

methode ausgewählt (Bilder 1 bis 4). Es werden jeweils drei beliebige Werkzeuge verglichen, ohne daß auf die bei der Prüfung zu klärende Versuchsfrage eingegangen wird. Die zur Veranschaulichung der Methode verwendeten Erprobungsergebnisse wurden mit Hilfe des Newman-Keuls-Tests ($\alpha = 0,05$) statistisch verrechnet. Gesicherte Unterschiede zwischen Varianten sind in den Säulen durch schwarze und weiße Symbole gleicher Form gekennzeichnet. In der Form und im Anstellwinkel unterschiedliche Grubberwerkzeuge benötigen bei signifikanter Verschlechterung der ackerbaulichen Qualität eine gesichert höhere Energie zur Bearbeitung des gleichen Bodenquerschnitts (Bild 1, Werkzeug 1 gegenüber den Werkzeugen 2 und 3). Die Zerkleinerung des Bodens (Aggregate < 40 mm) und die Lockerungswirkung sind jedoch meistens ähnlich oder auf dem Al-Standort bei Werkzeug 1 sogar geringer. Mit Hilfe des Energiefehlbetrags kann das Werkzeug 1 eindeutig als effektivstes Werkzeug für schwer bearbeitbare Böden ausgewählt werden.

Die Effektivität von Saatbettbereitungsgeräten, die bei der Saarfurche in Kombination mit Scharpflügen eingesetzt werden, ist anhand der gemessenen bzw. bonitierten Qualitätsparameter schwer abzuleiten (Bild 2). Die gesicherten Unterschiede der aufgewendeten Energie und der Qualitätsparameter sind zwischen den Geräten nicht einheitlich, oder es sind keine gesicherten Unterschiede vorhanden. Auch anhand der erreichten Arbeitsqualität läßt sich in Verbindung mit der aufgewendeten Energie noch keine Aussage ableiten. Durch Berechnung des Energiefehlbetrags kommt eindeutig zum Ausdruck, daß auf leicht bearbeitbaren D 3-Standorten die Geräte 2 bzw. 3, auf schwer bearbeitbaren A1 2- und D 5-Standorten das Gerät 1 eingesetzt werden sollte.

Bei der Saatbettbereitung im Frühjahr auf dem V 1-Standort treten keine Unterschiede in der Aggregatgrößenzusammensetzung auf. Eine gesichert bessere Ebenheit erfordert jedoch meistens eine signifikant höhere

Energie (Bild 3). Mit der Werkzeugkombination 3 wird der Boden besonders bei der Saatbettbereitung zu stark verdichtet und verschmiert, was auch im ackerbaulichen Gesamteindruck sichtbar wird. Diese Variante wird aufgrund des hohen Energiefehlbetrags ausgeschlossen. Die Werkzeugkombinationen 1 und 2 für die Saatbettbereitung unterscheiden sich im Energiefehlbetrag nur wenig. Da auch die erreichte Arbeitsqualität fast gleich ist, kann noch die aufgewendete Energie zur endgültigen Auswahl herangezogen und demzufolge die Werkzeugkombination 2 als beste ausgewählt werden. Bei den Werkzeugkombinationen zum Einebnen ist der Energiefehlbetrag von Kombination 2 am geringsten. Mit dieser Werkzeugkombination wird die effektivste Einebnung erreicht. Die Werkzeugkombination 3 sollte gegenüber der Kombination 2 trotz der signifikant besseren Einebnungswirkung infolge der stärkeren Bodenverdichtung, dem nicht gesicherten Unterschied im ackerbaulichen Gesamteindruck und der beträchtlich höheren aufgewendeten Energie ausgeschlossen werden.

Bei hinsichtlich Einebnungs- und Krümelungswirkung geprüften Schleppwerkzeugen (Bild 4) fällt anhand des Energiefehlbetrags die Auswahl des Werkzeugs 3 als für alle Standorte geeignet eindeutig aus, obwohl diese Schlußfolgerung aus den einzelnen Erprobungsergebnissen nicht klar sichtbar ist.

Die Bewertung unterschiedlicher Werkzeuge und Geräte zu verschiedenen Einsatzzwecken mit Hilfe des Energiefehlbetrags hat gezeigt, daß diese Methode zur Bewertung von Bodenbearbeitungswerkzeugen hinsichtlich Arbeitsqualität und Energieaufwand geeignet ist.

4. Zusammenfassung

Als Kennwert für die Bewertung in Vergleichsuntersuchungen geprüfter Bodenbearbeitungswerkzeuge und -geräte wurde der Energiefehlbetrag abgeleitet. Anhand der für die erreichte prozentuale Arbeitsqualität auf-

gewendeten Energie wird die für die erreichbare Arbeitsqualität erforderliche Energie errechnet. Die Differenz beider Energiebeiträge gibt den Energiefehlbetrag an. Die erreichte prozentuale Arbeitsqualität ist der Mittelwert aus der erreichten Qualität hinsichtlich Zerkleinerung (Aggregate < 40 mm in %), Einebnung (in % umgerechnete Boniturnote), Verdichtung bzw. Lockerung (1 mm Höhendifferenz der Bodenoberfläche vor und nach der Bearbeitung entspricht 1%) und dem ackerbaulichen Gesamteindruck (in % umgerechnete Boniturnote). Weitere wichtige Qualitätsparameter des Bodens können berücksichtigt werden.

Literatur

- [1] Rakov, K., u. a.: Untersuchungen einiger Kennzahlen der Grundbodenbearbeitung mittels lokalkernenden Geräten. Sel'skostopanska Techn., Sofia 19 (1982) 6, S. 3–10.
- [2] Bosse, O.; Forbriger, U.: Optimale Werkzeugabstände und Scharbreiten für Krumenbasislockerungsgeräte. Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, Berlin 27 (1983) 9, S. 599–608.
- [3] Bosse, O., u. a.: Neues Saatbettbereitungsgerät B603 für die Pflüge der B-200-Baureihe. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 11, S. 487–489.
- [4] Majewski, Z.: Einfluß der Art und der geometrischen Anordnung von streichblechlosen Modellwerkzeugeinheiten auf deren Zugwiderstand und Arbeitsqualität. Maszyni i ciągniki rolnicze, Warschau 29 (1983) 5, S. 8–10.
- [5] Regge, H.: Der Zerkleinerungserfolg als Bewertungsmaßstab für Bodenbearbeitungsgeräte und -maschinen. Dt. Agrartechnik, Berlin 15 (1965) 8, S. 376–378.
- [6] Petelkau, H., u. a.: Weiterentwickeltes Verfahren zur Bodenbearbeitung und zum Einbringen von organischen Düngern bzw. organischen Rückständen mit Scharpflügen (Gelenkpflug) zum Traktor K-700/K-701, einschließlich kombinierter Nachbearbeitung. Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Forschungsbericht 1977.
- [7] TGL 33738 Gütevorschriften für Arbeiten der Pflanzenproduktion. Ausg. 1977.
- [8] Kunze, A., u. a.: Regeln und Richtwerte für die Bodenbearbeitung und Krumenbasisbearbeitung. agrar-Empfehlungen für die Praxis. Marktleberberg: agrarbuch 1981. A 4200

Effektivitätssteigerung durch optimale Zuordnung von Traktor und Bodenbearbeitungsgerät am Beispiel des Pfluges

Dr.-Ing. H. Sommerburg, KDT, Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Bodenbearbeitungsgeräte „Karl Marx“ Leipzig

Verwendete Formelzeichen

B_f	kg/ha	flächenbezogener Kraftstoffverbrauch
ΔB_f	kg/ha	Kraftstoffeinsparung
b	cm	Arbeitsbreite des Pfluges
b_e	g/kWh	spezifischer Kraftstoffverbrauch
c_1, c_2	—	Konstante
f	—	Rollwiderstandsbeiwert
P_e	kW	effektive Motorleistung
S	%	Schlupf
v	km/h	Arbeitsgeschwindigkeit
W, W_1	ha/h	Flächenleistung
ΔW_1	ha/h	Flächenleistungszunahme

1. Einleitung

Zur höheren Effektivität der landwirtschaftlichen Produktion muß auch die Bodenbear-

beitung ihren Beitrag leisten. Deshalb sind u. a. technische Lösungen für eine effektivere Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug zu suchen. Wichtige Effektivitätskriterien des Pflügens sind die Flächenleistung, die technologischen Kosten und die Arbeitsqualität. Die Erhöhung der Effektivität ist ein Optimierungsproblem, weil außer einem Zielkriterium, beispielsweise der Flächenleistung, für die anderen Effektivitätskriterien einzuhaltende Grenzwerte zu beachten sind. Das Optimierungsproblem läßt sich lösen, indem einzelne Einflußfaktoren innerhalb der vom Stand der Wissenschaft und Technik gesetzten Grenzen entsprechend verändert werden.

2. Bedeutung der Arbeitsbreite

Im Interesse der Effektivitätserhöhung ist es wichtig zu wissen, welche Einflußfaktoren während des Pflügens noch veränderbar sind. Die bodenseitigen Einflüsse, z. B. Einflüsse auf den Zugwirkungsgrad des Traktors und auf den Zugwiderstand des Pfluges, liegen während des Pflügens ebenso fest wie traktorseitige Einflußfaktoren, darunter Motorleistung, Traktormasse und Bereifung, wie pflugseitige Einflußfaktoren, z. B. die Form der Arbeitswerkzeuge, und wie agrotechnische und technologische Einflußfaktoren, darunter die Arbeitstiefe und die Beetabmessungen. Demnach ist während der Durchführung des Pflügens die Effektivität lediglich

über die Arbeitsgeschwindigkeit und die Arbeitsbreite beeinflussbar. Damit man beide Faktoren hinsichtlich maximaler Effektivität wirken lassen kann, muß bekannt sein, wie sie auf die einzelnen Effektivitätskriterien Einfluß nehmen.

Arbeitsgeschwindigkeit und Arbeitsbreite beeinflussen einerseits die Flächenleistung W :
 $W = c_1 \cdot b \cdot v$ (1)

Andererseits ist bekannt, daß der spezifische Kraftstoffverbrauch b_s des Traktormotors von Drehzahl und Drehmoment abhängt und somit ebenfalls von der Arbeitsgeschwindigkeit und der Arbeitsbreite beeinflusst wird. Vom spezifischen Kraftstoffverbrauch b_s hängt schließlich der flächenbezogene Kraftstoffverbrauch B_F ab, der eine entscheidende Komponente der technologischen Kosten K ist:

$$B_F = c_2 \frac{b_s P_e}{W} \quad (2)$$

Im volkswirtschaftlichen Interesse sind sowohl eine maximale Flächenleistung W als auch ein minimaler flächenbezogener Kraftstoffverbrauch B_F wünschenswert. Jedoch – bedingt durch das Motorverbrauchskennfeld und die Zugcharakteristik des Traktors – nimmt bei bestimmten Kombinationen von Arbeitsgeschwindigkeit und Arbeitsbreite der spezifische Kraftstoffverbrauch b_s so zu, daß trotz steigender Flächenleistung W auch der flächenbezogene Kraftstoffverbrauch B_F ansteigt. Das bedeutet, daß die Wahl der Arbeitsbreite und der Arbeitsgeschwindigkeit davon bestimmt wird, welches der beiden Effektivitätskriterien Zielfunktion des Pflügens ist. In bestimmten Einsatzfällen kann ein minimaler flächenbezogener Kraftstoffverbrauch B_F , in anderen Einsatzfällen dagegen eine maximale Flächenleistung W vorgegeben sein. Dabei ist zu berücksichtigen, daß zur Einhaltung der vorgegebenen Arbeitsqualität die Arbeitsgeschwindigkeit nur innerhalb eines relativ engen Bereichs wählbar ist und damit bei der Durchführung des Pflügens eigentlich auch festliegt. Folglich bleibt als einziger noch veränderbarer Einflußfaktor die Arbeitsbreite des Pfluges.

3. Ziel der Untersuchungen

Die Anpassung der Arbeitsbreite des Pfluges an den Traktor erfolgt zum einen durch Fest-

legung seiner Nennarbeitsbreite entsprechend der Zugkraftklasse des Traktors und weiterhin durch stufenweise Arbeitsbreitenverstellung entsprechend den Bodenbedingungen durch An- und Abbau einzelner Pflugkörper. Wegen der Vielfalt unterschiedlicher Bodenbedingungen mit entsprechend unterschiedlichen Zugwiderständen und wegen der agrotechnisch bedingt unterschiedlichen Arbeitstiefen kann diese Art der Anpassung aber nicht in allen Einsatzfällen optimal sein, d. h. die maximal mögliche Flächenleistung bzw. den minimal möglichen Kraftstoffverbrauch ergeben. Hinzu kommt noch, daß die Bodenbedingungen nicht nur von Schlag zu Schlag, sondern auf ein und demselben Schlag vor Durchfahrt zu Durchfahrt wechseln können. Unter solchen Bedingungen ist eine optimale Anpassung des Pfluges an den Traktor in vielen Fällen nur durch Verstellen seiner Arbeitsbreite um Beträge möglich, die kleiner als die Schnittbreite eines einzelnen Pflugkörpers sind. Das bedeutet, daß eine optimale Anpassung dann nur durch stufenlose Verstellung der Arbeitsbreite des Pfluges erreichbar ist.

Für eine stufenlose Verstellung der Arbeitsbreite sind im Ausland schon technische Lösungen bekannt (Eilder 1 und 2). Sie zeigen, daß allein schon die Stelleinrichtungen am Pflug relativ aufwendig sind. Hinzu kommt, daß das Auffinden und Einhalten des optimalen Betriebszustands nicht ausschließlich dem Empfinden und der Erfahrung des Traktoristen überlassen werden können, sondern Informationen erfordern, die entsprechende Meßeinrichtungen, Einrichtungen zur Meßwertverarbeitung, zur Speicherung von Optimalwerten u. a. voraussetzen, unabhängig davon, ob die Arbeitsbreite manuell oder automatisch geändert werden soll. Es ist deshalb zu fordern, daß die Effektivitätssteigerung, die durch stufenlose Arbeitsbreitenverstellung am Pflug erzielt werden könnte, den dazu nötigen technischen Aufwand rechtfertigt.

Die internationale Fachliteratur [1, 2, 3] bringt Aussagen zum erreichbaren ökonomischen Effekt. Sie befaßt sich vornehmlich mit den Tendenzen der Kraftstoff- bzw. Arbeitszeiteinsparung in Abhängigkeit vom Betriebszustand unter verschiedenen Bodenbedingungen oder mit Gegenüberstellungen

unterschiedlicher Fahrweisen, jeweils bezogen auf ein einzelnes Traktor-Pflug-Aggregat. Das Ziel eigener Untersuchungen bestand darin, zu klären, in welchen Größenordnungen eine Effektivitätssteigerung bei der in der DDR insgesamt zu pflügenden Ackerfläche erreichbar wäre.

4. Durchführung der Untersuchungen

Für die Untersuchungen [4] wurde der Traktor ZT303 zugrunde gelegt. Es ging zunächst darum, die im Sinn einer maximalen Flächenleistung bzw. eines minimalen flächenbezogenen Kraftstoffverbrauchs optimalen Betriebszustände des Traktor-Pflug-Aggregats zu ermitteln. Hierzu wurde für vorgegebene bodenseitige, traktorseitige und pflugseitige Einsatzbedingungen sowie auf der Grundlage der Zugcharakteristik [5] und des Verbrauchskennfelds des Motors des Traktors ZT303 [6] nach einem in [7] entwickelten Modell berechnet, wie sich in Abhängigkeit von unterschiedlichen Pflugarbeitsbreiten und Arbeitsgeschwindigkeiten die Flächenleistung und der flächenbezogene Kraftstoffverbrauch ändern.

Im Bild 3 sind die Ergebnisse dieser Berechnungen am Beispiel eines Bodens mit einem Gehalt an abschlämmbaren Teilen von 45% für die Variante „Traktor mit Ballast“ dargestellt. Mit Hilfe des vorgegebenen Werts des Abschlämmbaren erfolgte die Berechnung des Zugwiderstands des Pfluges nach in der Literatur [8] vorhandenen Berechnungsgrundlagen. Für jede vorgegebene Kombination aus Arbeitsgeschwindigkeit und Arbeitsbreite ergab die Berechnung zwar nur einen Wert der Flächenleistung, aber so viele Werte für B_F , wie bei dem betreffenden Einzelfall Übersetzungsverhältnisse des Traktorgetriebes verfügbar waren. Nur der jeweils kleinste Wert für B_F wurde zur grafischen Darstellung der Beziehungen zwischen Kraftstoffverbrauch und Flächenleistung genutzt. Berechnet wurde die Flächenleistung in der Grundzeit T_1 . Demzufolge ist auch der Kraftstoffverbrauch auf die in T_1 bearbeitete Fläche bezogen. Jedem Punkt einer Kurve der linken Bildseite ist eine bestimmte Arbeitsbreite b zugeordnet. Die rechte Bildseite verdeutlicht, daß bei gleicher Flächenleistung je nach Arbeitsgeschwindigkeit unterschiedliche Arbeitsbreiten nötig sind. Ähnliche Dar-



Bild 1
 Beetpflug der Fa. Kvernland (Norwegen) mit hydraulischer Schnittbreitenverstellung (nach Firmenprospekt)

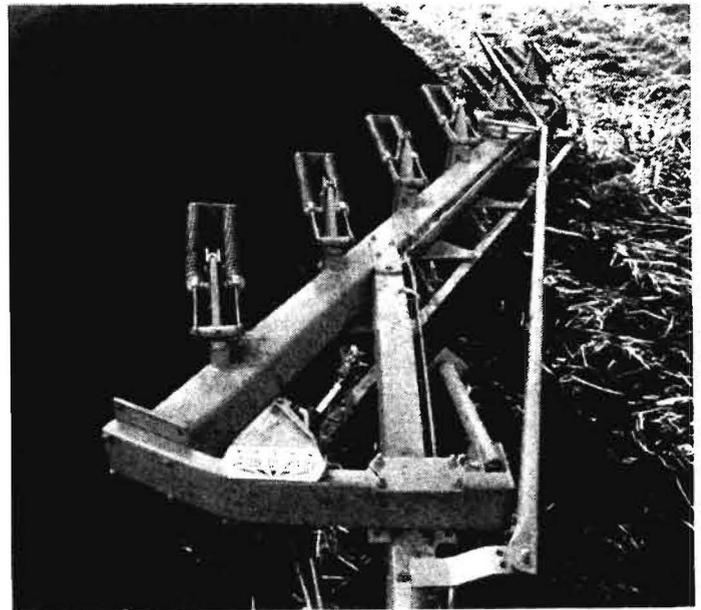


Bild 2
 Beetpflug der Fa. White Farm Equipment (Kanada) mit hydraulischer Schnittbreitenverstellung (nach Firmenprospekt)

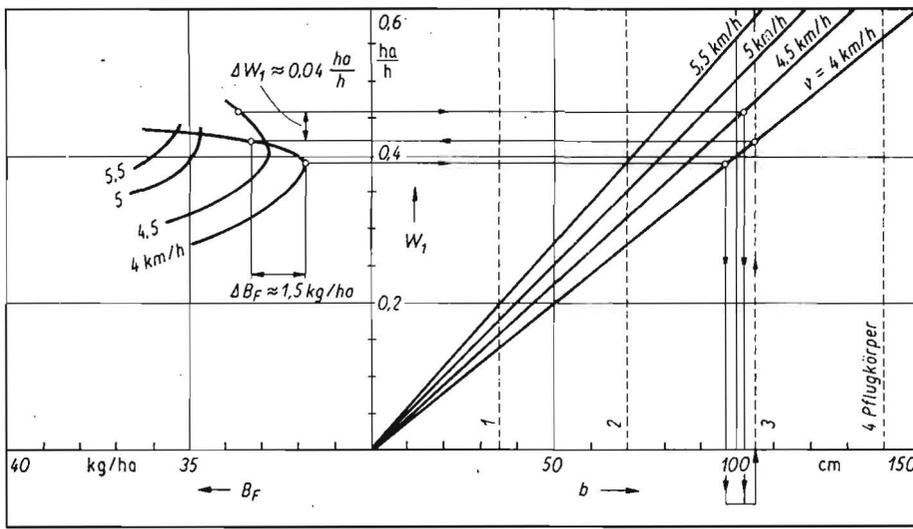


Bild 3. Flächenleistung W_1 und Kraftstoffverbrauch B_f in Abhängigkeit von Arbeitsbreite b und Arbeitsgeschwindigkeit v (Traktor ZT303 mit Ballast, Pflugkörperform 30 ZS, Arbeitstiefe 22 cm, Bodenbedingungen: 45 % Abschlämmbares, feuchtes Stoppelfeld, $f = 0,1$)

stellungen ergaben sich auch für andere Bodenarten und für die Variante „Traktor ohne Ballast“.

Der nächste Schritt bestand darin, in jeder der erzielten Kurvenscharen die beiden interessierenden Betriebszustände des Traktor-Pflug-Aggregats zu bestimmen, und zwar bei minimalem Kraftstoffverbrauch und bei maximaler Flächenleistung. Für beide Betriebszustände wurde geprüft, mit welcher Arbeitsbreite sie realisierbar sind und welche Senkung des Kraftstoffverbrauchs bzw. Erhöhung der Flächenleistung gegenüber der abgestuften Arbeitsbreite dabei möglich ist. Wie dabei vorgegangen wurde, ist auch aus Bild 3 ersichtlich:

Der absolut minimale Kraftstoffverbrauch entsteht bei $v = 4$ km/h mit der nur stufenlos einstellbaren Arbeitsbreite von rd. 97 cm. Das sind rd. 1,5 kg/ha weniger als der mit einem ganzen Vielfachen der Pflugkörperschnittbreite, nämlich mit 3 Pflugkörpern, bei 4 km/h erreichbare minimale Kraftstoffverbrauch, wodurch allerdings zwangsläufig die Flächenleistung etwas abfällt. Die maximale Flächenleistung ist mit $b = 102$ cm, also stufenlos, bei $v = 4,5$ km/h erreichbar. Mit einem ganzen Vielfachen der Pflugkörperschnittbreite, und zwar mit 3 Pflugkörpern bei $v = 4$ km/h, ist dagegen nur eine um rd. 0,04 ha/h geringere Flächenleistung erzielbar, allerdings verbunden mit einem etwas geringeren Kraftstoffverbrauch.

Eine Übersicht über die wesentlichen Ergebnisse dieser Untersuchungen für die Va-

riante „Traktor mit Ballast“ ist in Tafel 1 enthalten. Sie zeigt, daß die durch optimale Arbeitsbreite mögliche Kraftstoffeinsparung bzw. Flächenleistungszunahme von Bodenart zu Bodenart unterschiedlich ist. Unter bestimmten Bodenbedingungen ist keine Effektivitätssteigerung möglich. In einigen Fällen ist die optimale Arbeitsbreite gleich der mehrfachen Pflugkörperschnittbreite (280, 140, 105 cm). In den anderen zwei Fällen (10 und 15 % Abschlämmbares) ist in einem relativ großen Bereich unterschiedlicher Arbeitsbreiten der Kraftstoffverbrauch nahezu konstant. Tafel 1 enthält aus diesem Bereich die Arbeitsbreite, die eine maximale Flächenleistung ergibt (230 und 192 cm). Die Tafel verdeutlicht außerdem, welche Schlupfwerte bei den optimalen Betriebszuständen vorliegen.

Die für die Untersuchung vorgegebenen Bodenarten stellen nur eine Auswahl aus der Vielfalt der praktisch möglichen Bodenarten dar. Um den ökonomischen Effekt einer stufenlosen Arbeitsbreitenänderung aber bezogen auf die gesamte zu pflügende Ackerfläche der DDR ermitteln zu können, waren die am Ackerland der DDR beteiligten Böden möglichst lückenlos zu berücksichtigen. Das heißt, es bestand die Aufgabe, mit Hilfe der berechneten Fälle die Abhängigkeit der möglichen Kraftstoffeinsparung bzw. Flächenleistungszunahme von der Bodenart als allgemeingültige Gesetzmäßigkeit darzustellen. Wie dabei vorgegangen wurde, sei am Beispiel von Bild 4 erläutert.

Tafel 1. Kraftstoffeinsparung bzw. Flächenleistungszunahme bei stufenlos verstellbarer Arbeitsbreite (Traktor ZT 303 mit Ballast, Pflugkörperform 30 ZS, Arbeitstiefe 22 cm, Bodenbedingungen: feuchtes Stoppelfeld, $f = 0,1$, Arbeitsgeschwindigkeit $4 \text{ km/h} \leq v \leq 8 \text{ km/h}$)

abschlämmbare Teile des Bodens	$B_f = \text{Min.}$				$W_1 = \text{Max.}$			
	B_f	Kraftstoff-einsparung ΔB_f	b	S	W_1	Flächenleistungs-zunahme ΔW_1	b	S
%	kg/ha	kg/ha	cm	%	ha/h	ha/h	cm	%
5	11,2	0	280	20	1,26	0	280	21,5
10	13,9	0	230	20	1,03	0,050	230	21
15	16,4	0	192	20	0,86	0,075	192	20,5
20	19,1	0,40	162	20	0,75	0,050	167	20,5
25	21,6	0	140	18	0,66	0,030	147	20,5
30	24,2	0,60	127	18,5	0,56	0	140	24
35	26,7	0,40	114	18,5	0,53	0,060	118	20,5
40	29,3	0	105	19	0,49	0,020	109	20,5
45	31,8	1,50	97	19	0,46	0,040	102	22,5
50	34,2	2,25	90	19	0,41	0,100	92	20,5

Die mögliche Kraftstoffeinsparung ist grundsätzlich bei den Bodenarten gleich Null, bei denen sich aufgrund des Zugwiderstands des Pfluges die optimale Pflugarbeitsbreite als ganzes Vielfaches der Pflugkörperschnittbreite ergibt. Es ist aber nicht lückenlos bekannt, bei welchen Böden diese Pflugarbeitsbreiten optimal sind. Bekannt sind nur die Böden, für die sich durch die vorangegangenen Untersuchungen die Arbeitsbreiten $b = 105$ cm, 140 cm und 280 cm ergaben, d. h. die Böden mit 40, 25 bzw. 5 % Abschlämmbares. Diese Fälle wurden auf der Abszisse durch Punkte gekennzeichnet, außerdem die Böden mit 15 und mit 10 %, für die sich ebenfalls keine Kraftstoffeinsparung ergab.

Die im Diagrammfeld oberhalb der Abszisse eingetragenen fünf Punkte I bis V entsprechen den Fällen, für die Kraftstoffeinsparungen ausgewiesen werden konnten. Um mit dem Nachweis der insgesamt möglichen Kraftstoffeinsparungen weitestgehend auf der „sicheren Seite“ zu bleiben, wurde unterstellt, daß im Bereich aller Arbeitsbreiten ≥ 175 cm, d. h. auf dem größten Teil der Sandböden, keine Einsparungen möglich sind. Außerdem wurde angenommen, daß die Maxima der Einsparung bei den Böden auftreten, bei denen die Pflugarbeitsbreite um genau die halbe Pflugkörperschnittbreite verstellbar werden mußte (diese Fälle sind mit M gekennzeichnet), und daß die Kraftstoffeinsparung im Bereich von Null bis zum benachbarten Maximum linear zunimmt.

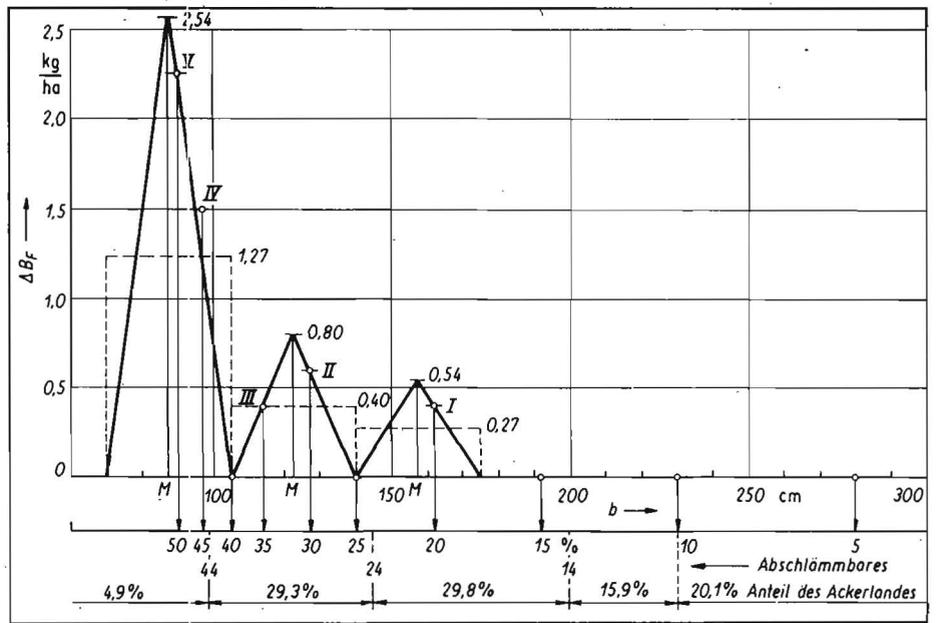
5. Ergebnisse

Mit Hilfe der aufgeführten Festpunkte und der getroffenen Annahmen ergab sich der im Bild 4 dargestellte Kurvenverlauf. Obwohl er im Bereich von $b = 87,5$ bis 140 cm durch die genannten Festpunkte sogar überbestimmt ist, liegen alle Festpunkte (von einer geringen Abweichung abgesehen) auf den Geraden des Kurvenverlaufs und bestätigen damit die Zulässigkeit der getroffenen Annahmen.

Da der linear geteilten Abszisse der Arbeitsbreite die nichtlinear geteilte Abszisse der Bodenart zugeordnet ist, läßt sich aussagen, daß mit dem gleichen Betrag einer stufenlosen Arbeitsbreitenverstellung auf den schwerer bearbeitbaren Böden größere Schwankungen des Gehalts an Abschlämmbarem im Sinn der Optimierung „abgefangen“ werden können, als auf den leichter bearbeitbaren Böden. Außerdem ist zu erkennen, daß durch den gleichen Betrag der stufenlosen Arbeitsbreitenverstellung auf den schwerer bearbeitbaren Böden größere Kraftstoffeinsparungen möglich sind als auf den leichter bearbeitbaren Böden. Der vorliegende Kurvenverlauf gilt für eine Pflugkörperschnittbreite von 35 cm. Je kleiner die Schnittbreite ist, um so mehr Nullstellen und kleinere Maxima wird es geben, d. h., um so geringer ist der durch stufenlose Arbeitsbreitenverstellung erreichbare ökonomische Effekt.

Für die zwischen den Nullstellen liegenden drei Bereiche mit möglicher Kraftstoffeinspa-

Bild 4. Kraftstoffeinsparung durch stufenlos verstellbare Arbeitsbreite in Abhängigkeit von der Bodenart (Traktor ZT 303 mit Ballast, Pflugkörperform 30 ZS, Arbeitstiefe 22 cm, Bodenbedingungen: feuchtes Stoppelfeld, $f = 0,1$, Arbeitsgeschwindigkeit 4 km/h $\leq v \leq 8$ km/h)



Die jeweils mit unterbrochener Linie dargestellte mittlere Einsparung den weiteren Berechnungen zugrunde gelegt. Für die unterhalb der Abszissen angegebenen Bodenartenbereiche enthält die Literatur Aussagen über ihren Anteil am Ackerland der DDR [9]. Als Vereinfachung wurden die zwei mittleren Nullstellen des Kurvenverlaufs ($b = 105$ cm und 140 cm) als an den Grenzen der Bodenartenbereiche liegend, d. h. bei 24% und 44% Abschlämbbarem, angenommen. Außerdem wurde unterstellt, daß sich die einzelnen Bodenartenbereiche genauso wie auf das Ackerland der DDR auch auf die bei der Grundbodenbearbeitung zu pflügende Fläche von rd. 5,5 Mill. ha/a [10] verteilen. Damit ergaben sich die in Tafel 2 aufgeführten Einsparungen.

Mit analogen Annahmen und Vereinfachungen ließ sich auch die Abhängigkeit der Flächenleistungszunahme von der Bodenart darstellen und daraus die jährliche Einsparung an Arbeitsstunden ermitteln. Sie beträgt rd. 550 000 h/a.

Zu den Ergebnissen der analogen Untersuchungen für die Variante „Traktor ZT 303 ohne Ballast“ läßt sich kurz gefaßt folgendes aussagen: Die optimalen Betriebszustände verlagern sich gegenüber der Variante „mit Ballast“ zu höheren Arbeitsgeschwindigkeiten, aber geringeren Arbeitsbreiten. Dadurch ist die mit stufenloser Arbeitsbreitenverstellung erreichbare Effektivitätssteigerung, bezogen auf die gesamte zu pflügende Ackerfläche, geringer.

6. Schlußbemerkungen

Die ausgewiesenen Ergebnisse gelten erstens nur unter den für die Untersuchungen zugrunde gelegten bodenseitigen, traktorseitigen und pflugseitigen Einsatzbedingungen und für die getroffenen Annahmen und Vereinfachungen. Dazu gehört die Unterstellung, daß ausnahmslos mit dem Traktor ZT 303 gepflügt wird. Die ausgewiesenen Ergebnisse gelten zweitens nur unter der Bedingung, daß auf der gesamten jährlich in der DDR bei der Grundbodenbearbeitung zu pflügenden Fläche ausnahmslos die gleiche Einsatzstrategie verfolgt wird, nämlich entweder Minimierung des Kraftstoffverbrauchs oder Maximierung der Flächenleistung. In der landwirtschaftlichen Praxis kann aber die Einsatzstrategie von Fall zu Fall unterschiedlich sein und von Witterungsbedingungen u. a. abhängen.

Die Untersuchungen verfolgten den Zweck, für den mit stufenloser Arbeitsbreitenverstellung erreichbaren ökonomischen Effekt eine Größenordnung angeben zu können. Die Bedeutung der aufgeführten Ergebnisse läßt sich aber erst im Zusammenhang mit noch anderen Effektivitätskriterien richtig einschätzen.

Tafel 2. Gesamtkraftstoffeinsparung bei der Grundbodenbearbeitung bei stufenlos verstellbarer Arbeitsbreite (Traktor ZT 303 mit Ballast, Pflugkörperform 30 ZS, Arbeitstiefe 22 cm, Bodenbedingungen: feuchtes Stoppelfeld, $f = 0,1$, Arbeitsgeschwindigkeit 4 km/h $\leq v \leq 8$ km/h)

abschlämbbare Teile des Bodens %	Anteil am Ackerland der DDR %	bei der Grundbodenbearbeitung zu pflügende Fläche Mill. ha/a	flächenbezogene Kraftstoffeinsparung ΔB_f kg/ha	Gesamtkraftstoffeinsparung bei der Grundbodenbearbeitung t/a
< 10	20,1	36,0	0	0
10...13	15,9		1,980	0,27
14...23	29,8	1,639	0,40	644,800
24...44	29,3	1,612	1,27	342,900
> 44	4,9	0,270	1,27	342,900
Summe	100,0	5,500	—	1 430,230

7. Zusammenfassung

Die Möglichkeiten der Einflußnahme der Arbeitsbreite auf Flächenleistung und Kraftstoffverbrauch beim Pflügen werden im Beitrag gezeigt. Davon ausgehend wird die stufenlose Arbeitsbreitenverstellung als eine Lösung des Problems der optimalen Anpassung des Pfluges an den Traktor vorgestellt. Ablauf und Ergebnisse von theoretischen Untersuchungen werden erläutert, mit denen das Ausmaß der durch optimale Anpassung erreichbaren Effektivitätssteigerung, bezogen auf die gesamte Grundbodenbearbeitung in der DDR-Landwirtschaft, geklärt werden sollte.

Literatur

- [1] Kalk, W.-D.; Bosse, O.: Betrachtungen zu optimalen Geschwindigkeiten beim Pflügen. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 8, S. 373–376.
- [2] Stroppe, A.; Schäfer, W.: Arbeitszeit- und Energiebedarf beim Pflügen in Abhängigkeit vom Getriebeengang, der Arbeitsbreite des Pfluges und der Schleppermasse. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 31 (1981) 5, S. 165–171.
- [3] Stroppe, A.; Schäfer, W.: Maximierung der Schlagkraft beim Pflügen durch stufenlose Arbeitsbreitenverstellung. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 31 (1981) 6, S. 205–210.

- [4] Sommerburg, H.: Untersuchung des ökonomischen Nutzens durch Optimierung des Traktor-Pflug-Aggregates am Beispiel des Traktors ZT 303. Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Bodenbearbeitungsgeräte Leipzig 1983 (unveröffentlicht).
- [5] Stieglitz, E.: Prüfbericht Nr. 24 Radtraktor ZT 303. VEB Traktorenwerk Schönebeck, Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim 1970.
- [6] Verbrauchskennfeld für den Motor 4 VD 14,5/12-1 SRW. VEB IFA-Motorenwerk Nordhausen.
- [7] Preißner, S.: Analyse und Berechnungen zur Traktorenauslastung mit landwirtschaftlichen Geräten. Ingenieurhochschule Zwickau, Sektion Kraftfahrzeugtechnik, Ingenieurarbeit 1982.
- [8] Sommerburg, H.: Ein mathematisches Modell der Einflüsse auf den Zugwiderstand beim Pflügen. agrartechnik, Berlin 26 (1976) 2, S. 89–92.
- [9] Müller, P., u. a.: Grundlagen der Pflanzenproduktion. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag 1981.
- [10] Lucius, J., u. a.: Studie über prognostische Entwicklung der Verfahren und Erzeugnisse zur Bodenbearbeitung, Aussaat, Pflege, Düngung und Pflanzenschutz im Zeitraum bis 2000. Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Bodenbearbeitungsgeräte Leipzig 1982 (unveröffentlicht). A 4331