

Die komplexe Darstellung der leistungsbeeinflussenden Faktoren als Hilfsmittel bei der Auswahl von Maschinenparametern

Die Steigerung der Arbeitsproduktivität ist eine der Hauptaufgaben in unserer sozialistischen Landwirtschaft. Dabei genügt es aber nicht, nur Maschinen mit größeren Durchsatzleistungen sowie größeren Arbeitsbreiten und Fahrgeschwindigkeiten zu entwickeln, sondern es müssen mehr als bisher die verschiedensten Wechselbeziehungen zwischen den Einsatzbedingungen und den Maschinenparametern sowie beider Einfluß auf die Leistungsfähigkeit beachtet werden.

1. Teilzeitenanalyse mit Hilfe von Zeitausnutzungskoeffizienten

Die beim Einsatz einer Landmaschine für die Erledigung eines bestimmten Arbeitsumfanges benötigte oder notwendige Zeit wird nach folgendem von GÄTKE und MATZOLD [1] angegebenen Schema in Teilzeiten gegliedert:

- T₁ Grundzeit
- T₂ Hilfszeit
 - T₂₁ Wendezeit
 - T₂₂ Versorgungszeit
 - T₂₃ Leerfahrtzeit
- T₃ Wartungszeit und Einstellzeit
 - T₃₁ Wartungszeit
 - T₃₂ Einstellzeit
- T₄ Störzeit
 - T₄₁ Funktionell bedingte Störzeit
 - T₄₂ bzw. T₄₂₁ Technisch bedingte Störzeit (bei technologischen Untersuchungen wird das Kurzzeichen T₄₂ und bei landtechnischen Untersuchungen T₄₂₁ gebraucht)
- T₅ Vom Arbeiter abhängige Zeitverluste
- T₆ Vorbereitungs-, Abschluß- und Transportzeit
- T₇ Verlustzeit, die nicht vom Untersuchungsobjekt oder den Bedienungskräften verursacht wird.

Zeitsummen:

$$T_{02} = T_1 + T_2 \text{ Operativzeit}$$

$$T_{04} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \text{ Durchführungszeit}$$

$$T_{07} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 \text{ Gesamtzeit}$$

Aus diesen Teilzeiten und Zeitsummen werden Zeitausnutzungskoeffizienten, die sogenannten Betriebskoeffizienten, gebildet:

$$K_{21} = \frac{T_1}{T_1 + T_{21}}; K_{22} = \frac{T_1}{T_1 + T_{22}}; K_{23} = \frac{T_1}{T_1 + T_{23}} \text{ usw.}$$

$$K_{04} = \frac{T_1}{T_{04}} = \frac{T_1}{T_1 + T_2 + T_3 + T_4}$$

So drückt der Koeffizient K₀₄, z. B. aus, wie die Durchführungszeit für die Erledigung des eigentlichen Arbeitsauftrages genutzt wurde bzw. genutzt werden konnte.

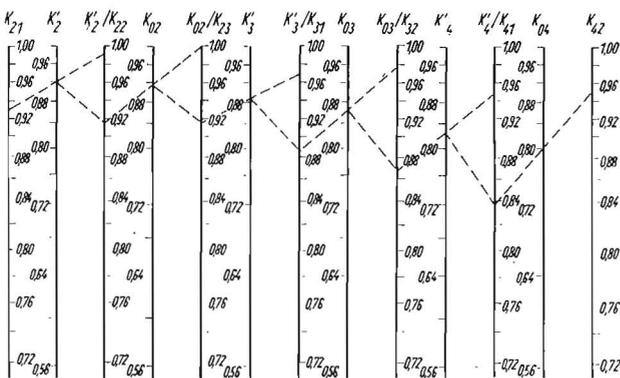


Bild 1. Komplexe Darstellung der Betriebskoeffizienten bis K₀₄

* VEB Kombinat Fortschritt, Landmaschinen, Neustadt (Sa.)

Beim Einsatz einer Landmaschine interessiert vor allem die Leistung in der Durchführungszeit. Bei der im folgenden dargestellten Methode zur komplexen Erfassung der Einflußfaktoren auf die Betriebskoeffizienten und damit auch auf die Ausnutzung der Leistungsfähigkeit einer Maschine wird deshalb die Betrachtung der Einfachheit halber nur bis zur Durchführungszeit T₀₄ geführt. Die beschriebene Methode ist aber für alle Betriebskoeffizienten anwendbar.

Da der Einfluß der einzelnen Maschinenparameter sowie Einsatzbedingungen auf das Gesamtergebnis unterschiedlich ist und außerdem das angewendete Verfahren und die Arbeitsorganisation eine Rolle spielen, wurde das im Bild 1 dargestellte Nomogramm entwickelt, um alle sich aus den verschiedensten Voraussetzungen ergebenden Betriebskoeffizienten in ihrem Einfluß auf den letztlich interessierenden Koeffizienten K₀₄ zu erfassen.

Die Grundlage für dieses Nomogramm bildet folgende Beziehung, die aus der Formel für den Koeffizienten K₀₄ über die Elimination der Teilzeiten durch die entsprechenden Betriebskoeffizienten entstanden ist:

$$1/K_{04} = 1/K_{21} + 1/K_{22} + 1/K_{23} + 1/K_{31} + 1/K_{32} + 1/K_{41} + 1/K_{42}$$

Das Nomogramm besteht aus 6 Skalensystemen, von denen die benachbarten Systeme jeweils eine Skala gemeinsam haben. Deshalb tragen auch einige Skalen zwei Bezeichnungen. Ein gesuchter Wert wird als Schnittpunkt einer Geraden, die durch zwei bekannte Werte auf zwei Skalen eines Systems geht, mit der dritten Skala gefunden. Dieser Wert wird abgelesen und bildet dann eine der Ausgangsgrößen im nächsten Skalensystem usw.

Die Anwendung dieses Nomogramms ermöglicht es, ohne großen Aufwand festzustellen, wie sich Veränderungen der einzelnen Koeffizienten, als Ausdruck der Änderung bestimmter Parameter, auf das Gesamtergebnis auswirken oder auch, welche Größe die einzelnen Koeffizienten mindestens haben müssen, um einen bestimmten Wert für K₀₄ zu erreichen. Daraus lassen sich dann Schlußfolgerungen für die Auswahl der Maschinenparameter ziehen.

2. Leistungsvermögen einer Maschine in der Grundzeit

Da die Betriebskoeffizienten nur Auskunft über den Grad der Zeitausnutzung geben können, ist es für die weiteren Betrachtungen notwendig, das Leistungsvermögen einer Maschine in der Grundzeit T₁ zu kennen.

Dieses Leistungsvermögen wird vor allem bestimmt von der Arbeitsbreite und der möglichen Fahrgeschwindigkeit, die sich bei den meisten Maschinen aus einer erreichbaren oder vertretbaren Durchsatzleistung ergibt. Außer von den Abmessungen der Funktionselemente der Maschine und der zur Verfügung stehenden Energiequelle ist die Durchsatzleistung noch von einigen maschinenspezifischen Kennwerten abhängig.

So begrenzt z. B. bei einem Exaktfeldhäcksler die Häcksellänge vom Energiebedarf und von der maximal möglichen Fahrgeschwindigkeit her den Durchsatz [2].

Als Nenn-Durchsatzleistung wird bei einem Mähdrescher die Leistung bezeichnet, bei der unter Testbedingungen (normal dreschfähiger Weizen, Korn-Stroh-Verhältnis 1 : 1,35, Kornfeuchtigkeit 14 bis 18 %, Strohfeuchtigkeit 16 bis 20 %, stehend bis leicht geneigter Bestand auf wenig verunkraute-

tem, ebenem Schlag) die Dreschwerks-Körnerverlustgrenze von 1,5% erreicht wird (Bild 2). Auf einige Zusammenhänge zwischen den Einsatzbedingungen, der Durchsatzleistung und den Körnerverlusten beim Mähdrescher wurde u. a. von HORN [3] hingewiesen.

Die Zusammenhänge zwischen der Durchsatzleistung, dem Ertrag sowie der Fahrgeschwindigkeit und der Arbeitsbreite bei einem Mähdrescher zeigt das Nomogramm in Bild 3.

Ausgehend von einem Kornertag von 40 dt/ha ist mit einem Korn-Stroh-Verhältnis von 1 : 1,35 bei einer Durchsatzleistung in T_1 von 5,0 kg/s eine Flächenleistung in der Grundzeit von etwa 1,9 ha/h erreichbar. Dies bedeutet, daß bei diesen Bedingungen mindestens mit einer genutzten Arbeitsbreite von 4,0 m gearbeitet werden muß, wobei eine mittlere Fahrgeschwindigkeit in T_1 von rd. 4,8 km/h notwendig ist.

Aus dem Nomogramm kann man ferner entnehmen, daß zur Berücksichtigung unterschiedlicher Ertragshöhen bei einem derartigen Mähdrescher mehrere Arbeitsbreiten anzuwenden sind und daß innerhalb des gesamten Arbeitsbereiches jede Fahrgeschwindigkeit möglich sein muß. Nur dann ist bei den verschiedensten Ertragsverhältnissen eine Auslastung der Maschine erreichbar bzw. kann man Überlastungen, die sich entsprechend Bild 2 stark auf die Körnerverluste auswirken, vermeiden.

3. Ausnutzung des Leistungsvermögens

Welche Faktoren die Ausnutzung der möglichen Leistung beeinflussen können, haben bereits HEYDE [4] sowie RÜSEL und SCHMIDT [5] ausführlich dargestellt.

Die Kenntnis dieser Einflußfaktoren ist eine der Voraussetzungen für die Wahl optimaler Maschinenparameter. Dabei erweist es sich als zweckmäßig, wenn ein leicht überschaubares, lückenloses System der Darstellung für jede Maschine verwendet wird. In diesem System müssen sowohl die Zusammenhänge der Maschinenparameter untereinander, ihre Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen und den anzuwendenden Verfahren, als auch die sich aus den Einzelwerten ergebenden Einflüsse auf das Gesamtergebn bzw. ihr Anteil an der Minderung der Leistungsfähigkeit erfaßt sein. Damit wird es möglich, bereits zu Entwicklungsbeginn die Bedeutung der einzelnen Maschinenparameter für das Leistungsvermögen in T_1 und dessen Ausnutzung zu erkennen und sie entsprechend den vorgesehenen Einsatzbedingungen, für die eine Maschine entwickelt werden soll, optimal zu bestimmen.

Die Grundlage für ein derartiges System bildet das unter 1. genannte Zeitgliederungsschema und das daraus abgeleitete Nomogramm (Bild 1). Für jeden angeführten Betriebskoeffizienten sind die entsprechenden Zusammenhänge zu ermitteln. Diese sollten, soweit eindeutige mathematische Beziehungen vorhanden sind, graphisch dargestellt werden, da graphische Darstellungen die Variation und damit die Auswahl der Maschinenparameter erleichtern.

An einem Beispiel, für das wiederum der Mähdrescher die Grundlage bildet, soll dies näher erläutert werden.

Es wird unterstellt, daß sich aus bestimmten Überlegungen, aus Forderungen an andere Koeffizienten, aus Messungen usw. ergeben hat, daß der Betriebskoeffizient K_{21} nicht kleiner als 0,93 werden darf, wenn ein vorgegebener Wert K_{04} erreicht werden soll (vergl. Bild 1).

Wie muß ein Mähdrescher mit einer Durchsatzleistung in T_1 von 5 kg/s ausgelegt sein, um diese Anforderungen zu erfüllen?

Das im Bild 4 dargestellte Nomogramm zeigt die Möglichkeiten der Beeinflussung des Koeffizienten K_{21} . Da die Arbeitsbreite und die Fahrgeschwindigkeiten (eine Auslastung der Maschine unter den Bedingungen des gewählten Beispiels vorausgesetzt) nicht verändert werden können (vgl. Bild 3) und eine bestimmte Schlaggröße und -länge, zumindest für

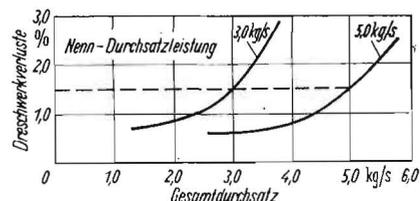


Bild 2. Durchsatz-Verlust-Kennlinien von Mähdreschern verschiedener Leistungsklassen

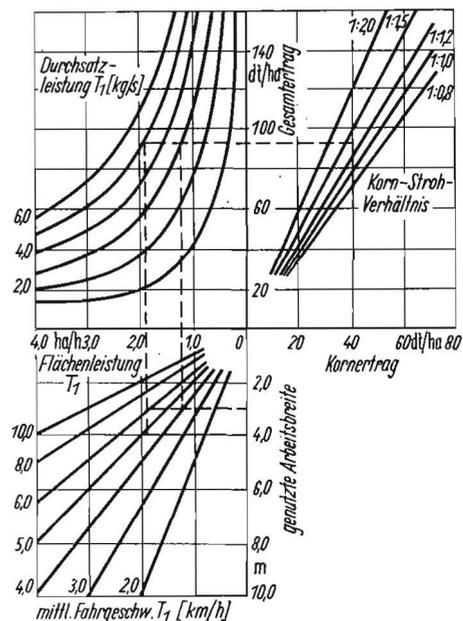


Bild 3. Abhängigkeit der Flächenleistung eines Mähdreschers von Durchsatz und Ertrag bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten und Arbeitsbreiten

den Konstrukteur, auch als gegeben anzunehmen sind, kann von Seiten der Konstruktion der Koeffizient K_{21} nur über die Einzelwendezeit beeinflusst werden. Im angeführten Beispiel heißt dies, daß zur Erreichung des vorgegebenen Zieles von K_{21} , aber auch von K_{04} , eine Einzelwendezeit bei Rundum-Arbeit mit 90°-Wendungen im Mittel von etwa 0,4 min notwendig ist. Wenn dies mit den dafür in Frage kommenden Maßnahmen (z. B. Anwendung einer hydraulischen Lenkhilfe und eventuell zusätzlich Einzelradbremsen) nicht erreichbar ist, kann noch die Anzahl der erforderlichen Wendungen reduziert werden, indem grundsätzlich eine größere Arbeitsbreite zur Anwendung kommt oder auf längeren Schlägen gearbeitet wird. Die letztere Möglichkeit liegt dabei allein in den Händen der Landtechniker beim Maschineneinsatz, während die Verwendung einer größeren Arbeitsbreite einen höheren Aufwand bedeutet, der nur bei entsprechendem Nutzen vertretbar ist.

Die denkbare Ideallösung bezüglich der Ausnutzung des Leistungsvermögens würde darin bestehen, daß alle Koeffizienten gleich oder nahezu 1,0 würden.

Für einige ist dies bis zu einem gewissen Grad auch möglich. Abgesehen von der Leerfahrtzeit T_{23} , die bei richtiger Arbeitsorganisation und entsprechenden Einsatzverhältnissen ohne weiteres zu Null werden kann, gibt es diese Möglichkeit vor allem für die Versorgungszeit T_{22} . Für den Mähdrescher heißt dies, daß das Abbunkern während der Fahrt, also innerhalb der Grundzeit T_1 , erfolgt. Die Maschine muß dazu die Voraussetzungen bieten. Bei entsprechender Nutzung dieser Möglichkeit ist ein Betriebs-Koeffizient K_{22} von annähernd 1 durchaus real, während ein Abbunkern im Stand eine beträchtliche Verminderung der Leistungsfähigkeit des MD bedeuten würde (Bild 5). Auf die Koeffizienten K_{31} und K_{32}

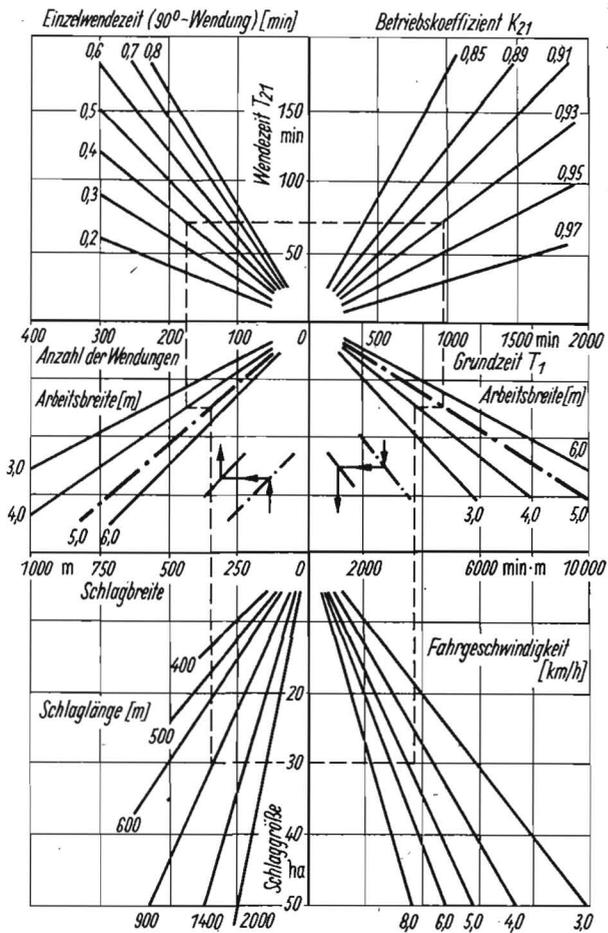
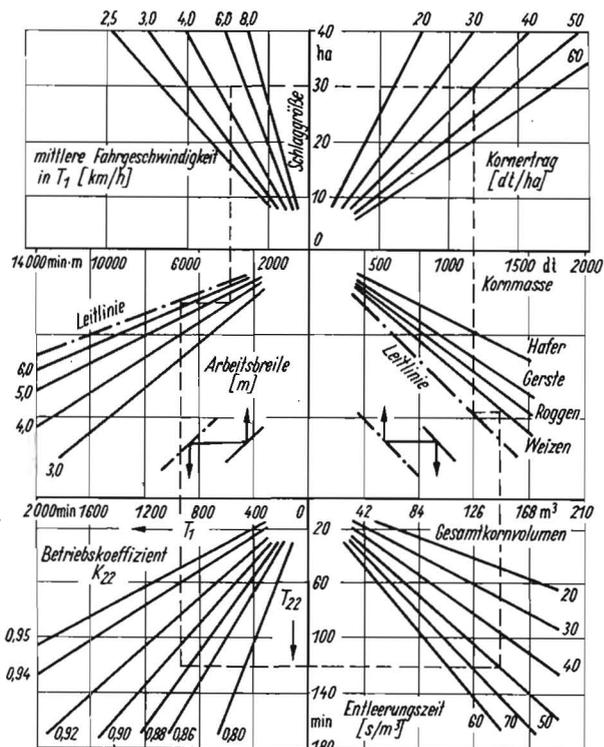


Bild 4. Abhängigkeit des Betriebskoeffizienten K_{21} von technischen Parametern und Einsatzbedingungen beim Mähdrescher

Bild 5. Abhängigkeit des Betriebskoeffizienten K_{22} von technischen Parametern und Einsatzbedingungen beim Mähdrescher



soll hier nicht weiter eingegangen werden. Nur so viel sei erwähnt, daß z. B. K_{311} (T_{31} stellt die Zeit für das Abschmieren am Arbeitsort dar, wobei die Arbeit unterbrochen werden muß) in direkter Abhängigkeit von der Anzahl der während der Arbeit zu schmierenden Stellen und der Häufigkeit mit der dies zu erfolgen hat, dargestellt werden kann.

Während fast alle bisher genannten Teilzeiten und Betriebskoeffizienten in ihrer Abhängigkeit von den Maschinenparametern und Einsatzbedingungen mathematisch erfassbar sind, ist dies für die Koeffizienten zur Charakterisierung der funktionellen wie auch der mechanischen Betriebssicherheit K_{41} und K_{42} (bzw. K_{421}) nur in ihrer Auswirkung auf das Gesamtergebnis möglich. Da sie im Sinne der hier geschilderten Methode aber ebenfalls als Maschinenparameter aufgefaßt werden müssen, ist es notwendig, auch diese Werte zu kennen. Sie sind aber nur im praktischen Einsatz bzw. bis zu einem gewissen Grade mit Prüfstanduntersuchungen zu ermitteln. Für Maschinen aus der Serienproduktion sollten Richtwerte für K_{41} und K_{42} (bzw. K_{421}), eventuell für einige charakteristische Einsatzverhältnisse, als Ergebnis der staatlichen Prüfung mit ausgewiesen werden, wobei es besonders bei diesen Koeffizienten Ziel der Entwicklung sein muß, sich dem Wert 1,0 weitgehend zu nähern.

4. Schlußfolgerungen

4.1. Nicht nur das Leistungsvermögen einer Maschine in der Grundzeit ist bei Maschinenentwicklungen zu beachten, sondern in gleicher Weise auch, wie dieses Leistungsvermögen ausgenutzt werden kann.

4.2. Die Kenntnis aller leistungsbeeinflussenden Faktoren ist die Voraussetzung für die Wahl optimaler Maschinenparameter. Eine lückenlose, übersichtliche Darstellung erleichtert dabei die Arbeit. Sie braucht für jede Maschine nur einmal aufgestellt zu werden und besitzt dann allgemeine Gültigkeit.

4.3. Mit der hier dargestellten Methode lassen sich vor Entwicklungsbeginn alle Probleme, soweit sie leistungsbeeinflussende Parameter betreffen, mit ziemlich großer Sicherheit darstellen. Diese Methode gestattet daneben einen echten Varianten- oder Maschinenvergleich über die Leistungsfähigkeit, indem nur die Maschinenparameter bei Konstanthalten der Einsatzbedingungen, d. h. bei Ausschaltung deren z. T. zufälligen oder nicht kontrollierbaren Einflüsse, in ihrer Auswirkung auf die Leistung beurteilt werden.

4.4. Die beschriebene Methode ermöglicht eine Abschätzung des durch bestimmte Einzelmaßnahmen zu erwartenden Nutzens und schafft damit die Voraussetzungen für weiterreichende ökonomische Betrachtungen wie z. B. für die Festlegung bestimmter Aufwandslimite.

Die Auswahl optimaler Maschinenparameter bleibt damit nicht auf die Leistungsfähigkeit der Maschine beschränkt, sondern berücksichtigt gleichzeitig den dafür notwendigen Aufwand.

4.5. Da die Leistungsfähigkeit einer Maschine nicht nur von den Maschinenparametern abhängt, sondern auch von den Einsatzbedingungen und z. T. von der Arbeitsorganisation beeinflusst wird, ist es unerlässlich, bei einer Maschinenbeurteilung die bei den einzelnen Maschinen bestehenden Zusammenhänge zu berücksichtigen. Bei Vergleichsprüfungen, bei Werkerprobungen oder bei der staatlichen Prüfung von Landmaschinen müssen also die Bedingungen, die zu einer bestimmten Leistung geführt haben, mit ausgewiesen werden.

Mittelwerte können nur dann als repräsentativ angesehen werden, wenn auch die ihnen zugrunde liegenden Einsatzverhältnisse für das vorgesehene Einsatzgebiet als repräsentativ gelten können.

Es wird vorgeschlagen, in Einzelmessungen alle leistungsbeeinflussenden Maschinenparameter entsprechend dem genannten Schema im praktischen Einsatz zu ermitteln und mit diesen Werten für einige charakteristische Einsatzverhältnisse die benötigten Kennwerte, zumindest den Koeffizienten K_{41} , zu errechnen. Neben einer Erhöhung der Aussagekraft der Ergebnisse würde diese Methode den Vorteil bieten, daß bei Nichterfüllung bestimmter Forderungen an die Leistungsfähigkeit einer zu beurteilenden Maschine die Ursachen sofort sichtbar sind.

4.6. Mit steigender Leistungsfähigkeit der Maschine in der Grundzeit wird es immer wichtiger, auch von Seiten der Landwirtschaft, die für die Ausnutzung der vorhandenen Möglichkeiten notwendigen Einsatzbedingungen zu schaffen [4] und die günstigsten Verfahren

anzuwenden. Eine wertvolle Hilfe kann dabei die verstärkte Popularisierung der bei der Erprobung und Prüfung erkannten verfahrenstechnischen Notwendigkeiten und Bedingungen sein, die für einen wirtschaftlichen Einsatz anzustreben sind (z. B. die Mindestschlaggröße).

5. Zusammenfassung

Bei der Vorbereitung einer Maschinenentwicklung ist es notwendig, alle leistungsbeeinflussenden Faktoren zu ermitteln, um aus der Kenntnis der Zusammenhänge für die vorgesehenen Einsatzbedingungen die richtigen Maschinenparameter auswählen zu können.

Es wird am Beispiel des Mähdeschers eine Methode beschrieben, die diese Arbeit erleichtert und es außerdem gestattet, den Anteil einzelner Parameter und Bedingungen am letztlich interessierenden Arbeitsergebnis festzustellen. Neben

dem Erkennen der für eine hohe Leistung besonders wichtigen Faktoren werden damit gleichzeitig die Grundlagen einer auch den Aufwand berücksichtigenden Auswahl optimaler Maschinenparameter geschaffen.

Literatur

- [1] GATKE, G. / MATZOLD, G.: Begriffe und Kurzzeichen bei Prüfungen von Landmaschinen und Verfahren. Deutsche Agrartechnik 13 (1963) H. 11, S. 519 und 520
- [2] HÄXNEL, V. / G. JENTSCH / H. SCHUMACHER: Häcksellänge und Durchsatzleistung beim Einsatz von Exaktfeldhäckslern. Deutsche Agrartechnik 17 (1967) H. 4, S. 157 bis 160
- [3] HORN, W.: Produktivität und Ernteverluste neuer Mähdescher nach nationalen und internationalen Untersuchungen. Deutsche Agrartechnik 15 (1965) H. 1, S. 19 bis 22
- [4] HEYDE, H.: Mechanisierung auf großen Schlägen. Archiv Landtechnik, 3. Bd. (1962) S. 3 bis 17
- [5] RÜSEL, W. / K. SCHMIDT: Größere Flächenleistung ohne erhöhten Aufwand. Deutscher Bauernverlag 1958 A 6853

Zur ökonomischen Seite des Pflügens mit erhöhten Arbeitsgeschwindigkeiten

Entwicklungstendenz der Arbeitsgeschwindigkeit

Die Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit bzw. allgemein der Geschwindigkeit ist ein sich ständig vollziehender Vorgang, der in der Landwirtschaft sowohl in der notwendigen Steigerung der Arbeitsproduktivität als auch in der Weiterentwicklung der Technik seine Begründung findet.

Untersucht man unter diesem Aspekt die Entwicklung der Arbeitsgeschwindigkeit beim Pflügen, so kann auch hier die Tendenz einer ständigen Zunahme festgestellt werden, die sich in Zukunft wegen der spezifisch leichteren Traktoren und einer höheren installierten Motorleistung fortsetzen wird.

Auch bei der Pflugkörperentwicklung erfolgt eine — wenn auch nicht so deutlich erkennbare — Anpassung an höhere Arbeitsgeschwindigkeiten [1] [2] [3] [4].

Ökonomische Betrachtungen

Eine Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit beim Pflügen darf auf keinen Fall nur Selbstzweck sein, sondern muß den Belangen der Ökonomie Rechnung tragen und möglichst zu einer Einsparung an Kosten und Zeit führen.

BOLTINSKI [4] schreibt hierzu, daß eine Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit ökonomisch sinnvoll ist, wenn bei einer annehmbaren agrotechnischen Arbeitsqualität Energieaufwand, Verbrauch an Kraftstoff, Zuverlässigkeit der Maschine und Arbeitsbedingungen der Traktoristen nicht merklich schlechter werden.

Bereits 1912 macht BERNSTEIN [2] auf die ökonomischen Faktoren aufmerksam, die im Zusammenhang mit der Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit stehen.

Anhand einer von ihm entwickelten Formel findet er für einen Stoek-Motorpflug ein Minimum an Kosten bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 2,1 m/s bzw. 7,5 km/h.

In jüngster Zeit hat HOFMANN [5] ähnliche Berechnungen angestellt, um optimale Arbeitsgeschwindigkeiten zu ermitteln, bei denen die Kosten ein Minimum erreichen. Er findet sie in einem Geschwindigkeitsbereich von 8 bis 10 km/h bei Benutzung der Standardpflugkörper 30 % auf den verschiedenen Böden. Bei Verwendung von Schnelldpflugkörpern rücken die optimalen Arbeitsgeschwindigkeiten in einen höheren Bereich, vermutlich 10 bis 12 km/h.

Auch SEGLER [6] ist der Auffassung, daß insbesondere aus wirtschaftlichen Gründen eine Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit notwendig ist. Seine Berechnungen über den

Ing. Dr. M. SCHLICHTING*

Maschineneinsatz lassen deutlich erkennen, daß die Kostenminima beim Pflügen nicht mehr wie bisher in dem Bereich von 5 bis 7 km/h liegen, sondern sich insbesondere auf Grund der Lohnkostenentwicklung in den Bereich von 7 bis 10 km/h verlagert haben und weiter in noch höhere Bereiche verschoben werden (Bild 1).

Berechnung ökonomisch optimaler Arbeitsgeschwindigkeiten

Zur Berechnung optimaler Arbeitsgeschwindigkeiten für das Pflügen können die von J. und E. LEUSCHNER [7] angegebenen Beziehungen verwendet werden.

Die Kosten für die lebendige und vergegenständlichte Arbeit lassen sich mit Hilfe folgender Beziehungen er rechnen.

$$W_T = \frac{b \cdot V_f \cdot \eta}{10} \quad [\text{ha/h}]$$

b Arbeitsbreite in m
 V_f Arbeitsgeschw. in km/h
 η Ausnutzung der Durchführungszeit

Die Bestimmung der Kraftstoffkosten erfolgt über die Zugkraft und die daraus abgeleitete Motorleistung.

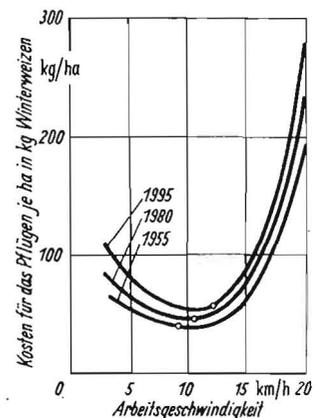


Bild 1. Die zukünftige Entwicklung der wirtschaftlich optimalen Pfluggeschwindigkeit (nach SEGLER)

* Institut für Landmaschinentechnik, FG Außenwirtschaft (Direktor: Dr.-Ing. H. REICHEL)