

# Kinematische Berechnung der Elemente des Haspels

Von G. A. NARYKOW, Institut des landwirtschaftlichen Maschinenbaues in Rostow a. Don<sup>1)</sup>

DK 631.364

Der Haspel erscheint als ein wesentliches Organ der Erntemaschinen. Er bringt die Pflanzen an den Schneidapparat heran, stützt sie während des Schnittes, legt die abgeschnittenen Pflanzen auf den Förderer und reinigt den Schneidapparat. Die Grundelemente, die auf die Arbeit des Haspels einwirken, sind: die Trajektorie der Bewegung eines Punktes der Haspelleiste, die Erfassung der Getreidehalme durch die Leiste, die Aufstellung der Haspelachse, der Durchmesser des Haspels und seine Umfangsgeschwindigkeit; die Fahrgeschwindigkeit der Erntemaschine und die Drehzahl des Haspels.

## Die Trajektorie der Bewegung eines Punktes der Haspelleiste

Die Form der Trajektorie ist abhängig von:  
 $v$  = Fahrgeschwindigkeit der Maschine und Umfangsgeschwindigkeit des Haspels. Es können folgende fünf Arten der Trajektorie auftreten:

1. bei  $v' < u'$  = eine verkürzte Trochoide;
2. „  $v' = u'$  = eine Zyklode;
3. „  $v' > u'$  = eine verlängerte Trochoide;
4. „  $v' = 0$  und  $u' > 0$  = ein Kreis;
5. „  $v' > 0$  und  $u' = 0$  = eine Gerade.

Zur Aufstellung der Gleichungen der Trajektorie, bezogen auf die ruhende Koordinaten-Ebene  $XOY$  (Bild 1), wird die geradlinige Bewegung der Haspelachse durch die Bewegung eines gedachten Rollkreises vom Radius  $r$ , der ohne zu gleiten auf der Achse  $OX$  der Koordinatenebene  $OXY$  abrollt, ersetzt.

Aus der Gleichung  $v' = 2\pi r n$  (1)

erhält man:

$$r = \frac{v'}{2\pi n} = R \frac{v'}{u} = R \frac{v''}{u''}. \quad (2)$$

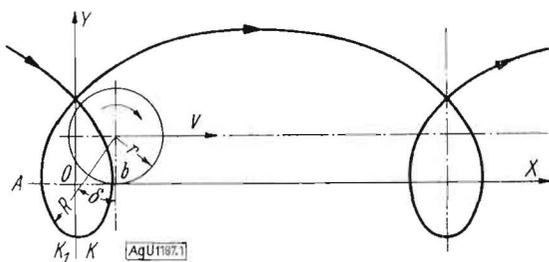


Bild 1

## Beeinflussung des Punktes optimaler Schlepperleistung

Fortsetzung von S. 233

Es sei noch besonders darauf hingewiesen, daß in den Diagrammen 1 bis 5 und 9 der Klarheit wegen nur jeweils ein Beeinflussungsfaktor variiert wird, bei mehreren geänderten Faktoren addieren bzw. subtrahieren sich die entsprechenden Differenzen.

An Hand obiger Berechnungsmethode wurde der Einfluß verschiedener Faktoren auf den Punkt optimaler Schlepperleistung gezeigt, wobei die Betrachtung auf übliche hinterachsgetriebene Schlepper mit Ackerluftreifen beschränkt blieb.

A 1163

## Literatur

- [1] Krey, A., u. Hartig, S.: Entwurfsberechnung für Ackerschlepperkonstruktion 1949, 6, S. 180 bis 185.
- [2] Jante, A.: Wirkungsgrad der Pflugleistungübertragung. Deutsche Agrartechnik 1953, 1, S. 8 bis 14.
- [3] Automobiltechnisches Handbuch S. 1 bis 86.
- [4] Baganz, K.: Auswertungsdiagramme zum NFD. Deutsche Agrartechnik 1952, 7, S. 204 bis 207.
- [5] Schlepper und Arbeitsgerät. Berichte über Landtechnik III, S. 97 bis 107.

Es ist

- $v'$  Fahrgeschwindigkeit der Maschine m/min
- $v''$  Fahrgeschwindigkeit der Maschine m/s
- $u'$  Umfangsgeschwindigkeit der Leiste m/min
- $u''$  Umfangsgeschwindigkeit der Leiste m/s
- $n$  Drehzahl des Haspels in der Minute
- $R$  Radius des Haspels.

Aus der Formel (2) ist zu ersehen, daß bei  $v' < u'$  der Radius  $r < R$  ist. Der Anfangspunkt der Bewegung der Leiste  $K$  soll mit der Koordinatenachse  $OY$  zusammenfallen. Für den Punkt  $K_1$ , nach Drehung des Haspels um den Winkel  $\alpha$ , erhält man seine Koordinaten:

$$\left. \begin{aligned} x &= r\alpha - R \sin \alpha \\ y &= r - R \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Dieses sind die Gleichungen der Trajektorie eines Punktes der Leiste und stellen eine Kurve, die verkürzte Trochoide dar.

Betrachtet man die Trajektorie eines Punktes der Haspelleiste, so muß man feststellen, daß bei Bewegung der Leisten nach einer Trajektorie, die über der Achse  $OX$  liegt, die Getreideähren vom Messer des Schneidapparates zurückgestoßen werden, aber bei der Bewegung der Leisten nach einer Trajektorie, die unter der Achse  $OX$  liegt, wird die Leiste normal arbeiten. Es genügt deshalb, die Koordinatenachse  $OX$  auf der Höhe des Pflanzenstandes  $h$  (Bild 2) anzunehmen. Der Winkel  $\alpha$  — entsprechend dem Punkt  $A$ , dem Übergang der Leiste aus der unteren Zone der Trajektorie in ihre obere Zone — bestimmt sich aus Bild 2 nach der Formel:

$$\cos \alpha = \frac{r}{R} = \frac{2r}{D} = \frac{v'}{u'} = \frac{v''}{u''}. \quad (4)$$

Hier ist  $D$  der Durchmesser des Haspels.

Die günstigste Umfangsgeschwindigkeit der Leiste bestimmt sich unter Verwendung eines Erfahrungskoeffizienten aus der Beziehung

$$u'' = C v''. \quad (5)$$

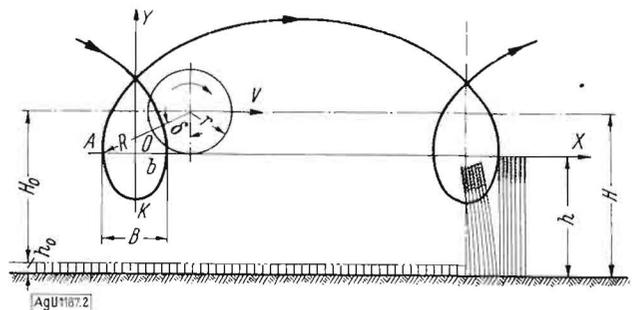


Bild 2

Setzt man nun in die Formel (4) den Wert für  $u''$  nach der Formel (5), so erhält man:

$$\cos \alpha = \frac{1}{C}. \quad (6)$$

Hier ist der Koeffizient  $C = 1,5$  bis  $1,7$ .

Mit  $C = 1,5$  bzw.  $1,7$  erhält man die Grenzwerte für  $\alpha = 48^\circ 12'$  und  $53^\circ 59'$ , zwischen denen die günstigste Größe des Winkels  $\alpha$  liegt.

Nach Formel (4) ist:

$$r = R \cos \alpha = 0,5 D \cos \alpha \quad (7)$$

und mit diesem Wert für  $r$  ergeben die Formeln (1) und (3)

<sup>1)</sup> Сельхозмашина (Landwirtschaftliche Maschinen) Moskau 1952, Nr. 12. Übersetzer: Prof. v. Denffer.

$$v' = \pi D n \cos d' \quad (8)$$

$$\left. \begin{aligned} x &= R (d \cos d' - \sin d) \\ y &= R (\cos d' \cos d) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Bei  $v' = u'$  in den Formeln (2) und (4) erhält man:

$$r = R, \cos d' = 1, d' = 0^\circ.$$

Aus der Gleichung (3) mit  $r = R$  und aus Gleichung (9) mit  $d = 0^\circ$  erhält man die Gleichung der Zykloide:

$$\left. \begin{aligned} x &= R (d - \sin d) \\ y &= R (1 - \cos d) \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Aus der Formel (2) ersieht man, daß bei  $v' > u'$  der Radius  $r > R$  und ist — die Trajektorie wird dann eine verlängerte Trochoide.

Bei  $v' = 0$  und  $u' > 0$  erhält man aus den Formeln (2) und (4):

$$r = 0, \cos d' = 0 \text{ und } d' = 90^\circ.$$

Mit diesen Werten gibt die Formel (9):

$$\left. \begin{aligned} x &= -R \sin d \\ y &= -R \cos d \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

das sind die Gleichungen des Kreises.

Bei  $v' > 0$  und  $u' = 0$  wird die Trajektorie eine Gerade.

### Erfassung der Getreidehalme durch die Leiste des Haspels

Man unterscheidet die passive und aktive Erfassung. Unter der passiven Erfassung versteht man die Breite des Feldstreifens, die eine Leiste bei einer Umdrehung des Haspels erfäßt; sie ist eingeschlossen zwischen den Spitzen der benachbarten Schleifen der Trajektorien der vorhergehenden und der folgenden Leiste des Haspels und wird nach folgender Formel bestimmt:

$$S_z = \frac{v'}{n \cdot z} \quad (12)$$

Hier ist  $z$  die Anzahl der Leisten.

Unter der aktiven Erfassung versteht man die Breite des Feldstreifens, in deren Grenzen die Leiste unmittelbar aktiv auf die Getreidehalme einwirkt, diese zum Messer des Schneidapparates heranbiegt und sie beim Schnitt unterstützt. Die größte Breite der aktiven Erfassung ist gleich der Breite der Schlinge  $A - B$  der Trajektorie und wird nach folgender Formel bestimmt:

$$B = 2r (\operatorname{tg} d' - d'). \quad (13)$$

Jedoch findet zuweilen eine Überdeckung der Schlingen der Trajektorien statt, da sich ja die Leisten fortlaufend bewegen (Bild 3). In diesem Falle ist die Breite der aktiven Erfassung durch eine Leiste auf eine Umdrehung,  $B$  nach der Formel

$$B_z = 2r (\operatorname{tg} d' - d') (1 - E) \quad (14)$$

zu berechnen und hier ist  $E$  — der Koeffizient der Überdeckung. Die Formel (13) und (14) mit  $r$  aus der Formel (2) ergeben:

$$B = \frac{v'}{\pi n} (\operatorname{tg} d' - d') \quad (15)$$

$$B_z = \frac{v'}{\pi n} (\operatorname{tg} d' - d') (1 - E). \quad (16)$$

Der Koeffizient der Überdeckung  $E$  bestimmt sich aus der Bedingung der Gleichheit:

$$S_z = B_z. \quad (17)$$

Mit  $S_z$  aus Formel (12) und  $B_z$  aus Formel (12) erhält man:

$$E = 1 - \frac{\pi}{(\operatorname{tg} d' - d')^2} z. \quad (18)$$

Die Größe des Koeffizienten der Überdeckung  $E$  hängt von  $B$  und  $S_z$  ab, und zwar:

- a) bei  $B > S_z$  wird  $E > 0$
- b) „  $B = S_z$  „  $E = 0$
- c) „  $B < S_z$  „  $E < 0$ .

Stellt man in die Formel (18)  $d' = 0^\circ$ ,  $d' = 90^\circ$  und  $Z = 6$ , so erhält man entsprechend:  $E_{0^\circ} = -\infty$  und  $E_{90^\circ} = 1$ . Bei  $E = -\infty$  ist die Trajektorie eine Zykloide; bei  $E = 1$  ein Kreis und bei  $-\infty < E < 1$  eine verkürzte Trochoide. Werden die Grenzwerte von  $d' = 48^\circ 12'$  und  $53^\circ 59'$  und  $z = 6$  in die Formel (18) eingesetzt, so erhält man entsprechend  $E = 0,89$  und  $E = -0,210$  als Grenzwerte, zwischen denen der günstigste Wert von  $E$ , des Koeffizienten der Überdeckung liegt.

Berechnung des Winkels  $d'$  bei  $E = 0$ . Aus der Formel (18) ergibt sich:

$$(\operatorname{tg} d' - d') = -\frac{\pi}{(1 - E)} z \quad (19)$$

und mit  $E = 0$  und  $Z = 6$  erhält man:

$$(\operatorname{tg} d' - d') = 0,52360$$

und hieraus den Winkel  $d' = < 56^\circ 28'$ .

Bei einem Winkel  $d' 56^\circ 28'$  wird die Leiste unmittelbar nur auf einen Teil der Getreidehalme in dem Bereich der passiven Erfassung einwirken, da sich in diesem Falle  $B > S_z$  und  $-\infty < E < 0$  ergibt. Bei  $56^\circ 28' \leq d' \leq 90^\circ$  wird die Leiste unmittelbar auf alle Getreidehalme im Bereich der passiven Erfassung einwirken, da in diesem Falle  $B > S_z$  und  $0 \leq E \leq 1$  wird.

Der Grad der aktiven Erfassung wird durch einen Koeffizienten  $n$  charakterisiert, der aus der Beziehung

$$n = \frac{B_z}{S_z} \quad (20)$$

bestimmt wird.

Mit  $B_z$  und  $S_z$  aus den Formeln (16) und (12) erhält man:

$$n = (\operatorname{tg} d' - d') \cdot (1 - E) \cdot z \quad (21)$$

Bei  $1 \geq E \geq 0$  wird  $n = 0$ , da in diesem Falle  $B_z = S_z$  ist, bei  $0 > E > -\infty$  liegt der Wert von  $n$  in den Grenzen  $1 > n > 0$  und wird aus der Formel

$$n = \frac{(\operatorname{tg} d' - d') \cdot Z}{\pi} \quad (22)$$

bestimmt, aber bei  $E = -\infty$ , ist  $n = 0$ , da dann  $B = 0$  ist. Die Anzahl der Leisten bestimmt sich aus der Formel (18)

$$Z = \frac{\pi}{(\operatorname{tg} d' - d')} \cdot (1 - E) \quad (23)$$

### Anstellung der Haspelachse

Die Höhenlage der Haspelachse wird bestimmt:

a) bezüglich der Schnitthöhe der Getreidehalme nach der Formel

$$H_o = h + r - h_o \quad (24)$$

b) bezüglich der Feldoberfläche nach der Formel

$$H = h + r \quad (25)$$

es ist  $h$  die Höhe der Halme

$h_o$  die Schnitthöhe.

Die Lage der Haspelachse gegenüber dem Messer des Schneidapparates in waagerechter Richtung hängt von der Größe des Überdeckungskoeffizienten  $E$  ab. Bei  $\infty < E < 0,5$  muß die Haspelachse um den Betrag  $a$  (Bild 3, a) nach vorne gelegt werden;  $a$  wird aus der Formel

$$a = B (0,5 - E) \quad (26)$$

bestimmt.

Bei  $0,5 E 1$  muß die Haspelachse gegenüber der Messerlinie zurückverlegt werden (Bild 3, b), um den Betrag  $a_z = B (E - 0,5)$ . Bei  $E = 0,5$  liegen die Haspelachse und die Messerlinie in einer senkrechten Ebene (Bild 3, b). Bei der Wahl der Arbeitsweise des Haspels muß man bestrebt sein, mit der Lage der Haspelachse den ersten Fall zu erreichen.

**Der Durchmesser des Haspels**

Im Augenblick des Schnittes muß die Leiste des Haspels die Getreidehalme über ihren Schwerpunkt erfassen. Findet das Erfassen unter dem Schwerpunkt der Halme statt, so ist es möglich, daß diese über die Leiste nach vorne und über den Windschirm geworfen werden. Die mittlere Länge der Halme schwankt von 250 bis 1000 mm. Die Stoppelhöhe soll nach den agrotechnischen Forderungen nicht mehr als 150 bis 180 mm betragen. Der Schwerpunkt liegt bei Weizen mit einer Höhe von 800 bis 1000 mm und vollen Ähren, ungefähr auf ein Drittel der Höhe, von der Spitze aus gerechnet. Die Leiste muß also das obere Drittel der Halme erfassen.

Aus Bild 4 erhält man:

$$0,5 D \cos \varphi = r + C \cdot l \tag{28}$$

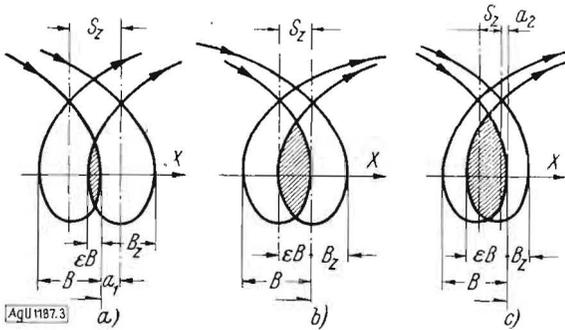


Bild 3

und mit  $r$  aus Formel (7) wird

$$D = \frac{2 C \cdot l}{\cos \varphi - \cos d'} \tag{29}$$

Hier ist  $l$  die Länge des abgeschnittenen Halmes,

$$l = h - h_0 \tag{30}$$

$C$  der Koeffizient, für Weizen gleich 0,25

$\varphi$  der Winkel aus der Formel

$$\sin \varphi = \frac{2 a}{D} \tag{31}$$

Mit  $a$  aus Formel (26) erhält man

$$\sin \varphi = 2 (\operatorname{tg} d' - d') (0,5 - 2) \cdot \cos d' \tag{32}$$

Werden in diese Formel die Grenzwerte für  $E = -0,89$  und  $d' = 48^\circ 12'$  und dann  $E = 0,21$  und  $d' = 53^\circ 59'$  eingesetzt, so erhält man  $\varphi = 30^\circ 53'$  und  $\varphi = 20^\circ 21'$ , zwischen denen der günstigste Wert von  $\varphi$  liegt.

Aus der Formel (29) erhält man mit obigen Werten für  $\varphi$  und  $d'$  bei  $C = 0,25$ :

$$D = (1,44 \cdot / \cdot 2,60) \cdot 1, \tag{33}$$

somit liegt der günstigste Wert für  $D$  zwischen 1,44  $l$  und 2,60  $l$ .

**Der Radius des Rollkreises**

Aus der Formel (7) erhält man mit  $d' = 48^\circ 12'$  bzw.  $53^\circ 59'$  den Radius des Rollkreises:

$$r = (0,333 \cdot / \cdot 0,294) D \tag{34}$$

Bei dem Winkel  $d' = 56^\circ 28'$  wird  $r = 0,276 D$ . Bei  $0 < r < 0,276 D$  wird die Leiste auf alle Getreidehalme in dem Bereich der passiven Erfassung einwirken, denn es wird in diesem Falle:

$$B > S_z \cdot \sin d' < E < l \cdot 90^\circ > d'_z 56^\circ 28' \text{ und } n = l.$$

Bei  $0,276 D < r < 0,5 D$  wird die Leiste nicht auf alle Halme einwirken, da in diesem Falle:

$$B < S_z; 0 > E \dots - \infty; l > h > 0 \text{ und } 56^\circ 28' > d' > 0^\circ \text{ wird.}$$

Die Trajektorie wird bei  $0 < r < 0,5 D$  eine verkürzte Trochoide, bei  $r = 0$  ein Kreis, bei  $r = 0,5 D$  eine Zyklode und bei  $r > 0,5 D$  eine verlängerte Trochoide.

**Die Umfangsgeschwindigkeit der Leiste des Haspels**

Diese ermittelt sich aus der Gleichung (4), und zwar:

$$u' = \frac{v'}{\cos d'} \ll u' \max. \tag{35}$$

$$u'' = \frac{v''}{\cos d'} \ll u'' \max. \tag{36}$$

Mit  $d' = 48^\circ 12'$  bzw.  $53^\circ 59'$  werden die Formeln (35) und (36) zu:

$$u' = (1,5 \cdot / \cdot 1,7) v' \ll u' \max \tag{37}$$

$$u'' = (1,5 \cdot / \cdot 1,7) v'' \ll u'' \max \tag{38}$$

In diesen Fällen wird vom Haspel das Heranbiegen der Halme an das Messer des Schneidapparates und das Niederlegen derselben auf den Förderer bewirkt. Die Umfangsgeschwindigkeit soll nicht höher als  $u' = 162 \text{ m/min}$  (oder  $u'' = 2,7 \text{ m/s}$ ) gewählt werden, da bei größerer Geschwindigkeit durch die Schläge der Leiste schon ein Ausdreschen der Körner möglich wird. Lose in den Ähren sitzende Körner können bei Schlägen der Leiste mit  $3,0 \text{ m/s}$  ( $180 \text{ m/min}$ ) aus den Ähren herausfallen.

**Drehzahl des Haspels**

Die Drehzahl bestimmt sich aus der Formel:

$$n = \frac{u'}{\pi D} \ll n_\delta, \tag{39}$$

hier ist  $n_\delta$  die zulässige, höchste Drehzahl nach der Formel

$$n_\delta = \frac{U \max}{\pi D} \tag{40}$$

Mit  $u'$  aus der Formel (37) erhält man:

$$n = (0,478) \cdot / \cdot 0,542) \frac{v'}{D} \ll n_\delta \tag{41}$$

oder mit  $v''$

$$n = (28,68 \cdot / \cdot 32,52) \frac{v''}{D} \ll n_\delta \tag{42}$$

Die dargelegte Berechnungsweise und die Formeln (1) bis (42) geben die Möglichkeit, die kinematische Berechnung aller Elemente des Haspels durchzuführen. AU 1187

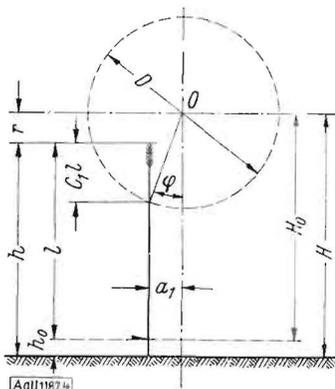


Bild 4

**Die Kassierung der Abonnementsgebühren für unsere Zeitschriften**

Wir wiederholen den Hinweis aus unserem Heft 6 (1953), nach dem wir, entsprechend vielen Wünschen unserer Abonnenten, uns entschlossen haben, die Kassierung für die Abonnementsgebühr unserer Zeitschrift im III. Quartal monatlich durchzuführen. Die Kassierung erfolgt allmonatlich in der zweiten Monatshälfte.

Wir bitten Sie, in Ihrem Interesse dafür zu sorgen, daß der Postbote die Kassierung durchführen kann. Falls Sie abwesend sind, beauftragen Sie bitte Ihren Wohnungsnachbar mit der Zahlung, damit der Bote nicht vergeblich kommt. Außerdem besteht die Gefahr, daß Sie Ihre Zeitschrift dann nicht erhalten. Das würde ein Nachteil für Sie sein, weil nicht immer die Gewähr für eine Nachlieferung gegeben werden kann.

Wir hoffen, daß die Neuregelung der Kassierung auch Ihren Beifall findet und Ihren Wünschen entspricht.

VEB Verlag Technik Berlin  
Vertriebsabteilung