

Sachstandsbericht zu Kaliumphosphonat im ökologischen Weinbau

Bearbeitet von:

Falk Behrens & Christoph Hoffmann

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen – Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau, Geilweilerhof, Siebeldingen

unter Mitarbeit folgender Institutionen:

- JKI-Institut für Strategien- und Folgenabschätzung
- JKI-Institut für Biologischen Pflanzenschutz
- JKI-Abteilung Gesetzliche Aufgaben und Recht
- BVL Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
- Hochschule Geisenheim (HGU)
- Weinbauinstitut Freiburg (WBI)
- Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Baden-Württemberg (MLR)
- Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität, Rheinland-Pfalz (MKUEM)
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

Dezember 2023

Hintergrund und Fragestellung

Ökoweinbau ist in Mitteleuropa einem hohen Produktionsrisiko ausgesetzt, das sich aus möglicherweise Klimawandel bedingten Extremwetterlagen und einer dabei unzureichend wirksamen Pflanzenschutzmittelpalette ergibt. Vor diesem Hintergrund kommt für viele integriert wirtschaftende Betriebe eine Umstellung auf ökologische Bewirtschaftung derzeit nicht in Frage. Ein Ausweg könnte die Zulassung von Kaliumphosphonat für den Ökologischen Weinbau bieten. Vor diesem Hintergrund versucht die vorliegende Sachstandsanalyse die folgenden vier Fragen wissenschaftlich zu bearbeiten:

1. Wie ist der aktuelle wissenschaftliche Stand zur Bekämpfung des Falschen Mehltaus im ökologischen Weinbau – welche Verfahren stehen mit welchen Erfolgsaussichten zur Verfügung?
2. Welche aktuellen wissenschaftliche Erkenntnisse sind geeignet, eine erneute Bewertung der Eignung von Kaliumphosphonat für den ökologischen Landbau zu veranlassen?
3. Wie sind die bisher vom EGTOP vorgetragenen Argumente gegen die Verwendung von Kaliumphosphat im ökologischen Anbau aktuell aus wissenschaftlicher Sicht zu bewerten?
4. Gibt es aus wissenschaftlicher Sicht Aspekte, die der EGTOP-Bericht nicht berücksichtigt?

Die Analyse könnte evtl. als Grundlage für einen erneuten Antrag zur Zulassung von Kaliumphosphat für den ökologischen Weinbau in der EU dienen.

Einleitung

Pilzkrankheiten verursachen im Weinbau große Schäden. Es gibt verschiedene Ansätze zur Regulierung dieser Krankheiten durch pflanzenbauliche Maßnahmen und geeignete Sortenwahl. Die Verwendung pilzwiderstandsfähiger Sorten (PIWIs) hilft dabei aktuell, insgesamt resilientere Anbausysteme zu entwickeln. Zukünftig sollen damit im Weinbau bisher kaum aufgegriffene Potentiale stärker genutzt werden. Damit lässt sich der für einen wirtschaftlichen Weinbau dann nach wie vor notwendige Pflanzenschutz stark einschränken jedoch nicht komplett ersetzen.

Beim Pflanzenschutz im Weinbau sind Pilzkrankheiten, die im 19. Jahrhundert aus Nordamerika eingeschleppt wurden, gegen die die traditionell angebauten europäischen Rebsorten (*Vitis vinifera*) nicht resistent sind, eine besondere Herausforderung. Vor ihrer Einschleppung wurden alle bis dato vorkommenden Schädlinge und Krankheiten im Weinbau durch pflanzenbauliche Maßnahmen bekämpft (Müller, 2019). Unabhängig vom Managementsystem funktioniert es unter den feuchtwarmen Klimabedingungen in Deutschland heute nicht mehr, ausschließlich auf der Basis einer guten Kulturführung, wirtschaftlich tragfähigen Weinbau zu betreiben.

Während z.B. im Bio-Getreideanbau fehlende Fungizid- und Insektizidbehandlungen i.d.R. zu überschaubaren Verlusten von 19-26% führen (Möhring et al., 2021), zeigt die langjährige Erfahrung im Weinbau Mittel- und Osteuropas, dass in manchen Jahren nur eine ausgelassene Spritzung zum Verlust der gesamten Ernte führen kann. Deshalb steht der Ökoweinbau vor wesentlich größeren Herausforderungen, als dies für andere Kulturen im Ökolandbau der Fall ist.

Besonders gefährlich für den Weinbau humiderer Zonen ist der Falsche Mehltau der Rebe (*Plasmopara viticola*; Pvi). Ohne regelmäßige Pflanzenschutzmaßnahmen ist es in bestimmten Gebieten mit besonders hohem Befallsdruck dieser Krankheit zunehmend nicht mehr möglich, erfolgreich Weinbau zu betreiben. Zum einen sind dafür durch den Klimawandel bedingte Extremwetterlagen bisher unbekanntem Ausmaßes verantwortlich. Andererseits haben sich die Möglichkeiten der Ökowitzler, unter solchen Bedingungen wirksamen Pflanzenschutz zu betreiben, drastisch verschlechtert. Grund dafür ist eine im Verlauf der letzten Jahrzehnte auf EU-Ebene kontinuierlich reduzierte Höchstmenge an zugelassenem Kupfer in kg/ha*a. Darüber hinaus wurde das vorübergehend (bis 2013) im Ökoweinbau in mittel- und osteuropäischen Mitgliedsstaaten z.B. als Blattdünger angewandte Kaliumphosphonat (KP) zwar als Pflanzenschutzmittel-Wirkstoff genehmigt, nach der Genehmigung des Wirkstoffes gemäß Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 aber nicht in die Liste der in der ökologischen Produktion zugelassenen Wirkstoffe gemäß Anhang II der VO (EG) 889/2008 sowie in den aktuellen Anhang I der DVO (EU) 2021/1165 aufgenommen. Somit steht es dem Ökoweinbau nicht zur Verfügung. Seither besteht, verstärkt durch sich verschlechternde Witterungsbedingungen, für die ökologisch wirtschaftenden Winzerinnen und Winzer ein sehr hohes Produktionsrisiko (Bleyer et al., 2020), und in manchen Jahren bringen drastische Schäden Betriebe wirtschaftlich in erhebliche Schwierigkeiten. In den betroffenen Gebieten wird mit Hochdruck nach ökokompatiblen Alternativen zum Schwermetall Kupfer gesucht, dessen Verbindungen im Ökoweinbau die maßgeblichen Wirkstoffe zur Bekämpfung des Falschen Mehltaus darstellen (Dagostin et al., 2012).

Die Europäische Kommission kann gemäß Artikel 24 der Verordnung (EU) 2018/848 in Pflanzenschutzmitteln verwendete Wirkstoffe für die Anwendung im ökologischen Weinbau zulassen. Dazu muss ein entsprechendes Dossier von einem Mitgliedsstaat mit den Gründen für die Aufnahme an die Europäische Kommission und die anderen Mitgliedsstaaten übermittelt werden. Die Zulassung

unterliegt den Grundsätzen des Kapitels II der Verordnung (EU) 2018/848 sowie den folgenden Kriterien, die als Ganzes zu bewerten sind:

a) Sie (die Wirkstoffe) sind für eine dauerhafte Produktion und für die beabsichtigte Verwendung unerlässlich;

b) alle betreffenden Erzeugnisse und Stoffe müssen ihren Ursprung in Pflanzen, Algen oder Tieren haben bzw. mikrobiellen oder mineralischen Ursprungs sein, es sei denn, solche Erzeugnisse oder Stoffe sind nicht in ausreichender Menge oder Qualität erhältlich oder Alternativen stehen nicht zur Verfügung;(…)“

Oft angeführte Alternativen zur Reduktion der Kupferaufwandmenge wie der Einsatz von Prognosemodellen, eine stadienspezifische Pflanzenschutzmittelzulassung und eine Kulturführung im Sinne der guten landwirtschaftlichen Praxis sind im deutschen Weinbau seit Jahrzehnten etabliert. In diesen Punkten sind für Deutschland keine weiteren Reduktionspotentiale mehr vorhanden.

Seit etwa 20 Jahren steht eine Vielzahl pilzwiderstandsfähiger Rebsorten (PIWIs) zur Verfügung (www.bundessortenamt.de), die ein weiteres Potenzial zur Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes bieten (Pertot et al., 2017), deren Anbau aber aus unterschiedlichen Gründen sowohl im regulären integrierten als auch im ökologischen Weinbau noch nicht so verbreitet ist, wie es wünschenswert wäre. Die Nutzung des Züchtungsfortschritts im regulären integrierten und ökologischen Anbau, die in anderen Kulturen selbstverständlich ist und großflächig umgesetzt wird, ist im Weinbau derzeit noch durch (i) Konsumgewohnheiten der Verbraucherinnen und Verbraucher, (ii) einen besonders auf Tradition ausgerichteten Fokus des europäischen Weinsektors (iii) sowie die lange Standzeit der Dauerkultur Rebe limitiert (i. d. R. 20-25 Jahre). Die Vermarktung von Weinen aus PIWIs wie auch die rasche Umstellung im Anbau gestalten sich somit bisher als sehr schwierig, wobei europaweit derzeit ein positives Umdenken in der Branche spürbar ist. In Deutschland liegen die gesetzlichen Voraussetzungen für die Produktion von Qualitätswein aus resistenten *V. vinifera* Sorten bereits seit längerem vor (Wiedemann-Merdinoglu und Hoffmann, 2010).

Für die grundsätzlich notwendige Bekämpfung von Pvi stehen für den Weinbau derzeit vor allem Kupferverbindungen zur Verfügung (Kupferhydroxid, Kupferoxychlorid, dreibasisches Kupfersulfat). Kupferverbindungen als Pflanzenschutzmittelwirkstoffe sind in der EU aufgrund ihrer Persistenz und Toxizität als Substitutionskandidaten gelistet worden, s. Teil E der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 540/2011. Ökoweinbau ganz ohne Kupfer ist nach dem derzeitigen Regelwerk des Ökolanbaus auf absehbare Zeit nicht möglich.

KP stellt derzeit unter den Bedingungen des mittel- und osteuropäischen Weinbaus das einzige für den Ökoweinbau in Frage kommende wirksame Agens dar, dass es ermöglicht, auch in „Katastrophenjahren“ mit extrem hohem Pvi-Befallsdruck erfolgreichen Pflanzenschutz zu betreiben und in „normalen“ Jahren mit moderatem Infektionsdruck den Kupfereinsatz weiter zu reduzieren (Bleyer et al., 2020; Schumacher et al., 2022).

Phosphonat kann anorganisch unter extremen Bedingungen und nach derzeitigen Erkenntnissen höchstwahrscheinlich auch biologisch durch anaerobe mikrobielle Fermentation gebildet werden (vgl. 2.1). Die Substanz ist auch heute noch allgegenwärtig in verschiedensten Nahrungs- und Futtermitteln aus ökologischer Produktion nachweisbar (Nader et al., 2023) und sollte daher als natürlich vorkommender Stoff betrachtet werden, der von lebenden Organismen produziert und verarbeitet wird.

KP ist hochwirksam - vor allem in der Hauptwachstumsphase im Neuzuwachs der Rebe - und im Gegensatz zu Kupfer nicht umweltschädlich und gesundheitlich unbedenklich (EFSA 2012). Ähnlich wie Backpulver (Natriumhydrogenkarbonat) und Kupfer, die gegen Pilzkrankheiten an Weintrauben im Ökoweinbau zugelassen sind, bildet auch KP messbare Rückstände im Wein. Die Höhe der Rückstände steht in direkter Abhängigkeit zur Länge der Wartezeit, dem Zeitraum zwischen letzter Anwendung und Traubenlese und ist somit beeinflussbar (BVL 2022).

Bei der Beurteilung von Pflanzenschutzmittelrückständen sollte sichergestellt sein, dass bei der europaweiten Bewertung von neuen Pflanzenschutzmittelwirkstoffen für den ökologischen Weinbau Kriterien berücksichtigt werden, die für die bisher gelisteten Wirkstoffe auch zutreffen (siehe dazu 3.10).

KP ist ein genehmigter Wirkstoff, der über die Jahre gesehen eine Reduktion des nicht nachhaltigen Kupfereintrags in ÖLB-Weinbergsökosystemen ermöglichen könnte. In Jahren mit hohem Infektionsdruck durch Pvi besteht im mittel- und osteuropäischen Weinbau keine ausreichende Produktionssicherheit. Mit KP wäre ein hohes Maß an Produktionssicherheit bei gleichzeitiger weiterer Verbesserung der Umwelt Nachhaltigkeit des Ökoweinbaus gewährleistet. Hier böte die Listung des Wirkstoffs KP einen wichtigen Motor für die gewünschte Ausweitung der Ökoweinbauflächen, die derzeit aufgrund vielfältiger Hemmnisse nicht an Fahrt aufnimmt. Damit im Jahr 2030 30% (ca. 30.000 ha) der Weinbaufläche ökologisch bewirtschaftet würde, müssten im laufenden Jahrzehnt jährlich ca. 1800 ha umgestellt werden. Davon ist der deutsche Ökoweinbau aktuell weit entfernt. (Vgl. Abb. 1). Zudem würden Gesetzgebung und Anbauer den Erwartungen der Verbraucher gerecht, dass im Ökoweinbau alles getan wird, um möglichst umweltfreundlich und nachhaltig zu wirtschaften.

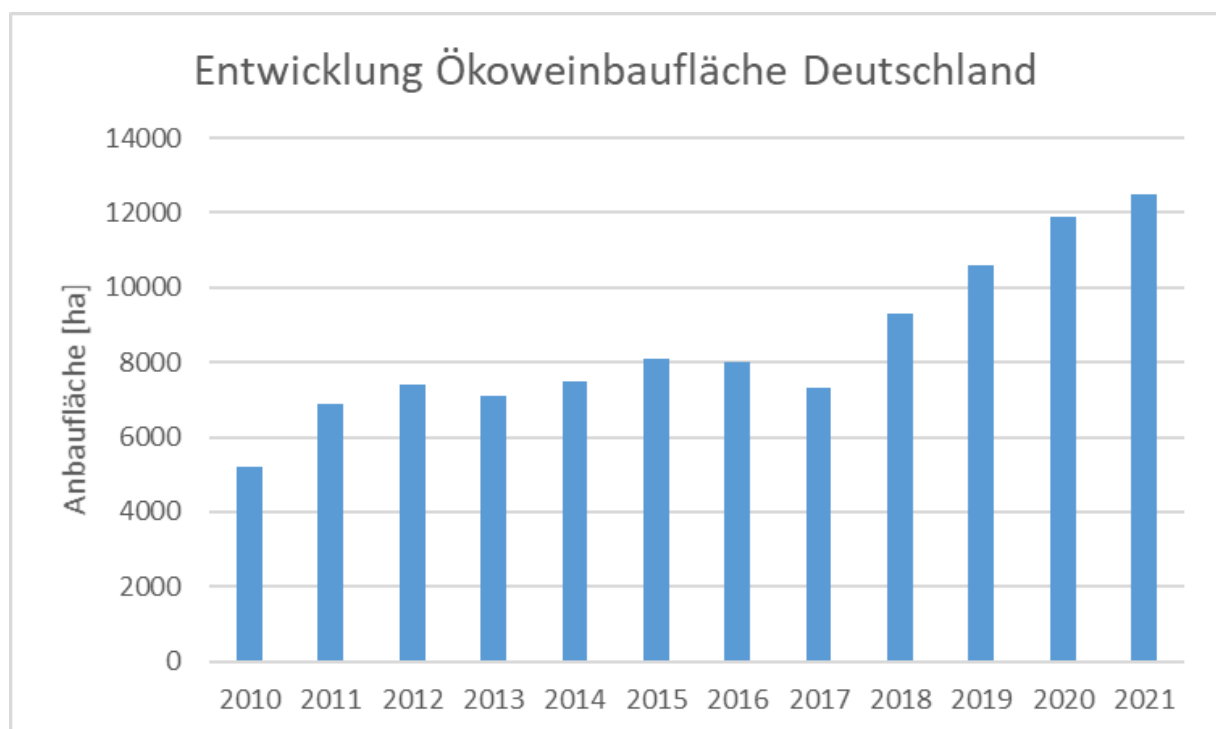


Abb. 1: Entwicklung des Ökoweinbaus in Deutschland über die Jahre 2010 bis 2021 (Datenbasis: 2010-2019: Erhebungen von ECOVIN, Demeter, Naturland und Bioland; 2020-2021: BÖLW 2022, Branchen Report 2022 Ökologische Lebensmittelwirtschaft). Gesamtweinbaufläche 2021: 103.361 ha.

Die politisch gewünschten Umstellungsziele hin zu mehr Ökoweinbau (Green Deal, Farm to Fork (F2F)-Strategie, EU-Öko-Aktionsplan) (vgl. Abb. 1) erfordern ein Mindestmaß an Produktionssicherheit. Der Pflanzenschutz im Öko-Weinbau basiert derzeit fast ausschließlich auf der Anwendung von Kupfer und Schwefel, Hydrogenkarbonaten und Grundstoffen und bietet angesichts des Klimawandels und der zusätzlichen Einschränkungen, die eine Dauerkultur mit sich bringt, alles andere als sichere Produktionsbedingungen. Erst wenn KP zur Verfügung stünde, wäre dafür die Basis geschaffen. Nach Fuch & Fuchs (2017) dachten, vor dem Hintergrund des Katastrophenjahres 2016, 41 % der befragten Ökowinzer in Deutschland darüber nach, zur integrierten Wirtschaftsweise zurückzukehren. Für diese Gruppe an engagierten Ökoweinbauern müsste entweder die maximale Reinkupfermenge pro ha auf 6 kg erhöht oder KP für den Ökoweinbau zugelassen werden (Fuchs & Fuchs, 2017). Zum Zeitpunkt der zitierten Erhebung (2017) war in Deutschland die Menge an Reinkupfer, die pro Jahr und ha ausgebracht werden durfte, im Weinbau bereits seit dem Jahr 2010 laut Zulassung auf 3 kg beschränkt (15 kg Reinkupfer/ha in 5 Jahren). Erst Ende 2017 wurde das sogenannte Kupferkonto für Gebiete mit Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*) angepasst (17,5 kg pro ha in 5 Jahren) mit dem in besonderen Jahren bis zu 4 kg Reinkupfer pro ha und Jahr ausgebracht werden können. Seit 2019 können, losgelöst von der Schwarzfäule, überall im Ökoweinbau 17,5 kg Reinkupfer pro ha in 5 Jahren ausgebracht werden mit einem Maximalaufwand von 4kg/ha*a.

Aufgrund des hohen Produktionsrisikos, welches die Umstellungsbereitschaft der Winzerinnen und Winzer einschränkt, aber auch unter Berücksichtigung neuer wissenschaftlicher Befunde hinsichtlich natürlicher Vorkommen von KP und einer offenbar nicht einheitlichen Systematik bei der Listung von Pflanzenschutzmitteln für ökologischen Weinbau, wird aus wissenschaftlicher Sicht dafür plädiert, KP für den Ökoweinbau EU-weit wieder verfügbar zu machen.

1. Wie ist der aktuelle wissenschaftliche Stand zur Bekämpfung des Falschen Mehltaus im ökologischen Weinbau – welche Verfahren stehen mit welchen Erfolgsaussichten zur Verfügung?

Der Erreger des Falschen Mehltaus ist ein obligat biotropher Oomycet, welcher Blätter, Gescheine und Trauben von Reben befällt. Der Schaderreger stammt aus Nordamerika und wurde in Europa erstmals im Jahr 1878 in Bordeaux entdeckt. Anders als aus Amerika stammende Reben haben europäische Weinreben durch die fehlende Co-Evolution keinerlei genetisch determinierte Abwehrmechanismen entwickelt und sind gegenüber dieser Krankheit über alle Sorten hinweg höchst anfällig (Wilcox et al., 2015). Mittlerweile gibt es jedoch einige Neuzüchtungen pilzwiderstandsfähiger Rebsorten, die einen nutzbaren Grad an Widerstandsfähigkeit gegenüber Pvi besitzen (Mertes et al., 2022).

Feuchtwarme Witterungsbedingungen mit entsprechenden Niederschlagsmengen und -intensitäten während der Hauptwachstumsperiode führen ohne Pflanzenschutzmaßnahmen regelmäßig zu sehr hohen Befallsstärken von teilweise > 90 % an Trauben (Bleyer et al., 2022), was einem Totalverlust der Ernte entspricht. Die Gefährdungslage ist somit abhängig von den regionalen und jahresspezifischen

Witterungsverhältnissen. In Deutschland sind insbesondere regenreiche Gebiete, wie Teile von Südbaden, aber in sehr niederschlagsreichen Extremjahren (zuletzt die Jahre 2016 oder 2021) auch nahezu alle anderen Weinanbauregionen, durch einen im europäischen Vergleich überproportional hohen Befallsdruck gekennzeichnet.

1.1. Pflanzenschutzmittel/Pflanzenstärkungsmittel

Im ökologischen Weinbau erfolgt die Bekämpfung von Pvi standardmäßig durch die Applikation von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln. Da Kupfer ein reines Kontaktfungizid ist, muss der Spritzbelag regelmäßig erneuert werden. Es gilt zum einen den Zuwachs, der seit der letzten Spritzung neu entstanden und dementsprechend ungeschützt ist, vor bevorstehenden Infektionen zu schützen und zum anderen den durch Regen abgewaschenen Belag zu ersetzen. Besonders anfällig und besonders zu schützen sind überdies die Gescheine und Trauben bis zum Entwicklungsstadium BBCH75 (Erbsengröße), deren Infektion direkt ertragsreduzierend wirkt. In Regionen und Jahren mit häufigen Niederschlägen sowie anhaltender Blattnässe in Verbindung mit Taubildung führt dies zu Spritzabständen von nicht mehr als 5-7 Tagen. Der Zeitraum, in dem Pvi bekämpft werden muss richtet sich nach der Anfälligkeit der Rebe und ihrer Pflanzenorgane und umfasst ca. die Zeit zwischen dem 5-Blatt-Stadium (Mai) und dem Reifebeginn (August), also ca. drei Monate. Bei den genannten Spritzabständen kämen so theoretisch ca. 15-18 Spritzungen und Überfahrten zu Stande. Wie bereits oben angemerkt, war in Deutschland die Menge an Reinkupfer, die pro Jahr und ha ausgebracht werden darf, im Weinbau bereits in den Jahren 2010-2018 laut Zulassung auf 3 kg beschränkt. Seit 2019 liegt die im Durchschnitt der Jahre in Verbindung mit einem Kupferkonto zugelassene Menge bei 3,5 kg/ha. Maximal dürfen im Rahmen des Kupferkontos in Ausnahmeh Jahren 4 Kg/ha Reinkupfer ausgebracht werden. Jede Überschreitung der 3 kg/ha*a muss jedoch den zuständigen Behörden der Länder gemeldet werden. Strategien, eine weitere Reduzierung zu ermöglichen, sind Gegenstand aktueller Forschung (vgl. <https://vitifit.de/>).

1.1.1. Weitere pauschale Reduzierung des Kupferaufwands

Eine weitergehende pauschale Reduzierung der Kupferaufwandmenge ist v.a. in Jahren mit hohem Infektionsdruck nicht ohne eine deutliche Verschlechterung der Behandlungseffizienz mit z.T. massiven Ertragsverlusten möglich. So zeigten erste Ergebnisse des VITIFIT-Projekts (<https://vitifit.de/>), dass schon bei einer um 33 % reduzierten Aufwandmenge deutlich geringere Wirkungsgrade bei der Reduzierung der Befallsstärke von Trauben erzielt wurden (Schumacher et al., 2022). Versuche, bei denen reduzierte Kupfermengen mit Rebholzextrakten zur Bekämpfung von Pvi im ökologischen Weinbau gemischt ausgebracht wurden, versprachen zunächst vielversprechende Ergebnisse, unter Bedingungen mit hohem Infektionsdruck konnten diese Ergebnisse jedoch noch nicht bestätigt werden (Besrukov et al. 2023).

1.1.2. Alternative Formulierungen

Weitere Möglichkeiten zur Reduzierung der Aufwandmenge von Pflanzenschutzmitteln bieten optimierte Formulierungen. Eine vielversprechende Entwicklung, die auch im Rahmen des VITIFIT-Projekts getestet wird, sind sogenannte CuCaps. Dabei werden Kupfersalze mikroverkapselt, was zu einer Depotbildung und verzögerten Freisetzung von Cu^{2+} -Ionen führt. So konnte gezeigt werden, dass die Kupfer-Aufwandmenge auch in Situationen mit hohem Infektionsdruck um 33 % reduziert werden konnte, ohne dass eine Zunahme der Befallsstärke beobachtet wurde (Schumacher et al., 2022,

Weitbrecht et al. 2021). Diese Formulierung befindet sich allerdings immer noch in der Entwicklung, und eine kommerzielle Verfügbarkeit ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abzusehen.

1.1.3. Kupferalternativen bzw. Kupferersatzstoffe

Derzeit sind für den ökologischen Anbau in Deutschland (zugelassene Pflanzenschutzmittel, Auswahl für den ökologischen Landbau nach der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 2021/1165, Stand: Mai 2023, <https://www.bvl.bund.de>) neben Kupfer-haltigen Pflanzenschutzmitteln zwei Wirkstoffe/Produkte (Cerevisane/ROMEO®; COS-OGA/FytoSave®) regulär und ein weiterer (*Pythium oligandrum* M1/Polyversum) nach Artikel 51 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 ohne Prüfung auf Wirksamkeit und Pflanzenverträglichkeit zugelassen. Darüber hinaus sind der Wirkstoff Laminarin und der Grundstoff Chitosan weitere potenzielle Alternativen zur Pvi-Bekämpfung, die in der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 2021/1165 gelistet sind. Laminarin ist in Deutschland nicht in einem Pflanzenschutzmittel zugelassen. Chitosan benötigt als Grundstoff keine Zulassung durch einen Mitgliedsstaat; die genehmigten Anwendungen stehen also zur Verfügung. In einigen neueren Studien werden den genannten Wirkstoffen teilweise akzeptable Wirkungsgrade attestiert. Taibi et al. (2022) konnten anhand von Feldversuchen beispielsweise zeigen, dass Cerevisane, COS-OGA, Laminarin und *Pythium oligandrum* 3 bis 12 Tage nach der Behandlung Wirkungsgrade von jeweils 50 bis 70 %, < 50 %, > 80 % bis 57 % und < 50 % bei der Befallsstärke an Blättern aufwiesen, wenn diese präventiv appliziert wurden. Problematisch bzgl. der Interpretation der Ergebnisse war, dass in beiden Versuchsjahren (Jahre 2020 und 2021) die Befallsstärke in der unbehandelten Kontrolle deutlich unter 20 % lag. Die Bedeutung einer zumindest moderaten Befallsstärke für die Beurteilung der Wirksamkeit eines Pflanzenschutzmittels wird unter Punkt 2.4 und 3 erläutert. Bei der LVWO in Weinsberg durchgeführte Versuche zeigten, dass Laminarin unter den dortigen Bedingungen (41% Befallsstärke am Blatt in der unbehandelten Kontrolle) keine Wirkung zeigte. Des Weiteren zeigen Romanazzi et al. (2021 und 2022), dass Chitosan eine nahe an Kupfer heranreichende Wirkung haben kann. Allerdings waren auch hier die Befallsstärken der bonitierten Organe unbehandelter Kontrollen in den meisten Jahren zu gering, um die Wirkung der Prüfmittel solide beurteilen zu können. Selbst in dem Versuchsjahr mit den höchsten Befallswerten (Jahr 2016: Befallsstärke 5.81 auf einer Skala von 1 bis 7 bei Trauben) reichten diese nicht an in Deutschland wiederkehrende extreme Bedingungen mit Befallsstärken > 95 % (Bleyer et al., 2022) heran. Auch die Kombination dieser Wirkstoffe mit Kupfer konnte die Wirksamkeit gegenüber der reinen Kupfervariante nicht steigern (Romanazzi et al., 2021), bzw. eine Reduzierung von Kupfer nicht kompensieren (Schwab et al., 2023).

Neben diesen überwiegend resistenzinduzierenden Wirkstoffen stellen sowohl Pflanzenextrakte als auch spezifische Mikroorganismen potenzielle Kupferersatzstoffe dar. Viele mögliche Kandidaten zeigen eine gute Wirkung unter kontrollierten Bedingungen. In Feldversuchen waren die Wirkungsgrade jedoch meist sehr gering bis nicht vorhanden. Beispielsweise zeigten Rindenextrakte von *Warburgia ugandensis* bei kontrollierten Versuchen mit teilweisem Freilandeinfluss eine sehr gute Wirkung gegen Pvi. Im Rahmen zweier Feldversuche aus dem Jahr 2021 bei vergleichsweise hohem Infektionsdruck mit einem Endbefall von 100 % Befallsstärke an Trauben in der unbehandelten Kontrolle konnten jedoch nur sehr geringe Wirkungsgrade von 6,4 und 9 % erreicht werden, wohingegen Kupferpräparate immerhin noch 20,6 % und 45,6 % erreichten (Kraus et al., 2021). Eine weitere Studie, in der die Wirksamkeit von Lärchenrindenextrakten untersucht wurde, zeigt, dass auch hier in kontrollierten Experimenten sehr gute Wirkungsgrade gegen Pvi erzielt werden konnten. Bei Freilandversuchen jedoch war die Wirkung im Vergleich zu Kupfer bei einer Befallsstärke an Blättern

von >60 % jedoch deutlich reduziert (Thuerig et al., 2017). Auch die vielversprechenden Ergebnisse von Besrukow et al. (2023) an Topfpflanzen bedürfen noch eines gründlichen Freilandchecks.

Einen interessanten Ansatz zur Verbesserung der Wirksamkeit von Pflanzenextrakten stellen neue Formulierungstechniken dar. Im Rahmen des EU-Projektes RELACS (www.relacs-project.eu) wurde die Wirksamkeit von mikroverkapselten Süßholzextrakten untersucht. Freilandversuche zeigten, dass es Alternativen mit Reduktionspotential für Kupfer gibt, wenn beide kombiniert eingesetzt werden. Diese Reduktionsstrategien gingen jedoch noch von Kupfermengen aus, die über den heute zugelassenen 4 kg Cu/ha*a lagen. (A. Schmitt, persönliche Mitteilung). Keine dieser Alternativen ist bislang jedoch für die Praxis verfügbar. Das VITIFIT Projekts (<https://vitifit.de/>) greift die Wirksamkeit von mikroverkapselten Süßholzextrakten ebenfalls wieder auf. Ergebnisse hierzu stehen noch aus.

Im Bereich der Mikroorganismen, die potenziell zur Bekämpfung von Pvi eingesetzt werden können, wurden bereits oben Ergebnisse zu *Pythium oligandrum* mit geringem Wirkungsgrad dargestellt. Ein weiteres Mittel, basierend auf dem Bakterium *Bacillus subtilis* QST 713, ist Serenade®, das in dem Report „Can organic farming manage without copper?“ des damaligen INRA (heute: INRAE) aus dem Jahr 2018 (<https://www.inrae.fr/en/news/organic-farming-without-copper>) als mögliche Alternative zu Kupfer aufgeführt wird. Dieses Mittel ist zwar auch in Deutschland zugelassen, allerdings ohne Indikation für Pvi.

Tab. 2: Ergebnisse aus Freilandversuchen zu möglichen Kupferalternativen (Prüfsubstanzen+ zugelassene Pflanzenschutzmittel) von unterschiedlichen Standorten und Jahren in Deutschland. Dargestellt ist die Pvi Befallsstärke der unbehandelten Kontrollvariante an Tauben, die Wirkungsgrade (WG) des jeweiligen Prüfmittels und der Kupfervergleichsvariante sowie die Differenz der WG des Prüfmittels zur Kupfervariante. Untersucht wurde entweder der direkte Vergleich des Prüfmittels (orange), oder eine Wirkverbesserung durch die Kombination von Kupfer und dem Prüfmittel (blau) im Vergleich zur Kupfervariante.

Produkt / Prüfmittel	Wirkstoff	Standort	Jahr	Anwendung d. Prüfmittels	Befallsstärke Kontrolle [%]	WG Prüfmittel	WG Kupfer	Wirksamkeit des Prüfmittels im Vergleich zu Kupfer [%]
	Beauveria sp.	3	2014	solo	80	3.75	82.5	4.55%
	Bikarbonat	3	2019	solo	82	1.22	34.15	3.57%
ChitoPlant®	Chitosan	1	2010	solo	71	-32.39	80.28	0.00%
	Eisen	3	2014	solo	80	35	82.5	42.42%
Lentus®	Lecithin	1	2008	solo	98	24.49	58.16	42.11%
	Salicylsäure	1	1998	solo	43	0	81.4	0.00%
	Waschnuss	1	2012	solo	99	42.42	64.65	65.61%
	Bikarbonat	3	2019	mit Cu	82	40.24	34.15	117.83%
Romeo®	Cerevisane	3	2018	mit Cu	60	11.67	11.67	100.00%
FytoSave®	COS-OGA	2	2021	mit Cu	74	60.81	68.92	88.23%
FytoSave + Kumar®	COS-OGA + KHCO ₃	3	2022	mit Cu	54	72.22	74.07	97.50%
	Equisetum-Extrakt	1	2012	mit S und Cu	99	90.91	92.93	97.83%
	Hefe	3	2018	mit Cu	82	31.71	34.15	92.86%
mOlnasa®	Molke	1	2017	mit Cu	33	54.55	72.73	75.00%
	Orangenöl	3	2017	mit Cu	82	26.83	34.15	78.57%

Zusätzlich zu diesen aus Veröffentlichungen stammenden Ergebnissen zeigt Tabelle 2 die Resultate von Freilandversuchen zu Kupferalternativen an unterschiedlichen Standorten in Deutschland.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass sich mit derzeit zugelassenen Kupferalternativen und solchen, die möglicherweise aufgrund aktueller Forschungsergebnisse mittelfristig breite Anwendung finden könnten (Prüfsubstanzen), nur in Jahren mit geringem Krankheitsdruck ausreichend hohe Wirkungsgrade erzielen lassen. In Jahren mit witterungsbedingt hohem Infektionsdruck können diese Mittel in der Soloanwendung die Befallsituation kaum verbessern und auch die unter diesen Bedingungen reduzierte Wirksamkeit von Kupfer nicht oder nur bedingt kompensieren.

1.2. Anbau widerstandsfähiger Sorten (PIWI)

Langfristig könnte der Anbau von PIWIs eine deutliche Reduzierung des Pflanzenschutzmittel-Einsatzes im Weinbau bewirken. Ganz ohne Pflanzenschutz können und sollen auch diese modernen widerstandsfähigen Sorten jedoch nicht angebaut werden, da einerseits Pathogene wie Pvi Resistenzen überwinden könnten (Swiss-Food, 2022) und andererseits diese Sorten keine 100%ige Resistenz aufweisen und somit in den kritischen Entwicklungsphasen (z.B. Gescheinsentwicklung) durchaus infiziert werden könnten. Sie stellen also keinen Ersatz für, sondern lediglich eine Maßnahme zur deutlichen Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes – insbesondere von Fungiziden - dar.

Mit der Zulassung der Rebsorte Merzling vom WBI Freiburg im Jahre 1982 stand in Deutschland erstmals eine neu gezüchtete Rebsorte mit hoher Resistenz gegen den falschen Mehltau der Rebe zur Verfügung. Seit 2002 gab es einige Sorten aus demselben Institut mit -aufgrund pyramidischer Resistenzen- gegenüber der Rebenperonospora dauerhafterer Resistenz (Bsp. Bronner, Solaris, Cabernet Cortis, Monarch, Prior). Heute gibt es eine Vielzahl solcher Sorten, die für den Anbau zugelassen sind. Becker (2023) listet über 60 Sorten, die zum Anbau genutzt werden können. Aktuell sind in Deutschland ca. 3 % der Rebfläche mit PIWIs bepflanzt. Hier herrscht Nachholbedarf. Bei Standzeiten von Rebanlagen von über 20 Jahren und einer jährlichen Neupflanzung auf ca. 2 % der Rebfläche würde es jedoch auch bei kompletter Umstellung aller Neupflanzungen auf PIWIs in allen Junganlagen Jahrzehnte dauern, bis der überwiegende Teil der Rebanlagen auf widerstandsfähige Sorten umgestellt wäre. Die Ausdehnung der Anbaufläche von derzeit ca. 3 % scheitert kurzfristig an der Verfügbarkeit von Pflanzgut. Erschwert wird der Einsatz auch durch die schleppende Nachfrage der daraus produzierten Weine durch die Verbraucherinnen und Verbraucher, die sich in ihrer Kaufentscheidung mehrheitlich (noch) an den etablierten Sorten orientieren. Die konsequente Nutzung des Züchtungsfortschritts im Weinbau, die in anderen Kulturen selbstverständlich ist, wird im Weinbau derzeit noch durch Konsumgewohnheiten der Verbraucherinnen und Verbraucher und einen besonders auf Tradition ausgerichteten Fokus des europäischen Weinsektors erschwert. Beides erschwerte bisher die Vermarktung von Weinen aus PIWIs in erheblichem Maße. In Deutschland liegen die gesetzlichen Voraussetzungen für die Produktion von Qualitätswein aus resistenten *V. vinifera* Sorten bereits seit längerem vor. An der bislang mangelnden Nachfrage könnte nach Wiedemann-Merdinoglu und Hoffmann (2010) auch fehlende Kenntnisse über den Pflanzenschutz im Ökoweinbau und den Umweltvorteilen der PIWIs gegenüber klassischen Rebsorten schuld sein. Hier ist mehr Aufklärung nötig, damit eine gesteigerte Verbrauchernachfrage für PIWI-Weine entsteht. Nach Pedneault und Provost (2016) konnte anhand von Blindverkostungen gezeigt werden, dass Verbraucherinnen und Verbraucher die Qualität der Weine aus PIWIs als gleichwertig und zum Teil besser als jene klassischer Rebsortenweine wahrnehmen. Im Kontext des VITIFIT-Projektes konnten

Kiefer und Szolnoki (2023) diesen Befund mittels Studiotests mit Verkostungen und Neurostudien grundsätzlich bestätigen.

Insgesamt hat aufgrund verstärkter Berichterstattung zum Thema PIWIs inzwischen offenbar ein Umdenken eingesetzt. Kellereien suchen häufiger nach Absatzkanälen für PIWI-Weine und immer mehr Weingüter stellen größere Anteile ihrer Produktion auf PIWIs um. In Rheinland-Pfalz als größtem Weinbaubundesland sind ab dem Jahr 2024 Fördermaßnahmen für den Anbau von PIWIs vorgesehen. In Baden-Württemberg werden bereits jetzt erhebliche Anstrengungen unternommen, den Anbau von PIWIs voranzubringen (siehe Anhang 1 und 2). Aufgrund dieser Maßnahmen der beiden wichtigsten Weinbaubundesländer ist in Zukunft mit einem erhöhten Anteil pilzwiderstandsfähiger Rebsorten im deutschen aber auch im europäischen Weinbau zu rechnen. Begrenzender Faktor aktuell ist der Mangel an Pflanzgut.

1.3. Kulturtechnische Maßnahmen und Applikationstechnik

Zur guten weinbaulichen Praxis gehört heute eine Kulturführung, bei der die Traubenzone zum Zeitpunkt der Blüte entblättert wird. Dies führt zum Verrieseln von Trauben, d.h. deren Kompaktheit wird geringer. Damit kommt es zu geringerem Botrytis-Befall zum Zeitpunkt der Lese. Zudem wird in der Hauptwachstumsphase der Rebe eine bessere Durchlüftung der Traubenzone sowie die verbesserte Benetzung der Trauben mit Pflanzenschutzmitteln gewährleistet. Die Entblätterungsmaßnahmen können sowohl manuell als auch maschinell erfolgen. Die Kulturführung stellt flächendeckend einen wichtigen Bestandteil der integrierten Krankheitsbekämpfung im Weinbau dar.

Eine Möglichkeit, den Pflanzenschutzmitteleinsatz zu reduzieren, stellt der Einsatz von Recyclingsprüngeräten dar. Diese auch Tunnelspritzen genannten Applikationsgeräte ermöglichen es, die Spritzbrühe, die nicht direkt auf die Pflanze appliziert wird, aufzufangen und wiederzuverwenden. Dadurch können bis zu 30 % der Spritzbrühe eingespart werden. Die Geräte haben sich bisher in der Praxis des Ökoweinbaus noch wenig durchgesetzt, weil sie schwer zu manövrieren sind und so nur durch sehr erfahrene Traktoristen eingesetzt werden können. Im hängigen Gelände sind sie nicht einsetzbar, obwohl sie die Möglichkeit bieten, erhebliche Kupfermengen einzusparen. Allerdings führt auch der Einsatz von abdriftmindernden Düsen in Verbindung mit Radial-, Tangential- und Umkehraxialgebläsen zu einer Reduzierung sowie zu gezielteren Verwendung von Pflanzenschutzmitteln. In Steillagen können mittlerweile Pflanzenschutzmittel mit Drohnen ausgebracht werden.

Darüber hinaus werden in Deutschland bereits seit Mitte der 90er Jahre erhebliche Potenziale zur Verminderung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes durch in der Zulassung festgelegte stadienspezifische Aufwandmengen ausgeschöpft, die derzeit in vielen anderen Mitgliedsstaaten noch nicht angewandt werden. Die Reduktionspotentiale beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln sind hier bereits weitgehend ausgeschöpft (vgl. Anlage 1 (Caffi) des EGTOP - Reassessment of the use of Potassium Phosphonate as a plant protection mean to control downy mildew on grapevine). Seit dem Jahr 1985 haben in Deutschland die Ökoverbände freiwillig die Kupferaufwandmenge auf 3 kg Reinkupfer/ha*a limitiert. Im Rahmen der Zulassung erfolgte diese Limitierung in Deutschland im Jahr 2009, sie wurde jedoch 2019 auf 3,5 kg Reinkupfer/ha*a in Verbindung mit einem Kupferkonto angehoben. Damit wurde für den ökologischen Weinanbau die Möglichkeit geschaffen, die bei ungünstiger Witterung zusammen mit Pvi auftretende Schwarzfäule zu bekämpfen. Nach über 30

Jahren liegt heute die Erfahrung vor, dass in Jahren mit hohem Befallsdruck des Falschen Mehltaus bei allein kupferbasiertem Pflanzenschutz keine Ertragssicherheit im ökologischen Weinbau herrscht (Bleyer et al., 2020). Dies stellt in den besonders von Falschem Mehltau betroffenen Gebieten ein maßgebliches Nadelöhr für die politisch gewünschte Umstellung auf ökologische Wirtschaftsweise dar.

1.4. Einsatz von Prognosesystemen

Um Pflanzenschutzmittelanwendungen auf das notwendige Maß zu reduzieren, werden in Deutschland seit ca. 40 Jahren bei der Bekämpfung des Falschen Mehltaus flächendeckend Prognosegeräte auf der Basis von witterungs- und phänologiegestützten Prognosemodellen eingesetzt. Durch den Einsatz von Prognosesystemen, die anhand von Entwicklungsmodellen und Witterungsdaten Infektions- und Sporulationsereignisse vorhersagen, kann sichergestellt werden, dass kupferhaltige Pflanzenschutzmittel im Weinbau zu genau den Zeitpunkten appliziert werden, an denen die Bekämpfung von Pvi erforderlich ist. So wurde Mitte der 80er Jahre ein Thermohygrograph mit Blattnässeschreiber der Firma Lufft eingeführt oder der „Biomat-PWG“ (Hill, 2009; Holz, 1991). Seit dem Jahr 2003 stehen für die meisten Anbaugebiete das Prognosesystem VitiMeteo (<https://vitimeteo.de/>; Dubuis, 2010; Dubuis et al., 2019, Bleyer et al. 2023) und für den Rheingau das Geisenheimer Peronospora-Prognosemodell (<https://rebschutz.hs-geisenheim.de/pero/pero-radolan.php>) zur Verfügung. Bei einer jährlichen Aufwandmenge von 3 bzw. 4 kg/ha kann jedoch auch durch die Optimierung der Applikationszeitpunkte keine weitere Reduzierung realisiert werden, da insbesondere in Jahren mit hohem Infektionsdruck diese Höchstmenge nicht ausreicht, um die prognostizierten Infektionsereignisse abzudecken (PURE, <https://cordis.europa.eu/project/id/265865>).

2. Welche aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse sind geeignet, eine erneute Bewertung der Eignung von Kaliumphosphonat für den ökologischen Landbau zu veranlassen?

2.1. Natürliches Vorkommen von Phosphonat und Rückstände, die auch ohne Anwendung von KP auftreten

Phosphonate kommen in der Natur nachweislich als organische Phosphonsäuren (Organophosphonate, C-P-Bindung) vor. Sie werden in biochemischen Prozessen von verschiedenen Mikroorganismen synthetisiert und metabolisiert und sind so ein wichtiger Teil des natürlichen Phosphorkreislaufs (Chin et al., 2016). Das natürliche Vorkommen nicht organisch gebundener Phosphonsäure (Phosphonat) bzw. des Phosphonsäureanions, wie es bei KP vorliegt, ist zwar deutlich seltener und von geringerer Bedeutung, jedoch an einigen Stellen nachgewiesen. Ein vorhergegangenes Gutachten zu KP (Hofmann, 2012) fasst Ergebnisse von Studien zusammen, in denen anorganische Phosphonate (z.B. CaHPO_3 sowie NaHHPO_3) in sehr alten Gesteinen und Meteoriten auf der Erde nachgewiesen wurden. Darüber hinaus fasst eine aktuelle Publikation von Nader et al. (2023) den aktuellen Stand des Wissens zum Vorkommen von Phosphonat zusammen und wertet Rückstandgehalte von insgesamt 120.000 Einzeluntersuchungen verschiedener pflanzlicher Erzeugnisse im Hinblick auf deren Phosphonat-Gehalte aus.

Neue Erkenntnisse zum natürlichen Vorkommen von Phosphonat:

1. Phosphonat kann nachweislich von vielen verschiedenen Mikroorganismen oxidiert werden, v.a. in Situationen, in denen diesen keine Phosphatquelle zur Verfügung steht. Die Expression entsprechender Gencluster wird beispielsweise durch Phosphatmangel induziert. Die Fähigkeit und die Vielzahl unterschiedlicher Mikroorganismen, Phosphonat speziell in Phosphatmangelsituationen verstoffwechseln zu können, legt nahe, dass diese Organismen bereits lange vor anthropogenen Phosphonateinträgen mit diesem Stoff in Kontakt gekommen sind und die Fähigkeit, Phosphonat nutzen zu können, einen evolutionären Vorteil darstellt (Nader et al., 2023).
2. Als natürliche abiotische Quellen von Phosphonaten können nachweislich Blitzeinschläge, geothermale Flüssigkeiten, metamorphe Gesteine sowie die Reaktion des Minerals Schreibersit (Eisen-Nickel-Sulfit) mit Wasser sein (Nader et al., 2023).
3. Zu natürlichen Quellen biologischer Natur gibt es verschiedene Hypothesen und Beobachtungen, die diese stützen. Unterschiedliche Studien legen nahe, dass Phosphonate ein Zwischenprodukt bei der Biosynthese, oder dem Abbau von Organophosphonaten sein können. Auch weist der reduzierte FeMoCo-Faktor der Nitrogenase, welche von einigen Bakterien und Archaeen genutzt wird, um elementaren Stickstoff zu reduzieren (Stickstofffixierung), ein ausreichendes Redoxpotenzial auf, um Phosphat zu Phosphonat zu reduzieren, was bei der Verfügbarkeit von Phosphat in nicht zielführenden Nebenreaktionen passieren könnte. Darüber hinaus werden erhöhte Gehalte an Phosphonat bei der anaeroben Verdauung von Termiten und im Kot unterschiedlicher Nutztiere detektiert, was auf die mikrobielle Reduktion von Phosphat bei anaeroben Verdauungsprozessen hinweist. Den stärksten Hinweis auf einen mikrobiellen Ursprung von Phosphonat gibt jedoch ein US Patent (US 2008/0105018 A1) zur Herstellung von Phosphonat über mikrobielle Fermentation. Dort werden Verfahren beschrieben, mit denen Phosphat oder Phosphatgestein von Mikroorganismen unter kontrollierten, anaeroben Bedingungen mit einer Ausbeute von bis zu 18 % zu Phosphonat/Hypophosphit umgewandelt werden können (Nader et al., 2023).

Neben den punktuellen anorganischen Einträgen gibt es also zahlreiche Hinweise und erste Nachweise dafür, dass Phosphonat natürlicherweise in der Umwelt vorkommt und über biochemische Prozesse synthetisiert und katabolisiert werden kann.

Im Lichte aktueller Erkenntnisse über mögliche natürliche Ursprünge von Phosphonat und der Tatsache, dass nicht nur perennierende Kulturen, sondern z.B. auch Leguminosen (symbiotische Stickstofffixierung) oder Buchweizen, bei denen eine Speicherung in Überdauerungsorganen ausgeschlossen ist, nachweislich besonders hohe KP-Gehalte aufweisen, ist eine Aufnahme von mikrobiell gebildetem Phosphonat bei entsprechenden Standortbedingungen höchst wahrscheinlich (Nader et al., 2023).

2.2. Geringe Rückstände bei stadienangepasster Anwendung

Bei Anwendung von KP ausschließlich bis zum Ende der Blüte (BBCH 69) lagen die bisher im VITIFIT-Projekt gemessenen Rückstände (Phosphonat) für Beeren an verschiedenen Standorten in Deutschland, d.h. von experimentellen Weinbergen der Hochschule Geisenheim, des DLR Oppenheim, der LWG Veitshöchheim und des WBI Freiburg, bei durchschnittlich 9,9 mg/kg (Einzelwerte von 3,2 bis

20,3 mg/kg), und für Most aus Weintrauben des vorgenannten Weinbergs der Hochschule Geisenheim bei durchschnittlich 3,9 mg/kg (1,2–4,6 mg/kg). Im daraus erzeugten Wein lagen die Rückstände im Durchschnitt bei 3,5 mg/kg (3,1-3,9 mg/kg) (S. Otto, persönliche Kommunikation). Diese Rückstände liegen weit unterhalb des geltenden EU- Rückstandshöchstgehalts in Höhe von 200 mg/kg für Fosetyl-AL in Weintrauben in der Verordnung (EG) Nr. 396/2005 über Höchstgehalte an Pestizidrückständen, der für alle Einträge von Phosphonsäure in Weintrauben heranzuziehen ist. Für Wein müssen Verarbeitungsfaktoren berücksichtigt werden. Die Fosetyl-Verarbeitungsfaktoren betragen für rote Weintrauben 1,2 und für „weiße- 0,72 (<https://zenodo.org/records/6827098>).

2.3. Gesundheitliche Unbedenklichkeit und eine für die Umwelt relative Vorzüglichkeit von KP gegenüber Kupfer

Kupfer bildet Rückstände in Trauben und Most, hat umwelttoxische Eigenschaften, reichert sich im Boden an (Ballabio et al., 2018) und kann die Anwenderinnen und Anwender bei Nichtbeachtung der Vorsorgemaßnahmen schädigen (EFSA 2023). Der Wein als Endprodukt kann, je nach Anzahl der Applikationen und der Wartezeit nach der letzten Behandlung, Kupferrückstände enthalten (Garcia-Esparza 2005). Hier sind die RHG einzuhalten.

KP und Phosphonsäure sind wenig toxisch für Menschen. Der toxikologische Grenzwert für die tägliche Aufnahme (ADI) liegt bei einer oralen Tagesdosis von 1 mg/kg Körpergewicht (EU Pesticides Database). Der Wirkstoff wird als nichtschädigend für Bienen und Nützlinge eingestuft. Der Eintrag von KP in Oberflächengewässer kann aufgrund des Phosphorgehaltes, ähnlich wie beim Einsatz von Kompost oder anorganischen Phosphatdüngern, zu erhöhten P-Gehalten in Sedimenten von Oberflächengewässern führen, wo unter aeroben Bedingungen ein langsamer bakterieller Abbau zu Phosphat erfolgt (EFSA 2012). Bei der Zulassung von KP zur Anwendung im Weinbau sind deshalb bewachsene Pufferstreifen zwischen Weinbergen und Oberflächengewässern vorgeschrieben. Verglichen mit Kupfer, das Bodenbakterien, Nützlinge, Regenwürmer, Algen, Fischnährtiere und Fische schädigen und bei anschließenden Arbeiten ohne Schutzkleidung auch anwendertoxisch sein kann, verfügt KP deshalb über eine große relative Vorzüglichkeit gegenüber diesem Schwermetall (<https://apps2.bvl.bund.de/psm/jsp/DatenBlatt.jsp?kennr=006896-00>).

2.4. Regionale und jahresspezifische Unterschiede der Befallssituation

Die Epidemiologie und somit die Intensität des Pvi-Befalls sind stark witterungsabhängig. Nach der bodenbürtigen Primärinfektion, die ab Bodentemperaturen von 10 °C bei ausreichender Bodenfeuchte und einer wind- bzw. regengetragenen Verlagerung von Zoosporen auf die Blätter der Reben stattfinden kann, können eine Vielzahl sekundärer Infektionszyklen und auch weitere bodenbürtige Infektionen erfolgen.

Kennwerte zum Niederschlag von Mai – Juli und die resultierende Befallsstärke für Freiburg und Siebeldingen in den Jahren 2012–2014 und 2019–2020

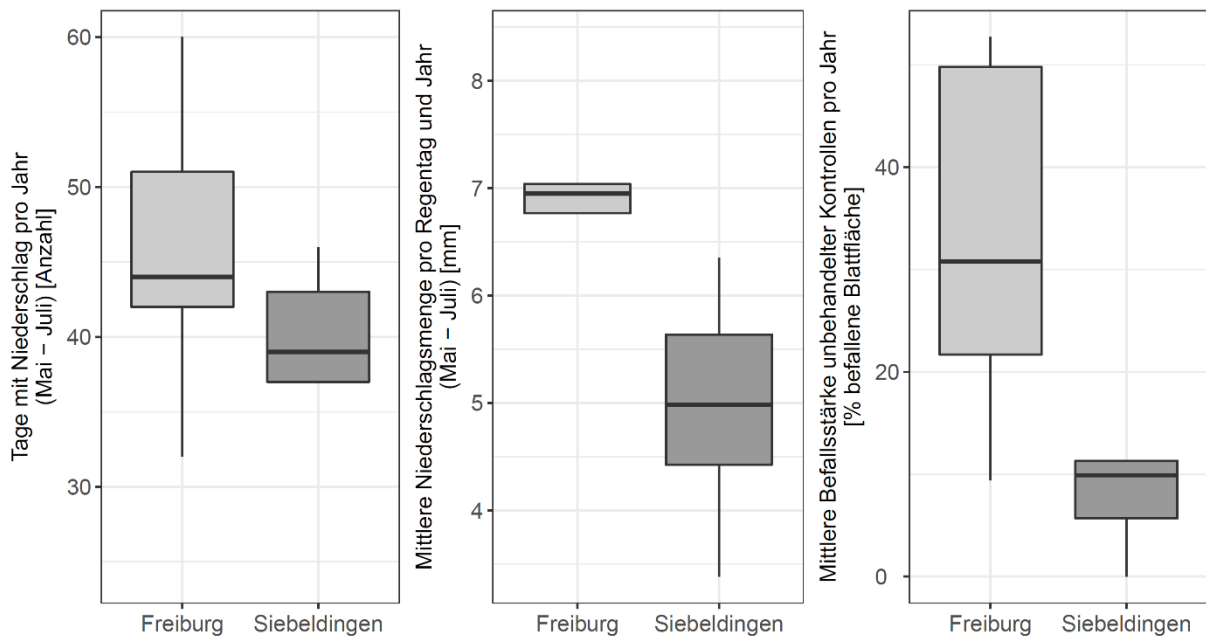


Abb. 2: Vergleich der Versuchsstandorte Freiburg (WBI) und Siebeldingen (JKI) hinsichtlich der Anzahl der Tage mit Niederschlag. Es wurden nur die Jahre 2012 bis 2014 und 2019 bis 2020 berücksichtigt, für die an beiden Standorten Daten zur Befallsstärke verfügbar waren (WBI: Bleyer et al., 2022; JKI: Projekte PURE, AudiSense). Betrachtet wird jeweils der Zeitraum von Mai bis Juli. Links: Die Tage, an denen Niederschläge fielen. Mitte: Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge an Tagen mit Niederschlag. Rechts: Die Pvi Befallsstärke (August) an unbehandelten Blättern. Die meteorologischen Messwerte entstammen den örtlichen Wetterstationen (VitiMeteo).

Beide Infektionspfade sind – je nach Häufigkeit und Grad der Überlappung – ausschlaggebend für die Geschwindigkeit der Entwicklung und Ausbreitung der Krankheit. Grundsätzlich können die Phasen Infektion, Inkubation und Sporulation differenziert werden. Nach der Infektion, dem Ablauf der Inkubationszeit und dem Auftreten von Ölflecken kann aus dem infizierten Gewebe nach wenigen Tagen die Sporulation erfolgen. Dazu muss die Durchschnittstemperatur mindestens 12,5 °C betragen, die Luftfeuchte über 95 % liegen und mindestens vier Stunden Dunkelheit vorherrschen. Wenn sich unter diesen Bedingungen Sporangienträger aus den Stomata herausgebildet haben, können die Sporangien durch Wind und Regen weiterverbreitet werden. Sobald sie auf eine Blatt- oder Gescheinsoberfläche auftreffen, werden bei ausreichender Blattnäse Zoosporen entlassen, die auskeimen, über die Stomata ins pflanzliche Gewebe eindringen und dieses neu besiedeln können (Wilcox et al., 2015).

Infektionszyklen *Plasmopara viticola* im Rheingau (Standort Hochschule Geisenheim) nach Geisenheimer Prognosemodell

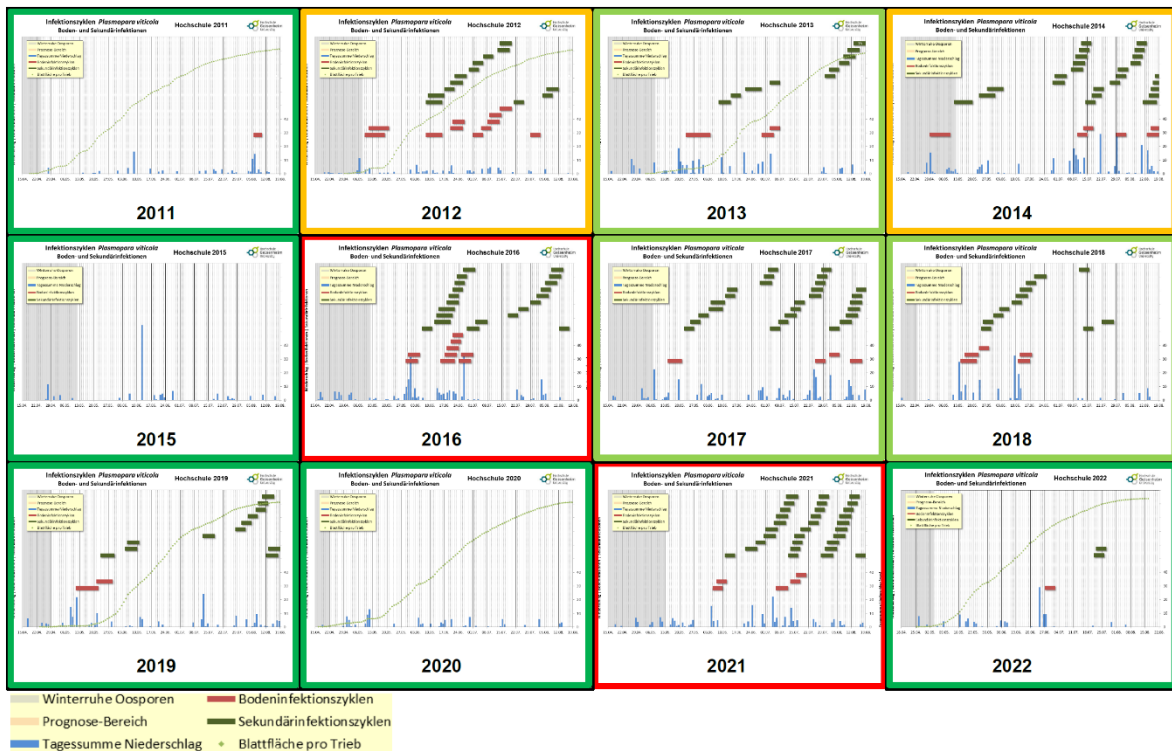


Abb. 3: Pvi-Infektionsgeschehen und meteorologische Daten des Geisenheimer Peronospora-Prognosemodells am Standort Hochschule Geisenheim für die Jahre 2011 bis 2022 (B. Berkelmann-Löhnertz, Institut für Phytomedizin, HGU).

Entscheidend für die Dynamik der Epidemiologie ist demnach die Häufigkeit von Niederschlägen wie auch Taubildung und die jeweilige Dauer der Blattnässe während der Hauptwachstumsperiode. Die Regelmäßigkeit, mit der sporulations- und infektionsfördernde Witterungsbedingungen erreicht werden, ist abhängig von den jeweiligen regionalen, aber auch jahresspezifischen Gegebenheiten. Beispielsweise ist der Weinbau in der Region Südbaden am Standort Freiburg bei vergleichsweise häufigen und intensiven Regenereignissen während der Hauptwachstumsperiode insgesamt einem höheren Pvi-Druck ausgesetzt als der Weinbau in der Region Südpfalz am Standort Siebeldingen (Abb. 2). Sollen Möglichkeiten zur Kupferreduzierung evaluiert werden, ist es daher wichtig, Daten von Standorten bzw. aus Jahren zu verwenden, in denen ein mindestens moderater – besser noch hoher – Befallsdruck vorlag. Bei Verwendung von Datenmaterial aus Jahren mit (sehr) schwachem Pvi-Befallsdruck ist die Aussagekraft der Ergebnisse gering bis vernachlässigbar.

Neben diesen regionalen Unterschieden sind in den letzten Jahren regelmäßig deutschlandweit problematische Witterungsverläufe, die einen extrem hohen Krankheitsdruck zur Folge hatten, aufgetreten. Prognosesysteme wie VitiMeteo (<https://vitimeteo.de/>) oder das Geisenheimer Peronospora-Prognosemodell (<https://rebschutz.hs-geisenheim.de/pero/pero-radolan.php>) können genutzt werden, um rückwirkend die regional vorhandenen Befallsituationen der letzten Jahre zu analysieren. So bildete das Geisenheimer Modell den Befallsdruck einzelner Jahre über die Darstellung aller prognostizierten Infektionszyklen (bodenbürtig = braune Balken; blattbürtig = grüne Balken) ab. Demnach waren am Standort Geisenheim vor allem die Jahre 2016 und 2021 und mit etwas geringerer Intensität auch die Jahre 2012 und 2014 durch einen besonders hohen Befallsdruck gekennzeichnet (Abb. 3).

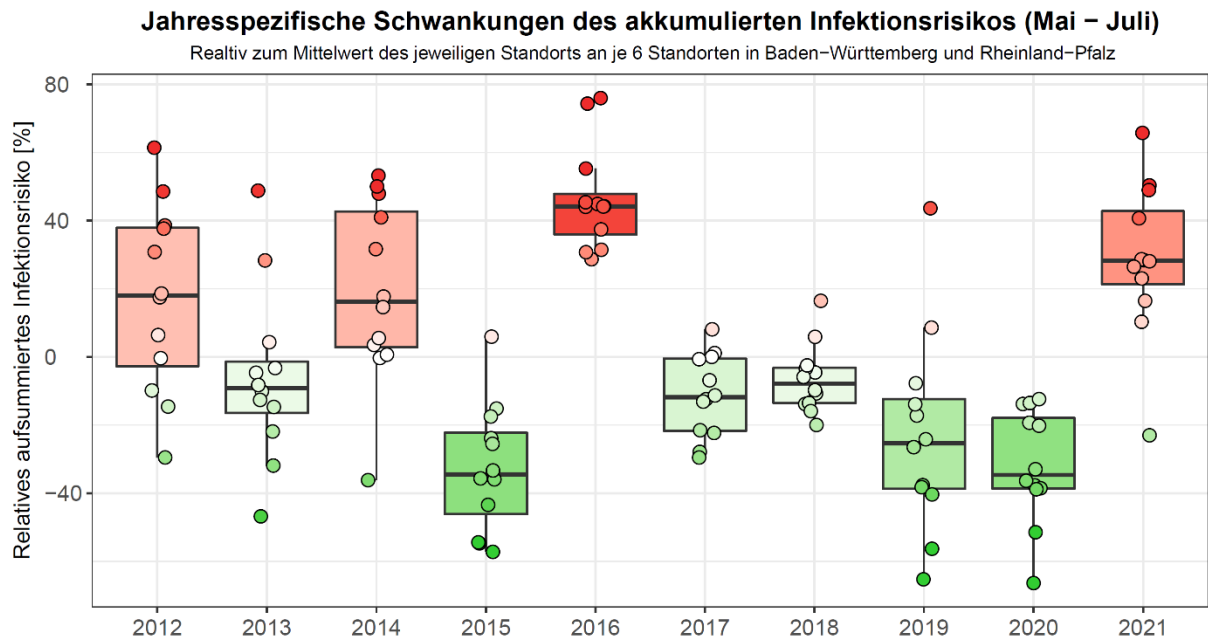


Abb. 4: Boxplots zum jahresspezifischen (Mai bis Juli) aufsummierten Pvi-Infektionsrisiko laut VitiMeteo; jeweils relativ zum stationsspezifischen Mittelwert aller dargestellten Jahre. Jeder Punkt entspricht dem Jahreswert einer Station. Repräsentiert sind sechs VitiMeteo Stationen aus Rheinland-Pfalz (Oppenheim LA, Bad Neuenahr, Bacharach, Bernkastel-Kues, Siebeldingen, Norheim) und Baden-Württemberg (Freiburg, Blankenhornsberg, Immenstaad, Weinsberg, Vormberg, Helmsheim).

Das Prognosesystem VitiMeteo berechnet einen „PeroRisiko“-Kennwert, der als Maßzahl für die Infektionsstärke das Risiko neuer Pvi-Infektionen angibt. Bei der rückwirkenden Betrachtung der aufsummierten Risikokennwerte von je sechs Standorten verteilt über die Bundesländer Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz lässt sich feststellen, dass auch bei dieser überregionalen Betrachtung die Jahre 2016 und 2021 ein über alle Standorte hinweg überproportional hohes Infektionsrisiko aufwiesen (Abb. 4). Auch die Jahre 2012 und 2014 zeigten zumindest für einige Standorte ein überdurchschnittliches Infektionsrisiko auf. Prognosen der klimatischen Veränderungen deuten darauf hin, dass sich die Anzahl und Intensität an Starkregen- sowie langanhaltenden Niederschlagsereignissen in Deutschland erhöht (Hagemann und Jacob, 2006; Bender et al., 2017). Demnach ist davon auszugehen, dass die durch den Klimawandel bedingte Zunahme an Pvi-förderlichen Wetterlagen folglich zu Jahren mit extrem hohem Pvi-Befallsdruck führen wird. Ohne adäquate pflanzenschutztechnische Gegenmaßnahmen werden enorme Ertragsverluste zu verzeichnen sein (Fuchs und Fuchs 2017), durch die für viele Betriebe in Deutschland die ökonomische Tragfähigkeit des ökologischen Weinbaus für viele Betriebe in Deutschland nicht mehr gegeben sein wird.

2.5. KP zur Kontrolle von witterungsbedingt überproportional hohem Pvi Befallsdruck

Derzeit stehen dem ökologischen Weinbau nur Kupferhaltige Kontaktfungizide zur effektiven Bekämpfung bei hohem Befallsdruck zur Verfügung. Daraus ergeben sich folgende Probleme:

- In Situationen mit hoher Niederschlagsfrequenz muss der durch Niederschläge abgewaschene Kupferbelag stets erneuert werden.

- Der noch ungeschützte Neuzuwachs muss wegen der resultierenden Infektionsereignisse an Blättern auch bei Niederschlägen mit geringerer Intensität erstmalig durch Pflanzenschutzmittel regelmäßig abgedeckt werden.

KP hat hier den entscheidenden Vorteil, dass es von der Pflanze aufgenommen wird und sich über die Leitbündel in wachsende Blätter und Triebe verlagert (Dann und McLeod, 2020) und so auch den nach der letzten Pflanzenschutzmaßnahme entstandenen Neuzuwachs schützt. So können kurz aufeinanderfolgende Kupferapplikationen, die primär dem Schutz des Neuzuwachses dienen, eingespart werden. Zudem erweitert sich das Zeitfenster und damit die Sicherheit bei der Bekämpfung von Pvi, wenn Kupferapplikationen nicht immer wie empfohlen direkt erfolgen können, z. B. wenn Weinberge nach starken Niederschlägen schlecht befahrbar sind. Bleyer et al. (2020) haben untersucht, wie die Kombination von Kupfer mit KP den Behandlungserfolg gegenüber reinen Kupferapplikationen verbessern kann, und ob durch diese Kombination die Behandlungsintervalle gemessen am Zuwachs verlängert werden können. Im Ergebnis konnte gezeigt werden, dass auch in Jahren mit hohem Befallsdruck durch die Kombination von Kupfer mit KP die Befallsstärke vor allem an Blättern – aber auch an Trauben – deutlich verringert werden konnte. Außerdem wurde der Behandlungserfolg der Kombinationsbehandlung bei unterschiedlich langen Behandlungsintervallen mit Applikationen alle 400 cm² oder alle 600 cm² Neuzuwachs verglichen. So konnte gezeigt werden, dass der Wirkungsgrad in der Variante mit dem längeren Behandlungsintervall mindestens genauso hoch, z. T. tendenziell sogar noch höher, ausfiel, womit bei gleichem Behandlungserfolg zwei Applikationen eingespart werden konnten. Neben der Verlängerung der Behandlungsintervalle bei gleichzeitiger Steigerung des Wirkungsgrades und einer Verminderung der Anzahl an Überfahrten kann KP somit genutzt werden, um Kupferaufwandmengen auch in Jahren mit hohem Befallsdruck zu reduzieren. So zeigen Schumacher et al. (2022), dass sich die Kupferaufwandmenge bei einer Kombination von Kupfer mit KP sogar im schwierigen Jahr 2021 ohne Einbußen beim Wirkungsgrad um 33 % reduzieren ließ.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass KP somit eine effektive Möglichkeit bildet, auch in Situationen mit hohem Pvi-Befallsdruck den Neuzuwachs zu schützen, die Menge an eingesetztem Kupfer zu reduzieren, die Zahl der Überfahrten zu verringern und auf dieser Basis die Ertragssicherheit zu gewährleisten. Zum Erreichen des Ziels, den Anteil des ökologischen Weinbaus auf 30 % zu erhöhen, ist gerade letzteres ein entscheidendes Kriterium. Die Befallssituation in Jahren wie 2016 und 2021 und die derzeit prognostizierten klimatischen Veränderungen werden die Situation noch weiter verschärfen.

3. Wie sind verschiedene im EGTOP behandelte Aspekte zur Verwendung von Kaliumphosphat im ökologischen Anbau aktuell aus wissenschaftlicher Sicht zu bewerten?

Ein großer Vorteil mittel- und osteuropäischer Weinbaugebiete ist die nach wie vor weitgehend ausgeglichene Wasserbilanz und die hohe Produktivität der Weinberge, welche weitgehend unbewässert sind. Deshalb ist Weinbau unter diesen Bedingungen als vergleichsweise nachhaltig zu bezeichnen, und es ist gerechtfertigt, den Weinanbau trotz hohem Befallsdruck durch den Falschen Mehltau nicht nur auf trockene Gebiete mit weniger Befallsdruck zu beschränken.

Die Einschätzung der EGTOP zur Verfügbarkeit von wirkungsvollen Kupferalternativen basiert auf Beispielen aus Südeuropa, wo der Krankheitsdruck durch die Rebenperonospora deutlich geringer ist als in Deutschland, Luxemburg, Trentino, Südtirol, Steiermark (Österreich/Slowenien), Tschechien, Burgund und der Champagne. Diese Länder und Regionen müssen allesamt als besondere Problemzonen des Falschen Mehltaus zu bezeichnen werden. Die vorgeschlagenen Alternativen sind für den Weinbau der genannten Gebiete oft ohne Bedeutung, weil sie unter den beschriebenen Bedingungen nicht ausreichend wirksam sind.

Zur Beantwortung der Frage, was ein alternativer Wirkstoff zu Kupfer überhaupt leisten muss, um eine „gangbare Alternative“ für den mitteleuropäischen Weinbau darzustellen:

Das Julius Kühn-Institut schlägt vor, nur dann von Kupferalternativen zu sprechen, wenn in Versuchen zur Wirksamkeitsstudien im Freiland in der unbehandelten Kontrolle eine Befallsstärke von mindestens 40 % (physiologische Schadschwelle bei Blättern) und bei dem alternativen Mittel ein Wirkungsgrad im Bereich von > 80 % nachgewiesen wurde. Diese Werte werden in der von der EGTOP zitierten Veröffentlichung nicht annähernd erreicht.

Im Folgenden wird auf die einzelnen Punkte der EGTOP Argumentation (EGTOP - Reassessment of the use of Potassium Phosphonate as a plant protection mean to control downy mildew on grapevine) eingegangen:

3.1. “New limitation on copper use”

Aus Deutschland liegen Erfahrungen aus den Jahren 1985-2018 vor, in denen die zulässige Kupferhöchstmenge im Ökoweinbau von Verbandsseite auf 3kg Reinkupfer/ha*a beschränkt war und ab 2019 auf 3,5 kg im Schnitt von 5 Jahren erhöht (Kupferkonto, max. Aufwandmenge von 4 kg/ha). In diesem Zeitraum gab es immer wieder Situationen, in denen die zugelassenen Kupfermengen aufgrund des hohen Befallsdrucks keine Wirkungssicherheit boten. Bleyer et al. (2020) dokumentieren das sehr gründlich für das Jahr 2016, wo es witterungsbedingt zu existenzbedrohenden Verlusten im deutschen Ökoweinbau kam. Bereits im Jahr 2021 kam es in Deutschland wieder auf Grund außergewöhnlich ungünstiger Witterungsverhältnisse zu erheblichen Problemen und unvermeidbaren Ernteverlusten, trotz der dann ausnahmsweise möglichen 4 kg Reinkupfer/ha*a.

In der Vergangenheit sahen sich insbesondere die Länder/Anbauregionen Norditalien, vor allem Trentino und Südtirol, in Österreich die Steiermark, Slowenien, Burgund, die Champagne, Deutschland, Tschechien und Luxemburg mit diesen besonderen und herausfordernden Witterungsbedingungen und den sich daraus ergebenden drastischen Pvi-Befallssituationen konfrontiert. Zuletzt, in der Vegetationsperiode 2023, herrschten ebensolche Verhältnisse in Frankreich ganz außergewöhnlich auch im Bordeaux und führten dort zu Ernteaussfällen mit sozioökonomischer Tragweite.

3.2. “Agronomic preventative measures”

In Deutschland werden die Maßgaben des integrierten Pflanzenschutzes (Abgesehen vom flächigen Anbau von PIWIs) seit ca. 40 Jahren sowohl im integrierten als auch im ökologischen Weinbau durchgeführt. Dabei werden zunächst alle Kulturmaßnahmen und nicht-chemischen Eingriffe, die zu einer Verringerung des Krankheitsdrucks und einer Reduzierung der Schadenswahrscheinlichkeit führen, angewandt, um chemische Pflanzenschutzmaßnahmen – inklusive Kupferapplikationen – auf das notwendige Maß zu reduzieren. Neben den unter Punkt 1.3. beschriebenen Maßnahmen hilft

darüber hinaus die relative Schwachwüchsigkeit der Reben im Ökoanbau aufgrund einer geringeren Düngergabe, die Anfälligkeit der Reben gegenüber dem Erreger des Falschen Mehltaus zu vermindern. Trotzdem konnte der Ökoanbau bisher noch nie auf Kupferapplikationen verzichten, obwohl jede Möglichkeit der präventiven Befallsreduktion und der Kulturhygiene ausnutzt wird. Derzeit sind große Bestrebungen im Gange, den Anteil an PIWIs zu erhöhen (siehe Punkt 1.2). Aufgrund der langen Standzeiten der Rebanlagen sind maßgebliche Veränderungen am Flächenanteil pilzwiderstandsfähiger Rebsorten jedoch erst in einigen Jahrzehnten zu erwarten.

3.3. Agrarökologischer Ansatz

Die gesellschaftliche Bewegung der Agrarökologie umfasst das gesamte Lebensmittelsystem, vom Boden bis zur Organisation der menschlichen Gesellschaft. Sie ist wertorientiert und basiert auf Grundprinzipien. Unter Agrarökologie versteht man dabei vor allem auch die Interaktion zwischen den Akteuren in Wissenschaft, Praxis und Organisationen durch kooperative Arbeit und die Erleichterung des Austauschs von Wissen, Verständnis, Akzeptanz und ethischem Engagement für die Pflege und den Erhalt der Ressourcen im landwirtschaftlichen Kontext, hier bezogen auf den Weinbausektor.

Der Werkzeugkasten, der dem agrarökologischen Ansatz zur Verfügung steht, ist kein anderer als jener des integrierten Pflanzenschutzes, wo stets versucht wird, Prozesse der natürlichen Regulation von Schadorganismen zu schützen und zu fördern. Hierzu gibt es im Rahmen des VITIFIT-Projektes interessante mikrobiombasierte Forschungsansätze bezüglich des Falschen Mehltaus und seiner Antagonisten unter dem Einfluss von Kupferbehandlungen sowie reduzierten Kupferaufwandmengen (Behrens & Fischer, 2022) und auch im Bereich der Erforschung der funktionalen Biodiversität der Insektenfauna von Weinbergen (Kaczmarek et al., 2022). Derzeit gibt es jedoch noch keine Ergebnisse, die zeigen, dass eine Förderung der funktionellen Biodiversität oder bestimmter natürlich vorkommender Mikroorganismen die Bekämpfung des Falschen Mehltaus im Weinbau effektiv unterstützen kann. Untersucht wurden u. a. Auswirkungen von Kupfer und alternativen Maßnahmen auf die Zusammensetzung des Mikrobioms der Phyllosphäre (<https://www.vitifit.de/>). Aufgrund des mangelnden Wissens über das antagonistische Potenzial der nachgewiesenen Mikroorganismen können keine direkten Rückschlüsse auf eine mögliche krankheitsunterdrückende Wirkung gezogen werden. Zudem ist bisher kein methodischer Ansatz bekannt, mit dem eine Bekämpfung von (aggressiven) Schadpilzen allein durch eine ausgewogene und antagonistienreiche Mikroflora auf Blatt und Frucht zu bewerkstelligen ist.

Bemerkung: In Deutschland ist der Begriff Agrarökologie doppeldeutig, weil dieser Begriff hier auch eine wissenschaftliche Teildisziplin der Agrarwissenschaften benennt, welche rein biologische Forschung betreibt, die keinen sozioökonomischen Ansatz verfolgt.

3.4. Minipapier der EIP-AGRI-Fokusgruppe (Anhang 1 EGTOP)

In diesem Schriftstück stellt der Autor, ein Wissenschaftler der Universität Piacenza, der selbst eine Firma gegründet hat, die v. a. Prognosesysteme und Beratungsdienstleistungen kommerziell vermarktet, Einsparpotentiale für Kupfer aus italienischer Perspektive dar. Aus dieser Sicht geht er von einer ursprünglichen Kupfermenge von 9 kg/ha*a aus. Er sieht die Einsparpotentiale in folgenden Punkten:

- Auswahl des Standortes der Weinberge
- Sortenwahl
- Düngemanagement und Kulturführung
- Wetterstationsbasierte Prognosesysteme, bedarfsorientierter und stadionspezifischer Pflanzenschutz
- Applikationstechnik

Aus Perspektive deutscher Wissenschaftler und Experten des ökologischen Weinbaus ist hierzu folgendes anzumerken:

Die meisten genannten Punkte sind bereits seit vielen Jahren gute fachliche Praxis im hiesigen Weinbau. In den meisten deutschen Weinbaugebieten gibt es keine Möglichkeit, einen Weinberg an einen anderen Standort zu verlegen, da es sich um mehr oder weniger geschlossene Weinbauareale handelt. In diesen Weinbergslagen wird seit jeher eine standortangepasste Sortenwahl vollzogen. Wie oben bereits beschrieben, wird sehr zurückhaltend gedüngt und bei der Kulturführung auf eine gut durchlüftete Traubenzone geachtet, damit eine möglichst gute Benetzung der Traubenzone mit den Pflanzenschutzmitteln gewährleistet ist. Wie ebenfalls bereits beschrieben, ist in Deutschland eine stadionsabhängige Dosierung der Pflanzenschutzmittel bereits durch die Zulassung der Pflanzenschutzmittel vorgegeben und verbindlich. In der Regel werden Abdrift minimierte Sprühgeräte und wenn möglich auch Recyclingsprühgeräte eingesetzt. Hier sind in Deutschland keine nennenswerten Einsparpotentiale mehr zu erwarten. Die Studie kommt selbst zu dem Schluss, dass es derzeit keine Alternativen für Kupfer im Ökoweinbau gibt.

Zu den hier darüber hinaus zitierten „Alternativen“ lässt sich folgendes sagen:

Die für Laminarin und Chitosan zitierte Studie von Garde-Cerdán et al. (2017) setzt sich nicht mit den Wirkungsgraden dieser potenziellen Alternativen auseinander, sondern behandelt die Aminosäuregehalte von Mosten aus mit Kupfer behandelten Trauben im Vergleich zu jenen, die mit diesen Alternativen behandelt wurden.

In einer anderen erwähnten Studie (Lukas et al., 2016) wirkten sich das nicht formulierte Kaliumbicarbonatprodukt VitiSan® und andere Produkte auf der Basis von Kalziumchlorid, Kalziumhydroxid und saurer Tonerde nicht zuverlässig auf das Auftreten und den Schweregrad von Pvi aus. Die von Bove et al (2018) untersuchten resistenzinduzierenden Agentien erfüllen aufgrund ihrer geringen Wirkungsgrade nicht die Ansprüche an eine effiziente Kupferalternative.

3.5. INRA/ITAB-Veröffentlichung "Peut-on se passer du cuivre en protection de cultures biologiques".

Gemäß dieser Metastudie zum Falschen Mehltau bei Weintrauben zeigen viele Arbeiten in Frankreich, dass eine Reduzierung der ausgebrachten Kupfermenge um die Hälfte unter Beibehaltung des gleichen Applikationsschemas bei Verringerung der Ausbringungsmenge pro Anwendung und bei gleichzeitiger Verbesserung der Spritzqualität in den meisten Fällen zu einem identischen oder vergleichbaren Bekämpfungsniveau führt, wie es bei Spritzungen mit Standardmengen erreicht wird. Dieses Ergebnis kann aber ausdrücklich nur dann erreicht werden, wenn der Krankheitsdruck nicht übermäßig hoch ist. Bei hohem Krankheitsdruck sei manchmal immer noch die damals geltende gesetzliche Höchstmenge (6 kg/ha*a) erforderlich, um eine zufriedenstellende Bekämpfung zu erreichen. Daraus folgte, dass in

Fällen von schwerem Krankheitsdruck eine deutliche Verringerung der zulässigen Kupfermenge zu einer untragbaren Situation führen oder eine totale Bedrohung für den Ernteertrag darstellen würde.

Ferner wird davon ausgegangen, dass jenseits von Kupfer zurzeit nur kulturtechnische Maßnahmen und PIWIs zur Bekämpfung von Falschem Mehltau beitragen können. Zu den alternativen Pflanzenschutzmitteln wird festgestellt: Eine Analyse der wissenschaftlichen Literatur deutet darauf hin, dass derzeit keine resistenzinduzierenden Substanzen verfügbar sind, die bei der Bekämpfung der wichtigsten Krankheitserreger, auf die Kupferbehandlungen abzielen, so wirksam sind wie Kupfer selbst. Phosphonate hätten aufgrund ihres ökotoxikologischen Profils ein gutes Potenzial zur Begrenzung des Einsatzes von synthetischen Fungiziden und/oder Kupfer. Lediglich die fehlende Anerkennung als Wirkstoff mit Eignung im Ökolandbau verhindere einen Einsatz im Ökoweinbau.

Die Autoren stellen hierzu die Frage: „Sind sie wirklich synthetischer als die derzeit im Ökoanbau verwendeten Kupfersalze?“ und verweisen diesbezüglich auf Kapitel 4 Absatz 3.

Dagegen kommt die Studie zu dem Schluss, dass sowohl „Biozide“ (gemeint sind hier aus Naturstoffen hergestellte Pflanzenschutzmittel gem. PflSchG, nicht Biozide gemäß Verordnung (EU) Nr. 528/2012 (Biozid-Verordnung)) als auch mikrobielle Antagonisten sowie resistenzinduzierende Substanzen natürlichen Ursprungs nur partielle Wirksamkeiten aufweisen, die für eine Zulassung als Pflanzenschutzmittel wahrscheinlich nicht ausreichend seien.

Die hier zitierten Aussagen dieser Studie lassen sich mit den Schlüssen hinsichtlich der Verfügbarkeit alternativer Pflanzenschutzmittel, die EGTOP aus dieser Studie ableitet, nicht in Einklang bringen.

3.6. RELACS (Anhang 2 EGTOP)

Dieser Bericht befasst sich nicht mit dem spezifischen Problem von Falschem Mehltau im Weinbau. Er kommt bezüglich Kupferreduktion zur Erkenntnis, dass kulturtechnische Maßnahmen eingesetzt werden können, um u. a. auch den Einsatz von Kupfer zu reduzieren. Allerdings kommt er auch zu dem Schluss, dass diese Maßnahmen in Jahren mit hohem Infektionsdruck auch in Kombination mit Kupfer nicht ausreichend seien.

3.7. “Amounts of copper really needed”

Die hier zitierte Arbeit von Cabus et al. (2017) ist eine Arbeit, die unter standardisierten Laborbedingungen (geringer Befallsdruck hinsichtlich Regen und Blattnässe) stattgefunden hat. Hier wurden Blattscheiben in Petrischalen mit der Unterseite nach oben flach ausgelegt, mit Pflanzenschutzmittel behandelt und anschließend mit Sporensuspension des Falschen Mehltaus behandelt. Eine Situation, die in der Natur so nicht vorkommt. Auf diesen Blattscheiben wurde mit Hilfe eines Labsprayers ein homogener Spritzbelag aufgebracht, wie es ihn am Rebstock nie gibt. Das Ergebnis war, dass unter diesen Bedingungen nur 38 g/ha je Behandlung nötig wären, um eine ausreichende Wirkung zu erzielen. Bei angenommenen 13 Behandlungen im Freiland und einer zu behandelnden Laubwandfläche von 15.000 m²/ha wären das knapp 500 g Kupfer/ha*a.

Aus agrarwissenschaftlicher und anwendungstechnischer Sicht ist es nicht zielführend, dass von solchen artifiziellen Laborstudien Rückschlüsse auf den Kupferbedarf gezogen werden, ohne die Befunde durch Freilandversuche zu verifizieren. Die Arbeit von Cabus et al. (2017) zeigt lediglich, dass bei gegebenem Befallsdruck eine Mindestwirkstoffmenge pro Fläche erforderlich ist. Der tatsächliche

Bedarf an Pflanzenschutzmitteln - hier Kupfer- unter Freilandbedingungen bei hohem Befallsdruck ist nach Bleyer et al. (2022) jedoch um ein mehrfaches höher.

3.8. “Alternative products for copper replacement”

Aufgrund der Witterungslage in Mitteleuropa sind, wegen der niedrigen epidemiologischen Schadschwelle, nur Produkte als „Hoffnungsträger“ in Betracht zu ziehen, durch deren Anwendung eine Befallsstärke von 40 % an Blättern (physiologische Schadschwelle) nicht überschritten wird. Dafür müssen wegen des hohen Ausbreitungs- und Vermehrungspotenzials des Falschen Mehltaus bei anhaltend optimalen Infektionsbedingungen sehr hohe Wirkungsgrade von mind. 80 % sichergestellt werden. Dies ist in keiner der von EGTOP zitierten Studien der Fall, und mit Kupfer ist die Anforderung unter diesen Bedingungen auch kaum zu erreichen. In Deutschland wird seit Jahren nach Alternativen zu Kupfer gesucht. Es konnten bisher außer KP und dem Anbau von PIWIS keine gangbaren Alternativen identifiziert werden (vgl. 1.1).

3.9. “DSS and other technology tools”

In Deutschland werden seit 20 Jahren flächendeckend auf Witterungsdaten basierende, frei über Internet zugängliche Entscheidungshilfswerkzeuge genutzt (z. B. Vitimeteo, Bleyer et al. 2023).

Diese wurden exakt auf die Biologie von Pvi und die Epidemiologie der Krankheit abgestimmt. Die Vorhersagegenauigkeit ist dementsprechend hoch. Gleiches gilt für das Geisenheimer Peronospora-Prognosemodell, welches ausschließlich im Weinanbaugebiet Rheingau eingesetzt wird. In allen Weinbauregionen findet eine sehr effektive doppelte Nutzung statt: einerseits durch den Pflanzenschutzdienst, der damit Beratungsempfehlungen generiert; andererseits durch den unmittelbaren Zugang der Winzerinnen und Winzer. Mit Hilfe dieser mathematischen Modelle ist es in Jahren mit geringen Befallsdruck möglich, Pflanzenschutzmittel-Applikationen einzusparen. Allerdings arbeiten diese Prognosesysteme so präzise, dass deren Nutzung bisweilen zu verstärktem Pflanzenschutz statt zu einer weiteren Reduzierung führte. In Regionen und/oder Jahren mit hohem Krankheitsdruck können diese Systeme lediglich zu einem optimierten Einsatz der Kupferanwendungen beitragen; sie bieten in solchen Jahren jedoch keine Möglichkeit, die ausgebrachte Kupfermenge unter 3 bis 4 kg/ha*a zu senken und/oder die Anzahl der Anwendungen erheblich zu reduzieren (PURE; <https://cordis.europa.eu/project/id/265865>).

Näheres zu Prognosesystemen ist bereits unter 1.4 erläutert worden.

3.10. “the problem of residues”

Betrachtet man alle europaweit erlaubten Öko-Pflanzenschutzmittel, so fällt auf, dass mehrere davon Rückstände in Trauben und Wein bilden können (z. B. Natrium (Rückstände durch Natriumhydrogencarbonat) und Kupferrückstände). Garcia-Esparza et al. (2007) beschreiben, dass bei Untersuchungen italienischer Weine 18 % der Proben die Rückstandshöchstmenge für Kupfer überschreiten, unabhängig vom Managementsystem. Der Kupfer-Rückstandshöchstgehalt für Keltertrauben (Verordnung (EG) 396/2005) beträgt 50 mg/kg. Bei der amtlichen Überwachung von Pflanzenschutzmittelrückständen in Deutschland wurden in 59% der untersuchten Rotweine und in 50% der untersuchten Weißweine Kupferrückstände gemessen, die jedoch alle unter den

Rückstandshöchstgehalten lagen (BVL 2023). Hiermit werden von EGTOP im Hinblick auf KP somit schärfere Kriterien im Vergleich zu bereits zugelassenen Mitteln angelegt.

Wünschenswert wäre es, dass bei der Frage der Zulassung von Mitteln für den Ökoweinbau neben der natürlichen Herkunft im Hinblick auf mögliche Rückstände verstärkt im Vordergrund stünde, ob es durch den Einsatz des zu genehmigenden Mittels zu einer Risikominderung für Naturhaushalt, Anwenderinnen und Anwender sowie Konsumentinnen und Konsumenten kommt oder nicht (s. u. und vgl. 2.3). Umweltbewusste Verbraucherinnen und Verbraucher geben für Ökoweine mehr Geld aus als für konventionelle Weine, weil sie erwarten, dass die beiden Grundprinzipien Risikominimierung und Nachhaltigkeit im Ökoweinbau konsequent und nach neuesten wissenschaftlichen Befunden umgesetzt werden.

3.11. “extreme weather conditions and events”

Zur Thematik der sich ändernden klimatischen Bedingungen und den entsprechenden Implikationen für das Auftreten und die Kontrolle von Pvi ist bereits unter 2.4 Näheres erläutert worden.

Die im EGTOP 2019 getätigten Einschätzungen dürfen auf keinen Fall dazu führen, dass in bestimmten Weinbauregionen Europas im Ökoweinbau keine Produktionssicherheit mehr herrscht. An dieser Stelle muss deutlich konstatiert werden, dass das EU-weite Ziel, den ökologischen Anbau auf einen Anteil von 30 % zu erhöhen, bei fehlender Produktionssicherheit nicht erfüllt werden kann. Pflanzenschutzstrategien zur Bekämpfung von Pvi, die allein auf Kupfer basieren, bieten in Jahren mit extrem hohem Krankheitsdruck keinen ausreichenden Schutz, um die Krankheit zu kontrollieren und dramatische Ertragsausfälle zu verhindern (Bleyer et al., 2020).

Aufgrund des Klimawandels werden extreme Witterungsverhältnisse voraussichtlich häufiger auftreten. Ökologisch wirtschaftende Weinbaubetriebe können die damit verbundenen regelmäßig auftretenden hohen Ertragsverluste nicht kompensieren, was eine Ausweitung des ökologischen Weinbaus vereiteln und sogar zu einem Rückgang der ökologisch bewirtschafteten Fläche führen könnte (Fuchs und Fuchs, 2017).

4. Gibt es aus wissenschaftlicher Sicht Aspekte, die der EGTOP-Bericht nicht berücksichtigt?

Wie oben bereits dargelegt, fokussieren sich die im EGTOP-Papier skizzierten Möglichkeiten, Kupferersatzstoffe zu finden, auf Länder und Jahre mit schwachem bis moderatem Befall durch Pvi. Dagegen fehlt eine wirkungsvolle, nachhaltige und technisch machbare Perspektive für Mittel- und Osteuropa. Die in Deutschland gemachten Erfahrungen hierzu stimmen nicht optimistisch. Bisher wurde in Deutschland ein weites Spektrum alternativer Substanzen geprüft. Von diesen konnte jedoch bisher keine unter den kritischen Bedingungen eines hohen Befallsdrucks (> 40 % Befallsstärke) durch den Falschen Mehltau im Freiland als geeignet für die Eindämmung der Epidemie bezeichnet werden (vgl. 1.1).

Bei der Listung von ökologischen Pflanzenschutzmitteln auf EU-Ebene (z.B. Kupferpräparate, Netzschwefel oder Natriumhydrogencarbonat) mussten hinsichtlich natürlicher Herkunft und bezüglich Rückständen im Wein notwendigerweise Kompromisse eingegangen werden. Die

nachvollziehbaren Argumente von EGTOP gegen KP im Weinbau sollten daher auch vor diesem Hintergrund betrachtet werden. Im Zuge der Bewertung möglicher neuer Mittel für den Ökoweinbau, wie z.B. KP, wäre demnach eine Abwägung zwischen der relativen Umweltvorzüglichkeit des neuen Mittels gegenüber bisher zugelassenen Mitteln und z.B. möglichen Risiken durch Rückstände im Sinne einer nachhaltigen Weiterentwicklung des Ökoweinbaus folgerichtig.

Die wichtigsten im ökologischen Weinbau eingesetzten Pflanzenschutzmittel sind chemisch hergestellte Chemikalien. Ist die Chemikalie naturidentisch, so ist diese Herstellung Öko-VO konform. So wird z. B. ein Großteil des in Europa erzeugten und eingesetzten Schwefels aus der Erdgas-, Kohle- und Erdölentschwefelung (sog. Claus-Prozess) gewonnen und nicht etwa als Mineral an Vulkanen abgebaut. Kupferhydroxid sowie Kupferoxychlorid können nirgends abgebaut werden. Würde man die für Kupfer und Schwefel verwendeten Argumente im Rahmen einer Zulassung auch auf KP anwenden, so dürfte die industrielle Herstellung von naturidentischem Phosphonat kein Argument gegen dessen Zulassung sein, denn das Phosphonat-Ion muss nach den aktuellen Befunden von Nader et al. (2023) als natürlich vorkommender Stoff betrachtet werden.

Aufgrund dieser historisch gewachsenen Widersprüche bei der Zulassungssituation von Öko-Pflanzenschutzmitteln – speziell im Weinbau – sollten in dieser Kultur neue, transparentere und letztendlich nachhaltige Wege beschritten werden, bei denen die Anforderungen einer Risikominimierung für Naturhaushalt, Anwender und Verbraucher ganz deutlich im Vordergrund stehen. Dazu gehören v.a. klare Vorgaben der Ökoverbände, die den Ökoweinbau und v.a. den PIWI-Anbau vorantreiben. Dies vermeidet langfristig auch den Verlust an Glaubwürdigkeit bei einer zunehmenden Zahl umweltbewusster Verbraucherinnen und Verbraucher im Hinblick auf die derzeitige Ökoweinbaupraxis.

In Diskussionen auf europäischer Ebene wurde gegen KP als Wirkstoff für den Ökoweinbau das Argument der fehlenden Rückverfolgbarkeit der Pflanzenschutzmittelanwendung im Rahmen von Kontrollen angebracht. Der Hintergrund dabei ist, dass der im integrierten Weinbau verbreitet eingesetzte Wirkstoff Aluminiumfosetyl einige Zeit nach der Anwendung nur noch als Phosphonat in der Pflanze nachgewiesen werden kann. KP bildet den gleichen Rückstand. Somit ist bei Kontrollen nicht feststellbar, ob ein nicht zugelassenes Mittel aus dem integrierten Weinbau anstelle von KP eingesetzt wurde. Es gibt jedoch Beispiele von Pflanzenschutzmittel- und Düngeranwendungen, bei denen dies genauso der Fall ist, aufgrund derer die Zulassung aber nicht in Frage gestellt wird:

- Der für den Ökoweinbau derzeit nicht zugelassene Wirkstoff Kupferoktanoat hat als messbaren Rückstand nur das Cu-Ion, weil das verbleibende Oktanoat auch natürlicherweise in der Pflanzenmatrix vorkommt, und somit analytisch nicht differenzierbar ist. Eine unzulässige Anwendung von im Kartoffelanbau zugelassenen Kupfermitteln im Weinbau wäre durch Kontrollen ebenfalls nicht nachweisbar. Trotz dieser prinzipiell unzureichenden Rückverfolgbarkeit wird die Zulassung von Kupferprodukten für den Weinbau deshalb nicht infrage gestellt.
- Im Ökoweinbau nicht zugelassene Harnstoffdünger liegen nach geraumer Zeit im Boden in Form von Nitrat oder Ammonium vor und können analytisch nicht mehr von biogenen Stickstoffverbindungen aus Kompost oder Mist unterschieden werden. Letztere sind für den Ökoweinbau trotzdem nicht verboten.

Ökoweinbau erhebt den Anspruch, die umweltfreundlichste Form des Anbaus zu sein. In vielen Studien wie z. B. jener von Bosco et al. (2022) wird gezeigt, dass es im ökologischen Weinbau eine höhere Biodiversität gibt als im konventionellen Weinbau. Dabei liegen aber i.d.R. unterschiedliche Begrünungsintensitäten zugrunde. Aus dieser Art von Studie lässt sich eher schließen, dass die Begrünung die Biodiversität fördert. Studien in Weinbaugebieten, in denen Begrünung kein Alleinstellungsmerkmal von Ökoweinbergen sind, kommen zu differenzierteren Schlüssen. Während Beaumelle et al. (2023) in Bordeaux, einem Gebiet mit obligatorischem Insektizideinsatz in beiden Managementsystemen, zu dem Schluss kommen, dass ökologischer Weinbau bei gleichartiger Begrünung zu positiven Effekten im Bereich der Biodiversität führt, zeigen Studien in vergleichbaren Gebieten ohne Insektizideinsatz (Deutschland, Österreich) umgekehrte Resultate. In letzteren Gebieten ist, aufgrund fehlender Unterschiede bei der Begrünung, der Schlüsselfaktor für die Biodiversität in beiden Managementsystemen tatsächlich in der Anzahl der Fungizidanwendungen zu suchen. Die Toxizitätslast bezogen auf Honigbienen lag hier in Kupfer-Schwefel basierten ökologischen Spritzfolgen deutlich über jener integrierter Spritzfolgen (Möth et al., 2021, 2023; Reiff et al., 2021a). Kaczmarek et al. (2023) fanden unter diesen Bedingungen keine Unterschiede in der Artenzahl, jedoch erheblich weniger Insektenbiomasse in ökologisch bewirtschafteten im Vergleich zu integriert bewirtschafteten Weinbergen. Dafür maßgeblich verantwortlich ist vermutlich die wiederholte Anwendung von Kupfer und Schwefel. Kupfer wirkt sich darüber hinaus negativ auf Boden- und Wasserorganismen aus. Kupfer und Schwefel wirkten sich in Studien negativ auf die Abundanz von Raubmilben und auf natürliche Prozesse der Schädlingsregulation aus (Reiff, 2021b). Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass der Einsatz von KP die Umweltbilanz des Ökoweinbaus deutlich verbessern kann, weil von dieser Substanz keine nennenswerten Nebenwirkungen ausgehen (vgl. 2.3).

Kritische Stimmen sehen in der Ausweitung des ökologischen Weinbaus in Europa die Gefahr, dass sich durch den verstärkten Einsatz kupferhaltiger Fungizide die Umwelt- und Gesundheitsrisiken erhöhen (Burandt et al., 2023). Durch den Einsatz von KP im Ökoweinbau könnte diesen Befürchtungen entgegengewirkt werden.

Perspektivisch könnte durch die Kombination von PIWIs und KP im ökologischen Weinbau ein weitreichender Ersatz von Kupfer bei der Bekämpfung des falschen Mehltaus erreicht werden. Auf dem Weg dahin könnte Kupfer in dieser Kombination mit deutlich reduzierter Anwendungshäufigkeit nur noch in Jahren mit hohem Krankheitsdruck benötigt werden, ohne dass die Ertragssicherheit in Frage steht. PIWIs werden in Deutschland deshalb als der Weg in die Zukunft betrachtet, wobei deren Kupferreduktionspotenzial in Kombination mit KP potenziell weiter gesteigert werden kann. Einen gänzlich kupferfreien Ökoweinbau wird es nach derzeitigen Vorgaben auf absehbare Zeit nicht geben, weil auch weitere Rebenkrankheiten wie Phomopsis, Schwarzfäule und Roter Brenner im Ökowanbau mit Kupfer bekämpft werden müssen. Letztendlich muss für die Zulassung von KP für den Ökoweinbau ehrlich geklärt werden, welche in der EU-Ökoverordnung (Kapitel II, Artikel 4 a) bis d)) formulierten Ziele der Ökolandwirtschaft im Falle des Ökoweinbaus Priorität vor geringen Rückständen im Produkt haben.

Vor dem Hintergrund, dass sich die Risiken für den Konsumenten bei geringfügigen Rückständen des Naturstoffes KP im Wein nicht erhöhten, und dessen Einsatz als weiteres Werkzeug zur Reduktion des umweltschädlichen Kupfers wirkte, wäre es aus umweltwissenschaftlicher Sicht sinnvoll, diese Vorteile zukünftig zu nutzen.

Bei all diesen Betrachtungen müssen die beiden wichtigen Aspekte „Produktionssicherheit der Betriebe“ und „Glaubwürdigkeit der Branche“ stets im Fokus stehen. Die kurz- und mittelfristigen Auswirkungen des Klimawandels sind hinlänglich bekannt – auch über die hier schwerpunktmäßig skizzierten Weinbauregionen Mittel- und Osteuropas hinaus. Das Jahr 2023 hat mehr als deutlich gezeigt, dass nicht immer alle Anbaugebiete gleichermaßen stark betroffen sind. Daher sollten alle Winzerinnen und Winzer tatkräftig und nach bestem Wissen und Gewissen bei ihrer Arbeit in den europäischen Weinbergen unterstützt werden.

Literatur

- AEUV - Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV), <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:12012E/TXT:de:PDF>
- Anhang I der DVO (EU) 2021/1165: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1165&rid=7>
- Anhang I der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0001:0050:de:PDF>
- Anhang II der VO (EG) 889/2008: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=celex%3A32008R0889>
- Ballabio, C., Panagos, P., Lugato, E., Huang, J. H., Orgiazzi, A., Jones, A., ... & Montanarella, L. (2018). Copper distribution in European topsoils: An assessment based on LUCAS soil survey. *Science of the Total Environment*, 636, 282-298.
- Beaumelle, L., Giffard, B., Tolle, P., Winter, S., Entling, M. H., Benítez, E., ... & Rusch, A. (2023). Biodiversity conservation, ecosystem services and organic viticulture: A glass half-full. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 351, 108474.
- Becker, A. (2023) Piwi-Pedia: Piwi Sorten von A - Z (Teile 1 - 3). *Das Deutsche Weinmagazin* 1/2 26-30, (3) 26-29, (5) 22-25.
- Behrens, F. H., & Fischer, M. (2022). Evaluation of different phyllosphere sample types for parallel metabarcoding of Fungi and Oomycetes in *Vitis vinifera*. *Phytobiomes Journal*, 6(3), 207-213.
- Bender, S., Butts, M., Hagemann, S., Smith, M., Vereecken, H., & Wendland, F. (2017). Einfluss des Klimawandels auf die terrestrischen Wassersysteme in Deutschland. Eine Analyse ausgesuchter Studien der Jahre 2009 bis 2013.
- Besrukow P., Will F., Dussling S., Berkelmann-Löhnertz B., Schweiggert R. (2023): Additive and synergistic effects of copper and phenolic extracts from grape cane and apples. *Pest Manag. Sci.* 79, 3334-3341. DOI: 10.1002/ps.7519
- Bleyer, G., Lösch, F., Schumacher, S., & Fuchs, R. (2020). Together for the better: improvement of a model based strategy for grapevine downy mildew control by addition of potassium phosphonates. *Plants*, 9(6), 710.
- Bleyer, G., Steinger, M., Schumacher, S., Fuchs, R., Kassemeyer, H. H., & Krause, R. (2022). Grapevine Downy Mildew: Long-term development and validation of plant protection strategies based on the forecast model "VitiMeteo Plasmopara". In *BIO Web of Conferences* (Vol. 50, p. 04006). EDP Sciences.
- Bleyer G., Schumacher S., Fuchs R., Breuer M., Dubuis P.-H., Viret O., Krause R. (2023): 20 Jahre VITIMETEO. *Der Deutsche Weinbau* 23, 30-34.
- Bosco, L., Siegenthaler, D., Ruzzante, L., Jacot, A., & Arlettaz, R. (2022). Varying responses of invertebrates to biodynamic, organic and conventional viticulture. *Frontiers in conservation science*, 3, 837551.
- Bove, F., Caffi, T., Poni, S., Languasco, L., & Rossi, V. (2018). Evaluation of an organo-mineral fertilizer effectiveness in *Plasmopara viticola* control. *Atti, Giornate Fitopatologiche, Chianciano Terme (SI), Italia*, 6-9 marzo 2018, Volume secondo, 357-364.
- Burandt, Q., Deising, H., von Tiedemann, A. (2023): Further limitations of synthetic fungicide use and expansion of organic agriculture in Europe will increase environmental and health risks of chemical crop protection caused by copper containing fungicides. Accepted in: *Environmental Toxicology and Chemistry*; <https://doi.org/10.1002/etc.5766>
- BVL. (2022). Veriphos, Anwendungsnummer: 027207-00/00-001. Online-Datenbank zugelassener Pflanzenschutzmittel. Abgerufen 29.06.2023. <https://apps2.bvl.bund.de/psm/jsp/index.jsp>
- BVL (2023): [Nationale Berichterstattung 2021 Pflanzenschutzmittelrückstände, Tabelle „Darstellung der untersuchten Lebensmittel/ Wirkstoffkombination https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/01_Lebensmittel/01_Aufgaben/02_AmtlicheLebensmittelueberwachung/07_PSMRueckstaende/01_nb_psm_2021_tabellen/nbpsm_2021_tabellen_node.html](https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/01_Lebensmittel/01_Aufgaben/02_AmtlicheLebensmittelueberwachung/07_PSMRueckstaende/01_nb_psm_2021_tabellen/nbpsm_2021_tabellen_node.html).

- Cabús, A., Pellini, M., Zanzotti, R., Devigili, L., Maines, R., Giovannini, O., ... & Mescalchin, E. (2017). Efficacy of reduced copper dosages against *Plasmopara viticola* in organic agriculture. *Crop Protection*, 96, 103-108.
- Chin, J. P., McGrath, J. W., & Quinn, J. P. (2016). Microbial transformations in phosphonate biosynthesis and catabolism, and their importance in nutrient cycling. *Current Opinion in Chemical Biology*, 31, 50-57.
- Dagostin, S., Schärer, H. J., Pertot, I., & Tamm, L. (2011). Are there alternatives to copper for controlling grapevine downy mildew in organic viticulture? *Crop Protection*, 30(7), 776–788. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2011.02.031>
- Dann, E., & McLeod, A. (2021). Phosphonic acid: a long-standing and versatile crop protectant. *Pest Management Science*, 77(5), 2197-2208.
- Dubuis, P. H., (2010). Decision Support Systems - Bottlenecks and conditions for adoption in different European grapevine-growing regions. From Science to Field. Endure Grapevine Case Study. <http://www.endure-network.eu/>
- Dubuis, P. H., Bleyer, G., Krause, R., Viret, O., Fabre, A. L., Werder, M., ... & Gindro, K. (2019). VitiMeteo and Agrometeo: Two platforms for plant protection management based on an international collaboration. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 15, p. 01036). EDP Sciences.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2012): Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance potassium phosphonates. *EFSA Journal*, 10(12), 2963.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2023): Re-evaluation of the existing health-based guidance values for copper and exposure assessment from all sources. *EFSA Journal* 2023,21(1), 7728.
- EU-Ökoverordnung: VERORDNUNG (EU) 2018/848 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES
- Eu Pesticides Database (Abrufdatum Dez.2023): <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/active-substances/details/53>
- vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates
- Fuchs, R., & Fuchs, J. (2017) Umfrage - ökologischer Pflanzenschutz: Erschwerte Bedingungen. *Der Deutsche Weinbau*, 24, 16-20.
- García-Esparza, M. A., Capri, E., Pirzadeh, P., & Trevisan, M. (2006). Copper content of grape and wine from Italian farms. *Food Additives and Contaminants*, 23(3), 274-280.
- Garde-Cerdán, T., Mancini, V., Carrasco-Quiroz, M., Servili, A., Gutiérrez-Gamboa, G., Foglia, R., ... & Romanazzi, G. (2017). Chitosan and laminarin as alternatives to copper for *Plasmopara viticola* control: Effect on grape amino acid. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(34), 7379-7386.
- Grech, N. (2012). U.S. Patent No. 8,092,569. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Hagemann, S., & Jacob, D. (2006). Regionale Auswirkungen des Klimawandels über Deutschland und dem Rhein-Einzugsgebiet. Abrufbar unter http://www.zukunft-stattbraunkohle.de/documents/hagemann_pulheim.pdf (05.08. 2009).
- Green Deal: MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN EUROPÄISCHEN RAT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN, Der europäische Grüne Deal https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&format=PDF + ANHANG zur MITTEILUNG https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_2&format=PDF
- Hill, G.K. (1991). *Plasmopara* Risikoprognose Oppenheim - ein deterministisches Computermodell fuer die Weinbauberatung. Neue Erkenntnisse zur *Plasmopara*-Prognose, Symposium 4.-5. Juni 1991, Freiburg/Br., Germany.
- Hilderbrand, R. L. (1983) *The role of phosphonates in living systems*, CRC Press, Boca Raton,, Florida 214 pp.

- Hofmann U. (2012). Kann Kalium-Phosphonat als mineralisch, natürlich vorkommend angesehen werden? Gutachten für den Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft e.V. (BÖLW). https://www.ecovin.de/wp-content/uploads/2016/10/phosphit-gutachten_boelw_2012.pdf
- Holz, B. (1991). Erfahrungen mit dem Freiburger Plasmopara-Prognosemodell unter Verwendung des Biomat-PWG. Neue Erkenntnisse zur Plasmopara-Prognose, Symposium 4.-5. Juni 1991, Freiburg/Br., Germany.
- Kaczmarek, M., Entling, M. H., & Hoffmann, C. (2022). Using Malaise Traps and Metabarcoding for Biodiversity Assessment in Vineyards: Effects of Weather and Trapping Effort. *Insects*, 13(6), 507.
- Kaczmarek, M., Entling, M. H., & Hoffmann, C. (2023). Differentiating the effects of organic management, pesticide reduction, and landscape diversification for arthropod conservation in viticulture. *Biodiversity and Conservation*, 1-17.
- Kiefer, C. and Szolnoki, D.G. (2023a): Taste-Test: Wie deutsche Konsumenten PIWIs geschmacklich einordnen und welche Einflussmöglichkeiten es gibt. *Der Deutsche Weinbau* 22, 13-17.
- Kiefer, C. and Szolnoki, G. (2023b): Consumer Acceptance of Fungus-Resistant Grape Varieties-An Exploratory Study Using Sensory Evaluation Tests among Consumers in Germany, *Sustainability*, Vol. 15 No. 13, p. 10664, doi: 10.3390/su151310664.
- Kraus, C., Abou-Ammar, R., Schubert, A., & Fischer, M. (2021). Warburgia ugandensis Leaf and Bark Extracts: An Alternative to Copper as Fungicide against Downy Mildew in Organic Viticulture?. *Plants*, 10(12), 2765.
- Lukas, K., Innerebner, G., Kelderer, M., Finckh, M. R., & Hohmann, P. (2016). Efficacy of copper alternatives applied as stop-sprays against *Plasmopara viticola* in grapevine. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 123, 171-176.
- Mertes, C., Schumacher, S., Kaltenbach, T., Bleyer, G., & Fuchs, R. (2022). Studies on the resistance of different developmental stages in susceptible and tolerant grapevine cultivars against the pathogen *Plasmopara viticola*. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 50, p. 02001). EDP Sciences.
- Möth, S., Walzer, A., Redl, M., Petrović, B., Hoffmann, C., & Winter, S. (2021). Unexpected effects of local management and landscape composition on predatory mites and their food resources in vineyards. *Insects*, 12(2), 180.
- Möth, S., Richart-Cervera, S., Comsa, M., Herrera, R. A., Hoffmann, C., Kolb, S., ... & Winter, S. (2023). Local management and landscape composition affect predatory mites in European wine-growing regions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 344, 108292.
- Möhring, A., Drobniak, T., Mack, G., Amman, J., El Benni, N. (2021) Naturalertragseinbußen durch Verzicht auf Pflanzenschutzmittel im Ackerbau: Resultate einer Delphi-Studie. *Agroscope Science*, 125, 2021, 1-31.
- Müller, E. (2019), *Der Winzer* 1, 4. Aktualisierte Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 704pp.
- Nader, W., Zahm, A., & Jaschik, J. (2023). Phosphonic acid in plant-based food and feed products—Where does it come from?. *Food Control*, 109701.
- Pedneault, K., & Provost, C. (2016). Fungus resistant grape varieties as a suitable alternative for organic wine production: Benefits, limits, and challenges. *Scientia Horticulturae*, 208, 57-77.
- Pertot, I., Caffi, T., Rossi, V., Mugnai, L., Hoffmann, C., Grando, M. S., ... & Anfora, G. (2017). A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture. *Crop Protection*, 97, 70-84.
- Reiff, J. M., Kolb, S., Entling, M. H., Herndl, T., Möth, S., Walzer, A., ... & Winter, S. (2021a). Organic farming and cover-crop management reduce pest predation in Austrian vineyards. *Insects*, 12(3), 220.
- Reiff, J. M., Ehringer, M., Hoffmann, C., & Entling, M. H. (2021b). Fungicide reduction favors the control of phytophagous mites under both organic and conventional viticulture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 305, 107172.
- Romanazzi, G., Mancini, V., Foglia, R., Marcolini, D., Kavari, M., & Piancatelli, S. (2021). Use of chitosan and other natural compounds alone or in different strategies with copper hydroxide for control of grapevine downy mildew. *Plant Disease*, 105(10), 3261-3268.

- Romanazzi, G., Piancatelli, S., D'Ignazi, G., & Mourni, M. (2022). Innovative approaches to grapevine downy mildew management on large and commercial scale. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 50, p. 03010). EDP Sciences.
- Schumacher, S., Mertes, C., Wohlfahrt, Y., Kaltenbach, T., Schwab, S., Eisenmann, B., ... & Fuchs, R. (2022). VITIFIT: Aiming for copper reduction in organic viticulture-Improvement of established strategies and new techniques for plant protection against *Plasmopara viticola*. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 50, p. 03008). EDP Sciences.
- Schwab, S., Baus, O., Kauer, R., & Berkelmann-Löhnertz, B. (2023). CuCaps - weniger Kupfer, gleiche Wirkung: Reduzierung von Kupfer im ökologischen Weinbau. *Das Deutsche Weinmagazin*, 6, 36-39.
- Swiss-Food (2022). Weinbau: Auch PIWI-Sorten brauchen Pflanzenschutz. Online Article. Abgerufen 29.06.2023. <https://swiss-food.ch/artikel/weinbau-auch-piwi-sorten-brauchen-pflanzenschutz>
- Taibi, O., Bardelloni, V., Bove, F., Scaglia, F., Caffi, T., & Rossi, V. (2022). Activity of resistance inducers against *Plasmopara viticola* in vineyard. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 50, p. 03003). EDP Sciences.
- Thuerig, B., James, E. E., Schärer, H. J., Langat, M. K., Mulholland, D. A., Treutwein, J., ... & Tamm, L. (2018). Reducing copper use in the environment: the use of larixol and larixyl acetate to treat downy mildew caused by *Plasmopara viticola* in viticulture. *Pest management science*, 74(2), 477-488.
- Verordnung (EG) 396/2005 https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/mrls/details?lg_code=EN&pest_res_id_list=262&product_id_list
- Weitbrecht, K., Schwab, S., Rupp, C., Bieler, E., Dürrenberger, M., Bleyer, G., Schumacher, S., Kassemeyer, H. H., Fuchs, R., & Schlücker, E. (2021). Microencapsulation – An innovative technique to improve the fungicide efficacy of copper against grapevine downy mildew. *Crop Protection*, 139, 105382. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2020.105382>
- Wiedemann-Merdinoglu, S., & Hoffmann, C. (2010). New resistant grape varieties. Bottlenecks and conditions for adoption in different European grapevine-growing regions. From Science to Field. Endure Grapevine Case Study. <http://www.endure-network.eu/>
- Wilcox, W. F., Gubler, W. D., & Uyemoto, J. K. (Eds.). (2015). *Compendium of grape diseases, disorders, and pests* (pp. 39-45). Tomball, TX: APS Press, The American Phytopathological Society.

Anhang 1: PIWI Projekte in Baden Württemberg/Aktuelle Projekte am WBI Freiburg

Projekt	Kurzbeschreibung
<p><i>Förderung von neuen Bio-Rebflächen mit PIWI Anbau durch eine disruptive und innovative Standortveredelung und Aufbau einer neuen Wertschöpfungskette</i></p>	<p>Die Umstellung auf PIWIs ist ein wichtiger Ansatz für eine ökologischere Ausrichtung des Weinbaus.</p> <p>Im Rahmen des Projekts wird ein innovatives Standort-Veredelungsverfahren forschungsseitig vom WBI Freiburg begleitet.</p> <p>Ziel ist die Etablierung und Standardisierung dieser Standort-Umveredelungs-Methode "Holz auf Grün nach D. Rösch", um auch kleinen Betrieben in Baden-Württemberg den Schritt zum ökologischen Weinbau zu erleichtern. Die Standortveredelung ermöglicht einen schnellen und kostengünstigen Wechsel auf pilzwiderstandsfähige Rebsorten und trägt so dazu bei, dass der Pflanzenschutz bis zu 75 % reduziert werden kann und somit aufgrund verringerter Durchfahrten der CO₂-Fußabdruck wesentlich verbessert wird.</p> <p>Auf 2 h Testfläche, zum Teil der OPG, soll die Methode wissenschaftlich untersucht und standardisiert werden mit neuen Werkzeugen und Prozessen. Dazu werden in diesem Jahr Versuche auf einer Testfläche von 20 a durchgeführt, im nächsten Jahr soll die Testfläche auf 2 ha ausgeweitet werden.</p> <p>Die Methode verspricht keine Ertragsausfälle und Gesamtkosten für eine Umstrukturierung in Höhe von etwa 8.000 € pro ha (Im Vergleich 40.000 € pro h bei Neuanlage).</p> <p>Ziel ist eine Veröffentlichung der Methode und ein DIY-Handbuch für Winzerinnen und Winzer mit einer klaren Schritt-für-Schritt Anleitung.</p>
<p><i>Steigerung des ökologischen Weinbaus für die zukünftige Etablierung pilzwiderstandsfähiger Rebsorten</i></p>	<p>Im Rahmen des Projektes werden drei Arbeitspakete bearbeitet:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Austausch wissenschaftlicher und fachlicher Informationen zum Thema pilzwiderstandsfähiger Rebsorten. Hierbei wird ein internationales PIWI Kolloquium am 05./06.12.2023 organisiert bzw. ausgerichtet. 2. Entwicklung verschiedener pilzwiderstandsfähiger Rebsorten auf unterschiedlichen Standorten. Beobachtung ausgewählter PIWI-Sorten am Hochrhein und am Bodensee des Staatsweinguts Meersburg, wo ein deutlich höherer Peronospora und Botrytis Druck zu finden ist, als am Standort Freiburg. Zudem Versuche zur Standortveredelung (Holz auf Grün, Chipbudding) in Gailingen eines PIWI-Zuchtstamms. Zudem werden Testläufe bei den Pflanzenschutzbehandlungen auf Grundlage eines neuen Prognosenmodells, dass speziell für bestimmte PIWI-Sorten angepasst ist, durchgeführt. Hierbei ist das Projekt eng verzahnt mit dem Vitifit Projekt. 3. Weiterentwicklung eines <i>In-vitro</i>-Verfahrens. <p>Insbesondere bei der Sicherstellung von Grauburgundervirus freien Ruten für die Herstellung von Pfropfreben ist die Rebzüchtung aktuell vor große Herausforderungen gestellt. In einer Testreihe wird versucht, den Anteil virusgesunder Triebspitzen für die <i>In-vitro</i>-Kultur durch Thermo-therapie-Verfahren zu erhöhen.</p>

<p><i>Etablierung von Weinen aus pilzwiderstandsfähigen Rebsorten am Markt</i></p>	<p>Das Projekt wurde im Januar 2021 ins Leben gerufen, um die Etablierung und Vermarktung von Weinen aus nachhaltigen PIWI-Rebsorten in Baden-Württemberg weiter voran zu bringen. Der Ansatz, den das Projekt verfolgt, ist die Abkehr von der Rebsorte als zentrales Vermarktungsargument. Das Herzstück des Markenkonzepts ist eine Rotweincuvée aus nachhaltigen PIWI-Rebsorten namens „Tamino“. Der Name dient – ähnlich wie bei Barolo oder Rioja – als Dachname für eine stilistisch ähnliche Rotweincuvée verschiedener Weingüter aus Baden-Württemberg. Die Cuvée besteht Großteils aus verschiedenen roten nachhaltigen PIWI-Rebsorten und soll durch ihre kräftige und farbintensive Stilistik eine regionale Alternative zu internationalen Rotweinen darstellen.</p> <p>Mit diesem Konzept können die aktuell elf teilnehmenden Weingüter, Genossenschaften und Kellereien gemeinsam und mit Wiedererkennungswert eine Cuvée aus den neuen PIWI-Sorten produzieren und vermarkten. Die Werbung sowie Präsentation im Internet und auf Socialmedia erfolgt durch eine gemeinsame Medienagentur. Das Projekt sowie die Weine werden auf der Internetseite www.taminoweine.de präsentiert. Somit sollen auch der Bekanntheitsgrad und das Image der nachhaltigen PIWI-Rebsorten im Allgemeinen verbessert werden. Nach einem erfolgreichen Start zieht das Projekt nun immer größere Kreise und spricht neue Winzerinnen und Winzer an. In naher Zukunft werden sich zwei neue Weingüter sowie eine weitere Genossenschaft am Projekt „Tamino“ beteiligen. Zudem können die Weine bald als Probierpaket über eine renommierte Weinplattform online erworben werden.</p>
<p><i>Viti-PV</i></p>	<p>Der Klimawandel macht sich auch in der Sonderkultur Wein bemerkbar und sorgt für Ernteverluste durch z. B. Hitzeschäden, Starkregen, Hagel und Spätfrost. Die direkt über den Weinreben installierten Photovoltaikanlagen (Viti-PV) an den Standorten Tuniberg und Blankenkornsberg sollen die Reben schützen, die Traubenreife verzögern und allgemein für ein gleichmäßigeres Klima sorgen, so dass Ernteverluste verhindert werden. Nicht nur die Pflanzen, sondern auch die einzelnen PV-Module profitieren von der Synergie, da diese durch die hohe Aufstellung und Wasserverdunstung (Transpiration) der Pflanzen gekühlt werden. Durch die Doppelnutzung der Fläche für Landwirtschaft und Produktion von erneuerbaren Energien, bleibt die traditionelle Nutzung der Kulturlandschaft erhalten, welche bei Freiflächen-Photovoltaik verloren geht. Die Kombination aus gleichmäßigeren Traubenerträgen und zusätzlichem Einkommen durch den Stromverkauf bietet der Landwirtin und dem Landwirt eine größere finanzielle Sicherheit auch in Zeiten von zunehmenden Extremwetterereignissen.</p>
<p><i>Nachhaltiger Wein Baden-Württemberg</i></p>	<p>Die Politik sowie die Gesellschaft fordern zunehmend Strategien, die die Folgen des Klimawandels bewältigen. Der beschlossene European Green Deal benennt mit der Einsparung von Pflanzenschutzmitteln, der Erhöhung des Öko-Landbaus und der Steigerung der Wirtschaftlichkeit, Maßnahmen, die einen aktiven Beitrag zur Erhaltung der landwirtschaftlichen Versorgung leisten sollen.</p> <p>Vor diesem Hintergrund arbeiten der Weincampus Neustadt, das staatliche Weinbauinstitut (WBI) Freiburg, die staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein und Obstbau (LVWO) Weinsberg, der Baden-Württembergischen Genossenschaftsverband (BWGV) sowie weitere 29 Interessenvertreterinnen und Interessensvertreter an innovativen Lösungen. Der praktische Nutzen des Projekts wird durch eine intensive Zusammenarbeit mit der Praxis gewährleistet und hat oberste Priorität.</p>

Vitifit	<p>Diese Ziele sollen im Projekt VitiFIT durch folgende Aktivitäten erreicht werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung innovativer Pflanzenschutzstrategien zur Eindämmung von <i>P. viticola</i> auf der Basis neuer Wirksubstanzen, verbesserter Formulierungen, physikalischer Technologien sowie weinbaulicher Maßnahmen zur Verbesserung der phytosanitären Situation im Weinberg; • Entwicklung einer Strategie zur rückstandsfreien Anwendung von KP, vor allem im Hinblick auf eine Wiedezulassung der Substanz für den ökologischen Weinbau; • Einführung neuer PIWIs nach Evaluierung von genetischen Ressourcen, Charakterisierung und Introgression neuer Resistenzloci in aktuelles Zuchtmaterial als Teil neuer Züchtungsstrategien; • Entwicklung einer Gesamtstrategie zum Anbau, zur Pflege und zum Ausbau von PIWI-Sorten für die Praxis. Hierzu soll die Erarbeitung weinbaulicher Sorteneigenschaften von PIWI Rebsorten, die Weiterentwicklung des vorhandenen VitiMeteo-Prognosemodells zur Vorhersage von <i>P. viticola</i> mit dem Ziel der Anpassung an PIWI-Sorten, die Optimierung von Maßnahmen zum Pflanzenschutz sowie die Quantifizierung des Einsparpotentials an Pflanzenschutzmitteln, die oenologische Begleitung von PIWI-Sorten hinsichtlich der Weinstilistik und die Schärfung von Vermarktungsprofilen dienen; • Wissenstransfer zur Verbesserung der Markteinführung von PIWI-Sorten durch weinbauliche und oenologische Leitfäden für Winzerinnen und Winzer, Kellereien sowie neue Strategien der Verbraucherkommunikation; • Wissenstransfer der im Projekt erarbeiteten kombinierten Pflanzenschutzkonzepte in die Praxis.
---------	---

Anhang 2: Projekte an der LVWO in Weinsberg:

- Projekt EIP-Agri Nachhaltiger Wein Baden-Württemberg, hier hat die LVWO die Federführung Oenologie in Ausbauversuchen zur Stildifferenzierung von neuen PIWI Rebsorten.
- Die LVWO Weinsberg engagiert sich mit dem Referat Rebenzüchtung in der Züchtung von PIWI-Sorten. Sortenrechtlich zugelassen bzw. in Zulassungsprüfung sind derzeit Sauvitage, Levitage, Veritage, We 90-6-12.
- In Deutschland für die Herstellung von Wein klassifiziert sind 22 PIWI-Rebsorten und PIWI-Zuchtstämme der LVWO Weinsberg.

Anhang 3: Projektziele und Aktivitäten im Verbundprojekt VITIFIT Koordination: Hochschule Geisenheim:

Projekt	Kurzbeschreibung
<p>Verbundprojekt VITIFIT Konsortium: 7 Lehr- und Forschungseinrichtungen mit Schwerpunkt Weinbau bzw. Verfahrenstechnik; 5 Öko-Weingüter als Demonstrationsbetriebe; 4 Öko-Verbände; 3 KMUs; 2 Assoziierte Partner.</p>	<p>Folgende Ziele sollen im Verbundprojekt VITIFIT durch nachfolgend dargestellte Aktivitäten erreicht werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung innovativer Pflanzenschutzstrategien zur Eindämmung von <i>P. viticola</i> auf der Basis neuer Wirksubstanzen, verbesserter Formulierungen, physikalischer Technologien sowie weinbaulicher Maßnahmen zur Verbesserung der phytosanitären Situation im Weinberg; • Entwicklung einer Strategie zur rückstandsfreien Anwendung von KP, vor allem im Hinblick auf eine Wiedertzulassung der Substanz für den ökologischen Weinbau; • Einführung neuer PIWIs nach Evaluierung von genetischen Ressourcen, Charakterisierung und Introgression neuer Resistenzloci in aktuelles Zuchtmaterial als Teil neuer Züchtungsstrategien; • Entwicklung einer Gesamtstrategie zum Anbau, zur Pflege und zum Ausbau von PIWI-Sorten für die Praxis. Hierzu soll die Erarbeitung weinbaulicher Sorteneigenschaften von PIWI Rebsorten, die Weiterentwicklung des vorhandenen VitiMeteo-Prognosemodells zur Vorhersage von <i>P. viticola</i> mit dem Ziel der Anpassung an PIWI-Sorten, die Optimierung von Maßnahmen zum Pflanzenschutz sowie die Quantifizierung des Einsparpotentials an Pflanzenschutzmitteln, die oenologische Begleitung von PIWI-Sorten hinsichtlich der Weinstilistik und die Schärfung von Vermarktungsprofilen dienen; • Wissenstransfer zur Verbesserung der Markteinführung von PIWI-Sorten durch weinbauliche und oenologische Leitfäden für Winzerinnen und Winzer, Kellereien sowie neue Strategien der Verbraucherkommunikation; • Wissenstransfer der im Projekt erarbeiteten kombinierten Pflanzenschutzkonzepte in die Praxis.