

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Fachgruppe Anwendungstechnik

Vertikalverteilungsmessung an Sprühgeräten für den Obstbau

Evaluation of Distribution Quality of Orchard Sprayers-Testing of Vertical Distribution

Von P. Kaul, H. Ganzelmeier, H. Henning und H.-J. Wygoda

Zusammenfassung

Die Pflanzenschutzmittelverordnung vom 11. Juni 1992 sieht die regelmäßige amtliche Kontrolle von Spritzgeräten für Flächenkulturen vor. Für Sprühgeräte in Raumkulturen ist dies noch nicht Pflicht, weil gegenwärtig noch Unsicherheiten hinsichtlich der Anforderungen bestehen.

In diesem Beitrag werden Möglichkeiten und Grenzen des Vertikalverteilungsprüfstandes für die Sprühgeräteeinstellung und -prüfung erarbeitet. Es werden Sprühgeräte mit Axial- und Querstromgebläsen hinsichtlich ihres Verteilungsverhaltens bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten untersucht. Für Messungen im Stand wird der Lamellen-Vertikalverteilungsprüfstand benutzt. Für Messungen bei Fahrt wird ein Papierstreifen anstelle eines Baumes vertikal angeordnet, behandelt und die darauf vorhandene Verteilung bestimmt. Weiterhin werden Blätter aus definierten Räumen von Apfelbäumen entnommen und die Ablagerung auf ihnen ermittelt.

Zur Erleichterung des Vergleichs der Verteilungen untereinander werden die Meßergebnisse statistisch so bearbeitet, daß Zufälligkeiten eliminiert und die in ihnen enthaltenen reproduzierbaren Funktionen bestimmt werden.

Der Vertikalverteilungsprüfstand ist für die Grundeinstellung der Sprühgeräte (Symmetrie, Form und Begrenzung der Flüssigkeitsverteilung) notwendig. Die Einstellung der Sprühgeräte an die Baumform ist mit ihm nur für sehr niedrige Fahrgeschwindigkeiten möglich, weil die Fahrgeschwindigkeit die Flüssigkeitsverteilung beeinflußt.

Aus den Ergebnissen lassen sich die Sprühgeräte durch Vergleich bewerten. Dies erfolgt nach den Kriterien Reproduzierbarkeit der Meßwerte und Stabilität der Form der Vertikalverteilungskurve im Stand und bei Fahrt.

Stichwörter: Sprühgeräte, Vertikalverteilungsprüfstand, Flüssigkeitsverteilung, Fahrgeschwindigkeit

Abstract

The Regulation on Plant Protection Products and Equipment of 11 June 1992 provides for regular official checks of field sprayers. This provision does not yet hold for vine and orchard sprayers because the requirements which would have to be met are not yet settled.

The article works out the possibilities and limits of the vertical distribution test stand for sprayer adjustment and testing. It looks into the distribution patterns of sprayers with axial and tangential blower types at different forward speeds. Measurements in a fixed position are carried out with a lamellate vertical distribution test stand. For measurements at forward movement, a paper strip is set up vertically instead of a tree, treated with product, and the distribution on the paper strip is determined. In addition to that, leaves are collected from defined spaces in apple trees to determine the deposition of product on them.

To compare distribution patterns, the measured values are processed statistically so as to eliminate random results and determine reproducible functions.

The vertical distribution test stand is necessary for basic sprayer adjustment (symmetry, pattern and limitation of liquid distribution). It can only be used to adjust sprayers to the tree shape at low forward speed because the liquid distribution is influenced by forward speed and air guidance (blower type, air direction).

The results allow comparisons of sprayers on the basis of reproducible test results and the shape of the vertical distribution curve in a standing position and at forward movement.

Key words: Orchard Sprayer, Vertical Test Stand, Liquid Distribution, Air Guidance, Forward Speed

Nach der Änderungsverordnung zur Pflanzenschutzmittel-Verordnung vom 11. Juni 1992 sind Pflanzenschutzgeräte für Flächenkulturen im Abstand von vier Kalenderhalbjahren durch amtliche oder amtlich anerkannte Kontrollstellen zu prüfen. Sprühgeräte für Raumkulturen (Obst, Wein, Hopfen) sind von dieser neuen Regelung noch nicht betroffen. Sie unterliegen auch weiterhin einer freiwilligen Kontrolle. Dies resultiert aus gegenwärtig noch vorhandenen Unsicherheiten bezüglich der zu stellenden Anforderungen an diese Geräteart. In diesem Zusammenhang besteht auch die Notwendigkeit der Entwicklung von dazu erforderlichen Kontrolltechniken und -einrichtungen.

In Verbindung damit ist die sachgerechte Einstellung der Sprühgeräte auf der Grundlage definierter Vorgaben eine Voraussetzung, um Pflanzenschutzmittel möglichst sparsam und effektiv einzusetzen. Dadurch werden unnötige Umweltbelastungen vermieden. Der biologische Erfolg wird durch eine möglichst gleichmäßige Verteilung auf den Behandlungsflächen gesichert.

Zur Einstellung der Sprühgeräte sind derzeit verschiedene Ausrüstungen und Methoden bekannt. Einfachste Einstellmöglichkeiten bestehen in der gleichmäßigen Anordnung der Düsen und Ausrichtung der Gebläseluftströme durch Luftleiteinrichtungen auf die Ausdehnung der Laubwand. Weitergehend können einzelne Düsen ganz geschlossen oder in ihrer Strahlrichtung eingestellt und damit die Flüssigkeitsverteilung gestaltet werden. Zur Beurteilung des erreichten Zustandes nutzt man Lamellen-Vertikalverteilungsprüfstände (Abb. 1) oder vertikal angeordnete Meßflächen. Bei ersteren erfolgt die Messung im Stand unter weitgehend reproduzierbaren Bedingungen in einer Halle. Gemessen wird die Flüssigkeitsmenge, ohne die Luftströmung erheblich zu beeinflussen. Bei letzteren fährt man mit dem Gerät an den in der Kultur aufgestellten Meßflächen vorbei und bestimmt die abgelagerte Flüssigkeitsmenge. Diese Messung ist praktischen Bedingungen näher, unterliegt aber auch wechselndem Wetter und ist deshalb schlechter reproduzierbar.

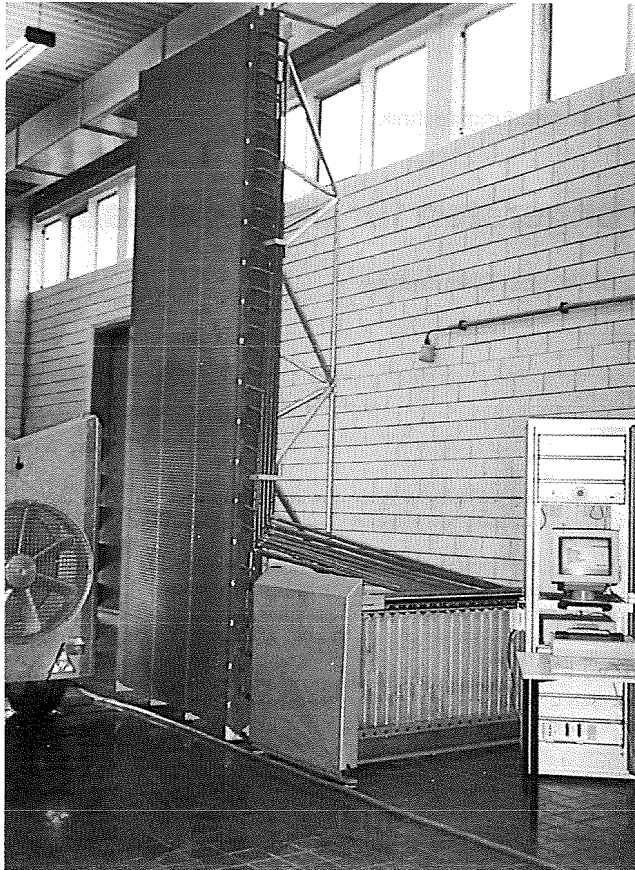


Abb. 1. Vertikalverteilungsprüfstand (mit Lamellenwand, Zuleitungen, Standzylindern und automatischer Erfassung der Flüssigkeitsverteilung sowie der Abscheiderate).

Defizite bestehen gegenwärtig im Wissen um die anzustrebende Zielfunktion der Flüssigkeitsverteilung. Bisher ist es üblich, sich an der Baumform zu orientieren und diese weitgehend nachzubilden. Ein Beweis für die Richtigkeit dieser Vorgehensweise konnte bisher nicht erbracht werden. Für verschiedene am Vertikalverteilungsprüfstand eingestellte Flüssigkeitsverteilungen (trapez- und bauchförmig, Abb. 2) konnten in einem bundesweit angelegten Meßprogramm bisher keine sicheren Unterschiede der Verteilung auf den Blättern festgestellt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, daß Zufälligkeiten bei der Ausbringung und der Flüssigkeitsanlagerung von erheblichem Einfluß sind und das Erkennen von Zusammenhängen sehr stark erschweren.

Anliegen dieses Beitrags ist es, Meßergebnisse zu vergleichen, die unter Anwendung verschiedener Meßmethoden

- im Stand am Vertikalverteilungsprüfstand,
- bei fahrendem Sprühgerät an einem vertikal angebrachten Papierstreifen und
- auf den Blättern einer Obstanlage

gewonnen wurden. Dadurch sollen die Möglichkeiten des Vertikalverteilungsprüfstandes für die Einstellung der Sprühgeräte herausgearbeitet werden. Die Untersuchungen dazu wurden mit mehreren Sprühgeräten durchgeführt, wobei Geräte mit

- Axialgebläse und Luftleitblechen oben und unten,
- Axialgebläse und Luftleitaufsatz und
- Querstromgebläse

zum Einsatz kamen. Mit dieser Auswahl werden typische Vertreter der vorhandenen Gerätepalette erfaßt.

Meßmethoden

Um den Umfang der Versuche zu begrenzen, wurden die nachfolgenden Geräteeinstellungen verwendet, die eine „bauchförmige“ Verteilung erzeugen. Diese Einstellungen wurden mit dem Lamellen-Vertikalverteilungsprüfstand vorgenommen. Für das Gerät mit Querstromgebläse sind dazu die Düsen horizontal eingestellt. Bei den Geräten mit Axialgebläse wird dies durch die Wahl der Düsenpositionen sowie Anstellwinkel der Düsen und Luftleitbleche erreicht.

Die Meßwerterfassung ist in Abbildung 2 schematisch dargestellt.

Vertikalverteilungsprüfstand

Für die Erarbeitung der zur Sprühgeräteeinstellung notwendigen Vorgaben steht der bereits bekannte Lamellen-Vertikalverteilungsprüfstand (KÜMMEL, 1989; KÜMMEL u. a., 1988 und 1991; GÖHLICH u. a., 1993) mit einer durch die BBA Braunschweig ergänzten komfortablen Meß- und Auswerteinrichtung entsprechend Abbildung 1 zur Verfügung.

Im Vergleich mit Meßverfahren auch anderer EU-Mitgliedsländer ist dieses Prinzip als vorteilhaft einzuschätzen (MIRALLES, 1993). Es handelt sich um einen Tropfenabscheider von 1,6 m Breite mit einer Gesamthöhe von 4,5 m. Er ist über die Höhe in Meßsegmente von 25 cm unterteilt. Die Meßflüssigkeit Wasser wird von diesen über Rohrleitungen in Meßzylinder geleitet. Der Zufluß wird über Differenzmessungen der Füllstandshöhen mit Hilfe von Ultraschall und Zeitmessungen ermittelt. Der Abscheidegrad an den Lamellen liegt bei mehr als 80 %. Die Reproduzierbarkeit der Messungen ist erfahrungsgemäß gegeben. Der maximal zulässige Fehler kann im Meßwerterfassungsprogramm vorgegeben werden.

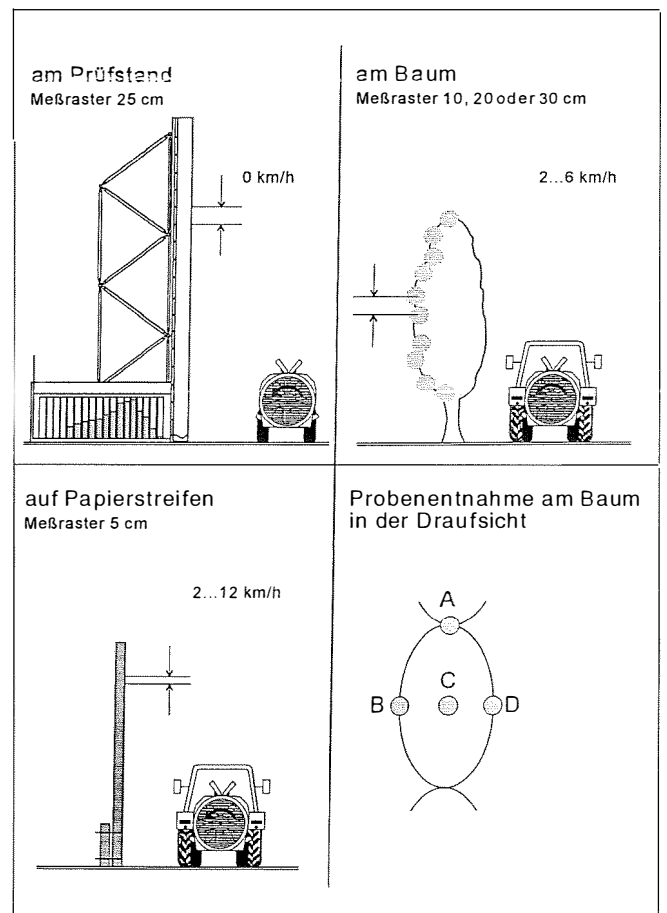


Abb. 2. Meßergebnisse am Lamellen-Vertikalverteilungsprüfstand.

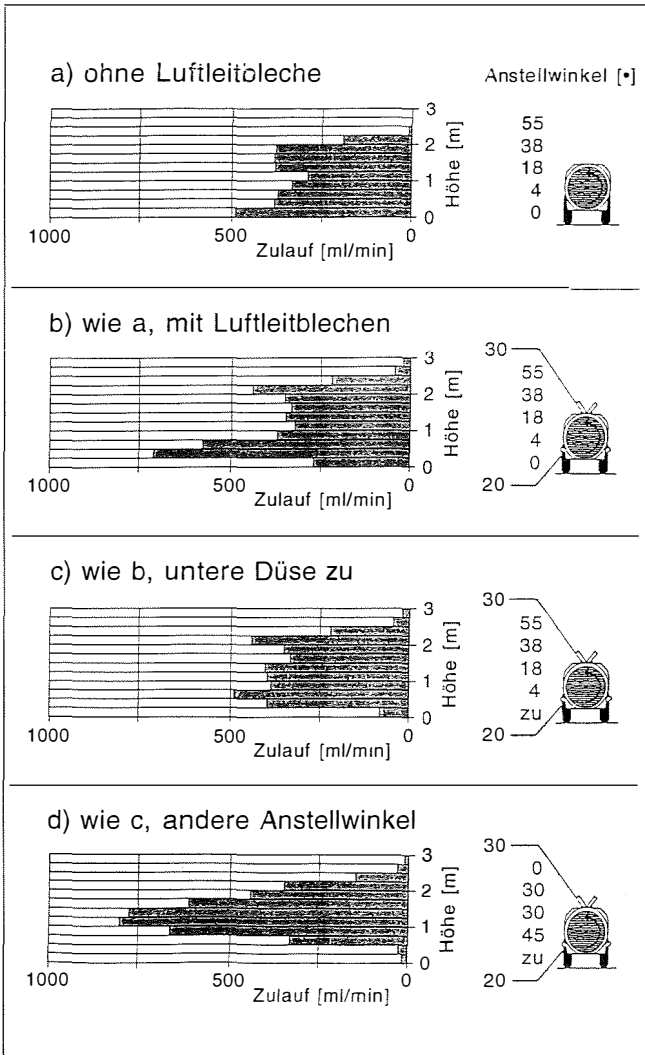


Abb. 3. Meßwerterfassung zur Vertikalverteilung.

Als Ergebnis erhält man ein Meßprotokoll in Form eines Balkendiagramms, in dem abschnittsweise die Flüssigkeitsabscheidung über der Höhe dargestellt ist. Während der Messung erfolgt am Bildschirm ein Farbumschlag bei der Meßwertanzeige, wenn der Zufluß zu den Meßzylindern konstant ist. Dadurch können instationäre Vorgänge eliminiert werden.

Entsprechend den am Vertikalverteilungsprüfstand gewonnenen Erfahrungen ändert sich die Flüssigkeitsverteilung nur geringfügig, wenn der Druck erhöht, die Gebläsestufe verändert oder eine andere Düsengröße gewählt wird. Sie verändert sich erheblich, wenn einzelne Düsen geschlossen oder geöffnet, Luftleitvorrichtungen verstellt oder die Anstellwinkel der Düsen verändert werden (Abb. 3). Für die Vertikalverteilung mehrerer Düsen gilt das Superpositionsprinzip. Durch Veränderung der genannten Einstellparameter läßt sich eine gewünschte Vertikalverteilung einstellen.

Vertikalverteilung bei fahrendem Sprühgerät

Zur Bestimmung der Vertikalverteilung bei fahrendem Sprühgerät wird als Meßfläche ein Papierstreifen von 8 cm Breite auf ein Latengerüst von 3,20 m Höhe gespannt. Nach Applikation mit der gewünschten Fahrgeschwindigkeit im gewählten Abstand von 2,00 m zur Mitte des vorbeifahrenden Gerätes wird der Papierstreifen entfernt und im Rastermaß von 5 cm fluorimetrisch ausgewertet.

Verteilung auf Blättern einer Apfelanlage

Zur Bestimmung der Vertikalverteilung in einer Apfelanlage werden Blattproben in vertikal angeordneten Bereichen A (zwischen zwei Bäumen), B und D (an der Peripherie eines Baumes) und C (im Stammbereich) entsprechend Abbildung 2 gezogen. Dabei wird die Höhe der Probeentnahme über Grund miterfaßt. Die Blattbeläge werden fluorimetrisch ausgewertet. Fehlende Zwischenwerte werden wegen der gewählten Auswertemethode durch Interpolation ergänzt.

Bewertungsmethode

Zur Bewertung der Verteilungskurven werden rechnerische Methoden genutzt, wie sie in der Regelungstechnik zur statistischen Identifikation stochastischer Signale entwickelt worden sind. Diese Methoden können auch für Verteilungsfunktionen angewandt werden (KAUL u. a., 1994).

Dazu werden die unter gleichen Bedingungen gewonnenen Meßwertreihen und ihre Wiederholungen aneinandergereiht. Es ist erforderlich, daß eine Mindestanzahl von Versuchen vorliegt und der Meßwertabstand konstant und genügend klein ist. Durch diese Bedingungen wird der maximale Fehler des Ergebnisses festgelegt.

Aus den Meßwertreihen und ihren Wiederholungen (Abb. 4a und 5a) werden die Autokorrelationsfunktionen *) berechnet. Da sie periodisch gedämpft sind, handelt es sich bei den Meßwertreihen um stochastische periodische Signale (LANGE, 1962). Die Größe der Zufälligkeiten ist aus der Größe der Amplitude nach einer Periodenlänge bezogen auf den Wert 1 einzuschätzen. Dieser Quotient sollte erfahrungsgemäß nicht kleiner als ca. 1/3 werden, damit die Auswertung wie hier beschrieben möglich ist. Andernfalls überwiegen die Zufälligkeiten, d. h. eine reproduzierbare Vertikalverteilung kann nicht sicher angegeben werden. Wird der Wert 1 wieder erreicht, so sind keine Zufälligkeiten in den Meßwerten enthalten, sie sind dann voll reproduzierbar.

Aus den Autokorrelationsfunktionen (Abb. 4b, 5b) werden die harmonischen Anteile in den Signalen analysiert. Entsprechend den Eigenschaften der Autokorrelationsfunktion sind deren Frequenzen gleich denen im Meßwertsignal, die Amplituden der Harmonischen sind quadriert enthalten und ihre Phasenlagen zueinander gehen verloren. Demzufolge müssen die Amplituden durch die Bestimmung der Quadratwurzel und die Phasenlagen durch Vergleich mit den Meßsignalen neu gefunden werden. Letzteres erfolgt nach der Methode der kleinsten Abweichungsquadrate.

Die Überlagerungen der Harmonischen (Abb. 4c, 5c) ergeben die reproduzierbaren Vertikalverteilungen (Abb. 4d, 5d). Zur Erzielung besserer Vergleichbarkeit untereinander werden diese in normierter Form dargestellt. Neben der mittleren Kurve sind jeweils die Standardabweichung der Meßwerte gegenüber der berechneten Verteilungsfunktion angegeben. Ihre Größenordnung kann ebenfalls als Maß für die Reproduzierbarkeit der Meßwerte betrachtet werden.

Aus den dargestellten Ergebnissen ist erkennbar, daß die Verteilungen am Vertikalverteilungsprüfstand und die vom Papierstreifen mit dieser Methode verarbeitet werden können. Es werden die in den Messungen enthaltenen reproduzierbaren Anteile bestimmt und als mathematisch beschreibbare Verteilungskurven angegeben. Für die folgenden Vergleiche werden nur noch die berechneten Verteilungen mit ihren Standardabweichungen ohne Darstellung der Meßwerte, der Harmonischen und der Autokorrelation verwendet.

*) Die Autokorrelationsfunktion beschreibt den Grad des Zusammenhanges einer Verteilungsfunktion und ihrer Wiederholungen (aneinandergereiht) mit sich selbst, wobei als unabhängige Variable die Höhenverschiebung anstelle der Höhe auftritt. Die normierte Autokorrelationsfunktion hat bei der Höhenverschiebung 0 das absolute Maximum von 1 und kann bei Höhenverschiebungen um Periodenlängen relative Maxima haben.

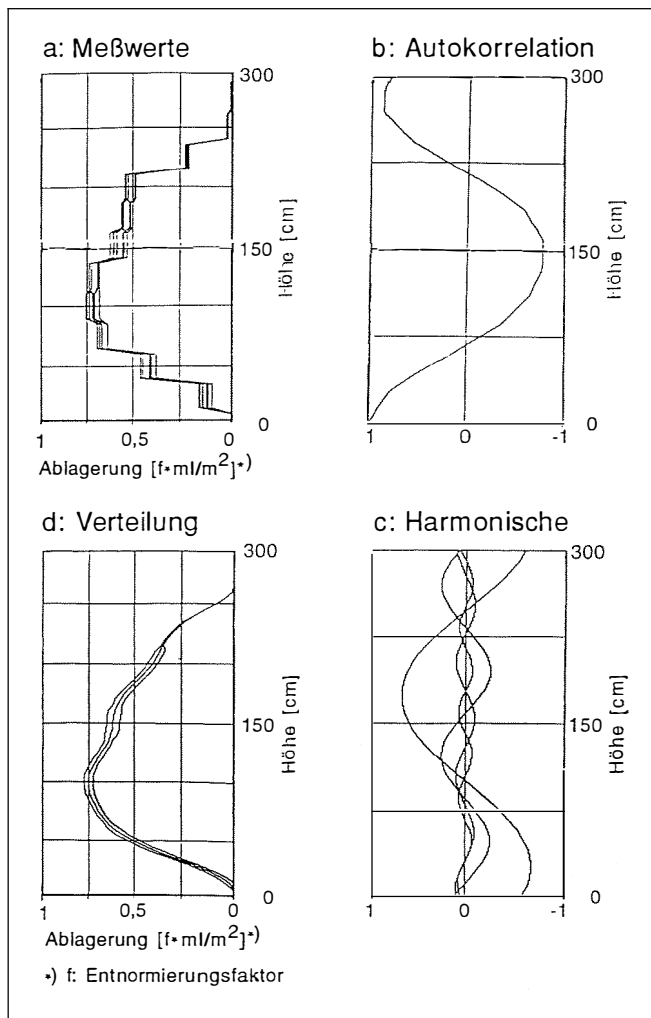


Abb. 4. Ergebnisse am Vertikalverteilungsprüfstand – Querstromgebläse im Stand.

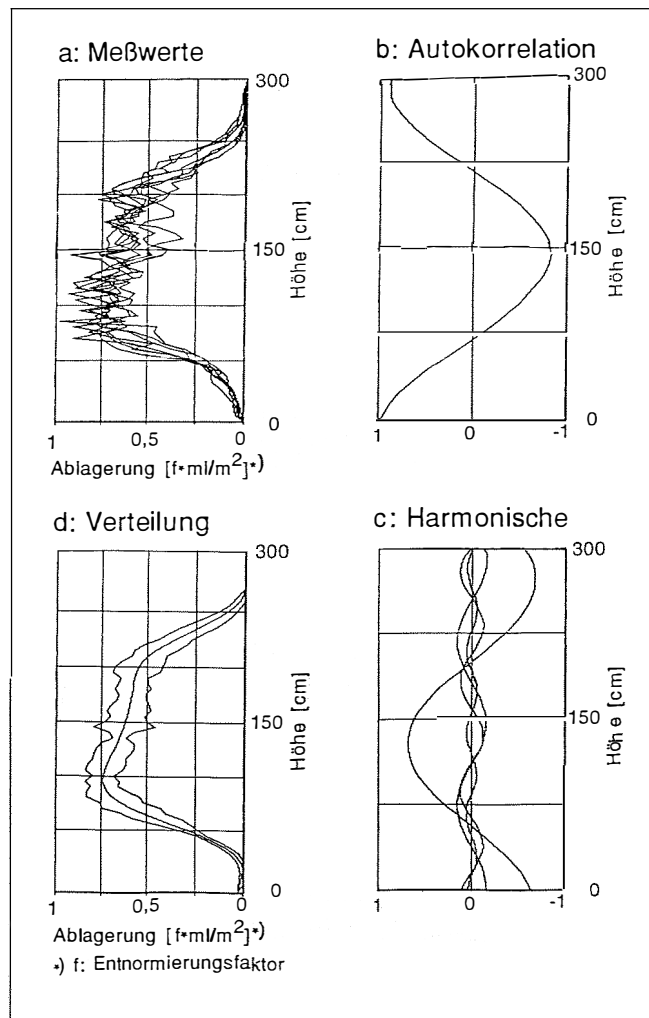


Abb. 5. Ergebnisse am Papierstreifen – Querstromgebläse bei 2 km/h.

Ergebnisse

Meßmethodenvergleich

Anhand von Abbildung 4 und 5 werden die Meßmethoden am Vertikalverteilungsprüfstand und am Papierstreifen miteinander verglichen. Beide Meßergebnisse sind nahezu aber nicht vollständig identisch.

Während die Autokorrelationsfunktionen und die berechneten Vertikalverteilungen starke Ähnlichkeiten zeigen, sind in den Harmonischen die bestehenden Unterschiede vor allem in den Phasenlagen erkennbar.

In diesem Zusammenhang ist jedoch darauf hinzuweisen, daß bei den beiden Messungen differierende Bedingungen herrschen. Am Papierstreifen wird bei einer Fahrgeschwindigkeit von 2 km/h und am Vertikalverteilungsprüfstand im Stand gemessen. In Verbindung mit den weiter unten angegebenen Ergebnissen zum Einfluß der Fahrgeschwindigkeit auf die Vertikalverteilung kann man von der Gleichwertigkeit beider Meßverfahren (Vertikalverteilungsprüfstand und Papierstreifen) ausgehen. Lediglich die Standardabweichungen der Meßwerte sind am Papierstreifen größer als am Vertikalverteilungsprüfstand. Das wird durch die Witterungsbedingungen und die bei Fahrt am Sprühgerät entstehenden Luftwirbel hervorgerufen. Die Messungen am Vertikalverteilungsprüfstand sind auch besser reproduzierbar, weil sie gegenüber denen am Papierstreifen über einen längeren Zeitraum gemittelte Werte liefern.

Vergleich verschiedener Sprühgeräte und Fahrgeschwindigkeiten

Für die Sprühgerätetypen mit

- Querstromgebläse,
- Axialgebläse mit Luftleitaufsatz und
- Axialgebläse ohne Luftleitaufsatz aber mit Luftleitblechen oben und unten

und für jeweils vier Fahrgeschwindigkeiten (im Bereich von 0... 12 km/h) werden die am Vertikalverteilungsprüfstand bzw. an Papierstreifen gemessenen Ergebnisse in Form der berechneten Verteilungsfunktionen in den Abbildungen 6, 7 und 8 angegeben. Die hohe Fahrgeschwindigkeit von 12 km/h wird mitberücksichtigt, weil bei Gegenwind eine dementsprechend große Differenzgeschwindigkeit zwischen Gerät und umgebender Luft auftreten kann. Wenn der Wert der Autokorrelationsfunktion nach einer Periode kleiner als $\frac{2}{3}$ ist, wird die Kurve als „Reproduzierbarkeit nicht gesichert“ gekennzeichnet.

Für alle drei Gerätetypen ist festzustellen, daß sich mit zunehmender Geschwindigkeit die Reproduzierbarkeit der Kurven erheblich verschlechtert. Dies ist aus der Vergrößerung der Standardabweichung zu ersehen. Mit zunehmender Geschwindigkeit ändert sich auch die Form der Vertikalverteilung im Vergleich zu der am Vertikalverteilungsprüfstand gemessenen. Sie unterscheidet sich für die verschiedenen Gerätetypen.

Aus den Meßergebnissen (Abb. 6, 7, 8) ist zu ersehen, daß sich die oberen und unteren Grenzen der Vertikalverteilung bei Erhöhung der

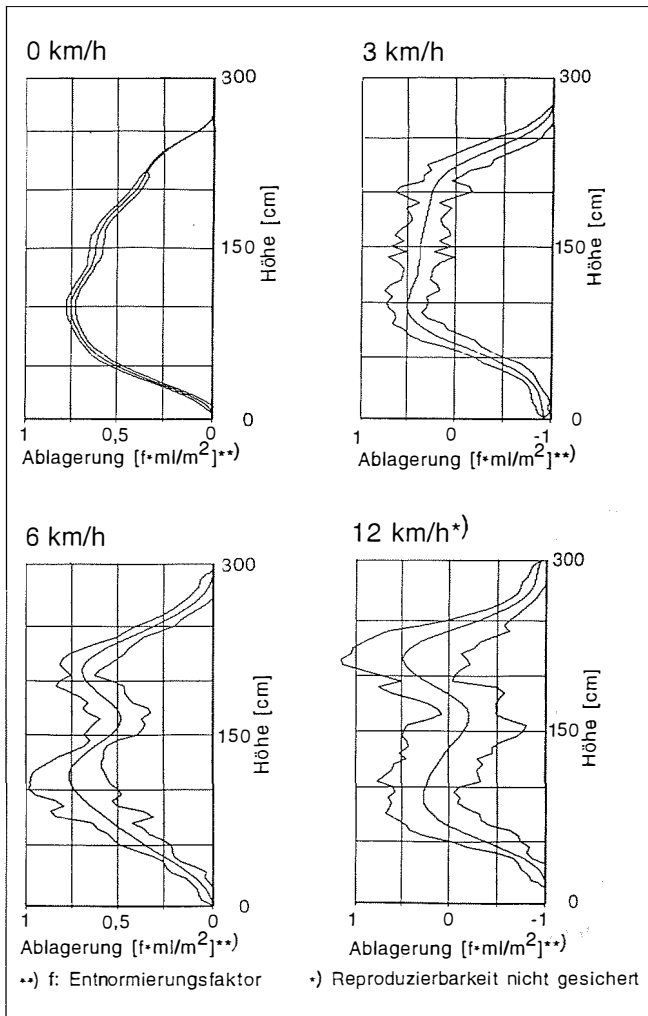


Abb. 6. Einfluß der Fahrgeschwindigkeit auf die Vertikalverteilung – Querstromgebläse.

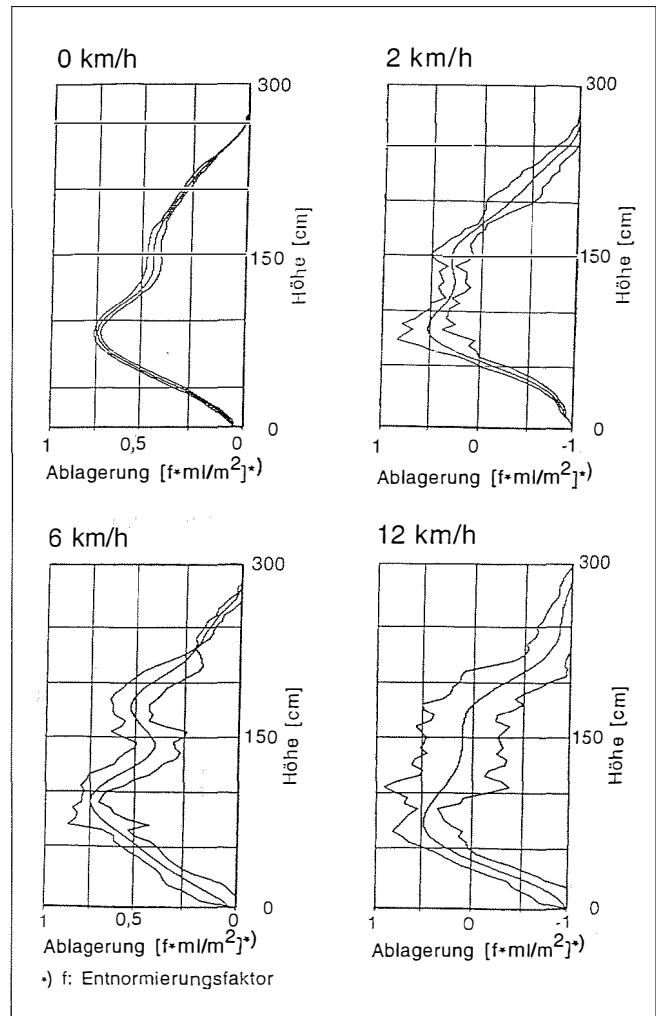


Abb. 7. Einfluß der Fahrgeschwindigkeit auf die Vertikalverteilung – Axialgebläse mit Aufsatz.

Fahrgeschwindigkeit nur sehr geringfügig ändern. Daraus ist abzuleiten, daß die Einstellung des Luftstromes und die Begrenzung der Flüssigkeitsverteilung im Stand (also am Vertikalverteilungsprüfstand) erfolgen können.

Zur Bewertung der Veränderungen in der Vertikalverteilung werden in Tabelle 1 die mittlere Standardabweichung und die Fläche zwischen den Vertikalverteilungskurven im Stand und während der Fahrt für die untersuchten Gerätetypen ausgewiesen.

Es ist zu ersehen, daß das Gerät mit Axialgebläse und Aufsatz sowohl bei der mittleren Standardabweichung als auch bei der Bewertung nach der Kurvenform besser als die Geräte mit Querstromgebläse und Axialgebläse ohne Aufsatz abschneiden (Abb. 6, 7, 8). Das bedeutet, daß die Streuung der Vertikalverteilungskurve geringer ist und daß ihre Form bei Erhöhung der Differenzgeschwindigkeit zwischen Gerät und umgebender Luft stabiler aufrechterhalten wird. Querstromgebläse und Axialgebläse ohne Aufsatz unterscheiden

sich in der Reproduzierbarkeit der Vertikalverteilungskurven nur geringfügig. Die Bewertung der Stabilität der Kurvenform ist über den betrachteten Geschwindigkeitsbereich nicht einheitlich.

Verteilung im Baum

Die Ergebnisse zur Vertikalverteilung im Stand (Prüfstand), bei 6 km/h am Papierstreifen und auf den Blättern einer Apfelanlage (Probenbereiche A und C) sind für ein Gerät mit Querstromgebläse in Abbildung 9 zusammengestellt. Entsprechend dem gewählten Meßabstand von 2 m bis zur Gerätemitte sind die Meßergebnisse in den Bereichen A und C mit Geräten an den Prüfständen direkt vergleichbar.

Der Vergleich zeigt, daß am Papierstreifen und am Baum ähnliche Verteilungen erzielt werden, während am Vertikalverteilungsprüfstand eine davon abweichende ermittelt wird. Die aus den Messungen am Papierstreifen gezogene Schlußfolgerung, daß die Diffe-

Tab. 1. Abweichungen der Verteilungskurven bei Fahrt gegenüber denen im Stand

Gerätetyp	Querstromgebläse				Axial mit Aufsatz				Axial ohne Aufsatz			
	0	3	6	12	0	2	6	12	0	2	6	12
Geschw. [km/h]	0	3	6	12	0	2	6	12	0	2	6	12
Mittl. Stand.-Abw. [ml/m²/100]	2	9,3	11	36	2	6	9	14	2	4,7	13	33
Flächenabweichung [%] *)	0	24	24	44	0	22	10	14	0	34	43	31

*) Betrag der Differenzfläche der Verteilungskurven bei Fahrt gegenüber im Stand

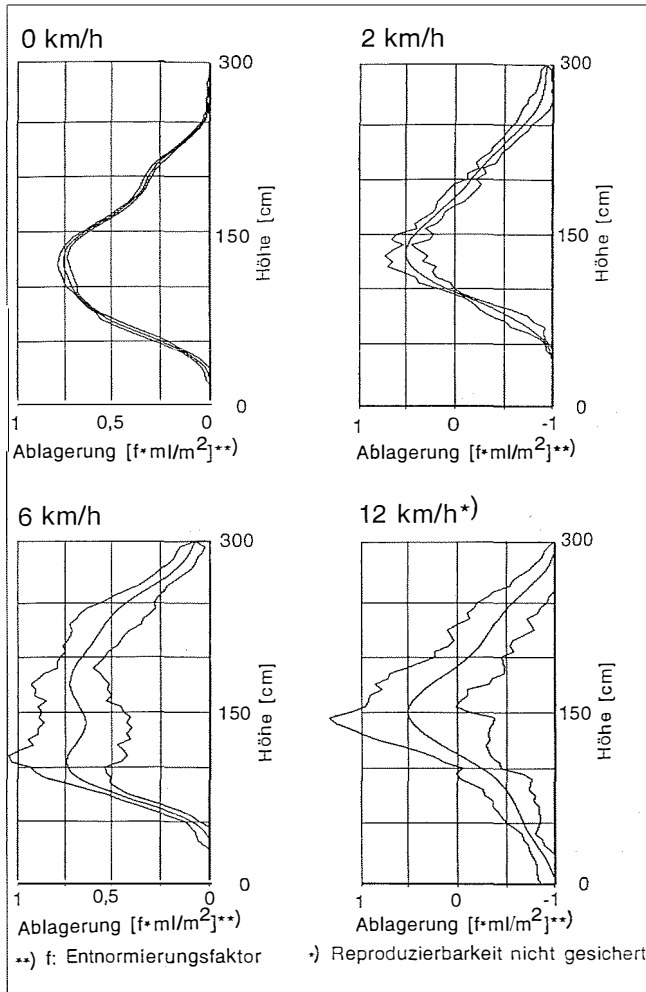


Abb. 8. Einfluß der Fahrgeschwindigkeit auf die Vertikalverteilung – Axialgebläse.

renzgeschwindigkeit zwischen Gerät und Luft zu einer Veränderung der Vertikalverteilung gegenüber den Prüfstandsergebnissen im Stand führt, wird dadurch für die Verteilung am Baum bestätigt.

In den Abbildungen 10 und 11 sind Meßergebnisse am Baum in den Bereichen A, B, C und D (Abb. 2) für ein Gerät mit Axialgebläse und Luftleitaufsatz bei den Fahrgeschwindigkeiten 2 und 6 km/h dargestellt. Gegenüber den Verteilungen in Abbildung 7 sind die Streuungen größer und die Kurvenformen differieren. Die Anordnung der Äste und Blätter und das Ablagerungsverhalten an den Blättern machen sich als zufällige Störungen bemerkbar. Die dargestellten Kurven zeigen die prinzipielle Anwendbarkeit des Auswertverfahrens für die Bewertung der Vertikalverteilung an Bäumen, sie haben jedoch entsprechend den verwendeten Meßwerten nur für die spezielle untersuchte Anlage Gültigkeit.

Schlußfolgerungen

Auswertemethode

Die Bewertung von Messungen zur Vertikalverteilung mit Hilfe von Prüfständen und auf Blättern von Apfelbäumen durch statistische Identifikation (Autokorrelation, harmonische Analyse, Synthese der Harmonischen) ermöglicht die Auffindung der in den Meßwertkurven enthaltenen reproduzierbaren Anteile. Sie gestattet damit die Durchführung von Vergleichen. Die Streuung der Meßwerte um die reproduzierbare Verteilungskurve kann in Form der Standardabweichung

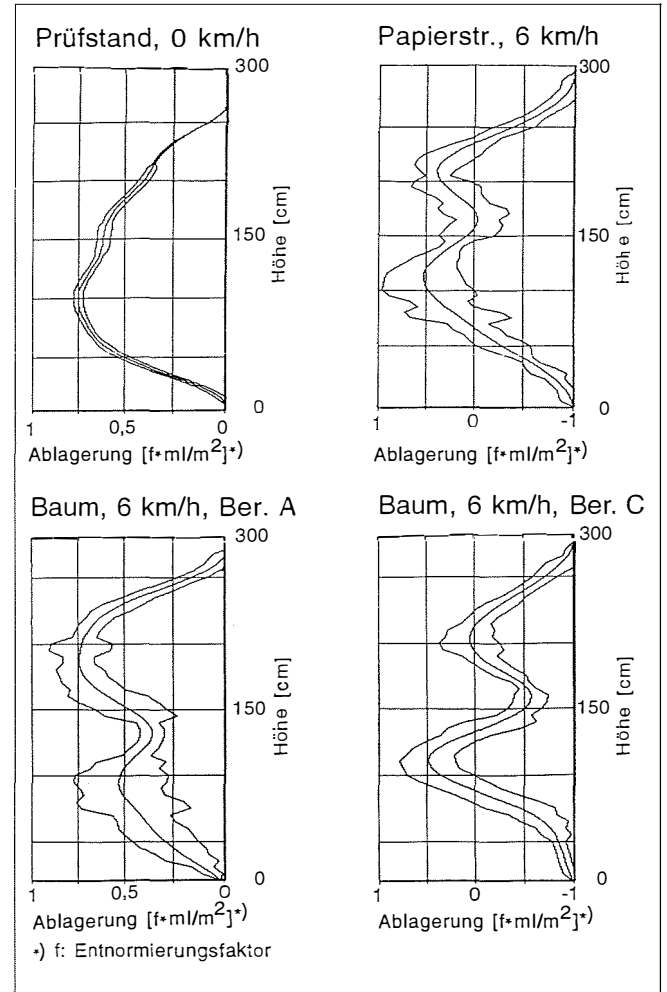


Abb. 9. Vergleich der Vertikalverteilungen an Versuchsständen und im Baum – Querstromgebläse bei 0 und 6 km/h.

angegeben werden, wobei eine Gauß-Verteilung unterstellt wird.

Lamellen-Vertikalverteilungsprüfstand

Der Lamellen-Vertikalverteilungsprüfstand ist für

- die Bestimmung der Flüssigkeitsverteilung, zur Einstellung ihrer Symmetrie,
 - zur Begrenzung der Flüssigkeitsverteilung auf eine vorgegebene Ausdehnung der Laubwand oben und unten und zur Bestimmung gerätespezifischer Vorgaben (Düsenanstellwinkel, Einstellung Luftleitbleche),
- notwendig. Er ist geeignet, die Flüssigkeitsverteilung objektiv, in kurzer Zeit und unter Verwendung des Meßmediums Wasser festzuhalten und in Verbindung mit der integrierten Auswertelektronik ohne subjektive Einflüsse aufzubereiten und zu dokumentieren.

Zur Frage, inwieweit der Lamellen-Vertikalverteilungsprüfstand geeignet ist, die Anpassung der Flüssigkeitsverteilung an die Baumgeometrie vorzunehmen, ist festzustellen, daß

- bisher der Nachweis über die Richtigkeit der Annahme einer Flüssigkeits-Soll-Verteilung entsprechend der Baumform nicht erbracht werden konnte,
- die Erhöhung der Differenzgeschwindigkeit zwischen Sprühgerät und umgebender Luft zu einer Veränderung der Flüssigkeits-Vertikalverteilung im Vergleich zu der im Stand gemessenen führt,
- die Flüssigkeits-Vertikalverteilung bei Erhöhung der Differenzgeschwindigkeit erheblich von der Geräteart beeinflusst wird und

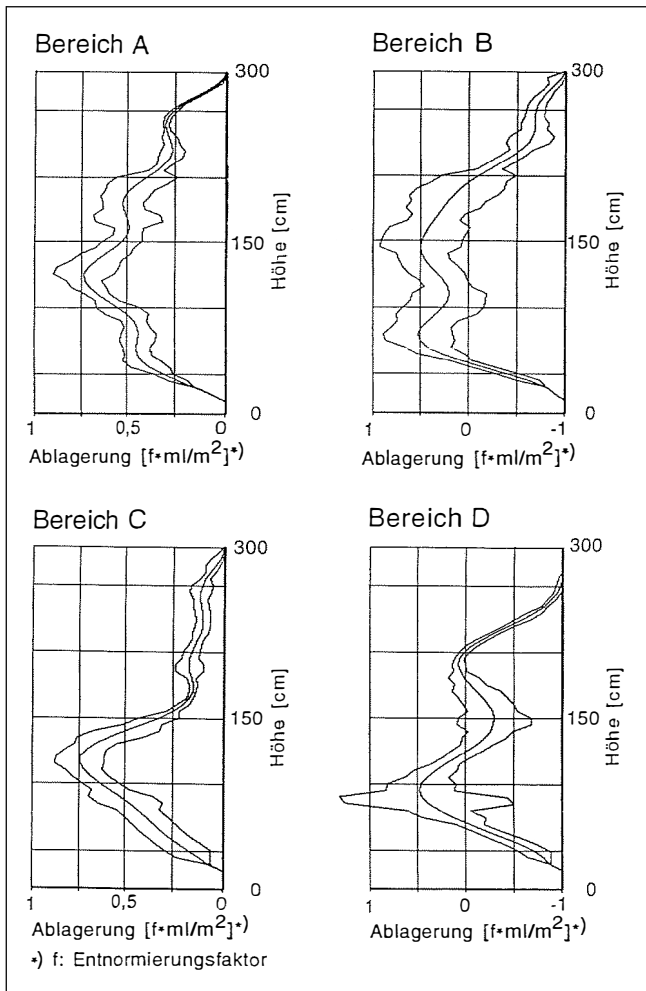


Abb. 10. Vertikalverteilung an belaubten Apfelbäumen – Axialgebläse mit Aufsatz bei 2 km/h.

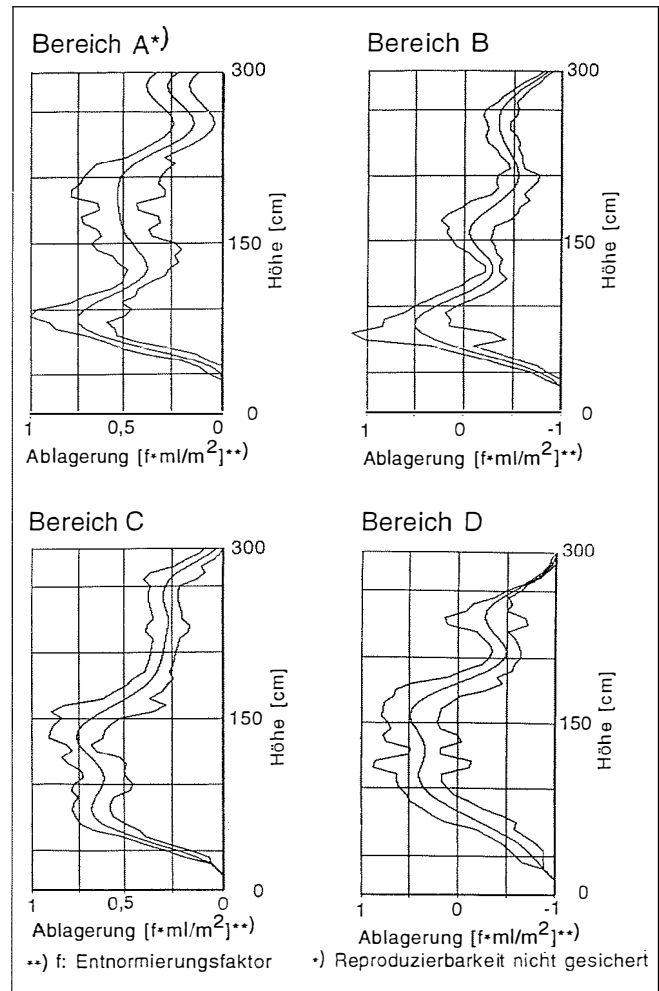


Abb. 11. Vertikalverteilung an belaubten Apfelbäumen – Axialgebläse mit Aufsatz bei 6 km/h.

– deshalb gezielte Einstellungen der Flüssigkeits-Vertikalverteilung an die Baumform, die mit dem Lamellen-Vertikalverteilungsprüfstand vorgenommen worden sind, für praktische Bedingungen keine abschließende Aussage für die Einstellung der Sprühgeräte zulassen.

Literatur

- BRAZEE, R. D., R. D. FOX, F. R. REICHARD and F. R. HALL, 1981: Turbulent Jet Theory Applied to Air Sprayers. Transaction of the ASAE, 266–272.
- FOX, R. D., R. D. BRAZEE and D. L. REICHARD, 1985: A Model Study of Wind on Air Sprayer Jets. Transactions of the ASAE, 83–88.
- GÖHLICH, H. und K. KÜMMEL, 1993: Verteilungsprüfung an Spritz- und Sprühgeräten für Raumkulturen. Landtechnik **48**, 366–369.
- KAFIDOFF, J. und A. JESKE, 1980: Hinweise zur gezielten Maschineneinstellung bei Pflanzenschutzmaschinen für den Obstbau. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR **34**, 121–126.
- Kaul, P., H.-J. Wygoda und H. Ganzelmeier, 1994: Beurteilung des Spritzbildes von Flachstrahldüsen im Pflanzenschutz. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., **46**, 45–52.
- KELLNER, E. und H. KANT, 1987: Anordnung der Düsen bei Gebläsespritzern. Zeitschrift für Obst und Weinbau, **123**, 150–157.
- KÜMMEL, K., H. GÖHLICH und O. WESTPHAL, 1991: Development of Practice-Oriented Control Test Methods for Orchard Spray Machines by Means of a Vertical Test Stand. Proceedings of a Symposium at the University College of Swansea, UK: Air-Assisted Spraying in Crop Protection. BCPC Monograph No. 46.
- KÜMMEL, K. und H. GÖHLICH, 1988: Der Lamellenprüfstand zur Beurteilung von Gebläsesprühgeräten. Mitt. OVR Jork, **40**, 27–35.

- KÜMMEL, K., 1989: Verbesserte Sprühgerätekontrolle mit Einstelldaten aus Lamellenprüfstandsversuchen. Mitt. OVR Jork, **44**, 199–208.
- KOCH, H., 1992: Über die Bedeutung von gerätetechnisch determinierten und stochastisch ablaufenden Prozessen des Applikationsvorganges für Dosierung und Verteilung von Pflanzenschutzmitteln. Gesunde Pflanzen, **44**, 350–360.
- LANGE, F. M., 1962: Korrelationselektronik. Berlin. VEB Verlag Technik.
- MIRALLES, A., 1993: Characterisation of Airblast Sprayers for Spraying Pesticides in Orchards and Vineyards. Commission of the European Community, BCR Information, Contract Number 3441/1/0/175/11/90-BCR-F(30).
- ROSSWAG, U., 1985: Ausbreitung, Durchdringung und Anlagerung einer Zwei-Phasen-Strömung bei der Applikation in Raumkulturen. Diss. Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik für Intensivkulturen.
- WALKLATE, P. J. und K. L. WEINER, 1994: Engineering models of air assisted orchard sprayers. Silsoe Research Institute, Wrest Park, Bedford MK 45 4HS, United Kingdom.
- SAYANI, M., 1992: Spray technology research for orchard applications. University of Florida, IFAS, Citrus Research and Education Center, Lake Alfred, Florida 33850, USA.
- SVENSSON, S. A., 1993: 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 hazards in horticulture“. August 8.–13, Ulvik, Norway.
- VAN ZUYDAM, R. P. und H. A. J. PORSKAMP, 1993: Measuring system for the air speed distribution and spray output of orchard sprayers. Institute of Agricultural Engineering Wageningen, the Netherlands.

Kontaktanschrift: Dr. Peter Kaul, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Fachgruppe Anwendungstechnik, Stahnsdorfer Damm 81, D-14532 Kleinmachnow