

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 Gebrauchttölparameter 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 Gebrauchttölanalysen 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 Gebrauchttölbeurteilung in die vorbeugende Instandhaltung dargelegt.

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

Literatur

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

- [2] Stegemann, G.; Wetzel, H.: Hydraulikölüberwachung im Rahmen der Kampagnestandardsetzung des Rübenköpfladers 6-ORCS. Landtechnische Informationen, Leipzig 27 (1988) 5, S. 95-98.
- [3] Stegemann, G.; Tscherner, J.; Mattered, B.: Gebrauchttölanalysen 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.: Časticová 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-

Tafel 1. Angaben zu den in die Untersuchung einbezogenen Mähreschern

Nutzungsbeginn/ Beginn der Datenerfassung	Instandsetzungs- maßnahme zu Beginn der Untersuchung	Art und zeitliche Folge planmäßiger Instand- setzungsmaßnahmen nach der Kampagne ¹⁾			Stich- proben- umfang St.	Einsatzbetrieb
		1985	1986	1987		
1985	normale Kampagne- festinstandsetzung	SKF	SKF	KF	6	LPG(P) Priborn
					2	LPG(P) Hamersleben
					5	LPG(P) Dambeck
1985	Grundinstandsetzung	KF	KF	KF	5	LPG(P) Priborn
					3	LPG(P) Hamersleben
1985	Grundinstandsetzung mit Umrüstung auf E514	—	KF	SKF	5	LPG(P) Priborn
					5	LPG(P) Dambeck
1985 (fabrik- neu)	—	KF	KF	KF	4	LPG(P) Priborn

1) SKF spezialisierte Kampagnefestinstandsetzung, KF Kampagnefestinstandsetzung

stimmtem Umfang vermieden werden [3]. Bild 2 zeigt die bei Vermeidung der Normalschäden erreichbaren Effekte, bezogen auf die betrachteten Einzelteile und Baugruppen aller in die Datenerfassung einbezogenen Maschinen. Folgende Ergebnisse sind bei Vermeidung aller Normalschäden möglich:

- Senkung der Ausfallhäufigkeit bzw. Erhöhung der mtbf um 75 %
- Senkung der instandsetzungsbedingten Stillstandszeit um 75 %
- Senkung der Materialkosten um 70 %
- Senkung des für die Instandsetzung erforderlichen Aufwands an lebendiger Arbeit um 62 %
- Senkung der Summe aus Instandsetzungskosten K_{IS} und Mindererlösen infolge instandsetzungsbedingter Stillstandszeit K_A um 70 % (Bild 3).

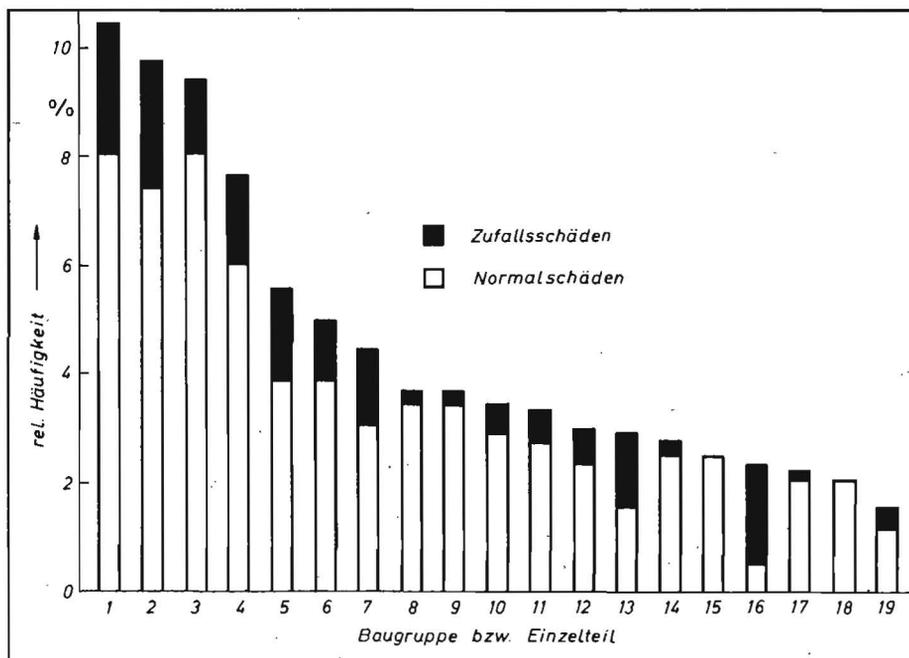
Damit wird deutlich, daß durch das Reduzieren von Normalschäden erhebliche Reserven zur Verbesserung des Ausfallverhaltens und zur Senkung des Instandsetzungsaufwands erschlossen werden können.

3. Schwerpunktaufgaben zur Verbesserung des Ausfallverhaltens und der Effektivität der Instandsetzung

Aufgrund des gegenwärtigen wissenschaftlich-technischen Erkenntnisstands, vor allem bei der Entwicklung der Verfahren der technischen Diagnostik und der Restbetriebsdauerprognose, lassen sich z. B. noch nicht alle durch Normalschäden verursachten Ausfälle vermeiden. Im Interesse der Effektivität der Arbeit und des wirksamen Einsatzes der verfügbaren Forschungskapazität ist es notwendig, die Bemühungen zur Verbesserung des Ausfallverhaltens auf bestimmte Schwerpunkte zu konzentrieren. Das Ermitteln derartiger Arbeitsschwerpunkte setzt eine Analyse des Einflusses der einzelnen Schädigungselemente, Einzelteile und Baugruppen auf die betrachteten Aufwands- und Zuverlässigkeitsgrößen voraus. Die im Ergebnis dieser Analyse ermittelten Anteile der Normalschäden am Gesamtbetrag der durch das jeweilige Einzelteil oder die jeweilige Baugruppe verursachten Aufwands- oder Zuverlässigkeitsgröße können den Bildern 1 und 3

Bild 1. Schadenshäufigkeit an ausgewählten Einzelteilen und Baugruppen der betrachteten Mährescher E512/E514 [2];

1 Mähmesser, 2 Keilriemen 25 × 2700, 3 Arbeitszylinder B1-32/20 × 200, 4 Keilriemen 25 × 3350, 5 Flachriemen, 6 Keilriemen 50 × 20 × 2870, 7 Keilriemen 50 × 20 × 2150, 8 Arbeitszylinder B1-50/32 × 630, 9 Drehstromlichtmaschine, 10 Rollenkette 12B-01-74, 11 Anlasser, 12 Rollenkette 12B-01-98, 13 Querförderschnecke, 14 Keilriemen 22 × 4400, 15 Fahrwerksvariator, 16 Schachtkette, 17 VV-Batterie, 18 Kerbstift 5 × 40, 19 Dieselmotor



entnommen werden. Dabei ist festzustellen, daß die Rangfolge des Einflusses der einzelnen Einzelteile und Baugruppen auf diese Größen unterschiedlich ist. Eine Festlegung der Rangfolge auf der Grundlage der Summe aus Instandsetzungskosten und Mindererlösen infolge instandsetzungsbedingter Stillstandszeit (Bild 3) zeigt, daß sich Untersuchungen vorrangig auf folgende Baugruppen konzentrieren sollten:

- Dieselmotor
- Welle-Wälzlagersysteme
- Ketten- und Riementriebe
- Variatoren
- Hydraulikarbeitszylinder.

Das Ableiten wirksamer Maßnahmen zur Verbesserung des Schädigungsverhaltens und zur Senkung des Instandsetzungsaufwands erfordert das Bestimmen der diese Merkmale am stärksten beeinflussenden Schädigungselemente. Erfahrungen haben gezeigt, daß diese Aufgabe durch eine unter den derzeitigen Bedingungen in der Praxis stattfindenden Schadensbildanalyse nicht oder nur teilweise lösbar ist [6, 7].

Auch im vorliegenden Fall ermöglichten die Untersuchungsbedingungen meist nur das Ermitteln des den Schaden verursachenden Einzelteils bzw. der schadensverursachenden Baugruppen. Eine mit Expertenbefragungen kombinierte Auswertung des Datenmaterials zeigte, daß Schädigungsverhalten und Instandsetzungskosten der betrachteten Mährescher vorrangig durch folgende Elemente bestimmt wurden [5]:

- Wälzlager
- Wellen (Wälzlagersitze, Paßfedernuten)
- Keilriemen
- Wälzlagergehäuse.

Maßnahmen zur Verbesserung von Qualität und Produktivität des Instandsetzungsprozesses sowie zur Erschließung weiterer Anwendungsgebiete der technischen Diagnose von Mähreschern sollten sich deshalb auf diese Schädigungselemente konzentrieren.

4. Schlußfolgerungen für das Verbessern des wissenschaftlich-technischen Niveaus der Instandhaltung

Der Vergleich von Art, Häufigkeit und Ursache der bei der Schadensbildanalyse festgestellten Schäden mit dem Inhalt und dem Niveau von Kampagnefestinstandsetzungen liefert erste Hinweise auf die Wirksamkeit und eventuell mögliche Verbesserung dieser Instandsetzungsmaßnahme. Für das Ableiten entsprechender Schlußfolgerungen ist es zweckmäßig, unter Anwendung des im Bild 4 dargestellten Algorithmus die Schädigungselemente, Einzelteile oder Baugruppen in sechs Gruppen einzuordnen.

Gruppe 1

Sie umfaßt Schädigungselemente, Einzelteile und Baugruppen, die, bezogen auf die projektierte Betriebsdauer T_K des gesamten Arbeitsmittels, eine Überlebenswahrscheinlichkeit von $\gamma_{TK} > 0,90$ aufweisen. Derartige Betrachtungseinheiten beeinflussen Zuverlässigkeit und Instandsetzungsaufwand gering. Sie werden bei den weiteren Untersuchungen nicht berücksichtigt. Zu dieser Gruppe gehören Rahmen sowie einige Verkleidungen.

Gruppe 2

Sie besteht aus Schädigungselementen, Einzelteilen und Baugruppen, die im fabrik-

neuen oder instand gesetzten Zustand über eine Überlebenswahrscheinlichkeit innerhalb der Kampagne oder eines ganzzahligen Vielfachen der mittleren Kampagnedauer von $\gamma_K > 0,90$ verfügen. Diese Elemente werden meist im Rahmen von Kampagnefestinstandsetzungen instand gesetzt.

Der Gruppe 2 sind u. a. folgende Einzelteile und Baugruppen zuzuordnen:

- Elevatoren
- Dreschtrommel
- Dreschtrommelvariator
- Strohleittrommel.

Möglichkeiten zur Effektivitätssteigerung ihrer Instandsetzung ergeben sich in erster Linie durch die verstärkte Ausschöpfung der installierten Abnutzungsreserve oder deren Anpassung an die zu erwartende Betriebsdauer einer oder mehrerer Kampagnen.

Hauptrichtungen zum Erreichen dieses Ziels sind:

- Erhöhung des wissenschaftlich-technischen Niveaus der Kampagneabschlußüberprüfung und der Schadensaufnahme mit dem Ziel einer optimalen Anpassung des Instandsetzungsumfangs an den Schädigungszustand unter Berücksichtigung der Sicherung einer geforderten Überlebenswahrscheinlichkeit innerhalb eines vorgegebenen Betriebsdauerintervalls
- Verringern des Diagnosebefundfehlers
- Schaffen der Voraussetzungen für eine hinreichend genaue Restbetriebsdauerprognose
- Verfolgen der wissenschaftlich-technischen Entwicklung mit dem Ziel der Anwendung einer geeigneten Instandhaltungsmethode.

Gruppe 3

Sie beinhaltet Schädigungselemente, Einzelteile und Baugruppen, deren Überlebenswahrscheinlichkeit in der Kampagne $\gamma_{KA} < 0,90$ ist und deren Schädigungszustand entweder ohne Anwendung der technischen Diagnostik bestimmt werden kann oder wegen fehlender Diagnosemöglichkeiten bestimmt werden muß (z. B. Ermitteln des Schädigungszustandes von Rollenketten durch direktes Messen der Kettenlängung, direkte Messung von Abnutzungsbeiträgen). Empfohlen wird, diese Elemente zustandsabhängig instand zu setzen.

In diese Gruppe sind u. a. einzuordnen:

- Rollenketten
- Keil- und Flachriemen
- Kettenräder.

Möglichkeiten zur Steigerung der Effektivität des Instandsetzungsprozesses ergeben sich durch das Entwickeln und/oder Anwenden genauerer und mit geringerem Aufwand an lebendiger und vergegenständlicher Arbeit verbundener Meß- und Prüfverfahren.

Gruppe 4

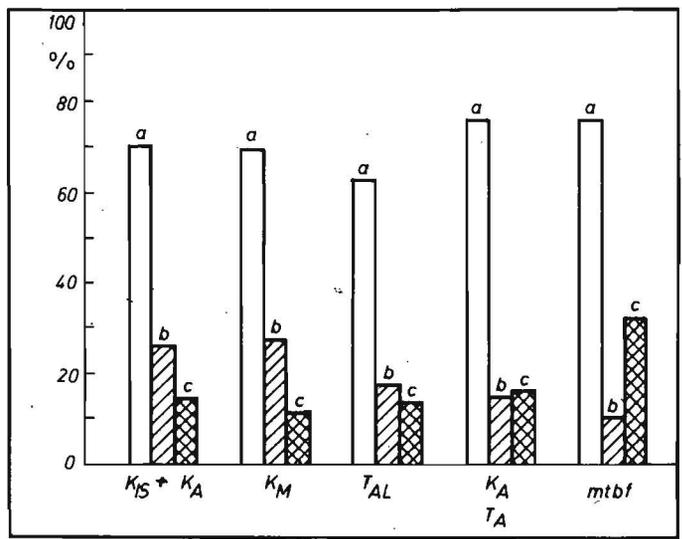
Sie faßt Schädigungselemente, Einzelteile und Baugruppen zusammen, deren Überlebenswahrscheinlichkeit in der Kampagne $\gamma_{KA} < 0,90$ ist und bei denen die Anwendung der zustandsabhängigen Instandhaltung mit Hilfe der technischen Diagnostik ökonomisch zweckmäßig und technisch möglich ist. Hierzu gehören:

- Dieselmotor
- Dieseleinspritzpumpe
- Drehstromlichtmaschine
- Hydraulikbaugruppen
- Wälzlager.

Möglichkeiten zur Verbesserung der Effektivität

Bild 2

Anteil der Normalschäden an den betrachteten Aufwands- und Zuverlässigkeitsgrößen des E512/E514 während der Kampagne (K_{IS} Instandsetzungssystem, K_A Mindererlöse infolge instandsetzungsbedingter Stillstandszeit, K_M Materialkosten, T_{AL} Aufwand an lebendiger Arbeit, T_A instandsetzungsbedingte Stillstandszeit, $mtbf$ mittlere ausfallfreie Betriebsdauer); a Normalschäden gesamt, b Normalschäden Motor, Anlasser, Drehstromlichtmaschine und Batterie, c Normalschäden Keil- und Flachriemen sowie Rollenketten



vität ihrer Instandsetzung sind u. a.

- Entwicklung neuer oder Anpassung bekannter Diagnoseverfahren für die jeweiligen Anwendungsfälle
- Erhöhung der Diagnosegenauigkeit
- Senkung des Instandsetzungs- und Diagnoseaufwands.

Gruppe 5

Sie umfaßt Schädigungselemente, Einzelteile und Baugruppen, deren Überlebenswahrscheinlichkeit in der Kampagne $\gamma_{KA} < 0,90$ ist und für die wegen ihres Ausfallverhaltens und aus ökonomischen Gründen sowie bedingt durch den gegenwärtig unzureichenden Erkenntnisstand über das Schädigungsverhalten und das demontearme Bestimmen des Schädigungszustands die periodi-

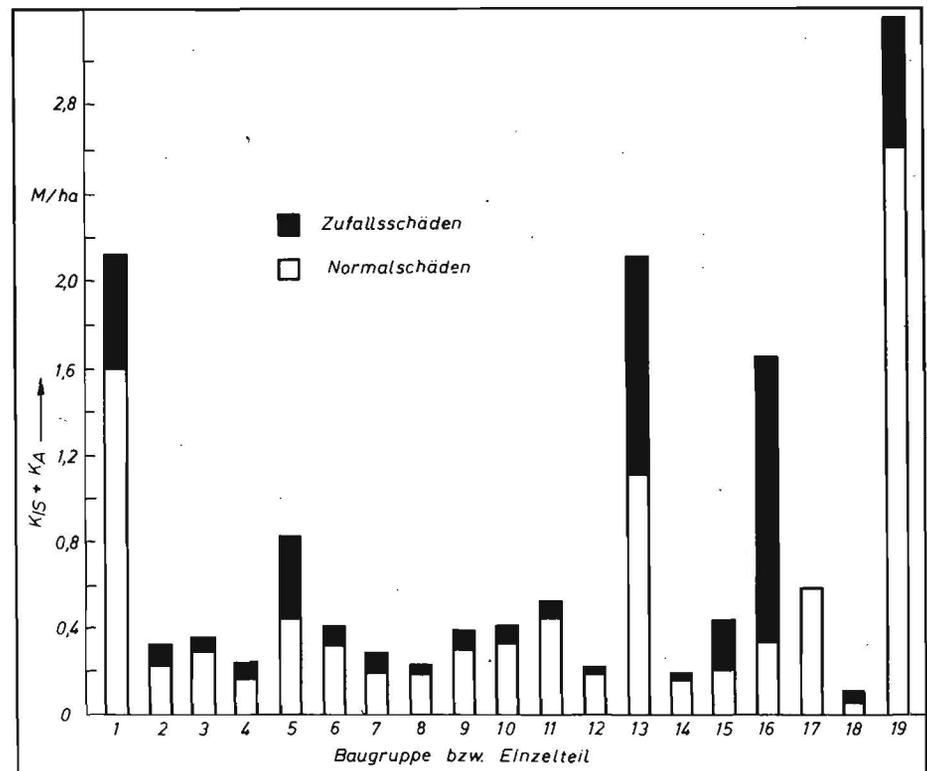
sche Instandhaltung zweckmäßig ist. Die Effektivität ihrer Instandsetzung kann durch folgende Maßnahmen erhöht werden:

- Bestimmen der unter volkswirtschaftlichem Aspekt optimalen Länge des Instandsetzungszyklus
- Verfolgen der wissenschaftlich-technischen Entwicklung mit dem Ziel der Anwendung einer eventuell effektiveren Instandhaltungsmethode.

Gruppe 6

Sie beinhaltet Schädigungselemente, Einzelteile und Baugruppen, deren Überlebenswahrscheinlichkeit in der Kampagne $\gamma_{KA} < 0,90$ ist und deren Instandsetzung wegen fehlender Diagnoseverfahren oder aus ökonomischen Gründen sowie bedingt

Bild 3. Summe der Instandsetzungskosten und der Mindererlöse infolge instandsetzungsbedingter Stillstandszeit von Einzelteilen und Baugruppen des Mähdreschers E512/E514; Bezeichnungen s. Bild 1



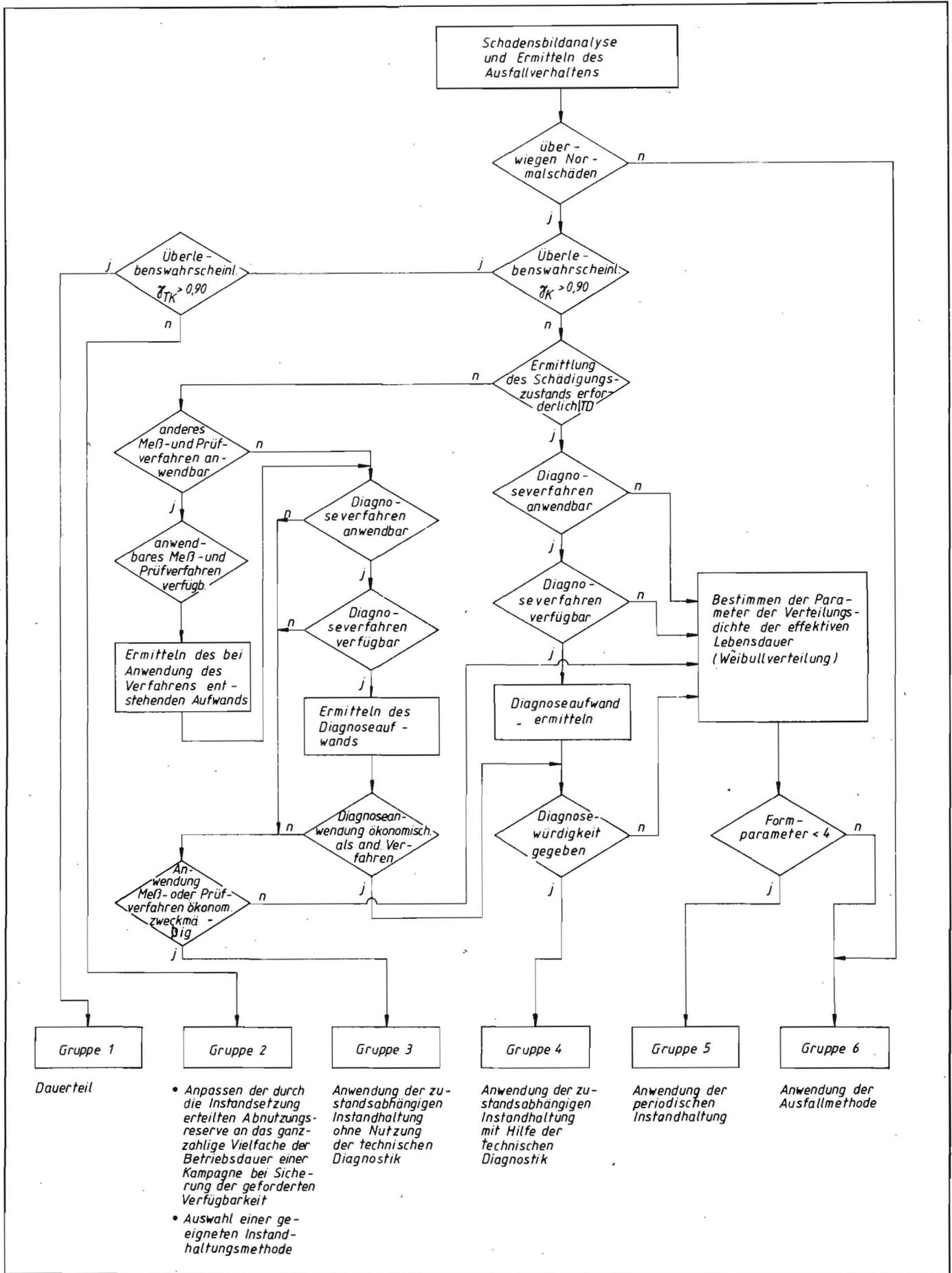


Bild 4. Algorithmus zur Ableitung von Schlußfolgerungen für die Instandhaltung von Baugruppen und Einzelteilen aus der Analyse der Schadensbilder

durch den zufälligen Charakter ihres Ausfalls nach der Ausfallmethode erfolgen sollte. Ihre vorbeugende Instandsetzung ist nur dann möglich, wenn zufällig ein unmittelbar bevorstehender Ausfall erkannt wird (z. B. Anriß infolge Gewaltnutzung). Dieser Gruppe sind zuzuordnen:

- Mähmesser
- Kerbstifte
- Querförderschnecke
- Schachtkette.

Die Effektivität ihrer Instandsetzung kann vor allem durch die Senkung des Instandsetzungsaufwands erhöht werden.

Bei allen Gruppen von Schädigungselementen, Einzelteilen und Baugruppen anwendbare Möglichkeiten zur Effektivitätssteigerung des Instandsetzungsprozesses sind:

- Verbessern der Qualität von Herstellung und Instandhaltung
- Anwendung wissenschaftlich-technisch begründeter Schädigungsgrenzwerte
- Realisieren der Grundsätze der instandhaltungsgerechten Konstruktion [8].

5. Zusammenfassung

Beim derzeitigen Erkenntnisstand sind Schadensbildanalysen eine unverzichtbare Grundlage für das Beurteilen der Zuverlässigkeit technischer Arbeitsmittel und das Ableiten von Maßnahmen zur Verbesserung des wissenschaftlichen, technischen und technologischen Niveaus ihrer Herstellung, Nutzung und Instandhaltung. Im vorliegenden Beitrag werden die Ergebnisse einer im Zeitraum von 1985 bis 1988 an Mähdreschern E512/E514 durchgeführten Ermittlung des Ausfallverhaltens vorgestellt sowie Möglichkeiten und Schwerpunkte für die Verbesserung der Instandhaltung dieser Landmaschinen gezeigt.

Literatur

- [1] Paarmann, J.; März, E.: Untersuchungen an Mähdreschern E512. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Ingenieurbeleg 1986 (unveröffentlicht).
- [2] Schulze, D.: Untersuchungen zur Objektivierung der Kampagneabschlußprüfung von Mäh-

dreschern E512/E514. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Diplomarbeit 1989 (unveröffentlicht).

- [3] Eichler, C.: Instandhaltungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1982.
- [4] Beckmann, G.; Marx, D.: Instandhaltung von Anlagen. Leipzig: VEB Dt. Verlag für Grundstoffindustrie 1981.
- [5] TGL 39 446 Instandhaltung; Termini und Definitionen. Ausg. 3.88.
- [6] Grey, D.: Praktische Erfahrungen bei der Erfassung von Primärdaten zum Bestimmen des Ausfallverhaltens von Instandhaltungsobjekten. agrartechnik, Berlin 38 (1988) 2, S. 80-82
- [7] Eichler, C.: Probleme der Modellierung von Instandhaltungsprozessen aus der Sicht der Bestimmbarkeit des Schädigungsverhaltens. Wissenschaftliche Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Math.-naturw. Reihe 29 (1980) 3, S. 1-4.
- [8] TGL 20 987 Landtechnische Arbeitsmittel; Instandhaltungsgerechte Konstruktion. Ausg. 7.88. A 5685

Diagnose von Elektroanlagen mobiler Maschinen

Dozent Dr. sc. techn. N. Gebhardt, KDT, Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“ Dresden, Sektion Fahrzeugtechnik

Verwendete Formelzeichen

I	Strom
K	Kapazität
K _t	Gleichzeitigkeitsfaktor
M	Drehmoment
m	Masse
n	Drehzahl
n _N	Nenn Drehzahl
n _M	Motor Drehzahl
P	Leistung
P _{zu}	zugeführte Leistung
P _{ab}	abgegebene Leistung
P _{erf}	erforderliche Leistung
P _i	Leistungsbedarf des Verbrauchers i
R	Widerstand
T	Temperatur
t	Zeit
U	Spannung
U _b	Batteriespannung
U _N	Nennspannung
ΔU	Spannungsdifferenz
U _{5s}	Spannung nach einer Meßzeit von 5 s
U _{30s (35s)}	Spannung nach einer Meßzeit von 30 s (35 s)
V	Volumen
Z ₁	Zähnezahl des Anlasserritzels
Z ₂	Zähnezahl des Zahnkranzes der Schwungscheibe
η	Wirkungsgrad
ρ	Dichte

1. Einleitung

Mobile Maschinen mit hochwertigen Ausrüstungen bzw. komplizierten Verbrennungsmotoren und Antrieben werden außer in der Landwirtschaft und im Bauwesen auch in zahlreichen Industriebereichen eingesetzt. Sie sind meist mit Drehstromlichtmaschinen, Reglern sowie vielen anderen elektrischen und elektronischen Baugruppen ausgerüstet. Diese übernehmen eigenständig bestimmte Funktionen, wie z. B. der Blinkgeber, oder sind Bestandteil von komplexen Einheiten zur Meßwertverarbeitung und -anzeige oder zur Steuerung. Die gesamte Thematik hat unter Berücksichtigung energetischer Gesichtspunkte eine zunehmende Bedeutung, da im-

mer mehr Komplexe durch elektronische Signale gesteuert werden. Beispiele sind der steigende Einsatz von Sensoren, die Proportionaltechnik in der Hydraulik und die optimale Steuerung der Verbrennungsmotoren (elektronische Kraftstoffeinspritzung und Regelung des Zündzeitpunktes bzw. des Einspritzbeginns).

Ausgehend vom derzeitigen Stand der handelsüblichen Technik sollen nachfolgend effektive Verfahren zur Diagnose der Elektroanlagen mobiler Maschinen vorgestellt werden. Ihre Anwendung wird mit Hilfe von Blockschaltbildern auch den nicht speziell ausgebildeten Fahrzeugelektrikern anschaulich erläutert.

2. Diagnose von Spannungserzeugern

2.1. Batterien

Der Ladezustand von Batterien kann auf einfache Art und Weise mit Aräometer oder Zellenprüfer bestimmt werden. Diese Geräte ermöglichen eine qualitative Beurteilung des Zustands der Zellen der Batterie. Bei der Anwendung des Aräometers ist der Einfluß der Temperatur unbedingt zu beachten, da der Ladezustand der Batterie und die Säuredichte von ihr abhängig sind. Für die Dichte gilt folgende Gleichung:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Daraus folgt, daß bei fallender Temperatur das Volumen V kleiner wird und somit bei konstanter Masse m die Dichte ρ ansteigt. Dadurch wird bei Temperaturen unter 25°C ein höherer Ladezustand angezeigt, als ihn die Batterie tatsächlich aufweist. Der Einfluß der Temperatur auf den Ladezustand kann unter Anwendung von Tafel 1 berücksichtigt werden.

Zur exakten Ermittlung der Kapazität einer Batterie muß eine entsprechende Kapazitätsprobe durchgeführt werden (Bild 1). Mit dem

Regelwiderstand R wird ein Strom I_E eingestellt, der dem zwanzigsten Teil der Nennkapazität (K₂₀) der Batterie entspricht.

Die Entladung wird abgebrochen, wenn die Zellenspannung von 1,75 V erreicht worden ist. Mit Gl. (2) kann nur die jeweilige Kapazität K der Batterie aus dem Produkt von Strom I und Entladezeit t sowie der mittleren Temperatur während der Entladung berechnet werden:

$$K = \frac{I t}{1 + 0,01 (T - 298 K)} \quad (2)$$

Diese Gleichung gilt für einen Temperaturbereich von 219 K ≤ T ≤ 300 K.

Wird eine Entladetemperatur von 298 K realisiert, so kann die Kapazität aus dem Produkt von Strom und Zeit berechnet werden:

$$K = I t \quad (3)$$

Bei Erreichen einer 20stündigen Entladezeit hat die Batterie eine Kapazität von 100%. Kürzere Entladezeiten bringen die Kapazitätsminderung der Batterie zum Ausdruck.

Diese relativ zeitaufwendige Meßmethode kann umgangen werden, wenn eine Stoßbelastung mit einer höheren Stromstärke durchgeführt wird. So kann z. B. ein Strom eingestellt werden, der der 5fachen Nennkapazität (5 K) entspricht. Bei Anwendung der Stoßbelastung ist darauf zu achten, daß sie hinreichend lange ausgeführt wird, da sonst keine eindeutigen Aussagen gewonnen werden. Andererseits darf die Belastung nicht zu

Tafel 1. Veränderung der Säuredichte in Abhängigkeit von der Temperatur

t °C	ρ g/cm ³	t °C	ρ g/cm ³
5	1,295	30	1,275
10	1,293	35	1,270
15	1,290	40	1,265
20	1,285	45	1,260
25	1,280	50	1,255