

Optimaler Diagnoseaufwand für landtechnische Arbeitsmittel

Dr.-Ing. K. Gäbler, KDT, Ingenieurbüro für Vorbeugende Instandhaltung Dresden

1. Aufgabenstellung

Die Intensivierung verlangt auch eine stärkere wissenschaftliche Durchdringung der Probleme der vorbeugenden Instandhaltung, um deren Effektivität zu erhöhen.

Die Technische Diagnostik (TD) ist bei der vorbeugenden Instandhaltung landtechnischer Arbeitsmittel eine wichtige Maßnahme, um hohe Einsatzzuverlässigkeit der Maschinen bei geringen Betriebs- und Instandhaltungskosten zu sichern. Da die Technische Diagnostik nur eine Möglichkeit zur Erreichung dieses Gesamtziels ist, kommt es darauf an, nicht das maximal Mögliche zu suchen, sondern den Diagnoseaufwand mit dem erreichbaren Nutzen optimal abzustimmen.

Entsprechend den zwei Hauptaufgaben der TD ergibt sich ihr Vorteil aus dem

- Nutzen durch Funktionsdiagnose (niedrige Betriebskosten, hohe Arbeitsproduktivität und -qualität)
- Nutzen der Schadensdiagnose (hohe Zuverlässigkeit, Verminderung des Instandhaltungsaufwands).

Es ist notwendig, den Aufwand besonders bei der Schadensdiagnose zu optimieren, da deren Ziel auch durch die Methode der Instandhaltung nach starrem Zyklus verwirklicht werden kann. Es ist also zu ermitteln, wann und an welchen Baugruppen der Maschinen durch die TD ein größerer Nutzeffekt erreicht werden kann.

Die Funktionsdiagnose ist aus technischen, technologischen, ökonomischen oder sicherheitstechnischen Gründen erforderlich, um die Einhaltung bestimmter Funktionsparameter zu überprüfen. Die erforderlichen Überprüfungen sind dazu mit dem geringsten Aufwand bei Einhaltung der qualitativen Forderungen zu tätigen. Aus diesen Gründen wurden Untersuchungen und Optimierungsberechnungen für die Schadensdiagnose durchgeführt.

Fortsetzung von Seite 421

5. Zusammenfassung

Durch Untersuchungen an Baugruppen des Vakuumsystems von Melkanlagen wurden Aussagen für die Diagnostik abgeleitet, die notwendig werdende Erhaltungsmaßnahmen besser begründen sollen.

Es werden die verschiedenen Zustandsänderungen am Vakuumsystem während der Nutzung dargelegt und Schlußfolgerungen für die Bewertung eines Diagnosebefunds gezogen. Zur Verbesserung der Technischen Diagnostik werden Möglichkeiten zur Anwendung elektrischer Meßgerätesysteme erörtert.

Literatur

- [1] Anweisung zur vorbeugenden Instandhaltung von Impulsa-Melkanlagen. Prospekt des VEB Kombinat Impulsa, 1972.
- [2] Maack, H.-H.; Troppens, D.: Verfahrenssystematisierung Technische Diagnostik. Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Forschungsabschlußbericht 1975 (unveröffentlicht).
- [3] Knappe, E.; Deutschmann, S.; Milde K.: Pulsatorprüfgerät für Melkanlagen. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 8, S. 363—364.
- [4] Ripke, D.: Kontrollgerät für Melkanlagen PKD-1. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 8, S. 365—366.
- [5] Bedienungsanleitung des Prüfkoffers für Impulsa-Melkanlagen. VEB Kombinat Impulsa 1972.
- [6] Hensling, S.: Ermittlung notwendiger Zusammenhänge zur Auswertung von Messungen für die Diagnose an Baugruppen des Vakuumsystems von Melkanlagen. Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Diplomarbeit 1975.
- [7] Michlin, V. M.: Die Technische Diagnostik von Maschinen in der Landwirtschaft. agrartechnik 25 (1975) H. 9, S. 439—443.

A 1329

2. Möglichkeiten zur Ermittlung des optimalen Diagnoseaufwands

2.1. Kriterien des optimalen Diagnoseaufwands

Der Diagnoseaufwand wird bestimmt durch:

- Kosten für die Diagnose einer Maschine bzw. Baugruppe
- Häufigkeit der Diagnose (Diagnoseintervall)
- Umfang einer Diagnosemaßnahme (Gesamtdiagnose/Teildiagnose, Komplexdiagnose/Tiefendiagnose).

Die Optimierungsberechnungen basierten auf dem grundlegenden Kostenmodell (Gl. 1) der vom Diagnoseaufwand abhängigen Kosten:

$$\frac{K_{ges}}{t} = \frac{K_{pl} + K_{ul} + K_{ü}}{t} \quad (1)$$

K_{ges} Instandhaltungs- und ausfallbedingte Gesamtkosten bei Anwendung der TD

K_{pl} Kosten für planmäßige Instandsetzungen

K_{ul} Kosten für unplanmäßige Instandsetzungen einschließlich Ausfallkosten

$K_{ü}$ Kosten für diagnostische Überprüfungen
t mittlere Grenznutzungsdauer.

Die Diagnose ist so zu gestalten, daß in Abhängigkeit optimaler Werte für

- Kosten einer Diagnose
- Häufigkeit der Diagnosemaßnahmen
- Genauigkeit der Diagnose
- Betriebssicherheitsgrenzwert

die Instandhaltungs- und ausfallbedingten Gesamtkosten je Nutzungsdauereinheit minimal werden.

Die Kosten für planmäßige und unplanmäßige Instandsetzungen, die sich aus der Häufigkeit und den durchschnittlichen Kosten der jeweiligen Instandsetzungsmaßnahme ergeben, sowie die realisierte mittlere Grenznutzungsdauer sind abhängig vom Diagnoseaufwand. Je genauer die Diagnose (und damit je höher die Kosten einer Diagnose) und je öfter die Diagnose erfolgt, desto weniger kostenwirksame unplanmäßige Instandsetzungen treten auf. Gleichzeitig wird mit diesem höheren Diagnoseaufwand die Ausnutzung der Restnutzungsdauer der Elemente und Baugruppen besser, und die realisierte mittlere Grenznutzungsdauer vergrößert sich.

Die schematische Darstellung dieser Abhängigkeit zeigt das Bild 1. Von wesentlichem Einfluß auf das Verhältnis planmäßiger und unplanmäßiger Instandsetzungen und auf die realisierte Grenznutzungsdauer ist auch das Betriebssicherheitsgrenzmaß. Anhand

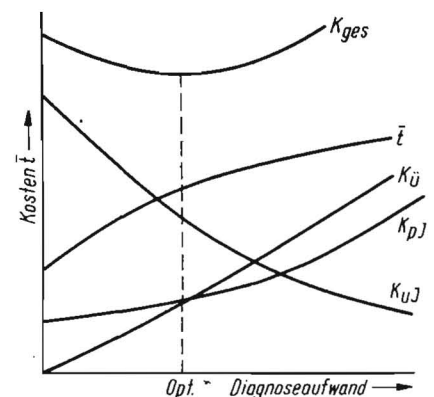


Bild 1
Abhängigkeit der Kosten und der realisierten Grenznutzungsdauer vom Diagnoseaufwand

Tafel 1. - Wichtige Primärdaten für die Optimierungsberechnungen

Maschinentyp Baugruppe Parameter	E 512		E 301			E 280			Hydr.
	Motor	EP ¹⁾	Hydr.	Motor	EP	Hydr.	Motor	EP	
mittlere GND in ha	1200	700	600	2300	2800	2100	2500	2000	2300
Variat.-Koeffiz. der GND V durchschnittl.	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Kampagneleistg. in ha durchschnittl.	250		700			900			
Kosten einer planmäß. IS ²⁾ in M	2200	200	50	1800	300	120	5000	300	80
Kostenverhältnis einer unplanmäß. zu einer planmäß. IS	1,6	3,0	5,3	1,54	1,67	1,83	1,37	2,61	5,6

1) Einspritzpumpe

2) Instandsetzung

Tafel 2. Optimale Diagnoseintervalle und Maximalwert der zulässigen Diagnosekosten

Maschinentyp Baugruppe	E 512		E 301			E 280			
	Mo- tor	EP	Hydr.	Mo- tor	EP	Hydr.	Mo- tor	EP	
max. zulässige Diagnose- kosten in M	90		50			110			
Diagnose- intervall in ha ¹⁾	400	100	15	1000	60	65	1600	120	30
	500		700			900			

1) abgestimmt auf die durchschnittlichen Kampagneleistungen

des Betriebssicherheitsgrenzmaßes wird bei der Überprüfung entschieden, ob eine vorbeugende Instandsetzung (planmäßig) notwendig oder ob eine weitere Nutzung möglich ist. Je weiter der Betriebssicherheitsgrenzwert vom Schadensgrenzwert entfernt ist, um so geringer wird der Anteil unplanmäßiger Instandsetzungen (weniger Ausfälle während des Einsatzes). Die Ausnutzung der Restnutzungsdauer verschlechtert sich dadurch. Die unterschiedlichen Wirkungen der Kriterien des Diagnoseaufwands auf die Gesamtkosten machen eine Optimierung dieser Parameter notwendig und möglich.

Wird eine bestimmte Zuverlässigkeit in den Einsatzintervallen gefordert, so ist sie als weitere Bedingung bei der Optimierung dieser Parameter zu berücksichtigen.

2.2. Primärdaten

Welche Werte die zu optimierenden Parameter des Diagnoseaufwands annehmen, ist abhängig von den Primärdaten

- Ausfallverhalten der Elemente bzw. Baugruppen (Verteilungsfunktion der Grenznutzungsdauer, mittlerer Schädigungsverlauf und dessen Streuung, vergl. Verschleißkurve)
- durchschnittliches Kostenverhältnis einer unplanmäßigen zu einer planmäßigen Instandsetzung.

Praktische Optimierungsberechnungen erfolgten anhand der Baugruppen Motor, Einspritzpumpe und Hydraulikanlage beim Mährescher E 512, beim Schwadmäher E 301 und beim Feldhäcksler E 280.

Da sich bei diesen Kampagnemaschinen die Überprüfungstermine nach dem Kampagnerhythmus richten müssen (Überprüfung nach 1/2, 1 oder 2 Kampagnen bei den Variantenberechnungen zugrunde gelegt), wurden als weitere Primärdaten die durchschnittlichen Kampagneleistungen ermittelt (Tafel 1).

Optimierungsberechnungen wurden sowohl kostenmäßig als auch unter Berücksichtigung einer Mindestzuverlässigkeit (90% in den Einsatzintervallen für die Baugruppen) vorgenommen.

3. Richtlinien für die zweckmäßigste Art und für die Häufigkeit von Diagnosemaßnahmen an den ausgewählten Landmaschinen

Aus den Berechnungen ergaben sich zunächst die in Tafel 2 angegebenen zweckmäßigen Diagnoseintervalle und maximal

zulässigen Diagnosekosten bei Gewährleistung einer Zuverlässigkeit von $R(t) \geq 90\%$ für die Baugruppen. Der Wert der maximal zulässigen Diagnosekosten kennzeichnet den Wert der Kosten einer Diagnose. Bei Überschreiten des Werts wird die Instandhaltungsmethode nach Überprüfung ungünstiger als die Instandhaltungsmethode nach Nutzungsdauerabhängigem starren Zyklus. Die Differenz zwischen diesem maximal zulässigen und den tatsächlich realisierbaren Diagnosekosten entspricht dem möglichen Nutzen durch die TD.

Die ermittelten zulässigen Diagnosekosten sind nur Richtwerte. Sie geben die Größenordnung der zulässigen Diagnosekosten an, lassen aber bereits wichtige Schlußfolgerungen über die Anwendbarkeit vorhandener Diagnoseverfahren zu.

Aus den Untersuchungen ergeben sich zusammengefaßt die Schlußfolgerungen [1] [2]:

- Bei einer kostenmäßigen Betrachtung ist ein Überprüfen des Abnutzungszustands an den untersuchten Baugruppen unzweckmäßig.
- Aus ökonomischer Sicht wäre es am günstigsten, nach dem kostenoptimalen starren Zyklus vorbeugend instand zu setzen und die Ausfälle während des Einsatzes durch Reservemaschinen bzw. -baugruppen zu kompensieren.
- Bei Forderung nach hoher Zuverlässigkeit (Größenordnung 90% für Baugruppen) ist eine Überprüfung des Abnutzungszustands sinnvoll.
- Am zweckmäßigsten ist bei den untersuchten Maschinen eine Überprüfung nach jeder Kampagne.
- Die Überprüfungen haben dann das Ziel, den Umfang bei der Kampagnefestüberholung auf das technisch-ökonomisch erforderliche Maß zu senken.
- Überprüfungen während der Kampagne sollten auf die Fehlersuche beschränkt werden.
- Eine Überprüfung der Hydraulikanlage nach der Kampagne sollte nur erfolgen, wenn bereits ohne Diagnosegeräte (subjektiv) ein Schaden vermutet wird. Sie dient dann dazu, den Instandsetzungsumfang zu senken, indem eventuell nur defekte Kleinteile (z. B. Dichtungen, Sicherheitsventile) ausgetauscht werden.
- Die Überprüfung der Hydraulik ist bei den untersuchten Maschinen auf die Fehlersuche zu beschränken.
- Bei der Überprüfung von Einspritzpumpen auf richtige Einstellung ist ein höherer Nutzen erreichbar als bei der Überprüfung des Abnutzungszustands.
- Überprüfungen von betriebs- und sicherheitstechnischen Parametern mit geringem Umfang werden unabhängig von den Optimierungsergebnissen nach ihrer Notwendigkeit in Verbindung mit den Pflegegruppen durchgeführt.
- Das Hauptaugenmerk der Überprüfungen richtet sich weiterhin auf die Motoren, weil bei der Motorenüberprüfung der größte Nutzen zu erzielen ist. Allerdings müssen möglichst genaue Verfahren angewendet werden.

4. Schlußfolgerungen

Für eine effektive Anwendung der TD ist neben genauen Diagnoseverfahren auch eine möglichst genaue Kenntnis der Abnutzungsverläufe und Schadensgrenzwerte erforderlich. Dazu ist eine exakte Erfassung der Nutzungsdauer (z. B. über den DK-Verbrauch) durch den Maschinennutzer notwendig. Die Schadensdiagnose bringt erst in Verbindung mit einer Restnutzungsdauerprognose einen weit höheren Nutzen. Die Restnutzungsdauerprognose ist jedoch z. Z. noch nicht (und in Zukunft auch nicht in jedem Fall) anwendbar. Gegenwärtig ist der größte Nutzen bei Diagnosemaßnahmen zur Überprüfung von betriebs- und sicherheitstechnischen Parametern und zur Fehlersuche zu erwarten.

Literatur

- [1] Gäbler, K.: Beitrag zur Optimierung des Aufwands für die technische Diagnose von Traktorenmotoren. TU Dresden, Dissertation 1973.
- [2] Wohlbe, H.; Gäbler, K.: Optimierung des technischen Aufwands für die Überprüfung landtechnischer Arbeitsmittel. Ing.-Büro für Vorbeugende Instandhaltung Dresden, Forschungsbericht 1975.

A 1367