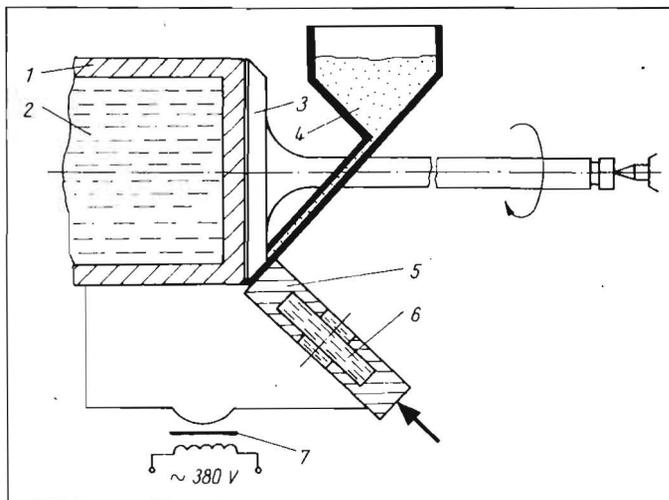


Bild 7
Schematische Darstellung des Mehrflammenbrenners für das Flammauftragschweißen von Motorenventilen [6];
1 Ventil, 2 Gasflamme, 3 Pulver, 4 Brennerdüse, 5 Düsenaufnahme

Bild 8
Aufsintern von Ventilkegelsitzen (schematisch) [6];
1 Kupferunterlage, 2 Wasserkühlung, 3 Ventil, 4 Pulver, 5 Kupferdruckrolle, 6 Wasserkühlung, 7 Transformator



geschlossen. Nach einer Vorwärmung durch die Gasflamme auf 500°C wird das Pulver PG-ChN 80 SP 3 aus dem Trichter dosiert herausgelassen. Während die Rotationsgeschwindigkeit herabgesetzt wird, schmilzt die Pulverschicht vollständig. Diese Auftragmethode ist für fast alle Ventiltypen geeignet. Bei 90%iger Pulvernutzung hat sie eine Produktivität von 1 Ventil je Minute.

3.2.3. Aufsintern der Ventilkegelsitze

Diese moderne Auftragmethode besteht im Aufsintern von metallischem Pulver unter dem Druck einer wassergekühlten Rolle und bei einer hohen Temperatur, die durch große und impulsartige Stromdichte (3000 bis 5000 A/cm²) erzeugt wird (Bild 8). Aufgesintert wird das Pulver PCh 20 N 80-1 (21,86% Cr; 78,6% Ni; 0,1% Fe; 0,06% Ti; 0,04% C; 0,04% Si; 0,01% Mn; 0,005% S; 0,015% Ca). Die erreichbare Haftfestigkeit zwischen Schicht und Grundwerkstoff beträgt 250 bis 450 MN/m², die Mikrohärtigkeit der Schicht 1200 MN/m².

3.2.4. Lichtbogen-Auftragschweißen

Dieses Auftragverfahren ist das meist ver-

breitete in der Instandsetzung. Am häufigsten werden Cr-Ni-Austenite bzw. Stellite (Hartlegierungen auf der Basis von Co und Cr) als Zusatzwerkstoffe verwendet. Die unterschiedlichen Auffassungen über die Auswahl der Zusatzwerkstoffe zeigen sich in der großen Palette der angebotenen Legierungen. In der BRD werden als Zusatzwerkstoffe Austenite verwendet, in der UdSSR und in England werden Stellite bevorzugt [8, 9].

4. Zusammenfassung

Im Beitrag wurden die Betriebsbeanspruchung und die Werkstoffpalette für Verbrennungsmotorenventile dargestellt. Weiterhin wurden die bekannten Instandsetzungsmethoden für Ventile beschrieben. Dabei wurde deutlich, daß sowohl die Neuerstellung als auch die Instandsetzung der Ventile bei der Werkstoffauswahl und Technologie neben den technischen Erfordernissen in großem Maß von der Werkstoffbasis des jeweiligen Landes bestimmt wird.

Literatur

[1] Charrie; Tauschke: How Heat Flows from Solid

Exhaust Valves (Wärmefluß bei massiven Abgasventilen). SAE-Journal (1958) 7, S. 120.

- [2] Autorenkollektiv: Baustähle der Welt, Band III: Sonderstähle. Leipzig: VEB Dt. Verlag für Grundstoffindustrie 1972.
- [3] Gitter, H.: Untersuchungen an Hochleistungsmotoren. Wissenschaftliche Zeitschrift der TH Magdeburg, (1980) 4, S. 119-125.
- [4] Lachtin, Ju. M.: Metallkunde und thermische Metallbearbeitung (russ.). Moskau: Verlag „Metallurgija“ 1979.
- [5] Wiesenack, J.: Werkstofftechnische Untersuchungen zur Umform- und Wärmebehandlungstechnologie bei der Instandsetzung von Verbrennungsmotorenventilen, IH Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1982.
- [6] Volovik, E. L.: Handbuch der Einzelteilinstandsetzung (russ.). Moskau: Verlag „Kolos“ 1981.
- [7] Frumin, I. I.: Neue Technologien zum Auftragschweißen im Maschinenbau. Schweißtechnik, Berlin 33 (1983) 9, S. 418-432.
- [8] Autorenkollektiv: Qualitäts- und Edelmetalle der DDR, Band 1. Leipzig: VEB Dt. Verlag für Grundstoffindustrie 1971.
- [9] Rapatz, F.: Die Edelmetalle. Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer-Verlag 1962.

Analytisches zur Kraftstoffökonomie selbstfahrender Landmaschinen am Beispiel des Feldhäckslers E 281

Dr.-Ing. D. Kramer, Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Traktoren- und Dieselmotorenwerk Schönebeck

Verwendete Formelzeichen

b_s	g/kWh	spezifischer Kraftstoffverbrauch des Motors
B	kg/h	stündlicher Kraftstoffverbrauch
B_0	kg/h	erforderlicher stündlicher Kraftstoffverbrauch zur Überwindung der inneren Verluste des Motors (Verbrauch bei oberer Leerlaufdrehzahl)
k_1	kg/kWh	Faktor (auf die Leistung bezogener stündlicher Kraftstoffverbrauch)
k_2	kWh/kg	Faktor (auf den Erntegutdurchsatz bezogene Leistung)
m	kg	Erntegutmasse
M	kg	verbrauchte Kraftstoffmasse
\dot{m}	kg/h	Erntegutdurchsatz
M/m	kg/kg	massespezifischer Kraftstoffverbrauch
P	kW	vom Motor abgeforderte Leistung
P_0	kW	erforderliche Leistung zur Fortbewegung des Feldhäckslers bei Leerlauf aller seiner Arbeitselemente

wegung des Feldhäckslers bei Leerlauf aller seiner Arbeitselemente
Zeit

Indizes

X	beliebiger Betriebspunkt
N	Nennleistung des Motors bzw. Erntegutnenn-durchsatz der selbstfahrenden Landmaschine
r	Relativwert (ausgedrückt als Bruchteil der Nennleistung bzw. des Nenndurchsatzes)

Im nachfolgenden Beitrag sollen mathematische Zusammenhänge dargestellt werden, die erkennen lassen, welchen Anteil einzelne Einflußgrößen auf die landwirtschaftliche Kraftstoffökonomie, d.h. auf den massespezifischen Kraftstoffverbrauch M/m , haben. Daraus kann abgeleitet werden, worauf sowohl bei Betrieb und Wartung als auch bei Weiterentwicklungen besonderes Augenmerk zu richten ist.

1. Algebraische Darstellung der Zusammenhänge für Feldhäckslers

Betrachtet wird der repräsentative Einsatz von Feldhäckslern, d. h. die Be- bzw. Verarbeitung des Ernteguts (einschließlich der Ernteguttransportvorgänge im Häckslers) bei gleichzeitig stattfindender Fortbewegung auf dem Feld.

Die Behandlung von anderen selbstfahrenden Landmaschinen und von Traktoren mit Arbeitsgeräten kann analog erfolgen, denn ihnen ist die Be- bzw. Verarbeitung von Materialmassen gemeinsam. Materialmassen in diesem Sinn sind z. B. das zu mähende Gras, das zu häckselnde Stroh und der zu pflügende Boden.

Folgender Ausdruck gibt Auskunft zur Kraftstoffökonomie:

$$\frac{M}{m} = \frac{P}{\dot{m}} b_e = \frac{P t}{m} b_e \quad (1)$$

Daraus ist ersichtlich, daß zu ihrer Erhöhung – arbeitsmaschinenseitig die je Masseneinheit m zu investierende Arbeit $P t$ zu minimieren ist

– die dem Motor abverlangte mechanische Leistung mit bestmöglichem Wirkungsgrad, d. h. geringstem spezifischem Kraftstoffverbrauch b_e , zu erbringen ist.

Wird berücksichtigt, daß motorseitig die Beziehung

$$B = P b_e \quad (2)$$

gilt, so kann Gl. (1) in folgenden Ausdruck überführt werden:

$$\frac{M}{m} = \frac{B}{\dot{m}} \quad (1a)$$

Um Gl. (1a) anwenden zu können, ist eine Beziehung zur Errechnung des stündlichen Kraftstoffverbrauchs B abzuleiten. Dazu werden alle Größen als absoluter Anteil vom jeweiligen Nennwert gehandhabt (Basis für die Nennwerte, gekennzeichnet durch den Index N , ist der Erntegutnenndurchsatz, d. h. der Größtdurchsatz). Dadurch werden alle Größen dimensionslos. Ihre Kennzeichnung erfolgt durch den Index r . Folgende Beziehungen gelten:

$$\dot{m}_r = \dot{m}_x / \dot{m}_N$$

$$\dot{m}_{Nr} = \dot{m}_N / \dot{m}_N = 1$$

$$B_{or} = B_o / B_N$$

$$B_r = B_x / B_N$$

$$B_{Nr} = B_N / B_N = 1$$

$$P_{or} = P_o / P_N$$

$$P_r = P_x / P_N$$

$$P_{Nr} = P_N / P_N = 1$$

$$k_{1r} = \frac{B_{Nr} - B_{or}}{P_{Nr}}$$

$$k_{2r} = \frac{P_{Nr} - P_{or}}{\dot{m}_{Nr}}$$

$$(M/m)_r = \frac{(M/m)_x}{(M/m)_N}$$

$$(M/m)_{Nr} = \frac{(M/m)_N}{(M/m)_N} = 1.$$

Anhand von Bild 1 können die Verhältnisse an der Kraftmaschine (Motor) erläutert werden. Demzufolge verbraucht der Motor für seinen Leerlauf (d. h. ohne mechanische Arbeit nach außen abzugeben) schon stündlich die Kraftstoffmasse $B_o = B_{or}$. Ferner wird der stündliche Kraftstoffverbrauch B , um so größer, je mehr mechanische Leistung P , vom Motor abverlangt wird. Dabei ist als gute Näherung eine lineare Abhängigkeit zwischen B , und P , ansetzbar.

Die mathematische Formulierung der o. a. verbalen Darstellung lautet

$$B_r = B_{or} + \frac{B_{Nr} - B_{or}}{P_{Nr}} P_r \quad (3)$$

und mit

$$\frac{B_{Nr} - B_{or}}{P_{Nr}} = k_{1r}$$

folgt daraus

$$B_r = B_{or} + k_{1r} P_r \quad (3a)$$

Im Bild 2 werden die Verhältnisse an der Arbeitsmaschine veranschaulicht. Danach benötigt der Feldhäcksler zu seiner Fortbewegung bei Leerlauf aller seiner Arbeitselemente (d. h. ohne Erntegutdurchsatz) bereits die Antriebsleistung $P_r = P_{or}$. Die erforderliche

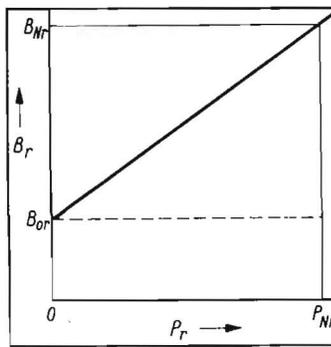


Bild 1
Prinzipieller Zusammenhang zwischen abgenommener Motorleistung P , und stündlichem Kraftstoffverbrauch B ,

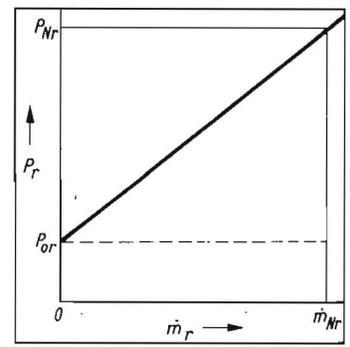


Bild 2
Prinzipieller Zusammenhang zwischen Erntegutdurchsatz \dot{m} , und erforderlicher Motorleistung P ,

che Antriebsleistung P_r steigt linear mit dem durch Zunahme der Fahrgeschwindigkeit anwachsenden Erntegutdurchsatz \dot{m} , an. Mathematisch wird der Sachverhalt beschrieben durch

$$P_r = P_{or} + \frac{P_{Nr} - P_{or}}{\dot{m}_{Nr}} \dot{m}_r \quad (4)$$

und mit

$$\frac{P_{Nr} - P_{or}}{\dot{m}_{Nr}} = k_{2r}$$

folgt daraus

$$P_r = P_{or} + k_{2r} \dot{m}_r \quad (4a)$$

Wird diese für P_r gefundene Abhängigkeit in Gl. (3a) eingefügt, ergibt sich

$$B_r = B_{or} + k_{1r} (P_{or} + k_{2r} \dot{m}_r) \quad (3b)$$

Damit geht Gl. (1a) über in

$$\left(\frac{M}{m}\right)_r = \frac{B_{or}}{\dot{m}_r} + \frac{k_{1r} P_{or}}{\dot{m}_r} + k_{1r} k_{2r} \dot{m}_r \quad (1b)$$

d. h. die zur Errechnung des relativen massespezifischen Kraftstoffverbrauchs $(M/m)_r$ benötigte Beziehung liegt nun vor.

2. Verhältnisse beim Einsatz des Feldhäckslers E281 im Mais

Als konkretes Beispiel für die Analyse dient der Feldhäcksler E281 beim Häckseln von Mais auf einem gegebenen Feld, und es wird dabei vorausgesetzt, daß am Häcksler außer der Fahrgeschwindigkeit, die den Erntegutdurchsatz \dot{m} bestimmt, nichts verändert wird. Abgehandelt wird der bereits in [1] dargestellte Einsatz. Ihn kennzeichnen folgende Parameter:

- motorseitig
 $B_{or} = 0,20$
 $k_{1r} = 0,80$
- arbeitsmaschinenseitig
 $P_{or} = 0,14$
 $k_{2r} = 0,86$.

20% der bei Motornennleistung benötigten Kraftstoffmenge verbraucht der Motor ständig zur Überwindung seiner inneren Verluste, und 14% der Motornennleistung gehen schon bei trockenem festem Boden zur Fortbewegung des Häckslers bei Leerlauf desselben (d. h. ohne Erntegutdurchsatz) verloren.

Mit den o. g. Parametern erhält man unter Nutzung der Gl. (3b) den im Bild 3 dargestellten Verlauf des stündlichen Kraftstoffverbrauchs B_r . Eingetragen ist auch, aus welchen Teilbeträgen er sich zusammensetzt. Das sind einerseits die Verlustanteile $B_{or} = 20\%$ als Verlustenergie im Motor und $k_{1r} P_{or} = 11\%$ als Verlustenergie der Arbeitsmaschine.

Somit beträgt der Verlustanteil von B_r unabhängig vom Erntegutdurchsatz \dot{m} , konstant 31%, also rd. ein Drittel des für den Erntegutnenndurchsatz \dot{m}_{Nr} erforderlichen stündlichen

chen Kraftstoffverbrauchs B_{Nr} . Andererseits bleibt für das Häckseln selbst als nutzbarer Anteil von B_r nur der Betrag von $k_{1r} k_{2r} \dot{m}_r$ verfügbar. Das Verhältnis zwischen dem nutzbaren Anteil von B_r und dem Verlustanteil von B_r beträgt im Beispiel im günstigsten Fall $0,69/0,31 = 2,22$ und tritt beim Erntegutnenndurchsatz ($\dot{m}_r = 1$) auf und verkleinert sich mit abnehmendem Erntegutdurchsatz bis auf Null. Die Folge ist, daß der massespezifische Kraftstoffverbrauch $(M/m)_r$, dargestellt im Bild 4, beim Erntegutnenndurchsatz ($\dot{m}_r = 1$) am geringsten ist, mit abnehmendem Erntegutdurchsatz progressiv immer größer wird und sich bei kleinstem Erntegutdurchsatz ($\dot{m}_r = 0$) auf Unendlich steigert.

Bild 5 verdeutlicht in Abhängigkeit vom Erntegutdurchsatz, in welcher Stärke jeder der 3 Summanden der Gl. (1b) den massespezifischen Kraftstoffverbrauch beeinflusst.

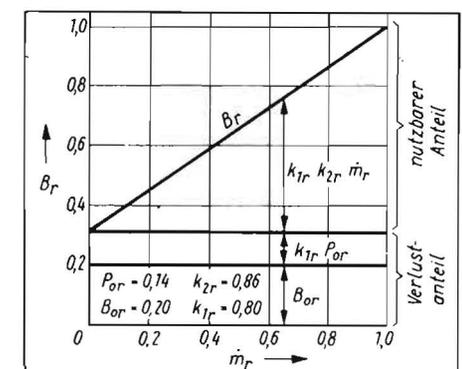
Man sieht, daß im Beispiel der die motorbedingten Verluste beinhaltende Summand $(B_{or}/\dot{m}_r):(M/m)_r$, unabhängig vom Erntegutdurchsatz praktisch doppelt so groß ist wie der die Arbeitsmaschinenverluste beinhaltende Summand $(k_{1r} P_{or}/\dot{m}_r):(M/m)_r$. Die Summe dieser die Verluste kennzeichnenden Summanden macht beim Erntegutnenndurchsatz ($\dot{m}_r = 1$) zwar schon 31% aus, aber mit fallendem Erntegutdurchsatz erhöht sie sich, und bei $\dot{m}_r = 0$ beträgt der Verlust schließlich 100%, und der für das Häckseln genutzte Anteil $(k_{1r} k_{2r}):(M/m)_r$ ist auf Null abgesunken.

Welche Schlußfolgerungen sind aus den Bildern zu ziehen?

Erstens:

Wie schon in [1] angedeutet, muß man den Feldhäcksler mit seinem Erntegutnenndurchsatz \dot{m}_{Nr} (d. h. $\dot{m}_r = 1$) betreiben, um den niedrigstmöglichen massespezifischen Kraftstoffverbrauch $(M/m)_r$ zu erreichen (Bild 4). Das

Bild 3. Relativer stündlicher Kraftstoffverbrauch B_r , in Abhängigkeit vom relativen Erntegutdurchsatz \dot{m}_r .



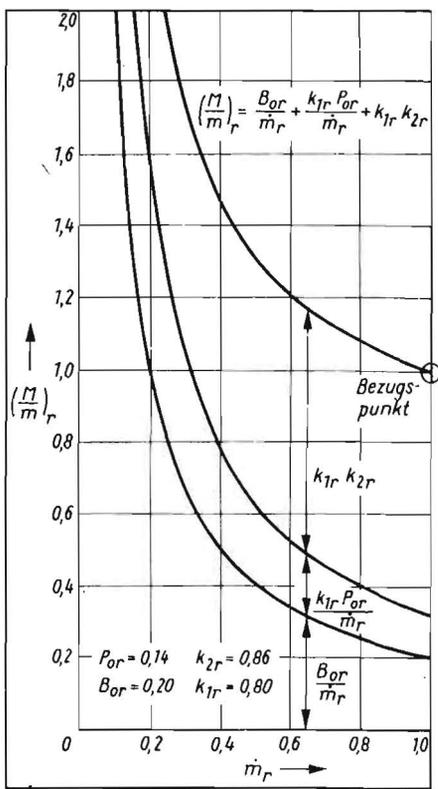
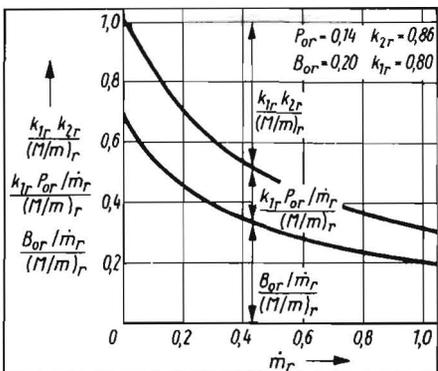


Bild 4. Relativer massesepezifischer Kraftstoffverbrauch $(M/m)_r$, in Abhängigkeit vom relativen Erntegutdurchsatz \dot{m}_r .

bedeutet z. B. für das Maishäckseln, daß Arbeitsbreite und Fahrgeschwindigkeit voll ausgenutzt werden müssen.

Aus praktischen Gegebenheiten heraus ist es aber dem Maschinisten nicht möglich, den Feldhäcksler ununterbrochen im Betriebspunkt „Erntegutendurchsatz $\dot{m}_r = 1$ “ zu halten. (Die Lösung einer solchen Aufgabe ist höchstens über eine automatische Regelung des Erntegutdurchsatzes möglich.) Er wird und muß aber versuchen, diesem Betriebspunkt möglichst nahezukommen. Deshalb arbeitet er beispielsweise im Bereich $\dot{m}_r = 0,7 \dots 1,0$, d. h. im Mittel bei $\dot{m}_r = 0,85$ und achtet auch noch darauf, daß er die Motornendrehzahl nicht unterschreitet. Letzteres sollte er anstreben, damit er sich nicht in die Gefahr begibt, den Motor zu überfordern („abzuwürgen“), denn dann käme der Feldhäcksler zum Stillstand, d. h. die Arbeit würde unterbrochen. Unter diesen umrissten Bedingungen ist folglich damit zu rech-

Bild 5. Veränderung der relativen Anteile des relativen massesepezifischen Kraftstoffverbrauchs $(M/m)_r$, in Abhängigkeit vom relativen Erntegutdurchsatz \dot{m}_r .



nen, daß der Maschinist den Feldhäcksler im Mittel mit $(M/m)_r = 1,05$ (das ist der sich aus Bild 4 für $\dot{m}_r = 0,85$ ergebende Wert) betreibt, d. h. mit einem gegenüber dem Bestergebnis nur 5% höheren massesepezifischen Kraftstoffverbrauch $(M/m)_r$. Dies ist als eine sehr gute Handhabung des Feldhäckslers anzusehen.

Zweitens:

Beim massesepezifischen Kraftstoffverbrauch $(M/m)_r$ kommt es aber nicht nur auf den Erntegutdurchsatz \dot{m}_r an, sondern es sind auch noch andere Faktoren von Bedeutung, z. B. die motorbedingten Verluste B_{or} . Prinzipiell muß der Motorenbauer versuchen, die Verluste im Motor zu minimieren. Solche Verluste sind z. B. die Lagerreibung, die Kolbenreibung, die Leistungsaufnahme der Ölpumpe, der Wasserpumpe, des Kühlluftventilators, des Luftkompressors u. a. m. Aber auch der Betreiber muß dafür sorgen, daß ein niedriger massesepezifischer Kraftstoffverbrauch $(M/m)_r$ erzielt wird. Er darf die vom Motorenbauer geschaffene Motorenkonstruktion nicht verändern und muß die ihm in der Motor-Bedienanleitung gegebenen Hinweise zur Bedienung und Wartung einhalten. So darf beispielsweise nicht ohne Kühlwasser-Temperaturregler gefahren werden, weil sonst das Kühlwasser und das Motorenöl nicht die für geringe Reibung erforderliche Betriebstemperatur erreichen. Außerdem ist stets nur die vorgeschriebene Motorenölqualität zu verwenden, damit sich weder die Reibung ändert noch Bauteile zu Schaden kommen.

Drittens:

Der Faktor k_1 gibt Auskunft über die Güte der Umwandlung der chemischen Energie des Kraftstoffs in mechanische Energie des Motors. Diesen Faktor durch Forschungen auf dem Gebiet der Gemischbildung und Verbrennung ständig zu verkleinern, ist eine Hauptaufgabe für wissenschaftliche Institute und auch für den Motorenbau. In Anbetracht der Bedeutung des Faktors k_1 , sollte aber ebenso der Betreiber alles daran setzen, die Kraftstoffverbrennung bestmöglich ablaufen zu lassen. Unter diesen Aspekt fallen die Wartungsarbeiten

- für die Einspritzanlage (Einspritzmenge, Förderbeginn, Düsenöffnungsdruck, Spritzbild) zur Sicherung einer korrekten Einspritzung des Kraftstoffs
- für die Ladungswechselventile (Ventilspiel einlaß- und auslaßseitig) zur Aufrechterhaltung der Druckdichtheit des Verbrennungsraums
- für die Luftfilteranlage (Verschmutzen, d. h. Zusetzen des Filtereinsatzes aus Papier) zur Gewährleistung der Bereitstellung der erforderlichen Verbrennungsluftmenge.

Viertens:

Die zur Fortbewegung des Häckslers bei Leerlauf benötigte Leistung P_{or} hat zwar im gewählten Beispiel (Bild 5) bei dem anzustrebenden hohen relativen Erntegutdurchsatz \dot{m}_r den kleinsten Einfluß auf den massesepezifischen Kraftstoffverbrauch $(M/m)_r$, darf aber dennoch zur Sicherung einer hohen Kraftstoffökonomie nicht vernachlässigt werden. Das bedeutet für den Betreiber, Vergrößerungen von P_{or} entgegenzuwirken, d. h., die Lagerstellen mechanisch bewegter Teile ausreichend oft mit Schmierstoff zu versorgen

und den vorgeschriebenen Luftdruck der Reifen einzuhalten. Ergänzend sei hier an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, daß sich der Feldhäcksler im Beispiel (Bild 3 und 6) auf einem Feld mit trockenem, festem Boden bewegt. Zu vermuten ist, daß P_{or} bei schlüpfrigem und vor allem dazu auch noch nachgiebigem Boden doch beträchtlich höhere Werte annimmt (bevorzugt bei höheren Fahrgeschwindigkeiten). Bei solch ungünstigen Bodenverhältnissen dürfte der geringste massesepezifische Kraftstoffverbrauch $(M/m)_r$ dann wohl unterhalb des Erntegutendurchsatzes, also bei $\dot{m}_r < 1$ auftreten und dem Betrag nach größer sein als der auf festem Boden erzielbare. Aus dieser Vermutung heraus ist dem Betreiber zu empfehlen, auch für das Maishäckseln die Tage mit günstigen Bodenverhältnissen zu nutzen.

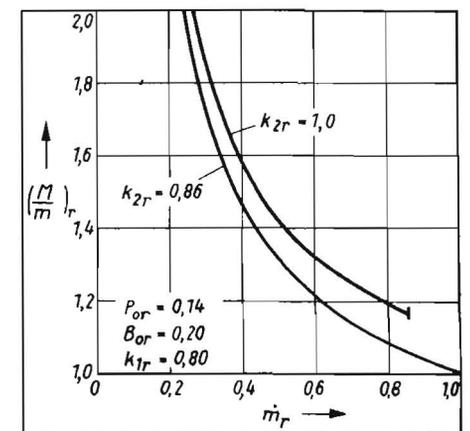
Fünftens:

Der arbeitsmaschinenseitige Faktor k_2 übt auf den massesepezifischen Kraftstoffverbrauch $(M/m)_r$ einen starken Einfluß aus und ist in seiner Wertigkeit etwa dem motorseitigen Faktor k_1 gleich. Deshalb kann der Konstrukteur der Arbeitsmaschine in energetischer Sicht sein Hauptaugenmerk nicht nur auf die Effektivität des Motors richten, sondern muß durch seine eigene Forschung und die der entsprechenden wissenschaftlichen Institute anstreben, den Faktor k_2 ständig zu verringern. Die Größe des Faktors k_2 wird durch solche Vorgänge, wie Transport des Ernteguts innerhalb des Feldhäckslers und Häckseln des Ernteguts (einschließlich eingestellter Häcksellänge), bestimmt. Darauf muß der Betreiber achten (s. a. Bild 6). Vergrößert sich lediglich k_2 , infolge der sich verringern der Schärfe der Häckselmesser beispielsweise von $k_2 = 0,8$ auf $k_2 = 1,0$, so kann mit dem Feldhäcksler nicht mehr der Erntegutendurchsatz $\dot{m}_{Nr}(\dot{m}_r = 1)$ erreicht werden. Stellt man Gl. (4a) um, so erhält man

$$\dot{m}_r = \frac{P_r - P_{or}}{k_2}$$

und beim Einsetzen der Werte ergibt sich, daß bei $k_2 = 1,0$ und Motornennleistung $P_{Nr}(P_r = 1,0)$ der Erntegutdurchsatz maximal nur noch $\dot{m}_r = 0,86$ betragen kann. Für diesen Erntegutdurchsatz liest man im Bild 6 für den massesepezifischen Kraftstoffverbrauch $(M/m)_r$, bereits den Wert 1,16 ab. Das bedeutet, daß bei $k_2 = 1,0$ der minimal mögliche

Bild 6. Verlauf des relativen massesepezifischen Kraftstoffverbrauchs $(M/m)_r$, bei unterschiedlichem Faktor k_2 .



massespezifische Kraftstoffverbrauch (M/m), schon um 16% höher ist als bei $k_{2r} = 0,8$. Damit ist die praktische Auswirkung auf den massespezifischen Kraftstoffverbrauch (M/m), aber noch nicht voll umrissen. Wird wieder angenommen, daß der Maschinist auch im Fall $k_{2r} = 1,0$ versucht, mit größtmöglichem Erntegutdurchsatz \dot{m}_r zu fahren, er aber ein $\Delta \dot{m}_r = 0,3$ nicht vermeiden kann, so betreibt er hier den Feldhäcksler zwischen $\dot{m}_r = 0,86$ und $\dot{m}_r = 0,56$, im Mittel bei $\dot{m}_r = 0,71$. Damit erzielt er im Durchschnitt etwa $(M/m)_r = 1,24$ (das ist der sich aus Bild 6 bei $k_{2r} = 1,0$ für $\dot{m}_r = 0,71$ ergebende Wert). Somit ist für den praktischen Einsatz vergleichend festzustellen, daß im Beispiel unter sonst unveränderten Bedingungen bei guter Handhabung des Feldhäckslers der massespezifische Kraftstoffverbrauch von (M/m)_r = 1,05 bei $k_{2r} = 0,8$ bereits auf (M/m)_r = 1,24 bei $k_{2r} = 1,0$ anwächst.

3. Zusammenfassung

Der massespezifische Kraftstoffverbrauch M/m wurde als Funktion von 5 Variablen dargestellt und die gefundene Beziehung am Feldhäcksler E281 im Maiseinsatz erläutert. Dabei ergab sich im dargestellten Beispiel für die Variablen, beginnend mit der größten Einflußstärke, nachstehende Reihenfolge:

- \dot{m}_r : Erntegutdurchsatz
- k_1 : Güte der Kraftstoffverbrennung im Motor
- k_2 : Transport des Ernteguts innerhalb des Feldhäckslers und Häckseln des Ernteguts (je nach Häcksellänge und Messerschärfe kann der Einfluß des

Faktors k_2 aber auch größer sein als der des Faktors k_1)

- B_0 : Verluste innerhalb des Motors
- P_0 : Leistungsaufnahme des Feldhäckslers zu seiner Fortbewegung (auf trockenem, festem Boden) bei Leerlauf aller Arbeitselemente.

Wird diese Wertung beachtet, können für Feldhäcksler sowohl beim Betrieb als auch bei der Entwicklung die geeignetsten Maßnahmen zur Erzielung höchster Kraftstoffökonomie angewendet werden.

Literatur

- [1] Kramer, D.: Kraftstoffökonomie selbstfahrender Erntemaschinen am Beispiel des Feldhäckslers E281. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 12, S. 558-559. A 4095

Zuverlässigkeit und Instandhaltung landtechnischer Arbeitsmittel am Beispiel von ALV-Anlagen für Speisekartoffeln

Dr. oec. K. Kühnast, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung
Ing. M. Wüstenhagen, ZBE Speisekartoffeln Wittbrietzen, Bezirk Potsdam

1. Problem und Zielstellung

An die Zuverlässigkeit von Anlagen zur Aufbereitung, Lagerung und Vermarktung von Speisekartoffeln (ALV-Anlagen) werden hohe Anforderungen gestellt: Infolge von außerplanmäßigen Stillständen der Elemente der maschinentechnischen Ausrüstung können hier erhebliche Lager- und Produktionsverluste auftreten. Eine wichtige Aufgabe der Zuverlässigkeitsarbeit in der Nutzungsphase ist deshalb die systematische Schadensverhütung und -bekämpfung [1]. Die Zielstellung der an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg aufgenommenen Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Instandhaltung von ALV-Anlagen besteht deshalb darin, durch die Ermittlung und Einführung eines zweckmäßigen Instandhaltungsregimes zur weitgehenden Vermeidung plötzlicher Maschinenausfälle beizutragen. Arbeitsmethodik und erste Ergebnisse am Beispiel des Bereichs der Aufbereitung und Einlagerung der Speisekartoffeln sollen in diesem Beitrag vorgestellt werden.

2. Arbeits- und Untersuchungsmethodik

2.1. Ermittlung und Bewertung des zweckmäßigen Instandhaltungsregimes

Unter dem zweckmäßigen Instandhaltungsregime soll das System notwendiger Instandhaltungsmaßnahmen einschließlich der Terminisierung und der Bestimmung der Inhalte der Maßnahmen verstanden sein, das zu einer möglichst hohen Dauerverfügbarkeit führt.

Vorausgesetzt wird bei der Lösungsfindung, daß infolge der Maschinenspezifika sowie der technologischen Prozeßcharakteristik der Aufbereitung und Einlagerung auf jeden Fall Maßnahmen der Pflege und Wartung sowie auch der Instandsetzung erforderlich sind. Demzufolge ist zu klären bzw. festzulegen,

- wie und wann die Pflege und Wartung durchzuführen ist
- welche Maßnahmen der Instandsetzung erforderlich sind
- nach welcher Methodik (Instandsetzung nach Ausfall, Instandsetzung nach starrem Zyklus usw.) diese Maßnahmen zu realisieren sind.

Infolge der großen Anzahl der Elemente der Maschinen des Bereichs der Aufbereitung und Einlagerung der Schwierigkeiten beim Bestimmen der Ausfallverluste und anderer Probleme kommen für die Ermittlung des zweckmäßigen Instandhaltungsregimes nur Näherungsverfahren in Betracht. In Tafel 1 sind Entscheidungshilfen für die Vorauswahl der zweckmäßigen Instandhaltungsmethode zusammengestellt.

Erreicht werden soll eine hohe Dauerverfügbarkeit der weitgehend kampagneweise eingesetzten Maschinen des Bereichs der Aufbereitung und Einlagerung. Die Dauerverfügbarkeit wird bei vorausgesetzter Exponentialverteilung der ausfallfreien Nutzungsdauer t_A und instandhaltungsbedingten Störungszeit t_s nach Gl. (1) oder über die summierten Betriebs- und Störungszeiten nach Gl. (2) ermittelt (Tafel 2).

Will man das zweckmäßige Instandhaltungsregime unter Nutzung der Entscheidungshilfen und auch ausgehend von den in Tafel 3 zusammengestellten möglichen Maßnahmen der Instandhaltung zur Beeinflussung der Verfügbarkeit näherungsweise ermitteln, benötigt man Kenntnisse über den Charakter und die Auswirkungen der Ausfälle sowie Verfügbarkeitsangaben. Da erste Untersuchungen in den ALV-Anlagen zeigten, daß bei Aufnahme der Forschungsarbeiten derartige Angaben kaum vorlagen, mußte diese Lücke durch experimentelle Untersuchungen zumindest teilweise geschlossen werden. In 3 ALV-Anlagen (Betriebe A, B und C) erfolgte deshalb in der Einlagerungskampagne 1982 eine Schädigungs- und Verfügbarkeitsanalyse. Anhand der gewonnenen Erkenntnisse wurden dann näherungsweise das zweckmäßige Instandhaltungsregime ermittelt, technologisch bearbeitet und in der Einlagerungskampagne 1983 im Betrieb C erprobt.

Tafel 1. Entscheidungshilfen für die Vorauswahl der zweckmäßigen Instandhaltungsmethode [2]

Entscheidungsmerkmal	Instandhaltungsmethode
Zufallsausfall	Instandsetzung nach Ausfall
Normalausfall ¹⁾ ; Ausfallverluste > 0; keine Diagnostizierbarkeit gegeben	Instandsetzung nach starrem Zyklus
Normalausfall ¹⁾ ; Ausfallverluste = 0; keine Diagnostizierbarkeit gegeben	Instandsetzung nach Ausfall
Normalausfall ¹⁾ ; Schädigungsverhalten streut in weiten Grenzen; Schädigung hat großen Einfluß auf Funktion; Diagnostizierbarkeit gegeben; Ausfallverluste > 0	Instandsetzung nach Überprüfung

1) Ausfall infolge Abnutzung