

Entwicklungen in der Verteilungstechnik

Von H. Göhlich, U. Jensen, Th. Papatheodossiou, Berlin

Die Anforderungen an die Genauigkeit der gleichmäßigen Ablage von Mineräldünger und Pflanzenschutzmitteln vergrößern sich, sobald höher konzentrierte Mittel bei geringerer Ausbringung verteilt werden müssen. Von der Technik sind deshalb Maßnahmen zu treffen, die diese Forderungen erfüllen können. Bei den in jüngster Zeit von der chemischen Industrie entwickelten Herbizid-Feingranulaten ist diese Tendenz bereits deutlich geworden. Deshalb sind bessere Verteilverfahren für granuliert Stoffe zu entwickeln; ein neues Gerät für die neuen Forderungen wurde bereits entwickelt.

Für eine rationelle Arbeitsweise ist eine Verteilung über große Arbeitsbreiten erforderlich; trotzdem soll der Straßentransport ohne größere Umrüstung gewährleistet bleiben. Solche Geräte müssen mit einem oder mehreren unmittelbar am Fahrzeug angeordneten Behältern und mit einer zentralen Dosiereinrichtung arbeiten. Die besondere Aufgabe gegenüber den bisher üblichen Verteilgeräten mit einer der Kastenlänge entsprechenden Arbeitsbreite besteht darin, den vom zentralen Behälter ausfließenden Stoff auf eine möglichst große Arbeitsbreite gleichmäßig zu verteilen.

Die genaue Ablagestelle eines Teilchens auf einer Fläche ist nur dann vorherzubestimmen, wenn der Bewegungsverlauf dieses Teilchens vom Dosierorgan bis zur Ablage unter Kontrolle bleibt. Wird die Teilchenbewegung wesentlich von der Bewegung der Umgebungsluft beeinflusst, so ist die Einhaltung einer bestimmten Ablagestelle nicht zu gewährleisten, da die Strömung der Umgebungsluft wegen ständig unkontrollierbarer Schwankungen eine Bahnkontrolle, insbesondere kleiner Teilchen, in der Regel nicht zuläßt.

1. Übersicht über die Verteilsysteme

Die gestellten Forderungen werden sich am ehesten mit solchen Geräten erfüllen lassen, bei denen die Teilchen bis zur Ablage durch Luftströmungen, Schwerkraft oder mechanische Elemente geführt werden. Dazu ist Voraussetzung, daß das Gut ausreichend fließfähig und das Verteilsystem der Korngrößenzusammensetzung des Materials angepaßt ist. Die Korngrößenzusammensetzung ist häufig gebunden an den Wirkungsmechanismus des Mittels auf der Pflanze oder auf dem Ackerboden, der bestimmten pflanzenphysiologischen Forderungen genügen muß [1]. Die Bewegungskontrolle der Teilchen bis zur endgültigen Ablage ist auch nicht immer vollkommen möglich, da die Art und Form der Pflanzen und z.T. auch ihre Empfindlichkeit gegen Beschädigungen dies nicht zulassen, so daß häufig eine Reststrecke im freien Flug überwunden werden muß.

Die Beschaffenheit und Korngröße des Gutes, die auszubringenden Massen je Fläche und die zulässigen Toleranzen in der Abweichung ergeben voneinander abweichende Verteilsysteme:

1. Schwerkraftverteiler mit Behälterbreite = Arbeitsbreite (geeignet für alle Korngrößen);
2. Schwerkraftverteiler mit Zentralbehälter und mechanischer Horizontalförderung (für Korngrößen $> 0,5$ mm Dmr.);
3. Pneumatische Verteiler mit Horizontal/Vertikalförderung (für Korngrößen < 4 mm Dmr.), **Bild 1 bis 5**.

Kastenbehälter, die sich über die gesamte Arbeitsbreite erstrecken, ermöglichen eine relativ einfache Verteilung durch Schwerkraft, so

Prof. Dr.-Ing. Horst Göhlich ist Direktor des Institutes für Landmaschinen der Technischen Universität Berlin, Dipl.-Ing. Uwe Jensen ist Oberingenieur und Dipl.-Ing. Theodose Papatheodossiou wissenschaftlicher Mitarbeiter am gleichen Institut.

Bild 1 bis 5. Pneumatische Verteiler.

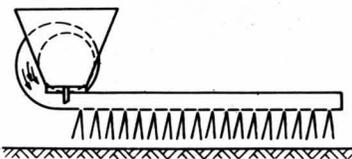


Bild 1. Verteilrohr oder Verteilschlauch.

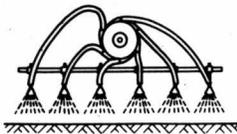


Bild 2. Gebläseverteiler.

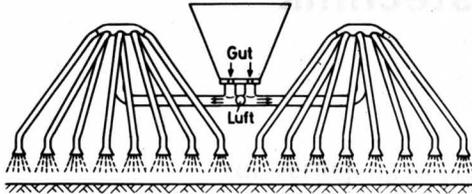


Bild 3. Verteiler mit Verteilerköpfen.

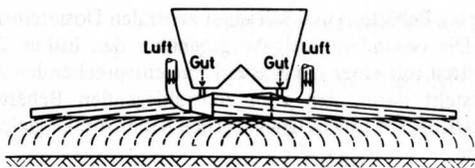


Bild 4. Verteiler mit Ausleger-Leitkanal.

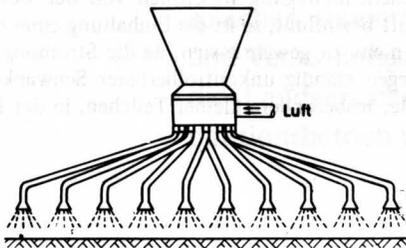


Bild 5. Verteiler mit Zellendosierung.

daß bei gut fließendem Stoff eine große Gleichmäßigkeit zu erreichen ist. Infolge der Kastenkonstruktion und des hiermit verbundenen Gewichtes ist die erreichbare Arbeitsbreite solcher Geräte ohne zusätzliche seitliche Radabstützungen sehr begrenzt; außerdem sind für den Straßentransport besondere Langfahrvorrichtungen vorzusehen, die unerwünschte Umrüstzeiten nötig machen. Die Entwicklung in Richtung auf Verteilsysteme mit großer Arbeitsbreite hat in der Bundesrepublik Deutschland (im Gegensatz zu den USA) die sog. Kastenverteiler fast völlig in den Hintergrund treten lassen.

Größere Arbeitsbreiten lassen sich zweckmäßigerweise mit leichten, schwenkbaren Verteilflügeln erreichen, bei denen die zu verteilenden Stoffe aus einem zentral angeordneten Behälter herangeführt werden (die Zentrifugalverteiler (Schleuderstreuer) ohne Gutführungseinrichtungen sollen hier nicht betrachtet werden, da sie als Exaktverteiler ausscheiden). In Zukunft wird den Verteilflügeln, die möglichst selbsttätig schwenkbar oder ausziehbar ausgebildet sein müssen, mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Bei der Exaktverteilung mit Verteilflügeln für große Arbeitsbreiten sind zwei in der Funktion unterschiedliche Systeme zu betrachten:

- A. Zentrale Dosierung für die volle Arbeitsbreite oder für einen größeren Abschnitt und anschließender Zerlegung in Teilströme;
- B. Einzeldosierung der Teilströme.

Bei den zu A. gehörenden Systemen besteht das Problem in der gleichmäßigen Aufteilung der dosierten Gesamtmasse in eine bestimmte Anzahl von Teilmassen; dies wird in der Regel mit Hilfe einer Zweiphasenströmung erreicht.

Ein Verteilrohr oder Verteilschlauch mit einzelnen Öffnungen, **Bild 1**, ist nur bei Anwendung eines gut suspendierbaren Stoffes einzusetzen, d.h. bei Korngrößen $< 0,1$ mm. Diese Systeme finden Anwendung insbesondere bei der Verteilung staubförmiger Pflanzenschutzmittel.

Ebenso sind Gebläseverteiler nach **Bild 2** nur für staubförmiges Gut einsetzbar. Die Genauigkeit der Aufteilung ist auch hier nicht gesichert.

Bei der Verwendung von Verteilköpfen nach **Bild 3** wird eine Zweiphasenströmung in mehrere Teilströme aufgeteilt. Die Aufteilung ist allein von den Strömungsbedingungen abhängig. Geringfügige Änderungen im Strömungsverlauf können auch die Gutaufteilung verändern.

Das Beschicken einzelner Leitkanäle in einem Ausleger nach **Bild 4** ist wiederum vom Turbulenzverhalten der Luft nach der Guteinspeisung, von der Größe der Einspeisungsmasse in der Zeiteinheit, von der Teilchengrößenzusammensetzung und anderen Faktoren abhängig. Über Untersuchungsergebnisse von Verteilsystemen dieser Art soll in Kürze berichtet werden.

Bei den unter B. genannten Systemen wird das Gut für jeden Teilstrom einzeln dosiert. Die Einzeleinspeisung erfordert zwar einen höheren technischen Aufwand, ermöglicht aber im allgemeinen eine gleichmäßigere Gutaufteilung als bei den unter A. genannten Systemen.

Ein Verteilsystem mit Zellendosierung nach **Bild 5** ist im Institut für Landtechnik, Berlin, entwickelt worden und ermöglicht auch bei feingranuliertem Gut eine ausreichend genaue Dosierung. Statt der Zellen lassen sich auch Dosierschnecken für jeden Einzelstrom verwenden [2]. Allerdings wird der konstruktive Aufwand hierdurch beträchtlich größer. Aus der UdSSR ist ebenfalls ein Dosiersystem für Einzelströme mittels Dosierketten bekannt geworden [3]; hierbei ist allerdings mit gewissen mechanischen Beanspruchungen des Gutes zu rechnen, so daß eine Korngrößenveränderung eintreten kann.

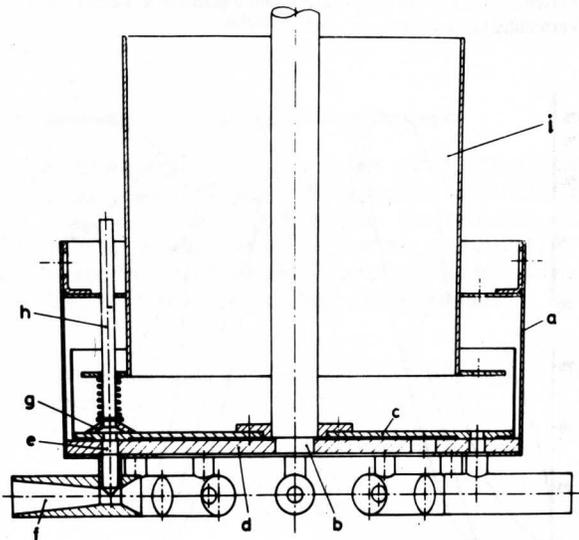
2. Entwicklung eines neuen Dosiersystems

Wie aus den vorangegangenen Überlegungen hervorgeht, versucht man bei neuen Verteilgeräten, das auszubringende Gut in eine genügend große Anzahl von Teilströmen zu zerlegen, um zwangsläufig eine gleichmäßige Verteilung über die gesamte Arbeitsbreite zu erreichen. Daraus ergeben sich – insbesondere bei den kleinen Massen je Flächeneinheit, die in zunehmendem Maße angestrebt werden – hohe Anforderungen an die Dosiergenauigkeit der einzelnen Ströme. Zum Beispiel beträgt bei einer Gabe von 6 kg/ha, einer Fahrgeschwindigkeit von 2 m/s und einer nutzbaren Verteilbreite von 0,75 m je Einzelstrom die zu dosierende Teilstrommasse 0,9 g/s; d.h. bei einer Toleranz von $\pm 10\%$ darf die Abweichung nicht größer als $\pm 0,09$ g/s sein.

Die Bemühungen am Institut für Landmaschinen der T.U. Berlin konzentrierten sich zunächst auf einen Rotationsverteiler mit Injektoreinspeisung; die Versuchsergebnisse befriedigten aber nicht. Bei einzelnen Teilströmen traten bei Feingranulaten lineare Abweichungen bis zu $\pm 15\%$ vom Mittelwert auf. Bei einem neuen System, **Bild 6**, rotiert in einem zylindrischen Behälter a um einen Führungszapfen b eine Zellscheibe c. Axial unter den Zellen und gleichmäßig über den Umfang verteilt befinden sich in der Bodenplatte d zwölf Ausflußöffnungen e, die zu den Injektoren f führen. Oberhalb der Öffnungen wird die Zellscheibe durch federbelastete

Bild 6. Verteilgerät mit Zellscheibe.

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| a zylindrischer Behälter | f Injektor |
| b Führungzapfen | g Teller |
| c Zellscheibe | h Führungsröhrchen |
| d Bodenplatte | i Einsatz |
| e Ausflußöffnung | |

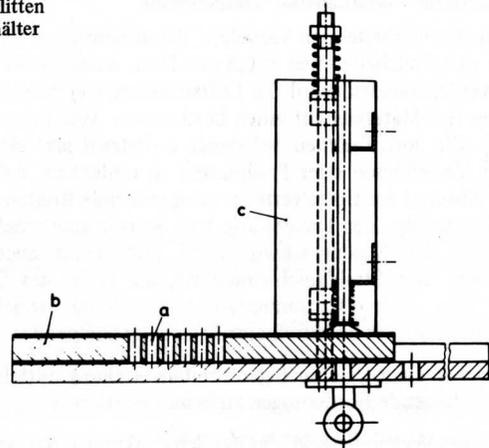


Teller g abgedeckt, die durch Röhren h gehalten sind. Das auszubringende Gut gelangt durch den Einsatz i in den Raum über der Zellscheibe. Beim Rotieren der Scheibe füllen sich die Zellen im Bereich zwischen den Tellern und entleeren sich beim Passieren der Ausflußöffnungen in der Bodenplatte. Während sich die Zellen ausschließlich durch das Eigengewicht des Gutes füllen, wird das Entleeren der Zellen durch den Sog der Injektoren beschleunigt. Außerdem kann man auf die Röhrchen h Druckluft geben, die die Zellen schnell ausbläst.

Die auszubringende Masse läßt sich durch Ändern der Zellscheibendrehzahl mittels eines stufenlosen Getriebes einstellen. Bei niedrigen Drehzahlen, bei denen die Dosiergenauigkeit am besten ist, führt die diskontinuierliche Beschickung der Injektoren durch die Zellen zu einem Pulsieren der Ströme, so daß periodische

Bild 8. Versuchseinrichtung zum Beobachten und Filmen des Füllvorganges der Zellen.

- | |
|----------------|
| a Glasröhrchen |
| b Schlitten |
| c Behälter |



Schwankungen in der Längsverteilung zu erwarten sind. Durch eine versetzte Anordnung der Zellen kann der Drehzahlbereich aber nach unten erweitert werden.

Auch bei größeren Drehzahlen treten Unregelmäßigkeiten im Dosieren auf. Die Grenzdrehzahl liegt um so niedriger, je dicker die Zellscheibe c und je kürzer die Füllstrecke (Strecke zwischen zwei äußeren Rändern benachbarter Teller g nach Bild 6) ist. Schwierigkeiten bereitet vor allem der Füllvorgang selber: Während das Entleeren der Zellen durch den Sog der Injektoren beschleunigt wird, ist wegen der relativ niedrigen Fließgeschwindigkeit des Gutes zum Füllen der Zellen eine bestimmte Zeit erforderlich, d.h. der Quotient Füllstrecke: Umfangsgeschwindigkeit der Zellen darf einen bestimmten Grenzwert nicht unterschreiten. Man kann aber den Füllvorgang dadurch beschleunigen, daß man jeden zweiten Injektor zum Vollsaugen der Zellen benutzt und das überschüssig angesaugte Gut wieder in den Behälter zurückbläst. Bei wenig fließfähigen Gütern ist u.U. auch durch Schwingungen eine Verbesserung zu erzielen; diese Maßnahmen bedingen aber einen höheren konstruktiven Aufwand, der nach den bisherigen Erfahrungen nur in Sonderfällen erforderlich ist.

In mehreren Versuchsreihen wurde der Einfluß folgender Faktoren auf die Dosiergenauigkeit untersucht: Fließeigenschaften des Gutes, Umfangsgeschwindigkeit der Zellscheibe, Durchmesser der Zellen, Dicke der Zellscheibe, Füllzeit, Schwingungen.

Bild 7 zeigt einige typische Versuchsergebnisse. Man erkennt, daß bei geeigneter Wahl der Konstruktionsparameter (Durchmesser und Dicke der Zellscheibe, Umfangsgeschwindigkeit der Zellscheibe, Füllstrecke u.a.m.) in einem relativ großen Drehzahlbereich die maximale lineare Abweichung vom Mittelwert kleiner als $\pm 5\%$ ist. Dabei besteht ein linearer Zusammenhang zwischen

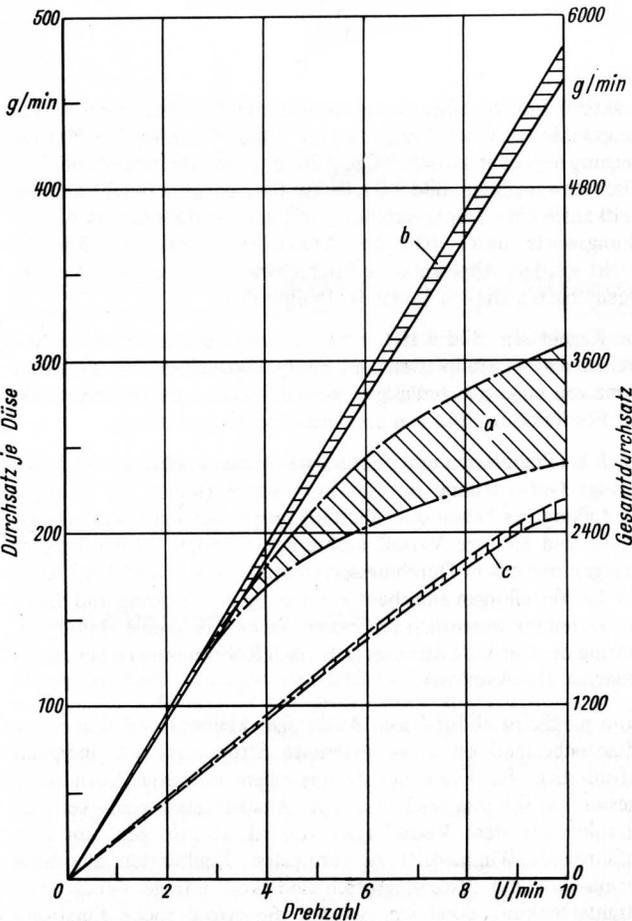


Bild 7. Ausbringung und Verteilgenauigkeit in Abhängigkeit von der Drehzahl der Zellscheibe bei Mikrogranulat.

- | |
|---|
| a für Zellen-Dmr. = 8 mm; Zellscheibendicke = 15 mm; Füllstrecke = 32 mm |
| b für Zellen-Dmr. = 8 mm; Zellscheibendicke = 15 mm; Füllstrecke = 104 mm |
| c für Zellen-Dmr. = 10 mm; Zellscheibendicke = 5 mm; Füllstrecke = 32 mm |

Drehzahl und Ausbringung. Man kann also durch Wahl einer bestimmten Drehzahl die gewünschte Ausbringung einstellen. Die Ergebnisse sind bei konstanten Guteigenschaften recht gut reproduzierbar.

Der Füllvorgang der Zellen wurde mit einer Versuchseinrichtung nach Bild 8 näher untersucht. Als Zellen wurden Glasröhrchen a verwendet, um den Vorgang beobachten und filmen zu können; sie sind in einem Schlitten b befestigt, dessen Vorschubgeschwindigkeit sich stufenlos einstellen läßt. Zum Verändern der Füllstrecke können in den Boden des Behälters c verschieden große Abdeckplatten eingesetzt werden. Die Versuche haben im wesentlichen den schon erläuterten Einfluß der einzelnen Faktoren auf die Füllung der Zellen bestätigt, werden aber z. Z. noch fortgeführt.

3. Eigenschaften verschiedener Verteilorgane

Bei pneumatisch arbeitenden Verteilern, die insbesondere für Feingranulate mit Teilchengrößen $< 0,5$ mm Dmr. ausschließlich verwendet werden müssen, wird die Luftströmung gleichzeitig zum Ausbreiten des Materials auf einen bestimmten Abschnitt ausgenutzt [4]. Ein mit Teilchen beladener Luftstrahl läßt sich mit Hilfe von Verteildüsen oder Prallplatten so umlenken, daß sich eine dem Abstand der Einzelverteiler entsprechende Breitenverteilung ergibt. Infolge der Umlenkung tritt jedoch eine erhebliche Verzögerung der Strahlggeschwindigkeit und damit auch der Teilchen ein. Die Strahlggeschwindigkeit, die Höhe des Strahlaustrittes über dem Pflanzenbestand und die zu erreichende Verteilbreite stehen in unmittelbarer Beziehung zueinander.

Zum Erreichen einer gleichmäßigen Breitenverteilung mittels Teilströme sind folgende Forderungen zu berücksichtigen:

1. Ein stabiles Verteilungsbild, das bei Schwankungen der Arbeitsbedingungen (z.B. Änderung der Strömungsgeschwindigkeit oder bei Außenwindeinfluß) noch keine unzulässigen Abweichungen ergibt;
2. das Verteilungsfeld der einzelnen Verteilorgane muß symmetrisch zum Verteilorgan bzw. zur Fahrtrichtung liegen;
3. die Verteilorgane sollten solche Verteilungsbilder geben, die sich gut überlappen lassen und möglichst große Verteilbreite haben;
4. die Verteilorgane sollen keine großen Druckverluste hervorrufen.

Prallplatten, Bild 9 I), ergeben je nach ihrem Neigungswinkel γ eine unterschiedliche Verteilung. In Bild 10 sind Verteilungsbilder beim Ausbringen von Attaclay für zwei Prallplattenstellungen $\gamma = 0$ und 20° aufgetragen. Die gestrichelt eingezeichneten Kurvenzüge a und b geben jene Verteilung an, die sich bei einer gleichmäßigen Bedeckung des Verteilungsfeldes ergeben würde. Durch eine optimale Überlappung der einzelnen Verteilungsfelder können

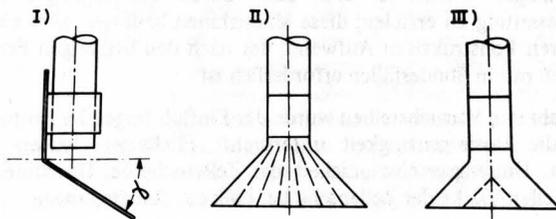
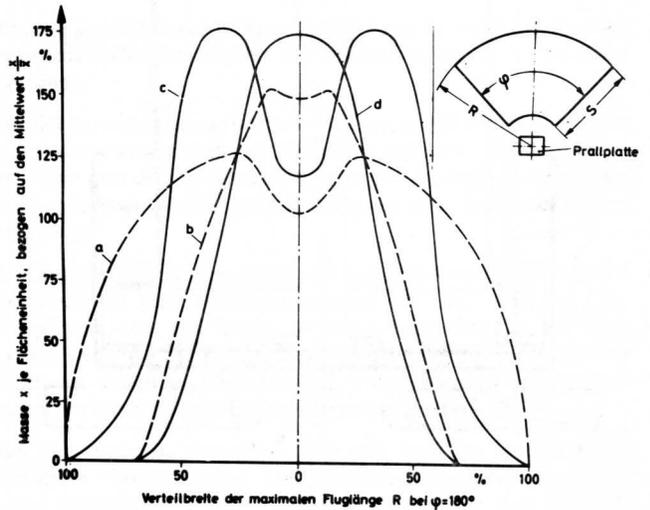


Bild 9. Düsen für pneumatische Verteiler.

- I) Prallplatte (γ Stellungswinkel)
- II) Fischschwanzdüse
- III) Kegeldüse

Bild 10. Gutverteilung bei Prallplatten nach Bild 9 I) in Abhängigkeit von der Plattenneigung.

- γ Prallplatten-Stellungswinkel
- φ Verteilungswinkel
- R max. Fluglänge
- S Ringbreite
- a Verteilung bei $\gamma = 0^\circ, \varphi = 180^\circ$
- b Verteilung bei $\gamma = 20^\circ, \varphi = 90^\circ$
- c Verteilung bei $\gamma = 0^\circ, \varphi = 180^\circ$
- d Verteilung bei $\gamma = 20^\circ, \varphi = 90^\circ$
- a und b bei gleichmäßiger Ablage über der bedeckten Fläche
- c und d gemessene Verteilung bei Attaclay



praktisch lineare Abweichungswerte unter 10% bei einem Verteilungswinkel φ zwischen 90 und 180° erreicht werden. Die Plattenneigung liegt dann zwischen 0 und 20° und die Arbeitsbreite bei 1 m. Fischschwanzdüsen, Bild 9 II), liefern bei richtigem Beschicken der Leitkanäle eine Trapezverteilung, mit der ebenfalls lineare Abweichungswerte unter 10% bei Arbeitsbreiten bis zu 0,8 m erreicht werden. Abgewinkelte Fischschwanzdüsen ergeben Verteileigenschaften ähnlich denen der Prallplatten.

Bei Kegeldüsen, Bild 9 III), sind die erreichbaren Arbeitsbreiten kleiner als bei Prallplatten und Fischschwanzdüsen; sie sind weit mehr von einer gleichmäßigen Verteilung des Luft-Gutstromes in der Förderleitung und von der Anstellrichtung abhängig.

Auch bei Prallplatten und Fischschwanzdüsen ergibt eine ungleichmäßige Gutverteilung im Gut-Luft-Strom (selbst bei richtiger Anstellung der Düsen oder Platten) unsymmetrische Verteilungsbilder und kleinere Verteilbreiten. Blenden (Stolperkragen) dagegen mit einem Durchmesser Verhältnis von $1:0,65$ bis $1:0,75$ vor das Verteilorgan eingebaut können die Beschickung und damit die Verteilung wesentlich verbessern; sie bewirken eine Homogenisierung des Gut-Luft-Stromes (z.B. nach Rohrkrümmern bei relativ geringem Druckverlust).

Zum möglichst abdriftfreien Ausbringen kleiner Partikel in einem Pflanzenbestand ist eine bestimmte Strömungsgeschwindigkeit erforderlich; für Feingranulate mit einem mittleren Korndurchmesser von 0,1 mm reicht i.a. eine Austrittsgeschwindigkeit des Strahles aus dem Verteilorgan von rd. 10 m/s aus, um eine gefährdende Windabdrift zu vermeiden. Prallplatten allerdings vermindern die Strömungsgeschwindigkeit infolge der starken Strahlablenkung erheblich, so daß die erforderliche Einströmungsgeschwindigkeit in den Bestand nicht erreicht wird. Daher sollten Prallplatten ggf. unter Windschutzvorrichtungen arbeiten, falls sie als Verteilorgane für das Ausbringen von feingranuliertem Gut benutzt werden.

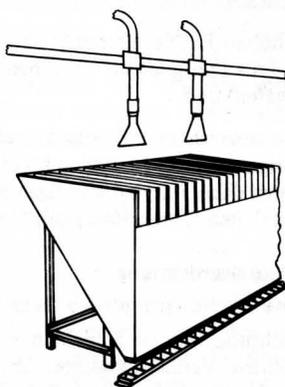
Mit geraden Fischschwanzdüsen ohne Umlenkung des Gut-Luft-Stromes ist es möglich, die erforderlichen Eindringgeschwindigkeiten in der Nähe des Bodens zu erreichen; sie können daher ohne Windschutzvorrichtungen arbeiten.

Um Ablagerungen des Gutes in den Leitungen zu vermeiden, sollte die Strömungsgeschwindigkeit der Luft über der Schwebeschwindigkeit der größten Partikel des auszubringenden Gutes liegen. Die Luftgeschwindigkeiten für den Schwebzustand von Partikeln im Bereich von 0,1 bis 1,0 mm Dmr. und der Wichte des Kornes zwischen 2000 und 3000 kp/m³ liegen zwischen 0,5 und 7,5 m/s.

4. Prüfverfahren zur Ermittlung der Verteilungsgüte

Um die charakteristischen Merkmale der verschiedenen Verteilungsorgane ermitteln zu können, ist die Aufnahme sog. Verteilungsfelder nötig; das Ermitteln lediglich der Querverteilung reicht hierzu nicht aus. Hierfür sind Auffangelemente erforderlich, die im geschlossenen Verband das gesamte Verteilungsfeld bedecken und die einfallenden Gutmassen nach ihrer Ablage festhalten.

Bild 11. Prüfstand zum Ermitteln der Querverteilung von feingranuliertem Gut.



Will man lediglich die Güte der Verteilung eines Gerätes bestimmen, so genügt das Bestimmen der Querverteilung. Eine übliche Auffanganlage, wie man sie bei grobgranuliertem Stoff oder beim Ausbringen von Flüssigkeiten verwendet, ist für pneumatische Verteilgeräte ungeeignet, da die in der Luftströmung mitgeführten

kleinen Teilchen beim Auftreffen auf die Auffanganlage von der zurückwirbelnden Luft mitgerissen werden, sie verteilen sich entsprechend der Wirbelausbildung und nicht nach ihrer Flugrichtung. Auf einer mit Pflanzen bewachsenen Oberfläche wird die Wirbelbildung weitgehend unterdrückt, so daß sich die Teilchen in der Nähe ihres Auftreffpunktes ablageren.

Zum Unterdrücken der Aufprallwirbel wurde eine besondere Auffanganlage für pneumatische Verteiler entwickelt, **Bild 11**; sie besteht aus einzelnen voneinander getrennten Schächten, in denen die Wirbel abgebaut werden, so daß sich das Gut am Schachtboden absetzen kann. Um auch bei höheren Lufteintrittsgeschwindigkeiten eine Gutverlagerung durch Wirbel zu vermeiden, sollen die Schächte etwa 1,0 m tief sein. Die jeweils 10 cm breiten Schächte sind am Boden mit einer Klappe verschlossen. Beim Entleeren fällt das angesammelte Gut in darunter stehende Behälter; der Inhalt der Behälter kann dann ausgewertet werden. Für Serienauswertungen eignet sich eine elektronische Waage, die an einen Drucker und/oder an einen Koordinatenschreiber angeschlossen ist. Der Koordinatenschreiber zeichnet unmittelbar das Verteilungsbild auf.

Schrifttum

- [1] *Göhlich, H.*: Zur Frage der Verteilung von Granulaten, insbesondere von Herbiziden. *Grundl. Landtechn.* Bd. 18 (1968) Nr. 2, S. 61/64.
- [2] *Holzhei, D.E., u. W. W. Gunkel*: Design and Development of New Granular Applicators. *Transactions of the ASAE* Vol. 10 (1967) Nr. 2, S. 182/84 u. 187.
- [3] *Ebens, Rinze u. Maria Voss*: Eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Dosierung kleiner Staubmengen. *Staub - Reinh. Luft* Bd. 28 (1968) Nr. 5, S. 197.
- [4] *Göhlich, H.*: Betrachtungen zur Verteilung von granulierten Herbiziden. *Landtechn.* Bd. 22 (1967) Nr. 8, S. 223, 224 u. 226.
- [5] *Göhlich, H., u. J. Zasko*: Beeinflussung der Spritzverteilung durch Düsenart und Düsenanordnung beim Feldspritzen. *Landtechn.* Bd. 23 (1968) Nr. 6, S. 162/66 u. 170.

Wartungsfreie Gleitlager

Maschinen und Apparate des täglichen Gebrauchs lassen sich weitgehend wartungsfrei betreiben, wenn ihre Gleitlager keine Schmiermittel brauchen. Hierzu bietet sich als Gleitwerkstoff das Polytetrafluoräthylen (PTFE mit den Handelsnamen Teflon, Fluon, Hostaflon usw.) an. Seine dafür wichtigen Eigenschaften sind neutrales chemisches Verhalten, eine kleine Reibzahl und eine Temperaturbeständigkeit von -200 bis +300 °C. Da es jedoch eine geringere mechanische Festigkeit, eine größere Wärmeausdehnung sowie eine schlechtere Wärmeleitfähigkeit als Metall hat, mischt man dem PTFE 20% Blei zu und bringt das Gemisch in einer 0,025 mm dicken Schicht auf poröser Sinterbronze auf, die von einer Schale aus verkupferem Stahl gestützt wird. Die Sinterbronze armiert die Kunststoffschicht und führt die Wärme ab, so daß man die neuen Lager mit rd. 32 kp/cm² belasten kann.

Grau, E.: Konstruktion und Anwendung wartungsfreier Gleitlager. *ks dienst* (1969) Nr. 18/19, S. 9/13.

Der Gleitwerkstoff ist in Streifen, auch aufgerollt erhältlich. Mit ihm kann man die Oberflächen z.B. von Lagerbuchsen, Axiallagern, Kugelschalen und Gelenklagern sowie von Maschinenführungen belegen. Die Oberflächengüte des Gegenlaufwerkstoffs braucht keinen großen Anforderungen zu genügen; eine Rauhtiefe von 2 bis 3 µm ist für einen optimalen Einlaufvorgang ausreichend. Die Lagerschale muß mit Preßsitz in die Bohrung eingeführt werden, damit ein guter Wärmeübergang gewährleistet ist, ein Wärmestau würde den Werkstoff zusätzlich beanspruchen. Durch Einsatz von Schmierstoffen, wie lithiumversteifte Öle und Fette, läßt sich die Lebensdauer der Lager verlängern. MoS₂-haltige Schmierstoffe sind dazu ungeeignet. Bei erheblich staubhaltiger Atmosphäre sind Filz-, O- oder V-Ringe zum Abdichten der PTFE-Lager zweckmäßig, weil die sonst üblichen Fettringe fehlen, die das Eindringen von Schmutz zwischen die Gleitflächen verhindern. Entsprechendes gilt auch für Lager in aggressiven Medien. Bei diesen muß man den ungeschützten Lagerzapfen verchromen oder aus rostfreiem Stahl fertigen.

KR 22 193