

# Perspektivische Verfahrensvarianten der Getreideernte in der UdSSR

Dozent Dr.-Ing. L. Spokas, Litauische Akademie der Landwirtschaft Kaunas (UdSSR)  
 Dr. agr. W. Boß, KDT, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Sektion Pflanzenproduktion

Mäh- oder Schwaddrusch sind weltweit die beherrschenden Verfahren der Kornernnte. Unter der Voraussetzung, daß das Stroh auf dem Feld verteilt und eingearbeitet wird oder daß sehr günstige klimatische Bedingungen während der Getreideernte vorherrschen, gibt es auf lange Sicht keine Alternative zum Mähdrusch.

Die Entwicklung im Mähdrescherbau der letzten Jahre zeigt bei allen führenden Herstellern die Tendenz zu immer höheren Leistungen, wachsender absoluter Maschinenmasse und komplizierter werdender Technik. Die Anforderungen an den Mechanisator erhöhen sich. Deshalb werden zusätzliche Regeleinrichtungen eingeführt, die dem Mechanisator bestimmte Aufgaben, abnehmen und es gestatten, den potentiellen Durchsatz in höherem Maß auszuschöpfen.

In Gebieten, in denen schwierige Wetterbedingungen den Mähdreschereinsatz behindern und in denen Stroh sowohl für Futterzwecke wie auch als Einstreu benötigt wird, hat das Mähdruschverfahren einige wesentliche Nachteile:

Der Mähdreschereinsatz unter komplizierten klimatischen Bedingungen führt zu einem Ansteigen der Verluste und zur Verringerung der Flächenleistung durch geringere Arbeitsgeschwindigkeiten sowie durch häufigere Ausfälle infolge funktioneller und technischer Störungen. Die Einhaltung optimaler agrotechnischer Zeitspannen erfordert unter

diesen Bedingungen einen höheren Mähdrescherbesatz und verursacht höhere Aufwendungen. Wird Stroh für Futterzwecke u. a. benötigt, sind mehrere Arbeitsgänge erforderlich (Mähdrusch und Ablage des Strohs zum Trocknen in Schwaden, Aufnahme und Abtransport). Dadurch kann das Feld nicht unmittelbar nach der Kornbergung für andere Kulturen vorbereitet werden. Bei der Strohernte treten je nach Verfahren mehr oder weniger hohe Verluste auf, Spreu und Unkrautsamen bleiben fast vollständig auf dem Feld zurück, und der Boden wird durch eine große Anzahl von Maschinen belastet und verdichtet.

Die landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen sind besonders in der UdSSR durch ein breites Spektrum gekennzeichnet, was erklärt, daß gerade sowjetische Wissenschaftler intensiv an der Entwicklung neuer Ernteverfahren arbeiten.

Hauptforderungen an diese Verfahren sind:

- Das Feld muß in einem Arbeitsgang vollständig geräumt werden. Das schließt die Verringerung der Verluste an Korn und das vollständige Ernten von Stroh, Spreu und Unkrautsamen ein. Die verwendete Erntemaschine muß zu einer Verringerung der Bodenbelastung führen und im Einsatz weniger witterungsabhängig als der Mähdrescher sein.
- Der Energie- und Transportaufwand für den gesamten Ernteertrag (Korn, Stroh,

Spreu) muß niedriger als bei herkömmlichen Verfahren mit späterer Strohernte sein.

- Die Trennung von Korn, Stroh und Spreu muß mit deutlich höherer Leistung als beim Mähdrusch erfolgen. Nachfolgend sollen Verfahrensvarianten beschrieben und hinsichtlich dieser Hauptforderungen verglichen werden.

## Verfahrensvarianten der Getreideernte mit dem Mähdrescher als Felderntemaschine

### Mähdrusch mit Häckselstrohbereitung

Den unterschiedlichen Anforderungen entsprechend, werden in der UdSSR schon über einen langen Zeitraum verschiedene Mähdrescherausrüstungsvarianten angeboten. Von diesen Varianten entspricht der Mähdrescher mit eingebautem Strohhäcksler z. T. den o. g. Forderungen (Bild 1). Dieser eingebaute Häcksler bearbeitet den gesamten Schüttler- und Reinigungsabgang und übergibt ihn verlustarm auf einen angehängten Spezialtransporter mit einem Volumen von 45 m<sup>3</sup>. Damit wird eine sofortige Feldräumung erreicht. Durch den notwendigen Anhängerwechsel tritt eine Leistungsminderung des Mähdreschers von 20 bis 25 % auf [1]. Die Dichte des Strohs ist gering (30 bis 50 kg/m<sup>3</sup>) und der Transportaufwand demzufolge hoch. Das Verfahren ist an günstige klimatische Bedingungen gebunden, da

Bild 1. Technologisches Schema des Mähdrusches mit direkt anschließender Strohernte; a Mähdrescher (Mäh- oder Schwaddrusch), b Anhänger (Stroh-Spreu-Gemisch), c Transporteinheit (Abtransport des Stroh-Spreu-Gemisches), d Strohlager, e Transporteinheit (Abtransport des Kornes)

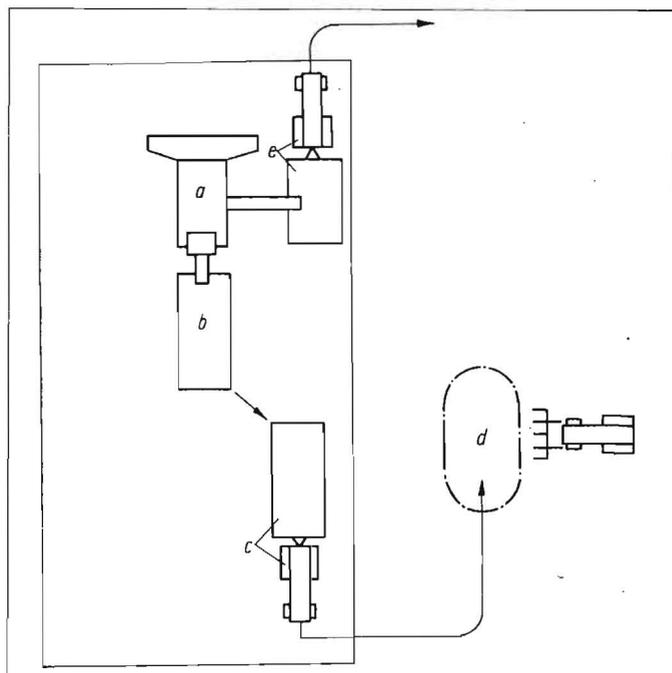
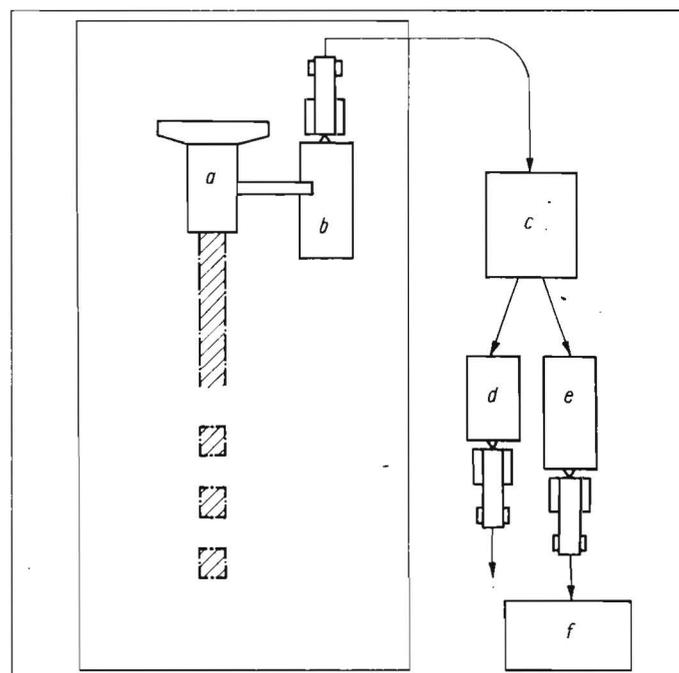


Bild 2. Technologisches Schema der Korn-Kurzstroh-Spreu-Gemisch-Bergerung; a Mähdrescher (Strohschwaden oder Schoberherstellung), b Transporteinheit (Korn-Kurzstroh-Spreu-Gemisch), c stationäre Trennanlage (Dreschmaschine), d Transporteinheit (Korn), e Transporteinheit (Kurzstroh, Spreu), f Bergeraum



das Stroh nicht mehr im Schwaden trocknen kann.

### Mährdrusch mit Spreubergung

Für Gebiete, in denen die Strohtrocknung auf dem Feld unumgänglich ist, existiert eine Form des Mährdruschverfahrens, bei der das Stroh in Schwaden abgelegt und nur Spreu und Unkrautsamen in einem großvolumigen Anhänger gesammelt werden. Dadurch kann das Feld nicht sofort geräumt werden. Die Strohbearbeitung erfolgt nach der Trocknung in allgemein bekannter Art und Weise mit einem hohen Aufwand an Arbeit, Technik und Energie. Insgesamt sind bei diesem Verfahren drei verschiedene Komponenten getrennt voneinander zu transportieren.

### Korn-Kurzstroh-Spreu-Gemisch-Bergung

Eine Weiterentwicklung des Mährdrusches mit gleichzeitiger Spreubergung stellt das *Neveyka-Verfahren* dar (Bild 2). Die Mährescherkonstruktion wird dahingehend verändert, daß die komplette Reinigungsanlage entfernt wird. Das Korn-Kurzstroh-Spreu-Gemisch wird direkt auf ein nebenherfahrendes Transportfahrzeug übergeben oder in einem großvolumigen Bunker gesammelt. Das Stroh wird in Schwaden abgelegt oder in Schobern gesammelt.

Auch hier ist eine sofortige Feldräumung nicht gewährleistet. Spreu und Unkrautsamen werden vollständig geborgen. Der Transportaufwand sinkt gegenüber o. g. Variante, weil nur noch zwei Komponenten getrennt zu transportieren sind [2, 3].

Die Effektivität dieses Verfahrens hängt vor allem von der Dichte des Korn-Kurzstroh-Spreu-Gemisches ab, die ihrerseits vom Spreuanteil bestimmt wird (Bild 3). Nach vorliegenden Ergebnissen liegt die Dichte des Gemisches zwischen 200 kg/m<sup>3</sup> unter günstigen Bedingungen und 60 kg/m<sup>3</sup> bei einem hohen Kurzstrohanteil. Der Einsatz dieser Variante ist auf große Felder mit guten Fahrbedingungen (Ebene) beschränkt. Stationäre Trenneinrichtungen zur Aufbereitung des Korn-Kurzstroh-Spreu-Gemisches befinden sich z. Z. in der Entwicklung.

### Verfahrensvarianten der Getreideernte mit stationärer Korn-Stroh-Trennung

#### Langgutbergung mit stationärem Drusch

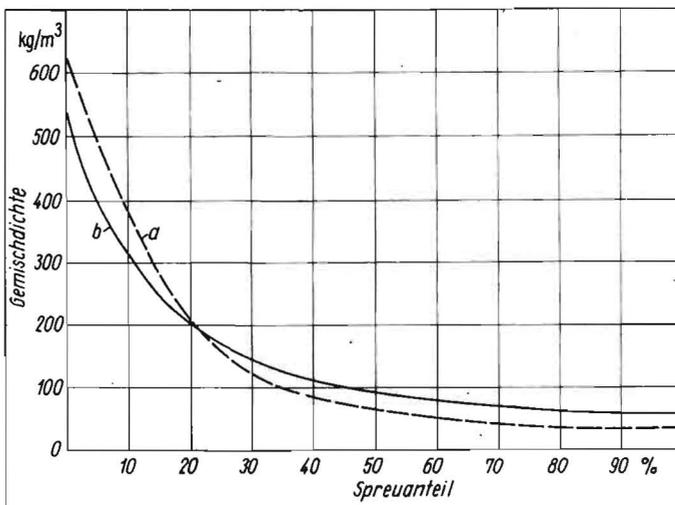
Die ausschließlich stationäre Aufbereitung des Ernteguts wurde im *Kasachstan-Verfahren* (Feldranddrusch aus Stapeln) verwirklicht (Bild 4). Unter kasachischen Bedingungen waren es vor allem hohe Verluste beim Mährdrusch, die unter ungünstigen Bedingungen 20 % erreichen können, und Qualitätsminderungen des Druschguts, die zur Entwicklung neuer Verfahren ohne den traditionellen Einsatz der Mährdrescher anregen [4]. Ein weiterer Grund ist der relativ geringe Ertrag und die damit verbundene geringe Auslastung der Mährdrescher.

Die Anwendung des Mährdrusches wird weiterhin durch die ungleichmäßige Reifung des Getreides eingeschränkt. Der Schwadddrusch führt zwar einerseits zu höheren Leistungen und einer Nachreife des Getreides in den Schwaden, andererseits sind die Verluste ebenfalls höher, da die Halmlänge gering und deshalb die Aufnahme nicht vollständig möglich ist. Die o. g. Probleme sollen durch das nachfolgend charakterisierte Kasachstan-Verfahren gelöst werden.

Auf dem Feld wird eine selbstfahrende Mähr-

Bild 3

Dichte des Korn-Kurzstroh-Spreu-Gemisches in Abhängigkeit vom Spreuanteil;  
 $a \quad y = 373 e^{-0,024 x}$ ,  
 Kornfeuchte 8,5 %, Spreufeuchte 9,4 %  
 $b \quad y = 378,38 e^{-0,028 x}$ ,  
 Kornfeuchte 9,1 %, Spreufeuchte 16,8 %



maschine eingesetzt. Sie mäht und übergibt den Gesamtertrag an einen angekoppelten großvolumigen Anhänger, der mit einer Verdichtungseinrichtung ausgerüstet ist. Ist dieser Anhänger gefüllt, fährt die Mährmaschine zum Feldrand und setzt den verdichteten Inhalt des Anhängers zu einem Diemen (Bild 4). Das Erntegut reift und trocknet in diesem Stapel nach. Anschließend erfolgt der Drusch des Guts mit einer selbstfahrenden Dresch-Reinigungsanlage, die den Stapel selbständig aufnimmt. Das Korn wird an Transporteinheiten übergeben, und Stroh sowie Spreu werden auf einen Diemen gefördert (Bild 4).

Das Verfahren gewährleistet die Feldräumung in einem Arbeitsgang. Es treten keine Verluste an Stroh und Spreu auf. Der Unkrautsamen wird vollständig geborgen, der Bodendruck gegenüber dem Mährdrusch verringert. Der Transportaufwand während der Getreideernte sinkt, da nur bis zum Feldrand transportiert wird. Insgesamt bleibt er jedoch gleich, da zu einem späteren Zeitpunkt das Langstroh zum Verbrauchsort befördert werden muß. Die selbstfahrende Dresch-Reinigungsanlage kann unter diesen Bedingungen hoch ausgelastet werden. Ein weiterer Vorteil gegenüber dem Mährdrusch liegt in der höheren Qualität, da das zu dreschende Getreide während der Lagerung vollständig nachgereift ist.

Die Anwendung dieses Verfahrens ist auf Gebiete beschränkt, in denen eine geringe Luftfeuchtigkeit ein Nachtrocknen ohne Belüftung gewährleistet; das Getreide geringe Halmlängen und geringen Unkrautbesatz aufweist. Die Kornverluste konnten in Versuchen im Vergleich zum traditionellen Mährdrusch auf die Hälfte verringert werden. Der Arbeitsaufwand sinkt gegenüber dem Mährdrusch um 40 %, der DK-Verbrauch um 10 % [4].

#### Häckselgutbergung mit stationärem Drusch

Auch im Kuban-Gebiet, einer Region der UdSSR, die vergleichsweise günstige Bedingungen für den Mährdreschereinsatz aufweist, werden Verfahren zur stationären Trennung von Korn und Stroh geprüft. Charakteristisch für dieses Gebiet sind Schwarzerdeböden, große Schläge, vergleichsweise hohe Erträge, ein Korn-Stroh-Verhältnis, wie es aus Mitteleuropa bekannt ist, und eine relativ geringe Niederschlagshäufigkeit während der Ernte.

Nachteile des Mährdrusches ergeben sich auf

diesen Standorten durch die Bodenverdichtungen, hervorgerufen durch die große Masse und die Vielzahl der über das Feld fahrenden Landmaschinen, besonders durch die Stroherntetechnik. Diese Bodenverdichtungen verringern das Wasserhaltevermögen des Bodens und führen zu Defiziten in der Aufgangs- und Wachstumsphase der Nachfrucht [5]. Als weitere Nachteile werden angeführt, daß unter den Bedingungen der Schwarzerdezone, bedingt durch extrem kurze optimale Druschzeitspannen (8 bis 12 Tage) und den auf bestimmte Tageszeiten eingeschränkten Mährdreschereinsatz, wertvolle Einsatzzeit ungenutzt bleibt und demzufolge hohe Vorernteverluste zu verzeichnen sind [6].

Von den z. Z. vorhandenen Möglichkeiten zur Ablösung des Mährdruschverfahrens hat sich im Kuban-Gebiet der Häckseldrusch als günstigste Variante erwiesen [5, 6].

Das *Kuban-Verfahren* (Bild 5) schließt folgende Teiloperationen ein:

- Mähen, Häckseln und Übergabe des Korn-Kurzstroh-Spreu-Gemisches mit einem umgebauten Mährdrescher (verfügt anstelle der Dreschtrommel über eine Häckseltrommel)
  - Transport zu einem speziell ausgebauten zentralen Drusch- und Lagerplatz
  - Entladung auf Dosierbänder (ggf. Trocknung des Ernteguts)
  - Zuführung zur Trennanlage (zwei Mährdrescher Kolos SK-6)
- Beim Transport des Ernteguts vom Annahmedosierer zur Trennanlage wird schon ein Teil der durch den Häckselvorgang gelösten Körner abgeschieden.
- Spreu und Stroh werden pneumatisch in getrennte Lagerräume transportiert
  - Korn wird speziell gelagert und aufbereitet.

Im Hinblick auf die o. g. Bewertungskriterien werden die Forderungen Feldräumung in einem Arbeitsgang, Senkung des Verlustniveaus sowie Bergung von Spreu und Unkrautsamen erfüllt. Nach Angaben von Kanarev [5, 6] wird bei diesem Verfahren die Bodenverdichtung gegenüber dem Mährdreschereinsatz mit anschließender Strohernte verringert, da sich der Transportaufwand reduziert. Allerdings entsteht infolge der gleichzeitigen Ernte von Korn und Stroh ein erhöhter Transportraumbedarf, da die Dichte des Häckselgemisches 100 kg/m<sup>3</sup> nicht überschreitet. Ein Vergleich des Energieeinsatzes mit dem Mährdrusch ist schwierig.

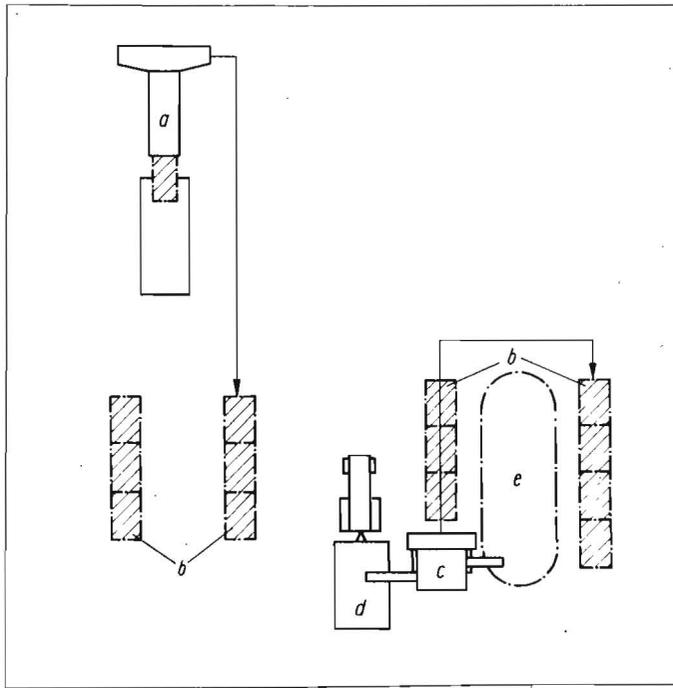


Bild 4. Technologisches Schema des Kasachstan-Verfahrens;  
a Mähmaschine oder Schwadaufnehmer mit Anhänger, b Korn-Stroh-Spreu-Gemisch (Nachreifezeit 1 bis 2 Wochen), c mobile Trennanlage (Dreschmaschine), d Transporteinheit (Korn), e Strohfreilager

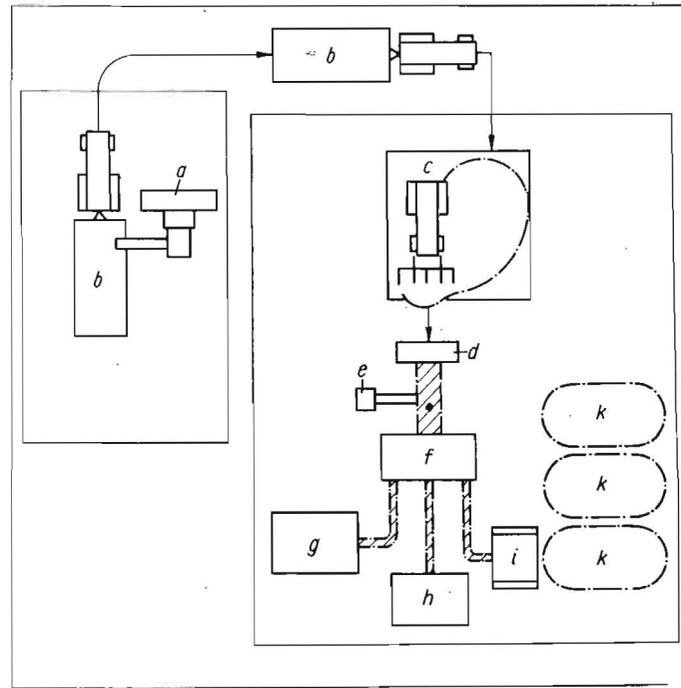


Bild 5. Technologisches Schema des Kuban-Verfahrens;  
a Mähdrescher (Mähen, Häckseln, Übergabe), b Transporteinheit, c überdachte Annahme des Korn-Stroh-Spreu-Gemisches, d Annahmedosierer, e Belüftung, f Trennanlage (Mähdrescher Kolos SK-6), g Kornspeicher, h Spreulager, i Diemenformer, k Strohlager

rig, da bisher wenig gesicherte Angaben vorliegen. Dies gilt auch im Hinblick auf die Druschleistung.

Versuche zum Häckseldrusch wurden auch in den Ostseerepubliken der UdSSR durchgeführt [7]. Die dortigen Bedingungen unterscheiden sich hinsichtlich einer Reihe von Kriterien deutlich von denen des Kuban-Gebiets. Wichtigste Unterschiede sind die große Niederschlagshäufigkeit während der Ernte (hauptsächlich im August), die stark begrenzte tägliche Einsatzzeit, die vergleichsweise kleinen und zersplitterten Flächen mit z. T. hohem Steinbesatz und ein großer Anteil geneigter Flächen. Das Ertragsniveau ist sehr unterschiedlich und liegt im Betriebsdurchschnitt zwischen 20 dt/ha und 60 dt/ha. Insgesamt ist das Erntegut sehr viel feuchter als in kontinentalen Klimaten. Das technologische Korn-Stroh-Verhältnis schwankt in größeren Bereichen. Ein hoher Grünbesatz behindert den Mähdreschereinsatz. Unter diesen Bedingungen beträgt die durchschnittliche Erntefläche eines Mähdreschers Niwa SK-5 95 ha je Kampagne.

Unter den Voraussetzungen in der Litauischen SSR wurde der Häckseldrusch, abweichend von der o. g. Form im Kuban-Gebiet, folgendermaßen durchgeführt:

- Mähen und Häckseln des Getreides mit dem Feldhäcksler E 281 C
- Übergabe an einen angekoppelten Anhänger
- Transport zum Druschplatz (Einzugsbereich 300 bis 400 ha) am Standort einer Tierproduktionsanlage
- Übergabe an einen Annahmedosierer und einen Mähdrescher
- unmittelbare Trennung des druschfähigen Ernteguts (Korntransport zur Lagerung, Stroh wird an der Tierproduktionsanlage im Diemen gelagert) -
- nicht druschfähiges Erntegut gelangt über den Annahmedosierer zur Trocknung in

einen belüftbaren, geschlossenen Lagerraum und wird danach der Trennung zugeführt.

Eine Analyse des Verfahrens ergab:

- Der Feldhäcksler E 281 C erbrachte eine Schichtleistung in  $T_{08}$  von 1,9 ha/h.
- Der Einsatz des Feldhäckslers mit angehängtem Transportfahrzeug führt unter den Bedingungen kleiner, ungleichmäßiger und hängiger Schläge zu großen Übergabeverlusten. Ein Parallelbetrieb wird dadurch ausgeschlossen. Die Lösung wäre ein entsprechendes Containersystem auf dem Häcksler.
- Die Hauptprobleme des Häckseldrusches sind die Kornbeschädigung, die größer als beim Mähdrescher ist, und der in Abhängigkeit von der Gutbeschaffenheit stark variierende Ausdrusch durch das Häckselaggregat von 50 bis 99 %.
- Für den Transport dieses Guts gelten die beim Kuban-Verfahren aufgeführten Angaben.
- Die Trocknung des Ernteguts ist außerordentlich kompliziert und aufwendig. Bei den Versuchen wurden verschiedene Stapelhöhen und unterschiedliche Luftmengen untersucht. Um die angegebene Luftfeuchte von 70 % zu erreichen, wurde die Luft erwärmt. Bei allen geprüften Varianten sinkt bei der Trocknung in der oberen Schicht die Feuchte des Grünbesatzes kontinuierlich, bleibt die Strohfeuchte über einen längeren Zeitraum gleich, bevor sie sinkt, steigt die Kornfeuchte zunächst an und geht erst dann zurück. Da der Lagerraum begrenzt und der Gutanfall relativ hoch war, mußten Stapelhöhen von 4 m zugelassen werden. Die Trocknungszeit betrug unter diesen Voraussetzungen rd. 6 Tage. Die Befüllung und Entnahme des Ernteguts ist schwer zu mechanisieren.
- Bei der Trennung des Häckselguts mit

dem Mähdrescher Niwa SK-5 trat durch das vorgegebene Verlustniveau von 1,5 %, hauptsächlich durch Schüttlerverluste verursacht, schon bei einem Durchsatz von 1,5 kg/s der Leistungsgrenzwert ein. Augenblicklich sind keine leistungsfähigen Trennanlagen für Häckselgut bekannt.

Die genannten Probleme der Kornbeschädigungen beim Transport, bei der Trocknung und bei der Trennung des Häckselguts lassen keine Perspektive des Häckseldruschverfahrens erwarten.

#### Preßgutbergung mit stationärem Drusch (Litauisches Verfahren)

In der Litauischen SSR wurden, ausgehend von diesen Problemen, Versuche mit einem neuen Verfahren durchgeführt, bei dem die gesamte Erntemasse nach dem Mähen verdichtet wird. Für die Verdichtung sind verschiedene technische Prinzipien anwendbar (z. B. Ladewagen, mobile Strohschoberformer, Pressen). Mit den beiden erstgenannten Verfahren werden jedoch nur Dichten von rd. 100 kg/m<sup>3</sup> erreicht, der Transportaufwand wird nicht wesentlich verringert, und die Dosierung am Druschplatz ohne vorheriges Zerkleinern des langen Ernteguts ist nicht möglich. Aus diesem Grund wurde für die Verdichtung des Ernteguts das Pressenprinzip ausgewählt. Die prinzipielle Verfahrenslösung (Bild 6) soll nachfolgend beschrieben werden.

Auf dem Feld wird eine selbstfahrende Mähpresse zur Herstellung von Großballen, d. h. zum Schneiden, Aufnehmen und Verdichten der zu erntenden Korn- und Strohmasse, eingesetzt. Die Großballen (runde oder kubische Form) werden auf einem aufgesattelten Spezialanhänger gesammelt, an ein Transportmittel übergeben und zum halbstationären Druschplatz, dessen Standort nach den spezifischen Bedingungen des Betriebs fest-

gelegt wird, transportiert. Dort wird der Ballen mit technischen Mitteln aufgelöst und die Langstrohmasse einer Dreschanlage (z. B. Axial(mäh)drescher) zugeführt. Die Komponenten Stroh, Spreu und Korn werden getrennt gesammelt. Je nach Feuchtegehalt kann das Stroh direkt in Diemen eingelagert oder in Silos eingebracht werden. Das Korn wird ebenfalls in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt einer entsprechenden Weiterbearbeitung zugeführt (Einlagerung mit und ohne Trocknung und/oder Nachreinigung).

An der Litauischen Akademie der Landwirtschaft sind folgende Aspekte des Verfahrens Gegenstand intensiver Untersuchungen:

- Eignung verschiedener Preßprinzipie für die Verdichtung des Ernteguts
- Auflösung der Ballen
- Drusch der aufgelösten Ballen
- Lagerung von Feuchstroh nach dem Drusch.

Die ersten Versuche zum Preßprinzip erfolgten mit einer Rollballenpresse. Dazu wurde die sowjetische Rollballenpresse PRP-1,6 eingesetzt. Da diese Presse nicht über eine Mäheinrichtung verfügt, wurde das Korn-Stroh-Gemisch aus dem Schwaden aufgenommen. Die Gesamtmasse der Rollballen erreicht bei Roggen 340 kg und bei Hafer 630 kg (Tafel 1).

Die Dichte der Rollballen hängt vom eingestellten Verdichtungsgrad, von der Getreideart, von der Feuchtigkeit und vom Korn-Stroh-Verhältnis ab. Eine Dichte von 250 kg/m<sup>3</sup> ist unter den gegenwärtigen Bedingungen durchschnittlich erreichbar.

Für den Ausdruschprozeß ist der Zustand des gepreßten Guts wesentlich.

Bis zu einer Kornfeuchte von 17 % und einer entsprechenden Strohfeuchte von 25 % sind z. B. bei Gerste rd. 50 % der Körner aus den Ähren gelöst und befinden sich frei im Ballen. Mit steigender Feuchte geht dieser Wert auf 20 % zurück.

Die eingesetzte Presse ist nicht für den beschriebenen Zweck vorgesehen. Deshalb wurde beim Preßvorgang, besonders zu Beginn und am Ende der Ballenformung, nicht die gesamte Masse in den Ballen eingebunden (Tafel 1).

Tafel 1. Erreichte Parameter mit der Presse PRP-1,6 bei der Aufnahme des Gesamtertrags

Getreideart	Ballenmasse kg	Ballen- volumen m <sup>3</sup>	Dichte kg/m <sup>3</sup>	nicht eingebundener Anteil des Gesamtertrags <sup>1)</sup>				
				Gesamt- masse kg	freie Körner kg	Körner in Ähren kg	Korn- gesamt kg	Stroh- masse kg
Roggen	340	1,7	205	8,0	6,2	0,5	6,7	1,3
Gerste	450	2,5	191	6,0	3,9	0,2	4,1	1,9
Hafer	630	2,3	292	6,7	3,3	0,3	3,6	3,1

1) bei der Herstellung eines Ballens entstandener Verlustanteil, der durch konstruktive Veränderungen an der Presse in diesem oder dem nächsten Ballen zurückzuführen ist

Durch konstruktive Änderungen – Abdichten der Presse, Rückführen der nicht eingebundenen Bestandteile des Ertrags in den Preßvorgang – kann die Presse besser an die Arbeitsaufgabe angepaßt werden.

Die Dichteverteilung im Ballen ist ungleichmäßig. Die dichtesten Partien, die darüber hinaus sehr verfilzt sind, befinden sich im Inneren des Ballens. Beim Auflösen entstehen beim Kern die größten Schwierigkeiten.

Im Jahr 1984 wurden die Untersuchungen auf kubische Großballen ausgedehnt, in deren Ergebnis weitere Dichteerhöhungen erwartet werden. Von der Herstellung der Ballen bis zum Drusch vergeht eine bestimmte Zeit. Diese Zeit wird dadurch bestimmt, daß die Ballen auch bei normalen Feuchteverhältnissen (Kornfeuchte 17 %, Strohfeuchte 25 %) nur begrenzt ohne Qualitätsminderung zu lagern sind (Bild 7).

Für die Auflösung der Ballen wurde ein Versuchsmuster gebaut, das gute Arbeitsergebnisse erbrachte. Das Gut wird der Trennanlage in einer Schichtdicke zugeführt, die der beim Aufrollen des Ballens entspricht. Die freien Körner können durch eine Vibrations-einrichtung auf dem Weg zwischen Auflöse-einrichtung und Trennanlage aus der abgerollten Schicht entfernt werden. Die aufgelösten Halnteile werden durch die Presse deformiert. Diese Deformierung wirkt sich günstig auf den Energieverbrauch beim Drusch aus [8].

Zur Trennung des Guts ist ein Mähdrescher konventioneller Bauart gut geeignet. Bei diesem Verfahren gibt es einige Probleme:

- Übergabe der Ballen von der Presse an das Transportmittel

- Auflösung kubischer Ballen

- Lagerung des Strohs nach der Trennung. Dieses Verfahren erfüllt die Forderung nach Räumung des Feldes in einem Arbeitsgang. Die Verluste entsprechen den Schneidwerksverlusten beim Mähdrusch. Aussagen zur Verlusthöhe bei Übergabe und Transport sind z. Z. noch nicht möglich, da hierfür Untersuchungen an einer konstruktiv angepaßten Presse erforderlich sind. Stroh und Spreu sowie Unkrautsamen werden geborgen. Keine konkreten Ergebnisse liegen zum Grad der Bodenverdichtung in der Fahrspur der speziellen Erntemaschine vor. Eindeutig konnte jedoch festgestellt werden, daß sich die Anzahl der Überfahrten je Flächeneinheit verringerte.

Unter der Voraussetzung, daß die Versuche mit der Belüftung der Ballen zur Senkung der Temperatur und zur Entfernung des Haftwassers weiterhin positive Resultate zeigen, ist eine Ausdehnung der täglichen Erntezeit gegenüber dem Mähdrusch möglich.

Der Energie- und Transportaufwand wird, verglichen mit anderen Verfahren der stationären Trennung, verringert.

Der Transportaufwand reduziert sich im Vergleich zum Mähdrusch auch bei Einbeziehung der Strohernte. Hinsichtlich des Energieverbrauchs ist eine Aussage noch nicht möglich. Denkbar ist ein Ersatz von DK durch Elektroenergie am Druschplatz.

Durch die o. g. Deformierung der Halme beim Pressen sowie durch eine kontinuierliche

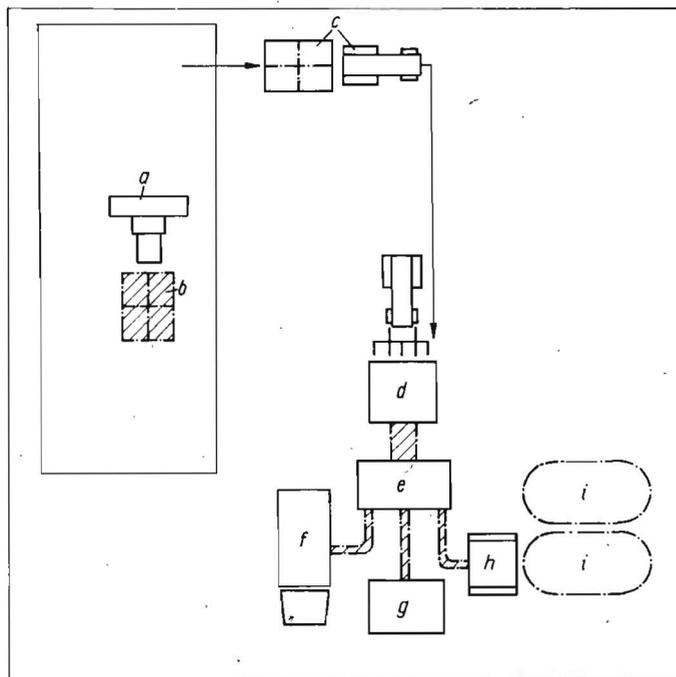


Bild 6. Technologisches Schema des Litauischen Verfahrens; a Mähpresse, b Ballen (Korn-Stroh-Spreu-Gemisch), c Transporteinheit, d Ballenauflösung, e halbstationäre Trennanlage, f Kornlager, g Spreulager, h Diemenformer, i Strohlager

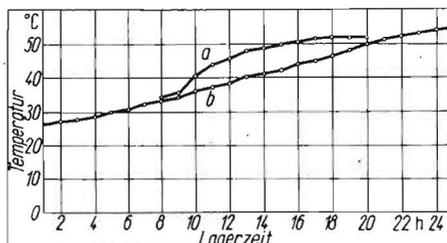


Bild 7. Zunahme der Temperatur in kubischen Großballen in Abhängigkeit von der Lagerzeit; a Roggen, b Gerste

che Leistungssteigerung der Drescheinrichtung ist eine Verringerung des Energieverbrauchs zu erwarten.

### Zusammenfassung

Wird Stroh nur zur Reproduktion der organischen Substanz des Bodens, nicht aber zu Futter- und Einstreuzwecken benötigt, ist der Mähdrusch mit unmittelbarer Zerkleinerung und Verteilung des Strohs auf dem Feld für absehbare Zeit das günstigste Verfahren. Da diese Bedingungen jedoch nur für wenige Länder oder Regionen zutreffen und in den übrigen Stroh für die o. g. Zwecke benötigt wird, ist es verlustarm und rationell zu bergen.

Aus dieser Sicht und unter Berücksichtigung, daß bei üblichen Verfahren der Korn- und Strohernte vergleichsweise hohe Verluste an Stroh sowie i. allg. der Totalverlust an Spreu auftreten und Unkrautsamen auf dem Feld verteilt werden, erscheint der Mähdrusch mit gleichzeitiger Strohsammlung in einem

am Mähdrescher angehängten Wagen als zweckmäßig.

Das Neveyka- sowie das Kasachstan-Verfahren sind für mittel- und nordeuropäische Verhältnisse keine Alternative zum Mähdrusch. Auch für den Häckseldrusch (Kuban-Verfahren) zeichnet sich aus energetischen, transportökonomischen und technischen Problemen keine Perspektive ab.

Die stationäre Trennung von Korn und Stroh, das in gepreßter Form angeliefert wird, ist verglichen mit den o. g. Varianten als zukunftsträchtig anzusehen. Die Untersuchungen dazu stehen noch am Anfang. Es sind Arbeiten zur ökonomischen Wertung und technischen Vervollkommnung des Verfahrens erforderlich.

### Literatur

- [1] Runčev, M. S., u. a.: Organisation der Erntearbeiten mit spezialisierten Komplexen. Moskau: Verlag Kolos 1980.
- [2] Zalnin, E. W.: Neue Ernteverfahren mit stationärer Bearbeitung des Ertrages. Zernovoe Choz.,

Moskau (1982) 12, S. 11–15.

- [3] Galenko, M. D., u. a.: Begründung von industriemäßigen Verfahren der Getreideernte mit und ohne Mähdrescher. Mech. i elektr. soc. sel. choz., Moskau 53 (1983) 8, S. 4–6.
- [4] Penkin, M. G., u. a.: Verfahren und Maschinenkomplex für die Ernte von Getreide mit Drusch aus dem Stapel. Mech. i elektr. soc. sel. choz., Moskau 53 (1983) 8, S. 12–15.
- [5] Kanarev, F. M.: Komplex des Kubaner industriemäßigen, verlustlosen Verfahrens der Getreideernte. Prospekt, Ausgabe-Nr. 235, Krasnodar 1982.
- [6] Kanarev, F. M.: Kubaner industriemäßiges Getreideernteverfahren. Mech. i elektr. soc. sel. choz., Moskau 53 (1983) 8, S. 10–12.
- [7] Podinš, J. A., u. a.: Getreideernte mit stationärer Erntegutauflbereitung in der Lettischen SSR. Mech. i elektr. soc. sel. choz., Moskau 53 (1983) 8, S. 15–17.
- [8] Sjasev, J. F.: Untersuchungen zum Einfluß der Vordeformierung des Korn-Stroh-Gemisches auf die Qualität und energetische Kennwerte bei der Arbeit eines Dreschwerkes. Landwirtschaftliches Institut Tscheljabinsk, Dissertation 1983. A 4227

## Methodik zur experimentellen Prozeßanalyse unter Feldbedingungen am Beispiel Mähdrusch

Dipl.-Ing. G. Hofmann, KDT/Dipl.-Ing. G. Meißner/Dipl.-Math. Anke Müller  
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

### 1. Zielstellung

Gegenwärtig ist der Mechanisator aufgrund der durch technische Hilfsmittel unzureichend vermittelten und der Menge der zu verarbeitenden Informationen nicht in der Lage, den Mähdrescher den jeweiligen Arbeitsverhältnissen optimal anzupassen (Bild 1). Es besteht deshalb ein Widerspruch zwischen dem hohen landtechnischen Leistungsvermögen des Mähdreschers und den unzureichenden Möglichkeiten des Mechanisators zur Gewährleistung optimaler Betriebsverhältnisse. Zur Erfüllung der Ziel-funktion des Mähdrusches (maximaler Durchsatz bei Einhaltung vorgegebener Arbeitsgüte und minimalem Energieaufwand) bedarf es exakter Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Prozeßeingangsgrößen, resultierenden Prozeßergebnissen und Betriebsparameteränderungen, die vorwiegend auf dem Weg der experimentellen Prozeßanalyse gewonnen werden können.

### 2. Methodik

Die Dreschwerkverluste (Schüttler-, Aus-

drusch-, Reinigungsverluste) sind von einer Vielzahl von Faktoren abhängig, von denen die wichtigsten die Einstellwerte der Maschine, der Durchsatz bzw. die Fahrgeschwindigkeit und die Stroh- sowie Kornfeuchte sind. Unbekannt ist aber, wie stark der Einfluß dieser einzelnen Parameter auf die Verluste ist. Um die spezielle Wirkung der einzelnen Faktoren auf die Dreschwerkverluste besser beurteilen zu können, wird auf eine mehrfaktorielle Regressionsanalyse mit entsprechender Versuchsplanung orientiert. Dabei ist zu beachten [1]:

- Sowohl der Nenndurchsatz als auch die am häufigsten im praktischen Betrieb auftretenden Durchsätze müssen im Versuchsplan enthalten sein (Zentrieren der Versuchsanlage).
- Um die zufälligen Versuchsfehler zu minimieren, sind Blöcke mit gleichartigen Versuchseinheiten zu bilden.
- Zur Erhöhung der Treffsicherheit der Schätzung ist eine eingeschränkte Randomisierung der Versuchsanlage notwendig. Drei Maschineneinstellungen des Mähdre-

schers werden mit drei Fahrgeschwindigkeitsstufen kombiniert. Zur Wahrung der Zuverlässigkeit der Untersuchungsergebnisse sind sowohl bei konstanter Einstellung die Fahrgeschwindigkeiten als auch bei konstanter Fahrgeschwindigkeit die Einstellungen zu variieren (Tafel 1). Die Abstufung des Prüfglieds Fahrgeschwindigkeit ist zweckmäßig so vorzunehmen, daß rd. 60 bis 100 % des Nenndurchsatzes des Mähdreschers E 516 erreicht werden. Mit Hilfe von Vorversuchen sind die tatsächlichen Fahrgeschwindigkeiten zu präzisieren. Die zu untersuchenden Maschineneinstellwerte werden in Anlehnung an den Tabellenschieber zur Prozeßoptimierung [2] ausgewählt. Von zentraler Bedeutung für jede Versuchsplanung ist der zum Erreichen der notwendigen Bestimmtheit erforderliche Stichprobenumfang, um besonders die beim Mähdrusch eingeschränkte Versuchszeit optimal zu nutzen. Vorangegangene Untersuchungen belegen, daß für eine Regressionsanalyse etwa 30 Freiheitsgrade ausreichend sind. Für den vorliegenden Versuchsplan ergeben sich für

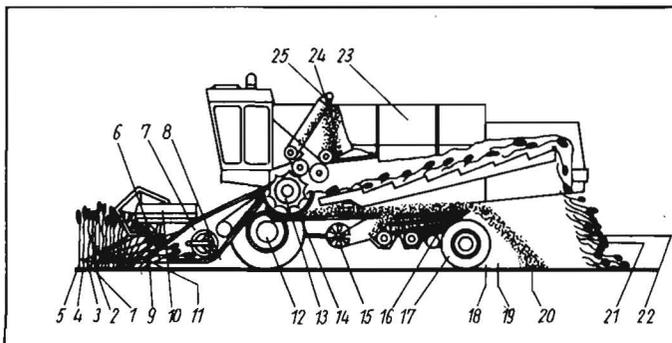


Bild 1. Vom Mechanisator zu verarbeitende Meß-, Kontroll- und Stellgrößen beim Mähdrusch; 1 Grüngutbesatz, 2 Bestandszustand, 3 Bestands-höhe, -dicke, 4 Guffeuchte, 5 Bodenhindernisse, 6 Schnittbreite, 7 Halmfluß, 8 Stoppellänge, 9 Haspellage, 10 Haspeldrehzahl, 11 Schnitthöhe, 12 Fahrgeschwindigkeit, 13 Trommeldrehzahl, 14 Korb-stellung, 15 Gebläsedrehzahl, 16 Siebart und Öffnungsweite, 17 Lenk-ung, 18 Stoppelhöhe, 19 Aufnahmeverluste, 20 Reinigungsverluste, 21 Schüttlerverluste, 22 Ausdruschverluste, 23 Motorengeräusch, 24 Bruchkornanteil, 25 Reinheitsgrad