

Untersuchungen zur Raumausnutzung in Lagereinrichtungen für schütffähige Trockenfuttermittel

Dr. agr. H.-G. Kirschbaum, KDT/Dipl.-Ing. R. Körtge, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

Verwendete Formelzeichen

A	m ²	Querschnittsfläche des Schüttgutes
SB	m	Systembreite
SH	m	Systemhöhe
SL	m	Systemlänge
V _c	m ³	mögliches einzulagerndes Gutvolumen vom Gebäude eingeschlossenes Volumen (Innenseite Stützen, Unterkante Binder, Oberkante Fußboden)
V _e	m ³	
x	m	Abstand des Förderers von der Mittellinie
α		Winkel der Dachneigung
η _R	%	Raumausnutzungsgrad η _R = (V _c /V _e) 100 %
v		Faktor zur Berücksichtigung der Durchfahrten
φ		Schüttwinkel des Gutes

1. Problemstellung

Die Lagerung zählt genauso wie der Transport und der Umschlag zu den Produktionshilfsprozessen und trägt zum kontinuierlichen Ablauf der Produktionsprozesse bei [1]. Die Erhöhung der Effektivität dieser Produktionshilfsprozesse hat zunehmende Bedeutung für die weitere Leistungssteigerung der Produktionshauptprozesse. Deshalb kommt es darauf an, sie wissenschaftlich tiefer zu durchdringen, um so die wesentlichen Einflußfaktoren auf die Erhöhung der Effektivität zu erkennen und weitere Möglichkeiten der Effektivitätssteigerung zu zeigen. Ein solcher Einflußfaktor auf die Effektivität der Lagerung ist der mit der jeweiligen technischen Lösung realisierbare Raumausnutzungsgrad. Durch einen höheren Raumausnutzungsgrad

können vor allem die spezifischen Aufwandkennzahlen, wie z. B. Energie-, Material- und Investitionsaufwand, gesenkt werden. Damit wird eine Forderung erfüllt, die an jede Investitionsmaßnahme im Rahmen der Rationalisierung bzw. der Neuerrichtung mit Nachdruck gestellt ist.

Die Analyse verschiedener Lagerobjekte für schütffähige Trockenfuttermittel in landwirtschaftlichen Betrieben hat gezeigt, daß in den Lagereinrichtungen, abhängig von den technischen Lösungen, ein Raumausnutzungsgrad η_R = 33...45 % bei maximaler Füllung möglich ist. Damit wird die Forderung, einen Raumausnutzungsgrad η_R ≥ 60 % [2] zu erreichen, jedoch bei weitem nicht erfüllt, und in den meisten Lagern wird auch die erreichbare Raumausnutzung nicht voll ausgeschöpft.

Schwerpunktaufgaben sind:

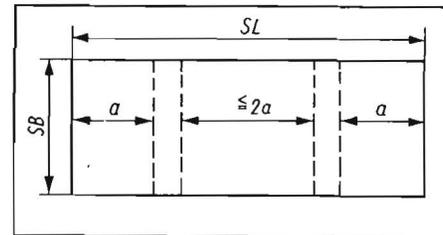


Bild 2. Systemlänge und -breite bei Lagergebäuden

Bild 1. Untersuchte bautechnische und ausrüstungstechnische Lösungen; TKF Trogkettenförderer, GBF Gurtbandförderer

bautechnische Lösung / ausrüstungstechnische Lösung		Stütze - Binder - Mischkonstruktion				Stütze - Riegel - Konstruktion		Holzleichtbauhalle
		SB in m	15	18	21	24	18	
1	1 TKF		X	X	X	X	X	X (oder 1GBF)
	2 TKF				X	X	X	
	3 TKF					X	X	
2				X	X			
3				X	X			
4		X	X	X	X			
5		X	X	X	X			

– Erarbeiten solcher technischer Lösungen für die Rationalisierung und Neuerrichtung von Lagereinrichtungen, mit denen ein möglichst hoher Raumausnutzungsgrad erreicht wird

– maximales Nutzen der erreichbaren Lagerkapazitäten mit den technischen Lösungen.

Im vorliegenden Beitrag werden unterschiedliche technische Lösungen untersucht, um daraus die Möglichkeiten und Grenzen abzuleiten, die sich bezüglich des Raumausnutzungsgrades durch unterschiedliche bautechnische Lösungen, variable geometrische Parameter der Gebäude und Zuordnung geeigneter ausrüstungstechnischer Lösungen ergeben.

2. Untersuchte technische Lösungen und einige methodische Aspekte der Berechnung des Raumausnutzungsgrades

Die untersuchten technischen Lösungen sind im Bild 1 dargestellt. Bezüglich der Lagergebäude wurden drei für die Lagerung von Schüttgütern in der Landwirtschaft typische bautechnische Lösungen ausgewählt, die auch zukünftig hauptsächlich zur Anwendung kommen werden. Bei den ausrüstungstechnischen Lösungen kam es darauf an, solche Lösungen in die Berechnungen einzubeziehen, die einen hohen Raumausnutzungsgrad η_R erwarten lassen. Andererseits sollte auch ein Vergleich zwischen stationären und mobilen Mechanisierungslösungen erfolgen.

Zur Bestimmung des Raumausnutzungsgrades wurde von jeder Lagervariante ein Aufriß (Maßstab 1:100) gezeichnet, in den der sich bildende Schüttkegel (Futtergetreide mit einem Schüttwinkel φ = 30°) für die jeweilige Mechanisierungslösung bei maximaler Füllung des Lagers eingetragen wurde. Daraus wurden die erforderlichen Querschnittsflächen mit einem Planimeter ermittelt bzw. bei einfachen Formen berechnet. Der Massestrom der eingesetzten Fördermittel beträgt 30 bis 60 t/h. Bei der Bestimmung der Einbauhöhen für die stationären Förderer wurde Standard TGL 30550, in dem u. a. Angaben zu Laufstegen und Wartungsbühnen festgelegt sind, berücksichtigt. Die untersuchten Systembreiten SB sind im Bild 1 aufgeführt. Bei der Stütze-Binder-Mischkonstruktion und der Stütze-Riegel-Konstruktion für stationäre Mechanisierungslösungen wurden Systemhöhen von SH = 6,0...9,6 m betrachtet, während bei allen mobilen Varianten SH = 6,0 m gilt. Zur Berechnung des Raumausnutzungsgrades für die Holzleichtbauhalle wurde das Projekt „Mineraldüngerlagerhalle 99 m“ als Grundlage verwendet. Der betrachtete Systemlängenbereich geht aus Bild 2 und Tafel 1 hervor. Weiterhin zeigt Tafel 1 auch die Abhängigkeiten zwischen der Anzahl der Durchfahrten und der Systemlänge und -breite, die ebenfalls für alle untersuchten Varianten Anwendung fanden. Allen untersuchten Varianten sind Querdurchfahrten zugeordnet. Spezielle Untersuchungen

Tafel 1. Anzahl der Durchfahrten in Abhängigkeit von Systemlänge SL und Systembreite SB (Angaben beziehen sich auf Bild 2, wobei a ~ SB)

SB m	SL m	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84
15	1	1	1	1	2	2	2	-	-	-	-
18	-	1	1	1	1	2	2	2	2	-	-
21	-	-	1	1	1	2	2	2	2	2	-
24	-	-	-	1	1	1	2	2	2	2	2

zur Entscheidung für Längs- oder Querdurchfahrten am Beispiel der Lagerhalle in Stütze-Binder-Mischkonstruktion ergaben, daß in den betrachteten Bereichen der Systembreite und -höhe mit der Anordnung von Querdurchfahrten ein besserer Raumausnutzungsgrad erreicht wird. Im Interesse einer möglichst hohen Raumausnutzung wurden bei allen betrachteten stationären Mechanisierungslösungen L-Stützwandelemente mit einer Höhe von 3,6 m zur Abtrennung des Lagerraums von den Durchfahrten eingesetzt. Die Breite der Durchfahrten beträgt in diesem Fall 6,0 m. Bei mobiler Einlagerungstechnik erwies sich aus Gründen der notwendigen Manövrierfähigkeit der Fördermittel zur Stapelbildung die Anwendung von Stützwandelementen an den Durchfahrten als nicht zweckmäßig. Hier wurde dafür jedoch nur eine Durchfahrtbreite von 4,5 m gewählt. Die Höhe der Stützwände an den Außenwänden längs- und giebelseitig wurde mit 4,2 m angesetzt.

Bild 3 Skizze zur Berechnung der Anordnungspunkte für Längsförderer im Dachbereich

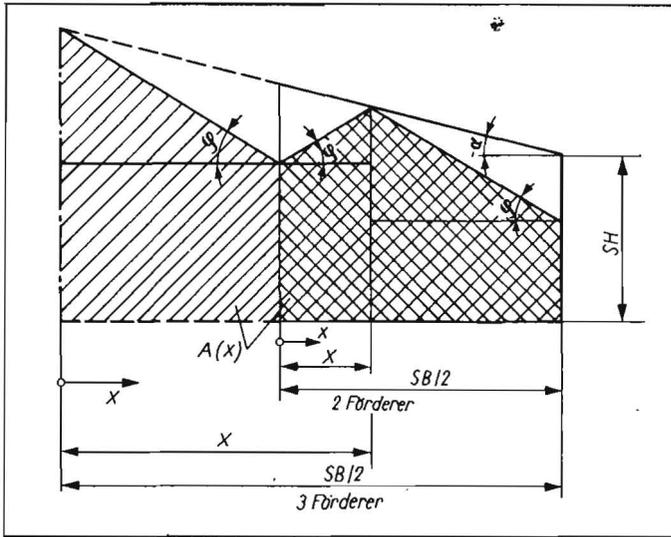
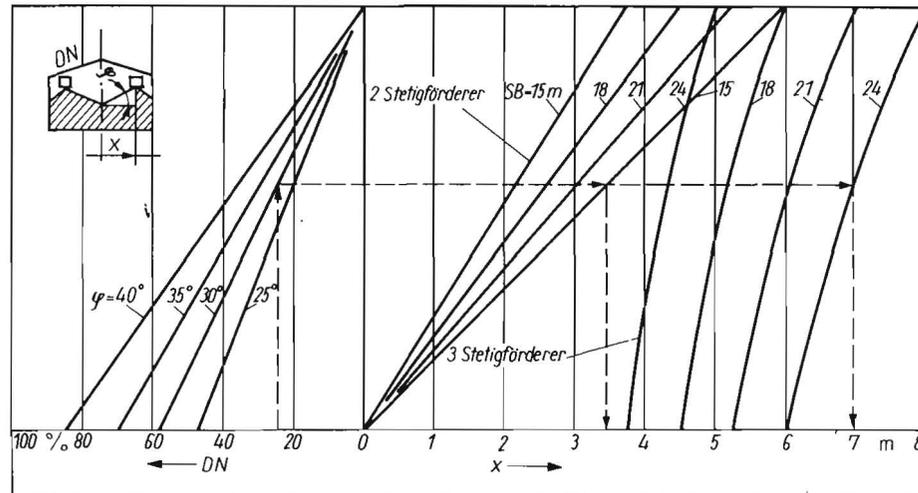


Bild 4 Abstände x der Längsförderer von der Mittelachse in Abhängigkeit von Systembreite SB, Dachneigung DN und verschiedenen Schüttwinkeln φ



Ausrüstungstechnische Varianten
Nachfolgend soll etwas näher auf die ausrüstungstechnischen Lösungen im Bild 1 eingegangen werden.

Variante 1 kann durch 1, 2 oder 3 Trogkettenförderer bzw. andere Stetigförderer, parallel zueinander im Dachbereich angeordnet, gestaltet werden. Die Gutführung erfolgt z. B. über Annahmeförderer und Becherwerk mit Verteilerrutschen. Bei Anordnung von 2 oder 3 Stetigförderern war im Interesse einer maximalen Raumausnutzung der optimale Anordnungspunkt zu finden. Diese Anordnungspunkte sind dann, wenn sich die Längsförderer der Dachneigung anpassen, wie z. B. bei der Stütze-Riegel-Konstruktion, nicht durch einfaches Dritteln oder Vierteln der Systembreite zu finden, sondern es ist davon auszugehen, daß die Querschnittsfläche A(x) nach Bild 3 ein Maximum darstellt. Das Maximum wird erreicht, wenn gilt:

$$A' = f'(x) = 0. \quad (1)$$

Bei der Ausrüstung einer solchen Lagerhalle mit 2 Längsförderern läßt sich für die Querschnittsfläche im Bild 3 folgende Gl. aufstellen:

$$A = f(x) = -x^2 \tan \varphi + x \frac{SB}{2} (\tan \varphi - \tan \alpha) - \frac{SB^2}{8} (\tan \varphi + \tan \alpha) + \frac{SB}{2} SH. \quad (2)$$

Damit ergibt sich der Anordnungspunkt rechts und links der Mitte zu

$$x = \frac{SB (\tan \varphi - \tan \alpha)}{4 \tan \varphi} \quad (3)$$

Bei Anordnung von 3 Längsförderern lautet die Beziehung für die Querschnittsfläche im Bild 4:

$$A = f(x) = x^2 \left[\frac{(\tan \varphi + \tan \alpha)^2}{4 \tan \varphi} - \tan \varphi \right] + x \frac{SB}{2} (\tan \varphi - \tan \alpha) + \frac{SB^2}{8} (2 \tan \alpha - \tan \varphi) + \frac{SB}{2} SH. \quad (4)$$

Für die Anordnung der Förderer links und rechts erhält man dann von der Mitte betrachtet den Wert

$$x = - \frac{SB (\tan \varphi - \tan \alpha) \tan \varphi}{(\tan \varphi + \tan \alpha)^2 - 4 \tan^2 \varphi} \quad (5)$$

Für $\alpha \rightarrow \varphi$, d. h., wenn sich die Dachneigung dem Schüttkegel anpaßt, führt Gl. (5) zu dem unbestimmten Ausdruck $\frac{0}{0}$. Eine Grenzwertbetrachtung nach L'Hospital liefert Gl. (6):

$$\lim_{\alpha \rightarrow \varphi} \frac{SB (\tan \varphi - \tan \alpha) \tan \varphi}{(\tan \varphi + \tan \alpha)^2 - 4 \tan^2 \varphi} = \lim_{\alpha \rightarrow \varphi} \frac{SB \tan \varphi}{2(\tan \varphi + \tan \alpha)} = \frac{SB}{4} \quad (6)$$

Der Abstand des Anordnungspunktes für die Förderer links und rechts strebt von der Mitte dem Wert $x = \frac{SB}{4}$ zu. Dieser Wert hat

allerdings praktisch keine Bedeutung, da der Schüttquerschnitt für $\alpha = \varphi$ durch einen mittig angeordneten Längsförderer realisiert wird. Zur Bestimmung der Anordnungspunkte für 2 und 3 Längsförderer im Dachbereich wurde das Nomogramm in Bild 4 erarbeitet, in dem auch unterschiedliche Systembreiten, Dachneigungen und Schüttwinkel berücksichtigt sind.

Die **Variante 2** im Bild 1 bezieht sich auf einen Einträgerbrückenkrane nach Standard TGL 20-360101, der mit einem elektromechanischen Schüttgutgreifer (Fassungsvermögen 2,0 m³) ausgerüstet ist und über eine Tragfähigkeit von 5 t verfügt.

Variante 3 stellt eine Lösung dar, bei der das Gut von einem in Hallenlängsachse im Dachraum angeordneten Gurtbandförderer auf eine ebenfalls in Längsrichtung verfahrbare Bandbrücke abgegeben wird. Auf dieser Bandbrücke befindet sich ein quer zur Hallenlängsachse verfahrbarer und reversierbarer Gurtbandförderer. Diese Lösung, die noch nicht von der Industrie angeboten wird, wurde in [3] konstruktiv entworfen und in ein Lagergebäude eingepaßt.

In **Variante 4** können unterschiedliche Lösungen zum Einsatz kommen. Die damit erreichbaren maximalen Schütthöhen in Abhängigkeit vom Schüttwinkel des einzulagernden Gutes zeigt Bild 5.

3. Ergebnisse der Untersuchungen

In den Bildern 6 und 7 ist der erreichbare Raumausnutzungsgrad bei der Stütze-Binder-Mischkonstruktion und der Stütze-Riegel-Konstruktion in Form eines Nomogramms dargestellt.

Die linke Seite zeigt den Raumausnutzungsgrad η_{R1} , der dann erreicht wird, wenn im Lager keine Durchfahrten vorhanden, bzw. diese ebenfalls mit Gut zugeschüttet sind. Damit entspricht η_{R1} dem Zustand maxi-

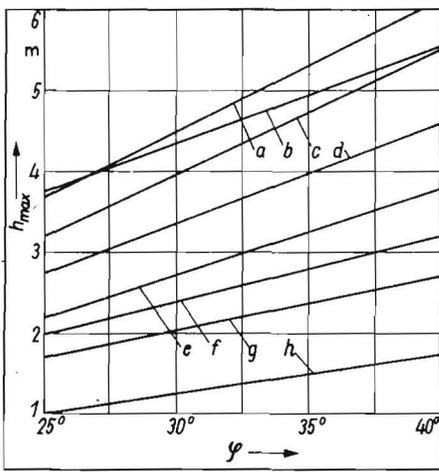


Bild 5. Maximale Schütthöhen h_{max} für ausgewählte mobile Mechanisierungsmittel; a Gurtbandförderer T 224/1 mit einer Rutsche mit einer Länge von 1,5 m, b Einlagerungsgerät (Forschungsmuster des FZM Schlieben/Bornim), c Gurtbandförderer T224/1, d Gurtbandförderer T223/1, e Gurtbandförderer T222/1, f Mobilkran T 174-2 mit Greifergrundgerüst KN200 und Greiferschalen (Fassungsvermögen 0,63 m³), g Mobilkran TIH-445 mit Greifergrundgerüst KN200 und Greiferschalen (Fassungsvermögen 0,63 m³), h Frontlader T 182 am MTS-50 mit Schüttgutschaufel

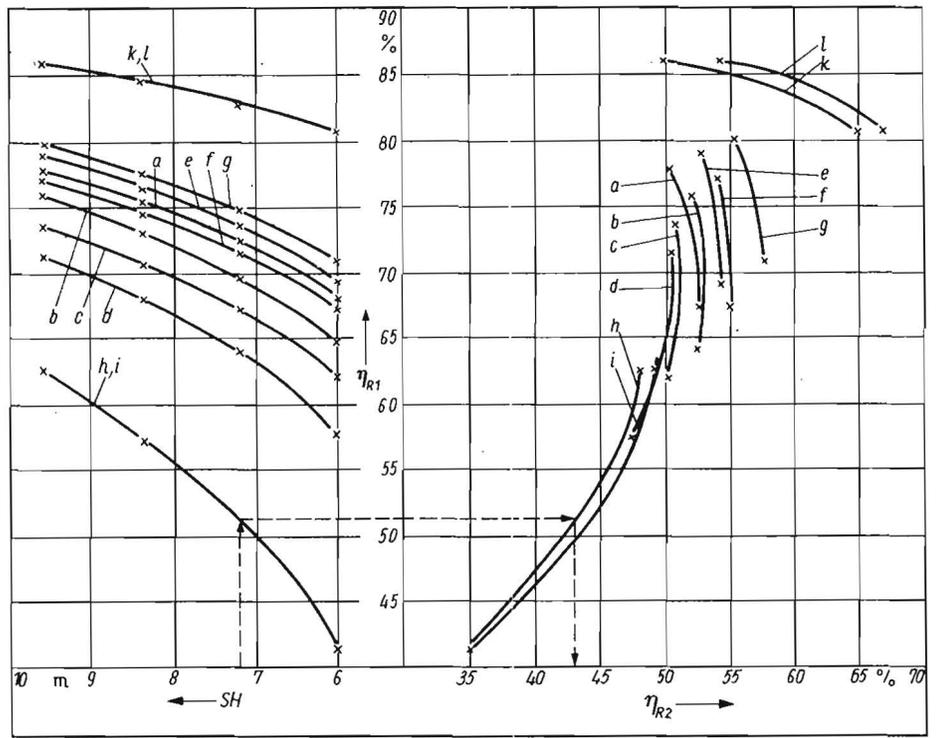
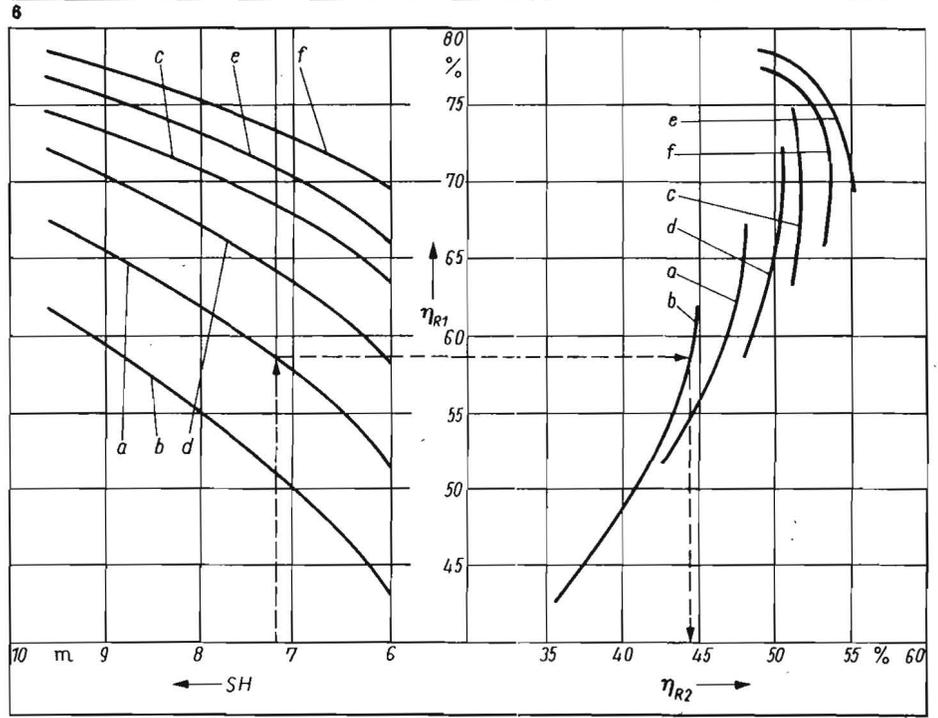


Bild 6. Raumaussutzungsgrad für Lagerhallen in Stütze-Binder-Mischkonstruktion; a 1 Trogkettenförderer, SB = 15 m, b 1 Trogkettenförderer, SB = 18 m, c 1 Trogkettenförderer, SB = 21 m, d 1 Trogkettenförderer, SB = 24 m, e 2 Trogkettenförderer, SB = 21 m, f 2 Trogkettenförderer, SB = 24 m, g 3 Trogkettenförderer, SB = 24 m, h Brückenkran, SB = 21 m, i Brückenkran, SB = 24 m, k Bandbrücke, SB = 21 m, l Bandbrücke, SB = 24 m

Bild 7. Raumaussutzungsgrad für Lagerhallen in Stütze-Riegel-Konstruktion; a 1 Trogkettenförderer, SB = 18 m, b 1 Trogkettenförderer, SB = 24 m, c 2 Trogkettenförderer, SB = 18 m, d 2 Trogkettenförderer, SB = 24 m, e 3 Trogkettenförderer, SB = 18 m, f 3 Trogkettenförderer, SB = 24 m



mal möglicher Rauffüllung. Die Werte für η_{R1} nehmen bei allen untersuchten Mechanisierungsvarianten und Systembreiten mit wachsender Systemhöhe zu. Die Systembreite hat besonders dann Einfluß auf η_{R1} , wenn durch das Mechanisierungsmittel bei der Einlagerung ein ausgeprägter Schüttkegel aufgebaut wird, wie das z. B. bei Anordnung von einem oder mehreren Trogkettenförderern im Dachbereich des Lagers der Fall ist. Dagegen besteht keine Abhängigkeit zwischen Systembreite und η_{R1} , wenn bei der Einlagerung eine nahezu ebene Schüttgutoberfläche geschaffen wird, wie das z. B. die Bandbrücke und der Brückenkran realisieren. Die Systemlänge hat auf η_{R1} keinen Einfluß. Vergleicht man die Mechanisierungslösungen miteinander, so werden mit der Bandbrücke bei der Stütze-Binder-Mischkonstruktion die höchsten Werte für η_{R1} erreicht. Durch Anordnung mehrerer Trogket-

tenförderer, abhängig von der Systembreite, können ebenfalls hohe Werte für η_{R1} erzielt werden. Der Vergleich zwischen Stütze-Binder-Mischkonstruktion und Stütze-Riegel-Konstruktion weist bei vergleichbarer Mechanisierungslösung etwas günstigere Werte für die Stütze-Binder-Mischkonstruktion aus. Das ist vor allem darauf zurückzuführen, daß bei der Stütze-Binder-Mischkonstruktion z. B. die Trogkettenförderer im Bereich des unter gespannten Holzklebbinders angeordnet werden, dieser Raum jedoch bei der Berechnung von v_{R1} nicht in V_E einging (beim Holzkleb binder wird die Unterkante des Binders durch das Zugband gebildet). Auf der rechten Seite der Bilder 6 und 7 ist der Raumaussutzungsgrad η_{R2} aufgetragen. Damit wird der Einfluß der Durchfahrten auf die erreichbare Raumaussutzungsgrad berücksichtigt. Es erwies sich im Interesse einer übersichtlicheren und anschaulicheren Dar-

stellung der Ergebnisse als zweckmäßig, η_{R2} als mittleren Raumaussutzungsgrad über den in Tafel 1 für die jeweilige Systembreite angegebenen Systemlängenbereich zu definieren. Dadurch wurde bei der Darstellung in den Bildern 6 und 7 der Einfluß der Systemlänge eliminiert, und es konnte besonders die Abhängigkeit zwischen dem Raumaussutzungsgrad und der Systemhöhe bei vorhandenen Durchfahrten gut sichtbar gemacht werden. Die Ergebnisse zeigen, daß bei Berücksichtigung der Durchfahrten zwischen η_{R2} und der Systemhöhe ganz andere Abhängigkeiten bestehen, als dieses bei η_{R1} der Fall ist. So steigt η_{R2} nur bei einigen Varianten im betrachteten Systemhöhenbereich an (Brückenkran oder 1 Trogkettenförderer bei großer Systembreite), während er bei anderen Varianten ein ausgeprägtes Optimum bildet (einige Trogkettenförderer-Varianten) oder sofort mit wachsender System-

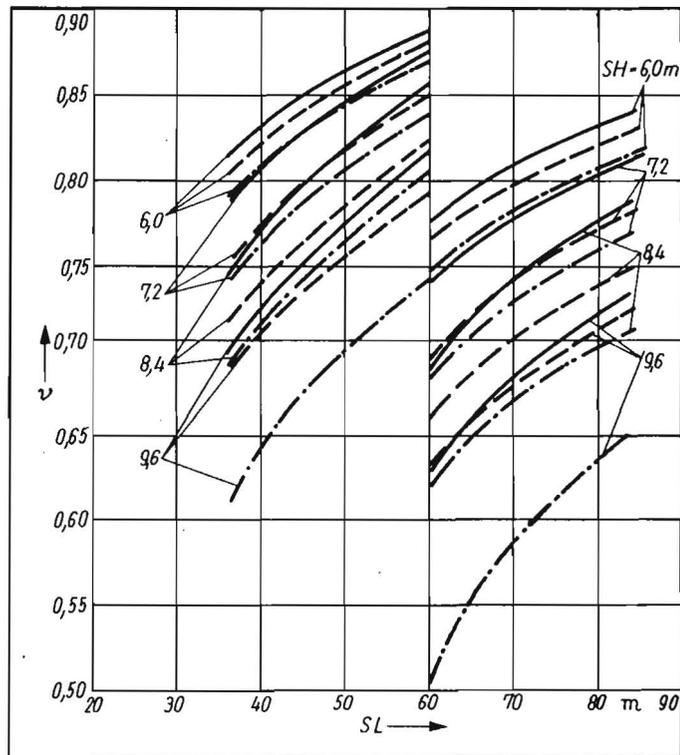
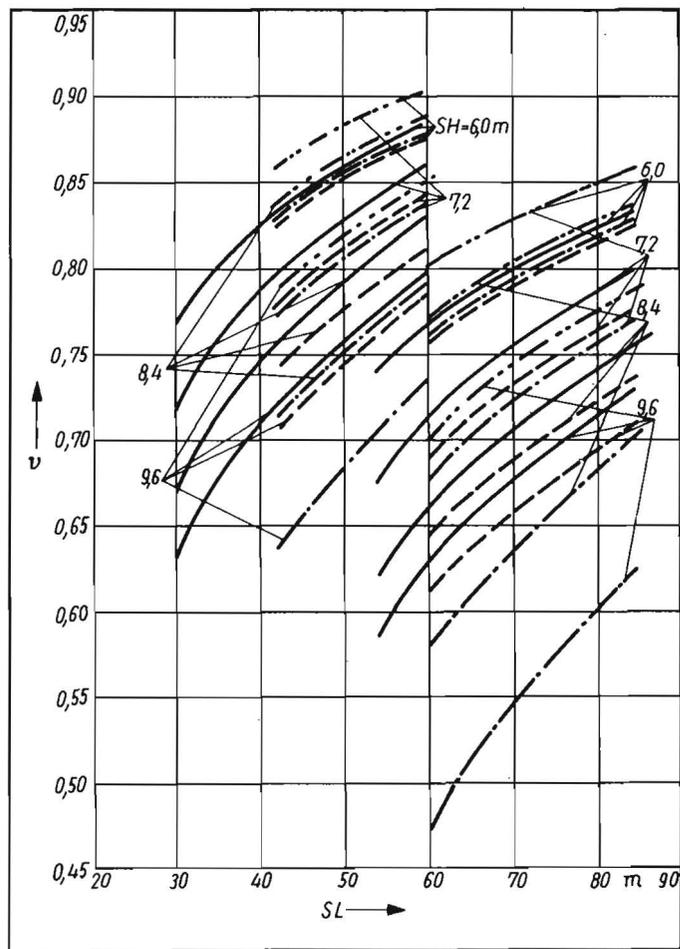


Bild 9. Faktor v für Lagerhallen in Stütze-Riegel-Konstruktion;

- 1 Trogkettenförderer
- - - 2 Trogkettenförderer
- · - · 3 Trogkettenförderer

Bild 8. Faktor v für Lagerhallen in Stütze-Binder-Mischkonstruktion;

- 1 Trogkettenförderer
- - - 2 und 3 Trogkettenförderer
- · - · Brückenkran
- · - · - Bandbrücke

höhe abfällt (Bandbrücke oder 3 Trogkettenförderer). Ursache ist der sich an den Durchfahrten ausbildende Schüttwinkel, der bei Stützwandelementen mit einer Höhe von 3,6 m im oberen Systemhöhenbereich und damit bei größeren Schütthöhen zu einem wesentlich höheren Schüttvolumenverlust führt. Je niedriger der Raumausnutzungsgrad η_{R1} ist, um so wirksamer kann η_{R2} durch Vergrößerung der Systemhöhe gesteigert werden. Andererseits wird bei Mechanisierungslösungen, die bereits bei niedrigen Systemhöhen ein hohes η_{R1} aufweisen, d. h., bei denen die vom Gebäude eingeschlossene Querschnittsfläche im Aufriß zu einem hohen Anteil mit Schüttgut ausgefüllt ist, die Vergrößerung der Systemhöhe nur noch wenig oder keinen Effekt bezüglich der Steigerung von η_{R2} bringen bzw. η_{R2} wird wieder kleiner. Hinsichtlich des Einflusses der Systembreite, der Mechanisierungslösung und der bautechnischen Lösung auf η_{R2} liegen grundsätzlich die gleichen Abhängigkeiten vor, wie sie bereits für η_{R1} herausgearbeitet wurden. Als günstigste Lösungen erweisen sich auch bei Berücksichtigung von Durchfahrten hinsichtlich der Raumausnutzung die Bandbrücke und die Anordnung von 2 oder 3 Trogkettenförderern im Dachbereich, wobei jedoch bei allen diesen Lösungen Systemhöhen von $SH > 6$ m keine Verbesserung bzw. eine Verschlechterung der Raumausnutzung bringen. In den Bildern 8 und 9 ist der Faktor v zur Berücksichtigung der Durchfahrten in Abhängigkeit von der Systemlänge SL dargestellt, der es ermöglicht, den Raumausnutzungsgrad bei vorhandenen Durchfahrten für eine ganz bestimmte Systemlänge zu ermitteln. Der Faktor v bildet das Verhältnis aus dem Einlagerungsvolumen, das erreicht wird, wenn die Lagerraum-

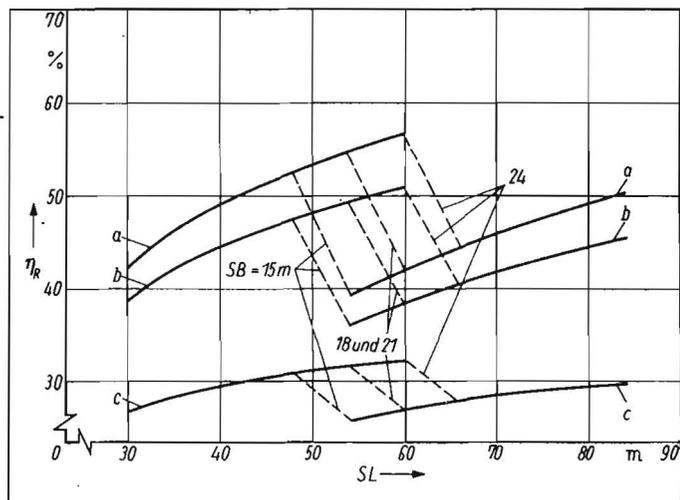
Bild 10
Raumausnutzungsgrad beim Einsatz mobiler Mechanisierungsmittel;

a Gurtbandförderer T 224/1 mit einer Rutsche mit einer Länge von 1,5 m, b Gurtbandförderer T 224/1, c Mobilkran T 174-2 mit KN 200 und Greiferschalen (Fassungsvolumen 0,63 m³)

Werte für η_{R2} in %

	SB in m	15	18	21	24
a		43,5	47,6	48,1	50,1
b		39,8	43,2	43,5	45,4
c		29,8	29,9	30,0	30,2

verluste an den Querdurchfahrten berücksichtigt werden, und dem Einlagerungsvolumen, das erreicht wird, wenn keine Durchfahrten vorhanden bzw. diese zugeschüttet sind. Der Faktor v steigt über einen bestimmten Systemlängenbereich bei einer konstanten Anzahl von Durchfahrten (Tafel 1) kontinuierlich an, um dann, wenn eine weitere Durchfahrt hinzu kommt, auf einen niedrigeren Wert abzufallen. So entsteht je nach Anzahl der Durchfahrten eine treppenartige Kurve mit $n-1$ Unstetigkeitsstellen, wobei n die Anzahl der Durchfahrten ist. Soll der Raumausnutzungsgrad für eine ganz be-



stimmte Systemlänge berechnet werden, so ist η_{R1} mit dem entsprechenden Wert von v zu multiplizieren. Auf diese Weise kann mit den Bildern 6 bis 9 jeder Raumausnutzungsgrad η_R für die betrachteten technischen Lösungen und die Geometrieparameter auf einfache Weise ermittelt werden.

In den Bildern 6 bis 9 wurden nur stationäre Mechanisierungslösungen betrachtet. Welcher Raumausnutzungsgrad bei Anwendung mobiler Mechanisierungsmittel zur Stapelbildung erreichbar ist, geht aus Bild 10 hervor. Die hier dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf ein Lagergebäude der Stütze-Binder-Mischkonstruktion, können jedoch auch mit guter Annäherung für die Stütze-Riegel-Konstruktion angewendet werden. Bei mobiler Einlagerungstechnik ist die Darstellung des Raumausnutzungsgrades in Abhängigkeit von der Systemhöhe nicht sinnvoll, da mit je-

dem Fördermittel nur eine ganz bestimmte maximale Stapelhöhe erreicht wird (Bild 5), die im Interesse einer maximalen Raumausnutzung auch anzustreben ist. Der Raumausnutzungsgrad wurde deshalb für die mobilen Einlagerungsvarianten in Abhängigkeit von Systemlänge und -breite dargestellt. Die Einlagerungsvariante Gurtbandförderer T 224/1 mit einer Rutsche mit einer Länge von 1,5 m stellt dabei die mobile Variante dar, mit der die größte Stapelhöhe realisiert wird. Sie soll zum Ausdruck bringen, was überhaupt mit mobiler Einlagerungstechnik erreicht werden kann. Der Gurtbandförderer T 224/1 und der Mobilkran T 174-2 sind Varianten, die häufig bei der Schüttgutlagerung zur Anwendung kommen. Der Vergleich der mobilen Varianten im Bild 10 mit den stationären Varianten im Bild 6 hinsichtlich η_{R2} zeigt, daß mit stationären Mechanisierungslösungen für die Stapelbildung ein höherer Raumausnutzungsgrad erreicht werden kann. Das gilt besonders für Lager mit kleineren Systembreiten von z. B. 15 m und 18 m, wo bereits die Anordnung eines Trogkettenförderers im Dachraum einen höheren Raumausnutzungsgrad ermöglicht als eine mobile Lösung. Hinzu kommt, daß mobile Mechanisierungslösungen, die eine größere Schütthöhe ermöglichen (Bild 1, Varianten 1 und 2, und Bild 10), in kleineren Lagern schwer manövrierbar sind und deshalb bevorzugt in größeren Lagern eingesetzt werden. Bild 11 zeigt den Raumausnutzungsgrad, der in einer Holzleichtbauhalle mit Dreigelenk-Rahmenbinder erreichbar ist. Auch hier wurde nur eine Systemhöhe betrachtet. Es fällt auf, daß mit der Holzleichtbauhalle bei weitem nicht der hohe Raumausnutzungsgrad erreicht wird, den die baukonstruktive Lösung erwarten läßt. Ursache dafür sind wieder die großen Schüttverluste infolge der Schüttkegelbildung an den Durchfahrten.

4. Schlußfolgerungen

Die in den Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse zeigen, daß der Raumausnutzungsgrad durch unterschiedliche technische Lösungen für Bau und Ausrüstung sowie durch Variation der Geometrieparameter des Lagergebäudes signifikant beeinflusst werden kann. Die Zielstellung von $\eta_R \geq 60\%$ wird jedoch nur bei der Bandbrücke in Zuordnung

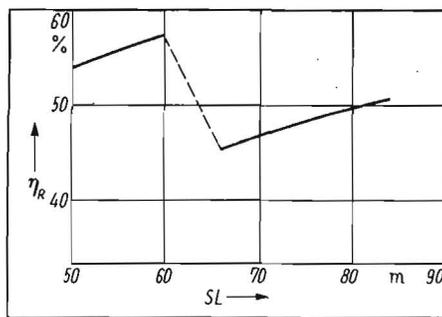


Bild 11. Raumausnutzungsgrad in einer Holzleichtbauhalle ($\eta_{R2} = 51,5\%$)

zur Stütze-Binder-Mischkonstruktion und bei Anordnung von 2 und 3 Trogkettenförderern für ganz bestimmte Systemlängen erreicht. Der z. T. deutlich höhere Raumausnutzungsgrad bei stationären Lösungen gegenüber mobiler Einlagerungstechnik rechtfertigt es, diesen Lösungen bei weiteren Betrachtungen zur Gestaltung der Ausrüstung in Lagereinrichtungen für schüttfähige Trockenfuttermittel in landwirtschaftlichen Betrieben verstärkte Beachtung zu widmen.

Ein hoher Raumausnutzungsgrad ist nicht immer identisch mit niedrigeren spezifischen Aufwandkennzahlen. So wird z. B. mit ebenerdigen Rundbehältern ein wesentlich höherer Raumausnutzungsgrad erreicht, die spezifischen Aufwandkennzahlen sind jedoch ebenfalls bedeutend höher als bei Lagerhallen. Auch bei Lagerhallen sind bestimmte technische Lösungen denkbar, bei denen nur mit großem Aufwand ein hoher Raumausnutzungsgrad erreicht wird. Zur Beurteilung der Zweckmäßigkeit einer technischen Lösung sind deshalb noch eine Reihe anderer Einflußfaktoren zu berücksichtigen, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen werden kann. In jedem Fall kommt es darauf an, einfache und billige technische Lösungen zu finden, mit denen ein möglichst hoher Raumausnutzungsgrad erzielt wird. Berücksichtigt man die Tatsache, daß nach [4] 75 bis 90 % der Investitionen für ein Lager für schüttfähige Trockenfuttermittel von der bautechnischen Lösung bestritten werden, so geht es vor allem darum, durch sinnvolle Auswahl und Anordnung der Mechanisierungsmittel in dem zur Verfügung stehenden

Lagergebäude eine maximale Raumausnutzung zu erzielen, um auf diese Weise besonders die spezifischen Aufwandkennzahlen für den Bau zu senken. Die Erarbeitung solcher Mechanisierungsvarianten stellt natürlich auch Anforderungen an die Gestaltung neuer bautechnischer Lösungen.

5. Zusammenfassung

Es wird der erreichbare Raumausnutzungsgrad für unterschiedliche bau- und ausrüstungstechnische Lösungen sowie variable Geometrieparameter bei Lagereinrichtungen für schüttfähige Trockenfuttermittel berechnet und dargestellt. Dabei konnten deutliche Unterschiede zwischen den betrachteten Varianten ermittelt werden.

Wichtige Ergebnisse sind:

- Mit stationären Mechanisierungslösungen zur Einlagerung kann gegenüber mobilen Lösungen ein höherer Raumausnutzungsgrad erzielt werden.
- Bei der Anordnung von Durchfahrten im Lager sind im Systembreitenbereich von 15 bis 24 m Querdurchfahrten im Vergleich zu Längsdurchfahrten günstiger.
- Die Schüttvolumenverluste infolge Schüttkegelbildung an den Durchfahrten und Giebelseiten sind Ursache dafür, daß bei einem großen Teil der untersuchten Varianten mit zunehmender Systemhöhe keine Verbesserung bzw. sogar eine Verschlechterung der Raumausnutzung eintritt.

Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Ökonomisches Lexikon. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1979.
- [2] Müller, K.; Krafzig, A.; Schrader, A.: Verfahren der Lagerhaltung von Trockenfutterkomponenten und Teiffertigfuttermitteln auf der Basis vorhandener baulicher Lösungen und Mechanisierungsmittel. Institut für Futterproduktion Paulinenaue, Forschungsbericht 1978 (unveröffentlicht).
- [3] Runge, R.: Untersuchungen zur wechselseitigen Beeinflussung von Bau und Ausrüstung bei Lagerbauten für Trockenfuttermittel. WPU Rostock, Sektion Landtechnik, Großer Beleg 1980 (unveröffentlicht).
- [4] Mittag, U.; Kirschbaum, H.-G.; Körtge, R.: Gestaltung von Ausrüstungen für die Grobfutterlagerung. WPU Rostock, Sektion Landtechnik, Forschungs- und Entwicklungsbericht 1981 (unveröffentlicht). A 3826

Frontschaufellader in der Landwirtschaft

Dipl.-Ing. W. Helmholz, KDT/Dipl.-Ing. H. List, KDT/Dr. agr. Ing. M. Dreißig, KDT/Ing. R. Kühne
Institut für Energie- und Transportforschung Meißen/Rostock der AdL der DDR

1. Einführung

Im Umschlagmittelsystem der Landwirtschaft der DDR nehmen gegenwärtig in der Gruppe der Unstetigförderer die Mobilkrane vor den Traktorfrontladern einen dominierenden Platz ein. In anderen Volkswirtschaftszweigen mit hohen Anteilen umschlagender Massengüter, besonders bei der Fahrzeugbeladung, haben Frontschaufellader zunehmend Verwendung gefunden. Für den Umschlag landwirtschaftlicher Mas-

sengüter mit Hilfe von Frontschaufelladern liegen erste Einsatzergebnisse vor. Sich daraus ergebende spezifische Anforderungen an die Gestaltung der Frontschaufellader und ihrer Arbeitswerkzeuge, die unterschiedlichen Merkmale im Vergleich zu den Mobilkranen und Traktorfrontladern sowie Hinweise für eine Weiterentwicklung in Auswertung der Einsatzergebnisse eines Frontschaufelladers mit einer Tragfähigkeit von 1500 kg sollen nachfolgend beschrieben werden.

2. Einsatzbereiche in der Landwirtschaft

2.1. Arbeitsweise und Durchsätze

Frontschaufellader realisieren ihr Arbeitsspiel im Gegensatz zu Mobilkranen, die, im Stand arbeitend, die Gutbewegung durch Reichweitenänderungen des Auslegers und Drehbewegungen des Oberwagens (T 174) bzw. des Drehturms (T 157, T 159, TIH-445) erreichen, durch Fahrbewegungen. Obwohl die Fahrbewegung der Frontschau-