

## Neuere Entwicklungen in der Mechanisierung der Silomaisernte<sup>1)</sup>

*In eingehenden Versuchen haben ungarische Wissenschaftler die Frage zu klären versucht, ob Häckseln oder Reißen sowohl für die Nährstoffaufschließung als auch in bezug auf den Kostenaufwand bei Grünfüttermasse zweckmäßiger ist. Sie behandeln dabei verschiedene Ernteverfahren auch von der ökonomischen Seite her. Für uns besonders wertvoll sind die mit den von unserer Landmaschinenindustrie hergestellten Erntemaschinen E 065/1 (Mähhäcksler) und E 062 (Mähader) erzielten Arbeitsergebnisse.*

Die Redaktion

Über die Bedeutung der Silage gibt es unter Fachleuten kaum noch Diskussionen, wohl aber ist ein Erfahrungsaustausch über die Resultate der Silierung, insbesondere von Grünmasse, in den einzelnen Ländern mit ihren unterschiedlichen Klimaverhältnissen bzw. anderen Bedingungen sehr erwünscht und notwendig. Bei den bisherigen Aussprachen ergab sich, daß die Silierung beinahe unter allen Verhältnissen anwendbar ist. Der Einsatz technischer Hilfsmittel und die damit erzielten Ergebnisse sind für den Erfahrungsaustausch besonders aktuell, weil erst die Mechanisierung eine breite Einführung der Silage gestattet.

Es ist nicht möglich, sich in einem kurzen Bericht mit allen Problemen der Mechanisierung der Silomaisernte zu beschäftigen, im nachfolgenden sollen deshalb nur drei spezielle, aber sehr wichtige Teilfragen behandelt werden:

1. Energieaufwand sowie Zerkleinerungsprobleme beim Häckseln und Reißen,
2. Konstruktionsfragen bei der Entwicklung des Mähhäckslers,
3. ökonomische Gesichtspunkte.

### Versuche mit Häckslern und Futterreißern

Seit Jahrzehnten werden die Silagemaschinen in zwei Hauptformen gebaut: Häckselmaschinen und Futterreißer. Der entscheidende Unterschied liegt im Zerkleinerungsverfahren. Die Häckselmaschine zerkleinert das Schnittgut quer zur Faser

<sup>1)</sup> Referat, gehalten auf der Internationalen Wissenschaftlichen Landtechnischen Konferenz, Budapest 1958.



Bild 2. Mähfutterreißer Lundell Standard (USA)

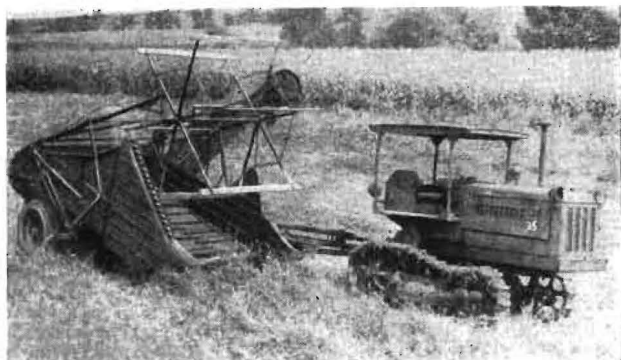


Bild 1. Mähhäcksler SZJS-1,8 (Ungarn)

ausschließlich durch Schneiden. Der Reißer zerkleinert das Futter hauptsächlich in Richtung der Fasern. Der Häcksler hat im allgemeinen eine Zuführ- und Beschickungseinrichtung sowie eine Häckseltransportanlage und ist deshalb komplizierter. Bei dem Futterreißer ist dagegen nur die Zerkleinerungsvorrichtung komplizierter, da sie viel mehr stehende und bewegliche Messer hat als der Häcksler.

Hinsichtlich der Arbeitsqualität hat sich der Scheibenradhäcksler in der ungarischen Landwirtschaft als günstiger erwiesen; nur in Sonderfällen leistete der Futterreißer bessere Arbeit, z. B. beim Reißen von Maisstengeln für Streu.

Da die Zerkleinerungsvorgänge, die zu feingliedrigem Häcksel und zu rauhem gerissenen Material führen, sehr unterschiedlich sind, hatte sich das Institut für Landtechnik Budapest im Jahre 1957 zum Ziel gesetzt, die Energie- und Zerkleinerungsverhältnisse beim Häckseln und Reißen mit dem Mähhäcksler bzw. Mähfutterreißer zu ermitteln.

Diese Frage ist deshalb von Bedeutung, weil der LUNDELL STANDARD Schlegel-Feldhäcksler und andere Maschinen

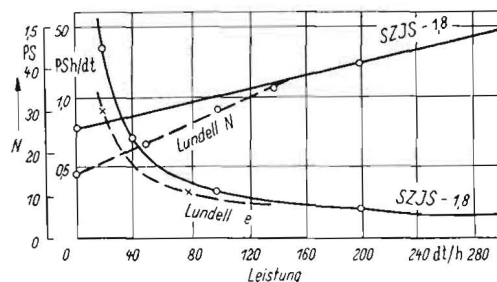


Bild 3. Leistungsaufwand und spezifischer Energieverbrauch des Mähhäckslers SZJS-1,8 bzw. des Mähfutterreißers Lundell Standard in Abhängigkeit von der Mengenleistung

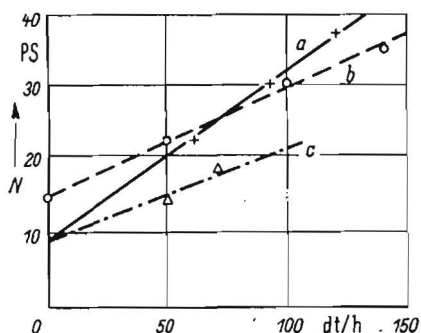
ähnlicher Bauart von den konventionellen Mähhäckslern ziemlich stark abweichen und beinahe schon als „Mähfutterreißer“ bezeichnet werden können. Die wirtschaftliche Energieausnutzung hat im Fahrbetrieb größere Bedeutung als im stationären Betrieb, weil die allgemeine Entwicklungsrichtung zum Mähhäcksler mit dem Traktor kleinerer Leistung hindeutet.

Für den Versuch kamen der ungarische Mähhäcksler SZJS-1,8 (Bild 1) und der amerikanische Mähfutterreißer Lundell Standard (Bild 2) zum Einsatz.

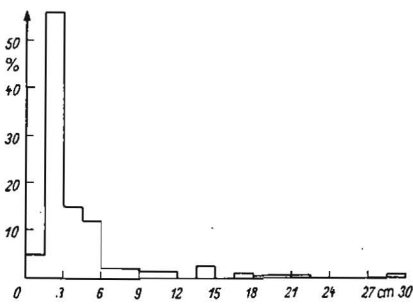
Die Meßergebnisse zeigt das Vergleichsdiagramm (Bild 3). Die Waagerechte weist die Mengenleistung aus, an der Senkrechten ist der Energiebedarf aufgetragen. Ebenso sind im Diagramm die Kurven des spezifischen Energieverbrauchs festgelegt. Dazu sei bemerkt, daß der Leistungsbedarf mangels genauerer Meßgeräte aus dem stündlichen Kraftstoffverbrauch und den Kennlinien des Traktormotors ermittelt wurde.

Der Zusammenhang zwischen Energiebedarf und Mengenleistung ist – wie aus Bild 3 zu ersehen – linear. Der Ausgangspunkt der Kurve (der Geraden) ist der Energiebedarf der Maschinengruppe in Leerlauf und Leerfahrt. Ein größerer Unterschied besteht zwischen den Anfangspunkten zugunsten des Lundell Standard Mähfütterreißers. Die Ursache dafür liegt darin, daß diese Maschine von einem gummbereiften Traktor MTS-2 gezogen wurde und das Eigengewicht der Maschine viel kleiner war (1100 kg) als das des Mähhäckslers SZJS-1,8 (2600 kg). Der SZJS-1,8 wurde hinter einem schweren Kettentraktor DT-413 (54 PS) gefahren.

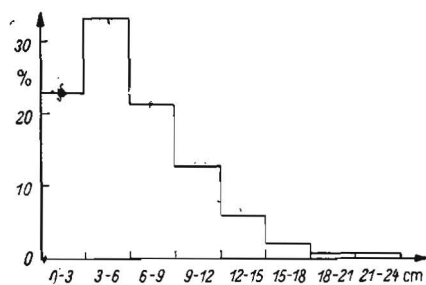
Das Mähgut und der Feuchtigkeitsgehalt waren bei allen Messungen gleich, darum ergeben sich die Neigungswinkel der Kennlinien nur aus den konstruktiven Unterschieden und den verschiedenen Häcksellängen.



**Bild 4.** Der Leistungsbedarf des Mähfütterreißers Lundell Standard in Abhängigkeit von der Mengenleistung bei verschiedenen Arbeitsverhältnissen  
a stationärer Betrieb, b Fahrbetrieb, c reine Häckselförderung



**Bild 5.** Die Verteilung der Länge der Stengelhäckselteilchen beim Mähhäckslers SZJS-1,8



**Bild 6.** Die Verteilung der Länge der Stengelteilchen des gerissenen Materials beim Lundell Standard

Den Tangens dieses Neigungswinkels kann man als Maßzahl für den Wert des produktiv genutzten spezifischen Energiebedarfs (PSh/dt) kennzeichnen. In diesem Fall lag der produktiv genutzte spezifische Energiebedarf bei den geprüften Maschinen, SZJS-1,8 (Mähhäckslers) bei 0,073 PSh/dt<sup>2</sup>) und Lundell Standard (Mähfütterreißer) bei 0,150 PSh/dt. Unterhalb der mittleren Mengenleistung (140 dt/h) am Schnittpunkt der beiden Kennlinien (Bild 3) ist der spezifische Gesamtenergiebedarf wegen des niedrigeren Leerlaufleistungsbedarfs bei dem Lundell Standard Mähfütterreißer auch geringer.

Es sei noch bemerkt, daß auch die Förderanlagen unterschiedlich sind. Der SZJS-1,8 besitzt einen mechanischen Bandförderer, der nur wenig Energie verbraucht, während das Häckselfördergerät des Mähfütterreißers Lundell Standard ein Gebläse hat, das einen wesentlich größeren Energieaufwand erfordert.

Diese Unterschiede haben wir durch Messungen (Bild 4) zu fixieren versucht und deshalb den Mähfütterreißer in drei verschiedenen Arbeitsvorgängen geprüft: beim Silomaismähen im stationären Betrieb, beim Aufarbeiten von Rohfutter und beim Fördern von fertigem Häcksel. Im letzten Fall haben wir bereits vorhandenen Häcksel in die Förderschnecke gegeben.

Bemerkenswert ist der große Unterschied in den Ergebnissen im Fahrbetrieb und stationären Betrieb. Die Ursache ist wahrscheinlich darin zu suchen, daß beim stationären Betrieb die Gutzuführung ungleichmäßiger ist und mehr Energie verbraucht wird.

Im stationären Betrieb betrug der produktiv genutzte spezifische Energiebedarf bei der Rohfuttermahlverarbeitung 0,225 PSh/dt, bei der Häckselförderung 0,12 PSh/dt. Die für den Arbeitsgang aufgewendete Energie wurde zu 51% für die Zerklein-

erung und mit 46% für die Förderung des zerkleinerten Gutes verbraucht.

Teilt man den produktiv genutzten spezifischen Energieverbrauch für den Feldbetrieb von 0,15 PSh/dt nach diesem Verhältnis auf, so ergibt sich für das Zerreißen ungefähr 0,08 PSh/dt Bedarf. Den restlichen Energieverbrauch verursacht der Häckseltransport mit Gebläse.

Die amerikanischen Ingenieure BOCKHOP und BARNES [1] haben ähnliche Messungen mit Luzerne und Sudangras durchgeführt. Nach ihren Angaben betrug der Anteil des Energiebedarfs für die Zerkleinerungsarbeit 65%. Da wir unseren Versuch mit einem anderen Gut durchgeführt haben, ist der Unterschied erklärlich.

Für die Feinheit kann als maßgebend die Häcksellänge der Stengelteilchen angenommen werden, weil sich die Blätter-

teile wegen ihrer geringen Dicke zwar sehr leicht, aber ungleichmäßig zerkleinern lassen. Die Blätterteilchen sind auch unzerkleinert gut zu pressen.

Bei den obenerwähnten Messungen betrug die theoretische Länge des mit dem SZJS-1,8 gehäckselten Gutes 40 mm. Die tatsächliche Häcksellänge der Stengel lag zwischen 30 und 50 mm (Bild 5).

Wir haben zwar diesbezüglich keine Rechnung aufgemacht, nach unseren Erfahrungen beim Schroten des Korns [2] scheint die Verteilungskurve aber auch in diesem Fall logarithmischen Gesetzen zu entsprechen.

Als Formel der Häufigkeitsfunktion ist deshalb festzuhalten:

$$q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot b \cdot a^3 \cdot e^{\frac{g b^2}{2}}} \cdot x^2 \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln \frac{x}{a}}{b}\right)^2} \quad (1)$$

Darin ist  $x$  die Häcksellänge,  $a$  bzw.  $b$  der die Verteilung kennzeichnende Parameter. Die Verteilungsfunktion ist dann

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_z^{\infty} e^{-\frac{z^2}{2}} \cdot dz$$

worin  $z = \frac{\ln \frac{x}{a}}{b} - 3$  ist.

Danach ist die Schnittgutlänge bei Häckselmaschinen und Futterreißern von zufälligen, sich summierenden Effekten abhängig. Die Kenntnis dieser Gesetzmäßigkeiten kann bei weiteren Untersuchungen von praktischer Bedeutung sein.

Ähnliche Zusammenhänge finden sich auch beim Mähfütterreißer Lundell Standard (Bild 6). Die Streuung der Verteilung ist hier entschieden breiter und auch die durchschnittliche Länge ist hier größer (50 bis 100 mm), als wir sie bei dem Mähhäckslers festgestellt haben.

<sup>2</sup>) dt = 100 kg, entspricht der bisher im Sprachgebrauch und in der Literatur verwendeten Gewichtseinheit dz.

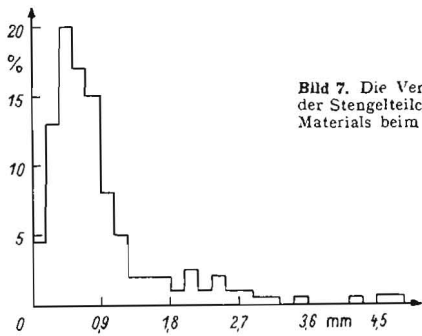


Bild 7. Die Verteilung der Dicke der Stengelteilechen des gerissenen Materials beim Lundell Standard

Wegen der unterschiedlichen Form des Häcksels und des Reißgutes muß man auch die anderen Abmessungen analysieren. Die Häckselbreite und die Häckselstärke bei dem Mähhäcksler entspricht etwa dem mittleren Stengeldurchmesser (8 bis 10 mm). Das gerissene Gut beim Futterreißer ähnelt einem Prisma oder einer Säule. Breite und Dicke sind fast gleich. In Bild 7 sehen wir eine Verteilungskurve der Dicke des geris-

### Probleme bei der Konstruktion des Mähhäckslers

Prof. Dr.-Ing. G. SEGLER analysierte diese Probleme sehr eingehend [3]. Als Ergänzung seiner Feststellungen seien noch unsere Beobachtungen erwähnt:

#### Schneidwerk

Es bestehen zwei Hauptformen: reihenschnidende und breit-schnidende Einrichtungen. Aus den USA ist eine Lösung bekannt, nach der man zu demselben Häckselteil drei verschiedene Zusatzgeräte anbauen kann:

Für hohen Silomais bei größerem Reihenabstand (Bild 8), für enggedrillte niedrige Futterpflanzen (Bild 9) und für das Schwaden mit Aufnahmetrommel (Bild 10).

Die Notwendigkeit der verschiedenen Zusatzgeräte wäre zu diskutieren. Die ersten zwei Arbeiten sind nach unseren Erfahrungen auch mit nur einem entsprechend ausgebildeten Schneidwerk auszuführen. Dagegen sollte der Einzugskanal ziemlich lang sein. Die Haspel muß fast bis auf das Mähwerk herabzulassen sein, um so den Durchgang des Mähgutes zwischen Mähwerk und Förderanlage zu verbessern. Die Haspel-

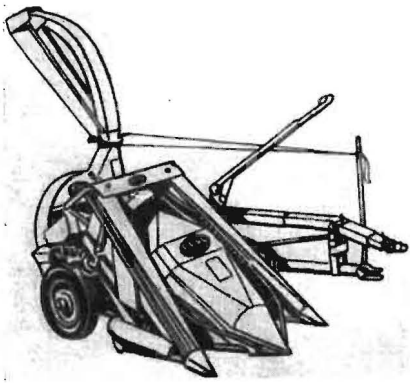


Bild 8. Zusatzgerät für hohen Silomais, aufmontiert, System GEHL

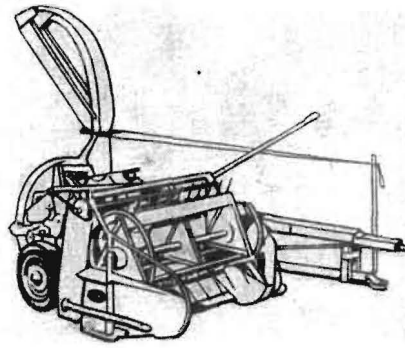


Bild 9. Zusatzgerät für verschiedene, niedrigere Futterpflanzen, aufmontiert, System GEHL

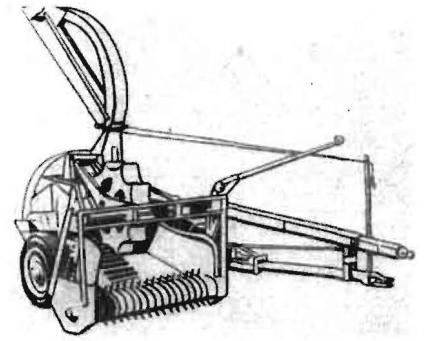


Bild 10. Zusatzgerät für Schwadaufnahme zum Schnellhäckseln aufmontiert, System GEHL

senen Gutes. Ihre Form hat logarithmisch-normalen Charakter. Die durchschnittliche Dicke bleibt ebenfalls unter 1 mm, die Trennung erfolgt im wesentlichen in der Faserrichtung. Infolgedessen bekommen die Tiere die harten Stengel in gut aufgerissener und leicht verdaulicher Form vorgelegt.

Man kann also sagen, daß die Struktur des Reißgutes bedeutend feiner und deshalb besser verdaulich ist als die des Häckselgutes.

Zusammen mit diesen Ergebnissen muß man noch folgende Vor- bzw. Nachteile des Lundell Futterreißers berücksichtigen.

#### Vorteile:

- Leichte und einfache Konstruktion, dadurch größere Betriebssicherheit,
- bessere Beweglichkeit, auch beim Wenden,
- arbeitet auch in schwierigster Lagerfrucht störungsfrei.

#### Nachteile:

- Das gerissene Mähgut verschmutzt leicht, besonders unter trockenen Verhältnissen,
- die wertvollen Kolben des Silomais werden verstreut.

Wie man das gerissene Mähgut am besten vor der Verschmutzung bewahrt, muß durch weitere Versuche noch geklärt werden. Außerdem läßt sich der Mähfutterreißer sehr gut verwenden, um etwa mit Unkraut bedeckte Felder zu reinigen oder Pflanzen und evtl. harte Maisstengel zu Gründung zu verarbeiten u zerstreuen.

einstellung muß leicht und schnell vorgenommen werden können, auch sollten rotierende Halmteiler vorhanden sein.

Ein gut ausgebildetes Schneidwerk hat der Mähhäcksler E 065/1 (DDR), weil seine Aufnahmetrommel für die Schwade fest aufgebaut ist und so ohne größeren Umbau und ohne Zusatzgeräte verschiedene Arbeiten durchzuführen vermag. Derartig fest mit dem Mähhäcksler verbundene Aufnahmevorrichtungen können allerdings die Ursache von Betriebsstörungen sein, wenn die Einrichtung nicht unbedingt gebraucht wird.

In Beachtung der Leichtbauweise wurde der Zuführkanal vom Schneid- zum Häckselwerk verengt; bei dieser Lösung ist die Schnittbreite größer als die Häckseltrommelbreite, was zu Verstopfungen führen kann. Diese Störungen versuchte man durch Einbau von seitlich angeordneten Schnecken zu beheben. Uns erscheint aber eine Konstruktion mit dem Breitenverhältnis von 1 : 1 betriebssicherer.

Der Ausbildung des Halmteilers wurde große Aufmerksamkeit zugewendet, da sie gerade bei dichtem und hohem Grünfutter besonders wichtig ist. Des Haspelaufbaues wegen ist die äußere Trichterseitenwand ziemlich hoch, um Stauungen auf dieser Seite zu verhindern. Dieser hohen Wand wegen mußte man auch hohe und damit längere Abteiler ausbilden bzw. rotierende Teiler verwenden.

Der Haspel kommt auch bei dem Mähhäcksler die wichtige Aufgabe zu, das Mähgut der Maschine weitgehend geordnet zuzuführen und dem Abteiler bei der Arbeit zu helfen. Letzteres kann sie jedoch nur, wenn der Abteiler nicht zu lang ist. Wenn die Maschine keine Aufnahmetrommel hat, ist die Haspelarbeit besonders wichtig, aber auch bei wechselnden Arbeits-

bedingungen (Lagerfrucht). Die Haspel muß sich dann schnell den neuen Umständen anpassen, sonst treten Verstopfungen am Mähwerk auf. Darum ist eine hydraulische Haspelverstellung vorteilhaft. Zur besseren Arbeit der Haspel verwendet man gesteuerte Zinken. Nach unseren Erfahrungen kann man darauf verzichten, wenn das Verhältnis zwischen Schnittbreite und Häckseltrommelbreite 1:1 und die Haspel leicht und schnell bewegbar ist.

#### Häckselförderung

Die Grundform ist entweder mit mechanischem Förderband (Bild 12) oder mit Gebläse (Bild 13) ausgelegt.

Wir benutzen bei unserem Mähhäcksler SZJS-1,8 mechanische Kettenförderer. Allgemeine Vorteile: Kleinerer Kraftbedarf, schnell bewegbar ist.

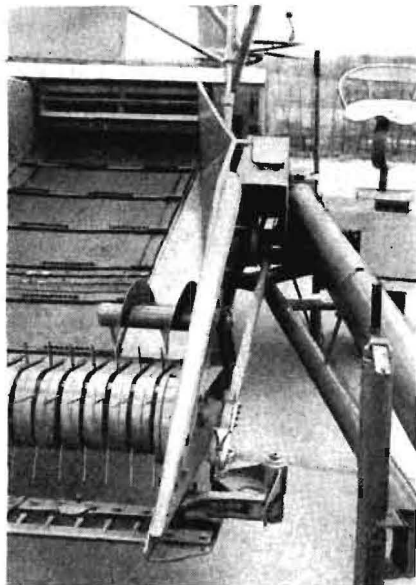


Bild 11  
Schneidwerk des  
Mähhäckslers  
E 065/1 (DDR)

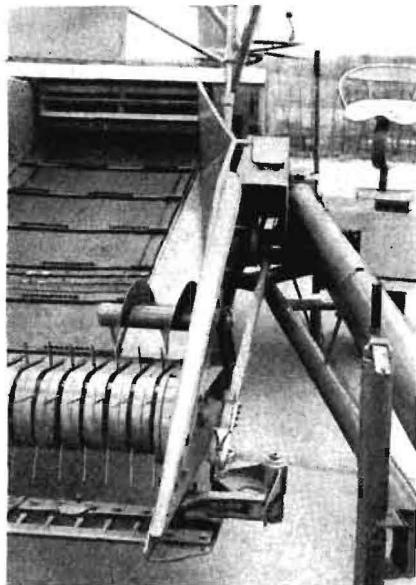


Bild 12  
Mechanische  
Häckselförderung  
mit Elevator

dabei große Betriebssicherheit, schont den Traktor. Nachteilig dagegen ist die erforderliche größere Gesamtbreite, weil die Fördereinrichtung das Häckselgut seitlich auf den nebenfahrenden Wagen transportiert, wodurch der Verkehr auf engen Wegen erschwert wird. Außerdem schränkt der Schrägelevator mit der festen Transporthöhe die Höhe der Anhängerseitenwände ein, die Tragkraft des Anhängers kann dadurch nicht in jedem Falle ausgenutzt werden bzw. man muß evtl. einen Mitfahrer einsetzen.

Der größte Nachteil eines Wurfgebläses ist der erhebliche Energiebedarf. Er wirkt sich besonders ungünstig aus, wenn nur Traktoren mit kleinerer Leistung zur Verfügung stehen. Als vorteilhaft muß dagegen bezeichnet werden, daß die Tragkraft der Anhänger mit entsprechendem Kastenaufbau auch ohne Hilfspersonal voll ausgenutzt werden kann. Mit einem Gebläse läßt sich der Häcksel durch einfaches Verstellen des Auswurfrohres ohne weiteres auf neben- oder nachfahrende Anhänger fördern. In Betrieben mit wenig Arbeitskräften ist der Einsatz von Gebläsen vorteilhafter.

#### Ökonomische Untersuchungen bei der Silomaiserte

Im voraus sei bemerkt, daß die Ergebnisse einer ökonomischen Kalkulation von der wirtschaftlichen Struktur der jeweiligen Länder abhängen und die Erfolge entscheidend durch die Maschinenkosten bzw. Arbeitslöhne beeinflusst werden. Unsere ökonomischen Untersuchungen beziehen sich natürlich nur auf die ungarischen Verhältnisse, dürften aber bei entsprechender Umrechnung auch unter anderen Bedingungen gültig sein. Wir haben fünf verschiedene Ernteverfahren einer Kalkulation unterzogen.

1. Ernte in Handarbeit, mit Ausnahme der Silierung mit einem Gebläsehäcksler von kleinerer Leistung.



2. und 3. Teilweise mechanisiertes Verfahren (zwei Kombinationen)

Bei der ersten Methode wird neben dem Gebläsehäcksler mit kleinerer Leistung ein Gespanngrasmäher verwendet. Der Stengelschnitt von Hand entfällt. – Bei der anderen Variante kommen ein Gebläsehäcksler mit größerer Mengenleistung und ein Anhängmäher zum Einsatz. Das Mähgut wird je zur Hälfte mit Gespannwagen bzw. mit Schlepperanhängern transportiert.

4. Mechanisierte Zweiphasenernte  
Schnitt und Verladen erfolgen durch den Mäh-sammellader E 062 (DDR). Das Häckseln wird im stationären Betrieb mit einem Gebläsehäcksler von großer Leistung durchgeführt. Den Transport besorgen Schlepperanhänger.
5. Ernteverfahren mit Mähhäcksler  
Der Mähhäcksler mäht, häckseln und ladet in einem Arbeitsgang.



Für das Abladen des Häckseln haben wir Handarbeit zugrunde gelegt, weil bei uns nur wenige selbst ausladende Anhänger vorhanden sind. Den spezifischen Bedarf der erwähnten Methoden zeigt Tabelle 1. Die Ernte mit dem Mähhäcksler bringt danach das günstigste Ergebnis, besonders hinsichtlich des Handarbeitsaufwandes. Die Ursachen hat SASS [4] wie folgt beschrieben: „Der entscheidende Vorteil des Feldhäckslers ist nicht das Häckseln, sondern das bedienungslose Aufladen landwirtschaftlicher Massengüter.“

Die Kostenverteilung zeigt Tabelle 2. Aus ihr ist ersichtlich, daß die Handarbeitskosten sich je nach dem Mechanisierungsgrad immer stärker vermindern. Die absoluten Maschinenkosten verändern sich kaum, während sich die Transportkosten etwas vergrößern. Zu beachten ist, daß bei der Ernte mit dem Mähhäcksler die Transportkosten 51% der Gesamtkosten ausmachen. Das kommt daher, daß sich unsere Kalkulation nur auf den SZJS-1,8 bezieht, bei dem die Tragkraft des Anhängers wegen des mechanischen Elevators nicht voll

Tabelle 1. Der spezifische Bedarf bei verschiedenen Silomais-Ernteverfahren

Ernteverfahren	Spezifischer Bedarf							Bemerkungen	
	Handarbeit		Gespanntage	Traktortage	Gesamtkosten				
	Arbeits-tage/ha	Anteil in %	Gespann-tage/ha	Schlepper-tage/ha	Forint/ha	Anteil in %	Forint/dt <sup>1)</sup>		
Reine Handarbeit (mit kleinem Gebläsehäcksler)	30,30	100	3,06	0,61	2040	100	7,30	Forintumrechnungszahl: 1 DM = 3,70 Forint Silomaisertrag 280 dt/ha Transportentfernung 2 km  Handarbeitskosten 40 Forint/Tag/Kopf Maschinenkosten 15 bis 35 Forint/kg	
Teilweise mechanisierte Verfahren	Gespanngrasmäher und Gebläsehäcksler (kleinerer Leistung) Schleppergrasmäher und Gebläsehäcksler großer Leistung	25,30	83,5	3,65	0,59	1834	89,6		6,53
		21,70	81,5	3,16	0,63	1664	81,5		5,95
Zweiphasenernte: Mäh-sammellader und Gebläsehäcksler großer Leistung	19,60	64,6	0,28	1,41	1536	75,2	5,50		
Ernte mit Mähhäcksler . . . . .	6,37	22,5	—	2,22	1067,4	52,2	3,81		

<sup>1)</sup> dt = dz.

Tabelle 2. Kostenverteilung bei verschiedenen Silomais-Ernteverfahren

Kostenteil	Ernteverfahren									
	Mit reiner Handarbeit		Teilweise mechanisierte Verfahren				Zweiphasenernte: Mäh-lader- und Gebläsehäcksler großer Leistung		Ernte mit Mähhäcksler	
			Gespanngrasmäher und Gebläsehäcksler kleiner Leistung		Schleppergrasmäher und Gebläsehäcksler großer Leistung					
	Forint ha	Anteil in %	Forint ha	Anteil in %	Forint ha	Anteil in %	Forint ha	Anteil in %	Forint ha	Anteil in %
Maschinenkosten . . .	353	17,4	363	19,8	256	15,4	342	22,3	206,8	27,8
Löhne . . . . .	1065	52,3	805	43,9	809	48,6	680	44,3	170,0	15,8
Transportkosten . . .	444	21,5	445	24,2	447	26,9	374	24,3	542,5	51,0
Sonstige Kosten . . .	178	8,7	221	12,1	152	9,1	140	9,1	58,1	5,4
Gesamtkosten . . . . .	2040	100	1834	100	1664	100	1536	100	1067,4	100

ausgenutzt werden kann. Der 3-t-Anhänger z. B. war nur bis etwa 2,5 t belastbar.

Nach den Wirtschaftlichkeitsberechnungen können wir also feststellen, daß das wirtschaftlichste Silomaisverfahren die Ernte mit dem Mähhäcksler ist. Die spezifischen Kosten sind hier, verglichen mit den anderen Verfahren, etwa 30 bis 50% niedriger. Häckseltransport und Maschinenkosten haben den größten Anteil an den Gesamtkosten. In der weiteren Entwicklung müssen diese Kostenteile vermindert werden.

**Zusammenfassung**

Die Untersuchungen haben ergeben, daß das Reißen weniger spezifische Energie verbraucht als das Häckseln. Dabei wird von dem Energiebedarf des Wurfgebläses abgesehen, wobei wir auch die günstige Struktur des gerissenen Materials in Betracht ziehen müssen.

Der Einsatz eines Reißers scheint also für die Zerkleinerung des Grüngutes zweckmäßiger zu sein.

Der Mähfütterreißer Lundell Standard hat mehrere Vorteile (leicht, einfach, betriebssicher). Seine Nachteile sind: Bei trockenem Boden große Verschmutzung des Mähgutes mit dem aufgesaugten Staub und bei der Silomaisernte große Kolbenverluste. Seine Verwendbarkeit ist z.Z. noch beschränkt.

In bezug auf die weitere Entwicklung des Mähhäckslers kann bei entsprechender Abänderung des Schneidwerks sowohl die Ernte des Silomais mit größerem Reihenabstand als auch anderen Grünfutters mit kleinerem Reihenabstand mit nur einer Mähwerk-ausführung erfolgen. Dazu bedarf es im besonderen eines entsprechend gestalteten automatischen Ein-

zugförderers und eines rotierenden Halmteilers. Die Haspel besitzt wichtige Transportfunktionen, allerdings erachten wir die Verwendung der gesteuerten Leisten nicht als unbedingt notwendig. Ihre Einstellmöglichkeit muß jedoch leicht und schnell regulierbar sein; darum sind hydraulische Vorrichtungen zweckmäßig.

Die Schneidwerk-ausbildung des Mähhäckslers E 065/1 (DDR), bei dem die Schwadaufnahmetrommel fest aufgebaut ist, hat sich gut bewährt, da das Mähhäckseln der meisten Kulturen sowie das Schwadhäckseln ohne größeren Umbau durchführbar ist.

Die Häckselförderung mit dem Gebläse braucht zwar mehr Energie, doch wird der Arbeitsaufwand damit sehr vermindert. Die mechanische Häckselförderung hat einen geringeren Energiebedarf, jedoch wird die Tragkraft der Anhänger nicht voll ausgenutzt.

Von den geprüften Ernteverfahren hat sich die Ernte mit dem Mähhäcksler durch geringen Kostenaufwand als günstigstes ergeben.

**Literatur**

[1] BOCKHOP, C. W., und BARNES, K. K.: Power Distribution and Requirements of a Flail-Type Forage Harvester. Agricultural Engineering (1955) H. 7.  
 [2] BOLONI, I.: Untersuchungen der Vervollkommnungsmöglichkeiten von Hammermühlen. Budapest 1955. ACTA TECHNICA Academiae Scientiarum Hungaricae Tomus X. Fasciculi 3 bis 4. S. 355 bis 396.  
 [3] SEGLER, G.: Die Konstruktion des Feldhäckslers. Landtechnische Forschung, München (1954) H. 1.  
 [4] SASS, H.: Der Leistungsbedarf des Feldhäckslers. Landtechnik München (1958) H. 9. A 3398