

siert werden muß. Ein Teil der bisher stets durchzuführenden Meßverfahren wie Verdichtungsdruckmessung wird nur noch für die Tiefendiagnose benötigt. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, daß die Schwerpunkte der Tiefendiagnose das exakte Einstellen der Einspritzpumpe umfassen.

Damit wird deutlich, daß durch Anwenden der Komplexdiagnose die Diagnosezeit verkürzt oder aber eine echte schadgruppenbezogene Instandsetzung durch weitere Tiefendiagnoseverfahren ermöglicht wird. Voraussetzung für das Anwenden dieses Verfahrens ist aber, daß von der subjektiven Feststellung des Zustands abgegangen wird, und daß für die Normative der zu messenden Kenngrößen unter definitiv festzulegenden Bedingungen Vergleichswerte vorhanden sind.

Volkswirtschaftlich kann ein wesentlicher ökonomischer Effekt erreicht werden, wenn diese Diagnoseverfahren nicht nur im Rahmen einer Hauptüberprüfung, sondern auch in Form der Fehlersuchdiagnose als Grundlage für die Teilinstandsetzung angewendet werden.

Zumindest ebenso wichtig ist das Einordnen der Hauptüberprüfung in das gesamte Instandhaltungswesen, da mit dem bloßen Feststellen der Mängel die Ursachen noch nicht beseitigt sind. Zwischen der TD und der bei etwa 70% der diagnostizierten landtechnischen AM notwendigen Instandsetzung muß eine echte Einheit bestehen.

6. Zusammenfassung

Das breite Anwenden der Komplexdiagnose

bringt eine Reihe von Problemen mit sich, die vor allem in der gerätetechnischen Bereitstellung und in der Qualifikation des Prüfpersonals bestehen. Es zeichnet sich auch unter Beachten der künftigen Entwicklung ab, daß nur durch ausgebildete und unterwiesene Spezialisten die Meßgeräte und Verfahren praxisbezogen angewendet werden können. Die Zeiteinsparungen und damit die ökonomischen Auswirkungen, die sich aus der Komplexdiagnose ergeben, sind für das gesamte Instandhaltungswesen so groß, daß die Lösung nachstehender Aufgaben weiterhin besonders beachtet werden sollte.

— Erarbeiten von Meßverfahren und Geräten, die eine effektive Komplexdiagnose des Motors ermöglichen

Hier sind auch solche Geräte zu berücksichtigen, wie z. B. die Motorsteuereinrichtung DS 205, mit deren Hilfe reproduzierbare Aussagen in der Auswertung ermöglicht werden. Aber auch Überlegungen hinsichtlich eines effektiven Auswertens der Meßergebnisse, z. B. durch Koppeln der Meßgeräte mit Mikrorecheneinheiten und damit einer automatisierten Diagnose bzw. Auswertung sollten Beachtung finden.

— Schaffen der Normative als Vergleichswerte für die Aussagen der Messungen

Das Schaffen von Normativen, bezogen auf den Maschinentyp, ist auch unter dem Gesichtspunkt der rationellen Energieanwendung eine unbedingte Notwendigkeit.

— Erarbeiten von Technologien für die Komplexdiagnose

— Ausbildung der Prüfspezialisten unter diesen Gesichtspunkten.

Literatur

- [1] Gebhardt, N.: Forschungsbericht Organisation der technischen Diagnostik mobiler landtechnischer Arbeitsmittel. VEB Rationalisierung Neuenhagen 1979 (unveröffentlicht).
- [2] Borrmann, K.D.; Leopold, K.: Nutzungsdauer der landtechnischen Arbeitsmittel in Abhängigkeit von Wartung und Pflege. agrar Markkleeberg 1975.
- [3] Neumann, K.: Untersuchungen in der Diagnosestation der Spezialschule für Landtechnik Großenhain. Ing.-Büro für vorbeugende Instandhaltung. Dresden 1975 (unveröffentlicht).
- [4] Eifert, R.; Kieslich, M.: Die weitere Erhöhung der Effektivität der Hauptüberprüfung am ZT 300/303. MTS 50/52. MTS 80/82. W 50 und LD. Ing.-Arbeit. Ingenieurschule für Kraft- und Arbeitsmaschinen Meißen 1980.
- [5] Tilgner, W.: Grundlagen und praktische Erfahrungen in der Anwendung der Restnutzungsdauerprognose von Dieselmotoren. Vortrag 3. Fachtagung Technische Diagnostik. 9. u. 10. Oktober 1980 in Großenhain. agrartechnik 31 (1981) H. 3, S. 103—106.
- [6] Krause, W.: Analyse der Anwendung herkömmlicher Diagnosegeräte für Dieselmotoren und daraus abgeleitete Entwicklung einer Motorsteuereinrichtung. Vortrag 3. Fachtagung Technische Diagnostik. 9. u. 10. Oktober 1980 in Großenhain.
- [7] Zünd- und Einspritzindikator System 850. Firmenschrift der AVL Österreich.
- [8] Electronic-Compressions-Tester. Firmenschrift der AVL Österreich. A 2972

Analyse der Anwendung herkömmlicher Diagnosegeräte für Dieselmotoren

Ing. W. Krause, KDT, Ingenieurbüro für vorbeugende Instandhaltung Dresden

Nahezu alle Traktoren und selbstfahrenden Arbeitsmaschinen werden durch einen Dieselmotor angetrieben. Er beeinflusst somit die Zuverlässigkeit einer Vielzahl landtechnischer Arbeitsmittel. Bei der Entwicklung und Anwendung von Diagnoseverfahren und -geräten wird deshalb dem Dieselmotor besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

1. Analyse der Anwendung herkömmlicher Diagnosegeräte für Dieselmotoren

1.1. Charakteristische Merkmale des Schädigungsverhaltens beim Dieselmotor

Die Kenntnis des prinzipiellen Schädigungsverhaltens einer Baugruppe ist eine wichtige Voraussetzung für den richtigen und zielgerichteten Einsatz von Diagnoseverfahren und -geräten.

Der Dieselmotor stellt eine verhältnismäßig komplexe Baugruppe dar, bei der eine Vielzahl von Einzelteilen und Baugruppen zusammenwirken. Dabei kann sich der momentane Zustand einzelner Teile oder Unterbaugruppen erheblich auf den Betrieb des Dieselmotors und

den Schädigungsverlauf anderer Unterbaugruppen des Dieselmotors auswirken. Der Schädigungsverlauf an vielen Verschleißpaarungen des Dieselmotors wird in starkem Maß durch stochastisch auftretende Erscheinungen beeinflusst. Eine Restnutzungsdauerprognose für den Dieselmotor ist deshalb nur für einzelne Unterbaugruppen sinnvoll.

Man kann weiterhin davon ausgehen, daß an modernen durchkonstruierten Dieselmotoren keine Frühausfälle aufgrund des normalen, funktionsbedingten Verschleißes auftreten. So wird zum Beispiel bei ausschließlichem Auftreten normaler Verschleißerscheinungen die Aussonderungsgrenze der Zylinder-Kolben-Gruppe durch den zunehmenden relativen Ölverbrauch bestimmt, wobei vor dem Erreichen der Aussonderungsgrenze kein Schaden zu erwarten ist. Frühausfälle treten vorwiegend durch Abweichungen vom normalen Betrieb auf. Die wichtigsten Ursachen für Frühausfälle und einen anormalen Schädigungsverlauf sind:

- Einstellfehler
- Montagefehler
- fehlerhafte Einzelteile

— mangelnde Pflege und Wartung
— konstruktive Mängel, die im Verlauf der weiteren Produktion abgestellt werden.

Gleichzeitig muß man davon ausgehen, daß zum Beispiel die zur Zeit angewendeten Diagnosegeräte für die Überprüfung der Zylinder-Kolben-Kopf-Gruppe keine Aussage über den Schädigungszustand zulassen, soweit sich dieser in normalen Grenzen bewegt. Die Ursache dafür besteht besonders in der unterschiedlichen Abdichtwirkung der freibeweglichen Kolbenringe in Abhängigkeit der Kolbenringstoßstellungen zueinander. Feststellbar sind demgegenüber schadhafte Einzelteile, die einen beschleunigten Schädigungsverlauf bis zum Verlust der Betriebstauglichkeit des Motors bewirken können.

1.2. Zielstellung und Einsatzvarianten von Diagnosemaßnahmen am Dieselmotor

Besonders bei landtechnischen Arbeitsmitteln, die sich jährlich zum Teil nur wenige Tage oder Wochen im Einsatz befinden, kommt der Erhöhung der Zuverlässigkeit der einzelnen Maschine bzw. der Maschinenkette besondere Bedeutung zu. Gleichzeitig ist es jedoch auch

von großer Bedeutung, die hohe Zuverlässigkeit bei einem optimalen Verbrauch von Ersatzteilen und Baugruppen zu sichern. Zur Zeit werden eine Vielzahl von Einzelteilen und Baugruppen des Dieselmotors weit vor dem Erreichen der wirtschaftlichen Nutzungsdauer ungerechtfertigt ausgetauscht. Das gilt besonders für Einspritzpumpen, Zylinder-Kolben-Gruppen sowie für die gesamte Motorbaugruppe. Die technische Diagnostik schafft in zunehmendem Maß eine Grundlage dafür, bei gleichzeitiger Erhöhung der Zuverlässigkeit Einzelteile und Baugruppen zu einem optimalen Zeitpunkt auszuwechseln.

Diagnosemaßnahmen werden hauptsächlich angewendet:

- bei der Fehlerortung im Zusammenhang mit operativen Instandsetzungsmaßnahmen
- als Grundlage für die schadigungsbezogene Instandsetzung in spezialisiert instand setzenden Betrieben
- bei der zweimal jährlich durchzuführenden Hauptüberprüfung.

Die Zielstellung und die Bedingungen sind bei jeder dieser Einsatzvarianten der technischen Diagnostik grundlegend verschieden. So werden bei operativen Instandsetzungsmaßnahmen einfache Geräte angewendet, die ausschließlich zur Fehlerortung als Grundlage für eine schnelle Schadensbeseitigung dienen. Demgegenüber ist für die schadigungsbezogene Instandsetzung in spezialisiert instand setzenden Betrieben eine möglichst genaue Beurteilung des Schädigungs Zustands von Interesse. Wertvolle und komplizierte Geräte können hier am effektivsten eingesetzt werden.

Um zum Beispiel zu entscheiden, ob ein Kolben-Buchsen-Wechsel als Alternative zu einer Grundinstandsetzung des Dieselmotors zweckmäßig ist, läßt sich aufgrund der Ölstrommessung, die eine gute Aussage über den Verschleiß der Hauptlager liefert, eine objektive Aussage treffen.

Spezielle Ausführungen zur Ölstrommessung sind in [1] zu finden.

Im folgenden werden besonders die Diagnosemaßnahmen im Zusammenhang mit den Hauptüberprüfungen betrachtet, da dieser Anwendungsform der technischen Diagnostik wegen ihrer weiten Verbreitung besonderes Interesse zukommt.

Ausgehend von den Besonderheiten des Dieselmotors, kommt es hier darauf an, unnormal hohen Verschleiß und dessen Ursachen zu erkennen.

Das Ziel der Hauptüberprüfungen besteht grundlegend darin, mit vertretbarem Aufwand die Möglichkeiten der technischen Diagnostik auszunutzen, um

- Einstell- und Montagefehler
- bereits aufgetretene Schäden an Einzelteilen, die noch nicht in jedem Fall die Betriebstauglichkeit des Motors beeinflussen
- Ursachen für einen beschleunigten Verschleiß
- Ursachen für unökonomische Betriebsparameter

festzustellen und Maßnahmen zu deren Beseitigung einzuleiten. Im Ergebnis der Hauptüberprüfung und den gegebenenfalls anschließend durchzuführenden Instandsetzungsmaßnahmen muß es möglich sein, die Aussage zu treffen, daß mit hoher Wahrscheinlichkeit bis zur nächsten Hauptüberprüfung kein unerwarteter Ausfall des Dieselmotors auftreten wird.

Um diese Aussage zu erreichen, ist es im allgemeinen noch erforderlich eine Vielzahl aufwendiger Diagnoseverfahren anzuwenden, obwohl Schäden, die mittels dieser Verfahren

feststellbar sind, nur mit geringer Häufigkeit auftreten. Beispiele hierfür sind die Messung der Druckabfallzeit in der Einspritzleitung und die Verdichtungsdruckmessung.

1.3. Möglichkeiten für eine effektivere

Durchführung der Hauptüberprüfungen

Gegenwärtig werden Versuche mit dem Ziel durchgeführt, durch das Einbeziehen der Beschleunigungsmessung in den Umfang der Hauptüberprüfung zunächst eine Komplexüberprüfung des Motors vorzunehmen, in deren Ergebnis festgelegt wird, welche weiteren Prüfmaßnahmen notwendig sind, um die im Abschn. 1.2. genannte Zielstellung der Hauptüberprüfung zu erreichen. Dabei werden zweckmäßig gleichzeitig die Winkelbeschleunigung der Kurbelwelle und die Rauchdichte gemessen. Die Winkelbeschleunigung der Kurbelwelle wird in diesem Fall mit dem Drehzahl- und Beschleunigungsmeßgerät MK-8 gemessen, das es ermöglicht, während einer Vollastbeschleunigung des Motors für jede Drehzahl den Momentanwert der Beschleunigung aufzuzeichnen.

Unter Vollastbeschleunigung wird in diesem Zusammenhang, ausgehend von einer definierten Leerlaufdrehzahl, die Drehzahländerung verstanden, die eintritt, wenn der Betätigungshebel der Einspritzpumpe von der Leerlaufstellung plötzlich in die Vollaststellung bewegt wird.

Beginnend mit der Bewegung des Betätigungshebels in die Vollaststellung bis zum Erreichen der Maximaldrehzahl, bei der die Einspritzmenge durch den Regler der Einspritzpumpe begrenzt wird, erzeugt der Motor sein maximales Drehmoment $M_d(t)$. Während der Beschleunigung wird das Drehmoment nahezu ausschließlich dafür genutzt, um alle im Motor bewegten Massen, die man zum auf die Kurbelwelle reduzierten Massenträgheitsmoment Θ zusammenfassen kann, zu beschleunigen.

Die gemessene Beschleunigung ε ist in erster Näherung nach dem physikalischen Grundgesetz für die drehende Bewegung

$$M_d(t) = \Theta \cdot \frac{d\omega}{dt} \text{ mit } \frac{d\omega}{dt} = \varepsilon(t)$$

dem Drehmoment proportional.

Das folgende Beispiel soll die Möglichkeiten veranschaulichen, die die Messung der Vollastbeschleunigung bietet. Bild 1 stellt die Abhängigkeit der Beschleunigung der Kurbelwelle von der Einspritzmenge dar. Im vorliegenden Fall wurde die Einspritzmenge an einem Pumpenelement der Einspritzpumpe variiert.

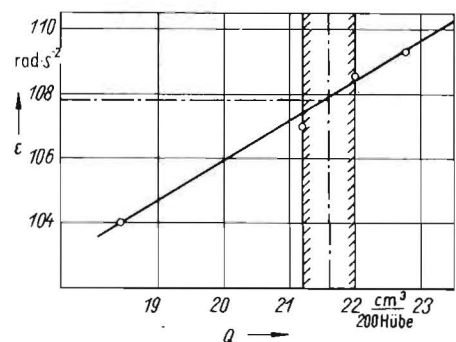


Bild 1. Einfluß der Einspritzmenge Q auf die Vollastbeschleunigung bei Variation der Einspritzmenge an einem Zylinder (Motor 4 VD 14,5/12-1 SRW; Öltemperatur = $70 \pm 2^\circ\text{C}$; Meßdrehzahl = 1400 min^{-1} ; Toleranzbereich = $21,2 + 0,8 \text{ cm}^3/200 \text{ Hubs}$).

Die Einspritzmenge wurde auf einem Einspritzpumpenprüfstand nach TGL 12378/02 eingestellt. Für jeden eingestellten Wert der Einspritzmenge Q je 200 Hübe wurde jeweils nach Montage der Einspritzpumpe an den Motor der zugehörige Beschleunigungswert aufgenommen. Die Einstelltoleranz für die Einspritzmenge ist durch das schraffierte Feld hervorgehoben. Die tatsächlich in den Brennraum eingespritzte Kraftstoffmenge unterliegt einer größeren Abweichung, da auch die Einspritzleitung, der Düsenhalter und die Einspritzdüse einen erheblichen Einfluß auf die tatsächliche Einspritzmenge ausüben. Bestimmte Einstellfehler und Schäden am System Pumpenelement, Druckentlastungsventil, Einspritzleitung, Düsenhalter und Einspritzdüse sind mit Hilfe der Beschleunigungsmessung nachweisbar. Um Einflußgrößen auszuschalten, die auf alle Zylinder des zu prüfenden Dieselmotors den gleichen Einfluß ausüben (Einspritzbeginn, Vollastanschlag des Reglers sowie systematische Fehler des Meßsystems) ist die Methode der Zylinderabschaltung anzuwenden [2]. Die gleichzeitige Messung der Rauchdichte ermöglicht eine noch umfassendere Aussage dieses demontagelosen Komplexprüfverfahrens. Die Genauigkeit und die Reproduzierbarkeit der Komplexüberprüfung entscheiden maßgebend über den notwendigen Umfang der anschließenden durchzuführenden weiteren Diagnosemaßnahmen. Grundsätzlich muß gewährleistet sein, daß vorliegende Fehler und Schäden mit mindestens derselben Sicherheit erkannt werden, wie es im Ergebnis der bisher durchgeführten Hauptüberprüfung erfolgt. Die wichtigsten Parameter, die für eine genaue und reproduzierbare Messung unbedingt mit hoher Konstanz vorliegen müssen, sind die Öltemperatur des Motors sowie die einzelnen Phasen der Beschleunigungszyklen.

In welchem Maß die Öltemperatur die Meßwerte der Beschleunigungsmessung beeinflusst, ist Bild 2 zu entnehmen und läßt die Abhängigkeit der Beschleunigung von der Öltemperatur erkennen. Die Beschleunigungswerte wurden dabei auf den Betrag der Beschleunigung, der bei einer Öltemperatur von $\vartheta = 70^\circ\text{C}$ auftritt, normiert ($\varepsilon(\vartheta = 70^\circ\text{C}) = 100\%$). Dargestellt sind die abhängigen Werte der Momentanbeschleunigung bei 1400 und 1800 U/min der Kurbelwelle. Der grafischen Darstellung ist zu entnehmen, daß bei Einhalten der Solltemperatur mit einer Genauigkeit von $\pm 10^\circ\text{C}$ ein temperaturabhängiger Fehler von +4 bis -8% zu erwarten ist. Wird demgegenüber eine Temperaturkonstanz von $\pm 2^\circ\text{C}$ realisiert, betragen die temperaturabhängigen Fehler nur noch +1 bis -2%.

Welcher Informationsgewinn allein durch das Verringern der Abweichung von der Solltemperatur erzielbar ist, kommt im Vergleich mit Bild 1 besonders deutlich zum Ausdruck. Das genaue Einhalten der Öltemperatur erfordert zunächst einen erhöhten Aufwand, den jedoch die Effektivitätssteigerung der Hauptüberprüfung des Dieselmotors rechtfertigt. Die Höhe des Zeitaufwands, der zum Herstellen der erforderlichen Öltemperatur notwendig ist, kann auf der Grundlage der im Leerlaufbetrieb aufgenommenen Erwärmungs- und Abkühlungskurve des Motors eingeschätzt werden, die im Bild 3 für den Zugtraktor ZT 300 dargestellt ist.

Man kann zunächst davon ausgehen, daß nach Durchführung der temperaturunabhängigen Prüfmaßnahmen bereits eine Öltemperatur von $\vartheta = 50^\circ\text{C}$ erreicht worden ist. Um die Tem-

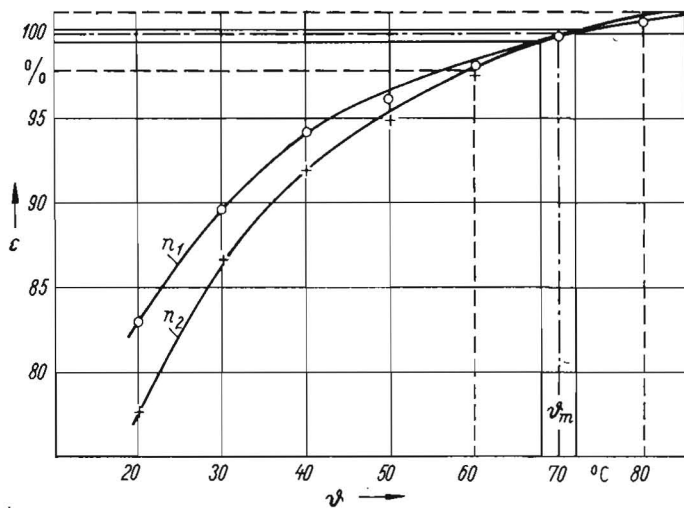


Bild 2. Einfluß der Öltemperatur auf die Vollastbeschleunigung (Motor 4 VD, 14,5/12 — 1 SRW; Motoröl MD 302; Meßtemperatur $\theta_m = 70^\circ\text{C} = 100\%$; Meßdrehzahlen $n_1 = 1400 \text{ min}^{-1}$, $n_2 = 1800 \text{ min}^{-1}$; Betrag der Beschleunigung $\epsilon (n_1) = 107 \text{ rad s}^{-2}$, $\epsilon (n_2) = 99 \text{ rad s}^{-2}$)

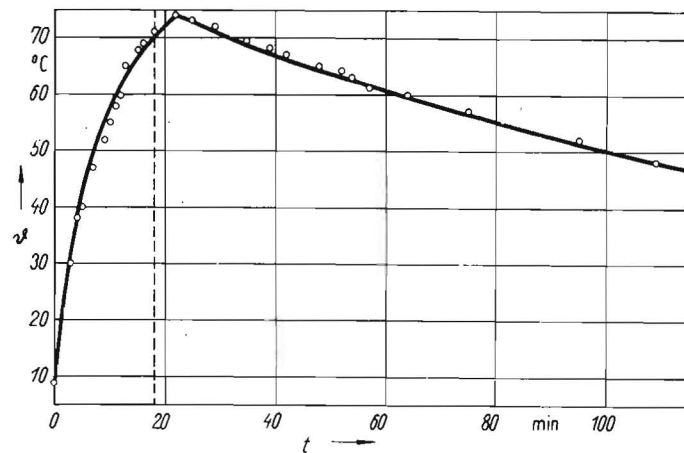


Bild 3. Öltemperatur bei Leerlauf und Stillstand des Motors 4 VD 14,5/12 1 SRW (ZT 300) in Abhängigkeit von der Zeit

peraturdifferenz bis zum Erreichen der Prüftemperatur zu überbrücken, ist eine Zeit von weniger als 10 min erforderlich, die für andere Tätigkeiten genutzt werden kann. Der Informationsgewinn, der das genaue Einhalten der erforderlichen Öltemperatur ermöglicht, rechtfertigt den Zeitaufwand.

2. Entwicklung einer Motorsteuereinrichtung

2.1. Zielstellung

Neben dem genauen Einhalten der Öltemperatur gehört die richtige und reproduzierbare Betätigung des Motors zu den wichtigsten Einflußgrößen auf alle dynamischen Meßverfahren wie die Rauchdichtemessung, die Beschleunigungsmessung und die Einspritzmengenmessung.

Versuche haben gezeigt, daß vergleichbare Meßergebnisse erreicht werden können, wenn die folgenden Kriterien für die Teilphasen der Beschleunigungszyklen konstant eingehalten werden:

- definierte Ausgangsdrehzahl für die Vollastbeschleunigung
- Bewegung des Betätigungshebels der Einspritzpumpe von der Leerlauf- in die Vollaststellung in einer Zeit von weniger als 0,05 s
- Zeit für Vollastbeschleunigung und Verharren bei Maximaldrehzahl
- Zeit für den Gesamtzyklus

Diese Feststellung stimmt mit den Festlegungen des Standards TGL 22984/04 „Dieselmotoren — Rauchdichtemessung — Beschleunigungsmethode“ überein.

Zur Zeit erfolgt die Betätigung des Motors durch speziell ausgebildetes Prüfpersonal, wobei es wegen der lokalen Zuordnung nicht möglich ist, daß die Bedienung der Meßgeräte und die Betätigung des Motors von einer Person vorgenommen werden kann. Ausgehend davon, wurde in unserem Ingenieurbüro ein Gerät für die Betätigung des Motors bei der Anwendung von Diagnoseverfahren entwickelt. Die Zielstellung der Entwicklung bestand primär in der besser reproduzierbaren Betätigung des Motors, entsprechend der vorhergehend genannten Kriterien sowie in der Einsparung einer Arbeitskraft.

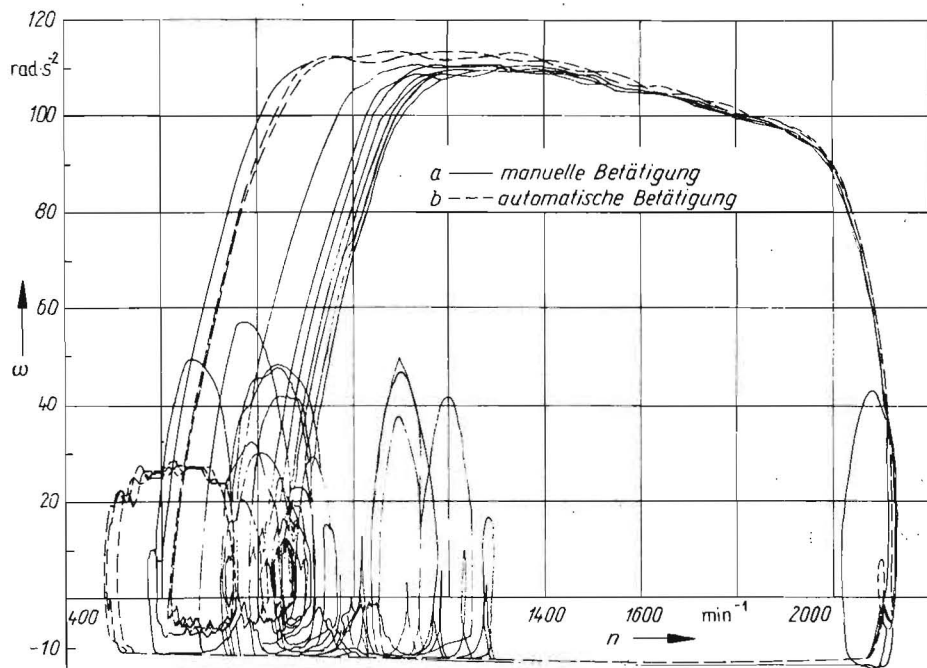


Bild 4. Meßschrieb der Funktion der Momentanbeschleunigung in Abhängigkeit von der Drehzahl

Darüber hinaus sollten folgende Forderungen erfüllt werden:

- Einstellung und Regelung konstanter Motordrehzahlen mit einer Genauigkeit von $\pm 2\%$.
 - Anwendbarkeit des Geräts für das Warmlaufen des Motors bei Vermeidung des schädlichen „Leerlaufnagelns“
 - Möglichkeit der räumlichen Trennung von Meßplatz und zu überprüfender Maschine.
- Diesen Forderungen entsprechend, wurde die Motorsteuereinrichtung DS 205 entwickelt, für die demnächst die Kleinserienproduktion aufgenommen wird.

2.2. Realisierte Lösung

Als Basissignal zur Auswertung der vorhandenen Motordrehzahl dient der zeitliche Abstand zweier aufeinanderfolgender Einspritzungen in einen Zylinder des Motors. Dieses Signal wird durch einen piezoelektrischen Druckgeber von einer Einspritzleistung entnommen. Die Drehzahlregelung erfolgt über einen Dreipunktreg-

ler, der nach jeder Einspritzung dem Betätigungselement für den Motor einen entsprechenden Befehl erteilt.

Nach dem Umschalten des Geräts in die Betriebsart „zyklische Beschleunigung“ erfolgt zunächst eine langsame Erhöhung der Leerlaufdrehzahl bis zum Erreichen der vorgewählten Ausgangsdrehzahl für die Vollastbeschleunigung. Sobald der zeitliche Abstand zweier aufeinanderfolgender Einspritzungen erstmals den vorgewählten Sollwert unterschreitet, erfolgt die schlagartige Bewegung des Betätigungshebels an der Einspritzpumpe von der Leerlaufstellung in die Vollaststellung. Nach einer vorprogrammierten Zeit, die größer ist als die Beschleunigungszeit, wird die Verzögerung der Motordrehzahl bis unter die Ausgangsdrehzahl für die nächste Vollastbeschleunigung herbeigeführt, und der nächste Beschleunigungszyklus schließt sich an.

Den Vorteil der automatisierten Betätigung des Motors soll Bild 4 veranschaulichen: Dargestellt wird jeweils die Funktion der Be-

schleunigung ϵ in Abhängigkeit von der Drehzahl n , die mit Hilfe des Drehzahl- und Beschleunigungsmeßgerätes MK-8 und eines x-y-Koordinatenschreibers aufgezeichnet wurde. Während a die manuelle Betätigung des Motors wiedergibt, erfolgte die Betätigung des Motors bei der Aufzeichnung b des wiedergegebenen Meßschriebes mit einem Prototyp der Motorsteuereinrichtung DS 205.

Neben der Einsparung einer Arbeitskraft wird vom Einsatz der Motorsteuereinrichtung ein erheblicher Informationszuwachs aus den Meßergebnissen der angewendeten Diagnosegeräte erwartet, der dazu beiträgt, die Zuverlässigkeit des Dieselmotors zu erhöhen, den Diagnoseaufwand zu senken, und schadhafte Einzelteile und Baugruppen zu einem optimalen Zeitpunkt auszusondern.

3. Zusammenfassung

Die zielgerichtete Anwendung der technischen

Diagnostik bei der Überprüfung des Dieselmotors schafft Voraussetzungen, seine Zuverlässigkeit zu erhöhen und gleichzeitig den Verbrauch von Ersatzteilen und -baugruppen zu senken.

Unter den Anwendungsvarianten der technischen Diagnostik dominiert ihr Einsatz bei den Hauptüberprüfungen des Dieselmotors, bei denen die Feststellung unnormaler Schädigungen und deren Ursachen von primärer Bedeutung ist. Durch den Einsatz moderner Komplexprüfverfahren und die gleichzeitige Verbesserung der Reproduzierbarkeit ihrer Meßergebnisse kann die Effektivität der Hauptüberprüfung erheblich erhöht werden. Eine Verbesserung der Reproduzierbarkeit wird besonders durch die genaue Einhaltung der Öltemperatur und definierte Betätigung des Motors bei Anwendung der Beschleunigungsmethode erreicht.

Während die erforderliche Öltemperatur mit vertretbarem Aufwand eingehalten werden kann, ist zum Erreichen reproduzierbarer Beschleunigungszyklen der Einsatz eines entsprechenden Geräts für die Betätigung des Motors von Vorteil.

Literatur

- [1] Troppens, D.; Maak, H.-H.; Litzel, R.: Elektrische Meßeinrichtung für die Ölstrommessung bei der Diagnose im Schmierölkreislauf von Dieselmotoren und für die Hydraulik. Beitrag zur 3. Fachtagung „Technische Diagnostik“, Großenhain Oktober 1980.
- [2] Nessau, B.: Zusammenhang von Überprüfung und operativer Schadensbeseitigung, dargestellt am Beispiel des Dieselmotors. Beitrag zur 3. Fachtagung „Technische Diagnostik“, Großenhain Oktober 1980.

A 2969

Grundlagen und praktische Erfahrungen bei der Anwendung der Restnutzungsdauerprognose von Motoren

Dipl.-Ing. W. Tilgner, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung

1. Problemstellung

Zur Sicherung der landwirtschaftlichen Produktionsprozesse ist eine optimale Instandhaltung der Technik auf der Basis der Zielfunktion des Maschinenverhaltens notwendig. Aus der gegenwärtigen Sicht der Material- und Energieökonomie gewinnt die Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen zunehmend an Bedeutung.

Für die Anwendung dieser Instandhaltungsmethode, ist die bis zum Aussondern der Anlage, Maschine, Baugruppe oder des Maschinenelements noch zu erwartende Restnutzungsdauer (RND), auf der Basis gemessener Zustandskennwerte, zu bestimmen.

Hierbei handelt es sich um das Problem der Restnutzungsdauerprognose. Sie ist Bestandteil der technischen Diagnostik.

In Forschungsarbeiten an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg werden Untersuchungen zum Abnutzungsverhalten an Viertakt-Dieselmotoren und zur Restnutzungsdauerprognose (RND-Prognose) durchgeführt. Einige Grundlagen und Erfahrungen beim Anwenden der RND-Prognose werden in diesem Beitrag vermittelt.

2. Grundlagen

der Restnutzungsdauerprognose

2.1. Begriffsbestimmung

Die RND-Prognose ist eine technisch begründete, wahrscheinlichkeitsbehaftete Vorhersage der RND von Maschinen, Baugruppen oder Maschinenelementen [1].

Unter dem Begriff RND versteht man die noch zu erwartende Betriebszeit vom Diagnosezeitpunkt bis zum Erreichen eines definierten Grenzzustands.

2.2. Voraussetzungen

Wesentliche Voraussetzungen für die RND-Prognose sind:

- Ermitteln des Ausfall- und Abnutzungsverhaltens seit Inbetriebnahme der betrachteten Baugruppe oder des Maschinenelements.
- Bestimmen des Abnutzungsverhaltens der Baugruppe oder des Maschinenelements mittels technischer Diagnose.
- Kenntnis technisch bzw. technisch-ökonomisch begründeter Schädigungsgrenzen.

Ein exaktes Bestimmen des Abnutzungs- und Ausfallverhaltens für eine Grundgesamtheit von Maschinen, Baugruppen und Maschinenelementen ist aufgrund des Wirkens von nicht determinierbaren Einflüssen auf das Maschinenverhalten nicht möglich. Es handelt sich erfahrungsgemäß um einen stochastischen Prozeß, d. h., es kann nicht mit Bestimmtheit vorausgesagt werden, ob der Zustandskennwert den vorgegebenen Grenzzustand in einem bestimmten Zeitintervall erreichen wird. Hieraus resultiert der Wahrscheinlichkeitscharakter der RND-Prognose.

Diese Prozesse unterliegen bestimmten Gesetzmäßigkeiten, die zu ermitteln und für die Prognose zu nutzen sind. Außerdem müssen gleichbleibende Betriebsbedingungen im Prognosezeitraum vorausgesetzt werden, da die meisten Verfahren zur RND-Prognose auf der Extrapolation des Abnutzungsverhaltens beruhen.

Inwieweit die RND-Prognose nur für Baugruppen oder auch für einzelne Maschinenelemente angewendet werden kann, ist entscheidend von den gewählten Diagnoseparametern abhängig. Hier wird zwischen Komplex- und Tiefendiagnoseparameter unterschieden.

Komplexparameter sind dadurch gekennzeichnet, daß durch sie eine Summe möglicher Schädigungen charakterisiert wird. So sind z. B. Komplexparameter für die Motordiagnose der relative oder auch spezifische Ölverbrauch und der Öldruck.

Welche Diagnosemethode und damit welcher Parameter für die RND-Prognose verwendet wird, ist abhängig von dem Niveau der technischen Diagnostik in den Diagnoseeinrichtungen der VEB KfL und der Landwirtschaftsbetriebe.

In einer Forschungsarbeit der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock [2] wird das Niveau der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen in vier Stufen charakterisiert.

In Tafel 1 wurden dementsprechend vier Niveaustufen der technischen Diagnostik dargestellt.

Die RND-Prognose ist ein Bestandteil dieser Wissenschaftsdisziplin.

Aus Untersuchungen in 52 Erprobungsbetrieben geht hervor, daß das Niveau der technischen Diagnostik in der Landtechnik der Niveaustufe 1 entspricht. Unberücksichtigt blieben Erprobungsbetriebe für Diagnoseeinrichtungen höherer Niveaustufen.

Daraus schlußfolgernd kann abgeleitet werden, daß

- die Wirksamkeit der Diagnose wesentlich von den Fähigkeiten und Fertigkeiten des Prüfpersonals abhängt [3]
- die Bewertung der Diagnose durch eine RND-Prognose beginnend in der Niveaustufe 1, wegen der objektiveren Zustandsbewertung für einzelne Baugruppen und Maschinenelemente notwendig ist
- der Komplexparameter relativer Ölverbrauch für die Beschreibung des Abnut-