

DK 631.1:631.312:631.51

Einsatz von Anbaupflügen und Schleppern mit Regelhydraulik aus betriebstechnischer Sicht

Von **Sylvester Rosegger** und **Klaus Hell**, Braunschweig-Völkenrode

Die Pflugarbeit unter wechselnden Einsatzbedingungen wird durch eine Vielfalt technischer, arbeitswirtschaftlicher und ökonomischer Faktoren beeinflusst. Die Diskussion der wesentlichsten Einflußfaktoren beim Pflügen erfolgt mit der Zielsetzung der Quantifizierung technisch-ökonomischer Daten für betriebswirtschaftliche Kalkulationen. Auf der Grundlage veröffentlichter Versuchsergebnisse und eigener Feldversuche werden die Kapazitäten einzelner Schlepperleistungsklassen im Bereich des arbeitswirtschaftlichen Optimums fixiert.

Unter den humiden Klimabedingungen Mitteleuropas hat die Bodenbearbeitung die Aufgabe, einen für das Pflanzenwachstum günstigen Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt des Bodens herbeizuführen. Nur durch die optimale Gestaltung der physikalischen Kennwerte eines Bodens können sich günstige Lebensbedingungen und Lebensvorgänge im Boden als Voraussetzung für die Erzielung von Maximalerträgen entwickeln. Trotz vieler Bemühungen um die Entwicklung neuer Geräte ist der Streichblechpflug z. Z. noch das dominierende Gerät für jede Tieflockerung der Böden [10]. Die Heterogenität der Böden, des Klimas und die Unterschiede hinsichtlich der Betriebsgrößenverhältnisse erfordern eine auf den einzelnen Betrieb abgestimmte Ausstattung mit Zugmaschinen und Pflügen. Im Rahmen dieser Abhandlung sollen die betriebstechnisch wichtigen Fragen unter Berücksichtigung der Faktoren

- Boden,
- Pflugkörperform,
- Arbeitstiefe und Arbeitsbreite,
- Arbeitsgeschwindigkeit,
- Schleppergewicht und Motornennleistung

erörtert und soweit als möglich geklärt werden.

1 Einfluß der Bodenart auf den Zugwiderstand

Der Vorgang der Tieflockerung als Voraussetzung für die Optimierung der Lebensbedingungen und Lebensvorgänge im Boden kann nur bei einem bestimmten Feuchtegehalt der jeweiligen Bodenart durchgeführt werden, wenn ein Strukturoptimum erzielt werden soll. Während Sandböden mit weniger als 10% Tonanteil bei 20 bis 70% der vollen Wasserhaltefähigkeit stets mit Erfolg bearbeitet werden können, wird die optimale Bearbeitungsfähigkeit bei Lehm Böden mit etwa 20% Tonanteil auf einen Bereich von 40 bis 60%, bei Tonböden auf einen solchen von 45 bis 55% der Wasserhaltefähigkeit eingeschränkt. Die Knappheit verfügbarer Arbeitstage mit günstigen Bedingungen für die Tieflockerung, die mit zunehmendem Tongehalt größer

wird, zwingt häufig zum Einsatz unter suboptimalen Bedingungen. Nach wie vor ist unter den humiden Klimabedingungen ein Pflügen der Böden im Herbst, möglichst in rauher Furche, anzustreben. Die Pflugtiefe, wenn nicht durch Flachgründigkeit der Böden begrenzt (steiniger Untergrund, Illuvialhorizonte, Knickschichten) sollte möglichst über 20 cm liegen, da mit zunehmender Bearbeitungstiefe mehr Niederschläge ohne Verschlammungsgefahr gespeichert werden können und das durch die Tieflockerung erzielte Porenvolumen weitestgehend erhalten werden kann. In der Praxis ist derzeit für Getreide eine Pflugtiefe von 20 cm, für Hackfrucht von 25 cm generell als optimal zu bezeichnen, wenn man tiefgründige humose Böden (Magdeburger Börde, Köln-Aachener-Bucht) ausklammert.

Das Abtrennen eines Furchenquerschnitts erfordert eine bodenspezifische Kraft, die neben dem Wassergehalt von der Bodentextur (Schluff-Tonanteil), Humusanteil und der angebauten bzw. abgeernteten Kultur abhängig ist. Die Anzahl der Einflußfaktoren zeigt somit schon an, daß selbst bei Böden einheitlicher Entstehung und Korngrößenverteilung eine Streuung hinsichtlich des Kraftbedarfs für das Pflügen auftreten muß. Dennoch lassen sich anhand der genannten Charakterisierung Gruppen von Böden mit etwa gleichem Kraftbedarf für das Abtrennen eines definierten Furchenquerschnitts eingrenzen. Ohne Berücksichtigung der jeweils verwendeten Werkzeug-

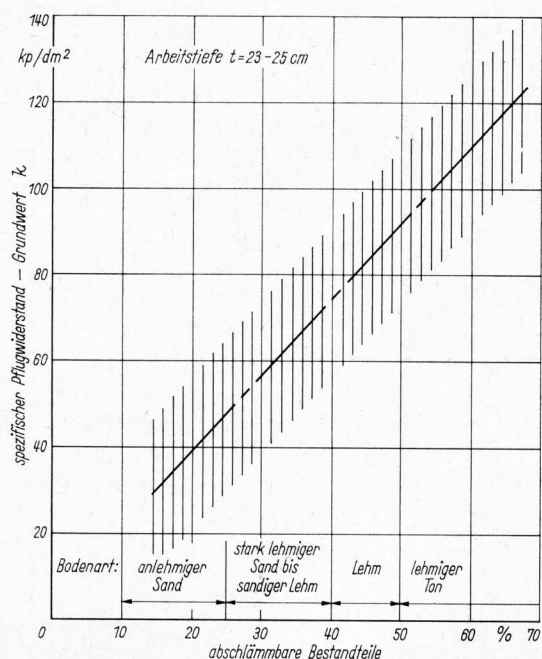


Bild 1. Grundwert des spezifischen Pflugwiderstandes in Abhängigkeit von der Bodenart nach Adams [1].

Prof. Dr. agr. Sylvester Rosegger ist Direktor des Instituts für Schlepperforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode; Dr. agr. Klaus Hell ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an demselben Institut.

formen ergeben sich somit bestimmte Bereiche spezifischer Bodenwiderstände (in kp/dm^2 Furchenquerschnitt), die nach *Lehoczky* [7] mit einem Pflug definierter Konstruktion, Arbeitstiefe und Geschwindigkeit bestimmt werden können. Als spezifische Bodenwiderstände werden im folgenden für unterschiedliche Pflugtiefen die Werte nach **Tafel 1** festgelegt.

Tafel 1. Grundwerte des spezifischen Bodenwiderstandes in Abhängigkeit von Bodenart und Arbeitstiefe [1].

Arbeitstiefe cm	spezifischer Bodenwiderstand		
	Sand, anlehmiger Sand kp/dm^2	stark lehmiger Sand, sandiger Lehm kp/dm^2	Lehm, lehmiger Ton, Ton kp/dm^2
20	38	55	77
25	45	65	90

Die in **Bild 1** dargestellten Werte für den Pflugwiderstand (23 bis 25 cm Arbeitstiefe) können als Streubereich zur Ermittlung des spezifischen Bodenwiderstandes herangezogen werden, wobei die Werte noch um geschwindigkeits- und pflugkörperformbedingte Beträge bereinigt werden müssen.

2 Einfluß der Pflugkörperform und der Arbeitsgeschwindigkeit auf den Zugwiderstand

Der hier unterstellte, mit Hilfe eines definierten Normalpflugkörpers bestimmte Bodenwiderstand erfährt eine Veränderung durch die technische Auslegung des jeweiligen Pfluges, wodurch der spezifische Pflugwiderstand festgelegt wird. Maßgebliches Kriterium für diese Änderung des Bodenwiderstandswertes ist der Seitenrichtungswinkel am Streichblech des Pfluges. Grundsätzlich ist festzustellen, daß mit kleiner werdendem Seitenrichtungswinkel am Streichblech der spezifische Pflugwiderstand nicht unerheblich abnimmt [5; 7; 15; 16]. *Gorjatschkin* hat zur Berechnung des Zugkraftbedarfes einen vom Seitenrichtungswinkel des Streichbleches abhängigen Koeffizienten ϵ eingeführt und für den horizontalen Zugwiderstand W_L eines Pflugkörpers folgende Beziehung aufgestellt:

$$W_L = k b t + \epsilon b t v^2 \quad [\text{kp}] \quad (1)$$

und entsprechend für den spezifischen Pflugwiderstand:

$$w_L = k + \epsilon v^2 \quad [\text{kp}/\text{dm}^2] \quad (2)$$

worin k den Grundwert des spezifischen Bodenwiderstandes in kp/dm^2 , b die Arbeitsbreite in dm, t die Arbeitstiefe in dm, ϵ den für die verschiedenen Pflugkörperformen gültigen Koeffizienten und v die Arbeitsgeschwindigkeit in m/s bedeuten. Für die derzeit üblichen Pflugkörperformen kann mit folgenden ϵ -Werten gerechnet werden [15; 16]:

	Koeffizient ϵ	Seitenrichtungswinkel*) φ
Kulturform	3,0	45–50°
Universalform	2,5	30–35°
Wendelform	2,0	25–30°
Schraubenform	1,5	20–25°

*) Im Normblatt DIN 11118 über die Begriffe der Pflugkörper wird dieser Winkel Streichblechwinkel φ_3 genannt.

Bei speziell entwickelten Pflugkörperformen kann der Wert für ϵ auf 1,0 herabgesetzt werden.

Der erste Teil der Gl. (1) gibt den statischen Anteil des Zugkraftbedarfes W_L wieder, der aus dem Grundwert des spezifischen Bodenwiderstandes, der Arbeitstiefe und -breite resultiert. Der zweite, dynamische Teil enthält neben der Arbeitsbreite und -tiefe den Wert ϵ für die Pflugkörperform unter Berücksichtigung der Arbeitsgeschwindigkeit. Setzt man $b t = 1$, so erhält man nach Gl. (2) den spezifischen Zugwiderstand

w_L in kp/dm^2 in Abhängigkeit vom Boden, der Pflugkörperform und der Arbeitsgeschwindigkeit. Das Produkt ϵv^2 , das Ausdruck für den Einfluß von Pflugkörperform und Geschwindigkeit ist, kann aus **Bild 2** in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit entnommen werden. Diese Werte müssen den Grundwerten des spezifischen Bodenwiderstandes von 45, 65 und 90 kp/dm^2 bei 25 cm Pflugtiefe bzw. 38, 55 und 77 kp/dm^2 bei 20 cm Pflugtiefe (Tafel 1) hinzugerechnet werden.

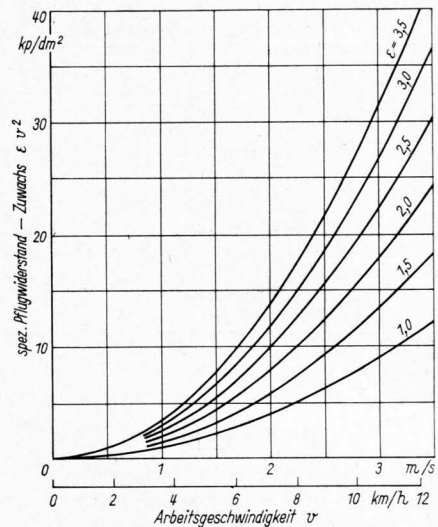


Bild 2. Erhöhung des Grundwertes des spezifischen Pflugwiderstandes um den dynamischen Anteil ϵv^2 in Abhängigkeit von der Arbeitsgeschwindigkeit für verschiedene ϵ -Werte.

3 Gesamtzugkraftbedarf

Unter Berücksichtigung der diskutierten Einflußfaktoren und dem optimalen Verhältnis zwischen Arbeitsbreite und Arbeitstiefe ergibt sich für die Arbeitstiefen 25 und 20 cm ein Furchenquerschnitt von 7,5 bzw. 6 dm^2 . Der horizontale Zugwiderstand W_L bei der Arbeit auf leichten, mittleren und schweren Böden und sein Anwachsen mit größer werdendem Seitenrichtungswinkel des Streichbleches und zunehmender Ge-

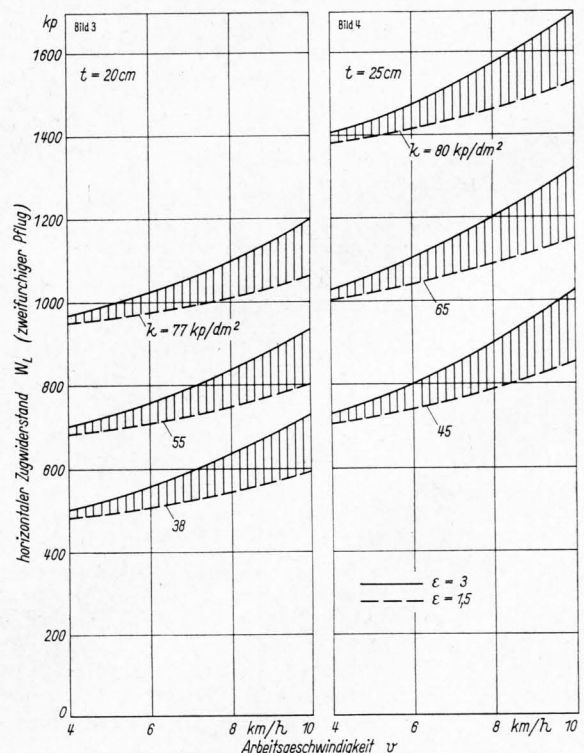


Bild 3 und 4. Horizontaler Zugwiderstand beim zweifurchigen Pflügen in Abhängigkeit von der Arbeitsgeschwindigkeit bei verschiedener Pflugtiefe t , Körperform (Koeffizient ϵ) und spezifischem Bodenwiderstand k .

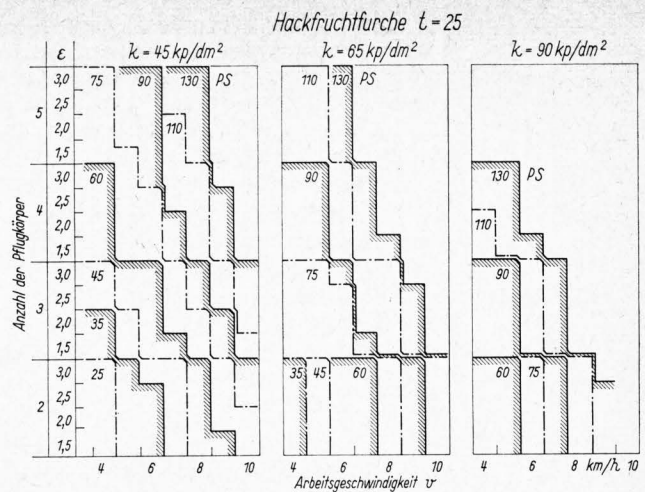
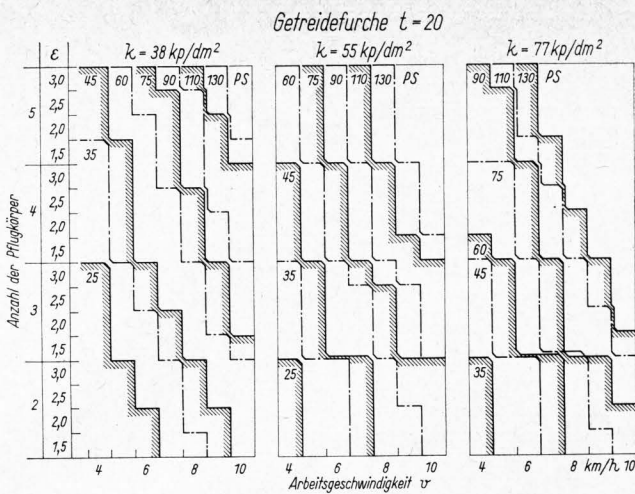


Bild 5 und 6. Grenzen des Schleppereinsatzes mit Regelhydraulik beim Pflügen mit Anbaupflügen.
 ϵ Koeffizient für die Pflugkörperform k spezifischer Bodenwiderstand (Grundwert)

schwindigkeit ist in **Bild 3 und 4** für einen zweifurchigen Pflug als Beispiel dargestellt. Während der Einfluß der Pflugkörperform auf den horizontalen Zugwiderstand bei $v = 4$ km/h noch relativ gering ist, steigt er mit zunehmender Geschwindigkeit und ist bei 10 bis 12 km/h schon beachtlich. Bei der Konstruktion von Pflügen für Geschwindigkeiten oberhalb von 6 km/h sollte deshalb der Streichblechseitenrichtungswinkel klein gehalten werden, so daß der ϵ -Wert bei 1,0 liegt. Der Einfluß zunehmender Geschwindigkeit ist bei konstantem ϵ nicht unerheblich und sollte auch für Pfluggeschwindigkeiten von 5 bis 6 km/h bei Berechnungen nicht vernachlässigt werden.

4 Schleppergewicht, Motorleistung und Pfluggröße

Die Triebkraft T des Schleppers zur Überwindung des Pflugwiderstandes W_L und des Rollwiderstandes R_A der Vorderräder des Schleppers errechnet sich aus der Triebachslast B bei gegebenem Triebkraftbeiwert κ mit Hilfe des Ausdrucks:

$$T = B \kappa = W_L + R_A \quad (3)$$

daraus

$$B_{\text{erf}} = \frac{W_L + R_A}{\kappa} \quad (4)$$

Die Auslegung eines Schleppers für bestimmte Arbeiten sollte stets den weniger günstigen Einsatzbedingungen angepaßt sein. Sieht man aus ackerbaulichen Gründen vom Pflügen stark feuchter Böden ab, so kann mit einem Triebkraftbeiwert $\kappa = 0,5$ gerechnet werden [17]. Die Zugleistungsfähigkeit eines Schleppers wird durch zwei Größen begrenzt: durch das Schleppergewicht G_{Schl} und durch die Motornennleistung N_M .

Krause [6] gibt Werte für die beim Pflügen erforderliche statische Hinterachsbelastung B_0 als Differenz der beim Pflügen erforderlichen Triebachslast B_{erf} und der beim Pflügen mit Anbaupflügen und Regelhydraulik auftretenden zusätzlichen Triebachslast ΔB an:

$$B_0 = B_{\text{erf}} - \Delta B.$$

Die bei ausgeführten Schleppern verfügbare statische Hinterachsbelastung B_0 läßt sich aus deren Eigengewicht bzw. aus der maximal zulässigen Achsbelastung, die sich aufgrund der Reifenausrüstung dieser Schlepper ergibt und u. a. durch Ballastgewichte erzielt werden kann, **Tafel 2**, berechnen. Dabei kann als Achslastverteilung auf Vorder- und Hinterachse das Verhältnis $A : B = 38 : 62$ angenommen werden. Es wird vorausgesetzt, daß die bei der Pflugarbeit auftretende Vorderachsentlastung nicht soweit geht, daß die Lenkfähigkeit der Schlepper in Frage gestellt wird. Meyer [9; 25] gibt aufgrund von Erfahrungswerten an, daß die Vorderachslast A bei einem Schlepper mit einem Eigengewicht $G_{\text{Schl}} = 1200$ kp (+ Fahrer = 1280 kp) und einem Radstand $a = 1,6$ m nicht unter 200 kp sinken darf, und stellt für die mindest erforderliche Vorderachslast die Beziehung auf:

$$A_{\text{min}} = 200 \frac{G_{\text{Schl}}}{1280} \frac{1,6}{a} = 0,25 \frac{G_{\text{Schl}}}{a} \quad (5)$$

Tafel 2. Eigengewichte und maximale Achslasten ausgeführter Schlepper in den verschiedenen Leistungsklassen [22].

Leistungs-klasse	PS	25	35	45	60	75	90	110	130
Schlepper-eigengewicht (Mittelwert)	kp	1625	1925	2250	2700	3375	4050	4950	5850
max. Zusatz-gewicht*)	%	30	30	30	35	35	35	40	40
max. Schlepper-gewicht**) (Mittelwert)	kp	2100	2500	2900	3650	4550	5450	6900	8200

*) Bereifung mit Wasserfüllung und Zusatzgewichte.

**) ohne die zusätzliche Triebachslast ΔB durch Pflug und Schlepperhydraulik; die bei der Berechnung eingesetzten Reifengrößen tragen die errechnete Gesamttriebachslast bei 0,9 bis 1,0 atü.

Für die Berechnung der für das Pflügen erforderlichen Motorleistung N_M gilt folgende Beziehung [6]:

$$N_M = v_0 \frac{W_L + R_S}{270 \eta_G \lambda} [\text{PS}] \quad (6)$$

wobei v_0 die sog. konstruktive (schlupflose) Arbeitsgeschwindigkeit ist. Um eine genügende Reserve zu haben, wird bei der Bestimmung der Leistungsgrenzen der Schlepper im folgenden ein zulässiger Schlupf von 15% angenommen [21], d. h., es ist

$$v = 0,85 v_0 \quad \text{oder} \quad v_0 = v/0,85.$$

Die Motorbelastung kann nach Meyer [8] bei gestuften Getrieben mit $\lambda = 0,83$ und der Wirkungsgrad des Schleppergetriebes mit $\eta_G = 0,85$ angenommen werden. Der Rollwiderstand R_S des gesamten Schleppers ist

$$R_S = \rho G_{\text{Schl}} \quad (7)$$

wobei für alle vier Räder des Schleppers ein mittlerer Rollwiderstandsbeiwert $\rho = 0,1$ angenommen wird [18]. Bei der Bestimmung des horizontalen Pflugwiderstandes W_L wird außer der Arbeitstiefe $t = 20$ bzw. 25 cm eine konstante Arbeitsbreite von 30 cm je Pflugkörper angenommen. Unter diesen Voraussetzungen können die Grenzen des Schleppereinsatzes beim Pflügen in Abhängigkeit von Bodenart, Furchentiefe, Pflugkörperform und -zahl und Arbeitsgeschwindigkeit ermittelt werden und entsprechend der Begrenzung der Schlepperleistung durch das Schleppergewicht innerhalb der in **Tafel 2** fixierten Grenzen und der verfügbaren Motorleistung für die einzelnen Schlepperleistungsklassen Leistungsgrenzenlinien nach **Bild 5 und 6** dargestellt werden.

Die Grenzwerte des Schleppereinsatzes sind bei 20 cm Pflughöhe seltener durch Mangel an Schleppergewicht bedingt; bei einer Arbeitstiefe von 25 cm hingegen begrenzt häufig das verfügbare Schleppergewicht den Einsatz eines Pfluges mit höherer Scharzahl und steigender Geschwindigkeit. Da die

Berechnung der Leistungsgrenzl意思 für volle Kilometer je Stunde erfolgte, liegen die Grenzeinsatzbereiche der angeführten Schlepper-Pflug-Kombinationen durchweg etwas unterhalb der wirklichen Leistungsgrenze. Diese zusätzliche Spanne ist als Reserve anzusehen, die bei geringfügiger Abweichung der Geschwindigkeitsabstufung von Schaltgetrieben unter Umständen noch ausgeschöpft werden kann. Der Einsatz stufenloser Getriebe würde in solchen Fällen nicht unerhebliche Vorteile bringen.

Unter den angeführten technischen Voraussetzungen haben die Leistungsgrenzen der Schlepper in Bild 5 und 6 für den praktischen Einsatz Gültigkeit. Für den optimalen Einsatz der einzelnen Schlepperleistungsklassen unter wechselnden Bedingungen sind außerdem die Gesichtspunkte einer optimalen Tieflockerung und der Arbeitsphysiologie maßgebend.

5 Bestimmende Faktoren für optimale Einsatzbereiche

5.1 Die optimale Tieflockerung

Ist der Zugkraftbedarf zum Abtrennen und Wenden eines Furchenbalkens gedeckt, so verbleibt bei sachgemäßer Einstellung des Pfluges für die technologische Optimierung der Pflugarbeit als kritischer Faktor nur die Arbeitsgeschwindigkeit, wenn man die eventuell vermehrt auftretende Bodenverdichtungen beim Einsatz schwerer Schlepper ausklammert. Einer größeren Verdichtung des Untergrunds beim Pflügen [19] mit schweren Schleppern, die bei hohen Reifeninnendrücken und nachgiebiger werdendem Boden (Pflügen bei zu feuchtem Boden) auftritt, kann vermieden werden, wenn der Reifeninnendruck niedrig gehalten, der Boden nicht zu feucht bearbeitet [14] und durch die Gestaltung der Fruchtfolge eine Selbstauflockerung des Untergrunds unterstützt wird [19].

Benutzt man bei steigender Arbeitsgeschwindigkeit Pflugkörper mit entsprechend abnehmendem Streichblechseitenrichtungswinkel, d. h. bis etwa 5 km/h die Kulturform, von 5 bis 7 km/h die Universal- und Wendelform und bis 10 km/h die Schraubenform, so ist bei geringfügig vermehrtem Aufwurf und Seitentransport sowie ebener Ackeroberfläche für die genannten Pflugkörperformen und Geschwindigkeiten eine vollwertige Winterfurche zu erstellen [3; 4; 7]. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen besagen, daß bei optimaler Kombination von Pflugkörperform und Arbeitsgeschwindigkeit sowohl übermäßige Bodenzerkleinerung, zu großer Seitentransport und zu starke Einebnung der Ackeroberfläche vermieden werden. Bezüglich des erzielten Porenvolumens und dessen Stabilität sowie der Erträge der Folgefrucht in Abhängigkeit von der Arbeitsgeschwindigkeit liegen keine statistisch gesicherten und damit quantifizierbaren Zusammenhänge vor.

5.2 Grenzen aus arbeitsphysiologischer Sicht

Die Optimierung von Produktionsverfahren setzt auch eine optimale Gestaltung der Arbeitsbedingungen für den arbeitenden Menschen voraus, um ihn vor vorzeitigem Aufbrauch, Verschleiß und Abnutzung, aber auch vor Ermüdung, Erschöpfung und Voralterung zu schützen. Die umfangreichen Feldversuche beim Pflügen mit höheren Geschwindigkeiten haben gezeigt, daß bereits zwischen 8 bis 9 km/h Grenzen der physiologischen Leistungsfähigkeit beim derzeitigen Fahrkomfort für den Schlepperfahrer zu bemerken sind. Die Grenze von etwa 9 km/h ist abhängig von verschiedenen Parametern wie z. B. dem Zustand des Bodens und der Fahrbahn sowie vom Schlepper [20].

Das Pflügen bei höheren Geschwindigkeiten verursacht horizontale und niederfrequente vertikale Schwingungen im Bereich von 2 bis 6 Hz mit großer Amplitude und hoher Beschleunigung und nur gelegentliche Spitzen bis etwa 15 Hz. Die für den Menschen kritischen Frequenzen liegen bei 3 bis 5 Hz

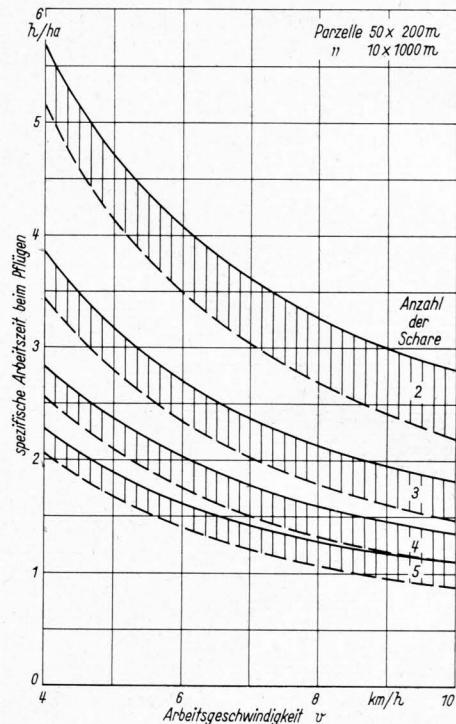


Bild 7. Der Arbeitszeitbedarf je ha beim Pflügen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit bei verschiedener Scharzahl und Parzellengröße.

Tafel 3. Arbeitsbedarf je ha für das Pflügen mit Anbaupflügen und Schleppern mit Regelhydraulik an der Leistungsgrenze. Die Zahlen in Klammern (2/6) bedeuten: 2furchig, 6 km/h Geschwindigkeit.

Grundwert des Bodenzustandes kp/dm ²	Arbeits-tiefe cm	spezifischer Arbeitsbedarf in h/ha für die Schlepperleistungsklassen							
		25 PS h/ha	35 PS h/ha	45 PS h/ha	60 PS h/ha	75 PS h/ha	90 PS h/ha	110 PS h/ha	130 PS h/ha
Getreidefurche									
38	20	4,15 (2/6)	2,70 (3/6)	2,35 (4/5)	1,75 (4/7)	1,60 (4/8)	1,45 (4/9)	1,35 (4/10)	—
		3,75 (3/4)	2,80 (4/4)	2,25 (5/4)	1,85 (5/5)	1,40 (5/7)	1,30 (5/8)	1,25 (5/8,5)	1,20 (5/9)
55	20	5,70 (2/4)	4,14 (2/6)	3,20 (3/5)	2,35 (4/5)	2,05 (4/6)	1,75 (4/7)	1,60 (4/8)	1,45 (4/9)
		—	3,75 (3/4)	2,80 (4/4)	2,25 (5/4)	1,85 (5/5)	1,65 (5/6)	1,40 (5/7)	1,25 (5/8)
77	20	—	5,70 (2/4)	4,15 (2/6)	3,20 (3/5)	2,70 (3/6)	2,05 (4/6)	1,75 (4/7)	1,60 (4/8)
		—	—	3,75 (3/4)	2,80 (4/4)	2,35 (4/5)	1,85 (5/5)	1,75 (5/5,5)	1,65 (5/6)
Hackfruchtfurche									
45	25	5,70 (2/4)	4,15 (2/6)	3,60 (2/7)	2,70 (3/6)	2,05 (4/6)	1,75 (4/7)	1,60 (4/8)	1,45 (4/9)
		—	3,75 (3/4)	3,20 (3/5)	2,80 (4/4)	2,25 (5/4)	1,65 (5/6)	1,40 (5/7)	1,25 (5/8)
65	25	—	5,70 (2/4)	4,75 (2/5)	3,60 (2/7)	3,25 (2/8)	2,35 (3/7)	2,05 (4/6)	1,75 (4/7)
		—	—	—	—	2,70 (3/6)	2,35 (4/5)	1,85 (5/5)	1,65 (5/6)
90	25	—	—	—	4,75 (2/5)	4,15 (2/6)	3,60 (2/7)	2,70 (3/6)	2,35 (3/7)
		—	—	—	—	—	3,20 (3/5)	2,80 (4/4)	2,35 (4/5)

(Eigenfrequenz des gesamten menschlichen Körpers je nach Konstruktion und Körperhaltung), bei 20 Hz (Eigenfrequenz des Kopfes) und wahrscheinlich bei 2 Hz, wo eine Resonanzfrequenz des Magens vorliegt [2].

Entscheidend ist bei den auf die Wirbelsäule und den Magen einwirkenden Schwingungen nicht nur die Intensität, sondern vor allen Dingen die Zeitdauer der Einwirkung. Der Bandscheibenapparat gemeinsam mit der Muskulatur unterliegt den Gesetzen der Ermüdung. Die beim Pflügen bei hohen Geschwindigkeiten pausenlos auf die Wirbelsäule einwirkenden Erschütterungen und Stöße lassen das Gewebe in seiner Funktion ermüden und setzen damit die Widerstandskraft herab. In diesem Zustand treten stärkere Verformungen der Bandscheiben auf. Das ist besonders bei einseitiger Beanspruchung der Fall, wie sie beispielsweise bei Hangfahrten auftritt oder bei Fahrten in der Pflugfurche. Das Pflügen bei hohen Geschwindigkeiten setzt daher neben der Lösung einiger technischer Probleme eine optimale Gestaltung des Arbeitsplatzes für den Schlepperfahrer voraus, was mit der Konstruktion neuer Schleppersitze allein nicht als gelöst angesehen werden kann. Jedenfalls kann gesagt werden, daß im technisch-ökonomisch vertretbaren Bereich für den Schlepperfahrer nicht vertretbare Belastungen auftreten, wenn sie auch noch nicht genau quantitativ bestimmbar sind.

Darüber hinaus sind die Pflugschlepper neben allgemeinen Kontrollsignalen mit qualitativen und quantitativen Anzeigevorrichtungen auszustatten, die den Fahrer zumindest zum Teil von physischer Belastung befreien.

6 Betriebswirtschaftliche Kenndaten

6.1 Arbeitswirtschaft

Die Arbeitskapazität eines Betriebes, die häufig limitierender Faktor infolge fehlender Arbeitskräfte oder begrenzter Einsatzspannen für bestimmte Arbeiten ist, wird durch die verschiedenen Schlepper-Pflug-Kombinationen in relativ weiten Grenzen beansprucht.

Grundlage zur Ermittlung der notwendigen Arbeitszeit je ha kann nicht die errechnete Flächenleistung beim Pflügen (Furchenzeit) sein. Der praktische Einsatz ist dadurch gekennzeichnet, daß neben der durch leistungsfähigere Schlepper verkürzten Furchenzeit gewisse arbeitsbedingte Zeitelemente nicht beliebig verkürzt werden können. So zeigte sich bei den umfangreichen Untersuchungen, daß das Zeitelement „Wenden“ am Furchenende ohne erhöhte Bruchgefahr und steigende Ermüdungserscheinungen beim Schlepperfahrer im Durchschnitt nicht unter 0,3 min je Wendung eingeschränkt werden kann [21]. Das gleiche trifft für die Wegezeit zu. Unterstellt man 1 km durchschnittliche Hof-Feld-Entfernung, davon 60% Feldweg, so ist eine mittlere Fahrgeschwindigkeit von 8 km/h als angemessen zu betrachten. Die Störzeiten, ausgedrückt in % der Grundzeit, steigen mit zunehmender Geschwindigkeit und können mit 4, 5, 6 und 7% der Grundzeit bei 4, 6, 8 und 10 km/h Arbeitsgeschwindigkeit veranschlagt werden. Je Halbtage ist als Rüstzeit für Pflug und Schlepper mit einem Bedarf von 0,35 h zu rechnen [24]. Von einem 9-Stunden-Tag verbleiben demnach nach Abzug der Rüst- und Wegezeit 7,8 Stunden an Arbeitszeit, die sich wie folgt ergibt [24]:

$$A_z = H + N + V,$$

dabei ist A_z die Arbeitszeit, H die Furchenzeit (Hauptzeit), N die Wendezeit (Nebenzeit) und V die Störzeit (Verlustzeit).

Unter den genannten Bedingungen, die persönlich bedingte Verlustzeiten nicht berücksichtigen, steigt die Flächenleistung nicht proportional mit der Arbeitsleistung in der Hauptzeit, d. h., das Verhältnis von Hauptzeit zu Gesamtarbeitszeit sinkt bei gleicher Scharzahl und steigender Geschwindigkeit von 4 auf 10 km/h von 1:0,81 auf 1:0,76 ab. **Bild 7** zeigt die Arbeitszeit je ha (bei einer Gesamtarbeitszeit von 9 Stunden je Tag) in Abhängigkeit von Arbeitsbreite und Arbeitsgeschwindigkeit für zwei Parzellenformen von 1 ha Größe. Für praktische Erwägungen hat die ungünstiger bemessene Parzelle (50 m x 200 m) häufiger Gültigkeit als die Parzelle mit den Abmessungen 10 m

mal 1000 m, oberhalb der mit keinem Zeitgewinn, der nennenswert wäre, mehr zu rechnen ist.

Mit den aus Bild 5 und 6 ersichtlichen Kapazitätlinien der einzelnen Schlepperleistungsklassen unter den verschiedenen Einsatzbedingungen sowie dem aus Bild 7 zu entnehmenden Arbeitszeitbedarf je ha können optimale Arbeitskombinationen im Hinblick auf die arbeitswirtschaftlichen Forderungen ermittelt werden. Die Auswahl in **Tafel 3** zeigt die Schlepper-Pflug-Kombinationen mit etwa gleichem Arbeitszeitbedarf je ha, zwischen denen der Landwirt für die Arbeitsbedingungen in der Praxis wählen sollte. Die maximal notwendige Arbeitsgeschwindigkeit im arbeitswirtschaftlichen Optimum beträgt 9 km/h, der Schwerpunkt der optimalen Geschwindigkeit liegt zwischen 5 und 6 km/h.

6.2 Der Kapitalbedarf

Für den Fall, daß sich die verfügbare Arbeitszeit für die Erstellung einer optimalen Winterfurche als knapp erweist oder eigens für die Arbeit des Pflügens eine Arbeitskraft im Betrieb eingestellt wird, so daß der Grenzgewinn je Arbeitsstunde im ersten Fall, die Grenzkosten je Arbeitsstunde im zweiten Fall relativ hoch sind, wird die Frage der Substitution eines vorhandenen, in seiner Leistung nicht ausreichenden Schleppers akut. Die Anschaffung eines Schleppers mit größerer Leistung muß in Betracht gezogen werden. Aus diesem Grunde ist die Erörterung des erforderlichen Kapitalbedarfs notwendig. **Tafel 4** zeigt die zur Zeit gültigen Schlepperpreise je PS für hinterradgetriebene Schlepper einschließlich Regelhydraulik, Schlepperverdeck und Zusatzgewichte (mit Ausnahme der Schlepper mit 110 und 130 PS, die nur mit zusätzlichem Vorderradantrieb verfügbar sind) sowie die Anschaffungspreise von Anbaupflügen für unterschiedliche Einsatzbedingungen [11; 22].

Tafel 4. Kapitalbedarf bei Schleppern und Anbaupflügen.

Schlepper Leistungsklasse PS	25	35	45	60	75	90	110*)	130*)
Schlepperpreis 10 ³ DM	13,0	17,5	20,0	25,0	31,0	38,0	47,0	58,0
Schlepperpreis DM/PS	550	500	445	420	420	420	430	445
Anbaupflüge Anzahl der Pflugkörper	2		3		4		5	
Preis je Pflug für leichten Boden DM	1000		1300		1700		2300	
für mittelschweren Boden DM	1200		1700		2200		3000	
für schweren Boden DM	1500		2100		2900		3800	

*) Schlepper mit zusätzlichem Vorderradantrieb

6.3 Variable Kosten

Zur Berechnung der variablen Kosten für das Pflügen je ha wurde das arbeitswirtschaftliche Optimum aus **Tafel 3** herangezogen. Als Basis für die Definition des Kostencharakters wurde eine mittelfristige Betrachtung zugrunde gelegt, so daß die Abschreibung von Schlepper und Pflug als variabel zu gelten hat. Unterbringung und Versicherung der Maschinen wurden bei der Kostenermittlung nicht einbezogen. Da der Zinsanspruch des notwendigen Kapitals von Fall zu Fall verschieden ist, wird dieser am sinnvollsten betriebsindividuell angesetzt. Der Betrag für den Zinsanspruch muß demnach den hier errechneten Werten je Arbeitseinheit gegebenenfalls hinzuaddiert werden.

6.3.1 Abschreibung der Schlepper

Die Abschreibung als variabler Anteil der Schlepperkosten wurde in Abhängigkeit vom hier angenommenen Betrachtungszeitraum errechnet, wobei eine jährliche Schlepperausnutzung von 1000 Schlepperstunden/Jahr (= Abschreibungsschwelle) zugrunde gelegt wurde [11].

6.32 Betriebsstoffkosten der Schlepper

In Anbetracht der Tatsache, daß die Leistungsgrenzlinsen in Bild 5 und 6 sich auf volle Stundenkilometer beziehen und dadurch, daß teilweise durch die Begrenzung der Schlepperkapazität durch das Schleppergewicht eine Reserve hinsichtlich der verfügbaren Motorleistung verbleibt, liegen die Werte für die Motorbelastung unterhalb der maximal möglichen Durchschnittsbelastung von $\lambda = 0,83$. Weiterhin wird dieser Wert durch den Anteil der Neben-, Rüst-, Wege- und Störzeiten vermindert. Unter den erörterten Voraussetzungen schwankt daher der Wert für λ für die einzelnen Varianten des arbeitswirtschaftlichen Optimums zwischen 0,60 und 0,72. Diese Werte gingen in die Berechnung des Kraftstoffverbrauchs ein [22; 23]. Der Preis für Dieselkraftstoff wurde mit 0,25 DM/l eingesetzt. Als Ölverbrauch wurde 4% des Kraftstoffverbrauchs angenommen [11] bei einem Preis von 2,70 DM/l Öl.

6.33 Reparaturkosten der Schlepper

Die Abhängigkeit der Betriebsstoffkosten für Schlepper von der durchschnittlichen Motorbelastung gilt gleichermaßen für die Reparaturkosten, die aufgrund der λ -Werte in Anlehnung an Schäfer-Kehnert [11] errechnet wurden.

6.34 Abschreibung der Pflüge

Die Beträge für die Abschreibung der Pflüge wurden nach Schäfer-Kehnert errechnet; verwendet wurden für die einzelnen Arbeitsbreiten die Abschreibungssätze, die für eine jährliche Ausnutzung der Geräte oberhalb der Abschreibungsschwelle relevant sind.

6.35 Reparaturkosten der Pflüge

Da die meisten Reparaturkosten für die Pflüge von der Flächenleistung abhängig sind, ergeben sich für alle Pflüge, unabhängig von der Scharzahl, etwa die gleichen Beträge je ha. In Anlehnung an Schäfer-Kehnert wurde für das Pflügen leichter Böden 4,40 DM/ha, mittelschwerer 4,60 DM/ha und schwerer Böden 4,80 DM/ha Pflugarbeit eingesetzt. Genauere Untersuchungen über die Abhängigkeit der Reparaturkosten je ha Winterfurche in Abhängigkeit von der Pflugkörperform und der Arbeitstiefe sind zur Zeit nicht verfügbar.

6.4 Die Kosten des Pflügens im arbeitswirtschaftlichen Optimum

Die Zusammenfassung der Kosten des Pflügens in Abhängigkeit von der eingesetzten Schlepperleistungsklasse, der Bodenbeschaffenheit, der Arbeitstiefe und der Scharzahl gibt **Tafel 5**¹⁾. Die Arbeitskennziffer gibt an, mit welcher Scharzahl und welcher Arbeitsgeschwindigkeit arbeitswirtschaftlich optimal an der Schlepperleistungsgrenzlina (Bild 5 und 6) zu pflügen ist. Eine Bewertung der Arbeitsstunde erfolgt zunächst absichtlich aus dem Grunde nicht, weil der Wert der Arbeitsstunde nur für Saison-Arbeitsstunden festgelegt ist, sonst jedoch durch den innerbetrieblich zu errechnenden Grenzwert bestimmt wird. In **Tafel 5** (Zeile 7) wurde nur als Beispiel für überschlägige

1) **Tafel 5**, siehe Seite 131.

Tafel 6. Mittlere spezifische Maschinenkosten (DM/ha) für die verschiedenen Schlepper-Pflug-Geschwindigkeitskombinationen in Abhängigkeit von der Bodenart und Pflugtiefe (nach **Tafel 5**).

Mittlere spezifische Kosten je ha Pflugarbeit			
Bodenwiderstand kp/dm ²	Getreidefurche (t = 20 cm) DM/ha	Bodenwiderstand kp/dm ²	Hackfruchtfurche (t = 25 cm) DM/ha
38	20,—	45	24,—
55	23,50 ²⁾	65	31,50 ³⁾
77	29,— ³⁾	90	40,50 ⁴⁾

²⁾ Ohne die Schlepper-Pflug-Kombination 25 PS (2/4), die sehr hohe Einsatzzeiten des Schleppers erfordert.

³⁾ Der 25-PS-Schlepper kann nicht mehr eingesetzt werden.

⁴⁾ Die 25-, 35- und 45-PS-Schlepper können nicht mehr eingesetzt werden.

Rechnungen ein Tariflohn von 4,— DM/Arbeitsstunde angenommen.

Vergleicht man die variablen Maschinenkosten je ha Pflugfurche für die einzelnen Einsatzbereiche (ohne Berücksichtigung eines Zinsanspruches und der Lohnkosten), so ergeben sich für die verschiedenen Schlepper-Pflug-Geschwindigkeitskombinationen in Abhängigkeit von Bodenart und Arbeitstiefe die mittleren spezifischen Maschinenkosten je ha in **Tafel 6**.

Tafel 6 der variablen Maschinenkosten zeigt, um wieviel sich die Produktion auf schwerer bearbeitbaren Böden verteuert; die gleiche Tendenz gilt für alle weiteren Bodenbearbeitungsmaßnahmen. Die Maschinenkosten je ha Pflugarbeit erhöhen sich bei der Getreidefurche um etwa je 5,— DM für die hier getroffene Bodenklassifizierung. Die Maschinenkosten für die Hackfruchtfurche (t = 25 cm) erhöhen sich im Vergleich zur Getreidefurche (t = 20 cm) bei leichtem Boden um 20%, bei mittelschwerem um 34 und bei schwerem Boden sogar um 40%. Die Einbeziehung eines Zinsanspruches von 7% verändert die Maschinenkosten zwar in der absoluten Höhe, **Tafel 5**, ändert jedoch wenig an den eben diskutierten Relationen.

Führt man die Bewertung der Arbeitsstunde mit 4,— DM/h ein, so gewinnt die Einsparung an Arbeitszeit bei Verwendung stärkerer Schlepper einen erheblichen Einfluß auf die Höhe der Gesamtkosten je ha Pflugarbeit, **Tafel 5** (Zeile 7). Für die Getreidefurche erreichen die Gesamtkosten für die Pflugarbeit auf leichtem Boden bei Verwendung eines 75-PS-Schleppers ihr Minimum und steigen bei Verwendung stärkerer Schlepper wieder an. Bei mittelschweren und schweren Böden erreichen die Kosten ihr Minimum bei 75 bzw. 90 PS und bleiben dann gleich bzw. steigen leicht an. Die Kosten für die Hackfruchtfurche erreichen ein Minimum auf leichten, mittelschweren und schweren Böden bei 110 PS, ohne daß sie beim Einsatz größerer Schlepper wieder wesentlich ansteigen.

Eine Entscheidung über die Substitution der einzelnen Kombinationen sollte stets durch gründliche Berechnungen, wie sie mit Hilfe der verbesserten Differenzrechnung und der linearen Optimierung möglich sind, vorgenommen werden. Dann sind zweckmäßigerweise die Daten der Zeilen 5 oder 6 aus **Tafel 5** einzusetzen. Für überschlägige Bewertungen können die Werte aus Zeile 7 der **Tafel 5** herangezogen werden, sie basieren auf einem Zinsanspruch des Kapitals von 7 v. H. und einer Bewertung der Arbeitsstunde mit 4,— DM. Diese Werte treffen aber keinesfalls für die Überzahl praktischer Situationen im landwirtschaftlichen Betrieb mit festangestellten Arbeitskräften zu, da bei ihnen die Arbeitsstunde als Kapazität aufzufassen ist, deren Wert einzig und allein durch den jeweils erzielbaren Grenznutzen fixiert wird.

7 Zusammenfassung

Es werden die wesentlichen technischen und ökonomischen Einflußgrößen auf die Pflugarbeit untersucht. Die beim Pflügen geltenden Leistungsgrenzen der einzelnen Schleppergrößen in Abhängigkeit vom Schleppereigengewicht, von Bodenart und Bodenzustand, der Pflugkörperform, dem Furchenquerschnitt und der Arbeitsgeschwindigkeit werden ermittelt und kritisch durchleuchtet.

Bei den zur Erzielung des technischen Optimums notwendigen höheren Arbeitsgeschwindigkeiten darf der kritische Faktor Arbeitsqualität und die begrenzte physische Leistungsfähigkeit des Schlepperfahrers nicht außer acht gelassen werden. Die Erarbeitung der ökonomischen Grunddaten erfolgte unter der Voraussetzung einer mittelfristigen Betrachtung für das arbeitswirtschaftliche Optimum.

Hinsichtlich der Arbeitsqualität, der arbeitsphysiologischen Daten, der Lebensdauer und des Reparaturkostenverlaufs bei einseitig für das Pflügen eingesetzten Schleppern sind weitere Untersuchungen notwendig, die eine noch exaktere Quantifizierung der Grunddaten ermöglichen. Die Zusammenschau der technischen, arbeitswirtschaftlichen und ökonomischen Kenndaten (betriebstechnische Betrachtungsweise) ermöglicht die Formulierung spezieller Probleme des Pflügens und deren simultane Lösung bei Einschaltung der modernen Rechentechnik.

Schrifttum

Bücher sind mit ● gekennzeichnet

- [1] *Adams, R.*: Der Leistungsanspruch von Landmaschinen und Forderungen an die Schlepper für die Arbeit mit Maschinensystemen. In: Vorträge der wiss. Jahrestag. 1958 des Inst. f. Landtechnik Potsdam-Bornim. Tag.-ber. Nr. 19. Dt. Akademie d. Landw. wiss. Berlin 1959. S. 25/44.
- [2] *Dieckmann, D.*: Einfluß vertikaler mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arb. physiol. **16** (1957) S. 519/65.
- [3] *Ermich, D.*: Über erste Versuchsergebnisse zur Anwendung höherer Arbeitsgeschwindigkeiten beim Pflügen. Dt. Agrartechn. **14** (1964) H. 2, S. 57/60.
- [4] *Feuerlein, W.*: Die Pflugarbeit und ihre Beurteilung. Grundl. Landtechn. Heft 12 (1960) S. 44/50.
- [5] *Hofmann, K.*: Steigerung der Arbeitsproduktivität und Kostenentwicklung beim Pflügen mit erhöhter Arbeitsgeschwindigkeit. Dt. Agrartechn. **14** (1964) H. 7, S. 316/17.
- [6] *Krause, R.*: Die Zuordnung von Schlepper und Pflug. Grundl. Landtechn. **16** (1966) Nr. 6, S. 229/35.
- [7] *Lehoczy, L.*: Über die Auswirkung der Steigerung der Pfluggeschwindigkeit auf den Zugkraftbedarf und einige physikalische Eigenschaften des Bodens. Arch. Landtechn. **3** (1961/62) H. 1, S. 18/61.
- [8] *Meyer, H.*: Die Bedeutung eines stufenlosen Getriebes für den Ackerschlepper und seine Geräte. Grundl. Landtechn. Heft 11 (1959) S. 5/12.
- [9] *Meyer, H., und G. Bock*: Fahrtmechanik. Landtechn. **6** (1951) H. 6, S. 175/81.
- [10] ● *Römer, Th., und F. Scheffer*: Lehrbuch des Ackerbaues 5. Aufl. Berlin u. Hamburg: P. Parey 1959.
- [11] ● *Schaefer-Kehnert, W.*: Die Kosten des Landmaschineneinsatzes. Ber. üb. Landtechn. Bd. 74. Wolftratshausen: H. Neureuter-Verl. 1963.
- [12] *Skalweit, H.*: Bestimmung der Kräfte an Schlepper und Pflug bei regelndem Kraftheber. Landtechn. Forsch. **12** (1962) H. 2, S. 53/59.
- [13] *Skalweit, H.*: Über die Kräfte am Dreipunktanbau bei regelnden Krafthebern auf Grund von Feldmessungen mit Pflügen. Grundl. Landtechn. Heft 20 (1964) S. 53/57.
- [14] *Söhne, W.*: Druckverteilung im Boden und Bodenverformung unter Schlepperreifen. Grundl. Landtechn. Heft 5 (1953) S. 49/63.
- [15] *Söhne, W.*: Untersuchungen über die Form von Pflugkörpern bei erhöhter Fahrgeschwindigkeit. Grundl. Landtechn. Heft 11 (1959) S. 22/39.
- [16] *Söhne, W.*: Anpassung der Pflugkörperform an höhere Fahrgeschwindigkeiten. Grundl. Landtechn. Heft 12 (1960) S. 51/62.
- [17] *Söhne, W.*: Allrad- oder Hinterradantrieb bei Ackerschleppern hoher Leistung. Grundl. Landtechn. Heft 20 (1964) S. 44/52.
- [18] *Sonnen, F. J.*: Ein Überblick über die Ergebnisse von Feldversuchen mit Triebtradreifen von Ackerschleppern. Landtechn. Forsch. **11** (1961) H. 5, S. 117/22.
- [19] *Vetter, H.*: Schwere Schlepper beim Pflügen. RKL-Schriften 4.1.1.1.0. Herausgeber: R. Kloeppe, Schloß Bredeneek, 1967.
- [20] *Wendeborn, J. O.*: Die Unebenheiten landwirtschaftlicher Fahrbahnen als Schwingungserreger landwirtschaftlicher Fahrzeuge. Grundl. Landtechn. **15** (1965) Nr. 2, S. 33/46.
- [21] Arbeitswirtsch. Untersuchungen. Versuchsergebnisse des Inst. für Schlepperforschung d. FAL Braunschweig-Völkenrode. (Unveröffentlichte Ber. 1965/66.)
- [22] DAT-Preislisten. Ackerschlepper 1966/67. (Dt. Automobil-Treuhand, Stuttgart.)
- [23] Marburg-Tests des Schlepperprüffeldes Darmstadt.
- [24] *Kreher, G., und J. Hesselbach*: Arbeits- und Zugkraftbedarfszahlen. In: KTL-Kalkulationsunterlagen für Betriebswirtschaft, Bd. I. Wolftratshausen: H. Neureuter Verl. 1964. S. III/1—7.
- [25] *Meyer, H.*: Zur Problematik des Sattelanhängers für Ackerschlepper. Landtechn. Forsch. **6** (1956) Nr. 2, S. 40.

Tafel 5. Kapitalbedarf, Arbeitsbedarf und variable Kosten für das Pflügen mit Anbaupflügen und Schleppern mit Regelhydraulik bei optimalem Einsatz von Schlepper und Pflug an der Leistungsgrenze.

1 2 3 4 5 6 7	Schlepper-Nennleistung Arbeitskennziffer Kapitalbedarf, Schlepper und Pflug Arbeitsbedarf Maschinenkosten ohne Kapitalzins Maschinenkosten + 7% Zins Maschinenkosten + 7% Zins und 4—	PS *) 10 ³ DM AKh/ha DM/ha DM/ha DM/ha	k = 38 kp/dm ² leichter Boden										k = 55 kp/dm ² mittelschwerer Boden										k = 77 kp/dm ² schwerer Boden														
			25 3/4	35 3/6	45 5/4	60 4/7	75 5/7	90 5/8	110 5/8,5	130 5/9	25 2/4	35 3/4	45 4/4	60 5/4	75 5/5	90 5/6	110 5/7	130 5/8	35 2/4	45 3/4	60 4/4	75 4/5	90 5/5	110 5/5,5	130 5/6	35 2/4	45 3/4	60 4/4	75 4/5	90 5/5	110 5/5,5	130 5/6					
			k = 45 kp/dm ²										k = 65 kp/dm ²										k = 90 kp/dm ²														
			t = 25 cm F = 6 dm ² /Furche										t = 25 cm F = 7,5 dm ² /Furche																								
2	Arbeitskennziffer	*)	2/4	3/4	3/5	3/6	4/6	5/6	5/7	5/8	5/8,5	110	130	25	35	45	60	75	90	110	130	25	35	45	60	75	90	110	130	25	35	45	60	75	90	110	130
3	Kapitalbedarf, Schlepper + Pflug	10 ³ DM	14,8	15,1	15,8	16,8	18,8	20,1	21,5	22,3	23,3	24,0	24,6	25,9	27,1	28,4	29,5	30,5	31,5	32,0	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3
4	Arbeitsbedarf	AKh/ha	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70
5	Maschinenkosten ohne Kapitalzins	DM/ha	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
6	Maschinenkosten + 7% Zins	DM/ha	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2
7	Maschinenkosten + 7% Zins und 4—	DM/AKh	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0

*) 3/4 bedeutet: 3 Pflugkörper und 4 km/h Fahrgeschwindigkeit sind für die betreffende Schleppergröße im technischen Optimum; die jeweils in Frage kommenden Pflugkörperformen sind Bild 5 bzw. 6 zu entnehmen.