

# Zuverlässigkeit instand gesetzter Einzelteile und deren Einfluß auf die Instandsetzungshäufigkeit am Beispiel des Feldhäckslers E 280

Dipl.-Ing. B. Opitz, KDT, VEB Kombinat für Landtechnische Instandhaltung Karl-Marx-Stadt

## Besondere Eigenschaften instand gesetzter Einzelteile

Instand gesetzte Einzelteile werden in zunehmendem Maß anstelle von neuen Teilen als Ersatzteile eingesetzt. Im Bild 1 ist dieser Trend am Beispiel des Feldhäckslers E 280 dargestellt.

Die instand gesetzten Teile sind in ihren technischen und ökonomischen Eigenschaften nicht mit Neuersatzteilen identisch. Sie unterscheiden sich in folgenden wesentlichen Merkmalen:

- Instand gesetzte Einzelteile sind bereits genutzte Teile. Die Einzelteilinstandsetzung kompensiert meist nur verschleißbedingte Veränderungen; Schadenserscheinungen, wie Ermüdung und Alterung, sind dabei kaum zu beseitigen.
- Instand gesetzte Einzelteile sind das Ergebnis eines von der Neuteilherstellung technologisch und ökonomisch verschiedenen Prozesses.
- Die Einzelteilinstandsetzung ist am gleichen

Teil und an der gleichen Verschleißstelle wiederholbar. Aus einem verschlissenen Neuteil können bei geeigneten Teilen mehrere Nutzungsabschnitte gewonnen werden. — Das Aufkommen an instand gesetzten Einzelteilen ist begrenzt, da die erstmalige Instandsetzung das Vorhandensein verschlissener Neuteile voraussetzt.

Besonders die durch die Einzelteilinstandsetzung nicht zu beseitigenden Schadenserscheinungen der bereits absolvierten Nutzungsdauer und die Einwirkungen des technologischen Prozesses der Einzelteilinstandsetzung beeinflussen die Zuverlässigkeit instand gesetzter Einzelteile.

## Zuverlässigkeit neuer und instand gesetzter Einzelteile im Vergleich

Während seit etwa 10 Jahren die Hersteller von Landmaschinen in der DDR Zuverlässigkeitskennwerte der Einzelteile ihrer Finalprodukte ermitteln, sind bisher nur wenige statistisch gesicherte Werte über Ausfallverhalten und

Zuverlässigkeit instand gesetzter Einzelteile bekannt geworden.

Černoivanov und Poljačenko [1] fordern, daß die mögliche Veränderung des Schädigungsverhaltens bei der Einzelteilinstandsetzung nicht nur dazu genutzt wird, die Verschleißfestigkeit des analogen Neuteils zu erreichen, sondern die Grenznutzungsdauer schnellverschleißender Teile durch Aufarbeitung bis auf die Grenznutzungsdauer der meisten Teile eines Aggregats zu erhöhen. Diese gezielte Anpassung der Verschleißfestigkeit an die Schädigungssituation und Baugruppe muß in Zukunft verstärkt beachtet werden.

Zur Überwindung der Unsicherheit in der Beurteilung der Zuverlässigkeit instand gesetzter Teile wurde mit Unterstützung des VEB Kombinat Fortschritt Landmaschinen Neustadt in Sachsen ein mehrjähriges Untersuchungsprogramm realisiert, wovon einige Ergebnisse nachfolgend vorgestellt werden sollen.

Untersuchungsgegenstand war ein Sortiment von 34 verschiedenen Verschleißteilen des Feldhäckslers E 280. Mit diesen 34 Positionen wurden 28 Maschinen ausgerüstet. Während des Einsatzes wurde der Ausfall dieser Teile in Abhängigkeit von der erreichten Leistung registriert, dazu weitere Angaben, wie Schadensursache, Schadenserscheinung, DK-Verbrauch, Störzeit, Reparaturzeit. Insgesamt wurden 1375 Schadteile zweifelsfrei erfaßt, was einem Durchschnitt von 40 Teilen je Ersatzteilposition entspricht.

Die ermittelten Daten wurden im Kombinat Fortschritt auf EDVA nach dem Programmsystem SCHAEVER ausgewertet, das zur direkten Vergleichbarkeit mit den entsprechenden Neuersatzteilen besonders zweckmäßig war.

Zur Abschätzung der Vertrauensbereiche der ermittelten Ergebnisse wurde eine weitere Auswertung mit Hilfe der Binomialverteilung vorgenommen.

Das Teilesortiment für die Einzelteilinstandsetzung enthält vorwiegend schnellverschleißende Teile. Geeignete Kenngrößen zur Bewertung der Zuverlässigkeit sind deshalb:

- Mindestgrenznutzungsdauer  $t_{0,9}$
- zentrale Grenznutzungsdauer  $t_{0,5}$
- Verhältnis der zentralen Grenznutzungsdauer zur Kampagnenutzungsdauer  $t_{0,5}/t_K$
- Kampagneüberlebenswahrscheinlichkeit  $R(t_K)$ .

Zur Durchführung von Vergleichen zwischen instand gesetzten Einzelteilen (IET) und Neuersatzteilen (NET) wurde ein Qualitätsquotient der Instandsetzung definiert:

$$q_{10,9} = \frac{t_{0,9 \text{ IET}}}{t_{0,9 \text{ NET}}}$$

$$q_{10,5} = \frac{t_{0,5 \text{ IET}}}{t_{0,5 \text{ NET}}}$$

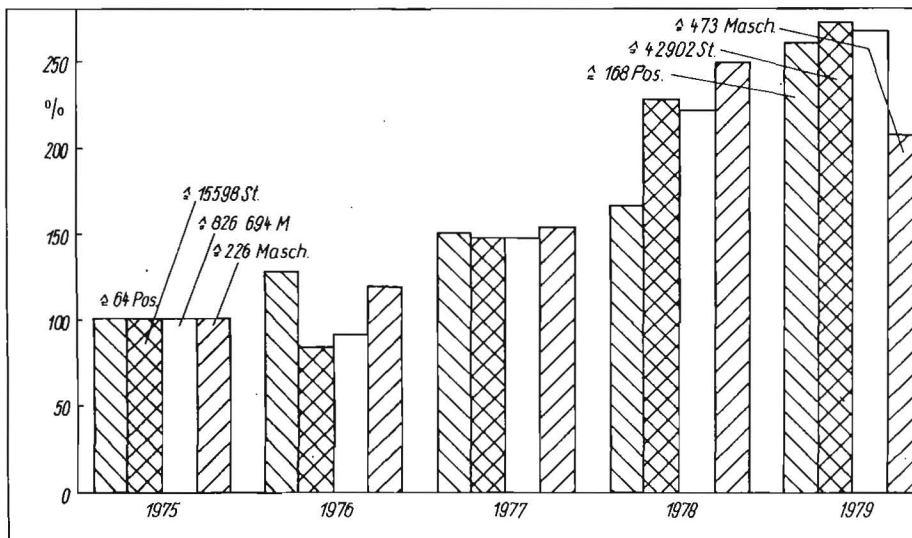
In Tafel 1 sind die Durchschnittswerte und Extrema dieser Parameter ausgewiesen. Ein Beispiel des Verlaufs der Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Nut-

Tafel 1. Mittelwerte und Extrema einiger Kenngrößen der Zuverlässigkeit für 34 Einzelteilpositionen des Feldhäckslers E 280

Zuverlässigkeitskennwert	Berechnungsgleichung	Maximalwert	Minimalwert	Mittelwert von 34 Positionen
Qualitätsquotient bei Mindestgrenznutzungsdauer	$q_{10,9} = \frac{t_{0,9 \text{ IET}}}{t_{0,9 \text{ NET}}}$	3,60	0,3 ... 0,4	0,92
Qualitätsquotient bei zentraler Grenznutzungsdauer	$q_{10,5} = \frac{t_{0,5 \text{ IET}}}{t_{0,5 \text{ NET}}}$	3,75	0,3 ... 0,4	0,89
normierte zentrale Grenznutzungsdauer	$t_{0,5 \text{ norm}} = \frac{t_{0,5}}{t_K}$	—	—	NET: 1,82 IET: 1,16
Kampagneüberlebenswahrscheinlichkeit	$R(t_K) = e^{-\left(\frac{t_K}{t_K}\right)^K}$	—	—	NET: 0,73 <sup>1)</sup> IET: 0,60 <sup>1)</sup>

1) Mittelwert der Vertrauensbereiche bei  $S = 0,90$

Bild 1. Entwicklung von Sortiment, Stückzahl und Wert instand gesetzter Einzelteile des Feldhäckslers E 280 im Vergleich zur Anzahl instand gesetzter Maschinen



zungsdauer ist im Bild 2 dargestellt. Aus den erzielten Ergebnissen sind folgende Schlußfolgerungen zu ziehen:

- Das Ausfallverhalten von funktionsgleichen instand gesetzten Teilen und Neuersatzteilen ist fast stets unterschiedlich.
- Beim untersuchten Sortiment erreichen die instand gesetzten Teile in allen ausgewerteten Parametern schlechtere Mittelwerte als die Neuersatzteile. Für die Mindestgrenznutzungsdauer ist bei 23 von 34 Positionen der Vergleichswert  $q_{10,9} < 1$ . Damit bestätigt sich eine bereits früher erkannte Tendenz, daß instand gesetzte Teile stärker als Neuteile zu Frühausfällen neigen.
- Die aus Zwischenauswertungen erwartete Tendenz, daß mit zunehmender Nutzungsdauer das Ausfallverhalten instand gesetzter Teile besser als das der entsprechenden Neuteile wird, hat sich nicht bestätigt. Bei nur 8 von 34 Positionen ist  $q_{10,5} > 1$ .

Für die beim untersuchten Sortiment festgestellten Ergebnisse sind folgende Gründe maßgeblich wirksam:

- Die technologische Durchdringung des Prozesses der Einzelteilinstandsetzung ist insgesamt unzureichend. Bei 20 Positionen konnten technologische Mängel als wesentlich für die geringere Zuverlässigkeit nachgewiesen werden. Dabei dominieren ungenaue bzw. unvollständige Technologien sowie die Nichteinhaltung technologischer Vorschriften durch subjektive oder objektive Einflüsse.
- Hauptursache der Neigung zu Frühausfällen ist das Nichterkennen ausfallverursachender Schäden am verschlissenen Einzelteil.
- Die Forderungen nach instandsetzungsgerechter Konstruktion werden von seiten des Herstellers ungenügend berücksichtigt. Bei Werkstoffeinsatz und Dimensionierung berücksichtigt man zu wenig, daß instand gesetzte Teile ein Mehrfaches der in der Konstruktionsnutzungsdauer zugrunde gelegten Lastwechsel zu ertragen haben.
- Die festgestellte Tendenz spricht nicht gegen die Einzelteilinstandsetzung insgesamt. Bei einer Reihe von Teilen (Gegenschneide, Traverse, Gegenschneidenträger u. a.) zeigt sich, daß bei bewußter Gestaltung der Technologie der Einzelteilinstandsetzung ein z. T. wesentlich besseres Schädigungsverhalten gegenüber den Neuteilen erreicht werden kann.

### Einfluß veränderter Zuverlässigkeit auf Instandsetzungshäufigkeit und Ersatzteilkosten

Eine veränderte Grenznutzungsdauer der instand gesetzten Einzelteile hat Einfluß auf die Instandsetzungshäufigkeit des betreffenden Teils und damit auf den Ersatzteilbedarf. Dieser Einfluß wurde anhand eines speziellen Abnutzungsmodells, auf das in diesem Beitrag nicht näher eingegangen werden soll, untersucht. Dabei wurden die Eingangsparameter für die Berechnungen so variiert, daß dadurch die Ergebnisse der empirischen Untersuchungen praxisnah widerspiegelt werden konnten.

Mit der Programmierung und Abarbeitung eines Modells zur Berechnung der Instandsetzungshäufigkeiten bei Einbeziehung der Einzelteilinstandsetzung war es erstmalig möglich, die Veränderungen des Einzelteilbedarfs infolge höherer oder niedrigerer Zuverlässigkeit der instand gesetzten Einzelteile quantitativ zu ermitteln.

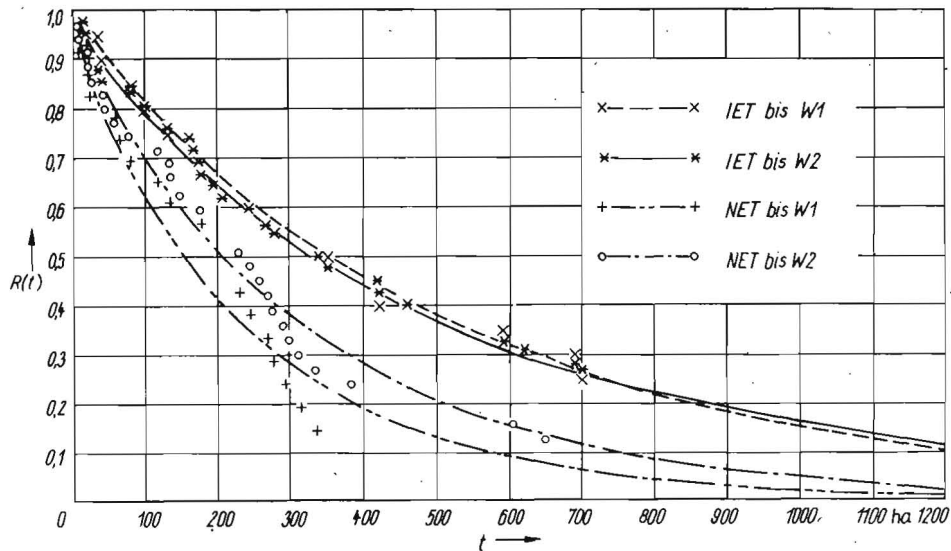


Bild 2. Überlebenswahrscheinlichkeit  $R(t)$  für Traverse (Ersatzteilposition 0203467150) des Feldhäckslers E 280; W1, W2: 1. bzw. 2. vorbeugende Instandsetzung

Tafel 2. Einfluß der Überlebenswahrscheinlichkeit auf die Instandsetzungshäufigkeit bei Anwendung neuer und instand gesetzter Einzelteile als Ersatzteile sowie Auswirkungen auf die Gesamtmaterialekosten; Parameter: zulässige Wiederholbarkeit der Einzelteilinstandsetzung: 2

Betriebsgrenze:  $HB_N/HB_I = 0,4/0,4$   
 betrachtete Kampagnen: 12  
 betrachtete Maschinen: 1 000 E 280  
 Variationskoeffizient der Grenznutzungsdauer:  $V = 0,7 = \text{const.}$   
 Anteil instandsetzungswürdiger Teile bei Ausfall/vorbeugender Erneuerung:  
 $\lambda_K/\lambda_I = 0,75/1,0$   
 Rückführungsrate instandsetzungswürdiger Teile bei Ausfall/vorbeugender Erneuerung:  
 $v_K/v_I = 0,75/0,95$

normierte Kampagneüberlebenswahrscheinlichkeit		Instandsetzungshäufigkeit $A_{ges}$ St.	Deckung des Ersatzteilbedarfs durch		rel. Gesamtmaterialekosten bei $IAP_{IET}/IAP_{NET}$		
$\gamma_N$	$\gamma_I$		IET %	NET %	0,4 %	0,7 %	1,0 %
0,9	0,5	9 184	60	40	91	117	142
0,9	0,7	8 416	63	37	81	106	130
<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>6 461</b>	<b>66</b>	<b>34</b>	<b>61</b>	<b>80</b>	<b>100</b>
0,7	0,9	7 967	63	37	77	100	123
0,5	0,9	8 786	61	39	86	111	136

In Tafel 2 sind einige Berechnungsergebnisse zusammengestellt. Folgende Tendenzen sind deutlich:

- Eine geringere Überlebenswahrscheinlichkeit führt zu einem starken Ansteigen der Instandsetzungshäufigkeiten.
- Die Deckung des Ersatzteilbedarfs ist bei den genannten Parametern zu rd. 50% durch instand gesetzte Einzelteile möglich. Ein höherer Anteil setzt eine höhere zulässige Wiederholbarkeit der Einzelteilinstandsetzung voraus.
- Ein Absinken der Überlebenswahrscheinlichkeit wirkt sich sofort nachdrücklich auf eine Steigerung der Gesamtmaterialekosten aus. Bei um 40% geringerer Überlebenswahrscheinlichkeit ist die Einzelteilinstandsetzung praktisch schon kaum noch ökonomisch. Bei um 20% geringeren Werten darf der Preis der instand gesetzten Teile nur 50% des Neupreises betragen, damit noch ein Einsparungseffekt nachweisbar ist.

Im Ergebnis der umfangreichen Untersuchungen erscheinen folgende Aufgabenkomplexe für die bewußtere Ausnutzung der durch die Einzelteilinstandsetzung zu erschließenden Reserven wesentlich:

- Die Entscheidung zur Aufnahme eines Ver-

schleißteils in das Sortiment der Einzelteilinstandsetzung ist im konstruktiven Entwicklungsprozeß zu treffen. Für diese Teile sind die Forderungen nach instandsetzungsgerechter Konstruktion weitgehend zu berücksichtigen. Große Bedeutung kommt der bewußten Gestaltung eines hohen Anteils instandsetzungswürdiger Teile aus den verschlissenen Teilen zu.

- Die technologische Vorbereitung der Einzelteilinstandsetzung ist auf allen Gebieten zu verbessern. Das betrifft vor allem Verfahrensoptimierung, technologische Dokumentation sowie objektivere Prüftechnologien.
- Die technische Ausrüstung ist so zu vervollkommen, daß alle technologisch vorgesehenen Arbeitsgänge auch durchgeführt werden können.

Mit der Lösung dieser Aufgaben in enger, vertraglich geregelter Zusammenarbeit des Herstellers und der Erzeugnisgruppenleitbetriebe wird es möglich sein, das Niveau der Einzelteilinstandsetzung zielstrebig weiterzuentwickeln. Erst wenn die instand gesetzten Teile in der Mehrzahl das Zuverlässigkeitsniveau der

Fortsetzung auf Seite 229