

den kann und muß. Bei einem Fuhrpark mit Arbeitsmitteln von beispielsweise 5 verschiedenen Herstellern hat das aber u. U. 5 verschiedene Instandhaltungsdokumente mit möglicherweise ebenso vielen verschiedenen Instandhaltungssystemen zur Folge. Daher scheint es überlegenswert und sinnvoll, zunächst ein autorisiertes Spezialistenteam zu bilden, das derartige Arbeiten für die in der Landwirtschaft der DDR eingesetzten landtechnischen Arbeitsmittel kooperativ und zentralisiert durchführt. Dieses Team sollte zumindest solange bestehen, bis ein entsprechendes Softwarepaket vorhanden ist, nach dem sich die IHV gezwungenermaßen in Inhalt und Gestaltung gleichen, oder ein detaillierter Standard vorliegt.

5. Zusammenfassung

Der Einsatz hochproduktiver und qualitätsge-rechter mobiler landtechnischer Arbeitsmittel und der Übergang von Einzelmaschinen

zu Systemlösungen erfordern, daß neben dem Erzeugnis als Arbeitsmittel u. a. gleichwertig gestaltete, zugeordnete Instandhaltungsvorschriften mit ausgeliefert werden. Zum Erreichen dieser Zielstellung sind die gegenwärtigen Instandhaltungsvorschriften für mobile landtechnische Arbeitsmittel schrittweise zu vervollkommen. Die Lösung dieser Aufgaben erfordert eine stetige, enge und arbeitsteilige Zusammenarbeit zwischen Hersteller, Nutzer und Instandhalter der landtechnischen Arbeitsmittel bei konsequenter Nutzung moderner Rechen-technik.

Literatur

- [1] Werner, G.-W.; Heyne, W.: Bedienungs- und Instandhaltungsanleitungen, Inhalt – Form – Gestaltung. Berlin: VEB Verlag Technik 1987.
- [2] TGL 80-21 773 Landtechnisches Instandhaltungswesen; Pflegeordnung Traktoren. Ausg. Okt. 1965.

- [3] Zimmer, E.; Wüstefeld, M.; Stülpner, J.: Studie zur rationellen Gestaltung künftiger Instandhaltungsvorschriften für mobile landtechnische Arbeitsmittel. Ingenieurbüro für vorbeugende Instandhaltung Dresden, 1985 (unveröffentlicht).
- [4] Zimmer, E.; Wüstefeld, M.; Stülpner, J.: Studie zur rechnergestützten Erarbeitung von Instandhaltungsvorschriften. VEB WTZ Landtechnik Dresden, 1986 (unveröffentlicht).
- [5] Zimmer, E.; Winkler, C.: Rationelle Gestaltung von Instandhaltungsvorschriften für die mobile Technik unter Einsatz des Bürocomputers. VEB WTZ Landtechnik Dresden, Zwischenbericht 1987 (unveröffentlicht).
- [6] Stüssel, R.: Die Konzeption der Instandhaltung von Verkehrsflugzeugen. Zeitschrift für Verkehrstechnik und Maschinenbau – Glasers Ann., Berlin (West) 110 (1986) 1.
- [7] TGL 39 446 Instandhaltung; Termini und Definitionen. Ausg. März 1988.

A 5697

Tribotechnische Diagnose landtechnischer Arbeitsmittel durch Analyse der Schmieröle

Dr. rer. nat. R. Kranemann, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung
Dr.-Ing. J. Kovař/Ing. P. Šada, Landwirtschaftliche Hochschule Prag (ČSSR)

1. Einleitung

In verschiedenen Veröffentlichungen [1 bis 4] wurde bereits zu Fragen der Gebrauchtlölbewertung Stellung genommen. Dabei wurde auf die Bedeutung hingewiesen und eine Einbeziehung von ausgewählten Schnellprüfverfahren zur Ermittlung von wesentlichen Ölparametern (z. B. Gesamtverschmutzung, Wassergehalt, Viskosität, Verschleißpartikel) in die Pflege und Wartung von technischen Arbeitsmitteln empfohlen.

Analoge Erfahrungen wurden in der ČSSR gewonnen [5 bis 8]. Über Gemeinsamkeiten und Unterschiede zum Entwicklungsstand in der DDR soll nachfolgend berichtet werden. Vorgestellt wird die gerätetechnische Basis des „Systems der tribotechnischen Dia-

gnose“ (TDP-System Tribotechnical Diagnostic at Plant-Level) der Landwirtschaftlichen Hochschule Prag.

2. Konzeption und inhaltliche Aspekte der tribotechnischen Diagnose

Die Gewährleistung einer hohen Zuverlässigkeit der landtechnischen Arbeitsmittel stellt eine immer größere wissenschaftlich-ökonomische Problematik dar. Die Konzentration auf die vorbeugende Instandhaltung, die in den letzten Jahren zu verzeichnen war, bedingte eine neue Herangehensweise an die Betreuung der Technik. Eindrucksvoll spiegelte sich dies in der breiten Anwendung der technischen Diagnostik (vor allem des Diagnosegerätesystems DS 1000) in der Instandhaltung mobiler landtechnischer Arbeitsmit-

tel wider. Die Einbeziehung von Verfahren der Gebrauchtlölbewertung als nahezu demontagefreie Diagnosemöglichkeit erfolgte nur sehr begrenzt. Sie kann jedoch einen zusätzlichen beträchtlichen Informationsgewinn liefern. Die Gebrauchtlölbewertung hat darüber hinaus gegenüber anderen Methoden der technischen Diagnostik den Vorteil, daß der Grad der Beeinträchtigung des Schmiermittels selbst sowie das Regime und das Niveau der Baugruppenabnutzung gleichzeitig erfaßt werden können. In der ČSSR wird die tribotechnische Diagnose in zwei Ebenen realisiert – als Betriebsprüfung (TDP-System), d. h. die Vor-Ort-Überwachung der Öle, und als Labormethode. Die Labormethode basiert auf dem analytischen Ferrografen MA1 [4]

Bild 1. Analytischer Ferrograf MA1

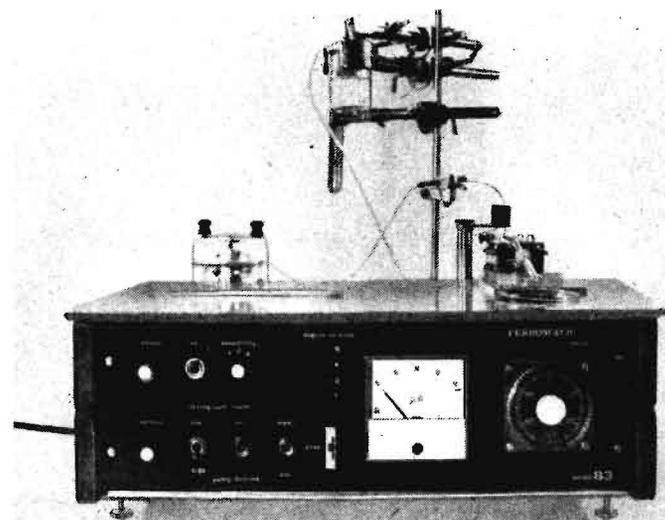
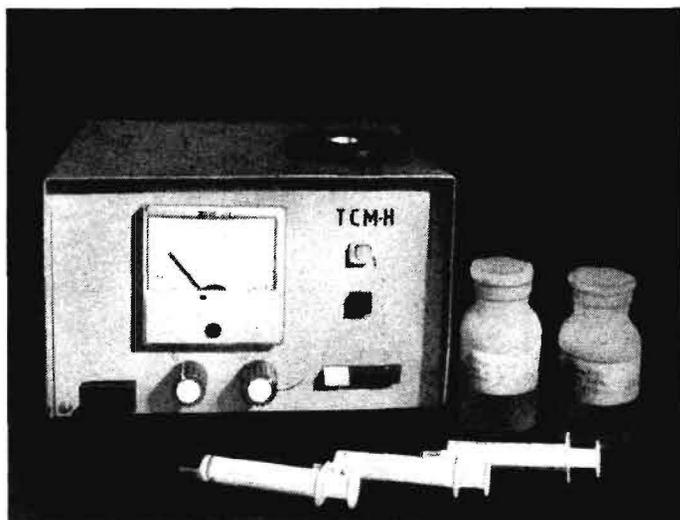


Bild 2. Ölprüfgerät TCM-H zur Ermittlung von Gesamtverschmutzung und Wassergehalt



und einer relativ umfangreichen mikroskopischen und densitometrischen Bewertung der Ölproben. Da für die landtechnische Instandhaltung vorwiegend die Vor-Ort-Prüfung, d. h. die Prüfung direkt in der Pflegestation, in Frage kommt, wird im weiteren nur hierauf eingegangen. Als dominierende Verfahren sind in das TDP-System einbezogen:

- Bestimmung von allgemeinen Verunreinigungen und von Öl-Abbauprodukten im Schmiermittel (Gesamtverschmutzung), z. B. von Ruß, Staub, organischen Stoffen, Polymerisationsprodukten, durch fotometrische Transmissionsmessung
- Bestimmung von ölfremden Flüssigkeiten, vor allem von Wasser und Kraftstoff
- Verschleißpartikelanalyse zur Erfassung der Gesamtbelastung der Öle mit Partikeln und des Anteils großer Verschleißpartikel durch die Ferrografie.

Somit werden im wesentlichen die gleichen Parameter herangezogen, die auch in der DDR empfohlen werden [3].

3. Meßmethoden und Gerätetechnik im TDP-System

3.1. Gesamtverschmutzung

Die Gesamtverschmutzung der Gebrauchttöproben wird fotometrisch gemessen. Das Meßprinzip gleicht dem des Ölgröbprüfgeräts OGP (TGL 23 024). Angewendet wird das Gerät TCM-H (Bild 2). Das TCM-H ist für die Prüfung von Ölproben aus Motoren, Getrieben und Hydraulikanlagen geeignet. Auf zwei Skalen des Meßinstruments (Motorenöl bzw. Getriebe- und Hydrauliköl) wird unmittelbar die Gesamtverschmutzung in % T. S. (total slurries) angezeigt. Zur Messung wird die homogenisierte Ölprobe (Motorenöl im Verhältnis 1:1 mit technischem Benzin verdünnt) in die jeweilige Meßküvette gegeben (Motorenöl-Schichthöhe 0,2 mm; Getrie-

Tafel 1. Bewertung des Wassergehalts in Schmierölen mit dem Gerät TCM-H

visuelle Merkmale	Geräuschwahrnehmungen	Wassergehalt
Öl verändert sich nicht, kleine Blasen, geringe Schaumbildung, nur leichter Rauch	ohne Geräusche	wasserfreies Öl
kleine Bläschen mit einem Durchmesser von 1 mm, Öl schäumt nicht	ohne Geräusche	0,2 % (normaler Wassergehalt in Öl)
Häufung kleiner Bläschen (bis 2 mm) vereinzelt bis zu einem Durchmesser von 5 mm	schwaches Prasseln	0,5 %
zahlreiche Bläschen mit Neigung zu mäßiger Schaumbildung (Durchmesser 5 mm)	Prasseln auf niedrigem Niveau	1,0 %
beträchtliche Anzahl von Bläschen begleitet von Schaum; kleine Bläschen, die sich sofort zu größeren verbinden	mittelstarkes Prasseln	2,0 % (Weiterbetrieb nicht möglich)
sehr starker Schaum unmittelbar nach Einbringen des Öls, Bildung großer Blasen	sehr starkes Prasseln	5,0 % (Havariezustand, sofortiger Ölwechsel)

beöl/Hydrauliköl-Schichthöhe 2,0 mm). Bei der Prüfung von Getriebe- und Hydrauliköl erfolgt die Nullpunkteinstellung (0% T. S.) mit einer Frischölprobe der gleichen Ölqualität. Ist die Gesamtverschmutzung größer als der Skalenendwert (Motorenöl 3%; Getriebeöl/Hydrauliköl 1%), wird das Gebrauchttöl in definiertem Verhältnis mit Frischöl verdünnt und aus dem Verdünnungsverhältnis der eigentliche T. S.-Wert errechnet. Die Meßdauer für eine Probe, einschließlich Probenahme und -aufbereitung, beträgt 4 min. Die Meßgenauigkeit liegt bei $\pm 0,1\%$ T. S., bezogen auf den HEO-Test (entspricht der Zentrifugenmethode).

3.2. Ölfremde Flüssigkeiten

Der Wassergehalt in Öl wird ebenfalls mit dem Gerät TCM-H ermittelt. Hierfür enthält die obere Gehäusefläche eine halbkugelförmig ausgebildete Heizplatte, die auf konstant 150°C temperiert wird. Auf die Heizplatte werden 3 Tropfen des zu prüfenden Öls gegeben und man beurteilt die Anzahl und die Größe der sich bildenden Gasblasen, den aufsteigenden Rauch sowie die Geräusche (Tafel 1).

Der Kraftstoffgehalt im Öl wird erfaßt über die

- Änderung der Viskosität nach bekannten Methoden (Auslaufbecher, Ablaufbank bzw. Rheoviskosimeter Rheotest II)
- Verringerung des Flammpunktes nach Cleveland oder Marcusson.

Die Viskosität wird als problematisch angesehen, da gegenläufige Tendenzen - Verschmutzungen mit meist ansteigender Viskosität und Kraftstoffverdünnungen mit Verringerung der Viskosität - eine hinreichende Viskosität vortäuschen können, obwohl die tribotechnischen Anforderungen durch das Öl nicht mehr erfüllt werden. Die Flammpunktbestimmung ist als Betriebsmeßmethode (offene Flamme, hohe Konzentration giftiger Dämpfe in der Luft) abzulehnen. Als Alternative wurde an der Landwirtschaftlichen Hochschule Prag ein Gerät entwickelt, das den Kraftstoffgehalt im Öl direkt mißt [9]. Mit diesem sog. DEPO-Gerät (Detektor Paliva v Oleji) läßt sich der Kraftstoffgehalt ohne den Aufwand der Flammpunktbestimmung

und die Probleme bei der Viskositätsmessung direkt ermitteln. Die Öle können nach ihrem Gehalt an flüchtigen Flüssigkeiten, d. h. vor allem an Kraftstoff, in drei Klassen eingeteilt werden:

- frei von flüchtigen Flüssigkeiten
- 1 bis 5% flüchtige Flüssigkeiten
- > 5% flüchtige Flüssigkeiten.

Die Meßdauer beträgt bei Serienmessungen weniger als 1 min.

3.3. Teilchenanalyse

Zur ferrografischen Messung des Gehalts an ferromagnetischen Verschleißpartikeln wurde an der Landwirtschaftlichen Hochschule Prag der Direktanzeigende Kapillarmagnet-Analysator PKMA entwickelt [10] (Bild 3). Mit ihm können sowohl Motoren- als auch Getriebe- und Hydrauliköle analysiert werden. Bei einer Genauigkeit von $\pm 5\%$ steht nach kurzer Zeit (5 bis 7 min) ein objektives Meßresultat unmittelbar zur Verfügung. Die Schmierstoffprobe wird im Verhältnis 1:1 mit technischem Benzin verdünnt und in das Reagenzglas eingegeben. Durch Schwerkraftwirkung durchfließt die Probe die Glaskapillare, unter der ein Magnet angeordnet ist. Das Magnetfeld wirkt auf die Glaskapillare und zieht die ferromagnetischen Partikel, nach der Größe klassiert, zur Wandung an. Das Prinzip entspricht dem des analytischen Ferrographen [4]. Die abgelagerte Teilchenmenge wird durch die Lichtschwächung mit Hilfe von zwei Infrarotdioden ermittelt:

- L Ort, an dem sich vorwiegend die großen Partikel (> 15 µm) ablagern
- S Ort, an dem sich die kleineren Partikel ablagern.

Auf dem Gerätedisplay können die Werte der prozentualen Flächenabdeckung (D_L , D_S) ermittelt werden. Aus ihnen lassen sich die beiden den Verschleißzustand charakterisierenden Kennzahlen berechnen:

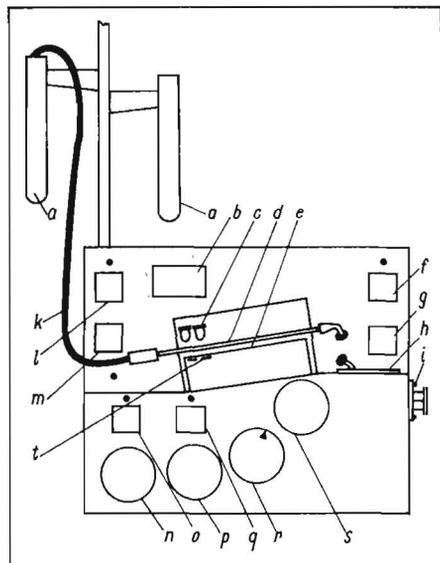
- WPC (Wear Particle Concentration) - Kennzahl für die Gesamtkonzentration an Verschleißpartikeln in %/ml

$$WPC = D_L + D_S$$

- PLP (Percent of Large Particles) - Anteil

Bild 3. Schematische Darstellung des Direktanzeigenden Kapillarmagnet-Analysators PKMA;

a Reagenzglas, b Display, c Lichtemitterdioden, d Glaskapillare, e Magnet, f, g Netzschalter, h Auslaufgefäß, i Saugspritze, k Plast-Zuführungsschlauch, l, m Taster Start/Stop, n, o Taster und Potentiometer Nulleinstellung Position L, p, q Taster und Potentiometer Nulleinstellung Position S, r, s Potentiometer zur Verstärkerregelung, t Lichtempfängerdioden



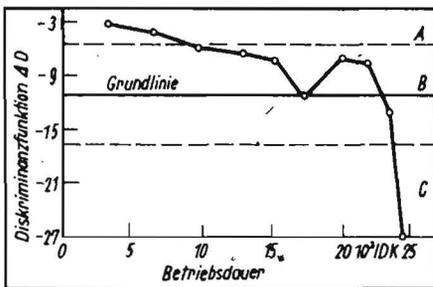


Bild 4. Abnutzungsverlauf für einen Dieselmotor Z-8011; A Bereich des sicheren Betriebs, B Bereich einer eingeschränkten Betriebssicherheit, C Bereich hoher Ausfallwahrscheinlichkeit

an großen Verschleißpartikeln in %

$$PLP = (D_L/WPC) 100.$$

Ein Rechneranschluß zur detaillierten Auswertung ist im Gerät integriert.

4. Bewertung der Diagnoseergebnisse

Durch die tribotechnische Diagnose werden Informationen erzielt, die zum einen die Beeinträchtigung der Ölqualität selbst und zum anderen das Abnutzungsregime in der Baugruppe charakterisieren. Eine Auswertung wird über Grenzwerte realisiert, die aus Angaben des Schmierstoffherstellers bzw. aus Breitenuntersuchungen abgeleitet werden. Für die Motoren der NKW Škoda S706 wurden z. B. T. S. = 6,1 % und WPC = 137,5 % als Grenzwerte ermittelt.

Da der Informationsgehalt jedoch sehr komplex ist, wird zunehmend Rechentechnik mit entsprechender Software herangezogen. Sehr gute Ergebnisse brachte die mehrdimensionale Varianzanalyse [11]. Aus diesen Berechnungen läßt sich eine sog. lineare Diskriminanzfunktion für jeden Maschinentyp ableiten, in die die einzelnen Gebrauchtsölparameter entsprechend ihrer Wichtung einfließen. Durch periodische Schmierstoffuntersuchungen kann dann der Abnutzungsverlauf der einzelnen Baugruppe bewertet werden (Bild 4).

5. Zusammenfassung

Die tribotechnische Diagnose auf der Basis von Gebrauchtsölanalysen hat sich in der ČSSR bewährt. Die Diagnosegeräte werden serienmäßig produziert (TCM-H, MA 1) bzw. ihre Serienproduktion wird in Kürze aufgenommen (PKMA, DEPO).

Das Gerätesystem der tribotechnischen Diagnose wurde vorgestellt. Gleichzeitig wurden die Vorteile einer Einbeziehung der Gebrauchtsölbeurteilung in die vorbeugende Instandhaltung dargelegt.

Die Untersuchungsergebnisse unterstreichen die Aussagen zur verstärkten Einbindung der Gebrauchtsölanalyse durch Schnellprüfmethode in die Pflege und Wartung.

Literatur

- [1] Metzsch, B.; Müller, P.; Hauptmann, G.: Einige wesentliche Aspekte des Einsatzes von Gebrauchtsöl-Schnellprüfgeräten zur Überwachung von im Gebrauch befindlichen Dieselmotorenölen. Schmierungstechnik, Berlin 13 (1982) 8, S. 248.

- [2] Stegemann, G.; Wetzel, H.: Hydraulikölüberwachung im Rahmen der Kampagnenfestinstandsetzung des Rübenköpfladers 6-ORCS. Landtechnische Informationen, Leipzig 27 (1988) 5, S. 95-98.
- [3] Stegemann, G.; Tscherner, J.; Mattered, B.: Gebrauchtsölanalysen und Schnellprüfmethode. agrartechnik, Berlin 36 (1986) 4, S. 168-170.
- [4] Kranemann, R.: Diagnoseverfahren für tribologische Systeme in stationären landtechnischen Anlagen. agrartechnik, Berlin 37 (1987) 7, S. 328-330.
- [5] Kovař, J.: Tribotechnická diagnostika v zemědělství, její význam, obsah a základní koncepce. Ropa a uhlí, Bratislava 19 (1977) 3, S. 153-159.
- [6] Kovař, J.; Otto, K.: Časticova analýza - metoda stanovení režimu opotřebení. Ropa a uhlí, Bratislava 24 (1982) 7, S. 425-437.
- [7] Kovař, J.: Motorovani opotrebení v uzavřených převodových systémech při použití spektrální analýzy a časticové analýzy. Konference „Tribotechnika v teorii a praxi“, CSVTS Plzeň 1984, S. 207-213.
- [8] Straka, B.: Motorové oleje a tribotechnická diagnostika natových motorů. Praha: Nakladatelství dopravy a spoju 1986.
- [9] Kovař, J.: Zařizení pro stanovení tekavých složek v olejích. ČSSR-Patent 670 930/87.
- [10] Kovař, J.: Primocouci kapilární magnetický analyzátor částic v kapalínách. ČSSR-Patent 233 813. G 01 N 27/00. Anmeldetag: 13. August 1984.
- [11] Kovař, J.; Otto, K.; Faber, Z.: Tribotechnická diagnostika-Zaklad pro efektívni počítacem kontrolovany system udržby zemědělských strojů. Zemědělska technika, Praha 33 (1987) 1, S. 35-46. A 5724

Schlußfolgerungen aus Schadbildanalysen für das zweckmäßige Gestalten der Instandsetzung von Mähdreschern

Dozent Dr. sc. techn. D. Grey, KDT/Dipl.-Ing. D. Schulze, KDT
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

1. Problematik

Das Ziel einer Schadbildanalyse ist das Gewinnen von Informationen über Art, Häufigkeit und Intensität der auf ein technisches Arbeitsmittel wirkenden schädigenden Einflüsse und über die daraus resultierenden Auswirkungen auf das Ausfallverhalten. Damit bildet die Schadbildanalyse eine wichtige Voraussetzung für das Beurteilen und Verbessern des wissenschaftlich-technischen und technologischen Niveaus der Herstellung, Nutzung und Instandhaltung des Untersuchungsobjekts.

Der wissenschaftlich-technische Erkenntnisstand gestattet gegenwärtig kaum das analytische oder analytisch-experimentelle Bestimmen der Intensität des unter praktischen Einsatzbedingungen ablaufenden Schädigungsprozesses und die für die Instandsetzungspraxis hinreichend genaue Prognose des Ausfallzeitpunktes. Schadbildanalyse und Ermittlung des unter Praxisbedingungen auftretenden Ausfallverhaltens sind deshalb im Zusammenhang mit der Gewinnung von Aufwandsgrößen für die Fertigung, Nutzung und Instandhaltung derzeit notwendige Voraussetzungen für das Beurteilen der Gesamteffektivität dieser Prozesse. Darüber hinaus

geben Schadbildanalysen und Ausfallverhalten wichtige Hinweise auf Mängel in Herstellung, Nutzung und Instandhaltung und liefern Ansatzpunkte für deren Beseitigung. Im vorliegenden Beitrag sollen am Beispiel des Mähdreschers E512/E514 die Ergebnisse derartiger Untersuchungen vorgestellt und aus ihnen Möglichkeiten und Schwerpunkte zur Verbesserung des wissenschaftlich-technischen Niveaus der Kampagneschlußüberprüfung und der Instandsetzung abgeleitet werden.

Die dieser Untersuchung zugrunde liegenden Primärdaten wurden im Zeitraum von 1985 bis 1988 an 30 im Kreis Röbel sowie an 5 im Kreis Oschersleben eingesetzten Mähdreschern E512/E514 erfaßt. Nähere Angaben zu den in die Untersuchung einbezogenen Mähdreschern und deren Einsatzbedingungen können Tafel 1 sowie [1] entnommen werden.

2. Einfluß der Normal- und Zufallsschäden auf die Effektivität von Nutzung und Instandhaltung

Absolute und relative Häufigkeit der erfaßten Schäden sowie die jeweiligen Anteile von Normal- und Zufallsschäden sind im Bild 1

dargestellt. Dabei zeigt sich, daß rd. 25 % aller Ausfälle zufälliger Natur sind und rd. 75 % den Charakter von Normalschäden tragen.

Normalschäden sind dadurch charakterisiert, daß sie bei der vom Konstrukteur dem Haltbarkeitsnachweis zugrunde gelegten Belastung auftreten, eine über der Zeit ansteigende Ausfallrate aufweisen und der Schadenseintritt prinzipiell vorhersagbar ist. Als Normalschäden wurden Verschleiß-, Korrosions- und Ermüdungsschäden erfaßt, die bei normalen, den agrotechnischen Forderungen entsprechenden Betriebsbedingungen eintreten.

Zufallsschäden sind zeitlich nicht vorhersehbare Ereignisse, die u. U. durch Überlastung infolge fehlerhafter Bedienung oder Einwirken höherer Gewalt verursacht werden und eine über der Zeit konstante Ausfallrate aufweisen [3, 4, 5]. Als Zufallsschäden wurden Überlastungsschäden infolge extremer agrotechnischer Bedingungen, Fremdkörpereinwirkung, grober Fehler bei der Pflege und Wartung u. ä. sowie Instandsetzungs- und Transportschäden eingeordnet.

Während Zufallsschäden unvermeidbar sind, können Normalschäden durch Anwenden geeigneter Instandhaltungsmethoden in be-