

von Pflanzen- und Stoppelresten gelingt am besten, wenn schräg zur Hauptarbeitsrichtung bzw. schräg zur Richtung von Fahrspuren gegrubbert wird. Auf diese Weise läßt sich auch kurz gehäckseltes Stroh qualitäts-gerecht und verstopfungsfrei in den Boden einmischen. Nutzen Pflanzenproduktionsbetriebe den vom VEB agrotechnik angebotenen Schwergrubber B365A zum Stoppelumbruch, ist das erforderliche Bearbeitungsergebnis nur erreichbar, wenn die dazu gefertigten Winkelstakrümler, Scheibenbatterien oder Spatenrolleggen zur Nachbearbeitung angebaut werden bzw. eine mittelschwere Egge angehängt wird. Das Grubbern erfordert eine vom Traktor abhängige Mindestarbeitsbreite, um das Befahren bereits bearbeiteten Bodens zu vermeiden. Diese Mindestarbeitsbreite (Arbeitsbreite größer als die äußere Radspurbreite des Traktors) und die für ein qualitätsgerechtes Grubbern erforderliche Fahrgeschwindigkeit von 8 bis 10 km/h gewährleisten

hohe Flächenleistungen, haben jedoch zur Folge, daß der Traktor ZT303 nur auf leicht bearbeitbaren Böden ohne Einschränkungen zum Stoppelumbruch eingesetzt werden kann. Auf Lehm Böden ist mit diesem Traktor ein den Qualitätsanforderungen gerechtes Grubbern nur noch auf trockenem Boden mit geringem Radschlupf und bei geringen Arbeitstiefen möglich. Auf allen Tonböden erfordert das Grubbern beim Stoppelumbruch und beim Einarbeiten von Häckselstroh leistungsstarke Traktoren, wenn eine gute Arbeitsqualität erreicht werden soll. Die Leistung des Traktors T-150K ist ausreichend, um auf allen Standorten einen qualitätsgerechten Stoppelumbruch bei hoher Flächenleistung mit Schwergrubberkombinationen zu realisieren.

Literatur

[1] Bosse, O.; Kalk, W.-D.: Grubberwerkzeuge für die pfluglose Grundbodenbearbeitung. agrartechnik, Berlin 39 (1989) 1, S. 27–29.

- [2] Kalk, W.-D.; Bosse, O.: Methode zum Bewerten von Bodenbearbeitungswerkzeugen und -geräten bei experimentellen Untersuchungen. agrartechnik, Berlin 38 (1988) 4, S. 156–157.
- [3] Bosse, O.; Kalk, W.-D.: Methode zum Bewerten von Bodenbearbeitungsvarianten bei technischen und ackerbaulichen Untersuchungen. Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Broschüre (Eigendruck) 1987.
- [4] Sieg, R.: Bodenbearbeitung mit weniger Sprit. Die landtechnische Zeitschrift, München 33 (1982) 1, S. 20–22
- [5] Köller, K.-H.: Die Stoppelbearbeitung – kein technisches Problem. Landmaschinen Fachbetrieb, Hannover 35 (1983) 8, S. 249–250.
- [6] Jori, J.; Soos, S.: Pfluglose Bodenbearbeitung mit kombinierten schweren Kultivatoren. Internationale Zeitschrift der Landwirtschaft, Berlin (1984) 2, S. 180–182.
- [7] Blackstein, R.: Wohin geht die Entwicklung in der Bodenbearbeitung. Zuckerrübe, Hannover 33 (1984) 5, S. 310–314.
- [8] Kalk, W.-D.: Zur rationellen Nutzung von Energie bei der Bodenbearbeitung. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 8, S. 370–373. A 5282

Grundlagen zur konstruktiven Entwicklung und zur Funktionsanalyse von Einzelkörpersicherungen an Scheibenpflügen

Prof. Dr. sc. techn. K. Queitsch, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Landtechnik
Dr. agr. M. Ghanem, Tishreen-Universität Lattakia, Institut für Landwirtschaft (Syrische Arabische Republik)

1. Problemstellung

Scheibenpflüge werden hauptsächlich zum Pflügen von Neuland, von steinigem, harten, trockenen, verkrusteten, mit Wurzeln und Stümpfen durchsetzten Böden eingesetzt. Böden mit diesen Merkmalen sind bei der Neulandgewinnung, in tropischen und subtropischen Gebieten sowie in der Forstwirtschaft anzutreffen. Scheibenpflüge haben gegenüber den Scharfpflügen folgende Vorteile:

- gutes Durchschneiden von Wurzeln und Unkräutern
- geringe Verstopfungsneigung
- gutes Eindringen in harten Boden
- Überrollen von Hindernissen
- Selbstschärfen der Scheiben, geringer Verschleiß.

Unzureichender Wendeeffekt, weniger gutes Unterbringen von Pflanzenresten, größere spezifische Eigenmasse des Pfluges sind nachteilig. Die intensive Schneidwirkung führt aber auch zum Zerkleinern und Vermehren von Wurzelunkräutern und zur Schädigung der Bodenstruktur. Deshalb gilt als ackerbauliche Regel für den Scheibenpflug, daß er nur dann eingesetzt wird, wenn der Scharfpflug den Anforderungen nicht mehr genügt.

Höhere Produktivität beim Pflügen unter Verwendung leistungsstarker Traktoren erfordert auch beim Scheibenpflug eine größere Arbeitsbreite und damit eine größere Anzahl von Pflugscheiben. Beim Auftreten von Hindernissen führt das zu zwei wesentlichen Problemen:

- Infolge größerer Pflugmasse und Kräfteinleitung am Hindernis, gewöhnlich an nur einer Pflugscheibe, treten größere Kräfte

auf. Der Pflugrahmen muß einerseits überdimensioniert sein, zum anderen werden die Scheiben überlastet, was zu Scheibenausbrüchen u. a. Schäden führen kann.

Hoher Materialaufwand und Arbeitszeitverluste sind erhebliche Nachteile.

- Das Überrollen eines Hindernisses (mit Komponenten des Gleitens) zwingt zum Ausweichen des Pfluges. Das bedeutet, daß mehrere oder alle Scheiben nicht mehr eingreifen. Damit entstehen größere, nicht bearbeitete Stellen in der Nähe eines solchen Hindernisses. Sie sind als Qualitätsmängel bei der Bodenbearbeitung anzusehen.

Beim Scharfpflug sind Einzelkörpersicherungen mit selbsttätiger Rückstellung als Schutz gegen Überbeanspruchung zur Selbstverständlichkeit geworden. Es liegt der Gedanke nahe, die gleichen positiven Wirkungen beim Scheibenpflug mit größerer Arbeitsbreite vorteilhaft zu nutzen.

Nachfolgend werden methodische und landmaschinentechnische Grundlagen für die konstruktive Entwicklung von Einzelkörpersicherungen am Scheibenpflug abgeleitet und zur Funktionsanalyse an einem gewählten Beispiel genutzt. Wie beim Scharfpflug wird davon ausgegangen, daß ein Pflugkörper durch ein Hindernis zum Ausschwenken aus der Arbeitsstellung gegen einen Federspeicher gezwungen wird und die gespeicherte Energie für das selbsttätige Wiedereinziehen zur Verfügung steht. Für das Gewinnen eines mathematischen Modells des Auslenkens einer Pflugscheibe aus der Arbeitsstellung steht das Problem der anzunehmenden Gestalt eines Hindernisses und der eines geeigneten Federgetriebes.

2. Geometrische Bedingungen und Kinematik des Auslenkvorgangs einer Pflugscheibe mit Einzelkörpersicherung

2.1. Projektionen einer Pflugscheibe und Koordinaten des Kontaktpunktes auf dem Hindernis

Geometrisch wichtige Parameter einer sphärischen Pflugscheibe für die weiteren Untersuchungen sind:

- Scheibendurchmesser $2R$
- Scheibenrichtungswinkel β (\ll Fahrtrichtung x – horizontale Mittelachse der Scheibe)
- Scheibenneigungswinkel α (\ll Schneidenebene – Vertikale)
- Arbeitstiefe t .

Das Hindernis (idealisiert) bildet eine im Arbeitsbereich der Pflugscheibe ebene Fläche, die zur Horizontalen einen Neigungswinkel von $0 \leq \psi \leq 90^\circ$ aufweisen soll. Die Ebene kann zur Arbeitsrichtung des Pfluges vom rechten Winkel auch abweichen, was aber für die Untersuchungen von untergeordneter Bedeutung ist. Angenommen wird, daß die Pflugscheibe in einem Punkt an der Schneide, dem Kontakt- oder Auftreffpunkt, mit dem Hindernis zusammenstößt. In diesem Moment beginnt das Ausschwenken der Pflugscheibe um einen Drehpunkt am Pflugrahmen in der Vertikalebene (x - z -Ebene). Dabei liegt das Koordinatensystem x - y - z mit seinem Ursprung im Scheibenmittelpunkt (Mittelpunkt des Schneidungskreises) und verbleibt in der Position, die durch das Auftreffen der Scheibe auf das Hindernis bestimmt ist. Für die Ermittlung des Auftreffpunktes $P(x_0, y_0, z_0)$ sind die Hindernisebene und die Projektionen der Pflugscheibe in unterschiedlichen Ebenen notwendig.

Die Projektionen der Pflugscheibe lassen

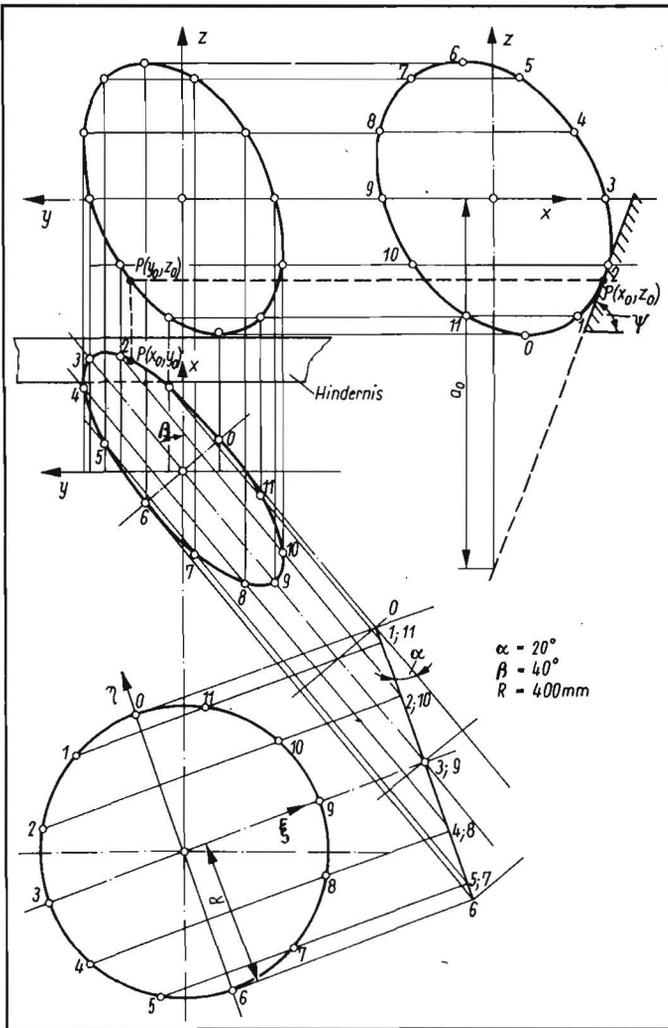


Bild 1. Grafische Ermittlung der Scheibenprojektionen und des Auftreffpunkts der Pflugscheibe auf eine geneigte Hindernisebene im x-y-z-Koordinatensystem

sich sowohl grafisch wie auch analytisch ermitteln (Bild 1). Die Schneidkante der Pflugscheibe bildet im Hilfskoordinatensystem einen Kreis nach Gl. (1):

$$\xi^2 + \eta^2 = R^2 \quad (1)$$

Die Einzelpunkte der Schneidkante lassen sich in das x-y-z-Koordinatensystem transformieren, wobei gilt:

$$x = -\xi \cos \beta + \eta \sin \alpha \sin \beta \quad (2.1)$$

$$y = -\xi \sin \beta - \eta \sin \alpha \cos \beta \quad (2.2)$$

$$z = -\eta \cos \alpha \quad (2.3)$$

und

$$\xi = -x \cos \beta - y \sin \beta \quad (2.4)$$

$$\eta = (x \sin \beta - y \cos \beta) / \sin \alpha = -z / \cos \alpha \quad (2.5)$$

Durch Einsetzen der Größen aus den Gln. (2.4) und (2.5) in Gl. (1) ergeben sich die Scheibenprojektionen in den Ebenen in Gestalt unterschiedlicher Ellipsen:

x-y-Ebene (Draufsicht)

$$(x \cos \beta + y \sin \beta)^2 \sin^2 \alpha + (x \sin \beta - y \cos \beta)^2 = R^2 \sin^2 \alpha \quad (3)$$

x-z-Ebene (Seitenansicht)

$$(x \cos \alpha + z \sin \alpha \sin \beta)^2 + (z \cos \beta)^2 = R^2 \cos^2 \alpha \cos^2 \beta \quad (4)$$

y-z-Ebene (Furchenprofil-Rückansicht)

$$(z \sin \alpha \cos \beta - y \cos \alpha)^2 + (z \sin \beta)^2 = R^2 \cos^2 \alpha \sin^2 \beta \quad (5)$$

Die Hindernisebene bildet in der x-z-Ebene eine Gerade der Gestalt

$$z = a_0 + x \tan \psi \quad (6)$$

Beim Auftreffen der Pflugscheibe auf das Hindernis ist die Tangentenrichtung der x-z-Scheibenprojektion gleich dem Anstieg des Hindernisses

$$z' = dz/dx = \tan \psi \quad (7)$$

Gl. (4) ist dementsprechend zu differenzieren. Man erhält

$$x = -z A \quad (8.1)$$

mit

$$A = \frac{[\sin \alpha \cos \alpha \sin \beta + z' (\sin^2 \alpha \sin^2 \beta + \cos^2 \beta)]}{/(\cos^2 \alpha + z' \sin \alpha \cos \alpha \sin \beta)} \quad (8.2)$$

Durch Einsetzen von x aus Gl. (8.1) in Gl. (4) ist die Koordinate z des Kontaktpunkts zu ermitteln:

$$z = R \cos \alpha \cos \beta / (\pm \sqrt{(\sin \alpha \sin \beta - A \cos \alpha)^2 + \cos^2 \beta}) \quad (9)$$

(meist gilt negatives Vorzeichen).

Der dazugehörige x-Wert ist aus Gl. (8.1) zu berechnen. Die y-Koordinate wird durch Auflösen von Gl. (5) gefunden:

$$y = z \tan \alpha \cos \beta \pm \sin \beta \sqrt{(R^2 \cos^2 \alpha - z^2) / \cos \alpha} \quad (10)$$

(positives Vorzeichen gilt).

Die Abschnittslänge der Geraden der Hindernisebene wird mit den x-z-Koordinaten bestimmt zu

$$a_0 = z_0 - x_0 \tan \psi \quad (11)$$

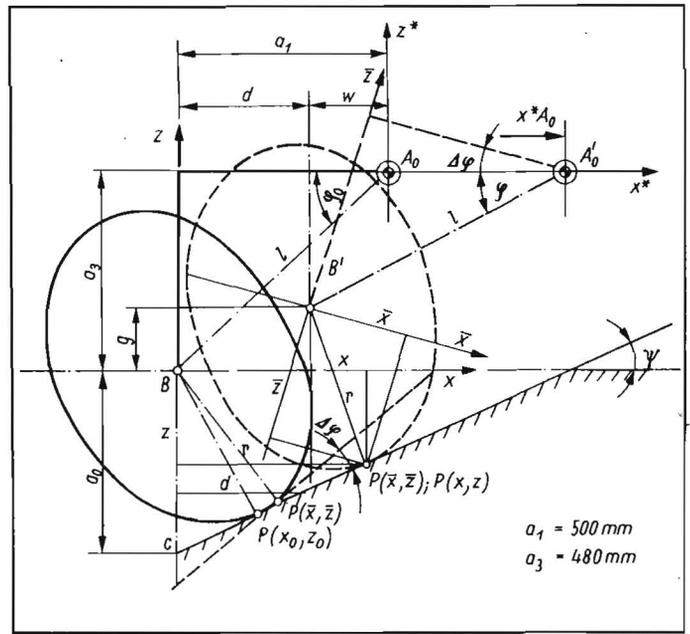


Bild 2 Pflugkörperauslenkung am Hindernis bei vorgegebenem Auslenkwinkel $\Delta\varphi$ und Zuordnung wichtiger Punkte zu gewählten Koordinatensystemen (Berechnungsgrößen)

Die beim Auftreffen der Pflugscheibe auf das Hindernis nach den Gln. (9), (8.1) und (10) berechneten Koordinaten z, x, y bilden den Auftreffpunkt P (x_0, y_0, z_0). Für die Ermittlung von wirkenden Kräften und Momenten zur Festigkeitsberechnung und dynamischer Größen beim Auslenken ist die Veränderung des Kontaktpunkts auf dem Hindernis von Interesse.

2.2. Kontaktpunkt auf dem Hindernis beim Auslenken der Pflugscheibe

Für ein Auslenken der Pflugscheibe ohne Behinderungen geometrischer Art muß der Drehpunkt des Grindels A_0 vor der Pflugscheibe, in Arbeitsrichtung x gesehen, liegen. Nach Bild 2 werden die Abmessungen a_1 und a_3 so gewählt, daß $a_1 > R$ und $a_3 > R$ sind. Die Verbindungslinie $\overline{A_0 B}$ schließt zur Horizontalen den Winkel φ_0 . Das Ausschwenken wird mit Hilfe einer Schrittweite c_φ des Winkels φ in konstanten Schritten realisiert. Dabei ist

$$\Delta\varphi = \varphi_0 - \varphi = i c_\varphi; \quad i = 0, 1, 2 \dots \quad (12)$$

Gleichzeitig bewegt sich der Pflug in Richtung x^* um einen Betrag, den das Hindernis durch seine Gestalt zuläßt. Der Scheibenmittelpunkt B verändert seine Lage, so daß zu jedem $\Delta\varphi$ ein neuer Kontaktpunkt auf dem Hindernis zuzuordnen ist. Das auf den Ursprung B bezogene Koordinatensystem bewegt sich mit, verschiebt sich in x-Richtung um d und in z-Richtung um g (vgl. Bild 2). Gleichzeitig wird das Koordinatensystem um $-\Delta\varphi$ (mathematisch negativer Drehsinn) gedreht und geht in ein \bar{x} - \bar{z} -System über. Zur Ermittlung des Kontaktpunkts wird angenommen, daß die Hindernisebene sich gegen die Pflugscheibe um den Winkel $\Delta\varphi$ dreht. Dann wird

$$z' = \tan(\psi + \Delta\varphi), \quad (13)$$

wobei die ermittelten Koordinaten \bar{x} - und \bar{z} -Werte nach den Gln. (9) und (8.1) sind. Für die Rücktransformation in das x-y-z-System gelten

$$z = g + \bar{x} \sin(-\Delta\varphi) + \bar{z} \cos(-\Delta\varphi) \quad (14.1)$$

$$x = d + \bar{x} \cos(-\Delta\varphi) - \bar{z} \sin(-\Delta\varphi). \quad (14.2)$$

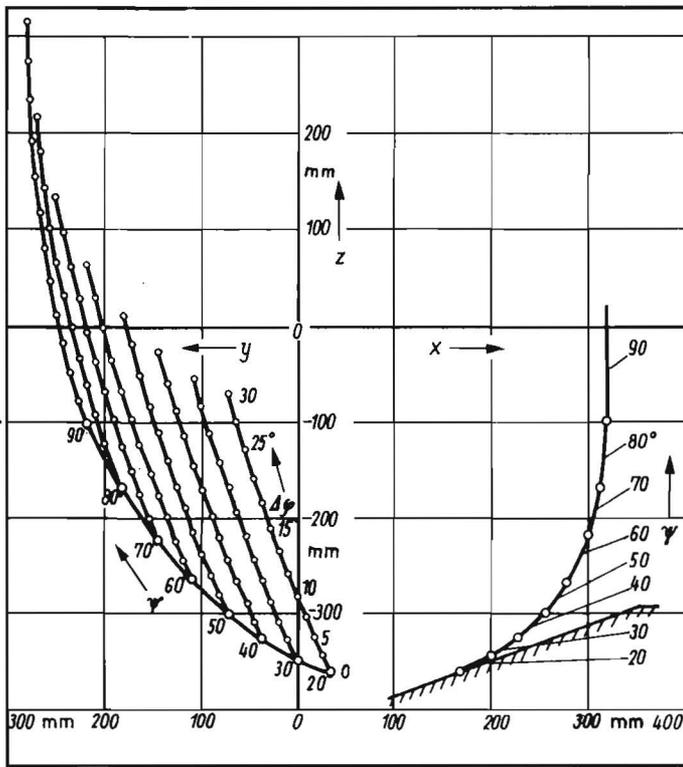


Bild 3. Kontaktpunkt-Lageänderung auf geneigter Hindernisebene bei variiertem Neigungswinkel ψ und Auslenkwinkel $\Delta\varphi$ von 0 bis 30°

Da bei schrittweisem Ausschwenken die Differenz $\Delta\varphi$ durch vorgegebene Werte bekannt ist und die Änderung der Arbeitstiefe etwa

$$\Delta t = l (\sin\varphi_0 - \sin\varphi) = g \quad (15)$$

beträgt, kann z nach Gl. (14.1) bestimmt werden. Der Kontaktpunkt ist gleichzeitig ein Punkt der Hindernisebene, so daß auch

$$x = (z - a_0) / \tan\psi \quad (16)$$

gilt und auf diese Weise x gefunden wird. Die Koordinate y bleibt unverändert. Damit kann d nach Gl. (14.2) ermittelt werden. Nach gleichem Vorgehen werden die Koordinaten des Scheibenmittelpunkts B bezüglich des x^*-z^* -Systems bestimmt, die für weitere Betrachtungen beim Auslenken benötigt werden. Dabei gelten

$$z_B^* = -l \sin\varphi \quad (17.1)$$

$$x_B^* = -a_1 + d. \quad (17.2)$$

2.3. Geschwindigkeiten und Beschleunigungen

Geschwindigkeiten und Beschleunigungen sind Bewegungsgrößen, die zur Ermittlung von Kräften, vor allem der Massenkräfte, benötigt werden. Wenn auch der Stoßvorgang beim Auftreffen der Pflugscheibe auf das Hindernis außer Betracht bleibt, treten dynamische Kräfte infolge der Beschleunigungen auf. Einen wesentlichen Einfluß darauf hat die Arbeitsgeschwindigkeit des Pfluges in x-Richtung, die beim Ansprechen der Einzelkörpersicherung als konstant angenommen wird. Deshalb kann die weitere Betrachtung der Bewegungsverhältnisse am Pflug in Relativgrößen erfolgen.

Nach Bild 2 gilt in Analogie zu Untersuchungen von Spaethe [1]

$$x_{A0}^* = l \cos\varphi - w \quad (18.1)$$

$$w = l \cos\varphi_0 - d \quad (18.2)$$

$$d \approx (a_0 + a_3 - r - l \sin\varphi) / \tan\psi. \quad (18.3)$$

Gl. (18.3) gilt unter Vernachlässigung der Änderung von r, dem projizierten Abstand des Scheibenmittelpunkts vom Kontaktpunkt. Danach ergibt sich

$$x_{A0}^* = l (\cos\varphi - \cos\varphi_0) + (a_0 + a_3 - r - l \sin\varphi) / \tan\psi. \quad (18.4)$$

Die Ableitung von x_{A0}^* ist gleichzeitig die Arbeitsgeschwindigkeit v_f :

$$\dot{x}_{A0}^* = v_f = -l\dot{\varphi} (\sin\varphi + \cos\varphi / \tan\psi). \quad (19)$$

Wird die Relativgeschwindigkeit des Punkts B

$$v_B = -l\omega (\dot{\varphi} = \omega), \quad (20)$$

so ist das Verhältnis

$$v^* = \frac{v_B}{v_f} = \tan\psi / (\tan\psi \sin\varphi + \cos\varphi) \quad (21)$$

eine dimensionslose Größe, die die Relativgeschwindigkeit des Punkts B in seiner Bewegung um A_0 charakterisiert.

Eine weitere Ableitung von Gl. (19) ergibt die Pflugbeschleunigung, die nach angenommener Voraussetzung Null sein muß:

$$\ddot{x}_{A0}^* = -l [\ddot{\varphi} (\tan\psi \sin\varphi + \cos\varphi) + \dot{\varphi}^2 (\tan\psi \cos\varphi - \sin\varphi)] / \tan\psi = 0 \quad (22)$$

$$\ddot{\varphi} = -\dot{\varphi}^2 (\tan\psi \cos\varphi - \sin\varphi) / (\tan\psi \sin\varphi + \cos\varphi). \quad (23)$$

Die tangentielle Beschleunigung des Punkts B ist

$$a_{Bt} = -\ddot{\varphi} l. \quad (24)$$

Auch hier ist eine dimensionslose Größe angebracht, die mit

$$a^* = (\tan\psi \cos\varphi - \sin\varphi) / (\tan\psi \sin\varphi + \cos\varphi) \quad (25)$$

angegeben werden kann. Danach gilt

$$a_{Bt} = a^* v^{*2} v_f^2 / l \quad (26)$$

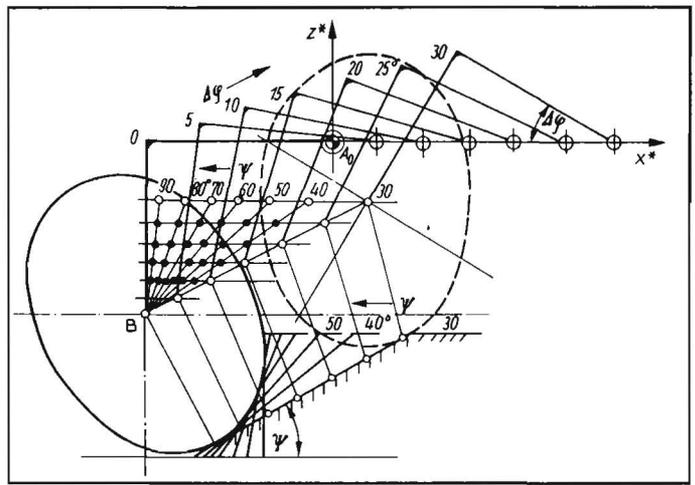


Bild 4. Lageänderung des Scheibenmittelpunkts bei verschiedenen Hindernisneigungen und fortschreitender Pflugbewegung in Arbeitsrichtung

oder

$$\epsilon = \ddot{\varphi} = -\dot{\varphi}^2 a^* \quad (27)$$

$$\text{mit } \dot{\varphi} = -v_f v^* / l. \quad (28)$$

2.4. Zu einigen Ergebnissen der kinematischen Untersuchung

Die Veränderung der Lage des Kontaktpunkts auf dem Hindernis bei gewählten Hindernisneigungswinkeln geht aus Bild 3 hervor. Die eingetragenen Kontaktpunkte in der y-z-Ebene mit den zugeordneten Auslenkwinkeln zeigen den Einfluß durch den Auslenkvorgang selbst und die Verlagerung der Kontaktpunkte in y-Richtung mit zunehmendem Hindernisneigungswinkel. Die jeweiligen Anfangspunkte, beim Auslenkwinkel $\Delta\varphi = 0$ miteinander verbunden, bilden die Kontur der Scheibe. Deutlich ist auch in der x-z-Ebene die vertikale Verlagerung der Kontaktpunkte mit zunehmendem Hindernisneigungswinkel festzustellen. Der Kontaktpunkt ist gleichzeitig Angriffspunkt der auf die Pflugscheibe wirkenden Kräfte beim Auslenken. Durch die sich laufend ändernde Position ist eine kritische Prüfung hinsichtlich der auf die Bauteile wirkenden Momente erforderlich, vor allem auch dadurch, daß eine Kräfteänderung ebenfalls zu erwarten ist.

In bezug auf die Bewegung des Scheibendrehpunkts B gibt die grafische Darstellung der einzelnen Positionen in Abhängigkeit vom Auslenkwinkel $\Delta\varphi$ und vom Hindernisneigungswinkel Auskunft (Bild 4). Dabei ist festzustellen, daß die Bewegungsbahnen des Punkts B bei $\psi = 90^\circ$ eine leicht gekrümmte Kurve bilden und bei $\psi < 90^\circ$ allmählich in annähernde Geraden übergehen, die aber zur Hindernisebene nicht parallel sind.

Die für Hindernisneigungswinkel von 40 bis 90° untersuchten dimensionslosen Größen v^* und a^* enthält Bild 5 als Verläufe über $\Delta\varphi$. Die Geschwindigkeitsgröße v^* und die Beschleunigungsgröße a^* weisen qualitativ etwa gleiche Tendenz über $\Delta\varphi$ auf. Die größten Werte treten bei $\psi = 90^\circ$ auf, während sie mit abnehmendem Winkel ψ ebenfalls abnehmen und flacher verlaufen.

Der Auslenkvorgang erfolgt mit wachsender Geschwindigkeit des Punktes B um A_0 , was der Verlauf von a^* verdeutlicht. Bei großer Hindernisneigung ist mit den größten Beschleunigungskräften beim Auslenken zu rechnen.

3. Statische Kennlinie der Einzelkörpersicherung

Die statische Kennlinie einer Einzelkörpersicherung beschreibt die Abhängigkeit der

Auslenkkraft von der Aushubhöhe, die gleich der Arbeitstiefenänderung ist. Dabei wird vom statischen Gleichgewicht der am Scheibenmittelpunkt angreifenden Auslenkkraft und der durch die Feder erzeugten Rückstellkraft ausgegangen. Als Federgetriebe wurde ein Mechanismus gewählt, der im Ergebnis von theoretischen und experimentellen Untersuchungen zur Einzelkörpersicherung am Scheibenpflug von Ghanem [2] vorgeschlagen wurde. Er zeigt prinzipiell den gleichen Aufbau, wie er an Scharpflügen bekannt ist (Bild 6).

Die Kennlinie gibt Aufschluß über die Stabilität der Einzelkörpersicherung (sichere, schwingungsfreie Lage der Pflugscheibe in Arbeitsstellung), über die „Auslösekraft“ und über die Rückstellkraft zum Wiedereinziehen der Pflugscheibe in Arbeitsstellung. Günstig ist, wenn die Auslenkkraft F_B zunächst auf ein Maximum ansteigt, um Instabilitäten bei normaler Pflugarbeit zu vermeiden. Der folgende Abfall der Kennlinie begünstigt das Auslenken und Überwinden eines Hindernisses, muß aber auch den erforderlichen Energiebetrag zum Wiedereinziehen der Pflugscheibe liefern. In der vorliegenden Untersuchung von Einflüssen auf den Verlauf der statischen Kennlinie wurde die Gewichtskraft der Pflugscheibe mit Grindel und Getriebebauteilen nicht berücksichtigt. An dieser Stelle bleiben auch die dynamischen Kräfte offen. Sie bedürfen einer gesonderten ausführlichen Untersuchung, da die Veränderlichkeit der Kraftangriffspunkte an der Pflugscheibe, das teilweise Rollen und das teilweise Gleiten der Scheibe auf dem Hindernis das Kräftespiel insgesamt beeinflussen. Untersuchungsergebnisse zur statischen Kennlinie in Abhängigkeit von der Arbeitstiefenänderung Δt (Aushubhöhe) sind im Bild 7 dargestellt.

Gewählt wurden $\varepsilon = 60^\circ$ und eine veränderte Vorspannung der Feder 1 mit c_{F1} von $f_v = 300$ mm bis 150 mm.

Die Kennlinien zeigen einen ähnlichen Verlauf, wobei sich mit sinkenden Auslösekräften und Maximalwerten das jeweilige Maximum nach größeren Aushubhöhen verschiebt. Die Einstellbarkeit der Federvorspannung ist damit eine einfache Möglichkeit zur Anpassung des Betriebsverhaltens der Einzelkörpersicherung an die Boden- und Pflugarbeitsbedingungen.

Die Lage des Maximums hinsichtlich der Aushubhöhe läßt sich in Grenzen durch Verändern der Winkelposition ε des Festlagers C_0 beeinflussen. Das hat beachtliche Auswirkungen auf den Abfall der Charakteristik nach dem Maximum. Diese Möglichkeit der Einflußnahme kann in der Konstruktion oder als Einstellparameter genutzt werden.

Durch die Veränderung der Federsteife können die Kennlinien betragsmäßig verschoben werden, so daß bei größeren Unterschieden im Bodenwiderstand Pflüge mit verschiedenen Federn ausrüstbar sind.

4. Schlußfolgerungen

Aus den dargestellten Untersuchungsergebnissen zu Einzelkörpersicherungen am Scheibenpflug läßt sich ableiten, daß

- sich der Einsatz von Einzelkörpersicherungen an Scheibenpflügen großer Arbeitsbreite als erforderlich erweist
- gegenüber dem Scharpflug die Kontaktpunkte mit dem Hindernis systematischen Änderungen unterliegen und bei der kon-

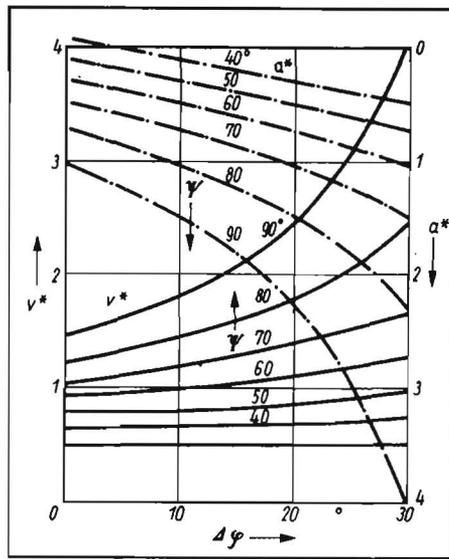


Bild 5. Verläufe der relativierten Geschwindigkeiten und Tangentialbeschleunigungen des Pflugscheibenmittelpunkts über dem Auslenkwinkel bei ausgewählten Hindernisneigungswinkeln

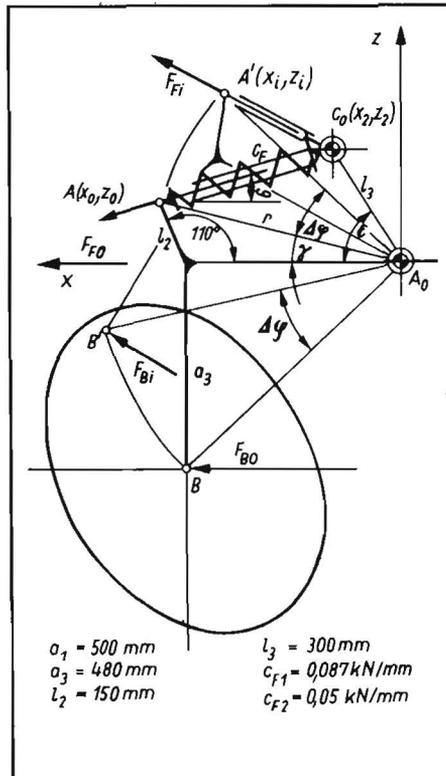


Bild 6. Gewähltes Beispiel eines Federgetriebes einer Einzelkörpersicherung mit Daten und Berechnungsgleichungen für die statische Kennlinie der Rückstellkraft

Momentengleichgewicht um A_0

$$F_{Bi} \cdot a_3 - F_{Fi} \cdot (z_i \cos \delta + x_i \sin \delta) = 0$$

Koordinaten von A'

$$x_i = r \cos(\gamma + \Delta\varphi), \quad z_i = r \sin(\gamma + \Delta\varphi)$$

$$\gamma = \arcsin(z_0/r)$$

Koordinaten von A

$$x_0 = a_1 + l_2 \sin 20^\circ, \quad z_0 = l_2 \cos 20^\circ$$

Federkraft

$$F_{Fi} = c_{Fi} (f_i + f_s)$$

Auslenkkraft

$$F_{Bi} = [F_{Fi} \cdot (z_i \cos \delta + x_i \sin \delta)] / a_3$$

Koordinaten von C_0

$$x_2 = l_3 \cos \varepsilon, \quad z_2 = l_3 \sin \varepsilon$$

$$r = \sqrt{(x_0^2 + z_0^2)} = \overline{AA_0}$$

$$\delta = \arcsin[(z_2 - z_1) / l_1]$$

$$l_1 = \overline{A'C_0} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$$

Federweg

$$f_i = l_0 - l_i$$

$$l_0 = \overline{AC_0} = \sqrt{(x_0 - x_2)^2 + (z_0 - z_2)^2}$$

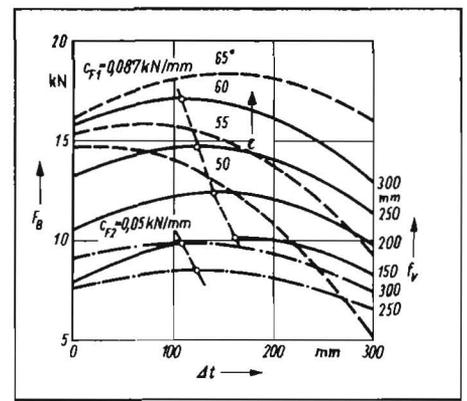


Bild 7. Errechnete statische Kennlinien bei gewählten Einstell- und Konstruktionsparametern (vgl. Bild 6)

struktiven Gestaltung nicht unberücksichtigt bleiben können

- die dynamischen Bewegungsgrößen erfaßbar sind und ihr Einfluß auf die wirkenden Kräfte berücksichtigt werden muß
- vorhandene Scheibenpflüge offensichtlich nicht einfach umrüstbar sind, sondern Einzelkörpersicherungen nur für Neukonstruktionen entwickelt und eingesetzt werden können
- weiterführende Untersuchungen zur Dynamik des Auslenkens und Wiedereinziehens der Pflugscheibe erforderlich sind
- experimentelle Untersuchungen notwendig sind, um entsprechende Erkenntnisse zu gewinnen.

5. Zusammenfassung

Einsatzbedingungen für Scheibenpflüge und Forderungen nach größerer Arbeitsbreite und höherer Produktivität lassen den Einsatz von Einzelkörpersicherungen an Scheibenpflügen sinnvoll erscheinen. Geometrische und kinematische Zusammenhänge können modellmäßig entwickelt werden. Projektionen der Pflugscheibe ergeben beim Auftreffen auf eine zur Fahrtrichtung geneigte Hindernisebene definierte Auftreff- und Kontaktpunkte beim Auslenken der Pflugscheibe aus der Arbeitsstellung, die als Kraftangriffspunkte starken Lageänderungen unterliegen. Geschwindigkeiten und Beschleunigungen der Pflugscheibe lassen sich als Funktion von der Aushubhöhe ermitteln. Sie werden für weiterführende dynamische Untersuchungen beim Auslenken und Wiedereinziehen benötigt.

Charakteristisch für unterschiedliche Bodenbedingungen ist die statische Kennlinie, die die Rückstellkraft über die Aushubhöhe beschreibt. Am gewählten Beispiel wurden Einflußgrößen auf das Betriebsverhalten einer Einzelkörpersicherung analytisch und grafisch dargestellt. Nutzungshinweise für Konstruktion und Betrieb wurden abgeleitet.

Literatur

- [1] Spaethe, G.: Entwurf einer hydraulisch arbeitenden automatischen Überlastsicherung für Anbau- und Sattelpflüge mit einzeln abgesicherten Pflugkörpern. Technische Universität Dresden, Institut für Landmaschinentechnik, Diplomarbeit 1965.
- [2] Ghanem, M.: Beitrag zur Funktionsanalyse von Einzelkörpersicherungen an Scheibenpflügen. Humboldt-Universität Berlin, Fakultät Agrarwissenschaften, Dissertation A 1988. A 5615