

# Leistungen und Auslastungen des Schleppers

Prof. Dipl.-Ing. E. PÖHLS und Dipl. agr. H. RÄTHER, Institut für Landtechnik der Universität Rostock

DK 629.1-42

Mit diesem Aufsatz eröffnen wir eine Themenreihe über Leistungsfragen der Schlepper. Während hier rationelle Ausnutzungsmöglichkeiten der Schlepperzugkraft untersucht werden, behandeln die im nächsten Heft folgenden Artikel: Pöhls, Groth und Lehmann „Kraftstoffverbrauch und Flächenleistung bei Pflugarbeiten in verschiedenen Geschwindigkeiten“ und Gälke: „Bringt uns das Schnellpflügen Vorteile?“ die wirtschaftliche Leistung des Schleppers bei der Pflugarbeit.

Besonders unsere Traktoristen werden in diesen Aufsätzen interessanten Diskussionsstoff finden. Ihre Beiträge hierzu werden wir in einem unserer folgenden Hefte abdrucken.

Die Verwirklichung unseres Volkswirtschaftsplans fordert von der gesamten Wirtschaft die restlose Ausschöpfung aller brachliegenden Reserven. Für die Landwirtschaft bedeutet dies, daß den Zugkräften, den wichtigsten Betriebsfaktoren der Landwirtschaft, vor allem den Traktoren, die größte Aufmerksamkeit zu schenken ist. Mit unserem Nutzpferd — technisch gesehen das beste stufenlose Getriebe in der Landwirtschaft — kann bei jeder Arbeit relativ die höchste Leistung herausgeholt werden. Das Pferd hat von Natur aus eine flotte Gangart. Während der Arbeit wird sein Tempo weitgehend durch den Bedienungsmann bestimmt, und dieser ist somit ausschlaggebend für dessen Leistung. Beim Schlepper hängt die Leistung der Maschine von der Qualifikation des Traktoristen ab. Es ist daher besonders wichtig, dem Schlepperführer das Verständnis für die rationelle Ausnutzung des Schleppers zu vermitteln.

Das Pferd wird immer mehr aus den landwirtschaftlichen Zugarbeiten von dem motorischen Antrieb herausgedrängt werden, das ist eine ökonomische Notwendigkeit und erforderlich für die Produktionssteigerung landwirtschaftlicher Erzeugnisse. Diese Feststellung darf nicht dazu führen, den Traktor nur als Pferdeersatz hinzunehmen, sondern er ist als etwas Neues anzusehen und muß als solches eingesetzt und gewertet werden. Er verlangt eine auf ihn abgestimmte Arbeitstechnik und speziell für ihn entwickelte Maschinen und Geräte. Über ein Teilgebiet seiner Arbeitstechnik, die Gerätekopplung, fand in den vergangenen Jahren eine breite Diskussion statt, in der meistens nur der eine oder andere Punkt der Verbindung von Geräten behandelt wurde. Hier soll versucht werden, das Grundsätzliche, das bei der Auslastung von Schleppern und bei der Kopplung landwirtschaftlicher Bodenbearbeitungsgeräte zu beachten ist, zu erörtern.

Bei richtigem Einsatz ist der Schlepperbetrieb heute nicht mehr eine Frage der Rentabilität, sondern nur noch ein technisches Problem. Zu dieser Feststellung kam man, indem die Motorleistung PS mit der tierischen Zugvieheinheit ZV, der Leistung eines mittleren Arbeitspferdes, verglichen wurde. Aus den verschiedenen Veröffentlichungen ist zu ersehen, daß die Ergebnisse bei der gesamten jährlichen Leistung des Schleppers und der Pferde größere Differenzen aufweisen.

Nach Blohm leisten bei sachgemäßem Einsatz 5 Motor-PS soviel wie eine ZV. Bei Lange ist das ungünstigste Verhältnis bei den Wirtschaftsfahren eine Pferdlearbeitsstunde gleich 4 Motor-PS. Da der Schleppereinsatz bei den übrigen Arbeiten aber wesentlich rentabler ist (Pflügen 2:1), ist mit einem so ungünstigen Verhältnis wie 5:1 im Jahresdurchschnitt nicht zu rechnen. Rosenkranz meint, durch Kopplung des Schleppers mit Geräten entsprechender Arbeitsbreite müßte man dem Verhältnis 2:1 bei den schweren Ackerarbeiten auch bei allen anderen Arbeitsgängen nahekommen können. Bei der heute noch teilweise kleinbäuerlichen Struktur unserer Landwirtschaft läßt sich jede Vergrößerung der Arbeitsbreite der Geräte nicht vertreten. Der Zusammenschluß dieser kleinen Betriebe zu Produktionsgenossenschaften läßt diese Einschränkung fallen.

Während die erwähnten Autoren ihre Ergebnisse aus den Tagebuchaufzeichnungen usw. mehrerer Betriebe ermittelten, berechnete Wicha die Schlepperleistung über den Heizwert des Kraftstoffes unmittelbar. Dieser Berechnung des Verhältnisses der Motor-PS: ZVh = 4:1 ist ebenfalls nicht zuzustimmen, denn die Leistung einer ZV mit durchschnittlich 200 [mkg/s] ist zu hoch bemessen. Die Dauerzugkraft eines mittleren Ar-

beitspferdes ist mit 90 [kg] anzunehmen. Diese Zugkraft kann durchschnittlich bei einer Geschwindigkeit von 4 [km/h] aufgebracht werden. Das bedeutet aber, eine ZV ergibt eine Leistung von

$$N = \frac{P \cdot s}{t} = \frac{90 \cdot 4}{3,6} = 100 \text{ [mkg/s]} = 1,3 \text{ [PS]}. \quad (1)$$

Setzt man nun die von Wicha errechnete Kraftzugeinheit KE, die das effektive Leistungsvermögen von 1 Motor-PS eines Radschleppers darstellt, mit der ZV ins Verhältnis, so kommt man zu der Proportion:

$$ZV:KE = 100:48,6, \text{ d. h. annähernd } 2:1.$$

Daß dieses Verhältnis bei den einzelnen Arbeiten erreicht ist, wurde schon erwähnt.

Wertet man die Ergebnisse von Lange aus, so ergibt sich folgendes Bild:

**Tafel 1.** Die Aufteilung der Zugarbeiten und das Leistungsverhältnis zwischen Pferd und Schlepper (nach Lange)

Arbeitsart	%	Motor PS Pferde ZV
1. Schälen, Pflügen .....	31,3	2
2. Schleppen, Grubben, Walzen, Eggen vor der Saat .....	8,4	2,5
3. Sonstige Bestellungsarbeiten .....	5,8	—
4. Pflegearbeiten .....	2,4	—
5. Mahen mit Binder und Grasmäher, Roden von Kartoffeln und Rüben .....	5,9	2,5-3
6. Sonstige Erntearbeiten .....	1,2	—
7. Fernfahren .....	8,1	3
8. Wirtschaftsfahren .....	36,9	4
Zugarbeiten insgesamt .....	100,0	

Entnimmt man der Tafel die Arbeiten, für die Verhältniszahlen angegeben sind, und ermittelt den Durchschnitt, indem man die Prozentzahlen mit den Verhältniszahlen multipliziert und dann die Summe der Produkte durch die Summe der Prozentzahl der betreffenden Arbeitsarten dividiert, so erhält man:

$$31,3 \cdot 2 + 8,4 \cdot 2,5 + 5,9 \cdot 2,75 + 8,1 \cdot 3 + 36,9 \cdot 4 = 271,7$$

$$271,7 : 90,6 = 3,$$

d. h. im Mittel der Arbeiten, die mit Traktoren durchgeführt werden, ist das Verhältnis von Motor-PS:ZV = 3:1. Dies dürfte wohl ein Verhältnis sein, das bei uns in der breiten Praxis der Landwirtschaft erzielt werden kann. Man muß aber beachten, daß der Schlepper richtig belastet wird.

Wenn bei dieser Berechnung 3 Arbeitsarten mit 9,4% der Zugarbeiten außerhalb der Betrachtung stehen, so sind es Arbeiten, die früher den Pferden überlassen werden mußten, heute aber besonders für Pflegeschlepper geeignet sind, deren Entwicklung in der Deutschen Demokratischen Republik anläuft.

Daß die Pflegearbeiten in der Tafel 1 nur mit 2,4% angegeben sind, liegt daran, daß man in der Praxis von den vorhandenen Gesamtzugkräften nicht mehr für die Pflegearbeiten abzweigen konnte bzw. die maschinellen Pflegemaßnahmen durch Fehlen von Hackmaschinen und Vielfachgeräten nicht möglich waren.

Bei richtigem Einsatz der Geräte ließe sich diese große Arbeitsspitze der Hackfrucht- und Getreidepflege brechen und ergäbe dann eine gewaltige Produktionssteigerung.

Für die Praxis ist es nun von Wichtigkeit zu wissen, wie groß die Zughakenleistung des verwendeten Schleppers ist, um

ihn dementsprechend auszulasten. Als Beispiel wählen wir einen hinterachsangetriebenen luftbereiften Zwei-Achsschlepper von 40 [PS] Nennleistung  $N_{Mh}$  mit einem Gesamtgewicht von 3200 [kg] und einer Hinterradbereifung von 12,75–28. Aus wirtschaftlichen Gründen interessiert uns bei jedem Traktor die Zugkraft  $Z_H$ , die er bei Vollast des Motors in seinem Hauptarbeitsgang aufbringen kann.  $Z_H$  ist nicht zu verwechseln mit der höchstmöglichen Zugkraft des Schleppers. Versuchen wir nun, uns Klarheit über die verschiedenen Faktoren zu verschaffen, die für die Kraftentwicklung von Bedeutung sind.

Die Zugkraft eines Schleppers ist hauptsächlich abhängig von den Drücken der angetriebenen Räder auf die Fahrbahn, von der Beschaffenheit des Bodens und der Ausführung der Antriebsräder. Wenden wir uns zunächst der Bodenhaftung der Räder zu. Im Mittel kann man für deutsche Bodenverhältnisse je 100 [kg] Schleppergewicht folgende  $Z_H$  als Dauerzugkraft annehmen (Tafel 2):

Tafel 2

Luftbereifte .....	2-Achsschlepper	Hinterradantrieb	45 kg
Eisenbereifte .....	"	"	50 kg
Luftbereifte .....	"	Vierterradantrieb	55 kg
Eisenbereifte .....	"	"	60 kg
Luftbereifte .....	1-Achsschlepper	"	50 kg
Eisenbereifte .....	"	"	55 kg
Raupenschlepper .....	"	"	72–80 kg

Während es sich bei der Adhäsion der Antriebsräder um eine Kraft handelt, kommen wir jetzt zu der etwas langwierigen Berechnung der verschiedenen Leistungen.

Die Zughakenleistung  $N_Z = Z \cdot V$  ( $V$  = Fahrgeschwindigkeit) berechnet man aus der Nennleistung, indem man von dieser die Getriebe, Fahrwiderstands- und Schlupfverlustleistung abzieht.

Die Getriebeverluste als Differenz zwischen Nennleistung und Nabenleistung (Leistung an den Antriebsradachsen) sind bedingt durch die Konstruktion, Getriebefertigung und Schmierung. Richtige Festigkeitsberechnung vorausgesetzt, haben geschliffene Stirn- und Kegelräder einen Getriebewirkungsgrad von  $\eta = 97,5\%$  je Übersetzungsstufe, ungeschliffene von  $\eta = 97\%$ . Multipliziert man den Wirkungsgrad der einzelnen Übersetzungsstufen miteinander, so gibt das Produkt den Gesamtwirkungsgrad des Getriebes  $\eta_{Getr}$ . Der betrachtete Schlepper mit 5 Übersetzungsstufen, dessen Zahnräder gehärtet und geschliffen sind, hat somit ein  $\eta_{Getr}$  von  $0,975^5 = 0,88$ . Die Nabenleistung  $N_N$  ist die an der Antriebsachse zur Verfügung stehende Leistung:

$$N_N = N_{Mh} \cdot \eta_{Getr}; \text{ also } N_N = 40 \cdot 0,88 = 35,2 \text{ [PS]}. \quad (2)$$

Die Getriebeverlustleistung  $\eta_{Getr}$  beträgt

$$40 - 35,2 = 4,8 \text{ [PS]}.$$

Würde die Nabenleistung nun ohne Verluste als Zugleistung wirken können, so hätte der Schlepper die sogenannte ideale Zugkraft  $Z_i$  und die Konstruktionsgeschwindigkeit  $V_0$ .

Letztere ist die nach Motordrehzahl und Antriebsradumdrehungen errechnete Fahrgeschwindigkeit des Schleppers.

Aus

$$N_N = \frac{Z_i \cdot V_0}{75} \quad (3)$$

ergibt sich die ideale Zugkraft:

$$Z_i = \frac{N_N \cdot 75}{V_0} \quad (3 a)$$

Da ein Teil der Nabenleistung für die Eigenfortbewegung des Schleppers verbraucht wird, ist die effektive Zugkraft  $Z_{eff}$  kleiner als  $Z_i$ . Der Widerstand der Eigenfortbewegung, kurz Fahrwiderstand  $F$  genannt, ergibt sich aus der Differenz von  $Z_i$  und  $Z_{eff}$ :

$$F = Z_i - Z_{eff} \quad (4)$$

Der Fahrwiderstand eines Schleppers ist, wenn man ihn aus den Einflußfaktoren berechnen will, nicht leicht zu bestimmen. Er ist abhängig hauptsächlich von dem Gesamtgewicht, dem gesamten Laufwerk, von Art und Zustand des Bodens, von der Anbringung der Anhängervorrichtung, der dynamischen Schwer-

punktsverlagerung usw. Für die Praxis genügt es vollkommen, den Fahrwiderstand als Produkt aus dem Schleppergesamtgewicht und einem Fahrwiderstandskoeffizienten  $W_F$  zu berechnen.  $W_F$  berücksichtigt nur die Bodenart und das verwendete Laufwerk und beträgt für mittleren deutschen Ackerboden:

Tafel 3

$W_F = 0,08$ .....	2-Achsschlepper mit Ackerluftreifen
$W_F = 0,20$ bis $0,25$ .....	" " Greiferrädern
$W_F = 0,15$ .....	Raupenschlepper
für Sand:	
$W_F = 0,1$ .....	2-Achsschlepper mit Ackerluftreifen
$W_F = 0,30$ bis $0,40$ .....	" " Greiferrädern

Der Fahrwiderstand selbst beträgt:

$$F = G \cdot W_F \quad (G = \text{Gewicht in [kg]}) \quad (5)$$

Könnte der Schlepper ohne Schlupf fahren, wäre seine Geschwindigkeit gleich der Konstruktionsgeschwindigkeit  $V_0$ .

Aus  $V_0$  und  $Z_{eff}$  berechnet sich die Konstruktionsleistung  $N_{Z_0}$  zu:

$$N_{Z_0} = \frac{Z_{eff} \cdot V_0}{75} \text{ [PS]}. \quad (6)$$

Die Differenz zwischen der Nabenleistung  $N_N$  und der Konstruktionsleistung  $N_{Z_0}$  ergibt die Fahrwiderstandsleistung  $N_F$ :

$$N_F = N_N - N_{Z_0} = \frac{Z_i \cdot V_0}{75} - \frac{Z_{eff} \cdot V_0}{75} = \frac{(Z_i - Z_{eff}) \cdot V_0}{75}$$

Bei Benutzung von Formel (4):

$$N_F = \frac{F \cdot V_0}{75} \text{ [PS]}. \quad (7)$$

Die Zughakenleistung  $N_Z$  eines Schleppers ist das Produkt aus  $Z_{eff}$  und der Arbeitsgeschwindigkeit  $V$ .  $Z_{eff}$  wird mittels Zugkraftmesser und  $V$  durch Weg-Zeit-Messung bestimmt.

$$N_Z = \frac{Z_{eff} \cdot V}{75} \text{ [PS]}. \quad (8)$$

Die Arbeitsgeschwindigkeit  $V$  kann auch aus der Konstruktionsgeschwindigkeit  $V_0$  und dem Schlupf  $S$  berechnet werden:

$$V = (1 - S) \cdot V_0 \quad (9)$$

Der Schlupf  $S$  ist das Verhältnis der Differenz der Leerlaufstrecke  $a$  und Arbeitsfahrstrecke  $b$  zu der Leerlaufstrecke  $a$ . Er kann ebenfalls zu großen Leistungsverlusten am Schlepper führen. Die beiden Fahrstrecken werden ermittelt, indem der Schlepper mit und ohne Belastung eine gleiche Anzahl Umdrehungen der Antriebsräder zurücklegt (z. B. 40 Radumdrehungen) und hinterher die Strecken ausgemessen werden. (Linkes und rechtes Antriebsrad beachten, da das Differential zu verschiedener Raddrehzahl führen kann):

$$S = \frac{a - b}{a} \quad (10)$$

Nach Gl. (9) kann man den Schlupf auch bestimmen, wenn  $V_0$  und  $V$  gemessen sind:

$$S = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} \quad (11)$$

Diese Schlupfberechnung ist nur dann anzuwenden, wenn die Motordrehzahl bei der Messung von  $V_0$  und  $V$  konstant ist, weil sonst besonders bei geringem Schlupf falsche Ergebnisse gewonnen werden. Da diese Tatsache in der Praxis oft nicht beachtet wird, soll sie an einem Beispiel klargemacht werden:

Arbeitsgeschwindigkeit  $V_n = 2,54$  [m/s],  
Motordrehzahl bei der Arbeitsgeschwindigkeit  $n = 1220$  [U/min],  
Leerfahrtgeschwindigkeit  $V_0 = 2,61$  [m/s],  
Motordrehzahl bei Leerfahrtgeschwindigkeit  $n_0 = 1250$  [U/min],  
Schlupfberechnung nach Gl. (11)

$$S = 1 - \frac{V}{V_0} = 1 - \frac{2,54}{2,61} = 1 - 0,97 = 0,03; \text{ in } \% = 3 \%$$

Genauere Berechnung:

$$S = \frac{V_{0n} - V_n}{V_{0n}} = 1 - \frac{V_n}{V_{0n}} \quad (12)$$

$$V_{0n} = V_0 \cdot \frac{n}{n_0} = 2,61 \cdot \frac{1220}{1250} = 2,55 \text{ [m/s]}. \quad (12 a)$$

$$S = 1 - \frac{2,54}{2,55} = 1 - 0,995 = 0,005; \text{ in } \% = 0,5 \%$$

Aus diesem Beispiel ist zu sehen, daß der Schlupf am einfachsten durch Ausmessen der betreffenden Fahrstrecke zu ermitteln ist.

Die Schlupfverlustleistung  $N_S$  ergibt sich aus der Differenz zwischen der Konstruktionsleistung  $N_{Z_0}$  und Zughakenleistung  $N_Z$ :

$$N_S = N_{Z_0} - N_Z. \quad (13)$$

Setzt man für  $N_{Z_0}$  und  $N_Z$  die oben angegebene Formel (6), (8) ein, erhält man:

$$N_S = \frac{Z_{eff} \cdot V_0}{75} - \frac{Z_{eff} \cdot V}{75}.$$

Durch die Benutzung der Formel (11) ergibt sich:

$$N_S = \frac{Z_{eff} \cdot V_0}{75} - \frac{Z_{eff} \cdot V_0 \cdot (1 - S)}{75} = \frac{Z_{eff} \cdot V_0 \cdot S}{75} \text{ [PS]}. \quad (14)$$

Die Werte von  $S$  sind experimentell zu ermitteln, sie sind bei den einzelnen Schlepperarten abhängig von dem Laufwerk, der Zugkraft, der Arbeitsgeschwindigkeit und dem Zustand des Bodens. Für eine annähernde Berechnung genügt es, wenn man sie aus den bereits aufgestellten Schlupf-Zugkraft-Kurven der einzelnen Schleppertypen entnimmt. In den folgenden Berechnungen wurde davon Gebrauch gemacht.

Wir wählen als Beispiel den oben angeführten Schlepper, an dem ein Dreischarpflug angehängt ist. Wir wollen jetzt festzustellen versuchen, ob bei irgendeiner Geschwindigkeit die Zughakenleistung ein Optimum darstellt.

Zuerst ist die erforderliche Zugkraft, die sich aus dem Widerstand  $W$ , dem Boden und dem Gerät ergibt, nach folgender Formel zu berechnen:

$$W = n \cdot S_B \cdot b \cdot t \text{ [kg]}, \quad (15)$$

- $n$  Anzahl der Pflugkörper . . . . . = 3
- $S_B$  spezifischer Bodenwiderstand . . . . . = 36 [kg/dm<sup>2</sup>]
- $b$  mittlere Arbeitsbreite des Pflugkörpers = 3,5 [dm]
- $t$  mittlere Arbeitstiefe . . . . . = 2,5 [dm]

$$W = 3 \cdot 36 \cdot 3,5 \cdot 2,5 = 950 \text{ [kg]}.$$

Der Fahrwiderstand beträgt bei  $W_F = 0,08$  nach Gl. (5)

$$F = G \cdot W_F = 3200 \cdot 0,08 = 256 \text{ [kg]}.$$

Die Nebenleistung  $N_N$  war mit 35,2 [PS] errechnet.

Unser Schlepper habe 5 Vorwärtsgänge, die eine Leerfahrtgeschwindigkeit  $V_0$  von 3,8-5,0-6,0-9,5 und 17,5 [km/h] ermöglichen. Wir errechnen für die einzelnen Gänge die jeweilig möglichen Zughakenleistungen mittels der oben angegebenen Formeln.

Tafel 4

Berechnung der einzelnen Zughakenleistungen						
Gang		I	II	III	IV	V
Leerfahrtgeschwindigkeit: $V_0$	[km/h]	3,8	5,0	6,0	9,5	17,5
" "	[m/s]	1,1	1,39	1,67	2,64	4,8
Ideelle Zugkraft: $Z_i = \frac{N_N \cdot 75}{V_0}$	[kg]	2400	1900	1580	1000	545
Fahrwiderstand: $F$	[kg]	256	256	256	256	256
Effektive Zugkraft: $Z_{eff}$	[kg]	2144	1644	1324	744	289
Schlupf: $S$	[%]	16	13	8	3	1
$1 - S$		0,84	0,87	0,92	0,97	0,99
Zughakenleistung:						
$N_Z = \frac{Z_{eff} \cdot V_0 \cdot (1 - S)}{75}$ (11)	[PS]	26,5	26,6	27,2	25,4	18,5

Aus der Tafel 4 ist zu ersehen, daß die Zughakenleistung des III. Ganges (6 [km/h]) mit 27,2 [PS] für diesen Schleppertyp das Optimum darstellt. Diesen III. Gang nennt man den Hauptarbeitsgang, bei dem der Schlepper bei Vollastdrehzahl des Motors die optimale Geschwindigkeit und den höchstmöglichen Wirkungsgrad hat.

Berechnen wir zuerst die Leistung, die erforderlich ist, um den Pflug im III. Gang zu ziehen:

$$N_{Pflug} = \frac{W \cdot V_{0III} \cdot (1 - S_{III})}{75}$$

$$W = 950 \text{ [kg]}$$

$$V_{0III} = 1,67 \text{ [m/s]}$$

$$S_{III} = 8 \%$$

$$N_{Pflug} = \frac{950 \cdot 1,67 \cdot 0,92}{75} = 19,5 \text{ [PS]}.$$

Setzen wir die höchstmögliche Zughakenleistung

$$N_{opt} = 27,2 \text{ [PS]}$$

zu der für diesen Pflug aufzunehmenden Leistung  $X_h$  ins Verhältnis

$$27,2 : 19,5 = 100 : X_h,$$

$$X_h = \frac{19,5 \cdot 100}{27,2} = 72 \%,$$

so scheint der Schlepper in der Ebene nur zu 72% ausgelastet und mit 28% Reserve zu arbeiten. Jeder Traktorist, der mit einem 40 [PS]-Schlepper unter den oben angenommenen Bedingungen gepflügt hat, weiß, daß er diese große Reserve niemals gefühlt hat. Der Schlepper müßte dann eine zusätzlich am Pflug angehängte kombinierte Notzonegge spielend ziehen.

Benötigte Zughakenleistung für Dreischarpflug und Notzonegge (Zugkraftbedarf = 250 [kg]):

$$N_{Pflug} \text{ und Notzon} = \frac{(950 + 250) \cdot 1,67 \cdot 0,92}{75} = 24,5 \text{ [PS]}.$$

Diese Leistung und  $N_{opt}$  ins Verhältnis gesetzt:

$$27,2 : 24,5 = 100 : X_{hn},$$

$$X_{hn} = \frac{24,5 \cdot 100}{27,2} = 90 \%$$

Der Schlepper wäre zu 90% ausgelastet, und wir hätten eine Reserve von 10%. Diese Leistung kann ein einwandfrei arbeitender Schlepper auch eine Zeitlang (etwa 1 Stunde) aufbringen, dann aber fällt die Leistung ab. Man sucht dann allerhand Gründe (z. B. Einspritzpumpe arbeitet schlecht, Düsen nicht in Ordnung u. dgl. mehr), die zum größten Teil nach genauer Überprüfung nicht stichhaltig sind.

Die Ursache liegt in einer völligen Überlastung des Motors. Man muß nämlich beim Schleppermotor zwischen verschiedenen Leistungen unterscheiden:

1. **Höchstleistung**  $N_{M \max}$ , das ist absolute Maximalleistung (Überlastung), die der Motor nur einige Minuten aufbringen kann.
2. **Dauerhöchstleistung** = **Nennleistung** = **Bremisleistung**  $N_{Mh}$ , die er eine Stunde lang nach der Neuerwerbung bzw. Generalüberholung aufbringen muß.
3. **Volleistung**  $N_{MV}$ , die den Dauerbetrieb (mindestens 10 bis 12 Stunden) ermöglicht.

Allgemein kann man annehmen, daß die Dauerhöchstleistung, auch Nennleistung genannt, etwa 85% und die Volleistung etwa 75% der Höchstleistung betragen

$$N_{Mh} = 0,85 N_{M \max},$$

$$N_{MV} = 0,75 N_{M \max}.$$

Für den Beispielschlepper, der die Nennleistung  $N_{Mh}$  von 40 [PS] hat, kann man demnach mit folgender Volleistung rechnen:

$$40 = 0,85 N_{M \max}$$

$$N_{MV} = 0,75 N_{M \max}$$

$$N_{M \max} = \frac{40}{0,85} = 47 \text{ [PS]}$$

$$N_{MV} = 0,75 \cdot 47 = 35,4 \text{ [PS]}.$$

Da wir gerade die verschiedenen Leistungen betrachtet haben<sup>1)</sup>, möchte ich kurz auf die Riemenscheibenleistung eingehen. Beim

<sup>1)</sup> Hierzu auch: Arbeitszeitmesser am Traktor S-80, Deutsche Agrartechnik 1952, H. 2, S. 51.

Dreschen können wir nur die Volleistung zugrunde legen, von welcher wegen der Verluste (Getriebe, Riemen, Riemenschlupf) etwa 10% abzuziehen sind. Sitzt die Riemenscheibe auf der Kurbelwelle (Bulldog), dann genügen 5%.

Bei unserem Schlepper:

$$\text{Riemenscheibenleistung} = 35,4 - 3,5 \approx 32 \text{ [PS]}.$$

$$\text{In Kilowatt umgerechnet: } 32 \cdot 0,74 = 23-24 \text{ [kW]}.$$

Es wäre überhaupt wünschenswert, daß die Riemenscheibenleistung auf jedem Schlepper in [kW] angegeben wäre, man hätte so manchen Ärger und Fehlschlag erspart.

Nun zurück zu unserem Beispiel.

Wir gehen jetzt bei der Berechnung der ideellen Zugkraft nicht von der Nennleistung, sondern von der Volleistung aus. Volleistung  $N_{MV} = 35,4 \text{ [PS]}$ ,

$$\text{Nabenleistung } N_{NV} = N_{MV} \cdot \eta_{\text{Getriebe}} = 35,4 \cdot 0,88 = 31,2 \text{ [PS]}.$$

Tafel 5  
Berechnung der einzelnen Zughakenleistungen bei Volleistung des Motors:

Gang		I	II	III	IV	V
Leerfahrtgeschwindigkeit: $V_0$	[km/h]	3,8	5,0	6,0	9,5	17,5
" " " " : $V_0$	[m/s]	1,1	1,39	1,67	2,64	4,85
Ideelle Zugkraft bei $N_{MV}$ :						
$Z_{iv} = \frac{N_{MV} \cdot 75}{V_0}$	[kg]	2100	1670	1400	880	480
Fahrwiderstand: $F$	[kg]	256	256	256	256	256
Effektive Zugkraft $Z_{eff}$ bei $N_{MV}$	[kg]	1864	1414	1144	524	224
Schlupf: $S$	[%]	16	13	8	3	1
$1 - S$		0,84	0,87	0,92	0,97	0,99
Zughakenleistung $Z_{eff}$ bei $N_{MV}$ :						
$NZV = \frac{Z_{eff} \cdot V_0 \cdot (1 - S)}{75}$	[PS]	23,1	22,8	23,3	17,9	14,4

Setzen wir die optimale Zughakenleistung 23,3 [PS] der Tafel 5 (III. Gang) und die oben schon berechnete benötigte Pflugleistung  $N_{Pflug} = 19,5 \text{ [PS]}$  zueinander in Proportion:

$$23,3 : 19,5 = 100 : X_V \quad X_V = \frac{19,5 \cdot 100}{23,3} = 84\%.$$

dann haben wir eine Leistungsreserve von 16%. Das entspricht gut der Erfahrung in der Praxis.

Eine Notzonegge kann nicht mehr an den Pflug gehängt werden, weil der Leistungsaufwand für den III. Gang bei dieser Geräteschaltung etwa 24,5 [PS] betragen würde und damit über dem Bereich der Volleistung des Motors liegt. Auch dieses entspricht den praktischen Erfahrungen.

Der spezifische Kraftstoffverbrauch [g/PS·h] für 4-Takt-Dieselmotoren ist bei einer Belastung von 65 bis 100% und für 2-Takt-Glühkopfmotoren von 70 bis 95% optimal und konstant. Somit würde die Belastung des von uns betrachteten Schleppers auch in den Grenzen eines günstigen Brennstoffverbrauchs liegen.

Allerdings gibt es eine Menge Zugarbeiten, die, wenn sie einzeln ausgeführt werden, eine ungünstige Schlepperauslastung bedeuten würden. Hier kann man durch eine günstige *Gerätekopplung* nicht nur den Schlepper günstiger auslasten, sondern schafft oftmals bessere Wachstumsbedingungen und damit unter entsprechenden Verhältnissen höhere Erträge. Daß die Arbeitsproduktivität der Traktoren der MTS durch die Gerätekopplung erhöht wird, steht außer Frage. Was ist nun bei der Kopplung mehrerer Bodenbearbeitungsgeräte generell zu beachten?

1. Die Zugkraft des Schleppers muß mit dem Zugkraftbedarf der Geräte in Einklang gebracht werden. Nachdem die Bodenverhältnisse, der Kulturzustand, der Bearbeitungszustand der Bodenoberfläche und die Bodenfeuchtigkeit berücksichtigt sind, hat man sich für diese oder jene Geräteschaltung zu entscheiden, wobei die Verantwortung der Agronom trägt, weil er die zu bearbeitende Fläche kennen soll, damit, ackerbaulich gesehen, keine falschen Kopplungen zusammengestellt werden. Wir dürfen nicht koppeln nur wegen der Kopplungsmöglichkeit, wie es zuweilen in der Praxis gemacht wird.

Jetzt ist zu entscheiden, mit welcher Geschwindigkeit gearbeitet werden soll, weil die Arbeitsgeschwindigkeit die Zugkraft und damit die Arbeitsbreite der verwendeten Geräte beeinflusst. Am günstigsten ist natürlich, man fährt den Schlepper mit der optimalen Geschwindigkeit (in unserem Beispiel dem III. Gang), wobei der Schlepper den größt-

möglichen Wirkungsgrad hat, oder man fährt mit einer höheren oder niederen Geschwindigkeit, wenn die Arbeitsgüte es verlangt. Entscheidend ist im allgemeinen nicht der Wirkungsgrad des Schleppers, sondern die Güte der Arbeit, weil sie entscheidend für die Erträge ist. Gegen diesen Grundsatz wird in der Praxis oft verstoßen. Die günstigste Arbeitsgeschwindigkeit des Schleppers ist für jeden Schleppertyp bekannt. Über die günstigsten Arbeitsgeschwindigkeiten des Pfluges, Grubbers, Zinkenegge, Walze, Schleppe, Drillmaschine, Binders und besonders der Scheibenegge gehen die Meinungen der Praxis weitgehend auseinander. Über den Zugkraftbedarf der einzelnen Geräte, auch von Gerätekopplungen, hat J. Krüger in einer Arbeit — „Untersuchungen über den Arbeits- und Zugkraftbedarf landwirtschaftlicher Geräte und Maschinen“ — wertvolle Angaben für die Praxis ermittelt. Krüger führte seine Untersuchungen auf dem Versuchsgut in Bornim durch. Um den in Bornim festgestellten Zugkraftbedarf der einzelnen Geräte auch für andere Gegenden verwenden zu können, ist es nötig, mit einem Umrechnungsfaktor zu rechnen. Der spezifische Bodenwiderstand in Bornim beträgt nach Krüger 30,3 [kg/dm<sup>2</sup>]. Im Mittel benötigen wir für sandigen Lehm 40,1 [kg/dm<sup>2</sup>]. Damit gibt sich ein Verhältnis der Pflugwiderstände in Bornim und bei sandigem Lehm wie 30,3 : 40,1, oder abgerundet von 3 : 4. Die Werte von Krüger müssen also mit dem Faktor  $4/3 = 1,33$  multipliziert werden. Bei sandigem Lehm kann man alle Bornimer Werte mit diesem Faktor umrechnen, wenn die betreffenden Geräte einen Bodenquerschnitt bearbeiten. Dieser Methode haften Mängel an, sie gibt aber den Kollegen, die plötzlich vor der Frage der Zugkraftbedarfsbestimmung der einzelnen Geräte stehen, die Möglichkeit, einen annähernd richtigen Wert zu errechnen.

- Die zweckmäßige Verbindung von Arbeitsgängen ist eingehend zu überlegen. Beim Pflügen ist Wert zu legen auf den günstigen Wassergehalt des Bodens für die Nachbearbeitung und auf die wassersparende Wirkung. Bei der Saatbettbereitung ist wieder auf die wassersparende Wirkung, Risikoverminderung für die vorangegangenen Arbeiten und betriebswirtschaftliche Ersparnis zu achten. Bei der Halmfruchternte soll die Schattengare erhalten werden, die von großer Bedeutung für den Zwischenfruchtbau ist und für die spätere Bodenbearbeitung den Zugkraftaufwand herabsetzt. Gerade hier wird der gesamte Kulturzustand des Ackers entscheidend beeinflusst. Die zweckmäßige Verbindung von Arbeitsgeräten ist ein Gebiet für sich, das man in ein paar Zeilen nicht gründlich erfassen kann.
- Die richtige technische Durchführung der Kopplung erwartet größtes technisches Verständnis und Beobachten der getroffenen Kopplung, ob Anhängpunkte und Kräftespiel von Schlepper und Gerät richtig ausgewogen sind. Es ist stets darauf zu achten, daß die Übergreifverluste in normalen Grenzen bleiben, denn sie wirken negativ auf die Wirtschaftlichkeit und Leistung des Schleppers ein. Viele Beschädigungen treten beim Wenden ein; es werden oft hohe Reparaturkosten verursacht, und das eine oder andere Gerät fällt gänzlich aus, gerade zu der Zeit, wo, wegen des Spitzeneinsatzes auf allen Betrieben, kein Ersatz zu beschaffen ist.
- Die Berücksichtigung des Arbeitsschutzes ist ein Punkt, auf den nicht genug hingewiesen werden kann. Die Sorge um den Menschen ist hier in der Landwirtschaft am größten. Denken wir nur an die Zapfwelle, die schreckliche Gefahrenquelle in der Landwirtschaft. Viele Unfälle treten ein, wenn Geräte einer Kopplung verstopfen, aber nicht ohne Anhalten des ganzen Zuges gereinigt werden können. Man findet dann allzuoft die Unvorsichtigkeit, daß, um einen Leistungsverlust zu vermeiden, bei vollem Gang der Maschine die Behebung der Verstopfung vorgenommen wird.

Abschließend wünschen wir, daß unsere Industrie in Kollektivarbeit mit der Praxis Kopplungsaggregate herausbringt, die in ihrem Zugkraftbedarf im Bereich der optimalen Zugkraft der gebauten Schlepper liegen, die uns aber auch mehr und mehr von dem Geleitzugsystem lösen. Über die Mängel und erforderlichen Rüstzeiten von Kopplungen ist die Praxis besser

Schluß s. nächste Seite unten links

# Arbeitsbreite und Fahrgeschwindigkeit der Mähdrescher S-4 und S-6

S. M. KOGAN, Moskau

Wir bringen nachstehend den Schluß dieses Aufsatzes zum Abdruck, nachdem wir den ersten Teil in unserem Februarheft veröffentlichten.

Die Vergrößerung der Arbeitsbreite auf 5 m gestattet, die Leistung der Mähdrescher um 25% zu erhöhen, wenn die Durchlaßfähigkeit der Dreschmaschine nicht voll ausgenutzt wird, wie beim Ernten von mittel- und wenigertragreichen und wenig Stroh gebenden Getreidearten, z. B. Sommergetreide mit kurzen Halmen.

Bei ertragreichem Getreide kann der Mähdrescher mit geringen Fahrgeschwindigkeiten arbeiten, und dank diesen verringert sich der Energieaufwand zur Fortbewegung, und es verbessert sich auch die Arbeitsgüte des Mähapparates. Die gemachten Angaben gestatten den Schluß auf die Zweckmäßigkeit der Vergrößerung der Arbeitsbreite des Selbstfahrer-Mähdreschers S-4 von 4 auf 5 m.

Hier ist auch als richtig und sehr aktuell die von dem SKB der Tulaer Fabrik durchgeführte Arbeit anzuerkennen, der Ent-

wurf eines neuen Mähapparates mit Bandförderer für den Mähdrescher S-4 mit einer Arbeitsbreite von 5 m. Berücksichtigt man aber eine Reihe von betrieblichen Vorzügen der Schneckenförderer gegenüber den Bandförderern, so wäre es wünschenswert, einen Mähapparat mit vergrößerter Arbeitsbreite und Schneckenförderer zu schaffen.

Als Einwand gegen die Vergrößerung der Arbeitsbreite wird bisweilen vorgebracht, daß die Fahrer der Mähdrescher, um beim Ernten ertragreichen Getreides eine höhere Leistung zu erzielen, lange Stoppeln stehenlassen. Dies war auch nicht unbegründet, als die Anhängemähdrescher anfangs mit dem Traktor STS-NATJ arbeiteten, dessen geringste Fahrgeschwindigkeit 3,8 km/h auf der ersten Schaltstufe betrug. Beim Abernten ertragreichen Getreides mußte man unter diesen Umständen die Fahrgeschwindigkeit auf der ersten Schaltstufe durch Drosselregulierung herabsetzen oder mit nicht voller Arbeitsbreite des Mähapparates arbeiten, und das führte zu größeren Körnerverlusten in abgeschnittenen Ähren und zu ungleichmäßiger Zufuhr des Getreides zur Dreschmaschine. Auf diese Weise bestimmt sich die mögliche Arbeitsbreite durch die maximale Belastung der Dreschmaschine beim Fahren auf der ersten Schaltstufe des Traktors STS-NATJ.

Im Augenblick hat sich die Lage grundlegend geändert. Der Selbstfahrer-Mähdrescher S-4 umfaßt einen großen Bereich der Fahrgeschwindigkeiten, mit der kleinsten Geschwindigkeit 1,7 km/h sogar bei 5 m Arbeitsbreite kann dieser Mähdrescher auf der ersten Schaltstufe mit voller Arbeitsbreite Getreide mit 40 bis 50 dz/ha Kornertrag abernten, gegenüber dem Mähdrescher „Stalinez-1“, der auf der ersten Schaltstufe des Traktors STS-NATJ nur Getreide mit 20 bis 25 dz/ha Kornertrag (beim Arbeiten mit voller Arbeitsbreite) abernten konnte. Bei dem Anhängemähdrescher bestimmt sich die größte Arbeitsbreite durch die Möglichkeit des Aberntens ertragreicher Getreidearten bei geringsten Fahrgeschwindigkeiten des Traktors. Hierbei muß man berücksichtigen, daß alle Dieseltraktoren (DT-54, S-80 und KD-35) mit Drehzahlregulatoren der Motoren ausgestattet sind, und das erlaubt, die Fahrgeschwindigkeit des Aggregates auf der ersten Schaltstufe um 1 bis 1,2 km/h herabzusetzen, so z. B. für die Traktoren DT-54 und KD-35 bis auf 2,5 km/h. Noch mehr kann die Fahrgeschwindigkeit des Traktors S-80 herabgesetzt werden – seine Geschwindigkeit auf der ersten Schaltstufe beträgt rechnermäßig 2,25 km/h und kann durch Anwendung des Drehzahlregulators noch weiter verringert werden. Hierbei wird die Zugkraft des Traktors (für die betreffende Schaltstufe) bei Herabsetzung der Drehzahl des Dieselmotors nicht vermindert.

Wenn man die Arbeitsbreite der Anhängemähdrescher bestimmt, muß man noch im Auge behalten, daß in den Hauptgetreidegebieten die Mähdrescher oft gleichzeitig mit dem Stoppelschäler arbeiten müssen, da hierdurch eine bessere Ausnutzung der Leistung der Raupenschlepper und auch ein höherer agrotechnischer Effekt erreicht wird als bei gesondertem Schälen.

Man muß deshalb bei der Bestimmung der Arbeitsbreite eines Anhängemähdreschers den Zugwiderstand des Schälers, der mit dem Mähdrescher zusammenarbeitet, berücksichtigen und den Gesamtwiderstand des Ernteaggregates mit der Zugleistung des Traktors in Übereinstimmung bringen.

Wenn man die bedeutenden Unterschiede der Bedingungen der Getreideernte (Kornertrag, Strohgehalt usw.) für die einzelnen Gebiete des Landes in Betracht zieht, ist es zweckmäßig, die Fragen des Mähdrescherbaues mit Rücksicht auf die betreffenden Gebietsbedingungen zu studieren und Mähdrescher mit verschiedenen Arbeitsbreiten den Hauptgetreidegebieten

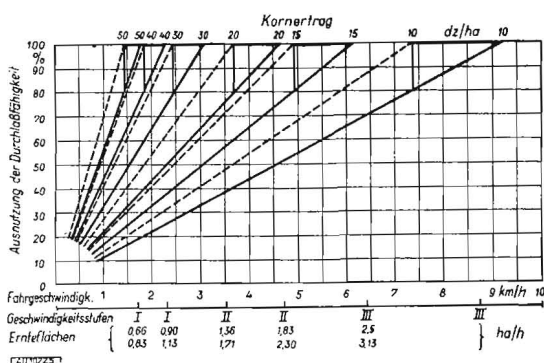


Bild 5. Grad der Ausnutzung der Durchlaßfähigkeit der Dreschmaschine der Kombine S-4 in Abhängigkeit von der Arbeitsbreite (4 und 5 m) und des Hektarertrages der Getreidearten bei einem Strohanfall von 1,5.

Abzissen: Fahrgeschwindigkeiten km/h  
Geschwindigkeitsstufen  
Ernteflächen ha/h (für 4 und 5 m Arbeitsbreite)  
Ordinaten: Ausnutzung der Durchlaßfähigkeit %  
Oben waagrecht: Kornertrag dz/h  
----- Arbeitsbreite 4 m  
----- „ 5 m

Schluß v. Seite 74

unterrichtet, als wir annehmen. Sie muß dieses Übel in Kauf nehmen, weil Besseres ihr bisher nicht zur Verfügung steht. Den Entwicklungsbüros usw. möchten wir sagen, daß sie für ein und denselben Zweck nicht zuviel Aggregate entwickeln, weil wir sonst an einer Maschineritis erkranken können, an der andere Länder bereits leiden. Wir, die wir die Aufgabe haben, unseren Studenten den Aufbau und die Wirkungsweise der einzelnen Maschinen und Geräte verständlich zu machen, wollen eine geringe Anzahl von Typen haben und nicht semesterlang mit unseren Studenten abwägen, welcher Maschine, wenn sie denselben Zweck zum Ziel hat, wir den Vorzug geben können. An der Entwicklung und Funktionsprüfung wollen wir gern mitarbeiten, damit die Praxis Geräte erhält, die der werktätige Bauer und die fortschrittliche Landwirtschaftswissenschaft für zweckmäßig halten.

A 1076

## Literatur

- G. Blohm: „Angewandte Landwirtschaftliche Betriebslehre“. 3. Auflage, 1948.  
J. Krüger: „Untersuchungen über den Arbeitszeit- und Zugkraftbedarf landwirtschaftlicher Geräte und Maschinen“. Inauguraldissertation Berlin 1947 (Jahr der Drucklegung).  
E. Neubauer: „Schlepper-Jahrbuch 1950“.  
O. Rosenkranz: „Zur Ermittlung des Kraftstoffbedarfs in der Landwirtschaft“, „Deutsche Bauerntechnik“, Heft 4, 1950, S. 3.  
Wicha: „Schlepperpensum und Verhältnis von Motor-PS zu ZVE“, „Deutsche Bauerntechnik“, Heft 4, 1950.