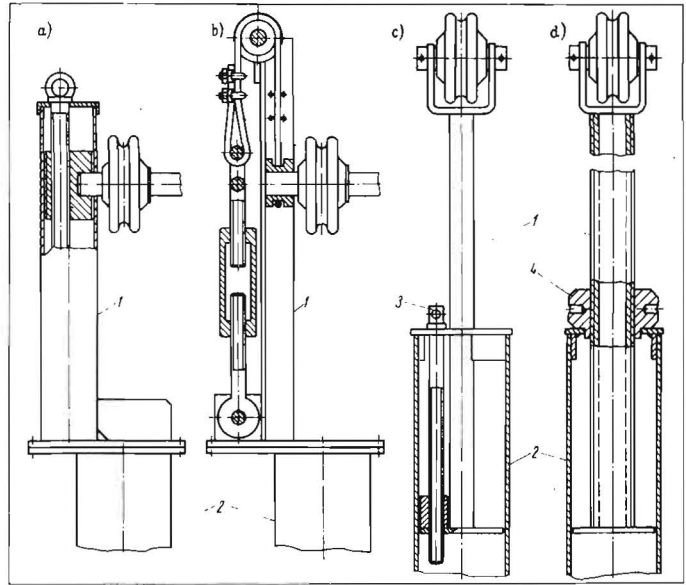


**Bild 5**  
Bisherige Ausführung der Spanneinrichtung des Annahmeförderers T 236;  $F_K$  Kettenspannkraft,  $F_R$  aus  $F_K$  resultierende Reaktionskraft, die vom Längsholm des Förderers aufgenommen werden muß, a Spanneinrichtung, b Längsholm

**Bild 6**  
Varianten der neuen Spanneinrichtung (1 Spanneinrichtung, 2 Längsholm); a) Gleitstein, b) Spannschloß, c) Gabel mit exzentrisch angeordneter Spindelverstellung 3, d) Gabel mit zentrisch angeordneter Verstellmutter 4



sätzliche Möglichkeiten zusammengestellt, im Variantenvergleich analysiert, und auf der Basis einer Gebrauchswert-Kosten-Analyse erfolgte die Auswahl der günstigsten Varianten (Bild 6) [2]. Die Varianten a und b zeigen, wie der Anteil der Biegung gegenüber der ursprünglichen Variante wesentlich verringert wurde. Bei den Varianten c und d tritt keine Biegung auf, so daß die Kettenspannkraft  $F_K$  direkt in den Längsholm des Förderers eingeleitet wird. Dabei hat die Variante d den Vorteil, daß auch die Verstellung ohne Biegeanteil erfolgen kann.

Die Materialeinsparungen der Lösungen c und d betragen gegenüber der ursprünglichen Variante 92 kg (48%). Die Grundlohnkosten verringern sich um 19,17 M/Stück, der Fertigungsaufwand sinkt um 7 h/Stück.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß durch systematische Untersuchungen der in Tierproduktionsanlagen eingesetzten Maschinen und Ausrüstungen zur Zeit unter Beachtung der kinematischen Verhältnisse sowie der in einfachen Überschlagsrechnungen ermittelten statischen oder quasistatischen Belastungen und der Grundregeln des ökonomischen Materialeinsatzes wesentliche Materialeinsparungen möglich sind, die jedoch noch nicht das Optimum darstellen. Der optimale Materialeinsatz setzt die Kenntnis der

tatsächlichen Beanspruchungen voraus, wozu umfangreiche experimentelle Untersuchungen im Einsatz erforderlich sind.

### 3. Einige Probleme bei der Ermittlung der Einsatzbelastungen

Im Vergleich mit experimentellen Untersuchungen an mobilen selbstfahrenden Landmaschinen, bei denen viele Schwierigkeiten (Anbringung der Meßgeber, Staub- und Feuchtigkeitseinwirkungen, Stöße usw.) zu überwinden sind, treten bei Untersuchungen in Anlagen der Tierproduktion fast noch größere Probleme auf.

Zur Aufnahme von Lastkollektiven an Stand-ausrüstungen sind z. B. Langzeitmessungen erforderlich, wobei eine langzeitige Einwirkung des Stallklimas auf Meß- und Registriereinrichtungen jedoch zu ihrem Ausfall führt. Eine Kapselung bei Klimatisierung mit Außenluft könnte Abhilfe bringen. Dies kann jedoch für die Meßgeber nicht praktiziert werden, da ein hermetischer Abschluß erforderlich ist.

Des weiteren führen an Standplätzen installierte meßtechnische Einrichtungen zu einem völlig anderen Verhalten der Tiere, was zu einer Verfälschung der Meßergebnisse führen kann. Auch bei der Schaffung geeigneter Meßgeber treten viele Probleme auf.

### 4. Zusammenfassung

Der entwicklungsbedingte, gegenwärtig unbefriedigende Stand des ökonomischen Materialeinsatzes in der ersten Generation industriemäßiger Tierproduktionsanlagen ist Ausgangspunkt der erforderlichen Überarbeitung durch die verantwortlichen Kombinate. Dabei ist auf eine „einsatzgerechte“ Gestaltung unter Ausnutzung aller vorhandenen oder aus produzierenden Anlagen zurückfließenden Kenntnisse über die Betriebsbelastungen zu achten. Gleichzeitig sind geeignete Meßwertaufnahme- und -registriereinrichtungen zu suchen und an die Bedingungen der Tierproduktionsanlagen anzupassen, um durch die Aufnahme von Belastungskollektiven zu den Bemessungsgrundlagen zu gelangen, die alleinige Voraussetzung für einen optimalen Materialeinsatz sind.

### Literatur

- [1] Ziesch, M.: Konstruktion eines ortsfesten Abstreifers für Gurtbandförderer. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Konstruktionsbeleg 1975 (unveröffentlicht).
- [2] Bretschneider, C.: Konstruktion einer Spannstation des Stegkettens-Bandförderers „Annahmeförderer T 236“. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Ingenieurpraktikumsarbeit 1975 (unveröffentlicht). A 1592

## Wechselbeziehungen zwischen Materialökonomie und Instandhaltung von Land- und Nahrungsgütermaschinen

Prof. Dr. sc. techn. G. Ihle, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

### 1. Notwendigkeit des Einbeziehens der Instandhaltungskonzeption beim Nachweis der Ökonomie des Materialeinsatzes

Die Forderung nach konsequenter Materialökonomie im Maschinenbau und damit auch im Land- und Nahrungsgütermaschinenbau, wie sie in den Beschlüssen des IX. Parteitages der SED mit großem Nachdruck enthalten ist, führt zu folgenden Aufgaben:

- Ein gefordertes Niveau bestimmter Gebrauchswerteigenschaften von Maschinenbauerzeugnissen ist mit minimalem Aufwand an Material zu gewährleisten.
- Mit einem vorgegebenen Aufwand an Material ist ein möglichst hohes Niveau der Gebrauchswerteigenschaften zu erreichen.

Eine dieser bestimmenden Gebrauchswerteigenschaften ist die Zuverlässigkeit, d. h. die Fignung einer Maschine, die Funktionsfähig-

keit unter vorgegebenen Bedingungen über eine bestimmte Zeit zu gewährleisten.

Beim Beurteilen der Materialökonomie aus der Sicht der Zuverlässigkeit ist deshalb die Betrachtung des Garantiezeitraums nicht ausreichend, sondern nur der Bezug auf die gesamte projektierte Nutzungsdauer sichert eine umfassende Aussage.

60 bis 80% der projektierten Nutzungsdauer moderner landtechnischer Arbeitsmittel werden erst durch umfangreiche Teilinstandset-

Tafel 1. Anteil der Materialkosten an den Kosten für die spezialisierte Instandsetzung von Halmfruchternemaschinen in den Jahren 1973/1974

Maschinentyp	Anteil der Materialkosten an den Instandsetzungskosten	
	Mittelwert über alle Betriebe	Schwankungsbreite der betrieblichen Mittelwerte
	%	%
Mährescher E 512 (Instandsetzungskomplex II)	57,8	53,8...65,1
Mährescher E 512 (Instandsetzungskomplex I)	51,2	47,0...60,5
Feldhäckler E 280, Hauptinstandsetzung des Grundgeräts	68,1	60,1...76,8
Schwadaufnehmer E 294	65,5	55,7...77,3
Schwadmäher, Hauptinstandsetzung des E 307	43,6	33,7...53,6

zungen und Grundüberholungen ermöglicht. Die hierfür erforderlichen finanziellen Fonds betragen im allgemeinen das Ein- bis Vierfache des Grundmittelneuwerts der verschiedenen Maschinentypen. In den meisten Fällen überwiegt in diesen Kosten der Anteil für Ersatzteile und Instandsetzungsmaterialien, was durch eine Analyse der Kosten für die spezialisierte Instandsetzung der Halmfruchternemaschinen in der DDR für die Jahre 1973/1974 verdeutlicht wird (Tafel 1).

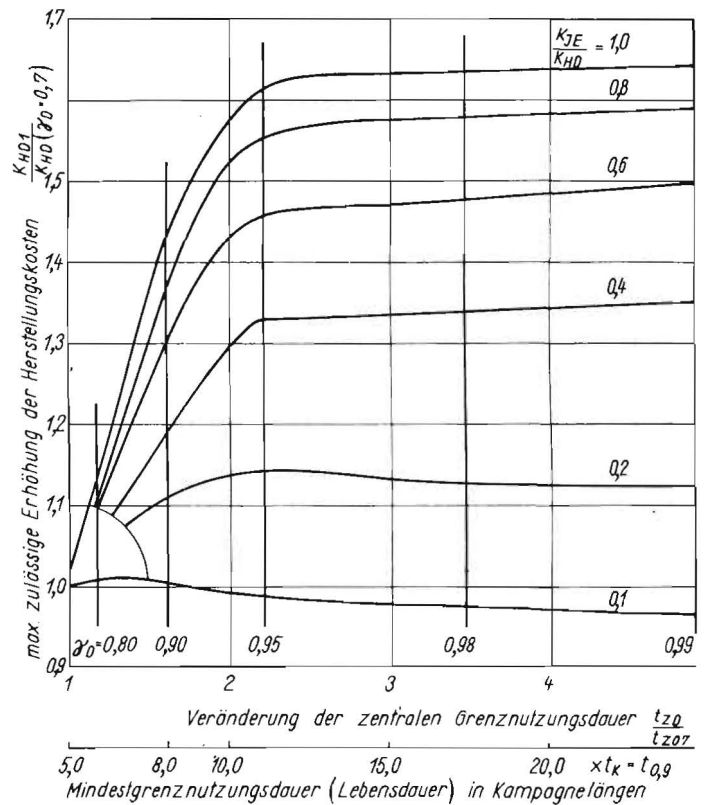
Der summarische Materialaufwand zum Gewährleisten der Funktionstauglichkeit über die gesamte projektierte Nutzungsdauer der Maschine übersteigt somit nicht selten die für die Neufertigung der Maschine notwendige Materialmenge, wobei beide Komponenten des Materialverbrauchs in einem engen Zusammenhang stehen.

Die vom IX. Parteitag der SED geforderte jährliche Senkung des spezifischen Materialverbrauchs um 3% verlangt deshalb mit großem Nachdruck, die Probleme der Materialeinsparung aus volkswirtschaftlicher Sicht zu bearbeiten, also von einer gemeinsamen Betrachtung der Fertigung des Neuerzeugnisses und dessen Instandhaltung innerhalb der gesamten projektierten Nutzungsdauer auszugehen.

Die Möglichkeiten der Materialeinsparung werden durch eine Reihe von Einflüssen bestimmt:

- Senkung des Materialbedarfs zur Herstellung der Maschinenelemente und Ersatzteile (Leichtbau)
  - Vermeiden nicht funktionsbedingter Schädigungsprozesse und Vermindern der Intensität funktionsbedingter Abnutzungsprozesse (Verringern der Schadenshäufigkeit)
  - weitgehende Ausnutzung der konstruktiven Nutzungsdauerreserve der Einzelteile und Baugruppen durch eine optimale Instandhaltungsmethode und wissenschaftlich begründete Schädigungsgrenzen (Abstimmen der konstruktiven Zuverlässigkeit und der Instandhaltungsintervalle)
  - optimale Anwendung der Einzelteilinstandsetzung
  - optimale Bestandsnormative in der Ersatzteilwirtschaft durch ein wissenschaftlich begründetes Ersatzteilversorgungssystem, durch Reduzieren der Sicherheitsbestände an Ersatzteilen auf ein vertretbares Maß.
- Diese Einflüsse stehen in gegenseitigem Zusammenhang und müssen komplex analysiert

Bild 1  
Maximal zulässige Erhöhung der Herstellungskosten für Dauerteile



werden. Die Verantwortung für das Realisieren dieser Aufgaben liegt sowohl beim Hersteller als auch beim Nutzer und Instandhalter. Grundlegende Voraussetzungen für den gesamten Bereich müssen aber vom Hersteller geschaffen werden, und zwar durch

- eine optimale konstruktive Gestaltung des Erzeugnisses, um das Einhalten der Prinzipien der Materialökonomie anzuregen und zu erleichtern
- das Erarbeiten und die rechtzeitige Übergabe von umfassenden Bedienanweisungen und Instandhaltungsvorschriften für alle Erzeugnisse, um Nutzer und Instandhalter über den konstruktionsgerechten Umgang mit den technischen Arbeitsmitteln zu informieren.

## 2. Auswahl der Zuverlässigkeitsanforderungen an Einzelteile und Baugruppen aus der Sicht der Materialökonomie

Zuverlässigkeitsanforderungen an Einzelteile und Baugruppen bestehen im umfassenden Sinn aus Festlegungen zu den Schädigungsgrenzen und zur geforderten Überlebenswahrscheinlichkeit in einem vorgegebenen Intervall, z. B. in der projektierten Nutzungsdauer oder in einer mittleren Einsatzkampagne.

Besonders für Verschleißteile beeinflussen die in der Praxis angewendeten Aussonderungsgrenzen und Betriebssicherheitsgrenzen wesentlich die Menge der einzusetzenden Ersatzteile. Das Programm der vorbeugenden Instandsetzung ist so auszuwählen, daß mit der Mehrmenge an Ersatzteilen eine maximale Erhöhung der Störungsfreiheit im Einsatz erreicht wird. Eine entscheidende Rolle spielt hierbei die optimale Auswahl der Betriebssicherheitsgrenze.

Durch Optimierungsrechnungen [1] wurde nachgewiesen, daß in vielen Fällen die optimale Betriebssicherheitsgrenze für Verschleißteile bei 50 bis 60% der Abnutzungsreserve — der Differenz zwischen mittlerem Fertigungsmaß und der Aussonderungsgrenze — liegt. Für den Fall, daß die in der Praxis angewendete

Betriebssicherheitsgrenze schon bei 40% der Abnutzungsreserve liegt, obwohl die optimale Größe 50% beträgt, führt das z. B. bei einem Einzelteil mit einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 0,90 im Instandsetzungsintervall zu einer Erhöhung des Ersatzteileinsatzes um knapp 20%, ohne daß sich die Störanfälligkeit zwischen den vorbeugenden Instandsetzungen wesentlich verändert. Eine derartige Abweichung von der optimalen Betriebssicherheitsgrenze kann in der Praxis aus vielerlei Gründen auftreten, z. B. wenn

- der Instandsetzungsbetrieb auf „Sicherheit“ orientiert
- die Aussonderungsgrenze vom Konstrukteur von vornherein zu niedrig angesetzt wurde.

Planmäßige Bestrebungen zur optimalen Materialausnutzung müssen folglich bei wissenschaftlich begründeten Schädigungsgrenzen beginnen.

In der letzten Zeit wurde an verschiedenen Stellen über die erforderliche Überlebenswahrscheinlichkeit für Dauerteile in der projektierten Nutzungsdauer diskutiert. In einigen Fällen äußerten Vertreter der Praxis die Meinung, daß die vom Standard TGL 20987/01 „Landtechnische Arbeitsmittel — Instandhaltungsgerechte Konstruktion“ geforderte untere Grenze von 0,90 zu niedrig sei und man sie generell auf 0,98 erhöhen sollte. Solche Entscheidungen müssen aber gerade aus der Sicht der Materialökonomie sehr verantwortungsbewußt getroffen werden. Bei durchkonstruierten Einzelteilen und Baugruppen kann man in einer groben Näherung davon ausgehen, daß die Herstellerkosten proportional der mittleren Grenznutzungsdauer sind. Die erwähnte Erhöhung der Anforderungen an die Überlebenswahrscheinlichkeit eines Dauerteils von 0,90 auf 0,98 verlangt unter diesen Bedingungen eine Erhöhung der Herstellungskosten um rd. 85%. Dabei wurde ein Variationskoeffizient der Grenznutzungsdauer von 0,40 vorausgesetzt.

Geht man von einem Dauerteil mit der auf jeden Fall nicht ausreichenden Überlebenswahrscheinlichkeit  $\gamma_D$  von 0,70 aus und trägt die maximal zulässige Erhöhung der Herstellungskosten  $K_{HD1}/K_{HD}$  für Varianten mit höherer Überlebenswahrscheinlichkeit aus der Sicht der Einsparung an Instandhaltungskosten auf, so entsteht der im Bild 1 dargestellte Kurvenverlauf.

Bei einer Erhöhung der Überlebenswahrscheinlichkeit  $\gamma_D$  bis 0,90 steigen die maximal zulässigen Herstellungskosten schnell, danach aber nur noch sehr wenig. Aus der Sicht der Instandhaltungskosten lassen sich also Überlebenswahrscheinlichkeiten über 0,90 nicht mehr begründen. Sie sind nur berechtigt, wenn außergewöhnliche Folgen bei Ausfällen auftreten können, z. B. Gefahr für das Bedienpersonal. Ähnliche Schlußfolgerungen ergeben sich aus der Untersuchung des Verhaltens von Abnutzungsteilen. Im Bild 2 wird von einem Abnutzungsteil mit der zu geringen Überlebenswahrscheinlichkeit  $\gamma_F$  von 0,50 im Instandsetzungsintervall, z. B. im Intervall bis zur Grundüberholung der Maschinen, ausgegangen. Die maximal zulässigen Herstellungskosten  $k_{tz}$  für Varianten mit einer höheren Überlebenswahrscheinlichkeit — begründet durch Einsparungen an Instandhaltungskosten — werden hier jedoch noch auf die jeweilige mittlere Grenznutzungsdauer bezogen. Wie erwähnt, gilt dabei die Annahme, daß die Veränderung der mittleren Grenznutzungsdauer ein Maßstab für die Veränderung der realen Herstellungskosten ist. Die Größe  $k_{tz}$  charakterisiert somit die praktische Realisierbarkeit bzw. den wirtschaftlichen Nutzen von Abnutzungsteilen mit einer höheren Überlebenswahrscheinlichkeit. Die Abhängigkeit  $k_{tz}$  zeigt ausgeprägte Maxima auch für den Fall, daß die abgenutzten Teile wieder instand gesetzt werden ( $\omega < 1,0$ ). Bei diesen Überlebenswahrscheinlichkeiten ist der größte Nutzen aus dem in Form von Ersatzteilen eingesetzten Material zu erwarten.

Aus der Sicht einer hohen Materialökonomie im Ersatzteilbedarf werden die in Tafel 2 zusammengestellten Anforderungen an die Überlebenswahrscheinlichkeit von Einzelteilen und Baugruppen vorgeschlagen.

Sind die Instandsetzungsintervalle für neue Erzeugnisse frei wählbar, sind sie so festzulegen, daß für die meisten Abnutzungsteile eine optimale Überlebenswahrscheinlichkeit erreicht wird.

Die planmäßige Materialökonomie schließt also die rechtzeitige Erarbeitung der Instandhaltungskonzeption für alle neuen Erzeugnisse ein, um wissenschaftlich begründete Zuverlässigkeitsanforderungen an Einzelteile und Baugruppen formulieren zu können.

### 3. Rolle der Einzelteilinstandsetzung in der Materialökonomie

Die Einzelteilinstandsetzung erhält in vielen Volkswirtschaftszweigen einen bedeutenden

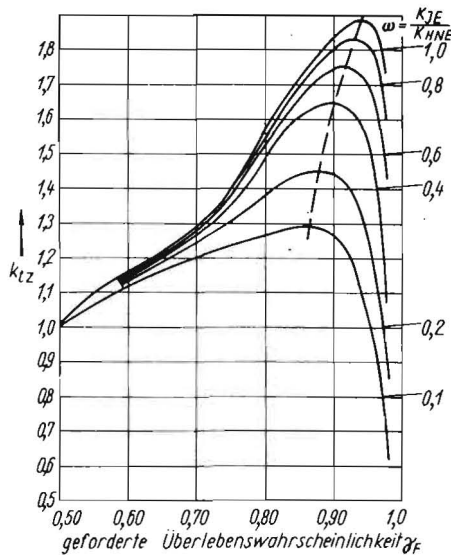


Bild 2. Maximal zulässige Herstellungskosten bezogen auf die zentrale Grenznutzungsdauer; gestrichelte Linie: optimale Überlebenswahrscheinlichkeit

Platz in der Konzeption für Materialeinsparungen. Sie ist schon lange keine ausschließliche Notlösung mehr beim Fehlen von Importersatzteilen oder bei zu geringen Kapazitäten für die Ersatzteilproduktion.

Nachgewiesen wurde, daß die Bedeutung der Einzelteilinstandsetzung für eine Vielzahl von Einzelteilpositionen als wissenschaftlich begründete Objektivität wächst. Hierfür gibt es folgende Gründe:

- Die Einzelteilinstandsetzung entlastet beträchtlich die Hauptproduktion im Herstellerbetrieb von der Ersatzteilproduktion. In der Instandsetzung der Traktoren ZT 300 und MTS-50 werden z. Z. für Achsschenkel 60 bis 70% instand gesetzte Ersatzteile eingesetzt. Planmäßig soll die gesamte Einzelteilinstandsetzung im landtechnischen Instandhaltungswesen im Jahr 1980 einen Umfang erreichen, der Neuersatzteilen im Wert von 500 Mill. Mark entspricht.

Der Fachverband Land-, Forst- und Nahrungsgütertechnik der KDT verpflichtete sich in der Aktivtagung am 24. Juni 1976, dafür zu wirken, daß sich diese Summe um 50 Mill. Mark erhöht. Das entspricht 45 bis 50% des gesamten Ersatzteilbedarfs im landtechnischen Instandhaltungswesen.

- Für sehr viele Einzelteilpositionen kann das Verhältnis der Kosten der Einzelteilinstandsetzung zu der Grenznutzungsdauer von instand gesetzten Teilen günstiger als analog von Neuersatzteilen gestaltet werden. So wird der Aufwand für das erwähnte Ziel in der Einzelteilinstandsetzung im Jahr 1980 nur etwa 250 Mill. bis 300 Mill. Mark

betragen. Die Grenznutzungsdauer der instand gesetzten Teile liegt durchschnittlich bei 80 bis 100% der Grenznutzungsdauer von Neuersatzteilen, z. T. sogar noch höher, z. B. bei Anwendung des Hartverchromens.

Diese Materialeinsparung im landtechnischen Instandhaltungswesen ist nur bei einer konkreten Unterstützung durch die Herstellerbetriebe des Land- und Nahrungsgütermaschinenbaus realisierbar. Diese Unterstützung muß sich auf folgende Schwerpunkte beziehen:

- Die prinzipielle Entscheidung über die Instandsetzung einer Einzelteilposition in breitem Umfang muß möglichst früh im Entwicklungsprozeß des neuen Erzeugnisses fallen, damit der Konstrukteur die Anforderungen einer wirtschaftlichen Instandsetzung berücksichtigen kann. In die Begutachtung der instandhaltungsgerechten Konstruktion sind diese Belange planmäßig aufzunehmen. In dieser Etappe werden schätzungsweise die späteren Kosten der Einzelteilinstandsetzung zu 70% im voraus festgelegt.

- Die Herstellerbetriebe stellen für die Ausarbeitung der Instandsetzungstechnologien die Fertigungstechnologien und die Fertigungsparameter zur Verfügung. Bei der Vorbereitung der technologischen Linien für die Neufertigung sollten in Zukunft die Belange der Einzelteilinstandsetzung mit berücksichtigt werden. Das betrifft z. B. die Produktion und die Beschaffung bestimmter Fertigungs- und Meßmittel, die sowohl in der Neufertigung als auch in der Einzelteilinstandsetzung einsetzbar sind. Beim Auftragen hochverschleißfester Dünnschichten wird in Zukunft zu entscheiden sein, ob sich Neufertigung und Einzelteilinstandsetzung nicht vereinigen lassen.

- Die Berechnungsingenieure der Herstellerbetriebe müssen durch ihre Mitarbeit bei der Auswahl der Instandsetzungsverfahren gewährleisten, daß sich die Häufigkeit plötzlicher Ausfälle bei instand gesetzten Teilen nicht erhöht. Das kann z. B. bei Teilen auftreten, die nach der Instandsetzung nicht mehr im Bereich der Dauerschwingfestigkeit, sondern im Bereich der Zeitfestigkeit arbeiten.

- Instand gesetzte Einzelteile sind planmäßig in das Erfassungssystem SCHAEVER aufzunehmen, um exakte Kenntnisse über die Grenznutzungsdauer instand gesetzter Einzelteile und damit über ihren ökonomischen Nutzen zu erlangen.

### 4. Schlußfolgerungen

Eine umfassende Materialökonomie im Land- und Nahrungsgütermaschinenbau muß den Einfluß des Instandhaltungswesens planmäßig berücksichtigen. Dazu ist entsprechend dem Standard TGL 20987 „Landtechnische Arbeitsmittel — Instandhaltungsgerechte Konstruktion“ eine Instandhaltungskonzeption für das neue Erzeugnis schon im Stadium des Funktionsmusters zu erarbeiten. Auf deren Basis sind in der Konstruktion optimale Voraussetzungen für einen niedrigen Ersatzteilbedarf zu schaffen und rechtzeitig umfassende Instandhaltungsvorschriften zu erarbeiten.

### Literatur

[1] Ihle, G.: Wissenschaftliche Grundlagen für Richtlinien des instandhaltungsgerechten Konstruierens von Maschinen am Beispiel landtechnischer Arbeitsmittel. TU Dresden, Dissertation B 1975.

	Bezugsintervall	geforderte Überlebenswahrscheinlichkeit	
Dauerteile	projektierte Nutzungsdauer der Maschine	0,90 im allgemeinen Fall	0,95...0,98 in besonderen Fällen mit ökonomischer Begründung
Abnutzungsteile	Instandsetzungsintervall	0,87...0,94	0,95...0,98 als Schutzrichtung

Tafel 2 Anforderungen an die Überlebenswahrscheinlichkeit von Einzelteilen