologisch noch gar nicht beurteilt werden kann.

Kupfer in kleinen Mengen ist für den Menschen gesundheitlich unbedenklich. Durch den bewussten Verzicht auf den Einsatz synthetischer Pestizide kann daher der Biolandbau einen wichtigen Beitrag zur Senkung der Pestizidbelastung des Verbrauchers erfolgen. Verglichen mit dem Pestizideinsatz ist Kupfer daher die ökologisch und humantoxikologisch verträglichere Alternative. Allerdings sollte aufgrund der ökotoxikologischen Wirkung und der Persistenz von Kupfer der Kupfereinsatz möglichst verringert werden.

8 Handlungsempfehlungen

Vor dem Hintergrund der hier zusammengetragenen Daten scheint ein kategorisches Verbot von Kupfer im Bio-Landbau nicht zielführend. Im Vergleich zum konventionellen Landbau wird nicht nur komplett auf den Einsatz synthetischer Pflanzenschutzmittel verzichtet, sondern auch insgesamt deutlich weniger Kupfer ausgebracht. Betriebe vom Bio-Landbau in den konventionellen Landbau zurückzudrängen, indem die Wirtschaftlichkeit ihrer Anbauform angegriffen wird, ohne dass eine praktikable Alternative aufgezeigt wird, schadet dem Trend zu mehr Bio-Landbau in Deutschland.

Wir empfehlen im Folgenden vier Ansätze, um auf Verbandsebene die Vorteile des Kupfer-Einsatzes im Bio-Landbau zu nutzen und gleichzeitig die mit ihm verbundenen problematischen Auswirkungen zu vermindern.

- Bestehende Aktivitäten zur Entwicklung und Umsetzung alternativer Maßnahmen sollten aktiv unterstützt, begleitet und ausgebaut werden. Dies bedeutet praxisorientierte Forschung und einen intensiven Informationsaustausch zwischen Anwendern und Forschern.
- Möglichkeiten zur Verringerung der derzeitigen Kupfer-Einsatzmengen sollten genutzt werden. Grundlage einer freiwilligen Kupferminimierungs-Strategie sind Mengenübersichten zu einzelnen Anbaugebieten. Sie sind zu verbinden mit Abschätzungen zu mittel- und langfristigen Minimierungsmöglichkeiten. Hieraus können quantitative Zielvorgaben entwickelt werden. Es ist hierbei offensichtlich, dass die Minderungsmöglichkeiten je nach Anbaufläche und Nutzungsmöglichkeiten unterschiedlich sein werden. Sinnvoll ist in diesem Zusammenhang die Erstellung eines Katasters der Anwendungsflächen und der in ihnen eingesetzten Kupfermengen. Im Kataster kann auch überprüft werden, welcher Teil der Einsatzflächen in ökologisch empfindlichen Gebieten liegt. Dies kann Schwerpunktsetzungen für Minimierungsmaßnahmen erleichtern.
- Eine Kupferminimierungsstrategie setzt sich aus einem Bündel von anbau-, regions- und witterungsspezifischen Maßnahmen zusammen. Intensiver Erfahrungsaustausch und die konsequente Einführung von neuen, fundiert erprobten Technologien scheint der schnellste Weg den Einsatz von Kupfer im Bio-Landbau weiter einzudämmen. Das regelmäßige Angebot von zielgruppenspezifisch aufgearbeiteten Fortbildungen sowie der regelmäßige Besuch dieser Fortbildungen sind daher von großer Bedeutung und sollten eventuell an die langfristige, individuelle Genehmigung zur Nutzung von Kupfer auf den eigenen Anbauflächen gekoppelt sein.
- In der öffentlichen Diskussion können die Vorteile für den Verbraucher dargestellt werden, wenn auf den Einsatz synthetischer Pestizide verzichtet wird. Diese liegen insbesondere in der Vermeidung der Aufnahme einer Mischung von Wirkstoff-Rückständen, die derzeit humantoxikologisch nicht abschließend beurteilt werden

können. Bei dieser Darstellung sollten auch die bestehenden Problematiken des Kupfereinsatzes für die Belastung der Böden dargestellt werden. Hier könnte dann auch freiwillige Maßnahmen zur Verringerung dieser Belastungen eingegangen werden.

- Das Auftreten von Gemischen von Pestizidrückständen bei Wein, Kartoffeln und Obst ist vielfach belegt. Durch experimentelle Untersuchungen zur Öko- und Humantoxizität der hier auftretenden Stoffgemische kann geprüft werden, ob und in welchem Umfang zusätzliche Schädwirkungen durch die gleichzeitige Belastung mit mehreren Stoffen zu erwarten sind. Bei diesen Untersuchungen sollten möglichst bestehende in-vitro-Tests verwendet werden, bei denen keine Tiere eingesetzt werden.

Ausgangspunkt dieser Maßnahmen ist, dass der Biolandbau von sich aus aktiv versuchen sollte, möglichst weitestgehend auf den Einsatz von Kupfer zu verzichten, ohne stattdessen auf synthetische Pestizide zurückgreifen zu müssen.

9 Referenzen

- AGES (2012). *Kupfer als Pflanzenschutzmittel – Strategie für einen nachhaltigen und umweltschonenden Einsatz*. (M. E. Berger, G. Dersch, A. Dellantonio, O. Duboc, K. Manner, B. Möbes-Hansen, & M. Stemmer, Eds.). BMLFUW. Online verfügbar unter: https://www.dafne.at/prod/dafne_plus_common/attachment_download/5823f55c5b09079fdb5f53763cc1d46a/Abschlussbericht_CuCSM__2012.pdf
- Arzberger, U., Godelmann, R. & Rupp, M. (2011). Metallgehalte in Drittlandweinen. Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Stuttgart, Online verfügbar unter <http://www.cvuas.de/pub/beitrag.asp?subid=1&ID=1431>. Eingesehen am 18. September 2014
- Bebber, D. P., Ramotowski, M. A. T. & Gurr, S. J. (2013). *Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. Nature Climate Change, advance on*. Nature Publishing Group. doi:10.1038/NCLIMATE1990
- Berg, J., Tom-Petersen, a & Nybroe, O. (2005). *Copper amendment of agricultural soil selects for bacterial antibiotic resistance in the field. Letters in applied microbiology*, 40(2), 146–51. doi:10.1111/j.1472-765X.2004.01650.x
- Berkelmann-Löhnertz, B., Klärner, S., Baus, O., Herrmann, G., Flemming, B., Keicher, R., Schwarz, H., et al. (2011). *Kupferreduzierung und Kupfersubstitution im Weinbau - zum Stand der Dinge aus Sicht der Forschung*. Online verfügbar unter: <http://pub.jki.bund.de/index.php/BerichteJKI/article/view/1893/2233>
- BfR 2008: Analysenergebnisse von PAN Europe: BfR sieht keine gesundheitlichen Risiken durch die nachgewiesenen Pestizid-Rückstände in Wein. Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin. Stellungnahme Nr. 012/2008 des BfR vom 27. März 2008
- BGBL (2012). *Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999*. Deutschland. Online verfügbar unter: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bbodschv/gesamt.pdf>
- BMELV (2013a). *Ökologischer Landbau - EU-Rechtsvorschriften für den ökologischen Landbau. Homepage*. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Zugriff am: 06.10.2013, Online verfügbar unter: <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Oekolandbau/EG-Oeko-VerordnungFolgerecht.html>
- BMELV (2013b). *Ökologischer Landbau in Deutschland*. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Zugriff am: 23.10.2013, Online verfügbar unter: http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Oekolandbau/OekologischerLandbauDeutschland.html;jsessionid=8C9FB26CDF4CC64428D36B498877CCFB.2_cid296#doc377838bodyText8
- BÖLW (2013). *Zahlen, Daten, Fakten - Die Bio-Branche 2013*. Online verfügbar unter: http://www.boelw.de/uploads/media/pdf/Dokumentation/Zahlen__Daten__Fakten/ZDF_2013_Endversion_01.pdf
- BÖLW e.V., Bioland e.V., Demeter e.V., ECOVIN e.V., Gäa e.V. & Naturland e.V. (2010). *Strategiepapier zu Kupfer als Pflanzenschutzmittel unter besonderer Berücksichtigung*

des Ökologischen Landbaus. Online verfügbar unter:

http://kupfer.jki.bund.de/dokumente/upload/80547_kupfer_strategiepapier_juli_2010.pdf

- Borkow, G. & Gabbay, J. (2005). *Copper as a biocidal tool. Current medicinal chemistry*, 12(18), 2163–75. Online verfügbar unter:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16101497>
- Bravin, M. N., Tentscher, P., Rose, J. & Hinsinger, P. (2009). *Rhizosphere pH gradient controls copper availability in a strongly acidic soil. Environmental science & technology*, 43(15), 5686–91. Online verfügbar unter:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19731663>
- BVL (2013). *Verzeichnis zugelassener Pflanzenschutzmittel*. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Zugriff am: 11.10.2013, Online verfügbar unter: <https://portal.bvl.bund.de/psm/jsp/>
- Chaignon, V., Quesnoit, M. & Hinsinger, P. (2009). *Copper availability and bioavailability are controlled by rhizosphere pH in rape grown in an acidic Cu-contaminated soil. Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)*, 157(12), 3363–9. doi:10.1016/j.envpol.2009.06.032
- Demeter e.V. (2008). *Demeter-Kartoffelernte braucht keinen Kupfereinsatz*. Zugriff am: 14.10.2013, Online verfügbar unter: <http://www.demeter.de/presse/demeter-gute-kartoffelernte-auch-ohne-kupfereinsatz>
- Demeter e.V. (2009). *Demeter: Gute Kartoffelernte auch ohne Kupfereinsatz*. Zugriff am: 14.10.2013, Online verfügbar unter: <http://www.demeter.de/presse/demeter-gute-kartoffelernte-auch-ohne-kupfereinsatz-0>
- Deutsch-Französisch-Schweizerische Oberrheinkonferenz. (2009). *Belastung von Böden in Reblagen durch Kupfer*.
- Didden, W. & Römbke, J. (2001). *Enchytraeids as indicator organisms for chemical stress in terrestrial ecosystems. Ecotoxicology and environmental safety*, 50(1), 25–43. doi:10.1006/eesa.2001.2075
- Dordas, C. (2008). *Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review*. (E. Lichtfouse, M. Navarrete, P. Debaeke, S. Véronique, & C. Alberola, Eds.) *Agronomy for Sustainable Development*, 28(1), 33–46. Dordrecht: Springer Netherlands. doi:10.1051/agro:2007051
- EUCOM (2008). *VERORDNUNG (EG) Nr. 889/2008 DER KOMMISSION vom 5. September 2008 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/ biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsic. Amtsblatt der Europäischen Union*. Online verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008R0889:DE:NOT>
- EUCOM (2009). *VERORDNUNG (EG) Nr. 1107/2009 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Aufhebung der Richtlinien 79/117/EWG und 91/414/EWG des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union*. Online verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0001:0050:DE:PDF>

- Flemming, C. A. & Trevors, J. T. (1989). *Copper toxicity and chemistry in the environment: a review*. *Water, Air, and Soil Pollution*, 44(1-2), 143–158. Online verfügbar unter: <http://link.springer.com/10.1007/BF00228784>
- Hoang, T. C., Pryor, R. L., Rand, G. M. & Frakes, R. a. (2011). *Bioaccumulation and toxicity of copper in outdoor freshwater microcosms*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 74(4), 1011–20. Elsevier. doi:10.1016/j.ecoenv.2011.01.015
- Kiaune, L. & Singhasemanon, N. (2011). *Pesticidal copper (I) oxide: environmental fate and aquatic toxicity*. *Reviews of environmental contamination and toxicology*, 213, 1–26. Online verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21541846>
- Kühne, S., Strassemeyer, J. & Roßberg, D. (2009). *Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel in Deutschland*. *Journal für Kulturpflanzen*, 61(4), 126–130. Online verfügbar unter: <http://www.ulmer-journals.de/ojs/index.php/jfk/article/download/57/65>
- Kuhnert, H., Behrens, G., Hamm, U., Müller, H., Nieberg, H., Sanders, J. & Strohm, R. (2013). *Ausstiege aus dem ökologischen Landbau: Umfang - Gründe - Handlungsoptionen*. *Thünen Report 3*. Braunschweig: vTI. doi:10.3220/REP_3_2013
- Linsenmeier, A., Lehnart, R., Löhnertz, O. & Michel, H. (2010). *Investigation of grapevine root distribution by in situ minirhizotron observation*. *Vitis*, 49(1), 1–6. Online verfügbar unter: http://www.vitis-vea.de/admin/volltext/W0_10_269.pdf
- Lukkari, T., Aatsinki, M., Väisänen, A. & Haimi, J. (2005). *Toxicity of copper and zinc assessed with three different earthworm tests*. *Applied Soil Ecology*, 30(2), 133–146. Online verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139305000375>
- Nye, P. H. (1981). *Changes of pH across the rhizosphere induced by roots*. *Plant and Soil*, 61(1-2), 7–26. doi:10.1007/BF02277359
- PAN (2008). *Pestizide im Wein*. Pestizid Aktions-Netzwerk e.V. Germany. Zugriff am: 23.03.2014, Online verfügbar unter: <http://www.pan-germany.org/deu/~news-742.html>
- Provenzano, M. R., El Bilali, H., Simeone, V., Baser, N., Mondelli, D. & Cesari, G. (2010). *Copper contents in grapes and wines from a Mediterranean organic vineyard*. *Food Chemistry*, 122(4), 1338–1343. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.foodchem.2010.03.103
- Ribolzi, O., Valles, V., Gomez, L. & Voltz, M. (2002). *Speciation and origin of particulate copper in runoff water from a Mediterranean vineyard catchment*. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)*, 117(2), 261–71. Online verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11916040>
- Ruyters, S., Salaets, P., Oorts, K. & Smolders, E. (2013). *Copper toxicity in soils under established vineyards in Europe: a survey*. *The Science of the total environment*, 443, 470–7. Elsevier B.V. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.11.001
- Sanders, J., Offermann, F. & Nieberg, H. (2012). *Wirtschaftlichkeit des ökologischen Landbaus in Deutschland unter veränderten agrarpolitischen Rahmenbedingungen*. Braunschweig: vTI. Online verfügbar unter: <http://d-nb.info/1027302890>
- Smolka, S. 2008: *Pestizide im Wein*. Pestizid-Aktions-Netzwerk, 2008. <http://www.pan-germany.org/deu/~news-742.html>

- Solomon, F. (2009). *Impacts of copper on aquatic ecosystems and human health. Mining.com Magazine*, (January), 25–28. Online verfügbar unter: <https://yukonwaterboard.ca/registers/quartz/qz08-084/Volumes 9-11/5.0/5.2.1.pdf>
- Steindl, A., Strumpf, T. & Riepert, F. (2011). *Kupfer-und andere Schwermetalle in Hopfen- und Weinbergsböden und ihre Auswirkungen auf die Bodenzönose. Julius-Kühn-Archiv*, 9–14. Online verfügbar unter: <http://pub.jki.bund.de/index.php/JKA/article/viewArticle/1439>
- Trapman, M. (2010). *Copper free production of organic Elstar apples : three years experience in The Netherlands. 14th International Conference on Organic Fruit-Growing* (pp. 61–69). Hohenheim: FÖKO- Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. Online verfügbar unter: http://www.ecofruit.net/2010/8_RP_M_Trapman_S61bis69.pdf
- UBA (2009). *Texte 10/2009: Einsatz von Kupfer als Pflanzenschutzmittel-Wirkstoff: Ökologische Auswirkungen der Akkumulation von Kupfer im Boden.* (S. Jänsch & J. Römbke, Eds.). Umweltbundesamt. Online verfügbar unter: www.umweltbundesamt.de
- UBA (2013). *Rigoletto - Wassergefährdende Stoffe.* Umweltbundesamt. Zugriff am: 19.08.2013, Online verfügbar unter: <http://webrigoletto.uba.de/rigoletto/public/search.do;jsessionid=DF7C910E5B32C09C033B93EFAA8B3D96>
- University of Herfordshire (2013). *Pesticide Properties DataBase.* University of Herfordshire. Zugriff am: 29.10.2013, Online verfügbar unter: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>
- Wilbois, K., Kauer, R., Fader, B., Kienzle, J., Haug, P., Fritsche-Martin, A., Drescher, N., et al. (2009). *Kupfer als Pflanzenschutzmittel unter besonderer Berücksichtigung des Ökologischen Landbaus. Journal für Kulturpflanzen*, 61(4). Online verfügbar unter: <http://www.ulmer.de/Kupfer-als-Pflanzenschutzmittel-unter-besonderer-Beruecksichtigung-des-Oekologischen-Landbaus,QUIEPTk2ODE2MSZNSUQ9NTYxODMmQVJPT1Q9ODgzNzUmVEVNUF9NQUIOPVNjaWVudGlmaWNzX1BvcnRyYWl0Lmh0bQ.html>

Annex 1: Kupferhaltige Produkte auf dem deutschen Markt

Tabelle 2: Produktnamen, Lizenzinhaber, Wirkstoffe, Konzentrationen und Anwendungsgebiete innerhalb des Biolandbaus von Kupferpräparaten in Deutschland.¹¹

Produktname	Vertriebsfirma	Lizenzinhaber	Wirkstoff	Konzentration	A	O	W
Atempo Kupfer-Pilzfrei	W. Neudorff GmbH KG	Nufarm Deutschland GmbH	Kupferoktanoat	100 g/l	X	X	X
Bayer Garten-Kupferkalk	Bayer CropScience	Nufarm Deutschland GmbH	Kupferoxichlorid	756 g/kg		X	
Cueva	Nufarm Deutschland GmbH	Nufarm Deutschland GmbH	Kupferoktanoat	100 g/l	X	X	X
Cueva Pilzfrei	W. Neudorff GmbH KG	Nufarm Deutschland GmbH	Kupferoktanoat	100 g/l	X	X	X
Cueva Wein-Pilzfrei	Nufarm Deutschland GmbH	Nufarm Deutschland GmbH	Kupferoktanoat	100 g/l	X	X	X
Cuproxtat	Nufarm Deutschland GmbH	Nufarm Deutschland GmbH	Kupfersulfat, basisch	345 g/l			X
Cuprozin flüssig	Spiess-Urania Chemicals	Spiess-Urania Chemicals	Kupferhydroxid	460.6 g/l	X	X	X
Cuprozin Progress	Spiess-Urania Chemicals	Spiess-Urania Chemicals	Kupferhydroxid	383 g/l	X	X	X
Cuprozin WP	Spiess-Urania Chemicals	Spiess-Urania Chemicals	Kupferhydroxid	691 g/kg	X	X	
Funguran	Spiess-Urania Chemicals	Spiess-Urania Chemicals	Kupferoxichlorid	756 g/kg	X	X	
Funguran Progress	Spiess-Urania Chemicals	Spiess-Urania Chemicals	Kupferhydroxid	537 g/kg	X	X	X
Universal Pilz-Frei Kupfer-Konz. 45	Spiess-Urania Chemicals	Spiess-Urania Chemicals	Kupferoxichlorid	756 g/kg		X	

A: Ackerbau

O: Obstbau

W: Weinbau

Zulassung endete im September 2013

¹¹ <https://portal.bvl.bund.de/psm/jsp/> 10.09.13

Annex 2: In Deutschland zugelassene Fungizide für den Bio-Landbau und den konventionellen Landbau

Tabelle 3: In Deutschland zugelassenen Fungizide mit Zulassungsnummer und Zulassungsende für die Anbauarten mit hauptsächlichem Kupferbedarf im Bio-Landbau (BVL, 2013)

Rot unterlegt sind diejenigen Kupferalternativen, die für alle drei Anbauarten zugelassen sind. Grau unterlegt sind die Kupferpräparate die im Bio-Landbau zugelassen sind.

Handelsbezeichnung	Zul.-Nr.	Zul.-Ende	Wirkstoff	Hopfen	Obst	Wein
AQ 10 WG	006391-00	31.03.2015	Ampelomyces quisqualis Stamm AQ 10		x	
COMPO Ortiva Rosen Pilz-frei	024560-67	31.12.2020	Azoxystrobin	x	x	
COMPO Ortiva Rosen-Pilzschutz	024560-65	31.12.2020	Azoxystrobin	x	x	
COMPO Ortiva Spezial Pilz-frei	024560-72	31.12.2020	Azoxystrobin	x	x	
COMPO Ortiva Universal Pilz-frei	024560-68	31.12.2020	Azoxystrobin	x	x	
Detia Pflanzen Pilz-frei	024560-70	31.12.2020	Azoxystrobin	x	x	
Fungisan Gemüse-Pilzfrei	024560-63	31.12.2020	Azoxystrobin	x	x	
Fungisan Rosen- und Gemüse-Pilzfrei	024560-69	31.12.2020	Azoxystrobin	x	x	
Fungisan Rosen-Pilzfrei	024560-61	31.12.2020	Azoxystrobin	x	x	
Gemüse-Pilzfrei Saprol	024560-66	31.12.2020	Azoxystrobin	x	x	
Ortiva	024560-00	31.12.2020	Azoxystrobin	x	x	
Ortiva Pilz-frei	024560-71	31.12.2020	Azoxystrobin	x	x	
Rosen Pilz-Frei Boccacio	024560-62	31.12.2020	Azoxystrobin	x	x	
Rosen- und Gemüse-Pilzfrei Rospin	024560-64	31.12.2020	Azoxystrobin	x	x	
Rosen-Pilzfrei Saprol	024560-60	31.12.2020	Azoxystrobin	x	x	
Cantus	025180-00	31.12.2018	Boscalid			x
Malvin WG	005177-00	31.12.2017	Captan		x	
Merpan 80 WDG	004519-00	31.12.2013	Captan		x	
Consist Plus	006335-00	31.12.2019	Captan + Trifloxystrobin		x	
Mildicut	005159-00	31.12.2014	Cyazofamid			x
Vegas	025609-00	31.12.2020	Cyflufenamid		x	x

<u>Handelsbezeichnung</u>	<u>Zul.-Nr.</u>	<u>Zul.-Ende</u>	<u>Wirkstoff</u>	<u>Hopfen</u>	<u>Obst</u>	<u>Wein</u>
EQUATION PRO	024610-00	31.12.2014	Cymoxanil + Famoxadone			x
CHORUS	024411-00	31.12.2019	Cyprodinil		x	
Duaxo Rosen Pilz-frei	006300-61	31.12.2019	Difenoconazol		x	
Duaxo Universal Pilz-frei	006300-60	31.12.2019	Difenoconazol		x	
Duaxo Universal Pilzspritzmittel	006300-00	31.12.2019	Difenoconazol		x	
SCORE	024353-00	31.12.2020	Difenoconazol		x	
DYNALI	007501-00	31.12.2019	Difenoconazol + Cyflufenamid			x
Forum	034315-00	31.12.2018	Dimethomorph	x		
Delan WG	004424-00	31.12.2014	Dithianon	x	x	x
Aktuan	033317-00	31.12.2018	Dithianon + Cymoxanil	x		x
Aktuan Gold	006393-60	31.12.2018	Dithianon + Dimethomorph			x
Forum Gold	006393-00	31.12.2018	Dithianon + Dimethomorph			x
Maccani	006459-00	31.12.2021	Dithianon + Pyraclostrobin		x	
SYLLIT	005427-00	31.12.2017	Dodin		x	
Bayer Garten Obst-Pilzfrei Teldor	007362-60	31.12.2021	Fenhexamid		x	x
Monizin Obst Pilz-Frei	007362-61	31.12.2021	Fenhexamid		x	x
Teldor	007362-00	31.12.2021	Fenhexamid		x	x
Erdbeerspritzmittel Botrysan	024419-60	31.01.2014	Fludioxonil + Cyprodinil		x	x
SWITCH	024419-00	31.01.2014	Fludioxonil + Cyprodinil		x	x
Luna Privilege	006722-00	29.03.2015	Fluopyram			x
FOLPAN 500 SC	024256-00	31.12.2022	Folpet			x
Folpan 80 WDG	024459-00	31.12.2022	Folpet			x
Sanvino	006501-00	31.05.2014	Folpet + Amisulbrom			x
UNIVERSALIS	005491-00	31.12.2016	Folpet + Azoxystrobin			x
Fantic F	006260-00	31.10.2013	Folpet + Benalaxyl-M			x
VINCARE	005669-00	31.12.2019	Folpet + Bentiavalicarb			x
GALACTICO	006211-00	31.12.2018	Folpet + Cymoxanil + Famoxadone			x
Forum Star	024575-00	31.12.2022	Folpet + Dimethomorph			x

<u>Handelsbezeichnung</u>	<u>Zul.-Nr.</u>	<u>Zul.-Ende</u>	<u>Wirkstoff</u>	<u>Hopfen</u>	<u>Obst</u>	<u>Wein</u>
VinoStar	006947-00	31.12.2022	Folpet + Dimethomorph			x
Melody Combi	005215-00	31.12.2014	Folpet + Iprovalicarb			x
PERGADO	006714-00	06.06.2014	Folpet + Mandipropamid			x
Ridomil Gold Combi	024548-00	30.12.2014	Folpet + Metalaxyl-M			x
Aliette WG	043099-00	31.12.2015	Fosetyl	x		
Bayer Garten Spezial-Pilzfrei	043099-62	31.12.2015	Fosetyl	x	x	
Bayer Garten Spezial-Pilzfrei Aliette	043099-63	31.12.2015	Fosetyl	x	x	
Fosetyl Pilzfrei	043099-61	31.12.2015	Fosetyl	x	x	
Spezial-Pilzfrei Aliette	043099-60	31.12.2015	Fosetyl	x	x	
Fenomenal	006825-00	31.12.2021	Fosetyl + Fenamidone		x	
Verita	005626-00	31.12.2015	Fosetyl + Fenamidone			x
Profiler	006499-00	31.12.2013	Fosetyl + Fluopicolide			x
ARMICARB	007547-00	31.08.2020	Kaliumhydrogencarbonat		x	
LBG-01F34	007207-60	31.12.2016	Kaliumphosphit (Kaliumphosphonate)			x
Veriphos	007207-00	31.12.2016	Kaliumphosphit (Kaliumphosphonate)			x
Discus	024331-00	31.12.2016	Kresoxim-methyl		x	x
Stroby WG	024331-60	31.12.2016	Kresoxim-methyl		x	x
Collis	025203-00	31.12.2018	Kresoxim-methyl + Boscalid			x
Cuprozin Flüssig	004147-00	31.12.2013	Kupferhydroxid		x	x
Cuprozin progress	006895-00	31.12.2021	Kupferhydroxid	x	x	x
Cuprozin WP	033840-00	31.12.2014	Kupferhydroxid		x	
Funguran progress	006896-00	31.12.2021	Kupferhydroxid	x	x	x
Atempo Kupfer-Pilzfrei	004456-62	30.09.2013	Kupferoktanoat		x	x
Cueva	004456-60	30.09.2013	Kupferoktanoat		x	x
Cueva Pilzfrei	004456-61	30.09.2013	Kupferoktanoat		x	x
Cueva Wein-Pilzfrei	004456-00	30.09.2013	Kupferoktanoat		x	x
Bayer Garten Kupferkalk	050723-60	31.12.2017	Kupferoxychlorid		x	

<u>Handelsbezeichnung</u>	<u>Zul.-Nr.</u>	<u>Zul.-Ende</u>	<u>Wirkstoff</u>	<u>Hopfen</u>	<u>Obst</u>	<u>Wein</u>
Funguran	050723-00	31.12.2017	Kupferoxychlorid		x	
KUPFERSPRITZMITTEL	050723-68	31.12.2017	Kupferoxychlorid		x	
UNIVERSAL PILZ-FREI KUPFER KONZ. 45	050723-61	31.12.2017	Kupferoxychlorid		x	
Cuproxat	033775-00	31.12.2021	Kupfersulfat, basisch			x
Dithane NeoTec	023924-00	31.12.2014	Mancozeb		x	x
MANCOFOR DG	023924-65	31.12.2014	Mancozeb		x	x
Penncozeb DG	004350-60	31.12.2015	Mancozeb			x
PILZFREI DITHANE	023924-64	31.12.2014	Mancozeb		x	x
Tridex DG	004350-00	31.12.2015	Mancozeb			x
Ridomil Gold MZ	024412-00	31.12.2021	Mancozeb + Metalaxyl-M			x
Electis	024957-00	31.12.2016	Mancozeb + Zoxamide			x
REVUS	006221-00	31.01.2014	Mandipropamid	x		
Frupica SC	005477-00	31.12.2016	Mepanipyrim		x	
Fonganil Gold	024632-00	31.12.2015	Metalaxyl-M	x		
Ridomil Gold 480 SL	024632-60	31.12.2015	Metalaxyl-M	x		
RIDOMIL GOLD HOPFEN	024632-61	31.12.2015	Metalaxyl-M	x		
COMPO Pilz-frei Polyram WG	033986-63	31.12.2015	Metiram		x	x
Gemüse-Pilzfrei Polyram WG	033986-62	31.12.2015	Metiram		x	x
Polyram WG	033986-00	31.12.2015	Metiram		x	x
Enervin	007099-00	14.01.2016	Metiram + Ametoctradin			x
Cabrio Top	005174-00	31.12.2014	Metiram + Pyraclostrobin			x
Vivando	025628-00	31.12.2017	Metrafenone			x
Bayer Garten Rosen-Pilzschutz M	005485-61	31.12.2015	Myclobutanil		x	x
Bayer Garten Universal-Pilzfrei Baycor M	005485-63	31.12.2015	Myclobutanil		x	x
Bayer Garten Universal-Pilzfrei M	005485-62	31.12.2015	Myclobutanil		x	x
Klick&GO Pilzfrei Saprol	005485-60	31.12.2015	Myclobutanil		x	x
Pilzfrei Ectivo	005485-00	31.12.2015	Myclobutanil		x	x
Systhane 20 EW	024591-00	31.12.2022	Myclobutanil	x	x	x

<u>Handelsbezeichnung</u>	<u>Zul.-Nr.</u>	<u>Zul.-Ende</u>	<u>Wirkstoff</u>	<u>Hopfen</u>	<u>Obst</u>	<u>Wein</u>
Legend power	006204-60	31.12.2017	Myclobutanil + Quinoxyfen			x
Vento power	006204-00	31.12.2017	Myclobutanil + Quinoxyfen			x
Topas	033590-00	31.12.2021	Penconazol		x	x
TALENDO	025678-60	31.12.2022	Proquinazid		x	x
TALIUS	025678-00	31.12.2022	Proquinazid		x	x
Cabrio	024951-00	31.12.2014	Pyraclostrobin			x
Bellis	006767-00	31.12.2020	Pyraclostrobin + Boscalid	x	x	
Signum	025483-00	31.12.2019	Pyraclostrobin + Boscalid		x	
PYRUS	006922-00	30.06.2019	Pyrimethanil		x	x
Scala	024225-00	31.12.2019	Pyrimethanil		x	x
FORTRESS 250	024966-00	31.12.2016	Quinoxyfen	x	x	x
Asulfa Jet	040498-60	31.12.2014	Schwefel	x	x	x
COMPO-Mehltau-frei Kumulus WG	042273-66	31.12.2014	Schwefel	x	x	x
Kumulus WG	042273-00	31.12.2014	Schwefel	x	x	x
Microthiol WG	004348-00	31.12.2015	Schwefel		x	x
Naturen Bio-Netzschwefel WG	042273-70	31.12.2014	Schwefel	x	x	x
Naturen Netzschwefel WG	042273-67	31.12.2014	Schwefel	x	x	x
Netzschwefel Stulln	040006-00	31.12.2014	Schwefel		x	x
Netz-Schwefelit WG	042273-60	31.12.2014	Schwefel	x	x	x
Sufran Jet	040498-61	31.12.2014	Schwefel	x	x	x
THIOVIT Jet	040498-00	31.12.2014	Schwefel	x	x	x
Folicur	034028-00	31.12.2020	Tebuconazol		x	
Horizon	034028-60	31.12.2020	Tebuconazol		x	
Lynx	034028-61	31.12.2020	Tebuconazol		x	
Luna Experience	006861-00	26.03.2015	Tebuconazol + Fluopyram		x	x
Cercobin FL	033496-00	31.12.2015	Thiophanat-methyl		x	
Bayfidan	033545-00	31.12.2018	Triadimenol	x		
Flint	024657-00	31.12.2014	Trifloxystrobin	x	x	x

Annex 3: Ökotoxikologische Daten zu kupferhaltigen Produkten und Alternativprodukten

Tabelle 4: Ökotoxikologische Parameter zu den aus der in Annex 2 identifizierten Kupferpräparaten und synthetische Pflanzenschutzmittel mit vergleichbaren Wirkspektrum aus dem konventionellen Anbau

Aus dem Konventionellen Anbau wurden nur solche Produkte gewählt, die im Wein-, Obst- und Kartoffelanbau eingesetzt werden können (University of Herfordshire, 2013); LC50: lethal concentration / letale Konzentration bei chronischer oder wiederholter Exposition bei der 50 % der Testorganismen innerhalb eines gegebenen Zeitraumes (bei Tieren oft 14 Tage) sterben, EC50: median effective concentration / mittlere effektive Konzentration bei der 50 % der Versuchspopulation eine andere definierte Wirkung als den Tod aufweist, LD50: lethal dose / letale Konzentration bei einmaliger Gabe bei der 50 % der Testorganismen sterben, AOEL: acceptable operator exposure level / Grenzwert für die Exposition des Anwenders, BCF: bioconcentration factor / Biokonzentrationsfaktor: beschreibt die Konzentration eines betrachteten Stoffes in einem Organismus im Vergleich zur Umgebungskonzentration

	LC50 (Fisch) [mg/l]	EC50 (Daphnien) [mg/l]	EC50 (Algen) [mg/l]	LC50 (Regenwurm) [mg/l]	LD50 (Biene) [(µg/bee)]	LC50 (Bodenmakroorganismus) [mg/l]	AOEL [mg/kg bw/Tag]	BCF	Sonstiges
Kupferoktanoat									
Kupferoxichlorid	> 43.8	0.29	0.033	> 489.6	12,01	-	0.25	Low risk	starke Metallvergiftung möglich
Kupferhydroxid	0.017	0.038	0.009	> 677	44.5	-	0.25	Low risk	starke Metallvergiftung möglich
Kupfersulfat, basisch	13.2	2.3	12.3	> 155	> 23.5	-	0.072	Low risk	
Dithianon	0.07	0.26	0.09	578	> 25.4	> 0.5	0.0135	Low Potential (27)	
Myclobutanil	2.0	17	2.66	125	> 33.9	-	0.16	Low risk	Vermutung zu Auswirkung auf Fortpflanzung
Quinoxifen	0.27	0.08	0.027	> 923	> 100	-	0.14	High Potential (5040)	
Schwefel	>0.063	> 0.063	-	> 2000	> 100	-	10	Low risk	
Trifloxystrobin	0.015	0.011	0.0053	> 1000	> 200	0.45	0.06	Threshold for concern (431)	Nachweislich Auswirkungen auf Fortpflanzung