

# Fahrmechanische Untersuchungen am Mährescher S-4

Von cand. ing. R. BUCHMANN, Dresden

DK 631.354.2.001.5

Zur Erreichung der höchstmöglichen Produktivität und Wirtschaftlichkeit des Mähreschers S-4 ist es notwendig, die Betriebseigenschaften des Mähreschers genau zu untersuchen<sup>1)</sup>. Erst die gründliche Kenntnis nicht nur des Aufbaues, sondern vor allem auch der Fahreigenschaften und Besonderheiten schaffen die Möglichkeit, die optimalen Belastungen und Fahrgeschwindigkeiten für das Aggregat zu wählen und entsprechend den Arbeitsbedingungen zu verändern. Dadurch wird eine vollständige Ausnutzung der Betriebsmöglichkeiten und Leistungsreserven erzielt und die beste Produktivität und Wirtschaftlichkeit gewährleistet. Der nachfolgende Bericht vermittelt das Ergebnis solcher Untersuchungen.

Um ein klares Bild über die Fahreigenschaften des Mähreschers zu erhalten, ist die Aufstellung des Arbeitsdiagramms notwendig. Es gibt einen genauen Überblick der den Triebädern zugeführten Leistungen und vermittelt genaue Kenntnisse der wirkenden Kräfte in den Übertragungsteilen. Im Arbeitsdiagramm sind die an den Triebädern verfügbaren Umfangskräfte  $U$  [kp] über der Umfangsgeschwindigkeit  $V_u$  [km/h] aufgetragen, wenn der Motor nur das Fahrwerk antreibt (Bild 1).

Dem Arbeitsdiagramm liegen die Daten der deutschen Ausführung des Mähreschers S-4 zugrunde.

**Motor:**

Horch-Viertakt-Diesel Typ EM 4-15 mit Wirbelkammer  
 Zylinderzahl  $z = 4$   
 Kolbenhub  $H = 140$  mm  
 Gesamthubvolumen  $V_A = 6,024$  dm<sup>3</sup>  
 Höchstleistung  $N_{max} = 67$  PS  
 bei Höchstzahl  $n_{max} = 1500$  min<sup>-1</sup>

**Fahrwerk:**

Fahrwerkuntersetzungen  
 Motor-Schaltgetriebe (Keilriemen)  $\varphi_m = 1,37$   
 Schaltgetriebe (Phänomen Typ AGN 14 Z)  
 im 1. Gang  $\varphi_I = 6,05$   
 im 2. Gang  $\varphi_{II} = 3,09$   
 im 3. Gang  $\varphi_{III} = 1,71$   
 im 4. Gang  $\varphi_{IV} = 1,00$

Triebachsschaltgetriebe Differential  
 im Geländegang  $\varphi_G = 20$   
 im Normalgang  $\varphi_N = 14,62$

**Gesamtfahrwerkuntersetzung**

im 1. Gang  $\varphi_{01} = \varphi_m \cdot \varphi_I \cdot \varphi_G = 166$   
 im 2. Gang  $\varphi_{02} = \varphi_m \cdot \varphi_{II} \cdot \varphi_N = 122$   
 im 3. Gang  $\varphi_{03} = \varphi_m \cdot \varphi_{III} \cdot \varphi_G = 84,5$   
 im 4. Gang  $\varphi_{04} = \varphi_m \cdot \varphi_{IV} \cdot \varphi_N = 62$   
 im 5. Gang  $\varphi_{05} = \varphi_m \cdot \varphi_{III} \cdot \varphi_G = 46,8$   
 im 6. Gang  $\varphi_{06} = \varphi_m \cdot \varphi_{III} \cdot \varphi_N = 34,3$   
 im 7. Gang  $\varphi_{07} = \varphi_m \cdot \varphi_{IV} \cdot \varphi_G = 27,4$   
 im 8. Gang  $\varphi_{08} = \varphi_m \cdot \varphi_{IV} \cdot \varphi_N = 20,1$

**Gesamtwirkungsgrad der Fahrwerkuntersetzung**

für alle Gänge  $\eta_G = 0,85$   
 Bereifung der Triebäder 11,25–24 AS verstärkt  
 wirksamer Halbmesser  $D_{1/2} = 525$  mm

Die Motorcharakteristik, mittlerer effektiver Druck  $p_e$  [kg/cm<sup>2</sup>] über Motordrehzahl  $n$  [min<sup>-1</sup>], des Horch-Viertakt-Dieselmotors Typ EM 4-15 mit den Linien konst. spez. Kraftstoffverbrauchs  $b_e$  [g/PS h] und der Hyperbelschar konst. effekt. Leistung  $N_e$  [PS] wurde einer Mitteilung aus dem IVK der TH Dresden [2] entnommen (Bild 3).

Für die Verwendung des Motors im Mährescher S-4 wird die max. Motordrehzahl durch Endregler auf  $n_{max} = 1500$  min<sup>-1</sup> gedrosselt und damit seine Höchstleistung auf  $N_{max} = 67$  PS begrenzt. Für diesen Betriebsbereich wurden die Linien konst. stündlichen Kraftstoffverbrauchs  $B_e$  [kg/h] eingetragen (Bild 4).

**Die Auflegeschablone**

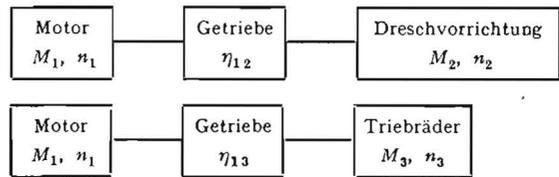
Während des Mähdruschs steht aber nur ein Teil der Motorleistung für das Fahrwerk zur Verfügung. Für den Leistungsbedarf der Dreschvorrichtung  $N_{dr}$  [PS] in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit  $V$  [km/h] liegen Angaben [3] vor, die sich auf mittlere Erntebedingungen in der Söwjetunion beziehen (Bild 5). Diese Werte (Bild 6) sind auch für die deutsche Aus-

<sup>1)</sup> Siehe auch „Kompendium der sowjetischen Landmaschinen“ VEB Verlag Technik, Berlin.

führung des Mähreschers unter deutschen Ernteverhältnissen zur Aufstellung der Auflegeschablone (Bild 2) benutzt worden. Unter der Annahme, daß die Kurve  $N_{dr} = f(V)$  den Leistungsbedarf für die Dresch- (und Schneid-)Vorrichtung angibt, die deren normalen Drehzahlen entspricht, wurde dieser Leistungsbedarf unter Berücksichtigung eines Schlupfes der Triebäder von  $s = 8\%$  in eine an den Triebädern wirkend angenommene Umfangskraft  $P_{udra}$  [kp] umgerechnet und über  $V_u$  [km/h] aufgetragen. Die Ableitung der Umrechnungsformel

$$P_{udra} = 716,2 \cdot \frac{3,6 \pi}{30} \cdot \frac{N_{dr}}{V_u} \quad [\text{kp}]$$

die allgemeine Gültigkeit für die Umrechnung einer Anzapfleistung auf das  $U-V_u$ -Diagramm haben dürfte, folgt nach:



Es sind

- $n_1$  Drehzahl des Motors [min<sup>-1</sup>]
- $M_1$  Motordrehmoment [mkp]
- $n_2$  Drehzahl einer gedachten Riemenscheibe, die die Dreschvorrichtung antreibt [min<sup>-1</sup>]
- $M_2$  Drehmoment an dieser Riemenscheibe [mkp]
- $n_3$  Drehzahl der Triebäder [min<sup>-1</sup>]
- $M_3$  Drehmoment an den Triebädern [mkp]
- $\eta_{12}$  Übertragungswirkungsgrad Motor-Dreschvorrichtung
- $\eta_{13}$  Übertragungswirkungsgrad Motor-Triebäder

Da  $\eta_{12} n_1 M_1 = n_2 M_2$  und  $\eta_{13} n_1 M_1 = n_3 M_3$  } vgl. vorstehende Skizzen

gilt  $n_3 M_3 = \frac{\eta_{13}}{\eta_{12}} \cdot n_2 M_2$ .

Setzt man der Einfachheit halber  $\eta_{12} = \eta_{13}$ ,

so wird daraus mit  $M_2 = 716,2 \frac{N_{dr} [\text{PS}]}{n_2 [\text{min}^{-1}]}$  [mkp]

und  $n_3 = f(V_u, D_t) = \frac{60}{3,6 \cdot \pi} \cdot \frac{V_u [\text{km/h}]}{D_t [\text{m}]}$  [min<sup>-1</sup>]

sowie  $M_3 = P_{udra} \frac{D_t}{2}$  [mkp].

$$P_{udra} = 716,2 \frac{3,6 \cdot \pi}{30} \cdot \frac{N_{dr} [\text{PS}]}{V_u [\text{km/h}]} \quad [\text{kp}]$$

In Bild 2 ist  $P_{udra}$  [kp] über  $V_u$  [km/h] in gleichen Maßstäben wie in Bild 1 gezeichnet.

Die Differenz von  $U$  und  $P_{udra}$  ist die während des Mähdruschs an den Triebädern verbleibende Umfangskraft und steht dem Mährescher S-4 zur Vorwärtsbewegung zur Verfügung.

Der Kraftbedarf zur Vorwärtsbewegung ist durch die Fahrwiderstandskräfte  $P_w$  [kp] bedingt. Diese sind im allgemeinen<sup>2)</sup>

die Steigungswiderstandskraft  $P_{ws}$  [kp]

die Rollwiderstandskraft  $P_{wr}$  [kp]

und die Zugwiderstandskraft  $P_{wz}$  [kp].

Für den Mährescher S-4 mit angehängtem Zugwagen (Spreuwagen oder Strohwagen) gilt für die Summe dieser Kräfte

<sup>2)</sup> Zum Beispiel wird die Luftwiderstandskraft, die bei Wind infolge der relativ großen Querschnittsfläche des Mähreschers S-4 von Einfluß sein könnte, nicht berücksichtigt

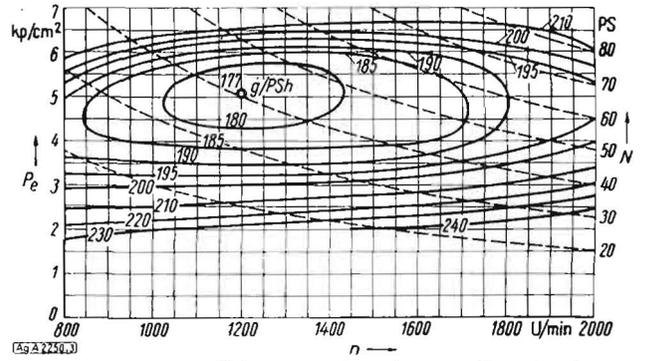


Bild 3. Motorencharakteristik des Horch-Dieselmotors Typ EM 4-15 mit Linien konst. Kraftstoffverbrauchs  $i$ , [g/PSh] nach [2]

$\Sigma P_w$  [kp]

$$\Sigma P_w = P_{wr} + P_{wz} \mp P_{ws} = (G + G_z) (f \mp \sin \alpha),$$

wobei

$G$  das Betriebsgewicht des Mähreschers S-4 [kp],

$G_z$  das Betriebsgewicht des Zugwagens [kp],

$f$  der Rollwiderstandsbeiwert [kp/kp],

$\alpha$  der Steigungswinkel [°]

ist.

$\Sigma P_w$  entnimmt man für das jeweilig vorhandene Betriebsgewicht  $G + G_z$  [kp] (mit oder ohne Zugwagen) und für die bestimmte vorliegende Steigung zweckmäßig Bild 6, in dem der Rollwiderstandsbeiwert von  $f = 0,1$  [kp/kp], den mittleren deutschen Ernteverhältnissen entspricht, berücksichtigt ist.

**Anwendung und Gültigkeit**

Das Arbeitsdiagramm ist für jede Umfangsgeschwindigkeit  $V_u$  [km/h] gültig. Es gibt u. a. unmittelbar Auskunft über folgende Fragen:

1. Welche Umfangskraft  $U$  [kp] kann in einem bestimmten Gang, bei einer bestimmten Umfangsgeschwindigkeit  $V$  [km/h] vom Motor theoretisch über die Übertragungselemente (Keilriemen, Kupplung, Wechsel-, Untersetzungs- und Differentialgetriebe) auf die Triebräder übertragen werden?

2. Wie groß ist der Kraftstoffverbrauch  $B_e$  [kp/h] bei einer bestimmten Umfangskraft  $U$  [kp] in den dafür infrage kommenden Gängen?

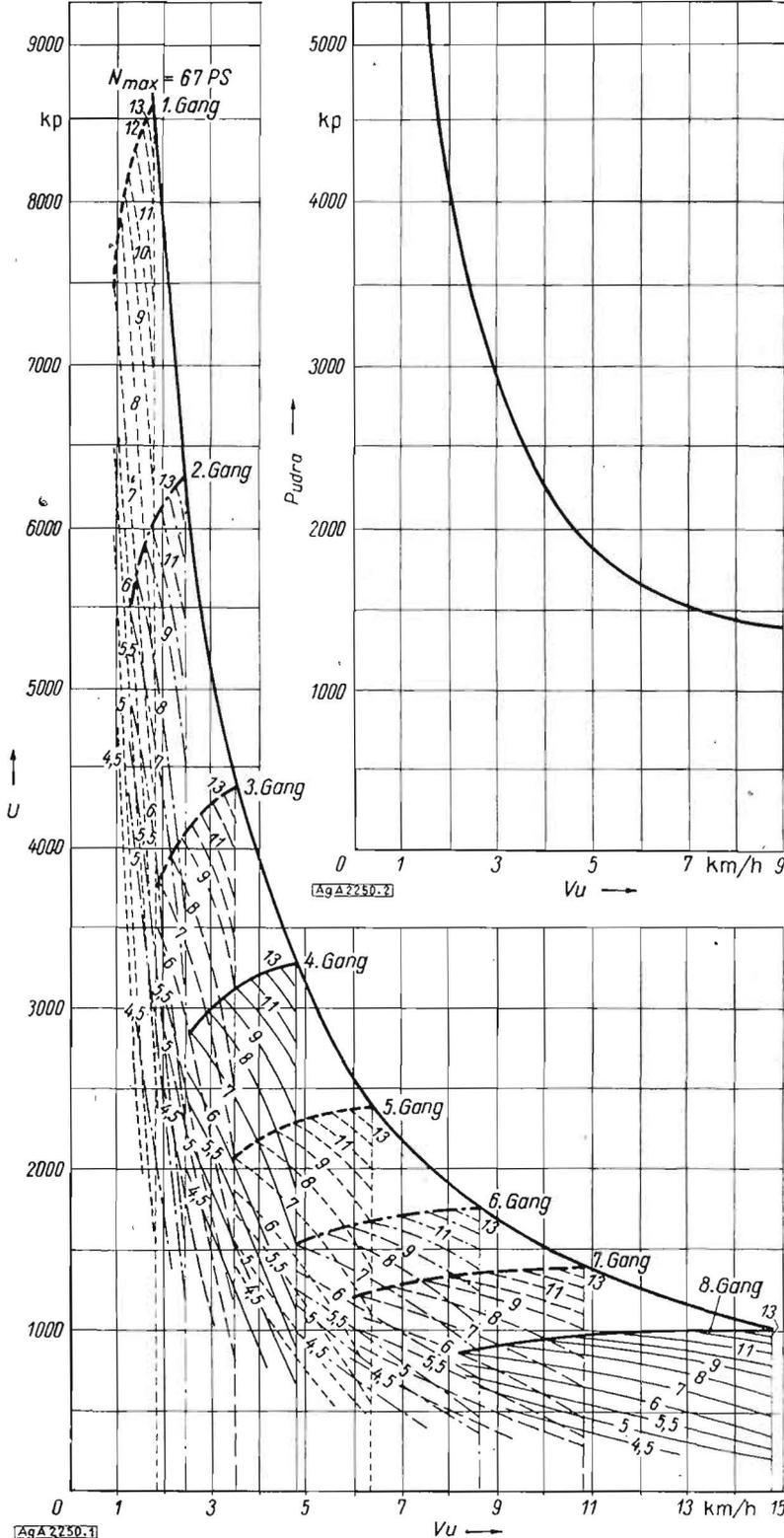
Zeichnet man Bild 2 auf Transparentpapier durch und benutzt dieses als Auflegeschablone zu Bild 1, so gibt das Arbeitsdiagramm u. a. unmittelbar Auskunft über folgende Fragen:

3. Welche Umfangskraft  $U$  [kp] kann in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen unter Abzug des Kraftbedarfs für die Dreschvorrichtung  $P_{udra}$  [kp] vom Motor theoretisch über die Übertragungselemente auf die Triebräder übertragen werden?

Bild 1. Arbeitsdiagramm des Mähreschers S-4 mit Linien konst. Kraftstoffverbrauchs  $B_e$  [kp/h]

Bild 2. Auflegeschablone zu Bild 1. Kraftbedarf der Dreschvorrichtung  $P_{udra}$  [kp] des Mähreschers S-4 in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit  $V_u$  [km/h]

[Aus technischen Gründen bringen wir die vollständige Auflegeschablone im nächsten Heft]



4. Welche Umfangskraft  $U$  [kp] bleibt in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen nach Abzug der Fahrwiderstandskräfte  $\Sigma P_w$  [kg] als Reservekraft übrig?

5. Wie groß ist der Kraftstoffverbrauch  $B_e$  [kp/h] bei einem durch  $(G + G_z)$ ,  $\alpha$  und  $f$  gekennzeichneten Fahrzustand des Mähreschers in den betreffenden Gängen?

Das Arbeitsdiagramm unter Benutzung der Auflegesablone ist gültig für die einzelnen Geschwindigkeitsstufen, das sind die jeweiligen Höchstumfangsgeschwindigkeiten in den Gängen, also für die Umfangsgeschwindigkeiten, an die der Mährescherführer während des Mähdruschs gebunden ist.

Zu den Fragen unter 1 bis 5 folgende Beispiele:

Zu 1.

Gesucht:  $U$  [kp] Gegeben:  $V_u = 6$  km/h

Lösung:  $U \approx 2400$  kp im 5. Gang

$U \approx 1700$  kp im 6. Gang

Zu 2.

Gesucht:  $B_e$  [kp/h] Gegeben:  $U = 3000$  kp

Lösung:  $B_e \approx 7,3$  kp/h bei 3 km/h (3. Gang)

$B_e \approx 8,1$  kp/h bei 3 km/h (4. Gang)

$B_e \approx 12$  kp/h bei 4,8 km/h

Zu 3.

Gesucht:  $U$  [kp] Gegeben: Geschwindigkeitsstufen 2 bis 6

Lösung: Lege Arbeitsdiagramm und Auflegesablone so übereinander, daß sich ihre Koordinatensysteme decken.

[kp]	Geschwindigkeitsstufe
$U \approx 2900$	2
$U \approx 1880$	3
$U \approx 1380$	4
$U \approx 840$	5
$U \approx 375$	6

Zu 4.

Gesucht:  $U$  [kp] Gegeben: Mährescher mit Spreuwagen, beide leer, auf Ebene  $\rightarrow \Sigma P_w \approx 560$  kp (nach Bild 6)

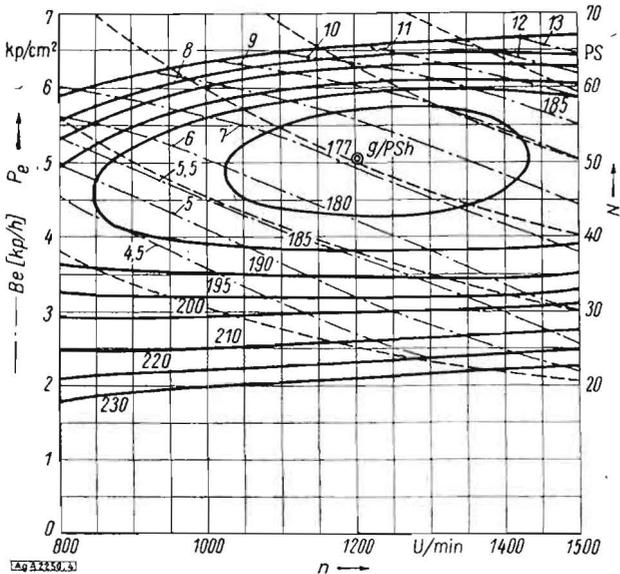


Bild 4. Motorencharakteristik des Horch-Dieselmotors Typ EM 4-15] für den Mährescher S-4 mit Linien konst. Kraftstoffverbrauchs  $B_e$  [kp/h]

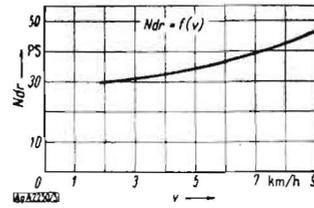


Bild 5. Leistungsbedarf [PS] des Mähreschers S-4 in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit  $V$  [km/h] nach [3].

Lösung: Lege Arbeitsdiagramm und Auflegesablone so übereinander, daß sich die Ordinate und die Gerade  $\Sigma P_w = 560$  kp der Auflegesablone mit dem Koordinatensystem des Diagramms decken.

[kp]	Gang
$U \approx 2350$	2
$U \approx 1350$	3
$U \approx 930$	4
$U \approx 300$	5

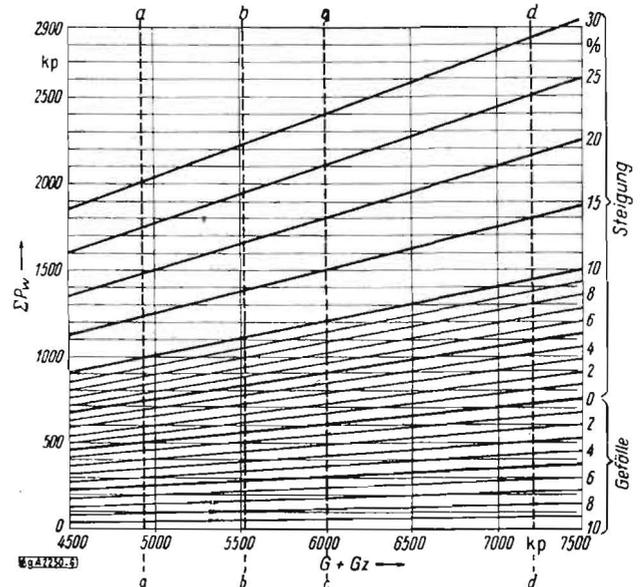


Bild 6. Summe der Fahrwiderstandskräfte  $\Sigma P_w$  [kp] des Mähreschers S-4 für verschiedene Steigungen unter Berücksichtigung eines Rollwiderstandsbeiwertes von  $f = 0,1$  [kp/kp] in Abhängigkeit vom Betriebsgewicht  $G + G_z$  [kp]  
a Mährescher ohne Spreuwagen, leer; b Mährescher mit Spreuwagen, beide leer; c Mährescher ohne Spreuwagen, voll; d Mährescher mit Spreuwagen, beide voll

Zu 5.

Gesucht:  $B_e$  [kp/h] Gegeben: Mährescher ohne Spreuwagen, voll, Steigung von 5%  $\rightarrow \Sigma P_w \approx 900$  kp (nach Bild 6)

Lösung: Lege Arbeitsdiagramm und Auflegesablone so übereinander, daß sich die Ordinate und die Gerade  $\Sigma P_w = 900$  kp der Schablone mit dem Koordinatensystem des Diagramms decken.

[kp/h]	Gang
$B_e \approx 8,6$	2
$B_e \approx 9,8$	3
$B_e \approx 11$	4

Literatur

[1] A. JANTE: Zur Entwurfsplanung von Ackerschleppern — Diagramme von Ackerschleppern: Agrartechnik (1951) H. 11.  
[2] H. KAHLISCH: Fahrzeugmotoren und Kraftfahrzeugcharakteristiken, Horch-Diesel-Lastkraftwagen H 3 A. Kraftfahrzeugtechnik (1954) H. 6.  
[3] KISSELJEW: Leistungsreserven im Maschinen- und Traktorenpark. Deutscher Bauernverlag Berlin (1954). A 2250