

Bild 1. Schema zur Steuerung des technischen Zustands von Maschinen

und der verbleibenden Restnutzungsdauer der Hauptbaugruppen zusammengestellt [1, 2, 3]. Die gewonnenen Ergebnisse wurden bei der Erarbeitung der Technologien für die Pflege, Wartung und Diagnose von Maschinen genutzt. Eine optimale Steuerung des technischen Zustands von Maschinen (Bild 1) erfolgt durch:

- Messung der Zustandsparameter nach einer Betriebsdauer zwischen den Überprüfungen  $t_m$  mit einem bestimmten Fehler
- Vergleich der Meßwerte der Parametergrenzen (Betriebsgrenze)  $D$
- Bearbeitung der Meßergebnisse und Bestimmung der Restnutzungsdauer  $t_{ost}$ .

Nach den Diagnoseergebnissen wird die Entscheidung über den notwendigen Umfang, über die Art und die Dauer der Instandsetzung oder den notwendigen Umfang von Pflege- und Wartungsarbeiten getroffen. Im Ergebnis der Pflege-, Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen wird die erforderliche Restnutzungsdauer  $T$  der Hauptbaugruppen hergestellt. Eine Rückkopplung im Prozeß der Steuerung des technischen Zustands dient zum Sammeln von Informationen über die Zuverlässigkeit und Einsatzeffektivität von Maschinen und bei

Notwendigkeit zur Korrektur der Steuergrößen. Wenn für die Prognostizierung des technischen Zustands ein theoretisches Lösungsschema angewendet wird, kann das Regime der technischen Betreuung optimiert, d. h. die technischen Bedingungen, die Periodizität und die erforderlichen Arbeitsgänge bei jeder Betreuungsmaßnahme festgelegt werden. Wie die Praxis zeigt, ermöglicht die Einführung der Pflege und Wartung unter Ausnutzung von Diagnoseverfahren und -geräten sowie der Prognostizierung des Maschinenzustands eine Verringerung der Maschinenauffälle wegen technischer Unzulänglichkeiten auf 40 bis 50%, eine Erhöhung der Arbeitszeitleistung zwischen den Überprüfungen der Hauptbaugruppen um das 1,3fache bei einer entsprechenden Verringerung des Ersatzteilverbrauchs, eine Senkung des erforderlichen Kraftstoffverbrauchs um 5 bis 8% sowie eine Verringerung der Betriebs- und Instandsetzungskosten je Maschine um 10 bis 15%. Die Entwicklungsperspektiven der Pflege und Wartung der Landtechnik unter Nutzung von Diagnoseverfahren und -geräten sowie der Restnutzungsprognose sind folgende:

- Vertiefung der Spezialisierung und Konzentration der Arbeiten
- Entwicklung modernerer produktiver und automatisierter Arbeitsmittel für die Pflege und Wartung unter Berücksichtigung der von den zwischenbetrieblichen Einrichtungen und auch von den Landwirtschaftsbetrieben gestellten Forderungen
- Durchführung einer globalen Optimierung der technischen Forderungen für die Pflege und Wartung, ihrer Abstände und Aufstellen einer Nomenklatur der Arbeitsgänge für jede Pflegeart unter Berücksichtigung einer erhöhten Maschinenzuverlässigkeit sowie einer überall eingeführten optimalen Struktur, Kapazität und Verteilung der materiellen Basis in den Kreisen
- Vervollkommnung existierender und in Ausarbeitung befindlicher neuer Verfahren und Mittel für die Diagnose der Landtechnik, besonders von Spezialkombines
- Entwicklung und Anwendung automatisierter Steuersysteme für den technologischen Prozeß der Instandhaltung auf der Basis von Diagnoseergebnissen in großen Traktoren-Pflegestationen und anderen Einrichtungen
- Steigerung der Einsatzeffektivität der zur Verfügung gestellten Pflegeeinrichtungen, darunter der Diagnosegeräte, durch verbesserte Ausbildung von Kadern, materielle Interessiertheit und Arbeitsbedingungen.

#### Literatur

- [1] GOST-21571-76 System der Pflege, Wartung und Instandsetzung der Technik; Bestimmungsmethoden zur zulässigen Parameterabweichung des technischen Zustands und Voraussage der verbleibenden Restnutzungsdauer der Hauptbaugruppen von Maschinenaggregaten.
- [2] Michlin, W.: Prognose des technischen Zustands der Maschinen. Moskau: Kolos 1976.
- [3] Tabellen von Kennziffern zur Bestimmung der Zuverlässigkeit von Elementen sowie der Art und Dauer der Instandsetzung von Maschinen auf der Basis von Prognoseergebnissen. GOSNITI Moskau 1980. A 3089

## Eine neue Methode zur Überprüfung des technischen Zustands des Kraftstoffsystems von Dieselmotoren

F. Boor, Gödöllő (UVR)

Vom technischen Gesichtspunkt her ist das Kraftstoffsystem die wichtigste Baugruppe des Dieselmotors. Abweichungen von den Konstruktionsmaßen und unzureichende Parameterwerte verringern Leistung und Lebensdauer des Motors, vergrößern den spezifischen Kraftstoffverbrauch und erhöhen den Rußanteil in den Abgasen. Deshalb ist es notwendig, hohe Anforderungen an den technischen Zustand des Kraftstoffsystems der Motoren zu stellen.

Die Diagnosegeräte, die in der Praxis eingesetzt werden, entsprechen bei weitem noch nicht allen Anforderungen. Als neue Methode zur Kontrolle des Kraftstoffsystems kann die Untersuchung des Druckverlaufs in den Hoch-

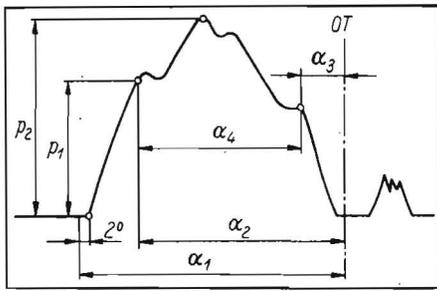
druckleitungen angesehen werden. Mit Hilfe von piezoelektrischen Druckgebern, die in die Hochdruckleitungen eingebaut werden, kann man auf dem Bildschirm eines Oszillographen die Änderung des Kraftstoffdrucks beobachten und damit eine Bewertung folgender Parameter vornehmen:

- Voreinspritzwinkel und Einspritzdruck (Bild 1)
- Gleichmäßigkeit der Einspritzungen von Zylinder zu Zylinder
- Schäden an Teilen und Baugruppen des Kraftstoffsystems.

Ergebnisse aus Laborversuchen lassen einige Abhängigkeiten erkennen. An Motoren ohne automatischen Spritzversteller ist der Einfluß

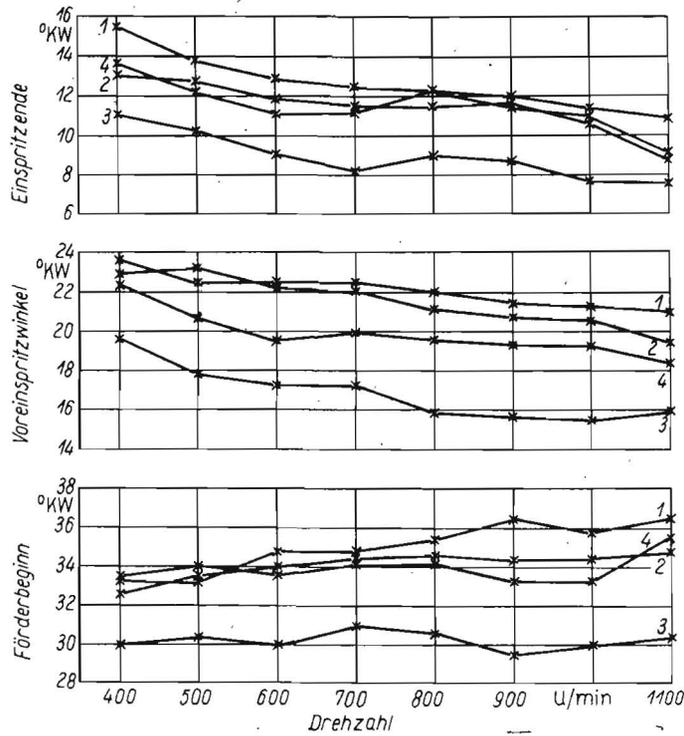
der Änderung der Drehzahl der Kurbelwelle auf den Förderbeginn und den Voreinspritzwinkel erkennbar (Bild 2).

Mit steigender Drehzahl verringert sich der Voreinspritzwinkel, und analog dazu verschiebt sich der Winkel des Schließzeitpunktes der Düsenadel. Die durch die Pumpenelemente der Einspritzpumpe zugeführte Kraftstoffmenge hat ebenfalls Einfluß auf den Winkel des Schließzeitpunktes der Düsenadel. Bei geringer Kraftstoffzufuhr schließt die Nadel vor OT, bei größerer Kraftstoffzufuhr während hoher Belastung nach OT (Bild 3). Die Druckänderung bei Öffnungsbeginn der Düsenadel ist aus dem Druckverlauf im Bild 4 zu erkennen. Bei niedrigem Öffnungsdruck der

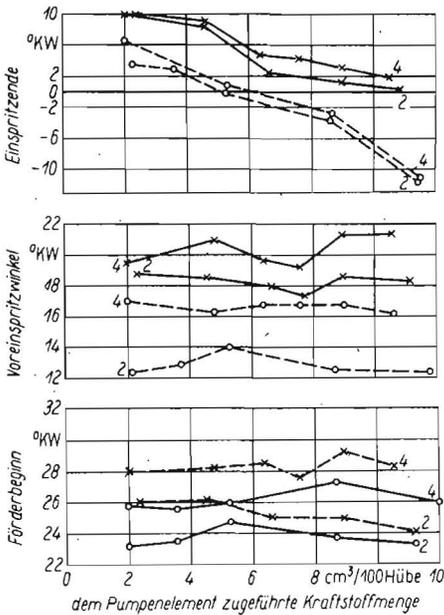


**Bild 1.** Charakteristische Punkte des Druckverlaufs (Druckgeber am Düseneingang);  
 $\alpha_1$  Kraftstoffförderbeginn durch das Pumpenelement  
 $\alpha_2$  Voreinspritzwinkel  
 $\alpha_3$  Einspritzende  
 $\alpha_4$  Einspritzdauer  
 $p_1$  dynamischer Öffnungsdruck der Düsen-nadel  
 $p_2$  maximaler dynamischer Einspritzdruck

**Bild 2**  
 Förderbeginn, Voreinspritzwinkel und Einspritzende, angegeben in °Kurbelwellendrehwinkel (°KW), in Abhängigkeit von der Drehzahl der Kurbelwelle für vier Pumpenelemente der Einspritzpumpe UTN-5 (Düsentyp SDI 38-3 Stiftdüse, statischer Öffnungsdruck der Nadel 150 bar, zugeführte Kraftstoffmenge 3 cm<sup>3</sup>/100 Hübe, Länge des Rohres 500 mm)



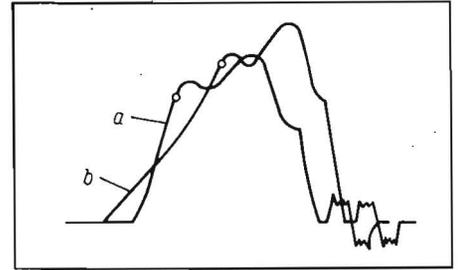
**Bild 3**  
 Förderbeginn, Voreinspritzwinkel und Einspritzende in Abhängigkeit von der zugeführten Kraftstoffmenge für zwei Pumpenelemente;  
 — Kurbelwellendrehzahl  $n = 500$  U/min  
 - - - Kurbelwellendrehzahl  $n = 800$  U/min



mente stimmt nicht mit den vorgegebenen Werten überein. Dieser Mangel wird in erster Linie durch den vom Sollwert abweichenden Förderbeginn der einzelnen Pumpenelemente hervorgerufen, der bei manchen Einspritzpumpen um 4 bis 5 °Kurbelwellendrehwinkel abweicht (Bild 7). Es ist notwendig, diesen wichtigen Parameter auf dem Prüfstand möglichst genau einzustellen.

Die Auswirkungen der nicht ausreichenden Verdichtung vor der Düse sind im Bild 8 dargestellt. Durch den niedrigen Einspritzdruck bilden sich im Sprühstrahl große Tropfen, die zu einer Verschlechterung der Verbrennung beitragen.

Die nicht ausreichende Verdichtung am Druckventil hat einen geringeren Druckanstieg in der Hochdruckleitung zur Folge. Außerdem vergrößert sich die Zeit des Kraftstoffförderbeginns zwischen Pumpe und Düse. Starke Druckschwankungen nach Einspritzende sind



**Bild 4.** Druckverlauf bei niedrigem (Kurve a) und hohem (Kurve b) Öffnungsdruck der Düsen-nadel

Düsen-nadel ist der Drehwinkel der Kurbelwelle zwischen Förderbeginn der Pumpenelemente und Öffnung der Düsen-nadel verhältnismäßig klein, wogegen er sich bei Anwachsen des Öffnungsdrucks bedeutend vergrößert (Bild 5). Für die Beseitigung dieses Mangels ist es angebracht, den Öffnungsdruck der Düsen-nadel innerhalb vorgegebener Intervalle festzulegen.

Die Messung und die Einstellung des Förderbeginns und des Einspritzwinkels sollen nur über die Einstellung des entsprechenden Öffnungsdrucks der Düsen-nadel erfolgen. Der Öffnungsdruck der Nadel wird aus dem Druckdiagramm bestimmt, ohne eine Demontage der Düse vorzunehmen. Der dynamische Öffnungsdruck der Nadel kann gut bestimmt werden, wobei sein Wert bei minimaler Leerlaufdrehzahl etwa dem statischen Wert entspricht. Bei steigender Drehzahl der Kurbelwelle des Motors steigt auch der Öffnungsdruck der Düsen-nadel. Diese Abhängigkeit ist im Bild 6 dargestellt.

Die Auswertung der Druckdiagramme verdeutlicht die am häufigsten auftretenden Störungen. Der Förderbeginn der einzelnen Pumpenele-

ebenfalls eine charakteristische Erscheinung (Bild 9).

Die periodischen Druckschwankungen des Einspritzvorgangs werden durch die horizontale Verschiebung des Druckdiagramms dargestellt. Dieser Prozeß wird durch die mangelhafte Funktion des Drehzahlreglers oder durch beträchtliche Unregelmäßigkeiten der Nadelöffnungen an verschiedenen Düsen hervorgerufen. Bei konstanten Betriebsbedingungen ändern die Nadeln in diesen Fällen innerhalb eines Intervalls ständig ihre Stellung um den entsprechenden Wert für Förderbeginn und Voreinspritzung.

Messungen, die unter Betriebsbedingungen durchgeführt wurden, unterstreichen ebenfalls die Wichtigkeit der Untersuchungen des Druckverlaufs, was am folgenden Beispiel gezeigt werden soll.

Die Nutzungsdauer des geprüften Traktors MTS-80 betrug 1 500 Betriebsstunden. Bei einer Kurbelwellendrehzahl  $n = 1000$  U/min und einer Stellung des Bedienhebels, die der Kraftstoffzufuhr im Leerlauf entspricht, wurden die in Tafel 1 zusammengestellten Winkelwerte bestimmt.

Der Förderbeginn bei den Elementen 2, 3 und 4 wird als befriedigend angenommen, aber beim ersten Element ist die Abweichung zu groß. Dieser Unterschied ist auch beim Voreinspritzwinkel aufgetreten. Die Düsen der Zylinder 2, 3 und 4 schließen vor OT, die Düse des Zylinders 1 schließt erst nach OT.

**Tafel 1.** Gemessene Parameter an der Einspritzpumpe eines Traktors MTS-80

Pumpenelement	Förderbeginn °KW	Voreinspritzwinkel °KW	Einspritzende °KW
1	13,0	5,4	-2,8 (nach OT)
2	25,6	16,0	9,7
3	27,0	18,3	10,8
4	27,0	18,2	9,7

**Tafel 2.** Einspritzende für die Elemente der Einspritzpumpe des Traktors MTS-80

Pumpenelement	Einspritzende nach OT °KW
1	-21,9
2	-7,5
3	-7,5
4	-7,5

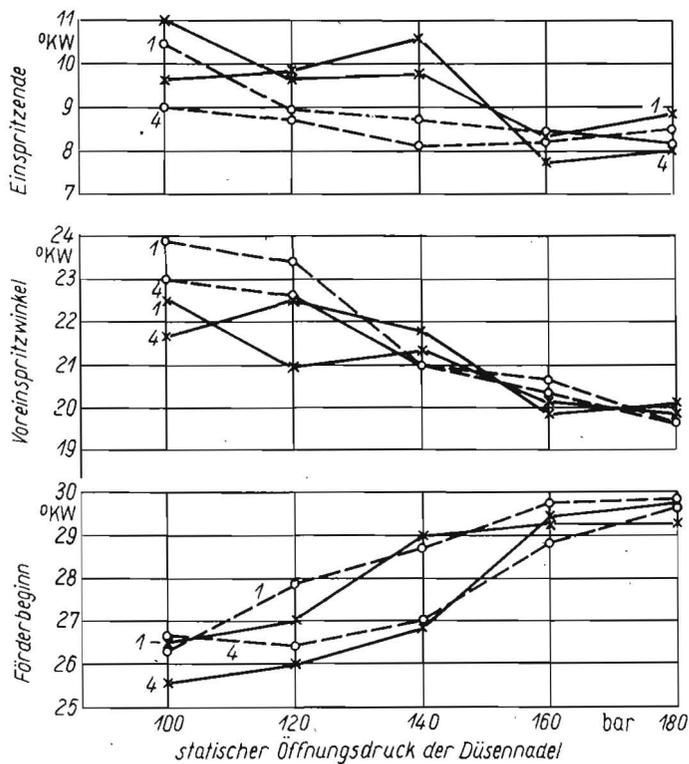


Bild 5. Förderbeginn, Voreinspritzwinkel und Einspritzende in Abhängigkeit vom statischen Öffnungsdruck der Düsennadel bei zwei Pumpenelementen der Einspritzpumpe UTN-5;

— Kurbelwelledrehzahl  $n = 500$  U/min  
 - - - Kurbelwelledrehzahl  $n = 800$  U/min

Bild 6. Änderung des dynamischen Öffnungsdrucks der Düsennadel in Abhängigkeit von der Drehzahl der Kurbelwelle bei der Einspritzpumpe UTN-5 (statischer Öffnungsdruck der Nadel 150 bar)

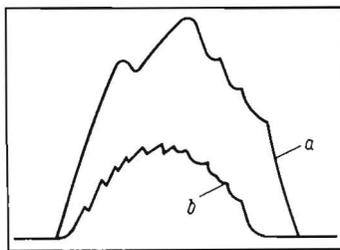
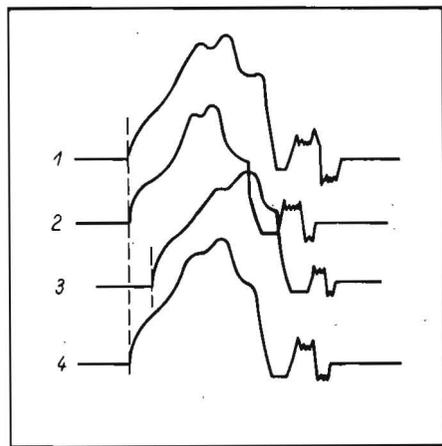
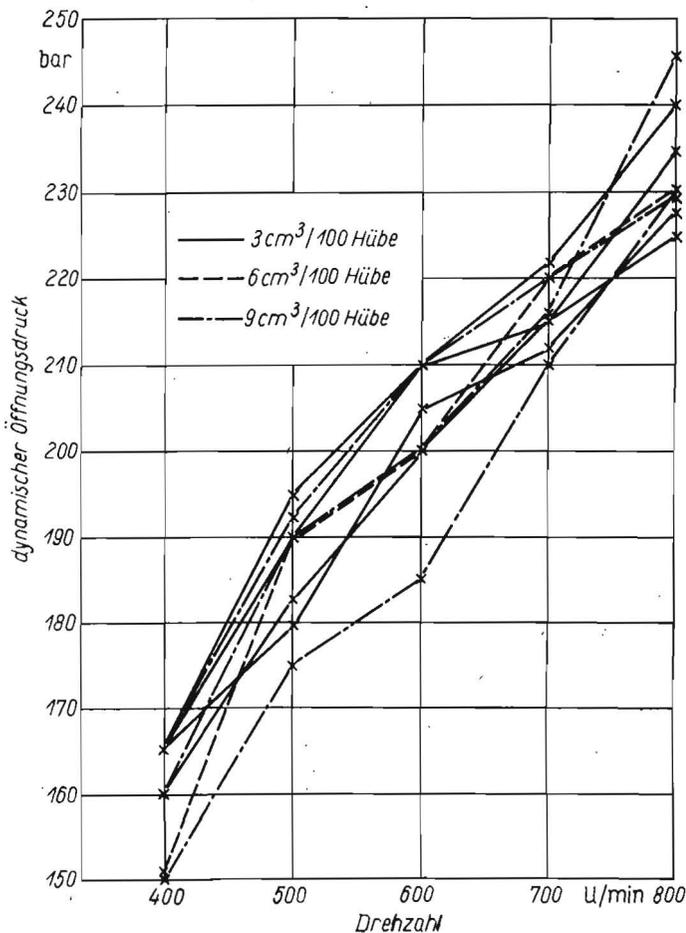


Bild 8. Druckverlauf bei gutem technischen Zustand (Kurve a) und geringer Verdichtung vor der Düse (Kurve b)

Bild 7. Verschiebung des Förderbeginns bei vier Pumpenelementen einer Einspritzpumpe

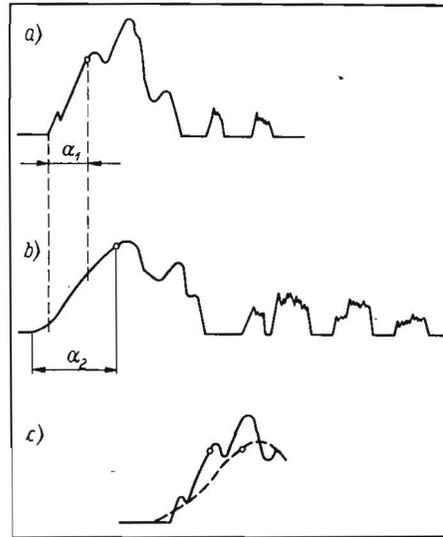


Bild 9. Einfluß eines Mangels am Druckventil auf den Druckverlauf;

a) Druckverlauf bei gutem technischen Zustand des Druckventils  
 b) Druckverlauf bei nicht ausreichender Verdichtung des Druckventils  
 c) Anfang des Druckverlaufs bei kleiner Drehzahl

— guter technischer Zustand des Druckventils  
 - - - nicht ausreichende Verdichtung des Druckventils  
 $\alpha_1, \alpha_2$  Winkel zwischen Beginn des Druckanstiegs und Öffnung der Düsennadel

Bei einem spezifischen Kraftstoffverbrauch von 390 g/kWh und bei den beschriebenen Betriebsparametern entwickelte der Motor eine Leistung von 45,6 kW. Bei maximaler Leistung und Kraftstoffzufuhr sowie einer Motordrehzahl  $n = 2050$  U/min wurden die in Tafel 2 aufgeführten Winkelwerte für das Einspritzende ermittelt. Demnach erfolgte die vollkommene Verbrennung im ersten Zylinder weit nach OT, was zu einer beträchtlichen Abnahme der in diesem Zylinder entwickelten Leistung führte.

Bei der Überprüfung der Einspritzpumpe wurde festgestellt, daß die Befestigungsschraube des ersten Stößels nicht fest angezogen war, was die Verstellung der Parameter dieses Zylinders hervorrief. Nach der Beseitigung des Fehlers stieg die Leistung des Motors auf 53 kW an, und der spezifische Kraftstoffverbrauch sank auf 328 g/kWh. Das

bedeutet, daß eine Einsparung an Kraftstoff von 16% erreicht werden konnte.

Die während der betriebstechnischen Untersuchungen durchgeführten Messungen der Leistung und des Kraftstoffverbrauchs bestätigten eindeutig, daß die Methode der Untersuchung des Druckverlaufs die Bestimmung von Schäden ermöglicht und zur richtigen Einstellung des Motors geeignet ist. Durch Anwendung dieser Methode erhält man gesicherte Werte mit höherer Aussagekraft für die Bestimmung des technischen Zustands des Kraftstoffsystems, als es mit traditionellen Methoden möglich ist.

Ausgehend von den Ergebnissen der Laborversuche und Überprüfungen unter Betriebsbedingungen, werden der Einsatz und die Verbreitung dieser Methode und des Geräts in der Praxis empfohlen, damit eine maximale Ausnutzung der Leistungsmöglichkeiten des Mo-

tors möglich wird und eine bedeutende Menge Kraftstoff eingespart werden kann.