

# Zusammenhang von Arbeitsnormen und Energieaufwand für die Bodenbearbeitung

Dr. habil. G. Krupp, KDT

Die Landwirtschaft der DDR verbraucht jährlich etwa 1 Mill. Tonnen Dieselkraftstoff. Von diesem Verbrauch entfällt rd. ein Viertel auf die energieaufwendigen Arbeitsgänge der Bodenbearbeitung.

## Berechnung des Energieaufwands aus Motorleistung und Zugwiderstand

Zwischen Arbeitsnormen und Arbeitsaufwand einerseits und dem Energieaufwand für die Durchführung von Arbeitsgängen andererseits besteht ein enger Zusammenhang. Wird die bekannte Berechnungsgleichung für die Flächenleistung  $W$  umgeformt, d. h.

$$\frac{P_e}{W} = \frac{F_z'}{0,36 \eta_T K_{08}}$$

$P_e$  effektive Motorleistung in kW

$F_z'$  spezifischer Zugwiderstand in kN

$\eta_T$  Traktorwirkungsgrad

$K_{08}$  Ausnutzungsfaktor der Schichtzeit  $T_{08}$ ,

dann stellt der Quotient  $P_e/W = E_{Ab}$  den Brutto-Energieaufwand in kWh/ha dar.

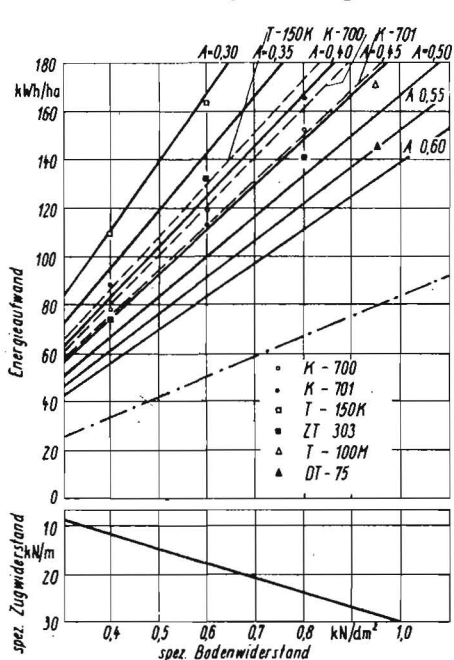
Der Netto-Energieaufwand  $E_{An}$  in kWh/ha ist folglich nur vom spezifischen Zugwiderstand, einer objektiven Größe, abhängig:

$$E_{An} = \frac{F_z'}{0,36} = 2,78 F_z'$$

Der Energieaufwand in kWh/ha, bezogen auf  $T_{08}$ , ergibt sich somit wie folgt:

Bild 1. Energieaufwand für das Pflügen (30 cm tief) in Abhängigkeit vom spezifischen Bodenwiderstand;

— Netto-Energieaufwand  
— Brutto-Energieaufwand in Abhängigkeit von der Auslastung des Traktormotors in  $T_{08}$   
- - - analytischer Energieaufwand



Tafel 1. Energieaufwand von Geräten bzw. Werkzeugen für die Saatbettbereitung (Zugwiderstandswerte nach [2, 3])

Gerät bzw. Werkzeug	Netto-Energieaufwand kWh/ha	Brutto-Energieaufwand <sup>1)</sup> kWh/ha
Schleppe	1,6 ... 2,0	3,2 ... 4,0
Federzinken	2,5 ... 2,6	5,0 ... 5,2
Feingrubber	3,2 ... 3,4	6,4 ... 6,8
Stabkrümmer vor Zinkenfeld	1,8 ... 2,0	3,6 ... 4,0
nach Zinkenfeld	2,0 ... 2,2	4,0 ... 4,4
Saat egge	0,4 ... 0,7	0,8 ... 1,4
Acker egge	1,0 ... 1,4	2,0 ... 2,8
Löffle egge	1,4 ... 2,2	2,8 ... 4,4
Wiesene gge	4,2 ... 6,4	8,4 ... 12,8
Gleitwalze mit Wasserfüllung	2,8 ... 3,3	5,6 ... 6,6
Cambridgewalze	1,8 ... 2,8	3,6 ... 5,6
Croskillwalze	2,2 ... 3,4	4,4 ... 6,8
Scheibene gge	5,3 ... 6,7	10,6 ... 13,4
Grubber		
Arbeitstiefe 6 bis 8 cm	3,3 ... 5,0	6,6 ... 10,0
Arbeitstiefe 10 bis 14 cm	4,5 ... 7,0	9,0 ... 14,0

1) Auslastung  $A = 0,5$

$$E_{AT_1} = 2,78 F_z' \frac{1}{\eta_T}$$

Mit Hilfe dieser Abhängigkeiten läßt sich für jede Arbeitsart der Energieaufwand errechnen (Tafel 1). Der Energieaufwand für das Pflügen hängt vom spezifischen Bodenwiderstand und von der Pflügetiefe ab (Bild 1).

Die im Prüfbericht für Traktoren angegebene mittlere Auslastung (beim Pflügen z. B. 60 %) setzt sich aus der vollen Auslastung des Motors in  $T_1$  und der Teilauslastung während der anderen Zeitelemente zusammen. Alle Verluste werden vom Faktor  $K_{08}$  erfaßt. In die Auslastung geht andererseits aber auch der Traktorwirkungsgrad, eine technische Größe, ein:

$$A = \eta_T K_{08}$$

## Berechnung des Energieaufwands aus Angaben der technologischen Karten

Die technologischen Karten der Pflanzenproduktion [1] enthalten den Bedarf an lebendiger Arbeit (AKh) und an Maschinen und Traktoren (h) je Hektar bearbeiteter Fläche und die durchschnittliche Motorauslastung in  $T_{08}$ , bezogen auf definierte spezifische Bodenwiderstände. Auch aus diesen Angaben läßt sich der Energieaufwand in kWh/ha für die einzelnen Aggregate und Arbeitsgänge berechnen:

$$E_A = P_e \cdot a; \quad a = \frac{h}{T_{08}}$$

a Aufwand an Traktorenstunden in h/ha  
A Verhältnis der Zugleistung zur Nennleistung im Durchschnitt der Schichtzeit  $T_{08}$  („Auslastung“).

Die Ergebnisse solcher Berechnungen auf der

Grundlage der technologischen Karten der Pflanzenproduktion zeigen erhebliche Schwankungen von Aggregat zu Aggregat (Tafel 2). Beim Pflügen mit und ohne Saatbettbereitung ergibt sich sogar die Beobachtung, daß der Energieaufwand für das Pflügen mit Saatbettbereitung auf den mittleren und schweren Böden geringer ausgewiesen wird als ohne Saatbettbereitung.

## Vergleich der Ergebnisse

Der spezifische Zugwiderstand steigt mit zunehmendem spezifischen Bodenwiderstand linear an (Bild 1), was auch für den Netto-Energieaufwand gilt. Der Brutto-Energieaufwand ergibt sich analytisch aus der Division des Netto-Energieaufwands durch den Wirkungsgrad und den Faktor  $K_{08}$ :

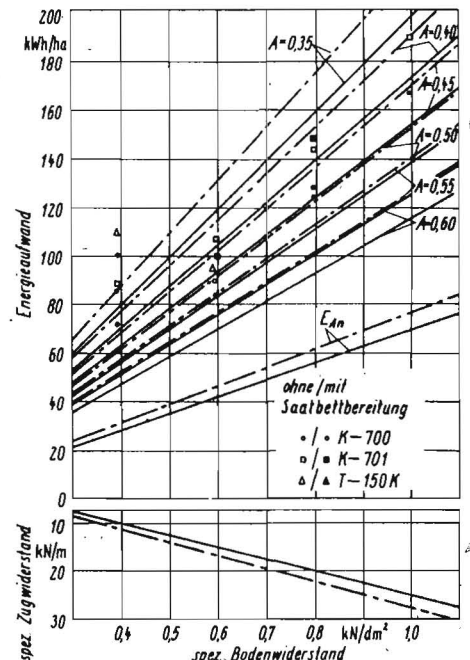
$$E_{Ab} = \frac{E_{An}}{\eta_T K_{08}} = \frac{E_{An}}{A}$$

Daraus resultiert eine Kurvenschar für die verschiedenen Auslastungen. In die so vorbereitete Darstellung der theoretischen Zusammenhänge wurden die aus den technologischen Karten errechneten Energieaufwendungen eingetragen.

Die höhere Auslastung bei der Bearbeitung der schwersten Böden mit Kettentraktoren entspricht den Erwartungen. Theoretisch müßten die Werte für den Energieaufwand bei gleichen Aggregaten annähernd auf einer Geraden liegen. Dabei könnten die Werte für die leichten Böden wegen des schlechteren Traktorwirkungsgrades auf diesen Fahrbahnen etwas

Bild 2. Energieaufwand für das Pflügen (25 cm tief)

— ohne Saatbettbereitung  
- - - mit Saatbettbereitung



Tafel 2. Energieaufwand beim Pflügen in Abhängigkeit vom spezifischen Bodenwiderstand (errechnet anhand der technologischen Musterkarten der Pflanzenproduktion [1])

Bodenart	spez. Bodenwiderstand kN/dm <sup>2</sup>	Arbeits-tiefe cm	Energieaufwand in kWh/ha für							
			K-700/B 501	K-701/B 501	T-150 K/6-PHX-35	ZT 303/B 201	ZT 300/B 201	MTS-80/B 201	T-100 M/B 080	DT-75/B 187
S...IS	0,4	25 <sup>1)</sup>	72	87	—	52	54	69	—	—
		25 <sup>2)</sup>	79	101	—	74	81	85	—	—
sL...L, Lö	0,6	25 <sup>1)</sup>	94	109	—	102	109	111	—	—
		25 <sup>2)</sup>	87	101	—	88	90	107	—	—
L...IT	0,8	25 <sup>1)</sup>	135	149	—	132	—	—	114	—
		25 <sup>2)</sup>	145	157	—	125	125	—	115	—
T	1,0	25 <sup>1)</sup>	159	191	—	162	—	—	151	135
		25 <sup>2)</sup>	150	181	—	134	—	—	115	118
s...IS	0,4	30	78	88	110	74	60	—	—	—
sL...L, Lö	0,6	30	119	113	163	132	141	—	—	—
L...IT	0,8	30	162	165	—	141	—	—	172	—
T	1,0	30	—	—	—	—	—	—	171	146

1) ohne Saatbettbereitung, 2) mit Saatbettbereitung

höher sein. Diese Erwartung bestätigt sich durch die angegebenen Werte nur für die Traktoren T-150 K und K-700. Der T-150 K ist mit seinen als vorläufig angegebenen Werten sehr hoch im Energieaufwand und mithin sehr niedrig in der Auslastung angesetzt worden. Vorgaben (Normative) für die Flächenleistung (in ha/h) lassen sich auf energetischer Grundlage mit hoher Genauigkeit errechnen:

$$W = \frac{P_e}{E_A}$$

Sowohl der spezifische Zugwiderstand wie auch der spezifische Bodenwiderstand sind objektive Größen. Gleiches gilt für den Traktorwirkungsgrad. So führt die vorstehende energetische Betrachtung zu einer Möglichkeit der Kontrolle und Präzisierung von Normativen, die auf anderem Wege errechnet worden sind. Das Bild, das sich aus einer analogen Betrachtung der Verhältnisse bei einer Pflügetiefe von 25 cm mit und ohne Saatbettbereitung ergibt, ist noch vielgestaltiger (Bild 2). Hier ist auch den Traktoren T-150 K und K-701 ein geringer Wirkungsgrad zugebilligt worden. Tatsächlich aber müßte man beim K-701 wegen seiner größeren Bereifung einen besseren Wirkungs-

Tafel 3. Technologisch-technische Angaben der Traktoren T-150 K, K-700 und K-701 (nach den Prüfberichten der ZPL Potsdam-Bornim)

Traktor	v <sub>a</sub> km/h	P <sub>i</sub> kW	η <sub>T</sub>	A (K <sub>08</sub> = 0,65)
T-150 K	8,3	70	0,58	0,38
K-700	7,9	85	0,63	0,41
K-701	9,5	135	0,67	0,44

grad als beim K-700 erwarten. Mit einem kleineren Faktor K<sub>08</sub> braucht auch nicht gerechnet zu werden. Aus energetischer Sicht nicht erklärt ist auch der geringere Energieaufwand für das Pflügen mit Saatbettbereitung bei gleicher Pflügetiefe, der sich auf den mittleren Böden aus den Angaben der technologischen Karten ergibt.

Eine analytische Ermittlung des Energieaufwands für das Pflügen mit den Traktoren T-150 K, K-700 und K-701 kann sich auf den experimentell ermittelten maximalen Wirkungsgrad stützen (Tafel 3).

Der sich daraus ableitende Energieaufwand ist

im Bild 2 eingetragen worden. Am besten stimmen die empirischen Werte des K-700 mit der analytischen Kurve überein.

### Zusammenfassung

Aus der Gleichung für die Berechnung der Flächenleistung wird die Möglichkeit einer energetischen Analyse von Arbeitsgängen der Bodenbearbeitung hergeleitet. Mit Hilfe dieser energetischen Analyse können Aufwandnormative, wie sie z. B. in den technologischen Karten der Pflanzenproduktion enthalten sind, überprüft und präzisiert werden.

### Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Katalog technologischer Musterkarten der Pflanzenproduktion. Landwirtschaftsausstellung der DDR, Markkleeberg 1976.
- [2] Kalk, W.-D.; Bosse, O.: Zur Ermittlung des Leistungsbedarfs von Saatbettbereitungskombinationen. agrartechnik 28 (1978) H. 8, S. 362—362.
- [3] Chrobostov, S. N.: Eksploatacija masinno-traktornogo parka. (Einsatz des Maschinen-Traktoren-Parkes). Moskau: Masinstroenie 1973.

A 2226

## Neuerungen und Erfindungen

### Patente zum Thema „Steuerungs- und Sicherungseinrichtungen“

SU-Urheberschein 535 045

Int. Cl. A 01 D 41/12

Anmeldetag: 26. Juli 1973

„Selbsteinstellendes System zur Durchsatzregelung eines Mähdreschers“

Erfinder: G. G. Nachamkin

M. V. Michajlov

E. K. Rumjancev

J. G. Camarçenko

N. E. Tulubae

Zur weitestgehenden Entlastung der Bedienung und zur optimalen Auslastung der Maschinenleistung ist eine ständige Anpassung der Fahrgeschwindigkeit und Durchsatzregelung entsprechend dem Erntegutbestand bzw. der aufgenommenen Erntegutmenge erforderlich.

Zur meßtechnischen Erfassung der Erntegut-

menge ist zum Beispiel beim Mähdrescher (Bild 1) bekannt, die Lageveränderung der Schrägförderkette a durch einen Gleitbügel b abzutasten. Die Bewegung des Gleitbügels b wird dann über den Hebel c und das Gestänge d auf die Schwinge e übertragen, die z. B. über das Wegeventil automatisch die Fahrgeschwindigkeit des Mähdreschers entsprechend der Erntegutmenge verändert. Dadurch kann das Dreschwerk des Mähdreschers immer an der Grenze der Leistungsfähigkeit optimal ausgelastet werden, ohne daß eine Überbelastung eintritt.

Die Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsstelle g des Gestänges d und der Schwinge e so dicht unter dem Drehpunkt h des Schneidwerks liegt, daß sich die Veränderungen der Schneidwerkslage während des Einsatzes nicht nachteilig auf das automatische Steuerungssystem der Fahrgeschwindigkeitsanpassung auswirken.

WP 129 607

Int. Cl. A 01 D 33/00

Anmeldetag: 31. Januar 1977

„Durchsatzregelung, vorzugsweise für Kartoffelerntemaschinen“

Erfinder: Dipl.-Ing. T. Uhlig

Dipl.-Ing. M. Borchert

Dipl.-Ing. G. Hofmann

Dipl.-Ing. W. Dreessen

K. Ziems

E. Gohlke

Zur weiteren Optimierung des Durchsatzes und schonenden Behandlung des Erntegutes ist das Erfassen, Auswerten und Nutzen mehrerer Meßergebnisse notwendig.

Gemäß der Erfindung (Bild 2) wurde dazu am Anfang der Siebkette a ein Schleifbügel-taster b zur Messung des aufgenommenen Gemisches von Knollen, Erde, Steinen usw. angeordnet. Im hinteren Bereich der zweiten Siebkette c befinden sich zwei Ultraschall-schranken d und e, die die Menge des noch