

Boxeneinstreu: nur so kurz wie nötig!

Entmistungssystem und Arbeitswirtschaft setzen dem Langstroheinsatz Grenzen

Franz Nydegger, Matthias Schick, Helmut Ammann und Martin Schlatter, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

Die Notwendigkeit der Zerkleinerung von Boxeneinstreu ist umstritten. Strohmalen kann Scheunenbrände verursachen, Langstroh zu Störungen im Entmistungssystem führen. Diese Untersuchung geht dem Zusammenhang von Strohlänge mit Strohverbrauch und Sauberkeit der Tiere sowie den arbeits- und betriebswirtschaftlichen Aspekten von Ernte, Aufbereitung und Einstreuen von Stroh nach.

Die Ergebnisse einer Erhebung auf elf Betrieben mit unterschiedlichen

Einstreuverfahren fanden Eingang in Kalkulationen mit zwölf Verfahrensvarianten. Die Strohzerkleinerung beeinflusste die Einstreumenge und Tiersauberkeit nicht. Auch wirkte sich die Einstreumenge nicht auf die Tiersauberkeit aus. Verschiedene Flüssigmistanlagen funktionieren ohne jegliche Strohzerkleinerung. Der Einsatz von Langstroh verursacht aber mehr Arbeitszeitaufwand als ein Verfahren mit Zerkleinerung. Gesamthaft am günstigsten schneidet das Verfahren Feldhäcksler und

Ladewagen ab. Interessant sind aber auch die Grossballen-Verfahren. Die Quaderballenpresse mit Vorbauhäcksler weist gegenüber dem Verfahren «Quaderballenpresse mit stationärem Häckseln» nur Fr. 2.- pro Kuh und Jahr an Mehrkosten auf. Die Verfahren mit stationärem Strohmalen unterscheiden sich arbeitswirtschaftlich nur geringfügig von den Verfahren der Pressen mit Vorbauhäcksler oder dem Feldhäcksler, verursachen aber bei 20 Kühen zwischen Fr. 540.- (Schneidpresse) und Fr. 1860.- (Strohmühle) Mehrkosten pro Jahr. Verfahren mit Zerkleinerung auf dem Feld sind weder brandgefährlich noch staubbelastend und arbeits- wie auch betriebswirtschaftlich interessant.



Abb. 1. Die Strohmatratze (links) gilt als ideale Liegefläche für die Kuh. Sie kann mit Langstroh und Kot aufgebaut werden. Eine Zerkleinerung des Strohs ist nur sinnvoll, wenn das Entmistungssystem nicht mit Langstroh funktioniert.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Methoden	2
Betriebe	2
Strohzerkleinerung	3
Einstreu und Tierverschmutzung	3
Arbeitswirtschaft	6
Betriebswirtschaft	8
Planung und Bau	10
Schlussfolgerungen	11
Literatur	11

Problemstellung

Boxenlaufställe werden in der Schweiz häufig mit Schlitz- oder Lochböden oder mit einer Schieberentmischung in die Güllegrube ausgeführt. Als Einstreu darf gemäss Qualitätssicherung Stroh und anderes geeignetes Material wie trockenes Sägemehl, Riedstreu oder Laubstreu, verwendet werden. Bei der meistverwendeten Stroheinstreu besteht eine grosse Unsicherheit über die notwendige Bearbeitung bzw. den Zerkleinerungsgrad. Oft wird von einem Zusammenhang zwischen Einstreumenge und Tiersauberkeit, aber auch zwischen Zerkleinerungsgrad und Einstreumenge ausgegangen. Die herkömmlichen Verfahren des Strohmahls sind relativ arbeitsaufwendig und stellen zudem eine Gefahr für Scheunenbrände dar (FAT-Bericht Nr. 418). Es galt abzuklären, unter welchen Bedingungen das mit alternativen Verfahren wie Schneid- oder Häckselvorrichtungen an Pressen oder Ladewagen bearbeitete Einstreumaterial für Flüssigmistssysteme geeignet ist.

Methoden

Auf 13 Betrieben mit Boxenlaufställen erfassten wir die wichtigsten Betriebsdaten (Flächen, Tierbestand, Arbeitskräfte usw.) sowie die spezifischen Anlagen wie Entmistungssystem und Güllelager. Davon fanden elf Eingang in die Schlussauswertung. Mit Hilfe von Strohedpots mit gewogenen Strohmenen erhoben wir den Strohverbrauch. Der Zerkleinerungsgrad des Strohs konnte mittels Häcksellängen-Analysen und durch Auszählungen der Halmlängen bestimmt werden. Anlässlich mehrmaliger Betriebsbesuche während der Sommer- und Winterfütterungsperiode beurteilten wir die Tiersauberkeit nach dem Verfahren von Faye und Barnouin 1985, und zwar für den Ano-Genitalbereich, das Euter, den

Bauch, die Flanken und das Bein vom Sprunggelenk bis zu den Klauen. Dabei wird der Verschmutzungsgrad der einzelnen Partien nach folgender Skala benotet:

- 0 Keine Verschmutzung
- 0,5 Einzelne, wenig verbreitete Verschmutzung
- 1 Verbreitete Verschmutzung, jedoch unter 50% der Fläche
- 1,5 Verbreitete Verschmutzung, über 50% der Fläche
- 2 Total verschmutzt oder mit dicker Kruste bedeckt

Die Summe der Einzelnoten ergibt den Tiersauberkeitsindex (zum Beispiel $0,5 + 1,0 + 1,5 + 1,0 + 0,5 = 4,5$) des Tieres. Der Stalldurchschnitt widerspiegelt die Sauberkeit des Stalles. Nach Faye und Barnouin (1985) können Ställe mit Werten zwischen zwei und bis vier als «sauber», von vier bis sechs als «ein wenig schmutzig» bezeichnet werden.

Durch Befragung der Landwirte wurden Störungen im Entmistungssystem und allfällige kritische Stellen eruiert. Gezielte Arbeitstagebücher und ergänzende arbeitswirtschaftliche Messungen lieferten weitere Grunddaten für den Verfahrensvergleich.

Betriebe

Gemäss Tabelle 1 handelt es sich um futterbaubetonte Betriebe, beträgt doch der Anteil von Natur- und Kunstwiesen sowie Silomais zirka 88% der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Die landwirtschaftliche Nutzfläche liegt

zwischen zirka 11 und 42 ha mit einem Mittelwert von 22,4 ha. Die Familie verfügt im Durchschnitt über 1,6 Arbeitskräfte (1 bis 3). Zwei Betriebe beschäftigen eine Arbeitskraft (Lehrling, Saisonier oder Aushilfe).

Der Fragestellung entsprechend unterscheiden sich die Betriebe vor allem bei den angewendeten Strohzerkleinerungsverfahren und den Entmistungssystemen (Tab. 2).

Vier Betriebe setzen unzerkleinertes Stroh ein, zwei verwenden eine Schneidpresse (Abb. 3 rechts), zwei eine Strohühle und je einer zerkleinert das Stroh mit dem Feldhäcksler oder dem Vorbauhäcksler der Rundballenpresse (Abb. 2 und 3).

Sechs Betriebe weisen einen Gussasphaltboden mit Klappschieberentmischung und fünf eine Loch- oder Schlitzbodenentmischung auf. Mit einer Ausnahme ist auf allen Betrieben im Fress- und im Liegebereich dasselbe Entmistungssystem anzutreffen. Auf fünf Betrieben fliesst der Mist durch PVC-Rohre oder Halbschalen in die Güllegrube (in einem Fall in die Vorgrube). Die Rohre weisen in vier Fällen 50 cm und in einem Fall 40 cm Durchmesser auf. In fünf Betrieben fliesst Wasser aus dem Melkstand oder vom Dach in den Kanal oder das PVC-Rohr. Die Kanäle unter den Loch- oder Schlitzböden sind mit einer Ausnahme (Staubnase) alle mit einem Schieber verschlossen und werden periodisch, meist wechselseitig, entleert. Je ein Betrieb rührt die Gülle mit einem Propeller- bzw. einem Schaufelrührwerk auf. Fünf verwenden ein Haspel- und vier ein Schiffsschraubenrührwerk. Auf drei Betrieben (B, I, K) wird ein grosser Teil der Gülle mit der Verschlau-

Tabelle 1. Struktur der Betriebe

Betrieb	Arbeitskräfte		Flächenausstattung							Boxenlaufstall	
	Familie	Fremde	LN ha	Naturwiesen ha	Kunstwiesen ha	Getreide ha	Silomais ha	Sonstiges ha	Wald ha	Milchkühe Anzahl	Boxen für Kühe Anzahl
A	1,5		20,3	10	3	3	3	1,3	3	24	26
G	1		14	7,7	2,8	1,4	0,7	1,4	1,3	18	20
B	1,2	0,3	21	21					6	20	23
H	2		13,9	9,5	1	3		0,4	1,5	16	21
C	1,5		21,85	12,5	1,5	5	2,5	0,35	1	25	32
D	1,1		19,2	8	2	3,65	2,7	2,85	2,25	21	28
E	2		20	7,8	1	8	1,2	2	1,8	32	40
I	1	1	39	39					1	42	47
F	1,5		11,5	9		1	0,9	0,6		13	21
K	3		42,5	29	3	4,5	6		3,5	52	68
L	1,25	1	23	16		4	1,6	1,4	2,1	28	37
Mittel	1,6	0,8	22,4	15,4	2,0	3,7	2,3	1,3	2,3	26	33
Maximum	1,00	0,3	11,5	7,7	1	1	0,7	0,35	1	13	20
Minimum	3	1	42,5	39	3	8	6	2,85	6	52	68



Abb. 2. Vorbauhäcksler an Grossballenpressen zerkleinern das Stroh bereits auf dem Feld. Die Staubbelastung und die Brandgefahr des Strohmahlens entfallen. Der Zerkleinerungsgrad hängt von der Einstellung und der Fahrgeschwindigkeit ab.

chung ausgebracht. Zwei dieser Verschlauchungsbetriebe setzen unzerkleinertes Stroh ein.

Auf zwei Betrieben stellten wir Entmistungskanäle mit erfahrungsgemäss kritischen Bedingungen fest. Betrieb D wies einen U-förmigen Güllenkanal um den Fressplatz herum auf. Betrieb I streute seit Jahren Sägemehl ein, was bei Güllenkanälen mit Stau-Spülmistung Ablagerungen verursachen kann. Auf beiden Betrieben ergab eine Profilaufnahme wider Erwarten keine nennenswerten Ablagerungen in den Kanälen.

Auf den Betrieben H und L entleeren sich die Güllekanäle mittels Schieber im Stallbereich in einen Querkanal, was gemäss FAT-Bericht Nr. 327 Schadgasbelastungen nach sich ziehen kann.

Wirkung der Strohzerkleinerung

Zur Herrichtung einer Strohmattatze in den Boxen genügt Langstroh (FAT-Bericht Nr. 416).

Die trotzdem verbreitete Zerkleinerung des Strohs wird mit der Vermeidung von Verstopfungen des Entmistungssystems sowie einer Erleichterung des Einstreuens begründet.

Ein besseres Wasseraufnahmevermögen kann jedenfalls mit der Zerkleinerung nicht erreicht werden. Wie Untersuchungen von Jakob (1976) und Haidn (1997) gezeigt haben, nimmt das Stroh erst bei Partikelgrössen von unter 3 mm mehr Wasser auf. Dieser Anteil

ist jedoch auch bei sogenanntem Strohmehl relativ niedrig. Eine Analyse von Strohmehl der FAT hat einen Anteil von 11% von Partikel kleiner als 4,5 mm ergeben, obschon dieses Strohmehl optisch als fein gemahlen beurteilt wurde.

Das Mahlen bewirkt ein dichteres Lagern. Das damit einhergehende höhere Volumengewicht birgt die Gefahr der subjektiven Unterschätzung der Einstreumenge und die Überschätzung der Saugfähigkeit des Strohmehls.

Die wichtigsten Zerkleinerungsverfahren sind in Tabelle 3 aufgeführt. Sie unterscheiden sich in bezug auf Werkzeuge, Einsatzort und Zerkleinerungsintensität.

Weiter beeinflussen die Getreidesorte, die Gutfeuchtigkeit, der Einsatz von Halmverkürzer und der Mähdeschertyp die Struktur des Strohs.

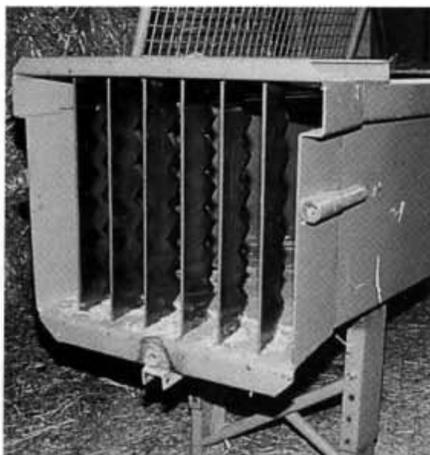
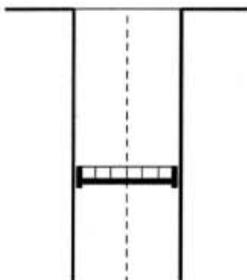
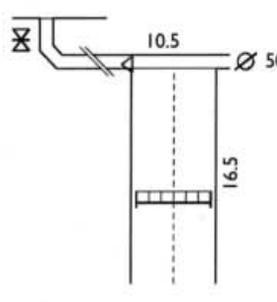
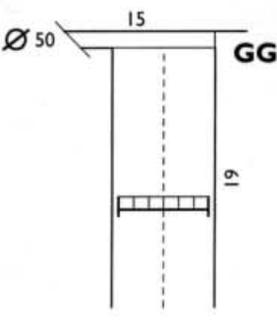


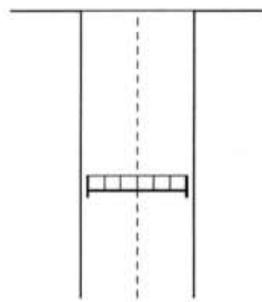
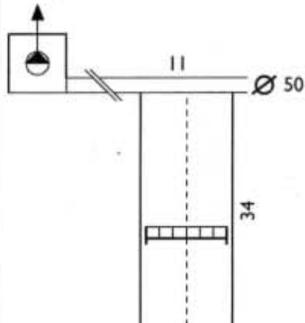
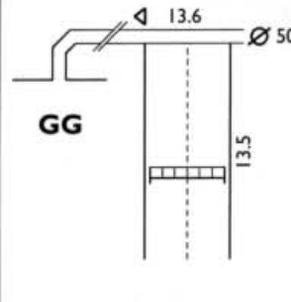
Abb. 3. Der Vorbauhäcksler (links) weist eine horizontale Welle mit beweglichen Schlegelmessern auf. Ein bis zwei Gegenschneden sind am Gehäuse montiert. Die Schneidpresse (rechts) dagegen verfügt über sechs stehende Messer. Ein Hydraulikzylinder drückt den Strohballen durch diese Messer.

Einstreu und Tierverschmutzung

Die erfassten Einstreumengen lagen zwischen 0,3 und 1,25 kg / Tier und Tag (Tab. 2) bei einem Durchschnitt von rund 0,7 kg / Tier und Tag für Sommer und Winter. Der Unterschied zwischen Sommer- und Winterfütterungsperiode war im Durchschnitt gering, in einem Fall lag der Wert im Winter um 25% höher.

Tabelle 2. Einstreumaterial, Entmistungssystem und Tierverschmutzung

Betrieb	A	B	C
Einstreumaterial	Stroh	Stroh	Stroh
Zerkleinerung	Keine	Keine	Strohschneider
Rührwerk	Propeller, Traktor	Schiffschraube	Schaufel
Pumpe	Tauchpumpe	Schneckenpumpe	
Fütterung			
Sommer	Eingrasen / Weide	Eingrasen / Weide	Eingrasen / Weide
Winter	Heu, Gras-, Mais- und ZR-schnittsilagen	Heu, Kartoffeln, Stroh / Fruchtsirup, Maiswürfel	Heu, Futterrüben, Maiswürfel
Einstreumenge			
Sommer kg/Tier undTag	0,9	0,5	0,3
Winter kg/Tier undTag	1,0	0,7	0,3
Tiersauberkeitsindex			
Sommer	4,8	4,2	4,7
Winter	4,2	4,4	4,2
Entmistungssystem			
Skizze der entscheidenden Elemente	GG 	GG 	GG 
<ul style="list-style-type: none">  Schieber  PVC-Rohr  Siphon  Pumpe GG Güllegrube 			

Betrieb	D	E	F
Einstreumaterial	Stroh	Stroh	Stroh
Zerkleinerung	Keine	Vorbauhäcksler, R-Ballen	Feldhäcksler
Rührwerk	Schiffschraube	Schiffschraube	Haspel
Pumpe		Schneidpumpe	
Fütterung			
Sommer	Eingrasen / Weide	Eingrasen / Weide / Heu / Stroh	Eingrasen / Weide
Winter	Heu, Futterrüben, Kartoffeln, Graswürfel	Heu; Futterrüben, Gras- und Maiswürfel	Heu
Einstreumenge			
Sommer kg/Tier undTag	1,2	0,8	0,3
Winter kg/Tier undTag	0,9	0,7	0,3
Tiersauberkeitsindex			
Sommer	3,8	3,7	3,1
Winter	4,3	3,4	2,2
Entmistungssystem			
Skizze der entscheidenden Elemente	GG 	GG 	GG 

Betrieb	G	H	I
Einstreumaterial	Stroh	Stroh	Sägemehl
Zerkleinerung	Strohmühle	Strohmühle	
Rührwerk	Haspel	Haspel	Haspel
Pumpe			
Fütterung			
Sommer	Eingrasen / Weide	Eingrasen / Weide	Eingrasen / Weide
Winter	Heu, Futterrüben	Heu, Futterrüben	Heu
Einstreumenge			
Sommer kg/Tier undTag	1,0	0,6	1,0
Winter kg/Tier undTag	1,25	0,6	1,0
Tiersauberkeitsindex			
Sommer	4,8	3,3	3,9
Winter	4,8	2,9	3,2
Entmistungssystem Skizze der entscheidenden Elemente			

Betrieb	K	L	
Einstreumaterial	Stroh	Stroh	
Zerkleinerung	Keine	Strohschneider	
Rührwerk	Haspel	Schiffschraube	
Pumpe	Umspülpumpe		
Fütterung			
Sommer	Eingrasen / Weide Maissilage, Heu, Stroh	Eingrasen / Weide	Alle Betriebe
Winter	Heu, Gras- und Mais- silage, Stroh	Heu, Futterrüben	Mittelwerte
Einstreumenge			
Sommer kg/Tier undTag	0,3	0,9	0,7
Winter kg/Tier undTag	0,3	0,8	0,7
Tiersauberkeitsindex			
Sommer	4,6	2,2	3,9
Winter	4,4	1,9	3,6
Entmistungssystem Skizze der entscheidenden Elemente			

Tabelle 3. Zerkleinerungsverfahren

Verfahren	Ort der Zerkleinerung	Werkzeug	Intensität	Strohbergung Lager
Ladewagen	Feld	Messer	Schwach	Lose
Rundballenpresse mit Messer	Feld	Messer	Schwach	Rundballen
Rundballenpresse mit Vorbauhäcksler	Feld	Schlegel	Mittel	Rundballen
Schneidpresse (Hydrohack)	Scheune	Messer	Mittel	Hochdruckballen geschnittenes Stroh
Quaderballenpresse mit Vorbauhäcksler	Feld	Schlegel	Mittel bis stark	Quaderballen
Feldhäcksler	Feld	Messer	Stark	Lose
Strohmühle	Scheune	Messer	Stark	Lose, Ballen, Strohmehl

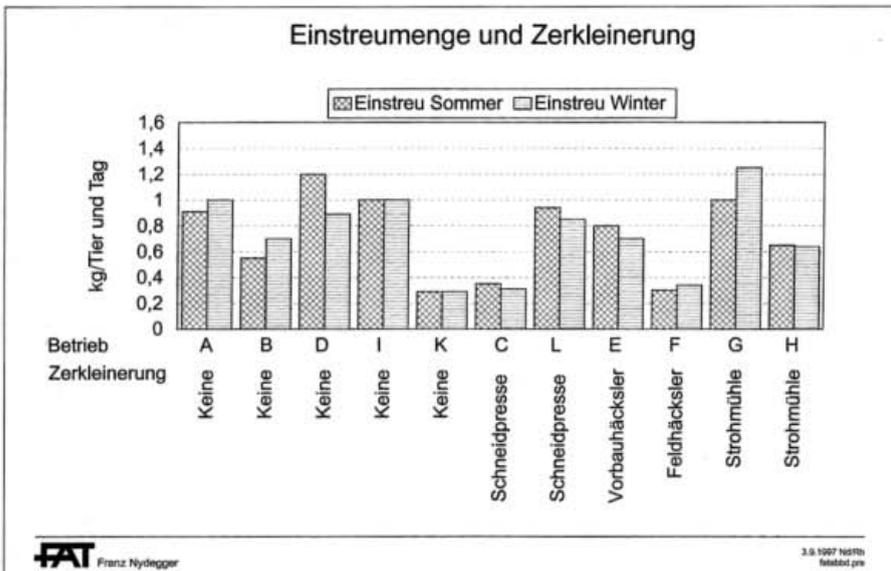


Abb. 4. Die Einstreumenge hängt nicht von der Zerkleinerungsart ab. Strohmahlen führt nicht zu geringerem Strohverbrauch.

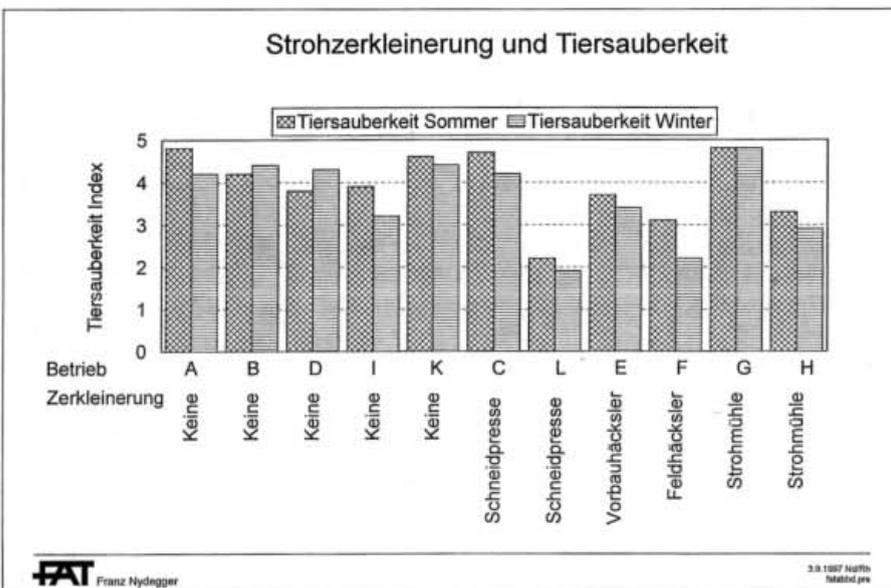


Abb. 5. Die Strohzerkleinerung führt nicht zu saubereren Tieren. Ställe mit einem Tiersauberkeitsindex unter 4 gelten als «sauber».

Der Tierverschmutzungsindex lag im Durchschnitt bei 3,9 von zehn Punkten für den Sommer und bei 3,6 für den Winter.

Wir konnten keinen Zusammenhang zwischen der Einstreumenge pro Tier und Tag und der Tiersauberkeit feststellen. Auch ein Einfluss des Zerkleinerungsverfahrens auf die notwendige Einstreumenge ist nicht erkennbar (Abb. 4). Sowohl ohne als auch mit starker Zerkleinerung (Strohmühle, Feldhäcksler) lagen die Werte im ganzen Streubereich.

Fünf der elf Ställe können deshalb als «sauber», sechs müssen knapp als «leicht schmutzig» eingestuft werden. Ein Zusammenhang zwischen Zerkleinerungsverfahren und Tierverschmutzung lässt sich nicht erkennen. Diese Ergebnisse deuten auf eine starke individuelle Beeinflussung durch den Betriebsleiter unabhängig von Zerkleinerungsgrad und Einstreumenge hin.

Arbeitswirtschaftliche Einordnung

Was wurde gemessen?

In der Auswertung konnten die gezielten Arbeitstagebücher von acht Betrieben mit Boxenlaufställen berücksichtigt werden. Von den Landwirten wurde dabei im Selbstaufschrieb der Arbeitszeitaufwand für die verschiedenen Arbeitsabschnitte «Box einstreuen», «Box ausmisten», «Stroh mahlen» und «Stroh schneiden» in ein Datenblatt eingetragen (siehe Tab. 5). Der erfasste IST-Arbeitszeitaufwand aus den Arbeitstagebüchern unterliegt grossen Schwankungen. Auch die Arbeitserledigung ist auf den einzelnen Betrieben sehr individuell. Sechs Betriebe trennen die Arbeitsabschnitte «Box ausmisten» und «Box einstreuen» voneinander, das heisst der Mist wird zum Beispiel täglich aus den Boxen herausgenommen, die Einstreu erfolgt aber nur zweimal wöchentlich. Zwei Betriebe fassen die Arbeitsabschnitte zusammen und erledigen Ausmisten und Einstreuen für jede Box zeitgleich.

Von der Ist- zur Soll-Zeit

Zum Vergleich – und zur Vervollständigung des vorhandenen Datenmaterials

– wurden direkte Zeitmessungen als Arbeitsbeobachtungen durchgeführt. Dies erfolgte für die Arbeitsteilvorgänge «Stroh pressen mit Quaderballenpresse und Vorbauhäcksler», «Stroh pressen mit Rundballenpresse und Vorbauhäcksler», «Stroh häckseln mit stationärem Häcksler» und «Stroh schneiden mit der Schneidpresse».

Mit dem aufbereiteten und ausgewerteten Datenmaterial wurden verschiedene Modelle kalkuliert, die als Grundlage für eigene SOLL-Kalkulationen dienen. Als wichtigste signifikante Einflussgrößen auf den Arbeitszeitbedarf erweisen sich die eingestreute Strohmasse je Kuh und Einstreuvorgang sowie die Entfernung zwischen Strohlager bzw. Strohzwischenlager und dem Boxenlaufstall. Die Form der Strohernte beeinflusst zwar – durch grosse Leistungsunterschiede zwischen den einzelnen Ernteverfahren – ebenfalls den Arbeitszeitbedarf je Kuh und Jahr. Dieser wirkt sich allerdings bei den geringen Einstreumengen von durchschnittlich 0,7 kg je Kuh und Tag nicht besonders aus.

Die Planzeitkalkulationen beinhalten – für variable Bestandesgrößen – den Arbeitszeitbedarf für die täglichen Arbeiten «Box ausmisten» und «Box einstreuen» sowie für die nichttäglichen Arbeiten «Strohernte», «Strohtransport» und «Strohaufbereitung».

Welche Aussagen lassen die Ergebnisse zu?

In den Abbildungen 6 und 7 ist der Arbeitszeitbedarf für die verschiedenen Strohernteverfahren «Hochdruckpresse», «Rundballenpresse», «Rundballenpresse mit Vorbauhäcksler», «Quaderballenpresse», «Quaderballenpresse mit Vorbauhäcksler», «Ladewagen lose» und «Ladewagen mit Feldhäcksler» dargestellt. Integriert sind hierbei die Zerkleinerungsstufen «Keine Zerkleinerung», «Häckseln stationär» sowie optional «Schneidpresse» und «Vorbauhäcksler».

Der Arbeitszeitbedarf ist immer je Kuh und Jahr angegeben. Aus den Abbildungen ist allgemein ersichtlich, dass die grössten Arbeitszeiteinsparungen beim Übergang von der Bestandesgrösse 20 Kühe zur Bestandesgrösse 40 Kühe zu erwarten sind. Der Unterschied zwischen 40 und 60 Kühen ist

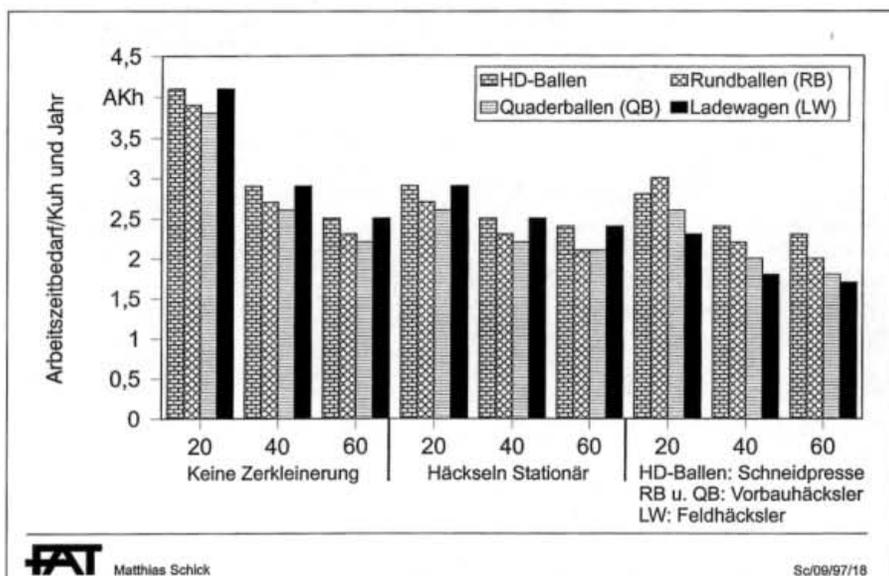


Abb. 6. Der arbeitswirtschaftliche Vergleich für Stroh ernten, aufbereiten und einstreuen zeigt, dass die Vorteile einer Strohaufbereitung überwiegen. Die Form der Strohaufbereitung hat im Boxenlaufstall allerdings einen relativ geringen Einfluss auf den Arbeitszeitbedarf.

dagegen eher als gering einzustufen. Grosse Zeiteinsparungen sind auch – unabhängig von der Bestandesgrösse – durch eine Strohaufbereitung zu erreichen. Der Arbeitszeitaufwand für die periodische nichttägliche Strohaufbereitung (Häckseln bzw. Schneiden) nimmt zwar zu, aber insgesamt ist das Strohhandling durch jede Form der Aufbereitung wesentlich erleichtert. Bei den Strohernteverfahren in Ballen-

form (HD-Ballen, Rund- und Quaderballen) haben – aus der Sicht der Zeitwirtschaft – Ort und Form der Aufbereitung lediglich eine untergeordnete Bedeutung. Allerdings ist aus der ergonomischen Betrachtungsweise ebenso wie aus Gründen eines vorbeugenden Brandschutzes eine Zerkleinerung auf dem Feld dem staub- und lärmintensiven Häckseln auf dem Hof vorzuziehen. Die Schneidpresse

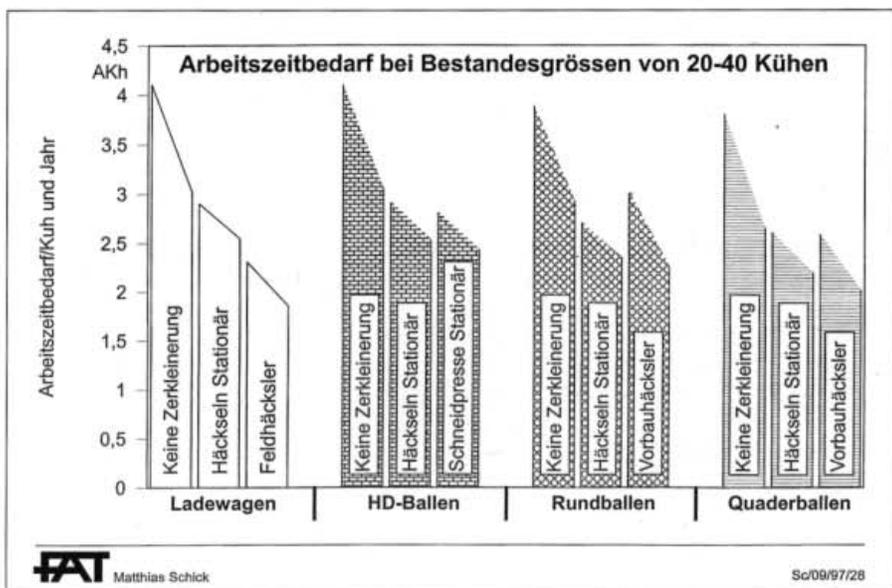


Abb. 7. Der Vergleich verschiedener Ernte- und Aufbereitungsverfahren macht deutlich, dass – bei allen Verfahren ohne vorgeschaltete Strohaufbereitung – die zunehmende Bestandesgrösse einen starken Einfluss auf den Arbeitszeitbedarf hat.

als stationäres Zerkleinerungsgerät für kleine HD-Ballen kann hier als positive – weder staubintensive noch feuergefährliche – Alternative bezeichnet werden.

Die Strohernteverfahren mit Ladewagen sind immer dann interessant, wenn ausreichend Lagerraum für loses Stroh auf dem Betrieb zur Verfügung steht und wenn die Einlagerung mit vorhandenem Gerät (Greiferkrananlage, Dosieranlage, Gebläse) mechanisiert werden kann. Arbeitswirtschaftlich besonders empfehlenswert ist die überbetriebliche Strohernte mit Feldhäcksler und Ladewagen oder besser noch grossvolumigen Häckselwagen. Hierdurch sind Arbeitszeitbedarfswerte von weniger als 2 Akh je Kuh und Jahr realisierbar. Eine Strohaufbereitung auf dem Hof ist hierbei nicht mehr notwendig.

Betriebswirtschaftliche Ergebnisse

Unterschiede in Mechanisierung und Strohlagerbedarf

Den ausgewählten Verfahren sind gebräuchliche Arbeitskettens zugrunde gelegt. Wir unterstellen, dass organisatorisch und wirtschaftlich optimale Einsatzbedingungen ausgeschöpft werden (Tab. 4).

Bei den Press- und Häckselarbeiten gehen wir von Lohneinsätzen aus, beim Ballenlader von einer Zumietung, bei den anderen Maschinen von einer Eigenmechanisierung.

Beachtliche Unterschiede bestehen beim Raumbedarf für die Lagerung des Strohs. Die grösste Lagerdichte und damit den kleinsten Raumbedarf erreichen wir bei den Quaderballen mit 2,0 m³ je Kuh und Jahr (Tab. 4, Verfahren 1c, 3c). Den grössten Bedarf benötigt loses, ladewagengeschnittenes Stroh mit 3,9 m³ je Kuh und Jahr (Verfahren 1d).

Gebäudekosten unterscheiden sich mehr als um das Doppelte

Beim Strohlager unterscheiden wir zwischen einfachen Ballenlagern (Neuwert Fr. 120.-/m³ mit jährlichen Kosten von Fr. 9.-/m³) und eingewandeten Behältern für Häcksel, gemahlenes und geschnittenes Stroh (Neuwert von Fr. 160.-/m³ und jährlichen Kosten von Fr. 11.80/m³). Die jährlichen Kosten für das Stroh bewegen sich je Kuh in einem Bereich zwischen Fr. 18.- (Quaderballen, 3c) und Fr. 46.- (Stroh lose gelagert 1d).

Zuteilbare Maschinenkosten, entscheidend ob Eigentum oder Zumietung

Die zuteilbaren Maschinenkosten variieren je Kuh und Jahr zwischen Fr. 4.- (Ladewagen, Verfahren 1d) und Fr. 102.- (HD-Ballen, Strohmühle, Verfahren 2a, 20 Kühe). Hohe Maschinenkosten fallen bei eigenen Maschinen an, wenn die fixen Kosten nur der Strohbearbeitung zugeteilt werden müssen. In der Vorgabe betrifft dies die Strohmühle, den Funkenlöcher und die Schneidpresse. Bei diesen Verfahren tritt bei zunehmendem Tierbestand eine Kostendegression ein. Günstiger werden diese Verfahren, wenn die Bearbeitungsmaschinen zugemietet werden können (Tab. 4a).

Die Zusammenfassung von Strohlager- und zuteilbaren Maschinenkosten ergibt, dass das Verfahren 1c (Quaderballen) am günstigsten ist. Die Lagerung der Quaderballen beansprucht am wenigsten Raum, und es erfolgen Lohnarbeit und der Einsatz von ohnehin auf dem Betrieb eingesetzten Maschinen (Traktor und Frontlader), Fr. 34.-/Kuh und Jahr. Am teuersten

Tabelle 4a. Kosten je Kuh und Jahr bei Zumietung oder Eigentum von Strohmühle, Funkenlöcher und Schneidpresse

Art der Strohaufbereitung Verfahren	Häckseln stationär			Schneidpresse 3a
	2a	2b	2c	
Miete:				
Zuteilbare Maschinenkosten	Fr. 42.-	37.-	38.-	28.-
Eigentum:				
Zuteilbare Maschinenkosten				
20 Kühe	Fr. 102.-	96.-	98.-	64.-
40 Kühe	Fr. 65.-	59.-	60.-	43.-
60 Kühe	Fr. 52.-	47.-	48.-	36.-

Tabelle 5. Der erfasste Ist-Arbeitszeitaufwand auf den untersuchten Betrieben unterliegt naturgemäss grossen Schwankungen. Dieser ist durch die betriebsindividuelle Arbeitserledigung zu erklären

Betrieb Nr.	Arbeitszeitbedarf									Zerkleinerung
	AKmin/Box und Tag	kg/Box und Tag	AKmin/kg	AKmin/Box und Tag	AKmin/Box und Tag	AKmin/kg	AKmin/Box und Tag	AKmin/Tier und Tag	AKh/Tier und Jahr	
	Box einstreuen	Masse	Box einstreuen	Box ausmisten	Box entmisten und einstreuen	Stroh mahlen	Stroh schneiden	Tagessumme	Jahressumme	
E	0.31	0.75	0.42					0.31	1.9	Vorbauhäcksler
D		1.05			0.12			0.12	0.7	Keine
L	0.08	0.90	0.09	1.25			0.02	1.35	8.2	Schneidpresse
H		0.65	0.00		2.50	0.09		2.59	15.8	Strohmühle
B	0.03	0.63	0.05			0.12		0.15	0.9	Keine
A	1.06	0.96	1.11	0.42				1.48	9.0	Keine
C	0.14	0.33	0.43	0.27			0.05	0.46	2.8	Schneidpresse
F	0.08	0.32	0.25	0.77				0.85	5.2	Feldhäcksler
Mittelwert	0.28	0.70	0.34	0.68	1.31	0.11	0.03	0.91		
Minimum	0.03	0.32	0.00	0.27	0.12	0.09	0.02	0.12		
Maximum	1.06	1.05	1.11	1.25	2.50	0.12	0.05	2.59		
Standardabweichung	0.39	0.27	0.38	0.44	1.68	0.02		0.85		
Variationskoeffizient	138.34	38.97	114.32	64.56	128.47	20.20		93.49		

Tabelle 4. Organisatorische, arbeitswirtschaftliche und wirtschaftliche Kenngrößen

Art der Strohaufbereitung		Keine Zerkleinerung				Häckseln stationär				Schneidpresse-Vorbau- häcksler-Feldhäcksler			
		1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	2d	3a	3b	3c	3d
Mechanisierung													
Strohbergung													
HD-Pressen	L	■				■				■			
Ballenwagen	L	■				■				■			
Ballenlader	M	■				■				■			
Rundballenpresse	L		■				■				■		
Rundballenpresse mit Vorbauhäcksler	L			■				■				■	
Quaderballenpresse	L			■				■				■	
Quaderballenpresse mit Vorbauhäcksler	L			■				■				■	
Frontlader	E	■	■	■		■	■	■		■	■	■	
Pneuwagen, 8 t	E	■	■	■		■	■	■		■	■	■	
Ladewagen	E				■				■				■
Feldhäcksler	L												■
Umschlag auf Hof													
Vielzweckgebläse	E			■		■	■	■					■
Strohmühle	E			■		■	■	■					■
Funkenlöscher zu Strohmühle	E			■		■	■	■					■
Schneidpresse	E								■				
Art Strohlager													
Dauerlager für 12, bzw. 9 Monate													
lose				■									
Ballen		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
gemahlen								■					
gehäckselt													■
Zwischenlager für 3 Monate													
gemahlen					■	■	■						
Raumbedarf Strohlager													
je Kuh und Jahr, ohne Funktionsraum													
Dauerlager	m ³	2.6	3.2	2.0	3.9	1.9	2.4	1.5	3.4	2.6	3.2	2.0	2.6
Zwischenlager	m ³					0.9	0.9	0.9					
Arbeitszeitbedarf													
je Kuh und Jahr													
bei 20 Kühen	AKh	4.1	3.9	3.8	4.1	2.9	2.7	2.6	2.9	2.8	3.0	2.6	2.3
bei 40 Kühen	AKh	2.9	2.7	2.6	2.9	2.5	2.3	2.2	2.5	2.4	2.2	2.0	1.8
bei 60 Kühen	AKh	2.5	2.3	2.2	2.5	2.4	2.1	2.1	2.4	2.3	2.0	1.8	1.7
Kosten Strohlager und Masch													
Strohlager, je Kuh und Jahr ohne Funktionsraum													
	Fr.	23	29	17.7	46	27	32	23	40	23	29	18	30
Zuteilbare Maschinenkosten													
je Kuh und Jahr													
bei 20 Kühen	Fr.	21	15	16.6	4	102	96	98	23	64	18	18	12
bei 40 Kühen	Fr.	21	15	16.6	4	65	59	60	23	43	18	18	12
bei 60 Kühen	Fr.	21	15	16.6	4	52	47	48	23	36	18	18	12
Kosten Strohlager und zuteilbare Maschinenkosten													
je Kuh und Jahr													
bei 20 Kühen	Fr.	44	44	34.3	50	129	128	121	63	87	46	36	43
bei 40 Kühen	Fr.	44	44	34.3	50	92	91	83	63	66	46	36	43
bei 60 Kühen	Fr.	44	44	34.3	50	79	79	71	63	59	46	36	43

L Lohneinsatz
M Miete
E Eigentum

■ eingesetzte Maschinen
■ Degression verursacht durch fixe Kosten von:
Strohmühle, Funkenlöscher und Schneidpresse

sind diejenigen Verfahren, für welche Maschinen speziell für die Strohbearbeitung angeschafft werden (2a, 2b, 2c, 3a).

Im Einzelfall entscheiden die betrieblichen Voraussetzungen, welches Bearbeitungs- und Lagerverfahren am günstigsten ist. Die Möglichkeit, Arbeiten im Lohn erledigen zu lassen oder Maschinen für die bescheidenen Einsatzvolumen zumieten zu können, ist dabei von entscheidender Bedeutung.

Hinweise für Planung und Bau

Planung von neuen Anlagen

Aus Sicht der Entmistung kann bei Verfahren mit Festboden und einer Schieberentmistung (stationär oder mobil), welche den Flüssigmist direkt in die Güllengrube fördert, ganz auf eine Strohzerkleinerung verzichtet werden (Abb. 8). Für Anlagen mit perforierten Böden sind Kanäle mit Stauschiebern und direktem Abfluss in die Güllengrube von Vorteil. Da für den Einsatz von gar nicht oder nur wenig zerkleinertem Stroh keine Siphons verwendet werden können, ist der Bedienung der beim Einlass in die Güllengrube eingebauten Stauschieber besondere Beachtung zu schenken.

Um das Eindringen von Schadgasen in den Stall möglichst zu verhindern, sollten die Güllekanäle vor dem Rühren der Gülle in der Grube entleert und die Schieber wieder geschlossen werden. Zum Rühren ist ein effizientes Schaufel-Schiffsschrauben- oder Propeller-rührwerk von Vorteil. Es sollte in der Nähe des Abwurfs in die Güllengrube eingesetzt werden können, damit abgelagerter Mist vom Güllestrom erfasst wird.

Sind aus baulichen Gründen Querkannäle erforderlich, sollten diese keine Querschnittverengungen oder Übergänge von rechteckig auf rund aufweisen. Halbschalen mit durchgehend gleichem Durchmesser (zum Beispiel 50 cm) haben sich bewährt. Das Einleiten von Abwasser aus dem Melkstand kann den Abfluss beschleunigen.

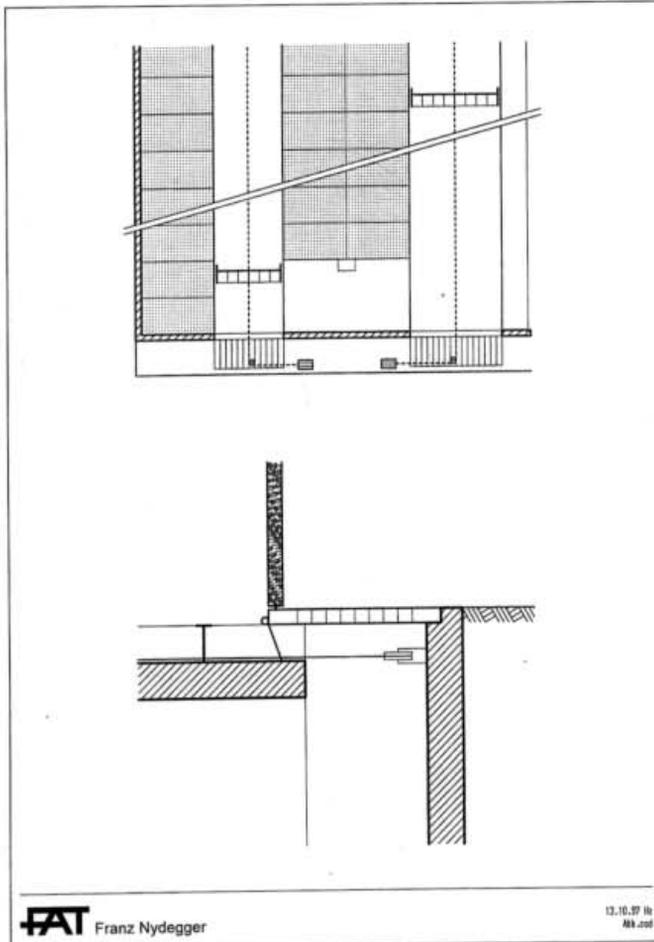


Abb. 8. Geeignet für den Langstroheinsatz sind vor allem Anlagen mit Schieberentmistung direkt in die Güllengrube. Daher ist zu beachten, dass die Schadgase beim Rühren durch Entlüftungsöffnungen entweichen können. Beim Mauerdurchgang sind Sicherheitsvorrichtungen (zum Beispiel Tippschaltung) vorzusehen.

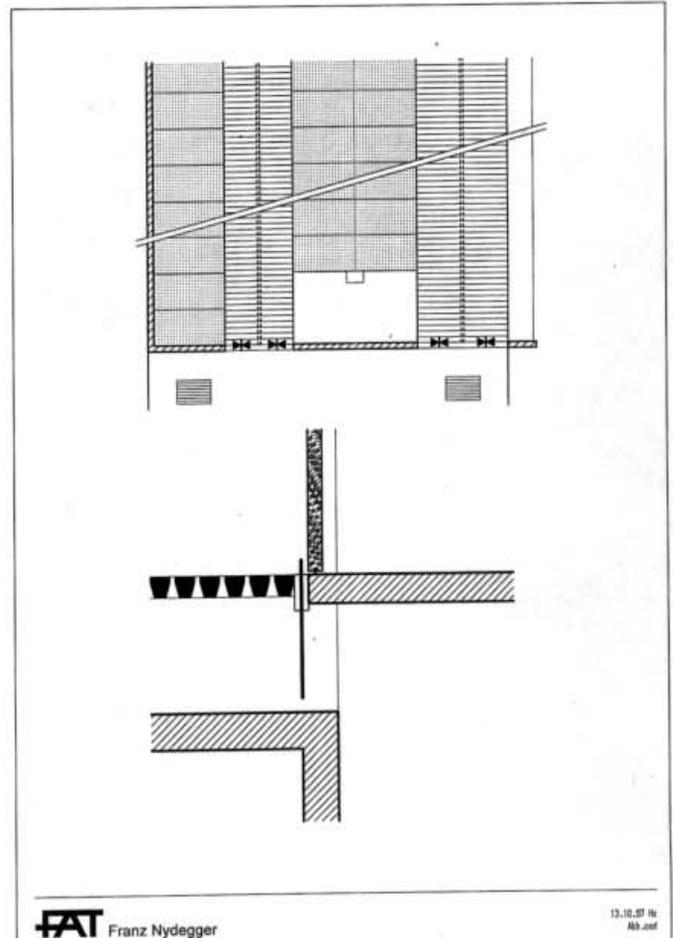


Abb. 9. Auch Kanäle unter Spalten- oder Lochböden können Langstroh verkraften, wenn sie direkt in die Güllengrube münden. Der Abschluss muss allerdings mit einem Schieber und nicht mit einem Siphon erfolgen.

Zerkleinerung

Muss das Stroh wegen bestehenden Hindernissen im Entmistungssystem oder zur leichteren Handhabung zerkleinert werden, stehen für eine schwache Zerkleinerung die Grossballenpresse oder Ladewagen mit Messereinsatz sowie die Schneidpresse zur Wahl (Abb. 3).

Als nächst stärkere Zerkleinerung folgen die Rundballenpresse mit Vorbauhäcksler, die Quaderballenpresse mit Vorbauhäcksler (Abb. 2), der Feldhäcksler und schliesslich die Stroh­mühle. Mit dem Feldhäcksler und dem Vorbauhäcksler zu den Grossballenpressen wird das Stroh je nach Einstellung ähnlich stark wie mit der Stroh­mühle zerkleinert und aufgerissen. Das Zerkleinern auf dem Feld bietet die Vorteile einer Verminderung der Brandgefahr und der Staubbelastung gegenüber dem Verfahren Stroh­mühle.

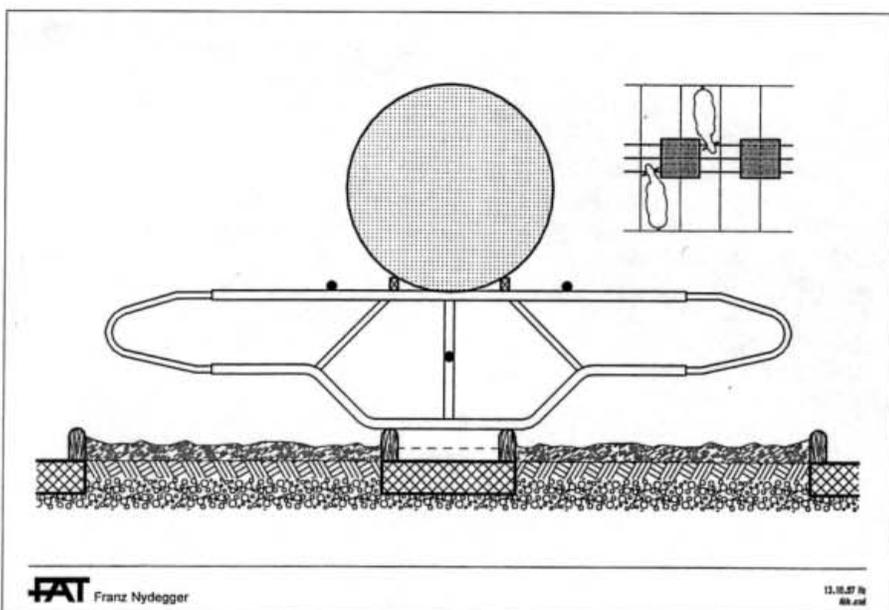


Abb. 10. Grossballen können unter Einhaltung des Platzbedarfes der Kuh über den Boxentrennbügeln gelagert werden. Das Einbringen der Ballen erfordert jedoch Einfahrmöglichkeiten in die Laufgänge.

Einstreuen mit Grossballen

Im Hinblick auf einen verstärkten Einsatz von Grossballen sollte die Möglichkeit des direkten Einstreuens der Boxen ab Traktor mit Heckgabel oder mit Ballenauflösegeräten sowie Futtermischwagen mit Frässystem zum Einstreuen im Auge behalten werden. Grossballen können aber auch periodisch ganz in den Stall eingebracht und auf Balken über dem Kopfbereich der Boxen zwischengelagert werden (Abb. 10).

Dazu sind direkte Einfahrmöglichkeiten in die Laufgänge einzuplanen. Das heisst: Winden von mechanischen Entmistungsschiebern sollten nicht im Einfahrbereich montiert und Schwellen mit dem Traktor in langsamer Fahrt überfahren werden können.

Beim Einbringen von Grossballen mit dem Traktor ist die Belastbarkeit der zu überfahrenden Rostelemente zu beachten.

Bis 3 m Elementbreite muss die Punktlast in der Mitte mindestens die Radlast betragen; bei 3,5 m langen Elementen das 1,15-fache.

Für einen Traktor von 50 kW mit einer Grossballe am Heckspieß bedeutet dies bei einer Achslast von 3 t eine Punktlast von mindestens 1500 kg in der Mitte des Elementes. Der Hersteller (Verkäufer) der Roste muss diese Werte kennen und garantieren können.

Schlussfolgerungen

Die Zerkleinerungsart des Strohs hat keinen nachweisbaren Einfluss auf den Strohverbrauch und die Tiersauberkeit. Das Wasseraufnahmevermögen des Strohs vergrössert sie nach Haidn (1997) nur unwesentlich und dies nur bei sehr starker Zerkleinerung.

Obschon die untersuchten Anlagen unter den beschriebenen Bedingungen störungsfrei arbeiteten, können aus der Erfahrung der Betriebsleiter verschiedene kritische Punkte in den Entmistungssystemen aufgezeigt werden. Vor allem Siphons, Querschnittverengungen, Übergänge von rechteckigem auf runden Querschnitt und ungeeignete Pumpen können den Einsatz von ungehäckseltem Stroh verhindern.

Die Strohzerkleinerung bringt arbeitswirtschaftliche Vorteile, da das Strohhandling erleichtert wird.

Gesamthaft am günstigsten schneidet das Verfahren Feldhäcksler und Ladewagen ab. Interessant sind aber auch die Grossballenverfahren. Die Quaderballenpresse mit Vorbauhäcksler weist gegenüber dem Verfahren «Quaderballenpresse mit stationärem Häckseln» nur Fr. 2.– pro Kuh und Jahr an Mehrkosten auf. Die Verfahren mit sta-

tionärem Strohmalen unterscheiden sich arbeitswirtschaftlich nur geringfügig von den Verfahren der Pressen mit Vorbauhäcksler oder dem Feldhäcksler, verursachen aber bei 20 Kühen zwischen Fr. 540.– (Schneidpresse) und Fr. 1860.– (Stroh­mühle) Mehrkosten pro Jahr. Verfahren mit Zerkleinerung auf dem Feld sind weder brandgefährlich noch staubbelastend und arbeits- wie auch betriebswirtschaftlich interessant.

Literatur

Faye B. und Barnouin J., 1985. Objectivation de la propreté des vaches laitières et des stabulations – L'indice de propreté Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix I.N.R.A. (59) 61–67.

Haidn B. und Seufert H., 1996. Kostenanalyse eingestreuter und strohloser Haltungsverfahren für Milchvieh. DLG Arbeitsunterlagen.

Haidn B., Kramer A. und Schön H., 1997. Eingestreuete Milchviehställe – Strohbedarf und Verfahrensbewertung. Tagungsband: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen

Nutztierhaltung (11./12. März 1997, Kiel), 44–52.

Hörning B. und Gundlach H., 1997. Arbeitszeitaufwand für Einstreuen und Entmisten in Tretmist- und Tieflaufställen für Milchkühe. Tagungsband: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung (11./12. März 1997, Kiel), 244–252.

Huber S. und Haidn B., 1995. Was kostet Stroh im Kuhstall?. Agrar-Übersicht 8.

Jakob P. und Jakob R., 1976. Aufbereitung und Eigenschaften von Einstreu in der Tierhaltung. FAT-Berichte Nr. 112.

Jakob P. und Oertli B., 1992. Strohmattätze in den Liegeboxen. FAT-Berichte Nr. 416.

Nosal D. und Steiner T., 1987. Flüssigmistsysteme: Funktion und Schadgaswerte. FAT-Schriftenreihe Nr. 29.

Nydegger F. und Ammann H., 1992.

Brandverhütung beim Strohmalen und Häckseln. FAT-Berichte Nr. 418.

Oechsner H., 1994. Haltungs- und Entmistungsverfahren in Rindviehställen. Landtechnik 1 (49. Jahrgang).

Sonnenberg H. und Lehmann B., 1994. Stroh-Festmistkette in der Tierhaltung. Landtechnik 3 (49. Jahrgang).

Steiner T., Hilty R. und Nosal D., 1987. Bau und Betrieb von Flüssigmistsystemen. FAT-Berichte Nr. 327.