

Internationaler Stand der Technik bei der Entnahme von Silage aus Horizontalsilos

Dipl.-Ing. H. List, KDT, Institut für Energie- und Transportforschung Meißen/Rostock der AdL der DDR

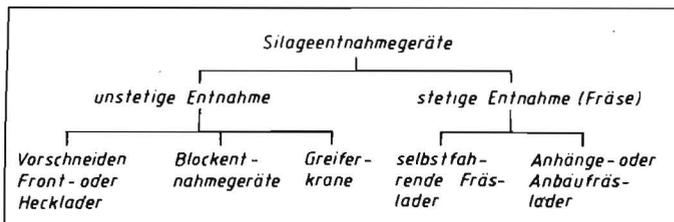
1. Einführung

Die Entwicklung der Fütterungstechnologie, vor allem der Winterfütterung in der Rinderproduktion, war in der Vergangenheit eng mit der ständigen Zunahme der Bedeutung von Grobfuttersilagen als Futtermittel verbunden. Diese eindeutige Orientierung auf Silagen (natürlich ohne Vernachlässigung anderer Futterarten) erfordert daher zwingend, ein hohes Augenmerk auf gute Silagequalitäten sowie auf eine Minimierung von Verlusten zu legen, wobei hier ein enger Zusammenhang besteht. Silagequalität ist im wesentlichen vom Nährstoffgehalt des einzulagernden Futters und der Güte der Einlagerung (Dichte, Schichtung nach Feuchtegehalt) abhängig. Fehler bei der Silierung sind gleichbedeutend mit niedriger Qualität der Silage und ziehen erhöhte Verluste nach sich. Weitere Verluste treten bei der Entnahme der Silage durch Nachgärung an den Anschnittflächen sowie im entnommenen Futter auf. Je größer und je aufgelockerter die Anschnittfläche ist, desto höher ist die Gefahr der Nachgärung (hervorgerufen durch in Silagen enthaltene Hefen, die sich bei Sauerstoffzufuhr entfalten). Folglich ist die Qualität der Entnahme hinsichtlich dieses Kriteriums von größter Wichtigkeit, vor allem an Standorten, an denen nur geringe Mengen entnommen werden. Im vorliegenden Beitrag werden Entwicklung, Stand und Tendenzen der Entnahmetechnik dargestellt, wobei eine Eingrenzung auf die Silageentnahme aus Horizontalsilos vorgenommen wurde (Horizontalsilos haben sich aus ökonomischen Gründen weltweit durchgesetzt) [1, 2, 3].

Als allgemeine Anforderungen an Geräte zur Silageentnahme aus Horizontalsilos können gelten [4, 5]:

- Eignung für möglichst alle Silagearten
- Vermeidung von Futtermittelnverlusten durch glatte Anschnittflächen
- leichte Bedienbarkeit sowie anspruchslöse Wartung
- Wirtschaftlichkeit
- robuste Konstruktion.

Darüber hinaus müssen diese Geräte bezüglich ihrer Größe und technischen Ausführung den Anforderungen konkreter technologischer Bedingungen der Fütterung entsprechen. Im Bild 1 ist eine Übersicht über die vorhandenen Bauformen von Geräten zur Silageentnahme wiedergegeben.



2. Geräte zur Silageentnahme aus Horizontalsilos

2.1. Allgemeines

Im Gegensatz zur Silageentnahme unter den Bedingungen der sozialistischen Landwirtschaft (bis zum heutigen Zeitpunkt vorrangig Mobilkrane mit Greiferprinzip) war dieser Arbeitsabschnitt bis Anfang der 70er Jahre in der kleinbäuerlichen Landwirtschaft des NSW wenig mechanisiert. Erst in diesem Zeitraum begann eine rege Entwicklungstätigkeit auf diesem Gebiet, die ihrerseits nicht ohne Auswirkungen auf technische Entwicklungen für die Fütterungstechnologien in der sozialistischen Landwirtschaft blieb.

2.2. Entnahme mit Front- oder Heckladern

Gabelwerkzeuge als Ausrüstungsvariante für Traktorenfrontlader oder auch für Frontschaufellader setzten sich offensichtlich in der Periode der beginnenden Mechanisierung der Silageentnahme in den westeuropäischen Ländern am nachhaltigsten durch, da Traktorenfrontlader ohnehin sehr verbreitet waren [6, 7]. Die Ursache dafür ist in den im Vergleich zu anderen Entnahmetechniken niedrigen Investitionskosten begründet [5, 8, 9].

Diese Gabelwerkzeuge, die nur mit einem waagerechten Zinkenboden versehen sind, werden für alle Silagearten als geeignet eingeschätzt [2, 5]. Allerdings wird in diesem Zusammenhang auf die die Nachgärung begünstigende Auflockerung des Gutstapels im Entnahmebereich verwiesen. Als erste Maßnahme zur Reduzierung dieser Auflockerung wurde die Verwendung hydraulisch kippbarer Gabeln gefordert [5]. Erst später wurden derartige Werkzeuge mit zusätzlichen Greifzangen (Bild 2) ausgerüstet [5, 9, 10, 11, 12]. So wurde die Auflockerung zwar vermindert, aber nicht völlig ausgeschlossen [13]. Die nicht befriedigende Qualität der Anschnittfläche sowie die erheblichen Kräfte beim Losreißen der Silage aus dem Stapel haben offensichtlich dazu geführt, daß dieses Entnahmeverfahren häufig mit einem zusätzlichen Arbeitsgang, dem Vorschneiden, gekoppelt

ist [4, 14]. Dazu existiert eine Reihe von Vorschneidgeräten, die z. T. elektrisch angetrieben sind, aber durchweg von Hand geführt werden müssen [4]. Durchgesetzt hat sich dabei ein elektrisch angetriebenes Vorschneidgerät, das ähnlich einem Spaten auf den Stapel aufgesetzt bzw. mit Muskelkraft in diesen hineingedrückt wird. Die schneidende Kante ist als Doppelmesserschneidwerk ausgeführt [4]. Mit diesen Vorschneidgeräten werden Blöcke in der Größe der Entnahmezange ausgeschnitten, so daß der Frontlader danach ohne größere Probleme diese Menge entnehmen kann (es verbleiben nur noch Losreißkräfte am Zinkenboden) [4]. Der erreichte Durchsatz dieses Entnahmeverfahrens liegt bei 2,5 t/h in T_{02} (einschließlich Transport im Stall). Ohne Vorschneiden werden Durchsätze von 5 bis 6 t/h (T_{02}) bei Grassilage bzw. 6 bis 7 t/h (T_{02}) bei Maissilage angegeben (einschließlich Transport 50 bis 100 m) [7]. Die Möglichkeit der Verwendung solcher Werkzeuge für den Umschlag von Stalldung liegt nahe und wird auch praktiziert.

Neben diesen vorherrschenden Werkzeugen für Frontlader wird in [5] auch die Schaufel als geeignetes Arbeitswerkzeug zur Entnahme von Maissilage angegeben. Nach eigenen Erfahrungen ist dafür jedoch eine relativ hohe Schaufelkippkraft erforderlich, über die die meisten Frontlader zu Traktoren nicht verfügen.

2.3. Blockentnahmegерäte

Eine zweite Bauform von Entnahmegерäten sind die sog. Blockentnahme- oder Blockschneidgeräte. In ihrer Funktion erfüllen sie die Anforderungen der Entnahme, des Transports und in einigen Fällen auch der Verteilung [4, 5, 10, 13, 14, 15]. Diese Mehrfachfunktion ist erheblich an die technologischen Verhältnisse am Einsatzort gebunden (bedingt eine Siloanlage in unmittelbarer Stallnähe) [14].

Blockentnahmegерäten wird in der Literatur eine sehr hohe Funktionssicherheit bei allen Silagen sowie eine gute Entnahmequalität aus der Sicht der Nachgärung bescheinigt.

Bild 2 Silagezange (nach [5]); a Ölleitung, b Zange, c Zinken

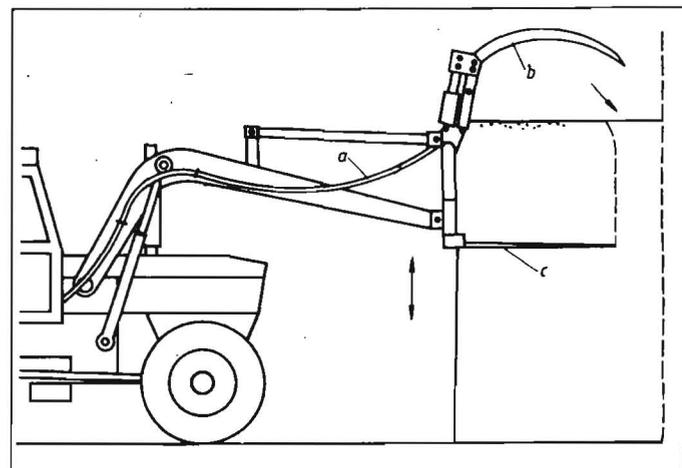


Bild 1 Vorhandene Bauformen von Geräten zur Silageentnahme

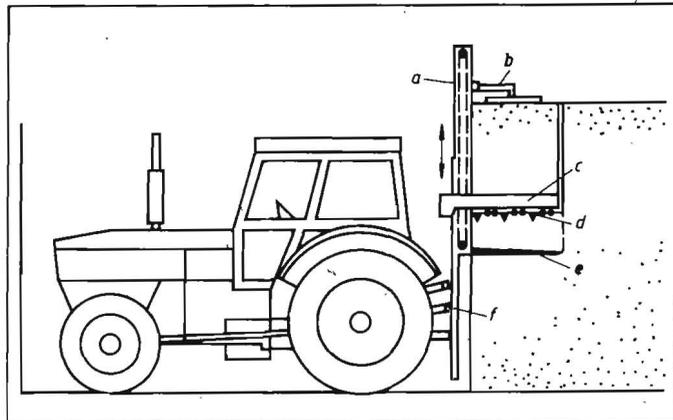
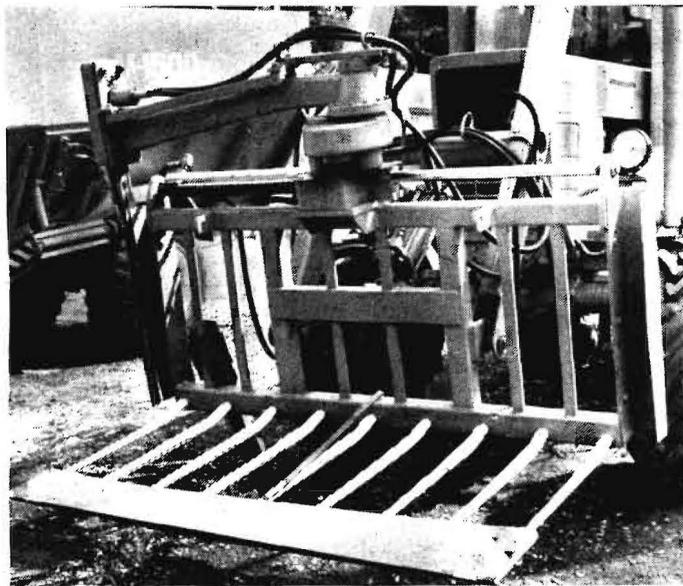


Bild 4. Siloblocksneider als Traktorenheckanbaugerät (nach [5]);
a Hubgerüst mit Rollenkette, b Niederhalter, c Führungsrahmen,
d Messerkette, e Zinken, f Zapfwellenantrieb

Bild 3. Frontanbau-Siloblocksneider M1600 (UVR);
Blockabmessungen: Länge 1800 mm, Breite 750 mm, Höhe 950 mm,
Masse 700 bis 1000 kg (Foto: G. Hammer)

Im Jahr 1980 waren Blockentnahmegeräte die am weitesten verbreitete Entnahmetechnik in Westeuropa [10, 15, 16]. Allgemeines Prinzip dieser Geräte ist ein aktives Schneiden an mindestens zwei Seiten des Blocks in vertikaler Richtung über einem waagerechten Zinkenboden. Die konstruktiven Lösungen der Schneideinrichtung sind vielfältig. Zu den Grundbauformen gehören

- hydraulisch beaufschlagter Silospaten, der abschnittsweise den Schnitt entlang dem Blockumfang ausführt, Schneidenformen vielfältig, meist gezackt [4, 5, 12]
- oszillierendes Schneidschwert (mit verschiedener Schneidengestaltung), wird kontinuierlich entlang dem Umfang geführt [4, 12, 14, 17] (Bild 3)
- umlaufende Schneidkette (mit Schneidelementen bestückt), die mit dem Rahmen, in dem sie umläuft, in den Futterstapel hineingedrückt wird [4, 12] (Bild 4)
- gegenläufig arbeitende Doppelmesser an den Schnittseiten eines Schneidkastens, der sich aufgrund der Eigenmasse bis auf Zinkenhöhe einschneidet [4, 18].

Die Mehrzahl der ausgeführten Blockentnahmegeräte ist für das Schneiden quaderförmiger Blöcke ausgelegt. Bekannt sind jedoch auch Lösungen, die halbrunde Blöcke schneiden [4]. Diese Form bringt den Vorteil mit, daß sich die seitliche Fortbewegung der oszillierenden Schneidkörper einfacher realisieren läßt.

Beim Schneiden quaderförmiger Blöcke ist zum Erreichen der Richtungsänderung des Schneidkörpers ein erhöhter technischer Aufwand vonnöten. Aus der Patentliteratur ist eine Lösung bekannt, bei der mit Hilfe eines zylindrisch geformten Schneidrahmens, der in den Gutstapel eingedrückt wird und der gleichzeitig oszillierende Bewegungen um die Zylinderachse ausführt, ein runder Block ausgeschnitten wird. Im allgemeinen haben sich jedoch von der Quaderform abweichende Blockformen nicht durchgesetzt [4].

Die Größe der Blöcke ist sehr unterschiedlich. Sie reicht für die Breite von 1350 bis 1800 mm, für die Tiefe von 750 bis 900 mm und für die Höhe von 600 bis 1600 mm. Das Volumen beträgt dabei zwischen 0,73 und 1,9 m³. Diese Vielfalt verschiedener Varianten ist notwendig, da die Größe des verwen-

deten Blockentnahmegeräts unmittelbar von der Hubkraft des zur Verfügung stehenden Traktors und auch von der Größe des zu versorgenden Viehbestands abhängig ist. Außerdem sind besonders die Geräte mit geringem Volumen neben dem vorzugsweisen Heckanbau (Kraftheber) auch für den Anbau an Frontladern vorgesehen [4, 5].

Zum Leistungsbedarf wird eingeschätzt, daß meist Traktoren mit einer Motorleistung von mindestens 33 kW notwendig sind [4]. Die aktiven Schneidkörper werden ausnahmslos über zusätzliche Hydromotoren bzw. Hydraulikzylinder (Spatenprinzip) angetrieben. Der Vorschub in seitlicher Richtung erfolgt entweder über Seilzug und Handkurbel oder auch über Hydromotor bzw. Zahnstangen (wichtig für die Anzahl der Hydraulikkreisläufe). Die Vertikalbewegung bei Schneidketten oder Doppelmesserschneidwerken wird entweder durch die Wirkung der Eigenmasse während des Schneidvorgangs oder durch mechanische (Rollenkette) oder hydraulische (Zylinder) Unterstützungen erzielt. Die Dauer des Schneidvorgangs beträgt i. allg. 2 bis 3 Minuten je Block [17, 19]. Nach der Entnahme des Blocks werden Führungsrahmen, Schneidkasten, Niederhalter o. ä. gleichzeitig als Sicherungsmittel gegen Auseinanderfallen des Blocks beim Transport in den Stall genutzt. Je nach Typ eines Blockentnahmegeräts ist die Silageentnahme in Silos mit einer Lagerhöhe von 1,70 bis 2,0 m bei Heckanbau möglich (wenn nicht ein zusätzliches Hubgerüst angeboten wird) [6]. Die maximale Entnahmehöhe bei Frontladeranbau hängt im wesentlichen von der Hubhöhe des Frontladers ab. Um ein verlustloses Entnehmen im Randbereich des Silos zu gewährleisten, sind die Arbeitsbreiten der Entnahmegeräte der Breite des verwendeten Traktors entsprechend zu wählen. Eine entsprechende Vielfalt wird angeboten.

Neben den üblichen Blockentnahmegeräten mit den Funktionen Entnehmen und Transportieren, auch bekannt als ET-Geräte, sind auch ETV-Geräte bekannt, die als zusätzliche Funktion das Verteilen der Silage im Stall übernehmen [10, 13, 16]. Diese Weiterentwicklung setzte gegen Ende der 70er Jahre ein und brachte den Vorteil der durchgängigen Mechanisierung mit sich. Nachteilig macht sich die höhere Eigenmasse solcher

Geräte bemerkbar, da damit die Anforderungen an die Tragfähigkeit der Traktorachsen weiter steigt. Außerdem erhöhen sich die Kosten des Einsatzes [13]. Offenbar hat sich diese Lösung jedoch nicht im gewünschtem Maß durchgesetzt, denn in [18] wird festgestellt, daß Weiterentwicklungen bei Blockentnahmegeräten nicht in diese Richtung zielen.

2.4. Greifer

Die Entnahme der Silage nach dem Greiferprinzip ist in den sozialistischen Ländern bevorzugtes Entnahmeprinzip. Die Ursachen hierfür mögen einerseits höhere Durchsatzforderungen, größere Silos und feldnahe Standorte sein, beruhen aber andererseits auch auf der bislang eindeutigen Ausrichtung der Umschlagtechnik auf Mobil-, Heckanbau- und Anhängerkrane.

In Westeuropa ist der Einsatz von Greiferkränen auf Silostandorte begrenzt, die in relativ großer Entfernung zum Stall liegen [3]. Die Entnahme erfolgt nach bekanntem Prinzip des Greifers mit der Besonderheit, daß zum besseren Eindringen in den Gutstapel Zinkengreifer als Arbeitswerkzeug zum Einsatz kommen. Die Gefäßfüllung erfolgt durch Schließen beider Greiferhälften. Die meist konisch ausgeführten Flachstahlzinken üben dabei kaum Trennfunktion aus. Dieser Vorgang muß über das Losreißen der Greiferfüllung durch die zur Verfügung stehende Hubkraft erfolgen. Dadurch wird die Anschnittfläche im Entnahmebereich stark aufgelockert. Des weiteren wird durch die pendelnde Aufhängung des Greifers am Ausleger das Herstellen einer geraden Anschnittfläche enorm erschwert und bedarf einer hohen Geschicklichkeit des Kranfahrers.

Die in den letzten Jahren entstandenen Siloanlagen sind z. T. für Lagerhöhen > 4 m ausgelegt. Hier ist der Einsatz von Mobilkränen mit entsprechend großer Hubhöhe (z. B. in der DDR der T174, in der ČSSR der DH112) erforderlich. Der z. T. praktizierte Einsatz von Kranen kleinerer Größenklasse (z. B. T157/2, TH-445) in diesen Silos bringt Arbeitsschutzprobleme mit sich (Überhänge, Einschwingen des Greifers) und ist deshalb abzulehnen. Die Entnahmedurchsätze bei Mobilkränen sind entsprechend deren Größenklassen sehr unterschiedlich und reichen von 20 bis 70 t/h in T₀₂.

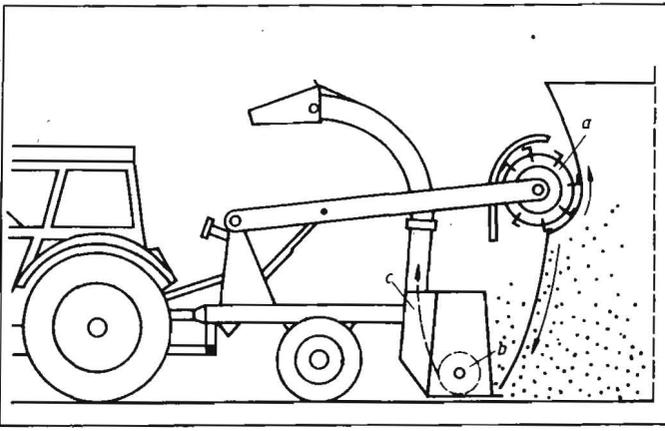


Bild 5. Zapfwellenangetriebener Anhängersilofräslader (nach [5]);
a Fräse, b Einzugschnecke, c Fördergebläse

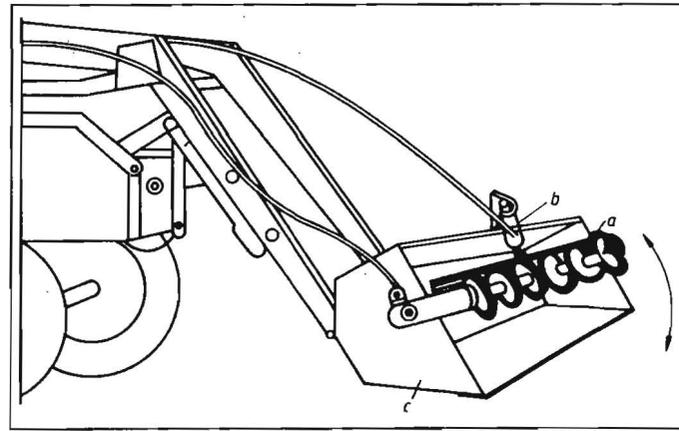


Bild 6. Schaufel mit innenliegender Fräse (nach [5]);
a Fräse, b Arbeitszylinder, c Schaufel

2.5. Silofräsen

Die besten Voraussetzungen für eine durchgängige Mechanisierung der Fütterung bieten Silofräsen. In den letzten Jahren ist hier auch eine verstärkte Entwicklungstätigkeit in den sozialistischen Ländern zu verzeichnen. Entnahmefräsen sind aus der UVR, der ČSSR, der VRP und der DDR bekannt [19, 20]. Das Arbeitsprinzip bezüglich der unmittelbaren Entnahme ist bei allen Varianten nahezu gleich. Ein in senkrechter Richtung geführtes Fräsorgan fräst Silage mit einer Entnahmetiefe, die von der Fräsorganausführung abhängig ist, kontinuierlich von der Stirnseite des Silostapels ab. Wesentliche Unterschiede bestehen in der Art der Weiterbehandlung des abgefrästen Futters. Das abgefräste Gut fällt nach unten und wird entweder sofort über Querförderer (4) oder Bandförderer (5) zugeführt oder in speziellen Behältern gesammelt. Diese Behälter sind entweder so dimensioniert, daß sie für den Transport zum Stall eingesetzt werden oder über Kippvorrichtungen ihren Inhalt in andere Transportbehälter übergeben können [5].

Sind Silozangen an Frontladern und Blockentnahmegereäte für alle Silagen geeignet, so muß beim Fräsen eine entscheidende Einschränkung getroffen werden. Silofräsen sind für Maissilagen gut geeignet. Bei Grassilagen stellen sich Schwierigkeiten ein, die mit zunehmender Häcksellänge und Feuchte des eingelagerten Futters anwachsen [4]. Jedoch selbst bei kurz gehäckselter, stark angewellter Grassilage wird bei der Entnahme nur ein Durchsatz von 50% gegenüber Maissilage erreicht [4]. Fräsen hinterlassen eine sehr gute Qualität der Anschnittfläche des Silos (keine Auflockerungen). Derzeit sind drei Bauformen von Silofräsen bekannt:

- Anbaufräslader am Traktor; Antrieb erfolgt meist über Zapfwelle, die Hubbewegung des Fräses über Hydraulikzylinder [4, 5] (Bild 5)
- Anhängersilofräslader; Antriebsquelle ist zapfwellenangetriebener Ölmotor, Einachsrahmgestell [4]
- selbstfahrende Fräse, meist Antrieb über Elektromotor [4, 5, 20, 21, 22].

Der Leistungsbedarf ist erheblich von der Größe der Fräse abhängig. Bei Anbau- und

Anhängersilofräsen sind Traktoren mit Motorleistungen zwischen 25 kW und 40 kW erforderlich [4, 5]. Selbstfahrende Fräsen liegen im Leistungsbedarf ähnlich. Entnahmedurchsätze sind mit 10 bis 20 t/h (T_{02}) je nach Größenklasse (für Maissilage) angegeben [4]. Abschließend seien noch zwei Lösungen erwähnt, die außerhalb der Systematik stehen. Als Heckanbaugerät für Traktoren wird ein Silokamm angeboten [5]. Ein über Hubzylinder beweglicher Auslegerarm, an dessen freiem Ende eine Art Zinkenrechen befestigt ist, wird entlang der Anschnittfläche des Silos geführt. Indem dieser Zinkenrechen in den Stapel eindringt, kratzt und reißt er Silage aus diesem heraus, die in einem darunter angebrachten (Dreipunktanbau-)Behälter gesammelt wird. Eine zweite Lösung besteht in der zusätzlichen Ausrüstung einer Frontladerschaufel mit angesetzter, gegenüber der Schaufel nochmals gelenkiger Fräsrolle [5]. Die Schaufel fungiert hierbei als Auffangbehälter (Bild 6).

3. Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem vorliegenden Beitrag wird ein Überblick über die derzeit international vorhandenen technischen Möglichkeiten zur Auslagerung von Silage aus Horizontalsilos gegeben. Die verschiedenen Entnahmeprozesse mit ihren Vor- und Nachteilen werden vorgestellt und in ihrer technischen Vielfalt kurz skizziert.

In der Landwirtschaft der DDR wird auch zukünftig die Entnahme durch Mobilkrane mit Zinkengreifer die dominierende Auslagerungsvariante bleiben. Darüber hinaus werden jedoch Wege gesucht, vor allem unter dem Blickwinkel einer Qualitätsverbesserung der Entnahme, der landwirtschaftlichen Praxis weitere technische Mittel anzubieten. Dabei soll auch den differenzierten Bedingungen in der Praxis entsprochen werden.

Literatur

- [1] Claus, H. G.: Entwicklungstendenzen im Futterbau. Landtechnik, Lehrte 37 (1982) 5, S. 228-230.
- [2] Schön, H.: Entwicklungstendenzen bei der Technisierung der Rindviehhaltung. Landtechnik, Lehrte 33 (1978) 4, S. 166.
- [3] Bosma, A. H.: Entwicklung der Fütterungsver-

fahren in den Niederlanden. Landtechnik, Lehrte 34 (1979) 2, S. 77.

- [4] Kadner, K.: Maschinen zur Futterentnahme aus dem Flachsilo, Bauarten. KTBL-Arbeitsblatt Nr. 0124, 1974.
- [5] v. d. Weghe, H.; Kadner, K.: Maschinen und Geräte zur Entnahme, Transport und Vorlage von Grundfutter aus Flachsilo, Bauarten. KTBL-Arbeitsblatt Nr. 0197, 1983.
- [6] Brodersen, G.: Abschied von Gabel und Spaten? Die landtechnische Zeitschrift, München 26 (1975) 4, S. 251-252.
- [7] Pirkelmann, H.; Maier, L.: Verfahrensleistungen und Leistungsbedarf von Entnahmetechniken für Hoch- und Flachsilo. Landtechnik, Lehrte 34 (1979) 12, S. 565.
- [8] Geißler, B.: Betriebliche Einordnung verschiedener Fütterungsverfahren aus ökonomischer Sicht. Landtechnik, Lehrte 34 (1979) 2, S. 91-94.
- [9] Oertzen, M.: Praxis-Test: Bass-Silagezange. Die landtechnische Zeitschrift, München 32 (1981) 1, S. 70-71.
- [10] Pirkelmann, H.: Technik der Grundfutterlagerung. Landtechnik, Lehrte 35 (1980) 11, S. 502-505.
- [11] Prospekt: Mechanische Silozange. Fa. Kock & Sohn (BRD).
- [12] Pirkelmann, H.: Neue Geräte zur Silageentnahme aus Flachsilo. Landtechnik, Lehrte 30 (1975) 6, S. 288-292.
- [13] Pirkelmann, H.: Silobau und Siliertechnik. Landtechnik, Lehrte 33 (1978) 7/8, S. 337-339.
- [14] v. d. Heide, H.: Fahrlo-Entnahmegereät: Hydro-Silo-Boy. DLG-Prüfbericht Nr. 2331, 1975.
- [15] v. d. Weghe, H.: Entwicklungstendenzen in der Rindvieh- und Schweinehaltung. Landtechnik, Lehrte 37 (1982) 5, S. 230-234.
- [16] Delbrugge, H. J.: Praktijkonderzoek kuilvoersnijvorken (Praxisuntersuchungen von Silofutter-schneidgabeln). Bedrijfsontwikkeling, Den Haag 13 (1982) 2, S. 149-152.
- [17] Bedienungsanleitung für Siloblocksneider M 1600. Mezőgép Szolnok, 1986.
- [18] Pirkelmann, H.: Lagerung und Fütterung von Grundfutter. Situationsbericht von der 57. DLG-Ausstellung. Landtechnik, Lehrte 37 (1982) 9, S. 406-413.
- [19] Ehlert, D.; Freitag, H.; Meissner, M.; Wünsche, G.: Entnahme von Silage aus Horizontalsilos mit einem Anbaufräslader für Traktoren. agrartechnik, Berlin 35 (1985) 12, S. 537-539.
- [20] Prospekt SM-15. Mezőgép Nyiregyháza.
- [21] Silagefräse Scaligera AG-3-MA (Italien). Mechanizace zemědělství, Praha 30 (1980) 1, S. 37/38.
- [22] Strouhal, E.: Mezinárodní salon zemědělských strojů (Internationaler Landmaschinen Salon). Mechanizace zemědělství, Praha 33 (1983) 3, S. 129-134.