

# Optimale Instandhaltungseignung von landtechnischen Arbeitsmitteln

Dozent Dr.-Ing. K. Rößner, KDT/Dipl.-Ing. A. Schmidt, KDT

## 1. Problemstellung

Der Zuverlässigkeit kommt als konkret abrechenbarer Gebrauchswerteigenschaft immer mehr Bedeutung zu. Es sind Voraussetzungen notwendig, um bereits im konstruktiven Entwicklungsprozeß zielgerichtet auf die Erreichung einer optimalen Zuverlässigkeit hinzuwirken, anschließend den erreichten Stand bewerten und, wenn notwendig, noch verbessern zu können. Die Lösung dieser Zielstellung ist kompliziert, da eine optimale Zuverlässigkeit von technischen Arbeitsmitteln das komplexe Ergebnis einer optimalen Grundzuverlässigkeit der Konstruktion und einer optimalen Instandhaltungsstrategie in der Praxis ist. Eine Erhöhung der Zuverlässigkeit ist also durch eine konstruktive Maßnahme (z. B. Einsatz eines verschleißfesten Materials), aber ebenso durch eine veränderte Instandhaltung (z. B. verstärkte Vorbeugung) möglich. Beide Maßnahmen würden zu einer Verringerung der Ausfälle im Einsatz und damit zu einer hohen Zuverlässigkeit führen.

Aus der Sicht dieses Zusammenhangs soll im folgenden der Begriff „Instandhaltungseignung“ verstanden werden. Unter Instandhaltungseignung ist einerseits die Eignung für die Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen zu verstehen, aber andererseits auch die Eigenschaft, wie die Instandhaltung auf das Schädigungsverhalten abgestimmt ist. Es ergeben sich also zwei Problemkreise:

- Gestaltung einer günstigen Durchführbarkeit der Instandhaltungsmaßnahmen
- Gestaltung optimaler Beziehungen zwischen dem Schädigungsverhalten und der Instandhaltungskonzeption.

Entscheidend für das Erreichen einer optimalen Instandhaltungseignung ist die Gestaltung einer günstigen Durchführbarkeit der Instandhaltungsmaßnahmen, die entsprechend der Instandhaltungskonzeption vorgesehen sind. Für die konkrete Gestaltung gibt es bereits eine Reihe von gesetzlichen Forderungen sowie empfehlende Richtlinien. Zur Zeit werden Unterlagen für die Bewertung und Gestaltung der Diagnoseeignung erstellt. [1]

Neben dieser weiteren Erarbeitung ist der Schwerpunkt der Arbeit auf diesem Gebiet in der weiteren Durchsetzung der Berücksichtigung der o. g. Forderungen im konstruktiven Entwicklungsprozeß zu sehen. Die Unterlagen sind für die Herausarbeitung von begründeten Vorgaben, die Schulung der Konstrukteure und die objektive Bewertung im Rahmen des Gutachtens „Instandhaltungsgerechte Konstruktion“ notwendig. Eine Reihe dieser Unterlagen wurde bereits vorgestellt [2, 3].

Die Gestaltung optimaler Beziehungen zwischen dem Schädigungsverhalten und der Instandhaltungskonzeption soll im folgenden näher betrachtet werden.

## 2. Gestaltung optimaler Beziehungen zwischen dem Schädigungsverhalten und der Instandhaltungskonzeption

### 2.1. Einleitung

Schädigungsverhalten und die zu verwirklichende Instandhaltungskonzeption beeinflussen sich gegenseitig. Zur Lösung der o. g. Aufgabenstellung ergeben sich Optimierungsentscheidungen. Dabei hat sich bewährt, in 2 Schritten vorzugehen:

- Berechnung der Instandsetzungshäufigkeiten in Abhängigkeit vom bekannten oder geschätzten Ausfallverhalten und von den Kriterien der Instandsetzungsbedürftigkeit (z. B. Grad der Vorbeugung bei der Instandhaltungsmethode nach Überprüfung). Dabei sollen unter Instandsetzungshäufigkeiten die Häufigkeit von Ausfällen während des Einsatzes und die Häufigkeit des planmäßigen Austausches innerhalb der vorbeugenden Instandsetzungen hinsichtlich einer Einzelteilposition verstanden werden.
- Ableiten optimaler Beziehungen zwischen den genannten Parametern auf der Basis von Optimierungsansätzen.

Der kompliziertere Schritt ist dabei das Berechnen der Instandsetzungshäufigkeiten.

### 2.2. Berechnung der

#### Instandsetzungshäufigkeiten in Abhängigkeit vom Schädigungsverhalten

Für diese Berechnungen wird ein Näherungsmodell verwendet, das bereits mehrfach vorgestellt wurde [4, 5].

Dieses Modell der Matrizenmultiplikation zur Bestimmung der Instandsetzungshäufigkeiten hat sich durch seine gute Handhabbarkeit bei der Lösung von Optimierungsproblemen bewährt. Es ist aber ein großer Aufwand nötig, um aus den vom Konstrukteur geschätzten Überlebenswahrscheinlichkeiten  $\gamma$  im Einsatzabschnitt und den Variationskoeffi-

zienten  $V$  der Grenznutzungsdauer die Abnutzungs- und Erneuerungsmatrizen (AEM) zu erstellen. Die Berechnung der Instandsetzungshäufigkeiten erfolgt dann (entsprechend der Anzahl der Einsatzabschnitte) durch Multiplikation der AEM mit dem Eingangsvektor. Tafel 1 zeigt berechnete Instandsetzungshäufigkeiten für  $V = 0,7$  und  $\gamma = 0,9$ .

In letzter Zeit wurde das Rechenprogramm INSTA 7/83 entwickelt, das es gestattet, die Instandsetzungshäufigkeiten unter Berücksichtigung der Einzelteilinstandsetzung zu berechnen. Dabei kann sowohl ein anderes Schädigungsverhalten der Teile nach der Instandsetzung als auch eine begrenzte Wiederholbarkeit sowie eine unvollständige Rückführung der Einzelteile zur Instandsetzung, getrennt nach operativen und vorbeugenden Instandsetzungsmaßnahmen, berücksichtigt werden. Dazu sind noch umfangreiche Berechnungen der Instandsetzungshäufigkeiten durchzuführen. Für eine praktikable und aufwandsarme Nutzung des umfangreichen Materials werden die Ergebnisse in Form eines Katalogs für Instandsetzungshäufigkeiten zusammengefaßt. Ein erster Entwurf mit den wichtigsten Werten wird im Juni 1984 zur Verfügung stehen.

### 2.3. Ableiten der Optimierungsansätze

Für die Bearbeitung des zweiten Schritts, dem Ableiten optimaler Beziehungen zwischen den genannten Parametern, werden zwei Grundmodelle verwendet:

- Maximierung der Materialwirksamkeit [6]
- Minimierung der Kosten [7].

Die Maximierung der Materialwirksamkeit erfolgt nach folgender Gleichung:

$$\kappa^* = \kappa m = \frac{N_k}{1 + VKZ [v_1 a + v_2 (1 - a)]}$$

$N_k$  Anzahl störungsfreier Einsatzabschnitte

Tafel 1. Instandsetzungshäufigkeiten bis zum 16. Einsatzabschnitt ( $V = 0,7$ ,  $\gamma = 0,9$ ); alle Werte sind mit  $10^{-5}$  zu multiplizieren

Betriebsgrenze	Einsatzabschnitt	Einsatzabschnitt									
		1	2	4	6	8	10	12	14	16	
0,6	$A_1$	10 000	14 962	15 371	15 589	15 507	15 521	15 520	15 520	15 520	
	A	10 303	15 423	15 847	16 072	15 987	16 002	16 001	16 001	16 001	
	$A_v$	-	10 098	32 067	28 106	28 591	28 599	28 581	28 586	28 586	
0,7	$A_1$	10 000	16 041	18 302	17 997	17 975	17 996	17 389	17 991	17 990	
	A	10 303	16 540	18 880	18 563	18 541	18 563	18 555	18 557	18 557	
	$A_v$	-	6 369	25 299	21 594	22 558	22 366	22 398	22 397	22 384	
0,8	$A_1$	10 000	17 282	22 875	21 420	21 730	21 668	21 680	21 678	21 678	
	A	10 303	17 827	23 625	22 116	22 437	22 374	22 386	22 384	22 384	
	$A_v$	-	3 648	17 330	15 357	15 991	15 814	15 860	15 848	15 851	
0,9	$A_1$	10 000	18 728	29 485	26 654	27 402	27 816	27 262	27 251	27 253	
	A	10 303	19 340	30 548	27 602	28 381	28 187	28 236	28 223	28 226	
	$A_v$	-	1 594	8 529	8 175	8 257	8 233	8 239	8 238	8 238	
1,0	$A_1$	10 000	20 120	36 907	33 599	34 437	34 234	34 282	34 271	34 273	
	A	10 303	20 848	38 589	35 134	36 007	35 796	35 846	35 834	35 837	

$A$  Häufigkeit aller Ausfälle in einem Intervall;  $A_1$  Häufigkeit von Erstaufällen in einem Intervall;  $A_v$  Häufigkeit der vorbeugenden Austausche nach einem Einsatzintervall

Tafel 2. Optimale relative Betriebsgrenze, bei der die Kosten zum Minimum werden ( $V = 0,7$ ) für Abnutzungsteile I

BI <sup>1)</sup>	B <sub>2</sub>	k	Überlebenswahrscheinlichkeit im Einsatzabschnitt						
			0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	0,98
0,5 t <sub>p</sub>	2,0	2	0,7	0,7	0,7 ... 0,8	0,8	0,8	0,9	0,9
		5	0,4	0,4 ... 0,5	0,5	0,5 ... 0,6	0,6	0,7	0,8 ... 0,9
0,25 t <sub>p</sub>	2,0	2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9
		5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8

1) BI Bezugsintervall (z. B. BI = 0,5 t<sub>p</sub> bedeutet, daß das Bezugsintervall entsprechend der Definition für Abnutzungsteile I die Hälfte der projektierten Nutzungsdauer beträgt)

- m Masse
- a Anteil von Neuersatzteilen
- v<sub>1</sub> Aufwand (einschließlich Mehraufwand) für die Herstellung eines Neuersatzteils gegenüber der Herstellung eines Neuteils in der neuen Maschine
- v<sub>2</sub> Aufwand (einschließlich Mehraufwand) für die Instandsetzung eines Einzelteils

VKZ Verbrauchskennzahl.

Mit Hilfe dieser Gleichung wird die Aussage darüber möglich, welche Anzahl störungsfreier Einsatzabschnitte mit einem Kilogramm Material erreicht wird. Damit liegt eine Beziehung vor, die einen Vergleich alternativer konstruktiver Lösungsvarianten aus materialökonomischer Sicht erlaubt. Dem allgemeinen Ansatz für die Optimierung der Kosten liegt das Prinzip des ökonomischen Konstruierens zugrunde:

$$K(t, \gamma) = K_H(\gamma) + K_I(t, \gamma) + K_V(t, \gamma) + K_B(t, \gamma) \Big|_{t=0}^t \rightarrow \text{Min};$$

- K Gesamtkosten
- K<sub>H</sub> Herstellungskosten
- K<sub>I</sub> Instandhaltungskosten
- K<sub>V</sub> Verlustkosten
- K<sub>B</sub> Betriebskosten
- t Nutzungsdauer
- t<sub>p</sub> projektierte konstruktive Nutzungsdauer.

Es ist ersichtlich, daß eine Vielzahl von Einflußgrößen ermittelt werden müßte, wenn man mit einem solchen Ansatz rechnen wollte. Unter der Annahme, daß die Betriebskosten K<sub>B</sub> nicht von der Zuverlässigkeit beeinflusst (somit unberücksichtigt bleiben können) und die Instandhaltungskosten K<sub>I</sub> sowie die Verlustkosten K<sub>V</sub> im weiteren gemeinsam betrachtet werden, reduziert sich der Ansatz auf:

$$K(t, \gamma) = K_H(\gamma) + K_I(t, \gamma).$$

Kompliziert ist dabei die Berechnung der Instandhaltungskosten K<sub>I</sub>. Um Optimierungsentscheidungen durchführen zu können und dabei die Anzahl der zu schätzenden Größen, wie das in der Phase der konstruktiven Entwicklung notwendig ist, einzuschränken sowie die Fehlermöglichkeiten zu verhindern, wurden alle Kosten, die in der vorbeugenden Instandhaltung entstehen, in Beziehung zum Einzelteilpreis für ein Neuersatzteil der betrachteten Einzelteilposition gesetzt. Gleichzeitig wurde der Faktor k als das Verhältnis der Kosten in der operativen Instandsetzung zu denen in der vorbeugenden Instandsetzung eingeführt. Damit ergibt sich folgende Beziehung:

$$K_I^* = \frac{K_I}{K_{NET}} = C_1(1 + k B_2)VKZ_1 + C_2(1 + B_2)VKZ_2.$$

Mit

$$K_H^* = \frac{K_{HNE}}{K_{NET}}$$

ergibt sich der Ansatz

$$K^* = K_H^* + C_1(1 + k B_2)VKZ_1 + C_2(1 + B_2)VKZ_2;$$

- C<sub>1</sub> Materialkostenkenngröße der operativen Instandsetzung
- C<sub>2</sub> Materialkostenkenngröße der vorbeugenden Instandsetzung
- k Verhältnis der operativen Instandsetzungskosten zu den vorbeugenden Instandsetzungskosten
- B<sub>2</sub> Verhältnis der Gesamtaufwendungen zu den Materialaufwendungen in der vorbeugenden Instandsetzung
- VKZ<sub>1</sub> Häufigkeit der operativen Instandsetzungen über die gesamte Nutzungsdauer
- VKZ<sub>2</sub> Häufigkeit der vorbeugenden Instandsetzungen über die gesamte Nutzungsdauer
- K\* reduzierte Gesamtkosten, bezogen auf K<sub>NET</sub>
- K<sub>I</sub>\* Instandsetzungskosten, bezogen auf K<sub>NET</sub>
- K<sub>NET</sub> Einzelpreis für ein Neuersatzteil
- K<sub>HNE</sub> Herstellungskosten für ein Einzelteil in der neuen Maschine
- K<sub>H</sub>\* Kostenverhältnis.

Mit Hilfe dieser Optimierungsansätze und der im Katalog angegebenen Instandsetzungshäufigkeiten ist es möglich, sowohl praktikable Richtlinien (s. Abschn. 2.4. bis 2.6.) als Arbeitsgrundlage für den Konstrukteur zu erarbeiten als auch für konkrete Optimierungsentscheidungen mit geringem Aufwand die optimale Lösung selbst zu ermitteln.

#### 2.4. Auswahl der optimalen Betriebsgrenze

Die jeweilige optimale Betriebsgrenze legt die entsprechende optimale Instandhaltungsmethode fest. Die Ermittlung der optimalen relativen Betriebsgrenze (bezogen auf die Aussonderungsgrenze des Einzelteils) kann sowohl nach dem Prinzip der maximalen Materialwirksamkeit als auch nach der Kostenminimierung erfolgen (Tafel 2).

Mit Hilfe der Ergebnisse kann der Konstrukteur auf der Grundlage des geschätzten Schädigungsverhaltens die optimale Instandhaltungsmethode bereits im konstruktiven Entwicklungsprozeß bestimmen und ihre Durchsetzung durch die entsprechende konstruktive Gestaltung ermöglichen. Ergibt sich zum Beispiel die Methode nach Ausfall als optimal, muß eine einfache Austauschbarkeit des entsprechenden Einzelteils gewährleistet sein. Bei der Methode nach Überprüfung muß der Konstrukteur das Einzelteil und die angrenzenden Teile so gestalten, daß ein Überprüfungsverfahren angewendet werden kann. Damit schafft der Konstrukteur die Voraussetzungen für die Durchsetzung der geplanten Instandhaltungskonzeption bei den Serienerzeugnissen.

#### 2.5. Maximal zulässige Erhöhung der Herstellungskosten

Neben der Optimierung der Instandhaltungsmethode ist es ein Erfordernis des ökonomischen Konstruierens, eine optimale Überlebenswahrscheinlichkeit im Einsatzabschnitt vorzugeben, damit der Konstrukteur die Einzelteile entsprechend auslegen kann. Da es nur in wenigen Fällen (z. B. Wälzlager) möglich ist, einen analytischen Zusammenhang zwischen der Überlebenswahrscheinlichkeit im Einsatzabschnitt und den Herstellungskosten bzw. den Einzelteilpreis zu formulieren, wird ein indirekter Weg zur Ermittlung optimaler Werte beschritten. Dieser Weg beinhaltet die Berechnung der maximal zulässigen Erhöhung der Herstellungskosten für ein Neuersatzteil einer neuen Konstruktionsvariante gegenüber einer Ausgangsvariante. Für K<sub>H</sub> = 0,5 ist im Bild 1 ein Beispiel dargestellt. Der Konstrukteur kann daraus ermitteln, um wieviel die Herstellungskosten für eine Variante mit einer höheren Überlebenswahrscheinlichkeit im gleichen Bezugsintervall teurer werden darf, ohne daß sich die Gesamtkosten erhöhen.

#### 2.6. Ermittlung der optimalen konstruktiven Nutzungsdauer

Ein Schwerpunkt ist z. Z. der ständig größer werdende Unterschied zwischen projektierte und tatsächlicher Nutzungsdauer. Dies erfordert wissenschaftliche Untersuchungen hinsichtlich des Einflusses der Verlängerung der tatsächlichen Nutzungsdauer auf den Instandhaltungsaufwand und Schlußfolgerungen für die optimal zu wählende konstruktive Nutzungsdauer.

Erste Ergebnisse beweisen, daß durch eine weitere Nutzung der in das landtechnische Arbeitsmittel investierte gesellschaftliche Aufwand an lebendiger Arbeit, Material und Energie vollständiger genutzt werden kann. So zeigten z. B. Untersuchungen hinsichtlich der Masse, der Teileanzahl und des Preises, daß der Mährescher E 512 zu rd. 60 % aus Dauerteilen besteht. Als Dauerteil wird entsprechend Standard TGL 22278 ein Teil definiert, das in der projektierten Nutzungsdauer eine Überlebenswahrscheinlichkeit > 0,9 aufweisen muß.

In Abhängigkeit von der Überlebenswahrscheinlichkeit  $\gamma = 0,9$  existieren im Fall der Verschrottung nach abgelaufener konstruktiver Nutzungsdauer Abnutzungsreserven beim Variationskoeffizienten  $V = 0,4$  von 52 %, bei  $V = 0,7$  von 75 % und bei  $V = 1,0$  von 86 %. Um diese enormen Reserven erschließen zu können, ist es notwendig, die tatsächliche Nutzungsdauer der Maschinen gegenüber der konstruktiven Nutzungsdauer zu verlängern.

Zur Feststellung, ob der vorgeschlagene Weg eine ausreichende Genauigkeit aufweist, wurden als erstes die Instandhaltungsaufwendungen für derzeitige zum Mährescher E 512 und dem Zugtraktor ZT 300 zugrunde liegende Werte untersucht.

Bei der Untersuchung wurden, ausgehend von einer sinnvollen Instandsetzungsstrategie, die operativen und planmäßigen Instandsetzungshäufigkeiten entsprechend dem schon beschriebenen Modell ermittelt. Diese Instandsetzungshäufigkeiten bilden dann später die Grundlage zur Berechnung der Instandhaltungskosten auf der Basis der „Methodik für die Prognose der Verbrauchskennzahlen und der Instandhaltungskosten“ [7].

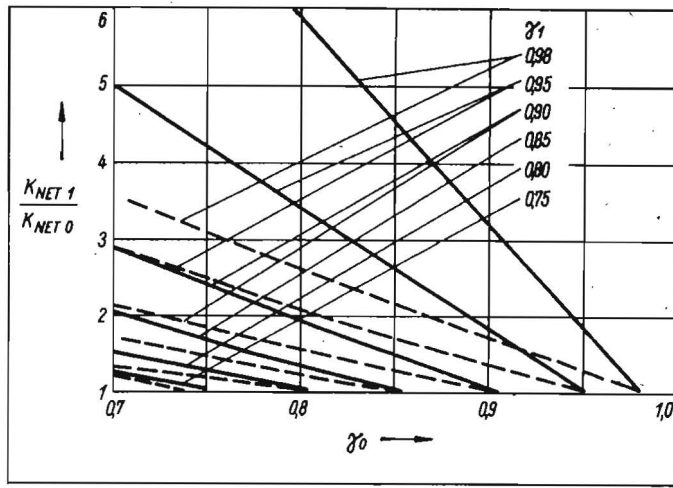


Bild 1  
Maximal zulässige Erhöhung der Herstellungskosten für Dauer-  
teile ( $V = 0,7$ );  
---  $k = 2, B_2 = 2$   
—  $k = 5, B_2 = 5$   
 $\gamma_1$  Überlebens-  
wahrscheinlich-  
keit der neuen  
Variante  
 $\gamma_0$  Überlebens-  
wahrscheinlich-  
keit der Aus-  
gangsvariante

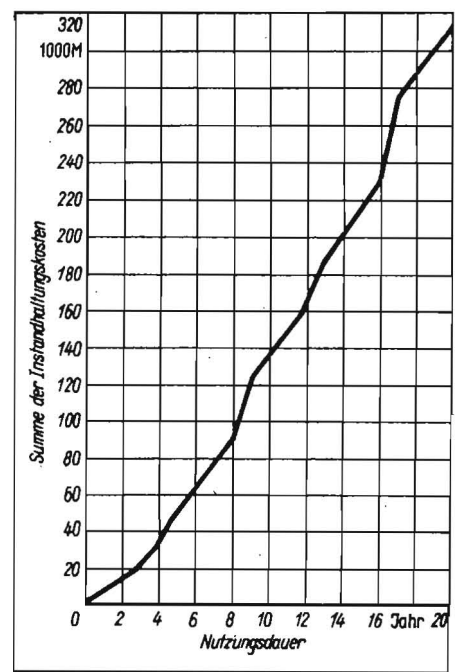


Bild 2. Summe der Instandhaltungskosten für den Mähdrescher E 512 (konstruktive Nutzungsdauer 8 Jahre)

In Abhängigkeit von einer vorgegebenen Nutzungsdauer erfolgte die Berechnung der Instandhaltungskosten für einen Nutzungszeitraum von 1 bis 20 Jahren.  
Für den Mähdrescher E 512 mit einer projektierten konstruktiven Nutzungsdauer von  $t_p = 8$  Jahre wurde festgelegt, daß jährlich die Kampagnefestinstandsetzung, alle 2 Jahre die Teilinstandsetzung und alle 8 Jahre die Grundinstandsetzung durchzuführen ist.  
Bei der Ermittlung des Kostenaufwands für die Instandhaltung des Mähdreschers E 512 und des Traktors ZT300 wird von den Materialkosten der operativen und spezialisierten Instandsetzung ausgegangen. Dabei umfassen die Materialkosten ausschließlich die Aufwendungen für den Ersatz von Baugruppen und Einzelteilen, Pflege- und Wartungskosten werden als unabhängig von der Nutzungsdauer angenommen und je Jahr ermittelt. Die erweiterten Gemeinkosten beinhalten die finanziellen Mittel der Lohngemeinkosten, Transportkosten, Vergütungen an den VEB KfL und den Gewinn.  
Bild 2 zeigt den Verlauf des Polygons der Summe der Instandhaltungskosten für die konstruktive Nutzungsdauer des Mähdreschers E 512 von 8 Jahren. Der Kurvenverlauf ist deutlich durch die Instandsetzungsstrategie, die voranstehend erwähnt wurde, gekennzeichnet.  
Eine Untersuchung der durchschnittlichen Gesamtkosten je Jahr und Mähdrescher E 512 ergab für die konstruktive Nutzungsdauer von 8 Jahren ein Absinken bis zum 16. Nutzungsjahr, erst dann steigen die durchschnittlichen Gesamtkosten wieder geringfügig an. Demzufolge ist es sinnvoll, den Mähdrescher E 512 über seine konstruktive Nutzungsdauer hinaus zu betreiben. Die Anwendung der beschriebenen Methodik ermöglicht ebenfalls die Untersuchungen von Instandhaltungskosten bei veränderten konstruktiven Nutzungsdauerwerten. Da man für diese Untersuchungen jedoch nur den Preis des Mähdreschers E 512, von einem auf 8 Jahre ausgelegten Arbeitsmittel, zur Verfügung hat, müssen für die Berechnung der Instandhaltungskosten Annahmen getroffen werden, da bisher im Maschinenbau noch keine Untersuchungen durchgeführt worden sind, die eine exakte Zuordnung der Preise in bezug auf verschiedene konstruktive Nutzungsdauerwerte zulassen.

dem auch proportional zu  $\sqrt{t_m}$  (degressiv) und  $t_m^2$  (progressiv) ändern.  
Die theoretischen Untersuchungen ergaben (Bild 3):  
- Linear steigende Preise führen mit erhöhter konstruktiver Nutzungsdauer zu erhöhten durchschnittlichen Gesamtkosten während einer Nutzungsdauer von 20 Jahren.  
- Bei progressiv steigenden Preisen treten mit erhöhter konstruktiver Nutzungsdauer erhöhte durchschnittliche Gesamtkosten auf.  
- Bei degressiv steigenden Preisen treten mit erhöhter konstruktiver Nutzungsdauer sinkende durchschnittliche Gesamtkosten auf.  
- Linear sinkende Preise führen mit sinkender konstruktiver Nutzungsdauer zu niedrigeren durchschnittlichen Gesamtkosten.  
Die in den o. g. Aussagen unterstellten funktionellen Zusammenhänge zwischen den Aufwendungen und den damit erreichbaren konstruktiven Nutzungsdauern sind bisher nicht näher untersucht worden. Es sind tendenzielle Aussagen, die z. Z. noch keine Schlußfolgerungen bezüglich der Forderungen in den ATF sowie den Pflichtenheften erlauben. Dazu sind noch weitere nähere Untersuchungen notwendig. Für den Zugtraktor ZT300 treffen die gleichen Schlußfolgerungen zu.  
Im Ergebnis dieser Untersuchungen wird für landtechnische Arbeitsmittel empfohlen, die

tatsächliche Nutzungsdauer der Maschine zu erhöhen. Für den untersuchten Zeitraum von 20 Jahren ist bei Überschreiten der konstruktiven Nutzungsdauer kein sehr großer Anstieg der Instandhaltungskosten zu erwarten.  
Da eine Nutzung über den der Konstruktion zugrunde liegenden Zeitraum hinaus erfolgt, wird eine bessere Auslastung des gesellschaftlichen Aufwands an lebendiger Arbeit, Material und Energie ermöglicht. Durch die Verlängerung der tatsächlichen Nutzungsdauer entsteht aber auch die Möglichkeit der verstärkten Anwendung der Einzelteilinstandsetzung. Die Einzelteilinstandsetzung bietet im Zusammenhang mit rationalen Instandhaltungsmethoden die Möglichkeit, die Kosten für die Instandsetzung erheblich herabzusetzen. Bei einer Vergrößerung der tatsächlichen Nutzungsdauer ergeben sich neue Anforderungen hinsichtlich der Ersatzteilbereitstellung.  
Gleiche Untersuchungen werden derzeit für Masse und Energie durchgeführt.

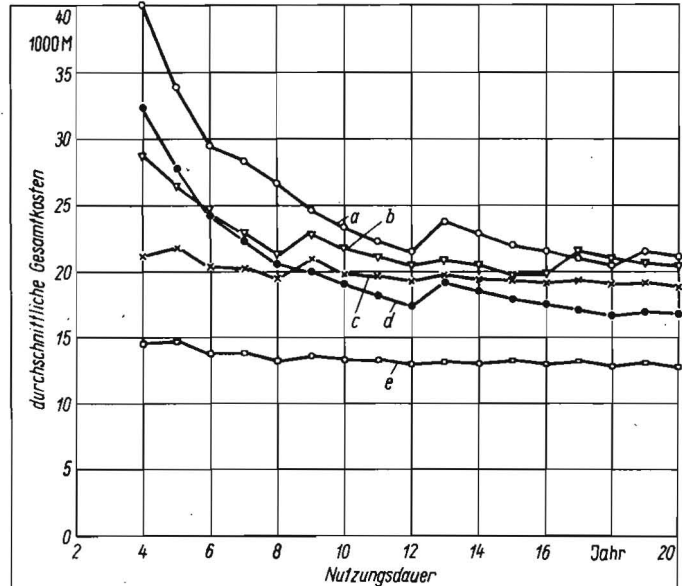


Bild 3  
Durchschnittliche Gesamtkosten für Mähdrescher E 512 und Jahr;  
a  $t_p = 12$  Jahre ( $\hat{=} t_m$ ),  
b  $t_p = 8$  Jahre ( $\hat{=} t_m$ ),  
c  $t_p = 4$  Jahre ( $\hat{=} t_m$ ),  
d  $t_p = 12$  Jahre ( $\hat{=} \sqrt{t_m}$ ),  
e  $t_p = 4$  Jahre ( $\hat{=} t_m^2$ )

### 3. Schlußbemerkungen

Die Problematik des Instandhaltungsgerechten und zuverlässigkeitsorientierten Konstruierens gewinnt immer mehr an Bedeutung, besonders durch die Tatsache, daß eine hohe Zuverlässigkeit sowohl durch Maßnahmen der Konstruktion als auch durch Maßnahmen der Instandhaltung erreicht werden kann. In Zusammenarbeit von Hersteller und Instandhalter müssen deshalb begründete Unterlagen erarbeitet werden, die eine Vorgabe, Gestaltung und spätere Bewertung der Zuverlässigkeit und Instandhaltungseignung ermöglichen. Einige Grundlagen für die Erarbeitung solcher Unterlagen wurden vorgestellt. Es ist darauf hinzuweisen, daß es auf der Grundlage des Modells zur Berechnung der Instandsetzungshäufigkeiten sehr gut möglich ist, weitere Unterlagen für die Pro-

jektierung der Instandhaltung im konstruktiven Entwicklungsprozeß zu erarbeiten. So ist es möglich, nicht nur die Kostenaufwendungen, sondern auch die Material- und Energieaufwendungen bereits zu diesem Zeitpunkt zu prognostizieren.

### Literatur

- [1] Leitholdt, B.: Gestaltung und Bewertung der Diagnoseeignung landtechnischer Arbeitsmittel. *agrartechnik*, Berlin 34 (1984) 1, S. 40–42
- [2] Ihle, G.: Katalog „Instandhaltungsgerechtes Konstruieren landtechnischer Arbeitsmittel“. *agrartechnik*, Berlin 27 (1977) 12, S. 560–562.
- [3] Rößner, K.; Waschkus, R.: Gestaltung einer günstigen Transporteignung landtechnischer Arbeitsmittel. *agrartechnik*, Berlin 30 (1980) 12, S. 538–539.
- [4] Ihle, G.; Rößner, K.: Eine Möglichkeit zur Berechnung von Instandsetzungshäufigkeiten in

der Phase des konstruktiven Entwicklungsprozesses landtechnischer Arbeitsmittel. *Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden* 29 (1980) 1, S. 189–202.

- [5] Rößner, K.; Waschkus, R.: Probleme bei der Vorgabe optimaler Zuverlässigkeitsanforderungen für Einzelteile landtechnischer Arbeitsmittel. *Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden* 32 (1983) 2, S. 249–253.
- [6] Ihle, G.: *Wissenschaftliche Grundlagen für Richtlinien des Instandhaltungsgerechten Konstruierens am Beispiel landtechnischer Arbeitsmittel*. TU Dresden, Dissertation B 1975.
- [7] Waschkus, R.: Beitrag zur Erarbeitung von Unterlagen des zuverlässigkeitsorientierten und Instandhaltungsgerechten Konstruierens landtechnischer Arbeitsmittel. TU Dresden, Dissertation A 1982 (unveröffentlicht).
- [8] Soucek, R.; Regge, H.: *Grundsätze für die Konstruktion von Landmaschinen*. Berlin: VEB Verlag Technik 1979. A 3964

## Gestaltung und Bewertung der Diagnoseeignung landtechnischer Arbeitsmittel

Dr.-Ing. B. Leitholdt, KDT

### 1. Einführung

Die demontagearme Überprüfung des Zustands von Arbeitsmitteln mit Hilfe der technischen Diagnostik ist eine wichtige Voraussetzung für die Erhaltung und Wiederherstellung ihrer Zuverlässigkeit mit geringstem Aufwand an Material, Energie und lebendiger Arbeit. Durch die Rolle der Zuverlässigkeit als wichtiges Wertmerkmal eines Erzeugnisses auf dem Weltmarkt sowie die begrenzten Rohstoffressourcen erhält dieser Zusammenhang eine wachsende Bedeutung.

Die Wirksamkeit der technischen Diagnostik hängt von der Lösung Instandhaltungsstrategischer, organisatorischer und verfahrenstechnischer Probleme ab [1]. Zu den verfahrenstechnischen Einflußfaktoren zählen die zur Verfügung stehenden Diagnoseverfahren und -geräte sowie die im konstruktiven Entwicklungsprozeß erreichte Diagnoseeignung der Arbeitsmittel.

Die Diagnoseeignung umfaßt alle Eigenschaften eines Arbeitsmittels, die Arbeitsproduktivität, Arbeitsbedingungen und Genauigkeit der Überprüfung des Zustands bestimmen.

Kriterien der Diagnoseeignung sind:

- Anwendbarkeit der zur Bestimmung des Zustands notwendigen Diagnoseverfahren und -geräte
- Zeitaufwand für die Diagnose, vor allem für Vorbereitung und Abschluß der Messungen
- Arbeitsbedingungen für das Diagnosepersonal bei der Durchführung der Messungen
- Gestaltung des Kanals vom Entstehungsort der Diagnosesignale bis zur Geberbefestigung hinsichtlich der Erzielung der notwendigen Diagnosegenauigkeit
- Existenz geeigneter Schädigungsgrenzen für die Bewertung des festgestellten Zustands.

### 2. Einschätzung des erreichten Stands

Über die Diagnoseeignung beeinflusst der

Hersteller maßgeblich die Wirksamkeit der technischen Diagnostik. Deshalb muß ihre Realisierung in den verschiedenen Etappen der Erzeugnisentwicklung von der Erstellung des Pflichtenheftes bis zur staatlichen Eignungsprüfung verbindlich und umfassend festgelegt sein. Die Grundlage solcher Vereinbarungen sind für die hier betrachteten landtechnischen Arbeitsmittel die Standards TGL 20987 (Instandhaltungsgerechte Konstruktion) und TGL 25626/16 (Allgemeine Prüfvorschriften; Überprüfbarkeit). Diese Standards beinhalten allgemeine Festlegungen zur Vorgabe und Bewertung der Diagnoseeignung, wie z. B.

- Angabe der vorgesehenen Verfahren und Geräte
- Abstimmung der Anschlußstellen mit den Verfahren und Geräten
- Sicherung einer guten Zugänglichkeit zu den Anschlußstellen
- Vereinheitlichung der Anschlußstellen
- Bestimmung des Zeitaufwands für die Diagnose
- Durchführung der Bewertung in den Entwicklungsstufen K 5 und K 8.

Die konkrete Umsetzung dieser allgemeinen Vorschriften erfordert jedoch detailliertes Arbeitsmaterial in Form von Gestaltungs- und Bewertungsrichtlinien, die konkrete Gestaltungsanforderungen bezüglich festgelegter Diagnoseverfahren und -geräte enthalten. Solche Unterlagen existieren bisher nicht in der erforderlichen Qualität. Darauf ist es u. a. zurückzuführen, daß der erreichte Stand der Diagnoseeignung bei der Mehrzahl der gegenwärtig eingesetzten landtechnischen Arbeitsmittel nicht befriedigen kann. Das findet seinen Ausdruck darin, daß

- Diagnoseverfahren aufgrund fehlender Anschlußstellen an einigen Baugruppen nicht anwendbar sind
- die Zugänglichkeit zu den Anschlußstellen häufig ungünstig ist
- der Zeitaufwand für die Diagnose, vor allem für Vorbereitung und Abschluß der

Messungen, in den meisten Fällen sehr groß ist und

- die Genauigkeit der Diagnose häufig zu gering oder nicht bekannt ist.

So beträgt der Anteil der Vorbereitungs- und Abschlußzeit mehr als die Hälfte der Gesamtzeit. Bei einzelnen Diagnoseverfahren kann sich dieser Anteil sogar auf 80 bis 90 % erhöhen [2, 3]. Beispielsweise ist eine objektive Fehlersuche an der Arbeitshydraulik der meisten Traktoren nur mit großem Zeitaufwand möglich. Der dadurch in der Praxis häufig durchgeführte Baugruppentausch bis zur Mängelbeseitigung ist eine wesentliche Ursache dafür, daß immer noch zu viele funktionstüchtige Hydraulikbaugruppen zur Instandsetzung gelangen.

Deshalb ist es dringend notwendig, anwendungsbereites Arbeitsmaterial in Form einer Richtlinie zur Gestaltung und Bewertung der Diagnoseeignung in den Entwicklungsprozeß zu überführen. Erarbeitung, Erprobung und Überführung einer solchen Richtlinie sind Gegenstand einer Forschungsaufgabe, die die Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik der TU Dresden im Auftrag des VEB Kombinat Fortschritt Landmaschinen Neustadt in Sachsen bearbeitet. Der Anwendungsbereich dieser Richtlinie erstreckt sich nicht nur auf Entwicklung und Begutachtung von Neu- und Weiterentwicklungen, sondern auch auf die schrittweise Verbesserung der gegenwärtig eingesetzten Arbeitsmittel. Darüber hinaus ergeben sich bei der Erarbeitung der Richtlinie und ihrer ständigen Aktualisierung Rückwirkungen auf die weitere Verbesserung der Diagnostik selbst.

Über erste Ergebnisse der genannten Forschungsarbeit wird nachfolgend berichtet.

### 3. Richtlinie zur Gestaltung und Bewertung der Diagnoseeignung landtechnischer Arbeitsmittel

Der Begriff „Diagnoseeignung“ wird für die Erarbeitung und schnelle Überführung der Richtlinie in die Praxis zunächst auf die Krite-