

Einlagerungsleistung und Leistungsbedarf beim Befüllen von Hochsilos mit Fördergebläsen

Von Manfred Schurig, Weihenstephan*)

DK 631.363/4:621.867

Die Befüllung von Hochsilos war in der Vergangenheit vielfach ein Engpaß bei leistungsfähigen Arbeitskettensilofutterernte. Die seit Jahren bestehenden theoretischen Erkenntnisse finden jetzt ihren Niederschlag in Gebläsekonstruktionen, die als Hochleistungsgebläse zum Befüllen von Silos bezeichnet werden können.

Diese Gebläse sind gekennzeichnet durch einen kleinen Förderrohrdurchmesser ($d = 230\text{--}250\text{ mm}$) und durch einen Schaufelraddurchmesser $> 1400\text{ mm}$. Der Luftdurchsatz liegt bei $1\text{--}2\text{ m}^3/\text{s}$, entsprechend ergeben sich Luftgeschwindigkeiten im Rohr von $25\text{--}30\text{ m/s}$. Als Faustzahlen für die erforderliche Antriebsleistung bei gleichmäßiger Zufuhr können gelten: Bei Anwelkgut (ca. 40 % TM) eine durchsatzbezogene Leistung von $1,2\text{ kW je t/h}$ und bei Silomais (ca. 30 % TM) von $0,7\text{ kW je t/h}$.

1. Einleitung

Eine Reihe von Faktoren hat in den letzten Jahren dazu beigetragen, daß sich bei den verschiedenen Verfahren der Siloguternte die Feldhäcksler- und Transportleistungen stark erhöht haben. Wenn diese leistungsfähigen Ernte- und Transportgeräte auf weniger leistungsfähige Silobefüllgeräte treffen, reduziert sich zwangsläufig die Leistung des gesamten Verfahrens. Es sind daher leistungsfähige Silobefüllgeräte notwendig, die auf die jeweilige Feldlade- und Transportleistung abgestimmt sein müssen.

Dem genannten "Nadelöhr", der Hochsilobefüllung, wurde seit Jahren von der Landtechnik Weihenstephan u.a. auch mit Untersuchungen von Kromer, Stanzel und Zirngibl besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Ein über mehrere Jahre angelegtes Versuchsprogramm¹⁾ hatte zum Ziel, neuere Entwicklungen von Silobefüllgebläsen auf dem Prüfstand und in praktischen Einsätzen daraufhin zu untersuchen, inwieweit sie sich für den Einsatz in Verbindung mit leistungsfähigen Siloernteverfahren eignen.

2. Aufgabenstellung

Als Hochleistungsgebläse zum Befüllen von Silos gelten heute Konstruktionen mit einem Förderrohrdurchmesser von $230\text{--}250\text{ mm}$ und einem Schaufelraddurchmesser von mehr als 1400 mm . Der Luftdurchsatz liegt bei etwa $1\text{--}2\text{ m}^3/\text{s}$, dies ergibt für die genannten Rohrdurchmesser Luftgeschwindigkeiten im Rohr von

$25\text{--}35\text{ m/s}$. Es kann festgestellt werden, daß die seit Jahren bestehenden theoretischen Erkenntnisse über Gebläsekonstruktionen unter anderem von Duffee [1], Segler [2], Kampf [3], Matthies [4] und Gluth [5] sich in Seriengeräten niedergeschlagen haben.

Für die hiesigen Einsatzbedingungen besteht jedoch eine gewisse Auswahlunsicherheit. Das heißt, es sind die Fragen offen: welcher Gebläserohrdurchmesser und welche Luftgeschwindigkeit ist für welche Materialart und Förderhöhe bei gleichmäßiger und ungleichmäßiger Beschickung am besten geeignet und welche maximalen Durchsätze sind erreichbar? Diese Fragen zu klären, war der Anlaß der hier dargestellten Untersuchungen. Bei den Messungen ging es in erster Linie darum, vorhandene serienmäßige Gebläse zum Füllen von Hochsilos unter Bedingungen einzusetzen, wie sie auch in der landwirtschaftlichen Praxis mit Sicherheit anzutreffen sind. Die Antriebsdrehzahl, Förderhöhe und das Fördergut waren jeweils gleich, da die Veränderung schon eines dieser Parameter u.U. zu günstigeren oder auch ungünstigeren Ergebnissen des einen oder anderen Gebläses geführt hätte.

Ausgangspunkt der Untersuchungen waren die Arbeiten von White [6], der den Zapfwellenleistungsbedarf von Silobefüllgebläsen in Abhängigkeit vom Durchsatz, der Förderhöhe und der Materialart in umfangreichen Versuchen erarbeitet hat. In Vorversuchen wurden Leistungsmessungen an zwei bei uns gebräuchlichen Hochleistungsgebläsen vorgenommen und die Werte in die von White gesammelten eingeordnet, Bild 1. Es zeigte sich eine hinreichende Übereinstimmung, so daß wir davon ausgehen können, daß für die bei uns verfügbaren Hochleistungsgebläse zur Silobefüllung bezüglich ihrer Förderleistung und ihres Zapfwellenleistungsbedarfes der amerikanische Standard gültig ist [7].

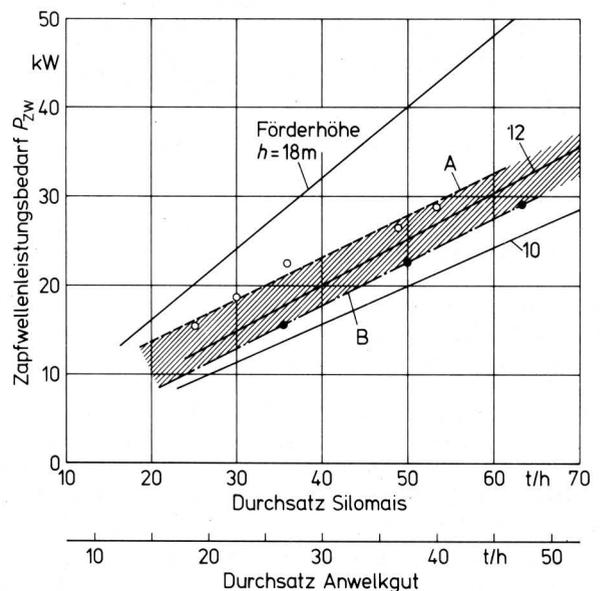


Bild 1. Leistungsbedarf von Silobefüllgebläsen in Abhängigkeit vom Durchsatz bei verschiedenen Förderhöhen und Fördergütern, nach White [6] und eigenen Messungen (Kurve A \circ $u = 40\text{ m/s}$; B \bullet $u = 34\text{ m/s}$).

Silomais: TM-Gehalt ca. 25 %
Anwelkgut: TM-Gehalt ca. 35 %

¹⁾ Mit finanzieller Unterstützung des BML, des KTBL und der Landmaschinen-Industrie.

*) Dr. agr. Manfred Schurig ist Leiter der Abteilung "Futterbau und Grünland" der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik, Freising-Weihenstephan.

3. Versuchsaufbau

Um die Versuche unter annähernd gleichen Bedingungen ablaufen zu lassen, wurde ein 12 m hohes Gerüst errichtet, an dem verschiedene Steigleitungen mit unterschiedlichem Rohrdurchmesser, und zwar von 230 mm, 310 mm und 450 mm verlegt waren. Die Förderhöhe betrug bei allen Einsätzen 13,5 m. In der Literatur wird im allgemeinen als Förderhöhe die Strecke angegeben, die vom Mittelpunkt des Schaufelrades bis zum Ende der senkrechten Rohrleitung reicht. Die Höhe des Rohrkrümmers wird als Verlusthöhe bezeichnet. Die im vorliegenden gemachten Angaben über die Förderhöhe bezeichnen jeweils die effektiv erforderliche Förderhöhe, d.h. den zwischen Mittelpunkt des Schaufelrades und dem oberen Ende des Rohrkrümmers gemessenen Wert. Diese Definition ist besonders dann zutreffend, wenn der Rohrkrümmer unten offen ist. Das Material kann bei ungünstigen Bedingungen – Erreichen der Gipfelhöhe mit der Endgeschwindigkeit "0" – die Förderhöhe voll erreichen, nach unten herausfallen und führt nicht zum Verstopfen der Rohrleitung, **Bild 2**. Die Forderung nach einem an der Unterseite geöffneten Rohrkrümmer erscheint für einen funktionssicheren Einsatz dringend.

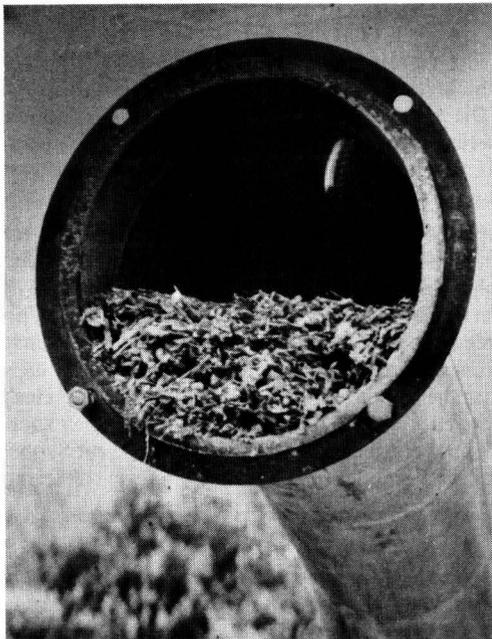


Bild 2. Gutablagern im Krümmer des Förderrohrs.

4. Versuchsdurchführung

Die Beschickung der Gebläse erfolgte über ein 10 m langes Förderband, auf dem die jeweilige Fördermenge vorgegeben wurde, womit sowohl eine gleichmäßige als auch ungleichmäßige Beschickung simuliert werden konnte. Aus verschiedenen technischen Gründen war es nicht möglich, ein längeres Band für die Beschickung zu verwenden. Es wurde daher eine Reihe von Messungen mit den gleichen Gebläsen und den gleichen Fördergütern im praktischen landwirtschaftlichen Einsatz vorgenommen, um die am Prüfstand gewonnenen Werte zu überprüfen.

Als Fördermaterial wurde angewelktes Wiesengras und Silomais unterschiedlicher Häckselung und mit unterschiedlichem Trockenmasse- (TM-) Gehalt benutzt.

Zur Beurteilung der Gebläse wurden in Abhängigkeit vom Durchsatz bei unterschiedlicher Gutzuführung ermittelt bzw. gemessen:

- Umfangsgeschwindigkeit
- Luftdurchsatz
- Drehleistungsbedarf.

Vor Beginn der Leistungsbedarfsmessungen wurde bei allen Gebläsen die sogenannte Stopfgrenze, d.h. der maximale Durchsatz bei gegebener Förderhöhe und gleichmäßiger Zuführung ermittelt. Anschließend wurde jedem Gebläse nach einem vorher festgelegten Versuchsplan das Material verschieden gleichmäßig zugeführt. Zur Aufnahme der Leistungskennlinie jedes Gebläses folgte die Beschickung mit 25, 50 und 75 % des vorher für die Stopfgrenze gefundenen Durchsatzes. Daran anschließend wurde versucht festzustellen, welchen Einfluß ungleichmäßige Zuführung hat, dabei wurde nach dem auf **Bild 3** gezeigten Schema verfahren.

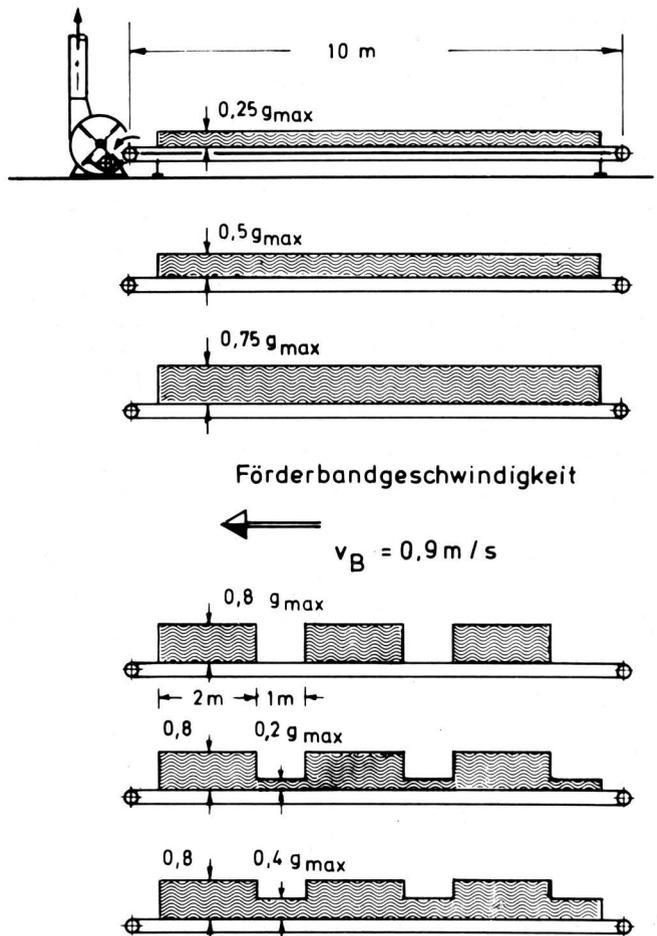


Bild 3. Arten der Gutzuführung mit dem Förderband; Q_{\max} ist der Gutdurchsatz an der Stopfgrenze, g_{\max} die Q_{\max} entsprechende Belegung des Förderbandes.

- oben: gleichmäßige Zuführung mit
- a) $0,25 Q_{\max}$
 - b) $0,50 Q_{\max}$
 - c) $0,75 Q_{\max}$
- unten: ungleichmäßige Zuführung mit
- a) abwechselnd $0,8 Q_{\max}$ und 0
 - b) " $0,8 Q_{\max}$ und $0,2 Q_{\max}$
 - c) " $0,8 Q_{\max}$ und $0,4 Q_{\max}$

5. Versuchsergebnisse

Es zeigte sich, daß eine gleichmäßige Zuführung des Fördergutes den Leistungsbedarf gering halten kann. Ungleichmäßige Beschickung, die im Versuch simuliert wurde, bringt erhebliche Drehmomentspitzen, die einen Wert des 1,8fachen des mittleren Antriebsdrehmomentes erreicht haben, **Bild 4**.

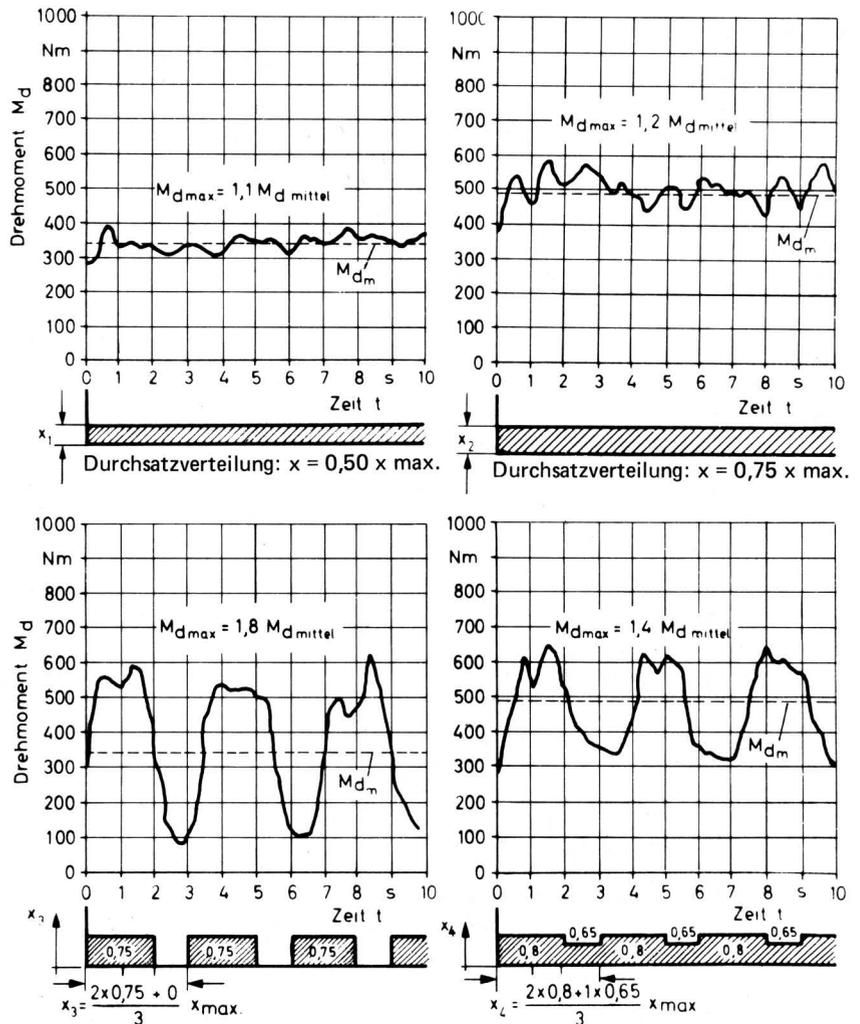
Das bedeutet, je ungleichmäßiger die Beschickung vorgenommen wird, um so größer muß die Leistungsreserve des Antriebmotors sein; oder anders ausgedrückt, die mittlere Motorbelastung [8] beträgt in einem solchen Fall nur 55 %. — Gleichmäßige Zuführung aus Selbstentladewagen oder Dosierstationen führt daher zwangsläufig

1. zu einer geringeren erforderlichen Antriebsleistung (geringere Investition)
2. zu einer geringeren Überlastung der Antriebsmotoren (höhere Lebensdauer).

Drei in der Praxis heute gebräuchliche Gebläsetypen wurden für die Untersuchungen ausgewählt; als Fördermaterial fanden Silomais und angewelktes Wiesengras Verwendung, beides gehäckselst und gleichmäßig zugeführt. Aus den Meßergebnissen von diesen drei Gebläsen, die getrennt für beide Materialarten aufgetragen sind, wird sichtbar, wie die Konstruktion des Gebläses entscheidend für seine Leistungsfähigkeit ist.

Bild 4. Drehmomentverlauf des Gebläses bei unterschiedlicher Materialzufuhr entsprechend der an der Abszisse angegebenen Charakteristik.

oben: gleichmäßige Zufuhr
unten: ungleichmäßige Zufuhr



5.1 Ergebnisse: Anwelkgut

Das Bild 5 zeigt die Meßergebnisse bei der Förderung von Anwelkgut. Das Gebläse mit dem Rohrdurchmesser $d = 450$ mm zeichnet sich durch einen hohen Leistungsbedarf im Leerlauf aus, der aus dem höheren Luftdurchsatz von $6 \text{ m}^3/\text{s}$ resultiert. Der Leistungsbedarf steigt mit zunehmendem Gutdurchsatz fast linear an, liegt aber immer über dem der beiden anderen Gebläse, die aufgrund ihrer Kenndaten als Hochleistungsilobefüllgebläse zu bezeichnen sind. Die Stopfgrenze wurde bei Anwelkgut kurz vor einem Durchsatz von 25 t/h erreicht. Sie liegt damit höher als bei den anderen Gebläsen, was zum Teil auf den hohen Luftdurchsatz zurückzuführen ist, denn die Luft wird hier bei der Förderung von Anwelkgut, das aufgrund seiner Struktur eine geringere Schwebegeschwindigkeit hat, stärker als förderndes Element wirksam.

Reine Wurfgebläse, hier ein Gebläse mit einem Rohrdurchmesser $d = 230$ mm und einem sehr geringen Luftdurchsatz von $1 \text{ m}^3/\text{s}$, erscheinen für die Förderung von Anwelkgut wenig geeignet, da die Stopfgrenze sehr früh, im vorliegenden Fall etwa bei einem Durchsatz von 5 t/h , erreicht wird. Dagegen war das Gebläse mit einem Rohrdurchmesser $d = 310$ mm und dem etwas höheren Luftdurchsatz von ca. $2 \text{ m}^3/\text{s}$ und einer wesentlich geringeren Umfangsgeschwindigkeit als das Gebläse mit 450 mm Rohrdurchmesser zum Fördern von Anwelkgut sehr geeignet, zumal der Leistungsbedarf bis zum Erreichen der Stopfgrenze bei etwa 20 t/h unterhalb dessen für das Gebläse mit dem hohen Luftdurchsatz liegt.

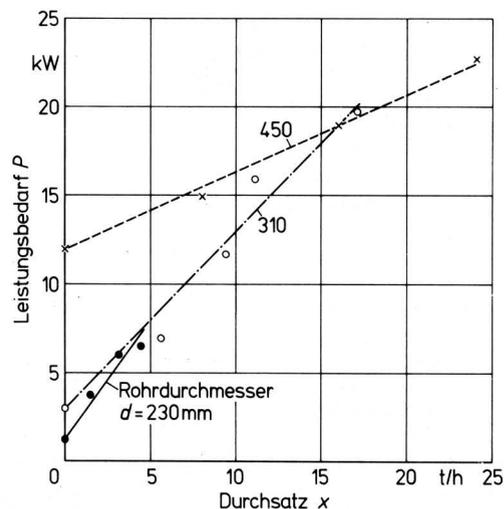


Bild 5. Leistungsbedarf P von Silobefüllgebläsen in Abhängigkeit vom Durchsatz x bei Anwelkgut.

Anwelkgut mit 44–46 % TM, Gewichtsanteil des Häcksels > 40 mm ist 15 %

Förderhöhe:	13,5 m		
Rohrdurchmesser d :	230 mm	310 mm	450 mm
Leistungsbedarf P :	$= 2,04 + 1,12 x$	$= 2,69 + 1,02 x$	$= 12,17 + 0,42 x$
	$n = 4$	$n = 4$	$n = 4$
	$r = 0,97$	$r = 0,98$	$r = 0,99$
Stopfgrenze Q_{max} :	5,8 t/h	22,7 t/h	32,4 t/h
Luftdurchsatz:	$1,0 \text{ m}^3/\text{s}$	$2,0 \text{ m}^3/\text{s}$	$6,0 \text{ m}^3/\text{s}$
Umfangsgeschw. u :	34 m/s	34 m/s	58 m/s

5.2 Versuchsergebnisse: Silomais

Das Bild 6 faßt im Vergleich zum vorhergehenden die Meßwerte zusammen für die gleichen Gebläsetypen beim Fördern von Silomais mit 34 % TM. Die Förderhöhe betrug ebenfalls 13,5 m. Der Maßstab ist verändert, da aufgrund des geringen TM-Gehaltes des Gutes der Durchsatz höher liegt als bei Gras. Es ist deutlich sichtbar, daß das Gebläse mit dem hohen Luftdurchsatz und dem großen Rohrdurchmesser sehr bald seine Stopfgrenze, wiederum bei einem Durchsatz von etwa 25 t/h, erreicht und dazu einen Leistungsbedarf hat, der über dem der anderen Gebläsetypen liegt. Das reine Wurfgebläse mit geringem Luftdurchsatz und engem Rohrdurchmesser erreicht den höchsten Durchsatz.

Das Gebläse mit 310 mm Durchmesser, welches beim Fördern von angewelktem Wiesengras gut abschnitt, bringt beim Fördern von Silomais ebenfalls befriedigende Durchsatzleistungen, zumal der Leistungsbedarf dabei sehr niedrig liegt. So kann die Empfehlung gegeben werden: Betriebe, die sowohl angewelktes Siliergut als auch Silomais fördern wollen, finden in Gebläsen, die mit einem Rohrdurchmesser von 310 mm arbeiten, ein für sie im Moment besonders brauchbares Gerät.

Als Faustzahl kann aus diesen Messungen gelten, daß für den Antrieb von Hochleistungsgebläsen bei gleichmäßiger Zuführung für Anwelkgut eine auf den Durchsatz bezogene Leistung von etwa 1,2 kW je t/h und bei Silomais von etwa 0,7 kW je t/h bereitzustellen sind.

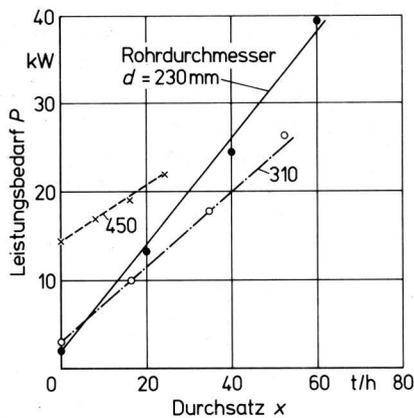


Bild 6. Leistungsbedarf P von Silobefüllgebläsen in Abhängigkeit vom Durchsatz x bei Silomais.

Silomais mit 34 % TM, Gewichtsanteil des Häcksels > 25 mm ist 3,6 %

Förderhöhe:	13,5 m		
Rohrdurchmesser d:	230 mm	310 mm	450 mm
Leistungsbedarf P:	$= 1,50 + 0,59 x$	$= 2,53 + 0,44 x$	$= 14,51 + 0,31 x$
	n = 4	n = 4	n = 4
	r = 0,99	r = 0,99	r = 0,99
Stopfgrenze Q_{\max} :	81,0 t/h	71,3 t/h	32,4 t/h

5.3 Einfluß der Förderhöhe

Aus technischen Gründen konnte für den Versuchsstand nur eine Förderhöhe von 13,5 m verwendet werden; in der Praxis werden diese Werte jedoch heute vielfach schon überschritten. Es wurde daher an einem alten Funkturm eine Gebläseleitung montiert mit einer Förderhöhe von 30 m, um mit einem Hochleistungsgebläse (Rohrdurchmesser 230 mm) verschiedene Meßpunkte zu ermitteln. Dabei zeigte sich, daß das verwendete Gebläse, das vorher schon bei einer Förderhöhe von 13,5 m eingesetzt wurde, für die größere Förderhöhe keine wesentlich höhere Antriebsleistung erfordert. Der Leerlaufbedarf liegt natürlich von vornherein aufgrund des größeren Widerstandes auf der Druckseite höher. Aus den Ergebnissen, Bild 7, wird sichtbar, daß die Hochleistungs-Silobefüllgebläse im allgemeinen bereits für Silohöhen von 20 m ausgelegt sind.

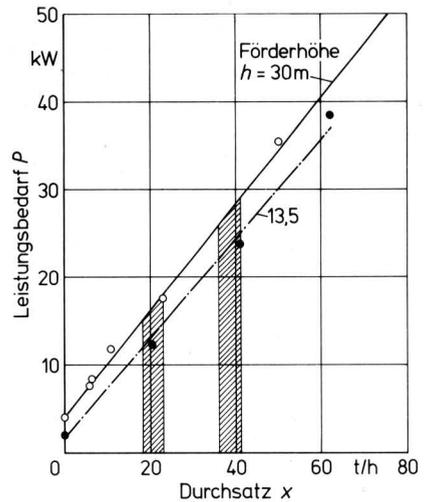


Bild 7. Leistungsbedarf bei der Einlagerung von Silomais in Abhängigkeit vom Durchsatz bei verschiedenen Förderhöhen; Gebläserohrdurchmesser d = 230 mm.

Silomais mit 34 % TM, Gewichtsanteil des Häcksels > 25 mm beträgt 3,6 %

Förderhöhe	h = 30 m:
	$P = 3,96 + 0,61 x$; n = 7, r = 0,99
Förderhöhe	h = 13,5 m:
	$P = 1,50 + 0,59 x$; n = 4, r = 0,99

5.4 Leistungsbedarf im praktischen Betrieb bei unterschiedlichen Arbeitsverfahren

Für den Landwirt, aber auch den Ingenieur, ist es interessant zu wissen, wie sich verschiedene Arbeitsverfahren der Silogutbergung den Gebläseleistungen bzw. Antriebsleistungen zuordnen lassen. Grundsätzlich kann man davon ausgehen, daß der Landwirt immer bestrebt sein wird, Siliergut möglichst gleichmäßig dem Fördergebläse zuzuführen: entweder über einen Selbstentladewagen oder eine Dosierstation. Bei Verwendung einer Dosierstation verfügt er über ein gewisses Pufferglied in der Arbeitskette, d.h. nachdem der Wagen schnell entleert wurde, kann die Zuteilung zum Gebläse mit der Geschwindigkeit erfolgen, die ausreicht, die Dosierstation zu entleeren, bis der nächste Wagen ankommt. Anders verhält es sich beim Einsatz von Selbstentladewagen. Hier wird die Aufenthaltsdauer am Silo durch die Leistungsfähigkeit des Befüllgebläses bestimmt. Da im Interesse einer hohen Bergeleistung die Abladezeit möglichst kurz sein soll, bedingt das eine hohe Förderleistung des Gebläses.

An einem Beispiel aus der Silomaisernte wird versucht, diese Zusammenhänge aufzuzeigen. Dazu sollen einige ausgewählte Arbeitsverfahren in **Tafel 1** näher betrachtet werden. Transport und Einlagerung geschehen einmal unter Verwendung von Kipper-Anhängern in Verbindung mit einer Dosierstation und zum anderen mit Einsatz von Selbstentladewagen. Die Verfahren sind jeweils näher gekennzeichnet durch die eingesetzten Feldhäcksler, 1reihig, 2reihig oder 3reihig, durch die notwendigen Arbeitskräfte und die erzielbare Verfahrensleistung mit der dazu notwendigen Förderleistung.

Beim ersten Verfahren übernimmt eine Arbeitskraft das Häckseln und Transportieren, und zwar mit einem Kipper zu einer Dosierstation. Mit diesem Arbeitsverfahren läßt sich eine Verfahrensleistung von 5 t/h erreichen, die Einlagerungsleistung des Gebläses muß dafür etwa 7 t/h betragen. Die Dosierstation hat genügend Zeit, um das Material über einen längeren Zeitraum dem Gebläse zuzuführen, und zwar genau die Zeit, die die Arbeitskraft benötigt, um wieder auf das Feld zu fahren, den Wagen voll zu häckseln und ihn zum Hof zurück zu transportieren.

Anders sieht es aus, wenn bei diesem Verfahren nicht schnellentleert, sondern ein Selbstentladewagen oder Häckselladewagen eingesetzt wird. Die Verfahrensleistung beträgt wie beim vorher besprochenen Arbeitsverfahren 5 t/h, die Einlagerungsleistung muß

aber 40 t/h betragen, einfach aus dem Grund, weil bei einem längeren Aufenthalt der Arbeitskraft und des Transportfahrzeuges am Silo die gesamte Verfahrensleistung sinken würde. D.h. im ersten Fall (Kipper – Dosierer) müßten für den Gebläseantrieb etwa 10 kW und im zweiten Fall (Selbstentladewagen) etwa 30 kW bereitgestellt werden. Sofern im zweiten Fall mit Schlepperdurchtrieb gearbeitet wird, steht diese Antriebsleistung zur Verfügung.

Auch der Vergleich der beiden 2reihigen Verfahren zeigt deutlich, daß bei Verwendung einer Dosierstation die erforderliche Einlagerungsleistung niedriger ist als bei Verwendung von Selbstentladewagen. Sie liegt im ersten Fall bei etwa 18 t/h und benötigt dazu eine Antriebsleistung von etwa 18 kW und beim Einsatz von Selbstentladewagen 36 t/h mit einer Antriebsleistung von etwa 24 kW.

Aus diesen Beispielen wird deutlich, daß die mit Hochleistungssilobefüllgebläsen erreichbaren Einlagerungsleistungen immer genügen. Um die notwendigen Antriebsleistungen zur Verfügung zu stellen, ist jedoch u.U. der Schlepperzapfwellenantrieb erforderlich.

Schrifttum

- [1] Duffee, F.W. et al.: M.F. Projekt 406 – Hay harvesting machinery – Blowers, Agricultural Engineering Department, University of Wisconsin, Madison 1955.
- [2] Segler, G., G. Ackermann u. K. Keuneke: Untersuchungen an Fördergebläsen mit Einschleusung durch das Schaufelrad. Landtechnische Forschung Bd. 9 (1959) Nr. 4, S. 89/96.
- [3] Kampf, G.: Theoretische und experimentelle Untersuchungen an Wurfgebläsen. VDI-Forschungsheft 466, Düsseldorf: VDI-Verlag 1958.
- [4] Matthies, H.J. u. H. Breustedt: Wurf Förderung und pneumatische Förderung bei Gebläsehäckslern. Landtechnische Forschung Bd. 2 (1952) Nr. 1, S. 14/17.

Art und Ausstattung des Verfahrens		notwendige		Verfahrensleistung
		Förderleistung	Förderdauer	
		t/h	min	t/h
Feldhäcksler- arbeitsbreite				
Anzahl der Arbeitskräfte				
1. Feldhäcksler + Kipper-Anhänger + Dosiertisch*)				
1reihig	1 AK	7	60	5
2reihig	2 AK	18	60	13
3reihig	3 AK	50	60	37
2. Feldhäcksler + Selbstentladewagen				
1reihig	1 AK	40	2 x 6	5
2reihig	3 AK	36	4 x 6	15

*) nach Auernhammer

Tafel 1. Aufwand und Leistung bei verschiedenen Verfahren der Silomaiserte und -einlagerung.

- [5] Gluth, M.: Untersuchungen zur Wurfgebläseförderung. VDI-Forschungsheft 544, Düsseldorf: VDI-Verlag 1971.
- [6] White, R.G.: Selecting a forage harvesting system. Information Series Nr. 225, (1968) Dept. of Agr.-Eng., East Lansing Mich.
- [7] Kromer, K.-H.: Mechanisierung der Futterwirtschaft in den USA. Grüne Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, 13 (1971).
- [8] Meyer, H.: Die Bedeutung eines stufenlosen Getriebes für den Ackerschlepper und seine Geräte. Grundl. Landtechnik H. 11 (1959) S. 5/12.

Das rheologische Verhalten von Flüssigmist in Kanal- und Rohranlagen

Von Heinz Stuhmann, Gießen*)

DK 636.083.1:631.862:532.135

Die Zunahme der einstreulosen Haltungsverfahren im Bereich der tierischen Produktion macht theoretische Betrachtungen als auch experimentelle Untersuchungen an Flüssigmist notwendig. Die Versuche über das rheologische Verhalten von Flüssigmist bilden dabei die Grundlage für die Auslegung und Bemessung von Flüssigmistanlagen.

Mit der vorliegenden Arbeit wird versucht, das Problem des Fließverhaltens von Flüssigmist sowohl theoretisch als auch durch praktische Versuche zu erfassen. Dabei ist die Rheometrie mittels Rotationsviskosimeter der Ausgangspunkt für die theoretischen Ansätze und die Modellversuche. Der Flüssigmist läßt sich als eine strukturviskose Substanz, die eine Fließgrenze τ_0 aufweist, charakterisieren und mathematisch durch den Bingham- bzw. Casson-Ansatz voll beschreiben.

*) Dipl.-Ing. Heinz Stuhmann ist wissenschaftlicher Assistent am Institut für Landtechnik (Direktor: Prof. Dr. H. Eichhorn) der Justus Liebig-Universität Gießen.

1. Einleitung

Kanalanlagen für Flüssigmist werden in ihren Abmessungen durch verschiedene Parameter bestimmt. So z.B. durch die Aufstellungsart der Tiere, die Tierzahl, den Ort der Flüssigmistlagerung und die Investitionskosten bei der Erstellung der Kanalanlagen. Die Ermittlung der Abmessungen funktions sicherer Kanalanlagen, aber auch die der Rohrleitungen bei der Zwangsförderung ist nur durch die Anwendung hydrodynamischer und rheologischer Gesetze, die für den Flüssigmist Gültigkeit haben, zu gewährleisten. Es sind dabei folgende Gleichungen anzuwenden:

Für die Erhaltung der Masse gilt in allgemeiner Schreibweise

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = - \nabla \cdot \rho \vec{v}$$

Bei einer stationären, inkompressiblen Strömung reduziert sich diese Gleichung zu

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0$$

Die Bewegungsgleichung, die gleichfalls zur Anwendung gelangt, lautet in ihrer allgemeinen Schreibweise

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \vec{v}) = - \nabla \cdot \rho \vec{v} \vec{v} - \nabla \cdot \sigma + \rho \vec{g}$$