

Bei Geräten mit $y = 0$ ist zu erwarten, daß die Linien gleichen Energiebedarfs Parallelen zur Ordinate sind. Durch den Rollwiderstand des Schleppers (s. Gl. (14)) sind diese Linien jedoch etwas geneigt, wie Bild 5 zeigt. Ganz anders sehen die Linien gleichen Energiebedarfs für $y = 1$ aus. Sie schneiden im dargestellten Diagrammausschnitt zum Teil die Linien gleichen Leistungsbedarfs zweimal, was zur Folge hat, daß bei einem Schlepper bestimmter Leistung für zwei Wertepaare b und v der gleiche Energiebedarf vorhanden ist (z.B. für einen 100 kW-Schlepper ist sowohl bei $b = 2,1$ m und $v = 6,4$ km/h als auch bei $b = 1,65$ m und $v = 8,2$ km/h ein Energiebedarf von 74 kWh/ha notwendig).

6. Zusammenfassung

Es werden gezogene und angetriebene Bodenbearbeitungsgeräte bezüglich des Leistungs- und Energiebedarfs verglichen. Der Vergleich erfolgt unter Zugrundelegung gewisser Annahmen – z.B. gleicher auf die Arbeitsbreite bezogenen Leistungsbedarfs für alle Geräte –, so daß die Ergebnisse nicht so ohne weiteres verallgemeinert werden können. Der erläuterte Rechengang und die entsprechende Darstellungsweise der Ergebnisse gelten allgemein, so daß bei geänderten Voraussetzungen die entsprechenden Ergebnisse schnell ermittelt werden können.

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] ● Rosegger, S., F.-P. Sörgel u. H. Steinkampf: Verfahrenstechnische Entwicklungen bei steigenden Arbeits- und Energiekosten. DLG-Archiv 55, 1974, S. 9/32, DLG-Verlag, Frankfurt.
- [2] Sieg, R.: Erfahrungen mit neuartigen Geräten für Bodenbearbeitung und Bestellung. Landtechnische Schriftenreihe Heft 15, 1976, Österr. Kuratorium für Landtechnik, Wien.
- [3] Fischer, A.: Der Gegensatz zwischen Grubber und Fräse. Technik in der Landwirtsch. Bd. 2 (1921) H. 4, S. 73/75.
- [4] Meyenburg, K. v.: Grubber und Fräse (und Pflug). Technik in der Landwirtsch. Bd. 2 (1921) H. 5, S. 96/97.
- [5] Bornemann, A.: Die Fräskultur und ihre Beziehungen zur Ernährung der Kulturpflanzen. Technik in der Landwirtsch. Bd. 3 (1922) H. 8, S. 182/84.
- [6] ● Klemm, V. u. G. Meyer: Albrecht Daniel Thaer. Halle/Saale: VEB Max Niemeyer Verlag, 1968, S. 119 ff.
- [7] Stropfel, A.: Eine Methode zur Beurteilung von Bodenbearbeitungsverfahren im Hinblick auf die Schlagkraft. Grndl. Landtechnik Bd. 27 (1977) Nr. 4, S. 108/14.
- [8] Steinkampf, H. u. M. Zach: Vom Pflug bis zur Direktsaat; Geräte zur Bodenbearbeitung und ihr Leistungs- und Energiebedarf. DLG-Mitteilungen Bd. 93 (1978) H. 16, S. 934/36.
- [9] Patterson, D.: The NIAE Rotary Digger. Symposiumsbericht "Grubber und Grubberfräse" Agrartechnische Berichte Nr. 8, 1978, Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim.
- [10] Eggenmüller, A.: Untersuchungen an einer Schar-Fräsen-Kombination. Grndl. Landtechnik H. 11 (1959) S. 64/71.

Untersuchungsergebnisse zur Verbesserung der Tropfenanlagerung in Feldkulturen

Von P. Jegatheeswaran und H. Göhlich, Berlin*)

Mitteilung aus dem Sonderforschungsbereich 140 – Landtechnik "Verfahrenstechnik in der Körnerfruchtproduktion"

DK 632.9:632.982

Die Frage, wie eine weitere Verbesserung der Anlagerung von Spritztropfen an den vorgegebenen biologischen Zielflächen durch physikalische und insbesondere strömungstechnische Maßnahmen zu erreichen ist, ist nach wie vor zu stellen. Vor allem geht es hierbei um Möglichkeiten, die Verteilung der chemischen Substanz nicht nur wie bisher in einer definierten Ebene in bestimmtem Abstand von der Düse zu gewährleisten, sondern sie ebenfalls in der Tiefe eines Pflanzenbestandes zu verbessern. Im folgenden werden Untersuchungen dargestellt, wie mittels Luftführungselementen der Strömungsverlauf im Bestand beeinflußt und die Anlagerung verbessert werden kann.

*) Dipl.-Ing. P. Jegatheeswaran ist wiss. Mitarbeiter des Sonderforschungsbereichs 140 am Institut für Maschinenkonstruktion der Technischen Universität Berlin – Bereich Landtechnik und Baumaschinen, Prof. Dr.-Ing. H. Göhlich ist geschäftsführender Direktor des gleichen Instituts.

1. Einleitung

Wichtige Größen für das Durchdringen von Spritzschleiern in Feldbeständen sind die Tropfengröße und die vertikale Eindringgeschwindigkeit. Aus bisherigen Untersuchungen geht hervor, daß für eine ausreichende Durchdringung eines 30–40 cm hohen Getreidebestandes eine vertikale Tropfengeschwindigkeit von mindestens 3–4 m/s erforderlich ist. Die konventionellen Spritzdüsen (hydraulische Düsen) erzeugen beim Spritzvorgang nicht nur Tropfen unterschiedlicher Größe, sondern auch Tropfen mit unterschiedlichen Fluggeschwindigkeiten und -richtungen. Besonders Tropfen unter 100 μ m erreichen nach kurzem Flugweg bereits oberhalb des Bestandes ihre Endgeschwindigkeit (Schwebe- geschwindigkeit) und driften außerordentlich leicht ab.

Diese Abdrift wird durch den Fahrtwind und den natürlichen Wind verursacht. Besonders bei größeren Arbeitsbreiten, die im praktischen Betrieb eine größere Spritzhöhe erfordern, verringert sich die vertikale Tropfengeschwindigkeit bis zum Anlagerungsort noch weiter. Eine zunehmende Spritzhöhe verringert also die Durchdringung des Pflanzenbestandes und vergrößert die Verluste durch Abdrift. Eine Verminderung der Abdriftverluste und eine

Verbesserung der Durchdringung des Pflanzenbestandes lassen sich üblicherweise durch größere Spritzdüsen – also größeren Durchfluß und größeren Spritzdruck, d.h. insgesamt bei einem größeren Aufwandvolumen – erreichen.

In Bild 1 ist der Zusammenhang von Tropfendurchmesser, Durchfluß, Spritzdruck und Düsendröße dargestellt. Die Nachteile großer Aufwandvolumen sind allgemein bekannt und sollen hier nicht weiter erörtert werden. Kleinere Aufwandvolumen sind bei den konventionellen Verfahren mit kleinerem Durchsatz oder höheren Fahrgeschwindigkeiten erreichbar.

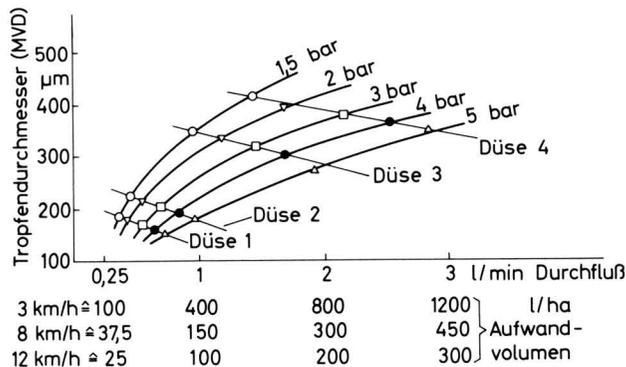


Bild 1. Zusammenhang zwischen Tropfengröße (MVD = mittlerer volumetrischer Durchmesser) und Durchfluß bei unterschiedlichen Flachstrahldüsen und Spritzdrücken.

Beide Möglichkeiten verursachen nach Nordby u. Skuterud [1], Göhlich [2] und Yates [3] relativ höhere Abdrift. Von Moser u.a. [4] wurde eine schlechtere biologische Wirksamkeit für höhere Fahrgeschwindigkeiten festgestellt. Ein Verkleinern des Aufwandvolumens ist im allgemeinen mit einer schlechteren Verteilung der Tropfen im Pflanzenbestand verbunden. Der fehlende Wasseranteil, d.h. dessen Energieanteil läßt sich jedoch durch Zusatzluft (Trägerluft) kompensieren.

Untersuchungen über die Anwendung solcher Trägerluft (aktive Luftführung) für Feldspritzgeräte wurden von Göhlich u. Knott [5] durchgeführt. Dieses Verfahren hat bisher im Feldbau nur bei Intensivkulturen Anwendung gefunden, weil bei größeren Arbeitsbreiten der Bedarf an Trägerluft so groß wird, daß das erforderliche Gebläse und sein Antrieb zu aufwendigen Konstruktionen führen.

2. Luftführung mittels Luftleitblech

Durch Ausbildung der Düsenträger bei Feldspritzgeräten in Form von Luftleitelementen wird es möglich, den horizontalen Fahrtwind in die vertikale Richtung umzulenken und hierdurch die vertikale Strömungsrichtung der Tropfen zu fördern [6]. Bei der konstruktiven Gestaltung müssen die folgenden Anforderungen an das Leitblech berücksichtigt werden:

1. den Fahrtwind strömungsgerecht in den Pflanzenbestand zu leiten
2. den Spritzschleier zu erfassen und nach unten zu beschleunigen
3. ein Anlagern der Tropfen an das Luftleitblech zu vermeiden
4. den Ausleger wie üblich einklappbar auszubilden.

3. Strömungsverlauf und Tropfenanlagerung im Bestand ohne und mit Luftleitblechen

Da das Anlagerungsverhalten beim Spritzvorgang von der Stärke und der Dauer der turbulenten Strömung beeinflusst wird, sind beide Größen gemessen worden. Als Strömungsgeschwindigkeits-Aufnehmer für turbulente Strömungen wurde ein thermo-elektri-

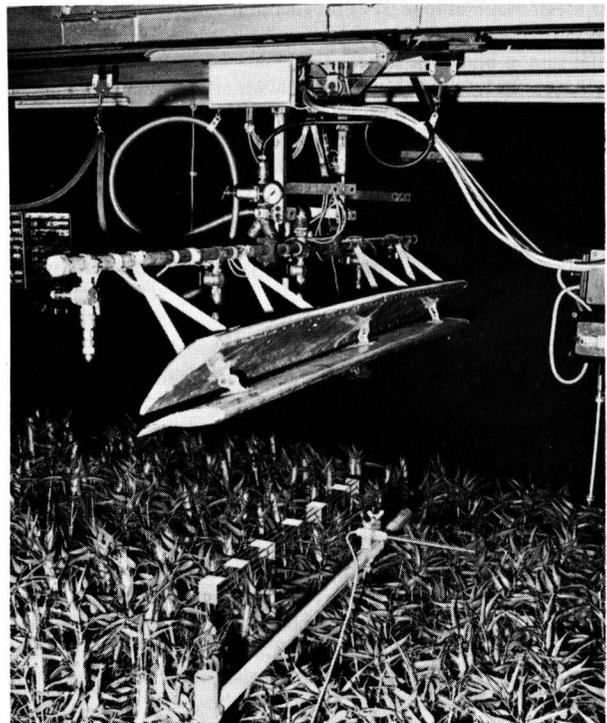


Bild 2. Versuchsstand mit dem Doppelleitprofil und Anordnung eines thermo-elektrischen Anemometers.

sches Anemometer eingesetzt. Dieses Gerät zeichnet sich, im Gegensatz zu den sonst häufig verwendeten Flügelradanemometern, durch eine besonders kleine Zeitkonstante aus. Die Versuchsanordnung mit dem Aufnehmer ist aus Bild 2 zu erkennen. Der gesamte Meßvorgang spielt sich in einer Zeit von ca. 1 bis 5 s ab.

Da der Rauschanteil des Meßsignals relativ hoch ist, wird ein Tiefpaßfilter mit einer Grenzfrequenz von 20 Hz zwischengeschaltet. Das gefilterte Signal des Hitzdrahtanemometers wird auf einem Digital/Analog-Meßwertspeicher aufgenommen. Mit diesem Speicher ist es möglich, in kurzer Zeit insgesamt 2048 verschiedene Werte zu speichern. Er beginnt mit dem Speichern (Storing), wenn das Spritzgestänge über die an der Meßstrecke eingebaute Reflexlichtschranke einen Schaltimpuls auslöst. Die eingespeicherten Meßwerte werden anschließend mit wesentlich geringerer Geschwindigkeit vom Rechner abgerufen und mit der für das verwendete Anemometer geltenden Eichkurve verrechnet. Als Endergebnis wird der Verlauf der Geschwindigkeit über der Zeit auf einem angepaßten X,Y-Schreiber aufgezeichnet. Da derartige X,Y-Schreiber nur eine relativ geringe Schreibgeschwindigkeit gestatten, ist eine Zeittransformation zwischen Aufnahme- und Wiedergabedauer erforderlich. Ferner werden der lineare und der quadratische Mittelwert sowie die Varianz berechnet, um die statistischen Angaben über den aufgezeichneten Vorgang zu erhalten.

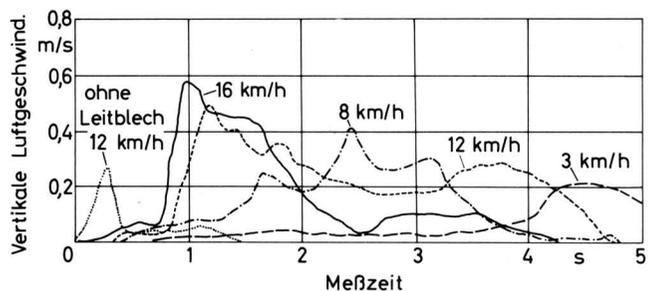


Bild 3. Geschwindigkeitsverläufe der turbulenten Strömung bei unterschiedlicher Fahrgeschwindigkeit mit und ohne Leitblech.

Mit dieser Meßmethode ist es möglich, turbulente Strömungen von sehr kurzer Dauer zu erfassen und aufzuzeichnen. Beispielsweise sind in **Bild 3** die Geschwindigkeitsverläufe der turbulenten vertikalen Strömung über der Zeit bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten dargestellt. Im Gegensatz zu der konventionellen Spritzmethode ist bei Verwendung von Leitblechen die Stärke und Dauer der vertikalen Luftströmung wesentlich größer. Besonders mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit verringert sich beim konventionellen Spritzen die Stärke und Dauer der turbulenten Strömung im Bestandsbereich.

4. Feldversuche mit Leitblech

Die Untersuchungen im Labor unter idealen Bedingungen mit künstlichem Pflanzenbestand wurden durch Versuche unter natürlichen Bedingungen in einem Kartoffelbestand ergänzt. Bei den Feldversuchen in Zusammenarbeit mit der Hauptgenossenschaft Hannover wurde der Einfluß des Luftleitbleches auf

- die Durchdringung des Bestandes
- die biologische Wirksamkeit
- die Abdrift

beim Spritzvorgang untersucht.

Bei einem Aufwandvolumen von 200 l/ha mit Luftleitblech, **Bild 4** – Versuch Nr. 3, ist die Belagsmasse gegenüber den konventionellen Spritzverfahren (Versuch Nr. 2) um 23 % höher. Im Hinblick auf die biologische Wirksamkeit des verwendeten Krautabtötungsmittels wurde festgestellt, daß bei Verwendung eines Luftleitbleches bereits mit einem auf 200 l/ha verringertem Aufwandvolumen die gleiche Wirkung der chemischen Mittel erzielt wurde, wie bei einem Aufwandvolumen von 300 l/ha ohne Luftleitblech. Besonders bei niedrigem Aufwandvolumen erhöhte das Luftleitblech die biologische Wirkung. Der Versuch Nr. 1 wurde mit einer Spritzdüse mit relativ großen Tropfen (Raindrop) durchgeführt.

Bild 4 zeigt rechts die Belagswerte aus Abdrift in unterschiedlichen Entfernungen vom Spritzgerät. Grundsätzlich liegt die Abdrift für Versuch Nr. 3 (mit Leitblech) niedriger als für Versuch Nr. 2 mit gleichen spritztechnischen Daten, jedoch ohne Leitblech. Der niedrige Wert für die Abdrift beim Einsatz von Raindropdüsen ist darauf zurückzuführen, daß die Tropfengröße (MVD) dieser Düse bei einem Spritzdruck von 3 bar 515 µm ist, während sie bei der Flachstrahldüse (Teejet 110.03) bei 5 bar nur 200 µm beträgt.

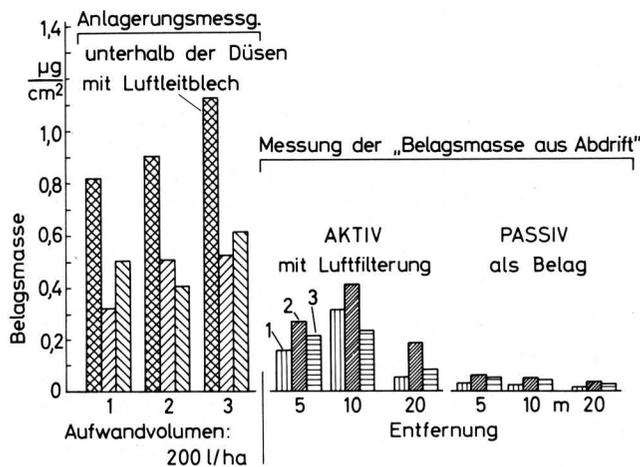


Bild 4. Links: Belagsmasse im Kartoffelbestand in Höhe von 100 mm □, von 400 mm ▨ und gesamt ▩ (100 + 400); rechts: Belagsmasse aus Abdrift.

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1 Rain Drop RD4 | 3 bar, Fahr- 12 km/h, Wind- 2,8 m/s |
| 2 Teejet 110 03 | 5 bar, geschw. 8,5 km/h, geschw. 2,8 m/s |
| 3 Teejet 110 03 mit Leitblech | 5 bar, 8,5 km/h, 3 m/s |

5. Zum Strömungsverlauf an Luftleitblechen

Wegen des verbesserten Anlagerungsverhaltens und der verminderten Abdrift beim Spritzen mit einfachen Leitblechen wurden weitere Untersuchungen durchgeführt, um die unerwünschte Wirbelbildung zu vermeiden und damit den Wirkungsgrad zu erhöhen. Ein Herabsetzen der Wirbelbildung mit gleichzeitigem Erhöhen des vertikalen Geschwindigkeitsanteils der Luftströmung ist nur durch eine strömungsgünstige Gestaltung des Luftleitprofils zu erreichen.

Hierbei gelten folgende Ziele:

1. Erhöhung der vertikalen Komponente der Luftgeschwindigkeit unmittelbar hinter dem Leitblech
2. qualitative Verbesserung des Strömungsverlaufs
3. Vermeidung von Wirbelschleppen.

Bei der Bewegung des Luftleitprofils mit der Fahrgeschwindigkeit tritt stets eine Widerstandskraft auf. Ein günstiges Verhältnis zwischen der vertikalen Komponente der Luftströmung und der Widerstandskraft kann nur durch eine strömungsgerechte Formgebung des Profils erreicht werden.

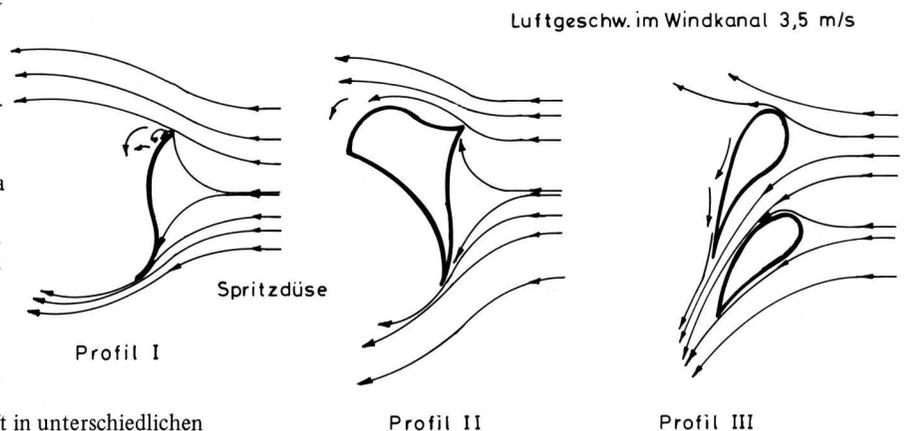


Bild 5. Strömungsverlauf bei unterschiedlichen Luftleitprofilen nach Windkanaluntersuchungen.

Im vorliegenden Fall besteht die Aufgabe darin, den Fahrtwind ohne unnötige Wirbelbildung in den Pflanzenbestand umzulenken. Die Bildung und Aufrechterhaltung der Randwirbel verbraucht Energie, deren Verlust sich als zusätzlicher Widerstand bemerkbar macht. Besonders bei niedrigen Reynoldszahlen erfordert die Verminderung dieses Widerstandes aerodynamisch angepaßte Formen. Hauptziel der Entwicklung ist es also, den Luftwiderstand weitgehend zu vermindern und gleichzeitig den horizontal wirkenden Fahrtwind optimal in vertikaler Richtung in den Pflanzenbestand umzulenken.

Eine quantitative Aussage über den Geschwindigkeitsverlauf allein genügt nicht, um Form und Anstellwinkel der Leitelemente sowie die Position der Spritzdüse – z.B. hinter oder vor dem Luftleitprofil – optimal zu gestalten. Möglichst alle Tropfen des Zerstäubers sollen durch die umgelenkte vertikale Luftströmung in Richtung des Pflanzenbestandes mitgenommen werden. Von dieser Zielsetzung ausgehend, wurden mittels Rauchfäden von unterschiedlichen Profilen Strömungsbilder im Windkanal aufgenommen. Die Stromlinienverläufe von drei Profilen sind in **Bild 5** dargestellt. Alle Verläufe zeigen ein Unterdruckgebiet hinter dem Profil, das eine Wirbelschlepe verursacht. Vor dem Profil tritt eine Umlenkung des Luftstromes ein. Da die Wirbelschlepe nachteilig auf die Tropfen wirken kann, wurde die Spritzdüse abweichend von den ersten Untersuchungen vor dem Luftleitprofil an der Umlenkungszone angeordnet.

Durch Änderung der Neigung des Profils zur Fahrtrichtung läßt sich die vertikale Komponente der Luftströmung verändern. Eine steilere Anstellung des Profils kann insbesondere an der Oberkante bei den Profilen I und II zu einer störenden Ablösung der Strömung führen. Beim Doppelleitprofil III wird die Störung durch Ablösungen an der Oberkante wesentlich geringer, wobei der Neigungswinkel beider Profile eine wesentliche Rolle spielt.

Anhand von Rauchbildern, **Bild 6**, ist der qualitative Strömungsverlauf beim Doppelleitprofil auf der Spritzbahn in Zusammenhang mit der Düsenanordnung untersucht worden. Durch den Venturi-Effekt ist die Luftgeschwindigkeit zwischen den beiden Flügelprofilen größer als die Fahrgeschwindigkeit. Dadurch werden die Störwirbel, die hinter dem oberen Profil entstehen, in Richtung auf den Bestand mitgenommen. Durch Anbringen der Spritzdüse vor dem Leitblech in Höhe der unteren Flügelbegrenzung läßt sich eine optimale Tropfenbewegung erreichen.

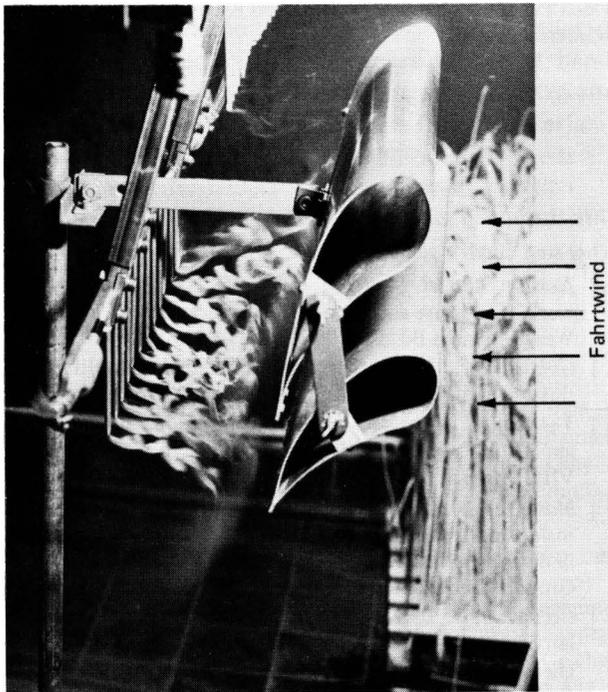


Bild 6. Darstellung des Stromlinienverlaufes an einem Doppelleitprofil mit Hilfe von Rauchfäden.

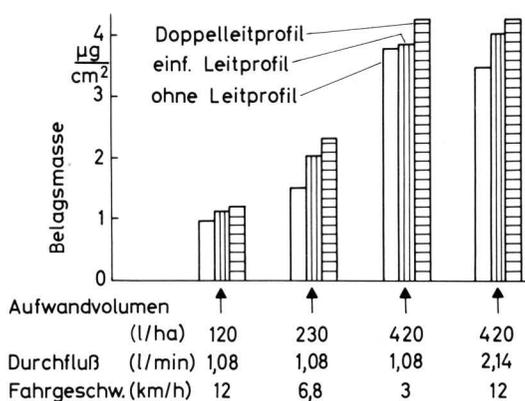


Bild 7. Anlagerungsverhalten im künstlichen Pflanzenbestand ohne und mit Leitprofilen (Flachstrahldüse – 2,5 bar, Spritzhöhe 500 mm, Bestandshöhe 600 mm).

Im **Bild 7** ist das Anlagerungsverhalten bei drei Spritzvarianten verglichen. Spritzen mit einem einfachen Luftleitblech führt grundsätzlich zu einer Erhöhung der Belagsmasse. Das Doppelleitprofil ergibt eine weitere Verbesserung. So liegt die insgesamt angelagerte Masse der Spritzflüssigkeit innerhalb des gesamten Bestandes mit dem Doppelleitprofil ca. 20 % höher als bei der konventionellen Spritzmethode, sofern eine Fahrgeschwindigkeit über 10 km/h angewendet wird.

6. Anlagerungsverhalten mit Rotationszerstäubern

Neben den konventionellen hydraulischen Zerstäubern wurden in den Spritzversuchen ebenfalls Rotationszerstäuber, kombiniert mit dem Luftleitprofil, eingesetzt. **Bild 8, 9 und 10** stellen die strömungstechnischen Einflüsse des Luftleitprofils auf die Tropfenbewegung beim Spritzen mit Rotationszerstäubern dar. Die Tropfenbewegung ist beim Spritzen mit Luftleitprofil bei einer Fahrgeschwindigkeit von 12 km/h wesentlich günstiger als bei einer Fahrgeschwindigkeit von 3 km/h und ohne Luftleitprofil.

Die Vorteile der Rotationszerstäuber gegenüber hydraulischen Zerstäubern liegen in der Möglichkeit zum Ausbringen eines besonders kleinen Aufwandvolumens ($\approx 5\text{--}20$ l/ha) mit einem engen Tropfenspektrum bei gleicher Austrittsgeschwindigkeit der Tropfen. Bisher wurden derartige Zerstäuber nur bei Flugzeugapplikation und Raumsprüheräten eingesetzt.



Bild 8. Rotationszerstäuber ohne Luftleitprofil bei einer Applikationsgeschwindigkeit von 3 km/h.

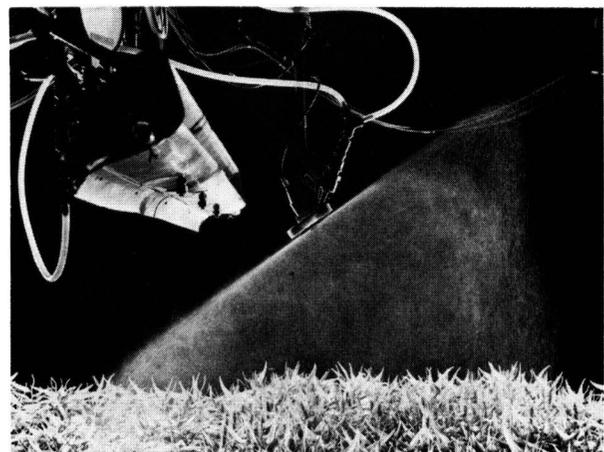


Bild 9. Rotationszerstäuber mit Doppelleitprofil im Stand.

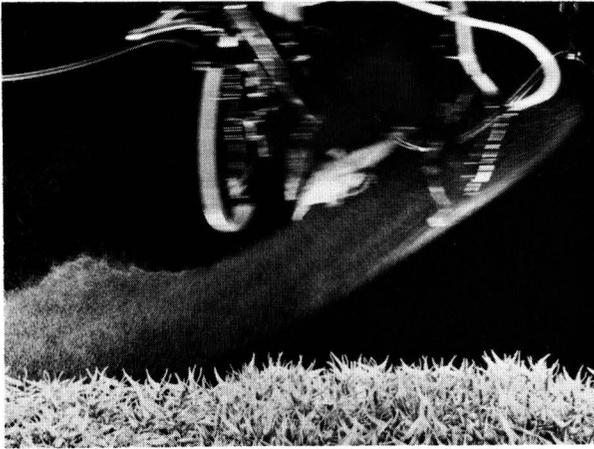


Bild 10. Rotationszerstäuber mit Doppelleitprofil bei einer Applikationsgeschwindigkeit von 9 km/h.

Wegen der schlechteren Querverteilung und etwas umständlicher technischer Handhabung wurden Rotationszerstäuber für Feldspritzgeräte bisher nicht verwendet. Einige Vergleichsuntersuchungen von Rotationszerstäubern mit konventionellen Flachstrahldüsen auf der Labor-Spritzbahn zeigten jedoch hinsichtlich der Anlagerung und Durchdringung recht beachtenswerte Ergebnisse.

So war bei Spritzversuchen mit Luftleitprofil festzustellen, daß das Durchdringvermögen der Tropfen beim Spritzen mit Rotationszerstäubern bei dem sehr niedrigen Aufwandvolumen von 13,3 l/ha besser als mit einer Flachstrahldüse (Teejet 110.01 bei 1,5 bar) ist.

| Zerstäuberart und Winkelstellung | Anlagerungsmasse in $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ in der Höhe | | |
|---|---|--------|--------|
| | 600 mm | 300 mm | 200 mm |
| Rotationszerstäuber 60° (MVD = 120 μm) | 0,20 | 0,08 | 0,05 |
| Flachstrahldüse 90° (MVD = 143 μm) | 0,22 | 0,06 | 0,04 |

Tafel 1. Anlagerungsmasse in unterschiedlichen Höhen des künstlichen Pflanzenbestands; konstantes Aufwandvolumen von 13,3 l/ha bei einem Durchfluß von 0,1 l/min.

In **Tafel 1** sind die Anlagerungen im Pflanzenbestand in verschiedenen Höhen angegeben. Der Rotationszerstäuber lagert hiernach in den tieferen Zonen deutlich höhere Mengen ab, wohingegen beim Flachstrahlerstäuber am Pflanzendach eine höhere Anlagerung erreicht wird.

7. Zusammenfassung

Um eine verbesserte Verteilung der Tröpfchen innerhalb eines Pflanzenbestandes zu erreichen, wird der Effekt von Luftleitblechen untersucht. Der horizontal gerichtete Staudruck wird in eine vertikale Strömung der Luft umgesetzt. Hierbei erweist sich ein doppeltes Flügelleitprofil als besonders wirksam. Ebenfalls erweisen sich Luftleitprofile beim Einsatz von Rotationszerstäubern als besonders wirksam.

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] Nordby, A. u. R. Skuterud: The effects of boom height, working pressure and wind speed on spray drift. Weed Research Bd. 14 (1975) S. 385/95.
- [2] Göhlich, H.: Pflanzenschutzverfahren und Umweltbeeinflussung. Landtechnik Bd. 29 (1974) H. 2, S. 57/61.
- [3] Yates, W.E.: Research on drift from various spray application systems. Z. Pflanzenkrankheiten, Sonderdr. VIII (1977) S. 357/62.
- [4] Moser, E., W. Koch u. H. Ganzelmeier: Bestimmung optimaler Applikationsbedingungen für die Unkrautbekämpfung in der Körnerfruchtproduktion. Grundl. Landtechnik Bd. 26 (1976) Nr. 4, S. 117/21.
- [5] Göhlich, H. u. L. Knott: Das Eindringen von Spritzstrahlen und Sprühstrahlen und die Tropfenablagerung in Flächenkulturen und Raumkulturen. Teil I. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes Jg. 26 (1974) H. 1, S. 8/14.
- [6] Göhlich, H. u. P. Jegatheeswaran: Voraussetzungen für eine Weiterentwicklung von Pflanzenschutzverfahren. Grundl. Landtechnik Bd. 27 (1977) Nr. 4, S. 114/18.
- [7] ● Prandtl, L., K. Oswatitsch u. K. Wieghardt: Strömungslehre. Braunschweig: Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, 1969.