

DK 631.354.2.002.237

### Trennen eines Korn-Stroh-Gemenges mittels eines frei angeströmten Rechens

Von **Wolfgang Baader** und **Heinrich Peters**, Braunschweig-Völkenrode

Das Trennen von Korn und Stroh unter Verwendung von Einrichtungen, die nach dem Schwingförderprinzip arbeiten, wird beim Mähdrescher durch feldbedingte Einflüsse, wie Stroh- und Kornfeuchte, Grüngutbesatz, Durchsatzschwankungen und Maschineneigung, sehr erschwert. Auch der Raumbedarf solcher Trennelemente ist verhältnismäßig groß. Diese Nachteile lassen sich weitgehend ausschalten, wenn man den aus dem Dreschwerk mit hoher Geschwindigkeit und in dünner Schicht austretenden Korn-Stroh-Strom auf eine schnell rotierende Scheibenwalze leitet, die das Stroh umlenkt, die Körner aber größtenteils zwischen den Scheiben durchtreten läßt, so daß sie anschließend aufgefangen werden können. Da diese Walze gleichzeitig die Aufgaben der üblichen Strohleittrommel übernimmt, dürfte sie sich auch für den Einbau in Mähdreschern konventioneller Bauart eignen.

Bei Mähdreschern üblicher Bauart werden die ausgedroschenen Körner größtenteils bereits in der Dreschvorrichtung vom Stroh getrennt. Um auch den Restkornanteil zu gewinnen, der je nach Betriebsbedingungen zwischen 0,5 und 40 % der insgesamt aufgenommenen Körner betragen kann, wird nach wie vor der Hordenschüttler verwendet. Obwohl dieses Trennelement verhältnismäßig viel Raum beansprucht und seine Trennwirkung sehr stark von verschiedenen einsatzbedingten Einflußgrößen (wie Strohdurchsatz, Strohfeuchte, Grüngutbesatz und Maschineneigung) abhängt, wird ihm vor allen anderen bisher vorgeschlagenen Lösungen der Vorzug gegeben. Denn der Hordenschüttler garantiert bei den verschiedenen Betriebsbedingungen, unter denen heute ein Mähdrescher zu arbeiten hat, einen sicheren Materialfluß und erfüllt, obgleich nicht immer befriedigend, die Aufgabe, aus dem Stroh die Restkörner zu trennen.

Wenn es bisher auch nicht gelang, den Hordenschüttler voll zu ersetzen, so sagt dies nicht, daß es an Versuchen fehlte, ihn dadurch zu entlasten, indem man anstrebte, einen möglichst großen Anteil der im Stroh verbliebenen Körnermenge noch vor dem Schüttler abzuschneiden. Bei allen Verfahren, die zu diesem Zwecke in Betracht gezogen werden können, muß gewährleistet sein, daß

- die Strohmatten für das Korn durchlässig ist,
- zwischen Korn und Stroh Kräfte wirken, die eine Relativbewegung der beiden Komponenten auslösen und
- Korn und Stroh kontinuierlich transportiert werden.

Da sich die zu trennenden Komponenten des Gemenges in Form und Größe wesentlich unterscheiden, liegt es nahe, als Trennfläche einen für die Körner durchlässigen rechenartigen Rost zu benutzen.

#### 1. Trennen an einem starren Rechen

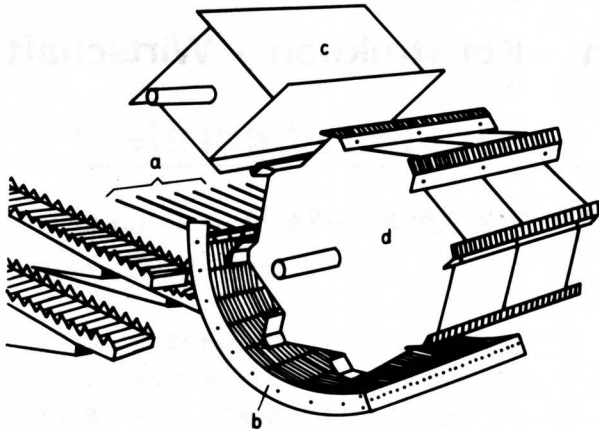
Ein solcher Rechen, *a* in **Bild 1**, befindet sich bei den meisten Mähdreschern hinter dem Dreschkorb *b*. Das aus dem Dreschwerk mit einer Geschwindigkeit von 14 bis 18 m/s und in dünner Schicht von 6 bis 12 mm Dicke austretende Korn-Stroh-Gemenge wird zunächst von einer Leittrommel *c* durch Umlenken aus dem Wirkungsbereich der Dreschtrommel *d* herausgeführt und anschließend gegen den Rechen *a* geschleudert. Dieser soll einen Teil der

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die für die Durchführung dieser Arbeit die Mittel bereitgestellt hat, sei an dieser Stelle besonders gedankt.

*Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Baader ist Direktor des Instituts für Landmaschinenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode. Ing. (grad.) Heinrich Peters ist Versuchsingenieur in demselben Institut.*

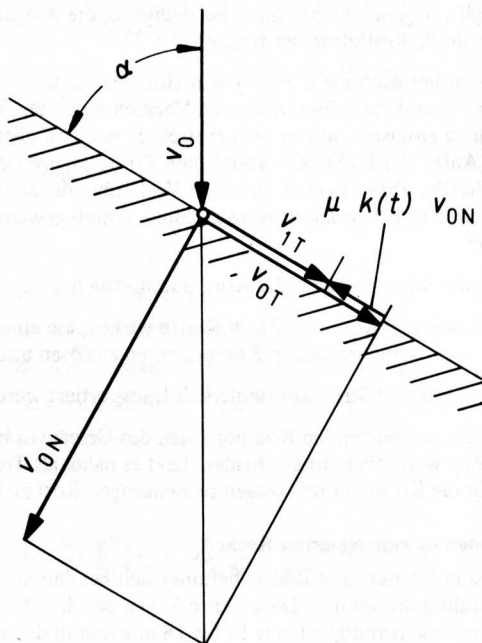
**Bild 1.** Anordnung eines starren Trennrechens am Dreschkorbausgang.

- a Rechen
- b Dreschkorb
- c Leit- oder Umlenktrummel
- d Dreschtrommel



Restkörner abscheiden, während der übrige Gemengestrom auf den nachfolgenden Schüttler umgelenkt wird. Die Trennwirkung eines solchen Rechens hängt nun, wie im folgenden gezeigt wird, sehr stark von dem Winkel, unter dem der Gutstrom auftritt, von der Auftreffgeschwindigkeit, der Stromdichte, der Größe der Aufprallzone und vor allem von der Reibungszahl zwischen Stroh und Rechen ab.

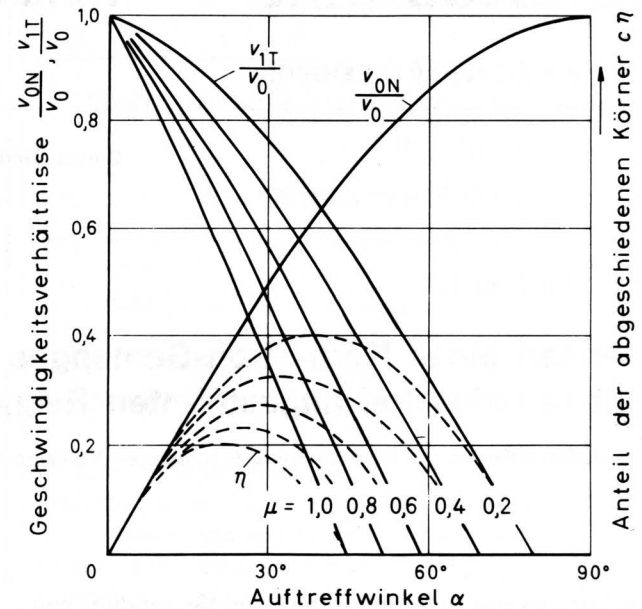
Stellt man sich das Stroh als vollplastische Einzelmasse vor – eine Vereinfachung, die für eine qualitative Analyse der Bewegungsvorgänge als zulässig erachtet wird –, dann kann man die Geschwindigkeit  $v_0$  beim Auftreffen in eine normal und in eine tangential zur Aufprallfläche gerichtete Komponente aufteilen, Bild 2. Während die Normalgeschwindigkeit  $v_{0N}$  in einer endlichen Zeitspanne, die von dem Verformungsgesetz des jeweiligen Materials abhängt, bis zur Ruhe abgebremst wird, verringert sich während derselben Zeit die Tangentialgeschwindigkeit  $v_{0T}$  auf einen Wert



**Bild 2.** Geschwindigkeitsplan für eine schräg auf eine Ebene auftreffende plastische Masse.  
Erläuterung der Größen im Text

**Bild 3.** Einfluß des Auftreffwinkels  $\alpha$  und der Reibungszahl  $\mu$  auf die normal zur Trennebene gerichtete Komponente der Auftreffgeschwindigkeit  $v_{0N}$  und die nach dem Auftreffen verbleibende Geschwindigkeit  $v_{1T}$  nach Bild 2.

Die gestrichelten Linien geben näherungsweise die entsprechende Abhängigkeit des Anteils  $\eta$  der abgeschiedenen Körner wieder, wenn ein Korn-Stroh-Strom auf einen für die Körner durchlässigen ebenen Rechen auftrifft ( $c$  ist ein Proportionalitätsfaktor).



der Endgeschwindigkeit

$$v_{1T} = v_0 (\cos \alpha - \mu k(t) \sin \alpha),$$

mit  $\alpha$  als dem Auftreffwinkel,  $\mu$  der Reibungszahl,  $k(t)$  dem zeitlichen Verlauf des Verhältnisses des Zeitintegrals der Normalkraft  $N(t)$  zum Anfangsimpuls  $mv_0$ .

Die unmittelbar nach dem Umlenkvorgang auftretende Geschwindigkeit  $v_{1T}$  wird also von dem Verlauf  $k(t)$  der beim Abbremsen der Normalgeschwindigkeit induzierten Normalkraft  $N(t)$  und der Reibungszahl  $\mu$  bestimmt. Ihre Abhängigkeit von dem Auftreffwinkel  $\alpha$  ist in Bild 3 dargestellt.

Trifft ein Korn-Stroh-Gemenge auf den Umlenkrechen, so wird die Strohgeschwindigkeit in Normalrichtung abgebremst und durch die Verzögerung die zum Trennen der Komponenten nötigen Kräfte ausgelöst. Es kann daher angenommen werden, daß sich die Trennwirkung mit der Normalgeschwindigkeit des Strohes erhöht, sofern die Durchlässigkeit der Strohmatte für die eingelagerten Körner gewährleistet ist. Dies bedeutet aber, daß während des Umlenkvorganges möglichst wenig Stroh die Weiterbewegung der Körner in Aufprallrichtung behindern darf, was um so besser erreicht wird, je größer die Strohgeschwindigkeit  $v_{1T}$  nach dem Umlenken ist. Hiernach ergibt sich die auf sehr vereinfachende Annahmen beruhende, jedoch für eine qualitative Aussage ausreichende Beziehung für den Abscheide- bzw. Trennerfolg  $\eta$  eines starren Rechenrostes zu

$$\eta \approx v_{0N} v_{1T}.$$

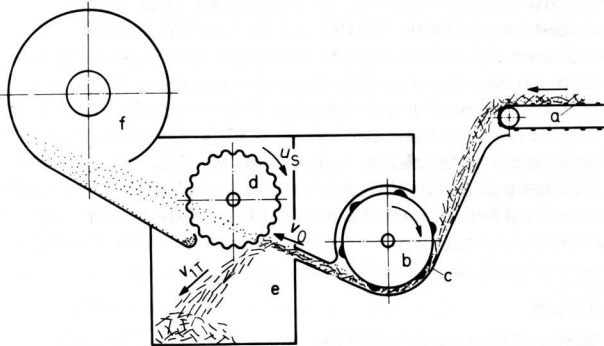
Bild 3 zeigt den Zusammenhang zwischen  $\eta$  und dem Auftreffwinkel  $\alpha$  für verschiedene Reibungszahlen  $\mu$ . Dieser Verlauf der Abscheidekennlinie ergab sich ebenfalls bei Versuchen, die von S.P. Bublik [1], wie auch vom Verfasser [2] ausgeführt wurden. Es gibt somit für einen bestimmten Auftreffwinkel  $\alpha$  ein Abscheidungsmaximum, dessen Wert mit abnehmender Reibungszahl  $\mu$  größer wird.

Diese grobe Analyse läßt bereits erkennen, daß diesem Trennverfahren von seiten des Reibwertes sehr enge Grenzen gesetzt sind, was eine erfolgversprechende Verwendung unter den im Feld-einsatz sehr wechselnden Betriebsbedingungen weitgehend ausschließt.

## 2. Trennen mit einem bewegten Rechen

Die genannten Überlegungen führen zu dem Schluß, daß eine entscheidende Verbesserung erzielbar wäre, wenn die Reibung zwischen Gut und Trennelement beseitigt wird, d.h. eine bestimmte Endgeschwindigkeit  $v_{1T}$  Timmer vorhanden ist. Dies kann z.B. durch Bewegen der Trennfläche in Flußrichtung des umgelenkten Strohmastes, also in Richtung von  $v_{1T}$ , erreicht werden.

Die Abscheidewirkung einer solchen Anordnung ist um so größer, je dünner der auftreffende Gemengestrom ist und somit Körner und Strohhalme – in der Bewegungsebene betrachtet – mehr hintereinander als nebeneinander angeordnet sind. Die Körner können dann nach Umlenkung des Strohes ungehindert ihre Bewegungsrichtung beibehalten, sofern sie nicht auf Rostelemente treffen und dann von diesen ebenfalls umgelenkt werden. Der Anteil der auf diese Weise fehlgeleiteten Körner hängt also davon ab, wieviel Rostelemente vorhanden sind und wie groß die projizierte Fläche der Elemente senkrecht zur Richtung des Körnerstromes ist.



**Bild 4.** Aufbau des Versuchsaufbaus zur Untersuchung der Arbeitsweise einer Scheibenwalze.

- a Förderband
- b Schlagleisten- oder Beschleunigungstrommel
- c Mantel des Dreschkorbs
- d Scheibenwalze
- e Auffangbehälter für Stroh
- f Luftabscheider

Die Vorteile dieses Trennprinzips konnten durch Versuche nachgewiesen werden. Um eine Bewegung innerhalb der Trennfläche leicht verwirklichen zu können, wurde der Trennrost als Scheibenwalze ausgebildet. Diese bestand aus einer größeren Anzahl runder, planparalleler ebener Scheiben, die mit konstantem Abstand auf einer Welle aufgereiht waren. Das wellenförmige Umfangsprofil jeder Scheibe gewährleistete eine formschlüssige Bewegungsübertragung von der rotierenden Scheibe auf den Strohstrom, **Bild 4**. Der Korn-Stroh-Gemengestrom wurde so gegen die Scheibenwalzen geführt, daß die Stromrichtung mit der Tangente an der Auftreffstelle nahezu einen rechten Winkel bildete. Der für das Abscheidemaximum theoretisch erforderliche Auftreffwinkel von  $90^\circ$  ist jedoch nicht zu verwirklichen, da der abgeschiedene Körnerstrom an der Scheibenwalzenwelle vorbeigehen muß, um eine Fehlleitung durch Prallkörner auszuschließen.

## 3. Versuche mit einer Scheibenwalze

Das Korn-Stroh-Gemenge wird mit einem Förderband a einer Schlagleistentrommel b zugeführt, die das Gut entlang eines geschlossenen glatten Mantels c auf nahezu Umfangsgeschwindigkeit

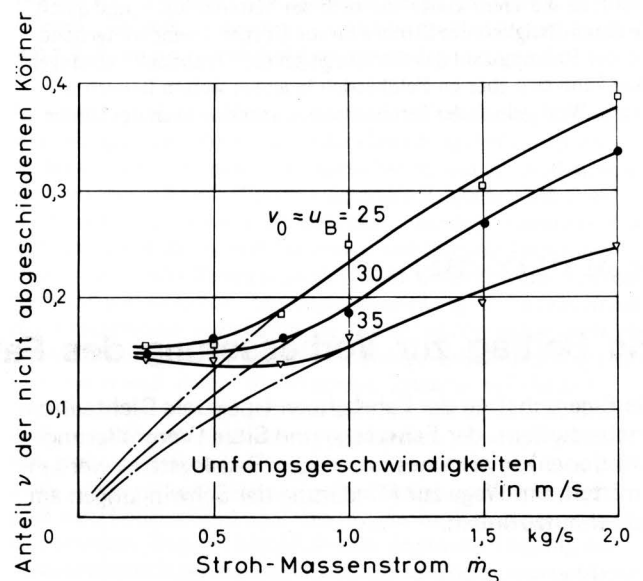
beschleunigt und in dünnem Strom gegen die Scheibenwalze d schleudert. Diese lenkt das Stroh in einen tiefer gelegenen Auffangbehälter e ab, während die Körner ihre ursprüngliche Richtung beibehalten, sich zwischen den Scheiben weiterbewegen und nach Verlust ihrer Bewegungsenergie und Abscheiden der mitströmenden Luft gesammelt werden.

Die Scheibenwalze hatte folgende technische Daten:

Scheibendurchmesser	600 mm,
Scheibendicke	1 mm,
Abstand der Scheiben	40 mm,
Walzenbreite	980 mm,
Umfangsgeschwindigkeit	25 m/s.

Bei den Versuchen sollte festgestellt werden, wie sich Veränderungen der Auftreffgeschwindigkeit des Stroh-Massenstromes, des Korn/Stroh-Massenverhältnisses und des Anteils von Grüngutbeimengungen auf den Trennerfolg auswirken. Als Versuchsgut diente ein Gemenge aus Weizenstroh und Weizenkörnern in lager trockenem Zustand sowie frische Luzerne, die dem Stroh beigemischt wurde.

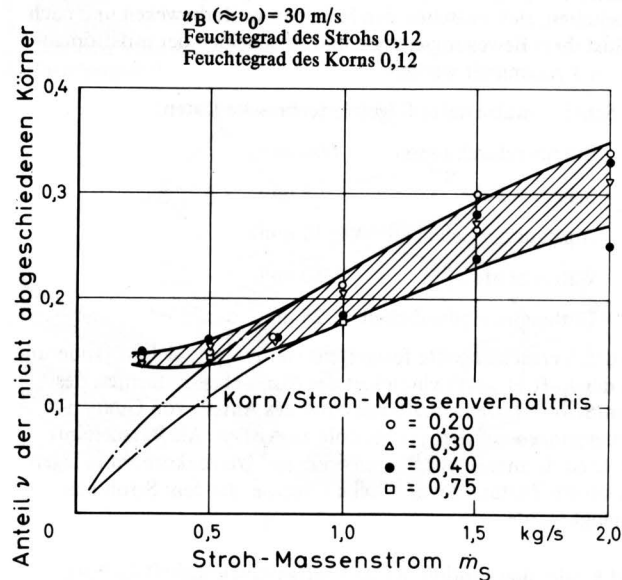
**Bild 5** zeigt den Einfluß der Auftreffgeschwindigkeit  $v_0 \approx u_B$  bei veränderlichem Stroh-Massenstrom  $\dot{m}_S$ . Da das Mantelblech (c in **Bild 4**), das die Schlagleistentrommel im Beschleunigungsbereich umgibt, zur Außenbahn der Schlagleisten einen Abstand von nur 12 mm hatte, kann man annehmen, daß die Auftreffgeschwindigkeit  $v_0$  des Gemengestromes etwa der Umfangsgeschwindigkeit  $u_B$  der Beschleunigungstrommel entspricht. Wie erwartet, nimmt der Anteil  $\nu$  der nicht abgeschiedenen Körner mit zunehmender Auftreffgeschwindigkeit  $v_0$  ab. Da es sich nicht vermeiden läßt, daß einzelne Körner auf den Scheibenumfang auf treffen, kann auch bei sehr geringer Strohbelastung ein bestimmter Anteil nicht abgeschiedener Körner nicht unterschritten werden. Wird der Stroh-Massenstrom erhöht, so wächst auch der Anteil der nicht abgeschiedenen Körner. Dieser Anteil ließe sich sicherlich bei einer Vergrößerung des Scheibenabstandes noch senken, was allerdings eine größere Menge fehlgeleiteten Strohes zur Folge hätte.



**Bild 5.** Einfluß der Auftreffgeschwindigkeit  $v_0$  ( $\approx$  Umfangsgeschwindigkeit  $u_B$  der Beschleunigungstrommel) und des Stroh-Massenstromes  $\dot{m}_S$  auf den Trennerfolg einer Scheiben-Trennwalze.

Korn/Stroh-Massenverhältnis 0,4  
 Feuchtegrad des Strohs 0,12  
 Feuchtegrad des Kornes 0,12

**Bild 6.** Einfluß des Korn/Stroh-Massenverhältnisses und des Stroh-Massenstromes  $\dot{m}_S$  auf den Trennerfolg einer Scheiben-Trennwalze.



Eine weitere Versuchsreihe sollte den Einfluß des Kornanteils auf den Trennerfolg feststellen. Nach den in **Bild 6** dargestellten Ergebnissen ist ein solcher Einfluß jedoch nicht mit Sicherheit nachweisbar.

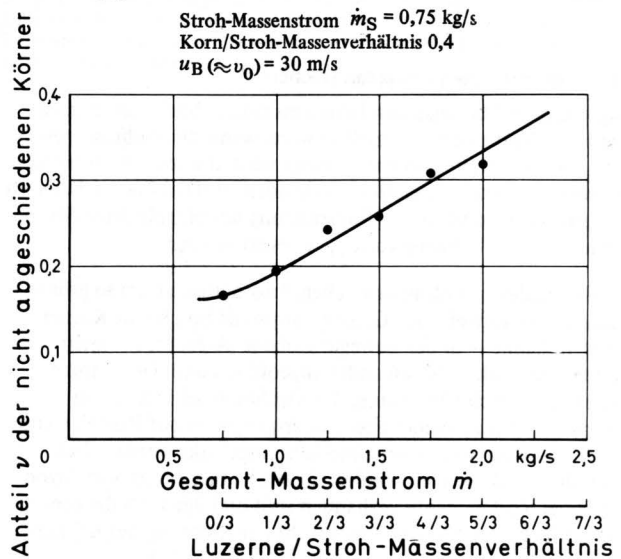
Die Versuche mit Grüngutbeimengung, **Bild 7**, ließen erkennen, daß selbst bei blattrreichem und sehr feuchtem Fremdbesatz die Abscheidung nicht anders beeinflußt wird als bei der Bearbeitung von trockenem Stroh, vgl. **Bild 5**.

#### 4. Zusammenfassung

In dem Bestreben, die große Empfindlichkeit des Mährescher-Hordenschüttlers gegenüber feldbedingten Einflußgrößen herabzusetzen, wie auch die Nachteile zu vermindern, die sich aus dem großen Raumbedarf dieses Trennelementes ergeben, wurde die Wirkungsweise einer Trenneinrichtung in Form eines Rechenrostes untersucht. Es konnte nachgewiesen werden, daß ein frei angeströmter starrer Rechenrost die gestellte Aufgabe nur bedingt erfüllt, da die Trennkraft wie auch der Materialfluß – und damit die Durchlässigkeit des Strohes für die Körner – sehr weitgehend von der Reibungszahl des Strohes gegen die Trennfläche abhängen; diese kann sich aber im Feldbetrieb in einem weiten Bereich bewegen. Wird jedoch der Strohstrom unmittelbar nach der Umlen-

**Bild 7.** Trennerfolg einer Scheiben-Trennwalze bei einer Beaufschlagung mit einem Gemenge aus frischer Luzerne, Weizenstroh und Weizenkörnern.

Dem konstanten Stroh-Massenstrom wurde eine veränderliche Menge Luzerne beigegeben.



kung auf einer Geschwindigkeit gehalten, die mindestens der Auftreffgeschwindigkeit entspricht, und sorgt man dafür, daß der Gemengestrom in dünner Schicht auf die Trennfläche trifft, so läßt sich eine sichere Trennung von Körnern und Stroh erreichen. Ein hiernach als rotierende Scheibenwalze ausgeführter Rechen zeigte in Laborversuchen sehr günstige Trenneigenschaften, die zu der Annahme berechtigen, daß auf diese Weise eine wesentliche Verbesserung herkömmlicher Mährescher zu erzielen ist, zumal die Scheibenwalze in der beschriebenen Form gleichzeitig die Aufgabe der Strohleittrommel übernehmen kann. Durch Hintereinanderschalten mehrerer Scheibenwalzen wäre u.U. eine Trennwirkung möglich, die einen Schüttler erübrigen würde.

#### Schrifttum

- [1] *Bublik, S.P.*: Opređenje Osnovnych Parametrov Processa Separacii Grubogo Vorocka. (Bestimmung der Grundparameter des Trennprozesses in Getreidedreschmaschinen; Orig. russ.). *Mechanizacija i Elektrifikacija* (1963) Nr. 2, S. 15/17.
- [2] *Baader, W., u. H. Meier*: Untersuchungen an rechenartigen Elementen zum Trennen von Korn und Stroh (unveröffentlicht). Gottmadingen: Maschinenfabrik Fahr AG 1965.

DK 631.372:621-752

## Ein Beitrag zur Verbesserung des Fahrkomforts auf Ackerschleppern

Die Eigenschaften der Fahrbahnen (spektrale Dichte ihrer Unebenheiten), der Fahrzeuge und Sitze (Vergrößerungsfunktionen) sowie eines neuartigen Regelsystems werden ermittelt, um Wege zur Minderung der Schwingungen am Fahrer aufzufinden.

Da Ackerschlepper mit ungefederten Achsen ausgerüstet sind und besonders schlechte und unebene Fahrbahnen befahren müssen, ist die Schädigungsgefahr für Fahrer und Maschine entsprechend groß. Außer dem zwangserregten Schwingungssystem Schlepper – Sitz – Fahrer werden die schwingungserregenden Unebenheiten der Fahrbahnen als Ausgangspunkt rechnerisch und experimentell analysiert. Die Untersuchung von Abhängigkeiten verschiedener Einflußfaktoren und die Verknüpfung von Wechselbeziehungen, wie in **Bild 1** gezeigt, werden vorgenommen, um Aussagen im vorerwähnten Sinne zu ermöglichen.

Reihe 14 Nr. 8 der Fortschr.-Ber. VDI-Z. gibt den vollen Wortlaut der Arbeit als Manuskript gedruckt wieder. 141 Seiten, 159 Bilder, Preis 35,- DM. Bestellungen an die VDI-Verlag GmbH, 4 Düsseldorf 1, Postfach 1139. Kein Artikel des Buchhandels.