

# Laborvergleiche von Ein- und Mehrtrommeldreschwerken für Mähdrescher

Dipl.-Ing. K. Heidler/Dozent Dr.-Ing. H. Regge, KDT

## Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen

$\sum A_{KE2}$	%	Summe Kornabscheidegrad der Klassen 2 bis i, bezogen auf die der Klasse 2 zugeführte Kornmasse
$A_{SG}$	%	Strohabscheidegrad des gesamten Dreschwerks
KR	%	Körnerrest
KV	%	Körnerverlust, entspricht dem Körnerrest an der betrachteten Stelle
l	m	Schüttlerlänge
$l_B$	m	Baulänge des Dreschwerks
$P_G$	kW/m	Leistungsbedarf des gesamten Dreschwerks, bezogen auf die Arbeitsbreite 1 m
$\dot{q}_O$	kg/s · m	spezifischer Gesamtdurchsatz, bezogen auf die Arbeitsbreite 1 m
$\dot{q}_S$	kg/s · m	spezifischer Strohdurchsatz, bezogen auf die Arbeitsbreite 1 m
$v_{LT}$	m/s	Leittrommelumfangsgeschwindigkeit
$v_{Tj}$	m/s	Umfangsgeschwindigkeit der Trommel j
$\alpha$	1/m	Schüttlerkonstante
i		Klassenindex
$x_i$		Größe zu Beginn der Klasse i

den bekanntermaßen viele Wege verfolgt, die sich jedoch vorrangig auf die wesentlichste Funktionsgruppe, das Dreschwerk, konzentrieren. Ein solcher Weg ist neben der weiteren Vervollkommnung des bewährten Eintrommeldreschwerks und der Entwicklung neuer Arbeitsprinzipien der Einsatz von Mehrtrommeldreschwerken [1]. Mehrtrommeldreschwerke erreichen eine gegenüber dem Eintrommeldreschwerk höhere Kornabscheidung vor dem Schüttler und führen damit zu dessen Entlastung. Dieser Vorteil prägt sich vor allem bei höheren Durchsätzen stärker aus. Die erhöhte Kornabscheidung reicht bei den geforderten Durchsätzen jedoch nicht aus, um auf den Schüttler zu verzichten. Demgegenüber stehen die Nachteile eines erhöhten technischen Aufwands und Energiebedarfs sowie einer

vergrößerten Strohabsehung [1]. Somit ist die Frage zu klären, ob das Mehrtrommeldreschwerk mit seinen Vor- und Nachteilen einen echten Vorzug gegenüber dem Eintrommeldreschwerk hat und wie sich der Druschprozeß auf die nachfolgende Schüttlerarbeit auswirkt. Nach Letoschnew [2] ist die Kornabscheidefunktion des Schüttlers über seiner Länge:

$$KV = KR e^{-\alpha l}$$

Diese Beziehung verknüpft den Körnerverlust KV, die Körnerbeaufschlagung KR und die Schüttlerlänge l durch eine Exponentialfunktion, wobei die Schüttlerkonstante  $\alpha$  den Einfluß der Konstruktion und Beaufschlagung erfäßt. Neuere Untersuchungen [3] bestätigen diese von Letoschnew aufgestellte Gesetzmäßigkeit. Ohne auf Details einzugehen, weisen

Tafel 1. Konstruktions- und Druschgutparameter

Parameter	Eintrommeldreschwerk	Mehrtrommeldreschwerk
Trommeldurchmesser $d_T$		
1. Trommel	800	650
2. Trommel		650
Leittrommel	500	400
Korbanschlingungswinkel $\beta_K$		
1. Korb	120	94
2. Korb		94
Schüttlerlänge l	4,175	4,175
Druschgut		Weizen (Fakir)
mittl. Kornanteil $K_K$		43,9
Korn-/Stroh-Feuchtigkeit $x_K/x_S$		15,4/14,4
mittl. Halm länge $l_H$		550

## 1. Problemstellung

Ausgehend von der Forderung nach weiterer Intensivierung der Getreideproduktion hat die Mähdrescherentwicklung zu leistungsstarken Maschinen in einem Durchsatzbereich von 6 bis 12 kg/s geführt. Die Leistungsfähigkeit eines Mähdreschers wird dabei wesentlich durch den Gesamtdurchsatz bestimmt, der bei einer festgelegten Grenze der Körnerverluste erreicht wird.

Zur Erfüllung der Forderung nach Steigerung der Leistungsfähigkeit der Mähdrescher wer-

Bild 1. Grundaufbau der untersuchten Dreschwerkvarianten; a Zuführeinrichtung, b 1. Trommel, c 1. Korb, d Leittrommel, e 2. Trommel, f 2. Korb, g Schüttler, h Pralltuch, i Klassierung, k Nachschüttler zur Körnerverlustbestimmung

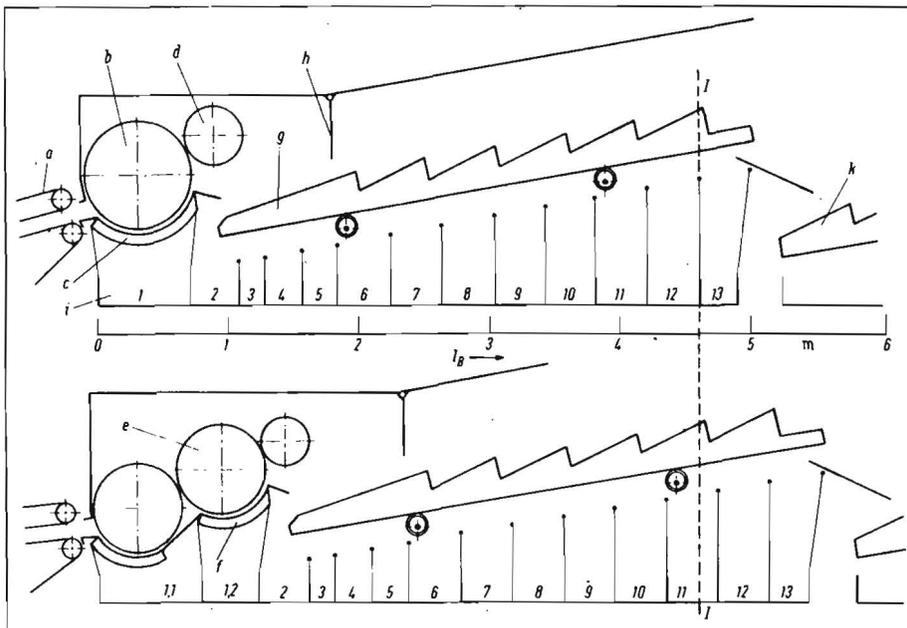
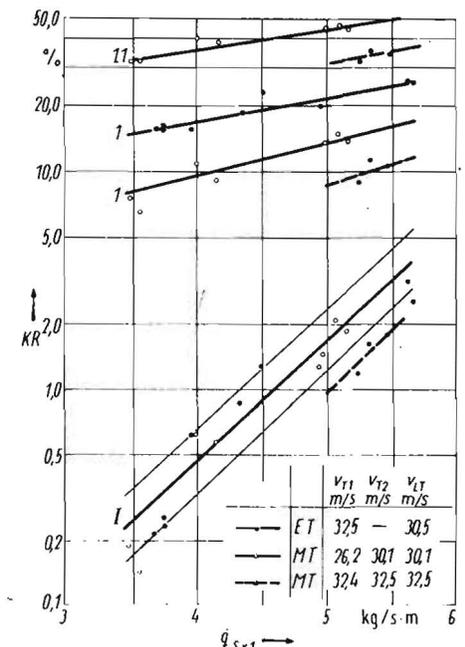


Bild 2. Körnerrest KR in Abhängigkeit vom Strohdurchsatz  $\dot{q}_{Sx1}$ ; ET Eintrommeldreschwerk, MT Mehrtrommeldreschwerk



verschiedene Veröffentlichungen [4] [5] [6] darauf hin, daß mit den Mehrtrommel-Mähdreschern SKD-5, SK-6 II und Clayson 8080 erhöhte Durchsätze im Vergleich zu den Eintrommelvarianten erreichbar sind. Um die anstehenden Fragen sachlich begründet beantworten zu können, wurden unter Laborbedingungen funktionelle Vergleichsuntersuchungen mit einem Ein- und einem Mehrtrommeldreschwerk durchgeführt. Über die wesentlichsten Ergebnisse wird im folgenden berichtet.

## 2. Versuchsmethodik

Der prinzipielle Aufbau der zum Vergleich herangezogenen Dreschwerke ist aus Bild 1 ersichtlich und der dafür verwendete Versuchszustand in [7] beschrieben. Die Konstruktions- und Druschgutparameter sind in Tafel 1 zusammengestellt. Das verwendete Druschgut wurde mit Hilfe einer Zuführeinrichtung über eine mittlere Versuchszeit von 19 s dem Dreschwerk zugeführt. Diese Zeit genügt nach entsprechenden Voruntersuchungen, um den störenden Einfluß der Ein- und Auslaufphase im erforderlichen Maß zu unterbinden. Die vom Dreschwerk abgeschiedenen Gutströme wurden über der Länge  $l_B$  des Dreschwerks klassiert aufgefangan (Bild 1) und bilden die Grundlage für die Berechnung des Korn- bzw. Strohabscheidegrades. Aus den Klassen entnommene Körnerproben dienen der Bestimmung des Kornschädigungsgrades. Der Leistungsbedarf wurde aus Messungen der Trommeldrehmomente und -drehzahlen ermittelt.

## 3. Versuchsergebnisse

Hauptgegenstand der nachfolgenden Betrachtungen ist die Kornabscheidung durch die Drescheinrichtung und den Schüttler, die letztendlich für die Körnerverluste des Schüttlers verantwortlich ist. Der erste Abschnitt des Dreschwerks besteht aus dem Trommel-Korb-System, in dem das Druschgut entkörnt und der überwiegende Teil der Körner abgeschieden wird. Bei Normaleinstellung beider untersuchter Dreschwerke treten Körnerrückstandsfunktionen KR 1 auf, wie sie im oberen Teil von Bild 2 ausgewiesen werden. Entsprechend ihrer konstruktiven Auslegung ist die Mehrtrommelvariante der Eintrommelvariante im gesamten untersuchten Bereich überlegen, da durch sie der nachfolgende Schüttler mit einem bedeutend geringeren Kornanteil beaufschlagt wird. Durch eine höhere Trommelumfangsgeschwindigkeit läßt sich diese Überlegenheit noch vergrößern.

Den zweiten Abschnitt des Dreschwerks bildet der Schüttler, der für beide untersuchte Varianten in gleicher Weise ausgelegt und angeordnet wurde. Er wird über die Leittrommel mit der Hauptmasse des Stroh und dem darin enthaltenen Körnerrest beaufschlagt. Wie aus den Abscheideergebnissen hervorgeht, ist bei gleicher Schüttlerlänge bezüglich des Körnerverlustes das Mehrtrommeldreschwerk in der Grundeinstellung dem Eintrommeldreschwerk geringfügig überlegen. Bei einem Durchsatz von rd.  $8 \text{ kg/s} \cdot \text{m}$  sinken die Schüttlerverluste um etwa 0,25%, was bei gleichem zulässigen Körnerverlust einer Durchsatzsteigerung von annähernd  $0,5 \text{ kg/s} \cdot \text{m}$  entsprechen würde. Bezieht man dagegen die Betrachtungen auf eine gleiche Baulänge (Schnitt I im Bild 1), dann findet man für beide Varianten einen Körnerverlust, wie er im unteren Teil von Bild 2 dargestellt ist. Beide Varianten liegen in einem Streubereich, in dem die Überlegenheit des Mehrtrommeldresch-

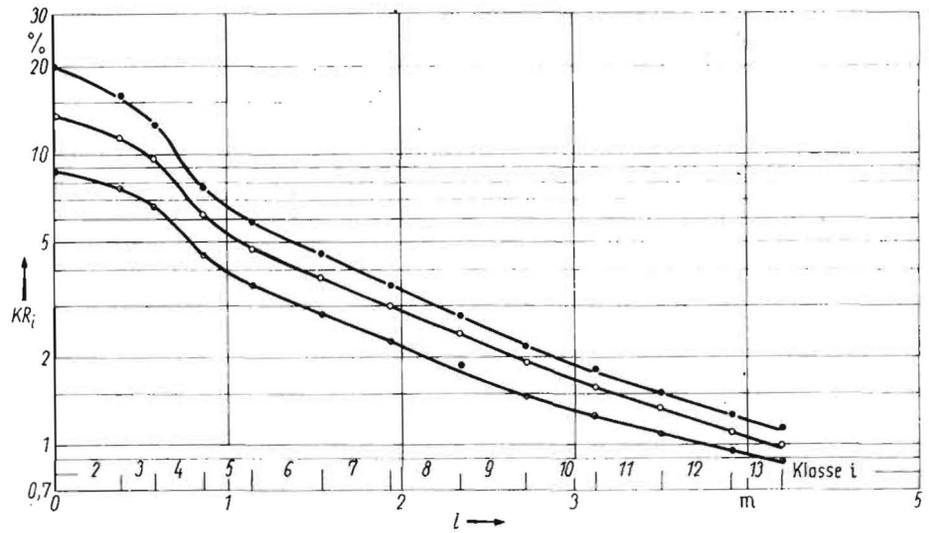


Bild 3. Körnerrest  $KR_i$  in Abhängigkeit von der Schüttlerlänge  $l$

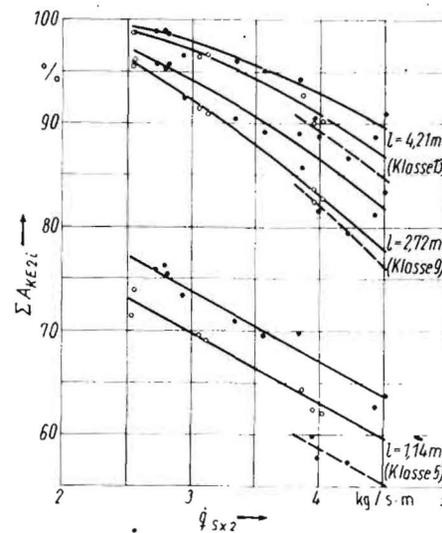


Bild 4. Kornabscheidegrad  $A_{KE2}$  des Schüttlers in Abhängigkeit vom Strohdurchsatz  $\dot{q}_{Sx2}$

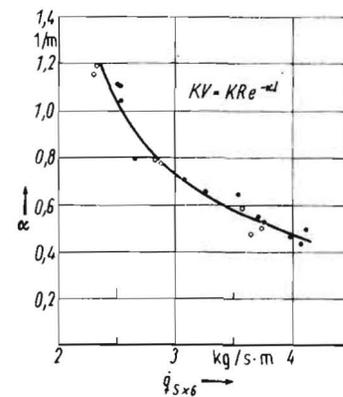


Bild 5. Schüttlerkonstante  $\alpha$  in Abhängigkeit vom Strohdurchsatz  $\dot{q}_{Sx6}$

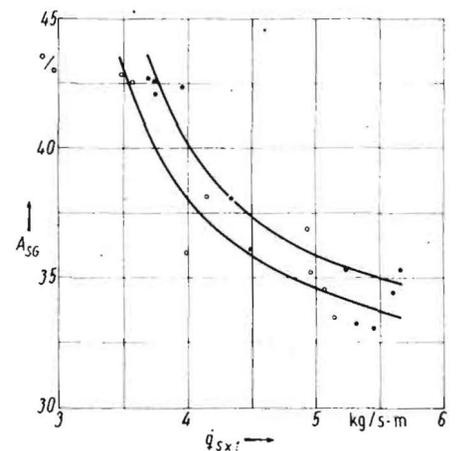


Bild 6. Strohabscheidegrad  $A_{SG}$  in Abhängigkeit vom Strohdurchsatz  $\dot{q}_{Sx1}$

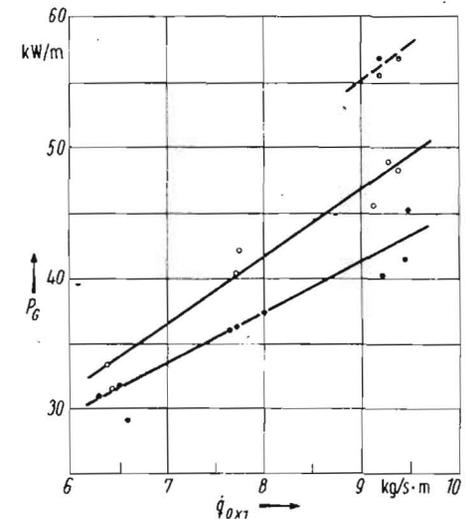


Bild 7. Leistungsbedarf  $P_G$  in Abhängigkeit vom Gesamtdurchsatz  $\dot{q}_{0x1}$

werks im gesamten untersuchten Durchsatzbereich nicht mehr vorhanden ist. Erst durch eine Erhöhung der Trommeldrehzahlen kann, wie aus Bild 2 hervorgeht, der Körnerrest an den Betrachtungsstellen, und somit auch der Schüttlerverlust, gesenkt werden. Dabei ist aber

zu beachten, daß der Beschädigungsgrad der Körner, der in der Grundeinstellung beider Varianten bei durchschnittlich 0,75% liegt, mit der Erhöhung der Trommeldrehzahlen beim Mehrtrommeldreschwerk sprunghaft auf 1,5% ansteigt. Betrachtet man die KR 1-Linie im

Bild 2, so müßte nach der Letoschnewschen Beziehung eine deutliche Körnerverlustsenkung beim Mehrtrommeldreschwerk eintreten. Wenn das in den gefahrenen Versuchen nicht erreicht wurde, so ist das auf folgende mögliche Ursachen zurückzuführen:

- Die intensivere Bearbeitung des Druschgutes im Mehrtrommeldreschwerk beeinflußt die Schüttlerfunktion negativ.
- Die Schüttlerkonstante  $\alpha$  ist selbst eine Funktion der Körnerbeaufschlagung, die mit fallendem Körnerrest kleiner wird.

Um erste Hinweise zur Klärung der Ursachen zu erlangen, ist im Bild 3 für ausgewählte Versuche bei nahezu gleicher Strohaufschlagung des Schüttlers die Änderung des Körnerrestanteils über der Schüttlerlänge aufgezeichnet. Es werden drei charakteristische Abschnitte der Schüttlerfunktion deutlich, wobei die Letoschnewsche Grundfunktion in den letzten beiden Abschnitten gut sichtbar wird. Im ersten Abschnitt (Klassen 2 bis 5) wird die Schüttlerfunktion durch die Übergabe des Druschgutes mit Hilfe einer Leittrummel erheblich gestört. Der zweite und dritte Abschnitt (Klassen 6 bis 9 bzw. 10 bis 13) gehorchen der exponentiellen Abscheidefunktion, wobei sich nach der Klasse 9 der Anstieg, d. h. die Schüttlerkonstante, ändert. Für die Grenzen dieser drei Abschnitte sind im Bild 4 die Körnerabschleudewerte, bezogen auf die dem Schüttler zugeführten Körnermassen, dargestellt. Es wird deutlich, daß bereits im ersten Schüttlerabschnitt die Kornabscheidung des Mehrtrommeldreschwerks gegenüber dem Eintrommeldreschwerk sinkt und dieser Einfluß über alle Schüttlerabschnitte erhalten bleibt. Dabei ist zu beachten, daß der Kornabschleudegrad etwa proportional mit dem Restkornanteil  $KR_1$ , der auf den Schüttler gelangt, sinkt. Die Schüttlerabschnitte 2 und 3 werden hingegen von dem ihnen angebotenen Restkornanteil nicht beeinflusst, lediglich vom Strohdurchsatz am jeweiligen Abschnitt. Im Bild 5 wird das durch die Abhängigkeit der Schüttlerkonstante  $\alpha$  ausschließlich vom Strohdurchsatz für den zweiten Schüttlerabschnitt nachgewiesen. Damit ergibt sich gleichzeitig die Schlußfolgerung, daß die veränderte Struktur des Gutes infolge der unterschiedlichen Bearbeitung im Ein- oder Zweitrommeldreschwerk keinen sichtbaren Einfluß auf die Kornabscheidung ausübt. Das bestätigt die diesbezügliche Aussage in [3].

Die Maßnahmen zur Erhöhung der Kornabscheidung im Dreschwerk, wie die Anwendung eines Mehrtrommelsystems, beein-

flussen zwangsläufig auch die übrigen Bewertungsgrößen des Dreschwerks. Wesentlich für die weitere Verarbeitung des durch das Dreschwerk abgeschiedenen Korn-Stroh-Gemisches in der Reinigungseinrichtung ist die Strohaabscheidung. Der Strohaabschleudegrad  $A_S$  des Mehrtrommelsystems liegt bekanntermaßen über dem einer Eintrommeldrescheinrichtung, allerdings ist auch hierbei die Schüttlerabscheidung zu berücksichtigen. Ein Vergleich der untersuchten Varianten (Bild 6) zeigt, daß ein solches Mehrtrommeldreschwerk bei gleicher Baulänge geringfügig günstigere, d. h. niedrigere Werte für die Strohaabscheidung aufweist. Die Ursache dafür ist der verringerte Schüttlerücklauf infolge des kürzeren Schüttlers, dessen positiver Einfluß den erhöhten Strohaabschleudegrad durch die Mehrtrommel-Korb-Kombination überwiegt.

Der Leistungsbedarf der Dreschwerkvarianten wird in der Hauptsache durch die Trommeln bestimmt, wobei nach Bild 7 des Eintrommeldreschwerk eine um rd. 10% niedrigere Leistung benötigt. Eine Erhöhung der Umfangsgeschwindigkeiten des Mehrtrommeldreschwerks führt zu einer weiteren wesentlichen Erhöhung der Leistungsanforderungen.

#### 4. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die vorliegenden Vergleichsuntersuchungen haben unter Laborbedingungen für die angegebenen Konzeptionen und Grundeinstellungen der Dreschwerke gezeigt:

- Mehrtrommeldreschwerke führen trotz wesentlich erhöhter Kornabscheidung vor dem Schüttler zu keiner wesentlichen Senkung der Körnerverluste nach dem Schüttler bzw. möglichen Durchsatzserhöhung des Dreschwerks. Unter Beachtung der Baulänge der Dreschwerke bringt ein Mehrtrommeldreschwerk keine Vorteile in der Gesamtkornabscheidung.
- Die Strohaabscheidung liegt bei vergleichbarer Baulänge für das gesamte Dreschwerk bei der Mehrtrommelvariante geringfügig unter den Werten des Eintrommeldreschwerks, da die erhöhte Strohaabscheidung des Mehrtrommelsystems durch den Einfluß des verkürzten Schüttlerücklaufs überwogen wird.
- Der Leistungsbedarf des Mehrtrommeldreschwerks liegt rd. 10 % über dem des Eintrommeldreschwerks im untersuchten Durchsatzbereich.
- Der Beschädigungsgrad der Körner liegt für

beide Dreschwerke in der Grundeinstellung im gleichen Bereich.

- Eine weitere Erhöhung der Kornabscheidung vor dem Schüttler durch eine höhere Umfangsgeschwindigkeit der Trommeln im Mehrtrommeldreschwerk und die damit verbundene Senkung der Schüttlerverluste gegenüber dem Eintrommeldreschwerk erfordert einen wesentlich größeren Leistungsbedarf und erhöht sprunghaft den Beschädigungsgrad der Körner.

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen führen zu den folgenden Schlußfolgerungen:

- Ein Mehrtrommeldreschwerk der untersuchten Gesamtkonzeption stellt gegenüber dem Eintrommeldreschwerk keine echte Alternativlösung zur Leistungssteigerung dar, da bei gleicher Baulänge keine gesicherte Körnerverlustsenkung nachweisbar ist.
- Der Hordenschüttler reagiert auf eine stark reduzierte Restkornbeaufschlagung durch das Mehrtrommeldreschwerk nur ungenügend, so daß dieser Vorzug des Mehrtrommelsystems im Gesamtsystem nicht zur Wirkung kommt.
- Dieser Verhaltensweise des Schüttlers muß bei weiteren Maßnahmen zur Intensivierung der Kornabscheidung vor dem Schüttler die notwendige Aufmerksamkeit geschenkt werden.

#### Literatur

- [1] Kugler, K.: Leistung und technischer Aufwand von Mähdreschern mit Mehrtrommeldreschwerken. *agrartechnik* 26 (1967) H. 12, S. 573—576.
- [2] Letoschnew, M. N.: *Landwirtschaftliche Maschinen, Theorie, Berechnung, Konstruktion und Untersuchung*. Moskau 1955, S. 422—423.
- [3] Reed, W. B.: A laboratory study of grain-straw Separation (Laboruntersuchungen der Trennung von Korn und Stroh). *Transactions of the ASAE* (1974) S. 452—460.
- [4] New Holland setzt auf Zentrifugalabscheider. *Landmaschinenrundschau* (1977) H. 4.
- [5] Gozman, G. I.; Morosov, A. F.: *Osnovnye napravlenija v sovremennom kombajnstrojenii* (Hauptrichtungen im heutigen Mähdrescherbau). *Mechanizacija i elektrifikacija soc. sel'skogo chozjajstva* (1972) H. 12, S. 13—18.
- [6] Žalnin, E. V.; Valimov, V. G.: *Problemy sozdania vysokoproizvoditel'nogo kombajna* (Probleme der Schaffung eines hochleistungsfähigen Mähdreschers). *Mechanizacija i elektrifikacija soc. sel'skogo chozjajstva* (1974) H. 6, S. 5—8.
- [7] Kugler, K.: Der Einfluß der Zuführung des Druschgutes auf einige Bewertungsgrößen des Druschprozesses. *Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden* (1976) H. 5/6, S. 1217—1220.

A 2066

## Einfluß der Schichtung des Reinigungsgemisches auf die Leistungsfähigkeit der Reinigungseinrichtung eines Mähdreschers

Dipl.-Ing. A. Spittel

#### Verwendete Formelzeichen

$AB_i$	%	Abscheidehäufigkeit der Beimengungen	$m_B$	kg	Gesamtmasse der Beimengungen
$AK_i$	%	Abscheidehäufigkeit der Körner	$m_{Bi}$	kg	Masse der Beimengungen in der Abscheideklasse i
KV	%	Kornverlust	$\dot{q}_{RE}$	kg/s · m	spezifischer Durchsatz der Reinigungseinrichtung
$L_A$	mm	Austraglänge	$SAB_i$	%	Summenbeimengungsabscheidung bis zur Abscheideklasse i
$m_K$	kg	Gesamtmasse der Körner	$SAK_i$	%	Summenkornabscheidung bis zur Abscheideklasse i
$m_{Ki}$	kg	Masse der Körner in der Abscheideklasse i			
$m_{KÜ}$	kg	Masse der Körner des Siebüber-			

laufs

$v_z$	m/s	Zuführgeschwindigkeit
$x_K$	%	Kornfeuchtigkeit
$x_S$	%	Strohfeuchtigkeit

#### 1. Problemstellung

Der Mähdrescher als leistungsbestimmende Maschine des Teilmaschinensystems Getreideernte erlangt bei der weiteren Intensivierung der Getreideproduktion besondere Be-