

Technische Universität Berlin, Landtechnik und Baumaschinen

Einfluß klimatischer und gerätetechnischer Faktoren auf die Drift im Pflanzenschutz

Effect of Climatic and Application Factors on Drift

Von H. Göhlich, M. Hosseinipour und R. v. Oheimb

Zusammenfassung

Es wurden Feldversuche zur Ermittlung der Drift in Raumkulturen in ebenen Lagen und am Steilhang durchgeführt. Die Meßtechnik wurde gegenüber den bisher aus der Literatur bekannten Driftversuchen auf den dreidimensionalen Raum ausgedehnt. Durch mehrere 12 m hohe Masten konnte die Ausbreitung der Driftwolke im Raum verfolgt sowie die Klimafaktoren gemessen werden.

Der Windeinfluß ist für die Ausbreitung der Driftwolke besonders auffallend. Erhebliche Unterschiede sind ebenfalls zwischen den Einsätzen zu verschiedenen Tageszeiten zu erkennen. Driftveränderungen bis zu 50% sind bei Einsätzen an verschiedenen Tageszeiten häufig festzustellen gewesen.

Deutlichen Einfluß nehmen auch die gerätetechnischen Faktoren. Besonders wichtig ist bei Verwendung von Geräten mit einem Trägerluftstrom die zweckmäßige Auslegung des Luftstromes nach Größe und Richtung, angepaßt an die jeweilige Kultur. Besonders wirkungsvoll ist die Begrenzung der Luftstrahlrichtung unterhalb der Horizontalen.

Abstract

Field experiments to determine the drift in orchards and vineyards had been carried out in level sites and on steep slopes. The measuring technology had been extended to the three dimensional space in comparison to two dimensional drift experiments from the literature. By means of masts of 12 m height the spreading of the cloud of droplets in the space could be measured as well as the climatic factors.

The influence of the wind on the spreading of the cloud of droplets is especially remarkable. Considerable differences are observed during the applications at different times of day. Changes of drift up to 50% had been quite often registered.

Furthermore the technical factors have a distinct influence on the drift. Especially with the use of blowers it is important to control the air current in respect to volume and direction according to the plants. Particularly effective is the limitation of the air current below the horizontal.

Messungen über die auftretende Drift bei chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen wurden bisher in größerem Umfang nur in den USA vorgenommen. Hier standen hauptsächlich Flugzeugeinsätze im Mittelpunkt der Untersuchungen mit dem Ziel, Klimagrenzwerte zu finden, die einen Flugzeugeinsatz, zum Teil auch Bodengeräteinsatz noch zulassen. Bewertet wurde hierbei die Höhe der Kontamination benachbarter empfindlicher Kulturen, wie z. B. Luzerne bei Herbizideinsätzen. Die Frage der Raumkonzentration von Driftwolken stand hierbei nicht unmittelbar zur Diskussion.

Die Aufgabe der in der Bundesrepublik Deutschland zum ersten Mal in größerem Umfang durchgeführten Messungen

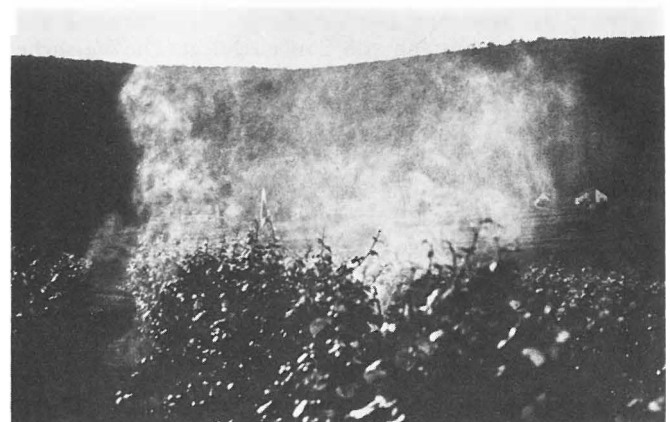
über die auftretende Drift lag zunächst in der vergleichenden Erfassung und Beurteilung der auftretenden Drift bei unterschiedlichen Klimaverhältnissen und bei verschiedenen gerätetechnischen Einsatzbedingungen. Aus qualitativen Beobachtungen ist seit langem bekannt, daß die Drift ein unterschiedliches Ausmaß annehmen kann und daß eine mögliche Beeinträchtigung nicht nur der umliegenden Kulturen, sondern auch angrenzender Siedlungsgebiete eintreten kann (vgl. Abb. 1).

Mit den vorliegenden Forschungsergebnissen soll ein erster Schritt getan werden, auf die absoluten Unterschiede in der Drift bei verschiedenen Verfahrensbedingungen hinzuweisen und damit die Möglichkeit zu schaffen, sehr ungünstige Faktoren von vornherein auszuschalten.

Die Untersuchungen können und sollen noch nichts darüber aussagen, welche Werte kritisch für eine Gefährdung der Umgebung anzusehen sind. Es muß das Ziel weiterer Untersuchungen sein, gewisse Grenzwerte und standardisierte Meßmethoden zur Bereitstellung solcher Grenzwerte zu erarbeiten, die dem Anwender einen eindeutigen Hinweis zur Begrenzung der Drift unter ein bestimmtes Maß geben können.

Die Problematik, die in der Ermittlung solcher Grenzwerte liegt, darf allerdings nicht verkannt werden. Mit den hier angewendeten unbedenklichen Meßmethoden ist eine Erfassung nur bestimmter Raumkonzentrationen möglich, die in der Nähe bis zu einigen 100 m Entfernung vom Applikationsort auftreten. Über eine fortschreitende Verdünnung im

Abb. 1. Driftwolke im Weinbau von konventionellem Sprühgerät (18 bar, 5 km/h).



Raum und größeren Entfernungen liegen keine ausreichenden Anhaltswerte vor. Fernerhin muß bei jeder Forderung nach reduzierter Drift die erforderliche biologische Wirksamkeit des Mittels und des Verfahrens gewährleistet bleiben. Unmittelbare Zusammenhänge sind hier schon erkennbar. Weitere vertiefte Arbeiten werden in Zukunft hierzu notwendig werden.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die die hier vorliegenden Arbeiten finanziell unterstützt hat, sowie den beteiligten Institutionen insbesondere der Landesanstalt für Pflanzenschutz, Stuttgart, und der Lehr- und Forschungsanstalt für Obst- und Weinbau in Neustadt sei hier besonderer Dank gesagt.

1. Drift beeinflussende Faktoren

Die Einflußfaktoren, die einzeln oder in Wechselbeziehung zueinander auf das Ausmaß der Drift Einfluß nehmen, lassen sich grundsätzlich in zwei Gruppen unterteilen:

A. Technologische Faktoren

1. Zerstäuberart
2. Zerstäuberdruck
3. Physikalische Eigenschaften der Flüssigkeit
4. Zuordnung von Düsen und Trägerluft
5. Gebläsedurchsatz
6. Geschwindigkeit des Trägerluftstroms
7. Fahrgeschwindigkeit

Diese Faktoren können in der Regel von vornherein und beim Einsatz so verändert werden, daß sowohl hinsichtlich der auftretenden Abtrift als auch hinsichtlich der gezielten Ablage des Wirkstoffes die günstigsten Ergebnisse erreicht werden.

B. Pflanzenbauliche und meteorologische Faktoren

1. Filterwirkung des Bestandes
2. Klima

Diese Faktoren sind in der Regel gegeben und müssen im Hinblick auf den technologischen Vorgang sehr genau beobachtet werden.

2. Versuchsaufbau und Durchführung

2.1. Versuchsparzellen in ebenen Lagen

Die Driftversuche im Weinbau wurden in einer Plantage der Landes-Lehr- und Forschungsanstalt für Wein- und Gartenbau in Neustadt/Weinstraße durchgeführt. Das Versuchsgelände lag in der Gemarkung Gimmeldingen, inmitten eines geschlossenen Weinbaugebietes, das sich über mehrere Quadratkilometer ausdehnt. Die vierjährige Versuchsanlage war auf einen Reihenabstand von 2 m ausgelegt. Die Versuche wurden in den Monaten August und September durchgeführt. In diesem Zeitraum weisen die Reben eine volle, dichte Belaubung auf. Laubwandtiefe und -höhe betragen 0,5 bzw. 2,3 m.

Als Versuchsgelände im Obstbau wurde mit Unterstützung der Landesanstalt für Pflanzenschutz in Stuttgart in einer 5 Jahre alten Apfelpflanzung in Schafhausen/Weil der Stadt gearbeitet. Die Versuche wurden in den Monaten Juli und August durchgeführt. Die durchschnittliche Laubwandtiefe und -höhe betrug 0,5 bzw. 3,2 m. Die Bäume waren doppelreihig versetzt angeordnet, wobei der Abstand der Bäume in der Reihe 1,5 m und von Reihe zu Reihe 1,6 m betrug. Der Zeilenabstand betrug 5,6 m.

2.1.1. Aufbau und Durchführung der Versuche in ebenen Lagen

Bei den Feldversuchen wurde die Driftverteilung in einem Raum in und oberhalb der Pflanzenkultur bis zu einer Höhe von 12 m gemessen. Hierzu wurden im Weinbau auf dem Versuchsfeld über eine Strecke von 184 m 6 Meßstationen errichtet, die aus 12 m hohen Masten und den dazugehörigen Meß- und Versorgungseinheiten bestanden (vgl. Abb. 2).

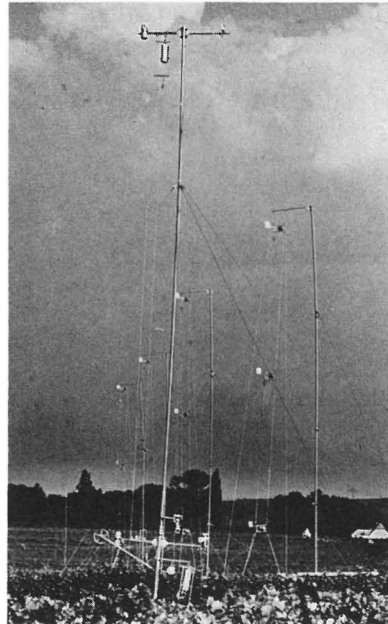


Abb. 2. Klimastation und Meßstationen der Abtriftstrecke im Weinbau.

Die Masten standen auf Zeilenmitte und bildeten eine senkrecht zu den Zeilen verlaufende Meßstrecke, die wiederum auf die Mitte des Versuchsfeldes ausgelegt war. Die Meßstrecke im Obstbau war 84 m lang und mit 5 Meßstationen analog zum Weinbau ausgerüstet. Zur Erfassung des aus dem eigentlichen Applikationsbereich abgetrifteten Tröpfchenanteils wurden sowohl aktive Meßverfahren (Ansaugung der angereicherten Luft durch Filtrationsgeräte) als auch passive Meßverfahren (Niederschlagsmessung) verwendet. Der Nachweis der Driftmassen erfolgte mit Hilfe von Fluoreszenz-Farbstoffen. Zum aktiven Meßverfahren wurde ein Filtrationsgerät im Eigenbau entwickelt. Es ist horizontal drehbar gelagert und kann mit Hilfe einer angebrachten Windstellfahne die Ebene der Ansaugöffnung immer senkrecht zu der jeweiligen Windrichtung halten. Hinter der Filtrationsebene des Gerätes befindet sich ein drehzahlgesteuertes Axialausgebläse. Hierdurch kann die Ansauggeschwindigkeit der herrschenden Windgeschwindigkeit angepaßt werden. Die Geräte wurden von am Fuße der Masten befindlichen Batterien versorgt und mittels Steuerleitungen vom Versuchsleitstand aus zentral in Betätigung gesetzt. Zur Ermittlung der Drift über dem Bestand wurden Ansaugsonden in der Pflanzengipfelzone sowie in 4, 8 und 12 m über dem Boden angebracht.

Zur Überwachung der Bewegung der Driftwolke innerhalb des Bestandes wurden auch an jeder Meßstelle Ansaugsonden in 0,1 m über dem Boden installiert. Um die Bodensedimente in der Nähe des Gerätes zu bestimmen, wurden Objektträger in der Fahrgasse und den drei rechts und links benachbarten Gassen auf dem Boden ausgelegt. Zur Ermittlung der Sedimente von der Driftwolke auf den Kulturen wurden an jeder Meßstelle insgesamt 4000 cm² Glasobjektträgerfläche über

der Gipfelzone angebracht. Auf einer Fahrstreckenlänge von 50 m wurde ein bestimmtes Flüssigkeitsvolumen (Q) in mehreren Fahren (n_F) unmittelbar nacheinander ausgebracht. Durch das mehrmalige Fahren entlang derselben Gasse wurde eine höhere Nachweisgrenze und eine bessere statistische Absicherung erreicht. Die Fahrgeschwindigkeiten (v_F) betragen je nach Versuch 5 und 10 km/h. Der Gebläsedurchsatz (\dot{V}_L) und die Geschwindigkeit des Trägerluftstroms (v_L) wurden jeweils vor den Versuchen gesondert ermittelt.

2.2. Feldversuche am Steilhang

Die Versuche am Steilhang wurden unter besonderer Berücksichtigung der spezifischen klimatologischen Verhältnisse an Hanglagen mit Hubschraubern und Weitsprühgeräten durchgeführt.

Das Versuchsgelände in Ulm/Oberkirch befand sich inmitten eines arrondierten Weinbausteilhanggeländes und wies eine Neigung von über 100% auf. Die Pflanzenabstände betragen 1,3 m und die Zeilenabstände 1,5 m. Die Zeilen verliefen senkrecht zu den Höhenlinien.

2.2.1. Aufbau und Durchführung der Versuche am Steilhang

Da an verschiedenen Tageszeiten mit unterschiedlichen Windrichtungen zu rechnen war, wurden an jeder Seite der Behandlungsfläche zwei Meßstellen aufgebaut (Abb. 3).

Die Meßstellenanordnung entsprach prinzipiell der in der Ebene. Die Applikation mit einem Weitsprühgerät erfolgte von den das Gelände begrenzenden Fahrstraßen.

2.3. Erfassung des Klimas

Da die klimatischen Faktoren sowohl auf das Ausmaß als auch auf die Art der Abtriftgrößen Einfluß nehmen (4), war es erforderlich, alle wesentlichen Parameter während des Versuchsablaufs aufzuzeichnen. Hierzu wurde eine meteorologische Meßstation in Form eines 12 m hohen Stahlmastes aufgestellt. Der Temperaturgradient ΔT ergab sich aus der Temperaturmessung in Gipfelzonenhöhe und in 12 m Höhe mit Hilfe von speziellen Quecksilber-Kippthermometern. Durch diese Art der Temperaturmessung wird eine Meßwertverfälschung zwischen dem Zeitpunkt der Messung und der Registrierung ausgeschlossen. Die relative Luftfeuchtigkeit ϕ und der Luftdruck wurden in der Gipfelzone gemessen. Durch das im Eigenbau entwickelte Registriersystem wurden die Mittelwerte der gemessenen Windgeschwindigkeiten (v_w) in der Gipfelzone und in 12 m Höhe in jeweils 5 Sekunden Abstand während jedes Versuchs ausgedruckt.

3. Geräteeinsatz

Um den Einfluß der Gerätebauart auf das Ausmaß der Abtrift zu untersuchen, wurden zehn unterschiedliche Bodensprühgeräte sowie ein Hubschrauber mit zwei Zerstäuberarten eingesetzt. In der Tafel I sind die wichtigsten technischen Daten sowie die Applikationsparameter aufgeführt.

4. Ergebnisse

4.1. Auswertung der Meßergebnisse

Die auf den Objektträgern und Filtermedien aufgefangenen Fluoreszenzfarbstoffbeläge (BSF-FFW) wurden im Labor in Wasser gelöst und mit Hilfe eines Fluorometers Turner, Modell 111, quantitativ bestimmt. Diese erhaltenen ca. 5000 Einzeldaten wurden dann unter Verwendung einer Großrechenanlage, IBM 370, der Technischen Universität Berlin, statistisch überprüft und in Gruppen zugeordnet, wobei zwei Aspekte zugrunde gelegt wurden. Zum einen erfolgte die Auswertung nach klimatologischen Kriterien unter Verwendung gleicher Sprühgeräte und zum anderen nach gerätetechnischen Gegebenheiten bei konstanten oder ähnlichen klimatischen Bedingungen.

Als zusätzliche Bewertungshilfe wurden mit der Rechenanlage von allen Versuchen und Versuchsgruppen zwei- und dreidimensionale Darstellungen der Driftbelagswerte über die Entfernung und Höhe angefertigt, wovon ein typisches Beispiel hier wiedergegeben ist (Abb. 4). Für die Erstellung der Säulendiagramme wurden die passiv gemessenen Bodenbelagswerte über Entfernungen von 14 m im Weinbau und 28 m im Obstbau gemittelt. Für die Abtrift im Raum erfolgte diese Mittelung der Werte aus den Meßhöhen 2, 4, 8 und 12 m über Entfernungen von 45,5 m im Weinbau und 51 m im Obstbau von der Applikationsstrecke.

4.2. Einfluß der Filterwirkung der Kultur auf die Drift

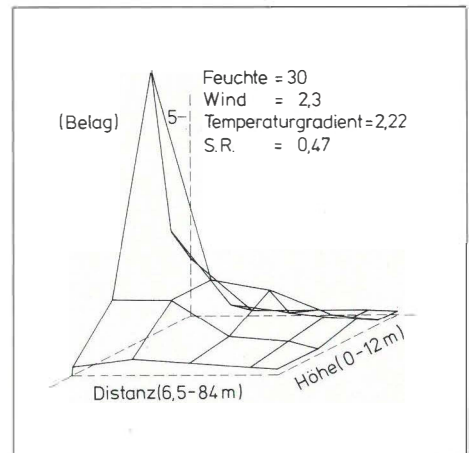
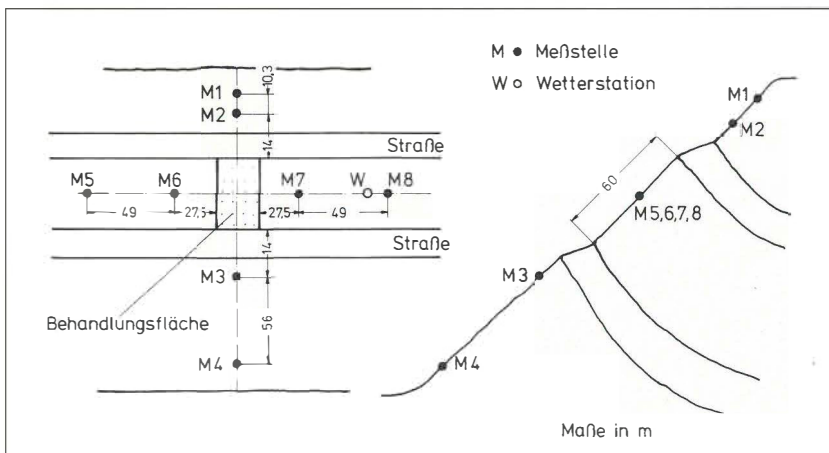
Die Filterwirkung der Kultur ist abhängig von:

- a) Kulturart
- b) Vegetationsstadium (Blattfläche, Blattstellwinkel und Blattsteifigkeit)
- c) Reihenabstand (Fahrgassenbreite)
- d) Dichte der Reihe (Pflanzenbestand in der Reihe)

Bei den unter 2.1. aufgeführten Angaben wurde im allge-

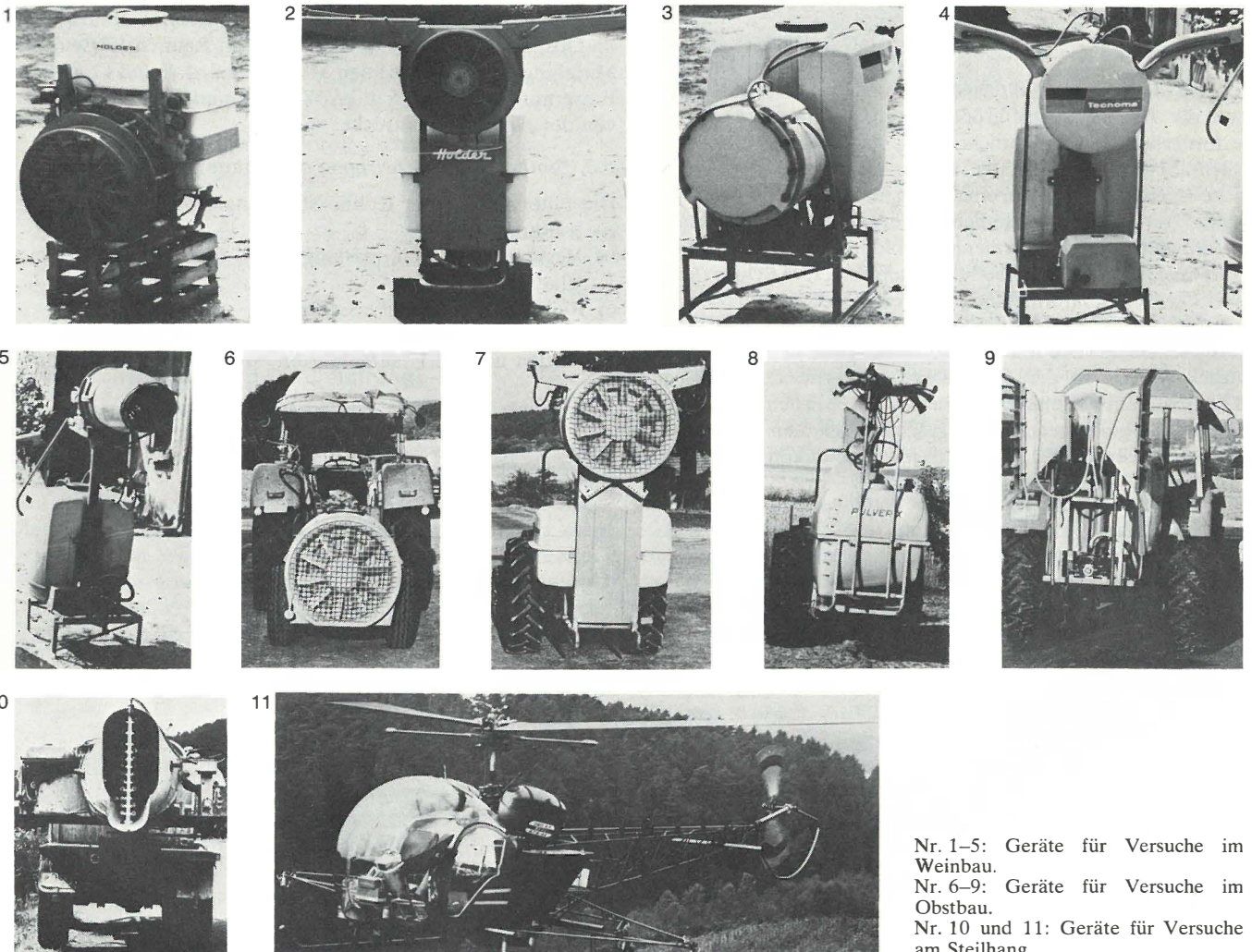
Abb. 3 (links). Lageskizze der Versuchsanlage am Steilhang.

Abb. 4 (rechts). Plotterdarstellung der Driftwerte über Entfernung und Höhe eines konventionellen Gerätes (Nr. 6) bei 8 bar, 5 km/h und Gebläsestufe II.



Tafel I

Geräte-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	
	Anbaugerät, Sprührichtung von unten nach oben	Anbaugerät, Sprührichtung von oben nach unten	Anbaugerät, Sprührichtung von unten nach oben	Anbaugerät, Sprührichtung von oben nach unten	Anbaugerät, Kanone, mehrzeilig, Sprühr. von oben in die Kultur	Anhängegerät, Sprührichtung von unten nach oben	Anbaugerät, Sprührichtung von oben nach unten	
Technische Daten	Gebälse-typ	axial, konventionell	axial, invert	axial, konventionell	axial	axial, Schwenkwinkel 180°, 9 Oszill./min oben	axial, konventionell	
	Gebälse-anordnung	unten	oben	unten	oben	unten	oben	
	Gebälse-leistung (m ³ /h)	15 700	18 000	14 500	18 000	22 600	I 40 500 II 50 000	I 50 700 II 63 500
	Trägerluft-austrittsgeschw. (m/s)	16	18	35	36	49	I 23 II 28	I 29 II 36
Applikations-Daten	Aufwandvolumen (l/Versuch)	100	100	100	100	100	100	100
	Fahrtgeschw. (km/h)	5	5	5	5	3	5; 10	5; 10
	Düse	D4/25 D2/45	D4/25 D2/45	15/10 H 3 10/10 H 5	15/10 H 3 10/10 H 5	23/10 H 5 23/10 H 4	D4/25 D2/45	D4/25 D2/4
	Druck (bar) Arbeitsbreite (m)	8 18 2	8 18 2	8 18 2	8 18 2	5 23 12	8 18 5,6	8 18 5,6
Kulturart	Weinbau	Weinbau	Weinbau	Weinbau	Weinbau	Obstbau	Obstbau	



Nr. 1-5: Geräte für Versuche im Weinbau.
 Nr. 6-9: Geräte für Versuche im Obstbau.
 Nr. 10 und 11: Geräte für Versuche am Steilhang.

8	9	10	11
Anbaugerät, Sprühhrichtung von oben nach unten	Anbaugerät, Sprühhrichtung von oben nach unten (Eigenbau)	Aufbaugerät, Weitraumsprüher, Sprühhrichtung parallel zu den Zeilen	Hubschrauber, Sprühhrichtung von oben in die Kultur
radial, hochgesetzte Luftdüsen unten	axial, 45° n. hinten oben	axial oben auf Ladepritsche	–
3600	17 700	62 700	–
35	34	33	–
100	100	100	24; 7
5	5	0,9	45
Spezialdüse pneumatisch	10/10 H 5 ×	Hohlkegeldüse	a) D5/25 b) Rotationszerstäuber 7000 min ⁻¹
1–2 5,6	18 5,6	30 26	3 1,3 Gestängebreite 10 6,3
Obstbau	Obstbau	Wein-Steilhang	Wein-Steilhang

meinen im Obstbau im Vergleich zum Weinbau ein Vielfaches an Drift über dem Bestand festgestellt. Auch die Sedimente in der Fahrgasse und in den 3 benachbarten Gassen lagen im Obstbau wegen der schwächeren Filterwirkung mindestens 2fach höher als im Weinbau (Abb. 5).

4.3. Einfluß der Klimafaktoren

Die Windgeschwindigkeit (v_w), die relative Luftfeuchtigkeit φ sowie der Temperaturgradient (ΔT) sind die wesentlichen Einflußfaktoren auf die Drift. Die Windgeschwindigkeit und der Temperaturgradient wurden von BARAD (5) zu einem Stabilitätsverhältnis (stability ratio = S.R.) zusammengefaßt und definiert als

$$S.R. = \frac{T_2 - T_1}{\bar{v}_w^2}$$

mit T_1 und T_2 in [°C], wobei T_2 in vertikaler Richtung höher als T_1 gemessen wird. Die mittlere Windgeschwindigkeit \bar{v}_w in [m/sec] wird in einer Höhe zwischen den Meßpunkten für T_1 und T_2 ermittelt. S.R. positiv bedeutet eine stabile Lage bei Inversion, S.R. negativ eine instabile Lage mit Turbulenzen und S.R. ~ 0 eine neutrale, adiabatische Wetterlage.

4.3.1. Einfluß der Windgeschwindigkeit

4.3.1.1. Wind in der Ebene

Der Wind ist beim Einsatz von Bodengeräten der wesentlichste die Drift beeinflussende Klimafaktor. Die relative Steigerung der Driftwerte ist beispielsweise bei einer Windsteigerung von 1 m/s auf 2 m/s höher als die Beeinflussung durch eine Spritzdrucksteigerung von 8 bar auf 18 bar. Aus Abb. 6 ist zu erkennen, daß durchschnittlich eine Winderhöhung von 1 m/s auf 2 m/s eine Steigerung des Driftanteiles um mindestens 10% bedeutet. Die Bodensedimente in der Nähe des Gerätes nehmen allerdings bei höheren Windgeschwindigkeiten ab.

4.3.1.2. Wind am Steilhang

Ein Tal mit seinen beiden Hängen hat in regelmäßigem Rhythmus Hangab- und Hangaufwinde, die sich mit Tal- und Bergwinden teilweise überlagern.

Die Antreffzeiten der wichtigsten am Hang vorkommenden Winde nach DEFANT (6) sind:

- a) Sonnenaufgang, Einsetzen der Hangaufwinde, Anhalten des Bergwindes
- b) Vormittags, Handaufwinde, kein Berg- oder Talwind
- c) Mittags, Hangaufwind, Talwind
- d) Später Nachmittag, kein Hangwind, Talwind
- e) Abends, Einsetzen des Hangabwindes, noch Talwind
- f) Anfang der Nacht, Hangabwindzirkulation
- g) Mitte der Nacht, Hangabwind, Bergwind
- h) Vor Sonnenaufgang, kein Hangwind, Bergwind

Bei den Versuchen in Hanglagen mit Hubschraubern wurde eine etwa 6fache Reduzierung der Drift bei sehr schwachem Wind (0,5 m/s) gegenüber der Behandlung bei etwa 3,2 m/s Windgeschwindigkeit bei sonst ähnlichen klimatischen Bedingungen festgestellt (Abb. 7).

4.3.2. Einfluß der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit auf die Drift

Niedrige relative Luftfeuchtigkeit und höhere Temperaturen führen zum Verdampfen der Tropfen, was ein Verschweben der Tröpfchen zur Folge hat. Um die Zeiten des Sonnenaufgangs und Sonnenuntergangs herrscht in diesem Bereich Isothermie (kein Temperaturunterschied zu mittleren und höheren Luftschichten). In Abend- und Nachtstunden gibt es sog.

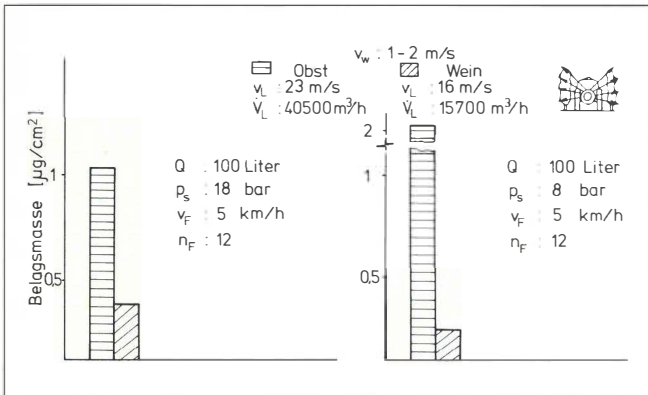
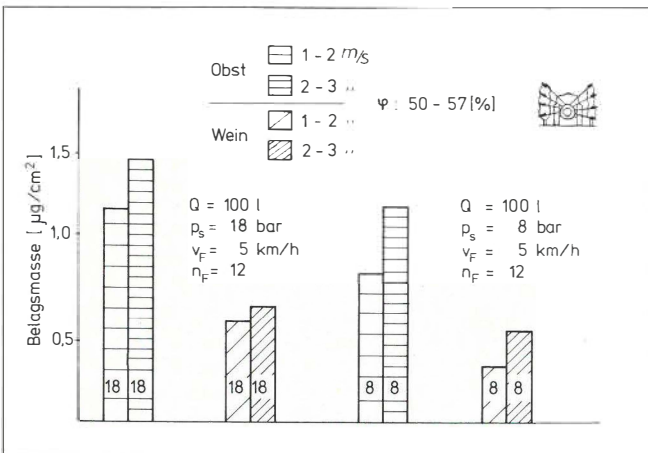


Abb. 5. Einfluß der Filterwirkung der Anlage auf die Bodensedimente im Applikationsbereich (Mittelwert der Belagsmassen, der Fahrgasse und der drei benachbarten Gassen).

Abb. 6. Einfluß der Windgeschwindigkeit auf die Drift über Bestand (Mittelwert der Belagsmassen in 2, 4, 8 und 12 m Höhe).



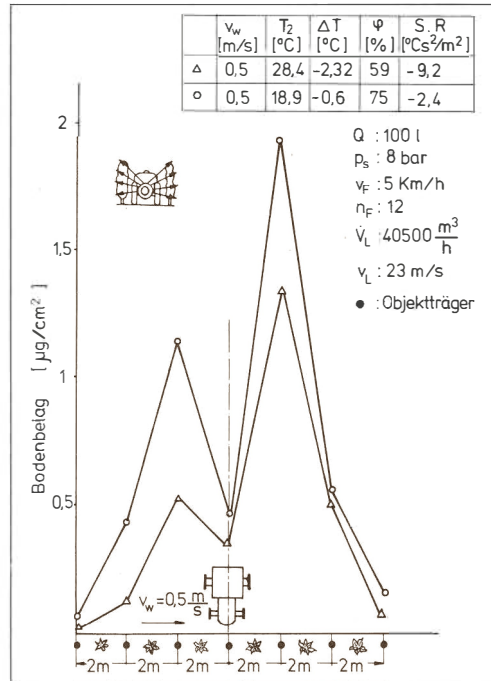
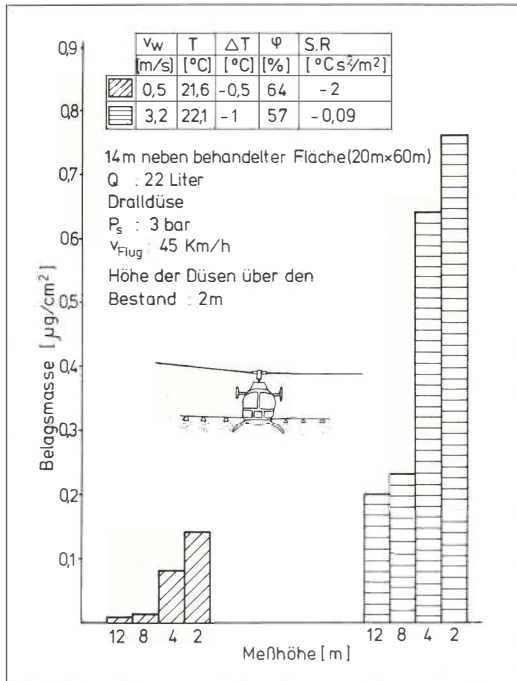


Abb. 7 (links). Einfluß der Windgeschwindigkeit auf Drift über Bestand in Hanglage.

Abb. 8. Bodenbelag bei unterschiedlicher Thermik.

Inversionslagen, bei denen die höheren Luftschichten wärmer sind als die am Boden ($\Delta T < 0$).

Tagsüber herrscht in den bodennahen Luftschichten eine labile Luftbewegung (7). Bei niedrigerer relativer Luftfeuchtigkeit und höherer Temperatur sind auffallend niedrige Driftablagerungen in der Nähe des Applikationsbereiches zu finden (vgl. Abb. 8). Im umliegenden Raum vergrößert sich die Driftkonzentration im allgemeinen (vgl. Abb. 9).

4.3.3. Folgerung für den Einsatz

Diese Untersuchungen haben gezeigt, daß die klimatischen

Faktoren wie Windgeschwindigkeit, Thermik und relative Luftfeuchte einen wesentlichen Einfluß auf das Ausmaß der Drift haben, wobei ihre Bedeutung, als Einzelfaktoren betrachtet, in der hier angeführten Reihenfolge abnimmt, d. h., daß die Windgeschwindigkeit eine überragende Einflußgröße darstellt. Demzufolge sollten Applikationen nur unterhalb bestimmter Windgeschwindigkeitsgrenzwerte durchgeführt werden.

Zusätzlich zu der jeweiligen Wetterlage unterliegen diese Klimafaktoren einem tageszeitlichen Rhythmus (8, 9). Mit zunehmender Erwärmung, d. h. insbesondere während der

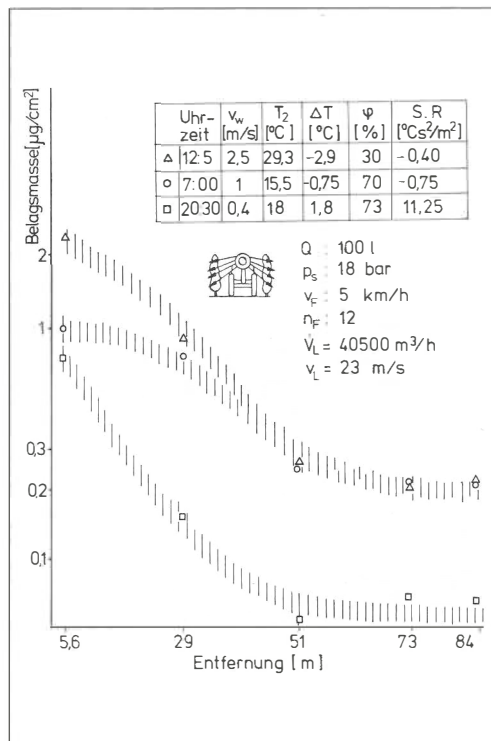
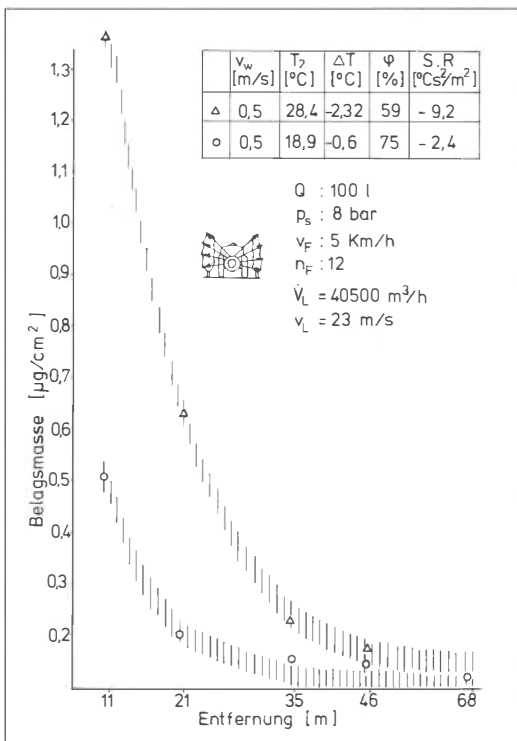


Abb. 9 (links). Einfluß der Thermik auf die Drift über Bestand (Mittelwert der Belagsmassen in 2, 4, 8 und 12 m Höhe).

Abb. 10. Drift über dem Bestand an verschiedenen Tageszeiten (Mittelwert der Belagsmassen in 2, 4, 8 und 12 m).

Mittagsstunden, kann die Thermik ein derartiges Ausmaß annehmen, das alle weiteren Pflanzenschutzmaßnahmen ausschließt, unabhängig davon, ob der Wind stark oder schwach ist. So konnte durch diese Arbeiten festgestellt werden, daß für driftgefährdende Applikationen die Morgen- und Abendstunden im allgemeinen günstiger sind.

Beim Einsatz in Hanglagen sind darüber hinaus noch die meist tagsüber vorherrschenden Talwinde und die nächtlichen Bergwinde zu berücksichtigen. Hieraus folgt, daß die klimatischen Faktoren am Steilhang mit besonderer Aufmerksamkeit verfolgt werden müssen, da die für eine Behandlung geeigneten Zeiträume sehr kurz – und meistens nur auf wenige Stunden am Morgen und am Abend begrenzt sind (vgl. Abb. 10 und 11).

4.4. Einfluß gerätetechnischer Faktoren auf die Drift

Jede Raumkultur kann applikationstechnisch als Filter verstanden werden, in der die flüssige Pflanzenschutzwirkstoffphase aus dem Gebläseluftstrom abgeschieden wird, um die Pflanzenoberfläche mit einem Schutzbelag zu benetzen. Die Abscheideleistung und somit die biologische Wirksamkeit hängt einerseits von der biologisch-physikalischen Beschaffenheit der Kultur und andererseits insbesondere von den gerätetechnischen Bedingungen bei der Zerstäubung und dem Transport zur Zielfläche ab. Zwischen Wirkstoffanlagerung und Abtritt besteht ein direkter Zusammenhang, indem der Wirkstoffanteil, der nicht zur Anlagerung auf der Zielfläche (Kultur) gelangt, als Driftverlust eingeht. Bei der Beurteilung von Pflanzenschutzgeräten hinsichtlich ihrer Umweltbelastung muß notwendigerweise auch deren biologische Wirksamkeit, resultierend aus dem Verteil- und Anlagerungsverhalten von Wirkstoffen, Berücksichtigung finden. Eine gerätetechnische Verbesserung bzw. eine Optimierung der Applikationsparameter hinsichtlich einer Reduzierung der Drift ist nur so lange zu rechtfertigen, wie eine gute Wirkstoffverteilung und -anlagerung gewährleistet bleiben. Hieraus folgt, daß bei weiteren Forschungsarbeiten eine Optimierung aller hier angesprochenen Parameter erforderlich ist.

Bedingt durch den hohen arbeits- und versuchstechnischen Aufwand, der diesen Driftversuchen zugrunde gelegt wurde, mußte auf gleichzeitige Verteil- und Anlagerungsmessungen verzichtet werden. Für einen Teil der untersuchten Geräte wurden diesbezüglich Untersuchungen von der Landesanstalt für Pflanzenschutz, Stuttgart, der Landes-Lehr- und Forschungsanstalt für Wein- und Gartenbau, Neustadt/Weinstraße, und von unserem Institut (10) durchgeführt.

Von den insgesamt 71 erfolgten Versuchen im Wein- und Obstbau soll nachfolgend anhand von repräsentativen Beispielen der Einfluß der verschiedenen gerätetechnischen Parameter auf die Drift von Wirkstoffen dargestellt werden. Bei der Auswertung wurden Versuche ausgewählt und kombiniert, bei denen vergleichbare klimatische Bedingungen herrschten.

4.4.1. Einfluß der Gerätebauart und der Luftleistung

Von allen gerätetechnischen Merkmalen bei Raumsprühgeräten kommt der Gestaltung des Gebläseluftstromes hinsichtlich Luftdurchsatz, Luftgeschwindigkeit und Gebläsestrahlrichtung die entscheidende Bedeutung zu. Besonders zu beachten sind die Gebläseanströmwinkel in horizontaler und vertikaler Ebene in bezug zu der zu behandelnden Kultur und die Größen für Gebläsedurchsatz (\dot{V}_L) und Luftgeschwindigkeit (v_L) und deren Relation zueinander v_L/\dot{V}_L . Die diesbezüglich relevanten Daten der untersuchten Geräte sind der Tafel I zu entnehmen.

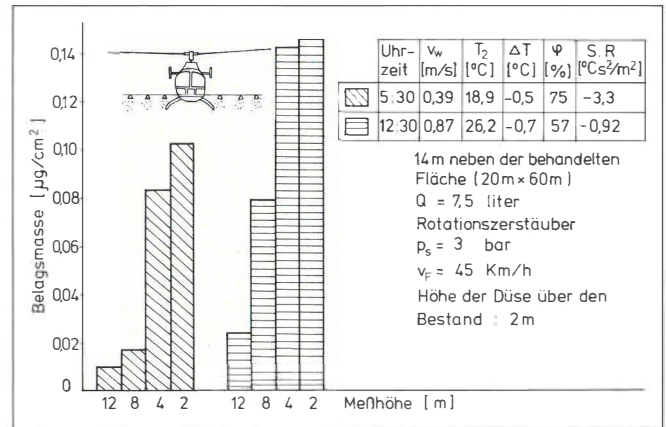


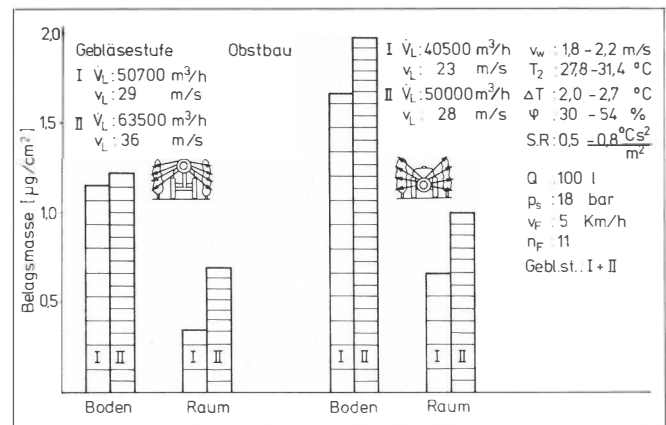
Abb. 11. Drift beim Hubschraubereinsatz an zwei verschiedenen Tageszeiten.

Um den Einfluß der Gebläseanordnung bzw. des Anström winkels auf das Ausmaß der Drift zu ermitteln, wurden schwerpunktartig Geräte miteinander verglichen, die bis auf die Anordnung des Gebläses (normal oder hoch angebracht) baugleich waren. In Abb. 12 werden die Geräte Nr. 6 und 7 hinsichtlich ihrer Gebläseanordnung und ihrer Gebläseleistung gegenübergestellt. Bei beiden Typen konnte die Gebläseleistung über ein Schaltgetriebe auf eine höhere Rotordrehzahl angehoben werden, wobei sowohl der Gebläsedurchsatz als auch die Luftgeschwindigkeit anstiegen.

Vergleicht man zunächst die Bauarten, so ist ersichtlich, daß das Gerät mit hochgesetztem Gebläse und einer vorwiegend schräg nach unten gerichteten Anströmrichtung gegenüber dem entsprechenden Standardgerät eine um ca. 33% geringere Bodenbelastung und eine um 50% geringere Raumbelastung aufweist (Gebläsestufe I). Bei Applikationen mit konventionellen Sprühgeräten werden die Tropfen einerseits durch die teilweise nach oben gerichteten Düsen und andererseits durch den Trägerluftstrom schräg nach oben durch die Laubwände hindurch aus dem Bestand herausgetragen und verfehlen ihre Zielflächen. Die oberhalb des Bestandes eintreffenden Tropfen werden dort durch den herrschenden Wind und die Thermik fortgetragen (vgl. Abb. 1). Im Gegensatz dazu zerfällt der größte Teil des Luftstrahls von Invertgeräten innerhalb des Bestandes, so daß die Driftwerte wesentlich reduziert werden.

Die anfangs bestandene Befürchtung einer größeren

Abb. 12. Einfluß der Luftleistung auf die Drift.



Bodenbelastung durch Geräte mit hochliegenden Gebläsen hat sich durch keinen Versuch bestätigen lassen. Es ist dadurch und auch in Anbetracht geringerer Driftwerte mit einer höheren Ablagerung auf den Kulturen zu rechnen.

Zusätzliche Durchdringungs- und Anlagerungsversuche im Weinbau haben erkennen lassen, daß die Blattunterseite, insbesondere in der Traubenzone von Geräten, deren Gebläseluftstrahl von oben nach unten gerichtet ist, im Vergleich zu den Standardgeräten weniger stark belegt werden. Um diesen Nachteil zu kompensieren, wurden Optimierungsversuche mit Eigenentwicklungen vorgenommen. Durch Veränderung des Anströmwinkels von bislang 90° auf 45° nach hinten in bezug zur Fahrtrichtung konnte die Anlagerung um etwa 20% verbessert werden, wodurch ein entscheidender Ausgleich herbeigeführt wurde (10). Dieses Gerät zeichnete sich durch die absolut niedrigsten räumlichen Driftwerte aus (vgl. Abb. 13), was auf eine bessere Anlagerung zurückzuführen ist. Die auf Abb. 13 im Vergleich stehenden Werte eines Gerätes mit Radialgebläse (Nr. 8) sind ebenfalls niedrig. Es muß hierbei jedoch berücksichtigt werden, daß der um ein Zehnfaches geringere Gebläsedurchsatz keine echte Vergleichbarkeit erlaubt und darüber hinaus die Anlagerungswerte, insbesondere auf den Blattunterseiten der unteren Laubwandzonen, nicht mehr befriedigen.

Aus Abb. 12 geht ferner hervor, daß sich der bislang für beide Gerätebauarten beschriebene Trend auch bei höherer Luftleistung (Gebläsestufe II) bestätigt. Es zeigt sich, daß ein höheres kinetisches Energieniveau in zunehmenden Driftwerten für Boden und Raum gleichermaßen resultiert, da eine vermehrte Anzahl von Tropfen in größere Höhen gelangt, wo sie von der Umgebungsluft eher übernommen und fortgetragen wird.

Um den Einfluß der Luftgeschwindigkeit und das Ausmaß der Drift zu ermitteln, wurden im Weinbau Geräte eingesetzt, die bei annähernd gleichem Durchsatz doppelte Gebläseluftgeschwindigkeit aufwiesen. Aus Abb. 14 ist zu sehen, daß eine Verdoppelung der Luftgeschwindigkeit zu höheren Driftwerten führt, was auf eine geringere Filterwirkung und Anlagerung zurückzuführen ist.

4.4.2. Fahrgeschwindigkeit

Aus Abb. 15 wird deutlich, daß auch eine erhöhte Fahrgeschwindigkeit zu einer größeren Drift beiträgt. Die Ursache hierfür ist darin zu sehen, daß bei schneller Fahrt ein konstantes Flüssigkeitsvolumen in Form von Tropfen auf ein relativ größeres Luftvolumen verteilt wird und somit eine größere Verdunstungsrate eine stärkere Abnahme der Tropfengröße zur Folge hat. Zusätzlich wird das Eindringvermögen des Luftstrahls in die Laubwand, bedingt durch eine kürzere Verweildauer, reduziert, wodurch die Fähigkeit der Kultur, die Sprühteilchen herauszufiltern und an sich zu binden, abnimmt. Hieraus folgt, daß ein größerer Tropfenanteil zwischen und über den Zeilen verschwebt und verstärkt der Drift ausgesetzt ist. Diese Tendenz wurde sowohl bei niedriger als auch bei hoher Luftleistung bestätigt.

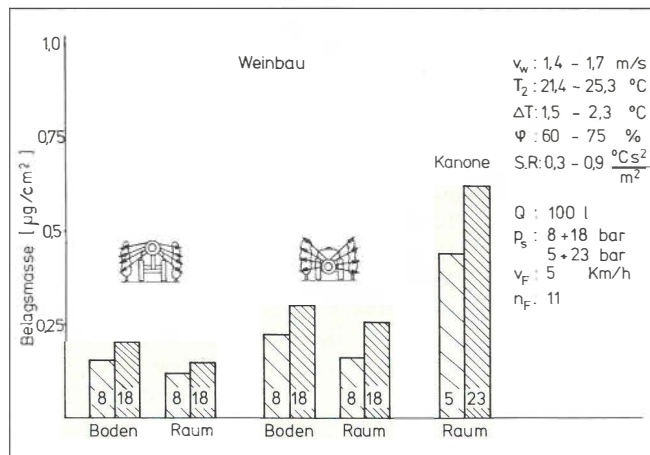
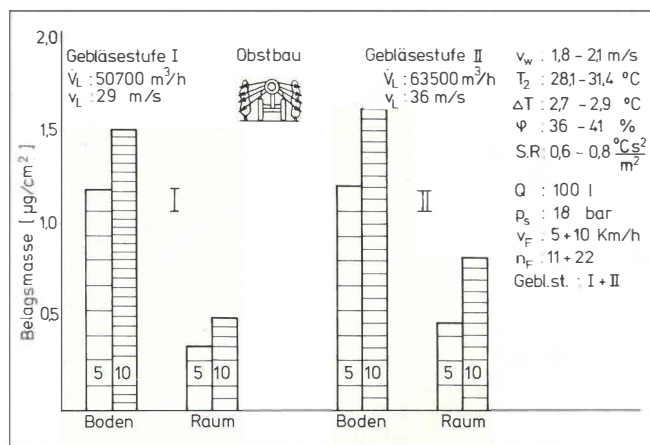
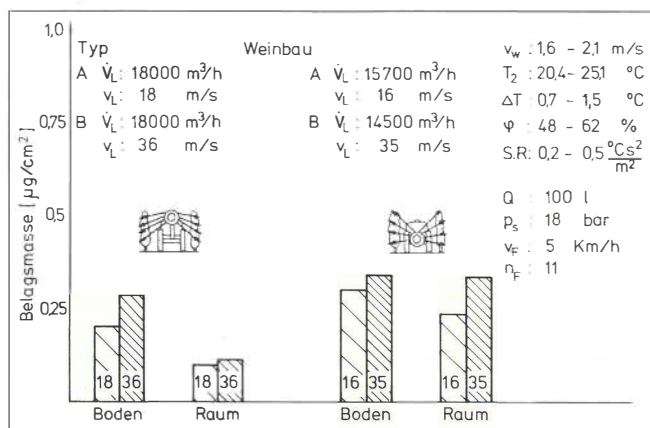
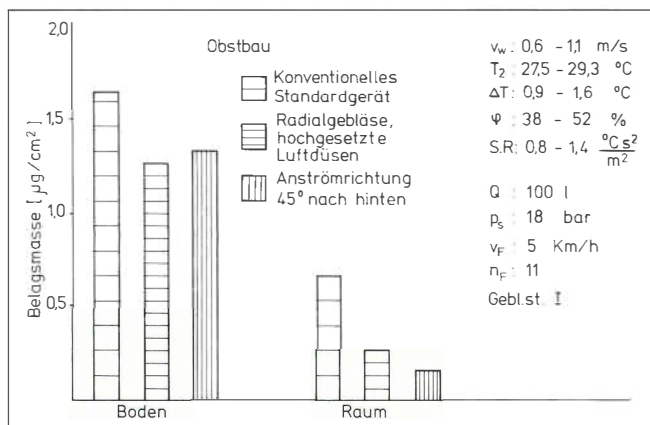
Rechts von oben nach unten:

Abb. 13. Einfluß der Gerätebauart auf die Drift.

Abb. 14. Einfluß der Gebläsestrahlgeschwindigkeit auf die Drift.

Abb. 15. Einfluß von Fahrgeschwindigkeit (5 und 10 km/h) und Luftleistung auf die Drift.

Abb. 16. Einfluß des Spritzdrucks auf die Drift.



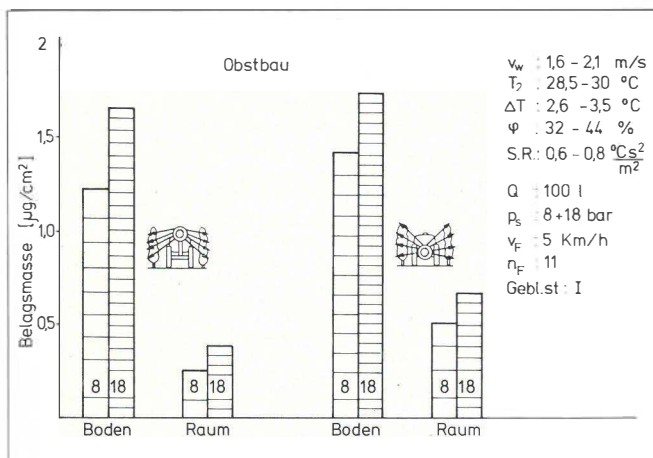


Abb. 17. Einfluß des Spritzdrucks auf die Drift.

4.4.3. Gerätebauart und Spritzdruck

Die Abb. 16 und 17 zeigen den Einfluß des Spritzdruckes auf die Drift. Bei allen drei Gerätebauarten steigen die Driftwerte für Boden und Raum mit zunehmendem Spritzdruck an. Dies gilt für Wein- und Obstbau gleichermaßen, wobei die absoluten Werte im Weinbau aufgrund einer besseren Filterwirkung der Kultur und geringerer Gebläseleistungen erheblich niedriger ausfallen. Bei höherem Druck entsteht ein kleineres Tropfenspektrum – MVD (mittlerer Volumendurchmesser), d. h., der absolute Anteil kleiner Tropfen nimmt zu. Diese kleinen Tropfen haben eine geringere Sedimentationsgeschwindigkeit und eine kürzere Lebensdauer und werden von der vorherrschenden Luftströmung eher erfaßt und abgetrieben. Beachtenswert ist das Ausmaß der durch eine oberhalb der Kultur mehrreihig applizierenden „Kanone“ (Nr. 5) hervorgerufenen Drift. Bei diesem Verfahren bewegt sich der Trägerluftstrom mit den Tröpfchen erst oberhalb des Bestandes im freien Raum, ohne durch die Kultur gefiltert zu werden. Der in diesem Bereich herrschende Wind und die Thermik können die Tropfen, die Entfernungen bis zu 6 m bis zu den Zielflächen zurückzulegen haben, verstärkt ablenken und verfrachten.

4.4.4. Geräte am Steilhang

An Steilhanglagen werden häufig Weitsprühgeräte (Nr. 10) verwendet, die auf Wegen in Schichtlinien die Rebflächen hangabwärts und hangaufwärts behandeln. Der Wegabstand kann zwischen 50 und 70 m betragen und lag bei unseren Versuchen bei 60 m. Eine Behandlungsalternative bietet der Hubschrauber (Nr. 11), der entweder mit Hohlkegeldüsen (11 a) oder mit Rotationszerstäubern (11 b) eingesetzt wer-

den kann. Die bei dem Gerätevergleich zwischen dem Weitsprühgerät und bei den Hubschrauberversionen zugrunde gelegten Applikationsparameter sind der Tafel I unter 10, 11 a und 11 b zu entnehmen. Werden die bei diesen Versuchen ausgebrachten unterschiedlichen Aufwandvolumina ($Q = 7, 24, 100$ l) auf eine Berechnungsbasis von 100 l und somit auf gleichen flächenbezogenen Wirkstoffanteil extrapoliert, so nimmt das Ausmaß der Drift in der Reihenfolge Hubschrauber mit Rotationszerstäuber – Hubschrauber mit Dralldüse und Weitsprühgerät ab.

Diese Ergebnisse sind unter einem gewissen Vorbehalt zu betrachten, da die Anzahl der Wiederholungen je Versuchsglied aus Gründen einer Kontaminierungsgefahr für die Weintrauben in Anbetracht der fortgeschrittenen Jahreszeit auf vier eingeschränkt werden mußte. Weitere eingehende Versuche für diesen Bereich sind unter Einbeziehung von Anlagerungsmessungen geplant.

4.4.5. Folgerungen für den Einsatz

Aus den dargelegten Versuchsergebnissen ist ersichtlich, daß sich das Ausmaß der Drift sowohl durch eine günstige Gerätebauart, insbesondere durch eine geeignete Luftstrahlführung, als auch durch Einhaltung driftmindernder applikationstechnischer Parameter reduzieren läßt. Hierzu gehören eine an die jeweilige Kultur und Belaubungszustand angepaßte Luftleistung und Luftgeschwindigkeit, eine niedrige Fahrgeschwindigkeit und ein geringer Spritzdruck.

Literatur

1. FROST, K. R.: Pesticide drift from aerial and ground applications. *Agricultural Engineering*, August 1970, 460–464.
2. GOERING, C. E. and B. J. BUTLER: Paired field studies of herbicide drift. *ASAE Paper No. 73-1575*.
3. YATES, W. E., N. B. AKERSON and R. E. COWDEN: Criteria for minimizing drift residues on crops downwind from aerial applications. *Transactions of the ASAE*, 1974, 627–632.
4. HOSSEINIPOUR, M.: Drift unter klimatologischen Bedingungen. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*, Heft 178, Berlin 1977.
5. BARAD, M. L.: Examination of a windprofil proposed by Swinbank. *Journal of Applied Meteorology*, 2. 1963.
6. DEFANT, F.: *Local winds*. *Compendium of Meteorology*, Boston, Amr. Meteor. Soc. 1951.
7. GEIGER, R.: *Das Klima der bodennahen Luftschicht*. Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1960.
8. SMITH, D. B., C. E. GOERING, S. K. LEDUC and J. D. QUIGG: *Chemical Application Decisions Based on Temporal Periods*. *ASAE* 1974, 620–622.
9. MÖLLER, F.: *Einführung in die Meteorologie*. Hochschultaschenbücher, Band 276, B.I. Wissenschaftsverlag.
10. von OHEIMB, R.: Einfluß unterschiedlicher Sprühgerätkonzeption auf Wirkstoffanlagerung und Abtritt bei Raumkulturen. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*, Heft 178, Berlin 1977.