

93/99

## Ergebnisse der Untersuchung von Schnellflugkörpern<sup>1</sup>

### 1. Einführung

Die in den Jahren 1961 und 1962 auf dem Felde durchgeführten Versuche mit Pflugkörpern für hohe Geschwindigkeiten betrafen die Bestimmung der Pflugwiderstände und der Qualität des Pflügens in Abhängigkeit von der Ausführung und den Abmessungen der Pflugkörper.

Untersucht wurden 11 Pflugkörper, und zwar steile zylinderförmige, mittelsteile zylindroidförmige und wendelförmige. Zehn von diesen Pflugkörpern waren speziell für das Schnellpflügen konstruiert worden, als Vergleichspflugkörper wurde der in Polen weit verbreitete Pflug Pc-I verwendet. Alle Pflugkörper hatten die gleiche nominelle Arbeitsbreite von 30 cm und die nominelle Arbeitstiefe von 25 cm. Die Schare der zylindrischen Pflugkörper hatten gleiche Scharschneidewinkel (Anstellwinkel der Scharschneide) und auch gleiche sonstige Abmessungen und unterschieden sich nur durch die Form der unteren Schneidkante und die Länge der Streichbleche.

Die mittelsteilen zylindroidförmigen Pflugkörper hatten unterschiedliche Scharschneidewinkel von 28 bis 40°, unterschiedliche Streichblechwinkel von 28 bis 45° sowie unterschiedliche Schnittwinkel von 20 bis 35°. Die Streichblechneigungen, die durch das Verhältnis der Pflugkörperlänge zur Höhe bestimmt wurden, betrugen 0,35 bis 0,81. Infolge der unterschiedlichen Streichblechwinkel ergaben sich verschiedene Pflugkörperlängen von 820 bis 1800 mm. Sieben von insgesamt neun zylinder- und zylindroidförmigen Streichblechen hatten gerade horizontale Formlinien. Die Wendelstreichbleche unterschieden sich von den übrigen Streichblechen hauptsächlich durch ihre Länge. Eines dieser Streichbleche war jedoch verkürzt. Diese Streichbleche hatten gekrümmte Formlinien und eine stark gewundene Form. Alle Streichbleche unterschieden sich stark voneinander und bildeten keinen nach einem bestimmten System zusammengestellten Satz.

### 2. Der Pflugkörper-Widerstand

Der Widerstand der Pflugkörper wurde mit Druckmeßstiften ermittelt, die an dem Rahmen eines einfurchigen Spezial-Anbaupfluges befestigt waren. Für die Untersuchungen benutzten wir den 45-PS-Zetor-Super. Die Dreipunktaufhängung des Anbaupfluges war bei allen Pflugkörpern die gleiche. Dadurch ergab sich bei den Pflugkörpern mit geringen Scharschneidewinkel und Streichblechwinkel ein großer Druck der Anlage auf die Furchenwand und als Folgeerscheinung ein erhöhter Reibungswiderstand der Anlage, obgleich der statische Schneidwider-

stand abnahm. Die Untersuchungen ergaben demnach keine bestimmte Abhängigkeit zwischen dem statischen Widerstand  $p_0$  und irgendeiner Abmessung der Pflugkörper, weil die gleiche Abmessung, z. B. der Scharschneidewinkel, auf den statischen Widerstand der Pflugkörper sowohl steigernd wie auch verringernd wirken konnte.

Aus den nach der Methode der kleinsten Quadrate ermittelten mittleren Pflugkörper-Widerständen wurden unter Vernachlässigung des Rollwiderstands die Werte für die rationale Formel GORJATSCHKINS bestimmt:

$$p = p_0 + 0,01 \cdot \epsilon \cdot v^2 \text{ [kp/dm}^2\text{]}$$

Hierin ist:

$p_0$  spezifischer statischer Widerstand [kp/dm<sup>2</sup>]

$\epsilon$  Koeffizient des dynamischen Widerstands [kp · s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>]

$v$  Pfluggeschwindigkeit [m/s]

Der spezifische statische Widerstand betrug für die verschiedenen Streichbleche auf mittlerem Boden 24 bis 29,5 kp/dm<sup>2</sup>. Auf mittlerem Boden mit hoher Dichte waren die Schwankungen geringer.

Es wurden auch Versuche auf trockenem Sand durchgeführt, um extreme Werte zu erhalten. Es ergaben sich dabei Widerstände zwischen 9,4 und 14,8 kp/dm<sup>2</sup>. Die prozentualen Schwankungen waren also hier wesentlich größer. Streichbleche, bei denen auf mittlerem Boden die höchsten statischen Widerstände auftraten, ergaben auf Sand meist geringere statische Widerstände. Diese Erscheinung wurde nicht weiter untersucht, weil das nicht zu den Hauptaufgaben gehörte. Auf schweren Böden wurden keine Untersuchungen durchgeführt, weil uns kein Traktor mit entsprechend hoher Leistung und kein Pflug entsprechender Festigkeit zur Verfügung stand. Hauptziel unserer Untersuchungen war, festzustellen, welche Streichblechabmessungen beim Schnellpflügen den größten Einfluß auf den dynamischen Widerstand haben.

Unsere Untersuchungen ergaben, daß der Koeffizient  $\epsilon$  hauptsächlich von dem Winkel abhängt, unter dem der Bodenbalken vom Streichblech gleitet, und daß der dynamische Widerstand in erster Linie durch das Zurseitewerfen des Bodenbalkens hervorgerufen wird. Sowohl bei den zylinderförmigen wie auch bei den zylindroidförmigen Streichblechen kann man ohne großen Fehler annehmen, daß der Winkel, unter dem der Bodenbalken das Streichblech verläßt, von der Pfluggeschwindigkeit nicht abhängt und dem Streichblechwinkel gleich ist.

Bei den wendelförmigen Streichblechen war der Winkel, unter dem der Bodenbalken das Streichblech verläßt, von der Pflug-

<sup>1</sup> Auszug aus einem Referat auf einer Tagung über Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeiten in Moskau vom 15. bis 19. April 1963. Übersetzer: W. BALKIN

(Schluß von Seite 192)

#### Fahrerhaus

Das Fahrerhaus muß allseitig abgeschlossen und schalldicht sein, eine Klimaanlage besitzen und eine gute Sicht auf den Fahrweg sowie auf die angebauten Maschinen und Geräte ermöglichen. Der Fahrersitz muß gepolstert sein, in der Höhe nach der Größe des Fahrers eingestellt werden können und ist auf Stoßdämpfer mit regelbarer Dämpfung zu lagern. Die

#### Lenkung

erfolgt von Hand und ist mit einer hydraulischen Lenkhilfe zu versehen. Auch automatische Lenkung ist vorzusehen. Stufengetriebe werden von Hand geschaltet und stufenlos automatisch, wobei es möglich sein muß, den Automaten auszuscha-

#### Arbeitsausrüstung

Der Traktor muß für den Geräteanbau eine Aufhängevorrichtung mit hydraulisch betätigten Lenkern besitzen. Die hydrau-

lische Anlage soll eine abgeschlossene Baugruppe sein und den Anschluß von weiteren doppelt wirkenden Arbeitszylindern gestatten. Folgende Zapfwellen sind vorzusehen: eine hinten gelegene Getriebezapfwelle für zwei Drehzahlen (1000 min<sup>-1</sup> und nach den GOST-Normen), die auf den Betrieb als Wegezapfwelle umgeschaltet werden kann, sowie eine seitliche Wegezapfwelle.

#### Zusätzliche Ausrüstung

Vorzusehen ist die Aufstellung einer hydraulischen Pumpe mit veränderlicher Leistung zum Antrieb von Hydromotoren der Landmaschinen. Leistung etwa 25 PS. Ferner muß die Möglichkeit für den Einbau eines Kriechgangs vorhanden sein, um den Traktor für Feldarbeiten verwenden zu können, die geringe Geschwindigkeiten bei Zugkräften verlangen, die der Traktorklasse entsprechen. Der Traktor muß mit einer vom Fahrersitz aus zu betätigenden automatischen Vorrichtung zur Erhöhung der Haftlast durch Ausnützung der Maschinen- und Gerätemassen ausgestattet sein. Die Anhängerbremsen müssen vom Fahrerhaus aus betätigt werden können. AU 5414

geschwindigkeit abhängig. Das erklärt sich daraus, daß der Bodenbalken bei großen Geschwindigkeiten auf der Streichblechfläche höher steigt als bei kleinen, wie aus der Zerlegung des Geschwindigkeitsvektors des sich auf dem Streichblech bewegendem Bodenbalkens folgt. Da nun die höheren horizontalen Formlinien des Wendelstreichbleches einen größeren Winkel zur Bewegungsrichtung des Pfluges haben, muß der Bodenbalken das Streichblech bei höheren Geschwindigkeiten unter einem größeren Winkel verlassen. Bei einem wendelförmigen Streichblech mit langem und nach hinten gebogenem Flügel konnte sich bei hohen Geschwindigkeiten der schnell über das Streichblech hinweggleitende Bodenbalken nicht dem Streichblech anschmiegen und verließ es unter einem Winkel zur Fahrtrichtung, der größer war als der Streichblechwinkel.

Die Auswertung der Versuche ergab, daß der Koeffizient des dynamischen Widerstands  $\epsilon$  in erster Linie vom Streichblechwinkel abhängt. Bei zylinderförmigen Streichblechen ist der Streichblechwinkel  $\varphi_2$  dem Schar-schneidwinkel  $\varphi_1$  gleich. Bei zylindroidförmigen und mittelsteilen Streichblechen ist der Streichblechwinkel im allgemeinen dem Schar-schneidwinkel proportional. Bei diesen Streichblechen kann man ebenfalls annehmen, daß der Koeffizient des dynamischen Widerstands  $\epsilon$  vom Schar-schneidwinkel abhängt. Bei wendelförmigen Streichblechen besteht jedoch keine Abhängigkeit zwischen dem Streichblechwinkel und dem Schar-schneidwinkel. Man kann das Schar mit einem großen Winkel anstellen und das Streichblech mit einem kleinen Winkel und umgekehrt. Die von uns verwendeten wendelförmigen Pflugkörper hatten Schar-schneidwinkel von 41 und 39°, während der mittelsteile Vergleichspflug einen Schar-schneidwinkel von 40° besaß, d. h., die Schar-schneidwinkel dieser beiden Pflugarten waren fast gleich. Wenn der Koeffizient hauptsächlich vom Schar-schneidwinkel abhinge, so hätte er bei den wendelförmigen Streichblechen fast so groß sein müssen wie bei dem mittelsteilen Pflug mit dem Schar-schneidwinkel  $\varphi_1 = 40^\circ$ . Tatsächlich war er aber wesentlich geringer.

Die Länge des Streichbleches äußerte sich weder im dynamischen noch im Gesamtwiderstand. Der Flügel des Streichbleches erzeugt nur einen minimalen Widerstand und dient lediglich der Aufrechterhaltung der dem Bodenbalken bereits verliehenen Richtung. Wenn die untere Kante des Streichbleches hoch liegt, wie das bei den zylinderförmigen Streichblechen der Fall war, so bewegt sich der Bodenbalken bei hohen Geschwindigkeiten auf dem Streichblech nicht besonders hoch hinauf; jedoch hat auch dieser Umstand keinen merklichen Einfluß auf den dynamischen Widerstand.

### 3. Der Schlupf der Traktorräder

Bei den Untersuchungen stellte sich heraus, daß der Traktorräderschlupf bei gleicher mittlerer Zugkraft mit steigender Fahrgeschwindigkeit wächst. Diese Abhängigkeit ist geradlinig. Unserer Meinung nach ist das Anwachsen des Schlupfes die Folge der großen Schwankungen des Pflugwiderstandes beim Schneltpflügen. Diese als Differenz der maximalen und minimalen Zugkraft ausgedrückten Schwankungen steigen um 30 %, wenn man die Geschwindigkeit von 1,75 auf 3,5 m/s erhöht. Infolge des großen Schlupfes der Traktorräder und der großen Schwankungen der Zugkraft bei hohen Geschwindigkeiten müssen die für das Schneltpflügen einzusetzenden Traktoren eine höhere prozentuale Leistungsreserve haben als die z. Z. verwendeten. Auf Grund der vorliegenden Feldversuche (Versuche unter Produktionsbedingungen fanden nicht statt) nehmen wir an, daß die Leistungsreserve eines mit 10 km/h arbeitenden Traktors 25 % der nominellen Leistung betragen muß, damit infolge der Schwankungen des Pflugwiderstandes keine kurzzeitigen Geschwindigkeitsschwankungen auftreten.

### 4. Die Qualität der Arbeit der untersuchten Pflugkörper

Die Qualität der Arbeit der untersuchten Pflugkörper wurde nach folgenden Kennzeichen bewertet:

1. Verlagerung des Bodens; 2. Weite des seitlichen Abwurfs des Bodenbalkens; 3. Breite der Furchensohle; 4. Winkel der Wendung des Bodenbalkens; 5. Zudeckung der Pflanzenreste; 6. Lockerung des Bodens; 7. Krümelung des Bodenbalkens.

Die Verlagerung des Bodenbalkens wurde in folgender Weise gemessen: In den vom Pflug während des Versuchs abzutren-

nenden Boden wurden in einer Entfernung von 27 cm von der Furchenwand vertikale Löcher gebohrt und mit Kalk gefüllt. Nach dem Abwurf des Bodenbalkens wurde die Entfernung der Kalkflecke von ihrer ursprünglichen Lage gemessen. Auf diese Weise wurde die Verlagerung des Bodenbalkens in der Längs- und in der Querrichtung als Mittelwert mehrerer Wiederholungen ermittelt. Die Weite des seitlichen Abwurfs des Bodenbalkens war bei den Pflugkörpern mit kleinem Streichblechwinkel am geringsten. Die größte Weite ergab sich beim mittelsteilen Vergleichsstreichblech mit dem Schar-schneidwinkel von 40°. Eine Verkürzung des Streichbleches hat bei geringen Geschwindigkeiten zur Folge, daß ein Teil des Bodenbalkens auf die Furchensohle fällt, der Bodenbalken unvollkommen gewendet und unsauber aufgesetzt wird.

Die Güte der Bodenbalkenwendung wird nicht durch den Winkel der vom Pflug erteilten Wendung, sondern durch den Winkel, unter dem der Bodenbalken liegenbleibt, gekennzeichnet. Der Bodenbalken wird bei hohen Geschwindigkeiten wesentlich stärker auseinandergeworfen und auseinandergeworfen. Der Kippwinkel des Bodenbalkens wächst mit steigender Pfluggeschwindigkeit. Eine Verkürzung des Streichbleches hat eine merkliche Verkleinerung dieses Winkels zur Folge.

Die Furchenbreite wächst merklich mit steigender Pfluggeschwindigkeit. Das Wendelstreichblech mit verkürztem Flügel schüttete die Furchensohle bei geringen Geschwindigkeiten zu, und nur bei Geschwindigkeiten von mehr als 2,5 m/s ergab sich auf mittlerem Boden eine ausreichende Furchenbreite.

Wieweit Pflanzenreste zugedeckt werden, hängt in großem Maße von der Bodendichte ab. Während sich auf Böden mit mittlerer Dichte der Grad der Zudeckung mit steigender Geschwindigkeit im allgemeinen verschlechterte, wurde er auf leichtem Boden sogar besser. Unsere Forschungen zeigten im Geschwindigkeitsbereich von 1,2 bis 3,15 m/s eine merkliche Abhängigkeit des Grades der Zudeckung von dem Streichblechwinkel und der Streichblechform. Bei kurzen Streichblechen waren die Pflanzenreste in einem engen Geschwindigkeitsbereich optimal bedeckt.

Unter Lockerung verstehen wir die Zunahme des Bodenvolumens durch das Pflügen. Erhöhung der Pfluggeschwindigkeit verringert wesentlich die Lockerung. Dieser Umstand ist beim Ziehen der Saarfurche von Vorteil, weil der Boden dann eine geringere Zeit für das Setzen braucht und die Feldoberfläche außerdem ebener ist und keine Furchen aufweist. In der Landwirtschaft ist man heute der Meinung, daß der Herbststurz ein unebenes Feld mit Kämmen und Wellen ergeben soll, damit die Feuchtigkeit besser zurückgehalten wird. Demnach wäre die Erhöhung der Geschwindigkeit beim Ziehen der Saarfurche unzweckmäßig.

Die Krümelung des Bodenbalkens beim Schneltpflügen auf Böden mittlerer Dichte unterschied sich nur wenig von der Krümelung bei kleineren Geschwindigkeiten. Die Krümelung des Bodenbalkens hängt in erster Linie vom Zustand und von der Dichte des Bodens ab. Bei den wendel- und zylinderförmigen Pflugkörpern mit verkürzten Streichblechen ergab sich eine größere Anzahl großer Erdschollen als beim Vergleichspflugkörper und den übrigen Pflugkörpern. Aus den durchgeführten Versuchen läßt sich schließen, daß man beim Schneltpflügen auf mittleren Böden nicht nur eine gleich gute, sondern sogar eine bessere Krümelung erreichen kann als beim normalen Pflügen. Nimmt man als Maß der Krümelung den prozentualen Gehalt des umgepflügten Bodens an Erdklumpen mit einem Durchmesser bis 5 cm an, so ergab der Vergleichspflug die schlechteste Krümelung. Je nach der Form und Art des Pflugkörpers ergaben sich bei unseren Versuchen maximal zulässige Pfluggeschwindigkeiten von 2,2 bis 2,4 m/s (8 bis 8,5 km/h) und 2,8 bis 3,0 m/s (10 bis 11 km/h).

Versuche mit Pflügen, für Geschwindigkeiten über 10 km/h ausgelegt, wurden in Polen noch nicht durchgeführt, weil ein entsprechender Traktor nicht verfügbar war. Außerdem folgt aus der Struktur der polnischen Landwirtschaftsbetriebe, der Größe der Betriebe und Schläge sowie aus dem Umstand, daß der Traktor nur mit 25 % für das Pflügen, mit 40 bis 50 % für Transportarbeiten und darüber hinaus für andere, langsam durchzuführende Arbeiten, wie z. B. die Getreide-, Rüben- und Grünfütterernte sowie das Hacken verwendet wird, daß das Pflügen mit Geschwindigkeiten von mehr als 10 km/h unter Verwendung von Traktoren mit einer Leistung von mehr als 65 PS in Polen unwirtschaftlich sein muß. AU 5412