

Der wesentliche Rationalisierungsvorteil durch das EDV-Planungssystem ist darin zu sehen, daß:

- wichtige Entscheidungen bei Planabweichungen rechtzeitig getroffen werden können,
- sehr kostenintensive Maßnahmen in den nachfolgenden Bereichen wie Materialwirtschaft, Herstellung und Vertrieb vermieden werden,
- strategische Ziele des Gesamtunternehmens termingerecht erreicht werden können und
- das Planungssystem für den Entwicklungs- und Konstruktionsbereich schlagkräftig, d.h. aktuell, flexibel und leicht zu handhaben ist.

Wesentlich bei der Einführung eines Planungssystems im Entwicklungs- und Konstruktionsbereich ist die Beteiligung der planenden und ausführenden Mitarbeiter, damit psychologische Hemmnisse rechtzeitig erkannt und abgebaut werden können.

## Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [ 1 ] ● Pahl, G. und W. Beitz: Konstruktionslehre. Berlin/Heidelberg: Springer Verlag 1977.
- [ 2 ] VDI-Richtlinie 2222, Blatt 1: Konzipieren technischer Produkte. Berlin/Köln: Beuth-Verlag 1977.
- [ 3 ] Reinking, J.: TERMIKON – Leistungsspektrum, Arbeitsweise und Benutzeranpassung. In: Warnecke, H.J., R. Hichert und A. Voegelé: Planung in Entwicklung und Konstruktion. Band 52 der Reihe Kontakt und Studium, Grafenau: Expert Verlag 1980.

# Einrichtungen zur Kornabscheidung im Mähdrescher

Von Heinz Dieter Kutzbach und  
Werner Hendrik Grobler, Stuttgart-Hohenheim\*)

Professor Dr.-Ing. Hans Jürgen Matthies zum 60. Geburtstag

DK 631.354.2:631.361.025

Die Anforderungen an die Stofftrennung im Mähdrescher sind durch die Zunahme der Flächenerträge und einen vermehrten Anbau in Hanglagen stark angestiegen. Die heute im allgemeinen für die Korn-Stroh- und Korn-Spreu-Trennung verwendeten Trennelemente Hordenschüttler und Reinigung können wegen der festliegenden äußeren Mähdrescherabmessungen kaum noch vergrößert werden. Ihre Trennwirkung ist außerdem stark abhängig von der Neigung der Siebfläche. Eine deutliche Verbesserung der Stofftrennung im Mähdrescher wird deshalb vor allem aus der Entwicklung von Verfahren erwartet, die über die Fallbeschleunigung hinaus mit zusätzlichen Beschleunigungsfeldern arbeiten. Im vorliegenden Beitrag sind verschiedene für den Einsatz im Mähdrescher vorgeschlagene Bauformen zusammengestellt.

## 1. Einleitung

Im Mähdrescher wird das vom Schneidwerk abgeschnittene Erntegut zum Dreschaggregat gefördert und dort entkörnt. Aus dem Gemisch aus Körnern, Stroh, Ähreanteilen und Kurzstroh wird das Korn abgetrennt, wofür heute überwiegend Hordenschüttler und luftdurchströmte Schwingsiebe verwendet werden. In zwei Stufen werden dabei zuerst auf dem Schüttler die noch im Stroh verbliebenen Körner abgetrennt und dann auf dem Schwingsieb die auf dem Schüttler mitabgeschiedenen Nichtkornbestandteile entfernt.

\*) Prof. Dr.-Ing. H.D. Kutzbach war von 1967 bis 1971 Mitarbeiter von Herrn Prof. Dr.-Ing. H.J. Matthies am Institut für Landmaschinen der TU Braunschweig und ist jetzt Inhaber des Lehrstuhls für Grundlagen der Landtechnik des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim. Dipl.-Ing. W.H. Grobler ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sonderforschungsbereich 140 (Fachgebiet Grundlagen der Landtechnik).

Die Arbeitsqualität dieser Verfahren ist nur in einem bestimmten Durchsatzbereich und bei guter horizontaler Ausrichtung des Mähdreschers ausreichend; bei größeren Durchsätzen steigen die Verluste stark an. Bei feuchtem Erntegut, beispielsweise bei der Maisernte, neigen die Trennelemente zudem zum Zusetzen der Sieböffnungen.

Beide Bauelemente, Schüttler und Schwingsiebe, sind heute weitgehend konstruktiv optimiert und können bei den größeren Maschinen in ihren Siebflächen kaum noch vergrößert werden. Es gibt zwar noch gewisse Leistungsreserven in der Gebläseauslegung und einer verbesserten Feinabstimmung von Luftstrom und Siebkinematik, doch kann davon keine grundsätzliche Beseitigung der angesprochenen Nachteile wie beispielsweise der Hangempfindlichkeit erwartet werden. Eine deutliche Verbesserung der Stofftrennung im Mähdrescher ist deshalb vor allem aus der Untersuchung und Entwicklung neuer Verfahren zu erwarten.

Im folgenden Beitrag werden verschiedene im Schrifttum und im Patentwesen vorhandene Vorschläge für die Stofftrennung im Mähdrescher dargestellt; es wurden dabei nur solche Verfahren berücksichtigt, die auf einem Größenvergleich der zu trennenden Stoffe beruhen. Bei der Darstellung dieser Verfahren wurde bewußt auf die Unterscheidung in die bisherigen Aufgaben von Schüttler und Reinigung verzichtet, da die erzielbare Trennschärfe dieser Verfahren meist nicht bekannt ist. Obwohl eine saubere Trennung von Spreu, Halmknoten und Körnern ohne Luftunterstützung kaum erreichbar ist, sollen hier die Windsichtverfahren nicht beschrieben werden. Diese reichen auch allein für eine Trennung nicht aus, da sich die Schwebegeschwindigkeiten der Gemischbestandteile überschneiden. Jedes der gezeigten Siebverfahren kann jedoch mit den verschiedenen Formen der Windsichtung kombiniert werden.

## 2. Anforderungen an die Kornabscheidung

Der Mähdrescher wird heute als Erntemaschine für eine Vielzahl unterschiedlicher Pflanzenarten sowohl bei extrem trockenen als auch bei feuchten Erntebedingungen eingesetzt. Daraus leiten sich die folgenden, teilweise schwer zu erfüllenden Anforderungen an die Bauelemente zur Kornabscheidung ab:

1. Eignung für alle Druschfrüchte auch bei feuchtem Gut  
Ohne größere Umrüstungsarbeiten muß der Mährescher für stark unterschiedliche Produkte wie Grassamen und Sonnenblumenkörner geeignet sein. Auch bei feuchtem Erntegut wie zum Beispiel in der Maisernte mit bis zu 50 % Gutfeuchte dürfen sich die Trennflächen nicht zusetzen.
2. Geringer durchsatzbezogener Raumbedarf  
Die äußeren Abmessungen des Mähreschers können kaum noch vergrößert werden. Der Raumbedarf der heutigen Hordenschüttler ist sehr groß, eine verbesserte Kornabscheidung müßte auf den Durchsatz bezogen einen geringeren Raumbedarf haben.
3. Hangunempfindlichkeit  
Bis zu einer Neigung von etwa 50–100 gegenüber der Horizontalen sollte bei voller Kapazität und ohne starken Anstieg der Körnerverluste gearbeitet werden können.
4. Geringer durchsatzbezogener Leistungsbedarf  
Ein höherer Leistungsbedarf führt neben den Kraftstoffkosten zu erhöhten Kosten für die dann zu installierende Motorleistung.
5. Einfache, klar verständliche oder automatische Einstellung  
Der Mährescherfahrer ist durch die Bedienung der Maschine schon stark beansprucht und sollte von einer laufenden Überwachung der Kornabscheideeinrichtungen entlastet werden.
6. Unempfindlichkeit gegenüber Durchsatzschwankungen  
Im Ernteeinsatz lassen sich Durchsatzschwankungen, zum Beispiel am Feldende oder bei Lagergetreide, nicht vermeiden. Diese Schwankungen sollten nicht wie bei konventionellen Reinigungsanlagen zu erhöhten Körnerverlusten führen.

### 3. Vorschläge für die Stofftrennung im Mährescher

#### 3.1 Trennkriterien

Aus dem Schrifttum und dem Patentwesen ist eine Vielzahl von Verfahrensvorschlägen für die Stofftrennung im Mährescher bekannt, die fast ausschließlich auf den Merkmalen Größe, Masse, Prallverhalten, Dichte und Reibverhalten oder deren Kombination beruhen. Andere Trennkriterien, wie beispielsweise elektrische Eigenschaften, werden zwar häufig diskutiert, scheinen aber zur

Zeit kaum aussichtsreich. Das Sortieren nach der Dichte in einer Flüssigkeit ist wegen der Benetzung der Körner ungeeignet. Die Trennung aufgrund der unterschiedlichen Elastizität der Gemischbestandteile arbeitet nur bei weitgehend runden Körnern hinreichend genau.

Eine einzelne Trennmethode allein reicht für die beim Mähdrusch geforderte Trennschärfe und Reinheit in der Regel nicht aus. Aus diesem Grund werden meist mehrere Verfahren kombiniert – beim luftdurchströmten Schwingsieb zum Beispiel ein Größenvergleich an der Sieböffnung mit einem Sichtvorgang im Luftstrom. Die unterschiedliche Kombination und konstruktive Anwendung der verschiedenen Trennmethode führt zu den verschiedenen möglichen Bauformen und Varianten der Stofftrennung im Mährescher.

#### 3.2 Übersicht über die Bauformen

Bild 1 zeigt eine Reihe der bekannten, auf einem Größenvergleich beruhenden Grundvarianten der Kornabscheidung im Mährescher. Die Verfahren sind nach Form und Bewegung der Trennfläche (eben; unbewegt, gekrümmt; bewegt, gekrümmt) und den unterschiedlichen Hilfsmitteln für Guttransport und Gutschichtauflöcherung eingeteilt. Der Trenneffekt der Verfahren a–d beruht überwiegend auf der Wirkung der Fallbeschleunigung. Bei den weiteren Verfahren wirken zusätzliche Beschleunigungen aufgrund der rotierenden Trennelemente. Bauformvarianten, die sich aus der Lage (horizontal, schräg, vertikal) und der Siebform (zylindrisch, konisch) der Bauelemente ergeben, wurden nicht gesondert dargestellt. Ebenso wurde auf eine Darstellung von Varianten verzichtet, die allein durch eine geänderte Anordnung der Aggregate im Mährescher entstehen. So wäre eine Kornabscheidung in direkter Verlängerung des Dreschaggregates oder dieses umschließend durchaus denkbar. Daneben gibt es Vorschläge, die eine Anordnung im Schrägförderer im Anschluß an ein Dreschaggregat im Mähtrisch vorsehen. Eine Änderung der vor allem historisch entstandenen Aggregatanordnung heutiger Mährescher – z.B. Reinigung im unteren Teil, schwerer Korntank im oberen Teil – könnte aber zu einer Leistungssteigerung des Mähreschers bei gleichem Bauvolumen beitragen.

Ergänzende Übersichten über die verschiedenen Formen von Siebmäschinen und Windsichtverfahren im Bereich der Verfahrenstechnik sind in den Arbeiten von Wessel [1, 2, 3] sowie Rumpf u. Leschonski [4] enthalten.

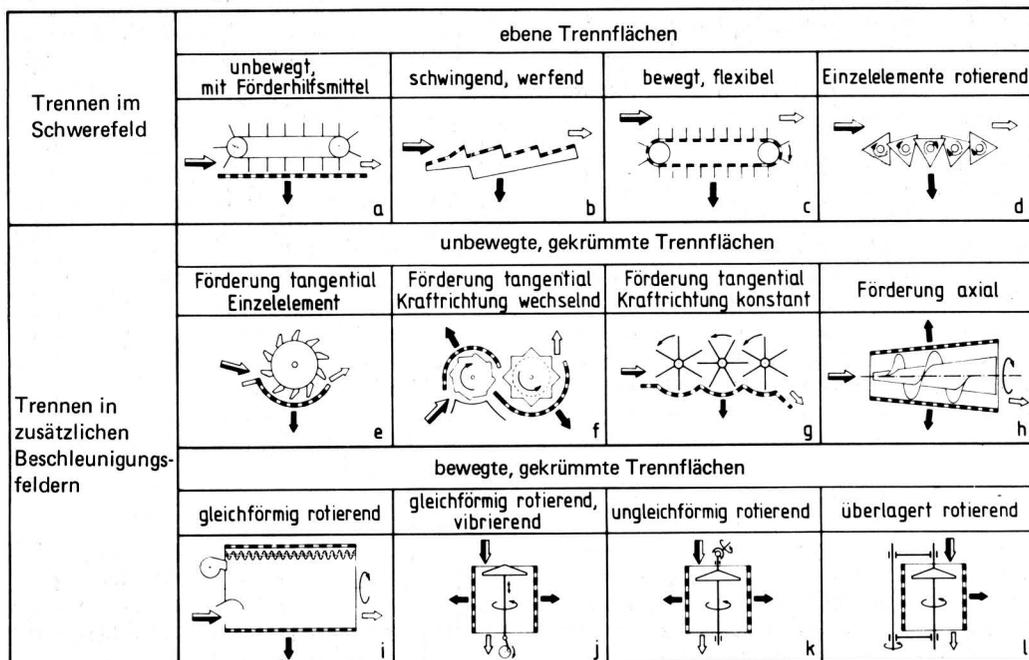
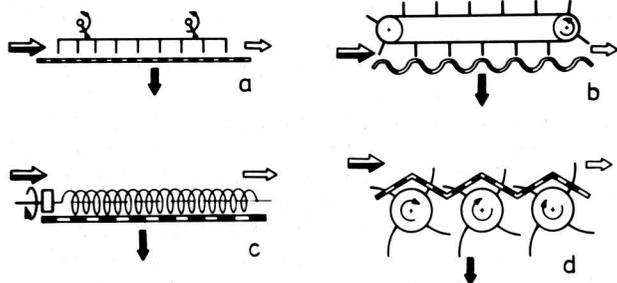


Bild 1. Trennsysteme zur Kornabscheidung durch Größenvergleich.

### 3.3 Ebene Trennflächen

Bild 1a zeigt eine Version der Verfahren mit ebenen, unbewegten Trennflächen. Bei diesen Verfahren wird das Gut mit Förderhilfsmitteln, meist Zinkenförderern wie in Bild 1 a und Bild 2a, über die Trennfläche bewegt. Lösungen dieser Form haben einen großen Raumbedarf, da hier im wesentlichen die Fallbeschleunigung die Trennung bewirkt und die Gutschicht nur ungenügend aufgelockert und umgeschichtet wird. Bei dem Verfahren nach Bild 2b wird das Gut über eine gewellte Trennfläche bewegt; diese kann zusätzlich noch in Vibrationen versetzt werden. Damit soll die Gutschicht aufgelockert und eine verbesserte Körnerabscheidung erreicht werden.

Bei dem Verfahren nach Bild 2c wird die Förder- und Auflockerungswirkung einer drehenden Spirale bzw. Wendel ausgenutzt. Über dieses Verfahren sind keine Versuchsergebnisse bekannt, doch dürften gegenüber dem Hordenschüttler sowohl ein höherer Kurzstrohanteil als auch Festigkeitsprobleme an der Einspannung der Spirale zu erwarten sein. Bei 2d wird das Gut mit von unten durch die Trennfläche arbeitenden rotierenden Zinken gefördert.



**Bild 2.** Verfahren mit unbewegten Trennflächen.

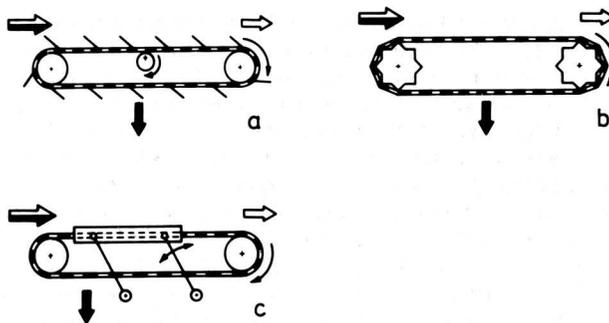
- a u. b nach Fa. Texas Industries [5, 6]
- c nach Fa. Fahr [7]
- d nach H. Schmitt [8]

Zu der Variante 1b mit schwingender Trennfläche gehören die heute gebräuchlichen luftdurchströmten Schwingsiebe und Hordenschüttler, die als bekannte Bauelemente in dieser Übersicht nicht weiter diskutiert werden sollen.

Lösungen mit flexiblen Trennflächen entsprechend der Variante 1c sind im Mährescherbau häufig als Ersatz für den Hordenschüttler vorgeschlagen worden. Mit diesen Verfahren läßt sich ein definierter Guttransport ohne die Unwuchtkräfte des Schüttlers erzielen. Bild 3a zeigt den Zinkenbandschüttler von Glaser, der dieses Verfahren in seiner Dissertation [9] untersucht hat. Die langen Zinken werden dabei aufgrund der starken Umlenkungen an den Tragrollen in Schwingungen versetzt. Dies und eine zusätzliche Zwangserregung durch einen Exzenter verbessern die Abscheidung. Neben der Laborerprobung wurde eine Vorrichtung nach diesem Verfahren in einen Versuchsmährescher eingebaut und im Feldeinsatz untersucht. Die erzielten Ergebnisse wurden mit bereits veröffentlichten Prüfergebnissen von Mähreschern ähnlicher Baugröße verglichen und dabei geringere Verluste des Zinkenbandschüttlers ermittelt. Ein Einsatz dieses Trennverfahrens im Mähreschererienbau ist bis jetzt nicht bekannt geworden.

Andere Verfahren zur Erzeugung von Schwingungen im Siebband, mit denen die Auflockerung der Gutschicht verbessert werden soll, zeigen die Bilder 3b und 3c. Bei 3b wird durch Leisten auf den Trag- und Antriebsrollen eine Schwing- bzw. Schüttelbewegung im Fördertrum erzeugt; bei 3c wird dies durch angetriebene Schwingen erreicht.

Bei der Rostsiegung entsprechend Bild 1d [13] wird das Gut mit Hilfe der rotierenden Rostelemente getrennt und gefördert. Das Verfahren eignet sich vor allem für die Trennung im Grobbereich.

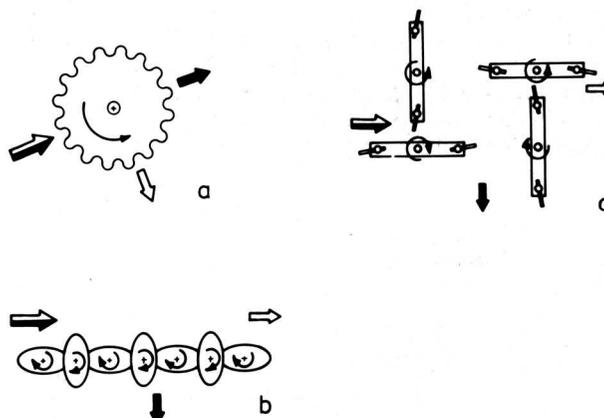


**Bild 3.** Verfahren mit flexiblen Trennflächen.

- a nach F. Glaser [10]
- b nach Fa. Lanz [11]
- c nach Fa. John Deere [12]

Bild 4a zeigt einen von Baader u. Peters [14] untersuchten Scheibenwalzenabscheider. Bei diesem Verfahren ist eine Anzahl runder planparalleler Scheiben mit wellenförmigem Umfangsprofil auf einer Welle aufgereiht und rotiert mit einer Umfangsgeschwindigkeit von 25 m/s. Aufgrund der erzielten guten Abscheideleistung der Scheibenwalze könnte nach Ansicht von Baader u. Peters eine Hintereinanderschaltung mehrerer Scheibenwalzen unter Umständen den Hordenschüttler ersetzen.

Bild 4b zeigt einen Rost mit parallelen elliptisch geformten Scheiben, der von Kolesenkov u. Balasov [15] untersucht wurde. Die Scheiben einer Welle greifen in die Zwischenräume zwischen den um 90° phasenversetzten Scheiben der nächsten Welle ein. Die spezifisch beste Abscheidung wurde mit 310 mm langen Scheiben, bei Scheibenzwischenräumen von 5,5 mm und einer Umfangsgeschwindigkeit von 1–1,2 m/s erzielt. Bei dem Verfahren 4c der Fa. Massey-Ferguson wird das Gut zwischen mehreren zweiflügeligen drehenden Werkzeugen hindurchgefördert.



**Bild 4.** Siebrostverfahren.

- a nach Baader u. Peters [14]
- b nach Kolesenkov u. Balasov [15]
- c nach Fa. Massey-Ferguson [16]

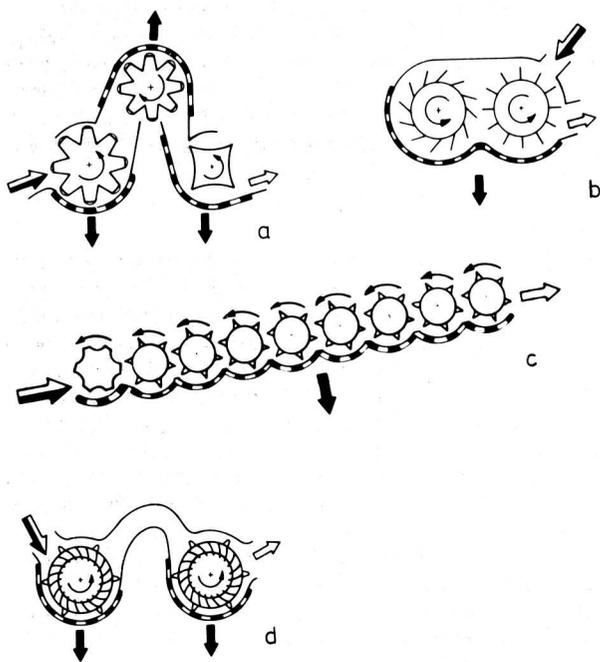
### 3.4 Unbewegte, gekrümmte Trennflächen

#### 3.4.1 Tangentiale Förderung

Bei den Varianten 1e–1g handelt es sich um Verfahren mit zusätzlichen Beschleunigungsfeldern und tangentialer Gutförderung; die Trennflächen sind feststehend und gekrümmt. Zu dieser Kategorie zählt auch die Kornabscheidung im konventionellen Tangentialdreschwerk. Die verschiedenen Varianten unterscheiden sich vor allem in der Gutzuführung, die Zahl der Rotoren kann weitgehend

beliebig gewählt werden. Bei den Verfahren der Version 1f wechselt die Richtung des Kraftfeldes beim Übergang von einem Rotor zum nächsten. Dies kann sich ungünstig auf die Trennleistung auswirken, da das noch nicht abgesiebte Korn beim jeweils folgenden Rotor zu einem Richtungswechsel gezwungen wird. *Herbsthofer* [17] hat eine derartige Mehrtrommelmaschine mit Richtungswechsel im Jahr 1938 bei der Fa. Lanz entwickelt, **Bild 5a**. Bei einer späteren Mehrtrommelentwicklung [17] für die Fa. Epple-Buxbaum im Jahr 1957 hat er diesen Krafrichtungswechsel jedoch nicht beibehalten. Weitere Formen von Mehrtrommelsystemen mit tangentialer Gutführung wurden von *Hora* [18] und *Hamilton u. Butson* [19] untersucht und für einen Einsatz des Hordenschüttlers vorgeschlagen. Abscheidetrommeln werden heute vor allem zusätzlich zum Hordenschüttler eingesetzt. Beispiele hierfür sind die bekannten Strohleit- und Wendetrommeln, der Zentrifugalabscheider der Fa. Sperry-New Holland, **Bild 1e**, oder Mehrtrommelabscheider für feuchte Erntebedingungen in russischen Maschinen. Schüttlerlose Mehrtrommelmaschinen könnten kompakt und raumsparend arbeiten, haben aber im allgemeinen eine höhere Kurzstrohab-scheidung.

In neuerer Zeit haben die Firmen Claas [20] und Clayson N.V., **Bild 5b**, derartige Konzepte entwickelt. Die Fa. Claas verwendet in ihrem neu vorgestellten Mähdrescher DO 116 CS anstelle des konventionellen Schüttlers 8 gleichbreite Abscheidetrommeln mit tangentialer Gutführung, **Bild 5c**. Alle 8 Trommeln drehen synchron, die Drehzahlen sind zwischen 430 und 810  $\text{min}^{-1}$  in 4 Stufen einstellbar. Bisher sind noch keine Untersuchungen über die Abscheideleistung dieses Trennverfahrens veröffentlicht worden.



**Bild 5.** Mehrtrommelverfahren mit tangentialer Gutförderung.

- a nach Fa. Lanz [17]      c nach Fa. Claas [22]  
b nach Fa. Clayson [21]    d nach Fa. Vogelenzang [23]

**Bild 5d** zeigt ein von *Heijning* [23] untersuchtes, dem Querstromgebläse ähnliches Verfahren der Fa. Vogelenzang, von dessen Mehrtrommelanwendung *Elema* [24] berichtet. Durch die Abscheidung in dem von dem Rotor erzeugten vertikalen Luftstrom ist dabei – im Gegensatz zu anderen Mehrtrommelbauformen – der Anteil an abgeschiedenen Nichtkornbestandteilen gering.

*Claar* [25] untersuchte eine der Grundvariante **Bild 1g** ähnliche Bauform mit 6 Zinkenrotoren von je 457 mm Durchmesser und einer von Rotor zu Rotor um jeweils 20 % ansteigenden Drehzahl.

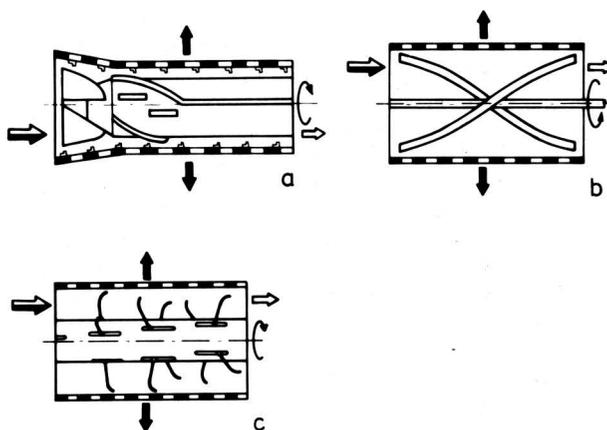
Mit der ansteigenden Drehzahl konnte die Gutschicht auseinandergezogen und damit aufgelockert werden. Die besten Ergebnisse wurden mit der Auswurfdrehzahl von 170  $\text{min}^{-1}$  erzielt. Einige weitere Bauformen von Verfahren mit unbewegten, gekrümmten Siebflächen ähnlich den schon besprochenen hat *Caspers* [26] in seiner Systematik der Dreschorgane erfaßt.

Bei einem von *Raussendorf* [27] vorgeschlagenen Verfahren wird der aus der Dreschtrommel kommende Strohschleier durch ein rotierendes Werkzeug weiter beschleunigt und dann gegen ein gebogenes, feststehendes Sieb geschleudert. Durch dieses Verfahren soll die Strohschicht zur Verbesserung der Abscheidung verdünnt und aufgelockert werden.

### 3.4.2 Axiale Förderung

**Bild 1h** zeigt ein Verfahren mit feststehendem Siebzylinder, bei dem das Gut durch einen Rotor mit Schneckengängen beschleunigt und axial gefördert wird. Die axiale Förderung kann sowohl durch auf dem Rotor angebrachte Förderhilfsmittel als auch mit Leiteinrichtungen auf der Siebinnenseite erreicht werden. Zu diesen Verfahren mit feststehendem Siebzylinder gehören vor allem die Axialdreschaggregate; **Bild 6a** zeigt als Beispiel aus dem Mähdreschererienbau ein Aggregat der Fa. International Harvester. Die Siebe wurden sowohl bei dieser als auch bei den folgenden Varianten ähnlich **1h** häufig auch in konischer Form vorgeschlagen, wodurch sich unter Umständen eine günstige Veränderung der Beschleunigungsverhältnisse und eine Gutschichtauflockerung ergeben könnte; s. beispielsweise die Arbeiten von *Buchanan u. Johnson* [29]. Außer in der Patentliteratur finden sich bei *Herbsthofer* [17] und *Quick* [32, 33] hierzu weitere Lösungen.

Für die Gestaltung der Rotoren existiert eine Vielzahl von Vorschlägen. **Bild 6b** zeigt beispielsweise einen Rotor mit schraubenähnlichen Werkzeugen; im gleichen Patent wird zusätzlich noch ein Rotor mit rechenähnlichen Fingern vorgeschlagen. Bei dem Verfahren **6c** führen die in Förderrichtung abgelegenen Zinken eine der Rotationsbewegung überlagerte Hin- und Herbewegung aus. Damit wird ein Guttransport und eine Auflockerung der Gutschicht erreicht. Die Förderwirkung der verschiedenen Rotorformen kann noch durch zusätzliche Leiteinrichtungen auf dem Siebinnenmantel unterstützt werden.



**Bild 6.** Verfahren mit feststehenden Zylindersiebenen.

- a nach Fa. International Harvester [28]  
b nach Fa. Claas [30]  
c nach *J. Nusser* [31]

### 3.5 Bewegte, gekrümmte Trennflächen

Bild 1i zeigt ein Verfahren mit gleichförmig rotierendem Siebzylinder. Von den größeren Beschleunigungskräften dieser Systeme und der großen nutzbaren Siebfläche der Zylinder wird eine raumsparende, weitgehend neigungsunabhängige Trennung erwartet. Die verschiedenen Bauformen dieses Verfahrens unterscheiden sich vor allem in den Hilfsmitteln für die Gutschichtauflockerung und den Guttransport. Das alleinige Schrägstellen des Zylinders reicht für eine genaue Einhaltung der Gutgeschwindigkeit im Mährescher nicht aus. *Lipsit, Bigsby u.a.* [34] entwickelten für den Einsatz in einem Mährescher der kanadischen Fa. Western Roto Thresh einen liegenden Siebzylinder mit dem sehr großen Durchmesser von 1,68 m, entsprechend Bild 1i. Ein Gebläse und eine kleine innenlaufende Schnecke werden dabei zum Guttransport und zur Gutschichtumlagerung verwendet. Bei Beschleunigungen größer als die Fallbeschleunigung wurde die Gutschicht jedoch stark verdichtet und damit die Absiebung der Körner erschwert. Die innenliegende kleine Schnecke löst die Gutschicht von dem Siebzylinder ab; das Gebläse unterstützt die axiale Gutförderung und den Austrag leichterer Partikeln.

Zur Beeinflussung bzw. Kontrolle der Gutschichtbewegung ist eine Vielzahl mechanischer und pneumatischer Hilfsmittel denkbar, von denen in Bild 7 einige dargestellt sind. Bei den Verfahren 7a und 7b werden auf einer zentralen Welle montierte Paddel und gegenüber der Zylinderachse schrägstehende, rotierende Rechen verwendet. Der Guttransport kann auch wie in 7c durch eine rotierende Schnecke sichergestellt werden, bei diesem Verfahren wird vom Erfinder zusätzlich noch auf die Möglichkeit der gegensinnigen Rotation von Schnecke und Zylinder hingewiesen. Eine gegensinnige Rotation ist aber kaum erfolgversprechend, da hierdurch eine für die Absiebung ungünstige Relativgeschwindigkeit zwischen Gutschicht und Trennfläche entsteht. Einen rotierenden Siebzylinder mit innen in Form einer offenen Förderschnecke angebrachten Leiteinrichtungen zeigt Bild 7d.

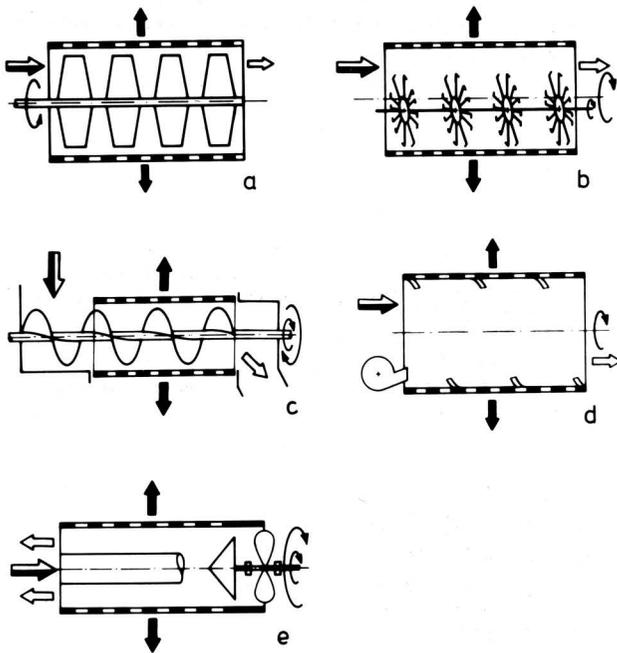


Bild 7. Gleichförmig rotierende Zylindersiebe.

- a nach Fa. Claas [35]      d nach C. Sickle [37]  
 b nach Fa. Fahr [36]      e nach S. Stokland  
 c nach S. Stokland

Während *Srivastava* [38] die Schneckendrehzahl kleiner als die Zylinderdrehzahl wählte, hat *Saij Paul* [39] mit höheren Drehzahlen gearbeitet. Zur zusätzlichen Auflockerung der infolge der größeren Beschleunigungen verdichteten Gutschicht verwendete *Saij Paul* Luft, die von außen durch die Trennfläche gepreßt wurde. Das Ziel seiner Untersuchungen war vor allem der Nachweis, daß die bisherigen Funktionen von Hordenschüttler und Reinigung durch ein einstufiges Verfahren ersetzt werden können. Mit dem Verfahren wurde eine gute Reinheit der abgeschiedenen Körner erzielt. Die Versuchsanlage hatte jedoch nicht den für den Einsatz im Mährescher notwendigen Durchsatz erreicht.

Nach den Untersuchungen von *Long, Hamdy u. Johnson* [40] sind auch beim vertikalen Siebzylinder größere Beschleunigungen nur in Verbindung mit einer ausreichenden Gutschichtauflockerung und -ablösung sinnvoll. Diese Forderung sollen die Vibrationen bei den Verfahren der Grundvariante 1j erfüllen.

Aus dem Schrifttum sind mehrere Arbeiten über rotierende vibrierende Siebzylinder für die Saatgutreinigung bekannt. Bei diesen Untersuchungen wurde zumeist mit einem gut fließfähigen Gemisch und geringen Beimengungen gearbeitet. *Grinkov u. Cherepakhin* [41] veröffentlichten im Jahr 1958 eine Untersuchung über ein in Richtung der Drehachse vibrierendes Rotationssieb ( $\phi$  400 mm, Länge 630 mm), dessen Winkel gegenüber der Horizontalen variiert werden konnte. Die Einleitung von Vibrationen erhöhte die flächenbezogene Trennleistung gegenüber dem nur rotierenden Siebzylinder um den Faktor 3.

*Goncharov u. Vasilenko* [42] untersuchten sowohl theoretisch als auch experimentell einen vertikalen, rotierenden und vibrierenden Siebzylinder ( $\phi$  240 mm), ähnlich Bild 1j, auf seine Eignung für die Saatgutreinigung. Die Abscheideleistung der Reinigungsanlage stieg mit verstärkter Zentrifugalkraft vor allem dann, wenn gleichzeitig die Intensität der Vibration erhöht wurde. Die besten Werte wurden bei einer Beschleunigung von 4,0–4,5 g und einer Schwingung von 11,6–13,3 Hz und Amplituden von 6 und 8 mm erzielt. Bei größeren Beschleunigungen setzte sich das Sieb zu, was durch eine Erhöhung der Vibrationsfrequenz teilweise ausgeglichen werden konnte.

*Park u. Harmond* [43] arbeiteten mit einer ähnlichen Einrichtung für die Saatgutreinigung, bezeichneten jedoch die Entwicklung einer neuen Reinigung für Mährescher als eigentliches Ziel der Arbeiten. Der Siebzylinder ( $\phi$  203 mm) wurde bis zu Beschleunigungen von 18,2 g und mit vertikalen Schwingungen bis 31,6 Hz betrieben. Bei der Abscheidung von Kleesamen aus einem Weizen/Klee-Gemisch wurde die beste Abscheidung bei etwa 10,2 und 19,2 Hz erzielt. Die optimale Schwingungsfrequenz erhöhte sich bei kleinen Amplituden – untersucht wurden Schwingungsamplituden zwischen 4,76 und 17,4 mm. Die auf die Siebfläche bezogene Abscheideleistung des vertikalen, schwingenden Siebzylinders war gegenüber einem Flachsieb etwa verdoppelt. Da die Reinigungsanlage Strohbeimengungen im Reinigungsgut nur unzureichend handhaben konnte, entwickelte *Park* [44] 1972 eine verbesserte Anlage. Die kritischen Gutausläufe wurden verändert, zusätzlich wurde im Inneren des Siebzylinders eine feststehende Förderschnecke installiert, um die sich der schwingende Zylinder dreht. *Park* erprobte die Anlage auch auf einem Mährescher, wobei jedoch vor der Reinigungsanlage durch eine Windsichtung ein Großteil der Strohbestandteile entfernt wurde.

Vertikale rotierende Siebzylinder mit ungleichförmiger Drehgeschwindigkeit untersuchte *Pedersen* [45]. Durch einen Winkel zwischen Siebachse und antreibender Kardanwelle, Bild 1k, erzeugte er eine zyklisch pulsierende Drehgeschwindigkeit des Zylindersiebes, mit der die Stofftrennung unterstützt wurde. Die beste Trennung des von ihm verwendeten, gut fließfähigen Gerste/Raps-Gemisches wurde bei einem Knickwinkel der Gelenkwelle zwischen  $50^\circ$  und  $60^\circ$  erreicht.

Der Saatgutreiniger nach dem Planetentrommelverfahren der dänischen Firma Damas entspricht der Variante 1l. Bei diesem Verfahren drehen sich die vertikalen, rotierenden Siebzylinder zusätzlich noch auf Auslegerarmen. Das Verfahren wird bisher bei gut fließ-

fähigem Gut — vor allem in der Körnerreinigung — eingesetzt und eignet sich besonders für feuchtes Gut, da sich bei diesem Verfahren die Sieböffnungen leichter freihalten lassen.

Bei dem Gegenstromverfahren entsprechend der Version 7e wird das Gut von einem drehenden Prallteller gegen ein rotierendes Zylinder Sieb geworfen. Die nicht abgeseibten, größeren Bestandteile werden in einem Luftstrom entgegen der Guteingangsrichtung abtransportiert. Über die Leistungsfähigkeit dieses Verfahrens sind Untersuchungen nicht bekannt geworden.

#### 4. Kriterien zur Bewertung der Funktion

Eine durchgängige Bewertung der Eignung der in Bild 1 dargestellten Grundverfahren für eine Kornabscheidung im Mähdrescher ist ohne die Kenntnis der jeweiligen konkreten technischen Ausführung nicht möglich. Aus der Physik des Trennvorganges lassen sich jedoch die folgenden grundsätzlichen Kriterien angeben; sie sollten für ein erfolgversprechendes Trennverfahren möglichst weitgehend erfüllt sein:

- großes, von der Maschinenneigung unabhängiges Beschleunigungsfeld
- häufige innere Mattenverlagerung mit Auflockerung der Gutschicht bei konstanter Orientierung der Beschleunigung
- geringe Mattenverdichtung zur Erleichterung des Korndurchganges
- geringe Mattenhöhe und damit kurzer Trennweg
- hohe Mattengeschwindigkeit, um bei kleinerem Raumbedarf hohen Durchsatz zu erzielen
- optimale Relativgeschwindigkeit zwischen Gutschicht und Trennebene.

Von den Verfahren mit bewegten, gekrümmten Siebflächen und zusätzlichen Beschleunigungsfeldern könnten diese Forderungen vermutlich am besten erfüllt werden. Bisher sind sie jedoch noch wenig untersucht worden und arbeiten trotz eines zumeist hohen mechanischen Aufwandes noch nicht wesentlich besser als die ausgereiften konventionellen Verfahren. Die geometrischen Abmessungen der Anlagen und die Wahl und Auslegung der Hilfsmittel für Guttransport und Gutschichtauflockerung erscheinen zudem noch wenig begründet. Für eine Leistungssteigerung der Verfahren ist daher zuerst eine genauere Klärung der physikalischen Zusammenhänge bei der Trennung von Korn-Stroh-Spreu-Gemischen durch größere Beschleunigungen notwendig. Darauf aufbauend können dann die Verfahren gezielt ausgewählt und in ihrer Leistung optimiert werden.

#### 5. Zusammenfassung

Aus dem Patentwesen und dem Schrifttum ist eine Vielzahl von Vorschlägen für Verfahren der Stofftrennung im Mähdrescher bekannt. Einige wesentliche wurden im vorliegenden Beitrag zusammengestellt. Die dargelegten Kriterien für die Bewertung der Funktion dieser Verfahren lassen Vorteile für Systeme mit gekrümmten Trennflächen und zusätzlichen Beschleunigungsfeldern erwarten. Für die Ablösung der konventionellen Verfahren sind im Mähdrescherbau bereits einige erfolgversprechende Lösungen erkennbar. Die Grundlagen dieser Verfahren müssen jedoch noch weiter ausgebaut werden.

#### Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [ 1 ] Wessel, J.: Schwerkraft- und Fliehkraftsichter. Aufbereitungs-Technik Jg. 7 (1966) H. 3, S. 154/60.
- [ 2 ] Wessel, J.: Siebmaschinen. Eine Ordnungsstudie der Bauformen und ihrer Eigenarten. Aufbereitungs-Technik Jg. 4 (1963) H. 11, S. 449/61.
- [ 3 ] Wessel, J.: Verfahren des Siebens und des Windsichtens. Grundl. Landtechnik Bd. 18 (1968) Nr. 4, S. 151/57.
- [ 4 ] Rumpf, H. u. K. Leschonski: Prinzipien und neuere Verfahren der Windsichtung. Chemie-Ing.-Techn. Bd. 39 (1967) Nr. 21, S. 1231/41.
- [ 5 ] Offenlegungsschrift 1 582 643, BRD, 1966.
- [ 6 ] Patent 1, 139, 902; GB; 1966.
- [ 7 ] Offenlegungsschrift 2 927 491, BRD, 1979.
- [ 8 ] Offenlegungsschrift 1 925 933, BRD, 1969.
- [ 9 ] Glaser, F.: Korn-Stroh-Trennung unter besonderer Berücksichtigung eines umlaufenden Siebbandschüttlers (Zinkenbandschüttlers). Diss. TU München, 1976.
- [ 10 ] Patent Nr. 2 015 584, BRD, 1970.
- [ 11 ] Patentanmeldung Nr. L 16092 III, BRD, 1953.
- [ 12 ] Auslegeschrift Nr. 2 830 163, BRD, 1978.
- [ 13 ] Patent Nr. 323, 448; GB; 1929.
- [ 14 ] Baader, W. u. H. Peters: Trennen eines Korn-Stroh-Gemenges mittels eines frei angeströmten Rechens. Grundl. Landtechnik Bd. 20 (1970) Nr. 5, S. 129/32.
- [ 15 ] Kolesenkov, K.D. u. V.P. Balasov: Rotacionnyi plastinacatj solomotrijas (Scheibenschüttler mit rotierenden Werkzeugen). Mechanizacija i elektrifikacija (Moskau) (Orig. russ.) Bd. 29 (1971) Nr. 8, S. 18/19.
- [ 16 ] Patent Nr. 1 301 602, BRD, 1967.
- [ 17 ] Herbsthofer, F.J.: Wo stehen wir im Mähdrescherbau und wie geht es weiter? Grundl. Landtechnik Bd. 24 (1974) Nr. 3, S. 94/102.
- [ 18 ] Hora, O. u.a.: Means of increasing the effectiveness of combine-harvesters. (Cesta k zvýšení efektivnosti sklizecich mlatiček). Zemedelska Technika Bd. 10 (1964) Nr. 4, S. 151/62 (Orig. tschech.) NIAE-Translation Nr. 196.
- [ 19 ] Hamilton, A.J. u. M.J. Butson: Approaches to the problem of combine grain loss on sloping ground. 1. An alternative to straw walkers. J. agric. Engng. Res. Bd. 24 (1979) S. 285/92.
- [ 20 ] Offenlegungsschrift 2 923 022, BRD, 1979.
- [ 21 ] Offenlegungsschrift 2 628 414, BRD, 1976.
- [ 22 ] Prospekt der Fa. Claas (DO 116 CS).
- [ 23 ] Heijning, J.J.: Ein neues Korn-Stroh Trennungssystem. Vortrag auf der VDI-Tagung Landtechnik, 1978.
- [ 24 ] Elema, H.M.: Erleben Mehrtrommeldrescherwerke eine Renaissance? Landtechnik Bd. 36 (1981) Nr. 6, S. 276/77.
- [ 25 ] Claar II, P.W. u. J.G. Porterfield: Rotary straw walker performance. ASAE-Paper No. 73-1559, 1973.
- [ 26 ] Caspers, L.: Systematik der Dreschorgane. Grundl. Landtechnik Bd. 19 (1969) Nr. 1, S. 9/17.
- [ 27 ] Raussendorf, C.: 3 S-Fahrzeug für Mähdrusch und Transporte. Prospekt C. Raussendorf.
- [ 28 ] Prospekt der Fa. International Harvester (IH 1460).
- [ 29 ] Buchanan, J.C. u. W.H. Johnson: Functional characteristics and analysis of a centrifugal threshing and separating mechanism. Trans. ASAE Bd. 7 (1964) Nr. 4, S. 460/63 u. 468.
- [ 30 ] Auslegeschrift Nr. 1 130 642, BRD, 1960.
- [ 31 ] Auslegeschrift Nr. 2 808 913, BRD, 1978.
- [ 32 ] ● Quick, G.R.: Development of rotary and axial thresher/separators. In: Grain and forage harvesting. ASAE Publication, 1978, S. 151/64 u. 169.
- [ 33 ] ● Quick, G.R. u. W.F. Buchele: The grain harvesters. ASAE Publication, 1978.
- [ 34 ] ● Lipsit, M., F.W. Bigsby, D. Hildebrand u. W.B. Reed: Development of the roto-thresh combine. In: Grain and forage harvesting. ASAE Publication, 1978, S. 186/87.

- [ 35 ] Patent Nr. 823, 356; GB; 1957.
- [ 36 ] Offenlegungsschrift Nr. 2 503 693, BRD, 1975.
- [ 37 ] Patent Nr. 2, 129, 452; USA; 1936.
- [ 38 ] *Srivastava, A.K.*: Grain-straw separation in a centrifugal force field.  
Diss., The Ohio State University, 1972.
- [ 39 ] *Saij Paul, K.K.*: Design and feasibility study of integrating separation and cleaning processes in a combine.  
Diss., The Ohio State University, 1973.
- [ 40 ] *Long, J.D., M.Y. Hamdy u. W.M. Johnson*: A study of the effects of centrifugal force upon wheat separation.  
ASAE-Paper No. 67-629, 1967.
- [ 41 ] *Grinkov, Yu.V. u. M.K. Cherepakhin*: Centrifugal-vibrational method of separating granular material.  
Mechanizacija i elektrifikacija (Moskau) Bd. 16 (1958) Nr. 5, S. 23/25 (Orig. russ.).
- [ 42 ] *Goncharov, E.S. u. A.A. Vasilenko*: Centrifugal-vibrational method of grain separation.  
Vestnik Sel'skochozjajstvennoj Nauki (Moskau) Bd. 8 (1963) Nr. 14, (Orig. russ.).
- [ 43 ] *Park, J.K. u. J.E. Harmond*: A vertical rotating separator.  
ASAE-Paper No. 66-614, 1966.
- [ 44 ] *Park, J.K.*: Vertical rotation screens for separating seeds from thrashy materials.  
ASAE-Paper No. 72-639, 1972.
- [ 45 ] *Pedersen, H.J.*: Grain separation by cylindrical screens rotating with oscillating angular velocity.  
Royal Veterinary and Agricultural University Copenhagen, Yearbook 1971, S. 221/39.

## Der Ackerschlepper für hochtechnisierte Länder und für Entwicklungsländer

Von Hans-Heinrich Meiners und Frank Schäfer,  
Braunschweig\*)

Professor Dr.-Ing. Hans Jürgen Matthies zum 60. Geburtstag

DK 631.372

Beschrieben werden die in hochtechnisierten Ländern zum Einsatz kommenden Ackerschlepper, anfangend bei den Schleppermotoren über die Getriebe, die Schlepperhydraulik bis hin zu den Sicherheits- und Komforteinrichtungen.

Für den Einsatz des Ackerschleppers in Entwicklungsländern wird zunächst auf die dortigen landwirtschaftlichen Verhältnisse eingegangen, um daraus die Forderungen an den Ackerschlepper abzuleiten. Weiterhin werden einige Ackerschlepperausführungen für Entwicklungsländer vorgestellt.

### 1. Einleitung

Die Produktionsausweitung auf dem Nahrungsmittelsektor ist für die Entwicklungsländer eine Frage des Überlebens. Handarbeit und tierische Anspannung allein werden den Anforderungen dieses Prozesses nicht gerecht. Hinzu kommen muß eine Mechanisierung der Landwirtschaft. Diese Mechanisierung darf aber nicht so erfolgen wie beispielsweise in der Bundesrepublik nach dem zweiten Weltkrieg – und wie es für Industrieländer typisch ist. War hier die Entwicklung gekennzeichnet durch eine Abnahme der landwirtschaftlichen Vollarbeitskräfte von etwa 4 Mio. im Jahre 1950 auf etwa 1 Mio. heute, so müssen für die Entwicklungsländer arbeitsintensive Technologien entwickelt werden [1]. Der Ackerschlepper ist in den Industrieländern die zentrale Kraftquelle in der Landwirtschaft und wird auch für die Entwicklungsländer eine zentrale Stellung einnehmen [2]. Allerdings muß er aufgrund der Kapital- und Energiemangel sowie des hohen Arbeitskräfteüberschusses in Ländern der Dritten Welt ganz anders aussehen als beispielsweise in Industrieländern [3, 4, 5].

\*) *Dipl.-Ing. H.-H. Meiners ist wissenschaftlicher Assistent am Institut für Landmaschinen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. H.J. Matthies) der Technischen Universität Braunschweig, cand.mach. F. Schäfer ist Student an diesem Institut.*

Der erste Teil dieses Aufsatzes befaßt sich mit Ackerschleppern, wie sie bei uns in Westeuropa verwendet werden, während im zweiten Teil Schlepper für Entwicklungsländer vorgestellt werden.

### 2. Ackerschlepper in hochtechnisierten Ländern

Die Entscheidung zum Kauf eines Schleppers wird bei uns im wesentlichen geprägt durch die höhere Arbeitsleistung. Von einem modernen Ackerschlepper werden daher verlangt:

- hohe Transportleistung
- große Flächen- bzw. Mengenleistung
- hohe Schlagkraft und Leistungsreserve
- gute Arbeitsqualität
- Arbeitssicherheit und Fahrkomfort [6].

#### 2.1 Schleppermotoren

Um die genannten Ansprüche zu erfüllen, ist seit Jahren eine Steigerung der Motorleistung der produzierten Ackerschlepper zu verzeichnen. In der Bundesrepublik sind die Leistungen neu zugelassener Schlepper von durchschnittlich 19 kW im Jahre 1960 auf 48 kW im Jahre 1980 gestiegen. Der Grund liegt in dem ständig wachsenden Leistungsbedarf der Landmaschinen.

Grenzen sind dieser Entwicklung jedoch durch zu kleine Betriebsgrößen gesetzt. Eine optimale Gerätenutzung mit leistungsstarken Schleppern ist nicht möglich, wenn die Feldgrößen zu gering und die Schlaglängen zu kurz sind und damit ein schlechter Auslastungsgrad der Wirtschaftlichkeit entgegensteht.

Die Zulassungszahlen des Jahres 1980 lassen erkennen, daß Schlepper der unteren Leistungsklassen in geringer werdender Stückzahl verkauft werden zugunsten leistungsstärkerer Modelle, **Bild 1**, d.h. als sogenannte "Zweitschlepper" mit kleinerer Leistung wurden gegenüber den Jahren zuvor verstärkt ältere Typen herangezogen. Das bedeutet aber wiederum, daß zukünftig mit einer verstärkten Nachfrage nach Kleinschleppern zu rechnen ist.