Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 54 (5), S. 110–117, 2002, ISSN 0027-7479.
© Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Fachgruppe Anwendungstechnik, Außenstelle Kleinmachnow und Braunschweig

Pflanzenschutzmittel-Verteilungsvorgänge beim Sprühen im Obstbau*)

Mechanisms of distribution of plant protection products sprayed in orchards

Peter Kaul, Sabine Gebauer, Siegfried Rietz und Horst Henning†

Zusammenfassung

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Obstbau ist zur Ertragssicherung unverzichtbar. Im Unterschied zum Feldbau erfordern die größeren Abstände zwischen Pflanzenschutzgerät und Baum die Nutzung von Pflanzenschutzgeräten, die einen Trägerluftstrom erzeugen (Sprühgeräte). Diese Geräte besitzen Einstellmöglichkeiten, um die Anpassung an die speziellen Anwendungsbedingungen zu ermöglichen und dadurch Pflanzenschutzmittelverluste an den Boden und die Luft gering zu halten.

Anliegen dieses Beitrags ist es, einen Überblick über die bei der Pflanzenschutzmittelapplikation im Obstbau wirkenden Verteilungsmechanismen zu erarbeiten. Es werden qualitative Zusammenhänge zwischen der erreichbaren Verteilungsgleichmäßigkeit, den Verlusten, Witterungsbedingungen, Gerätetypen, -Einsatzbedingungen und -Einstellungen auf der Grundlage der Auswertung der einschlägigen Literatur hergestellt. Schlussfolgernd wird eine Vertikalverteilung definiert, die in modernen Obstanlagen als Zielfunktion angesehen werden kann, und es werden allgemein gültige anwender- und herstellerorientierte Anforderungen an Sprühgeräte formuliert.

Stichwörter: Sprühgerät, Obstbau, Pflanzenschutzmittelverteilung, Verluste, Einstellung

Abstract

Use of plant protection products is indispensable for securing orchard yields. Different from arable farming, crop spraying in orchards requires air-assistance to bridge the greater distance between crop sprayer and trees. Air-assisted sprayers produce an air-stream to carry the spray droplets to the target. The air-stream can be adjusted to the specific circumstances of application to reduce spray losses to the ground and atmosphere.

This article develops an overview of the mechanisms of spray distribution inside and outside fruit tree crowns. It establishes correlations between the achievable evenness of distribution, spray losses, weather conditions, sprayer types, circumstances of application and sprayer adjustment on the basis of data compiled from relevant literature. The conclusions give a definition of the vertical distribution which is desirable in modern orchards, and formulate general requirements for air-assisted sprayers which should be met both by manufacturers and operators.

Key words: Air assisted sprayer, orchards, distribution of chemicals, losses, sprayer adjustment

1 Einleitung und Zielstellung

Zur Ertragssicherung im Obstbau kann bei der Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten und dem Schutz vor Schädlingen nicht auf den Einsatz wirksamer Pflanzenschutzmittel verzichtet werden. Um ihren Aufwand bei voller Wirksamkeit möglichst niedrig zu halten, kommt neben der Wahl des richtigen Behandlungszeitpunktes auch der gleichmäßigen Anlagerung bei exakter Dosierung eine entscheidende Rolle zu.

Im Unterschied zum Feldbau ist die im Obstbau zu erzielende Verteilungsgleichmäßigkeit über größere Abstände zwischen Gerät und Pflanze zu realisieren. Ein Trägerluftstrom wird genutzt, um den Abstand zwischen den Düsen und den Bäumen zu überbrücken, die Flüssigkeitstropfen in den Kronenraum hineinzutragen, zu verteilen und anzulagern. Dabei wird die Einhaltung der Forderung zur weitgehenden Vermeidung von Verlusten an den Boden und die Luft aus Umweltschutzgründen immer wichtiger.

Zur Erfüllung dieser Anforderungen werden Gerätetypen unterschiedlicher Bauarten für den Obstbau angeboten. Sie besitzen Einstell-Vorrichtungen, mit denen sie an die speziellen Einsatzbedingungen angepasst werden können. Um die Auswahl und Einstellung der Geräte sachlich begründet vornehmen zu können, wurden durch verschiedene Versuchsansteller ausführliche Untersuchungen durchgeführt und so der Einfluss unterschiedlichster Parameter auf Verteilungsgleichmäßigkeit und effektiven Pflanzenschutzmitteleinsatz beschrieben. Dabei war zu berücksichtigen, dass die Variabilität der Laubdichte und der Witterungsbedingungen naturgemäß Ergebnisse erwarten lassen, die durch Zufälligkeiten beeinflusst sind. Untersuchungen zu diesem Fragenkomplex führten deshalb in Einzelfällen zu quantitativ und qualitativ widersprüchlichen Aussagen.

Anliegen dieser Arbeit ist es, einen Überblick über die bei der Applikation im Obstbau wirkenden Verteilungsvorgänge der luftstromgetragenen Pflanzenschutzmitteltropfen zu erarbeiten und insbesondere qualitative Zusammenhänge zwischen der Verteilungsgleichmäßigkeit, den Verlusten an Boden und Luft sowie Witterungsbedingungen und Geräteeinstellungen auf der Grundlage der Auswertung der einschlägigen Literatur herzustellen. Weiterhin soll definiert werden, welche Vertikalverteilung durch die Einstellung der Geräte in modernen Obstanlagen als Zielfunktion angesehen werden kann.

*) Die Publikation wurde anlässlich der Festveranstaltung „50 Jahre Pflanzenschutzgeräteprüfung in Braunschweig" verfasst.

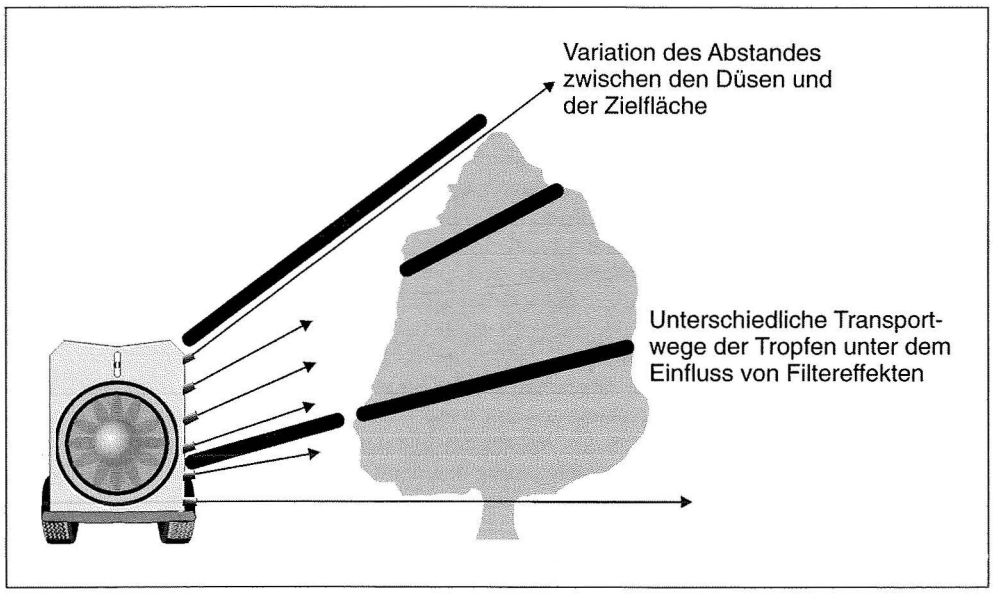

Abb. 1. Geometrische Bedingungen für den Luftstrom und den Flüssigkeitstransport.

2 Verteilungsmechanismen beim Einsatz von Sprühgeräten im Obstbau

2.1 Geometrische Bedingungen und Tropfen-Beladung des Luftstromes

Als wichtige Voraussetzung für die Gleichmäßigkeit der Ablagerung der Pflanzenschutzmittel auf den Zielflächen ist die annähernde Gleichmäßigkeit der Tropfendichte an allen Punkten des zu behandelnden Raumes beim Applikationsvorgang anzusehen. Zu ihrer Analyse sind die bei der Applikation herrschenden geometrischen Bedingungen in Verbindung mit den bei freier Luftströmung auftretenden Verdünnungseffekten zu berücksichtigen. Zur Vereinfachung ist es üblich, das Problem zweidimensional durch Darstellung der Vertikalverteilung zu betrachten.

Die geometrischen Bedingungen der Anordnung von Sprühgerät und Baum in Abbildung 1 lassen erkennen, dass sowohl die Distanzen zwischen den Düsen und dem Eintritt in den Baum als auch die innerhalb des Laubwerks zurückzulegenden Strecken nicht gleich groß gestaltet werden können (HALL u. a., 1987). Die Menge der Ablagerungen auf den Blättern wird von der Menge und Verteilung der Flüssigkeit durch die Düsen bestimmt (DERKSEN u. a., 1995). Zwischen Gerät und Laubwand wirken insbesondere Einmischungen aus der umgebenden Luft auf die vertikale Verteilung der Flüssigkeit ein. Unter der Vertikalverteilung wird die Darstellung der Flüssigkeitsmenge in Abhängigkeit von der Höhe verstanden, die während der Vorbeifahrt des Sprühgerätes z. B. auf Messflächen gesammelt wird. Innerhalb der Baumstruktur üben Filtereffekte einen Einfluss auf die Menge dieser Flüssigkeit aus. Der dadurch hervorgerufene Abbau der

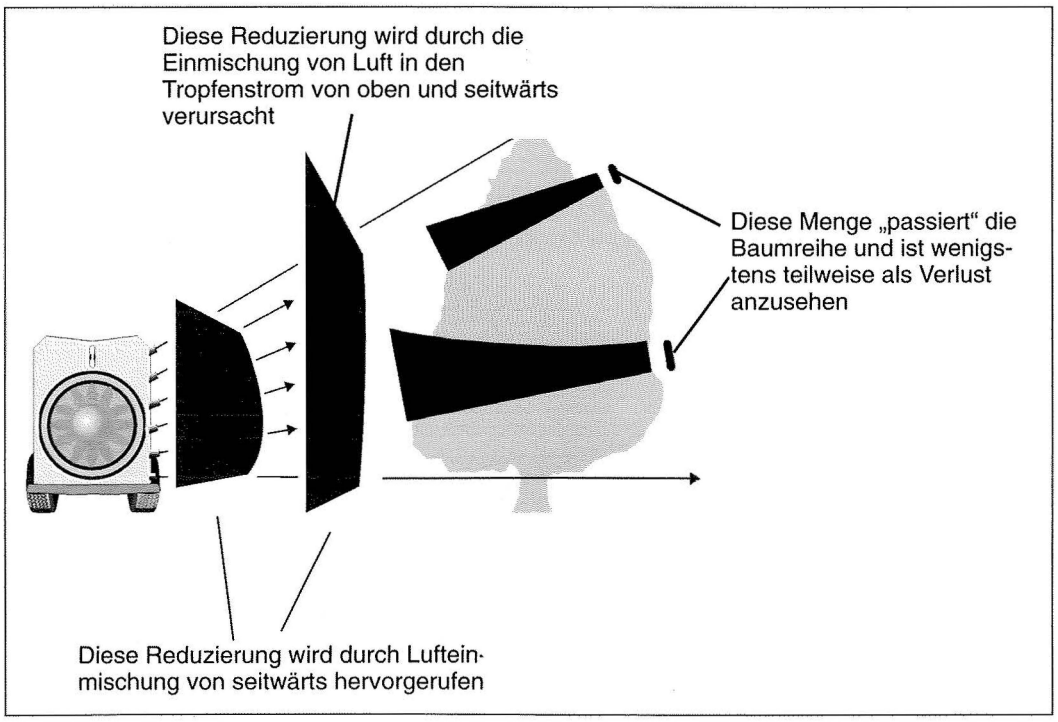

Abb. 2. Veränderung des Flüssigkeitsprofils außerhalb und innerhalb der Laubwand.

Flüssigkeitsmenge je Höhenbereich mit zunehmender Entfernung wird in Abbildung 2 veranschaulicht. Die Luftgeschwindigkeit nimmt mit zunehmendem Abstand zu den Düsen ab (REICHARD u. a., 1977 und 1978). So verringert sich ganz allgemein die Ablagerungsmenge, wenn Messflächen weiter entfernt vom Sprühgerät angebracht werden (HOFFMANN u. a., 1996). Zur Vermeidung von Verlusten an den Boden und die Luft ist es effizient, den Luftstrom des Gerätes so zu begrenzen, dass die oberen und unteren Grenzen des Baumes gerade noch getroffen werden (SCHMIDT u. a., 1995; Ciba, Caliset Obstbau; Pflanzenschutzdienst Baden-Württemberg, Applikationstechnik im Obstbau). Allerdings wurden in praktischen Versuchen etwa 20 % der ausgebrachten Pflanzenschutzmittelmenge auf dem Boden gefunden, obwohl das Gerät optimal eingestellt worden war (RAISIGL u. a., 1991).

Die Durchdringung der Kultur erhöht sich, wenn die Luftmenge am Sprühgerät vergrößert wird (WALKLATE u. a., 1994; MIRALLES u. a., 1997). Eine zu niedrige Luftgeschwindigkeit führt zu ungenügender Durchdringung (MIRALLES u. a., 1997). Die Ablagerungsmenge auf dem Laub erhöht sich, wenn das Laub sehr dicht ist. Die Vergrößerung der Ablagerungsmenge beträgt bei dichtem gegenüber lockerem Laub das Fünf- bis Sechsfache (FERREE u. a., 1980; TRAVIS u. a., 1987). Die Verluste mit geringer Belaubung betragen 80...90 % und die mit voller Belaubung nur 40...75 % (HERRINGTON u. a., 1981). Bei Überschreitung der Luftgeschwindigkeit über einen bestimmten Betrag kann durch das Aneinanderlegen der Blätter eine „dichte Laubwand" entstehen, durch die die Luftströmung in das Laubwerk hinein nahezu vollständig unterbunden wird (WALKLATE u. a., 1994; MIRALLES u. a., 1997).

Der Zusammenhang zwischen der Laubdichte, der Luftmenge/Luftgeschwindigkeit und der Durchdringung in Verbindung mit den Verlusten innerhalb bestimmter Luftströmungsgrenzen ist offensichtlich. Eine ungenügende Durchdringung führt zu geringeren Verlusten und eine gute Durchdringung zwangsläufig zur stärkeren Durchströmung und damit zu höheren Verlusten auf der Leeseite der Baumreihe (Abb. 2.). Der exponentielle Abbau der Flüssigkeitsmenge innerhalb des Laubwerks über die Entfernung konnte durch Messungen bestätigt werden (XU u. a., 1997).

Ein nur schwer erfassbarer Einflussfaktor ist die Turbulenz der das Laub durchströmenden Luft. Es ist zu beobachten, dass eine stark verwirbelte Luftströmung gegenüber einer gleichmäßigeren zu einer Verstärkung der Anlagerung der Flüssigkeitstropfen an den Zielflächen führt (SVENSSON, 1993). Es wurde festgestellt, dass ein nach dem Querstrom-Prinzip arbeitendes Sprühgerät geringere Flüssigkeitsablagerungsmengen auf den Zielflächen erzeugt als ein nach dem Axial oder Radialprizip arbeitendes (SALYANI, 1991). Andererseits wurde gefunden, dass es keinen Zusammenhang zwischen der Luftströmung innerhalb des Baumes und der Ablagerungsmenge auf den Zielflächen gibt (DERKSEN, 1995). Aus der Kenntnis der Vertikalverteilung eines Sprühgerätes kann nicht auf die Verteilungsqualität auf den Blättern von Apfelbäumen geschlossen werden (SCHMIDT u. a., 1995). Aus diesen Untersuchungen ist zu schlussfolgern, dass die Laubdichte der zu behandelnden Obstanlage bei der Auswahl des Gebläsetyps des Gerätes derart berücksichtigt werden sollte, dass für Obstanlagen mit hoher Blattdichte Geräte mit großer Luftleistung gewählt werden und umgekehrt. Damit werden einerseits die Verluste im Lee der Baumreihe, die zu einer erhöhten Bodenablagerung beitragen, begrenzt und andererseits die genügende Durchdringung der Baumkrone gesichert.

2.2 Zweiseitige Behandlung und Windeinfluss

Eine Verbesserung der Ablagerungsgleichmäßigkeit auf den Zielflächen kann durch die zweiseitige Behandlung der Baumreihen erzielt werden. Dabei wird praktisch die von der einen Seite erzeugte Ablagerungsmenge durch die von der anderen Seite erzeugte ergänzt. Abbildung 3 zeigt das dadurch erzielte Ergebnis.

Die Ungleichmäßigkeit der Wirkstoffmenge auf den Zielflächen bzw. der Abfall der exponentiellen Kurve über die Breite der Baumreihe ist dabei als umso stärker, je dichter die Blätter sind und je schwächer der Luftstrom des Sprühgerätes eingestellt ist. Danach besteht die Notwendigkeit zur zweiseitigen Behandlung insbesondere dann, wenn dichtes Laubwerk in Verbindung mit geringer Luftgeschwindigkeit/-menge zur Anwendung gebracht werden. Für diesen Fall kann auch von geringen Verlusten an die Atmosphäre und den Boden ausgegangen werden. Der Varianzkoeffizient der primären Anlagerung der Pflanzenschutzmittel an den Blättern von Apfelbäumen wurde aus einer Vielzahl von Versuchen mit 40...70 % bestimmt. Das Verhältnis der absoluten Mengen auf verschiedenen Blättern differiert um den Faktor 1 bis 12 (KOCH u. a., 1994 und 1995). Die auf den Blättern wiedergefundene Menge ist bei voller Belaubung größer als während des Blattaustriebs (HERRINGTON u. a., 1981). Demzufolge kann aber unter Bedingungen mit geringem Strömungswiderstand durch die Bäume und bei genügend großer Reich-

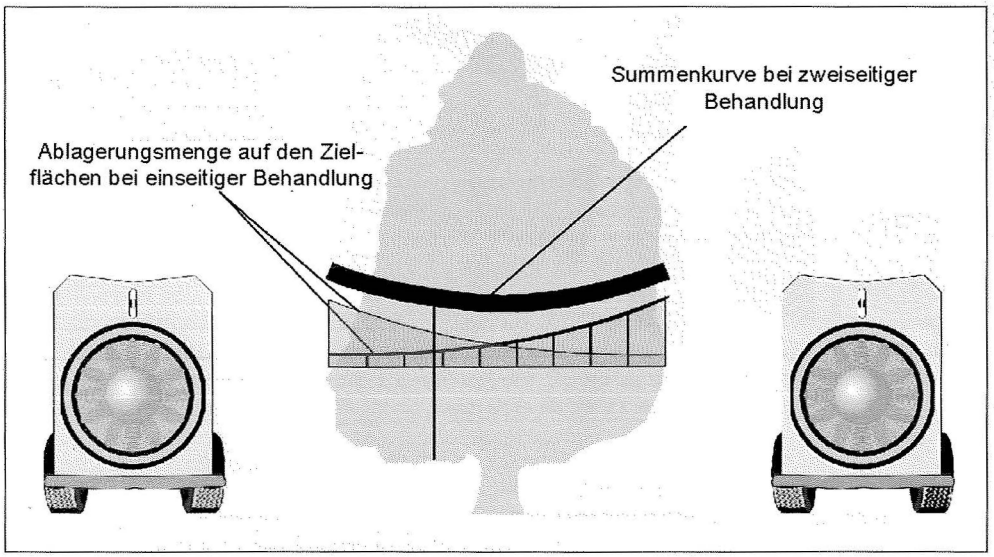

Abb. 3. Verbesserung der Gleichmäßigkeit bei zweiseitiger Behandlung.

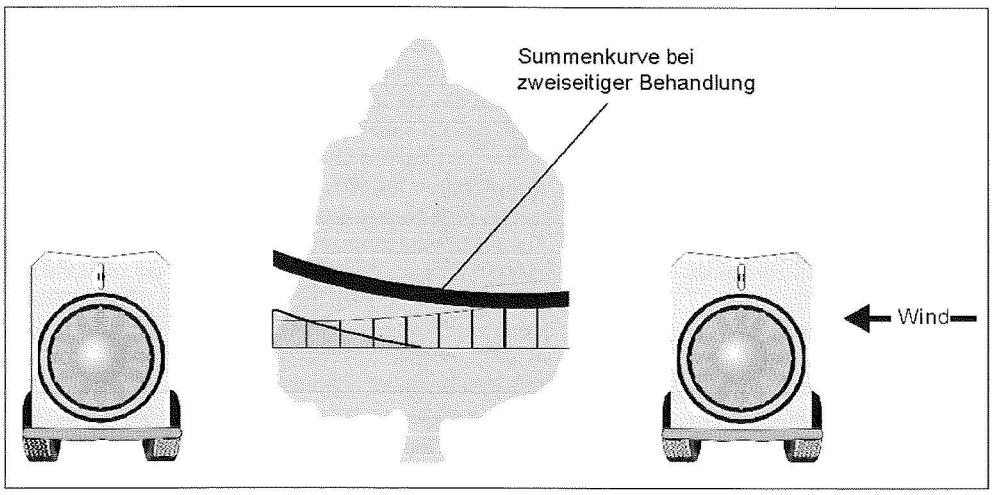

Abb. 4. Windeinfluss bei zweiseitiger Behandlung.

weite des Trägerluftstroms die Behandlung der Baumreihe auch von nur einer Seite zu guten Resultaten führen.

Demgegenüber kann Gegenwind den positiven Effekt der zweiseitigen Behandlung zunichte machen, wie in Abbildung 4 gezeigt wird. Positive Effekte auf die Verringerung der Abtrift, die durch einseitige Behandlung der Randreihen erzielt werden können, rechtfertigen darüber hinaus den einseitigen Geräteeinsatz.

Weiterhin ist bei der Beurteilung der Durchdringung die durch die Düsen erzeugte Tropfengrößenverteilung zu berücksichtigen. Die Tropfen, die durch die Baumreihen hindurchgetragen werden, enthalten bei ihrem Austritt einen größeren Feinanteil als bei ihrem Eintritt. Die Tropfen folgen den Stromlinien um die Blätter umso besser, je kleiner sie sind (REICHARD u. a., 1977 und 1978). Diese Aussage wird auch durch die Feststellung gestützt, dass feine Tropfen zu einer gleichmäßigeren Bedeckung der Zielflächen bei dichtem Bewuchs führen. Dabei haben Tropfen mit einem Durchmesser von ca. 260 µm (mit Flüssigkeits-oberflächenaktiven Zusätzen 310 µm) die höchste Ablagerungseffektivität, wie Messungen ergaben (SOLYANI, 1991).

Die folgende Formel zur Berechnung des für eine ausreichende Durchdringung erforderlichen Luftvolumenstromes (FAT Report, 1990) enthält jedoch nicht alle der genannten Einflussparameter.

Luftvolumenstrom m^3/h = Reihenabstand in m · Höhe der Bäume in m · Fahrgeschwindigkeit in m/h

Als Nebenbedingung für diese Angabe zur Luftmenge gilt, dass die Luftgeschwindigkeit außerhalb der Baumreihen wenigstens 3 m/s und innerhalb wenigstens 4 m/s betragen muss, um die Tropfen tragen zu können. Daraus ergibt sich die notwendige Mindest-Luftgeschwindigkeit, die durch das Sprühgerät erzeugt werden muss und somit von der Dichte der zu behandelnden Baumreihen abhängig ist.

2.3 Fahrgeschwindigkeit und Verdunstung

Eine Vielzahl der Untersuchungen beschäftigte sich mit dem Einfluss der Fahrgeschwindigkeit des Sprühgerätes auf die Verteilungsgleichmäßigkeit und die Ablagerungsmenge. Danach muss bei zunehmender Fahrgeschwindigkeit die Luftmenge erhöht werden bzw. die gemessenen Luftgeschwindigkeiten und Ablagerungsmengen auf den Zielflächen verringern sich mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit, was durch eine Vergrößerung der Luftmenge wiederum kompensiert werden kann (REICHARD u. a., 1977 und 1978; TRAVIS, 1987). Die Messung der Ablagerungsmenge sollte am besten in Baummitte erfolgen (CROSS u. a., 1997), was in den folgenden Abbildungen berücksichtigt wird.

Bei Fahrgeschwindigkeiten von weniger als 3 km/h wird die bestmögliche Durchdringung des Kronenraumes erzielt (FAT Report 1990). Ein Einfluss der Fahrgeschwindigkeit auf die mittlere Ablagerungsmenge konnte nicht gefunden werden, aber ihre Variabilität nimmt mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit zu

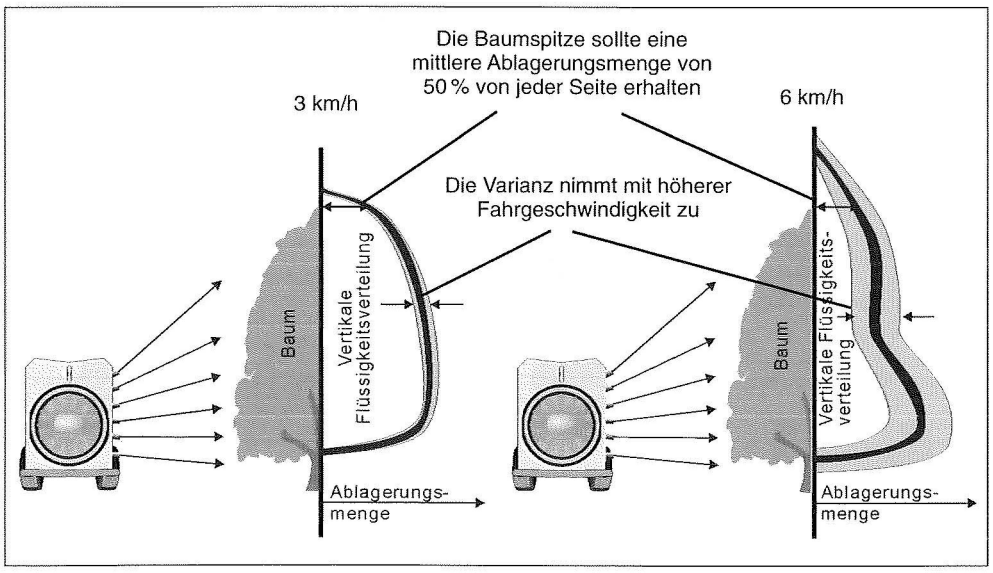

Abb. 5. Einfluss der Fahrgeschwindigkeit auf die Varianz der Anlagerung und die Vertikalverteilung.

(SALYANI, 1991). Bis zu einer Fahrgeschwindigkeit von 3 km/h ändert sich die Vertikalverteilung praktisch nicht, bei schnellerer Fahrt ergeben sich die in Abbildung 5 gezeigten Effekte (KAUL u. a., 1995). Die Kurvenform verändert sich danach so, dass im mittleren Höhenbereich eine Verringerung des Flüssigkeitsangebots zustande kommt. Im oberen Bereich kommt es zu einer Verflachung der Kurve, d. h. die Flüssigkeitstropfen werden höher getragen. Die Reproduzierbarkeit der Vertikalverteilung wird schlechter, die Ablagerungsmengen über den gesamten Höhenbereich streuen stärker. Diese Effekte werden mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit verstärkt.

Zur Wirkung der Verdunstung gibt es unterschiedliche Aussagen. Bei schwächerer Verdunstung wird die Ablagerungsmenge vergrößert (VIERI u. a., 1996). Meteorologische Faktoren haben keinen signifikanten Effekt auf die Ablagerungsmenge. Allerdings wird bei Nachtapplikation gegenüber der am Tage eine vergrößerte Ablagerungsmenge festgestellt (HOFFMANN u. a., 1996).

2.4 Gerätetypen

Neben den o. g. Verwirbelungen des Trägerluftstroms und dem damit verbundenen Einfluss auf die Anlagerungsmenge an den Blättern sind die Richtung der oberen Luftströmungsgrenze und der evtl. durch das Gebläse erzeugte Drall des Luftstromes zu betrachten. Die unterschiedlichen Richtungen der oberen Luftströmungsgrenze werden durch das Wirkprinzip der Gebläse an den Sprühgeräten und die Luftleiteinrichtungen bestimmt. Typische Vertreter sind in Abbildung 6 dargestellt.

Die Richtung der oberen Luftströmungsgrenze beeinflusst sicherlich ebenfalls die Verluste an die Atmosphäre und die zu erwartende Drift, jedoch sind Messergebnisse dazu nicht bekannt geworden. Die Vertikalverteilungskurven unterscheiden sich ebenfalls, insbesondere im oberen Bereich kann mit horizontalem oder zentral gerichtetem Luftstrom eine schärfere Begrenzung des Flüssigkeitsangebots erreicht werden. Die Veröffentlichung der Messungen zu dieser Fragestellung ist in Vorbereitung. Inwieweit ein zentral gerichteter Luftstrom die Durchdringung der Baummitte verbessern kann, wird dadurch jedoch noch nicht beantwortet, ist aber zu vermuten.

Neben der Einstellung der oberen und unteren Begrenzung der Luftströmung ist die Frage der Symmetrie der Luftströmung und wegen der mit ihr verbundenen Transportfunktion auch die der Flüssigkeitsverteilung von Bedeutung. Trotz der im Allgemeinen mit einfachen Mitteln (Luftleitbleche ausreichender Größe) gut einstellbaren Symmetrie der Luftströmungsgrenzen unterliegt die Luftströmung im mittleren Höhenbereich bei radialer Luftführung oft einem Drall, der im Allgemeinen in Drehrichtung des Gebläses wirkt.

Bei praktischen Messungen an einer Vielzahl von Geräten unterschiedlicher Typen wurde erkannt, dass die Düsenrichtungen sinnvollerweise auf gleichmäßig unterteilte Höhenabschnitte der Bäume eingestellt werden sollten. Dies stellt bei Geräten ohne

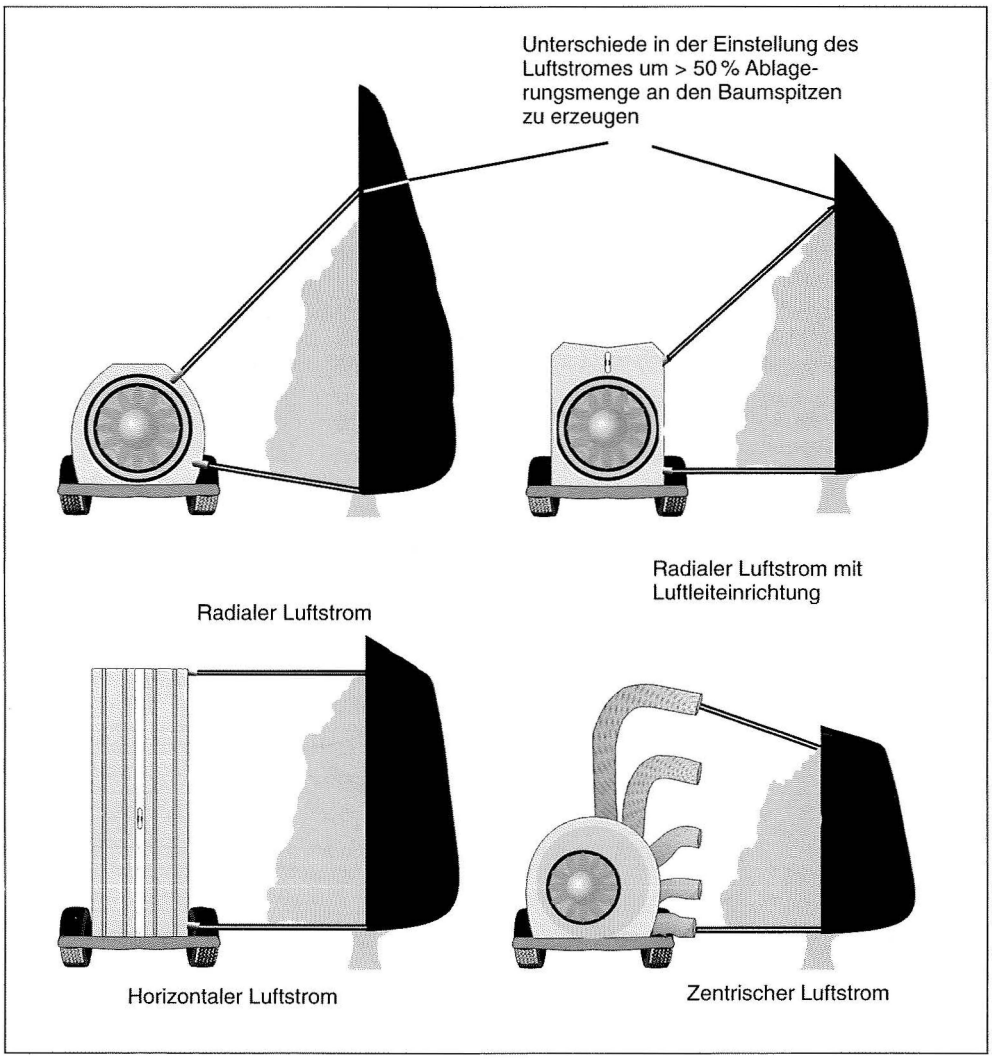

Abb. 6. Gerätetyp, Luftströmungsgrenze und Vertikalverteilung.

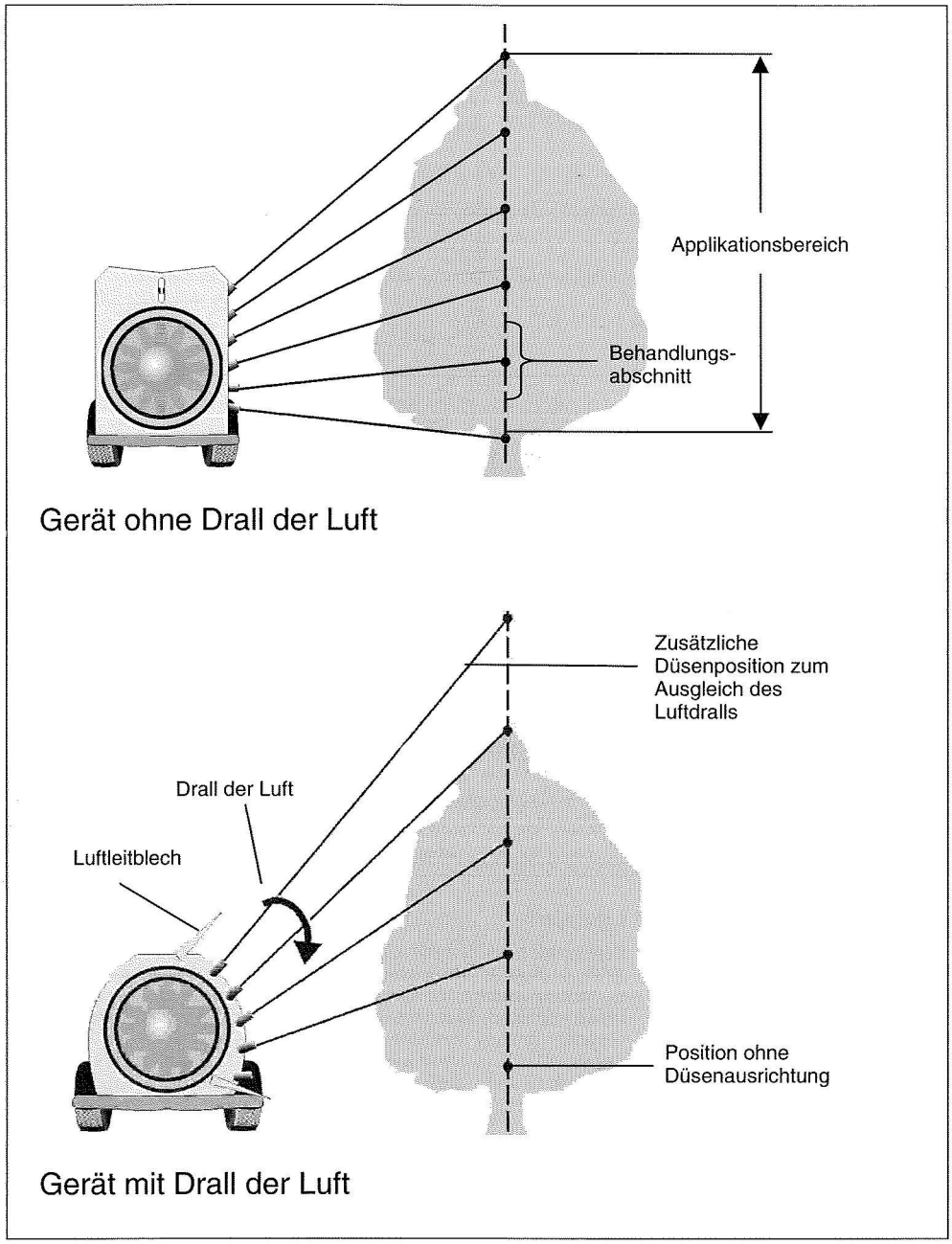

Abb. 7. Düsenausrichtung auf gleich große Behandlungsabschnitte über den Applikationsbereich.

Drall keine Schwierigkeit dar. Aber auch bei Geräten mit Drall muss erreicht werden, dass das Flüssigkeitsangebot auf beiden Seiten symmetrisch gestaltet wird. Dies kann durch die Einstellung der Sprührichtung der Düsen erfolgen, die so gestaltet werden sollte, dass sie dem wirkenden Luftdrall entgegengerichtet ist. Erfahrungsgemäß genügt die Verschiebung der Richtung der geöffneten Düsen um eine Höhenposition, um Dralleffekte der Luft nahezu vollständig auszugleichen.

3 Soll-Vertikalverteilung

Aus den Literaturangaben und aus den eigenen Untersuchungen können Vorgaben zur sachgerechten Einstellung von Sprühgeräten im Obstbau abgeleitet werden (o.V., 1998; KAUL u. a., 1998). Bei Realisierung dieser Vorgaben wird eine Vertikalverteilung der Flüssigkeit näherungsweise erreicht, wie sie in Abbildung 8 dargestellt ist.

Obwohl sich die hier gewählte Darstellung auf Geräte mit symmetrischer Luftströmung bezieht, ist sie entsprechend Abbildung 7 auf solche, die einen Drall erzeugen, übertragbar. Die Einstellung bezieht sich auf die Luftströmungsgrenzen (feststellbar z. B. durch das Anbringen von Stoffbändern an den Luftleitblechen) oben und unten, die bei unterschiedlichen Baumhöhen unverändert auf die größten zu behandelnden Bäume eingestellt bleiben. Diese Einstellung ist vernünftig, weil da, wo keine Luft strömt, auch keine Flüssigkeit transportiert wird. Weiterhin bezieht sich Abbildung 8 auf die Richtungseinstellung der Düsen. Diese soll eine gleichmäßige Vertikalverteilung der Flüssigkeit erzeugen. Als maximal zulässige Abweichung werden ± 50 % der Flüssigkeitsmenge je Behandlungsabschnitt bezogen auf den Mittelwert über den Applikationsbereich angesehen. Dieser Wert soll in der Abstandebene realisiert werden, der der Baummitte entspricht. An der Spitze des Baumes sollen ebenfalls 50 % des Mittelwertes erzielt werden. Durch paarweises Abschalten der Düsen, beginnend von oben bzw. von unten, kann dann eine Anpassung an die Baumhöhe erreicht werden. Dadurch wird nur ein

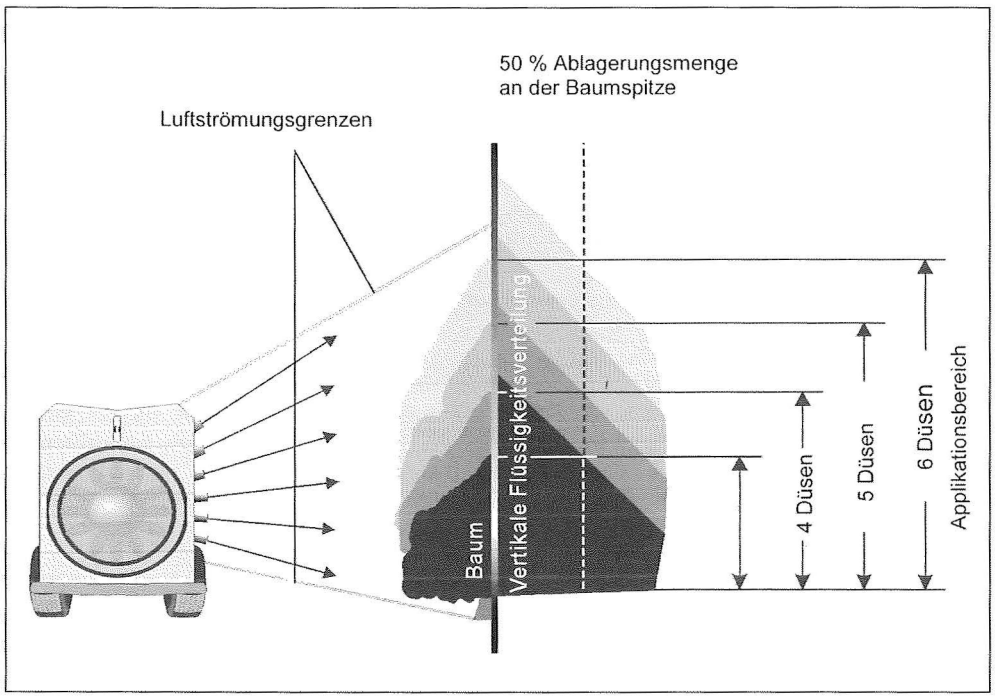

Abb. 8. Düsenrichtung, Baumhöhen, Applikationsabschnitte und Vertikalverteilungen.

Teil der erzeugten Luftströmung zum Tropfentransport genutzt, im Bereich der abgeschalteten Düsen ist die strömende Luft ohne Tropfenbeladung.

Die Zuordnung der Düsen zu Applikationsabschnitten, die sich durch die Ausrichtung auf Höhenbereiche ergibt, führt zum Vorteil der Anwendbarkeit neuer automatisch arbeitender Abschaltvorrichtungen zu jeder einzelnen Düse, wenn durch spezielle Sensoren dieser Technik innerhalb der Laubwand eine Lücke erkannt wird. Diese Abschaltung ist ab einer Breite der Lücke von 15 cm sinnvoll. Durch die Anwendung dieser Technik ist es möglich, 5...50 % des Pflanzenschutzmittelaufwandes einzusparen.

4 Geräteanforderungen

Aus den dargestellten Ergebnissen lassen sich allgemein gültige Anforderungen an die Geräte und ihre Einstellbarkeit ableiten:

- Die vom Gerät erzeugten oberen und unteren Luftströmungsgrenzen müssen rechts und links vom Gerät symmetrisch bzw. symmetrisch einstellbar sein.
  Erläuterung: Die oberen und unteren Luftströmungsgrenzen legen die Grenzen des maximal möglichen Applikationsbereichs über die Höhe der Kultur fest.
- An den oberen und unteren Grenzen des Applikationsbereiches müssen mindestens 50 % des Flüssigkeitsvolumenstromes bezogen auf den Mittelwert über den Applikationsbereich nachweisbar sein.
  Erläuterung: Die Messung der Vertikalverteilung der Flüssigkeit kann im Stand erfolgen, z. B. mit einem Vertikalverteilungsprüfstand, oder bei langsamer Vorbeifahrt (< 3 km/h) an Messflächen im Abstand wie zur Kulturmitte, z. B. 2 m.
- Der vom Gerät erzeugte Flüssigkeitsvolumenstrom über den Applikationsbereich jeder Seite darf in keinem Applikationsabschnitt um mehr als 50 % vom Mittelwert über den Applikationsbereich abweichen.
  Erläuterung: Der Applikationsbereich kann in Applikationsabschnitte unterteilt werden. Applikationsabschnitt ist der jeder Düse zugehörige gleich große Höhenbereich innerhalb des Applikationsbereiches auf der Ebene im Abstand der Kulturmitte. Die Anzahl der zu behandelnden Applikationsabschnitte und damit der Applikationsbereich lassen sich durch das paarweise Abschalten der Düsen rechts und links reduzieren, beginnend von oben bzw. unten.
- Die Gebrauchsanleitung sollte Angaben zu maximal möglichen Applikationsbereichen und zur Zuordnung der Düsen zu deren Applikationsabschnitten enthalten.

Literatur

BOSCH, M., A. FILLAT, F. GRACIA, S. PLENAS, L. PONS, F. SOLANELLES, 1996: Assaige de polvoritzadors hidro-pneumatics realitzats durant 1993 en fruiters. Estacio de Mecanica Agricola, Rovira Roure, 177. 25006 Lleida. Ciba, Caliset Obstbau, ohne Jahresangabe: Für die optimale Geräteeinstellung im Obstbau.

CROSS, J. V., R. A. MURRAY, M. S. RIDOUT, P. J. WALKLATE, 1997: Quantification of spray deposits and their variability on apple trees. Aspects of Applied Biology **48,** 217–224.

CROSS, J. V., P. J. WALKLATE, 1996: Improving the Safety and Efficiency of Tree and Bush Fruit Spraying. Pesticide Outlook **7** (5), 15–21.

DERKSEN, R. C., R. L. GRAY, 1995: Deposition and air speed patterns of air-carrier apple orchard sprayers. Transactions of the ASAE **38** (1), 5–11.

FERREE, D. C., F. R. HALL, 1980: Canopy development, Light and Spray penetration in golden Delicious trees. Department of Horticulture, Ohio Agricultural Research & Development Center, Wooster, Ohio 44691, USA, Journal Article No. 34–80.

GANZELMEIER, H., 1994: Check of used sprayers in the Federal Republic of Germany – more than twenty years experience. Federal Biological Research Centre for Agricultural and Forestry, Messeweg 11/12, D-38104, Braunschweig, Deutschland.

GANZELMEIER, H., H.-J. OSTEROTH, 1994: Sprühgeräte für Raumkulturen – Verlustmindernde Geräte. Gesunde Pflanzen **46** (7), 225–233.

GIL, E., J. BADIOLA, J. ARMENGOL, C. BERNAT, 1996: Disseny d'un equip mobil pel control de la distribucio en polvoritzadors hidropneumatics. Estacio de Mecanica Agricola, Rovira Roure, 177. 25006 Lleida.

GIORGIO, A., P. VENTURI, 1995: Valutationi su alcuni sistemi di controllo della distribuzione in verticale delle irroratrici da frutteto. Riv. di Ing. Agr., **4,** 230–239.

GRACIA, F., M. BOSCH, S. PLANAS, 1996: Comparison of two Measurements of the Vertical Distribution of Sprayers for Fruit Crop Methods. AGENG Madrid 1996, Paper 96A–148.

HALL, F. R., D. L. FERREE, 1987: Orchard Geometry and Pesticide Deposition Efficiency. Ohio agricultural research and development center: research circular. **295,** 23–27.

HOFFMANN, W. C., M. SALYANI, 1996: Pray deposition on citrus canopies under different meteorological conditions. Transactions of the ASAE **39** (1), 17–22.

HERRINGTON, P. J., H. R. MAPOTHER, A. STRINGER, 1981: Spray rentention and distribution on apple trees. Pestic. Sci. **12,** 515–520.
IRLA, E., 1986: Vergleichsprüfung Gebläse-Baumspritzen 1986. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), 293.
KAUL, P., H. GANZELMEIER, H. HENNING, H.-J. WYGODA, 1995: Vertikalverteilungsmessung an Sprühgeräten für den Obstbau. Nachrichtenbl Deut. Pflanzenschutzd. **47** (5) 109–115.
KAUL, P., K. SCHMIDT, H. KOCH, 1996: Distribution quality of orchard sprayers. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin **26,** 69–77.
KAUL, P., H. KOCH, H. KNEWITZ., A. MOJE, H. SCHMIDT, H. GANZELMEIER, 1998: Einstellung von Sprühgeräten im Obstbau. Obstbau 5/98, 251–254.
KELLER, E., U. HENAUER, 1987: Anordnung der Düsen bei Gebläsespritzen. Zeitschr. für Obst- und Weinbau **123** (96), 150–157.
KH D AIR, A. I., T. G. CARPENTER, D. L. REICHARD, H. ALMEKINDERS, 1993: Effects of air jets on deposition of charged spray. ASAE paper no. 93–1007.
KOCH, H., P. WEISSER, 1995: Aufwandmenge und Initialbelag am Zierobjekt – zwei Kenngrößen für Applikation und Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **47** (11), 273–278.
KOCH, H., P. WEISSER, 1994: Untersuchungen zur Variabilität von Initialbelägen bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln in Obstanlagen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **101** (6), 634–640.
KOCH, H., H. KNEWITZ, P. WEISSER, 1993: Applikationstheoretische Überlegungen zur Sprühgeräteeinstellung. Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz Mainz.
KÜMMEL, K., 1989: Verbesserte Sprühgerätekontrolle mit Einstelldaten aus Lamellenprüfstandsversuchen. TU Berlin, Mitt. OVR Jork **44,** 195–222.
MIRALLES, A., V. POLVECHE, 1997: A new approach to quanitying the air and liquid streams generated by air assisted sprayers. Aspects of Applied Biology **48,** 183–194.
o. V., 1996: Test report of the air sprayer. Centre de Mecanitzacio Agraria, Rovira Roure, 177 25006 Lleida.
o. V., 1998: Einstellanleitung für die optimale Flüssigkeitsverteilung bei Obstsprühgeräten. BBA Braunschweig, Fachgruppe Anwendungstechnik.
Pflanzenschutzdienst Baden-Württemberg, 1998: Applikationstechnik im Obstbau, Landesanstalt für Pflanzenschutz, Reinsburger Straße 107, 70197 Stuttgart.
RAISIGL, U., H. FELBER, W. SIEGFRIED, 1991: Comparison of different mistblowers and volume raes for orchard spraying. BCPC monograph: Air assisted spraying in crop protection **46,** 185–196.
REICHARD, D. L., F. R. HALL, H. J. RETZER, 1978: Distributions of droplet sizes delivered by orchard air sprayers. Journal of Economic Entomology **71** (1), 53–57.
REICHARD, D. L., R. D. FOX, R. D. BRAZEE, F. R. HALL, 1977: Air velocity delivered by orchard sprayers. ASAE paper no. 77–1037.
SALYANI, M.: Spray technology research for orchard applications. University of Florida, IFAS. Citrus Research and Education Center, Lake Alfred, Florida 33850, USA.
SCHMIDT, K., H. KOCH, 1996: Einstellung von Sprühgeräten und Verteilung von Pflanzenschutzbelägen in Obstanlagen. Landesanstalt für Pflanzenschutz Stuttgart und Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz Mainz.
SIEGFRIED, W., H. HOLLIGER, 1994: Ausbringungstechnik im Obstbau. Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Besseres Obst, 10–11.
SIEGFRIED, W., H. HOLLIGER, U. RAISIGL, 1995: Eine neue Methode zur Bestimmung der Brühe- und Präparatemenge im Obstbau. Schweiz. Z. Obst-Weinbau **131** (6), 144–147.
SVENSSON, S. A.: Orchard Spraying – Deposition and Air Velocity as affected by Air Jet Qualities. ISHS International Symposium on Engineering as a tool to reduce pesticide consumption and operator hazard in horticulture, August 8–13, Ulvik, Norway.
TRAVIS, J. W., 1987: Effect of canopy density on pesticide deposition and distribution in apple trees. Plant Disease **71,** 613–615.
TRAVIS, J. W., W. A. SKROCH, 1987: Effects of Travel Speed, Application Volume, and Nozzle Arrangement on Deposition and Distribution of Pesticides in Apple Trees. Plant Disease **71** (7), 606–612.
VAN ZUYDAM, R. P., H. A. J. PORSKAMP, 1990: Measuring system for the air speed distribution and spray output of orchard sprayers. Institute of Agricultural Engineering (IMAG), Wageningen, the Netherlands.
VERI, M., P. SPUGNOLI, 1996: Containing evaporation losses in pesticide application: Mistblower Set-up to Threshold Meteorological Conditions in Meditrranean Areas. AG ENG, Madrid 1996. Paper 96A–146.
VERI, M., 1996: Controlli e tarature nelle macchine per trattamenti. m&ma **n 9**, 33–41.
WALKLATE, P. J., K.-L. WEINER, 1994: Engineering Models of Air Assistance Orchard Sprayers. Silsoe Research Institute, Wrest Park, Bedford MK 45 4Hs, United Kingdom.
WESTPHAL, O., H. GÖHLICH, 1996: Der Einsatz von berührungslos arbeitenden Sensoren bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln in Raumkulturen. Institut für Landtechnik der TU Berlin, 2 Seiten.
XU, Z. G., P. J. WALKLATE, P. C. H. MILLER, 1997: Evaluation of a stochastic model for spray transport prediction form air-assisted sprayers. Aspects of Applied Biology **48,** 195–200.

Zur Veröffentlichung angenommen: 2001

Kontaktanschriften: Dr.-Ing. Peter Kaul und Dipl.-Ing. Sabine Gebauer, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Fachgruppe Anwendungstechnik, Außenstelle Kleinmachnow, Stahnsdorfer Damm 81, D-14532 Kleinmachnow