

beschleunigung ϵ in Abhängigkeit von der Drehzahl n , die mit Hilfe des Drehzahl- und Beschleunigungsmeßgerätes MK-8 und eines x-y-Koordinatenschreibers aufgezeichnet wurde. Während a die manuelle Betätigung des Motors wiedergibt, erfolgte die Betätigung des Motors bei der Aufzeichnung b des wiedergegebenen Meßschriebes mit einem Prototyp der Motorsteuereinrichtung DS 205.

Neben der Einsparung einer Arbeitskraft wird vom Einsatz der Motorsteuereinrichtung ein erheblicher Informationszuwachs aus den Meßergebnissen der angewendeten Diagnosegeräte erwartet, der dazu beiträgt, die Zuverlässigkeit des Dieselmotors zu erhöhen, den Diagnoseaufwand zu senken, und schadhafte Einzelteile und Baugruppen zu einem optimalen Zeitpunkt auszusondern.

3. Zusammenfassung

Die zielgerichtete Anwendung der technischen

Diagnostik bei der Überprüfung des Dieselmotors schafft Voraussetzungen, seine Zuverlässigkeit zu erhöhen und gleichzeitig den Verbrauch von Ersatzteilen und -baugruppen zu senken.

Unter den Anwendungsvarianten der technischen Diagnostik dominiert ihr Einsatz bei den Hauptüberprüfungen des Dieselmotors, bei denen die Feststellung unnormaler Schädigungen und deren Ursachen von primärer Bedeutung ist. Durch den Einsatz moderner Komplexprüfverfahren und die gleichzeitige Verbesserung der Reproduzierbarkeit ihrer Meßergebnisse kann die Effektivität der Hauptüberprüfung erheblich erhöht werden. Eine Verbesserung der Reproduzierbarkeit wird besonders durch die genaue Einhaltung der Öltemperatur und definierte Betätigung des Motors bei Anwendung der Beschleunigungsmethode erreicht.

Während die erforderliche Öltemperatur mit vertretbarem Aufwand eingehalten werden kann, ist zum Erreichen reproduzierbarer Beschleunigungszyklen der Einsatz eines entsprechenden Geräts für die Betätigung des Motors von Vorteil.

Literatur

- [1] Troppens, D.; Maak, H.-H.; Litzel, R.: Elektrische Meßeinrichtung für die Ölstrommessung bei der Diagnose im Schmierölkreislauf von Dieselmotoren und für die Hydraulik. Beitrag zur 3. Fachtagung „Technische Diagnostik“, Großenhain Oktober 1980.
- [2] Nessau, B.: Zusammenhang von Überprüfung und operativer Schadensbeseitigung, dargestellt am Beispiel des Dieselmotors. Beitrag zur 3. Fachtagung „Technische Diagnostik“, Großenhain Oktober 1980.

A 2969

Grundlagen und praktische Erfahrungen bei der Anwendung der Restnutzungsdauerprognose von Motoren

Dipl.-Ing. W. Tilgner, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung

1. Problemstellung

Zur Sicherung der landwirtschaftlichen Produktionsprozesse ist eine optimale Instandhaltung der Technik auf der Basis der Zielfunktion des Maschinenverhaltens notwendig. Aus der gegenwärtigen Sicht der Material- und Energieökonomie gewinnt die Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen zunehmend an Bedeutung.

Für die Anwendung dieser Instandhaltungsmethode, ist die bis zum Aussondern der Anlage, Maschine, Baugruppe oder des Maschinenelements noch zu erwartende Restnutzungsdauer (RND), auf der Basis gemessener Zustandskennwerte, zu bestimmen.

Hierbei handelt es sich um das Problem der Restnutzungsdauerprognose. Sie ist Bestandteil der technischen Diagnostik.

In Forschungsarbeiten an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg werden Untersuchungen zum Abnutzungsverhalten an Viertakt-Dieselmotoren und zur Restnutzungsdauerprognose (RND-Prognose) durchgeführt. Einige Grundlagen und Erfahrungen beim Anwenden der RND-Prognose werden in diesem Beitrag vermittelt.

2. Grundlagen

der Restnutzungsdauerprognose

2.1. Begriffsbestimmung

Die RND-Prognose ist eine technisch begründete, wahrscheinlichkeitsbehaftete Vorhersage der RND von Maschinen, Baugruppen oder Maschinenelementen [1].

Unter dem Begriff RND versteht man die noch zu erwartende Betriebszeit vom Diagnosezeitpunkt bis zum Erreichen eines definierten Grenzzustands.

2.2. Voraussetzungen

Wesentliche Voraussetzungen für die RND-Prognose sind:

— Ermitteln des Ausfall- und Abnutzungsverhaltens seit Inbetriebnahme der betrachteten Baugruppe oder des Maschinenelements.

— Bestimmen des Abnutzungsverhaltens der Baugruppe oder des Maschinenelements mittels technischer Diagnose.

— Kenntnis technisch bzw. technisch-ökonomisch begründeter Schädigungsgrenzen.

Ein exaktes Bestimmen des Abnutzungs- und Ausfallverhaltens für eine Grundgesamtheit von Maschinen, Baugruppen und Maschinenelementen ist aufgrund des Wirkens von nicht determinierbaren Einflüssen auf das Maschinenverhalten nicht möglich. Es handelt sich erfahrungsgemäß um einen stochastischen Prozeß, d. h., es kann nicht mit Bestimmtheit vorausgesagt werden, ob der Zustandskennwert den vorgegebenen Grenzzustand in einem bestimmten Zeitintervall erreichen wird. Hieraus resultiert der Wahrscheinlichkeitscharakter der RND-Prognose.

Diese Prozesse unterliegen bestimmten Gesetzmäßigkeiten, die zu ermitteln und für die Prognose zu nutzen sind. Außerdem müssen gleichbleibende Betriebsbedingungen im Prognosezeitraum vorausgesetzt werden, da die meisten Verfahren zur RND-Prognose auf der Extrapolation des Abnutzungsverhaltens beruhen.

Inwieweit die RND-Prognose nur für Baugruppen oder auch für einzelne Maschinenelemente angewendet werden kann, ist entscheidend von den gewählten Diagnoseparametern abhängig. Hier wird zwischen Komplex- und Tiefendiagnoseparameter unterschieden.

Komplexparameter sind dadurch gekennzeichnet, daß durch sie eine Summe möglicher Schädigungen charakterisiert wird. So sind z. B. Komplexparameter für die Motordiagnose der relative oder auch spezifische Ölverbrauch und der Öldruck.

Welche Diagnosemethode und damit welcher Parameter für die RND-Prognose verwendet wird, ist abhängig von dem Niveau der technischen Diagnostik in den Diagnoseeinrichtungen der VEB KfL und der Landwirtschaftsbetriebe.

In einer Forschungsarbeit der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock [2] wird das Niveau der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen in vier Stufen charakterisiert.

In Tafel 1 wurden dementsprechend vier Niveaustufen der technischen Diagnostik dargestellt.

Die RND-Prognose ist ein Bestandteil dieser Wissenschaftsdisziplin.

Aus Untersuchungen in 52 Erprobungsbetrieben geht hervor, daß das Niveau der technischen Diagnostik in der Landtechnik der Niveaustufe 1 entspricht. Unberücksichtigt blieben Erprobungsbetriebe für Diagnoseeinrichtungen höherer Niveaustufen.

Daraus schlußfolgernd kann abgeleitet werden, daß

- die Wirksamkeit der Diagnose wesentlich von den Fähigkeiten und Fertigkeiten des Prüfpersonals abhängt [3]
- die Bewertung der Diagnose durch eine RND-Prognose beginnend in der Niveaustufe 1, wegen der objektiveren Zustandsbewertung für einzelne Baugruppen und Maschinenelemente notwendig ist
- der Komplexparameter relativer Ölverbrauch für die Beschreibung des Abnut-

Tafel 1. Niveaustufen der technischen Diagnostik [1]

Stufe	Möglichkeiten der RND-Prognose
1	Der Schädigungszustand wird durch einfache direkte Meßgrößen während der Demontagevorgänge und einfache globale indirekte Meßgrößen charakterisiert. Mit der Entwicklung spezieller Diagnoseverfahren (z. B. Motordiagnose) wird begonnen. Gut/schlecht-Bewertung des Diagnosebefunds vorwiegend auf Erfahrungswerten aufbauend. Laufzeitverlängerungen anhand von Nomogrammen für mittleres Abnutzungsverhalten bis zum nächsten starr durch Pflegeordnung festgelegten Überprüfungstermin [9].
2	Zustandsermittlung durch einfache vorwiegend analog anzeigende Meßgeräte für wesentliche Teilsysteme und Elemente. Bewertung des Zustands der Maschinen, Baugruppen und Maschinenelemente durch den Vergleich mit Nennwerten. Beginnende RND-Prognosen für einzelne Baugruppen und Elemente mit relativ hoher Irrtumswahrscheinlichkeit [5, 10].
3	Feststellen des Schädigungszustands mit einem einheitlichen Meßgerätesystem (beinhaltet analoge und digitale Meßbausteine). Erfassen und Speichern der Meßwerte einschließlich der Betriebsdauer als Basis für die statistische Auswertung des Abnutzungsverhaltens mit der Zielstellung, Grundlagen der RND-Prognose mit zulässiger Irrtumswahrscheinlichkeit zu schaffen [5, 11].
4	Feststellen des Abnutzungs Zustands durch automatische, universell einsetzbare Diagnoseapparate mit automatischer Informationserfassung mit -verarbeitung. Automatische Bewertung des Diagnosebefundes mittels Prozeßrechner. Anzeige oder Druck der RND-Prognose für die diagnostizierte Maschine, Baugruppe oder das Maschinenelement.

zungszustands der Zylinder-Kolben-Kopf-Gruppen von Motoren und für die RND-Prognose geeignet ist.

2.3. Zur Systematik der RND-Prognose

Die Grundlagen des Prognostizierens wurden durch Arbeiten sowjetischer und anderer Autoren [4, 5, 6, 7] in denen Aufgaben, Wesen, Etappen und Methoden der Prognose geklärt wurden, erarbeitet.

Sie sind die Basis für verschiedene Prognosetheorien in Abhängigkeit des Charakters des zu untersuchenden Prozesses und des Ziels der Prognose.

Je nach Umfang der Informationen über das Abnutzungsverhalten und die Genauigkeitsanforderungen an das Prognoseergebnis sind verschiedene Prognosemethoden prinzipiell anwendbar (Bild 1).

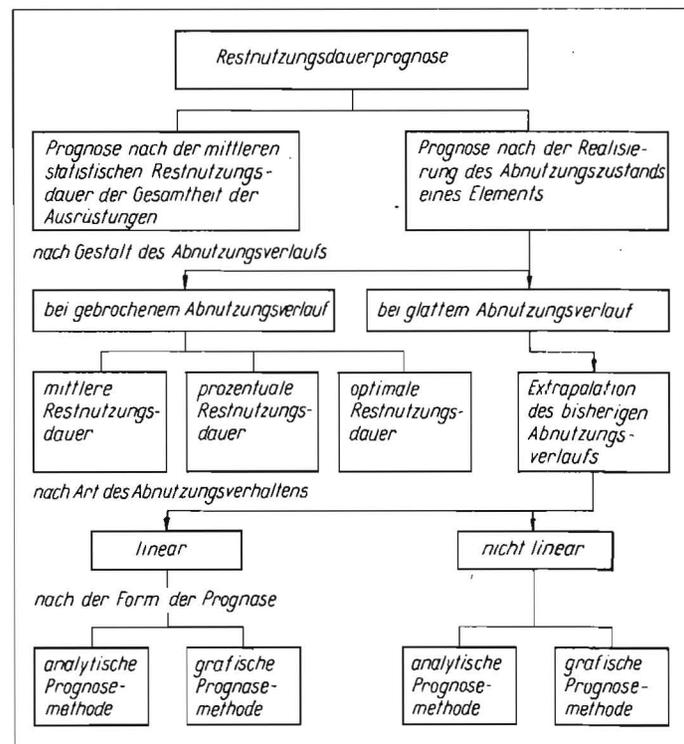
— Prognose nach dem mittleren statistischen Verlauf der Abnutzung (Instandhaltung nach Überprüfen mit Betriebsgrenze)

— Prognose nach dem individuellen Abnutzungsverlauf (nach Realisierung der Zustandsänderung)

Die Prognose nach dem mittleren statistischen Verlauf der Zustandsänderung wird angewendet, wenn

— der individuelle Abnutzungsverlauf der konkreten Baugruppe oder des Maschinenelements nicht oder nur ungenügend bekannt ist

Bild 1. Übersicht zu Prognosemethoden



— das Abnutzungsverhalten der Elemente der betrachteten Grundgesamtheit nur gering streut

— aus technisch-organisatorischen Gründen eine Prognose nach dem individuellen Abnutzungsverlauf nicht möglich ist

— die Bestimmung der Betriebsgrenze erforderlich ist.

Bei dieser Art des Prognostizierens wird durch Extrapolation auf der Basis des zum Diagnosezeitpunkt gemessenen Zustandswertes z_i und anhand des mittleren Abnutzungsverlaufs, d. h. der durchschnittlichen Abnutzungsgeschwindigkeit V_M der Grundgesamtheit gleicher Teile und Baugruppen, die RND der diagnostizierten Baugruppen und Teile bestimmt. Eine Einlaufperiode wird nicht berücksichtigt.

Bei linearer Extrapolation wird die RND nach Gl. (2) bestimmt.

$$t_R = \frac{Z_A - Z_i}{Z_A - Z_0} \mu_A = \frac{1}{V_M} (Z_A - Z_i); \quad (1)$$

t_R Restnutzungsdauer (RND)
 Z_A Grenzwert der Abnutzungsparameter
 Z_i Diagnostizierter Zustandskennwert
 Z_0 mittlerer Anfangswert des Abnutzungsparameters

V_M mittlere Abnutzungsgeschwindigkeit
 μ_A durchschnittliche Grenzwertsdauer.
 Aufgrund des Wirkens schädigender Einflüsse erreichen jedoch die einzelnen Baugruppen oder Maschinenelemente einer Grundgesamtheit zu verschiedenen Zeitpunkten und mit unterschiedlicher Abnutzungsintensität die gleichen Zustandskennwerte.

Bessere Ergebnisse sind durch das Anwenden der Prognose nach dem individuellen Abnutzungsverlauf zu erwarten. Auf der Basis gemessener Zustandswerte, von Beginn der Nutzung der Baugruppe oder des Maschinenelements an, wird der individuelle Abnutzungsverlauf an eine glatte oder stückweise glatte Funktion (Polygonenzug) angenähert.
 Untersuchungen zum Abnutzungsverhalten

von Verbrennungsmotoren ergaben, daß der Abnutzungsverlauf für die Zylinder-Kolben-Kopf-Gruppe anhand des Komplexparameters — relativer Ölverbrauch — gut durch eine Potenzfunktion beschreibbar ist.

$$Z(t) = Vt^2 + Z; \quad (2)$$

$Z(t)$ Abnutzungsparameter
 Vt^2 Abnutzungsintensität in Einheiten des Abnutzungsparameters
 Z Zufallsgröße.

Gilt für die Zufallsgröße $Z = 0$ (glatter Abnutzungsverlauf), kann die RND aus der Gl. (3) bestimmt werden.

$$t_R = t \left[\left(\frac{Z_A}{Z(t)} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right]. \quad (3)$$

Wird die Zufallsgröße Z berücksichtigt, so ist die Realisierung der Zustandsänderung durch eine stückweise glatte Näherungsfunktion gekennzeichnet.

Es sei nur an dieser Stelle darauf verwiesen, daß in diesem Fall

— die mittlere RND
 — die γ -prozentuale RND
 — die optimale RND
 — und die Grenz-RND [6] ermittelt werden kann (Bild 1).

Vom Niveau der technischen Diagnostik ist es ebenfalls abhängig, welcher Form der Prognose der Vorrang gegeben wird.

Wie aus Bild 1 ersichtlich, unterscheidet man nach der Form der Prognose
 — grafische Prognosemethoden
 — und analytische Prognosemethoden

3. Zur praktischen Realisierung der Restnutzungsdauerprognose

3.1. Grundprinzip

Für die Bewertung des Diagnosebefunds von Verbrennungsmotoren entsprechend der Niveaustufe 1 der technischen Diagnostik wird gegenwärtig eine grafische Prognosemethode in ausgewählten VEB Kreisbetrieb für Landtechnik erprobt.

Tafel 3. Auszug aus Lebenslaufakte für einen Traktor MTS 50

Nr.	Überprüfungstermin IDk	q _r %	extrapolierter Aussonderungstermin IDk
1.	9600	0,5	18100
2.	14400	0,3	21400
3.	17600	0,6	21400

$$t_{Rd} = \frac{88100}{3} - 22950;$$

$$t_{Rd} = 60501 \text{ Dk}$$

Die RND des Motors beträgt somit 64171 Dk. Es wird die nächste Hauptüberprüfung laut Plan der Pflegestation bei $t_N = 293671$ Dk durchgeführt. Bis zu diesem Termin wird der Grenzwert für den relativen Ölverbrauch wahrscheinlich nicht überschritten und die Zylinder-Kolben-Kopf-Gruppe bedarf keiner Instandsetzung.

3.3. Hinweise für die Anwendung der RND-Prognose

Die bisherigen Erfahrungen bei der Anwendung der vorgestellten grafischen RND-Prognosemethode bestätigen, daß bei dem gegenwärtigen Niveau eine grafische Bewertung des Diagnosebefunds an Verbrennungsmotoren möglich und praktikabel ist.

Durch die einfache Zustandsbestimmung kann nach jedem Ölwechsel die RND durch einen qualifizierten Pflegeschlosser erfolgen.

Gute Ergebnisse wurden erreicht, wenn

- vorgeschriebene Pflege- und Wartungsmaßnahmen qualitäts- und termingerecht erfolgten
- durch vorbildliche Bordbuchführung oder anhand von Lebenslaufakten lückenlose

aussagefähige technische Dokumentationen als wesentliche Informationsquelle für die RND-Prognose zur Verfügung standen

- das Nachfüllen des Motorenöles stets bis zu einem gleichen Füllstandsniveau erfolgte
- durch die Tiefendiagnose mit den vorhandenen Meßgeräten die Schadensursache feststellbar war
- die Prüfbedingungen nach Prüfvorschrift eingehalten wurden
- das Prüfpersonal fachgerecht angeleitet wurde.

Mit dieser Form des Prognostizierens ist es möglich

- den Termin für notwendige abnutzungsbedingte Nachstell- oder Einstellarbeiten sowie notwendige Instandsetzungen an Verbrennungsmotoren mit bestimmter Wahrscheinlichkeit vorauszubestimmen
- ungerechtfertigte Instandsetzungen zu vermeiden und der Anteil von plötzlichen Ausfällen durch Normalschädigungen kann gesenkt werden.

Die vorgestellte grafische Prognosemethode läßt gute Ergebnisse hinsichtlich Materialökonomie und rationaler Energieanwendung erwarten. Einige Beispiele hierfür wurden genannt.

Die Prognosedigramme enthalten vorläufige Werte. Ihre Erprobung erfolgt z. Z. in ausgewählten Betrieben der Landtechnik[3]. Für weitere Verbrennungsmotoren der strukturbestimmenden Technik werden Diagramme vorbereitet und erprobt.

4. Zusammenfassung

Am Beispiel des Motors D50 wurde eine praktikable Methode für die RND-Prognose dargestellt. Hiermit sind weitere Voraussetzungen für die bessere Bewertung der Diagnoseergebnisse bei Haupt- und Zwischenüberprüfungen entsprechend dem Niveau der technischen

Diagnostik in den Prüfeinrichtungen der Landtechnik gegeben.

Literatur

- [1] Tilgner, W.: Erarbeitung von Unterlagen für die Restnutzungsdauerprognose an ausgewählten landtechnischen Arbeitsmitteln der Pflanzenproduktion. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg (Forschungsbericht 1980 [unveröffentlicht]).
- [2] Eichler, Chr.; Sperlich, Ch.; Grey, D.: Objektivierung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Studie 1979 (unveröffentlicht).
- [3] Ihle, G.: Möglichkeiten und Grenzen der Technischen Diagnostik. 3. Tagung „Technische Diagnostik“ Großenhain Oktober 1980.
- [4] Eichler, Chr.; Schiroslawski, W.: Ein Problem der Restnutzungsdauerprognose für Elemente technischer Arbeitsmittel. Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock (1974) H. 6/7, S. 437—442.
- [5] Michlin, V.M.; Belskirch, W.J.: Methodische Anleitung zur Ausarbeitung von Prognosen des technischen Zustandes von Maschinen und Elementen. Verlag „Kolos“ Moskau 1972.
- [6] Michlin, V.M.: Prognose des technischen Zustandes von Maschinen und Elementen. Moskau: Verlag „Kolos“ 1976.
- [7] Pawlow, B.W.: Diagnose an geschädigten Maschinen. Moskau: Verlag Kolos 1978.
- [8] Tilgner, W.: Zur Restnutzungsdauerprognose an Motoren 4 VD 14,5/12-1 SRW. agrartechnik 29 (1979) H. 11, S. 516—520.
- [9] Thum, E.: Traktorenprüfdienst in der sozialistischen Landwirtschaft. Markkleeberg: agra-Buch 1963.
- [10] Joffinow, S.A.: Pribory dlja učeta i kontrolja rabot traktornych agregatow (Geräte für Überprüfung und Kontrolle der Arbeitsweise von Traktorenaggregaten). Leningrad: izd.-vo mašinostroenie 1972.
- [11] GOST-Standard 21571 System der Wartung und Instandsetzung der Technik, 1976.

A 2971

Die Arbeit des Prüfraumes für LKW W 50 im VEB Kreisbetrieb für Landtechnik Görlitz—Niesky

Ing. M. Steinmann, VEB Kreisbetrieb für Landtechnik Görlitz-Niesky, Erzeugnisgruppenleitbetrieb, EG-18-

Eine der wesentlichen Forderungen auf dem Gebiet der vorbeugenden Instandhaltung besteht darin, effektive Lösungen zu erarbeiten, die den optimalen Instandhaltungsaufwand und ein hohes Maß an technischer Einsatzsicherheit landtechnischer Arbeitsmittel gewährleisten.

Beim Erarbeiten der Konzeption dazu wurde von dem Standpunkt ausgegangen, die landtechnischen Arbeitsmittel von ihrem Einsatzgebiet und ihrer spezifischen Charakteristik her gesondert zu untersuchen. Dabei wurde unterschieden zwischen

- Grundtechnik
- Kampagnetechnik
- energetischer Basis, überwiegend Feldarbeit sowie
- energetischer Basis, überwiegend Transport.

Durch gegebene Umstände wurde ein Arbeitsverfahren für die im landwirtschaftlichen Transport wirksam werdende energetische Basis des LKW W 50 erarbeitet.

1. Anforderungen an die Vertragswerkstatt Holtendorf

Der VEB Kreisbetrieb für Landtechnik (KfL) Görlitz-Niesky hat im Rahmen seines Produktionsprofils u. a. die Aufgabe, LKW W 50 im Rahmen der Vertragswerkstattentätigkeit instandzusetzen. Der Einzugsbereich der Vertragswerkstatt erstreckt sich über vier Kreise. In diesem Betreuungsbereich arbeiten sieben Pflegestationen (P1/P2), in denen die W 50 einer planmäßigen Pflege unterzogen werden. Das Pflegeniveau ist dabei differenziert. Der allgemeine Pflegezustand der W 50 sowie die technische Sicherheit waren bis vor fünf Jahren noch nicht ausreichend. Die Ausfallquote war so hoch, daß die Vertragswerkstatt den Arbeitsanfall nicht termingemäß abarbeiten konnte.

Das führte zur Einschränkung des Arbeitsvermögens dieser Transportkapazität und zu erhöhten Instandsetzungskosten. Die Aufgabenstellung der sozialistischen Landwirtschaft

und die objektiven Bedingungen zwangen zu Überlegungen mit folgenden Zielen:

- Erhöhen der Verfügbarkeit und Einsatzsicherheit der W 50
- Erhöhen der Sicherheit im technologischen Prozeß der landwirtschaftlichen Produktion sowie
- Senken der Produktionskosten durch Verringern der Instandsetzungshäufigkeit.

Daraus mußten Leitungsentscheidungen abgeleitet werden, die diese Aufgabenstellungen praxisnah erfüllten. In einer dazu geführten Beratung im Rahmen der Erzeugnisgruppe „vorbeugende Instandhaltung mobiler Landtechnik“ wurden erste Grundkonzeptionen erarbeitet, die durch das Ingenieurbüro für vorbeugende Instandhaltung Dresden, unterstützt und aufgabenbezogen für die Vertragswerkstatt Holtendorf ausgearbeitet wurden. Nur durch diese Kooperation Wissenschaft — Praxis konnten so Lösungen gefunden werden, die den gestellten Zielen entsprachen.