

# Methodik zur Untersuchung des Staffelungsabstands von Pflugkörpern

Dr.-Ing. S. Anisch, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

## Verwendete Formelzeichen

b	mm	Arbeitsbreite des Pflugkörpers
d	mm	Dingweite
$f_k$	mm	Brennweite der Kamera
$f_x, f_y, f_z$	N · cm <sup>-2</sup>	spezifische Kräfte am Einzelpflugkörper bei ausreichend großem Staffelungsabstand
$f_{xs}, f_{ys}, f_{zs}$	N · cm <sup>-2</sup>	spezifische Kräfte am Pflugkörper bei unterschiedlicher Staffelung
k		Verhältnis Arbeitsbreite/-tiefe
$m_{ges}$		Gesamtmaßstab
$m_l$		Abbildungsmaßstab des Projektionsgeräts
S	mm	Staffelungsabstand; in Fortbewegungsrichtung gemessener Abstand zwischen gleichen Punkten benachbarter Pflugkörper
s		Staffelung; Verhältnis Staffelungsabstand/Arbeitsbreite des Pflugkörpers
t	mm	Furchentiefe
$x_p, y_p, z_p$	mm	reelle Koordinate eines Punktes auf der Oberfläche des Bodenbalkens
$x'_l, y'_l, z'_l$	mm	mit dem Projektionsgerät abgebildete Koordinaten

## 1. Problemstellung

Das Verringern der Aufwendungen bei der Bodenbearbeitung, vor allem von Energie und Material, ist bei ständiger Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit eine wesentliche Seite der Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion. Da dem Vergrößern der Arbeitsbreite und dem Erhöhen der Arbeitsgeschwindigkeit aus mehreren Gründen Grenzen gesetzt sind, muß aus heutiger Sicht vor allem der Kombination bisher getrennt aus-

geführter Arbeitsgänge verstärkte Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Die Kombination der Grundbodenbearbeitung mit der Saatbettbereitung und gegebenenfalls Aussaat, Herbizid- und Düngerausbringung erfordert geringe Abmessungen der Maschinen, Geräte und/oder Werkzeuge vor allem in der Fortbewegungsrichtung. Gegenwärtig und in absehbarer Zeit kann der Pflug als wichtigstes Grundbodenbearbeitungsgerät zum Wenden, Lockern sowie Unterbringen von Bewuchs und Dung nicht abgelöst werden. Für ihn ergeben sich aber bei der Auslegung für leistungsstarke Traktoren aufgrund des funktionsbedingten großen Staffelungsabstands der bisher überwiegend eingesetzten Pflugkörper große Baulängen. Neben anderen Nachteilen wird damit vor allem aber die Kombination mit nachfolgenden Geräten erschwert. Zum Verkürzen der Baulänge der Pflüge sind deshalb neue Pflugkörper zu entwickeln.

Pflugkörper, die Bodenbalken mit parallelogrammförmigem Querschnitt ausschneiden und in die Nachbarfurche wenden, können theoretisch ohne Staffelungsabstand nebeneinander angeordnet werden, wenn man bestimmte Forderungen beachtet [1, 2].

Zwischen dem Bodenbalken und der Rückseite des Nachbarpflugkörpers, der die Furche, in die der Bodenbalken gewendet werden soll, erzeugt, muß aber ein ausreichend großer Freiraum vorhanden sein, um ein verstopfungsfreies Pflügen zu gewährleisten. Weiterhin können Veränderungen der an den Pflugkörpern wirkenden Kräfte auftreten, die besonders den Energiebedarf und die konstruktive Gestaltung beeinflussen.

## 2. Theoretische Ermittlung des Abstands zwischen den Bodenbalken benachbarter Pflugkörper

Die Größe des Freiraums zwischen zwei benachbarten Bodenbalken wird zweckmäßi-

gerweise durch den Abstand  $a$  charakterisiert, der sich in einer parallel zur Fahrtrichtung verschiebbaren Querschnittsebene ergibt (Bild 1). Dieser Abstand ändert sich während des Wendevorgangs und ist vom Verhältnis Arbeitsbreite/-tiefe  $k$ , vom Neigungswinkel  $\alpha$  der Furchenwand und von der Wendewinkeldifferenz  $\Delta\eta$  (entsprechend einer gestaffelten Anordnung der Pflugkörper) abhängig. In den verschiedenen Phasen des Wendevorgangs ergibt sich der kleinste Abstand  $a_1, a_2$  als Normale von einem Eckpunkt des Bodenbalkenquerschnitts auf die gegenüberliegende Seite des Nachbarquerschnitts (Bild 1a und c):

$$a_1/t = k [\sin \alpha - \sin (\alpha - \eta_1)]; \quad 0 \leq \eta_1 \leq \Delta\eta \quad (1)$$

$$a_2/t = k [\sin (\alpha + \eta_1 - \Delta\eta) - \sin (\alpha - \Delta\eta)]; \quad \Delta\eta \leq \eta_1 \leq \Delta\eta + 2(90^\circ - \alpha) \quad (2)$$

$$a_2/t = k \sin \eta_1 - \sin (\alpha - \Delta\eta) / \sin \alpha; \quad 180^\circ - \eta_A \leq \eta_1 \leq \eta_A \quad (3)$$

Kann die Normale nicht mehr auf der gegenüberliegenden Seite errichtet werden, bildet die Gerade  $\bar{a}$  zwischen den Eckpunkten den kleinsten Abstand (Bild 1b):

$$\frac{\bar{a}}{t} = \sqrt{A + B}; \quad (4)$$

$$A = \left[ \frac{\sin (\alpha + \eta_1 - \Delta\eta)}{\sin \alpha} - k \sin \eta_1 \right]^2$$

$$B = \left[ k (1 - \cos \eta_1) + \frac{\cos (\alpha + \eta_1 - \Delta\eta)}{\sin \alpha} \right]^2$$

Mit Beginn des Wendevorgangs entsteht zwischen den Bodenbalken ein Abstand, der bis zum Wendewinkel  $\eta_1 = 90^\circ - \alpha + \Delta\eta$  nach den Gln. (1) und (2) anwächst (Bild 2). Bei niedrigen Werten  $k$  und geringer Wendewinkeldifferenz  $\Delta\eta$  sowie bei großem Neigungswinkel  $\alpha$  der Furchenwand ist beim weiteren Wenden zunächst ein Rückgang des Abstands festzustellen. Dieser Effekt tritt bei großen Werten von  $k$  und  $\Delta\eta$  sowie bei kleinem Neigungswinkel  $\alpha$  nicht auf. Der Abstand erreicht bei einem Wendewinkel  $\eta_1 = 90^\circ$  sein Maximum, das unabhängig vom Neigungswinkel  $\alpha$  ist und sich mit steigenden Werten  $k$  und  $\Delta\eta$  vergrößert. Der Ablagewinkel  $\eta_A$  ist nur von  $k$  abhängig.

Für das Erzeugen eines großen Abstands zwischen den sich wendenden Bodenbalken sind vor allem bei geringer Staffelung ein kleiner Neigungswinkel  $\alpha$  und ein großes Verhältnis Arbeitsbreite/-tiefe  $k$  anzustreben.

## 3. Experimentelle Untersuchungen zum Staffelungsabstand

### 3.1. Methodik

Bedingt durch das Aufbrechen, Lockern und Krümeln des Bodenbalkens auf der Arbeitsfläche des Pflugkörpers sowie Schwankungen der Arbeitstiefe ergeben sich unter realen Einsatzbedingungen Abweichungen von den theoretischen ermittelbaren Abmessungen des Bodenbalkens während des Wende-

Fortsetzung von Seite 496

- [3] Grundlagen der Pflanzenproduktion. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1975.
- [4] Feuerlein, W.: Meßmethoden und Kenngrößen zur Ermittlung des Arbeitserfolges beim Pflügen. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 18 (1968) 2, S. 65–77.
- [5] Sommerburg, H.: Röntgenografische Ergebnisse zur Bedeutung von Aggregatgrößen- und Dichteverteilung im Boden. agrartechnik, Berlin 26 (1976) 2, S. 92–95.
- [6] Fock, W.: Bestimmung der spezifischen Oberfläche des Bodens. TU Dresden, Literaturbericht 1971 (unveröffentlicht).
- [7] Batel, W.: Einführung in die Korngrößenmeßtechnik. Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer-Verlag 1964.
- [8] Schatt, W.: Pulvermetallurgie, Sinter- und Verbundstoffe. Leipzig: VEB Dt. Verlag für Grundstoffindustrie 1977.
- [9] Withmore, R. L. The sedimentation of suspensions of spheres (Die Sedimentation von Suspensionen aus Kugeln). Brit. J. appl. Physics, Bd. 6 (1955) 7, S. 239–243.
- [10] Reid, W. P.: A test for the validity of sedimentation results (Ein Test für die Gültigkeit von Sedimentationsergebnissen). Ind. Engng. Chem. Bd. 47 (1955) 8, S. 1541–1544.

- [11] Sokol, N. A.; Vernjaev, O. V.: Osnovi issledovanija raboty počvoobrabatyvajuščich mašin rentgenovskim metodom (Grundlagen zur Untersuchung der Arbeitsqualität von Bodenbearbeitungsgeräten). Hochschule für Landmaschinenbau Rostow/Don, Forschungsbericht 1977.
- [12] Baur, A.; Schmidt, K.: Ermittlung der Aggregatgrößenverteilung des Bodens mit Hilfe der quantitativen Lichtmikroskopie. agrartechnik, Berlin 30 (1980) 2, S. 74–78.
- [13] Scholz, H.: Untersuchung der Anwendbarkeit des automatischen Gefügeanalysators „Epiquant“ für die Bestimmung des Zerkleinerungsergebnisses beim Bodenbearbeiten. TU Dresden, Diplomarbeit 1979 (unveröffentlicht).
- [14] Schmidt, K.: Die Anwendung des automatischen Gefügeanalysators „Epiquant“ in der Korngrößenmeßtechnik. VEB Carl Zeiss JENA, Firmenschrift 1979.
- [15] Batel, W.: Über das Sortieren körneriger Stoffe. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 10 (1960) 12, S. 18–24.

A 3711

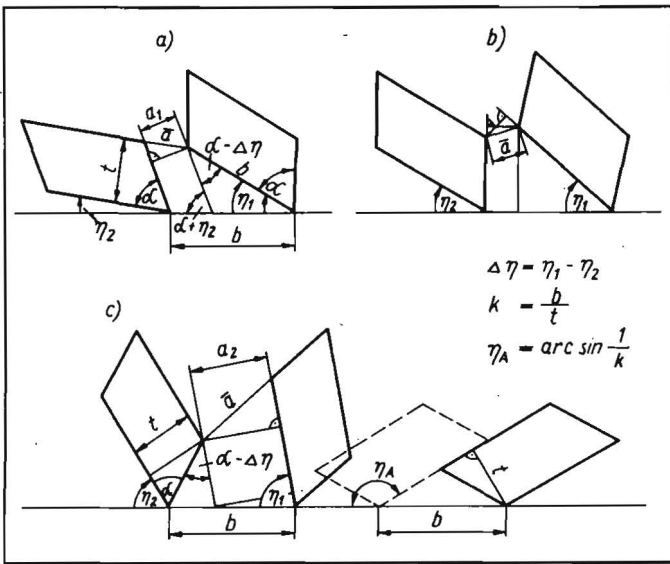


Bild 1. Abstand a zwischen benachbarten Bodenbalken beim Wenden

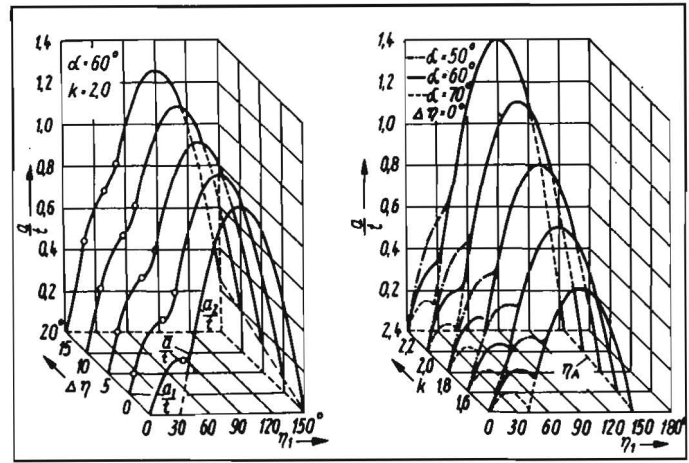
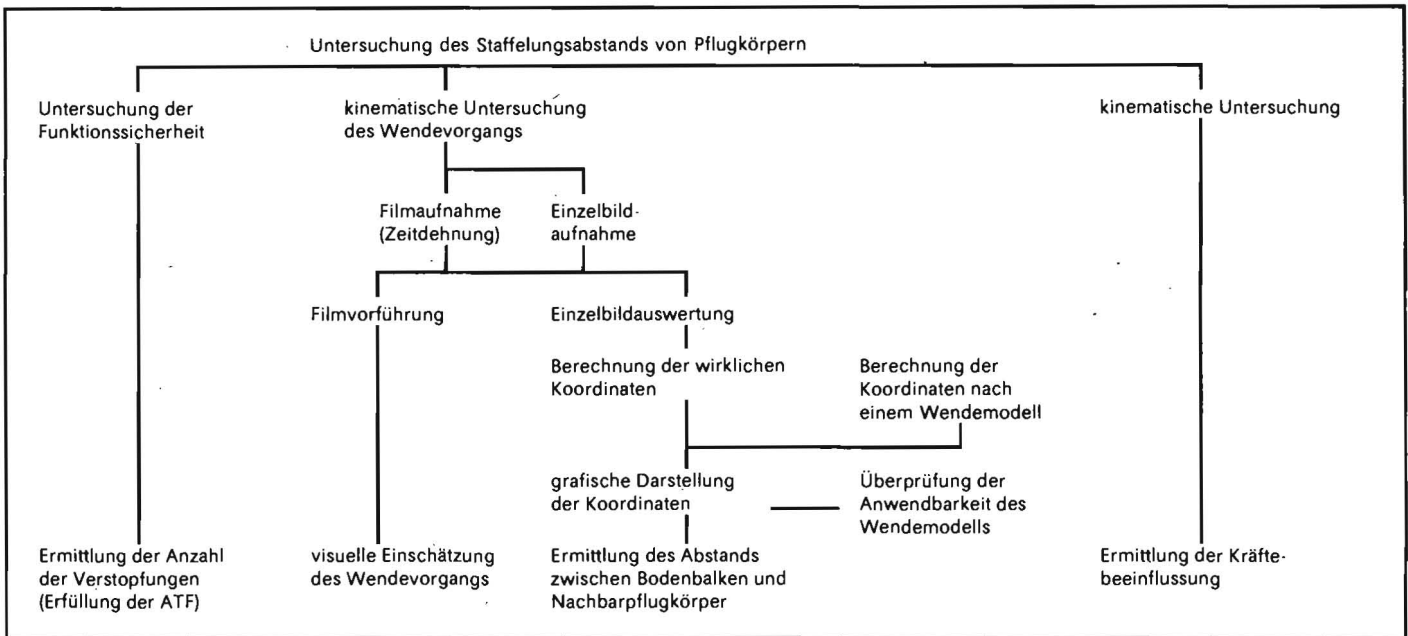


Bild 2. Abstand a zwischen den Bodenbalken in Abhängigkeit von Wendewinkel  $\eta_1$ , Wendewinkeldifferenz  $\Delta\eta$ , Verhältnis Arbeitsbreite/-tiefe k und Neigungswinkel  $\alpha$

Bild 3. Methodik der Untersuchung des Staffelungsabstands von Pflugkörpern



vorgangs. Bezüglich der Zuordnung des Nachbarpflugkörpers ist vor allem die räumliche Lage der Furchenwand (obere Furchenkante) des Bodenbalkens von Bedeutung (s. a. Bild 1). Diese wird im wesentlichen von der geometrischen Form der Pflugkörperarbeitsfläche (Wendevorgang beim Bewegen über das Streichblech) und dem sich daraus ergebenden Verhalten des Bodens bestimmt.

Da das tatsächliche Verhalten des Bodens nur unzureichend mit Berechnungsmodellen des Wendevorgangs beschrieben werden kann, sind Experimente unter Labor-(Bodenkanal) und Feldbedingungen erforderlich. In einer mobilen Pflug-Versuchseinrichtung läßt sich die räumliche Lage der oberen Furchenkante des Bodenbalkens zweckmäßig mit fotooptischen oder optoelektronischen Methoden ermitteln. Die Aufnahmen als Einzelbild oder als Bildfolge können mit geringem versuchstechnischen Aufwand realisiert werden. Dabei ist die Kinematografie vorzuziehen. Sie gestattet neben der erforderlichen Anzahl auswertbarer Einzelbilder, vor allem durch die Möglichkeit des Zeitdehnens (Zeitlupe), eine zusätzliche visuelle Einschätzung des Wendevorgangs (Bild 3). Der

erreichbare Staffelungsabstand der Pflugkörper ergibt sich somit

- aus dem Gewährleisten ihrer Hauptfunktion, dem Wenden der Bodenbalken ohne Berührung des Nachbarpflugkörpers bis zur stabilen Ablage, sowie
- aus einem zulässigen Anstieg der Kräfte, besonders der Längskraft, am Pflugkörper.

### 3.2. Experimentelle Grundlagen

Für die Experimente sind folgende wesentliche Voraussetzungen zu erfüllen:

- Einhalten von Arbeitsbreite und -tiefe der Pflugkörper in engen Toleranzbereichen
- Realisierung der gegenseitigen Beeinflussung durch vor- und nachgeordnete Nachbarpflugkörper
- ausreichende Kontrastierung von Bodenoberfläche, Furchenseite und/oder Furchenkante (ggf. Markierung)
- reproduzierbare Bedingungen für Form und Eigenschaften der auszuschneidenden Bodenbalken.

Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, sowohl unter Feld- als auch unter Laborbedingungen (Bodenkanal) zu experimentieren. Mit dem Bestimmen von Körnungsart,

Dichte, Wassergehalt und Schubfestigkeit (nach Standard TGL 33328) des Bodens, von Menge und Eigenschaften des Bewuchses sowie der Gestaltung des Bodenreliefs (Hangneigung, Ebenheit) für den Feldeinsatz werden die Untersuchungsbedingungen ausreichend charakterisiert.

Die Versuchseinrichtung (Bild 4) muß zweckmäßigerweise 3 Pflugkörper enthalten sowie

- eine stufenlose Verstellung des Staffelungsabstands und der Arbeitstiefe der Pflugkörper gewährleisten
- die horizontalen und vertikalen Führungskräfte auf den Boden abstützen
- die am Pflugkörper wirkenden Kräfte (möglichst 3 Komponenten) messen
- die Bewegung des Bodenbalkens optisch erfassen.

Da im Bodenkanal einige Störgrößen ausgeschaltet werden können, sind für die kinetischen Untersuchungen nur zwei, für die kinematischen lediglich ein Pflugkörper erforderlich. Das Versuchsprogramm berücksichtigt die in den agrotechnischen Forderungen für die wendende Grundbodenbearbeitung enthaltenen Einsatzparameter (Arbeitstiefe, -geschwindigkeit) sowie die unterschiedli-

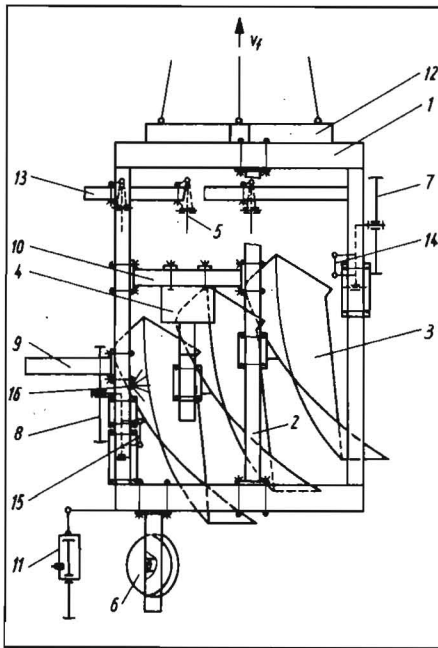
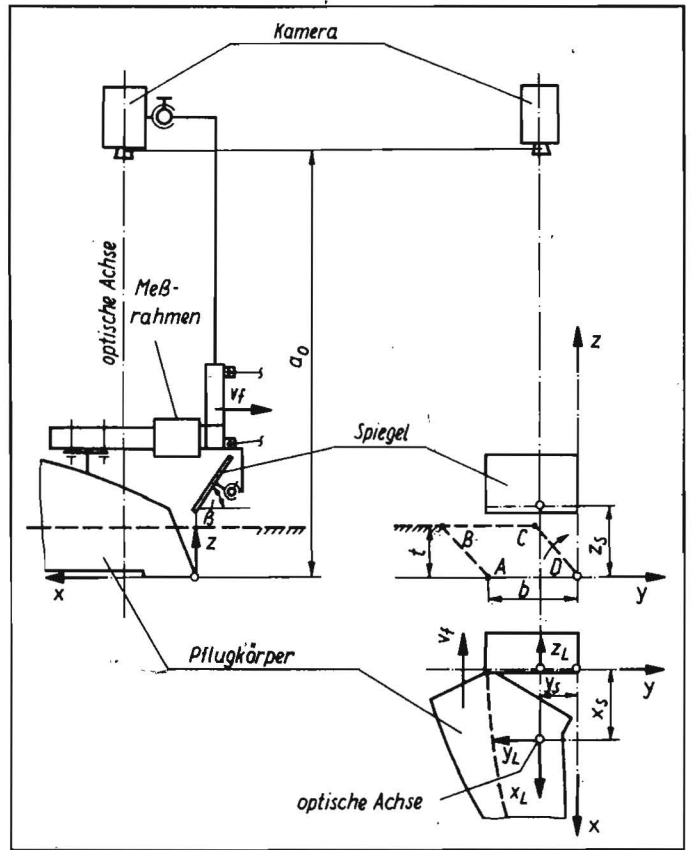


Bild 4. Schema der Versuchseinrichtung;

1 Rahmen, 2 Längsträger, 3 Pflugkörper, 4 Kraftmeßgeber, 5 Scheibensech, 6 rollende Anlage, 7 vorderes Stützrad, 8 hinteres Stützrad, 9 Träger für Filmkamera, 10 Querträger für Kraftmeßgeber, 11 Meßrad für Arbeitsgeschwindigkeit mit Wegmarkengeber, 12 Kopplungsdreieck, 13 Querträger für Scheibensechbefestigung, 14, 15 Verstellmechanismus für Arbeitstiefe, 16 Halogenlampe

Bild 5  
Schema des Versuchsaufbaus für kinematographische Untersuchungen



chen Konstruktionsparameter der Pflugkörper. In Abhängigkeit von den Erfordernissen sind die statistische Versuchsplanung anzuwenden und der Versuchsumfang zu bestimmen. Die optischen Registriereinrichtungen sollten entsprechend der Arbeitsgeschwindigkeit beim Pflügen ( $v_f$  bis 3,5 m/s) Bildaufnahmefrequenzen  $f_A \geq 60$  Hz gewährleisten, damit für die Einzelbildauswertung ein Bildabstand  $\Delta x_B \leq 6$  cm und für die visuelle Beobachtung eine Zeitdehnung von mindestens 2,4 entstehen. Wird mit der Filmkamera gearbeitet, können die hierzu erforderlichen Daten der Literatur [3] entnommen werden.

### 3.3. Ermittlung des Abstands zwischen Bodenbalken und Nachbarpflugkörper

Die räumliche Bewegung des Bodenbalkens erfordert aufgrund der sich verändernden Dingweite eine dreidimensionale Erfassung. Obwohl zwei synchronisiert arbeitende, rechtwinklig zueinander angeordnete Kameras prinzipiell auch einsetzbar wären, wurde die senkrechte Koordinate über einen Planspiegel, der sich im Blickfeld einer Kamera mit vertikaler optischer Achse befindet, registriert (Bild 5).

Die Anordnung von Kamera und Spiegel wird vor allem von den Abmessungen des Pflugkörpers und der Arbeitstiefe bestimmt und muß die Beobachtung des Wendevorgangs auf der Pflugkörperarbeitsfläche gewährleisten (visuelle Kontrolle erforderlich).

Das Aufbringen eines Rasters (Schachbrettmuster aus Talkum oder Kreidestaub) auf die Bodenoberfläche und die Furchenwand erleichtert die spätere Auswertung.

Mit dem Abbildungsmaßstab  $m_L$  des verwendeten Projektionsgeräts und den Abbildungsverhältnissen der Kamera  $f_k/d$  ergibt sich für die quantitative Bildauswertung der Gesamtabbildungsmaßstab

$$m_{\text{ges}} = m_L f_k / d. \quad (5)$$

Dieser sollte mit Hilfe von Modellaufnahmen experimentell überprüft werden, da er infolge von Verzeichnungen (Bildfehler von Linsensystemen) über der gesamten Abbildungsfläche vom Rechenwert abweichen kann und ggf. eine Korrektur erfordert. Aus den dingseitigen Abbildungsverhältnissen (Bilder 5 und 6) ergibt sich für das Ermitteln der Koordinaten:

$$x_p = x_s + \frac{x'_L}{f_k m_L} (a_0 - z_p), \quad (6)$$

$$y_p = -y_s + \frac{y'_L}{f_k m_L} (a_0 - z_p), \quad (7)$$

$$z_p = z_s - (x_s + x_L) \tan(2\beta - \gamma - 90^\circ) + x_L [\cos(2\beta - 90^\circ) + \sin(2\beta - 90^\circ) \tan(2\beta - \gamma - 90^\circ)]. \quad (8)$$

Für die gewählten Winkel  $\beta$  (50 bis 60°) und  $\gamma$  (10 bis 12°) kann Gl. (8) vereinfacht werden zu

$$z_p = z_s - (x_s + x_L) \tan(2\beta - \gamma - 90^\circ) + x_L. \quad (8a)$$

Mit

$$x_L = \frac{x'_L}{f_k m_L} (a_0 - z_p), \quad (9)$$

$$z_L = \frac{z_L}{f_k m_L} [a_0 + (x_0 + x_L) \cos(2\beta - 90^\circ) - z_p \sin(2\beta - 90^\circ)], \quad (10)$$

den Größen

$$f_k m_L = A$$

$$\cos(2\beta - 90^\circ) = U$$

$$\sin(2\beta - 90^\circ) = V$$

$$\tan(2\beta - 90^\circ - \gamma) = W$$

sowie dem Einsetzen der Gln. (6) und (9) in Gl. (8a) und einigen Umformungen erhält man

$$z_p = [A^2(z_s - x_s W) - x'_L A a_0 W + z'_L A(a_0 + U x_0) + z'_L x'_L a_0 U] : [A^2 - x'_L A W + z'_L A V + z'_L x'_L U]. \quad (11)$$

Ist die Dingweite im Verhältnis zur vertikalen Bewegung des Bodenbalkens sehr groß, kann nach Berechnung der Abbildungsfehler das Ermitteln der horizontalen Koordinaten näherungsweise mit einer mittleren Dingweite  $a_m$  erfolgen. Das ist vor allem für die Untersuchung des horizontalen Abstands zwischen der Furchenkante C des Bodenbalkens und der Arbeitsfläche des benachbarten Pflugkörpers möglich. Dabei verringert sich der Auswerteaufwand gegenüber dem Gleichungssystem (6) bis (8) erheblich.

$$x_c = x_s + \frac{x'_L a_m}{f_k m_L} \quad (6a)$$

$$y_c = -y_s + \frac{y'_L a_m}{f_k m_L} \quad (7a)$$

Die ausgemessenen und berechneten Koordinaten markanter Punkte lassen sich zweckmäßig in einem räumlichen Gitternetz darstellen und mit der Oberfläche des Bodenbalkens, die sich theoretisch nach dem Wendemodell ergibt, vergleichen.

In Abhängigkeit vom Vorschubweg  $x_2$  kann der zur Kennzeichnung des Freiraums zwischen dem Bodenbalken 2 und der Arbeitsfläche des Nachbarpflugkörpers ermittelte horizontale Abstand  $a_v$  der Furchenkante C bei unterschiedlichen Staffellungsabständen S dargestellt werden (Bild 7). Für jene Stelle der Arbeitsfläche des Pflugkörpers 1, an der i. allg. das Grindel angeordnet wird (vertikale Lage der Furchenwand bei einem Wendewinkel  $\eta_i = 90^\circ - \alpha$ ), ergeben sich in der Auswertung die Abstände  $a_v = f(S)$ . In diese Darstellung können auch die nach dem Wendemodell berechneten Verläufe der vertikalen Projektion der Furchenkante eingetragen und mit den experimentell ermittelten verglichen werden. Somit sind Aussagen über die Gestaltung von Streichblechrückseite, Rumpf und Grindel ableitbar.

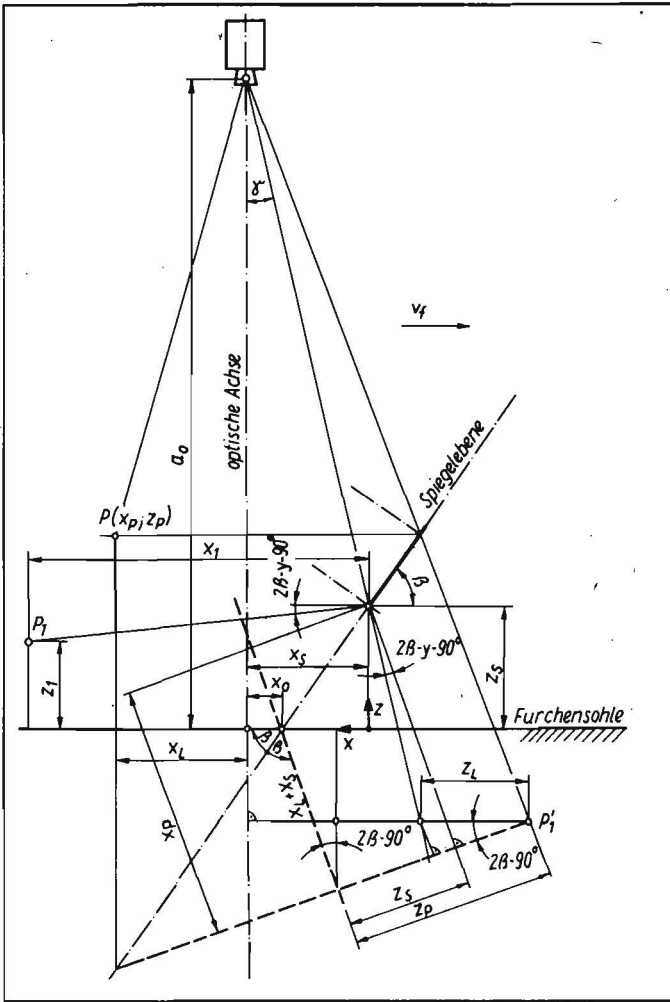


Bild 6  
Abbildungsverhältnisse  
(dingseitig) bei kinematografischen Untersuchungen

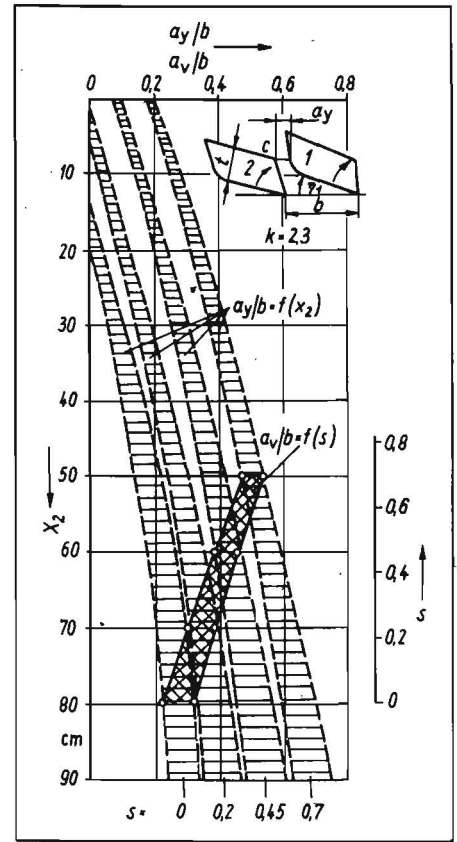


Bild 7. Bereiche des horizontalen Abstands  $a$ , in Abhängigkeit vom Vorschubweg  $x_2$  bei unterschiedlichem Staffelungsabstand  $S$ ; Bereiche des Abstands  $a$ , bei einem Wendwinkel  $\eta_1 = \eta_2$  (vertikale Lage der Furchenseite des Bodenbalkens 1)

### 3.4. Ermittlung der Kräftebeeinflussung

Für die Kräfteuntersuchungen wird von der Hypothese ausgegangen, daß sich durch das Einwirken der Pflugkörper Spannungsfelder im Boden ausbilden, die bei einem ausreichend großen Staffelungsabstand unabhängig voneinander sind. Wird der Staffelungsabstand verringert, überlagern sich die von benachbarten Pflugkörpern ausgehenden Spannungsfelder. Außerdem sind veränderte Bedingungen bei der Ausbildung der Spannungsfelder vorhanden, da sich vor den Pflugkörpern (mit Ausnahme des ersten) keine oder nur eine sehr kurze offene Furche befindet. Für das Erzeugen der zum Abtrennen des Bodenbalkens erforderlichen Bruchspannungen können veränderte Kräfte an den Pflugkörpern auftreten.

Zur Messung der Kraftkomponenten haben sich mit Dehnungsmeßstreifen versehene Oktogonalringmeßgeber als vorteilhaft erwiesen [4]. Sie verfügen bei guter Empfindlichkeit über eine hohe Steifigkeit und entkoppeln die Kraftkomponenten in ausreichendem Maß. Die Ergebnisse der Kräftemessungen werden zweckmäßigerweise als auf den Einzelpflugkörper bezogene, spezifi-

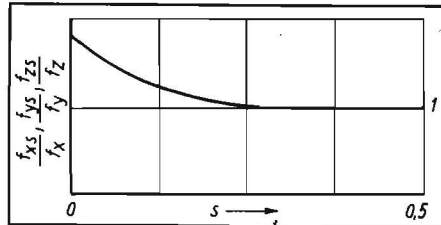


Bild 8. Bezogene spezifische Kräfte am Pflugkörper in Abhängigkeit von der Staffelung  $s$

sche Kraftkomponenten  $f_{xs}/f_x$ ,  $f_{ys}/f_y$ ,  $f_{zs}/f_z$  in Abhängigkeit vom Staffelungsabstand  $S$  oder von der Staffelung  $s$  dargestellt (Bild 8).

### 4. Zusammenfassung

Bei Anwendung von Pflugkörpern, die einen Bodenbalken mit parallelogramm- oder raufenförmigem Querschnitt ausschneiden und in die Nachbarfurche wenden, kann der Staffelungsabstand verringert und damit die Baulänge der Pflüge verkürzt werden. Ausgehend von theoretischen Betrachtungen zum Freiraum zwischen dem Bodenbal-

ken beim Wenden und dem benachbarten Pflugkörper wird eine Methodik für die Untersuchung des Staffelungsabstands vorgestellt. Insbesondere wird auf die experimentelle Ermittlung des Abstands zwischen dem Bodenbalken und der Arbeitsfläche des Nachbarpflugkörpers sowie der Kräftebeeinflussung bei unterschiedlicher Staffelung eingegangen.

### Literatur

- [1] Anisch, S.; Richter, R.: Zum Arbeitsprinzip eines Kurzpfluges auf der Grundlage des Wendens von Bodenbalken mit parallelogrammförmigem Querschnitt. agrartechnik, Berlin 27 (1977) 7, S. 323-325.
- [2] Stubenböck, H.-J.: Untersuchungen über das Pflügen mit Rautenkörpern. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 31 (1981) 1, S. 1-9.
- [3] Queitsch, K.: Beitrag zur Methodik kinematografischer Untersuchungen von Bewegungsvorgängen in der Landtechnik. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Festschrift 1978, S. 67-87.
- [4] Plötner, K.: Zur Ermittlung räumlich wirkender Kräfte in der Landtechnik. Wiss. Zeitschrift der Universität Rostock, Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe 20 (1971) 3/4, S. 281-292.

A 3834