Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., **60** (8). S. 173–180, 2008, ISSN 0027-7479.
© Verlag Eugen Ulmer KG, Stuttgart

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau, Bernkastel-Kues[1]
Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiete Phytomedizin / Technik, Geisenheim[2]

Minimierung des Kupfereinsatzes im ökologischen Weinbau unter besonderer Berücksichtigung der Blattbeläge und ihrer Wirkung gegen den Falschen Mehltau *(Plasmopara viticola)* – Teil 3: Einfluss der Applikationstechnik

Minimization of copper use in organic viticulture with special emphasis on leaf spray deposits and their effect against downy mildew *(Plasmopara viticola)* – Part 3: Influence of application technique

Horst D. Mohr[1], Ottmar Baus[2], Gerhard Bäcker[2], Beate Berkelmann-Löhnertz[2]

Zusammenfassung

Der Einfluss verschiedener Pflanzenschutzgeräte auf die Anlagerung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel auf Rebblättern wurde in den Jahren 2005 bis 2007 in Parzellenversuchen und Praxistests untersucht. Ein Kupferbelag von 0,3 µg/cm² auf der Blattunterseite ist erforderlich, um Infektionen mit dem Falschen Mehltau (*Plasmopara viticola*) zu verhindern. Abhängig vom Typ des Pflanzenschutzgeräts und von der Laubwandzone mussten folgende Mengen an Reinkupfer je ha und Termin appliziert werden, um diesen Richtwert zu erreichen: In den Jahren 2005 und 2006: Parzellen-Tunnelspritzgerät 200 bis 400 g/ha (junge Blätter, über die Laubwand verteilt); Umkehraxial- und Axialsprühgerät je ca. 160 g/ha (junge Blätter, direkt über der Traubenzone); Tangentialsprühgerät ca. 190 g/ha (junge Blätter, direkt über der Traubenzone). Im Jahr 2006 wurden drei Pflanzenschutzgeräte in einer Versuchsfläche verglichen, mit folgenden Ergebnissen: Axial- und Radialsprühgerät je 220 g/ha; Tangentialsprühgerät 360 g/ha (alte Blätter, Traubenzone). Im Jahr 2007 wurde in einer Versuchsparzelle ein Tangentialsprühgerät eingesetzt, wobei je nach Düsentyp 310 bis 470 g/ha (alte Blätter, Traubenzone) bzw. 170 bis 310 g/ha (junge bis mittel alte Blätter, Gipfelzone) benötigt wurden. Das Verhältnis „Belag Oberseite / Belag Unterseite des Blattes“ war bei den Umkehraxial-, Axial- und Radialsprühgeräten meist kleiner als beim Parzellen-Tunnelspritzgerät oder beim Tangentialsprühgerät. Die Unterseiten junger Blätter der Gipfelzone waren leichter zu erreichen als die Unterseiten alter Blätter der Traubenzone. Die Ergebnisse liefern Hinweise, dass Geräte mit turbulenter Luftströmung im Hinblick auf die Belegung der Blattunterseiten besonders leistungsfähig sind. Der Schutz junger Blätter vor Infektionen durch *P. viticola* ist bei einem Einsatz von ca. 200 g Reinkupfer/ha je Behandlungstermin (bezogen auf Cuprozin Flüssig, Wirkstoff Kupferhydroxid) möglich. Abwaschungsverluste durch Regenfälle oder eine „Verdünnung“ des Kupferbelags durch Blattflächenwachstum sind hierbei nicht berücksichtigt. Neue kupferhaltige Pflanzenschutzmittel lassen eine weitere Reduzierung des Kupfereinsatzes erwarten. Die Optimierung der Pflanzenschutztechnik ist im ökologischen Weinbau von besonderer Bedeutung, weil dort oft Substanzen mit geringerer biologischer Wirksamkeit eingesetzt werden.

Stichwörter: Falscher Mehltau, *Plasmopara viticola*, Kupfer, kupferhaltige Pflanzenschutzmittel, Kupferminimierung, Spritzbeläge, Pflanzenschutzgeräte

Abstract

The influence of different sprayers on the depositing of copper products on grapevine leaves was investigated from 2005 to 2007 in plot trials and field tests. A copper deposit of at least 0.3 µg/cm² on the underside of the leaf is required to prevent infections by the downy mildew (*Plasmopara viticola)*. Depending on the type of sprayer and the canopy position, the following quantities of pure copper had to be applied per treatment to reach this recommended value: In the years 2005 and 2006: tunnel sprayer 200 to 400 g/ha (young leaves, spread over the canopy wall); sprayer with reversal-axial fan and sprayer with axial fan each about 160 g/ha (young leaves, directly above the grape zone); sprayer with cross flow fan about 190 g (young leaves, directly above the grape zone). In 2006, three sprayers were compared in a trial plot, with the following results: sprayer with axial fan and sprayer with radial fan each 220 g/ha; sprayer with cross flow fan 360 g/ha (old leaves, grape zone). In 2007, a sprayer with cross flow fan and different types of nozzles was tested in a trial plot, with the following results: 310 to 470 g/ha (old leaves, grape zone) and 170 to 310 g/ha (young to middle old leaves, top zone), respectively. The proportion “deposit on the upper side / deposit on the underside of the leaf” was mostly lower using the sprayers with axial, reversal-axial and radial fan, compared with sprayers with tunnel and cross flow fan. The undersides of young leaves in the top zone were easier to reach than the undersides of old leaves in the grape zone. The results indicate that sprayers with turbulent airstreams are particularly more effective in reaching the undersides of the leaves. The protection of young leaves from infections by *P. viticola* is possible by the application of about 200 g pure copper/ha and treatment date, considering Cuprozin Flüssig (active ingredient copper hydroxide). Copper run-off after rainfalls or the “dilution” of copper deposits by leaf growth are not taken into consideration in connection with this study. A further reduction of copper input can be expected due to new copper containing plant protection products. The optimisation of plant protection technology is of particular im-

portance in organic viticulture, because less effective agents are used by these winegrowers.

Key words: Downy mildew, *Plasmopara viticola*, copper, copper containing plant protection products, copper minimization, spray deposits, plant protection equipment

1 Einleitung

Die Applikationsqualität von Spritz- und Sprühgeräten ist ein wichtiger Schlüssel zu einem wirksamen und sparsamen Pflanzenschutzmitteleinsatz. So konnten SIEGFRIED et al. (2005) zeigen, dass sich mit kalibrierten und optimal auf die Laubwand eingestellten Geräten bis zu zweimal mehr Wirkstoff an die Blätter anlagern ließ als mit älteren praxisüblichen Geräten. Neben dem Grad der Anlagerung wird die gleichmäßige Verteilung auf der Blattober- und Unterseite als wichtiges Kriterium der Wirkungssicherheit gegen Schadpilze angesehen (VIRET et al., 2003). Ein höherer Bedeckungsgrad auf der Blattunterseite ist im Hinblick auf den gefährlichsten Schadpilz im Weinbau, den Erreger des Falschen Mehltaus, sinnvoll, weil dieser Pilz über die Blattunterseite infiziert (IRLA und SIEGFRIED, 1990). Die gute Benetzung des Traubengerüsts ist besonders wichtig für die Bekämpfung von *Botrytis* sowie zur Vorbeugung von Stiellähme.

Aus dem Apfel- und Weinanbau wurden bereits von anderen Versuchsanstellern Ergebnisse zur Anlagerung von Pflanzenschutzmitteln an Blätter und Früchte sowie zur Wirkung gegen Pilzkrankheiten vorgelegt. So erzielten SIEGFRIED et al. (1993) im Weinbau einen 100%igen Schutz gegen *P. viticola*, wenn die Blattunterseite zu 20% mit Wirkstoff bedeckt war. Dabei spielten die Wirkstoffeigenschaften eine wichtige Rolle. Systemische Wirkstoffe konnten im Gegensatz zu protektiv wirkenden Mitteln einen mangelhaften Bedeckungsgrad ausgleichen. Nach RAISIGL et al. (1993) wurde im Apfelanbau bei Ausbringung des lokalsystemischen Wirkstoffs Penconazol ein Belag von 70 ng/cm^2 bei einer Blattbedeckung von mindestens 15% als ausreichend wirksam gegen Schorfbefall angesehen. Bei dem Kontaktmittel Captan war ein Belag von 10 µg Aktivsubstanz/cm^2 auf Apfeloberflächen erforderlich. 500 l/ha erwiesen sich als optimale Wassermenge. SIEGFRIED et al. (1990) konnten im Apfelanbau zeigen, dass der Schorfbefall auf dem Blatt mit zunehmendem Bedeckungsgrad von Topas C (Wirkstoff Penconazol) abnahm. Bei hohen Mengen an Spritzflüssigkeit bildeten sich auf den Blättern große Tropfen, bei deren Antrocknung sich der Wirkstoff vorwiegend am Tropfenrand ablagerte, was eine ungleichmäßige Bedeckung mit großen Belagslücken zur Folge hatte. Andererseits ist aber ein höherer Wasseraufwand häufig für einen Bekämpfungserfolg nötig. Dies gilt z. B. für die Bekämpfung von *Phomopsis* (SIEGFRIED und RAISIGL, 1991) und *Oidium* (IPACH, 1995) im Weinbau. Die Applikationsflüssigkeit sammelt sich vor allem am Blattrand und kann dort zu phytotoxischen Reaktionen führen. Das ist z. B. der Fall, wenn Kupferpräparate bei kühler Witterung ausgebracht werden (MOHR et al., 2005).

In einem Steilhang mit 60% Steigung bestimmten LÜDERS und GANZELMEIER (1983) die Belagswerte einer fluoreszierenden wässrigen Lösung auf Aluminiumfolien, die in unterschiedlichen Höhenstufen der Laubwand auf der Ober- und Unterseite der Rebblätter angebracht waren. Die Applikation erfolgte zur Rebblüte. Die günstigste Anlagerung an die Blattunterseite zeigte sich beim Kleinsprühgerät, gefolgt von der Schlauchspritze (Spritzpistole). Beim Großsprühgerät und beim Spritzhubschrauber war die Anlagerung am schwächsten.

In Versuchen an der Mosel von MOHR und HOLZ (1995) wurde im Rahmen der Bekämpfung des Roten Brenners (*Pseudopezicula tracheiphila*) die Anlagerung des Kupfermittels Cupravit an die Laubwand mit Spritzhubschrauber und Schlauchspritze verglichen. Bei dichter Laubwand (Rebstadium „Fruchtansatz“) wurden in der Gipfelzone beim Hubschrauber 36% (Blattoberseite) bzw. 12% (Blattunterseite), bei der Schlauchspritze 4,1% (Blattoberseite) bzw. 4,4% (Blattunterseite) des aufgewendeten Kupfers gefunden. In der Traubenzone waren es beim Hubschrauber 18% (Blattoberseite) bzw. 1,2% (Blattunterseite), bei der Schlauchspritze 12% (Blattoberseite) bzw. 8% (Blattunterseite). Der Hubschrauber hatte also gegenüber der Schlauchspritze in der Gipfelzone klare Vorteile, war ihr jedoch in der Traubenzone unterlegen. Daher kann bei dichter Laubwand, etwa ab der Blüte, eine zusätzliche Behandlung vom Boden aus erforderlich sein, was an der Mosel praktiziert wird. In einem früheren Entwicklungsstadium (sechs- bis neun Blätter entfaltet) waren dagegen beim Einsatz von Polyram Combi (Wirksubstanz Metiram) und Dithane Ultra (Wirksubstanz Mancozeb) gegen den Erreger des Roten Brenners Hubschrauber und Schlauchspritze gleichwertig.

Lange Zeit wurde das Ideal in der Applikation feiner Tropfen gesehen, die mit einem turbulenten Luftstrom Hindernisse umschweben und sich auf diese Weise auch an nicht direkt zugänglichen Stellen anlagern können (SIEGFRIED et al., 1990). Nachteilig ist aber, dass feine Tropfen leichter abdriften und die Umwelt, z. B. Gewässer und Saumstrukturen, belasten. KOCH und STRUB (2007) und KOCH (2008, persönliche Mitteilung) verglichen im Weinbau bei einheitlicher Wasser- und Wirkstoffmenge eine grob- und feintropfige Applikation und fanden bei grobtropfiger Behandlung tendenziell höhere Belagswerte. Vorteile bei der Applikation bieten insbesondere Injektordüsen (FRIESSLEBEN, 2001; KOCH, 2007). BÄCKER (2007) kam zu dem Ergebnis, dass der Einsatz von Injektordüsen bei Applikationen mit dem Hubschrauber hinsichtlich der Wirkstoffverteilung, der Belagsqualität und der biologischen Wirksamkeit keine gravierenden Nachteile gegenüber Standarddüsen erwarten lässt. Der größte Vorteil lag bei der stark reduzierten Abdrift, die bei den Injektordüsen auf dem Niveau von Bodengeräten lag. Nach SIEGFRIED et al. konnten 1990 mit den damals im Obstbau zur Verfügung stehenden Geräten maximal 45% bis 55% der ausgebrachten Präparatmenge an Blättern und Früchten angelagert werden. Eine Steigerung der Fungizidanlagerung wurde von neuen Technologien, z. B. von Recyclinggeräten, erwartet. In Weinbau-Versuchen von SIEGFRIED et al. (1993) konnte bei einem Axialsprühgerät durch eine um 15° nach oben gerichtete Luftführung die Laubwand geöffnet und der Belag auf der Blattunterseite im Vergleich zur Oberseite um rund 10% gesteigert werden. Dadurch waren durchschnittlich 50% der Blattober- und -unterseite mit Wirkstoff bedeckt. Bei einem Recyclinggerät ohne Luftunterstützung lagerte sich der Hauptteil der Fungizide an die Blattoberseite an. In Untersuchungen von EICHHORN (1980) konnte eine bessere Wirkung gegen *Botrytis* dadurch erreicht werden, dass der Luftstrom eines Axialsprühgeräts nicht senkrecht auf die Laubwand, sondern um 45° nach hinten gerichtet wurde. Dadurch legte er eine längere Strecke in der Laubwand zurück, so dass gleichzeitig die Abdrift verringert wurde. Die Abdrift ist beim Radialgebläse im Vergleich zum Axial- und Tangentialgebläse wesentlich höher (BÄCKER, 1993).

Verschiedene Reborgane verhalten sich hinsichtlich der Anlagerung von Spritzbrühe unterschiedlich. So konnten MOHR et al. (2008) zeigen, dass bei Applikation verschiedener Kupfermittel mit einem Parzellen-Tunnelspritzgerät die Beläge auf jungen Beeren (Erbsengröße; BBCH 75) um den Faktor 1,6 bis 1,8 niedriger waren als auf der Blattunterseite. Dies wurde mit der schlechteren Benetzbarkeit der Beeren erklärt. KOCH und STRUB (2007) fanden in ihren Untersuchungen an Weintrauben, dass der Anteil der Belagsmassen auf Stielgerüst und Beeren je nach aktuell vorliegender Mischung verschiedener Pflanzenschutzmittel variierte, dass der Belag auf dem Stielgerüst aber generell etwa zehnfach höher war.

In zwei vorangegangenen Arbeiten wurden bereits Ergebnisse zur Verteilung verschiedener Kupfermittel auf Rebblättern und Beeren und zu deren Wirkung gegen den Falschen Mehltau (*P. viticola*) mitgeteilt (Mohr et al., 2007; Mohr et al., 2008). Dabei wurden auch neue Kupferpräparate getestet. Es konnte gezeigt werden, dass ein Belag von 0,3 µg Kupfer/cm^2 auf der Blattunterseite erforderlich war, um Infektionen durch den Falschen Mehltau (*Plasmopara viticola*) zu verhindern. Bei einer Obergrenze von 3 kg Kupfer/ha und 13 Spritzungen pro Jahr mit einem Parzellen-Tunnelspritzgerät wurde dieser Richtwert oft nicht erreicht. Durch weitere Untersuchungen sollte daher geklärt werden, ob mit anderen Pflanzenschutzgeräte-Typen ein stärkerer Kupferbelag erzielt werden kann.

2 Material und Methoden

Angaben zur Methodik, insbesondere zur Probenahme der Rebblätter, zur Kupferabwaschung und Kupferanalytik sowie zum Blattscheibentest, siehe bei Mohr et al. (2008).

2.1 Applikationsversuche an verschiedenen Standorten

2.1.1 Wolf und Bernkastel-Kues, Mosel (2005/2006). Die Versuchsparzellen sind bei Mohr et al. (2007) beschrieben. Die Spritzungen wurden mit einem Parzellen-Tunnelspritzgerät der Fa. Schachtner (Ludwigsburg) durchgeführt (Abb. 1a). Im Tunnel waren vier Düsen-Etagen in jeweils 35 cm Abstand montiert, die bis zu 20° nach oben gerichtet waren. Die Düsen (TeeJet VisiFlo 65015 und 6501, Flachstrahl) konnten etagenweise angesteuert werden. Der Tunnel war höhenverstellbar und ließ sich so an die Laubwand anpassen. Die Wassermenge lag je nach Entwicklungsstadium der Rebe zwischen 400 und 800 l/ha, der Druck bei 6 bis 8 bar, die Fahrgeschwindigkeit bei 2,8 bis 3 km/h.

2.1.2 Bockenheim, Pfalz (2005). Weingut Wöhrle; Lage Bockenheimer Vogelsang; Flachlage; Sorte Riesling N 90/5 C, Pflanzjahr 1964; Pflanzabstand 2,80 x 1,20 m; Erziehungsform Halbbogen; Höhe der Laubwand 2,50 m; vier Wiederholungen zu je 50 Reben.

Var. 1: unbehandelt (Myco-Sin VIN + Netzschwefel)
Var. 2: Cuprozin Flüssig + Algin Biovital + Netzschwefel
Var. 3: SPU-01010-F + Netzschwefel

Jacoby Typ Turbomat VEC, Umkehraxialgebläse, ohne Luftleitbleche, Nachläufer; Düsentyp Albuz ATR grün, Hohlkegel; vier Düsenetagen, Einstellung 25° (unterste) bis 45° (oberste Düse); 10 bar Druck; Fahrgeschwindigkeit ca. 5 km/h; jede Gasse befahren.

Behandlung: Am 05.08.2005, morgens; Rebstadium BBCH 79; Wetter trocken und warm; Probenahme nach dem Antrocknen des Spritzbelags; nach Angaben des Winzers wurden je Kupfermittel ca. 240 g Reinkupfer/ha ausgebracht.

2.1.3 Traben-Trarbach, Mosel (2006). Weingut Markus Boor. Lage Trabener Würzgarten; Hangneigung 5 – 25%; Sorte Riesling/SO 4; Pflanzjahr 1998; Pflanzabstand 1,80 x 1,40 m; Erziehungsform Flachbogen; vier Wiederholungen zu je 35 Reben.

Wanner DAL 24 mit Axialgebläse (Typ ZA 24, geschlossenes Luftleitsystem), Nachläufer, Baujahr 2006 (Abb. 1b); Düsentyp Albuz ATR 80 gelb, Hohlkegel, fünf Düsenetagen; in 135 cm Höhe Injektordüse AVI 80015; 15 bar Druck; Fahrgeschwindigkeit 4,5 bis 5 km/h; jede Gasse befahren.

Behandlung: Am 10.07.2006, morgens; Rebstadium BBCH 75 (Erbsengröße); Wetter trocken und mäßig warm, leichter Wind; Probenahme unmittelbar vor der Spritzung sowie nach dem Antrocknen des Spritzbelags; die Laubwand war licht; entnommen wurden Geiztriebblätter (viertes entfaltetes Blatt von oben), frei stehend, direkt über der Traubenzone. Nach Angaben des Winzers wurde Cuprozin Flüssig (Kupferhydroxid) in 300 l/ha Wasser ausgebracht, die Reinkupfermenge betrug ca. 200 g/ha.

2.1.4 Oestrich-Winkel, Rheingau (2006). Weingut Peter Jakob Kühn; Lage Oestricher Lehnchen; Hangneigung 10%; Sorte Riesling/SO 4; Pflanzjahr 1982; Pflanzabstand 1,80 x 1,00 m; Erziehungsform Flachboden; vier Wiederholungen zu je 65 Reben.

Tangentialsprühgerät der Fa. Holder, Typ QU 14, Baujahr 2002, Nachläufer (Abb. 1c); Düsentyp Albuz braun (Traubenzone, zwei Düsenetagen) und Albuz lila (vier Düsenetagen), Hohlkegel; 7 bar Druck; Fahrgeschwindigkeit 5 km/h; jede Gasse befahren.

Behandlung: Am 19.07.2006, morgens; Rebstadium BBCH 79 (Traubenschluss); Wetter trocken und warm, windstill; Probenahme unmittelbar vor der Spritzung sowie nach dem Antrocknen des Spritzbelags; entnommen wurden Geiztriebblätter (viertes bis fünftes entfaltetes Blatt von oben), frei stehend, direkt über der Traubenzone; nach Angaben des Winzers wurde Funguran (Kupferoxychlorid) in 700 l/ha Wasser ausgebracht, die Reinkupfermenge betrug ca. 400 g/ha.

2.1.5 Geisenheim, Rheingau (2006). Versuchsanlage der Forschungsanstalt Geisenheim, Lage Geisenheimer Kilzberg; Hangneigung 10 bis 20%; Sorte Riesling/5 C; Pflanzjahr 1978; Pflanzabstand 1,80 x 0,75 m; Erziehungsform Drahtrahmen-Pendelboden; vier Wiederholungen zu je 33 Reben.

Var. 1: Axialgebläse; Typ Wanner S 1000, Baujahr 2004, Nachläufer (Abb. 1b); Axialgebläse, Typ ZA 24 (geschlossenes Luftleitsystem); Luftleistung 24.000 m^3/h bei 25 m/sec; durchgängig Flachstrahl-Injektordüsen, Fa. Lechler, Typ ID 90015; Fahrgeschwindigkeit 5,14 km/h; jede Gasse befahren; 10 bar Druck; fünf Düsenetagen, Einzeldüsen 12,84 l/min; Brüheaufwandmenge 450 l/ha; Cuprozin Flüssig (Kupferhydroxid), 260 g Reinkupfer/ha.

Var. 2: Tangentialgebläse (Querstromgebläse); Typ Wanner S 800, Typ QU 14; Baujahr 2004, Nachläufer (Abb. 1c; Luftleistung 20.000 m^3/h bei 25 m/sec; durchgängig Flachstrahl-Injektordüsen, Fa. Lechler, Typ ID 90015; Fahrgeschwindigkeit 5,14 km/h; jede Gasse befahren; 10 bar Druck; fünf Düsenetagen, Einzeldüsen 12,84 l/min; Brüheaufwandmenge 450 l/ha; Cuprozin Flüssig (Kupferhydroxid), 260 g Kupfer/ha.

Var. 3: Radialgebläse; Typ Krumm NL 1000, Typ Gamma-Turbine, Baujahr 2004, Nachläufer (Abb. 1d); Luftleistung 10 000 m^3/h bei 40 m/sec; durchgängig Flachstrahl-Injektordüsen, Fa. Lechler, Typ ID 90015; Fahrgeschwindigkeit: 5,45 km/h; jede Gasse befahren; 10 bar Druck; fünf Düsenetagen, Einzeldüsen 12,84 l/min; Brüheaufwandmenge 424 l/ha; Cuprozin Flüssig (Kupferhydroxid), 245 g Kupfer/ha.

Behandlung: 04.07.2006, morgens; Rebstadium BBCH 75 (Erbsengröße). Wetter trocken, zunehmend warm, windstill.

Probenahme unmittelbar vor der Spritzung sowie nach dem Antrocknen des Spritzbelags. Die Blattproben wurden aus der Mitte der Traubenzone entnommen, die Blätter waren ausgewachsen und standen an der Peripherie der Laubwand.

2.1.6 Geisenheim, Rheingau (2007). Versuchsparzelle wie in Geisenheim 2006.

Tangentialsprühgerät der Fa. Holder, Typ AS 310, Anbaugerät (Technik wie beim 2006 eingesetzten Gerät); Querstromgebläse: Typ QU 20; Luftleistung: 20.000 m^3/h; Düsen: Injektor-Flachstrahldüse, ID 90015, Fa. Lechler und Injektor-Flachstrahldüse, AVI 8002, Fa. Albuz (groß); Fahrgeschwindigkeit: 6,54 km/h; jede Gasse befahren; 12 bar Druck; Einzeldüsen: Var. 1 und 4: 12,0 l/min; Var. 2, 3, 5 und 6: 13,6 l/min; Brüheaufwandmenge: Var. 1 und 4: 612 l/ha; Var. 2, 3, 5 und 6: 693 l/ha; Cuprozin Flüssig (Kupferhydroxid).

Die verwendeten Düsenkombinationen sind aus Tab. 1 zu ersehen. In Var. 1 und Var. 4 wurden durchgehend Düsen einheitlichen

Abb. 1a. Parzellen-Tunnelspritzgerät.

Abb. 1c. Tangentialsprühgerät.

Abb. 1b. Axialsprühgerät.

Abb. 1d. Radialsprühgerät.

Abb. 1. Applikationsversuch mit verschiedenen Pflanzenschutzgeräten (Die Fotos stammen nicht aus den Versuchsflächen).

Kalibers verwendet. In Var. 2 und Var. 5 kam in der Traubenzone ein Düsenkaliber mit einem um etwa 25% erhöhten Ausstoß zum Einsatz. Dies war auch in Var. 3 und Var. 6 der Fall, wobei diese Düse mit der Zone des größten Neuzuwachses „mitwanderte".

Reinkupfermenge: Termin 1: 260 g/ha (Var. 1); 294 g/ha (Var. 2, Var. 3) Termin 2: 360 g/ha (Var. 4); 407 g/ha (Var. 5, Var. 6) Die Kupferapplikation erfolgte zu beiden Versuchsterminen an Reben, die vorher noch nicht mit kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln behandelt worden waren, weshalb auf die Variante „Unbehandelt" verzichtet werden konnte (s. Tab. 1).

Erster Versuchstermin war der 27.06.2007, morgens; Rebstadium BBCH 73-75 (Beeren schrotkorn- bis erbsengroß). Nach vorangegangenen Niederschlägen waren die Blätter noch schwach feucht. Während und nach der Spritzung war die Witterung mäßig warm, der Himmel bedeckt. Blattentnahme nach dem Antrocknen des Kupferbelags a) in der Mitte der Traubenzone, 85 cm über dem

Tab. 1. Düsenpositionen und Düsentypen

Düsenposition, cm über dem Boden	Termin 1 Var. 1	Var. 2	Var. 3	Termin 2 Var. 4	Var. 5	Var. 6
180	ID 90015	ID 90015	ID 90015	ID 90015	ID 90015	AVI 8002
150	ID 90015	ID 90015	AVI 8002	ID 90015	ID 90015	AVI 8002
120	ID 90015	AVI 8002	AVI 8002	ID 90015	AVI 8002	ID 90015
90	ID 90015	AVI 8002	ID 90015	ID 90015	AVI 8002	ID 90015
60	ID 90015	ID 90015	ID 90015	ID 90015	ID 90015	ID 90015

Boden, Blätter ausgewachsen, nach außen zeigend; b) in der Gipfelzone, 165 cm über dem Boden, Blätter jung, frei stehend.

Zweiter Versuchstermin war der 14.08.2007, morgens. Rebstadium BBCH 77-79 (Beginn bis Ende des Traubenschlusses). Die Blätter waren trocken, die Witterung war während und nach der Spritzung warm und zunehmend sonnig. Blattentnahme nach dem Antrocknen des Kupferbelags a) in der Traubenzone, 85 cm über dem Boden, Blätter ausgewachsen, nach außen zeigend; b) Gipfelzone, 165 cm über dem Boden, Blätter mittel alt, frei stehend (s. Abb. 1a-d).

2.2 Messung der Kupferbeläge auf den Blättern

Je Termin, Wiederholung, Laubwandzone und Blattseite wurden 24 Blattscheiben von 4 cm Durchmesser ausgestanzt. Zur Abwaschung der Kupferrückstände auf der Ober- und Unterseite mit Hilfe einer EDTA-Lösung und der Bestimmung des Kupfergehalts (s. Mohr et al., 2008). Der Durchmesser der abgewaschenen Blattfläche betrug 2,4 cm. Die Eluate von jeweils acht Blattscheiben (nur im Jahr 2005 waren es deren vier) wurden zu einer Mischprobe vereinigt. Meist wurden zwei Scheiben für die Blattober- und Unterseite aus den basalen Lappen eines Blattes ausgestanzt. Nur wenn das Blatt zu klein war – wie teilweise in der Gipfelzone – wurden die Scheiben aus verschiedenen Blättern entnommen. In den Graphiken wird der Belag von 0,3 µg Cu/cm² auf der Blattunterseite als gestrichelte Linie dargestellt. Er charakterisiert den „vorläufigen Kupfer-Richtwert", der nach unseren Untersuchungen erforderlich ist, um Infektionen durch *Plasmopara viticola* zu verhindern (Mohr et al., 2007; Mohr et al., 2008).

2.3 Statistische Berechnungen

Die Versuchsergebnisse wurden mit dem Tukey-Test auf Signifikanz ($\alpha = 0{,}05$) geprüft. Ungleiche Buchstaben bedeuten, dass die Unterschiede zwischen zwei Varianten statistisch gesichert sind.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Freilandversuche und Praxistests zur Applikationsqualität von Pflanzenschutzgeräten

3.1.1 Praxistest Bockenheim 2005. 2005 wurde eine Rebfläche vom Winzer mit einem Umkehraxialsprühgerät behandelt, wobei Cuprozin Flüssig und ein Kupfer-Versuchsmittel (SPU-01010-F, eine Nano-Formulierung von Kupferoxychlorid) zum Einsatz kamen.

In Abb. 2 sind die EDTA-löslichen Kupferbeläge auf jungen Blättern dargestellt. In dieser wie auch in den folgenden Abbildungen wird der Belag von 0,3 µg Cu/cm² auf der Blattunterseite als gestrichelte Linie dargestellt. Sie charakterisiert den „vorläufigen Kupfer-Richtwert", der nach unseren Untersuchungen erforderlich ist, um Infektionen durch *Plasmopara viticola* zu verhindern (Mohr et al., 2007; Mohr et al., 2008). Der Kupfergehalt war auf der Blattunterseite um durchschnittlich 79% höher als auf der Blattoberseite. Die Differenzen sind allerdings nicht signifikant, was auf eine hohe Variabilität der Werte hinweist. Dabei wurden auf der Unterseite Werte von 0,71 und 0,69 µg Kupfer/cm² erreicht, der Richtwert von 0,3 µg Cu/cm² war also erheblich überschritten. Dies dürfte u. a. durch den steilen Anstellwinkel der Düsen (bis zu 45°; Laubwandhöhe 2,50 m) zu erklären sein. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass der ungewöhnlich große Reihenabstand (2,80 m) die Kupferanlagerung auf eine geringere Zahl von Rebstöcken konzentrierte.

3.1.2 Praxistests Traben-Trarbach und Oestrich-Winkel 2006. An beiden Standorten wurden die Behandlungen durch den jeweiligen Winzer vorgenommen. Abb. 3 zeigt die Kupferanlagerung an jungen Blättern.

Der Kupfer-Richtwert von 0,3 µg/cm² wurde in beiden Versuchsflächen überschritten. In Traben-Trarbach (Axialsprühgerät) reichten hierfür bereits ca. 200 g Kupfer/ha aus. In

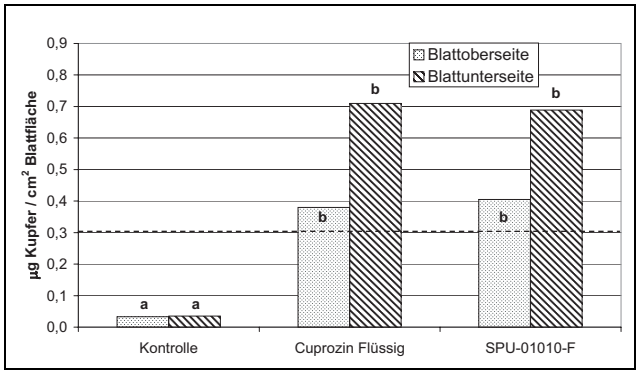

Abb. 2. EDTA-lösliches Kupfer auf jungen Rebblättern (Bockenheim, 05.08.2005; Umkehraxialsprühgerät, ca. 240 g Kupfer/ha).

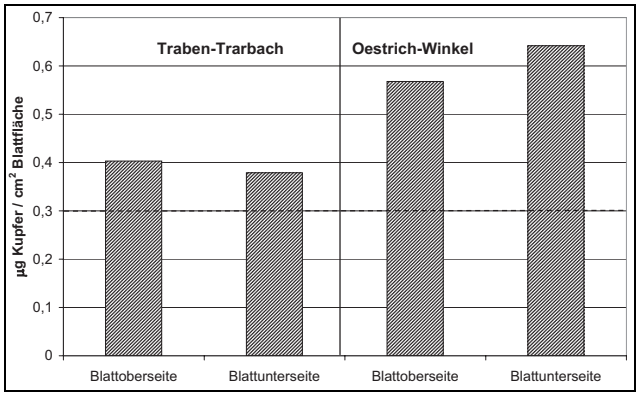

Abb. 3. EDTA-lösliches Kupfer auf jungen Blättern über der Traubenzone. Traben-Trarbach: Axialsprühgerät, 10.07.2006, ca. 200 g Kupfer/ha; Oestrich-Winkel: Tangentialsprühgerät, 18.07.2006, ca. 400 g Kupfer/ha.

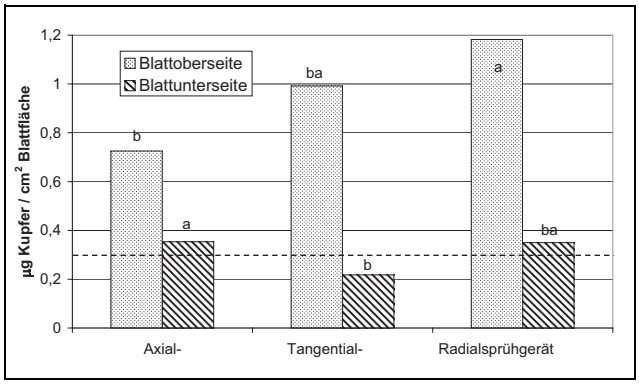

Abb. 4. EDTA-lösliches Kupfer auf alten Blättern der Traubenzone nach Applikation von Cuprozin Flüssig mit drei modernen Pflanzenschutzgeräten (Geisenheim, 04.07.2006; 260 g Kupfer/ha).

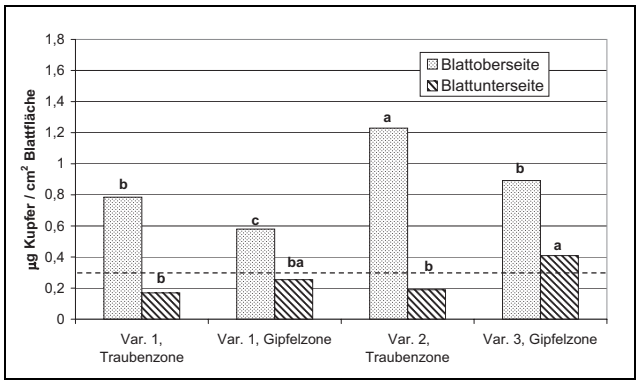

Abb. 5. Kupferbeläge auf Blättern der Trauben- und Gipfelzone; Geisenheim, 27.06.2007; Tangentialsprühgerät.

Oestrich-Winkel (Tangentialsprühgerät) betrug der Kupferbelag auf der Blattunterseite nach Applikation von ca. 400 g Kupfer/ha mehr als das Doppelte des Richtwerts.

3.1.3 Parzellenversuch Geisenheim 2006. Am 4.7.2006 wurde in Geisenheim ein Versuch mit dem Ziel durchgeführt, die Applikationsqualität dreier verschiedener Gerätetypen zu vergleichen. Abb. 4 zeigt die Kupferbeläge auf alten Blättern der Traubenzone. Um die Werte gegenüberstellen zu können, wurden sie auf einen einheitlichen Reinkupfereinsatz von 260 g/ha bezogen.

Die stärksten Blattbeläge lieferte das Radialsprühgerät. Das Axialsprühgerät führte gemeinsam mit dem Radialsprühgerät zu den höchsten Belägen auf der Blattunterseite, der Belag auf der Blattoberseite war allerdings von allen drei Geräten am schwächsten. Das Tangentialsprühgerät nahm bei der Blattoberseite eine Mittelstellung ein und fiel hinsichtlich der Anlagerung an die Blattunterseite deutlich ab (Differenz zum Axialsprühgerät signifikant). Weiterhin erkennt man, dass der „vorläufige Kupfer-Richtwert" beim Axial- und Radialgebläse leicht überschritten, beim Tangentialgebläse dagegen unterschritten wurde.

3.1.4 Parzellenversuch Geisenheim 2007. Dem Parzellenversuch lag die Überlegung zugrunde, dass Zonen erhöhten Bedarfs durch die Wahl eines Düsentyps mit stärkerem Ausstoß besser mit Kupfer abgedeckt werden sollten. Das ist zum einen die Traubenzone, zum anderen die Zone mit dem stärksten Neuzuwachs („Gipfelzone", s. Tab. 1). Am 27.06. und am 07.08.2007 wurden die Kupferbeläge auf der Blattober- und Unterseite gemessen.

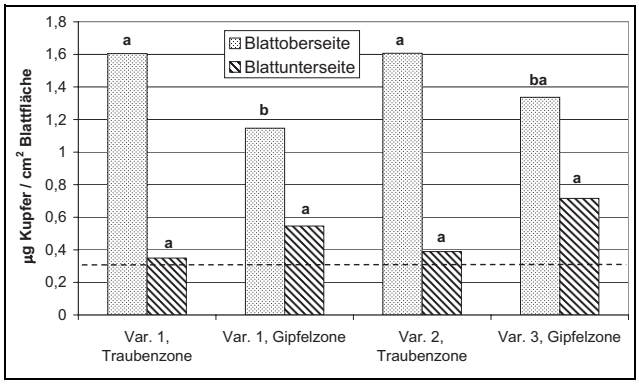

Abb. 6. Kupferbeläge auf Blättern der Trauben- und Gipfelzone; Geisenheim, 07.08.2007; Tangentialsprühgerät.

In Abb. 5 sind die Ergebnisse des ersten Termins dargestellt. Man erkennt, dass der Kupfer-Richtwert von 0,3 µg/cm² auf der **Blattunterseite** in Var. 1 (260 g Kupfer/ha) weder in der Trauben-, noch in der Gipfelzone erreicht wurde, dass er in letzterer aber höher war. Die Blattunterseite wurde in der Gipfelzone also stärker belegt, was offensichtlich durch die freie Stellung der Blätter in diesem Laubwandbereich begünstigt war. Die Blattunterseite wird übrigens, vor allem in der Gipfelzone, von der jeweiligen Nachbargasse aus am besten erreicht (KOCH und KNEWITZ, 2008). In Var. 2 (294 g Kupfer/ha) war in der Traubenzone trotz der größeren Düsen (AVI 8002) und dem dadurch bedingten höheren Mittelausstoß der Belag auf der Blattunterseite kaum höher als in Var. 1. Der Kupfer-Richtwert wurde nur in Var. 3 (294 g Kupfer/ha, große Düsen) überschritten.

Der Belag auf der **Blattoberseite** war in allen Varianten erheblich höher als auf der Blattunterseite. Die Traubenzone wurde besser erreicht als die Gipfelzone (Differenzen signifikant). Die größeren Düsen in Var. 2 und Var. 3 riefen auf der Blattoberseite einen signifikant stärkeren Belag hervor als auf der Blattunterseite.

In Abb. 6 sind die Ergebnisse des zweiten Termins dargestellt. Man erkennt, dass sie in der Tendenz denen des ersten Termins gleichen. Insbesondere war die **Blattunterseite** in der Gipfelzone wieder stärker belegt als in der Traubenzone (Differenz nicht signifikant). Der Belag auf der **Blattoberseite** war wiederum in der Traubenzone stärker als in der Gipfelzone, jedoch wirkten sich die großen Düsen in Var. 5 und Var. 6 nicht signifikant auf die Belagsstärke aus. Sämtliche Werte lagen über denen des ersten Termins. Daher wurde auch der Kupfer-Richtwert auf der Blattunterseite in allen Varianten überschritten. Der stärkste Belag (0,72 µg/cm²) ließ sich in der Gipfelzone der Var. 6 messen. Die hohen Werte sind z. T. auf den höheren Kupfereinsatz (Var. 4: 360 g/ha; Var. 5 und Var. 6: 407 g/ha) zurückzuführen, jedoch waren die Beläge stärker als rein rechnerisch zu erwarten. Dies könnte mit dem höheren Blattalter oder mit der Witterung zusammenhängen (erster Termin: Blätter unmittelbar vor der Applikation schwach feucht; zweiter Termin: Blätter trocken), eine überzeugende Erklärung konnte jedoch nicht gefunden werden.

In Tab. 2 sind diejenigen Kupfermengen berechnet, die im Versuch Geisenheim 2007 erforderlich gewesen wären, um auf der Blattunterseite einen Belag von 0,3 µg Kupfer/cm² hervorzurufen.

Man erkennt, dass am 27.06. 2007 generell mehr Kupfer benötigt wurde als am 07.08.2007 und dass in der Traubenzone grundsätzlich mehr Kupfer erforderlich war als in der Gipfelzone. Die große Düse (Var. 2; Var.5) bewirkte in der Traubenzone gegenüber der normalen Düse (Var. 1a; Var. 4a) keine verbesserte Anlagerung. Dies hängt offenbar mit der relativ gerin-

Tab. 2. Erforderliche Mengen an Reinkupfer zur Erzeugung eines Belags von 0,3 µg/cm² auf der Blattunterseite (Geisenheim 2007)

Datum	Laubwandzone	Variante	g Kupfer/ha
27.06.	Traubenzone	1 a (Injektordüse)	460
	"	2 (große Injektordüse)	470
07.08.	"	4 a (Injektordüse)	310
	"	5 (große Injektordüse)	310
27.06.	Gipfelzone	1 b (Injektordüse)	310
	„	3 (große Injektordüse)	220
07.08.	„	4 b (Injektordüse)	200
	„	6 (große Injektordüse)	170

gen Beweglichkeit alter Blätter zusammen. Die schwächere Belegung der Unterseite alter Blätter stellt aus der Sicht des Rebschutzes kein ernsthaftes Problem dar. Diese Blätter sind nämlich aufgrund der Altersresistenz weniger infektionsgefährdet als der Neuzuwachs. Weiterhin ist ihre Unterseite relativ gut vor einer Kupferabwaschung durch Niederschläge geschützt (Mohr et al., 2007) und wird im Laufe der Spritzsaison immer wieder mit Pflanzenschutzmitteln belegt. In der Gipfelzone war die große Düse (Var. 3; Var. 6) effektiver als die normale Düse (Var. 1b; Var. 4b). Die höhere Wirksamkeit beruhte auf dem stärkeren Ausstoß von Spritzbrühe.

Aus den Ergebnissen der Jahre 2005 bis 2007 wurde diejenige Kupfermenge berechnet, die erforderlich gewesen wäre, um den „vorläufigen Kupfer-Richtwert" von 0,3 µg/cm² zu erreichen. Das Entwicklungsstadium der Reben lag in Wolf und Bernkastel-Kues bei BBCH 13 bis 85, an den übrigen Standorten bei BBCH 75 bis 79. Alle Ergebnisse wurden mit modernen Pflanzenschutzgeräten erzielt. Um sie besser vergleichen zu können, wurden die Werte auf einen einheitlichen Reihenabstand von 1,80 m bezogen. Sie sind in Tab. 3 zusammengestellt.

Man erkennt Folgendes:

Gipfelzone: Ein Axialsprühgerät (Traben-Trarbach 2006) und ein Tangentialsprühgerät (Oestrich-Winkel 2006) erwiesen sich als besonders effektiv. Hier genügten ca. 160 bis 190 g Kupfer/ha, um einen ausreichenden Schutz gegen Infektionen mit *Plasmopara viticola* zu erreichen. Das 2005 in Bockenheim eingesetzte Umkehraxialsprühgerät war ähnlich effektiv. Ein weiteres Tangentialsprühgerät (Geisenheim 2007) lag mit 170 bis 310 g Kupfer/ha teils ebenfalls in diesem günstigen Bereich, teils aber auch darüber. Das Parzellen-Tunnelspritzgerät (Wolf und Bernkastel-Kues) benötigte mit 200 bis 400 g ha generell höhere Kupfermengen.

Traubenzone: In Geisenheim berechnen sich in den Jahren 2006 und 2007 mit einem Axial- und einem Radialsprühgerät Werte von je 220 g Kupfer/ha. Die Tangentialsprühgeräte lagen mit Werten zwischen 310 und 470 g/ha deutlich höher.

Die Daten liefern Hinweise, dass Axial- und Radialsprühgeräte im Hinblick auf die Belegung der empfindlichen Blattunterseiten junger Blätter bzw. der zu schützenden Traubenzone leistungsfähiger sein können als Tangentialsprühgeräte oder Tunnelspritzgeräte. Dies geht auch aus Tab. 3 hervor, die in der rechten Spalte das Verhältnis der Kupferbeläge auf der Blattober- und Unterseite zeigt. Man erkennt, dass bei jungen Blättern das Verhältnis deutlich niedriger war als bei alten. Das kann damit erklärt werden, dass junge Blätter freier stehen und beweglicher sind. Man sieht auch, dass das Verhältnis Oberseite/Unterseite bei den Umkehraxial-, Axial- und Radialsprühgeräten, die einen turbulenten Luftstrom erzeugen, meist kleiner war als beim Parzellen-Tunnelspritzgerät oder beim Tangentialsprühgerät. Erstere waren also hinsichtlich der Anlagerung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel an die Blattunterseite effektiver. Der niedrigste Wert (0,56) wurde beim Umkehraxialgebläse in Bockenheim ermittelt, was im Rahmen unserer Untersuchungen ein extremes Ergebnis ist.

Tab. 3. Erforderliche Mengen an Reinkupfer zur Erzeugung eines Belags von 0,3 µg /cm² auf der Blattunterseite; Verhältnis der Kupferbeläge auf der Blattober- und unterseite (Feldversuche 2005 bis 2007)

Standort, Jahr	Pflanzenschutzgerät Düsentyp	Blatt-Typ	g Kupfer/ha [1)]	Kupferbelag Oberseite/ Unterseite
Wolf 2005, Bernkastel-Kues 2006	Parzellen-Tunnelspritzgerät Standard	jung, aus verschiedenen Bereichen der Laubwand	200 – 400	1,65
Bockenheim 2005	Umkehraxialsprühgerät Standard	jung, direkt über der Traubenzone	ca. 160	0,56
Traben-Trarbach 2006	Axialsprühgerät Standard / Injektor	„	ca. 160	1,06
Oestrich-Winkel 2006	Tangentialsprühgerät Standard	„	ca. 190	0,89
Geisenheim 2006	Axialsprühgerät Injektor	alt, Traubenzone	220	2,05
„	Tangentialsprühgerät Injektor	„	360	4,57
„	Radialsprühgerät Injektor	„	220	3,38
Geisenheim 2007	Tangentialsprühgerät Injektor	alt, Traubenzone	310 - 470	4,98
		jung bis mittel alt, Gipfelzone	170 - 310	2,11

[1)] bezogen auf einen Reihenabstand von 1,80 m

Diese Befunde bestätigen frühere Versuchsergebnisse anderer Autoren. So bestimmten IRLA und SIEGFRIED (1990) mit zwölf unterschiedlichen Sprühgeräten die Beläge auf Rebblättern in verschiedenen Laubwandzonen und ermittelten einen durchschnittlichen Bedeckungsgrad von 38% (Blattoberseite) bzw. 68% (Blattunterseite). Auf der Blattunterseite erzielten Geräte mit Umkehraxialgebläse den höchsten Bedeckungsgrad (durchschnittlich 78%), gefolgt von Axial- (66%), Radial- (61%) und Tangentialgebläse (50%). In Untersuchungen von SIEGFRIED und RAISIGL (1991) erbrachten sowohl ein Axialsprühgerät als auch ein Tunnel-Recyclingspritzgerät bei voll entwickelter Laubwand eine sehr gute Abdeckung der Blattoberseite mit Wirkstoff. Auf der Blattunterseite erzielte dagegen das Axialgerät dank der Luftunterstützung einen um rund 50% höheren Bedeckungsgrad. VIRET et al. (2003) verglichen im Weinbau verschiedene Pflanzenschutzgeräte und fanden beim Tunnelspritzgerät die höchsten Beläge auf der Blattoberseite, aber fast keine Beläge auf der Blattunterseite. Sie führten den Befund auf die fehlende Luftunterstützung bei diesem Gerätetyp zurück und folgerten, dass dadurch vor allem die Bekämpfung des Falschen Mehltaus beeinträchtigt sein könnte. Auch BÄCKER stellte 1993 fest, dass luftunterstützte Recyclingverfahren gegenüber einem Tunnel-Recyclingspritzgerät mit Hohlkegeldüsen die Wirkstoffverteilung unterstützten und die Belagsbildung in fortgeschrittenen Vegetationsstadien der Rebe begünstigten. DIETZEL (1993) kam in seinen Untersuchungen dagegen zu dem Ergebnis, dass ein Tunnelspritzgerät mit Flachstrahldüsen nach der Blüte in der Traubenzone gegenüber herkömmlichen Sprühgeräten (Axialgebläse, Querstromgebläse) durchschnittlich die stärksten Beläge auf der Blattunterseite bildete. Hinsichtlich ihrer Wirkung gegen *P. viticola* waren ein Tunnel- und ein Kollektorsprühgerät mit konventionellen Sprühgeräten vergleichbar. BÄCKER (2003) untersuchte in einer jungen Dornfelder-Anlage mit lichter Laubwand bei Schrotkorngröße der Beeren ein Axialsprühgerät mit Hohlkegeldüsen und ein Tunnelspritzgerät mit Flachstrahldüsen. Die Blattunterseite wurde etwa gleich stark oder etwas stärker belegt als die Blattoberseite, wobei die Gerätetypen ebenbürtig waren.

Im Falle kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel kommt es offensichtlich mehr als bei organisch-synthetischen Fungiziden auf eine möglichst gleichmäßige Bedeckung der Blattunterseite an (MOHR et al., 2008). Daher eignen sich Kupfermittel besonders gut, um die Qualität der Applikation zu beurteilen. Von besonderer Bedeutung ist die Optimierung der Pflanzenschutztechnik im ökologischen Weinbau, weil dort oft Substanzen mit geringerer biologischer Wirksamkeit eingesetzt werden. Bei optimaler Pflanzenschutztechnik dürfte ein ausreichender Schutz junger Blätter vor Infektionen mit *P. viticola* durch den Einsatz von ca. 200 g Reinkupfer/ha je Behandlung möglich sein, bezogen auf Cuprozin Flüssig (Wirkstoff Kupferhydroxid). Abwaschungsverluste durch Regenfälle oder eine „Verdünnung" des Kupferbelags durch Blattflächenwachstum sind hierbei nicht berücksichtigt (MOHR et al., 2007). Neu entwickelte Kupfermittel der Pflanzenschutzmittel-Hersteller lassen eine weitere Senkung des Kupfereinsatzes erwarten.

Danksagung

Folgenden Personen sprechen wir unseren besonderen Dank aus: Frau H. SCHÄFER und Frau C. SCHNEIDER, Julius Kühn-Institut Bernkastel-Kues, für die Aufarbeitung der Blattproben; Herrn R. LEHNART, Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Bodenkunde und Pflanzenernährung, für die Durchführung der Kupferanalysen; den Öko-Weingütern Andreas WÖHRLE, Bockenheim, Markus BOOR, Traben-Trarbach und Peter Jakob KÜHN, Oestrich-Winkel für die Applikation der Kupfermittel in Praxistests.

Literatur

BÄCKER, G., 1993: Stand der Recyclingtechnik. Der Deutsche Weinbau, H. 7, 15-19.

BÄCKER, G., 2003: Mehrreihiges Mechanisierungskonzept – Mit dem Hochschlepper ist viel möglich. Das Deutsche Weinmagazin, H. 11, 10-14.

BÄCKER, G., 2007: Abtriftmessung bei Hubschrauberapplikation. Der Deutsche Weinbau, H. 6, 40-45.

DIETZEL, E., 1993: Untersuchungen an Pflanzenschutzgeräten mit Spritzbrühe-Rückführung zur umweltorientierten Applikation von Pflanzenschutzmitteln im Weinbau. Dissertation Hohenheim, Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft, Nr. 238.

EICHHORN, K. W., 1980: Umweltgerechte Applikation im Pflanzenschutz. Der Deutsche Weinbau 35, 479-484.

FRIESSLEBEN, R., 2001: Grobe Tropfen sollen's sein. Vinobel, H. 1, 10-11.

IPACH, R., 1995: Optimaler Pflanzenschutz. Das Deutsche Weinmagazin, H. 15, 16-20.

IRLA, E., W. SIEGFRIED, 1990: Vergleichsprüfung Weinbau-Sprühgeräte 1989. FAT-Berichte Nr. 382, CH-8356 Tänikon. 1266

KOCH, H., 2007: Spritztechnik im Weinbau. Vorteile grobtropfiger Applikationen im Weinbau. 51. Kreuznacher Wintertagung, 80-87.

KOCH, H., H. KNEWITZ, 2008: Methodology and sampling technique of spray deposit and distribution measurement in vineyards. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 60 (2), 25-30.

KOCH, H., O. STRUB, 2007: Einfluss von Fungiziden auf die Dynamik der Belagsbildung an Weinreben. KTBL-Schrift 456, 47-53.

LÜDERS, W., H. GANZELMEIER, 1983: Untersuchungsergebnisse über die Anlagerung der Behandlungsflüssigkeit bei verschiedenen Pflanzenschutzgeräten in Rebsteillagen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 35, 70-75.

MOHR, H. D., B. HOLZ, 1995: Applikationstechnische Versuche im Weinbau zur Bekämpfung des Roten Brenners, *Pseudopezicula tracheiphila* (Müller-Thurgau) Korf & Zhuang und zur Verteilung von Pflanzenschutzmitteln. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch. Berlin-Dahlem H. 306, 72 S.

MOHR, H. D. (Hrsg.), J. V. HERRMANN, G. K. HILL, B. HOLZ, R. IPACH, U. IPACH, W. K. KAST, M. MAIXNER, K.-J. SCHIRRA, W. SIEGFRIED, W. UHL, O. VIRET, 2005: Farbatlas Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge an der Weinrebe. Stuttgart, E. Ulmer, 320 S.

MOHR, H. D., Chr. PORTZ, B. HOLZ, G. NOGA, W. K. KAST, H. MADER, 2007: Minimierung des Kupfereinsatzes im ökologischen Weinbau unter besonderer Berücksichtigung der Blattbeläge und ihrer Wirkung gegen den Falschen Mehltau *(Plasmopara viticola)* – Teil 1: 2002 bis 2003. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 59 (3), 49-58.

MOHR, H. D., J. HOLDER, B. BERKELMANN-LÖHNERTZ, 2008: Minimierung des Kupfereinsatzes im ökologischen Weinbau unter besonderer Berücksichtigung der Blattbeläge und ihrer Wirkung gegen den Falschen Mehltau *(Plasmopara viticola)* – Teil 2: 2004 bis 2007. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 60 (7), 145-156.

RAISIGL, U., H. MANTINGER, J. VIGEL, 1993: Optimale Ausbringvolumina. In: Festveranstaltung und Kolloquium Sprühgeräte. Bearb. von S. RIETZ und H. GANZELMEIER. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin Dahlem, H. 292, 139-155.

SIEGFRIED, W., Ch. KREBS, U. RAISIGL, 1990: Applikationstechnik im Obstbau - Vergleich verschiedener Gebläsespritzen. Schweiz. Z. Obst-Weinbau 126, 185-197.

SIEGFRIED, W., U. RAISIGL, 1991: Erste Erfahrungen mit dem Joco-Recyclinggerät im Rebbau. Schweiz. Z. Obst-Weinbau 127, 154-160.

SIEGFRIED, W., E. HOLLIGER, U. RAISIGL, 1993: Tunnel-Recyclinggeräte - die neue Sprühtechnik im Obst- und Rebbau. Schweiz. Z. Obst-Weinbau 129, 36-43.

SIEGFRIED, W., M. SACCHELLI, O. VIRET, R. WOHLHAUSER, U. RAISIGL, B. HUBER, R. IPACH, G. BÄCKER, 2005: Blattflächenbezogene Dosierung von Pflanzenschutzmitteln im Rebbau. Teil II: Gerätetechnik, Wirkstoffanlagerung und Wirkung gegen Pilzkrankheiten. Schweiz. Z. Obst-Weinbau 141 (H. 6), 9-13.

SIEGFRIED, W., O. VIRET, B. HUBER, R. WOHLHAUSEN, 2007: Dosage of plant protection products adapted to leaf area index in viticulture. Crop Protection 26, 73-82.

VIRET, O., W. SIEGFRIED, E. HOLLIGER, U. RAISIGL, 2003: Comparison of spray deposits and efficacy against powdery mildew of aerial and ground-based spraying equipment in viticulture. Crop Protection 22, 1023-1032.

Zur Veröffentlichung angenommen: Mai 2008

Kontaktanschrift: Dr. Horst D. Mohr, Julius Kühn-Institut, Bundesinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau, Brüningstr. 84, 54470 Bernkastel-Kues, Deutschland. E-Mail: weinbau@jki.bund.de