

Organisation und Technologie von Diagnose- und Instandsetzungsmaßnahmen im Rahmen der Instandhaltungsmethode nach Überprüfung

Dr.-Ing. D. Grey, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik
Dipl.-Ing. K. Straube, Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft

Verwendete Formelzeichen

$B(T_K)$	Betrag des innerhalb von T_K auftretenden Schadensintegrals
$B_{LA}(T_K)$	schadungsbedingter ungerechtfertigter Mehraufwand an lebendiger Arbeit innerhalb von T_K (Schadensintegral)
$H_{GI,A}(T_K)$	Häufigkeit von Grundinstandsetzungen innerhalb von T_K bei Anwendung der Ausfallmethode
$H_{pA,j}(T_{GI,j})$	Häufigkeit der infolge des Schadens j innerhalb des i -ten Zyklus eintretenden plötzlichen Ausfälle
$H_{p,i,j}(T_{GI,i})$	Häufigkeit vorbeugender Instandsetzungen des Schadens j innerhalb des i -ten Zyklus
i	Laufindex der Zyklen (Nutzungsdauerintervalle zwischen zwei aufeinanderfolgenden Grundinstandsetzungen)
j	Laufindex der unterschiedlichen Schäden
$K_D(T_K)$	Summe der innerhalb von T_K auftretenden Diagnosekosten
$K_{pA}(T_K)$	Kosten für das Beseitigen der innerhalb von T_K eintretenden plötzlichen Ausfälle
$K_{p,i}(T_K)$	Kosten für vorbeugende Instandsetzungen innerhalb von T_K
m	Anzahl der innerhalb von T_K auftretenden Zyklen
n	Umfang des durch Teilinstandsetzung in stand setzbaren Schadenssortiments für eine Grundinstandsetzung erforderlicher Aufwand an lebendiger Arbeit
$T_{LA,GI}$	Arbeitszeitaufwand zur Beseitigung eines plötzlichen Schadens j
$T_{LA,pA,j}$	Arbeitszeitaufwand zur vorbeugenden Instandsetzung des Schadens j

1. Problematik

Die Instandhaltungsmethode nach Überprüfung und die damit verbundene Nutzung der technischen Diagnostik ist wesentliche Voraussetzung für den optimalen Betrieb und die optimale Erhaltung technischer Arbeitsmittel durch

- weitestgehend demontageslos Erkennen von unzulässigen Abweichungen der Funktionsparameter und von Schäden sowie deren Lokalisierung und Beseitigung
- objektives Bestimmen von Art und Umfang schadbezogener Instandsetzungsmaßnahmen
- optimales Ausschöpfen der Restbetriebsdauer des Arbeitsmittels
- Sicherung der Qualität und Kontrolle des Erfolgs von Instandhaltungsmaßnahmen.

Viele Schäden, die bisher durch Austauschgrundinstandsetzung beseitigt wurden, können nach der Methode der Instandsetzung nach Überprüfung durch Teilinstandsetzung behoben werden. Damit werden Kosten eingespart und die Nutzungsdauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden Grundinstandsetzungen wird verlängert. Somit wird die Materialökonomie im Sinn einer besseren Ausnutzung der in das Arbeitsmittel installierten vorgegenständlichen Arbeit erhöht. Zur Ausnutzung dieser ökonomischen Vorteile ist es notwendig, den Instandhaltungsprozeß so zu organisieren, daß

der Nutzen sowohl in der Volkswirtschaft als auch im Betrieb praktisch wirksam wird. Im folgenden Beitrag werden dazu einige Grundsätze für die Organisation sowie für das Gestalten von Diagnose- und Instandsetzungsmaßnahmen abgeleitet.

2. Bestimmen der Grenzen zwischen Teilinstandsetzung und Grundinstandsetzung

Nach den bisher gesammelten Erfahrungen gelten für das Bestimmen der Grenzen zwischen Teilinstandsetzung und Grundinstandsetzung objektive Entscheidungskriterien. Das gilt natürlich auch, wenn man zwischen verschiedenen Arten der Teilinstandsetzung und verschiedenen Umfängen der Instandsetzungsmaßnahmen entscheiden muß (schadbezogene Teilinstandsetzung).

Die Festlegung der Grenzen ist im wesentlichen eine gesamtwirtschaftliche Problematik, wobei über Strukturen und Proportionen der Kooperation und Spezialisierung der Instandsetzung entschieden wird. Gleichzeitig sind diese Grenzen auch von den vorhandenen Strukturen und von der Standortverteilung der technisch-technologisch geeigneten Kapazitäten zur Schadensbeseitigung und von deren Entwicklungsmöglichkeiten abhängig. Die Grenzen zwischen Teilinstandsetzung und Grundinstandsetzung sind so festzulegen, daß die vorhandenen Kapazitäten optimal genutzt werden und gleichzeitig die ökonomisch günstigste Gesamtwirkung der Instandhaltung auf den einheitlichen Reproduktionsprozeß erzielt wird.

Zweckmäßig ist es, eine Unterscheidung nach der Art der verwendeten Entscheidungskriterien vorzunehmen:

- technisch-technologischer Entscheidungskriterien
- ökonomischer Entscheidungskriterien.

Die technisch-technologischen Entscheidungskriterien sind in erster Linie durch das vorhandene wissenschaftlich-technische Niveau der Arbeitsmittel und der Instandsetzungskapazitäten sowie durch die vorhandene Standortverteilung der Kapazitäten, den Qualifikationsstand und die Erfahrungen der Facharbeiter in der Instandsetzung sowie durch den Entwicklungsstand der Instandhaltungsverfahren bedingt. Letztlich können diese Einflußfaktoren für die technisch-technologischen Entscheidungskriterien auch in ökonomische Größen aufgelöst werden, wenn man für die ökonomische Charakterisierung der Wirkungen einen langen Reproduktionszeitraum zugrunde legt (z. B. Zeitraum für Investitionen oder für umfangreiche Qualifizierungsmaßnahmen).

Die ökonomischen Entscheidungskriterien können im Gegensatz dazu flexibel angewendet werden. Sie beinhalten im wesentlichen solche Größen, wie Kosten, Nutzungsdauer und Stillstandszeiten, die in kurzen Zeiträumen erfaßt und ausgewertet, aber auch in kurzen Reproduktionszeiträumen beeinflußt und verändert werden können.

2.1. Technisch-technologische Entscheidungskriterien

Technisch-technologische Entscheidungskriterien werden z. B. in Form von

- geforderten Oberflächenqualitäten der instand gesetzten Einzelteile
- festgelegten Demontage-, Montage- und Prüfbedingungen für Baugruppen und Maschinen
- Forderungen in bezug auf das Einhalten bestimmter Füge- oder Fertigungstoleranzen
- notwendigen Einstell- und Regelgenauigkeiten
- sicherheitstechnischen Forderungen usw. festgelegt.

Die Einhaltung dieser Kriterien ist Voraussetzung dafür, daß ein vom Anwender gefordertes Betriebsverhalten des Arbeitsmittels mit der gleichzeitig geforderten Zuverlässigkeit in einem vorgegebenen Nutzungsdauerintervall eingehalten wird. Sie ist Bestandteil der Qualitätssicherung im Instandsetzungsprozeß, erfordert einen bestimmten technologischen Aufwand und setzt entsprechende Instandsetzungsarbeitsmittel und Instandsetzungsverfahren sowie dafür qualifiziertes Instandsetzungspersonal voraus. Schäden, die entsprechend den technisch-technologischen Kriterien ausschließlich durch eine Grundinstandsetzung zu beseitigen sind, werden als Ressourcenschäden, alle übrigen Schäden als Nichtressourcenschäden bezeichnet.

Ein Ergebnis bisheriger Forschungen sowie Abstimmungen mit Instandsetzungs- und Landwirtschaftsbetrieben soll im folgenden bekannt gegeben werden. Eine Grundinstandsetzung ist der Teilinstandsetzung vorzuziehen, wenn folgende Schädigungen oder Schäden festgestellt werden:

Baugruppe: Motor 4VD 14,5/12-1 SRW

- Schäden, deren Beseitigung eine Demontage der Kurbelwelle, der Pleuelstange, des Kurbelwellenhauptlagers oder des Pleuellagers erfordert
- Schäden an der Nockenwelle

Baugruppe: Dieseleinspritzpumpe (DEP)

4B 0460308054 bzw. 4B 0460349005

- Schäden am Pumpenelement
- Schäden an Regelstange, Regelhülse oder Klemmstück
- Schäden, deren Beseitigung eine Demontage der Nockenwelle oder der Nockenwellenlager erfordert

Baugruppe: Drehstromlichtmaschine (DLM)

12 V, 500 W, Typ 8042.3/1

- Schäden an der Rotorwelle (außer geringfügigen Gewindeschäden)
- Schäden an der Rotorwicklung
- lose oder verbogene Klauenpole

Baugruppe: Anlasser 24 V, 2,94 kW, Typ 8203.101/3

- Schäden an Ankerwicklung oder Ankerwelle
- Schäden am Zwischenlager.

Der Vorteil einer höheren Konzentration der Instandsetzung im VEB LIW wird genutzt und der Nachteil der größeren Transportentfernung in Kauf genommen, wenn z. B. der Rotor der Lichtmaschine oder der Anker des Anlassers beschädigt sind. Im VEB LIW sind die Einrichtungen für das Wickeln der Rotorwicklungen und Ankerwicklungen vorhanden. Gleichzeitig sind dort Arbeitskräfte mit langjährigen Erfahrungen und der entsprechenden Qualifikation tätig.

Würde man fordern, daß derartige Schäden in allen Instandsetzungswerkstätten behoben werden, so wären an vielen Stellen Investitionen für spezielle Arbeitsmittel und Qualifizierungsmaßnahmen für das Ausbilden von Spezialisten erforderlich. Der damit verbundene Aufwand würde unter den heutigen Bedingungen im Vergleich zur niedrigen Auslastung der Instandsetzungsarbeitsmittel und zur unvollkommenen Nutzung des gesellschaftlichen Arbeitsvermögens, das durch die durchzuführenden Qualifizierungsmaßnahmen zu erzeugen wäre, unvertretbar hoch sein.

Damit stellen die in dem Beispiel festgelegten Grenzen zwischen Teilinstandsetzung und Grundinstandsetzung ein volkswirtschaftliches Optimum dar, bei dem die vorhandenen Instandsetzungskapazitäten gut genutzt und gleichzeitig die Vorteile der schadbezogenen Instandsetzung wirksam gemacht werden.

Beim Motor 4VD 14,5/12-1 SRW spielen der vorhandene hohe Mechanisierungsgrad der Demontage und Montage sowie die hochentwickelte Motorenprüfung in den VEB LIW eine ökonomisch entscheidende Rolle dafür, daß die durch die Grundinstandsetzung erzeugte Nutzungsdauer (als Gebrauchswert der instand gesetzten Motoren) mit im Vergleich zur handwerklichen Instandsetzung sehr geringen Kosten „produziert“ wird. Auch in diesem Fall wären die volkswirtschaftlichen Aufwendungen im Vergleich zum erzielbaren Nutzeffekt unvertretbar hoch, wollte man in allen Instandsetzungswerkstätten Motorenprüfstände errichten oder teil- und vollautomatisierte Demontage- und Montagelinien auf-

bauen. Die dabei erzielbaren Einsparungen beim Transport würden wesentlich geringer als die durch Investitionen und niedrige Auslastung der Grundmittel entstehenden Kosten sein.

Ökonomisch ungerechtfertigt wäre es auch, bestimmte Instandsetzungsverfahren zu dezentralisieren, nur um dadurch geringfügige Einsparungen an Transportkosten zu erzielen. Als Beispiel sei die galvanische Chromauftragung von Einzelteilen genannt. Allein die materialwirtschaftlichen Aufwendungen zum Betreiben von Chrombädern verbieten hier eine Dezentralisierung. Der Materialtransport für das ständige Betreiben der Chrombäder würde bei einem bestimmten Dezentralisierungsgrad den Transportaufwand für die instand zu setzenden Einzelteile überschreiten, und gleichzeitig wäre der Auslastungsgrad der Chrombäder unvertretbar gering.

Außerdem ist der Zusammenhang zu beachten, daß sich die Notwendigkeit der Anwendung der galvanischen Chromauftragung für bestimmte Einzelteile auch aus den technisch-technologischen Entscheidungskriterien ergibt. Dieses Verfahren muß dann angewendet werden, wenn eine bestimmte Oberflächengüte die Voraussetzung für die zu erzielende Nutzungsdauer der instand gesetzten Arbeitsmittel ist und wenn zur Erzielung dieser Oberflächengüte kein billigeres Instandsetzungsverfahren existiert.

Zusammenfassend soll der Gedankengang, der zur Definition von Grenzen zwischen Teilinstandsetzung und Grundinstandsetzung führt, übersichtlich dargestellt werden:

- Ausgangspunkt ist die durch die Instandsetzungsmaßnahme zu erzielende Nutzungsdauer.
- Davon abgeleitet ergeben sich bis in das konstruktive Detail gehende technische Forderungen an den Instandsetzungsprozeß.
- Diese wiederum bedingen einen bestimmten technologischen Aufwand zur Realisierung der technischen Forderungen.
- Mit der Ermittlung des zu betreibenden

Aufwands ist auch der „Preis“ für die vorgegebene Nutzungsdauerzielstellung feststellbar.

Die praktisch realisierbaren Instandsetzungsverfahren und der erreichte Mechanisierungsgrad der Instandsetzung spiegeln sich in diesem „Preis“ für die zu realisierende Nutzungsdauer wider.

Gleichzeitig sind die volkswirtschaftlichen Möglichkeiten zur Realisierung dieses „Preises“ durch die Standortverteilung der dazu geeigneten Instandsetzungskapazitäten (einschließlich des zugehörigen gesellschaftlichen Arbeitsvermögens) im wesentlichen bestimmt. Sie können nur im Rahmen der volkswirtschaftlichen Reproduktionsmöglichkeiten und nach den Grundsätzen für eine planmäßige und proportionale Entwicklung bei effektivster Verwendung des für die Reproduktion zur Verfügung gestellten Nationaleinkommens verändert werden.

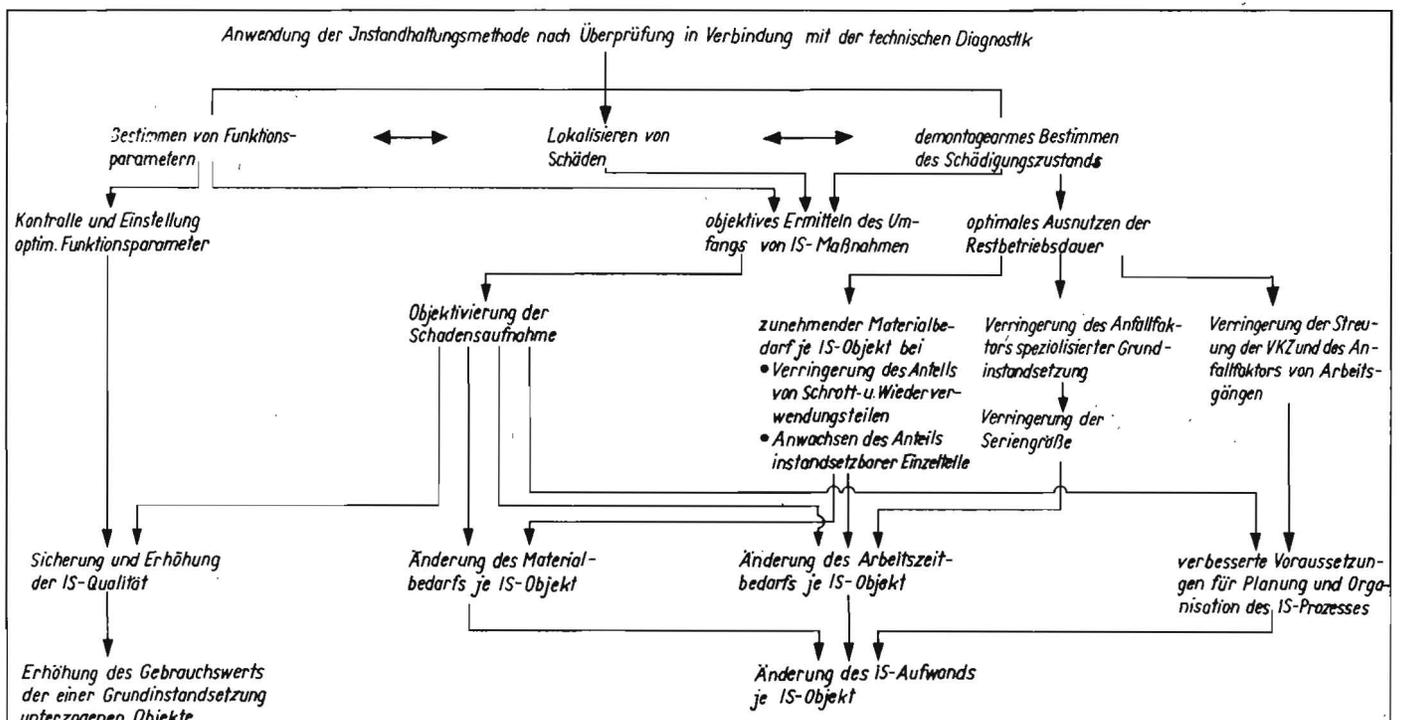
— Darauf aufbauend werden die technisch-technologischen Entscheidungskriterien erarbeitet, die dann auf die einzelnen Instandsetzungsobjekte zur Definition der Grenze zwischen Teilinstandsetzung und Grundinstandsetzung angewendet werden.

2.2. Ökonomische Entscheidungskriterien

Die Anwendung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfung und die in diesem Zusammenhang möglichen Teilinstandsetzungen führen in den Bereichen landwirtschaftliche Produktion und Instandhaltung zu einer Vielzahl teilweise ökonomisch gegenläufiger Auswirkungen (Bilder 1 und 2).

Das Bestimmen der Grenzen zwischen Teilinstandsetzung und Grundinstandsetzung auf der Grundlage des ökonomischen Entscheidungskriteriums ist deshalb ein Optimierungsproblem, bei dem die bei Anwendung verschiedener Instandsetzungsmethoden entstehenden nutzungsdauerbezogenen ökonomischen Auswirkungen unter Verwendung eines oder mehrerer Zielkriterien miteinander verglichen

Bild 1. Auswirkungen der Instandhaltungsmethode nach Überprüfung auf die spezialisierte Grundinstandsetzung



Anwendung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfung in Verbindung mit der technischen Diagnostik

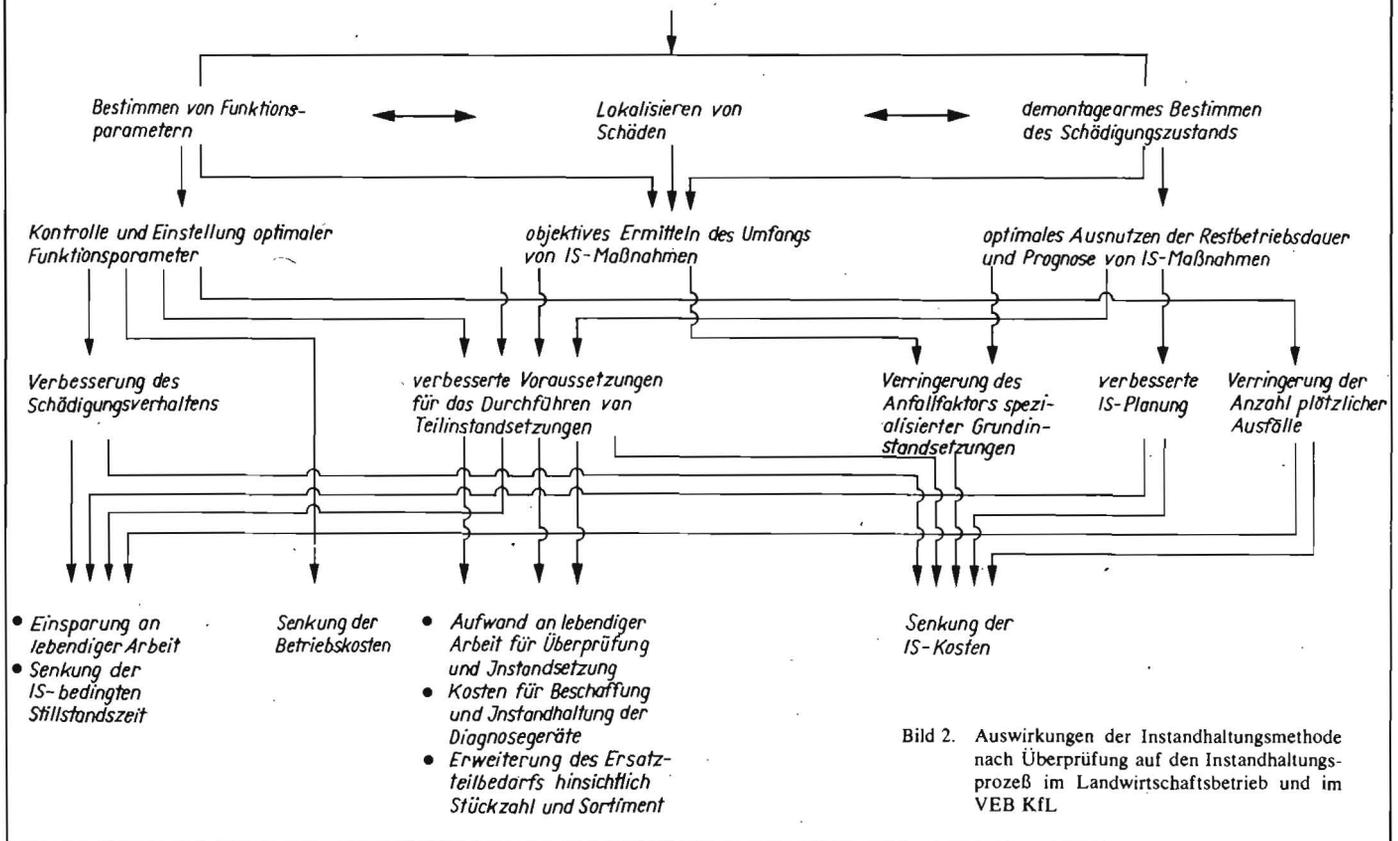


Bild 2. Auswirkungen der Instandhaltungsmethode nach Überprüfung auf den Instandhaltungsprozess im Landwirtschaftsbetrieb und im VEB KfL

werden. Eine für die Quantifizierung der in den Prozessen landwirtschaftliche Produktion und landtechnische Instandhaltung bei Anwendung verschiedener Instandsetzungsmethoden entstehenden ökonomischen Auswirkungen geeignete Maßzahl sind die von Marx [1] definierten Gebrauchskosten K_G :

$$K_G(T_K) = K_{pA}(T_K) + K_{pl}(T_K) + K_D(T_K) + B(T_K) \quad (1)$$

Das auf der Grundlage der Gebrauchskosten gebildete Zielkriterium lautet

$$\frac{K_G(T_K)}{T_K} \rightarrow Min. \quad (2)$$

wobei mit $K_G(T_K)$ die innerhalb der projektieren Nutzungsdauer T_K auftretenden Gebrauchskosten K_G bezeichnet werden.

Neben diesem Zielkriterium können der Optimierung in Abhängigkeit vom jeweiligen interessierenden Zusammenhang weitere Zielkriterien zugrunde gelegt werden, wie z. B.

— Minimierung des innerhalb von T_K auftretenden nutzungsdauerbezogenen Aufwands an lebendiger Arbeit $T_{LA}(T_K)$

$$\frac{T_{LA}(T_K)}{T_K} \rightarrow Min. \quad (3)$$

— Minimierung der innerhalb von T_K auftretenden nutzungsdauerbezogenen Materialkosten $K_M(T_K)$

$$\frac{K_M(T_K)}{T_K} \rightarrow Min. \quad (4)$$

— Minimierung der innerhalb von T_K auftretenden nutzungsdauerbezogenen instandsetzungsbedingten Stillstandszeit $T_{IS}(T_K)$

$$\frac{T_{IS}(T_K)}{T_K} \rightarrow Min. \quad (5)$$

Das Bestimmen der als Zielkriterien dienenden

nutzungsdauerbezogenen Aufwandgrößen erfolgt mit Hilfe von Simulationsmodellen.

3. Grundsätze für das Anwenden der Instandhaltungsmethode nach Überprüfung zur Instandhaltung landtechnischer Arbeitsmittel in Pflanzenproduktionsbetrieben

Der gegenwärtig bei der Einführung der Instandsetzungsmethode nach Überprüfung in die Praxis erreichte Zustand ist u. a. dadurch gekennzeichnet, daß trotz vielfach praktizierter Teilinstandsetzungen die Fragen ihrer Gestaltung und Einordnung in den landwirtschaftlichen Produktionsprozeß sowie in das System der landtechnischen Instandhaltung noch nicht umfassend geklärt sind.

Nachfolgend werden ausgehend von bereits vorliegenden Untersuchungsergebnissen Grundsätze für die optimale Lösung dieser Probleme abgeleitet.

Diese Empfehlungen stellen nicht das Endergebnis der gegenwärtigen Untersuchungen dar und tragen deshalb orientierenden Charakter. Im Interesse einer übersichtlichen Erläuterung werden den weiteren Betrachtungen folgende vereinfachende Annahmen zugrunde gelegt:

— Die Teilinstandsetzungen erfolgen im Landwirtschaftsbetrieb oder im VEB KfL mit gleicher Qualität und gleichem Arbeitszeitaufwand.

— Jeder Landwirtschaftsbetrieb und VEB KfL verfügt über Voraussetzungen zur Durchführung von Komplexdiagnosen des in [2] angegebenen Umfangs, in deren Ergebnis schadhafte Baugruppen mit vernachlässigbar geringem Diagnosefehler erkannt werden.

— Grundinstandsetzungen erfolgen grundsätzlich im VEB LIW.

— Jede Tiefendiagnose im VEB KfL ist mit

dem An- und Abbau der Baugruppe im Landwirtschaftsbetrieb und deren Transport zum VEB KfL verbunden.

— Der zur Gewährleistung der Baugruppenzirkulation zwischen Landwirtschaftsbetrieb und VEB KfL sowie zur Ersatzteilbeschaffung und -lagerung in beiden Einrichtungen notwendige Arbeitszeitaufwand wird vernachlässigt.

— Die Ausfallhäufigkeit der einer Teilinstandsetzung unterzogenen Baugruppe ist gegenüber der einer Grundinstandsetzung unterzogenen Baugruppe doppelt so hoch.

Die verschiedenen Varianten der Einordnung des Diagnose- und Instandhaltungsprozesses in die landwirtschaftliche Produktion und in das System der landtechnischen Instandhaltung werden anhand des Aufwands an lebendiger Arbeit miteinander verglichen, da die Senkung des Arbeitszeitaufwands eine wichtige volkswirtschaftliche Zielstellung ist und zu dieser Aufwandgröße bereits detaillierte Angaben vorliegen.

Ausgangspunkt der Betrachtungen ist die Gegenüberstellung der bei Anwendung der Ausfallmethode und der Instandhaltungsmethode nach Überprüfung innerhalb der Konstruktionsnutzungsdauer T_K entstehenden Aufwendungen an lebendiger Arbeit $T_{LA,A}(T_K)$ und $T_{LA,\ddot{U}}(T_K)$:

$$T_{LA,A}(T_K) = H_{GL,A}(T_K) T_{LA,GI} \quad (6)$$

$$T_{LA,\ddot{U}}(T_K) = m T_{LA,GI} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n$$

$$[H_{pA,j}(T_{GI,i}) T_{LA,pA,j} + H_{pl,j}(T_{GI,i}) T_{LA,pl,j}]$$

$$- B_{LA}(T_K) \quad (7)$$

Die Instandhaltungsmethode nach Überprüfung führt gegenüber der Ausfallmethode zu Arbeitszeiteinsparungen, wenn gilt:

$$T_{LA,\ddot{U}}(T_K) < T_{LA,A}(T_K) \quad (8)$$

Zur Erfüllung dieser Bedingung ist bei Anwendung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfung das Erreichen folgender Zielstellungen zu sichern:

Verbesserung des Ausfallverhaltens mit den Zielen

- Verringerung der Ausfallhäufigkeit innerhalb T_K
- Reduzierung des Anteils plötzlicher Ausfälle innerhalb von T_K : $H_{pA}(T_K)$
- Verringerung der Häufigkeit von Grundinstandsetzungen innerhalb von T_K : $H_{GI,\ddot{U}}(T_K)$.

Diese Zielstellungen sind erreichbar durch:

- ordnungsgemäße Pflege und Wartung in Verbindung mit einer regelmäßigen Überprüfung nach optimalen Betriebsdauerintervallen
- konstruktionsgerechtes Ausführen von Teilinstandsetzungen unter Beachtung des technisch-technologischen und ökonomisch zulässigen Umfangs
- optimales Ausschöpfen der vorhandenen Restbetriebsdauer
- Kontrolle von Qualität und Erfolg durchgeführter Teilinstandsetzungen
- Vermeiden plötzlicher Ausfälle und Planen vorbeugender Instandsetzungsmaßnahmen auf der Grundlage einer objektiven Restbetriebsdauerprognose.

Effektives Gestalten der Diagnose- und Instandsetzungsprozesse durch

- Herstellen einer engen räumlichen, zeitlichen und leitungsmäßigen Zuordnung von Diagnose- und Instandsetzungsmaßnahmen
- Anwenden effektiver, eine hohe Qualität sichernder Diagnose- und Instandsetzungs-technologien
- Weiter- oder Neuentwicklung von Diagnoseverfahren mit dem Ziel einer Verringerung des Arbeitszeitaufwands für die Überprüfungen
- Anwenden der Mikroelektronik bei der Meßwertaufnahme und -auswertung
- Herstellen einer Einheit zwischen planmäßiger Überprüfung, Maschineneinsatz und operativer Überprüfung, indem
 - planmäßige Überprüfungen in konstanten optimalen Betriebsdauerintervallen außerhalb der agrotechnisch möglichen Einsatzzeit erfolgen
 - kampagneweise eingesetzte Maschinen vor Kampagnebeginn zur Sicherung einer geforderten Verfügbarkeit und nach Kampagneabschluß zum Bestimmen ihres Schädigungszustands sowie zur Festlegung des notwendigen Instandsetzungsumfangs planmäßig überprüft werden
 - die Auslastung der Diagnosestation so geplant wird, daß sie vor allem während der Kampagne für operative Überprüfungen verfügbar ist
- Verbesserung der Diagnoseverfahren und -geräte, um durch eine exakte Lokalisierung des Schadens den Arbeitszeitaufwand für die Teilinstandsetzung auf ein Minimum zu reduzieren.

4. Einordnung von Diagnose- und Instandsetzungsprozessen in das System der landtechnischen Instandhaltung

Unter Beachtung der im Abschn. 3 formulierten vereinfachenden Annahmen können Grundsätze für die Einordnung der Diagnoseprozesse sowie der Teilinstandsetzung in erster Näherung aus der Analyse des bei ver-

Tafel 1. Zusammenstellung der betrachteten Instandsetzungsmethoden

Instandsetzungsmethode	Ort der Tiefendiagnose		Ort der Teilinstandsetzung		Instandsetzung von Nichtressourcenschäden durch	Instandsetzung von Ressourcenschäden durch
	Land-wirt-schafts-betrieb	VEB KfL	Land-wirt-schafts-betrieb	VEB KfL		
A	—	—	—	—	Grundinstandsetzung	Grundinstandsetzung
B	×	—	×	—	Teilinstandsetzung	Grundinstandsetzung
C	—	×	—	×	Teilinstandsetzung	Grundinstandsetzung

Anmerkung: Grundinstandsetzungen erfolgen grundsätzlich im VEB LIW

Tafel 2. Arbeitszeitaufwand bei Anwendung verschiedener Instandsetzungsmethoden im Rahmen der Instandhaltungsmethode nach Überprüfung

Arbeitsgang	Kurzzeichen	Instandsetzungsmethode und Schadenstyp																	
		A				B				C									
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV						
Komplexdiagnose im Landwirtschaftsbetrieb	$T_{\ddot{U}}$	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
Abbau der schadhaften Baugruppe	T_{Ab}	×	×	×	×					×	×	×	×	×	×	×	×		
Tiefendiagnose der Baugruppe im Landwirtschaftsbetrieb																			
im angebauten Zustand	$T_{\ddot{U},BG,A}$								×										
im abgebauten Zustand	$T_{\ddot{U},BG}$								×	×	×	×							
Teilinstandsetzung	T_{TIS}								×	×	×	×							
Anbau der funktionsfähigen Baugruppe	T_{An}									×	×	×							
Transport der schadhaften Baugruppe zum VEB KfL	$T_{T,LK}$	×	×	×	×									×	×	×	×		
Tiefendiagnose der Baugruppe im VEB KfL																			
Teilinstandsetzung	$T_{\ddot{U},BG}$															×	×	×	×
Transport der instand gesetzten Baugruppe vom VEB KfL zum Landwirtschaftsbetrieb	T_{TIS}															×	×	×	×
Transport der Baugruppe vom VEB KfL zum VEB LIW	$T_{T,KL}$															×	×	×	×
Grundinstandsetzung der Baugruppe im VEB LIW ¹⁾	T_{GI}	×	×	×	×														
Transport der einer Grundinstandsetzung unterzogenen Baugruppe vom VEB LIW zum VEB KfL	$T_{T,LK}$	×	×	×	×														
Transport der einer Grundinstandsetzung unterzogenen Baugruppe vom VEB KfL zum Landwirtschaftsbetrieb	$T_{T,KL}$	×	×	×	×														
Anbau der einer Grundinstandsetzung unterzogenen Baugruppe	T_{An}	×	×	×	×											×	×	×	×

1) Dieser Wert entspricht dem gegenwärtigen Arbeitszeitaufwand und enthält nicht die bei Anwendung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfung zu erwartende Änderung des Arbeitszeitbedarfs.

Tafel 3. Demontage- und Montageaufwand für das Diagnostizieren und Instandsetzen der betrachteten Schäden vom Typ I bis IV

Schadens-typ	Beispiel	Tiefendiagnose erfordert Abbau der Baugruppe	Teilinstandsetzung erfordert Abbau der Baugruppe
I	Reglerfeder gebrochen	nein	nein
II	Rollenschieber defekt	ja	ja
III	Reglerelement defekt	nein	ja
IV	unzulässige Abweichung des Voreinspritzwinkels	ja	nein

schiedenen Instandsetzungsmethoden entstehenden Arbeitszeitaufwands abgeleitet werden.

Tafel 1 enthält eine Übersicht über die betrachteten Instandsetzungsmethoden. Die bei Anwendung der verschiedenen Instandsetzungsmethoden auftretenden Arbeitszeiteile können Tafel 2 entnommen werden.

Tafel 3 enthält die Charakterisierung der betrachteten Schadenstypen in bezug auf den zu ihrer Diagnose und Instandsetzung notwendigen Arbeitszeitaufwand für den An- und Abbau der Baugruppe (qualitativ).

4.1. Zulässiger Arbeitszeitaufwand für Teilinstandsetzungen

Der für eine Teilinstandsetzung zulässige Arbeitszeitaufwand ist bei gegebenem Arbeitszeitaufwand für die Komplexdiagnose des Arbeitsmittels abhängig von

- der Instandsetzungsmethode
 - dem für die Tiefendiagnose erforderlichen Arbeitszeitaufwand $T_{\ddot{U},BG}$ oder $T_{\ddot{U},BG,A}$.
- Der zulässige Arbeitszeitaufwand für Teilinstandsetzungen ist gleich der Differenz zwischen dem Arbeitszeitaufwand bei Anwendung der Instandsetzungsmethode A und der In-

standsetzungsmethode B oder C. Tafel 4 enthält eine Zusammenstellung des für die Beseitigung der Schäden I bis IV bei Anwendung unterschiedlicher Instandsetzungsmethoden für Teilinstandsetzungen zulässigen Arbeitszeitaufwands.

Der Arbeitszeitaufwand für die spezialisierte Grundinstandsetzung (einschließlich der Einzelinstandsetzung) beträgt bei den Dieseleinspritzpumpen DEP 4B 0460308054 und 0460349005 110 AKmin, bei der Drehstromlichtmaschine 12 V, 500 W, Typ 8042.3/1 53 AKmin und beim Anlasser 24 V, 2,94 kW, Typ 8203.101/3 47 AKmin. Die für Teilinstandsetzungen der genannten Baugruppen angegebenen zulässigen Arbeitszeitaufwendungen wurden ausgehend von der Annahme einer doppelt so hohen Ausfallhäufigkeit von Baugruppen nach Teilinstandsetzung gegenüber Grundinstandsetzung ermittelt. Exakte Angaben zum Ausfallverhalten dieser Baugruppen sind gegenwärtig noch nicht verfügbar.

4.2. Beziehungen zwischen Instandsetzungsmethoden, Schadenstyp und zulässigem Arbeitszeitaufwand

Hinsichtlich des o. g. Zusammenhangs ergeben sich aus Tafel 2 folgende Schlussfolgerungen:

- Instandsetzungsmethode A führt unabhängig davon, ob die Instandsetzung den An- und Abbau des Instandsetzungsobjekts erfordert, bei allen Schäden zu gleichem Arbeitszeitaufwand
- Instandsetzungsmethode B bietet im Vergleich zu den Instandsetzungsmethoden A und C die Möglichkeit,
 - die bei Instandsetzung der Schäden vom Typ I mögliche Senkung des Arbeitszeitaufwands auszunutzen
 - den Arbeitszeitaufwand durch die Verbesserung der Diagnose- und Instandsetzungsmöglichkeiten an der angebauten Baugruppe zu senken und dadurch den zulässigen Arbeitszeitaufwand für die Teilinstandsetzung zu erhöhen bzw. das Sortiment der auf diese Weise instandsetzbaren Schäden in den durch technisch-technologische Entscheidungskriterien bestimmten Grenzen zu erweitern
- bei Anwendung der Instandsetzungsmethode C kann die durch eine an der angebauten Baugruppe durchführbare Diagnose oder Instandsetzung erreichbare Arbeitszeiteinsparung nicht genutzt werden, da generell ein Ab- und Anbau der Baugruppe erfolgt. Arbeitszeiteinsparungen sind möglicherweise durch Verkürzung der Diagnose- und Instandsetzungszeit erreichbar, wobei der bei größeren Instandsetzungsstückzahlen auftretende Serieneffekt hierfür günstige Voraussetzungen bietet.

4.3. Beziehungen zwischen Instandsetzungsmethoden und Diagnoseverfahren

Die Instandsetzungsmethode A erfordert die Durchführung einer Komplexdiagnose. Verfahren der Tiefendiagnose werden nicht eingesetzt. An die Diagnoseverfahren sind u. a. folgende Forderungen zu stellen:

- sicheres Erkennen schadhafter Baugruppen
 - geringer Arbeitszeit- und Geräteaufwand
 - hohe Einsatzsicherheit der Diagnosegeräte.
- Bei Anwendung der Instandsetzungsmethode B werden sowohl Verfahren der Komplex- als auch der Tiefendiagnose eingesetzt. Neben den bereits aufgeführten Forderungen ergeben sich für den Einsatz und die Weiterentwicklung der

Verfahren zur Tiefendiagnose folgende Schwerpunkte:

- sicheres und schnelles Erkennen schadhafter Schädigungselemente als Voraussetzung für eine effektive und konstruktionsgerechte Instandsetzung
- vorrangiges Entwickeln von Verfahren für das Diagnostizieren der ohne Abbau der Baugruppe instandsetzbaren Schädigungselemente.

Bei Anwendung der Instandsetzungsmethode C sind prinzipiell die gleichen Gesichtspunkte wie bei der Betrachtung der Instandsetzungsmethoden A und B zu beachten.

Unter Berücksichtigung der im Vergleich zur Instandsetzungsmethode B größeren Instandsetzungsstückzahlen ist jedoch ein höherer gerätetechnischer Aufwand für die Tiefendiagnose vertretbar.

4.4. Einordnung der Diagnose- und Instandsetzungsprozesse in Landwirtschaftsbetrieb und VEB KfL

Ausgehend von den bisherigen Überlegungen sind bei der Lösung der o. g. Aufgabe folgende Grundsätze zu beachten:

- In den Landwirtschaftsbetrieben sollten, soweit dies mit einem vertretbaren gerätetechnischen (z. B. DS 202) und instandsetzungstechnologischen Aufwand realisierbar ist, die Voraussetzungen zum Diagnostizieren und Instandsetzen von Schäden des Typs I geschaffen werden. In diesem Zusammenhang sind die bei planmäßigen Überprüfungen verwendeten Diagnoseverfahren des Diagnosegerätesystems

DS 1000 auch zur Tiefendiagnose von Baugruppen einzusetzen.

- Im VEB KfL sind neben dem Einsatz des Diagnosegerätesystems DS 1000 in bestimmten Grenzen auch die Anwendung aufwendigerer Diagnose- und Prüfgeräte zur Tiefendiagnose (z. B. Einspritzpumpenprüfstand) und die Schaffung instandsetzungstechnologischer Voraussetzungen für die Durchführung entsprechender Teilinstandsetzungen sinnvoll. Die Höhe dieser zusätzlichen Aufwendungen muß im Verhältnis zu dem erreichbaren Nutzen (Senkung des Diagnose- und Instandsetzungsaufwands, Verbesserung der Instandsetzungsqualität) stehen. Exakte quantitative Aufgaben hierzu sind gegenwärtig nicht möglich.
- Das Überschreiten der in Tafel 4 angegebenen zulässigen Arbeitszeitaufwendungen für die einzelnen Instandsetzungsmaßnahmen ist volkswirtschaftlich nicht vertretbar.
- Der Umfang von Teilinstandsetzungen darf unabhängig von ökonomischen Aspekten die unter Beachtung technisch-technologischer Kriterien festgelegten Grenzen nicht überschreiten.
- Die zur Grundinstandsetzung angelieferten Baugruppen sollen einerseits grundinstandsetzungswürdig sein, d. h. die Mehrzahl der Schädigungselemente muß das Betriebsgrenzmaß erreicht haben, andererseits aber noch instandsetzbar sein, d. h. die Schädigungselemente dürfen die

Fortsetzung auf Seite 397

Tafel 4. Zulässiger Arbeitszeitaufwand für Teilinstandsetzungen $T_{TIS,zul}$ beim Vergleich der betrachteten Instandsetzungsmethoden

Basis-Instandsetzungsmethode	Vergleichs-Instandsetzungsmethode	Schadens-typ	Beziehung zum Bestimmen des für Teilinstandsetzungen im Rahmen der Vergleichs-Instandsetzungsmethode zulässigen Arbeitszeitaufwands	$T_{TIS,zul}$ -Werte für verschiedene Baugruppen in AKmin		
				DEP 4B	Anlasser 24 V, 2,94 kW	DLM 12 V, 500 W
A	B	I	$T_{TIS,zul,BI} = \frac{T_{Ab} + T_{T,LK} + T_{T,KLJ} + T_{Gl} + T_{T,LK} + T_{T,KL} + T_{Ab} - T_{Ü,BG,A}}{2}$	70	35	33
		II	$T_{TIS,zul,BII-IV} = \frac{T_{T,LK} + T_{T,KLJ} + T_{Gl} + T_{T,LK} + T_{T,KL}}{2} - \frac{T_{Ü,BG}}{2}$	50	20	25
		III				
		IV				
A	C	I	$T_{TIS,zul,CI-IV} = \frac{T_{T,KLJ} + T_{Gl} + T_{T,LK} - T_{Ü,BG}}{2}$	50	20	25
		II				
		III				
		IV				
C	B	I	$T_{TIS,zul,BCI} = \frac{T_{Ab} + T_{T,LK} + T_{T,KL} + T_{Ab} + (T_{Ü,BG} - T_{Ü,BG,A})}{2}$	70	40	35
		II	$T_{TIS,zul,BCII-IV} = \frac{T_{T,LK} + T_{T,KL}}{2}$	50	20	25
		III				
		IV				

$T_{TIS,zul,BI}$ zulässiger Arbeitszeitaufwand für Teilinstandsetzungen von Schäden des Typs I bei Anwendung der Instandsetzungsmethode B; $T_{TIS,zul,BII-IV}$ zulässiger Arbeitszeitaufwand für Teilinstandsetzungen von Schäden des Typs II, III und IV bei Anwendung der Instandsetzungsmethode B; $T_{TIS,zul,CI-IV}$ zulässiger Arbeitszeitaufwand für Teilinstandsetzungen von Schäden des Typs I, II, III und IV bei Anwendung der Instandsetzungsmethode C; $T_{TIS,zul,BCI}$ bei Anwendung der Instandsetzungsmethode B im Vergleich zur Instandsetzungsmethode C zulässiger Mehraufwand an lebendiger Arbeit bei der Teilinstandsetzung von Schäden des Typs I; $T_{TIS,zul,BCII-IV}$ bei Anwendung der Instandsetzungsmethode B im Vergleich zur Instandsetzungsmethode C zulässiger Mehraufwand an lebendiger Arbeit bei der Teilinstandsetzung von Schäden des Typs II, III und IV.

Ermittlung von Kennlinien und Grenzwerten für die technische Diagnostik

Dr.-Ing. H.-H. Maack, KDT/Dipl.-Ing. R. Litzel, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik
Dipl.-Ing. K. Straube, Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft

1. Problemstellung

Das Anliegen der technischen Diagnostik besteht in der weitgehend demontagelosen Ermittlung des technischen Zustands von Maschinen und Anlagen durch Messen, Aufbereiten und Bewerten von außen erfassbarer Signale (Diagnoseparameter), die den technischen Zustand von Elemente- und Bauteilpaarungen im Inneren der Maschine in Form von Struktur- oder Funktionsparametern widerspiegeln. Zum Erkennen von Zustandsänderungen muß zwischen Diagnoseparametern (x_D) und Strukturparametern (x_S) ein eindeutiger funktioneller Zusammenhang der Form $x_D = f(x_S)$ existieren, d.h. es müssen Diagnosekennlinien für die Zustandsbewertung vorliegen. Um Schlußfolgerungen für die weitere Nutzung oder Instandsetzung zu ziehen, sind weiterhin zweckmäßige Grenzwerte oder Entscheidungskriterien erforderlich, die konstruktiv, einsetztechnologisch, ökonomisch oder instandsetzungstechnisch bedingt sein können. Zur Abschätzung einer Restbetriebsdauer ist außerdem die Kenntnis des Schädigungsverlaufs in Abhängigkeit von einer zeit- bzw. leistungsproportionalen Größe (Verschleißcharakteristik) erforderlich. Die Ermittlung der Diagnosekennlinien, der Grenzwerte sowie der Verschleißcharakteristiken ist aufgrund der Typenvielfalt der Diagnoseobjekte sehr aufwendig. Über den Stand der Ermittlung derartiger Angaben und die damit verbundenen Probleme soll anhand einiger ausgewählter Parameter nachfolgend berichtet werden.

2. Methoden zur Kennlinien- und Grenzwertermittlung

Grundsätzlich bieten sich zwei unterschiedliche Methoden zur Kennlinienermittlung an, deren Geltungsbereich sich vorrangig auf Strukturparameter bezieht:

— Die Kennlinie kann aufgrund bekannter Gesetzmäßigkeiten analytisch hergeleitet werden.

Voraussetzung dafür ist die Kenntnis der physikalischen Zusammenhänge zwischen Diagnose- und Strukturparametern sowie deren Quantifizierbarkeit.

Eine experimentelle Bestätigung der rechnerisch ermittelten Kennlinien wird in vielen Fällen, besonders auch infolge der nicht immer eindeutigen Eliminierbarkeit von Störgrößen, erforderlich sein.

— Die experimentelle Aufnahme der Kennlinie erfolgt durch meßtechnische Erfassung der Zustandsparameter (Vermessung des Verschleißzustands meist nach Demontage) und der zugehörigen Diagnoseparameter unter Beachtung des Störgrößeneinflusses.

Je nachdem, ob real verschlissene Elemente oder beschleunigte Verschleißvorgänge oder künstlich simulierte Verschleißbedingungen zugrunde gelegt werden, ergeben sich verschiedene Möglichkeiten der experimentellen Kennlinienermittlung, die alle mit mehr oder weniger Vor- und Nachteilen hinsichtlich Aussagekraft und Aufwand behaftet sind. Welches Verfahren zur Nachbildung bzw. zur direkten Ermittlung der Verschleißvorgänge anzuwenden ist, muß im konkreten Anwendungsfall entschieden werden.

Bei der Funktionsdiagnose steht der Nachweis der Betriebsfähigkeit im Vordergrund. Es geht dabei z. B. um die Einhaltung von Drehzahlen, Drücken, Förderströmen u. a. In vielen Fällen können unzulässige Abweichungen solcher Funktionsparameter vom Normzustand durch Einstell- und Regulierungsmaßnahmen korrigiert werden. Demzufolge steht das Auffinden von Abweichungen im Vordergrund der Überprüfungsmaßnahmen, so daß der Zusammenhang $x_D = f(x_S)$ der Diagnosekennlinien oft von untergeordneter Bedeutung ist. Vielmehr werden hier zeit- bzw. parameterabhängige Verläufe der qualitativen und quantitativen Abweichungen von der Sollkurve benötigt, um auf Funktionsstörungen zu schließen. Große Be-

deutung haben hierbei dynamische Prüfverfahren, wie z. B. die Ermittlung der Drehmoment- bzw. Leistungs-Drehzahl-Charakteristik von Dieselmotoren nach dem Beschleunigungsverfahren oder die Methode des hydraulischen Stoßes zur Prüfung von Hydraulikkreisläufen (durch das Aufzeichnen und Auswerten des Druck-Zeit-Verlaufs), deren Sollkurven konstruktionsbedingt sind und vom Hersteller des jeweiligen Arbeitsmittels im Ergebnis der Produktionsendkontrolle bereitgestellt werden sollten.

Zweckmäßig erscheint auch die Anwendung dynamischer Prüfverfahren nach abgeschlossener Instandsetzung, um die Sollkurve des jeweiligen Arbeitsmittels für die nachfolgende Funktionsdiagnose zu ermitteln.

Vom Hersteller werden Grenzwerte für eine Anzahl von Funktionsparametern festgelegt (z. B. Düsenabspritzdruck, obere Leerlaufdrehzahl, Einspritzmenge je Hub u. a.), deren Einhaltung bei der Funktionsdiagnose im Komplex oder einzeln kontrolliert wird. Bei einer ökonomisch nutzbringenden Diagnose kommt es sehr darauf an, daß die Definition solcher Grenzwerte auch unter Berücksichtigung der Energie- und Materialökonomie erfolgen muß, wobei unterschiedliche Einsatzbedingungen und volkswirtschaftlich zweckmäßige Instandsetzungsverfahren eine Rolle spielen. Die Erfahrungen bei der Ermittlung solcher Grenzwerte besagen, daß eine gute Zusammenarbeit mit dem Hersteller Voraussetzung ist und in der Praxis sowie im Labor aufwendige Untersuchungen durchzuführen sind. Die bisherigen Ergebnisse der Breitereprobung der Funktionsdiagnose an Dieselmotoren im Bezirk Rostock rechtfertigen diesen Aufwand. Von den LPG, die die Funktionsdiagnose anwenden, werden Einsparungen an Kosten, Arbeitszeit, Energie und Material erzielt. Nachfolgend werden zwei Methoden der Funktionsdiagnose, die gegenwärtig in großer Breite in die Praxis eingeführt werden, kurz erläutert.

Fortsetzung von Seite 396

Verschrottungsgrenze nicht überschritten haben.

— Gleichzeitig mit der Einführung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfung ist sowohl die Versorgung der Landwirtschaftsbetriebe und der VEB KfL mit instandgesetzten Einzelteilen und Unterbaugruppen als auch die Rückführung der schadhafte Einzelteile und Unterbaugruppen in den Bereich der spezialisierten Einzelteilinstandsetzung zu sichern.

5. Zusammenfassung

Die Anwendung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfung in Verbindung mit dem Einsatz von Diagnoseverfahren kann zu einer bedeutenden Effektivitätssteigerung der landwirtschaftlichen Produktion und der Instand-

haltung führen. Eine wesentliche Voraussetzung für das volle Ausschöpfen dieser Reserven ist die optimale Einordnung der Diagnose- und Instandsetzungsprozesse in die landwirtschaftliche Produktion und in das System der landtechnischen Instandhaltung. Besondere Bedeutung hat in diesem Zusammenhang das objektive Bestimmen der Grenzen zwischen Teil- und Grundinstandsetzung. In der vorliegenden Arbeit wird das Prinzip des Festlegens derartiger Grenzen erläutert und am Beispiel ausgewählter Motorbaugruppen angewendet.

Literatur

- [1] Marx, D.: Der optimale Turnus und der Nutzeffekt von Instandhaltungsmaßnahmen. *Energetischechnik* 18 (1968) H. 4, S. 156 ff.
- [2] Maack, H.-H.; Troppens, D.: Verfahrens- und

gerätetechnische Aspekte der technischen Diagnostik. *Maschinenbautechnik* 30 (1981) H. 8, S. 367—370.

- [3] Eichler, C.; Ihle, G.: Entwicklungstendenzen in der Instandhaltungstechnik. *agrartechnik* 29 (1979) H. 12, S. 527—532.
- [4] Ihle, G.: Die Stellung der technischen Diagnostik im Gesamtsystem der landtechnischen Instandhaltung. *agrartechnik* 31 (1981) H. 12, S. 527—529.
- [5] Lutz, A.: Untersuchungen zur Abhängigkeit der Kosten für eine spezialisierte Grundinstandsetzung der Baugruppen Drehstromlichtmaschine 12 V, 500 W, Typ 8042.3/1, und Anlasser 24 V, 2,94 kW, Typ 8203.101/3, von der Instandsetzungsstückzahl. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Diplomarbeit 1980.
- [6] Sohn, M.: Untersuchungen zur Abhängigkeit der Kosten für eine spezialisierte Grundinstandsetzung der Baugruppe Dieseleinspritzpumpe DEP 4B 0460308054 und 0460349005 von der Instandsetzungsstückzahl. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Diplomarbeit 1980. A 3498