

Landtechnische Analyse agrotechnischer Forderungen an das Pflügen

Dr. habil. G. Krupp, KDT, VEB Weimar-Kombinat

Im folgenden Beitrag soll der Versuch unternommen werden, wesentliche Aussagen agrotechnischer Forderungen an das Pflügen durch grafische Darstellungen in Abhängigkeit von ihren Grundlagen überschaubar zu machen, um sie in landtechnischer Sicht zu analysieren und Schlußfolgerungen für die technische Lösung der landwirtschaftlichen Aufgabe abzuleiten. Dabei soll der Zusammenhang zwischen den Kenngrößen spezifischer Bodenwiderstand, spezifischer Zugwiderstand, Flächenleistung, Arbeitsbreite, Arbeitsgeschwindigkeit und dem mit Pflügeaggregaten bearbeiteten Anteil am Ackerland der DDR betrachtet werden.

1. Zusammenhänge und deren Darstellung in einem Kennlinienfeld

Der Zusammenhang zwischen Flächenleistung W , spezifischem Zugwiderstand R' (beim Pflügen bedingt durch den spezifischen Bodenwiderstand¹⁾) und verfügbarer Motorleistung P_e sowie zwischen Flächenleistung W , Arbeitsbreite B und Arbeitsgeschwindigkeit v wird durch Gleichung (1) beschrieben.

$$W = 0,36 \eta_T K_{07} k P_e / R' = 0,1 B v K_{07} \quad (1)$$

Der Arbeitsaufwand A ist unter den gegebenen Verhältnissen der Einmannbedienung der Aggregate als Kehrwert der Flächenleistung aufzufassen.

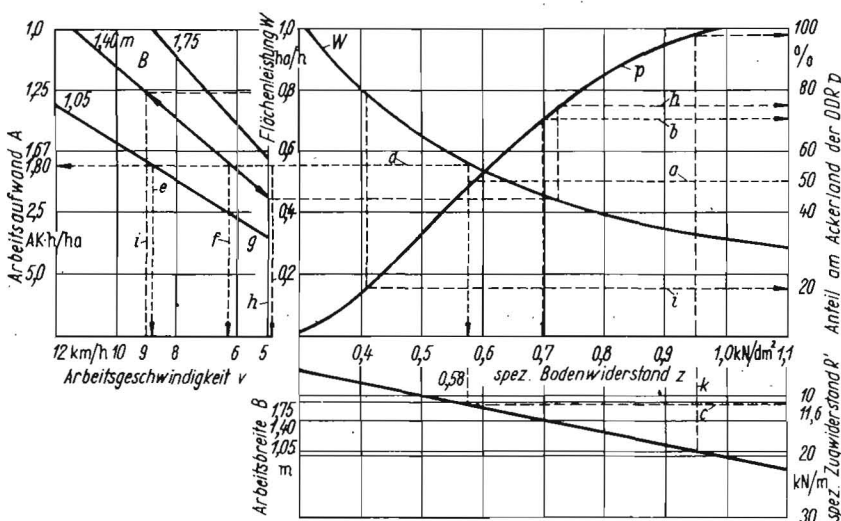
Die beschriebenen Zusammenhänge sind für die Arbeitsart „Saatzfurche 20 cm tief“ in einem Kennlinienfeld dargestellt worden (Bild 1). Zur Herstellung des Zusammenhangs mit dem Anteil p der bearbeiteten Böden an der Ackerfläche der DDR

enthält der rechte obere Quadrant die Summenhäufigkeitskurve der Ackerböden der DDR nach ihrer Bearbeitungsschwere, gemessen durch den spezifischen Bodenwiderstand [2]. Von dieser Kurve kann man zunächst ablesen, daß der Boden mit mittlerer Bearbeitungsschwere in der DDR durch den spezifischen Bodenwiderstand von $0,58 \text{ kN/dm}^2$ gekennzeichnet ist, d. h. es sind gleiche Anteile an der Ackerfläche schwerer und leichter zu bearbeiten (Linie a). Weiterhin kann man als Richtzahl festhalten, daß 70% der Ackerfläche einen spezifischen Bodenwiderstand bis zu $0,70 \text{ kN/dm}^2$ haben, also leicht bis mittelschwer zu bearbeiten sind (Linie b). Betrachtet man die Zusammenhänge bei dem gefundenen Mittelwert von $0,58 \text{ kN/dm}^2$, dann findet man bei einem spezifischen Zugwiderstand von $11,6 \text{ kN/m}$ (Linie c) eine Flächenleistung von $0,55 \text{ ha/h}$ und einen Arbeitsaufwand von $1,80 \text{ Ak} \cdot \text{h/ha}$ (Linie d) für die untersuchte Arbeitsart $\eta_T = 0,45$, $K_{07} = 0,65$, $k = 0,90$. Diese Flächenleistung läßt sich erzielen bei einer Arbeitsbreite von $1,05 \text{ m}$ (3 Pflugkörper) mit einer Arbeitsgeschwindigkeit von $8,8 \text{ km/h}$ (Linie e), bei einer Arbeitsbreite von $1,40 \text{ m}$ (4 Pflugkörper) mit einer Arbeitsgeschwindigkeit von $6,3 \text{ km/h}$ (Linie f) und bei einer Arbeitsbreite von $1,75 \text{ m}$ (5 Pflugkörper) mit einer Arbeitsgeschwindigkeit von $4,9 \text{ km/h}$ (Linie g). Die praktische Arbeitsgeschwindigkeit wird nach verschiedenen Gesichtspunkten, wie optimale Arbeitsgeschwindigkeit und Gangabstufung des Traktors, optimale Arbeitsweise des Pflugkörpers, Zustand des Bodens usw., zu wählen sein. Liegt der praktisch nutzbare Geschwindigkeitsbereich fest, dann kann, vom linken Quadranten ausgehend, für jede Arbeitsbreite der Anteil am Ackerland ermittelt werden, auf dem ein Einsatz des betreffenden Aggregats möglich ist. Im Geschwindigkeitsbereich zwischen 5 km/h und 9 km/h (Linien h und i) können z. B. mit einem $1,4 \text{ m}$ breiten Pflügeaggregat (ZT 300 mit B 200) die Böden zwischen $0,40 \text{ kN/dm}^2$ und $0,72 \text{ kN/dm}^2$ bei 90% Auslastung des Traktormotors ($k = 0,9$) gepflügt werden. Das sind etwa 60% der Ackerfläche. Die schwereren Böden (25%) erfordern eine Verminderung der Arbeitsbreite oder der Geschwindigkeit, die leichteren Böden (15%) erfordern zur Auslastung des Traktors eine größere Arbeitsbreite oder eine höhere Arbeitsgeschwindigkeit.

Auf der linken Ordinate des unteren Quadranten sind die Grenzwerte für die Arbeitsbreite eingetragen, bei denen die nominelle Zugkraft des Traktors erreicht wird. Deren Schnitt-

Verwendete Formelzeichen

A	$\text{Ak} \cdot \text{h/ha}$	Arbeitsaufwand
B	m	Arbeitsbreite
k		Auslastungsfaktor der Motorleistung
K_{07}		Leistungsfaktor
p	%	Anteil am Ackerland der DDR
P_e	kW	verfügbare Motorleistung
R'	kN/m	spezifischer Zugwiderstand
i	dm	Pflugtiefe
v	km/h	Arbeitsgeschwindigkeit
W	ha/h	Flächenleistung
z	kN/dm^2	spezifischer Bodenwiderstand
η_T		Traktorwirkungsgrad



Tafel I. Spezifische Bodenwiderstände und spezifische Zugwiderstände des Nachbearbeitungsgeräts

spezifischer Bodenwiderstand kN/dm ²	spezifischer Zugwiderstand des Nachbearbeitungsgeräts kN/m
0,30	2,8
0,50	3,2
0,70	3,6
0,90	4,0
1,10	4,4

Bild 1. Wichtige landtechnische Zusammenhänge bei Pflügeaggregaten

Tafel 2. Einsatzgrenzen des Pflügeaggregats zum K-700 oder K-700 A

Bodenart	Arbeitsart	Arbeits-	spezi-	nicht
		tiefe	fischer	erfaßter
			Boden-	Anteil an
			widerstand	Acker-
			z	land
		cm	kN/dm ²	%
schwerer Boden	Pflügen	40	0,65	35
leichter Boden	Pflügen	30	0,90	3
	Schälen	15	0,75	80
	Saatfurche	20	0,60	55
	Saatfurche mit Nachbearbeitung	20	0,40	15
	Herbstfurche	30	0,40	15

punkt mit der Kurve des spezifischen Zugwiderstands gibt an, bei welchem spezifischen Bodenwiderstand der Einsatz des Aggregats durch die Zugfähigkeit des Traktors begrenzt wird. Ein Aggregat mit einem 1,05 m breiten Pflug ist z. B. auf Böden mit $z > 0,95 \text{ kN/dm}^2$ nicht mehr einsetzbar, weil die nominelle Zugkraft des Traktors überfordert wird (Linie k). Das betrifft allerdings nur 1% der Ackerfläche. Maßnahmen zur Zugkraftverstärkung können diese Grenzen hinausschieben.

2. Aussagen über Traktoren der Zugkraftklassen 30 kN und 50 kN

Die Darstellungen im Bild 2 weisen die Flächenleistungen von Pflügeaggregaten im Rahmen der in der DDR gültigen Agrotechnischen Forderungen bei spezifischen Bodenwiderständen von $0,3 \text{ kN/dm}^2$ bis $1,1 \text{ kN/dm}^2$ für die Arbeitstiefen 15 cm (Schälen), 20 cm (Saatfurche), 30 cm (Herbstfurche) und 40 cm (Tiefurche zur Krumenvertiefung) aus.

Die Arbeitstiefen 15 cm und 20 cm sind mit und ohne Kombination des Pfluges mit einem Nachbearbeitungsgerät berechnet und dargestellt worden. Für die Arbeitstiefe von 20 cm wurde für den Traktor K-701 und für zukünftige Traktoren mit einer Leistung von 370 kW (500 PS) außerdem eine Darstellung der Kombination für Pflügen, Saatbettbereiten und Aussaat mit in die Betrachtung einbezogen. Die spezifischen Zugwiderstände der Nachbearbeitungsgeräte [3] sind auf die verschiedenen Bodenarten linear interpoliert worden, so daß sich die Werte nach Tafel 1 ergeben.

Bei der Berechnung der Flächenleistung einer Kombination für Pflügen, Saatbettbereiten und Aussaat wurden rd. 15 kW für Saatguttransport und Aussaat von der verfügbaren Motorleistung abgesetzt und 1,5 kN/m für eine verbesserte Saatbettbereitung und für die Drillmaschine auf den spezifischen Zugwiderstand aufgeschlagen. Unterstellt wurden die Werte $\eta_T = 0,58$, $K_{07} = 0,60$ und $k = 0,90$.

2.1. Traktor T-150 K (Bild 2a)

Wenn man davon ausgeht, daß ein Pflug mit möglichen Arbeitsbreiten von 1,0 m bis 2,1 m (3 bis 6 Pflugkörper) vorhanden wäre, der im Geschwindigkeitsbereich von 6 bis 9 km/h arbeiten kann, dann sind nur sehr schwere Böden nicht 40 cm tief zu pflügen ($z > 0,95 \text{ kN/dm}^2$).

Bei einem Pflug so geringer Arbeitsbreite müßte der Traktor allerdings in der Furche fahren, was bei der großen Pflugtiefe kaum möglich ist.

Die Schälfurche von 15 cm Tiefe ist aufgrund der Auslastung des Traktors nur auf den schweren Böden über $0,6 \text{ kN/dm}^2$ mit einer Arbeitsbreite von 2,1 m und bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 12 km/h möglich. Die leichteren Böden (rd. 50% der Ackerfläche) scheiden aus. Kombiniert man das Schälen mit einer Nachbearbeitung zum Einmulchen der Pflanzenreste und zum Ein ebenen der Oberfläche, dann scheiden nur die Böden mit $z < 0,4 \text{ kN/dm}^2$ (15% der Ackerfläche) aus. Das gleiche gilt für die 20 cm tiefe Saatfurche. Die Saatfurche mit Nachbearbeitung und die 30 cm tiefe Herbstfurche können praktisch auf allen Böden der DDR mit einem Aggregat der genannten Kennwerte gepflügt werden.

2.2. Traktoren K-700 und K-700 A (Bild 2b)

Werden die aus dem Traktor K-700 bzw. K-700 A und dem Pflug B 501 bestehenden Pflügeaggregate bei Arbeitsbreiten zwischen 1,75 m und 3 m und Arbeitsgeschwindigkeiten von 6 km/h bis 9 km/h betrachtet (Linie a), dann erkennt man, daß der Traktor bei den flacheren Pflugarbeiten auf den leichten Böden unterfordert ist. Erst durch die Kombination des Pfluges mit Nachbearbeitungsgeräten kann das Aggregat bis zu einem spezifischen Bodenwiderstand von $0,4 \text{ kN/dm}^2$ bei der Saatfurche wirtschaftlich eingesetzt werden. Die Grundwerte für die Zugkraft wurden hier nach den in [4] wiedergegebenen Ergebnissen bezüglich Schlupf und Zugkraft auf 60 kN berechnet. Die Einsatzgrenzen des Aggregats liegen unter den gegebenen Voraussetzungen bei den in Tafel 2 aufgeführten Werten. Eine Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit auf 12 km/h bei der Saatfurche ergäbe eine beträchtliche Erweiterung der Einsatzgrenzen auf den leichten Böden, wie aus der Darstellung zu erkennen ist (Linie b).

Ein Anlaß zu Unstimmigkeiten und Mißverständnissen bei der Beurteilung ökonomischer Gesichtspunkte für zukünftige Konstruktionen ist oft die Festlegung der sogenannten mittleren Flächenleistung, die den Berechnungen zugrunde gelegt werden muß. Dieser Wert wird gegenwärtig geschätzt. Das Kennlinienfeld zeigt, wie groß die Variationsbreite der Flächenleistung eines Pflügeaggregats in Abhängigkeit von Bodenart und Arbeitsaufgabe ist. Der mittlere spezifische Bodenwiderstand in der DDR liegt, wie bereits erwähnt, bei $0,58 \text{ kN/dm}^2$. Für die Arbeitsaufgaben, die mit dem betreffenden Aggregat ökonomisch nur auf einem bestimmten Anteil der Ackerfläche ausgeführt werden können, läßt sich die mittlere Flächenleistung bei dem spezifischen Bodenwiderstand finden, der den Mittelwert des erfaßten Anteils der Fläche darstellt. Eine 20 cm tiefe Saatfurche ist mit dem K-700 bei einer Arbeitsbreite von 3 m und einer Arbeitsgeschwindigkeit von 9 km/h im Bereich oberhalb von $0,6 \text{ kN/dm}^2$, also auf 43% der Ackerfläche, möglich. Der Mittelwert des spezifischen Bodenwiderstands z für diesen Anteil der Ackerfläche ist bei 78,5% der Ackerfläche zu suchen; er beträgt $0,74 \text{ kN/dm}^2$ (Linie c). Die sich daraus ergebende mittlere Flächenleistung beträgt 1,25 ha/h.

Wenn schwere Bodenverhältnisse ausgeschlossen werden müssen, wie z. B. beim 40 cm tiefen Pflügen, wo der Grenzwert $0,65 \text{ kN/dm}^2$ beträgt, ergeben sich bei einer anteiligen Ackerfläche von 32% ein mittlerer spezifischer Bodenwiderstand von $0,48 \text{ kN/dm}^2$ und eine mittlere Flächenleistung von 0,9 ha/h.

Auf diese Weise läßt sich die oft so umstrittene mittlere Flächenleistung, die Ausgangspunkt für alle ökonomischen Betrachtungen ist, unter bekannten Voraussetzungen analytisch bestimmen.

Wenn man die Abhängigkeit des Anteils der Ackerfläche vom spezifischen Bodenwiderstand näherungsweise durch eine Gerade beschreibt (Linie d), ergibt sich Gleichung (2):

$$p = 159z - 43 \quad (2)$$

Damit ist eine vereinfachte Berechnung der mittleren Flächenleistung durch Verwendung des mittleren spezifischen Bodenwiderstands \bar{z} für den erfaßten Anteil der Ackerfläche möglich:

$$W = 0,36 \eta_T K_{07} k \frac{P_r}{10 \bar{z} t} \quad (3)$$

Werden die Grenzwerte des erfaßten Bereichs mit z_1 und z_2 bezeichnet, dann ist

$$\bar{z} = \frac{z_1 + z_2}{2} \quad (4)$$

Die Formel für die mittlere Flächenleistung nimmt dann folgendes Aussehen an:

$$\bar{W} = 0,072 \eta_T K_{07} k \frac{P_r}{t(z_1 + z_2) + R'} \quad (5)$$

Durch R' werden zusätzliche Zugwiderstände, z. B. durch Nachbearbeitungsgeräte, berücksichtigt.

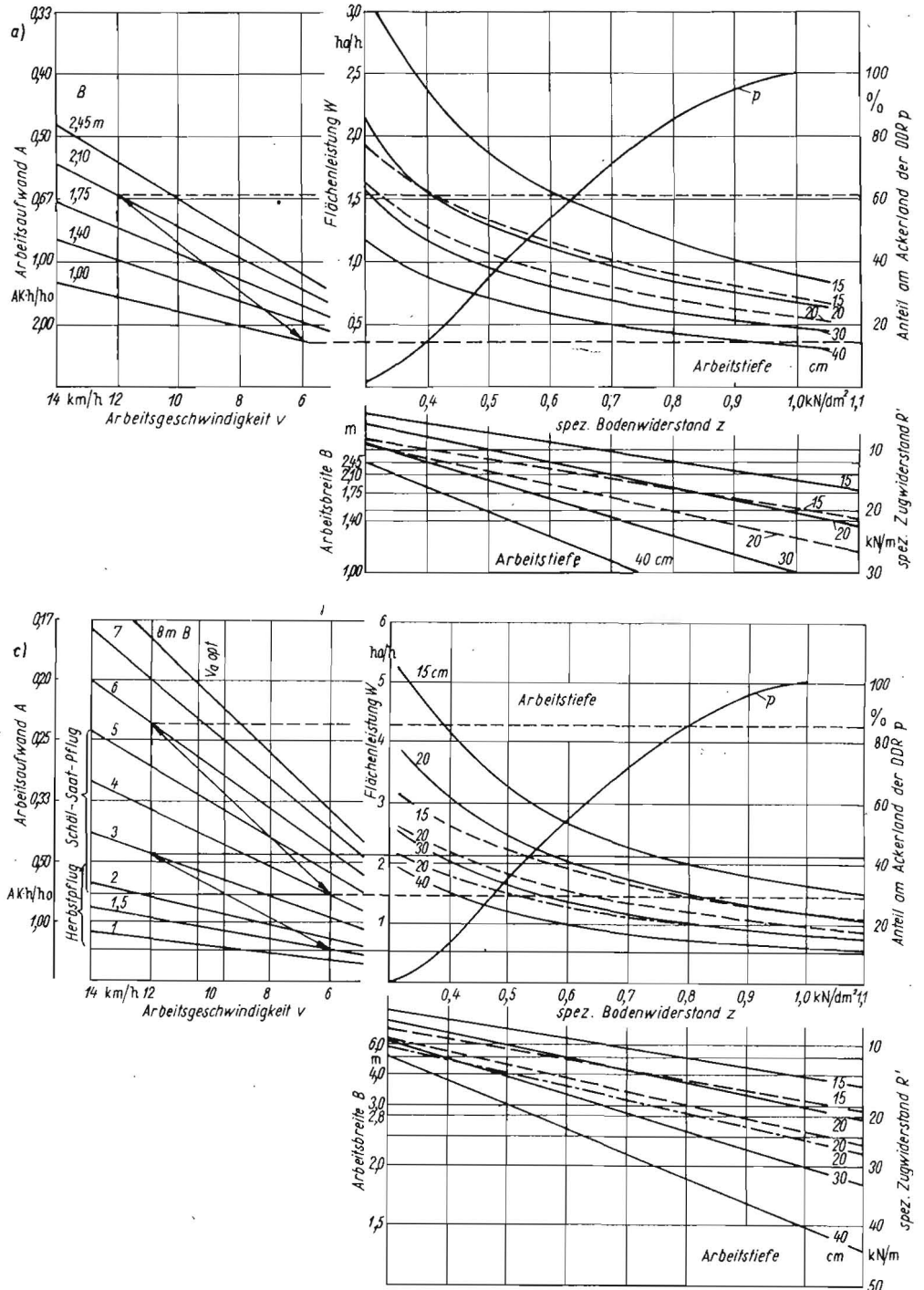


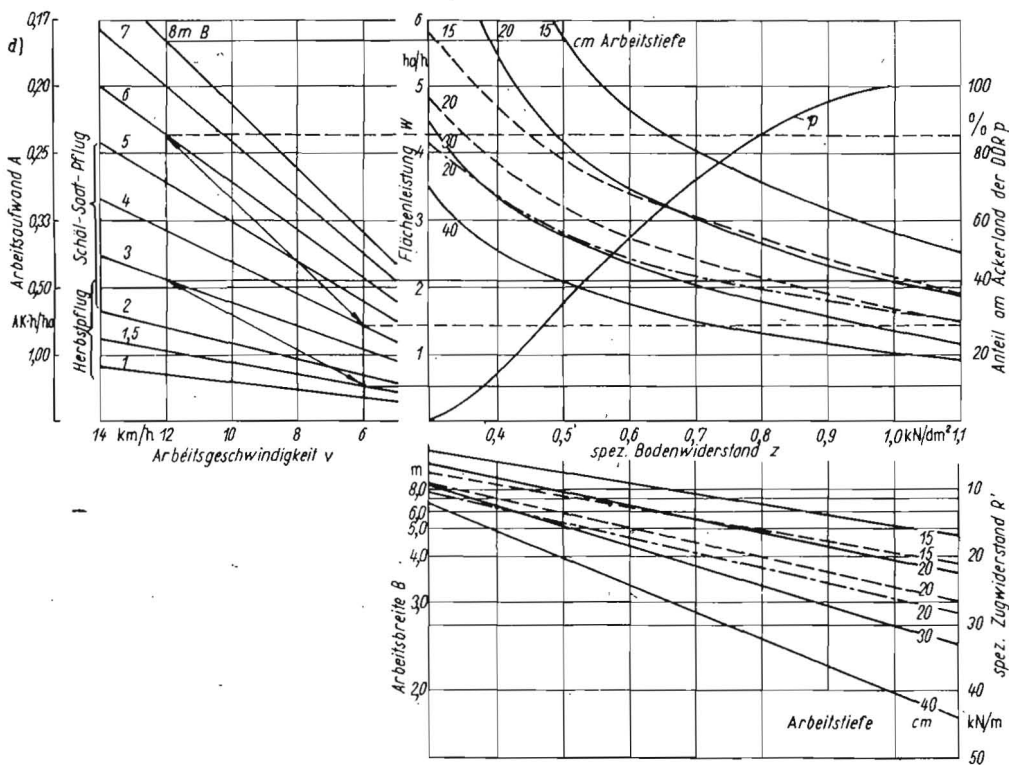
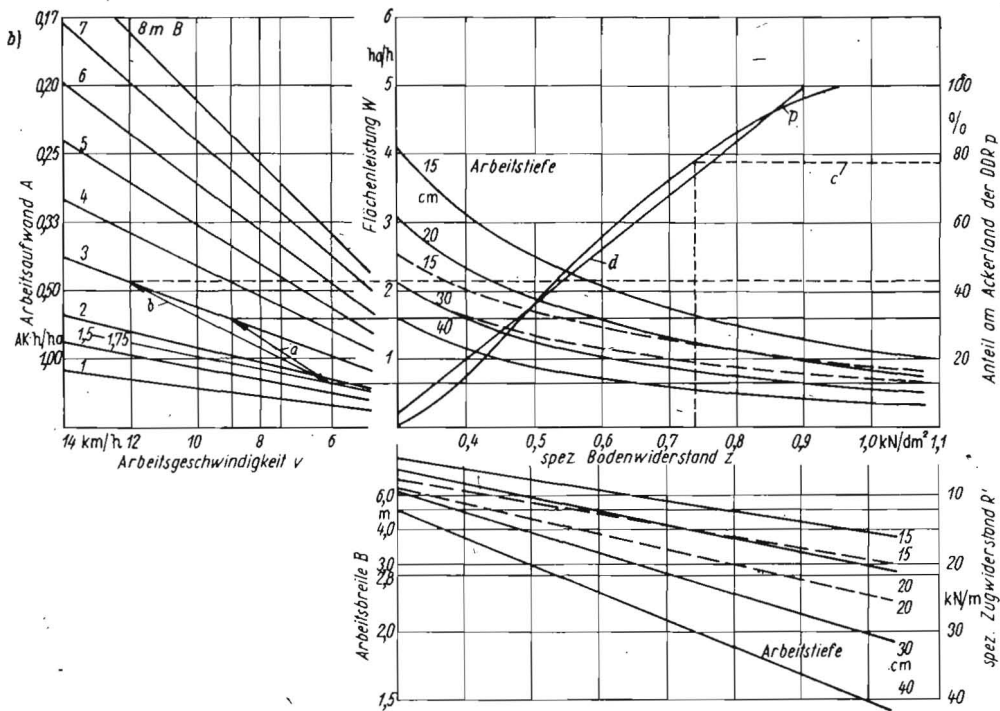
Bild 2. Landtechnische Kennlinienfelder für Pflügeaggregate
 a) zum Traktor T-150 K
 b) zum Traktor K-700 oder K-700 A
 c) zum Traktor K-701

d) zu einem perspektivischen Traktor mit 370 kW (500 PS)
 ————— Pflügen
 - - - - - Pflügen mit Nachbearbeitung
 - · - · - Pflügen mit Saatbettbereitung und Aussaat

2.3. Traktor K-701 (Bild 2c)

Für den Traktor K-701 wird das Kennlinienfeld unter der Fragestellung nach den Hauptparametern des notwendigen Pfluges betrachtet. Bei einer Mindestarbeitsbreite von 1,5 m können bei der Minimalgeschwindigkeit von 6 km/h auch die

schwersten Böden 40 cm tief gepflügt werden. Bei der Saat- und der Schälfrucht verbleiben auch bei 3 m Arbeitsbreite und 12 km/h Arbeitsgeschwindigkeit noch erhebliche Anteile leichter Böden außerhalb des wirtschaftlichen Einsatzbereichs, wie in Tafel 3 ersichtlich ist.



Die verbleibenden erheblichen Anteile der Ackerfläche der DDR rechtfertigen nach Ansicht des Verfassers in der Zukunft einen speziellen Pflug für Schäl- und Saatsfurche. Die Arbeitsbreite dieses Schäl-Saat-Pfluges müßte nach den Darstellungen zwischen 4 m und 6 m variierbar sein. Damit wäre auch eine gewisse

Überdeckung der Einsatzbereiche mit dem Herbstpflug vorhanden. Die Flächenleistung des Schäl-Saat-Pfluges bei 20 cm tiefer Saatsfurche würde in Abhängigkeit vom spezifischen Bodenwiderstand zwischen 1,5 ha/h und 4,0 ha/h liegen und auf mittlerem Boden ($z = 0,58 \text{ kN/dm}^2$) 2,1 ha/h betragen.

Die mittlere Flächenleistung auf dem erfaßten Ackerlandanteil von 88 % beträgt 2,2 ha/h. Mit einem 3 m breiten Pflug läßt sich dagegen nur eine mittlere Flächenleistung von 1,7 ha/h erzielen. Beim 15 cm tiefen Schälern würden die Werte minimal 1,5 ha/h und maximal 4,3 ha/h betragen.

2.4. Betrachtungen zu einem perspektivischen Traktor (Bild 2d)

Ein hypothetischer Traktor von 370 kW weist mit den beiden Pflügen nicht so gute Ergebnisse wie der K-701 auf. Der Pflug mit max. 6 m Arbeitsbreite und 12 km/h Arbeitsgeschwindigkeit erfaßt vom Umfang der Schälurfurche mit einer Tiefe von 15 cm nur 35 %, von der Schälurfurche mit Nachbearbeitungsgerät nur 75 % und von der Saarfurche mit 20 cm Tiefe nur 67 %. Erst durch Kombination mit Nachbearbeitung und mit Saarbettbereitung und Aussaat lassen sich bei der Saarfurche von 20 cm Tiefe praktisch alle Flächen bearbeiten, die dem Traktor zugänglich wären. Das bedeutet, daß die Arbeitsbreite des Schäl-Saat-Pfluges für Bodenverhältnisse der DDR bei „Solo-Arbeit“ noch über 6 m hinausgehen müßte. Der Pflug für die Herbstfurche müßte bei dieser Traktorenklasse ebenfalls breiter werden und schätzungsweise Arbeitsbreiten zwischen 2 m und 4 m haben. Der für den 220-kW-Traktor erforderliche Schäl-Saat-Pflug liegt bereits in dem Arbeitsbreitenbereich, der auch für den 370-kW-Traktor notwendig ist. Die Arbeitsbreite muß mit zunehmender Motorleistung größer als 6 m werden, wenn man sich nicht zu einer Kombination der Saarfurche mit Saarbettbereitung und Aussaat in einer Bestellkombi entschließt.

Das dargestellte Verfahren der landtechnischen Analyse von Flächenleistung, Arbeitsbreite, Arbeitsgeschwindigkeit und Einsatzbereich in Abhängigkeit von der eingesetzten Motorleistung und der verfügbaren Zugkraft ist natürlich nicht nur auf Pflügeaggregate anwendbar.

3. Zusammenfassung

Auf der Grundlage des analytischen Zusammenhangs zwischen Motorleistung, Zugwiderstand, Arbeitsbreite, Arbeitsgeschwindigkeit und Flächenleistung wird unter Verwendung der Summen-

Tafel 3. Einsatzgrenzen des Pflügeaggregats zum K-701 auf leichten Böden

Arbeitsart	spez. Bodenwiderstand z kN/dm ²	nicht erfaßter Anteil am Ackerland %
Schälern 15 cm	0,77	80
Saarfurche 20 cm	0,58	50
Schälern mit Nachbearbeitung	0,53	40
Saarfurche mit Nachbearbeitung	0,41	15
Herbstfurche 30 cm	0,38	8

häufigkeitskurve für die Ackerfläche der DDR nach ihrem spezifischen Bodenwiderstand ein landtechnisches Kennlinienfeld dargestellt, das die genannten Beziehungen überschaubar gestaltet. Aussagen über die untersuchten Kenngrößen für Pflügeaggregate werden zu den Traktoren T-150 K, K-700, K-700 A, K-701 und zu einem perspektivischen Traktor vorgenommen. Außerdem wird ein Verfahren zur analytischen Bestimmung der mittleren Flächenleistung beschrieben.

Literatur

- [1] Sommerburg, H.: Ein mathematisches Modell der Einflüsse auf den Zugwiderstand beim Pflügen. agrartechnik 26 (1976) H. 2, S. 89—92.
- [2] Technisch-ökonomische Begründung für Bodenbearbeitungsaggregate. Markkleeberg 1971 (unveröff.).
- [3] Erprobungsbericht zum Nachbearbeitungsgerät B 601. VEB BBG Leipzig 1973 (unveröff.).
- [4] Krupp, G.: Über Einsatzkennwerte der neuen sowjetischen Traktoren K-701, T-150 und T-150 K. agrartechnik 24 (1974) H. 1, S. 6—9. A 1273

1) Gemeint ist die mit einem Meßpflug zu ermittelnde Kenngröße des Bodens, nicht das von Formparametern des Pflugkörpers abhängige Charakteristikum eines Pfluges (vergl. [1])

Möglichkeiten zur Verbesserung der Arbeitsqualität und zur Kostensenkung bei der Saarbettbereitung

Dr. agr. O. Bosse/Dipl.-Agr. M. Sünder/Dr.-Ing. W.-D. Kalk
Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL der DDR

1. Problemstellung

Bei der weiteren Entwicklung der Landwirtschaft werden entsprechend dem Rechenschaftsbericht von E. Honecker an den IX. Parteitag der SED auch weiterhin Kräfte und Mittel vorrangig auf die Intensivierung der Pflanzenproduktion konzentriert. Ein Schwerpunkt dabei bleibt die effektivste Nutzung des Bodens. Daraus ergeben sich immer höhere Anforderungen an die Bodenbearbeitung. Im Prozeß der erweiterten Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit nimmt die Bodenbearbeitung eine entscheidende Stellung ein. Sie schafft die Voraussetzungen für die optimale Gestaltung wichtiger physikalischer, chemischer und biologischer Bodeneigenschaften und ist dadurch die Grundlage für die Wirksamkeit anderer Intensivierungsmaßnahmen und für die Ausschöpfung des Leistungspotentials des Bodens durch die Pflanzen. Gleichzeitig beeinflußt die Qualität der Bodenbearbeitung sowohl die Höhe der Ernteverluste als auch die Kosten der Pflanzenproduktion wesentlich. Zur Zeit wird die Bodenbearbeitung mit relativ großer Intensität durchgeführt, ohne daß die Qualität immer befriedigen kann.

Die Saarbettbereitung muß nicht nur die unterschiedlichen Ansprüche der Pflanzen an die Saarbettqualität erfüllen, sondern in steigendem Maß die Fahrbahneigenschaften des Bodens für die zukünftigen Mechanisierungsmittel und die Ebenheit der Flächen als Voraussetzung für eine verlustarme Ernte verbessern. Bei der Saarbettbereitung werden Feingrubber, Grubber, unterschiedlich schwere Eggen, Striegel, Schleppen, Walzen, Scheibeneggen und zur Vergrößerung der Arbeitsbreite Kopplungswägen eingesetzt. Jährlich ist in der DDR auf einer Fläche von rd. 5,5 Mill. ha eine Saarbettbereitung durchzuführen. Da jedoch trotz Kombination verschiedener Geräte infolge unzureichender Arbeitseffekte meistens mehrere Arbeitsgänge zur Herrichtung eines qualitätsgerechten Saarbettes erforderlich sind, müssen jährlich etwa 14,5 Mill. ha mit Einzelgeräten oder Kombinationen bearbeitet werden. Schwere Eggen werden auf etwa 11 Mill. ha eingesetzt, Feingrubber auf 9,5 Mill. ha und Saateggen bzw. Schleppen auf etwa 5,5 Mill. ha. Völlig unzureichend gelöst ist die Verfestigung des Saarbettes. Obwohl in der Praxis etwa 3 Mill. ha mit Rauhwalzen bearbeitet