

Probleme und gegenwärtig praktikable Möglichkeiten der Restbetriebsdauerprognose

Dr.-Ing. H. Mund, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

Verwendete Formelzeichen

a, b		Parameter der linearen Regression
$g_{0, u}^{(0)}$	bar, l/min, m ³ /h	untere bzw. obere Grenze des Vertrauensbereichs des Verlaufs des Diagnoseparameters
n		Stichprobengröße
p_k	bar	Kompressionsdruck
p_{0i}	bar	Öldruck
q_i	%	relativer Schmierölverbrauch
s	bar, l/min, m ³ /h	Standardabweichung der Regressionsgeraden
s_i	DK	Standardabweichung der Betriebsdauer
s_y	bar, l/min, m ³ /h	Standardabweichung des geschätzten Diagnoseparameters
t	DK	Betriebsdauer
\bar{t}	DK	mittlere Betriebsdauer
t_0	DK	Überprüfungszeitpunkt
$t_{\alpha, m}$		Quantil der Student-Verteilung
T_{RBD}	DK	Restbetriebsdauer
$T_{RBD, ind.}$	DK	Restbetriebsdauer bei individueller Prognose
$T_{RBD, koll.}$	DK	Restbetriebsdauer bei kollektiver Prognose
u_0	bar, l/min, m ³ /h	Aussonderungsgrenze
V_D	m ³ /h	Durchblasestrom
$V_{öl}$	l/min	Ölvolumenstrom
$V_{öl, ind.}$	l/min	Ölvolumenstrom bei individueller Prognose
$V_{öl, koll.}$	l/min	Ölvolumenstrom bei kollektiver Prognose
$V_{öl, ind.}$	l/min	mittlerer Ölvolumenstrom bei individueller Prognose
V_z^*		Kennwert für die Streuung der Zufallsgröße (Diagnoseparameter); $V_z^* \approx 0,3$
x		Integralgrenze der Normalverteilung $\gamma = 0,90; x = 1,28$ $\gamma = 0,95; x = 1,64$
y_i	bar, l/min, m ³ /h	Meßwert eines Diagnoseparameters
\bar{y}	bar, l/min, m ³ /h	mittlerer Meßwert des Diagnoseparameters
\hat{y}	bar, l/min, m ³ /h	Schätzwert des Diagnoseparameters
α		Potenzexponent
γ		Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer bestimmten Restbetriebsdauer

1. Problematik

Der Einsatz der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen ermöglicht, wie die Ergebnisse aus 10 Erprobungsdiagnosestationen des Bezirks Rostock zeigen, beachtliche volkswirtschaftliche Erfolge [1]. Diese Instandhaltungsmethode läßt sich jedoch noch nicht völlig exakt im Sinne der klassischen Definition [2] realisieren, da die gegenwärtigen Möglichkeiten höchstens empirische Restbetriebsdauerprognosen, auch als Restnutzungs- oder Restfunktionsdauerprognose bekannt, zulassen. Mit der Schaffung von Voraussetzungen für praktikable Restbetriebsdauerprognosen ist es möglich, notwendige Instandhaltungstermine und -maßnahmen auf der Grundlage des Schädigungsverhaltens der technischen Arbeitsmittel abzuleiten. Daraus ist eine weitere Senkung der Instandhaltungsaufwendungen zu erwarten.

Die gegenwärtig zumeist aus finanzökonomischen oder organisatorischen Gründen und weniger aufgrund des diagnostizierten Schädigungszustands vorgenommene Aussonderung von Motoren und ihrer Baugruppen zur Grundinstandsetzung sowie die volkswirtschaftlichen Forderungen nach hoher Ausnutzung der Abnutzungsreserve bzw. nach rationellem Umgang mit Material, Energie und lebendiger Arbeit machen die Erarbeitung und den Einsatz wissenschaftlich begründeter und praktikabler Restbetriebsdauerprognosemethoden erforderlich. Von ihrer Praxiswirksamkeit wird wesentlich der Effekt dieser Instandhaltungsmethode bzw. die Weiterentwicklung der technischen Diagnostik bestimmt.

Daraus leitet sich die Aufgabe ab, Prognosemethoden zu entwickeln, die

- auf dem Schädigungsverhalten der zu prognostizierenden Baugruppen aufbauen
- über eine hinreichende Aussagewahrscheinlichkeit verfügen
- unter Praxisbedingungen anwendbar sind
- die mit dem Diagnosesystem DS 1000 erfaßbaren Diagnoseparameter verarbeiten.

2. Gegenwärtige Probleme bei der Prognose

Ausgangspunkte für Untersuchungen zur Problematik der Restbetriebsdauerprognose sind (ohne Rangfolge):

- Wechselbeziehungen zwischen der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen, der technischen Diagnostik und der Restbetriebsdauerprognose
- theoretische Arbeiten zur Restbetriebsdauerprognose (u. a. in [3 bis 9])
- Diagnosesystem DS 1000.

Ergänzend zu den bereits im ersten Abschnitt dargelegten Zusammenhängen zwischen Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen und Prognose ist noch festzustellen, daß zur Realisierung eines hohen Effekts dieser Instandhaltungsmethode neben einer exakten Bestimmung des Schädigungsverhaltens mit Hilfe der technischen Diagnostik eine hinreichende Sicherheit in der Vorhersage der Restbetriebsdauer sowie des tech-

nisch-ökonomisch zweckmäßigen Instandsetzungstermins und -umfangs erforderlich ist. Diese Effektivität wird sowohl von den Diagnoseverfahren und -geräten, von der Einhaltung der technologischen Disziplin bei der Durchführung von Überprüfungen als auch von den Einsatzbedingungen der zu überprüfenden Maschinen und Baugruppen beeinflusst. Wie die theoretischen Arbeiten zeigen, handelt es sich hierbei vorwiegend um stochastische Prozesse, die zudem noch subjektiv durch Maschinenbediener und Diagnoseschlosser beeinflusst werden. Um diese Prozesse beherrschen zu können, bedarf es der Anwendung mathematischer Verfahren der Wahrscheinlichkeitsrechnung sowie der EDV mit Hilfe von programmierbaren Taschenrechnern oder Bürocomputern. Ziel muß es sein, die stochastischen Einflußfaktoren einzugrenzen. Unter den gegenwärtigen Bedingungen hat dabei der Diagnoseschlosser eine hohe Verantwortung. Er beeinflusst wesentlich die Einhaltung des technologischen Ablaufs der Diagnose und der Randbedingungen, wie z. B. des Ölzustands, der Öltemperatur oder der Drehzahl. Diese wiederum haben eine zentrale Bedeutung für die Vergleichbarkeit und die Genauigkeit der Diagnoseergebnisse, die die Grundlage für eine spätere Prognose bilden.

Ein weiteres Problem ist darin zu sehen, daß noch keine statistisch gesicherten Kenntnisse (theoretisch und experimentell) über den technisch-physikalischen Zusammenhang zwischen Struktur- (z. B. Spiel) und Diagnoseparametern (in Form der Diagnosekennlinie) vorliegen. Die Ursachen hierfür sind auch in der Vielzahl der Einflußfaktoren zu suchen. Für die Lösung dieser Problematik ergeben sich zwei Möglichkeiten:

- theoretische Untersuchungen durch Simulation von Verschleißvorgängen und deren Auswirkungen auf Diagnoseparameter bei Variation verschiedener Einflußfaktoren
- experimentelle Untersuchungen durch Prüfstandsversuche bei Variation verschiedener Einflußfaktoren.

In Zukunft werden beide Wege in sinnvoller Kombination beschritten werden müssen, um den ökonomischen Aufwand dafür in vertretbaren Grenzen zu halten. Des weiteren ist zu bemerken, daß die gegenwärtig ermittelbaren Diagnoseparameter komplexen Charakter tragen (Komplexdiagnoseparameter), da am Zustandekommen des Diagnoseergebnisses eines Parameters mehrere Verschleißpaarungen beteiligt sind. Am Parameter „Ölstrom im Schmierölkreislauf“ sind das u. a. die Kurbelwellenhauptlager, die Pleuellager, die Kolbenbolzen- und Kipphebellager, und es ist nicht möglich, beim Überschreiten der Aussonderungsgrenze die verursachende Verschleißpaarung zu lokalisieren. Deshalb kann gegenwärtig auch nur eine komplexe Restbetriebsdauerprognose durchgeführt werden. Weiterhin erlangt in diesem Zusammenhang die Frage nach der Objektivität der Aussonderungsgrenzen als ein wesentlicher Ausgangspunkt der Pro-

Fortsetzung von Seite 214

- [11] Müßigbrodt, A.: Gestaltung eines Technologenarbeitsplatzes zur Anlagenmontage. Ingenieurschule für Landtechnik Nordhausen, Ingenieurarbeit 1983.
- [12] Böttger, M.: Der Aufbau von Technologenarbeitsplätzen. VEB Werkzeugmaschinenkombinat „Fritz Heckert“ Karl-Marx-Stadt, KDT-Vortrag, Erfurt 1980.

A 3839

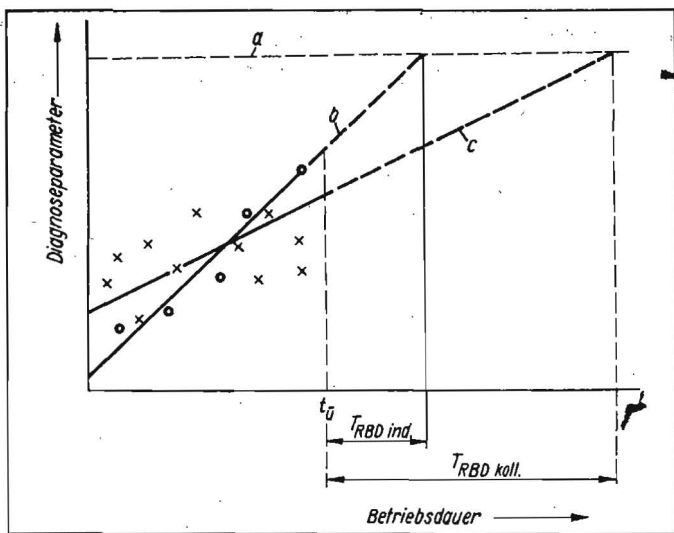


Bild 1
Individuelle und kollektive Restbetriebsdauerprognose anhand des mittleren Abnutzungsverlaufs (qualitativer Verlauf);
a Aussonderungsgrenze, b individueller Verlauf, c kollektiver Verlauf

Die Ursachen sind:

- stochastisch streuender Ausgangszustand der Baugruppen zu Nutzungsbeginn infolge der bei Neufertigung und Instandsetzung erforderlichen bzw. zulässigen Einbautoleranzen
- unterschiedliche Einsatzbedingungen, wie Arbeitsart, -organisation, natürliche Standorteinheit, Witterung u. ä.
- Pflege-, Instandsetzungsqualität u. a. m.

Bild 2 bringt zum Ausdruck, daß aus o. g. Gründen die mittlere Verschleißgeschwindigkeit des „Motorkollektivs“ (Grundgesamtheit von Motoren eines Typs in einem Landwirtschaftsbetrieb) wesentlich geringer ist (s. Bild 2,a) als die Verschleißgeschwindigkeit einzelner Motoren (s. Bild 2,b) oder die daraus berechnete mittlere Verschleißgeschwindigkeit (s. Bild 2,c). (Mehr als 85 % der Verschleißgeschwindigkeiten sind größer als die für das Motorenkollektiv berechnete.)

Um diese Einflüsse weitestgehend auszuschalten, wird der Einsatz einer individuellen Prognose an Traktorenmotoren vorgeschlagen. Diese Aussage wird zusätzlich dadurch unterstrichen, daß

- die Reststreuung (Streuung der Werte um die Regressionsgerade) bei kollektiver Prognose mit 2,37 l/min doppelt so groß ist wie der Mittelwert 1,08 l/min bei individueller Prognose
 - das Bestimmtheitsmaß der Regressionsrechnung für die kollektive Prognose mit 0,23 gegenüber dem Mittelwert der individuellen Prognose von 0,69 sehr gering ist.
- Dem höheren Aufwand für die individuelle Prognose stehen dabei objektivere Ergebnisse gegenüber.

Tafel 1 und Bild 3 veranschaulichen die Ergebnisse der Regressionsrechnung und der Extrapolation in bezug auf die verbleibende Restbetriebsdauer T_{RBD} am Beispiel eines zufällig ausgewählten Motors des Traktors ZT 300.

Daneben werden in Tafel 1 die Ergebnisse der Restbetriebsdauerprognose dargestellt, wie sie mit einem Potenzansatz nach Michlin [3] (mit $\alpha = 1$) bzw. einem grafischen Näherungsverfahren nach Tilgner [8] ermittelt werden. Neben der mittleren Restbetriebsdauer ($\gamma = 0,5$) wird die Restbetriebsdauer bestimmt, die mit einer Wahrscheinlichkeit von $\gamma = 0,9$ erreicht wird.

Als Berechnungsgrundlage für den Fall der linearen Regression gilt nach [10] Gl. (1)

$$g_{o,u}(t) = \bar{y} \pm s_y t_{\alpha,m} \quad (1)$$

$$\bar{y} = a + b t \quad (2)$$

$$a = \bar{y} - b \bar{t} \quad (3)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2} \quad (4)$$

$$s_y = \bar{s} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(t - \bar{t})^2}{(n-1)s_t^2}} \quad (5)$$

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (6)$$

die die obere und untere Vertrauensgrenze der Regressionsgeraden $\bar{y}(t)$ berechnet. (Im vorliegenden Fall ist die untere Vertrauensgrenze und damit das Minuszeichen interessant.)

Die Differenz zwischen dem Schnittpunkt

gnose besondere Bedeutung. Für die weiteren Untersuchungen lassen sich folgende Schwerpunkte ableiten:

- Entwicklung von Näherungslösungen für die Restbetriebsdauerprognose zum sofortigen praktischen Einsatz unter Verwendung mehrerer Diagnoseparameter und der Erfahrungen der Diagnoseschlosser und Ingenieure
- Schaffung mathematischer und methodischer Voraussetzungen zur Verbesserung der Prognosemethoden
- Schaffung von Voraussetzungen (verfahrens- und geräteseitig) zur Erhöhung der Genauigkeit der Diagnoseergebnisse.

3. Möglichkeiten der Prognose

In [3, 4] werden zwei grundsätzliche Restbetriebsdauerprognosemethoden unterschieden:

- Prognose anhand des mittleren Abnutzungsverlaufs
- Prognose anhand der Realisierungen des Abnutzungsverlaufs.

Die Anzahl der Prognoseobjekte als ein wei-

teres Unterscheidungsmerkmal ergibt individuelle und kollektive Prognosen.

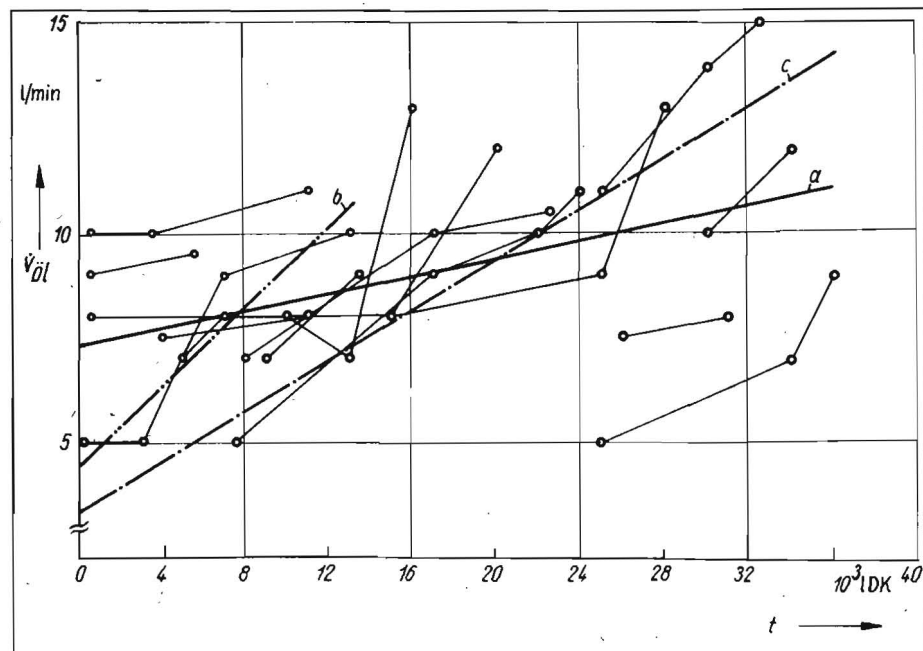
Gegenwärtig werden individuelle und kollektive Prognosen anhand des mittleren Abnutzungsverlaufs untersucht. Das Wirkprinzip besteht darin, daß der bisherige zeitliche Verlauf der Diagnoseparameter von Baugruppen eines Typs einer bzw. mehrerer Maschinen durch lineare oder nichtlineare Regressionsfunktionen beschrieben, dieses Verhalten auf einen folgenden Zeitabschnitt extrapoliert und durch einen Vergleich mit der Aussonderungsgrenze die verbleibende Restbetriebsdauer bestimmt wird (Bild 1).

Wie erste Ergebnisse zeigen, ist die Anwendung der kollektiven Prognose für unter landwirtschaftlichen Bedingungen eingesetzte Baugruppen und Maschinen aus verschiedenen Gründen nicht zu empfehlen. Es kommt bei dieser Art der Verrechnung der Daten aller Baugruppen eines Betriebs zur Verfälschung der realisierten Verschleißgeschwindigkeit einzelner Baugruppen (ausgedrückt durch den Anstieg des Verlaufs des Diagnoseparameters).

Bild 2. Verlauf des Diagnoseparameters Öl volumenström (bei $p_{oi} = 2 \text{ bar} = \text{const.}$) der Motoren 4VD 14,5/12-1 SRW von Traktoren ZT 300;

Regressionsgleichungen:

$$a \dot{V}_{oi \text{ koll.}} = 0,11 \cdot 10^{-3} t + 7,33; b \dot{V}_{oi \text{ ind.}} = 0,48 \cdot 10^{-3} t + 4,40; c \dot{V}_{oi \text{ ind.}} = 0,31 \cdot 10^{-3} t + 3,33$$



der Vertrauensgrenze mit der Aussonderungsgrenze und dem Überprüfungszeitpunkt stellt die Restbetriebsdauer dar, die mit einer Wahrscheinlichkeit γ erreicht wird (γ wird dabei durch $t_{\alpha, m}$ berücksichtigt, $\alpha' = 1 - \gamma$).

Die γ -prozentuale Restbetriebsdauer auf der Grundlage des Michlinschen Ansatzes berechnet sich aus Gl. (7) (γ ist dabei in x enthalten):

$$T_{RBD\gamma} = t \left[\left(\frac{\frac{u_x}{G(t)} + x V_x^{\alpha'}}{1 + x V_x^{\alpha'}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right] \quad (7)$$

Es muß beachtet werden, daß diese Beziehung bei der Prognose anhand der Realisierungen des Abnutzungsverlaufs Anwendung findet (nicht beim mittleren Abnutzungsverlauf) und sich deshalb auch die Unterschiede zum ersten Verfahren ergeben.

Die Restbetriebsdauerangabe nach Tilgner beruht auf dem Michlinschen Potenzansatz für $\alpha = 2$ und stellt eine mittlere Restbetriebsdauer ($\gamma = 0,5$) dar. Die Unterschiede zu den beiden anderen Verfahren ergeben sich vor allem aus der grafischen Vereinfachung (Näherung) des tatsächlichen Verlaufs des relativen Ölverbrauchs sowie aus der Wahl des Potenzexponenten $\alpha = 2$. Wie erste Ergebnisse bei der Anwendung des Wiener-Prozesses [11] für die Prognose der Restbetriebsdauer zeigen, sind hierbei wiederum andere Angaben zu erwarten.

Damit wird die Notwendigkeit der weiteren Arbeit an den Problemen der Restbetriebsdauerprognose hervorgehoben, wobei es darum geht, die Vielzahl der mathematischen Modelle und Verfahren dahingehend zu testen und zu überprüfen, wie sie in der Lage sind, den stochastischen Verlauf des Abnutzungsverhaltens widerzuspiegeln.

Auf der Grundlage der auf diese Weise gewonnenen Ergebnisse lassen sich instandhaltungsstrategische Entscheidungen unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Diagnoseschlosser und Techniker für jeden einzelnen Motor ableiten. So ist z. B. für den im Bild 3 betrachteten Motor (bei Sicherung einer Aussagewahrscheinlichkeit von $\gamma = 0,9$) im folgenden Überprüfungsintervall keine Instandsetzungsmaßnahme zu erwarten. Im Rahmen der nächsten Hauptüberprüfung (bei 30 000 l DK) muß der Durchblasestrom auf der Grundlage der Ergebnisse nach dem Michlinschen Ansatz näher untersucht (s. Tafel 1) und verantwortungsbewußt anhand der anderen Diagnoseparameter sowie der Leistung als Komplexdiagnoseparameter entschieden werden, ob eine Grundinstandsetzung erforderlich wird oder ob eine Teilinstandsetzung (z. B. Kolben-Buchsen-Wechsel) dem Motor ökonomisch eine hinreichend große Restbetriebsdauer wiedergeben kann.

(Im vorliegenden Fall sollte der Kompressionsdruck beim Überprüfungsstermin 24 000 l DK nicht als Prognoseparameter genutzt werden, da das Bestimmtheitsmaß aus der linearen Regression von 0,08 für diesen Parameter sehr gering ist.)

Diese Untersuchungen sind bei jeder Hauptüberprüfung zu wiederholen und die Entscheidung über Zeitpunkt und Umfang von Instandsetzungsmaßnahmen zu präzisieren.

Es wird weiterhin deutlich, daß zur Entscheidung über die Grund- oder Teilinstandsetzung eines Motors nicht nur ein Parameter

Tafel 1. Ergebnisse der Restbetriebsdauerprognose mit Hilfe von mathematischen Modellen für verschiedene Diagnoseparameter (am Beispiel des Motors 4 VD 14,5/12-1 SRW eines Traktors ZT 300 zum Überprüfungsstermin 24 000 l DK)

Diagnoseparameter	Gleichung der Regressionsgeraden	Bestimmtheitsmaß	Restbetriebsdauer T_{RBD}				
			Regression		Michlin ($\alpha = 1$)		Tilgner
			$\gamma = 0,5$	$\gamma = 0,9$	$\gamma = 0,5$	$\gamma = 0,9$	$\gamma = 0,5$
			IDK	IDK	IDK	IDK	IDK
Kompressionsdruck	$p_K = -5,5 \cdot 10^{-3} t + 29,5$	0,08	29 800	— ¹⁾	450	330	—
Durchblasestrom	$\dot{V}_D = 4,1 \cdot 10^{-3} t + 0,58$	0,84	20 700	16 200	8 900	7 140	—
Öldruck	$p_{\text{öl}} = -8,0 \cdot 10^{-3} t + 4,54$	0,97	22 800	13 000	27 000	24 800	—
Ölvolumenstrom	$\dot{V}_{\text{öl}} = 3,5 \cdot 10^{-4} t + 2,5$	0,98	28 200	20 500	23 800	17 300	—
relativer Ölverbrauch	$q_r = 3,1 \cdot 10^{-3} t - 0,12$	0,63	70 400	45 500	65 600 22 400 ²⁾	47 400 17 400 ²⁾	13 800 ²⁾

1) keine Angabe möglich, da die Aussonderungsgrenze schon im Vertrauensbereich liegt

2) $\alpha = 2$

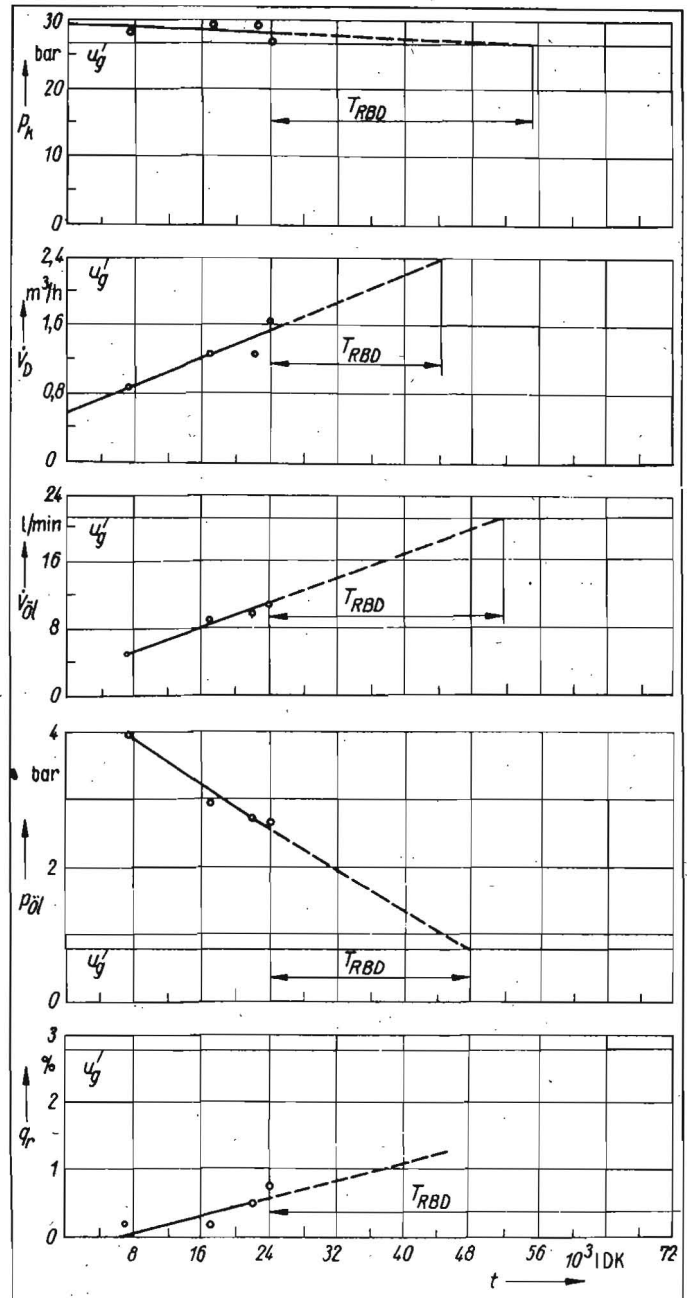


Bild 3 Zeitlicher Verlauf der Diagnoseparameter p_K , \dot{V}_D , $p_{\text{öl}}$, $\dot{V}_{\text{öl}}$, q_r und die jeweils zu erwartende Restbetriebsdauer eines 4-VD-Motors (ZT 300)

herangezogen werden sollte. Je mehr Informationen vorliegen und verarbeitet werden können, desto sicherer werden die Aussagen über den Schädigungszustand des Motors, die Prognose der verbleibenden Restbetriebsdauer und die Entscheidungen über die Durchführung von Instandsetzungsmaßnahmen [13].

Mit dem Verfahren der linearen Regression wird den Leitern der Pflege- und Diagnosestationen eine Methodik zur Verfügung gestellt, die für die Restbetriebsdauerprognose relativ einfach zu handhaben ist. Dabei sollte folgende Vorgehensweise eingehalten werden:

Eintragen der Meßwerte (es sollten mindestens 3 vorliegen) der verschiedenen Diagnoseparameter aus Hauptüberprüfungen in Diagramme entsprechend Bild 3

Darstellen des zeitlichen Verlaufs der Diagnoseparameter durch das Hineinlegen von Geraden in die eingetragenen Punktwolken (Regressionsgeraden)

(Dieses Hineinlegen muß so erfolgen, daß die Summe der Quadrate der Abweichungen der einzelnen Punkte von der hineingelegten Geraden möglichst gering wird, oder man führt mit den entsprechenden Wertepaaren eine lineare Regressionsrechnung durch.)

Eintragen der Aussonderungsgrenze für Motoren 4 VD der Traktoren ZT 300 und Varianten [12] für den jeweiligen Diagnoseparameter

- Kompressionsdruck	26,5 bar
- Durchblaststrom (bei Nenndrehzahl)	2,4 m ³ /h
- Öldruck (bei Nenndrehzahl)	0,8 bar
- Ölvolumenstrom	
bei 1 bar	14 l/min
bei 1,5 bar	17 l/min
bei 2 bar	21 l/min
- relativer Ölverbrauch	2,8 %

Bestimmen des Schnittpunkts der Regressionsgeraden mit der Aussonderungsgrenze für die verschiedenen Diagnoseparameter

und Ablesen der Restbetriebsdauer oder des Aussonderungszeitpunkts (s. a. Bild 3).

Entscheiden über Umfang und Zeitpunkt von Instandsetzungsmaßnahmen auf der Grundlage der ermittelten Restbetriebsdauer und der ingenieurtechnischen Fachkenntnisse und Erfahrungen der Diagnoseschlosser und Techniker.

Diese Vorgehensweise kann nur ein erster Schritt in Richtung der Restbetriebsdauerprognose sein. An ihrer weiteren Vervollkommnung wird weiter gearbeitet. Voraussetzung für eine derartige Vorgehensweise sind die strenge Einhaltung der technologischen Disziplin bei der Durchführung von Hauptüberprüfungen und größte Sorgfalt bei der Ermittlung der Meßergebnisse.

4. Zusammenfassung

Die Restbetriebsdauerprognose erlangt im Zusammenhang mit der Einführung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen immer stärkere Bedeutung. Von ihrer erfolgreichen Praxiswirksamkeit werden im wesentlichen der Effekt dieser Instandhaltungsmethode bzw. die Weiterentwicklung der technischen Diagnostik bestimmt.

Es werden Möglichkeiten beschrieben, eine Restbetriebsdauerprognose vorzunehmen. Mit der Darstellung der damit im Zusammenhang stehenden Probleme werden gleichzeitig einige Arbeitsrichtungen festgelegt. Mit einem Vorschlag über die methodische Vorgehensweise bei der Restbetriebsdauerprognose mit Hilfe der linearen Regression wird Praktikern ein Material bereitgestellt, anhand dessen sie mit exakt ermittelten Daten unter Einbeziehung ihrer ingenieurtechnischen Kenntnisse und Erfahrungen Entscheidungen über Grund- oder Teilinstandsetzungen auf der Grundlage des Schädigungszustands der technischen Arbeitsmittel oder Baugruppen treffen können.

Literatur

[1] Eichler, C., u. a.: Technisch-ökonomischer

Nutzen der Anwendung der technischen Diagnostik innerhalb landwirtschaftlicher Betriebe ... Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Forschungsbericht 1983 (unveröffentlicht).

- [2] Eichler, C.: Instandhaltungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1982.
- [3] Michlin, V. M.: Restnutzungsdauerprognose. Berlin: VEB Verlag Technik 1982.
- [4] Schiroslawski, W.: Zu den Eigenschaften und Anwendungsbereichen von Instandhaltungsmethoden, dargestellt am Beispiel landtechnischer Arbeitsmittel. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation B 1982 (unveröffentlicht).
- [5] Beckmann, G.; Marx, D.: Instandhaltung von Anlagen. Leipzig: VEB Dt. Verlag für Grundstoffindustrie 1981.
- [6] Eichler, C.; Schiroslawski, W.: Zur Restnutzungsdauerprognose. Wiss. Zeitschrift der Universität Rostock, 23 (1974) 6/7, S. 437.
- [7] Troppens, D.: Beitrag zur systematischen Entwicklung von Verfahren der technischen Diagnostik und von Diagnoseeinrichtungen für die Landtechnik. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation B 1976 (unveröffentlicht).
- [8] Tilgner, W.: Beitrag zur Restnutzungsdauerprognose an Fahrzeug-Viertakt-Dieselmotoren. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung, Dissertation A 1981 (unveröffentlicht).
- [9] Beyer, O., u. a.: Mathematik und Zuverlässigkeit. die Technik, Berlin 31 (1976) 11, S. 711-713.
- [10] Storm, R.: Wahrscheinlichkeitsrechnung; mathematische Statistik und statistische Qualitätskontrolle. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1974.
- [11] Thum, H.; Pieper, V.; Tiedge, J.: Betriebsdauerprognose von Verschleißteilen durch Anwendung mathematisch-statistischer Verschleißmodelle. Technische Hochschule Magdeburg, Sektion Mathematik und Physik, Forschungsbericht 1980.
- [12] Verfahrensbezogene Diagnostiktechnologie für Traktoren. Markkleeberg: agrabuch 1982.
- [13] Zastrow, G.: Untersuchung von Möglichkeiten der Restbetriebsdauerprognose an Dieselmotoren 4 VD 14,5/12-1 SRW. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Abschlußarbeit im Postgradualstudium Instandhaltung 1983 (unveröffentlicht).

A 3916

Abschlußarbeiten der Ingenieurschule für Land- technik Nordhausen

(Fortsetzung von Heft 3/1984, S. 133)

R. Böhnke

Schulungskonzeption für Servicepersonal und Vertragswerkstättenmonteure für die Hydraulikanlage des Mähdreschers E 514

Der ständig zunehmende Einsatz hochentwickelter hydraulischer Baugruppen in der Landtechnik stellt höhere Anforderungen an die sachgerechte Nutzung, Bedienung, Wartung und Instandsetzung, woraus ein wachsendes Bedürfnis beim Anwender nach Ausbildung und Schulung an den neuen Baugruppen resultiert. Um die Verfügbarkeit selbstfahrender Erntemaschinen zu erhöhen, ist es erforderlich, das Niveau und die Qualität der durchzuführenden Schulungen unter Verwendung der neuesten Erkenntnisse aus Wissenschaft und Technik ständig zu verbes-

sern. Mit der Ausarbeitung dieser Schulungskonzeption ist die Grundlage für eine effektive Schulung und Ausbildung des Servicepersonals sowie der Vertragswerkstättenmonteure für die Hydraulikanlage des Mähdreschers E 514 gegeben. Die vorliegende Arbeit enthält Prüfablaufpläne, die dem Nutzer bzw. der zuständigen Instandhaltungseinrichtung Anleitung und Hilfe geben sollen, um den E 514 auf die Erntekampagne vorzubereiten. Sollte es zu Störungen kommen, tragen die dargestellten Maßnahmen dazu bei, die Maschine möglichst schnell wieder zum Einsatz zu bringen.

K.-P. Bauer

Rationelle Anwendung von Heizenergie im VEB Kombinat für Landtechnische Instandhaltung Erfurt

Der Betriebsteil Mechterstedt im VEB Kombinat Landtechnik Erfurt hat die Aufgabe, für die Bezirke Erfurt und Suhl die spezialisierte Instandsetzung und die Kampagnefest-

standsetzung des Mähdreschers E 512 und des Rübenrodelaers KS-6 durchzuführen. Die Wärmeversorgung des gesamten Betriebsteils Mechterstedt erfolgt durch zwei Wärmeerzeugungsanlagen. Sie bestehen aus 2 Gliederheizkesseln GK 61-60 und 6 Gliederkesseln GK 71-18 (Schönebeck). Um mit Rohbraunkohle gegenüber Braunkohlenbriketts die gleiche Leistung der Kessel zu erreichen, ist der Einsatz einer Vorfeuerung notwendig. Durch den Verfasser wurden drei Typen der Vorfeuerung untersucht, und zwar die Typen „Holzhausen“, „Affalter“ und „Erfurt“, wobei der Typ „Affalter“ als geeignetster ausgewählt wurde. Durch die Vorfeuerung steigt die Erzeugerleistung um 104 %. Ein Vergleich hinsichtlich der Einsparung der Rohbraunkohle ohne Vorfeuerung und mit Vorfeuerung ergab, daß der Betrieb durch die Vorfeuerung 540 t Rohbraunkohle im Jahr einsparen kann. Weitere Einsparungen sind durch den Einsatz von Wärmepumpen, Strahlplatten u. a. möglich.

H. R.