

# Erhöhen der Grenznutzungsdauer instand gesetzter Maschinen – ein wichtiger Beitrag zur Materialökonomie

Prof. Dr. sc. techn. C. Eichler, KDT, Universität Rostock, Sektion Landtechnik

## 1. Charakteristik der Situation

Borrmann und Leopold /1/ haben die seit längerer Zeit empirisch bekannte Erscheinung, daß instand gesetzte technische Arbeitsmittel für gleiche Intervalle eine geringere Überlebenswahrscheinlichkeit als fabrikneue besitzen, quantitativ am Beispiel von Traktorenbaugruppen statistisch nachgewiesen. Außer dem wesentlichen Einfluß der Pflege und Wartung auf das Schädigungsverhalten /2/ zeigen sie, daß gegenwärtig instand gesetzte Dieselmotoren nur 60 bis 65 Prozent, instand gesetzte Traktorengetriebe nur 60 bis 80 Prozent und instand gesetzte Traktorenvorderachsen nur 60 bis 65 Prozent der Grenznutzungsdauer vergleichbarer fabrikneuer Baugruppen erreichen. Diese Werte wurden unter den Einsatzbedingungen der sozialistischen Landwirtschaft der DDR und unter den international als sehr gut anerkannten Technologien der spezialisierten Baugruppeninstandsetzung in den landtechnischen Instandsetzungswerken festgestellt. Wird mit diesen Daten nach der einfachen und erweiterten Kasarzewschen Gleichung /3/ die Wirtschaftlichkeit dieser Instandsetzung nachgeprüft, so ergibt sich trotzdem eine hohe Wirtschaftlichkeit der Verwendung instand gesetzter Austauschbaugruppen (Tafel 1). Damit ist vorerst die volkswirtschaftliche Zweckmäßigkeit des industriellen Instandsetzens von Austauschbaugruppen zumindest für die untersuchten Baugruppenarten und -typen nachgewiesen, obwohl beim Anwenden der Kasarzewschen Gleichung kleinere Instandsetzungsmaßnahmen, die bei instand gesetzten Erzeugnissen zweifellos in kürzeren Intervallen als bei fabrikneuen auftreten, nicht berücksichtigt wurden. Es ergibt sich die berechnete Frage, bis zu welchem Prozentsatz die Grenznutzungsdauer instand gesetzter Baugruppen gegenüber fabrikneuen wirtschaftlich gesteigert werden kann. Zu klären ist, wie der erforderliche Aufwand je Nutzungsdauereinheit für das Instandsetzen mit einer höheren zu erreichenden Grenznutzungsdauer ansteigt, mit welchem Aufwand und welchem Schädigungsverhalten die geringsten Gesamtkosten erreicht werden. Daraus resultiert die im Bild 1 schematisch dargestellte Optimierungsaufgabe. Da, ausgehend von praktischen Erfahrungen, hypothetisch angenommen werden kann, daß der erforderliche Instandsetzungsaufwand je Nutzungsdauereinheit mit höherer zu erreichender Grenznutzungsdauer zumindest degressiv ansteigt, kann vermutet werden, daß die gegenwärtig erreichten Werte des Schädigungsverhaltens instand gesetzter Erzeugnisse unter dem volkswirtschaftlichen Optimum liegen.

Die vielerorts erhobene Forderung nach Erreichen der Grenznutzungsdauer fabrikneuer Maschinen durch instand gesetzte Erzeugnisse ist zumindest für die Maschinen unreal, deren Elemente nach Zeitfestigkeit ausgelegt sind. In diesem Fall müßten alle nach Zeitfestigkeit ausgelegten Elemente anlässlich der Instandsetzung ersetzt werden, was einer Neufertigung gleichkäme. Diese Forderung kann nur für nach Dauerfestigkeit ausgelegte Maschinen oder für Maschinen

Tafel 1. Wirtschaftlichkeitsnachweis der Instandsetzung von Traktorenbaugruppen, Stand 1974

		Baugruppe	fabrikneue	instand gesetzte
Kosten je Nutzungsdauereinheit in %	einfache Kasarzewsche Gleichung	Motor	100	25...45
	erweiterte Kasarzewsche Gleichung	Getriebe	100	60...90
		Vorderachse	100	25...30
	erweiterte Kasarzewsche Gleichung	Motor	100	30...50
		Getriebe	100	70...100
		Vorderachse	100	27...33

mit einem extrem hohen Anteil an Dauerteilen nahezu erfüllt werden.

Aus vorstehenden qualitativen Darlegungen ist ersichtlich, daß ein grundlegendes Lösen der gestellten Problematik sehr umfangreiche Untersuchungen erfordert. Besonders kompliziert ist das quantitative Erfassen der Funktion der Instandsetzungskosten in Abhängigkeit von der installierten Abnutzungsreserve. Da der Verschleißverlauf gegenwärtig nicht im voraus berechenbar ist, wird diese Funktion nur mit hohem Aufwand und nur näherungsweise für die Ermüdungsteile erfaßbar sein. Das exakte Lösen der dargestellten Optimierungsaufgabe ist deshalb für konkrete Typen gegenwärtig und in naher Zukunft nicht zu erwarten. Die große Bedeutung der Materialökonomie erfordert jedoch sofort Maßnahmen, um wirksam mit möglichst geringem Aufwand Schädigungsverhalten der instand gesetzten Erzeugnisse zu verbessern. Nachfolgend soll versucht werden, einige erfolgversprechende Arbeitsrichtungen abzuleiten.

## 2. Grundbedingung der Instandsetzung

Geht man davon aus, daß bei der Entwicklung des betrachteten technischen Arbeitsmittels dessen Eigenschaften einem dem Stand der Technik entsprechenden Optimum maximal angenähert wurden, so ist es die erste Aufgabe der Instandsetzung, den von der Konstruktion vorgesehenen Zustand des technischen Arbeitsmittels wiederherzustellen. Zu dieser konstruktionsgerechten Instandsetzung gehört beispielsweise das sichere Einhalten der in den Konstruktionsunterlagen vorgeschriebenen Gefügeigenschaften und Abmessungen der Maschinenelemente sowie die Zuordnung der Elemente zueinander innerhalb des Systems Maschine. Diese Forderung bezieht sich auf die Eigenschaften der verwendeten Neu-Ersatzteile, der instand gesetzten Einzelteile sowie auf die Montagebedingungen. Nur wenn diese Grundforderung exakt eingehalten wird, kann ein maximales Annähern des Schädigungsverhaltens instand gesetzter Erzeugnisse an das von fabrikneuen erwartet werden.

Abweichungen von der Grundforderung konstruktionsgerechter Instandsetzung können prinzipiell nur zugelassen wer-

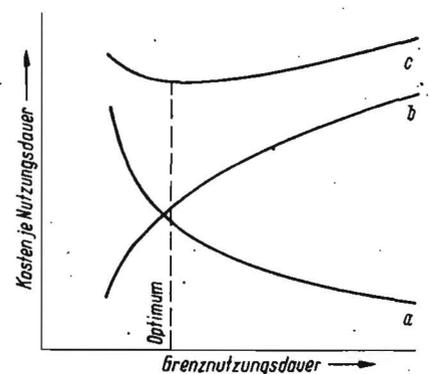


Bild 1. Schematische Darstellung des Schädigungsverhaltens instand gesetzter Maschinen, aufgetragen über ihrer Grenznutzungsdauer; a Kosten für operative Instandsetzung zwischen zwei Grundüberholungen, b Instandsetzungskosten für industrielle Instandsetzung (Grundüberholung oder Kampagnefestüberholung), c Gesamtkosten

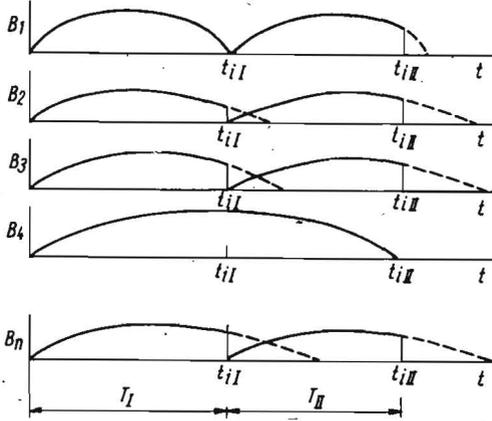


Bild 2. Prozedardarstellung einer komplexen Instandsetzung (Schema)

Einflussbereiche auf Grenznutzungsdauer instand gesetzter Objekte								
Betrieb-Einsatz			Instandsetzung					
Einsatzbedingungen	Einsatzregime	Pflege-Wartung-Abstellung	Konstruktionsgerechte Instandsetzung					
			Technologische Disziplin der Instandsetzung					
			Einbauspiele	Fertigungstoleranz	Schädigungsgrenzen	Instandsetzung der Einzelteile	Zeitfestigkeit	Instandsetzungsmethode
indirekte Einflüsse			direkte Einflüsse					

Bild 3. Überblick über wichtige Einflussbereiche auf das Schädigungsverhalten instand gesetzter Objekte

den, wenn durch die Veränderung gegenüber dem Konstruktionszustand eine Verbesserung des Schädigungsverhaltens des instand gesetzten Erzeugnisses gegenüber dem bisherigen Niveau bei der Instandsetzung und/oder der Neuherstellung erreicht wird. Wird aus irgendwelchen Gründen in ungünstiger Richtung von den Konstruktionsparametern abgewichen, vielleicht um bei mangelnder Ersatzteilbereitstellung den Hauptprozeß aufrechtzuerhalten, so ist der Instandsetzer nach Ansicht des Autors verpflichtet, dem Maschinennutzer entsprechend der Verkürzung der Grenznutzungsdauer beispielsweise einen Preisnachlaß zu gewähren.

Der Konstrukteur ist bemüht, die mittlere Grenznutzungsdauer der Elemente eines technischen Arbeitsmittels gruppenweise einander anzugleichen. Der Anlaß für eine komplexe Instandsetzung ist meist der Ausfall oder die unzulässige Verringerung der Restnutzungsdauer eines Elements. Einige Elemente, deren Restnutzungsdauer zum Zeitpunkt der Instandsetzung sehr klein ist, werden sofort mit instand gesetzt. Der nächste Instandsetzungstermin ergibt sich dann aus dem Element mit der nächst kürzeren Restnutzungsdauer (Bild 2). Die Instandhaltungsperiode  $T_{II}$  ist objektiv um so kleiner gegenüber der ersten Instandsetzungsperiode  $T_I$ , je größer die mittlere Grenznutzungsdauer der Elemente ist und je weniger Elemente von der komplexen Instandsetzung erfaßt werden. Diese objektive Teilursache des betrachteten Problems sollte bei instandsetzungsstrategischen Entscheidungen beachtet werden.

### 3. Einflußsphären

#### 3.1. Überblick

Bild 3 stellt mögliche Einflußsphären auf das Schädigungsverhalten instand gesetzter Maschinen in einer für diese Betrachtungen geeigneten Form zusammen. Es wird dabei zwischen den Haupteinflußbereichen Betrieb/Einsatz und In-

standsetzung unterschieden. Die gewählte Gliederung beruht auf dem Bestreben, dem Instandhalter damit Bereiche für wirksame Maßnahmen aufzuzeigen. Der Einflußbereich Betrieb/Einsatz wurde bewußt mit aufgenommen, da erfahrungsgemäß auch hier Einflüsse auf die Grenznutzungsdauer instand gesetzter Maschinen auftreten.

#### 3.2. Betrieb/Einsatz

##### 3.2.1. Einsatzbedingungen (Bodenart, Klima u. a. m.)

Einflüsse können prinzipiell nur bei mit dem Boden in Berührung kommenden Werkzeugen auftreten und dürften hier bei konstruktionsgerechter Instandsetzung nur geringen Einfluß haben. Einflüsse auf andere Elemente haben Borrmann und Leopold bei ihren Untersuchungen /1/ nicht festgestellt. Innerhalb des Territoriums der DDR ist auch ein Klimaeinfluß nicht nachweisbar.

##### 3.2.2. Einsatzregime und Einsatzart

Ein höherer Schichtkoeffizient hat einen günstigen Einfluß auf die Grenznutzungsdauer. Ein Unterschied zwischen fabrikneneu und instand gesetzten Baugruppen ist jedoch nicht feststellbar.

##### 3.2.3. Pflege, Wartung und Abstellung

Eine weitverbreitete Erfahrung der Praxis sagt, daß fabrikneneue technische Arbeitsmittel besser gepflegt werden als instand gesetzte. Demzufolge müßte in Auswertung der Daten über das Schädigungsverhalten bei verschiedenem Pflegeniveau von Borrmann und Leopold /1/ der Einfluß guter Pflege bei fabrikneneu Elementen auf die Grenznutzungsdauer größer sein als bei instand gesetzten. Bei Auswertung aller von Borrmann und Leopold untersuchten vergleichbaren Stichproben ergab sich durch gute Pflege bei fabrikneneu Baugruppen eine Steigerung der mittleren Grenznutzungsdauer auf 122 Prozent gegenüber bei instand gesetzten auf 120 Prozent.

##### 3.2.4. Arbeitsrichtungen

Aus dem Gebiet Betrieb/Einsatz kann lediglich über die Pflege ein geringerer Einfluß auf das Schädigungsverhalten festgestellt werden. Es ist zu erwarten, daß dieser Einfluß mit weiterer Durchsetzung der modernen spezialisierten Pflege (z. B. Pflegestationen) weiter abnimmt. Damit sind praktisch fast alle Möglichkeiten des Verbesserns des Schädigungsverhaltens instand gesetzter Objekte im Bereich Instandsetzung zu suchen.

#### 3.3. Instandsetzung

##### 3.3.1. Technologische Disziplin

Die technologische Disziplin als Maßstab für die Einhaltung der in der technologischen Dokumentation festgelegten Vorschriften für den Herstellungs- oder Instandsetzungsprozeß ist wichtigste Basis für eine konstante Qualität und für deren positive Entwicklung. Basis jeglicher technologischer Disziplin sind die ideologische Einordnung des Instandsetzungsprozesses in den Hauptprozeß Produktion, das Vorhandensein von technologischen Vorschriften und deren Kontrolle. Damit ist neben der politischen Arbeit im Instandsetzungsbetrieb der Ausbau von Bereichen der technologischen Vorbereitung und der Gütekontrolle und die zentrale Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet von Bedeutung.

##### 3.3.2. Einbauspiele

Der Verschleiß führt zum Vergrößern des Spiels. Solange dieses unter dem zulässigen Grenzspiel bleibt, werden die Elemente wiederverwendet. Der Wiedereinbau erfordert ein neues, verschleißerhöhendes Einlaufen. Damit ist ein objektives Kriterium für die verkürzte Grenznutzungsdauer gegeben.

##### 3.3.3. Toleranzen

Definitionsgemäß werden Elemente, deren Abmessungen zwischen Neu-Istmaß und Betriebsgrenzmaß liegen, bei einer

Instandsetzung als Wiederverwendungsteile wieder eingebaut. Damit wird die effektive Toleranz der Wiedereinbaumaße verbreitert, was, wie /4/ zeigt, negativen Einfluß auf die mittlere Grenznutzungsdauer und deren Variationskoeffizient hat. Diese Ursache könnte nur beseitigt werden, wenn die minimale Abnutzungsreserve sehr klein gehalten wird, was Instandhaltungstechnisch insgesamt wirtschaftlich wäre. In der Instandsetzung sollte jedoch erreicht werden, daß Fertigungstoleranzen bei der Instandsetzung von Einzelteilen künftig eine größere Rolle als bisher spielen. Grundsatz müßte sein, daß maximal die Toleranzen der Neufertigung zugelassen werden.

### 3.3.4. Schädigungsgrenzen

Verschiedentlich wurde nachgewiesen, daß die Schädigungsgrenzen eine objektiv notwendige Grundlage der Instandsetzung sind, da sie u. a. vergleichbare und wiederholbare Entscheidungen über die Instandsetzungsnotwendigkeit ermöglichen. Untersuchungen haben ergeben, daß nur in sehr wenigen Fällen Schädigungsgrenzen angewendet werden. Besonders wichtig sind auf diesem Gebiet die Erfahrungen der UdSSR /2/. Einzuschätzen ist, daß konsequentes Anwenden von Schädigungsgrenzen in der Schadensaufnahme wesentlich zum Erhöhen der Grenznutzungsdauer instand gesetzter Erzeugnisse beitragen kann.

### 3.3.5. Instandsetzung der Einzelteile

Das Instandsetzen von Einzelteilen gewinnt immer mehr an Bedeutung. Der aus dieser Richtung wirkende Einfluß auf die Grenznutzungsdauer scheint insofern sehr groß zu sein, als gesicherte Erprobungen instand gesetzter Einzelteile bisher zu selten der breiten Praxisanwendung vorangehen. Dem Erreichen bestimmter Gefügeeigenschaften und Oberflächengüten, beide meist mit engen zulässigen Toleranzen, ist mehr Aufmerksamkeit zu schenken. Einer breiteren Palette von Verfahren zum Erreichen besonders verschleißfester Auftragsschichten sowie Verfahren für eine qualitativ hochwertige Reparatur von Einzelteilen kommt eine besondere Bedeutung zu. In der Praxis wird zu oft nur das Schädigungsverhalten eines Elements gesehen und nicht beachtet, daß besonders Aussagen über den Verschleiß nur bei Betrachtung der Paarung zu richtigen Ergebnissen führen. Die genannten Problemkreise erfordern eine umfangreiche und tiefgründige technologische Vorbereitung der Einzelteilinstandsetzung.

### 3.3.6. Zeitfestigkeit

Die dynamische Belastung und die wegen des Leichtbaus begrenzte Zeitfestigkeit der Elemente führen zu objektiven Schranken der Grenznutzungsdauersteigerung instand gesetzter Systeme. Im breiteren Anwenden von Meßverfahren für das Erkennen beginnender Dauerbrüche, in dem Erarbeiten von technisch begründeten starren Austauschzyklen für Elemente mit Zeitfestigkeit und in fachgerechterer, belastungsgerechterer Reparatur derartiger Elemente werden Möglichkeiten der Verbesserung liegen.

### 4. Zusammenfassung

Es wurde versucht, die wichtigsten Bereiche für Maßnahmen zum Verbessern der Qualität instand gesetzter Objekte, gemessen an ihrem Schädigungsverhalten, zusammenzustellen. Obwohl feststeht, daß umfangreiche Untersuchungen über das Gesamtproblem nötig sind, lassen sich folgende Grundsätze für die praktische Arbeit beim Erhöhen der Grenznutzungsdauer instand gesetzter Objekte ableiten:

- Die konstruktionsgerechte Instandhaltung ist Ausgangspunkt für die Qualität der Instandsetzung.
- Die technologische Disziplin und technologisch-wissenschaftliche Durchdringung des Instandsetzungsprozesses in ihrer ideologischen und in ihrer fachlichen Seite haben für die Instandsetzungsqualität eine zentrale Bedeutung.
- In der Instandsetzungstechnologie liegen die wesentlichen Möglichkeiten für eine hohe Grenznutzungsdauer begründet. Diese Hauptprobleme sind Fertigungstoleranzen, Schadensaufnahme, Instandsetzung der Einzelteile und Zeitfestigkeit.

### Literatur

- /1/ Borrmann, K.; Leopold, K.: Bestimmen der quantitativen Einflüsse auf die Abgangskurven ausgewählter Baugruppen landtechnischer Arbeitsmittel. Ingenieurschule Friesack, Forschungsabschlußbericht 1974 (unveröffentlicht).
- /2/ Eichler, C.: Zum Einfluß wissenschaftlicher Erkenntnisse auf die Entwicklung der Instandhaltung. *agrartechnik* 24 (1974) H. 12, S. 575—576.
- /3/ Eichler, C.: Grundlagen der Instandhaltung. 2. Auflage. Berlin: Verlag Technik 1973, S. 336.
- /4/ Eichler, C.: Zum Festlegen der Fertigungstoleranz aus instandhaltungstechnischer Sicht. *agrartechnik* 25 (1975) H. 9, S. 453—454.

A 9978

## 5. Kraftfahrzeug-Instandhaltungstagung

Die Ingenieurhochschule Zwickau veranstaltet in Weiterführung eines Forschungsvorhabens die 5. Kraftfahrzeug-Instandhaltungstagung zu den Themenkomplexen Zuverlässigkeit — Verschleißtheorie — Technische Diagnose — Demontageleise Verschleißüberwachung — Schadensgrenzen — Instandsetzung am 16. und 17. Oktober 1975 in Zwickau. Aus der Vielzahl der vorgesehenen Referate seien einige genannt, die für unsere Leser besonders interessant erscheinen:

Meißner:

Zuverlässigkeit von Kraftfahrzeugen in Theorie und Praxis

Golle:

Berechnungsvorschriften für Dauerschwingfestigkeit als Beitrag zur technischen Zuverlässigkeit

Eichler:

Zu Problemen der Restnutzungsdauerprognose

Büchner:

Erste Erfahrungen bei der Einführung der technischen Diagnostik in der Kfz-Instandhaltung

Gal:

Kraftfahrzeugdiagnosegeräte

Anmeldungen bis 30. September erbeten an

Ingenieurhochschule Zwickau, Sektion Kraftfahrzeugtechnik 95 Zwickau, Lessingstr. 15, Telefon Zwickau 48 61/ 78

AK 9995

## VT-Neuerscheinungen

Novicki, P. V.; Knorring, V. G.; Gutnikov, V. S.: Frequenzanaloge Meßeinrichtungen. Reihe Meßtechnik. Übersetzung aus dem Russischen. 1. Aufl., 14,7 cm × 21,5 cm, 290 Seiten, 157 Bilder, 31 Tafeln, Kunstleder, EVP 38,00 Mark, Bestell-Nr. 552 186 5.

Paulin, G.; Griepentrog, E.: Numerische Verfahren der Programmieretechnik. Kompendium der Programmieretechnik. 1. Aufl., 14,7 cm × 21,5 cm, 316 Seiten, 35 Bilder, 16 Tafeln, Leinen, EVP 28,00 Mark, Bestell-Nr. 552 142 4.

### Berufsschulliteratur

Fuchs, H.: Arbeitsblätter Allgemeine Maschinenlehre.

2. Aufl., 21,0 cm × 30,0 cm, 32 Seiten, 51 Bilder, Broschur, EVP 2,00 Mark, Bestell-Nr. 551 900 9

Funke, R.; Liebscher, S.: Grundsaltungen der Elektronik. Lehrbuch für die Berufsausbildung. 5. Aufl., 14,7 cm × 21,5 cm, 224 Seiten, 193 Bilder, 12 Tafeln, Broschur, EVP 6,25 Mark, Bestell-Nr. 551 613 1

AK 9991