

ren und zu regeln. Im Zusammenwirken mit Bürocomputern ist gleichzeitig die Einordnung der Maschine in den technologischen Prozeß der Getreideernte zu optimieren. Informationen über vor- und nachgelagerte Prozesse, wie Reifeverlauf, Ausfallverhalten, Ertrag, Feuchte, Wetter, Transportorganisa-

tion u. a., sind zu einer Erntestrategie zu verarbeiten. Für die Umsetzung dieser Strategie sind mit dem Bordsystem der Erntemaschine Voraussetzungen vorhanden. Automatisierungsmaßnahmen gewinnen immer mehr an Effektivität, je mehr sie Einfluß auf den technologischen Ablauf der Ernte

nehmen, je mehr sie helfen, die vielen zufälligen Einflüsse beim Maschineneinsatz und die Randbedingungen bei der Organisation des Maschineneinsatzes zu beherrschen. Maschinenkonzeption und Automatisierungskonzeption müssen dabei eine Einheit sein. A 4888

# Herstellung von Maisganzpflanzenschrot und Lieschkolbenschrot aus trockensubstanzreichem Mais mit einem Feldhäcksler mit Schneidwurftrummel

Dr.-Ing. H. Schumacher, KDT/Dr.-Ing. G. John, KDT  
Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Erntemaschinen Neustadt, Stammbetrieb

## Verwendete Formelzeichen

$d_T$	—	Trommeldurchmesser
$g_K$	%	Anteil ganzer Maiskörner
$l_{th}$	mm	theoretische Häcksellänge
$Q$	t/h	Originalmassedurchsatz
$s_{RA}$	mm	Reibanfangsspalt
$s_{RE}$	mm	Reibendspalt
$TS_{GPS}$	%	Trockensubstanzgehalt von Ganzpflanzenschrot
$TS_{Korn}$	%	Trockensubstanzgehalt von Maiskorn
$TS_{LKS}$	%	Trockensubstanzgehalt von Lieschkolbenschrot
$v_{ZW}$	m/s	Umfangsgeschwindigkeit der Zerkleinerungswalze

## 1. Einleitung

Mit dem Feldhäcksler sind im Mais drei verschiedene Häckselprodukte herstellbar:

- Ganzpflanzenhäcksel (GPH) mit einem mittleren Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) von 22 %
- Ganzpflanzenschrot (GPS) mit einem mittleren TS-Gehalt von 35 % (Körner liegen als Grobschrot vcr)
- Lieschkolbenschrot (LKS) mit einem mittleren TS-Gehalt von 45 % (Maiskorn und Spindel als Grobschrot, Lieschblätter und teilweise Stengelteile als Häcksel). Der TS-Gehalt der Körner sollte bei GPS und LKS 60 % nicht wesentlich übersteigen. Für einen TS-Gehalt über 60 % werden die Verfahren zur Ernte von Körnermais mit dem Mähdescher als Korn und Maiskornspindel-Gemisch (CCM) angewendet. Durch die weitere Verlagerung des Anbaus von TS-reichem Mais in nördliche Gebiete ergibt sich auch in der DDR die Notwendigkeit, GPS und teilweise LKS herzustellen. Dazu ist die aktive Nachzerkleinerung des Maiskorns mit Hilfe von Zerkleinerungswalzen in Feldhäckslern erforderlich. Um diese Zerkleinerungswalzen in die vorhandenen Häckselaggregatssysteme einordnen zu können, müssen Zusatzbeschleuniger bzw. Gebläse für das Auswerfen des Häckselgemisches auf das Transportfahrzeug vorhanden sein. Damit ist ein zusätzlicher Energiebedarf verbunden. Deshalb wurde forschungsseitig untersucht, wie eine aktive Nachzerkleinerungseinrichtung in das Schneidwurftrummelhäckselaggregat, z. B. in den Feldhäcksler E281C, zu integrieren ist [1].

## 2. Forderungen an die Arbeitsqualität

Entsprechend den Forderungen der Tierernährung ist aus der Sicht der Verdaulichkeit

der Maissilage bei der Herstellung von Maisganzpflanzensilage ab einem TS-Gehalt von 30 % ein strukturiertes Futter mit einem geringen Anteil ganzer Maiskörner erforderlich. Nach internationalen Veröffentlichungen wird ein maximaler Anteil ganzer Maiskörner, bezogen auf die Kornmasse, von 5 %, und, bezogen auf die Pflanzenmasse, von rd. 2 % gefordert. Die Stengel- und Blatteile sollen aus gleichem Grund zerfasert sein und eine „wollige Struktur“ aufweisen. Bei der Herstellung von Lieschkolbenschrot wird eine Arbeitsqualität von maximal 1 % ganze Körner im LKS gefordert. In der ČSSR soll bei LKS der Anteil der feinen Teilchen unter 4 mm (Siebdurchgang) über 35 % betragen [2].

## 3. Stand der Technik

Zur Zerkleinerung von Maiskörnern bei der Herstellung von GPS und LKS mit hohem TS-Gehalt wurde in den vergangenen 15 Jahren eine Vielzahl passiver und aktiver Nachzerkleinerungseinrichtungen im Häckselaggregat der Feldhäcksler entwickelt.

Passive Nachzerkleinerungseinrichtungen zum Anschlagen der Maiskörner für die Herstellung von GPS sind z. B. als Reibböden unterhalb von Schneidwurftrummeln, Schneidtrummeln und Wurfgebläsen ausge-

führt (Bild 1, Pos. 2.1 und 2.3). Auch der VEB Erntemaschinen Neustadt, Stammbetrieb des Kombinats Fortschritt Landmaschinen, bietet als Zusatzausrüstung für den Feldhäcksler E281C eine Wurfwanne mit Reibboden an.

Ähnliche Wirkungen erzielen zusätzliche Gegendrehungen, die in der Wurfwanne angeordnet werden (Bild 1, Pos. 2.2). Zum Anschlagen der Maiskörner dienen auch profilierte scharfkantige Schlagleisten an den Messerträgern von Häckseltrummeln (Bild 1, Pos. 1.1 und 1.2). Ebenfalls im Angebot ist ein Zinkenamm am Beginn des Auswurfschachtes von Wurfgebläsen, der in einer Kombination mit Reibböden eingesetzt werden kann (Bild 1, Pos. 3.3).

Diese Einrichtungen sind relativ einfach, ihre ausreichende Wirkung für LKS ist aber umstritten.

Zur Herstellung von LKS wurde in der Vergangenheit die bekannteste passive Nachschneideeinrichtung, das sog. Nachschneidesieb (Recutter), das unterhalb der Häckseltrummel angeordnet ist, entwickelt (Bild 1, Pos. 3.1 und 3.2). Der Einbau von Recuttern in Schneidwurftrummelhäckselaggregaten ist aber funktionell nicht möglich.

Der Recutter ist nur bei einem getrennten Häckselaggregat mit Schneidtrummel und

Bild 1. Anordnung der passiven Nachzerkleinerungseinrichtungen

Ort Arbeitselement	Schneidwurftrummel		Schneidtrummel	Wurfgebläse/Scheibenrad
	1	2	3	3
1 Häckselmesser; Wurfchaufel, Wurfgebläse-schaukel	1.1	1.2		1.3
2 Gehäusemantel (Wurfwanne/Wurfgebläse bzw. Scheibenradgehäuse)	2.1	2.2		2.3
3 Abwurfbereich des Häckselgutes	3.1	3.2		3.3

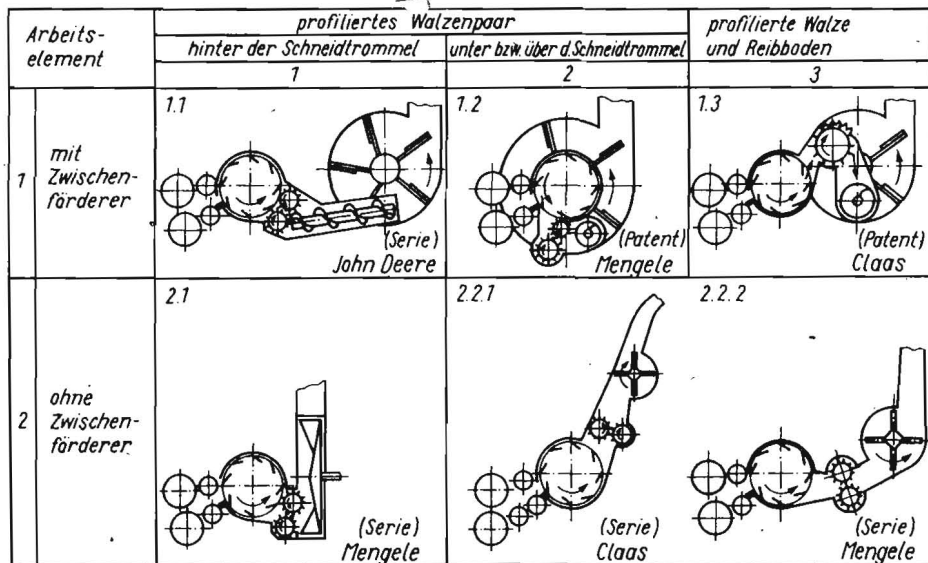


Bild 2. Anordnung der aktiven Nachzerkleinerungseinrichtungen zwischen Schneidtrommel und Wurfgebläse

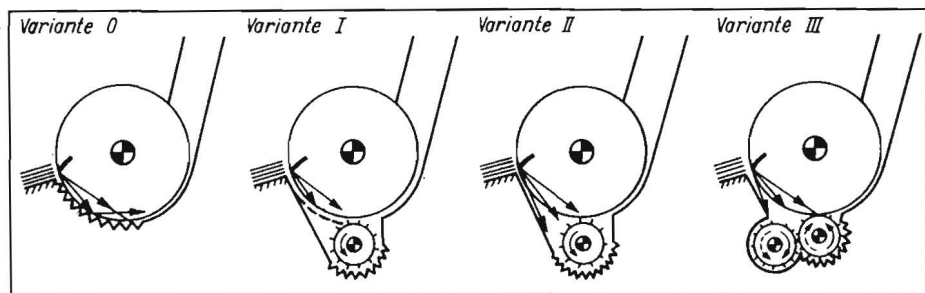


Bild 3. Varianten für die Nachzerkleinerung bei Schneidwurtrommeln;  
 Variante 0: Basisvariante Reibboden  
 Variante I: Kombination Recutter und Zerkleinerungswalze mit Reibboden  
 Variante II: Zerkleinerungswalze mit Reibboden  
 Variante III: Kombination Zerkleinerungswalze mit Reibboden und Quetschwalze

Wurfgebläse einsetzbar, da die kinetische Energie des Häckselgutes beim Durchtritt durch die Sieblöcher des Recutters erheblich reduziert wird und damit der Auswurf ohne zusätzliche Fördereinrichtung nicht mehr gewährleistet ist.

Die unterschiedliche Perforation des Recutters bestimmt den Zerkleinerungsgrad. Nachteilig ist, daß bei der Nachzerkleinerung mit Recutter der Leistungsbedarf bis auf das Vierfache ansteigt. Der Durchsatz sinkt über die Hälfte gegenüber einer Ausrüstung ohne Recutter.

In den letzten Jahren wurden deshalb aktive Nachzerkleinerungseinrichtungen für Häckselaggregate mit getrenntem Schneid- und Wurforgan angeboten (Bild 2). Zwischen der Schneidtrommel und dem Wurfgebläse werden in den neuesten Konzeptionen zwei ge-

genläufig mit unterschiedlicher Drehzahl arbeitende Quetschwalzen angeordnet. Mit diesem System ist sowohl GPS (Mais) als auch LKS herstellbar. Zur Herstellung von GPS-Getreide konnte das Quetschwalzensystem noch nicht erfolgreich eingesetzt werden. Der Energiebedarf dieser Walzenachzerkleinerungssysteme ist niedriger als bei Recuttern.

#### 4. Aktive Maiskornnachzerkleinerung in Verbindung mit einer Schneidwurtrommel

Bei Feldhäckslern mit Schneidwurtrommeln war bisher eine aktive Nachzerkleinerung von Maiskörnern nicht möglich.

Die erforderliche Nachzerkleinerung der Maiskörner bei der Herstellung von GPS und LKS hat deshalb in den letzten Jahren bei vie-

Bild 4. Zerkleinerungswalzen und aggressiver Reibboden der Mais-Nachzerkleinerungseinrichtung

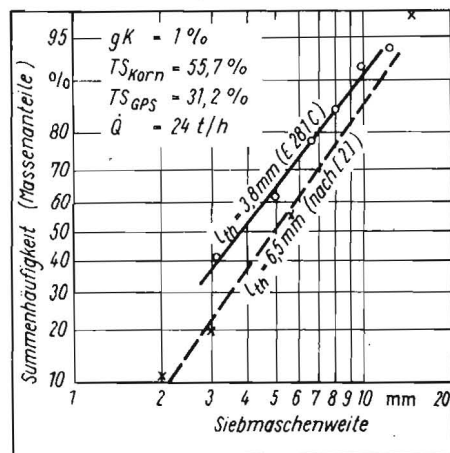
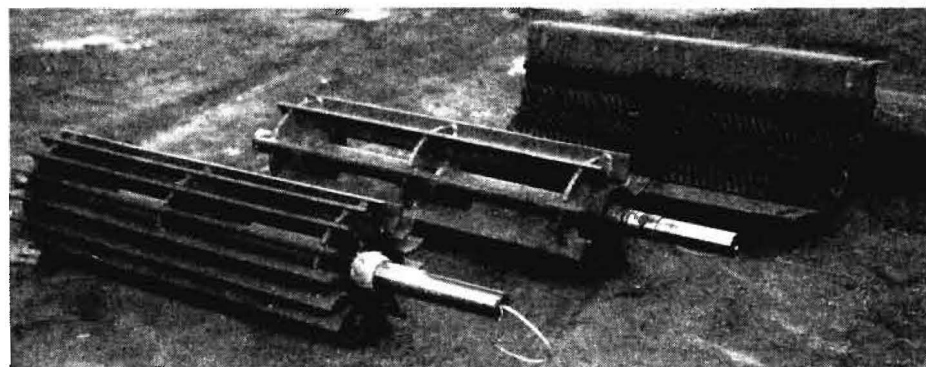


Bild 5. Häcksellängenverteilung für GPS (Feldhäckslern E 281 C, grobprofilierter Walze,  $s_{RA} = 40$  mm,  $s_{RE} = 10$  mm,  $v_{ZW} = 18$  m/s)

len Feldhäckslern zur Entscheidung geführt, Häckselaggregate mit Schneidtrommel und Wurfgebläse in selbstfahrenden Feldhäckslern einzubauen, obwohl Häckselaggregate mit Schneidwurtrommeln nur etwa 70 bis 80% der Antriebsleistung bei gleicher Arbeitsqualität benötigen. Da der Anteil GPS und LKS im Durchschnitt nur mit sehr geringen Prozentsätzen am Gesamteinsatzspektrum der Ernteverfahren des Feldhäckslers beteiligt ist, führt diese Entscheidung zu Mehraufwendungen bei der Herstellung der Feldhäckslern bezüglich Fertigungszeit und Materialaufwand und vor allem bei der Antriebsleistung für die Ernte aller Halmgüter. Deshalb ist es notwendig, eine aktive Nachzerkleinerungseinrichtung für GPS und LKS in einem Häckselaggregat mit Schneidwurtrommel zu schaffen.

#### 5. Lösungen

Entsprechend den theoretischen Überlegungen zum Schnittvorgang und zum Häckselgutfluß durch die Häckseltrommel (Bild 3) wurde unterhalb der Häckseltrommel eine profilierte Zerkleinerungswalze, die gegen einen aggressiven Reibboden arbeitet, angeordnet. Das Häckselgut wird gleich nach dem Schnitt an der Gegenschnelle von den Wurfchaufeln der Messerträger aus der Schneidwurtrommel heraus in den Einlaufbereich der Zerkleinerungswalze geworfen (Bild 3, Variante II).

Diese aktive, in Drehrichtung der Häckseltrommel angetriebene Zerkleinerungswalze erfaßt das Häckselgut und befördert dieses am Umfang entlang dem aggressiven Reibboden wieder in die Häckseltrommel zurück. Dabei werden die ganzen Maiskörner und Maisstengel zerrieben, prallzerkleinert bzw. zermahlen.

Die Wurfchaufel der Häckseltrommel erfaßt nunmehr das nachzerkleinerte Häckselgut, beschleunigt und wirft es in den Auswurfschacht. Der Zerkleinerungsgrad wird durch Einstellen des Reibendspaltes reguliert. Der Antrieb erfolgt über einen Keilriemen von der Welle der Schneidwurtrommel. Mit dem vorhandenen Antrieb der Schneidwurtrommel wird gleichzeitig die Zerkleinerungswalze ein- und ausgeschaltet.

Entsprechend dem geforderten Zerkleinerungsgrad werden Zerkleinerungswalzen mit unterschiedlicher Schlagleistenzahl verwendet. Der Reibboden wird durch fischgrätenartige Anordnung von Mährescherschlagleisten realisiert (Bild 4).



Bild 6. Feldhäcksler E281 C mit Maiskolbenpflücker

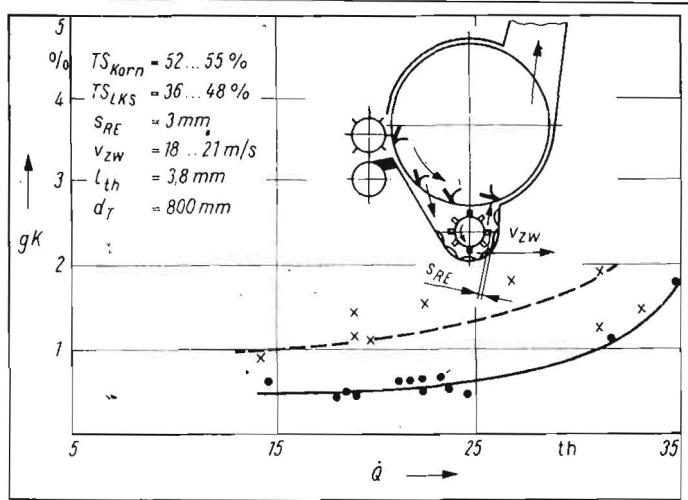


Bild 7. Arbeitsqualität des Feldhäckslers E281 C mit Nachzerkleinerungseinrichtung bei der Herstellung von LKS;  
 - - - - - grobprofilierter Walze  
 ————— feinprofilierter Walze

## 6. Versuchsdurchführung und erzielte Ergebnisse

### 6.1. Herstellung von GPS

Zur Herstellung von GPS wurden die Adapter Maisschneidwerk und Maisgebiß eingesetzt. Letzteres ist aufgrund der geringen Kolbenverluste zu bevorzugen.

Die Verarbeitung von TS-reichem Mais (TS-Gehalt rd. 35%) zu GPS mit aktiver Nachzerkleinerung der Maiskörner war durch die eingesetzte Lösung mit der grob profilierten Zerkleinerungswalze unterhalb der Schneidwurftrömmel gegeben. Der Anteil ganzer Körner lag bei einer theoretischen Häcksellänge von 4,9 mm, bezogen auf das Häckselgemisch, unter 2,0%. Der Zerkleinerungsgrad ist vor allem vom TS-Gehalt der Körner, von der Häcksellänge und vom Durchsatz abhängig.

Das Ergebnis der Siebanalyse bei ausgewählter Einstellung ist im Wahrscheinlichkeitsnetz (Bild 8) dargestellt. Der Mittelwert der Summenhäufigkeit  $I_{50}$  entspricht etwa der eingestellten theoretischen Häcksellänge  $l_{th}$ . Im Bild wurde der Vergleichswert einer Schneidtrömmel mit anschließendem Quetschwalzenpaar gegenübergestellt [3]. Das Ergebnis entspricht den Erwartungen, d. h., der Einfluß der theoretischen Häcksellänge ist vorhanden. Je kleiner die theoretische Häcksellänge ist, um so feiner ist das Gemisch.

### 6.2. Herstellung von LKS

Zur Herstellung von LKS wurde der Feldhäcksler E281 C mit einem Maiskolbenpflücker eingesetzt (Bild 6). Die Nachzerkleinerung mit der Zerkleinerungswalze unterhalb der Schneidwurftrömmel ist bei der Herstellung von LKS sehr gut möglich. Mit der optimalen Einstellung und der feinprofilierten Zerkleinerungswalze wurden im LKS unter 1,0% ganze Körner, bezogen auf die LKS-

Masse, bis zu einem Durchsatz von 32 t/h nachgewiesen (Bild 7). Hierbei ist eine theoretische Häcksellänge  $l_{th} < 3,8$  mm erforderlich. Beim Feldhäcksler mit Reibboden liegt der Anteil ganzer Körner vergleichsweise höher.

Die Teilchengrößenverteilung ist im Wahrscheinlichkeitsnetz (Bild 8) dargestellt. Bei  $l_{th} = 3,8$  mm wird eine mittlere Teilchengröße von etwa 4 mm erzielt. Diese liegt damit in der Größenordnung der theoretischen Häcksellänge. Die anfangs formulierte Forderung – mindestens 35% der Masseanteile kleiner 4 mm – wird mit einem Anteil von 48% übererfüllt.

### 6.3. Einstellparameter und Energiebedarf

Bei den optimalen Konstruktions- und Betriebsparametern –  $d_T \geq 180$  mm,  $v_{ZW} = 18...21$  m/s,  $s_{RE} = 2...25$  mm (verstellbar je nach TS-Gehalt) und  $l_{th} = 3,5...8$  mm – lag der Energiebedarf der Zerkleinerungswalze bei 30% des Energiebedarfs des Gesamthäckselaggregats. Der Wert entspricht dem Energieanteil eines gesonderten Gebläses im bekannten getrennten System Schneidtrömmel und Wurfgebläse. Für den Feldhäcksler insgesamt wirkt das neue System energetisch positiv.

## 7. Zusammenfassung

Nach der Auswertung des Standes der Technik und der Analyse des Durchflusses der Häckselgutteile durch eine Schneidwurftrömmel wurde im VEB Erntemaschinen Neustadt, Stammbetrieb des Kombinats Fortschritt Landmaschinen, eine neue Mais-Nachzerkleinerungseinrichtung für ein Schneidwurftrömmelhäckselaggregat zur Herstellung von GPS und LKS entwickelt und im vorhandenen Feldhäcksler E281 C erfolgreich erprobt. Die Nachzerkleinerungseinrichtung für Mais wird bei der Weiter- und

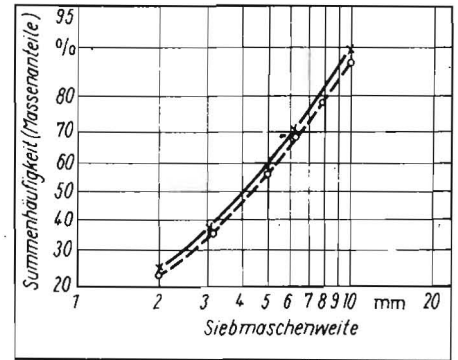


Bild 8. Teilchengrößenverteilung für LKS (Feldhäcksler E 281 C,  $s_{RE} = 3$  mm,  $v_{ZW} = 18...21$  m/s,  $l_{th} = 3,8$  mm,  $Q = 18...35$  t/h,  $TS_{Korn} = 52...55\%$ ,  $TS_{LKS} = 36...48\%$ );  
 - - - - - grobprofilierter Walze  
 ————— feinprofilierter Walze

Neuentwicklung von Feldhäckslern mit einbezogen.

## Literatur

- [1] John, G.; Schumacher, H.: Erarbeitung einer komplexen Lösung für das Häckselaggregat selbstfahrender Feldhäcksler. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation 1986 (unveröffentlicht).
- [2] Kupr, J.; Lanca, I.; Čapek, E.: Výsledky funkčno-energetického výzkumu zařízení pro homogenizaci řezanky a drčení kukuřičných pali (Ergebnisse der Funktions- und Energieforschung der Einrichtung für die Häckselgutthomogenisierung und Maiskolbenzerkleinerung). Zemědělská technika, Prag 28 (1982) 11, S. 661–671.
- [3] Schurig, M.; Zirngibl, O.: Beim Häckseln von Silomais Quetschwalzen oder Reibboden einsetzen? die landtechnische zeitschrift, München 35 (1984) 6, S. 958–960.

•A 4883