

chen Kraftstoffverbrauchs verschiedener Traktoren ZT 300 läßt größere Abweichungen des Kraftstoffverbrauchs vom tendenziellen Verlauf eindeutig als Mehrverbrauch erkennen. Mit Hilfe dieser ständigen Kontrolle ist es möglich, auftretende Störungen bzw. Auswirkungen von Einstell- und Instandsetzungsmaßnahmen auf den Kraftstoffverbrauch unter Beachtung der durchgeführten Arbeiten festzustellen, um, wie im Bild 2 an der Maschine B dargestellt, Einstell- und Instandsetzungsmaßnahmen einzuleiten. Aus den Angaben im Bild 2 ist eine große Streuung der Einzelwerte bei max. 3 l Dieselmotorkraftstoff je Betriebsstunde ersichtlich, die auf unterschiedliche Leistungsanforderungen auch bei Transportarbeiten schließen lassen. Das erfordert in der Auswertung, wenn man von einem relativ stabilen technischen Zustand ausgeht, die Einbeziehung solcher Einflußfaktoren, wie Transportmasse bzw. Fahrverhältnisse, die wesentlich den Kraftstoffverbrauch beeinflussen und damit die Aussagekraft dieser Auswertung erhöhen können.

#### *Veränderung von Einflußfaktoren*

Eine andere Möglichkeit zur Ermittlung der Auswirkung der Diagnose einschließlich der Einstell- und Instandsetzungsarbeiten auf den spezifischen Kraftstoffverbrauch stellt die Verwendung der im Rahmen der Diagnose ermittelten Funktionsparameter dar. Voraussetzung dafür ist, daß die optimalen Einstellbereiche und die Auswirkungen bestimmter Veränderungen der Funktionsparameter auf den spezifischen Kraftstoffverbrauch bekannt sind.

Aus Erfahrungen bisheriger Untersuchungen

lassen sich die Funktionsparameter Rauchdichte und Voreinspritzwinkel für die Ermittlung der Veränderung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs verwenden.

Ergebnisse der Rauchdichteuntersuchungen vor und nach der Diagnose lassen erkennen, daß mit Verringerung der Rauchdichte eine entsprechende Senkung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs möglich ist [2]. Das ist aber nur über die optimale Einstellung aller Funktionsparameter erreichbar. Eine Reduzierung der Rauchdichte durch die Verringerung der Einspritzmenge ist problematisch, da sich die maximale Leistung der Traktoren verringert und dadurch bei Arbeiten mit hohem Kraftaufwand mit niedriger Getriebe- und hoher Drehzahl gefahren wird, was einen erhöhten Kraftstoffverbrauch verursacht. Die Veränderung der Einspritzmenge sollte nur dann vorgenommen werden, wenn Abweichungen von den zulässigen Einstellbereichen auftreten. Eine andere Möglichkeit stellt die Überprüfung des Voreinspritzwinkels dar, deren ermittelte Abweichung vom Einstellbereich (Bild 3) einen erhöhten spezifischen Kraftstoffverbrauch verursacht.

Die Auswirkung dieser und anderer Störgrößen bedarf noch genauer Untersuchungen, um den entsprechenden Anteil der Funktionsparameterabweichungen bei der Beeinflussung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs festzustellen.

#### **3. Zusammenfassung**

Alle Einstell- und Instandsetzungsarbeiten wurden auf der Grundlage von Diagnoseergebnissen einzelner Geräte des Diagnosesystems DS 1000 vorgenommen. Aus den bis-

herigen Untersuchungen zur Ermittlung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs unter Praxisbedingungen muß eingeschätzt werden, daß mit zunehmender Belastung der Maschine der Einfluß der Störgrößen auf den spezifischen Kraftstoffverbrauch größer wird. Die erreichte Verringerung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs durch Geräte des DS 1000 in Verbindung mit Einstell- und Instandsetzungsarbeiten lassen auf die große Wirksamkeit dieser Arbeiten schließen, auch wenn keine direkte Überprüfung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs vorgenommen werden kann.

Bei exakter Erfassung von Einstell- und Instandsetzungsmaßnahmen in Verbindung mit Bordbuchauswertungen lassen sich näherungsweise Senkungen des spezifischen Kraftstoffverbrauchs nachweisen.

Der direkten Ermittlung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs, bei der die Auswirkungen von Einstell- und Instandsetzungsarbeiten sofort sichtbar werden, steht ein relativ hoher Aufwand an Gerätetechnik und Arbeitszeit gegenüber, der für den Einsatz in Praxisbetrieben ungünstig ist.

#### **Literatur**

- [1] Storm, K.: Wahrscheinlichkeitsrechnung, Mathematische Statistik, Statistische Qualitätskontrolle. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1976.
- [2] Gebhardt, N.: Beitrag zur Minimierung des organisatorischen Aufwands der technischen Diagnostik mobiler landtechnischer Arbeitsmittel. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Dissertation A 1981.

A 3919

## Möglichkeiten und Probleme der Getriebediagnose

Prof. Dr. sc. techn. J. Müller, KDT/Dozent Dr. sc. techn. D. Troppens, KDT  
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

### **1. Einleitung**

An moderner Landtechnik sind sämtliche Getriebearten, wie z. B. Rädergetriebe, Rollenkettengetriebe und Riemengetriebe sowie Kurvengetriebe, Koppelgetriebe, Schrittgetriebe, im Einsatz zu finden. Entsprechend ihrer funktionellen Bedeutung sowie nicht ausreichend vorhandener Verfahren zu ihrer Nutzungsdauergerechten Konstruktion ergibt sich ggf. die Notwendigkeit zu ihrer Diagnose.

In einem früheren Beitrag [1] zu Fragen der Getriebediagnose wurden die aktuell anstehenden Möglichkeiten am Beispiel des Schubkurbelgetriebes im Verbrennungsmotor dargelegt und in [2] die Diagnose von Antriebsbaugruppen mit Hilfe der Spieldiagnose behandelt. Der erste Lösungsschritt zum Entwickeln von Diagnoseverfahren für getriebetechnische Baugruppen besteht im Untersuchen der Diagnosewürdigkeit des Objekts und im Bestimmen geeigneter Diagnoseparameter [3].

Am Beispiel einstufiger Rädergetriebe soll dargelegt werden, wie durch systematische Schädigungsanalyse und Ermitteln des Wirkungsmechanismus der Schädigung [4] ge-

eignete Diagnoseparameter präzisiert werden können. Daraus ableitend sollen Möglichkeiten der Getriebediagnose erörtert werden.

### **2. Notwendigkeit der Diagnose**

Die im Abschn. 1 vertretene These, daß die Diagnose von Getrieben in landtechnischen Maschinen und Anlagen notwendig ist, gilt nicht grundsätzlich, da es Unterschiede bei der Schadenshäufigkeit gibt und in der landtechnischen Instandhaltung einige getriebetechnische Baugruppen mit wechselndem Erfolg subjektiv beurteilt werden, um Instandhaltungsmaßnahmen festzulegen. Diese Faktoren fordern eine gründliche Schädigungsanalyse als Voraussetzung für das Einschätzen der Diagnosewürdigkeit und als Ausgangspunkt für das Ableiten von geeigneten Diagnoseverfahren. Erfahrungen bei derartigen Untersuchungen haben aber auch gezeigt, daß subjektive Beurteilungen des Schädigungszustands einer Baugruppe oftmals nicht ausreichend sind, da bei nicht rechtzeitiger Instandsetzung ungerechtfertigte Nachfolgeschäden auftreten oder die

Aufarbeitung von Elementen nicht mehr möglich bzw. lohnend ist [5].

Bei der Beantwortung der Frage der Notwendigkeit der Diagnose ist zu beachten, daß Landmaschinen heute weit länger genutzt werden, als es bei ihrer Konstruktion geplant war und Getriebe mit ihren Bauteilen ebenfalls dieser längeren Nutzungsdauer ausgesetzt sind, so daß gegenüber der geplanten Schadenshäufigkeit Verschiebungen auftreten. In den meisten Fällen ist es nicht möglich, die reale Nutzungsdauer von Getrieben und ihren Bauteilen festzustellen. Dadurch ist zur Sicherung der Verfügbarkeit der Maschinen bei der Kampagnefestinstandsetzung eine Zustandseinschätzung die notwendige Voraussetzung. Bei einigen Maschinen und Anlagen wird die Instandsetzung nach Ausfall vorgenommen. Geringe Häufigkeiten der Ausfälle, geringer Aufwand für den Austausch von Getriebebaugruppen und das Fehlen von Diagnoseverfahren rechtfertigen diese Vorgehensweise. Es sollte jedoch genau bilanziert werden, welche Instandhaltungsmethode am kostengünstigsten ist und sowohl Material und Energie als auch Arbeitszeit sparen hilft [6]. Unter Berücksichti-

gung dieser Aspekte gilt es, die Notwendigkeit einer Diagnose zu begründen, wobei Ort und Zeitpunkt der Realisierung einzubeziehen sind (z. B. im spezialisierten Instandsetzungsbetrieb während der Kampagnestandardsetzung).

### 3. Voraussetzungen und Realisierung

Voraussetzung für das Ableiten eines Diagnoseverfahrens ist die Kenntnis folgender Zusammenhänge:

*Schädigungsverhalten, Wirkungsmechanismen der Schädigung*

Mit Hilfe einer systematischen Schädigungsanalyse [3, 4, 9, 10] ist eine Auskunft über Qualität und Quantität der einzelnen Schäden sowie über ihre Ursache und Wirkung auf andere Bauteile und damit über den Wirkungsmechanismus der Schädigung der gesamten Baugruppe möglich.

*Schädigungskenngrößen*

Die im Wirkungsmechanismus der Schädigung ausgewiesene Wechselwirkung der einzelnen Schäden gestattet ein Eliminieren derjenigen Kenngrößen, die eine quantifizierte Aussage über den Schädigungszustand der betreffenden Baugruppe, Paarungen oder Bauteile zulassen und die somit die Basis für das Ableiten quantifizierter Schädigungsgrenzwerte [11] darstellen.

*Diagnoseparameter*

Als Diagnoseparameter können aus den o. g. Schädigungskenngrößen diejenigen ausgewählt werden, die einer meßtechnischen und rechnerischen Bestimmung zugänglich sind und die sich gleichzeitig eignen, unter realisierbaren Diagnosebedingungen den Schädigungszustand unmittelbar zu erfassen.

*Messen und Aufbereiten von Größen zur Bewertung*

Demontageloses Messen des vorliegenden Werts eines Diagnoseparameters ist nicht in jedem Fall realisierbar, wenn nicht entsprechende Sensoren in der Baugruppe vorgesehen bzw. die betreffenden Stellen zugänglich sind oder durch Teildemontagen rasch zugänglich gemacht werden können. Dann empfiehlt es sich, solche demontagelose meßbaren Parameter heranzuziehen, die ihrerseits durch die abnutzungsabhängigen Größen beeinflusst werden (indirekte Diagnoseparameter). Für ihre Bewertung, die recht aufwendig sein kann, ist der funktionale Zusammenhang zu denjenigen Kenngrößen zu ermitteln, die der Konstrukteur für die Beurteilung der Gebrauchswerte der Baugruppe zugrunde legte und für die Grenzwerte vorliegen.

Bestätigt eine durchgeführte systematische Schädigungsanalyse, daß infolge Abnutzung in bestimmten Paarungen Form- und Lageabweichungen auftreten, läßt sich nach dem Quantifizieren bestehender Abhängigkeiten auch die Aussagekraft (z. B. einer Spielmessung) einschätzen. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß zur Paarung von Getriebebauteilen i. allg. funktionsbedingte Spiele notwendig sind, so daß es für die Zustandseinschätzung einer genutzten Baugruppe die Spielveränderung gegenüber dem toleranzmäßig festgelegten Neuzustand zu bestimmen gilt.

In den meisten Fällen können Form- und Lageabweichungen sowie die dadurch bedingten Spiele nicht demontagelos gemessen oder mit einer Meßmethode derart erfaßt werden, daß eine eindeutige Bewertung vorgenommen werden kann. Die umständliche Zugänglichkeit, die hohen Meßungenauig-

Bild 1  
Schadenshäufigkeit an Bauteilen der Portalgetriebe und Verbrauchskennziffern (VKZ<sub>M</sub>) verschiedener Instandsetzungskampagnen von 1975 bis 1982 in VEB KfL der Nordbezirke, bezogen auf die Anzahl instand gesetzter Maschinen

Bauteil	E 512		E 280		
	VKZ <sub>M</sub>	Rangfolge	VKZ <sub>M</sub>	Rangfolge	
Wälzlager	0,16... 0,4	1	0,08... 0,2	3	
	0,04... 0,08	2	0,04... 0,2	2	
	0,02... 0,03	5	0,01... 0,26	1	
Geradstirnradwalze	0,04... 0,06	3	0,11... 0,2	4	
Geradstirnrad	0,01... 0,06	4	0,00... 0,06	6	
Flanschswelle	0,01	6	0,00... 0,12	5	

keiten bei Längen- und Spielmessungen oder der komplexe Charakter der Diagnoseparameter (z. B. bei mehrstufigen Rädergetrieben für das Messen der Verdrehspiele) mindern die Aussagekraft. Vielfach treten auch Werkstoffermüdung und Abnutzung im Komplex auf (z. B. bei Wälzlagern; an gehärteten Zahnflanken; bei Anrissen im Zahngrund, in Wellen, Zapfen usw.). Um Brüche zu vermeiden und um mit einer vorbeugenden Instandsetzung der progressiv wachsenden Abnutzung zuvorzukommen, wären Verfahren für die Einschätzung der Werkstoffveränderungen vorteilhaft. Die Anwendung von Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung in der technischen Diagnostik steht noch am Anfang [12] und soll bei den weiteren Betrachtungen ausgeklammert werden.

### 4. Bekannte Diagnoseverfahren für Getriebe

In Tafel 1 sind einige wichtige Diagnoseverfahren für Getriebe mit den verwendeten Meß- und Hilfseinrichtungen einschließlich zugehöriger Literaturangaben zusammengestellt. Aufgrund der Aussagen in der Literatur lassen sich eventuelle Möglichkeiten des Einsatzes in der Landtechnik und zu erwartende Aussagemöglichkeiten einschätzen. Grundsätzlich kann geschlußfolgert werden, daß es z. Z. für objektive Diagnoseverfahren (abgesehen von wenigen Ausnahmen) keine abgeschlossenen Entwicklungen für ihren Einsatz in landtechnischen Arbeitsmitteln gibt, d. h. Diagnosekennlinien, Grenzwerte für die Bewertung und Daten für die Restbetriebsdauerprognose noch fehlen.

Tafel 1. Zusammenstellung von Diagnoseverfahren, die auf Anwendbarkeit an getriebetechnischen Baugruppen untersucht wurden

Diagnoseverfahren/ Diagnoseparameter	Hilfs-/Meßeinrichtungen	Bauteilpaarungen/ Baugruppen	Literatur
subjektive Verfahren (sehen, fühlen, hören)/ Oberflächenbilder, Geräusche, Temperaturbereiche	ohne Endoskope (Schaudeckel, Öffnungen) Stethoskope Temperaturindikatoren	Zugmittelgetriebe, Rädergetriebe Zahnräder, Lager, Kurbelgetriebe, Gleitflächen Zahnradgetriebe, Lager Lager, Schmiermittel, Gehäuse	[13, 14] [15, 16] [17]
Summenfehlerverfahren/ Verdrehspiel, Drehfehler, Lagerspiel	Meßuhr und Anpaßeinrichtung, Verdrehspielmeßeinrichtung elektrisches Verdrehspiel bzw. Drehfehlermeßplätze Meßuhr, induktive bzw. Wirbelstrom-Wegeaufnehmer	Rädergetriebe, Welle-Nabe-Verbindung Rädergetriebe	[18] [19, 20, 21]
Tragbildverfahren/Oberflächenform	Abdruckmittel (Silikonkautschuk)/Profilmessgerät	Lager von Wellen in Turbinen, Verdichtern, Mährescherbaugruppen Rädergetriebe	[22, 23] [24]
Spannungsmessung/Dehnung	Dehnungsmessstechnik	Rädergetriebe, Zahnräder	[24]
vibroakustische Verfahren/ Torsionsschwingungen (Winkel, Winkelgeschwindigkeit, -beschleunigung) Schwingweg, -geschwindigkeit, -beschleunigung Schallintensität	Drehschwingungsmesseinrichtungen Schwingungsmessplätze mit verschiedenen Auswerteeinheiten	Kurbelgetriebe Rädergetriebe Rädergetriebe Verdichter, Kurbelgetriebe Wälzlager, Gleitlager	[14, 25] [18, 21] [17, 18] [25, 26] [27, 28, 29]
Ölanalyse auf Abriebsprodukte/ Anzahl der Partikel bzw. Verhältnis der Massen der Abriebsprodukte zur Ölmasse	Atomabsorptionsspektroskop elektromagnetisches Konzentrationsmeßgerät	Rädergetriebe, Kurbelgetriebe Kurbelgetriebe	[13, 30, 31] [13]
Temperaturmessungen	radioaktive Isotope/ Strahlungsintensitätsmeßgerät mechanische, elektrische Temperaturmeßeinrichtungen (Sensoren evtl. eingebaut)	Kurbelgetriebe Rädergetriebe Lager	[13, 15, 31] [15, 32]

## 5. Anwendbarkeit bekannter Diagnoseverfahren

Zum Einschätzen der Anwendbarkeit bekannter Diagnoseverfahren ist es zweckmäßig, den konkreten Anwendungsfall zu betrachten, um Ergebnisse einer Schädigungsanalyse zielgerichtet mit einzubeziehen. Die Vorgehensweise soll an einem konkreten Beispiel erläutert werden (Portalgetriebe des Mähreschers E 512 und des Feldhäckslers E 280). Als vorläufiges Ergebnis der Schädigungsanalysen kann die Häufigkeit, die sich aus den Verbrauchskennziffern (VKZ) ableiten läßt, bestätigt werden (Bild 1). Nicht aufgeführt sind die am E 280 an Flanschwellen häufig auftretenden Ausfälle der Wellendichtungen, die durch Sichtprüfungen beim Auffüllen von dünnflüssigen Medien (z. B. Fekamul) sicher erkannt werden können.

Nachfolgend soll darauf eingegangen werden, wie die in Tafel 1 aufgeführten Diagnoseverfahren für dieses Getriebe geeignet sind.

### Subjektive Verfahren

Anhand der Abnutzungsprodukte im abgelassenen Schmieröl können bei vorhandenen Bruchkörpern bereits aufgetretene Schäden an Bauteilen vermutet werden. Ähnliches trifft für die Deutung wahrnehmbarer Geräusche (z. B. Rattern beim Durchdrehen) zu. Bei Sichtprüfungen und beim Bewegen der Wellenstümpfe (z. B. der Antriebswellen) werden erst Wirkungen großer Lagerluft erkannt (oberhalb der Aussonderungsgrenzen der Wälzlager nach [33]). Dadurch können Nachfolgeschäden nicht nur an den Wälzlagern, sondern an weiteren Bauteilen (Zahnrad, Gehäuse) bei weiterer Nutzung auftreten, die eine Einzelteilinstandsetzung ausschließen. Diese Verfahren sind also nicht ausreichend, auch wenn der Gehäusedeckel abgenommen wird, da die am häufigsten geschädigten Elemente nicht sichtbar sind.

### Spielmessungen

Die Radialspele der Wälzlager sind bei diesem einstufigen Getriebe gemäß [2, 5] meßbar und beim Vorliegen von Aussonderungsgrenzen bewertbar.

Verdrehspeilmessungen mit einfachen mechanischen Meßgeräten erfordern wegen eigentlich notwendiger Messungen in allen möglichen Paarungsstellungen der Zähne einen hohen Zeitaufwand. Sie lassen aber eine Einschätzung eines Zahnflankenverschleißes zu, der jedoch gegenwärtig nur mit geringer Häufigkeit auftritt (s. Abschn. 2). Eine automatische Drehfehlermessung verringert den Zeitaufwand bei hoher Aussagesicherheit [19]. Es fehlt aber die Gerätetechnik für die Messung, und es ist zu prüfen, ob der Aufwand für die Geräte dem Nutzen entspricht.

### Zahnflankenoberflächenzustandseinschätzung mit Abdruckverfahren

Ohne Demontage ist dieses Verfahren nicht ausführbar. Der Aufwand ist nicht gerechtfertigt. Eine subjektive Überprüfung nach der Demontage würde bereits ausreichen bzw. es wäre dann auch ein Vermessen mit Längenmeßmitteln direkt möglich (wegen der kleinen Abmessungen der Bauteile).

### Spannungsmessungen an Zähnen

Sie sind aufwendig und deshalb nicht zu empfehlen.

### Vibroakustische Verfahren

Eine Auswahl geeigneter Verfahren und der Gerätetechnik wurde bisher nicht untersucht. Zu prüfen wäre, ob eine Wälzlager-

diagnose mit den Verfahren nach [28] realisierbar ist. Bisher geprüfte Möglichkeiten für die Anwendung einer vibroakustischen Wälzlagerdiagnose waren negativ [29], da die Drehzahlen zu niedrig sind und Stör-schwingungen vom Verbrennungsmotor die Nutzungschwingungen überdecken.

### Temperaturmessungen

Eine direkte ständige Wälzlager-temperaturüberwachung ist denkbar, jedoch recht aufwendig. Ihre Brauchbarkeit müßte erprobt werden.

### Analyse der Abriebprodukte

Abrieb an den Wälzlagern tritt in größerer Menge erst nach großer Abnutzung auf. Der Zahnradverschleiß ist wegen der Wärmebehandlung der Zahnflanken i. allg. gering (mit Ausnahme der Nachfolgeschäden bei Schmiermittelverlust oder bei Einquetschen anderer Bruchkörper). Deshalb ist der Einsatz dieses Verfahrens hier nicht angebracht.

## 6. Schlußfolgerung

Die Möglichkeit zur Diagnose eines Getriebes bedeutet grundsätzlich eine „ökonomische Möglichkeit“. Die Prüfung und Sicherung dieser Voraussetzung bedarf einer systematischen Schädigungsanalyse. Da gegenwärtig nur für wenige Getriebearten in charakteristischen Einsatzfällen schädigungsanalytische Erkenntnisse vorliegen, kann eine Aussage über die Möglichkeit einer Getriebediagnose vom Grundsatz her bejaht, aber nur für die konkreten Fälle bestätigt werden. Für den Anwendungsfall des einstufigen Portalgetriebes wurden die Vorgehensweise und die gewonnenen Erkenntnisse dargelegt.

## Literatur

- [1] Müller, J.: Tropens, D.: Zur Technischen Diagnose von getriebetechnischen Baugruppen. Maschinenbautechnik, Berlin 25 (1976) 8, S. 350–353.
- [2] Müller, J.; Tropens, D.: Möglichkeiten und Grenzen für die Diagnose von einstufigen Zahnradgetrieben mit Hilfe von Spielmessungen. Vortrag auf der 4. Fachtagung Antriebs-technik/Konstruktion am 19. und 20. Oktober 1983 in Karl-Marx-Stadt.
- [3] Müller, J.: Zur Ermittlung der Schädigungsgrenzen von getriebetechnischen und hydraulischen Baugruppen. Maschinenbautechnik, Berlin 27 (1978) 3, S. 112–114.
- [4] Müller, J.: Leitblatt zum Wirkungsmechanismus der Schädigung. Maschinenbautechnik, Berlin 29 (1980) 4, S. 156–157.
- [5] Schröder, M.: Grundlagen für die Diagnose an Portalgetrieben. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Großer Beleg 1983 (unveröffentlicht).
- [6] Schiroslawski, W.: Eigenschaften und Anwendungsbereiche von Instandhaltungsmethoden – dargestellt am Beispiel landtechnischer Arbeitsmittel. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation B 1982.
- [9] Müller, J.: The „Damage Mechanism“ of Elements of Mechanism (Wirkungsmechanismus der Schädigung getriebetechnischer Baugruppen). Proceedings of the Fifth World Congress on Theory of Machines and Mechanisms, Montreal 1979. Herausgeber: American Society of Mechanical Engineers, New York (1979) Bd. 2, S. 1188–1191.
- [10] Müller, J.: Schädigungsanalyse in der Antriebstechnik. Maschinenbautechnik, Berlin 27 (1978) 10, S. 437–438.
- [11] TGL 22278/01 Terminologie der Landtechnischen Instandhaltung, Grundbegriffe. Ausg. Nov. 1980.

- [12] Morgner, W., u. a.: Zerstörungsfreie Prüfung und Technische Diagnostik. Die Technik, Berlin 34 (1979) 6, S. 331–334.
- [13] Wohllebe, H., u. a.: Technische Diagnostik im Maschinenbau. Berlin: VEB Verlag Technik, 1978.
- [14] Strickert, H.; Moeck, E.: Technische Diagnostik an Schiffsmaschinenanlagen. Berlin: VEB Verlag Technik 1982.
- [15] Sturm, A.; Kinsky, D.: Verfahrenskatalog Technische Diagnostik von Energieanlagen. Ingenieurhochschule Zittau, OGREB-Institut für Kraftwerke Vetschau, 1981.
- [16] Hennigs, G.: Ermittlung des Schädigungs-zustandes an Zahnflanken. Schmirungstechnik, Berlin 10 (1979) 10, S. 307–310.
- [17] Engler, G.: Akustische Diagnose von Zahnradgetrieben. Maschinenbautechnik, Berlin 26 (1977) 12, S. 546–549.
- [18] Nobis, G.: Untersuchung von Möglichkeiten zur demontagefreien Überprüfung des Wechselgetriebes W 50 L. Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Abschlußbericht und Dissertation A 1978.
- [19] Müller, J.; Tropens, D.: Diagnoseverfahren für getriebetechnische Baugruppen (Verdrehspeildiagnose Rädergetriebe). Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Forschungsbericht 1982 (unveröffentlicht).
- [20] Sang, L.: Drehwinkel-treue mehrstufige Stirnradgetriebe der Feingerätetechnik. Technische Universität Dresden, Sektion Elektronik, Dissertation A 1979 (unveröffentlicht).
- [21] Paikin, I. M.: Kontrolle kinematischer Qualitätsparameter von Präzisionszahnradgetrieben. Izmeritel'naja tehnika, Moskau (1982) 2, S. 29.
- [22] Ihle, G.: Beitrag zur technischen Diagnostik landtechnischer Wellensysteme. Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land und Fördertechnik, Dissertation A 1966.
- [23] Technologie der Diagnose des technischen Zustandes von Körnererntekombines SKD „Sibirjak“. Institut GOSNITI, Moskau 1974.
- [24] Hennigs, G.: Beitrag der technischen Diagnostik für zuverlässige Maschinenbauerzeugnisse, dargestellt am Beispiel der Zahnradgetriebe. Maschinenbautechnik, Berlin 30 (1981) 8, S. 370–372.
- [25] Bielawski, P.: Technische Diagnostik am Triebwerk von Schiffsmotoren. Ingenieurhochschule für Seefahrt Warnemünde/Wustrow, Dissertation A 1982.
- [26] Maack, H.-H.: Geräte und Verfahren zur vibroakustischen Diagnostik für die Landtechnik der UdSSR. agrartechnik, Berlin 29 (1979) 9, S. 399–402.
- [27] Ullmann, R.: Ein Gerät zur Diagnose von Ermüdungserscheinungen an Wälzlagern. agrartechnik, Berlin 27 (1977) 1, S. 10–12.
- [28] Sturm, A.; Kinsky, D.: Technische Diagnostik an Wälzlagern mittels Schwingungsmessung. Ingenieurhochschule Zittau, Sektion Kraftwerksanlagen und Energieumwandlung, Forschungsbericht 1982 (unveröffentlicht).
- [29] Ullmann, R.: Wälzlagerdiagnose. Ingenieurbüro für vorbeugende Instandhaltung Dresden, Teilabschlußbericht 1976 (unveröffentlicht).
- [30] Stirl, A.: Beitrag zur Anwendung der Instandhaltung nach Überprüfungen für stationäre maschinentechnische Ausrüstungen in Anlagen der Tierproduktion. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation A 1980.
- [31] Mund, M.; Langrock, E.-J.: Erste Ergebnisse bei der Anwendung der Röntgenfluoreszenzanalyse zur Bestimmung des Verschleißzustandes von Motoren. Maschinenbautechnik, Berlin 26 (1977), 7, S. 317–319.
- [32] Hermann, D.: Temperaturmeßverfahren zur Überwachung von Gleitlagern. Vortrag zum 2. Erfahrungsaustausch Technische Diagnostik in Kraftwerksanlagen in Cottbus 1979 (unveröffentlicht).
- [33] Eschmann, P.: Das Leistungsvermögen der Wälzlager. Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer-Verlag 1964. A 3918