

# Fahrmechanische Betrachtungen zum Feldhäckslereinsatz am Hang

Dipl.-Ing. K. KROMBOLZ, KDT \*

Die Mechanisierung der Feldarbeiten im hängigen Gelände wird erschwert durch die gegenüber der Ebene veränderten, meist ungünstigeren Einsatzbedingungen für Maschinen. Infolge der Hangneigung ändert sich die Lage der Maschine zur Horizontalen und damit auch die Richtung der Schwerkraft bezüglich der Maschine und der Fahrbahn. Die Folgen davon sind veränderte Kraftwirkungen und zusätzliche Kräfte an den Arbeits- und Stützorganen, die sowohl die Arbeitsqualität und Funktionssicherheit der Arbeitsorgane als auch die Laufeigenschaften der Maschine beeinflussen. Die Laufeigenschaften einer fahrenden Landmaschine sind gekennzeichnet durch die Güte der Spurhaltung ihrer Laufräder und durch die Größe der Schrägstellung der Maschinenlängsachse zur Fahrtrichtung bei Geradeausfahrt. Arbeitsqualität und Funktionssicherheit der Arbeitsorgane werden entweder durch die zusätzlichen Kraftwirkungen (z. B. Schüttler und Siebe des Mähreschers) oder durch die verschlechterten Laufeigenschaften im Zusammenwirken mit den zusätzlichen Kräften (z. B. Häufelgerät) beeinträchtigt. Die Größe dieses Einflusses legt die Einsatzgrenzen der Maschine fest und bestimmt ihre Hangtauglichkeit. Die Einsatzgrenze des Mähreschers liegt bereits bei relativ geringen Hangneigungen, da die Arbeitsqualität der Siebe und des Schüttlers sehr stark von der Schwerkraftwirkung beeinflusst wird. Als oberste Grenze sind in der Literatur (LISTNER) für den MD 15% Neigung der Längsachse und etwa 11% Neigung der Querachse angegeben, weshalb er für einen Großteil der mit Getreide bebauten Hangflächen der DDR als Erntemaschine ausscheidet. Im Gegensatz zum Mährescher ist die Funktionssicherheit der Arbeitsorgane des Feldhäckslers nicht so stark abhängig von ihrer Neigung, so daß dieses Verfahren besonders für die Mechanisierung

der Getreideernte in Hanglagen oberhalb der Einsatzgrenze des Mähreschers als geeignet erscheint. Die Einsatzgrenze der Feldhäckler am Hang wird also in dem in Frage kommenden Bereich im Gegensatz zum Mährescher in erster Linie durch fahrmechanische Gesichtspunkte bestimmt.

## 1. Fahrmechanische Beziehungen am Hang

Zwei unserer Feldhäckslertypen, der Mähhäckler E 065 und der Schlegelernter E 068, sollen hier unabhängig von ihrer Eignung für die verschiedenen Arbeiten hinsichtlich ihrer fahrmechanischen Kennwerte beim Einsatz am Hang untersucht werden. Wir beschränken uns dabei darauf, die für die Beurteilung der Laufeigenschaften und Einsatzmöglichkeiten am Hang notwendigen Stützkkräfte zu ermitteln, ohne die durch beschleunigte Bewegungen der Maschine hervorgerufenen Trägheitskräfte zu berücksichtigen. Ebenfalls unberücksichtigt bleibt der Einfluß von Schräglauferunterschieden zwischen Häckler und Hänger auf die Größe der Stützkkräfte. Die die Hangtauglichkeit der Kombination Traktor-Häckler-Hänger bestimmenden Stützkkräfte sind:

- die von den Rädern des Häckslers auf die Fahrbahn zu übertragenden Seitenkräfte,
- die senkrecht zur Fahrbahn wirkenden Stützkkräfte (Radlasten) des Häckslers,
- die vom Traktor aufzubringende Zugkraft.

Fahrmechanische Untersuchungen beschränken sich meist nur auf die beiden ausgezeichneten Lagen einer Maschine am Hang: Fahrt entlang der Schichtlinie und Fahrt entlang der Fallinie. Eine solche Betrachtung ist ausreichend, wenn an der Maschine oder der Maschinenkombination die Kraftangriffspunkte symmetrisch zur Fahrtrichtung liegen und die angreifenden Kräfte bei der Fahrt im ebenen Gelände ebenfalls zur Symmetrielinie des geometrischen Aufbaues symmetrisch sind. Dann treten z. B. Seitenkräfte nur am Hang auf und alle Stützkkräfteänderungen haben ihre Extremwerte in den ausgezeichneten Fahrtrichtungen. An der Kombination Traktor-Häckler-Hänger treten jedoch bereits im ebenen Gelände Seitenkräfte auf. Um die Extremwerte der Stützkkräfte mit zu erfassen und beurteilen zu können, welcher Fahrtrichtung man unter schwierigen Bedingungen (starke Hangneigung und für die Übertragung von Seitenkräften ungünstige Fahrbahnverhältnisse) den Vorzug geben sollte, ist es notwendig, den gesamten Bereich der möglichen Fahrtrichtungen der Maschinen am Hang zu untersuchen.

Mit Ausnahme der beiden ausgezeichneten Fahrtrichtungen ist eine Maschine am Hang sowohl in Quer- wie auch in Längsrichtung geneigt. Betrachtet man den Hang als Ebene, die gegenüber der Horizontalen um den Hangwinkel  $\alpha$  geneigt ist, dann sind die Neigungen der Maschinenachsen nur abhängig von der Fahrtrichtung, gekennzeichnet durch den Fahrtrichtungswinkel  $\gamma$ .

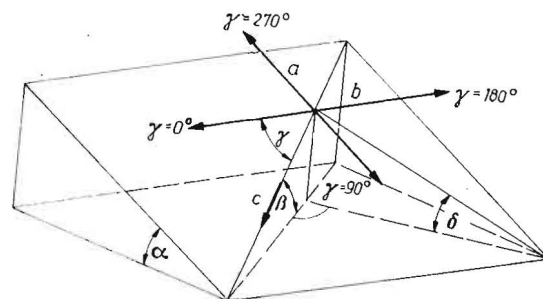


Bild 1. Geometrische Verhältnisse am Hang; a Fallinie, b Schichtlinie, c Fahrtrichtung

\* Institut für Landmaschinentechnik der TU Dresden (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. GRUNER)

(Schluß von Seite 309)

errechnet sich mit 8,8 h je Einsatztag. NOWAK [4] rechnet mit einer reinen Einsatzzeit von 8 h täglich, KASTEN [3] ermittelte bei seinen Untersuchungen 8,1 h je Einsatztag und FEIFFER [5] gibt bei günstigen Luftfeuchtigkeitsverhältnissen ebenfalls 8,1 h je Tag an. Aus dieser Untersuchung ergibt sich, daß die Mährescher etwa 46 Tage mit durchschnittlich 8,8 h eingesetzt waren. Wenn auch die Belastung des Fahrers nach arbeitsphysiologischen Untersuchungen [6] einer normal- bis mittelschweren Arbeit entspricht, sollte der Fahrer doch nach 8 h abgelöst werden. Einen MD mit 2 Stammbesatzungen zu versehen, dürfte nicht ratsam sein. Der ständige Beifahrer sollte so weit qualifiziert werden, daß er nach 8 Stunden den Fahrer ablöst, noch günstiger wäre es, wenn dieser Wechsel permanent während der Schicht erfolgen würde.

## 4. Zusammenfassung

Fußend auf sechsjährigen Unterlagen wurden von 33 MD Einsatzverlauf, Einsatz und Leistungen beim Mält-, Schwad- und Hockendrusch sowie die Einsatzstunden, Einsatzwochen und Einsatztage dargestellt und besprochen.

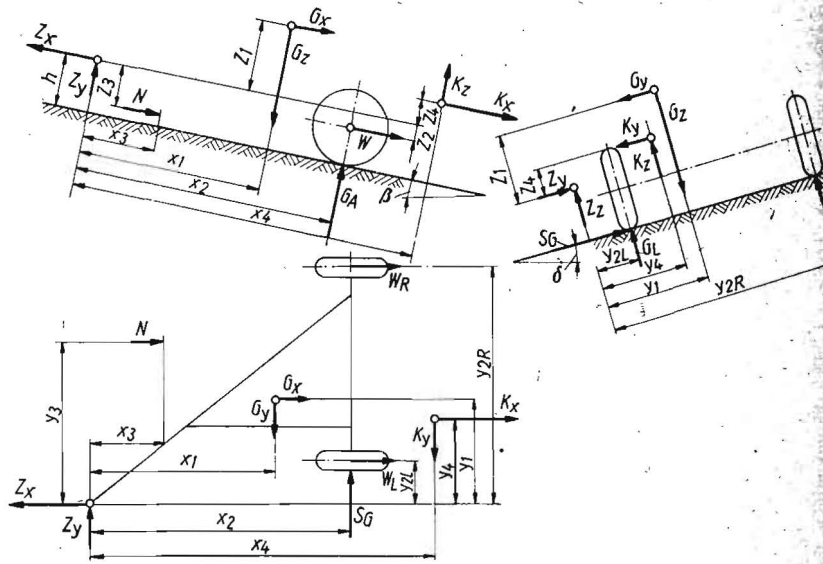
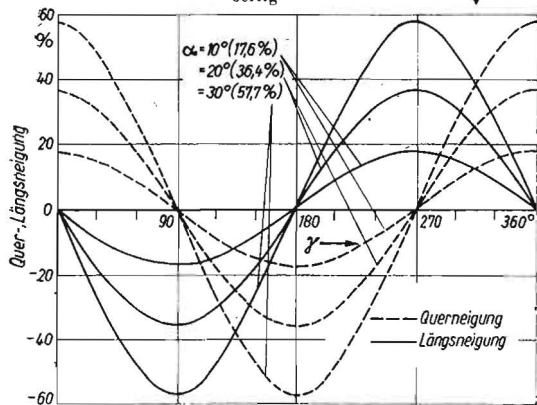
## Literatur

- [1] Statistisches Jahrbuch der DDR 1963. Staatsverlag der DDR 1963
- [2] LORENZ, H.: Methode und Anwendung des Lochkartenverfahrens zur Erfassung und Beurteilung des Einsatzes, der Leistungen und der arbeitswirtschaftlichen Auslastung der lebendigen und vergegenständlichen Arbeit - dargestellt am Beispiel der MTS. Diss. Halle 1961
- [3] KASTEN, H.: Die erzielten Leistungen und das Leistungsvermögen von Mähreschern. Abschlußbericht zum Forschungsauftrag (20. Februar 1958). Inst. f. landw. Betriebs- und Arbeitsökonomik der DAL Berlin. Cundorf b. Leipzig
- [4] NOWAK, W.: Der Mährescher „Patriot“ und sein Einsatz. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin 1960
- [5] FEIFFER, P.: Der Mähdrusch. Deutscher Bauernverlag, Berlin 1958
- [6] GLASOV, W./DUPIUS, L.: Wird der Mährescherfahrer überfordert? Mitteilungen der DLG (1960) S. 1451 bis 1454 A 5701

Bild 3. (rechts) Schema zur Berechnung der Stützkräfte am Häcksler

Bild 2. Quer- und Längsneigung am Hang;

Längsneigung > 0: Bergfahrt  
 Längsneigung < 0: Talfahrt  
 Querneigung > 0: rechte Maschinenseite bergseitig  
 Querneigung < 0: linke Maschinenseite bergseitig



Zwischen den Neigungswinkeln der Maschinenachsen, der Hangneigung und der Fahrtrichtung besteht der in Bild 1 dargestellte geometrische Zusammenhang:

$$\beta = -\arcsin(\sin \gamma \cdot \sin \alpha) \quad (1)$$

$$\delta = \arcsin(\cos \gamma \cdot \sin \alpha) \quad (2)$$

$\beta$  = Neigungswinkel der Maschinenlängsachse

$\delta$  = Neigungswinkel der Maschinenquerachse

Für die weiteren Betrachtungen wird zweckmäßigerweise der Fahrtrichtungswinkel  $\gamma$  als Abszisse und die Hangneigung  $\alpha$  als Parameter gewählt (Bild 2).

Die Anordnung der Kraftangriffspunkte ist an beiden Häckslern ähnlich, so daß die Gleichungen für die Ermittlung der Stützkräfte für beide Maschinen identisch sind. Unterschiede ergeben sich lediglich in der Größe der konstanten Faktoren. Zur Aufstellung der Gleichgewichte wird der Ursprung des Bezugskordinatensystems in den Aufsattelungspunkt gelegt. Die x-Achse verläuft in Fahrtrichtung und parallel zur Fahrbahn. Dadurch erscheinen nur die Komponenten der Schwerkraft in den Gleichungen als Funktionen von  $\alpha$  und  $\gamma$ .

Die Gleichgewichtsbedingungen in den drei Ebenen (Bild 3) liefern für die interessierenden Stützkräfte folgende Beziehungen:

$$S_G = \frac{1}{x_2} [G_x \cdot y_1 + G_y \cdot (x_1 - f_G \cdot z_1) + G_z \cdot f_G \cdot y_1 + N \cdot y_3 + K_x \cdot y_4 + K_y \cdot (x_4 - f_G \cdot z_4) - K_z \cdot f_G \cdot y_4] \quad (3)$$

$$G_A = \frac{1}{x_2 + f_G \cdot z_2} [G_x \cdot z_1 + G_z \cdot x_1 - N \cdot z_3 + K_x \cdot z_4 - K_z \cdot x_4] \quad (4)$$

$$Z_x = G_x \cdot \left(1 + \frac{f_G \cdot z_1}{x_2 + f_G \cdot z_2}\right) + G_z \cdot \frac{f_G \cdot x_1}{x_2 + f_G \cdot z_2} + N \cdot \left(1 - \frac{f_G \cdot z_3}{x_2 + f_G \cdot z_2}\right) + K_x \cdot \left(1 + \frac{f_G \cdot z_4}{x_2 + f_G \cdot z_2}\right) - K_z \cdot \frac{f_G \cdot x_4}{x_2 + f_G \cdot z_2} \quad (5)$$

In den Gleichungen bedeuten (s. a. Bild 3):

- $G (G_x, G_y, G_z)$  [kp] Schwerkraft der Maschinenmasse (Komponenten der Schwerkraft in den 3 Koordinatenrichtungen)
- $G_A = G_L + G_R$  [kp] Achslast des Häckslers (Summe der Radlasten)
- $K (K_x, K_y, K_z)$  [kp] Koppelkraft für den Hänger (Komponenten der Koppelkraft)
- $W = W_L + W_R = f_G \cdot G_A$  [kp] Rollwiderstand des Häckslers
- $f_G$  Rollwiderstandsbeiwert
- $Z (Z_x, Z_y, Z_z)$  [kp] Kraft im Aufsattelungspunkt (Komponenten der Aufsattelkraft -  $Z_x$  = Zugkraft)

- $N$  [kp] Arbeitswiderstand
- $S_G$  [kp] Seitenkraft an der Achse des Häckslers
- $x_i, y_i, z_i$  [mm] Abmessungen des Häckslers

In den Gleichungen (3) bis (5) sind nur die Komponenten von  $G$  und  $K$  Funktionen von  $\alpha$  und  $\gamma$ . Die Abhängigkeit der Komponenten der Schwerkraft im gewählten Koordinatensystem von der Lage der Maschine am Hang ist durch folgende Faktoren gegeben:

$$G_x = G \cdot X \quad (6)$$

$$G_y = G \cdot Y \quad (7)$$

$$G_z = G \cdot Z \quad (8)$$

$$X = f(\alpha, \gamma) = -\sin \alpha \sin \gamma \sqrt{\frac{1 - \cos^2 \gamma \sin^2 \alpha}{1 - \sin^4 \alpha \sin^2 \gamma \cos^2 \gamma}} \quad (9)$$

$$Y = f(\alpha, \gamma) = \sin \alpha \cos \gamma \sqrt{\frac{1 - \sin^2 \gamma \sin^2 \alpha}{1 - \sin^4 \alpha \sin^2 \gamma \cos^2 \gamma}} \quad (10)$$

$$Z = f(\alpha, \gamma) = \sqrt{1 - \cos^2 \gamma \sin^2 \alpha} \cdot \sqrt{\frac{1 - \sin^2 \gamma \sin^2 \alpha}{1 - \sin^4 \alpha \sin^2 \gamma \cos^2 \gamma}} \quad (11)$$

Zur Bestimmung des Einflusses durch den Hänger (Koppelkraft  $K$ ) macht sich eine fahrmechanische Betrachtung des Hängers erforderlich.

Bei einem zweiachsigen Hänger mit Schemellenkung ist das Verhältnis der Auflagekräfte des linken und rechten Rades für beide Achsen des Hängers gleich (Bild 4).

$$\frac{H_{HL}}{H_{HR}} = \frac{H_{VL}}{H_{VR}} \quad (12)$$

Berücksichtigt man (12), so ergeben sich aus den Gleichgewichtsbedingungen der drei Ebenen folgende Beziehungen für die Komponenten der Koppelkraft  $K$ :

Für überschlägige Rechnungen ist es zulässig, die Faktoren durch Vernachlässigung einiger Ausdrücke zu vereinfachen. Die Komponenten der Schwerkraft sind dann nur mit geringen Fehlern behaftet. Wird der Ausdruck  $1 - \sin^4 \alpha \cdot \sin^2 \gamma \cdot \cos^2 \gamma = 1$  gesetzt, dann ergeben sich z. B. mit  $\alpha = 30^\circ$  und  $\gamma = 45^\circ$  für alle drei Schwerkraftkomponenten Fehler von nur etwa 0,8%. Mit  $\sin^4 \alpha \cdot \sin^2 \gamma \cdot \cos^2 \gamma = 0$  sind für die gleichen Werte von  $\alpha$  und  $\gamma$  die  $x$ - und  $y$ -Komponente mit einem Fehler von 5,9% und die  $z$ -Komponente mit einem Fehler von 1,8% behaftet. Für geringere Hangneigungen sind die Fehler wesentlich kleiner.

Im zweiten Fall ergeben sich für die drei Faktoren folgende vereinfachte Ausdrücke.

$$X = f(\alpha, \gamma) = -\sin \alpha \cdot \sin \gamma$$

$$Y = f(\alpha, \gamma) = \sin \alpha \cdot \cos \gamma$$

$$Z = f(\alpha, \gamma) = \cos \alpha$$

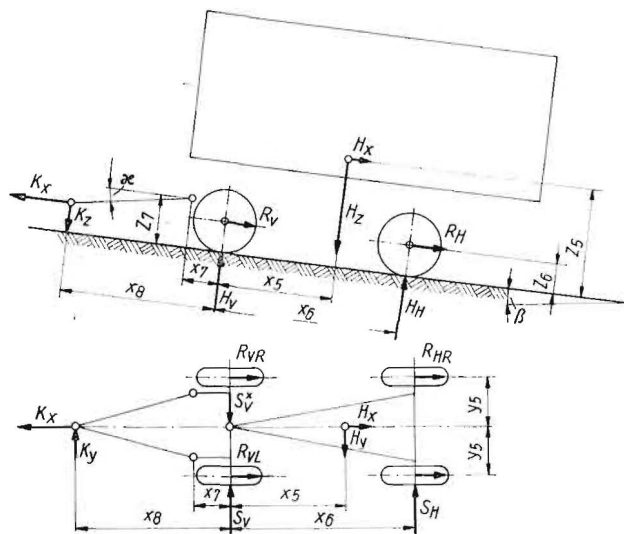


Bild 4 (links)  
Schema zur Berechnung der Koppelkräfte

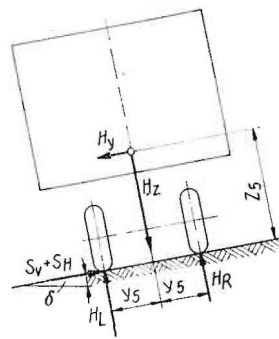
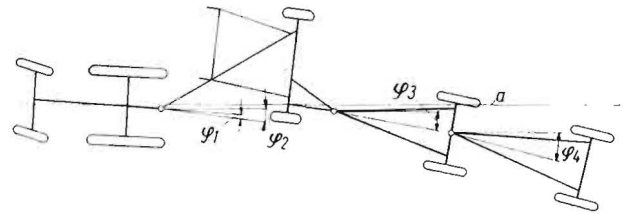


Bild 5  
Bewegung der Kombination Traktor  
Häcksler — Hänger unter dem  
Einfluß von Seitenkräften



$$K_x = \frac{1}{1 - f_H \tan \kappa} \cdot (H_x + f_H \cdot H_z) \quad (13)$$

$$K_y = f_H \cdot \frac{z_3}{x_3} \cdot H_y \left[ 1 - \frac{x_5}{x_6} + f_H \cdot C + \frac{H_x}{H_z} \cdot \left( \frac{z_6 - z_5}{x_6} + C \right) \right] \quad (14)$$

$$\text{mit } C = \frac{1}{1 - f_H \cdot \tan \kappa} \left[ \tan \kappa + \frac{1}{x_6} \cdot (z_7 + x_7 \cdot \tan \kappa - z_6) \right] \quad (15)$$

$$K_z = \frac{\tan \kappa}{1 - f_H \tan \kappa} (H_x + f_H \cdot H_z) \quad (16)$$

In den Gleichungen bedeuten

$H (H_x, H_y, H_z)$	[kp]	Schwerkraft der Gesamtmasse des Hängers (Komponenten der Schwerkraft)
$R = f_H \cdot (H_V + H_H)$	[kp]	Rollwiderstand des Hängers
$H_V = H_{VL} + H_{VR}$	[kp]	Vorderachslast (Summe der Radlasten)
$H_H = H_{HL} + H_{HR}$	[kp]	Hinterachslast (Summe der Radlasten)
$\tan \alpha$		Neigung der Zugschere zur Horizontalen
$x_i, y_i, z_i$	[mm]	Abmessungen des Hängers
$f_H$		Rollwiderstandsbeiwert

Die Komponenten der Koppelkraft sind in den Gleichungen (13), (14) und (16) Funktionen der Komponenten der Schwerkraft  $H$ , deren Abhängigkeit von  $\alpha$  und  $\gamma$  ebenfalls durch die Faktoren  $X, Y, Z$  (9) bis (11) gegeben ist. Die Komponente  $K_y$  (14) umfaßt nur die Einflüsse, die durch Rollwiderstandsunterschiede zwischen dem linken und rechten Rad der Vorderachse als Folge unterschiedlicher Auflagerkräfte entstehen.

Sind die oben angegebenen drei Stützkkräfte ( $S_G, G_A$  und  $Z_x$ ) für verschiedene Betriebszustände der Maschine am Hang bekannt, dann läßt sich nur aus der Größe der Zugkraft  $Z_x$  unmittelbar eine Aussage über die Einsatzmöglichkeiten der Maschine ableiten. Die Grenzwerte dieser Kenngrößen werden durch die vorhandenen Traktoren bestimmt. Nicht ganz so eindeutige Schlüsse sind aus der Größe der Seitenkraft zu ziehen.

Die Übertragung von Seitenkräften auf die Fahrbahn durch elastische Räder ist ebenso wie die Übertragung von Umfangskräften von Schlupf begleitet. Der seitliche Schlupf, genannt Schräglauf, ist abhängig von der Verformung von Rad und Fahrbahn unter dem Einfluß der zu übertragenden Kräfte. Der Schräglaufwinkel ist im allgemeinen der fahrmechanische Kennwert für die Einsatzgrenzen der Maschinen am Hang. Neben einer Erhöhung der Zugkraft durch vergrößerte Fahrwiderstände beeinträchtigt der Schräglauf hauptsächlich die Laufeigenschaften. Durch die Schrägstellung der Maschine zur Fahrtrichtung, bei der Kombination Traktor — Häcksler auch durch die Schrägstellung des Traktors (Bild 5) verringert sich außerdem die erreichbare

wirksame Arbeitsbreite und es sinkt somit die Arbeitsproduktivität und der Wirkungsgrad des Aggregates.

Durch verschiedene konstruktive Maßnahmen, z. B. lenkbare Laufräder, Stufenachsen, Sturzverstellung u. a. m., lassen sich die Laufeigenschaften der Maschinen am Hang verbessern. Einer Verwirklichung solcher Maßnahmen an Feldhäckslern stehen jedoch meist ökonomische Erwägungen entgegen. Deshalb beschränkt sich die Verbesserung der Laufeigenschaften hauptsächlich auf die Verbesserung der Übertragbarkeit von Seitenkräften auf die Fahrbahn durch die Laufräder durch die entsprechende Wahl der dafür maßgebenden Reifeneigenschaften.

Im Gegensatz zu den zahlreichen Untersuchungen über die Schrägläufeigenschaften von Luftreifen auf „starrer“ Fahrbahn ist über den Zusammenhang zwischen Schräglaufwinkel und Seitenführungskraft von Luftreifen auf „elastischer“ (landwirtschaftlicher) Fahrbahn bisher nur sehr wenig bekannt. Die schwere Erfassbarkeit der von der Fahrbahn herrührenden Einflußgrößen ist die Hauptursache für diesen Mangel. Es ist somit z. Z. nicht möglich, für die an unseren Landmaschinen verwendeten Reifen für verschiedene Fahrbahnverhältnisse in Abhängigkeit vom zulässigen Schräglaufwinkel die maximal zulässige Seitenkraft anzugeben. Damit ist auch die exakte Festlegung einer Grenze für den Einsatz der Maschinen am Hang im Hinblick auf die Laufeigenschaften nicht möglich.

Zur überschlägigen Beurteilung der Hangtauglichkeit wird häufig eine Kennzahl benutzt. Diese Kennzahl ist der Quotient aus Seitenkraft und Radlast ( $\mu_S = S_G/G_A$ ), der als der Kraftschlußbeiwert zur Übertragung der Seitenkraft bezeichnet wird. Im Gegensatz zum Kraftschlußbeiwert für die Umfangskraft können hierbei die tatsächlichen Verhältnisse nur in einem gewissen Bereich durch den linearen Zusammenhang zwischen Seitenkraft und Radlast ( $S_G = \mu_S \cdot G_A$ ) angenähert werden.  $\mu_S$  ist nicht konstant, sondern wird mit zunehmender Seitenkraft kleiner.

Der Grenzwert der Laufeigenschaften einer Maschine kann somit nur durch einen maximal zulässigen Kraftschlußbeiwert für die Seitenkraft ausgedrückt werden, bei dem die Seitenkräfte unter den gegebenen Fahrbahnverhältnissen sicher übertragen werden (Haftbereich) und der Schräglaufwinkel in erträglichen Grenzen bleibt. Für Maschinen, bei denen die Arbeitsqualität durch geringen Schräglauf nicht wesentlich beeinflusst wird (z. B. Feldhäcksler), kann dieser Kraftschlußbeiwert maximal etwa  $\mu_S = 0,6$  erreichen (nach den von PHILIPS angegebenen Versuchsergebnissen). Berücksichtigt sind darin die bei der Getreideernte auftretenden Fahrbahnverhältnisse.

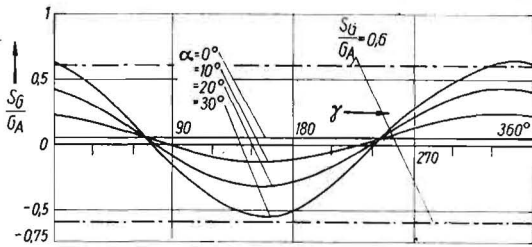


Bild 6  
Verhältnis  $S_G/G_A$   
für Feldhäcksler  
E 065 ohne Hänger

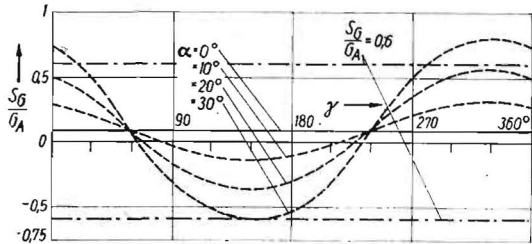


Bild 7  
 $S_G/G_A$  für E 065  
mit Hänger

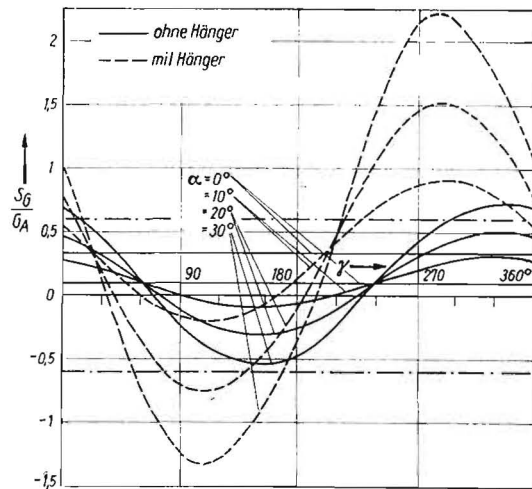


Bild 8  
 $S_G/G_A$  für E 068  
ohne und mit  
Hänger

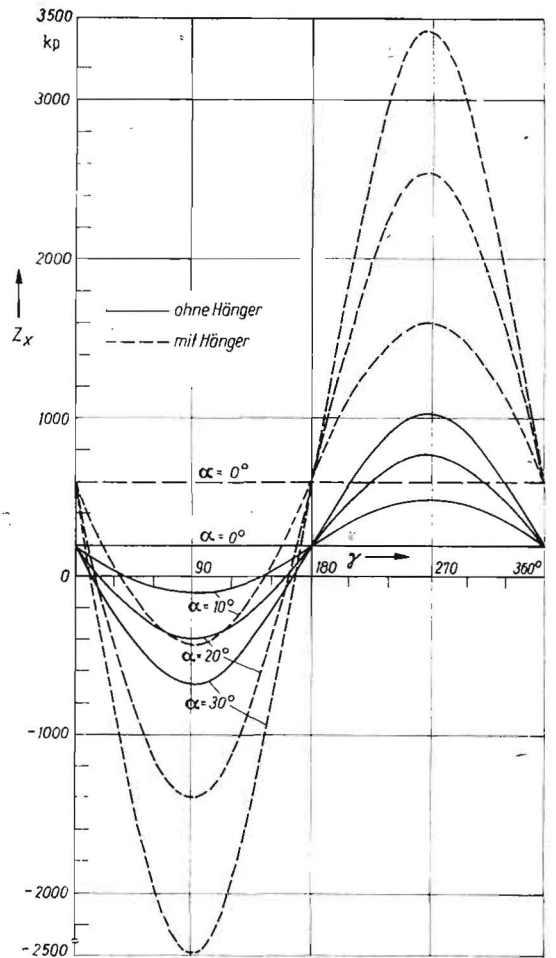


Bild 9  
Zugkräfte für  
den E 065

Zur Beurteilung der Hangtauglichkeit einer Maschine hinsichtlich der Laufeigenschaften ist es somit notwendig, das Verhältnis aus Seitenkraft und Achslast (wenn ein linearer Zusammenhang zwischen beiden Kräften zugrunde gelegt wird) für verschiedene Betriebszustände zu ermitteln.

## 2. Anwendung auf die Feldhäcksler E 065 und E 068 und Folgerungen aus den Ergebnissen der Rechnung

Als Beispiele, auf die die angegebenen Beziehungen angewendet werden sollen, wurden die Feldhäcksler E 065 und E 068 gewählt. Die Rechnung wird mit folgenden Werten durchgeführt:

	E 065	E 068	Hänger
Maschinenmasse [kg]	1700	925	2150
Ladung [kg]	—	—	(mit Aufbau)
Gesamtmasse [kg]	—	—	1900
Reifen	10.00-15	AM 6.00-16	AS 8.25-20
Anhänghöhe h [mm]	360	440	s. z <sub>1</sub> + h
Arbeitswiderstand N (angenommen)	50	50	—
Rollwiderstandsbeiwert $f_G, f_H$ (gewählt nach SCHILLING)	0,1	0,1	0,1
$\tan \alpha$	—	—	0,085

Für die Betrachtungen wurde ein Hänger mit einem Häckselaufbau von 38 m<sup>3</sup> und mit einem Korn-Häckselgemisch der Dichte 50 kg/m<sup>3</sup> als Ladung gewählt.

In der Rechnung wurden Hangneigungen bis  $\alpha = 30^\circ$  (57,7%) erfaßt. Durch die Berücksichtigung dieser extremen, den praktischen Verhältnissen nicht mehr entsprechenden Hangneigungen wird erreicht, daß die Tendenz in den Kurvenverläufen deutlicher sichtbar wird.

Das Verhältnis  $S_G/G_A$  wurde für die beiden Häcksler, jeweils mit und ohne Hänger, in Abhängigkeit von ihrer Lage am

Hang ermittelt (Bild 6 bis 8). Das Verhältnis  $S_G/G_A$  wird negativ, wenn die Seitenkraft  $S_G$  die entgegengesetzte Richtung der im Bild 3 angegebenen annimmt.

Optimale Fahrtrichtungen ( $S_G/G_A = 0$ ) sind für beide Häcksler ohne Hänger Fahrtrichtungen mit  $\gamma = 50 \dots 90^\circ$  und  $\gamma = 210 \dots 270^\circ$  (Bild 6 und 8). Bis zu Hangneigungen von  $\alpha = 20^\circ$  wird für keine Fahrtrichtung der Wert  $\mu_S = 0,6$  überschritten.

Der Einfluß des Hängers, wie er in der Rechnung berücksichtigt werden konnte, ist am E 065 gering. Als günstige Fahrtrichtung ergeben sich etwa die gleichen Winkel wie ohne Hänger. Sehr stark verschlechtert werden die Laufeigenschaften des E 068 durch den Hänger (Bild 8). Für einige Fahrtrichtungen wird bereits bei Hangneigungen von  $\alpha = 10^\circ$  der Wert  $\mu_S = 0,6$  weit überschritten. Ursache für den starken Einfluß des Hängers ist die ungünstige Anordnung des Koppelpunktes in y-Richtung. Dadurch treten schon für  $\alpha = 0^\circ$  relativ hohe Seitenkräfte an den Rädern des Häckslers auf.

Durch die Leistungsfähigkeit der vorhandenen Traktoren bedingt, ist häufig auch die Zugkraft ein Kriterium für den Maschineneinsatz am Hang. Aus Bild 9 ist ersichtlich, daß unter bestimmten Bedingungen die erforderliche Zugkraft für die Lage der Einsatzgrenze am Hang maßgebend sein wird. Wie zu erwarten ist, erscheint von seiten der Zugkraft die Schichtlinie ( $\gamma = 0^\circ$  und  $180^\circ$ ) als günstige Fahrtrichtung. In Bild 9 ist die erforderliche Zugkraft in Abhängigkeit von der Fahrtrichtung für den E 065 dargestellt. Für den E 068 ergibt sich ein ähnlicher Kurvenverlauf. Auf Grund der geringeren Masse des E 068 sind die notwendigen Zugkräfte jedoch geringer. Sie betragen an den Extremstellen ohne Hänger etwa 57% und mit Hänger etwa 87% der entsprechenden Werte für den E 065.

Berücksichtigt man, daß sich die mögliche Zugkraft eines Traktors bei Bergfahrten ebenfalls verringert und außerdem noch der größte Teil der Motorleistung über die Zapfwelle zum Antrieb des Häckslers abzugeben ist, dann ist die Einsatzgrenze, besonders mit dem angekoppelten Hänger, für beide Häckslers schon für relativ geringe Hangneigungen erreicht. Als günstigste Fahrtrichtungen, auch mit Hänger, ergeben sich unter Berücksichtigung der Zug- und Bremskräfte aus Bild 9 Talfahrten unter Winkeln von etwa 30° zur Schichtlinie.

Im Bild 9 wird der große Einfluß des Hängers auf die Zugkraft sehr deutlich. Durch eine Trennung des Hängers vom Häckslers lassen sich also auch die fahrmechanischen Kennwerte des Häckslers, besonders für den Hängeinsatz, sehr stark verbessern.

### 3. Zusammenfassung

Die wichtigsten Kenngrößen, die von seiten der Fahrmechanik die Einsatzgrenzen der Maschinen am Hang bestimmen, wurden am Beispiel der Feldhäcksler E 065 und E 068 dargestellt. Aus den angegebenen Beziehungen und Darstellungen ist zu entnehmen, in welcher Weise die einzelnen Parameter die Hangtauglichkeit dieser Maschinen beeinflussen. Für die untersuchten Beispiele sind aus den Darstellungen, unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen und Vereinfachungen folgende Hinweise zu entnehmen:

- Für günstige Fahrbahnverhältnisse ist der Einsatz beider Häckslers ohne Hänger bis zu Hangneigungen von  $\alpha = 20^\circ$  mit sämtlichen Fahrtrichtungen möglich. Eine Verschiebung der Grenze zu geringeren Hangneigungen kann sich jedoch durch die vorhandenen Zugkräfte für einige Fahrtrichtungen (v. a. Bergfahrt in Richtung der Falllinie) ergeben.
- Die Einsatzgrenzen mit angekoppeltem Hänger werden in erster Linie durch die Zugkräfte bestimmt. Für beide Häckslers ergeben sich als günstige Fahrtrichtungen Talfahrten unter einem Winkel von etwa 30° zur Schichtlinie. Mit diesen Fahrtrichtungen sind die zulässigen Hangneigungen für den E 065 etwa 20° und für den E 068 etwa 15°.

### Literatur

- DÖLLING, M.: Der Mähhäckslersdrusch — ein Verfahren mit Zukunft. Deutsche Agrartechnik (1963) H. 1, S. 26
- DRIEGERT, O.: Untersuchung der Laufeigenschaften von Aggregaten Schlepper — Landmaschine. Diplomarbeit, Institut für Landmaschinentechnik der TU Dresden (unveröffentlicht)
- FREUDENSTEIN, G.: Luftreifen bei Schräg- und Kurvenlauf. Deutsche Kraftfahr- und Straßenverkehrstechnik, Düsseldorf (1961) H. 152
- LISTNER, G.: Aufgaben und erste Ergebnisse bei der Mechanisierung der Getreideernte im hängigen Gelände. Deutsche Agrartechnik (1963) H. 6, S. 263
- PHILLIPS, I. R.: Experimental Determination of the Forces on some Towed Drifting Wheels. Journal of Agricultural Engineering Research Vol. 4 (1959) S. 294
- SCHILLING, E.: Landmaschinen, Band 1 (Aekerschepper), 2. Auflage Köln 1960

A 5475

## Auch der Scheibenpflug leistet eine gute Pflugarbeit

Dr. habil.  
H.-J. GROTH\*, KDT

Wir haben uns daran gewöhnt, den Scharpflug als den Pflug schlechthin zu betrachten. Das Wenden, Mischen und Krümeln kann jedoch auch von einer drehenden Hohl-scheibe, wie sie bei den „Scheibenpflügen“ vorhanden ist, vorgenommen werden. Da über Einsatzmöglichkeiten und Arbeitsweise dieser Pflugart bisher wenig bekannt geworden ist, soll hier einiges darüber gebracht werden, da der Scheibenpflug gerade unter schwierigen Bedingungen eine wertvolle Hilfe für die Bodenbearbeitung darstellt.

### Die Arbeitsweise der Scheibenpflüge

beruht auf der Mitnahme des Bodens durch eine zur Ackeroberfläche und in Fahrtrichtung schräggestellte Scheibe. Entsprechend den Bodenverhältnissen können die Scheiben in der senkrechten Richtung (Scheibenneigungswinkel  $\alpha$  — Bild 1) und in der Fahrtrichtung (Scheibenrichtungswinkel  $\beta$  — Bild 2) eingestellt werden. Der Neigungswinkel ist für harte und trockene Böden klein (Scheibenstellung steil) und für nasse und bindige Böden groß (Scheiben also flach) zu wählen. Der Einstellbereich liegt für den Scheibenneigungswinkel zwischen 0 und 30°. Dabei ist zu berücksichtigen, daß

der Pflug um so mehr belastet werden muß, je steiler die Scheiben stehen, damit sie auf die volle Arbeitstiefe in den Boden eindringen können. Der Einstellbereich des Scheibenrichtungswinkels liegt zwischen 40 bis 50°. Dieser Winkel ändert sich in geringem Maße mit der Arbeitsbreite, mit zunehmender Arbeitsbreite wird er kleiner. Auch hier gelten die gleichen Bedingungen wie beim Scheibenneigungswinkel. Für harte und trockene Böden wird eine geringere Arbeitsbreite und damit eine Vergrößerung des Scheibenrichtungswinkels gewählt, während für nasse und bindige Böden eine größere Arbeitsbreite und damit eine Verringerung des Winkels zu bevorzugen ist.

Bild 1  
Lagerung der Scheiben und Einstellung des Scheibenneigungswinkels bei einem Normal-Scheibenpflug

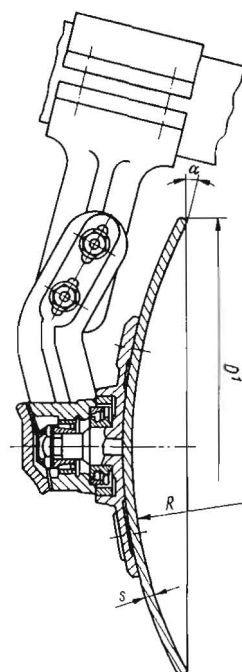
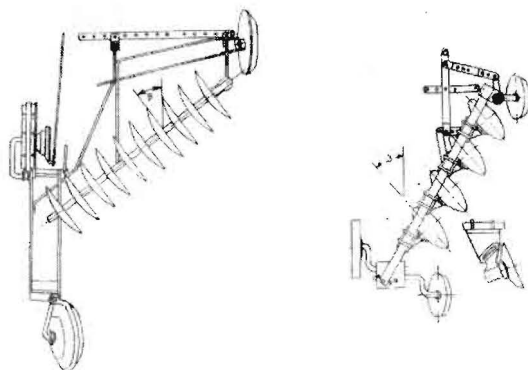


Bild 2  
Einstellung des Scheibenrichtungswinkels beim Vertikal- (links) und Normal-Scheibenpflug (rechts)



\* Institut für Landtechnik der Universität Rostock (Direktor: Professor Dipl.-Ing. E. PÜHLS)