

Vorschlag zur Bewertung von Bodenbearbeitungswerkzeugen hinsichtlich Arbeitsqualität und Energieaufwand

Dr. agr. O. Bosse, KDT/Dr.-Ing. W.-D. Kalk, KDT, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL der DDR

1. Problemstellung

Bei Vergleichsuntersuchungen von Bodenbearbeitungswerkzeugen und -geräten werden i. allg. die Zugkraft bzw. der Energieaufwand gemessen und verschiedene Parameter der Arbeitsqualität ermittelt. Anhand des Energieaufwands und der erreichten Qualitätsparameter werden die besten Werkzeuge bzw. Geräte ausgewählt [1 bis 4].

Da jedoch durch Werkzeugeinwirkungen die Qualitätsparameter des Bodens oft sehr unterschiedlich beeinflusst werden, sind ein exakter Vergleich der erreichten Arbeitsqualität und die Auswahl der effektivsten Werkzeugvariante erschwert. Es fehlt ein für Vergleiche geeigneter Kennwert, der die charakteristischen Merkmale der erreichten Arbeitsqualität und der aufgewendeten Energie beinhaltet. Der Zerkleinerungserfolg nach Regge [5] erfüllt die Forderungen nicht, da mit der Aggregatgrößenzusammensetzung lediglich ein Qualitätsparameter des Bodens in das Verhältnis zur aufgewendeten Energie

gesetzt wird. Der Zerkleinerungserfolg ist nur zur Charakterisierung der Zerkleinerungswirkung von Bodenbearbeitungswerkzeugen und -geräten geeignet.

2. Ableitung eines Kennwerts für die Werkzeugbewertung

Als Parameter zur Charakterisierung der Arbeitsqualität von Bodenbearbeitungswerkzeugen und -geräten werden i. allg. der Verdichtungs- bzw. Lockerungseffekt mit Hilfe der Festpunktmethode [6] gemessen, die Aggregatgrößenzusammensetzung mit Hilfe der Siebanalyse oder Zählrahmenmethode ermittelt und Bonituren durchgeführt [3]. Das Lockerungs- bzw. Verdichtungsresultat liegt als Differenz der Höhe der Bodenoberfläche vor und nach der Bearbeitung in der Maßeinheit mm vor, das Ergebnis der Aggregatgrößenzusammensetzung wird als prozentualer Anteil geometrisch gestufter Größenklassen und die Boniturergebnisse werden als Noten von 1 bis 9 angegeben. Um

mehrere Qualitätsparameter zu einer Größe verrechnen zu können, sind die Maßeinheiten zu vereinheitlichen. Dazu wird das ermittelte Ergebnis jedes Qualitätsparameters in den prozentualen Anteil einer bei diesem Arbeitsgang erreichbaren Qualität umgerechnet. Der arithmetische Mittelwert aus den in % umgerechneten Qualitätsparametern ergibt die erreichte Arbeitsqualität E_a . Anhand der für die erreichte Arbeitsqualität E_a aufgewendeten Energie W_a wird die für die erreichbare Arbeitsqualität erforderliche Energie W_o errechnet:

$$W_o = \frac{W_a}{E_a} \cdot 100. \quad (1)$$

Die Differenz der für die erreichbare Arbeitsqualität erforderlichen Energie und der für die erreichte Arbeitsqualität aufgewendeten Energie ergibt den Energiefehlbetrag W_f :

$$W_f = W_o - W_a. \quad (2)$$

Der Energiefehlbetrag W_f wird als Kennwert

Bild 1. Ergebnis der Erprobung unterschiedlicher Grubberzinken auf schwer bearbeitbaren Böden im September 1983

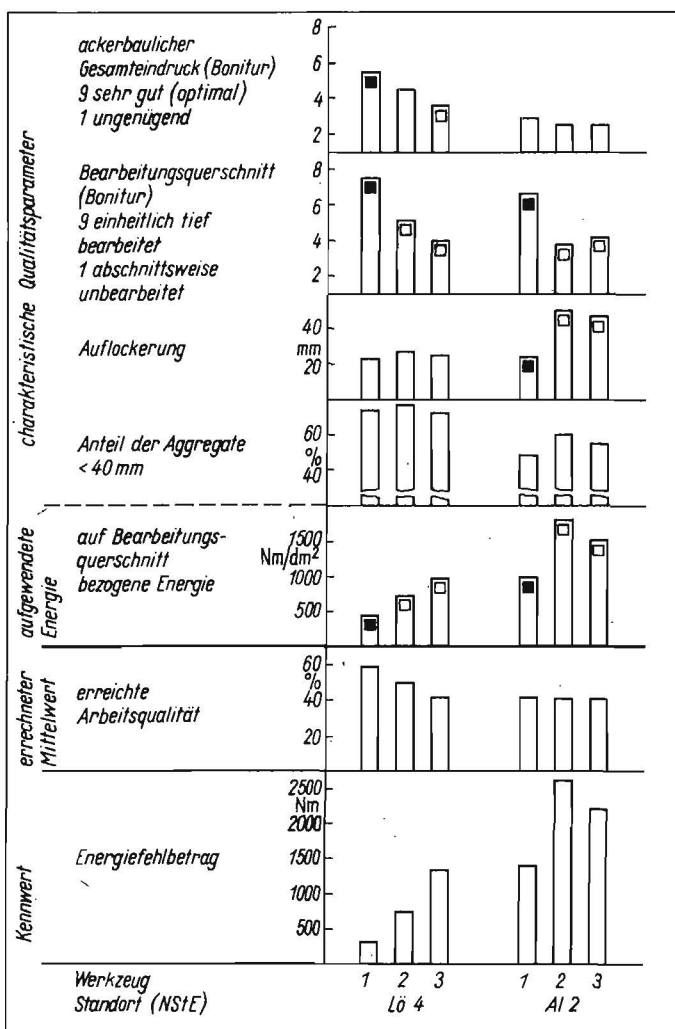
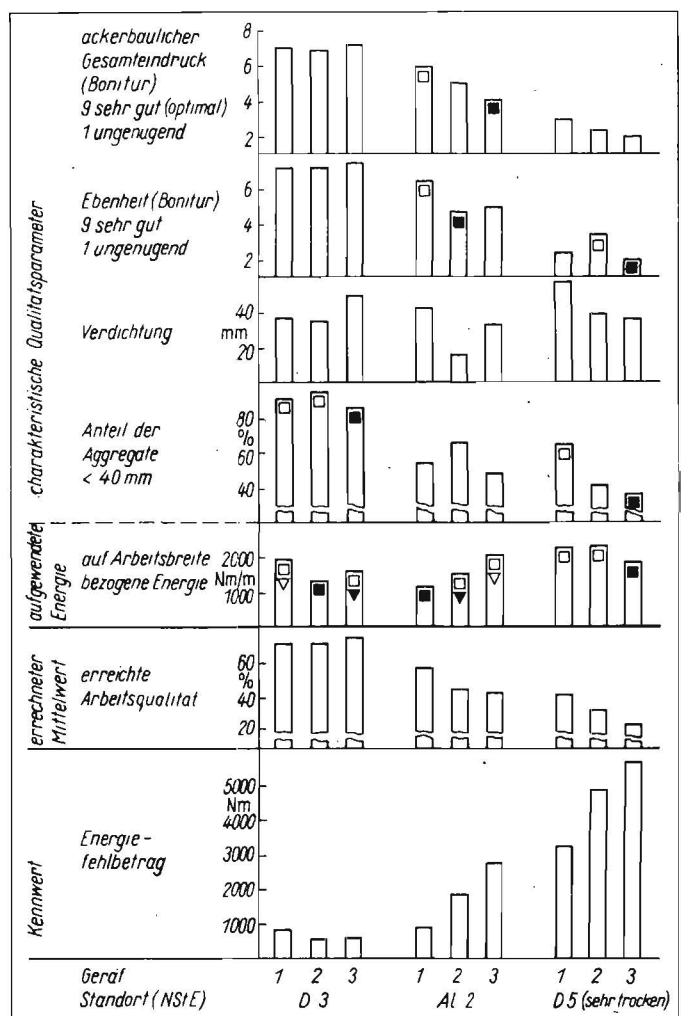


Bild 2. Ergebnis der Erprobung verschiedener mit Scharpflügen kombinierbarer Saatbettbereitungsgeräte auf unterschiedlichen Standorten im September 1982



für die Bewertung der Effektivität von Bodenbearbeitungswerkzeugen und -geräten bei Vergleichsuntersuchungen vorgeschlagen. Durch Einsetzen von Gl. (1) in Gl. (2) folgt

$$W_i = W_a \left(\frac{100}{E_a} - 1 \right) \quad (3)$$

Arbeitsschritte bei der Berechnung der erreichten Arbeitsqualität E_a

- Als Qualitätsparameter für die vom Werkzeug erreichte Zerkleinerung des Bodens wird der mit der Zählrahmenmethode ermittelte prozentuale Anteil der für die Pflanzenentwicklung wichtigen Aggregate < 40 mm [7, 8] verwendet. Mit Hilfe der Siebanalyse ermittelte Bodenanteile < 40 mm lassen sich ebenfalls in prozentuale Anteile umrechnen. 100% Aggregate < 40 mm entsprechen einer Arbeitsqualität von 100%.
- Als Qualitätsparameter für die erreichte Ebenheit der bearbeiteten Ackerfläche wird die Boniturnote genutzt, da noch keine für Feldbedingungen geeignete Meßmethode bekannt ist. Die Boniturnote 9 (sehr gut) entspricht einer Arbeitsqualität von 100%, die Note 1 (ungenügend) einer Qualität von 0%. Die Umrechnung der Boniturnoten in % erfolgt demzufolge mit dem Faktor 12,5 und mit um 1 reduzierten Noten.

- Als Qualitätsparameter für die Lockerungs- bzw. Verdichtungswirkung der Werkzeuge wird die mit Hilfe der Festpunktmethode gemessene Differenz der Höhe der Bodenoberfläche vor und nach der Bearbeitung genutzt. Jeder mm Höhendifferenz entspricht 1% Arbeitsqualitätsänderung. Bei Werkzeugen, mit denen eine Lockerung des Bodens erreicht werden soll (z. B. Pflugkörper, Grubberzinken), entsprechen 100 mm Auflockerung des Bodens 100% Arbeitsqualität, bei Werkzeugen, die den Boden verdichten sollen (z. B. Saatbettbereitung mit Packern oder Krümlern in Kombination mit der Saaffurche), entsprechen 100 mm Verdichtung des Bodens 100% Arbeitsqualität. Die Ausgangshöhe entspricht jeweils einer Arbeitsqualität von 0%. Bei Werkzeugen zur Saatbettbereitung im Frühjahr nach der Herbstfurche besteht i. allg. die Forderung, das durch Frosteinwirkung entstandene günstige Bodengefüge zu erhalten [8]. Eine Dichteänderung sollte also vermieden werden. Deshalb wird bei der Untersuchung dieser Werkzeuge die Ausgangsdichte (vor der Bearbeitung gemessene Höhe der Bodenoberfläche) als 100% Arbeitsqualität angenommen, und jeder Millimeter Lockerung bzw. Verdichtung des Bodens entspricht einer Abnahme der Qualität um 1%.

- Als Qualitätsparameter für die umfassende Einschätzung des erreichten Ergebnisses im Vergleich zur acker- und pflanzenbaulichen Anforderung sollte die Bonitur „ackerbaulicher Gesamteindruck“, die auch nicht meßbare Effekte erfaßt, stets mit einbezogen werden. Die Umrechnung erfolgt wie bei der Bonitur der Ebenheit.
- Aus den drei wichtigen Arbeitseffekten der Bodenbearbeitungswerkzeuge – Zerkleinerung, Einebnung und Lockerung bzw. Verdichtung des Bodens – sowie aus dem ackerbaulichen Gesamteindruck wird der Mittelwert als erreichte mittlere Arbeitsqualität errechnet. Das gleiche ist möglich, wenn nur drei Qualitätsparameter bestimmt worden sind bzw. wenn bei speziellen Werkzeugen, Maschinen oder Geräten weitere oder andere wichtige Arbeitseffekte ermittelt werden müssen, z. B. bei Fräsen zusätzlich die Mischwirkung oder bei Grubberwerkzeugen der Bearbeitungsquerschnitt anstelle der Ebenheit.

3. Beispiele zur Anwendung der Bewertungsmethode

Aus in den letzten Jahren durchgeführten Vergleichsuntersuchungen von Werkzeugen bzw. Geräten zu typischen Bodenbearbeitungsmaßnahmen auf unterschiedlichen Standorten wurden einige Beispiele zur Prüfung der Aussagefähigkeit der Bewertungs-

Bild 3. Ergebnis der Erprobung unterschiedlicher Werkzeugkombinationen für die Saatbettbereitung auf einem V 1-Standort im April 1982

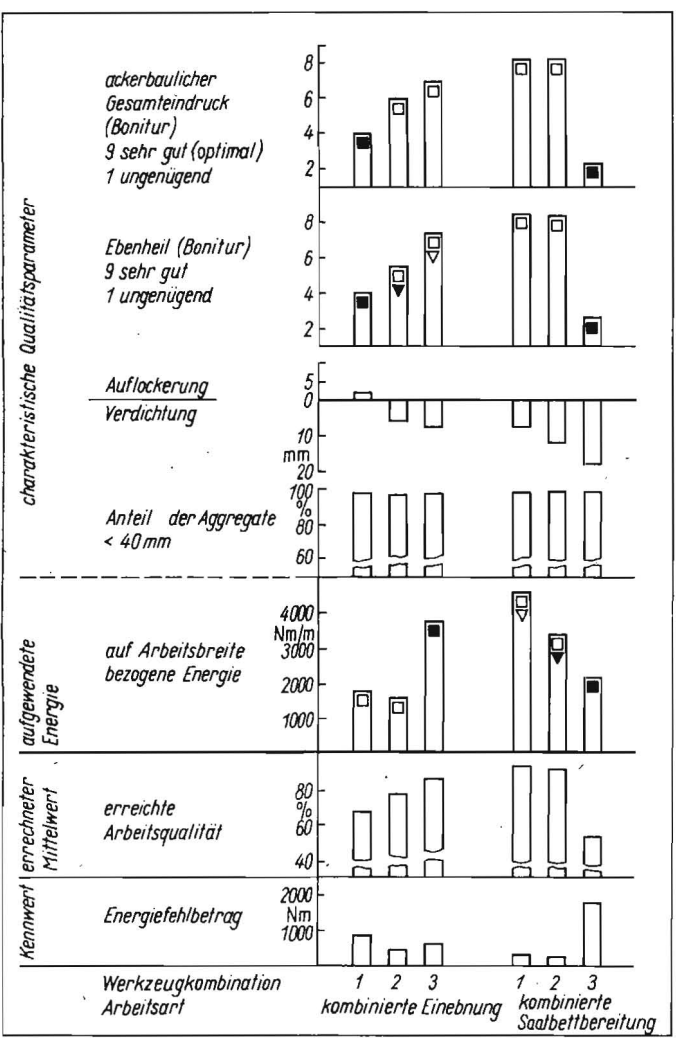
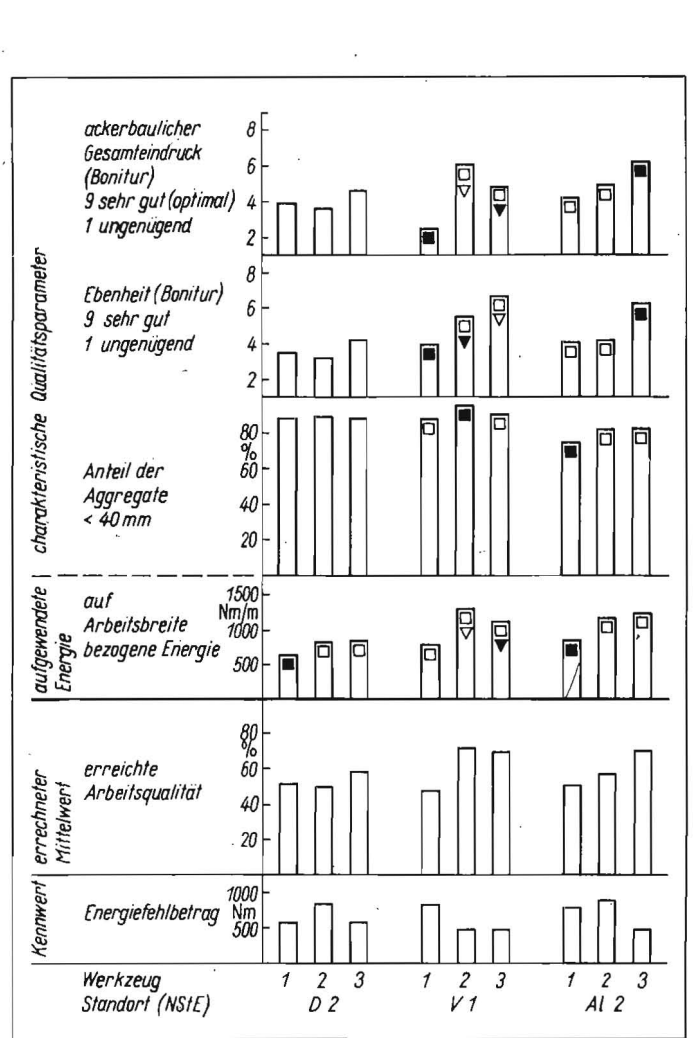


Bild 4. Ergebnis der Erprobung von Schleppwerkzeugen auf verschiedenen Standorten im März 1981



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 lokalkernen 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. Maszyn 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. Marktleberg: 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