

– Überprüfung der Verkehrs- und Betriebssicherheit.

Die Auswahl der einzelnen Geräte und Anlagen erfolgte unter dem Aspekt einer mobilen Einsetzbarkeit und hohen Betriebszuverlässigkeit unter Selbstbedienungsbedingungen. Für die Wartungspunkte WP1 und WP2 sind folgende technologische Ausrüstungen vorgesehen:

- Reifenfüllmesser
- Ausblaspistole
- Reinigungsgerät R 208
- Wofatitschrank
- Pneumatische Fettpumpe PFP/2
- Pneumatische Ölpumpe PÖP/2
- Hydrauliköl-Filter- und Befüllgerät
- Hochdruckgefäß Helma 100 mit nebelarmer Sprühpistole
- Prüf- und Anlaßwagen
- Pflegeeinheit EMW 2-Pf
- Prüfeinheit EMM 2-Pr
- Lagereinheit EML 2
- Werkzeugeinheit
- fahrbare Abschmiereinheit ASW-Fett
- Abwasserreinigungsanlage ARA
- Unterverteilung Wartungspunkt

– Verdichter AHS 1-40/70.

Neben Ausrüstungen aus der Rationalisierungsmittelproduktion des VEB KfL „Vogtland“ kommen auch Zulieferrüstungen zur Anwendung. Für Abschmierarbeiten unter ortsveränderlichen Bedingungen wird die fahrbare Abschmiereinheit ASW-Fett vom VEB Saxonia Schwarzenberg eingesetzt.

Zur Förderung von Hydrauliköl aus Rollreifenfässern mit anschließender Befüllung der Landmaschinen wird das transportable Hydrauliköl-Filter- und Befüllgerät vom VEB Kreisbetrieb für Landtechnik Altenburg verwendet (Bild 5). Mit diesem Gerät wird aufgrund der installierten Filterkombination ein hoher Reinheitsgrad des geförderten Hydrauliköls erreicht.

### 6. Zusammenfassung

Im Rahmen der Projektierung von Technikstützpunkten wurde ein Projektssystem für Wartungspunkte entwickelt und projektiert. Damit wurden die Voraussetzungen zur Komplettierung des Netzes von Pflegeeinrichtungen unter Berücksichtigung des Terri-

torialprinzips geschaffen. Allerdings sind Wartungspunkte aufgrund ihrer technologischen Ausrüstungen nur als Ergänzung zu Pflegestationen zu betrachten. In Wartungspunkten werden alle Maßnahmen der täglichen Pflege und Wartung und der Pflegegruppe 1 durchgeführt. Pflegemaßnahmen ab dem Ölwechsel werden in Pflegestationen eingeordnet.

Das gesamte System der Wartungspunkte steht als Wiederverwendungsprojekt zur Verfügung. Die Projekte werden vom VEB Lapro Potsdam vertrieben. Die technologische Ausrüstung wird vom VEB KfL „Vogtland“ Oelsnitz geliefert.

### Literatur

- [1] Entwicklung und Projektierung von Technikstützpunkten für Landwirtschaftsbetriebe. VEB KfL „Vogtland“ Oelsnitz, F/E-Bericht 1983 (unveröffentlicht).
- [2] Neuentwicklung eines bauminimierten Systems von Stahlleichtbaukonstruktionen für Pflegestationen und Wartungspunkte. VEB KfL „Vogtland“ Oelsnitz, F/E-Bericht 1983 (unveröffentlicht). A 4590

# Werkstoffliche und verfahrenstechnische Probleme bei der Instandsetzung von Verbrennungsmotorenventilen mobiler Landtechnik

Dozent Dr.-Ing. G. Kamenarov, KDT/Dipl.-Ing. E. Rother, KDT  
Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung

## 1. Betriebliche Beanspruchung der Ventile von Verbrennungsmotoren

Die Ventilwerkstoffe gehören in der mobilen Landtechnik zu den meist beanspruchten Werkstoffen. Die Forderungen an die mechanischen (Festigkeit, Zähigkeit), die physikalisch-thermischen, die chemischen, aber auch die Verarbeitungseigenschaften (Umformbarkeit, Schweißbarkeit, Anlaßbeständigkeit u. a.) sind sehr hoch. Aus diesem Grund sind die Ventilstähle in gesondert standardisierten Gruppen zusammengefaßt:

- TGL 13870; TGL 101-060 (DDR)
- GOST 1287-57; GOST 10809-64; GOST 5632-61 (UdSSR)
- CSN 302206; CSN 420075 (ČSSR)
- MSZ 5776-60 (UVR)
- PN – 64/H – 86022 (VRP).

Die Werkstoffauswahl für Verbrennungsmotorenventile erfolgt anhand der vorliegenden Motorbelastung. Die Auslaßventile gelten als besonders thermisch beansprucht (Bild 1). Bei den schwer beanspruchten Dieselmotoren, die in der mobilen Landtechnik am meisten verbreitet sind, treten Temperaturen bis nahezu 890 °C auf [2]. Einlaßventile werden aufgrund der Kühlwirkung des hereinströmenden Kraftstoffgemisches relativ wenig thermisch belastet (450 bis 550 °C). Besonders stark ist auch die dynamische Beanspruchung der Ventile. Der Ventiltellerbereich erfährt eine dynamische Zug-Druck-Wechselbelastung hoher Frequenz und Amplitude (Bild 2). Die zusammengesetzte mechanisch-thermische Beanspruchung führt zur sog. thermischen Ermüdung des Ventilwerkstoffs. Beschleunigt wird die Werkstoffschädigung

durch den chemischen Angriff der Abgase. Die Heißgaskorrosion [3] beschleunigt durch Ablagerung aggressiver Verbrennungsrückstände die Zerstörung des Oberflächenbereichs der Ventile, besonders im Ventiltellerbereich. Risse und Ausbrüche sind oft die sichtbaren Folgen dieser komplexen Schädigung (Bild 3).

## 2. Ventilwerkstoffe

In Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen und von den verlangten Eigenschaften der Ventile kommen viele Werkstoffe zum

Bild 3. Rißbildung im Ventilteller als Folge der thermischen Werkstoffermüdung mit Heißgaskorrosionsüberlagerung

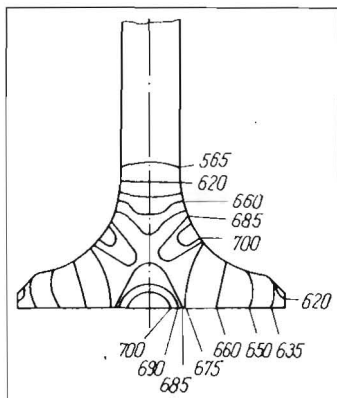


Bild 1  
Temperaturverteilung im Auslaßventil eines durchschnittlich belasteten Kraftfahrzeugmotors [1]

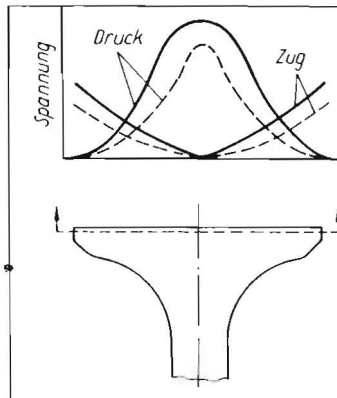
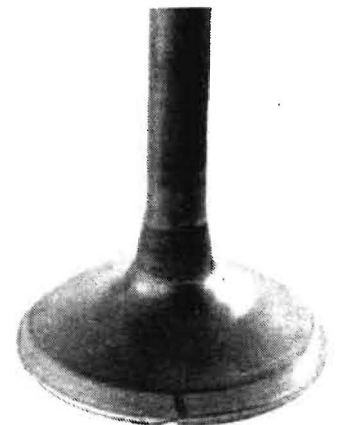


Bild 2  
Spannungsverteilung im Ventiltellerbereich [2]:  
--- ferritische Stähle  
— austenitische Stähle



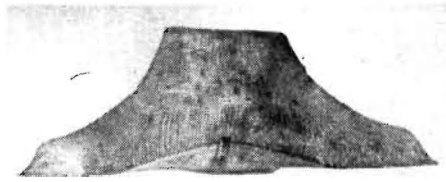
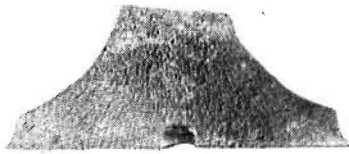


Bild 4. Schliffbilder (Faserverlaufsatzung) von neuen (links) und instand gesetzten (rechts) Ventilen aus dem Werkstoff 45CrSi34

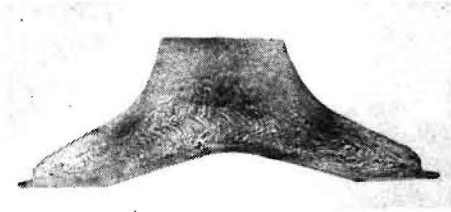


Bild 5. Knickstelle im Faserverlauf eines umgeformten Ventils

Einsatz. Besonders verbreitet für die Auslaßventile sind die austenitischen Stähle. Für Einlaßventile werden meist martensitische bzw. vergütbare Stähle eingesetzt.

In der Landtechnik der DDR sind die Motorentypen 2VD, 4VD, 4KVD8, D-50, FD22 u. a. im Einsatz. Typische Vertreter der Ventilwerkstoffe, die solche Eigenschaften wie hohe Verschleißfestigkeit und Wärmebeständigkeit, ausreichende Festigkeit, gute Wärmeleitfähigkeit, Zunderbeständigkeit u. a. aufweisen, sind

- der austenitische Stahl X45CrNiW18.8
- der an der Grenze zu den ferritischen Stählen liegende vergütbare Stahl 45CrSi34
- der niedriglegierte Vergütungsstahl 37MnSi5.

In den sowjetischen Motorentypen, die sowohl in der Landtechnik als auch in anderen Bereichen der Volkswirtschaft der DDR breit vertreten sind, werden für Einlaßventile martensitische Cr-Si-Stähle (in der UdSSR unter der Bezeichnung „Silchrome“ bekannt) verwendet [4]. Typische Vertreter dieser Ventilstähle sind 40X9C2 und 40X10C2M. Der Stahl 40X9C2 ist in der Luft bzw. im Wasser härtbar. Der zur Erhöhung der Warmfestigkeit mit Molybdän versehene Stahl 40X10C2M wird von 1000 bis 1050 °C in Öl gehärtet und bei 720 bis 780 °C angelassen. Über 550 °C sinkt die Festigkeit der „Silchrome“ rasch ab. Aus diesem Grund werden in der UdSSR für schnellaufende und schwerbelastete Motoren austenitische Stähle verwendet.

Die austenitischen warmfesten Stähle werden in zwei Ausführungsgruppen eingesetzt. Zur ersten Gruppe gehören diejenigen Stähle, deren Festigkeitssteigerung auf der Erhöhung des Karbidanteils beruht. Ein typischer Vertreter hierfür ist der Stahl 45X14H14B2M (0,4 bis 0,5 %; 13 bis 15 % Cr; 13 bis 14 % Ni; 2 bis 2,75 % W; 0,25 bis 0,4 % Mo). Dieser Stahl ist für eine Dauertemperaturbelastung von 630 °C ausgelegt. Die zweite Gruppe, die einen niedrigeren C-Gehalt aufweist, erfährt die Festigkeitssteigerung durch die Ausscheidung intermetallischer Phasen des  $\gamma'$ -Typs, wie  $Ni_3Ti$ ,  $Ni_3Al$ ,  $Ni_3Nb$  u. a. Die Stähle der zweiten Gruppe, dessen typischer Vertreter der Stahl 10X11H23T3MP (> 0,1 % C; 10 bis 12,5 % Cr; 21 bis 25 % Ni; 2,5 bis 3 % Ti; max. 0,8 % Al; 1,0 bis 1,6 % Mo; 0,02 bis 0,08 % B) ist, sind thermisch beständiger und gewährleisten einen Dauereinsatz bei 750 °C. Die Wärmebehandlung dieser Stahlgruppe ist deshalb von Interesse, da sie für eine evtl. Instandsetzung sehr wichtig sein kann. Die austenitischen Stähle werden in zwei Stufen behandelt. Die erste Stufe beinhaltet eine Erwärmung auf 1050 bis 1200 °C zur Auflösung der festen Phasen und zur gleichmäßigen Verteilung der Legierungsbestandteile im Austenit mit anschließendem Einfrieren dieses Zustands durch eine schnelle Abkühlung. Damit zu

der guten Zähigkeit des Abschreckaustenits auch die nötige Härte und Festigkeit hinzukommen, wird eine thermische Alterung (einige Stunden bei 600 bis 850 °C halten) für die disperse Ausscheidung der intermetallischen Phasen vorgenommen.

In den vergangenen Jahren wurden in der UdSSR und in vielen anderen Ländern neue materialökonomisch günstigere konstruktive Lösungen angeboten. Das betrifft hauptsächlich das Aufplattieren der Ventilkegelsitze mit dünnen hochwertigen harten Legierungen. Eine andere konstruktive Lösung, die darauf abzielt, die Warmfestigkeit auch bei schwerbelasteten Motoren beim Einsatz von niedrigwertigen Stählen beizubehalten, ist die Herstellung von Hohlventilen, die mit Kühlmedien (wie z. B. Natrium) gefüllt sind.

### 3. Instandsetzungsmethoden für Verbrennungsmotorenventile

Die hohe mechanische und thermische Beanspruchung führt nach einer bestimmten Zeit zu erheblichen Verschleißerscheinungen am Ventilkegelsitz. Die Leistungsfähigkeit der Motoren ist dadurch nicht mehr gegeben. Je nach konstruktiver Ausführung, verwendeten Werkstoffen, Angebot an Zusatzwerkstoffen, technologischem Stand und Möglichkeiten, aber immer unter dem Aspekt der ökonomischen Wiederverwendung, haben sich in vielen Ländern unterschiedliche Instandsetzungsmethoden durchgesetzt. Dabei werden sowohl werkstoffverdrängende als auch werkstoffauftragende Verfahren angewendet.

#### 3.1. Werkstoffverdrängende Verfahren

Die Warmumformung als werkstoffverdrängendes Verfahren hat sich in der DDR durchgesetzt. Dabei wird Werkstoff von Ventilbereichen mit Werkstoffreserven (z. B. Mitte des Ventilkegels) in Bereiche des Ventilkegelsitzes verdrängt (Bild 4). Dieses Verfahren bietet den herausragenden Vorteil einer sehr ökonomischen Instandsetzung aufgrund der extrem kurzen Umformzeiten bei der Anwendung der Hoch- und Mittelfrequenzerwärmung. Die Umformtechnologien sind sehr werkstoffabhängig und bedürfen einer exakten Einhaltung. Das Unterschreiten der Warmformtemperatur führt nicht nur zu Kaltverfestigungsbereichen, sondern auch zu einem ungünstigen Faserverlauf (Bild 5) [5]. Besonders empfindlich reagiert der Stahl 45CrSi34 gegenüber solchen Unzulänglichkeiten, und zwar sowohl bei der nachfolgenden Wärmebehandlung als auch während des Einsatzes. Der Grund hierfür ist die starke Neigung zur Primär- und Sekundärrekrystallisation mit den daraus resultierenden Grobkornnestern im Gefüge. Einen großen Nachteil dieser Technologie stellt die Einschränkung dar, daß Ventile, die Einschleifschlitze bzw. -bohrungen im Ventiltellerbereich aufweisen, sich nicht rißfrei umformen lassen.

#### 3.2. Werkstoffauftragende Verfahren

Die werkstoffauftragenden Verfahren sind im Ausland sehr verbreitet. Dazu zählen das Plasmaauftragschweißen, das Gasauftragschweißen, das Aufsintern von Pulvern und die Lichtbogenschweißung. Für die meisten dieser Verfahren existieren in der UdSSR bereits automatisierte Fertigungslinien [6, 7].

##### 3.2.1. Plasmaauftragschweißen

Das Plasmaauftragschweißen gehört zu den produktivsten Aufarbeitungsmethoden (Bild 6). In [6] wird berichtet, daß austenitische Pulver SNGN-60 und PG-ChN 80 SP 3 auf Chrom-Nickel-Basis Verwendung finden. Die Ventile werden ohne Vorwärmung mit einer Produktivität von 35 cm<sup>2</sup>/min und mit einem Auftragkoeffizienten von 16 bis 18 g/Ah aufgetragen. Die Parameter der Auftragschicht betragen bei einem Pulververbrauch von 24 bis 28 g/min:

- Breite 8 bis 11 mm
- Dicke 2 bis 2,2 mm.

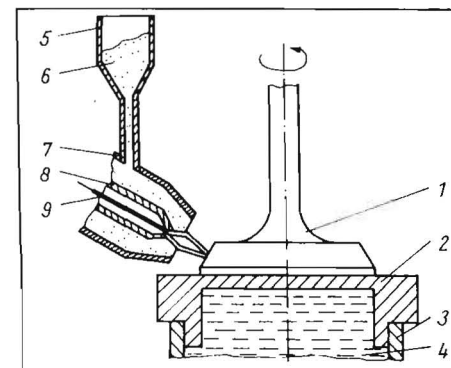
Für Auslaßventile werden Legierungen auf Chrom-Nickel-Basis mit 2,2 % Si, 1 % C und 20 % Fe verwendet [7]. Natriumgekühlte Hohlventile werden mit hochnickelhaltigen Legierungen, die 1,5 % C, 0,4 % Si, 26 % Cr, 6,5 % W und 20 % Fe enthalten, aufgeschweißt [7]. In der UdSSR ist auch die Technologie des Aufschumpfens von vorgefertigten Ventilkegelsitzen bei der Instandsetzung üblich. In [7] wird berichtet, daß vorgesinterte Ventilsitzringe mit Hilfe des Plasmaschweißens mit dem Ventilgrundkörper stoffschlüssig verbunden werden.

##### 3.2.2. Gasauftragschweißen

Dieses Verfahren, das in der UdSSR zur Produktionsreife entwickelt worden ist, wird im Bild 7 schematisch dargestellt [6]. Das Instandsetzen und sich drehende Ventil wird von einem Mehrflammenbrenner um-

Bild 6. Schema des Plasmaauftragschweißens von Motorenventilen [6];

- 1 Ventil, 2 Kupferunterlage, 3 Kühlzylinder, 4 Kühlwasser, 5 Pulvertrichter, 6 Auftragspulver, 7 Schutzdüse, 8 Innendüse, 9 Wolframelektrode



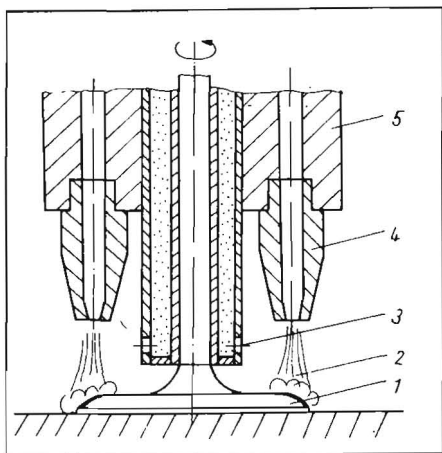
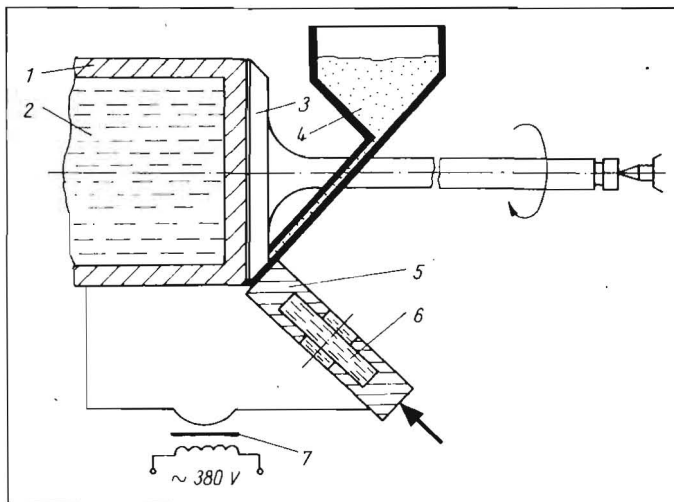


Bild 7  
Schematische Darstellung des Mehrflammenbrenners für das Flammauftragschweißen von Motorenventilen [6];  
1 Ventil, 2 Gasflamme, 3 Pulver, 4 Brennerdüse, 5 Düsenaufnahme

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



schlossen. 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/cm<sup>2</sup>) 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/m<sup>2</sup>, die Mikrohärtigkeit der Schicht 1200 MN/m<sup>2</sup>.

### 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

$b_e$	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.