

## 5. Zusammenfassung

Das Bremsverhalten landwirtschaftlicher Schlepper ohne Anhänger wurde an 16 Fahrzeugen, die das aktuelle Serienangebot repräsentieren, untersucht. Hierbei wurden alle relevanten Betriebsparameter (Beladung, Fahrbahn-, Bremsen- und Bereifungszustand, Fahrer, Fahrgeschwindigkeit) einbezogen und variiert.

Im wichtigsten Kriterium "Bremsweg bei Panikbremsungen" können heutige Ackerschlepper die nach RREG 71/320 für Nutzfahrzeuge zulässigen Bremswege im Geschwindigkeitsbereich bis 40 km/h bei bemerkenswert guter Kursstabilität einhalten.

Voraussetzung für diese adäquate Bremssicherheit der Ackerschlepper im Geschwindigkeitsbereich bis 40 km/h sind eine entsprechende Anpassung der dynamischen Achslasten durch die Schwerpunkt-lage und eine Begrenzung des Einflusses der Bremsnickschwingungen durch geeignete konstruktive Maßnahmen.

Eine Aussage über die Leistungsfähigkeit der Bremsanlagen und das allgemeine Fahrverhalten über 40 km/h bedarf weiterer Untersuchungen insbesondere hinsichtlich der Auswirkungen der schlepper-typischen Bremsnickschwingungen, der Kursstabilität und der Lenkeigenschaften.

### Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [ 1 ] *Auernhammer, H.*: Transporte in der Landwirtschaft – größer oder schneller? Landtechnik Bd. 36 (1981) H. 4, S. 171/74.
- [ 2 ] *Söhne, W.*: Ackerschlepper 1982. Automobiltechnische Zeitschrift (ATZ) Bd. 85 (1983) H. 1, S. 37/48.
- [ 3 ] *Zomotor, A.*: Verhalten eines Fahrerkollektives in Not-situationen. Der Verkehrsunfall Bd. 17 (1979) H. 12.
- [ 4 ] ● *Bussien, R.*: Automobiltechnisches Handbuch. Band II, 18. Auflage, S. 65 ff. Berlin: Technischer Verlag Herbert Cram, 1965.
- [ 5 ] *Bode, O. u. H. Meyer*: Versuche zur Ermittlung von Kennwerten für die unmittelbare Bremsprüfung. Deutsche Kraftfahrtforschung und Straßenverkehrstechnik Heft 96, Düsseldorf: VDI-Verlag 1956.
- [ 6 ] *Bode, O., H. Merz u. M. Dreier*: Bremsverhalten und Bremsprüfung von Fahrzeugen mit nicht mehr als 20 km/h Höchstgeschwindigkeit. Deutsche Kraftfahrtforschung und Straßenverkehrstechnik Heft 98, Düsseldorf: VDI-Verlag 1956.
- [ 7 ] *Burckhardt, M. u. E.-Chr. Glasner von Ostenwall*: Beitrag zur Beurteilung des Beschleunigungs- und Bremsverhaltens eines Kraftfahrzeuges. Automobiltechnische Zeitschrift (ATZ) Bd. 76 (1974) H. 4, S. 103/107.
- [ 8 ] Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung; § 41. Straßenverkehrsrecht, Loseblatt-Textsammlung, München: Ch. Beck'sche Verlagsbuchhandlung.
- [ 9 ] Richtlinie des Rates vom 6. April 1976 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bremsanlagen von land- oder forstwirtschaftlichen Zugmaschinen auf Rädern, 76/432/EWG FEE, Fahrzeugtechnik EWG/ECE, Loseblatt-Textsammlung, Bonn-Bad Godesberg: Verlag Kirschbaum 1976.
- [ 10 ] Richtlinie des Rates vom 26. Juli 1971 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bremsanlagen bestimmter Klassen von Kraftfahrzeugen und deren Anhänger 71/320/EWG FEE, Fahrzeugtechnik EWG/ECE, Loseblatt-Textsammlung, Bonn-Bad Godesberg: Verlag Kirschbaum 1971.
- [ 11 ] *Grammes, G.*: Anforderungen an die Bremsanlage von landwirtschaftlichen Zugmaschinen über 25 km/h bis maximal 40 km/h. Diplomarbeit 5/78 am Fachgebiet Fahrzeugtechnik, Technische Hochschule Darmstadt, 1978, unveröffentlicht.
- [ 12 ] *Lenhardt, Th.*: Bauarten von Bremsanlagen in lof Zugmaschinen. Theoretische Studienarbeit Nr. 79/80 am Fachgebiet Fahrzeugtechnik, Technische Hochschule Darmstadt, 1981, unveröffentlicht.

## Strömungsverhältnisse und Strömungsformen bei Gebläsen für Sprüheräte in Raumkulturen

Von Eberhard Moser und Ulrich Roßwag, Stuttgart-Hohenheim\*)

DK 632.9:621.6:533.011

Wegen der besonderen Anforderungen beim Pflanzenschutz in Raumkulturen – räumliche Anordnung der zu behandelnden Pflanzenteile und z.T. große Wege der Brüheteilchen vom Gerät bis zur Zielfläche – wird hier im allgemeinen mit einem Trägerluftstrom gearbeitet.

Der Beitrag stellt die Grundeigenschaften verschiedener Gebläsebauarten und der zugehörigen Luftströme dar und gibt eine empirische Gleichung an, mit der die Geschwindigkeit in der Mitte des Luftstrahls in Abhängigkeit von den Abmessungen des Luftaustritts, der Anfangsgeschwindigkeit der Luft und der Fahrgeschwindigkeit berechnet werden kann.

\*) Prof. Dr.-Ing. E. Moser ist Leiter des Fachgebietes Verfahrenstechnik für Intensivkulturen am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Dipl.-Ing. agr. U. Roßwag ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am gleichen Institut.

### 1. Einleitung

In Intensivkulturen wird auch in Zukunft dem chemischen Pflanzenschutz eine große Bedeutung zukommen. Besonders Dauerkulturen, wie Obst, Reben und Hopfen, werden durch eine Vielzahl von Schadorganismen gefährdet, so daß in enger zeitlicher Abfolge – bis zu 20mal im Jahr – Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt werden müssen.

Aus ökonomischer und ökologischer Sicht ist eine Applikationstechnik notwendig, die den Wirkstoff gezielt anlagert, ohne die Umwelt zu belasten. Gegenüber Flächenkulturen ergeben sich für Raumkulturen höhere Anforderungen an die Geräte, da die Tröpfchen auf ihrer längeren Flugbahn durch Thermik, Wind und Gravitation stärker abgelenkt werden. Sie verlieren rasch kinetische Energie, wodurch ihr Anlagerungsvermögen herabgesetzt wird.

Die räumliche Ausdehnung der Pflanzen und die Notwendigkeit einer gleichmäßigen Wirkstoffanlagerung auf allen Pflanzenteilen erfordert ein Durchdringen vorgelagerter Teile. Insbesondere ist der Belag auf Blattunterseite und Neuaustrieben von Bedeutung, da hier die Schädlinge und Pilzkrankheiten zu Beginn des Befalles bzw. der Infektion zuerst auftreten und bekämpft werden müssen [1].

Für die Behandlung von Raumkulturen hat sich ein gerichteter Trägerluftstrom als Transportmedium durchgesetzt. Damit wird die Flugzeit der Tröpfchen kürzer und die Beeinflussung durch Wind und Thermik gemindert. Außerdem wird das Durchdringungsvermögen der Tröpfchen erhöht und durch die Bewegung der Blätter im Luftstrom eine Belegung auf der geräteabgewandten Seite möglich.

Während des Fluges und beim Auftreffen auf ein Objekt hängt das Verhalten eines Tröpfchens hauptsächlich vom Trägerluftstrom des Gebläses ab, so daß eine Erklärung des Transport- und Anlagerungsverhaltens nur bei Kenntnis der Strömungsverhältnisse möglich ist.

## 2. Eingesetzte Gebläsearten

Ein Trägerluftstrom kann mit Gebläsen unterschiedlicher Bauart erzeugt werden. In Tafel 1 sind die wichtigsten Bauarten im Schema dargestellt und in den Grundeigenschaften beschrieben, wobei nach der Art der Luftströmung im Gebläse unterschieden wird [2].

Gebälse	Axial		Radial		Querstrom
Bezeichnung	Axial ohne Umlenkung	Axial mit Umlenkung	Tangential	Trommelläufer	Zweimal durchströmt
Strahlform	Zylinderströmung	ebene Quellströmung	Zylinderströmung	Rechteckstrahl	Rechteckstrahl
Luft Eintritt	Axial				Radial
Luft Austritt	Axial	Radial	Radial	Radial	
Wirkungsgrad $\eta_{\max}$ [%]	85	85	80	65	60
Austrittsgeschwindigkeit [m/s]	$\approx 35$	$\approx 35$	$\approx 80$	$\approx 40$	$\approx 30$
Luftrate [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	- 20	- 18	- 4,5	- 4	- 5,5

Tafel 1. Zusammenstellung der im Pflanzenschutz verwendeten Gebläsebauarten.

### 2.1 Axialgebläse

Sie zeichnen sich durch relativ große Luftmengen aus, liefern jedoch nur mittlere Drücke, d.h. mittlere Luftaustrittsgeschwindigkeiten.

Bei Weitraumsprüheräten wird der Luftstrom axial beschleunigt und axial ausgeblasen. Meist wird durch Luftleiteinrichtungen die Luft gerichtet und der Drall reduziert. Die erzeugte Strahlform ist eine Zylinder- bzw. achsensymmetrische Strömung.

Die gebräuchlichere Form ist das Axialgebläse mit nachfolgender 90°-Umlenkung des Luftstromes und radialem Luftaustritt. Diese Luftführung findet bei der Behandlung von nahezu allen Raumkulturen Verwendung, da mit der erzeugten ebenen Quellströmung beiderseits der Fahrspur appliziert werden kann. Oft läßt sich mit zweistufigen Getrieben die Gebläsedrehzahl variieren, wodurch sich Luftrate (Volumenstrom), Druck und erforderliche Leistung entsprechend ändern. Nachteilig ist bei vielen dieser Geräte der inhomogene Luftstrom (Drall und ungleiche Geschwindigkeitsverteilung über den Umfang des Luftaustrittes) und die oft nicht auf die Eigenschaften des Pflanzenbestandes ausgerichtete Luftströmung (zu hohe Luftgeschwindigkeiten in blattarmen Pflanzenre-

gionen), wodurch die Driftgefahr erhöht wird. Zuweilen neigen diese Konstruktionen, besonders wenn Luftaustritt und Ansaugöffnung zu nahe beieinanderliegen, zu zirkulierenden Luftströmungen, wobei ein Teil des austretenden Luft-Tropfen-Gemisches erneut angesaugt wird. Luftleiteinrichtungen im Ausblasquerschnitt, ein Verlegen der Ansaugseite in Fahrtrichtung bzw. Drehen des Gebläses und die räumliche Trennung von Lufteintritt und -austritt erhöhen die Effektivität und Wirkung der Gebläse.

### 2.2 Radialgebläse

Radialgebläse erzeugen hohe Drücke und damit hohe Luftaustrittsgeschwindigkeiten bei geringeren Luftmengen. Sie saugen die Luft axial an, beschleunigen sie im Laufrad und blasen radial aus.

In der Applikationstechnik haben sich verschiedene Gebläsebauarten entwickelt, die sich in der Art des Luftaustrittes unterscheiden. Verschiedene Weitraumsprüheräten haben ein schwenkbares Luftaustrittsrohr, oder das Gehäuse wird um die Gebläsewelle gedreht.

Im Weinbau werden auch Radialgebläse eingesetzt, welche die Trägerluft über mehrere Schläuche an die Pflanzenteile führen; teilweise wird der Luftstrom radial an mehreren Stellen des Gebläsegehäuses entnommen und zwangsweise weitergeleitet oder aufgefächert.

Je nach Ausformung des Luftaustrittes wird eine Zylinderströmung oder eine in einem bestimmten Kreissektor austretende ebene Quellströmung erzeugt.

Im Pflanzenschutz weniger gebräuchlich ist eine Sonderform der Radialgebläse, der Trommelläufer. Er besitzt in Drehrichtung gekrümmte Schaufeln, ein größeres Verhältnis von Breite zu Durchmesser und erzeugt eine Rechteckströmung.

### 2.3 Querstromgebläse

Sie werden seit mehreren Jahren für niedrigwachsende Raumkulturen wie Reben und Strauchbeeren verwendet. Der Vorteil dieser Geräte liegt in der homogenen Luftströmung im rechteckigen Luftaustritt. Frontseitiger, in Fahrtrichtung liegender Lufteintritt, Umlenkung im Gebläse und gute räumliche Trennung des Luftaustrittes verhindert ein Zirkulieren der Strömung. Der Trägerluftstrom bzw. dessen Richtung kann einfach an die Pflanzen angepaßt werden. Die Gebläse haben niedrige Wirkungsgrade und für eine Pflanzenbehandlung beiderseits der Fahrspur sind zwei Gebläse notwendig.

Die in der Tafel angegebenen Wirkungsgrade sind Maximalwerte. Der Kennlinienverlauf ist für Radialgebläse und Trommelläufer steil, für Querstromgebläse etwas flacher und für Axialgebläse flach; Radial- und Axialgebläse zeigen bei kleinen Volumenströmen Instabilität.

Im Pflanzenschutz arbeiten die Geräte meist nicht in ihrem Wirkungsgradoptimum. Untersuchungen an Axialgebläsen mit Umlenkung haben zum Teil Wirkungsgrade unter 40 % ergeben [3]. Die Luftaustrittsgeschwindigkeit der Gebläse wird von der Luftrate und der Querschnittsfläche des Luftaustrittes bestimmt. Im allgemeinen besitzen aufgrund der möglichen Druckhöhen Radialgebläse große, Axialgebläse mittlere und Querstromgebläse kleine Luftaustrittsgeschwindigkeiten.

### 3. Strahlformen

Die Ausbreitung einer Luftströmung hängt im Prinzip nicht von der Gebläsebauart ab; aus konstruktiven Gründen erzeugen aber gewisse Gebläsebauarten bestimmte Strahlformen. Unter einem Freistrahle wird eine in die ruhende Umgebung eintretende Strömung verstanden, die in Ausbreitungsrichtung  $x$  entlang der Mischungsgrenze zusätzliche Luftmassen mitreißt, so daß die Masse des strömenden Mediums ständig größer wird [4]. Nach dem Impulserhaltungssatz bleibt der Gesamtimpuls konstant, und demzufolge nimmt die Geschwindigkeit des strömenden Mediums ab. Die Strahlbreite  $b$  nimmt dabei proportional mit der zurückgelegten Entfernung zu [3, 5, 6, 7].

#### 3.1 Ebener Freistrahle

Der ebene Freistrahle ist eine aus einem Spalt der Breite  $b_0$  austretende Strömung mit unendlicher Höhe  $h$ . Die in Bild 1 dargestellte Rechteckströmung erfüllt die Bedingungen für den ebenen Strahl, wenn

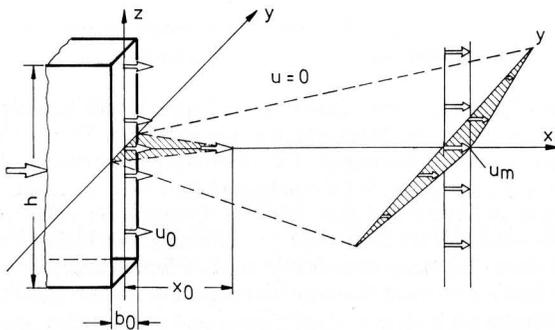
$$h/b_0 > 80.$$

Der Impuls des Strahles ist dann in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und der Strahlbreite zu ermitteln. Die Mittengeschwindigkeit  $u_m$ , die der Maximalgeschwindigkeit in der jeweiligen Entfernung  $x$  entspricht, beträgt

$$u_m \sim 1/\sqrt{x}.$$

In Querrichtung (über der Strahlbreite) kann das Strömungsprofil durch eine Gaußkurve beschrieben werden, d.h. mit wachsendem Abstand von der Strahlachse nähert sich die Geschwindigkeit asymptotisch dem Wert null. In  $z$ -Richtung betrachtet, sind die Profile als identisch anzusehen. Im Strahlkern, dem im Querschnitt dreieckigen Gebiet hinter dem Luftaustritt, bleibt die Anfangsgeschwindigkeit  $u_0$  erhalten. Die Kernlänge  $x_0$  ist der Spalt- bzw. Strahlanfangsbreite direkt, der Mischungszahl  $m$  umgekehrt proportional

$$x_0 = b_0/m.$$



**Bild 1.** Geometrie und Geschwindigkeitsverteilung beim ebenen Freistrahle. Kernlänge  $x_0 = b_0/m$ ;  $m = 0,1-0,4$  mittl. Geschwindigkeit  $u_m \sim 1/\sqrt{x}$ .

Die Mischungszahl  $m$ , abhängig von der Reynoldsschen Zahl und der hydraulischen Glätte des Luftaustrittes, liegt für Gebläse, die im Pflanzenschutz verwendet werden, zwischen 0,1 und 0,4. In der Applikationstechnik wird der ebene Freistrahle wegen des Verhältnisses  $h/b > 80$  nicht benützt. Am nächsten kommt ihm die schmale Rechteckströmung eines Querstromgebläses.

#### 3.2 Achsensymmetrischer Freistrahle

Der achsensymmetrische Freistrahle, Bild 2, tritt aus einer kreisrunden Öffnung aus. In Analogie zu den Bezeichnungen beim ebenen Freistrahle ist

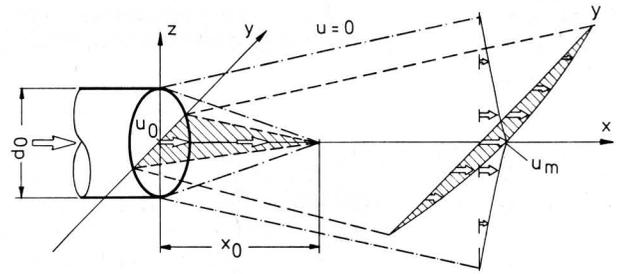
$$h/b_0 = 1.$$

Damit folgt aus dem Impulserhaltungssatz bei Bezug auf die Entfernung  $x$  vom Luftaustritt die Mittengeschwindigkeit zu

$$u_m \sim 1/x.$$

Für die Kernlänge  $x_0$  und die Mischungszahl  $m$  gilt das gleiche wie beim ebenen Freistrahle.

Diese Strahlform wird hauptsächlich bei Weitraumsprüheräten benützt.

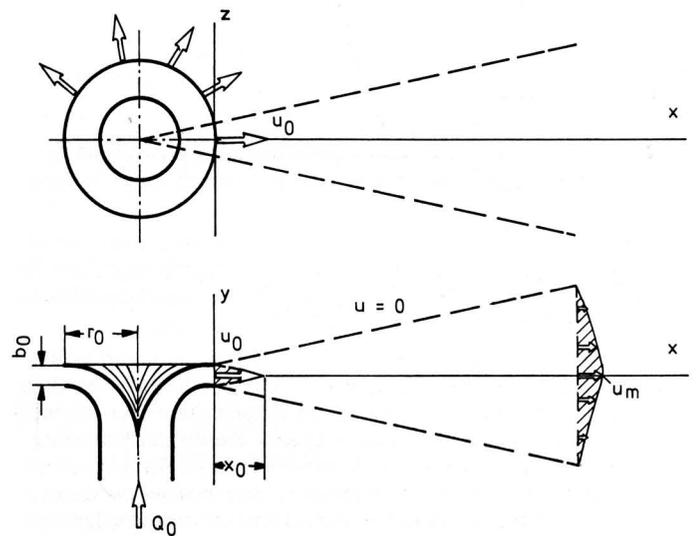


**Bild 2.** Geometrie und Geschwindigkeitsverteilung beim achsensymmetrischen Freistrahle. Kernlänge  $x_0 = d_0/m$ ;  $m = 0,1-0,4$  mittl. Geschwindigkeit  $u_m \sim 1/x$ .

#### 3.3 Ebene Quellströmung

Ein von einem Axialgebläse erzeugter zylindrischer Luftstrom wird um  $90^\circ$  umgelenkt und tritt radial aus einem Spalt mit der Breite  $b_0$  aus. Die dadurch entstehende ebene Quellströmung, Bild 3, findet in der Applikationstechnik die meiste Verwendung.

Die Ausbreitung erfolgt nach denselben Gesetzmäßigkeiten wie beim achsensymmetrischen Freistrahle, da für jedes radiale Strahlsegment das Höhen-Breiten-Verhältnis mit 1 angenommen werden kann. Die Mittengeschwindigkeit  $u_m$  ist damit ebenfalls der Entfernung  $x$  umgekehrt proportional.



**Bild 3.** Geometrie und Geschwindigkeitsverteilung bei einer "ebenen" Quellströmung. Kernlänge  $x_0 = b_0/m$ ;  $m = 0,1-0,4$  mittl. Geschwindigkeit  $u_m \sim 1/x$ .

#### 4. Strahlausbreitung

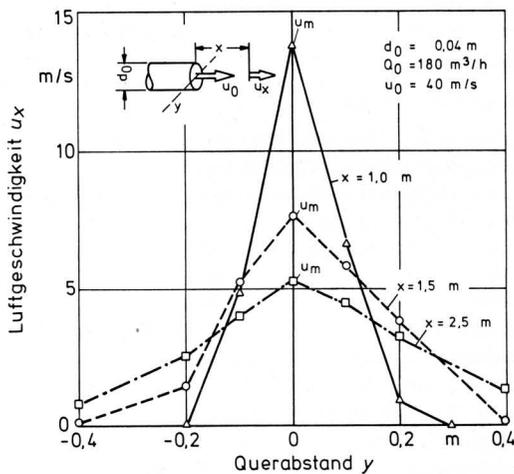
Mit reproduzierbaren, klimaunabhängigen Laboruntersuchungen, bei denen die geometrischen Abmessungen gegenüber den Gegebenheiten der Praxis im Maßstab 1 : 10 verkleinert wurden und somit sich die erforderlichen Luftmengen auf ein Hundertstel reduzierten, wurden die Einflußgrößen auf die Strahlausbreitung untersucht. Die Werte für Anfangsluftgeschwindigkeit und Fahr- geschwindigkeit wurden praxisnah beibehalten. Die gefundenen Ergebnisse konnten somit an üblichen Sprüheräten im Freiland überprüft werden.

Die verschiedenen Luftdüsen, den im Pflanzenschutz üblichen Ge- räten entsprechend, wurden mit unterschiedlichen Geschwindig- keiten in y-Richtung bewegt. Die Strahlausbreitung bzw. Luftge- schwindigkeit wurde mit Hitzdrahtanemometern entlang der Aus- breitungssache x des Strahles gemessen.

Die folgenden Ergebnisse beschränken sich auf den achsensymmetrischen Strahl, der die gleichen Ausbreitungscharakteristiken wie die ebene Quellströmung besitzt und häufig in der Applikations- technik eingesetzt wird.

##### 4.1 Ausbreitung des stehenden Strahles

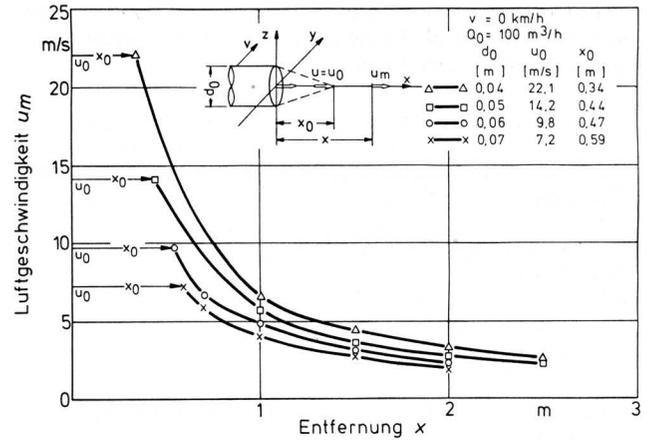
Das Strömungsprofil eines achsensymmetrischen Strahles mit dem Durchmesser  $d_0 = 0,04$  m zeigt Bild 4. Bei einer Lufrate von  $Q_0 = 180$  m<sup>3</sup>/h ergibt sich eine Luftaustrittsgeschwindigkeit von  $u_0 = 40$  m/s. Dargestellt ist über dem Querabstand y für verschiedene Entfernungen x die gemessene Luftgeschwindigkeit  $u_x$ , die sich nach der Strahlkernlänge  $x_0$  einstellt. Trotz des relativ großen Abstandes der Meßpunkte ist die Ausbildung der Gaußkurven deutlich zu erkennen, ebenso die Verbreiterung des Strahles und die abnehmende Mittengeschwindigkeit mit wachsender Entfernung. Wandeinflüsse des Laborraumes bewirken eine geringfügige Stö- rung, d.h. eine Asymmetrie des Strahles.



**Bild 4.** Luftgeschwindigkeitsprofile eines achsensymmetrischen Strahles für verschiedene Entfernungen.

Für jede Kombination von Lufrate  $Q_0$  und Anfangsluftgeschwindigkeit  $u_0$  wurden die Profile ermittelt. Da die Mittengeschwindigkeit  $u_m$  eine charakteristische Größe der Geschwindigkeitsverteilung ist, wurden in Bild 5 deren Werte über der Entfernung x aufgetragen. Dabei ergeben sich bei gleicher Lufrate für die verschiedenen Austrittsquerschnitte die angegebenen Luftaustrittsgeschwindigkeiten. Als weitere charakteristische Größe ist für jeden Strahl der Wert der Kernlänge  $x_0$  eingezeichnet; danach nehmen die Geschwindigkeiten rasch ab, wobei die Kurvenkrümmung als Maß für den Geschwindigkeitsverlust für alle Strahlgeschwindigkeiten gleich ist. Dadurch liefert der Strahl mit hoher Anfangsge-

schwindigkeit bei gleichem Abstand x die höhere Luftgeschwindigkeit. Die relative Abnahme der Luftgeschwindigkeit ist beim Strahl mit hoher Anfangsgeschwindigkeit und kleinem Austrittsquerschnitt durch den kürzeren Kern größer. So beträgt die Luftgeschwindigkeit bei  $x = 1$  m für  $d_0 = 0,04$  m noch 30 % und für  $d_0 = 0,07$  m noch 60 % der Anfangsgeschwindigkeit.



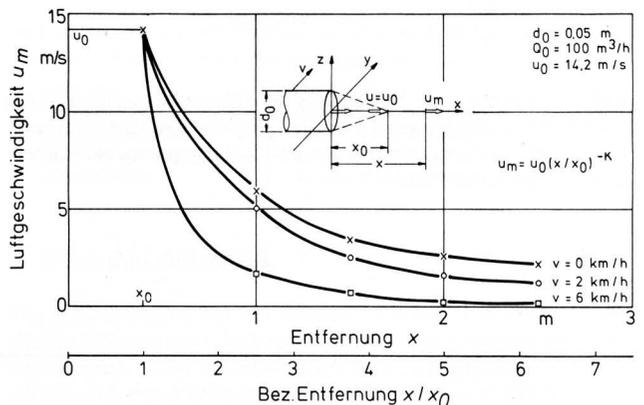
**Bild 5.** Mittengeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Entfernung für Strahlen verschiedener Austrittsdurchmesser; Lufrate konstant.

##### 4.2 Ausbreitung des bewegten Strahles

Die in verschiedenen Entfernungen x vom Luftaustritt gemessenen Mittengeschwindigkeiten  $u_m$  des achsensymmetrischen Strahles ( $d_0 = 0,05$  m;  $Q_0 = 100$  m<sup>3</sup>/h;  $u_0 = 14,2$  m/s) sind in Bild 6 für die Fahrgeschwindigkeiten  $v = 2$  bzw. 6 km/h und für den Strahl bei stehendem Gerät zusammen dargestellt. Um den Einfluß der Fahrgeschwindigkeit einfacher deuten zu können, wurde als Abszissenmaßstab die bezogene Entfernung  $x/x_0$  gewählt, so daß alle Kurven im Punkt  $(x_0, u_0)$  beginnen und eine Fahrgeschwindigkeitsänderung nur den Exponenten k der allgemeinen Gleichung für die Mittengeschwindigkeit  $u_m$  in der Entfernung x:

$$u_m = u_0 (x/x_0)^{-k} = u_0 (x_0/x)^k$$

beeinflußt.



**Bild 6.** Mittengeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Entfernung bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten; Parameter des austretenden Strahls unverändert.

Für alle untersuchten Werte von Luftaustrittsdurchmesser  $d_0$  und Anfangsluftgeschwindigkeit  $u_0$  wurden die Gleichung der Kurve und Exponent  $k$  bestimmt. In Bild 7 sind die Werte von  $k$  für eine Luftrate  $Q_0 = 100 \text{ m}^3/\text{h}$  über der Fahrgeschwindigkeit  $v$  aufgetragen.

Erwartungsgemäß ist für die Fahrgeschwindigkeit  $v = 0$  der Wert des Exponenten  $k = 1$ . Eine Steigerung der Fahrgeschwindigkeit bewirkt ein Anwachsen von  $k$ , das bei kleinen Austrittsgeschwindigkeiten größer ist als bei großen. Der Exponent  $k$  ist eine Exponentialfunktion, in der Fahrgeschwindigkeit  $v$  und Luftaustrittsgeschwindigkeit  $u_0$  auftreten:

$$k = k_1 \exp(2v/u_0).$$

Die Mittengeschwindigkeit ergibt sich damit aus der empirischen Gleichung:

$$u_m = u_0 (x_0/x)^{k_1 \exp(2v/u_0)}$$

mit

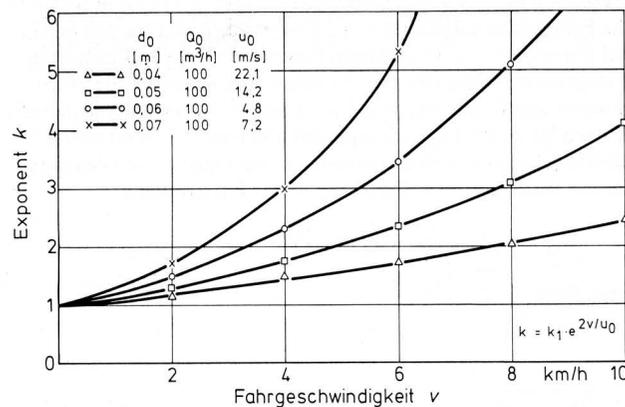
$$x_0 = b_0/m.$$

Für gebräuchliche Pflanzenschutzgeräte ist der Faktor  $k_1 = 1$ .

Für ein Pflanzenschutzgerät mit bekannter Anfangsluftgeschwindigkeit  $u_0$  und Kernlänge  $x_0$  kann mit dieser Gleichung für jede Fahrgeschwindigkeit  $v$  die Luftgeschwindigkeit  $u_m$  im Abstand  $x$  oder aber die Reichweite  $x_{\text{max}}$  errechnet werden.

Andererseits können für eine Entfernung  $x$  Wertepaare von Anfangsgeschwindigkeit  $u_0$  und Austrittsquerschnitt  $d_0$  bestimmt werden, die eine vorgegebene Luftgeschwindigkeit  $u_m$  ergeben:

$$u_m = f(u_0, d_0).$$



**Bild 7.** Exponent  $k$  zur Berechnung der Mittengeschwindigkeit des Luftstrahls in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit bei verschiedenen Austrittsdurchmessern und Anfangsgeschwindigkeiten aber konstanter Luftrate.

Der Leistungsbedarf  $P$  eines Gebläses errechnet sich aus Druckerhöhung  $\Delta p$ , Luftrate  $Q_0$  und Wirkungsgrad  $\eta$  zu:

$$P = \Delta p Q_0 / \eta.$$

Der dynamische Anteil der Druckerhöhung und die Luftrate  $Q_0$  können durch Anfangsgeschwindigkeit  $u_0$  bzw. durch Anfangsgeschwindigkeit  $u_0$  und Austrittsdurchmesser  $d_0$  ausgedrückt werden, so daß sich ergibt:

$$P \sim u_0^3 d_0^2.$$

Die Leistungsaufnahme ist also der 3. Potenz der Anfangsgeschwindigkeit und dem Quadrat des Durchmessers proportional. Das bedeutet, daß bei gleichen Werten von Fahrgeschwindigkeit  $v$ , Mischungszahl  $m$  und Luftgeschwindigkeit  $u_m$  in der Entfernung  $x$  ein Strahl mit großem Austrittsquerschnitt und entsprechend niedriger Anfangsgeschwindigkeit energetisch effizienter ist als ein schmaler Strahl mit hoher Anfangsgeschwindigkeit.

## 5. Zusammenfassung

Theoretische und experimentelle Untersuchungen führen zu empirischen Beziehungen zwischen Luftgeschwindigkeit und Gerätekennwerten und ermöglichen diese Schlußfolgerungen:

Eine höhere Anfangsluftgeschwindigkeit erzielt eine höhere Luftgeschwindigkeit in einem bestimmten Abstand vom Luftaustritt.

Der Einfluß der Fahrgeschwindigkeit verringert sich durch Erhöhung der Anfangsluftgeschwindigkeit.

Ein breiterer Strahl hat durch die größere Kernlänge eine größere Reichweite und ist energetisch effizienter.

Die Mischungszahl  $m$  als Maß für die hydraulische Güte des Luftaustrittes hat erheblichen Einfluß auf die Kernlänge und damit auf die Reichweite des Gerätes.

## Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [ 1 ] Locher, B.: Wirkstoffanlagerung und Abdrift verschiedener Applikationsverfahren im Hopfenbau. Hopfenrundschaу Bd. 33 (1982) S. 40/48 u. 62/65.
- [ 2 ] ●Eck, B.: Ventilatoren. Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer-Verlag 1962.
- [ 3 ] Moser, E. u. R. Allimant: Technische Untersuchungen an Pflanzenschutzgeräten für den Weinbau. Landtechnische Forschung Bd. 19 (1971) Nr. 5/6, S. 133/45.
- [ 4 ] ●Abramovich, G.N.: The theory of turbulent jets. Cambridge (Mass.): M.I.T. Press 1963.
- [ 5 ] ●Eck, B.: Technische Strömungslehre. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1966.
- [ 6 ] ●Schlichting, H.: Grenzschicht-Theorie. Karlsruhe: Verlag G. Braun 1958.
- [ 7 ] Reichhard, D.L., R.D. Fox, R.D. Brazee u. F.R. Hall: Air velocities delivered by orchard air sprayers. Transactions ASAE Bd. 22 (1979) Nr. 1, S. 69/74.