



Mechanisierung
der Futterwirtschaft
in den USA

von
Karl-Hans Kromer

13

1971

mit besten Empfehlungen
zum Kauf überreicht

Karl Hans Kromer

Technische Universität München
Institut für Landtechnik
Freising - Weihenstephan

MECHANISIERUNG DER FUTTERWIRTSCHAFT IN DEN

USA

von

Karl-Hans Kromer

Grüne Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan

13

1971

Vorbemerkung

Im Rahmen eines einjährigen USA-Aufenthaltes war es möglich, die neueren Entwicklungen in der Futterwirtschaft zu studieren. Um einen möglichst umfassenden Überblick zu gewinnen, habe ich Forschungsstätten, Landmaschinenfirmen und die wesentlichen Anbaugelände besucht. Der vorliegende Bericht soll die Situation und den Stand der Mechanisierung in der Futterwirtschaft der USA sowie deren Tendenzen aufzeigen. Infolge des Umfanges dieses Fachgebietes werden jedoch allgemein bekannte Tatsachen ausgeklammert bleiben.

Ermöglicht wurden die Reise und der Aufenthalt durch eine großzügige finanzielle Unterstützung der Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik, wofür ich mich an dieser Stelle besonders bedanken möchte.

Zweifelsohne gilt mein Dank auch allen Kollegen und Freunden der besuchten Institute, Forschungsstätten und Betriebe für deren freundliche Aufnahme und Bereitschaft zur Diskussion und Information.

Für die Förderung und Sicherung meines USA-Aufenthaltes bin ich den Herren Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. W. G. Brenner und Prof. Dr. G. W. Isaacs zu besonderem Dank verpflichtet.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Strukturveränderungen in der amerikanischen Landwirtschaft	4
II. Futterkonservierung	9
II. 1. Maiskolbensilage	
II. 2. Stalklage und Husklage	
III. Mechanisierungsketten	17
III. 1. Futterwerbung	
III. 2. Ballenlinie	
2. 1 Langhäcksel-Stapellinie	
2. 2 Brikettierung	
III. 3. Feldhäckslerkette	25
3. 1 Exaktfeldhäcksler	
3. 2 Hochsilobefüllung	
3. 3 Siloentleerung	
3. 4 Mechanische Fütterungsanlagen	
IV. Arbeitsverfahren	35
IV. 1. Investitionskosten	
IV. 2. Behälterauswahl	
V. Literaturverzeichnis	42
VI. Anhang	50

I. Strukturänderungen

Neben der Erhöhung der Boden- und Arbeitsproduktivität war die Konzentration in der landwirtschaftlichen Produktion ein Kennzeichen der Entwicklung der letzten Jahre. So nahm von 1950 bis 1967 die Anzahl der Farmen um ca. 25 % ab. Da jedoch die landwirtschaftliche Nutzfläche insgesamt etwa gleich blieb, stieg die Betriebsgröße um etwa den gleichen Prozentsatz (24), und sie beträgt derzeit durchschnittlich in den USA (48 Staaten) 148 ha, im Norden und Mittleren Westen 112 ha und z. B. in Indiana (corn belt) nur 70 ha mit einer jährlichen Zunahme von rund 2 ha. Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, daß die Angaben für 48 Staaten infolge der sehr unterschiedlichen Bodenproduktivität das Bild erheblich verzerren. In der folgenden Abbildung 1 sind die unterschiedlichen Verkehrswerte je Flächeneinheit in den verschiedenen Gebieten der USA aufgetragen.

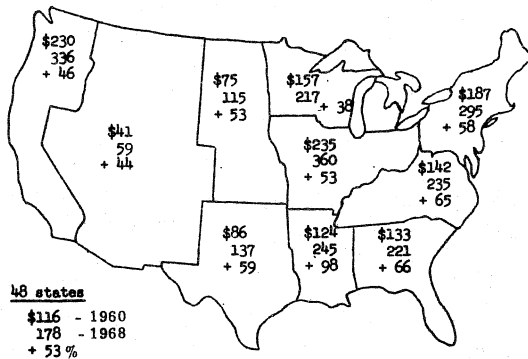


Abb. 1:

Verkehrswerte in Dollar / 0,4 ha von Boden und Gebäuden der landw. Betriebe der USA für 1960 1968 und Angabe der Erhöhung in %

Quelle: (84)

In Kenntnis dieser Zahlen wird verständlich, daß sich im Nord-Osten und Mittleren Westen der USA 48 % der Rindermast, 65 % der Milchviehhaltung und 80 % der Schweinehaltung finden.

Die ständige Erhöhung der Bodenproduktivität wurde u. a. durch eine

verstärkte Düngenanwendung, gezielte Bodenbearbeitung und zunehmende Verwendung von Hybridsorten erreicht. Letztere haben sich bei Mais und Zuckerrüben mit über 90 %, bei Sorghum mit über 80 % und bei Zwiebeln mit über 70 % durchgesetzt. (82)

Bedeutungsvoller war hingegen die Erhöhung der Arbeitsproduktivität, sowie der Schlagkraft der Mechanisierung, erzwungen durch den ständigen Rückgang der Arbeitskräfte in der Landwirtschaft sowie dem Auseinanderklaffen der Preis- und Lohnentwicklung der letzten Jahre (siehe hierzu Anhang Abb. 1 a). In der Zeit von 1950 bis 1967 schieden in den USA rund 50 % (5 Mill.) der Arbeitskräfte aus der Landwirtschaft aus und von den 1967 noch 4,9 Millionen Beschäftigten waren 75 % Familienarbeitskräfte (Abb. 2).

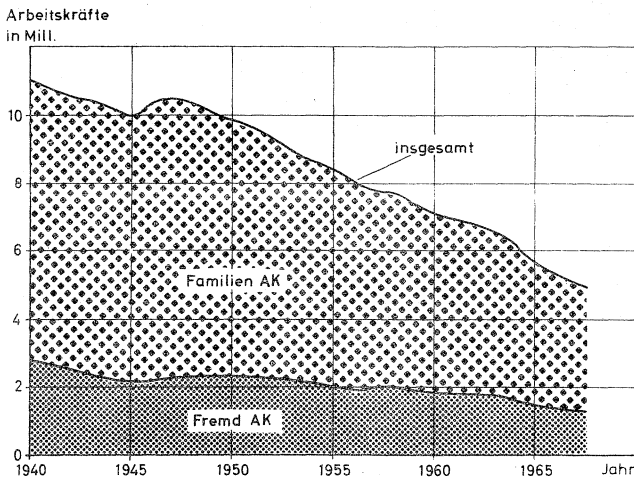


Abbildung 2: Abnahme der Arbeitskräfte in der Landwirtschaft der USA von 1940 bis 1967

Quelle: USDA Neg. SRS, 144-68 (4) Statistical Reporting Service

Demgegenüber stieg die landwirtschaftliche Produktion je AKh in dem Zeitraum von 1957 bis 1967 um 67 %. Die jährliche Zuwachsrate

der Arbeitsproduktivität beträgt derzeit in der Landwirtschaft der USA 5,9 % und liegt damit um rund 3 % über der Industrierate. In der folgenden Tabelle 1 ist die Bedeutung der einzelnen landwirtschaftlichen Produkte aufgeführt, wobei die rechte Spalte den derzeitigen Arbeitskraftbedarf je produzierter Werteinheit enthält und so eine Beurteilung des derzeitigen Standes der Arbeitsproduktivität erlaubt.

	Anteil in%	$\frac{\text{AKh}}{100 \$ \text{Produkt}}$
Pflanzl. Produktion	100,0	17
Körnermais	22,0	7
Heu	13,2	12
Weizen	9,2	8
Obst + Nüsse	7,1	35
Kartoffeln	2,9	10
Tier. Produktion	100,0	13
Rindermast	35,3	10
Milchvieh	26,6	21
Schweine	18,7	7
Hühner + Eier	9,1	16
Hähnchen	6,0	4

Tabelle 1:

Bedeutung und
Arbeitsproduktivität
ausgewählter Zweige
der landwirtschaftli-
chen Produktion
(1965-67)

Quelle: (85)

Im übrigen wird für die Jahre von 1967 bis 1980 eine weitere Senkung des AKh-Bedarfes in der Landwirtschaft insgesamt um 30 %, in der tierischen Produktion jedoch um 43 % und in der pflanzlichen Produktion nur um 20 % erwartet.

Für den Anbau von Obst, Gemüse und Spezialpflanzen ist der Saisonarbeiter typisch, weshalb bislang bei fehlender Mechanisierung für eine Produktionssteigerung der Arbeitskraftbedarf die Begrenzung war. In diesem Zusammenhang mag interessant sein, daß 1967 immerhin 20 Mill. t Gemüse geerntet wurden, je zur Hälfte frisch verkauft bzw. weiterverarbeitet. Wichtig ist darauf hinzuweisen, daß bereits jetzt ca. 3/4 aller landwirtschaftlichen Produkte weiterverarbeitet werden.

Im Zuge der Spezialisierung verringerte sich die Anzahl der Produkte je landw. Betrieb von 5,3 im Jahre 1959 auf 3,3 im Jahre 1969.

Im Hinblick auf die Mechanisierung der verschiedenen Arbeitsaufgaben ergeben sich in den USA bereits wegen der wesentlich höheren verfügbaren Leistung völlig andere Voraussetzungen. Abbildung 3 veranschaulicht die Größenklassenentwicklung bei Ackerschleppern in den USA, wobei 1970 der Anteil der Schlepper über 90 PS bei rund 19 % lag, denselben Anteil erreichten in Deutschland die Schlepper über 70 PS. So kommt es auch, daß derzeit in den USA 31 Schleppermodelle mit über 90 PS und mehr als 10 mit über 130 PS angeboten werden (86).

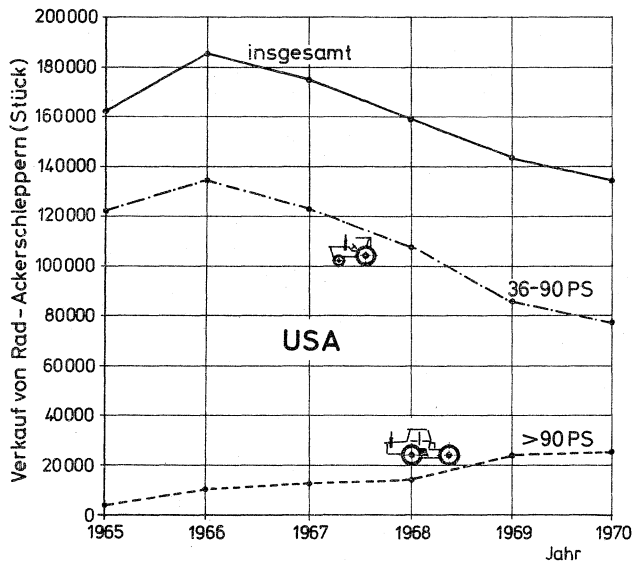


Abb. 3: Ackerschlepperverkauf in den USA

Quelle: Implement & Tractor April 21/1971

Die durchschnittliche hydraulische Leistung an der Abreißkupplung betrug jedoch auch bei den Schleppern über 90 PS nur 18,5 PS

(max. rd. 24 PS), es ist also noch kein Trend zur hydraulischen Zapfwelle sichtbar. In den o. g. Verkaufszahlen sind die Kompaktschlepper (garden tractors, über 7 PS) nicht enthalten und es wurden davon 1969 37 % mehr als Ackerschlepper verkauft. Ihr Einsatz erfolgt jedoch überwiegend im Garten und nachdem sie für eine Lebensdauer von etwa 500 Stunden konzipiert sind, dürften dem verstärkten Einsatz derselben in der Innenwirtschaft Grenzen gesetzt sein.

Die elektrische Leistungsschwelle auf den landwirtschaftlichen Betrieben (einphasiger Wechselstrom) liegt z. B. in Wisconsin bei 30 KW (demnächst 55KW). Daher müssen alle Hofgeräte mit höherem Leistungsbedarf (z. B. Silobefüllgebläse) über die Schlepperzapfwelle betrieben werden und es steht nach Abbildung 3 hierfür allgemein eine ausreichende Leistung zur Verfügung.

Ein Vergleich mit den landwirtschaftlichen Verhältnissen in Deutschland ist am ehesten mit den Staaten des Mittleren Westens und der Ostküste möglich, da diese sowohl in der Betriebsgröße wie auch z. Tl. in der Mechanisierung ähnlich sind.

Zahlreich sind die Untersuchungen zur Optimierung der Mechanisierung und des Einsatzes der Arbeitskettens (6 bis 9, 12, 19, 53, 62, 69). Von BARGEN (6-9) wandte im wesentlichen die Systemanalyse für die Ballenlinie an, ausgehend von 3 Mensch-Maschine-Funktionen. Bei weiterführenden Verfahrensuntersuchungen wurde sowohl die Form und Größe des Feldes wie auch die Konstruktionsgrößen der Maschine einbezogen (9, 62). Daneben findet auch die Netzplantechnik und lineare Programmierung Anwendung. An anderer Stelle wurde PERT für die Wahrscheinlichkeitsbestimmung der Arbeitserledigung und CPM für die Verlustzeitbestimmung benützt (19). Zur Ermittlung der Ertragsminderung wurde ein Schlagkraftfaktor definiert (15).

II. Futterkonservierung

Über 2/3 der Futtergabe in der Rinder-, Schaf- und Pferdehaltung sind Grünfutter, Heu und Silage. Dementsprechend beträgt die Futterpflanzen-Anbaufläche ca. 50 % der gesamten USA und über 60 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche, eingeschlossen Weiden, Grasland, Heu- und Siloanbaufläche. Deren Aufteilung ist im Nordosten der USA Deutschland ähnlich, während im Süden Bermudagrass und Sorghum hinzukommen.

Die Verlustangaben (an TDN) für die verschiedenen Konservierungsverfahren reichen bei Grüngut bis 5 %, bei Heu bis 30 % und bei Silage bis 20 % (36, 81). Aus diesen Werten ergeben sich für Verfahrensvergleiche die Zuschläge an zu bergendem Futter. (Siehe Anhang Abb. 8a)

Der Anteil der Grüngutbergung ist unsicher, jedoch nur mehr in der Größenordnung von 5 % und stets unter 30 %.

In Zusammenfassung bekannter Futterrationen (3, 35, 37, 38, 59) ergeben sich folgende Gewichtsanteile für

Milchvieh: bis 85 % Anwelksilage und Silomais
bis 15 (35) % Körnermais und Maiskolbensilage
bis 40 % Heu und für

Rindermast: bis 78 % Anwelksilage und Silomais
bis 28 % Körnermais und Maiskolbensilage
bis 8 % Heu

Zur Einschätzung der noch großen Bedeutung der Heubergung (auf über 90 % der Deutschland vergleichbaren Betriebe wird Heu zugefüttert) ist es wichtig, daß nur ca. 30 % Qualitätsheu sind. Zudem ist die Tendenz zur Silagegewinnung eindeutig (13), zumal der Übergang von Heu zu Anwelksilage den AKh-Bedarf für die Bergung bis 30 % senkt (38). In

Übereinstimmung damit wurde z. B. in Michigan in den letzten Jahren weniger als 10 % der Investitionen für die Ballenlinie und damit die Heubergung ausgegeben (35), siehe auch III. 2.

Der hohe Anteil an Körnermais und Maiskolbensilage (in Wisconsin z. Tl. bis 65%) spiegelt den Trend zu energiereicherem Futter wider. Im Zusammenhang damit wurden versuchsweise Luzernestengel und -blätter getrennt geborgen und getrocknet oder die ganze Pflanze naß fraktioniert (4, 65). Im übrigen wird für die kommenden Jahre mit einem verstärktem Anbau von Hybrid-Luzernesorten gerechnet, die bei ausreichender Bodenfeuchte und Düngung 10 bis 25 % höhere Erträge bei 100.- DM/ha höheren Saatkosten erwarten lassen. (82, 87) Einem stark erweiterten Luzerneanbau steht jedoch der gegenüber Silomais höhere AKh-Aufwand entgegen (10) und die evtl. notwendigen Kosten zur Bekämpfung des Alfalfa Weevi 1 (37).

Bei einseitiger Fütterung war Silomais stets im Vorteil, zusätzliche Heugaben waren insbesondere vorteilhaft für die Tiergesundheit. Gemischte Fütterung senkte den Milchfettgehalt nur unbedeutend, was jedoch bei zu starker Feinzerkleinerung auftrat (71).

II. 1 Maiskolbensilage

Die Gewinnung von Maiskolbensilage ist grundsätzlich über den Mäh-drescher ("corn-cob-mix"), den Pflücker und Schroter oder Recutter-Feldhäcksler möglich. Am verbreitetsten ist die Mechanisierung über den Maiskolbenpflücker (48). Hierbei werden die Maiskolben einschließlich Lieschen mit einem Trockenmassegehalt von möglichst 60 bis 70 % ausreichend zerkleinert ("high-moisture-ground-ear-corn") und in konventionellen Silos einsiliert. Die Zerkleinerung erfolgt allgemein vor dem Silobefüllgebläse wobei dieses als Einheit mit Hammermühlen (z. B. Farmhand, Calumet Corporation) oder mit Recutter-Feldhäckslern

(z. B. Gehl) eingesetzt wird. Die erzielbaren Leistungen liegen bei den Hammermühlen nur bei 6 bis 10 t/h (Arbeitsbedarf ca. 10 PSh/t) gegenüber 15 bis 25 t/h bei Recutter-Feldhäckslern (Arbeitsbedarf rund 5 PS h/t). Der Anteil der Maiskolbensilage beträgt in Wisconsin bereits über 25 % des Silomaisanbaues. Der Rohfaseranteil dieser Silagen beträgt je nach Bergeverfahren 5 bis 15 %.

II. 2 Husklage und Stalklage

Die Literaturangaben über die bei der Körnermaisernte auf dem Feld verbleibenden Nährstoffe schwanken zwischen 20 und 40 % (1, 2, 75). Während in Deutschland bekanntlich davon ausgegangen wird, daß ca. 2/3 der Gesamt-StE im Kolben (10 bis 20 % in den Spindeln) und ca. 1/3 der Gesamt-StE in der Restpflanze sind (Teigreife, 25 bis 30 % TM), wird in den USA mit nur 60 % TDN im Korn (Teigreife) gerechnet. Siehe hierzu auch die Abbildung 2 a und die Tabelle 1 a im Anhang.

Besonders im mittleren Westen (corn belt) verbreitet sich daher zur Rohfaserversorgung die Strohernte nach Körnermais als Stalklage und Husklage. Bei der Stalklage handelt es sich um den Stengel, die Lieschen und Spindeln, bei der Husklage hingegen jedoch nur um Spindeln, Lieschen und evtl. Verlustkörner. Es wiederholt sich damit eine Entwicklung von vor 25 Jahren, als Case bereits einen Mähdrescher mit Häcksler zur Strohbergung herausbrachte, Lösungen, die auch aus Osteuropa bekannt sind. In jedem Falle ist jedoch Voraussetzung, daß keine zusätzlichen Verluste bei der vorausgegangenen Körnermaisernte auftreten. Der günstigste TM-Gehalt für Husklage liegt bei 50 bis 65 % (1), wobei als Faustzahl gilt, daß die Stalklage den doppelten TM-Gehalt der Körner hat (2, 75). Daher wird zur sicheren Silierung entweder die Zugabe von Wasser (1, 80) oder der Mähdreschereinsatz bei höherer Feuchtigkeit erforderlich. Zur Abstimmung der Nährstoff-

konzentration und Erhöhung des Rohproteinanteiles sowie zur sicheren Vergärung sind außerdem Beimengungen wie Melasse, Sojabohnenmehl, gemahlener Körnermais, Harnstoff etc. erforderlich (1, 2, 59, 81). Damit wurde gleichzeitig eine Erhöhung der täglichen Aufnahme und der TM-Verdaulichkeit erreicht. Eine um 30 % höhere Aufnahme der Husklage wurde auch nach der Feinzerkleinerung mit einem Recutter-Feldhäcksler nachgewiesen. Die Trockenmasseverdaulichkeit liegt bei 55 bis 60 % gegenüber 65 % bei Silomais. Fütterungsversuche liegen mit Färsen und Kühen während der Trächtigkeit vor. Tabelle 2 faßt die Ergebnisse eines Vergleichsversuches von Husklage, Stalklage und Silomais zusammen.

Vers. No.			Husklage			Stalklage		Silomais
			Recutter (stat.)	mittlere Häcksel-länge	ungehäcksel	mit Melasse	mit Harnstoff u. Molke	
1	Ernte	t/ha	2,5	2,75	2,375	15,0	15,0	55,0
		%H ₂ O	42,3	48,0	38,8	56,0	52,0	64,0
	Fütterung	%H ₂ O	63,0	63,5	60,0	77,0	64,0	66,0
		% Rohprotein	3,46	3,33	3,38	5,35	10,04	7,03
2	tägliche Futtergabe	lbs.	30,0			30,0		30,0
	Sojabohnenmehl (50 % Rohprotein)	lbs.	1,5			1,5		1,5
	tägliche Zunahme	lbs.	0,73			0,11		1,25
	TM-Verdaulichkeit	%	60,0			55,4		65,0

Tab. 2 : Futterqualität und Zunahme (Färsen, 3 Winter gefüttert) eines Vergleichsversuches von Husklage, Stalklage und Silomais (1 lbs = 0,456 kp)
Quelle: (1)

Auch betriebswirtschaftliche Untersuchungen ergaben Vorteile gegenüber zugekauftem Heu, da bei Stalklage die t TM einschließlich Beimengungen um ca. 30 % billiger war als bei Heu mittlerer Qualität. Nichts-

destoweniger dürfte der Anteil der Strohernte bei Körnermais niemals mehr als 5 % betragen und sich nur dort ausbreiten, wo der Rohfaserbedarf nicht über Futterpflanzen gedeckt werden kann.

Die 5 möglichen Bergeverfahren der Strohernte bei Körnermais in den USA sind in Abbildung 4 zusammengestellt:

1. Feldhäcksler mit Recutter und Schlegelmäher-Vorsatz (Stalklage)
2. Kombination Feldhäcksler mit Maismähvorsatz und Spezialpflücker und Rebler oder Mähdrescher (Stalklage und Körnermais)
3. Mähdrescher mit Reißgebläse (Husklage)
4. Mähdrescher mit Maisstroh-Schwadablage (Stalklage)
5. Mähdrescher mit angebautem Trommelfeldhäcksler (Husklage)

Verfahren 1:

An der Aufnahme der Restpflanze mit einem Schlegelmähervorsatz (75, 80) wurde besonders in Madison, Wisconsin gearbeitet. Danach werden 60 bis 75 % der Restpflanze (ohne Spindeln) aufgenommen, so daß ca. 80 dz /ha geborgen werden. Bei Verwendung eines Recutter-Feldhäckslers sind die Siebe mit einer Öffnung von über 50 mm zu verwenden.

Verfahren 2:

Durch ein Übereinandersetzen von Pflückwalzen und Einzugsketten werden im Vorsatz die Kolben vom Stroh getrennt, evtl. auch durch eine speziell hierfür entwickelte Pflückvorrichtung. Die hinter dem Pflückdrescher oder Mähdrescher anfallende Husklage wird in den Exaktfeldhäcksler zurückgeführt. (66)

Verfahren 3:

Dieses Verfahren ist zur Zeit am verbreitetsten, wobei für die Zuordnung zur Körnermaisernte von Bedeutung ist, daß die Einbringung der Husklage

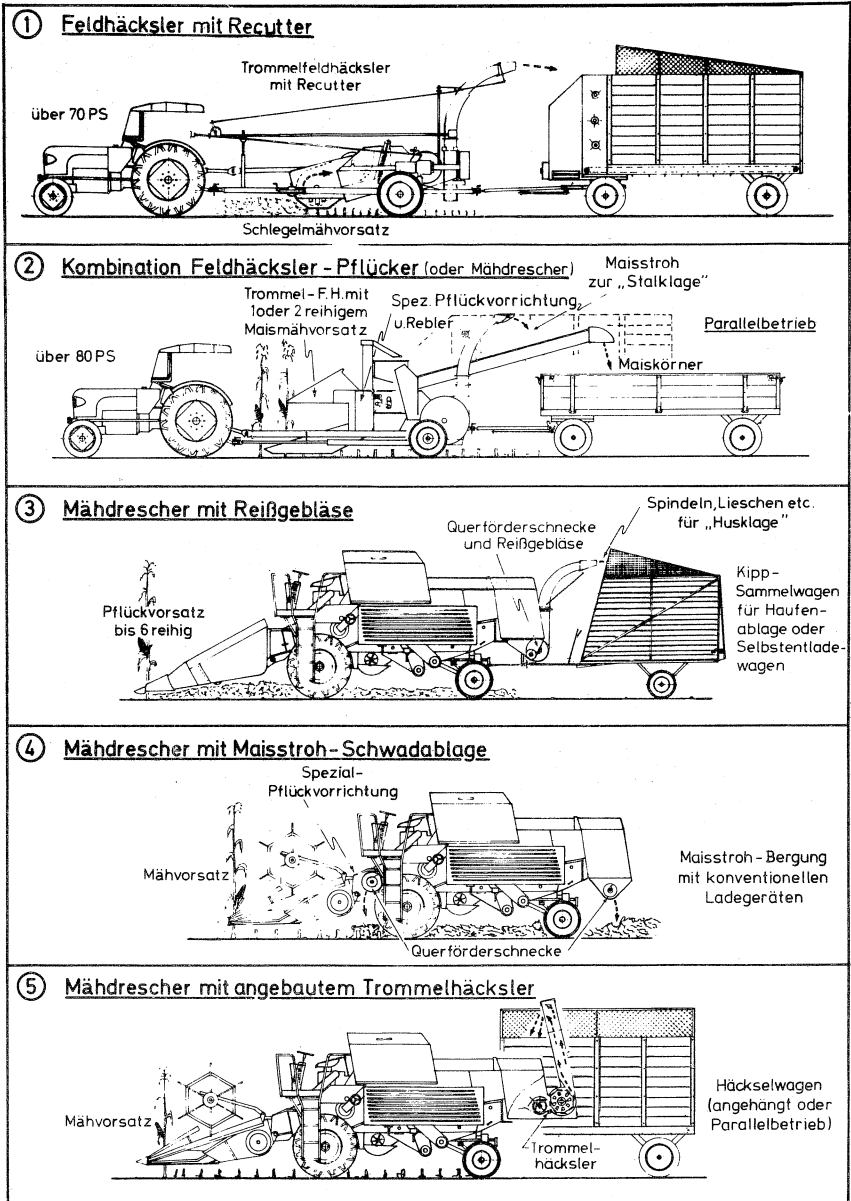


Abb. 4 : Verfahren der Strohernte bei Körnermais in den USA

in einem Arbeitstal erfolgen kann und der überwiegende Teil der Verlustkörner geborgen wird. Über die Senkung der Mähdrescherleistung liegen keine exakten Werte vor, der Arbeitsbedarf des Reißgebläses liegt bei 2 PS h/t.

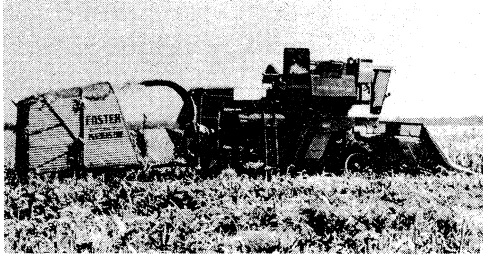


Abb. 5: Husklage - Bergung mittels Reißgebläse und Kipp-Sammelwagen hinter dem Mähdrescher



Abb. 6: Abgesetzte Husklagehaufen, Einfuhr in einem Arbeitstal

Infolge der erforderlichen Feinzerkleinerung wird das auf Abbildung 6 ersichtliche Material vor der Einlagerung mit der in Abbildung 7 ersichtlichen Hammermühle aufbereitet.

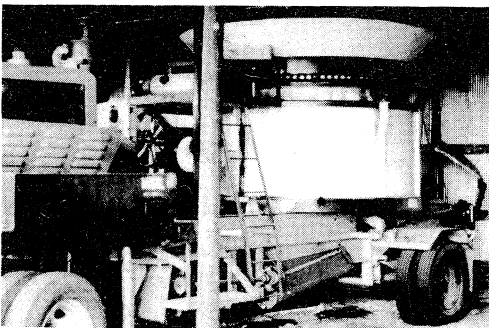


Abb. 7: Fahrbare Hammermühle mit Aufbau-motor (250 PS) zur Husklagezerkleinerung

Verfahren 4:

Hierbei kann sowohl die Mechanisierung des Verfahrens 1 verwendet werden, wie auch konventionelle Ladegeräte mit Pickup-Aufnehmern.

Verfahren 5:

Die erforderliche theoretische Häcksellänge liegt bei 12 mm; bei einer maximalen Leistungsaufnahme des Häckslers von 33 PS war eine Vorfahrtgeschwindigkeit von 6,5 km/h (2reihig)möglich. Die Bergemengen lagen bei 13,5 t Stalklage/ha (45 bis 50 % TM). Dieses Verfahren wird ebenfalls in Osteuropa angewendet (22, 45) und es ist in Abbildung 4 die dortige technische Lösung dargestellt.

III. Mechanisierungsketten

III. 1 Futterwerbung

Bei den Schneidwerken dominieren Hochschnitt-Fingerbalken, **allgemein** in Verbindung mit Schwadlegern oder an Mähquetschzettern. Für schwierige Verhältnisse werden Rotormäher eingesetzt, Trommelmäher waren 1969 noch nicht auf dem Markt. Insbesondere ist die Entwicklung bei den Mähwerksfingern (Form und Standzeit!) vorangekommen. Sondertypen von Fingerbalken haben sich bislang nicht bewährt.

Bei den Werbungsgeräten hat sich die Situation in den letzten Jahren **augenscheinlich** kaum verändert. Bei rückläufigen Verkaufszahlen von Knickzettern ist weiterhin der Trend zu Mähquetschzettern (mit Schwadablage; siehe auch Anhang Tabelle 2 a), wobei insbesondere die Bodenführung der Mähwerke verbessert wurde. Für steinige Gebiete ist die Lösung von Hesston interessant, wo der Mittelteil des Troges der Querförder-schnecke in Zinken aufgelöst ist, um so ein Durchfallen von Steinen und anderen Fremdkörpern zu erreichen.

Als Voraussetzung für die Bodenwerbung von Heu gilt (6) :

weniger als 25 mm Niederschlag am Tag vor dem Mähen
weniger als 2,5 mm Niederschlag am Schnittag
über 70 % des möglichen Sonnenscheins am Schnittag

Bei der Beurteilung der einzelnen Werbeverfahren wird bei Luzerne von den folgenden Bröckel- und TM-Verlusten ausgegangen:

Mähquetschzetter	2 - 7 %
Kreiselheuer	5 - 10 %
Schlegelmäher	10 - 33 % .

Hinsichtlich der Trocknungsgeschwindigkeit erbrachte der Kreiselheuer keine Vorteile gegenüber dem Mähquetschzetter (Material: Luzerne-Brome-Gras, Wisconsin) (11). Beim Einregnen des Mähquetschzetter-Schwades stiegen die TM-Verluste bis 30 %, wobei diese durch Schwadablage stets verringert wurden. Im übrigen ergaben umfangreiche Untersuchungen an Schwadgeräten, daß deren Ausnutzung der Arbeitsbreite nur bei 65 bis 95 % liegt (50).

Zur Verringerung des Wetterrisikos wurden vorerst nur experimentell auch nichtmechanische Behandlungen des Bergegutes untersucht. Im Zusammenhang mit der getrennten Bergung von Luzerne-Blättern und Luzerne-Stengel konnten die Trocknungsgeschwindigkeiten der verschiedenen Luzerneteile untersucht werden (54, 60) und zwar auch in Abhängigkeit von unterschiedlichen Vorbehandlungen (u. a. Schlitzung der Stengel, Warmbehandlung mit Dampf oder Flamme, chemische Behandlung). Eine chemische Vorbehandlung ergab insbesondere bei der Warmluft-trocknung eine wesentlich höhere Trocknungsgeschwindigkeit der ganzen Pflanze. PRIEPKE/BRUHN (60) untersuchten neben den konventionellen mechanischen Vorbehandlungen beheizte Mähquetschzetterwalzen, Abflammen, Heißwasserdampf, Mikrowellen und Chemikalien und es wurde in allen Fällen die Trocknungsgeschwindigkeit erhöht. Beim Bedampfen konnte jedoch das zugeführte Wasser durch die höhere Trocknungsgeschwindigkeit nicht ausgeglichen werden.

III. 2 Ballenlinie

Ausschlaggebend für den Einsatz der Ballen-Arbeitskette ist deren Eignung zur Mechanisierung der Heubergung. Die Heuerntefläche ist mit rund 25 Mill. ha (davon 23 % Luzerne) größer als die für Körnermais. 65 % dieser Fläche liegen in einem Deutschland klimatisch ähnlichem Gebiet von der Ostküste bis zum Mittleren Westen, (über 625 mm Niederschlag, Unterdachlagerung, kaum Heuverkauf).

Bekanntlich wird auf über 90 % der den deutschen vergleichbaren Viehhaltungsbetrieben Heu gefüttert, wobei über 70 % dieser Betriebe eine Hochdruckpresse besitzen. Die Heubergung teilt sich auf die verschiedenen Arbeitskettensarten etwa wie folgt auf:

Ballenlinie	75 %
Feldhäckslerkette	8 %
Langgutlinie	11 %
Brikettierung u. a.	6 %

Neben den Vorteilen bei der Lagerung und Fütterung ergaben betriebswirtschaftliche Untersuchungen die niedrigsten jährlichen Kosten je t geborgenem Gut bei der Ballenlinie im Vergleich zur Heuhäcksellinie und Anwelksilage (67). Allgemein gilt, daß unter einer jährlichen Futtermenge von 300 t Silage (bzw. 100 t Heu) die Ballenlinie einer anderen Arbeitskette vorzuziehen ist (vorausgesetzt, dies ist klimatisch möglich) siehe hierzu auch IV.

Nach einem starken Verkaufsrückgang der Hochdruckpressen im Jahre 1968 betrug dieser 1969 und 1970 nur etwa 3 %. Mit 29 334 Stück wurden 1970 1,8 x soviel Hochdruckpressen wie Feldhäcksler verkauft. Der Anteil der Hochdruckpressen mit Drahtbindung blieb mit rund 15 % unverändert.

Bedingt durch den eingangs aufgezeigten Zwang zur Senkung des Arbeitskraftbedarfes liegen die technischen Neuerungen bei der Ballenlinie auf dem Gebiet des arbeitsaufwendigen Ballentransportes. Nach Schätzungen werden Hochdruckpressen nur zu 10 bis 20 % für die Strohbearbeitung und zu 80 % für die Heubearbeitung eingesetzt. In vergleichbaren Gebieten beträgt der Anteil des losen Ballentransportes 25 bis 50 % und es sind demnach rund 30 % der Pressen mit einer Ballenschleuder ausgerüstet. Nachdem die lose Ballenlinie jedoch nur bedingt für die Bearbeitung von Heu als Verkaufsware geeignet ist, gelang es erst neuartigen Transportsystemen, die Kosten je t geborgenem Heu zu halbieren. (49)

Neben den bereits länger bekannten absätzigen Systemen wie der Krallengabel (Farmhand) werden derzeit 3 verschiedene Systeme des mechanischen Ballentransportes mit Stapelung angeboten: New Holland (Abbildung 8), Freeman (Abbildung 9) und Blackwelder (Abbildung 10), von denen sich jedoch nur das erste in der Praxis wirklich eingeführt hat.

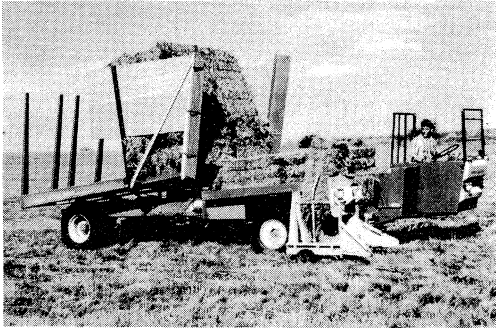


Abb. 8 :

Selbstfahrender New-Holland-Ballenladewagen (Modell 1048, 5,5 t Tragfähigkeit) für 106 Ballen (45x35x100 cm), Stapeln auf dem Wagen mit Hilfe von 2 Stapelplattformen, Ladeleistung ca. 7 Ballen/min. (siehe auch Anhang Abb. 3a)

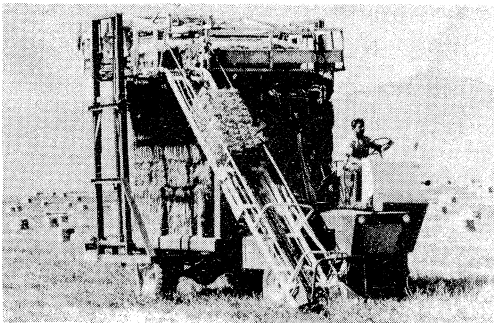


Abb. 9 : Selbstfahrender Ballenladewagen der Firma Freeman, Portland, Oreg. Stapelvorrichtung bewegt sich mit zunehmender Ausladung nach oben. (siehe auch Anhang Abb. 4 a)

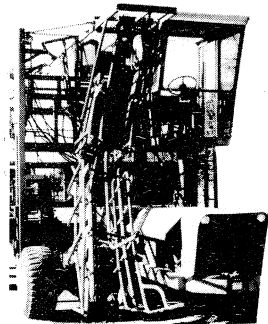


Abb. 10 : Selbstfahrender Ballenladewagen der Fa. Blackwelder, Rio Vista, Calif. Stapeln auf dem Wagen von oben nach unten.

Wenngleich einige Modelle der Firma New Holland die Ballen auch einzeln abladen können (Abb. 11), so sind die erwähnten Systeme doch im wesentlichen für die Stapellagerung (Abb. 12) konzipiert. Allgemein ist auch die Aufnahme des Stapels mit denselben Geräten möglich, doch werden hierfür auch Speziallastwagen angeboten. Bei der Stapel-Ballenlinie handelt es sich dann an der Westküste (Kalifornien) allgemein um Verkaufsware und im Westen (Nebraska, South Dakota etc.) um Feldlagerung, mit in beiden Gebieten Niederschlägen unter 500 mm.



Abb. 11 : Einzelballenabladung mit dem Ballenladewagen New Holland Modell 1010 (ca. 6 Ballen/min)



Abb. 12 : Absetzen des Ballenstapels beim New-Holland-system, hier Modell 1010. Die größeren Modelle drücken den Wagen hydraulisch unter dem Stapel weg.

Bedenkt man, daß das kleinste, wenngleich Universalmodell der Firma New Holland nahezu 4000,- Dollar kostet, so wird das Suchen nach einfacheren Lösungen mit mechanisierungsgerechten Ballen anderer Form und Raumgewichte verständlich. Studien mit Großballen (bis 10 dz, Raumgewicht bis 1,5 dz/cbm bei 75 % TM) in England (65) und in den USA

(1,8 m \emptyset , 2,3 m lang) (29) lassen diese im derzeitigen Stadium noch nicht als eine wirkliche Verbesserung erscheinen, abgesehen von den noch nicht ausgereiften Systemen und Problemen bei evtl. Ballentrocknung. Meines Wissens wird zur Zeit nur der australische Econ-Fodder-Roller angeboten (Ballen 0,6 bis 1,2 m \emptyset und 1,5 m lang; technische Leistung bis 25 t/h, Preis ca. 2000.- \$).^{**}

Hingegen zeigten bislang alle angestellten Untersuchungen mit Kleinballen (30x30x30 cm, ca. 1 dz/cbm) gegenüber der konventionellen Ballengröße eine Vielzahl von Vorteilen, sowohl hinsichtlich des Transportes wie auch der Belüftung. Die Einführung eines Kleinballens scheiterte jedoch bislang an der dann zu geringen Pressen-Feldleistung, der nicht stapelfähigen Ballen und letztlich am Systemwechsel, der für einen Erfolg auch die Anschaffung von nunmehr ungeeigneten Folgegeräten erfordert.

III. 2.1 Langhäcksel-Stapellinie

Als echte Alternative zur Ballenstapelkette wird in den Weststaaten (z. B. Nebraska) das Lade- und Stapelwagensystem der Firma Hesston ("Stakhand") angesehen. Die Tragfähigkeit des Wagens beträgt für Heu (70 % TM) ca. 4 t und für Anwelkgut ca. 6 t bei einem Eigengewicht von 5 t. Das erzielte Raumgewicht der Langhäcksel-Ladung durch allgemein dreimaliges Niederpressen mit dem Dach pro Fuhre beträgt 0,7 bis 0,9 (1,1) dz/cbm. Der Preis des Wagens liegt bei 12.000.- \$.

^{**} Low cost fodder conservation with the Econ Fodder Roller
Elder Smith Goldsbrough Mort Ltd.; Melbourne, Vic. 3001,
Box 79 A, G. P. O.

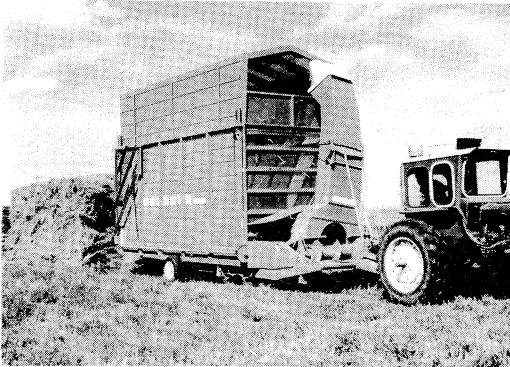


Abb. 14 : Hesston Stakhand-System
Anstelle des automatisch schwen-
kenden Schneidgeblasses wahlweise
Schlegelhäcksler eingebaut (Lei-
stungsbedarf 80 PS).

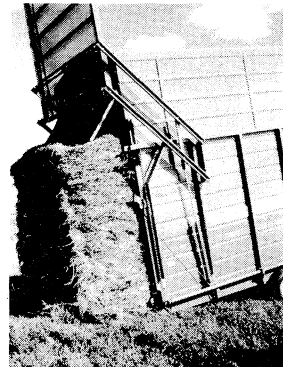


Abb. 15 : Entladen des
Wagens bei hoch-
gezogener Rück-
wand mittels 50 cm
hohen Abzugs-
schildes.

In Abrundung der Stapellinie wird auch eine Stapel-Aufnahmeplattform mit Kratzboden angeboten.

Neben diesem Langhäcksler-System werden in geringem Umfang noch 3 andere Langgut-Mechanisierungslösungen angewendet (50) .

III. 2.2 Brikettierung (12, 17, 28, 50, 54, 56, 67, 70)

Wengleich der Gesamtanteil an brikettiertem Heu unter 5 % liegt, beträgt er in den Weststaaten (unter 500 mm Niederschlag, 75 % des geborgenen Heues für den Verkauf) z. B. in New Mexiko immerhin schon 26 %. Begrenzt ist die Heubrikettierung jedoch vorerst noch immer auf Luzerne mit einem TM-Gehalt über 85 %. Versuche mit Additiven wie Stärke (!), Pektin, Melasse etc. und unterschiedlichen

Brikettiersystemen haben bisher noch zu keiner praxisreifen Lösung geführt, um Anwelkgut unter 85 % TM zu brikettieren. Nachdem die Anschaffungskosten der Brikettier-Arbeitskette etwa das 3-fache einer hochmechanisierten Ballenlinie beträgt, bei gleichfalls höheren Betriebskosten und geringerem Durchsatz liegen die Vorteile eindeutig nach der Heubergung. Hinzu kommt noch, daß derzeit die Reparaturkosten erheblich über denen der konventionellen Ballenlinie liegt. Der spez. Arbeitsbedarf (PSh/t) beträgt für die Wickelbrikettierung ca. das 2-fache und bei der Lösung von John Deere das 4-fache der Hochdruckpresse (12, 17, 56). Aus all diesen Gründen werden derzeit der stationären Brikettierung auch zur Erzeugung von Vollfutter die größeren Chancen gegenüber einer Feldbrikettierung eingeräumt, umso mehr als damit die Vorteile des Systems bei der Lagerung und der Fütterung genützt werden (28, 54, 67). (z. Tl. stationärer Betrieb der Felddrucker John Deere 400 zur besseren Ausnutzung der Maschine, Feldbrikettierung oft unrentabel).

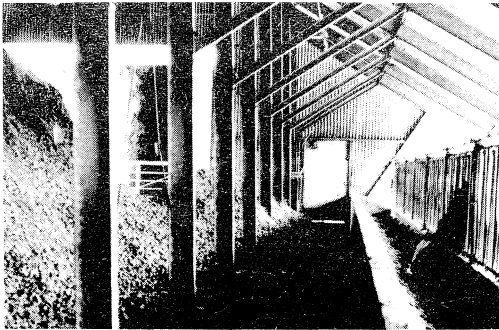


Abb. 13 :

Unterdach-Lagerung von John Deere-Wafers mit Futtertrog (allg. Futtervorlage mit Selbstentladungswagen, jedoch 75 % der Heubriketts in Selbstfütterung, Tiergesundheitsprobleme durch Drahtteile der früheren Ballen-Drahtbindung).

Als Richtentfernungen für die verschiedenen Formen des Heutransportes werden angesehen (50) :

Langgut	bis	24 km
Hochdruckballen	bis	240 km
Briketts	bis	1600 km

III. 3. Feldhäckslerkette

Die Mechanisierung der Mais- und Anwelksilage-Gewinnung erfolgt ausschließlich über den Exaktfeldhäcksler. Nachdem Schlegelfeldhäcksler überwiegend zur Grünfütter-Bergrung eingesetzt werden, sinken deren Verkaufszahlen mit der Änderung der Futterrationen (siehe II.). Wenngleich der Anteil an selbstfahrenden Exaktfeldhäckslern zunimmt, so ist doch die in Abbildung 16 dargestellte Feldhäckslerkette vorherrschend. Auch stationäre Recutter-Häcksler vor dem Silobefüllgebläse haben in der Praxis nicht die erwartete Resonanz gefunden. Die Verkaufszahlen der Feldhäcksler-Größenklassen zeigt deutlich den Trend zu leistungsfähigeren, gezogenen Feldhäckslern (ca. 2/3).

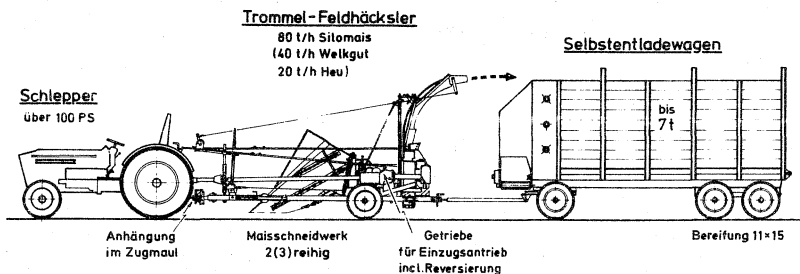


Abb. 16: Moderne Feldhäckslerkette: Gezogener Trommel-Exaktfeldhäcksler (Recutter-Einbau möglich) mit Selbstentladewagen (Feldhäcksler-Anbauvorsätze siehe Abbildung 18).

Die Selbstentladewagen werden größer und zwar als Zweiachser mit einer Tragfähigkeit bis zu 7 t und 15er Bereifung, oft auch mit Tandem-Hinterachse. Die Konstruktion dieser Wagen (Holzrahmen über 2,5 m breit, keine Fallbremse, etc.) erlauben jedoch deren Einsatz in Deutschland allgemein nicht. Einfache Lösungen zum Ersatz des Kratzbodens und der Verteilwalzen zum Beispiel durch eine Förderschnecke (Farmhand, Anhang Abb. 5 a) haben nur eine geringe Verbreitung gefunden.

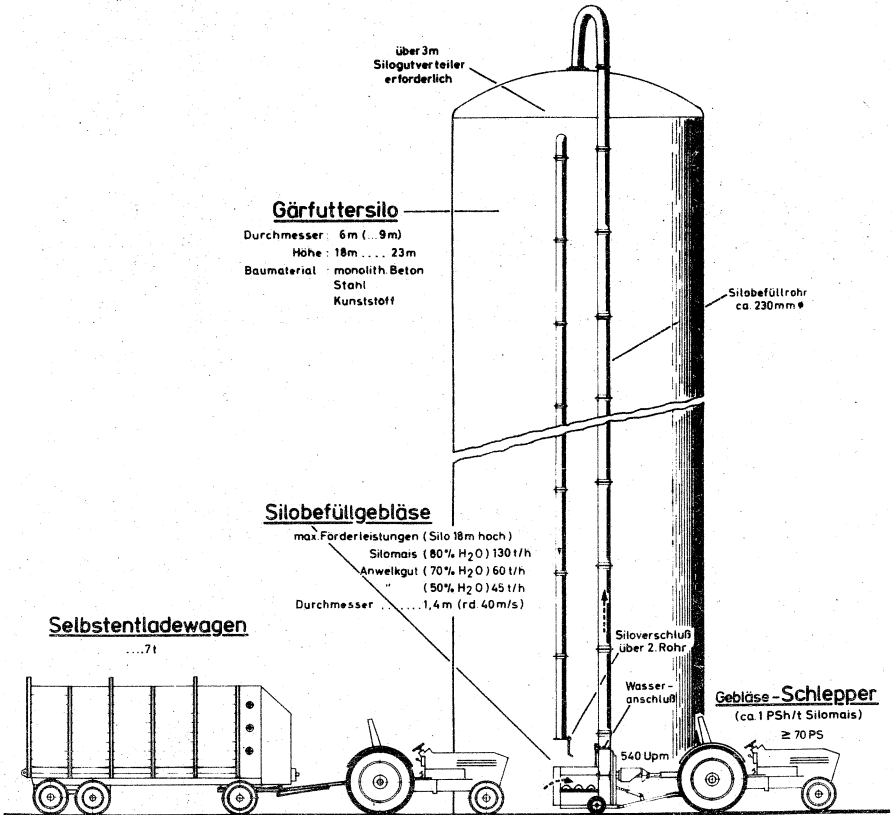


Abb. 17 : Typische Mechanisierung der Hochsilo-Einlagerung
(Siloverschluß über 2. Rohr bisher nur versuchsweise)

Die typische Mechanisierung der Einlagerung in Hochsilos faßt Abbildung 17 zusammen (siehe auch III. 3. 2 und IV.), ausgenommen den Siloverschluß über ein 2. Rohr, der bislang nur versuchsweise installiert wurde. (Harvestore). Die Einlagerung in Groß- Flachsilos erfolgt überwiegend mit Radladern oder vergleichbaren Geräten.

Der Häckselgut-Transport zu Trocknungsanlagen geschieht nahezu

ausschließlich mit dem LKW und Kipp-Schnellentleerung. Die gesunkenen Kosten je t geborgenem Heu (Ballenlinie) und die Brikettierung mit angestrebter Nutzung anderer eiweißreicher Stoffe (sogenannte unverdauliche Proteine, direkte Zugabe von NH_3 , Sojabohnenschrot etc.) haben jedoch zur Schließung zahlreicher konventioneller Grünmehlalagen geführt.

III. 3. 1 Exaktfeldhäcksler

Von den 27 auf dem Markt befindlichen amerikanischen Exaktfeldhäcksler-Modellen (davon 6 Selbstfahrer) verwendet nur noch Papec (Modell 35 A) d. Scheibenrad-Schneidwerk, ansonsten ist der Übergang zu Trommelschneidwerken abgeschlossen (86). Dabei gestattet etwa die Hälfte aller Modelle den Einbau eines sog. Recutter-Siebes, wodurch eine Hammermühlen ähnliche Zerkleinerung erreicht wird. Offensichtlich werden die Feldhäcksler auch leistungsfähiger mit z. B. bis zu 150 t Silomais/h um Verfahrensleistungen über 60 t/h zu ermöglichen. Daraus erklärt sich auch das größere Angebot an Selbstfahrern und zwar als Spezialmaschine (eine Triebsatzausführung ist zur Zeit schwer verkäuflich).

Infolge der durch das Recutter-Sieb erweiterten Zerkleinerungsmöglichkeiten werden dem Exakt-FH als Schwerpunktmaschine zukünftig größere Chancen eingeräumt. Daher haben sich die angebotenen Anbauvorsätze um Schlegel-Pickup-Aufnehmer (für Stalklage) und um Pflückvorsätze (für Maiskolbensilage) vermehrt. Hierbei verwenden größere Firmen dieselben Vorsätze für Feldhäcksler und Mähdrescher. Abbildung 18 veranschaulicht die Situation im Exaktfeldhäckslerbau. (48)

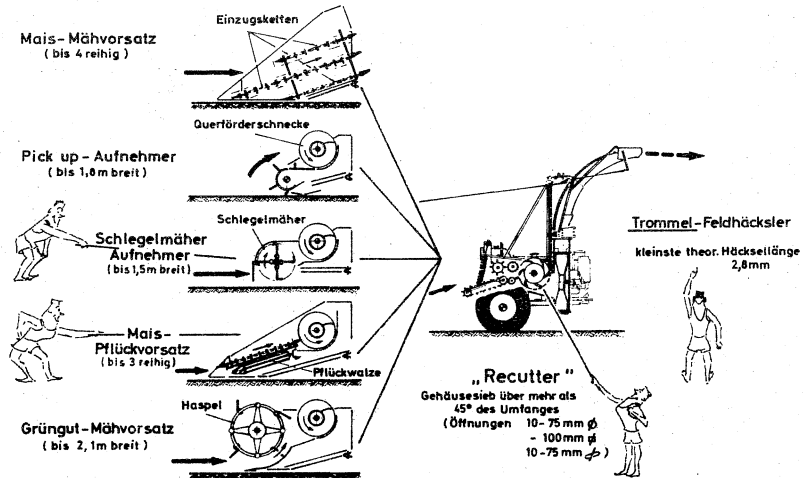


Abb. 18 : Schwerpunktmaschine Feldhäcksler mit getrenntem Schneid- und Wurforgan und der Möglichkeit des Einbaues eines Recutter-Siebes sowie den angebotenen 5 Anbauvorsätzen.

Für den Exaktfeldhäckslereinsatz werden die folgenden theoretischen Häcksellängen gefordert (81):

Unreife Gräser und Leguminosen	12 - 19 mm
Gras über 30 % TM	6 - 9 mm
Maiskolben	6 - 9 mm + Recuttersieb
Silomais	6 mm
Leguminosen in der Blüte	<6 mm

Wenngleich einige Feldhäcksler-Modelle mit theoretischen Häcksellängen von 2,8 mm angeboten werden, so wird diese als zu kurz angesehen, da die Kurzhäckselstruktur erhalten bleiben soll. Es kommt auch aus Gründen der Abnahme des Milchfettgehaltes bei feinem Material (71) weniger auf die Kürze als vielmehr auf die Gleichmäßigkeit des Häckselgutes an. Danach soll der Häcksellängen-Anteil über 4 cm unter 10 % bzw. über 2,5 cm unter 5 % betragen. Hierin liegt die Bedeutung

der Nachschneideeinrichtung Recutter, die den Überlängenanteil senkt (48). Mit einem Feldhäcksler mit Recutter wurde bislang für Luzerne-Anwelksilage nachgewiesen (10), daß die Silofüllung (t TM/cbm) gegenüber einem Standardfeldhäcksler um ca. 8 % (Firmenangaben bis 30 %) und der Leistungsbedarf um ca. 20 % zunimmt, bei einer um 5 bis 15 % verringerten technischen Leistung. Die größere Gleichmäßigkeit des Häckselgutes ermöglichte eine höhere Entnahmeleistung der verwendeten Obenfräse. Eine bessere Silofüllung um 5 bis 14 % wird bei Silomais durch die Verringerung der theoretischen Häcksellänge von 9, 5 bis 19 mm auf 6, 3 mm erreicht. (40, 51, 81) Eine mechanische Nachbehandlung von Silomais-Exakthäcksel erhöht das Raumgewicht unter 10 % (26). Die erzielten Raumgewichte in Silobehältern über 3, 5 m Höhe schwanken bei Maiskolbensilage (65 bis 75% TM) von 390 bis 850 kp/cbm und liegen nah beim Körnermais-Raumgewicht (65 - 85 % TM) von 780 kp/cbm. (51) (Silomais vergleichsweise rd. 900 kp/cbm).

Bei den o. a. theoretischen Häcksellängen muß bei den verschiedenen Häckselgutarten mit dem in Tabelle 4 aufgeführten spezifischen Arbeitsbedarf gerechnet werden (30, 48):

Häckselgut	TM - Gehalt [%]	spez. Arbeitsbedarf [PSh/t]	theor. Häcksellänge [mm]
Silomais	40 - 60	2,0 - 2,5	6,3
		2,5 - 3,5	6,3 + Recutter
Anwelksilage	40 - 60	3,0 - 5,0	6,3 + Recutter
Heu / Stroh	> 80	2,0 - 5,0	u. b.

Tabelle 4 : Spezifischer Arbeitsbedarf von Exaktfeldhäckslern für verschiedene Häckselgutarten.

III. 3. 2 Hochsilobefüllung

Die Hochsilobefüllung erfolgt traditionell mit Wurfgebläsen jedoch inzwischen mit einem Wurfraddurchmesser bis zu 1,5 m (Umfangsgeschwindigkeit ca. 40 m/s) und verbreitet mit einer Schneckenzuführung unter 45° (Abb. 19). Neuerdings bietet die Firma New Holland ein Silobefüllgebläse mit einer Drehtischzuführung an (Modell 27). Abgesehen von der Material-Geschwindigkeitskomponente in Förderrichtung senken die nur ca. 25 mm hohen Mitnehmer die Verstopfungsgefahr. In Anwendung der Tatsache, daß die Materialübernahme in einem Stoßvorgang erfolgt (46) wurde der Abstand a so gewählt, daß die Abwurfgeschwindigkeit bereits bei der Übernahme erreicht wird ($>$ Umfangsgeschwindigkeit) und das Gut damit das Gebläse nicht notwendigerweise am Außenrand verläßt (dies kann nur hinreichend sicher für Silomais angenommen werden). Gleiches gilt bekanntlich auch für eine Sonderbauart der Mais-Anbaufeldhäcksler (Hagedorn). Nachdem die Beschleunigung von Anwelkgut allgemein ⁱⁿ einem eher plastischen Stoß erfolgt, ist dann auch die Leistung bei Gebläsen mit kleinem a in Anwelksilage unverhältnismäßig geringer als bei Silomais (nach Firmenangabe bis 135 t Silomais/h). In Abbildung 19 sind die beiden neueren Zuführeinrichtungen für Silobefüllgebläse schematisch dargestellt.

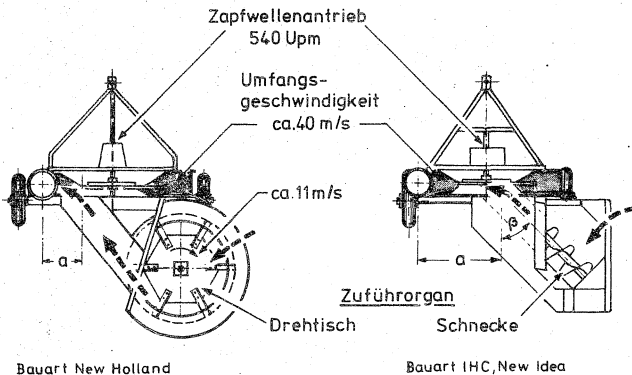


Abb. 19 : Neuere Silobefüllgebläse mit Drehtisch- und Schneckenzuführung des Fördergutes
(a = projizierter Abstand zwischen der Gebläserohrmitte und der mittleren Materialübernahme)

$$\beta_{\text{IHC}} = 45^\circ, \quad \beta_{\text{NI}} = 90^\circ$$

Zunehmend werden Hochsilos mit fest installierten Plastikrohren (allgem. 250 mm \emptyset) erstellt, z. Tl. in teleskopischer Ausführung. Seit 1969 werden einige Harvestore Silos versuchsweise mit 2 Befüllrohren ausgerüstet, wobei eines davon als Siloverschluß dient (siehe auch Abbildung 17). Bei der vorgeschlagenen Normung von Gebläserohren beträgt die größte Nennweite 275 mm.

Silogutverteiler sind derzeit ca. 10 auf dem Markt. Interessant ist hierbei die kombinierte Verteil- und Entleerungsschnecke bei Zentralrohrsilos (JAMES WAY und HerdKing), die bei der Beschickung eine um 20 bis 25 % höhere Silobefüllung gegenüber Schwerkraftfüllung ermöglichen soll. Die einfachste Lösung ist zweifellos die Verteilung durch teilweises Ablenken des Materialstromes am Krümmerende (KOOLS). Der Preis elektrisch angetriebener Verteiler am Krümmerende beträgt ca. 1800,- DM.

Umfangreiche Untersuchungen mit Elevatoren (31) mit Bechern und Pickupzinken als Mitnehmer ergaben schon 1963 zufriedenstellende Ergebnisse

Fördergut	Förderleistung (13,5m hoch) [t/h]	Leistungs- bedarf [PS]
Anwelkgut15	ca.4
Silomais30	ca.3
Körnermais (85% TM)60	ca.3

Tabelle 5 : Erreichte Förderleistung eines Versuchselevators bei verschiedenen Gutarten

Quelle: (31)

Die Unhandlichkeit derartiger Geräte hat jedoch deren Einführung verhindert und Bandförderanlagen werden nur für komplette Silobatterien empfohlen. Nachdem in den USA auch in der Innenwirtschaft allgemein eine aus-

reichende Leistung zur Verfügung steht (siehe auch I.), ist der niedrige Leistungsbedarf von geringerer Bedeutung.

III. 3. 3 Siloentleerung

Zur Hochsiloentleerung werden etwa 15 Obenfräsen und 8 Untenfräsen angeboten, wobei letztere rund das 2,5fache der Obenfräsen kosten. Sie erfordern außerdem ein besseres Silodach und bewirken bekanntlich eine höhere Belastung der Siloseitenwände. Eine neue Entwicklung stellen Silo-untenfräsen mit Schlegeln oder anderen Werkzeugen die horizontal um die Silomitte rotieren dar (27). Im übrigen ist eine weitgehend gasdichte Siloentleerung inzwischen auch mit Obenfräse und Zentralrohr möglich, bei Entnahmeeleistungen von ca. 14 t Anwelksilage/h und 27 t Silomais/h mit einer Antriebsleistung von 5 PS (5, 27) (siehe auch SCHURIG, Grüne Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan No. 4). Trotz des zunehmenden Interesses an Untenfräsen ist es fraglich, ob diese bei konventionellen Hochsilos zur Norm werden, insbesondere bei Füllung und Entleerung mehrerer Silos mittlerer Größe. Vorerst haben die Obenfräsen noch immer eine höhere Entnahmeeleistung, größere Funktionssicherheit und geringere jährliche Wartungskosten (rund 100,- \$ gegenüber 300,- \$ bei Untenfräsen). Für große Silodurchmesser evtl. Zusatzgebläse im Auswurfkrümmer (Van Dale). Siehe auch Tabelle 5 a

Neuerdings werden auch Flachsilofräsen zum Anbau an die Frontlader-Erdschaufel mit einer Breite von 1,5 bis 2,4 m angeboten, der Preis beträgt 2.300,- bis 2.700,- DM.

III. 3. 4 Mechanische Fütterungsanlagen

Die Verkaufszahlen mechanischer Fütterungsanlagen (5 Systeme) lagen in den letzten Jahren in der Größenordnung der verkauften Feldhäcksler. Dabei machen die Schneckenanlagen 80 bis 85 % aller installierten

Anlagen aus. Dies liegt im wesentlichen am Preisvorteil, zumal Untersuchungen bei allen Fütterungsschnecken (ausgenommen die mit drehendem Gehäuse) eine Entmischung (52) und einen 4-5 fachen Leistungsbedarf gegenüber anderen Systemen ergaben (64). Eine Verringerung der Entmischung wird durch möglichst gleichmäßige Häcksellängen bzw. Teilchengrößen erreicht. Ein Preisvergleich einer 30 m-Anlage verdeutlicht die Vorteile des einfachen Schneckenförderers (39):

Schnecke	2.400. - \$
Rohrschnecke	3.000. - \$
Überkopfförderer	2.800. - \$
Schwingringe	2.600. - \$
Bandförderer	3.500. - \$

Auch wenn von keinem deutlichen Trend zu einem der Systeme gesprochen werden kann, nahmen doch insbesondere die Bandfütterungsanlagen mit Abstreif-Bürstenwalze (Abb. 20) und mit Abstreifblech (Abb. 21) zu, unter anderem wegen der geringeren Korrosion .

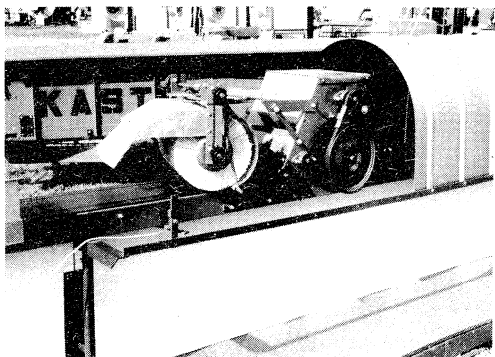


Abb. 20 : Bandfütterungsanlage der Firma Kasten mit Abstreif-Bürstenwalze

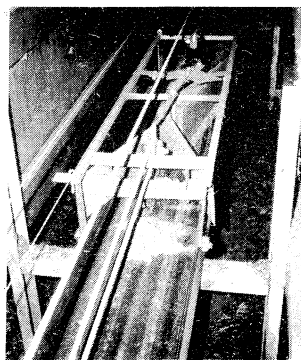


Abb. 21 : Bandfütterungsanlage mit Abstreifblech auf der Wagnerfarm in Wisconsin. (Fa. Farm-Eze)

Die zunehmende Verwendung der Fütterungsanlagen verdeutlicht auch den Trend zur Stallfütterung, zumindest für Herdengrößen um 50 Tiere (34).

Nahezu alle neuen Boxenlaufställe schließen eine mechanische Stallfütterung ein. Bei der Außenfütterung konnten auch mit einer Überdachung des Troges die Probleme bei der Kotbeseitigung im Winter besonders in den nördlichen Teilen nicht gelöst werden (13). Als Fütterungswagen werden hauptsächlich Selbstentladewagen oder Speziallastwagen auf befahrbaren Futtertischen eingesetzt. (Siehe Abbildung 6 a)

Zunehmend werden die verschiedenen Futterrationen vor der Gabe gemischt, evtl. mit automatischen Misch- und Wiegevorrichtungen oder entsprechend ausgerüsteten Fütterungswagen (42, 43). Die Elektronik derartiger Fütterungswagen kostet dann ca. 8000.- DM. Bei der Zusammensetzung des Futters wird bei ausreichender Verdaulichkeit u. a. davon ausgegangen, daß die maximale Futteraufnahme bei einem bestimmten Dichtebereich des Futters liegt (42, 81).

Infolge der guten Eignung der pneumatischen Förderung für ungünstige Gebäudeverhältnisse wird an deren Vervollkommnung für die Häckselgutförderung gearbeitet; für den Kraftfutter-Transport verbreitet angewandt (14, 23, 61, 74).

IV. Arbeitsverfahren

Eingangs sei vermerkt, daß Verfahren mit einer Deutschland vergleichbaren mittleren Mechanisierungshöhe in der Futterernte ohne selbstfahrenden Feldhäcksler und mit Selbstentladewagen auch in den USA weit verbreitet sind. Auf die Möglichkeiten und Untersuchungen zur Verfahrensoptimierung mit Hilfe der Verfahrenssimulation (9) wurde bereits unter III. hingewiesen. Die wesentlichen arbeits- und betriebswirtschaftlichen Veröffentlichungen mit Berücksichtigung der Tierbestandsgröße sind im Literaturverzeichnis angegeben (35, 36, 38, 44), und werden nachfolgend nur auszugsweise kommentiert.

Die Grenztonnage für eine Eigenmechanisierung oder die Arbeiterledigung durch den Lohnunternehmer schwankt von 300 t (rd. 350cbm Silomais) bis 500 t Silage, abhängig von den arbeits- und betriebswirtschaftlichen Ausgangsdaten (35, 81). Hierbei entsprechen 300 t Luzerne-Anwelksilage (50 % TM) bei einem Ertrag von 12,5 t TM/ha einer Anbaufläche von ca. 12 ha. Bis ca. 500 t gilt eine hochmechanisierte Heubergung wirtschaftlicher als eine Silagekette. Unter hochmechanisierter Heubergung wird hierbei allgemein eine Hochdruckballen-Linie mit losem Ballentransport verstanden, d.h. Hochdruckpresse mit Ballenschleuder.

IV. 1. Investitionskosten

Die erforderlichen Investitionen der Futterbereitstellung werden zweckmäßigerweise in Maschinen- und Gebäudeinvestitionen unterteilt. Derzeit muß in den USA mit den in Tabelle 6 angegebenen Anschaffungskosten ausgewählter Maschinen und Geräte gerechnet werden (35, 38).

Gerät	Anschaffungskosten in \$
Knickzetter	700 - 1200
Mähquetschzetter m. Schwadleger angehängt	2200
SF	2600 - 5600
Hochdruckpresse	1600 - 3200
Ballenwerfer	600
Exakt-Feldhäcksler kompl. angehängt	1900 - 5000
SF	8000 - 12000
Silobefüllgebläse kompl.	800 - 1200
Hochsilonentnahme (6 m ϕ) Obenfräse	1100 - 1200
Untenfräse	2500 - 3000

Tabelle 6 : Neupreise ausgewählter Maschinen und Geräte der Futterberei-
tstellung (Stand 1969/70)

Der Einfluß des TM-Raumgewichtes des Lagergutes auf die Gebäude-
Investitionskosten ergibt unter Berücksichtigung der Lagerraum-Güte
den in Abbildung 20 dargestellten Zusammenhang (28). Nachdem diese
Abhängigkeit gleichermaßen für den Materialtransport gilt, werden die
zukünftigen Chancen der Heubrikettierung deutlich (siehe
auch III. 2. 2).

In Beschränkung auf die Silagelagerung muß spezifiziert für die ver-
schiedensten Behälter derzeit in den USA mit den in Tabelle 7 aufge-
führten Kosten/cbm gerechnet werden. Da für die Behälterauswahl
wichtig, sind die für die verschiedenen Behälter zu erwartenden TM-
Verluste gleichfalls enthalten. (Siehe hierzu auch Anhang S.54)

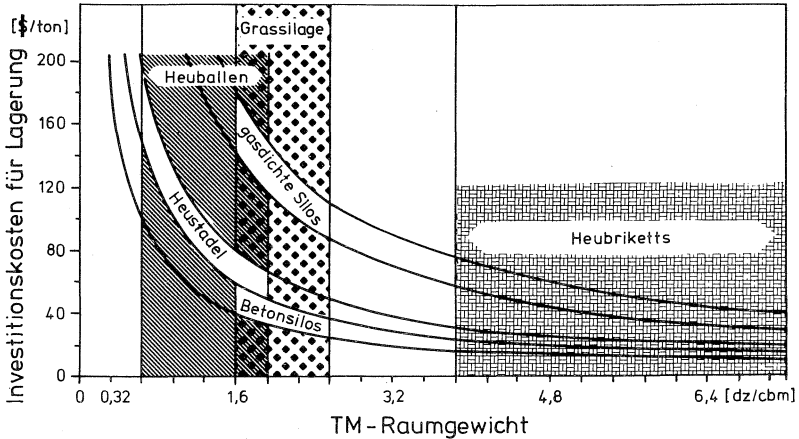


Abbildung 20 : Investitionskosten für die Lagerung in Abhängigkeit vom TM-Raumgewicht, der Art der Konservierung und des Lagerraumes (Beton-Hochsilo 25 bis 40 DM/cbm; Heustadel, Scheune 40 - 50 DM/cbm; gasdichtes Silo 85 - 100 DM/cbm)

Quelle: (28)

Behältergröße [cbm]	Freigärhaufen [DM/cbm]	Flachsilo [DM/cbm]	Hochsilo	
			Beton [DM/cbm]	gasdicht [DM/cbm]
500	... 3,-	18,- 30,-	51,-	84,- 114,-
1000		25,- 21,-	45,-	78,- 99,-
2000		9,- 18,-	33,- 42,-	75,- 99,-
TM-Verluste[%]	20 ... 40	10 ... 18	5 ... 12	2 ... 5

(Raumgewicht ϕ 0,9 T/cbm (820 kp/cbm); Wechselkurs 3,35 DM/\$)

Tabelle 7 : Investitionskosten (einschließlich Siloentleerung und Dach) und TM-Verluste in Abhängigkeit von der Behälterart und -größe.

Quelle: (33, 36, 40,55)

IV. 2. Behälterauswahl

Aufgrund der in Tabelle 7 angegebenen DM/cbm und TM-Verluste werden gasdichte Hochsilos nur für Silomais /Maiskolbensilage und Beton-Hochsilos für Anweklsilage empfohlen. Neben dem Investitionsbedarf sind für die Behälterwahl gleichermaßen die jährlichen Kosten und der AKh-Bedarf bestimmend. Bei Kostenvergleichen wird dann bei Flachsilos infolge der zu erwartenden höheren Verluste ein größerer Siloraum und eine größere Anbaufläche unterstellt. Tabelle 8 faßt einen derartigen Vergleich unter Berücksichtigung der Herdengröße zusammen.

Behälter		HOCHSILO			FLACHSILO		
Anzahl der Kühe		60	120	240	60	120	240
jährl. Kosten für Anbau, Ernte, Lagerung und Fütterung in [\$/Kuh]	mittl. Mechan.	256	225	214	261	220	204
	hohe Mechan.	261	218	203	266	212	190
Erntemenge in [t]		1550	3100	6200	1670	3265	6440
erf. Investitionen für die Futterbergung und Lagerung in [\$/Kuh]	mittl. Mechan.	533	422	400	330	213	167
	hohe Mechan.	646	517	450	450	442	220

Tabelle 8 : Kostenvergleich für Hoch- und Flachsilo in Abhängigkeit von der Herdengröße und der Mechanisierungshöhe (Erntemenge in t Silomais)

Quelle: (35)

Bezieht man richtigerweise in den Behältervergleich auch die mögliche und praktizierte 1, 5 bis 2 malige Füllung der Hochsilos ein (Anhang Tabelle 3a und 4a) (40), so ergeben sich für das Flachsilo geringere jährliche Kosten erst über Behältergrößen von 1500 bis 2000 cbm. Die erforderlichen Investitionskosten sind hingegen stets geringer, sie

machen für Flachsilo weniger als 50 % der Gesamtinvestition aus, gegenüber bis 65 % für Beton-Hochsilos (35). In Vervollständigung des Vergleiches, benötigen nach HOGLUND (35) Flachsilos allgemein 11 bis 20 % mehr AKh als Hochsilos, bei hoher Mechanisierung und großen Beständen jedoch nur ca. 4 % mehr. In der Milchviehhaltung beträgt der AKh-Mehrbedarf bei mittlerer gegenüber hoher Mechanisierungsstufe beim Hochsilo ca. 25 % und beim Flachsilo 20 % (60 Kühe) bis 30 % (zu 240 Kühe).

Generell zieht daher der mittlere Betrieb für ganzjährige Silagefütterung allgemein kein Flachsilo in Betracht. Diese werden entweder in kleinen, jedoch überwiegend auf Großbetrieben in der Größenordnung bis zu 15 000 cbm erstellt, wobei auch die Verluste relativ zur einsiliierten Menge wesentlich geringer sind (13). Insbesondere bei älteren Silos und Erdsilos (Abbildung 21) sind die Wände und die Abdeckung allgemein von geringerer Qualität. Zur Abdeckung werden bevorzugt PE-Folien mit 0,1 bis 0,15 mm Dicke empfohlen (47). Folie mit bis zu 6 jähriger Lebensdauer wie neoprenbeschichtetes Nylon wird wenig verwendet.



Abbildung 21 : Erdsilo mit Holzbohlen ausgelegt, Folienabdeckung

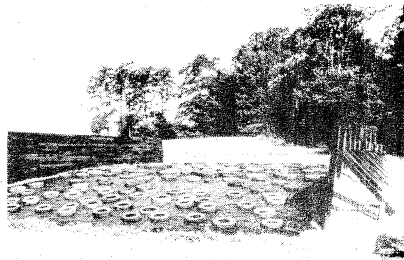


Abb. 22 : Flachsilo mit Holzseitenwänden und sehr sorgfältiger Abdeckung (Vakuum-Verdichtung)

Wenngleich für die Siloerstellung die Tendenz deutlich zur Bauvergabe geht, z. B. mit Fertigbauteilen (20), werden doch noch die meisten Flachsilos im Selbstbau erstellt (in Wisconsin rd. 80 %, in Californien rd. 50 %).

Sowohl für Hoch- wie auch für Flachsilos liegen Bauanleitungen der Zementhersteller und für Holzausführungen vor (76, 77, 78). Neue Gewebesilos werden nur sehr vereinzelt erstellt. Auch der Versuch ein Vakuumsilo kommerziell einzuführen (mit 0,5 at Unterdruck) und zwar als Bausatz für 140 bis 700 t Silomais (18) ist fehlgeschlagen. Im übrigen wurde bereits 1923 in Deutschland und 1928 in den USA (US Patent No. 1703782) K. Schmidt ein Patent für die Vakuum-Verdichtung von Silogut erteilt. Silierzusätze werden zur Erhöhung des Rohprotein-Gehaltes und Silage-Aufbesserung empfohlen, Konservierungszusätze sind grundsätzlich nicht erforderlich (21, 40, 72, 82).

Nach einer Erhebung von 1964 machen in der Milchviehhaltung mit Silagefütterung die Hochsilos anzahllich 87,7 % in den anderen Viehhaltungsbetrieben 59,6 % aus. Von denen im Staate New York in den letzten 4 Jahren erstellten Silos waren stets ca. 20 % Flachsilos (siehe Anhang Tabelle 5a). Für nicht ganzjährige Silagefütterung dürfte der Anteil der Flachsilos in Kalifornien rd. 75 % betragen. Betrachtet man jedoch die Situation in den gesamten USA, so sind von den im Gebrauch befindlichen geschätzten 900 000 Silos weniger als 5 % Flachsilos (13, 34). Wenngleich der Flachsiloanteil bezogen auf die eingelagerte Tonnage darüberliegt, so ist doch das Hochsilo die mit Abstand verbreitetste Behälterart. Sicherlich ist dabei zu beachten, daß ältere kleine Hochsilos mit 3 bis 3,5 m \emptyset und um 12 m Höhe in vielen Fällen nicht mehr gefüllt werden, ebenso größere Hochsilos bei erheblich gestiegenem Siloraumbedarf (Abbildung 23).

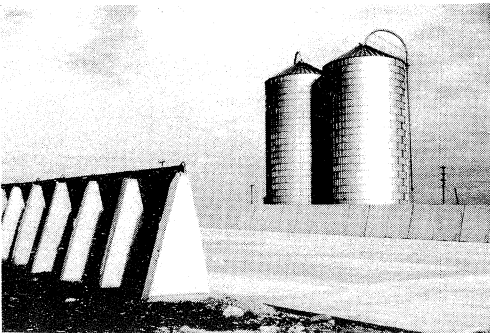


Abb. 23 :
Richter-Farm in Mead, Nebr.
Hochsilos (25 m hoch, 10 m \emptyset)
wegen schwieriger Entnahme
leer, Flachsilo 65 m lang,
37 m breit, 3,5 m hoch) wird
in der Mitte 10 m hoch gefüllt
Beton-Fertigteile

Die durchschnittliche Größe der verkauften Beton-Hochsilos (gasdicht) beträgt derzeit rd. 600 cbm (6 m ϕ , 21 m) und stieg damit seit 1963 auf das 6fache (13), siehe hierzu auch Abbildung 7. Rund 70 % der erstellten Hochsilos waren Beton-Dauben-Silos und nur ca. 5 % Holzsilos. Neben emaillierten Stahlbehältern werden von 2 Firmen auch Kunststoffsilos in der Größenordnung bis 600 cbm angeboten. Bauvorschriften hinsichtlich der Festigkeit liegen infolge weitgehender Garantiebestimmungen nicht vor (z. B. muß im Staat New York nach einem Landesgesetz der Silohersteller zeitlich unbegrenzt für alle auftretenden Bauschäden aufkommen). Erhöhter Wert wird auf die richtige Abstimmung von Silogröße und Herdengröße gelegt, wonach allgemein 2 Hochsilos mit 600 cbm einem Hochsilo von 1200 cbm vorzuziehen sind. Mit der Vergrößerung der Tierbestände wird sich aber in Zukunft der Anteil der Flachsilos zweifellos erhöhen, jedoch stets ohne Selbstfütterung. (Siehe auch Anhang Abb. 7 a)

V. Literaturverzeichnis

- 1 Albert, W. W. ;
Cox, D. L. ;
Ferell, L. D. ;
Carrigus, U. S. ;
Hunt, P. R. ;
Stephens L. E. :
Beef cows Winter Well on Stalklage
Ration ; Husklage
Illinois Research, Fall 1968
Ill. Agricultural Experiment Station
- 2 Albert, W. W. ,
Stephens, L. E. :
Stalklage Silage Harvested with converted Combine
ASAE - Paper No. 69 - 313/1969
- 3 Andrew, F. W. :
Mechanical and Automatic Feeding
Systems for Livestock Farms
Univ. of Illinois, College of Agriculture, Cooperative Extension
Service, Circular 867
- 4 Ayres, G. E. ,
Buchele, W. F. :
Development of a Leaf Harvesting
System for Alfalfa
ASAE-Paper No. 67-674/1967
- 5 Bakker, D. :
Top Unloading of Oxygen-Controlled
Silos
ASAE-Paper No. 68-801/1968
- 6 Bargaen, K. von :
System Analysis in Hay Harvesting
Transactions of the ASAE,
vol. 9, no. 6, S. 768-773, 1966
- 7 Bargaen, K. von:
A System Approach to Harvesting
Alfalfa Hay
Transactions of the ASAE, vol. 10,
no. 3, S. 318/19; 1967
- 8 Bargaen, K. von:
Man - Machine Performance in a
Baled Alfalfa -Hay Harvesting System
Transactions of the ASAE, vol. 11,
no. 1, S. 57 - 64, 1968
- 9 Bargaen, K. von:
PhD-Thesis 1969
Purdue University, Dept. of Agricultural Engineering
- 10 Barrington, G. P. ,
Berge, O. J.
Finner, M. F. :
Effect of Using a Recutting in a Cylinder
Cut Forage Harvester for Chopping Low
Moisture Grass Silage
ASAE-Paper No. 69-145/1969

- 11 Barrington, G. P.,
Bruhn, H. D. : Effect of Various Mechanical Forage
Harvesting Devices on Field Curing
Rates and Relative Harvesting Losses
ASAE-Paper No. 69 - 144/1969
12. Beck, E. C. : Briquetting Animal Feeds
ASAE-Paper No. 68-827/1968
- 13 Brooks, L. A. : Trends in Confinement Feeding of
Forages
ASAE-Paper No. 68-806/1968
- 14 Brusewitz, G.H.,
Wolfe, R. R. : Flow Characteristics in the Pneumatic
Conveying of Chopped Forages
Transactions of the ASAE, vol.10
no. 3, S. 320-29/1967
- 15 Buchele, W.F.,
Bockhop, C.W.,
Marley, S. J. : Influence of New Practices upon Farm
Equipment Design
SAE-Paper No. 680554/1968
- 16 Buker, R. J. : High Protein vs. high Carbohydrate
Forages for Livestock
ASAE-Paper 69-176/1969
- 17 Bushmeyer, R. W.,
Krause, D.E.,
Rath, C. J. : Development of a Roll Wafering
Machine
ASAE-Paper No. 69-163/1969
- 18 Campell, J.K. : Vacuum Silos
Agr. Eng, Extension Bulletin 379/1969
Cornell University, Ithaca, N. Y.
- 19 Coupland, G. A.,
Haeyk, R. M. : Critical Path Scheduling of Forage
Harvesting Systems in Quebec
ASAE-Paper No. 69-678/1969
- 20 Cross, O.E.,
Lewis, G. M.
Olson, E.A. : Design and Construction of large con-
crete Tilt up-Silos
ASAE-Paper No. 71-410/1971
- 21 Cummings, K. R.,
Noller, C. H.,
Rhykerd, C. L. : The Effect of Ensiling and the Addi-
tion of Limestone on the Nitrate
Content of Corn Silage
Research Progress Report 262/1966
Purdue University, Lafayette, Ind.
- 22 Daniel, J. : Neue Möglichkeiten des Mähdrescher-
einsatzes
Ungar. Landwirtschaft XXI. Jg. Nr. 40

- 23 Daum, D.R. ,
Puckett, H.B. ,
Olver, E.F. : Metering High-Moisture Corn from
Storage
Transactions of the ASAE, vol. 7,
no. 1, S. 36/37, 1964
- 24 Finner, M.F. : The Development of Technology in
Agriculture
Dept. of Agr. Eng. , Madison, Wisc.
- 25 Gordon, C.H. ,
Holdren, R.D. ,
Derbyshire, J.C. : Field Losses in Harvesting wilted
Forage
ASAE-Paper No. 66-667/1966
- 26 Graham, J.R. ,
Bratzler, J.W. ,
Kjelgaard, W.L. : The Effect of Mechanical Treatment
on the Compressive Properties and
Nutrition of Corn Silage
ASAE-Paper No. 67-632/1967
- 27 Guest, R.W. : Field Observations of Bottom Unloaders
ASAE-Paper No. 68-803/1968
- 28 Halyk, R.M. : The Role of Material Density in the
Evaluation of Forage Harvesting
Systems
ASAE-Paper No. 71-114/1971
- 29 Haverdink, V. ,
Buchele, W.F. : A Single Machine Giant Bale Hay
Handling System
ASAE-Paper No. 68-636/1968
- 30 Hennen, J.J. : Power Requirements for Forage Chopping
ASAE-Paper No. 71-145/1971
- 31 Herum, F.L. ,
Kampe, D.F. : Developing a vertical Elevator for
granular and fibrous Feed Materials
Transactions of the ASAE, vol. 6,
no. 2, S. 77-79, 84, 1963
- 32 Hitzhausen, T.E. ,
Marley, S.J. ,
Buchele, W.F. : Beefmaker II: Developing a Total
Corn Harvester
Agricultural Engineering Nov. 1970
S. 632 - 34
- 33 Hoglund, C.R. : An important word for word Research
Report
Agricultural Economics 947/1964
Michigan State Univ. , East Lansing, Mich.

- 34 Hoglund, C. R. : Changes in Forage Production and Handling on Southern Michigan Dairy Farms
Agr. Economics Report No. 78, 1967
Michigan State Univ., East Lansing, Mich.
- 35 Hoglund, C. R. : Economic Aspects of Alternative Forage Systems
Research-Industry Conference 1968,
American Forage and Grassland Council, State College, Pa.
- 36 Hoglund, C. R. : Economics in Selecting Alternative Silage Storage Systems
Misc. Publication 1968-13
Michigan State Univ., East Lansing, Mich.
- 37 Hoglund, C. R. : Economics and its Relationship to the Future of Alfalfa
Ag. Economics Report No. 121, 1969
Michigan State Univ., East Lansing, Mich.
- 38 Hoglund, C. R. : Economics of Forage Production with Emphasis on Mechanization
ASAE-Paper No. 69-161/1969
- 39 Hoglund, C. R. : Investments and Annual Costs for Alternative Silo Systems
Farmers Week, 1969, Michigan State Univ., East Lansing, Mich.
- 40 Hoglund, C. R. : Corn Silage
Extension Bulletin E-665/1969
Michigan State Univ., East Lansing, Mich.
- 41 Jennings, R. A.,
Petersen, G. M. : Using Atmospheric Pressure to Compress Alfalfa Haylage
ASAE-Paper No. 69-315 1969
- 42 Jones, R. S.,
Watson, H. : The Auburn 5 M Dairy Feeding Programm
Cooperative Extension Service 1968
Auburn Univ., Auburn, Ala.
- 43 Jordan, K. A.,
Buffington, D. E.,
Junnila, W. A.,
Boyd, L. L. : Automated Feeder weighing for Feed Utilization Determinations
ASAE-Paper No. 69-502/1969

- 44 Koegel, R.G., Bruhn, M.D.: Inherent Causes of spontaneous Ignition in Silos
ASAE-Paper No. 69-164/1969
- 45 Kromer, K.-H.: Futterbergung in Ungarn
unveröffentlichter Bericht 1967
Landtechnik Weihenstephan
- 46 Kromer, K.-H.: Ein Beitrag über die Häckselgutförderung durch die Schneid-Wurf-Trommeln der Exaktfeldhäcksler
Grundl. Landtechnik Bd. 19/1969
Nr. 3, S. 95-103
- 47 Kromer, K.-H.: How to seal a bunker silo
Prairie Farmer Sept. 1969
- 48 Kromer, K.-H.: Tendenzen im Exakt-Feldhäckslerbau in den USA und in Deutschland
Grundl. Landtechnik Bd. 21 (1971)
Nr. 4 S. 110-114
- 49 Kromer, K.-H.: Neuere Entwicklungen beim Hochdruckballen-Transport
Landtechnik Heft 18/1971 S. 472-75
- 50 Larson, W.E.: Capacity Measurement on Hay Harvest Systems
ASAE-Paper No. 71-140/1971
- 51 Layer, J.W., Campbell, J.K.: Silo Capacity for Silage and High Moisture Corn Grain
Agricultural Engineering Extension Bulletin 389, Cornell Univ. Ithaca, N.Y.
- 52 Mc Fate, K.L., George, R.M.: Performance and Selection of Mechanical Bunk Feeders
ASAE-Paper No. 68-805/1968
- 53 Mc Kenzie, B.A., Peart, R.M.: Silage Feed Center with complete Weight Control
Transactions of the ASAE, vol. 8, no. 2, 1965
- 54 Mears, D.R., Roberts, W.J.: Methods of Accelerating Forage Drying
ASAE-Paper No. 69-162/1969

- 55 Merrill, W. G.,
Slack, S. T. : Feeding Value of Perennial Forages
for Dairy Cows
Animal Science Mimeograph Series
No. 3/1965, Cornell Univ., Ithaca,
N. Y.
- 56 Molitorisz, J.,
Mc Colly, H. F. : Development and Analysis of the Rolling-
Compressing Wafering Process
ASAE-Paper No. 68-634/1968
- 57 Munroe, J. A.,
Bilanski, W. K.,
Mowat, D. N. : Several Methods of Comminution and
their Effects on in vitro Digestibility
of Forages
ASAE-Paper No. 68-625/1968
- 58 Paine, M. D. : Economic Analysis of Livestock
Systems as a Funktion of the Mag-
nitude of the Operation
ASAE-Paper No. 69-406/1969
- 59 Plumlee, M. P. : The Roles of Forage in the Feeding
of Livestock
Dept. of Animal Science, Purdue Univ.
Lafayette, Ind.
- 60 Friepke, E. H.,
Bruhn, H. D. : Altering Physical Characteristics of
Alfalfa to Increase the Drying Rate
ASAE-Paper No. 69-143/1969
- 61 Puckett, H. B.,
Klueter, H. H. : Pneumatic Conveyer for Distributing
Farm Feed
USDA Prod. Research Report No. 92 ,
Washington, D. C. 1966
- 62 Renoll, E. S. : A Method for Predicting Field Ma-
chinery Efficiency and Capacity
ASAE-Paper No. 69-152/1969
- 63 Shepperson, G. : Present and Future Forage Handling
System in Great-Britain
N. I. A. E. Silsoe, Bedfordshire
- 64 Smith, R. W. : Advantages and Advancements in anger-
less Bunk Feeders
ASAE-Paper No. 68-804/1968
- 65 Spencer, R. R. u. a. : Alfalfa Products by Wet Fractionation
ASAE-Paper No. 69-179/1969

- 66 Schroeder, K. R.,
Buchele, W. F.: A Total Corn Harvester
ASAE-Paper No. 69-314/1969
- 67 Soteropulos, G.,
De Buhr, H.: Cubing - Past, Present and Future
ASAE - Paper No. 68-635/1968
- 68 Stahmann, M. A.: The Potential for Alfalfa Protein
Concentrates for Animal and Human
Consumption
ASAE-Paper No. 69-178/1969
- 69 Taylor, H. H.: Computer Utilization for Economic
Analysis of Systems of Machines in
Forage Production
ASAE-Paper No. 71-142/1971
- 70 Waelti, H.,
Dobie, J. B.: Effect of various Builders on
Cubability of Straw
ASAE-Paper No. 71-115/1971
- 71 Warner, R. G.: The Impact of Diet on Milk Fat
Percentage
Galley 1 13578 C U
Printer 10-11 Cal. 25 picas
Dept. of Animal Science, Cornell
Univ. Ithaca, N. Y.
- 72 Wheaton, H. N. Corn Silage
Agronomy Guide AY- 167, 1967
Purdue Univ., Lafayette, Ind.
- 73 White, R. G.: Selecting a Forage Harvesting
System
Information Series No. 225, 1968
Dept. of Agricultural Eng., East
Lansing, Mich.
- 74 Wolfe, R. R.,
Smetana, M. M.,
Krutz, G. W.: Performance Characteristics and
Feeder Design in the Pneumatic
Conveyance of Chopped Forage
ASAE-Paper No. 69-316/1969
- 75 Zimmerman, M.: 3 more Machines for Corn Plant
Retrieval
Implement & Tractor May 7, 1969
- 76 - Midwest Plan Service AE-70
Coop. Extension Service, Purdue
Univ., Lafayette, Ind.

- 77 - Concrete Improvements for Farm
and Ranch
Portland Cement Assoc., Chicago,
Ill. 1963
- 78 - Concrete Horizontal Silos
Portland Cement Assoc. F 101 - 2
- 79 - Specific Farm Buildings completed
& Equipment installed in N. Y. State
in 1968
Dept. of Agricultural Engineering
Cornell Univ., Ithaca, N. Y.
- 80 - Research Summary for 1968
Dept. of Agr. Eng., Univ. of
Wisconsin, Madison, Wisc.
- 81 - Silage
Coop. Extension Service, Auburn
Univ., Auburn, Ala. /1969
- 82 - Vorträge der 3rd Research-
Industry Conference, Jan. 1970
American Forage and Grassland
Council, State College, Pa.
- 83 - Vorträge der 2nd Alfalfa Cubing
Conference 1968, University of
California, Davis, Calif.
- 84 - New York Economic Handbook 1969
Dept. of Agr. Eng. Cornell Univ.,
Ithaca, N. Y.
- 85 - Farm Labor and Mechanization
USDA, Washington D. C. 1968
- 86 - Red Book, Farm and Industrial
Equipment
Implement & Tractor 1971
- 87 - Firmenprospekte

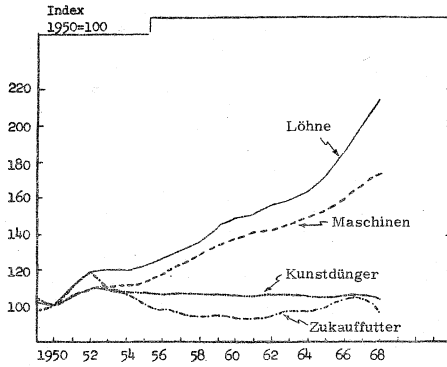


Abb. 1 a : Preis- und Lohnentwicklung in der amerikanischen Landwirtschaft von 1950 - 1968

Quelle : (84)

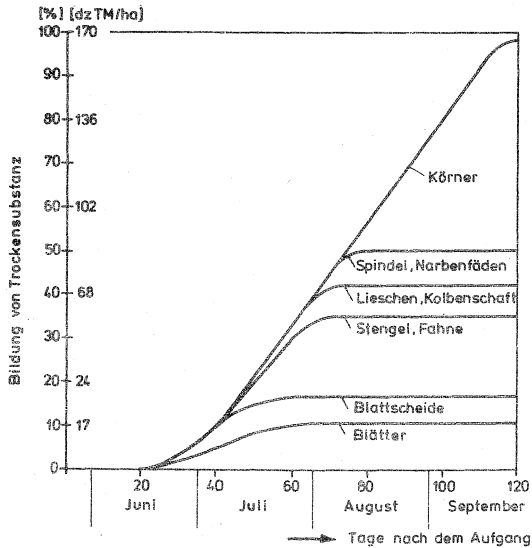


Abb. 2 a : TM-Produktion von Mais in Abhängigkeit vom Reifezustand

Quelle : Plant Food Review vom National Plant Food Institute und (40, 75)

End Product Variations	TM %	verdaul. Protein %	Protein insgesamt %	Rohfaser %	TDN %	Net Energy per 100 lbs Therms
GRAIN (Körnermais)						
Soft or immature	66,1	5,4	7,0	2,3	60,6	58,8
Grade 2	85,0	6,7	8,7	2,0	80,1	80,1
Soft, artificially dried	86,4	6,9	9,0	2,4	79,5	...
STOVER (Maispflanze)						
Green roughage	22,7	0,5	1,3	6,0	13,0	7,8
Silage from mature corn	23,7	0,6	1,6	7,8	14,0	9,1
High moisture roughage	59,0	1,4	3,9	20,1	33,7	17,9
Medium moisture roughage	80,3	2,0	5,8	21,7	45,5	24,1
Dry roughage	90,6	2,1	5,9	30,8	51,9	27,5

Tabelle 1 a: Nährstoffgehalt von Mais in Abhängigkeit vom Ernteprodukt
Quelle: Feeds and Feeding v. F. B. Morrison und (75)

Verfahren		Mäh- schwad	gemäht, gequetscht, geschwadet	gemäht, gequetscht, nach 24 Std. geschwadet	Mähquetsch- zetter mit Schwad- ablage
TM - Gehalt	%	33,8	77,1	77,8	75
TM - Verluste	%	0	10,3	11,8	0 (... 1)
Rohprotein-Gehalt	%	17,5	15,2	15,1	15,5

Tabelle 2 a : TM-Verluste und Rohprotein-Gehalt von Luzerne in
Abhängigkeit vom Anwelkverfahren
Quelle: (25)

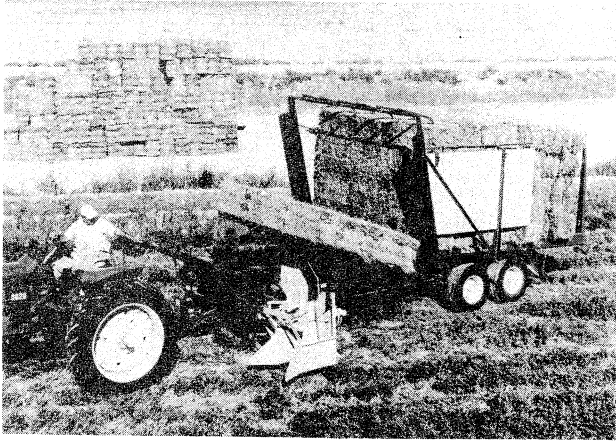


Abb. 3 a : NEW HOLLAND-Ballenladewagen Mod.1044 für max.119 Ballen(35x45x90-100cm), zul.Ballengewicht bis 40 kp, Ladekapazität 4,3 t, lichte Höhe zum Stapeln: 4,8 m , Schlepper über 60 PS

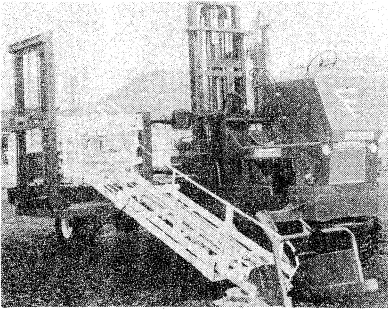
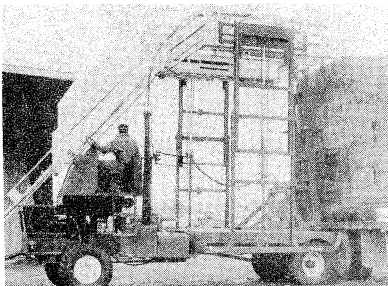


Abb. 4 a :
FREEMAN-Ballenladewagen
(Selbstfahrer, 100 PS) in Arbeits-
stellung und beim Stapeln auf ein
Transportfahrzeug

Gesamt gewicht 7 t; Ladekapazität
70 Ballen (35x35 cm) in 5 bis 8 min,
mit max. 24 km/h
Stapelhöhe bis 5 m
Stapelleistung auf ein Transport-
fahrzeug ca. 800 Ballen/h

Quelle: (87)



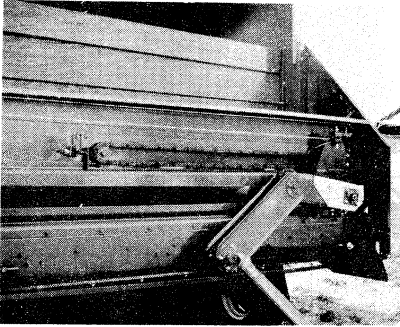


Abb. 5 a :

FARMHAND- Single Auger Box
mit Schneckenentleerung in 2,5 -
8 min/Wagen; max. Fassungsver-
mögen 17,5 cbm

Förderschnecke (300 mm ϕ) beidseitig
geführt und Entleerung nach vorn in
ein Ketten-Querförderband

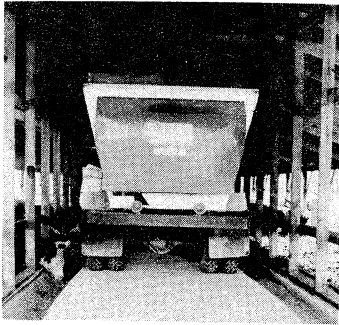


Abb. 6 a :

Selbstmischender Futtermittelverteiler
auf LKW-Basis
(siehe auch Tabelle 5 a)

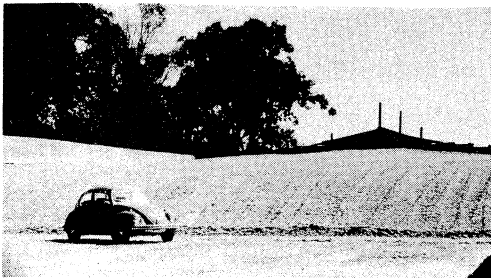


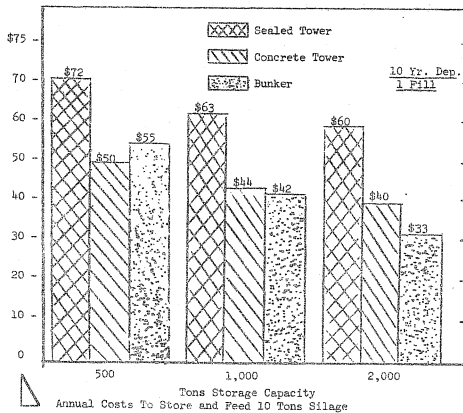
Abb. 7 a :

Groß-Flachsilo mit Silomais
in Californien; Beschickung
mit Festwalzen durch Radlader
(nur für Winterfütterung)

	Storage Capacity							
	500 T.		1,000 T.		2,000 T.		4,000 T.	
	Conc. tower	Bunker	Conc. tower	Bunker	Conc. tower	Bunker	Conc. tower	Bunker
Estimated loss - % DM	10	17	10	14	10	13	10	12
Silo sizes	1-20'x60'		1-30'x60'		2-30'x60'		4-30'x60'	
Investments	Dollars	Dollars	Dollars	Dollars	Dollars	Dollars	Dollars	Dollars
Silo 1/	6,400	3,500	13,400	5,500	26,500	7,000	52,000	12,000
Unloader	1,600	---	2,400	---	2,400	---	4,800	---
Tractor & scoop	---	1,000	---	1,500	---	2,000	---	---
Mech. loader & tractor	---	---	---	---	---	---	---	3,200
Totals	8,000	4,500	15,800	7,000	28,900	9,000	56,800	15,200
Per ton capacity	16.00	9.00	15.80	7.00	14.45	4.50	14.20	3.80
Annual Costs/Ton								
To store 2/	3.91	4.24	3.43	3.22	3.14	2.46	3.10	2.10
To feed 2/	1.13	1.24	1.00	1.00	.83	.84	.60	.63
Total 1 filling 3/	5.04	5.48	4.43	4.22	3.97	3.30	3.70	2.73
Total 1 1/2 filling 4/	4.04	4.86	3.68	3.54	3.36	2.93	3.20	2.72

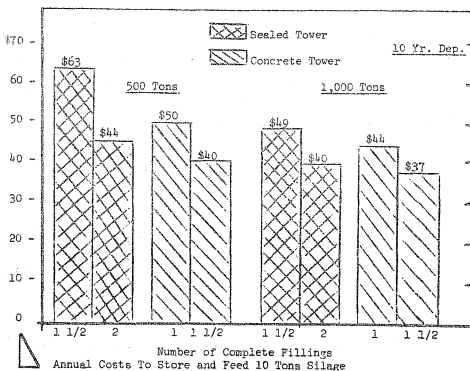
- 1/ Includes structure, foundation and roof for concrete tower silos and concrete floor and tongue-and-groove treated plank sides and poles for bunker silo and labor for constructing both types.
- 2/ Annual costs to store based on 10 years depreciation for concrete tower and 8 years for bunker silos. Also includes interest, repairs & insurance on investment and loss in storage. Costs of feeding include depreciation, repairs, interest & insurance on auger, feeders & mechanical wagons, & electricity & fuel in handling silage.
- 3/ Corn silage only.
- 4/ Corn silage winter and haylage summer feeding. Storing haylage in bunker silos not recommended except with best management practices.

▲ Tabelle 3 a:



Investitionsaufwand und jährl. Kosten für Lagerung und Fütterung von 500 T (rd. 535 cbm) bis 4000 T (rd. 4600 cbm) Silomais in Beton-Hochsilos (conc. tower) und Flachsilos (bunker) (1 T = 0,91 t ; 30 % TM; durchschnittl. 830 kp/cbm)
Quelle: HOGLUND (36)
siehe auch (40)

◀ Tabelle 4 a :



Jährliche Kosten für Lagerung und Fütterung von 10 T Silomais in Abhängigkeit von der Siloart und der Anzahl der Füllungen (siehe auch Tabelle 3 a)
Quelle: HOGLUND (36)

	1964		1965		1966		1967		1968	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Total Milking Parlors	125	100	140	100	81	100	74	100	126	100
with wood frame construct.	32	26	37	26	28	35	43	58	57	45
with insulation	78	62	108	77	56	69	38	51	91	72
with heat	83	66	111	79	46	57	41	55	104	83
with "Herringbone" stalls	64	51	109	78	60	74	62	84	108	86
with overhead feed storage	79	63	117	84	65	80	65	88	99	79
with volume jars	32	26	33	24	16	20	22	30	65	52
with low level milk line	35	28	49	35	20	25	25	34	41	33
with loose housing	-	-	109	78	41	55	49	74	84	68
with stall barns	-	-	20	14	25	34	12	18	14	11
with combination	-	-	11	8	8	11	5	8	12	10
Total Silage Feeders	165	100	198	100	102	100	63	100	226	
with covered bunks	86	52	119	60	55	54	40	64	119	53
with paving	93	56	135	68	83	81	50	79	195	86
with auger feeders	112	68	97	49	57	56	29	46	112	50
with side unloading wagons	58	35	50	25	24	24	16	25	65	29
with tall barns	-	-	92	46	41	40	28	44	127	56
with new silo	-	-	149	75	69	68	39	63	172	76
Total New Silos	631	100	981	100	457	100	474	100	847	
Horizontal	58	9	192	19	63	14	150	32	181	21
Vertical	573	91	789	81	394	86	324	68	666	79
glass lined steel	80	14	80	10	51	13	49	15	87	13
concrete stave	396	69	554	70	267	68	226	70	487	73
other permanent upright	97	17	155	20	76	19	49	15	92	14
with unloaders	314	55	457	57	242	61	245	76	574	86

Tabelle 5 a : Statistik der von 1964 bis 1968 im Staate New York fertiggestellten Gärfuttersilos und installierten Geräte der Futterbereitstellung (sowie Melkstände)
 Quelle: Dept. of Agricultural Engineering, Cornell University, WWI: 2/1/69

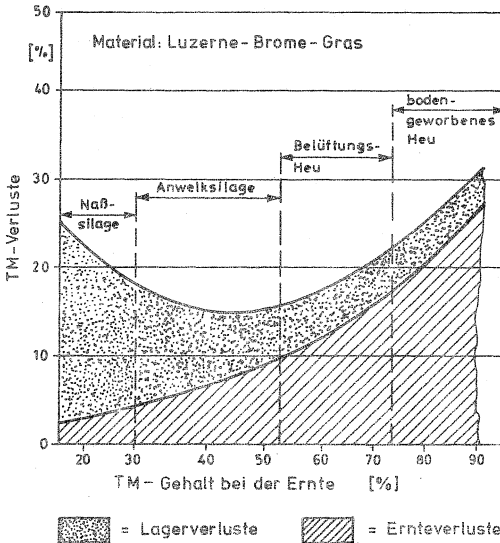


Abb. 8 a:
 Ernte- und Lagerverluste (TM) für Luzerne-Brome-Gras in Abhängigkeit vom Bergeverfahren
 Quelle: HOGLUND (36)

