

Bild 10. Einfluß verschlissener oder falsch eingestellter Elemente auf den Druckverlauf (Nullabspritzung); $n_p = 400 \text{ min}^{-1}$

Druckventils führen dagegen bereits zu größeren Leistungsverlusten gegenüber der Zunahme des spezifischen Kraftstoffverbrauchs. Am gleichen Traktor führt die Undichtheit eines Druckventils zu Leistungsverlust von 3,5 bis 4 %, bei Undichtheit zweier Druckventile schon zu 11 %. Die Überprüfung des Druckverlaufs machte auch darauf aufmerksam, daß oft Düsen und Druckventile vorzeitig gewechselt werden. Eine Düse, die unter statischen Bedingungen nicht sehr gut funktioniert, kann während des Leerlauf-

betriebs, d. h. unter dynamischen Verhältnissen, richtig zerstäuben und einen günstigen Spritzkegel aufweisen. Im Druckverlauf werden diese Düsen keine Veränderungen gegenüber dem typspezifischen Druckverlauf verursachen. Somit sind nur die Düsen auszutauschen, die Abweichungen des Druckverlaufs verursachen. Aufgrund dieser Prüfungen kann anhand des Druckverlaufs die Nutzungsdauer der Düsen und der Druckventile oft verlängert werden. Der Verschleiß der Pumpenelemente bzw. deren falsche Einstellung führt dazu, daß nicht in alle Verbrennungsräume Kraftstoff gelangt. Bei unterer Leerlaufdrehzahl des Motors wird so wenig Kraftstoff in die Druckleitung gefördert, daß der Öffnungsdruck nicht erreicht werden kann. In diesem Fall besteht die Kennlinie des Druckverlaufs aus einem steigenden und einem fallenden Teil (Bild 10).

4. Zusammenfassung

Die Prüfung des Druckverlaufs im Kraftstoffsystem von Dieselmotoren wird im Leerlaufbetrieb durchgeführt und erfordert keine Belastung. Mit dieser Methode können die Einstellwerte des Einspritzsystems bestimmt und Undichtheiten an der Form der Kennlinie erkannt werden. Aus der Zeitdauer der Ein-

spritzung jedes Zylinders kann auf die Gleichförderung in den vorgegebenen Grenzen geschlossen werden. Ebenso ist durch Vergleich des Förderbeginns der Einspritzsysteme untereinander der Förderversatz bestimmbar.

Die Prüfung des Kraftstoffdruckverlaufs gestattet deshalb eine größere Information über die Einspritzsysteme und ein besseres Erkennen von Fehlern in diesen. Dadurch wird eine Verbesserung des technischen Zustands der Dieselmotoren und eine Minderung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs erreicht. Voraussetzung für die Anwendung dieser Methode an den unterschiedlichen Dieselmotoren ist die Kenntnis des typspezifischen Druckverlaufs unter bestimmten Prüfbedingungen, der Art der Beeinflussung des Kurvenverlaufs durch Fehler und Schäden im Einspritzsystem sowie die exakte Einhaltung der Prüfbedingungen bei der Erfassung des Druckverlaufs.

Literatur

- [1] Petak, A.: Ein universelles Diagnosegerät für Verbrennungsmotoren. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 6, S. 257–258.
- [2] Boör, F.: Eine neue Methode zur Überprüfung des technischen Zustands des Kraftstoffsystems von Dieselmotoren. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 6, S. 249–251. A 4169

Methoden der verbesserten Zuverlässigkeitsarbeit bei spezialisiert instand gesetzten Baugruppen der Landtechnik

Dipl.-Ing. W. Schulz, KDT, VEB Kombinat Landtechnische Instandsetzung, Stammbetrieb

1. Zielstellung

An die Betriebe des VEB Kombinat Landtechnische Instandsetzung (LTI) wird die Aufgabe gestellt, einen spürbaren Beitrag zur Senkung der Instandsetzungskosten und zur Erhöhung der Einsatzfähigkeit der Landtechnik zu leisten [1]. Beide Forderungen können durch eine zielgerichtete Entwicklung der Instandsetzungsqualität, d. h. Erhöhung der effektiven Lebensdauer instand gesetzter Baugruppen, realisiert werden.

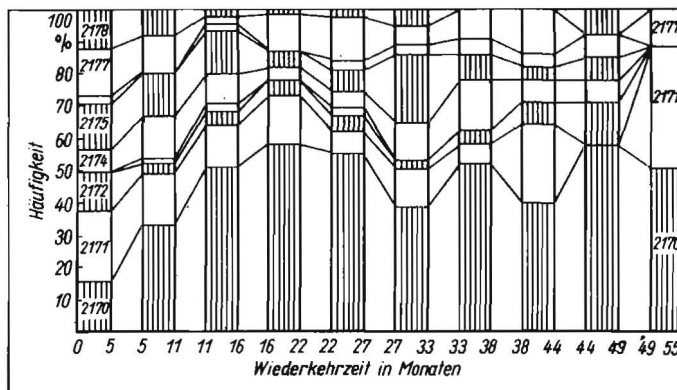
Mit den gegenwärtig genutzten Kennzahlen zur Bewertung der Instandsetzungsqualität, wie Reklamationsquote, Fehlerkosten und mittlere Wiederkehrzeit, kann eine Schwachstellenforschung in der Zuverlässigkeit der instand gesetzten Baugruppen nur sehr unzureichend durchgeführt werden, besonders deshalb, weil ein Vergleich der effektiven Lebensdauer mit fabrikanneuen Baugruppen nur bedingt durchgeführt werden kann, aber auch weil sich der untersuchte Zeitraum nur über die ersten sechs Monate der Betriebsdauer erstreckt (Bild 1).

Es ist darum eine zwingende Notwendigkeit, zumindest für Schwerpunktpositionen des VEB Kombinat LTI einen Weg zur verbesserten Bewertung der Zuverlässigkeit instand gesetzter Baugruppen zu finden.

2. Optimierte Auswahl eines Systemelements zur Qualitätserhöhung

Zur Erhöhung der Qualität (hier effektive Lebensdauer bis zur Grundüberholung) gibt es eine Vielzahl von möglichen Verfahrensweisen. Ein sehr hoher Aufwand wäre erforderlich, wenn die Qualität aller Elemente eines Systems verbessert werden würde. Ausgehend von Michlin [2] kann unter der Voraussetzung, daß keine zusätzlichen Kosten zur Verbesserung der Qualität erforderlich sind, mit der Minimierung der lebensdauerbezogenen Kosten für eine Grundüberholung eine grundsätzliche Bestimmung der Schwerpunkte vorgenommen werden. Für bestimmte Baugruppen des Traktors ZT 300 wurde in Tafel 1 die optimale Reihenfolge zur Erhöhung der Instandsetzungsqualität ermittelt.

Bild 1. Prozentuale Zusammensetzung der Ausfallursachen (verschlüsselt angegeben) je Wiederkehrzeitklasse für die Wasserpumpe des Motors 4 VD (Traktor ZT) mit Lüfterschaltkupplung



Tafel 1. Optimale Reihenfolge zur Erhöhung der Instandsetzungsqualität des Traktors ZT 300

Baugruppe	Grundüberholungen je Jahr	Kosten der Grundüberholung M	Gesamtkosten M	Reihenfolge
Motor 4VD...	0,42	3 420,00	1 436,40	1
Einspritzpumpe 4BS...	0,58	491,00	284,78	2
Luftverdichter HS...	0,90	164,30	147,87	4
Wasserpumpe mit Lüfterschaltkupplung	0,48	72,08	34,60	6
Anlasser 8203	1,18	113,00	133,34	5
Drehstromlichtmaschine 12/500	0,99	279,00	276,21	3

Ein weiterer wesentlicher Aspekt bei der Auswahl eines Elements ist die Bewertung der Folgen eines Elementausfalls. Für eine solche Bewertung ist die folgende Klasseneinteilung denkbar:

Klasse 1

Ausfälle, die zur Gefährdung von Menschenleben oder zu hohen materiellen Verlusten führen. Als Folge eines solchen Ausfalls muß das Element ausgebaut und einer Grundüberholung oder der Verschrottung zugeführt werden.

Klasse 2

Ereignisse, die zum Verlust der Betriebsfähigkeit führen und fremde Hilfe für das Erreichen der Werkstatt erfordern.

Klasse 3

Schäden, die zwar zum Verlust der Betriebsfähigkeit führen, aber es möglich machen, diese am Ereignisort wieder herzustellen.

Klasse 4

Mängel, die die Nutzungsfähigkeit einschränken und mit Ausnahme der vorübergehenden Mängelbeseitigung durch den Bediener keine sofortige Instandsetzung erforderlich machen.

Ein anderes wesentliches Kriterium bei der Auswahl von Elementen zur Qualitätserhöhung wird mit Bild 2 verdeutlicht. Die Erneuerungsfunktion $H(t)$ wurde in Abhängigkeit vom sog. Differenzfaktor f , dem Verhältnis der effektiven Lebensdauer instand gesetzter und fabrikneuer Baugruppen, für verschiedene T_N/μ_{neu} berechnet (T_N normative Nutzungsdauer des Systems, μ_{neu} mittlere effektive Lebensdauer fabrikneuer Elemente). Bild 2 zeigt, daß sich große Änderungen für $H(t)$ erreichen lassen, wenn T_N/μ_{neu} groß und f klein ist.

3. System zur Zuverlässigkeitsanalyse

Im Bild 3 wird das Konzept eines Systems vorgestellt, mit dem Zuverlässigkeitschwachstellen im Instandsetzungsprogramm des VEB Kombinat LTI u. a. ermittelt und gezielt durch technologische Maßnahmen im spezialisierten Instandsetzungsbetrieb, aber auch bei den Nutzern beeinflusst werden können.

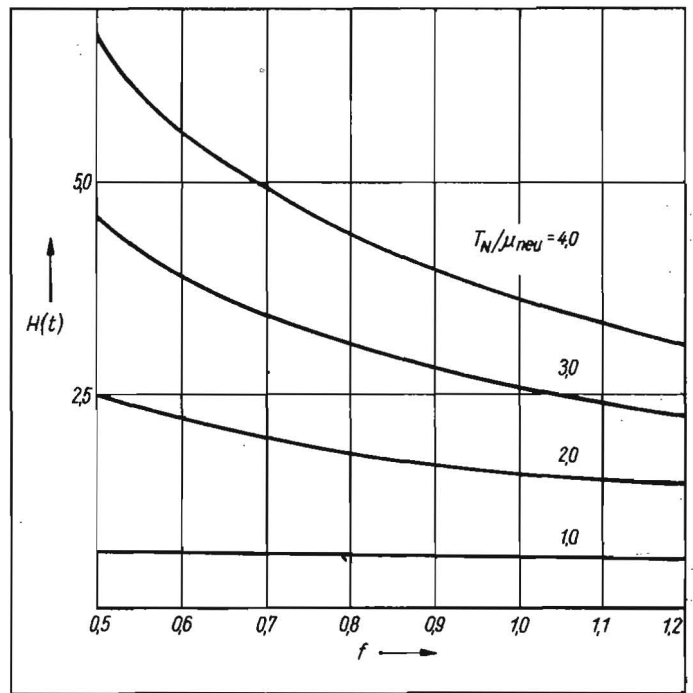
Die drei wesentlichen Abschnitte des Systems zur Zuverlässigkeitsanalyse (Lebensdaueranalyse, Schadensbildanalyse, Schadensforschung) sind so aufeinander abgestimmt, daß mit geringstem Aufwand systematisch Zuverlässigkeitschwachstellen mit hoher Wahrscheinlichkeit bestimmt werden können.

3.1. Lebensdaueranalyse

Mit der Lebensdaueranalyse soll im wesentlichen die effektive Lebensdauer der Baugruppen der strukturbestimmenden Landtechnik bestimmt werden, die von den Betrieben des VEB Kombinat LTI grundüberholt werden. Das Instandsetzungsprogramm des VEB Kombinat LTI umfaßte im Jahr 1984 etwa 500 Baugruppentypen. Hiervon sind 100 Baugruppentypen in eine Lebensdaueranalyse einbezogen. Hierzu werden die Ausfallzeitpunkte fabrikneuer, teilstand gesetzter und grundüberholter Baugruppen von etwa 750 Landmaschinen erfaßt. Neben diesen Angaben wird noch eine Reihe äußerer Einflußgrößen auf die effektive Lebensdauer ermittelt.

Bild 3. Konzept zur Erhöhung der Zuverlässigkeit instand gesetzter Baugruppen im VEB Kombinat LTI

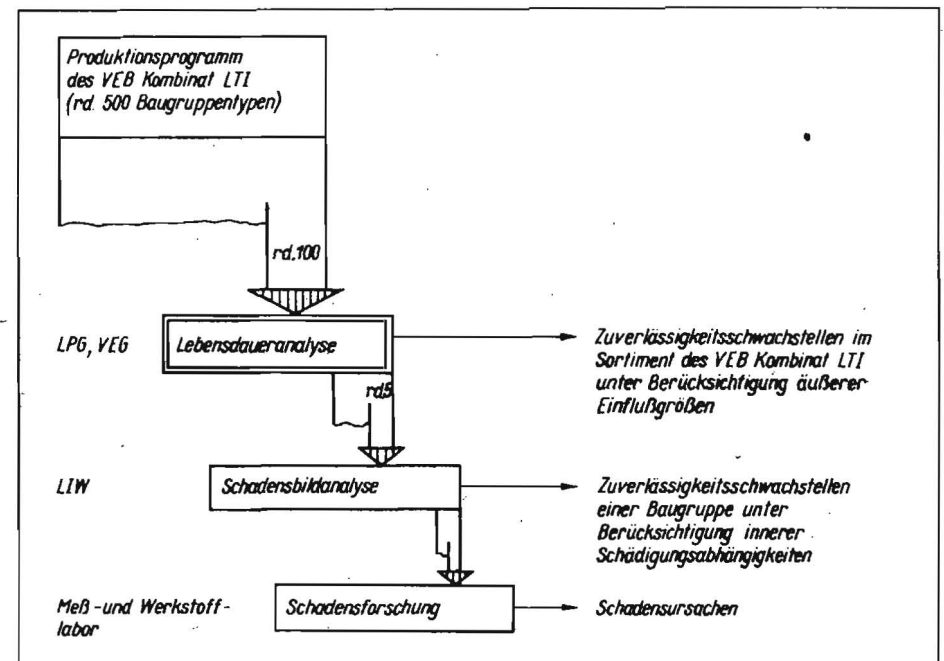
Bild 2 Erneuerungsfunktion $H(t)$ in Abhängigkeit vom Differenzfaktor f und ausgewählten T_N/μ_{neu}



Tafel 2. Ansatz einer Analyse der Ursachen für signifikante Unterschiede des Anfallfaktors je Bezirk beim Motor 4VD (Traktor ZT) ($\alpha = 0,05$)

Bezirk	Bestand ZT 300/ 303/304	Anlieferungsmenge 1983		Anfallfaktor ¹⁾	Quotient aus minimaler u. maximaler Anlieferungsmenge zur Grundüberholung je Quartal ²⁾
		Quartal Maximum	Minimum		
Rostock	3 703	1 060	337	0,29	0,60
Schwerin	3 723	1 457	417	0,39 (+)	0,68
Neubrandenburg	4 958	1 411	416	0,29	0,70
Potsdam	3 963	1 044	307	0,26	0,66
Frankfurt (Oder)	2 720	597	188	0,22 (-)	0,64
Cottbus	2 158	568	154	0,26	0,80 (+)
Magdeburg	5 623	2 257	620	0,40 (+)	0,77 (+)
Halle	4 241	919	320	0,22 (-)	0,55 (-)
Erfurt	1 352	653	185	0,48 (+)	0,75 (+)
Suhl	855	184	60	0,22 (-)	0,40 (-)
Dresden	2 789	764	233	0,27	0,61
Leipzig	2 624	563	197	0,22 (-)	0,55 (-)
Karl-Marx-Stadt	2 114	463	148	0,22 (-)	0,57 (-)

1) Vertrauensbereich $\bar{X}_0 = 0,32$; $\bar{X}_\alpha = 0,24$
 2) Vertrauensbereich $\bar{X}_0 = 0,71$; $\bar{X}_\alpha = 0,59$



Tafel 3. Anzahl der Vertrauensbereichs-
überschreitungen VB (+)
und Vertrauensbereichsunterschrei-
tungen VB (-) in den VEB LIW

LIW	VB (+)	VB (-)
Güstrow	2	0
Neuenhagen	0	2
Halle	1	4

Wie wesentlich es ist, bei einer Lebensdaueranalyse auch die äußeren Einflußgrößen auf die Lebensdauer der Baugruppen mit zu erfassen, soll an dem in Tafel 2 skizzierten Ansatz für den Motor 4 VD (Traktor ZT) erläutert werden. Aus den Anlieferungsmengen des Motors und den Beständen des Traktors ZT 300/303/304 je Bezirk lassen sich die Anfallfaktoren bestimmen (Tafel 2, Spalte 6). Auffallend ist die Unterschiedlichkeit (0,22 bis 0,48). Durch Berechnung des Vertrauensbereich des mittleren Anfallfaktors wurden die Bezirke mit dem wesentlich größeren (+) bzw. wesentlich kleineren (-) Anfallfaktor bestimmt. Für die von den einzelnen VEB Landtechnisches Instandsetzungswerk (LIW) instand gesetzten Motoren 4 VD (Traktor ZT) ergaben sich die in Tafel 3 dargestellten Werte.

Zur Analyse weiterer Ursachen für die sehr unterschiedlichen Anfallfaktoren wurde der Quotient aus minimaler und maximaler Anlieferungsmenge zur Grundüberholung je Quartal berechnet (Tafel 2, Spalte 7). Diese Größe widerspiegelt die Ausgeglichenheit des Jahresbedarfs (eine hohe Ausgeglichenheit ist ein Zeichen von verstärktem vorbeugendem

Austausch der Motoren in den arbeitsarmen Quartalen). Beim Vergleich des Anfallfaktors (Spalte 6) und des Minimum-Maximum-Quotienten (Spalte 7) fällt auf, daß fast immer ein signifikant hoher bzw. niedriger Anfallfaktor mit einem signifikant hohen bzw. niedrigen Minimum-Maximum-Quotienten zusammenfällt. Ohne weitere Informationen könnte aus diesem Sachverhalt abgeleitet werden, daß die Anwendung der Ausfallmethode zu einem wesentlich geringeren Bedarf an grundüberholten Motoren 4 VD (Traktor ZT) führt. An diesem Beispiel sollte gezeigt werden, daß es bei Normierung oder Vergleich der Lebensdauer instand gesetzter Baugruppen z. B. zwischen den VEB LIW unbedingt erforderlich ist, auch die wesentlichen äußeren Einflußgrößen zu berücksichtigen.

3.2. Schadensbildanalyse

Baugruppen, die durch die Lebensdaueranalyse als Zuverlässigkeitsschwachstelle ermittelt wurden, sind einer Schadensbildanalyse zu unterziehen. Durch die Bestimmung der häufigsten Schädigungen, der Schädigungen mit signifikant geringerer Lebensdauer und der kausalen Abhängigkeiten zwischen den Schädigungen werden die inneren Zuverlässigkeitsschwachstellen einer Baugruppe ermittelt, so daß in den meisten Fällen durch technologische Maßnahmen bei der spezialisierten Instandsetzung Qualitätsverbesserungen erreichbar sind.

3.3. Schadensforschung

Bei einer Reihe von Schädigungen kann der Technologe im spezialisierten Instandsetzungswerk mit den ihm zur Verfügung stehenden Möglichkeiten die Schadensursache

nicht feststellen. In diesen Fällen sind Untersuchungen im Meß- und Werkstofflabor erforderlich. Aus den Ergebnissen solcher Untersuchungen können zielgerichtet technologische Änderungen zur Lebensdauererhöhung abgeleitet werden.

Um die verantwortlichen Bearbeiter bei der Lebensdauer- bzw. Schadensbildanalyse zu entlasten, werden zur Datenauswertung komplexe Programmsysteme für die Bürocomputer A5110 und A5120/30 im VEB Kombinat LTI geschaffen. Es ist vorgesehen, diese Programme so zu gestalten, daß sie von jedem spezialisierten Instandsetzer, der über die entsprechenden Bürocomputer verfügt, für die wesentlichen Anwendungsfälle genutzt werden können.

4. Zusammenfassung

Das System zur Zuverlässigkeitsanalyse wird vorgestellt, mit dem in der spezialisierten Baugruppeninstandsetzung, von einer Lebensdaueranalyse ausgehend, solche Schädigungen ermittelt werden können, die Zuverlässigkeitsschwachstellen sind. So wird es möglich, durch gezielte technologische Maßnahmen Verfügbarkeitserhöhungen bzw. Instandsetzungskostenentkernungen an landtechnischen Arbeitsmitteln zu realisieren.

Literatur

- [1] Lietz, B.: Die wachsende politische und ökonomische Verantwortung der Betriebe der Landtechnik als Stützpunkte der Arbeiterklasse auf dem Lande. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 2, S. 47-52.
- [2] Michlin, V.: Restnutzungsdauerprognose. Berlin: VEB Verlag Technik 1982.

A 4476

Bewertung der Zuverlässigkeit instand gesetzter Baugruppen durch Informationen aus dem Zirkulationsprozeß

Prof. Dr. sc. techn. G. Ihle, KDT/Dipl.-Ing. J. Walther, KDT
Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

1. Einleitung

Durch eine gut organisierte spezialisierte Instandsetzung muß erreicht werden, daß sich die Erzeugnisse in ihren Parametern von neu gefertigten Erzeugnissen kaum unterscheiden. Zur Beurteilung des erreichten Standes der Instandsetzungsqualität werden zum großen Teil Parameter der Funktionserfüllung verwendet. Dagegen finden Zuverlässigkeitskenngrößen als reales Merkmal zum Einschätzen der Instandsetzungsqualität selten Anwendung, da die Ermittlung Schwierigkeiten bereitet. Aber gerade die Beurteilung der Qualität von instand gesetzten Erzeugnissen aufgrund von Zuverlässigkeitskenngrößen ist notwendig, da sich hier zeigt, inwieweit sie den Anforderungen der Nutzer gerecht wird.

2. Problemstellung

Die in der Praxis gemessene Zuverlässigkeit einer Austauschbaugruppe wird durch folgende Einflußkomplexe bestimmt:

- Niveau der technischen und technologischen Arbeit im Instandsetzungsbetrieb,

das durch die Zuverlässigkeit bewertet werden soll

- Belastungen, die auf die Baugruppe im Nutzungsprozeß wirken
- Besonderheiten der Erfassung der Primärdaten, die die Aussage verwischen könnten.

Die Instandsetzungsqualität einer Baugruppe wird am besten über die Grenznutzungsdauer charakterisiert. Als konkrete Zuverlässigkeitskenngrößen sind folgende Varianten möglich:

- summarischer DK-Verbrauch der Maschinen, in denen die Baugruppe eingesetzt ist, bis zum Ausfall der Baugruppe in I DK
- Betriebsdauer der Maschinen bis zum Ausfall der Baugruppe in Betriebsstunden (Bh)
- Betriebsdauer als Kalendereinsatzzeit (KEZ) bis zum Ausfall der Baugruppe
- Dauer des Verbleibens der Baugruppe im Nutzungsprozeß, z. B. als Wiederkehrzeit (WKZ) aus der Sicht des Instandsetzungsbetriebs.

Der Zuverlässigkeitsnachweis muß eine Aus-

sage über die Haltbarkeit der Baugruppe gegenüber den in den agrotechnischen Forderungen zugelassenen Belastungen im Einsatz bringen, die im Vergleich zum Verhalten von Neubaugruppen, im Vergleich von Austauschbaugruppen aus verschiedenen Instandsetzungsbetrieben oder im Vergleich mit speziellen Vorgaben zu bewerten ist. Die Aussage der o. g. Zuverlässigkeitskenngrößen hinsichtlich der Instandsetzungsqualität ist recht unterschiedlich. Sie berücksichtigen die wirklichen Belastungen, die die Schädigungsintensität der Baugruppe bestimmen, nicht in gleichem Maß. Am besten realisiert es der summarische DK-Verbrauch, am wenigsten die WKZ.

Das Datenerfassungssystem beaufschlagt die Kenngrößen ebenfalls mit einem Fehleranteil. Der zeitliche Fehler der WKZ, verursacht durch die Datenerfassung im landtechnischen Instandsetzungswerk (LIW), ist größer als der zeitliche Fehler für die im Landwirtschaftsbetrieb bestimmte KEZ.

Einen großen Einfluß auf die Genauigkeit hat auch der Grenzzustand, bei dem die jewei-