

Zur weiteren Qualifizierung der Instandhaltungsplanung gewinnt die Kenntnis der Schädigungsbedingungen zunehmende Bedeutung. Dabei geht es vor allem darum, die Vielzahl schädigender Einflüsse in ihren Wirkungen bei der Instandhaltungsplanung quantitativ zu berücksichtigen. Die Vielzahl der Einflußfaktoren und der stochastische Charakter ihrer Wirkung gestatten keine praktisch verwendbare Aussage für die Instandhaltungsplanung (1./2./3./4./5./6.). Lösbar wird die Aufgabe durch Systematisierung der Einflußfaktoren unter Berücksichtigung der Betriebsbedingungen (9) und Zusammenfassung in Wirkkomplexen und Wirkungsfeldern.

1. Wirkungsfelder

In Auswertung des gegenwärtigen Erkenntnisstandes (1./3./4./5./6.) sind mehr als 100 verschiedene Einflußfaktoren auf das Schädigungsverhalten von Maschinen bekannt. Sie sind nach Art, Erscheinungsform, Ursache und zeitlichem Verlauf unterschiedlich (1).

Aufgrund ähnlicher und gegenseitig abgrenzbarer Wirkung ist eine Zuordnung zu 5 Wirkungsfeldern möglich. Das Wirkungsfeld ist durch eine Summe komplex wirkender Einflußfaktoren gekennzeichnet, die auf die Schädigung eines Maschinenelements, einer Schadpaarung, einer Baugruppe oder Maschine ähnliche Ursache, Erscheinungsform und Verteilung zeigen.

* Ingenieurschule für Landtechnik „M. I. Kalinin“ Friesack (Direktor: Oberstud.-Dir. Dr. H. Obst)

Diese Wirkungsfelder wiederum bestehen aus mehreren Wirkkomplexen, die sich in ihrer Wirkung gegenseitig ausschließen. Diese Wirkkomplexe sind in der Erscheinungsform und in der örtlichen und zeitlichen Verteilung definierbar und in der Wirkung auf das Schädigungsverhalten quantifizierbar.

In der Praxis ist nur eine Kombination mehrerer Wirkkomplexe erfassbar (Erfassungskomplexe). Die Zusammenfassung dazu zeigt Bild 1.

Als Voraussetzung für quantitative Aussagen zu den Wirkkomplexen müssen diese

- eine signifikant unterschiedliche Wirkung innerhalb der Wirkungsfelder zeigen
- sich gegenseitig in ihrer Wirkung nicht beeinflussen (Unabhängigkeit der Wirkkomplexe).

An der rechnerischen Lösung dieses Problems wird gearbeitet.

2. Erfassungsmethodik

Ausgehend vom Bearbeitungsziel wurde ein geeignetes Erfassungssystem erarbeitet. Primär waren folgende Forderungen zu erfüllen.

- eindeutige und hinreichend genaue Aussagen des Primärbelegs
- Nutzung des Postwegs und der EDV-Aufbereitung
- Gewährleistung einer 95prozentigen statistischen Sicherheit der Auswertungsergebnisse.

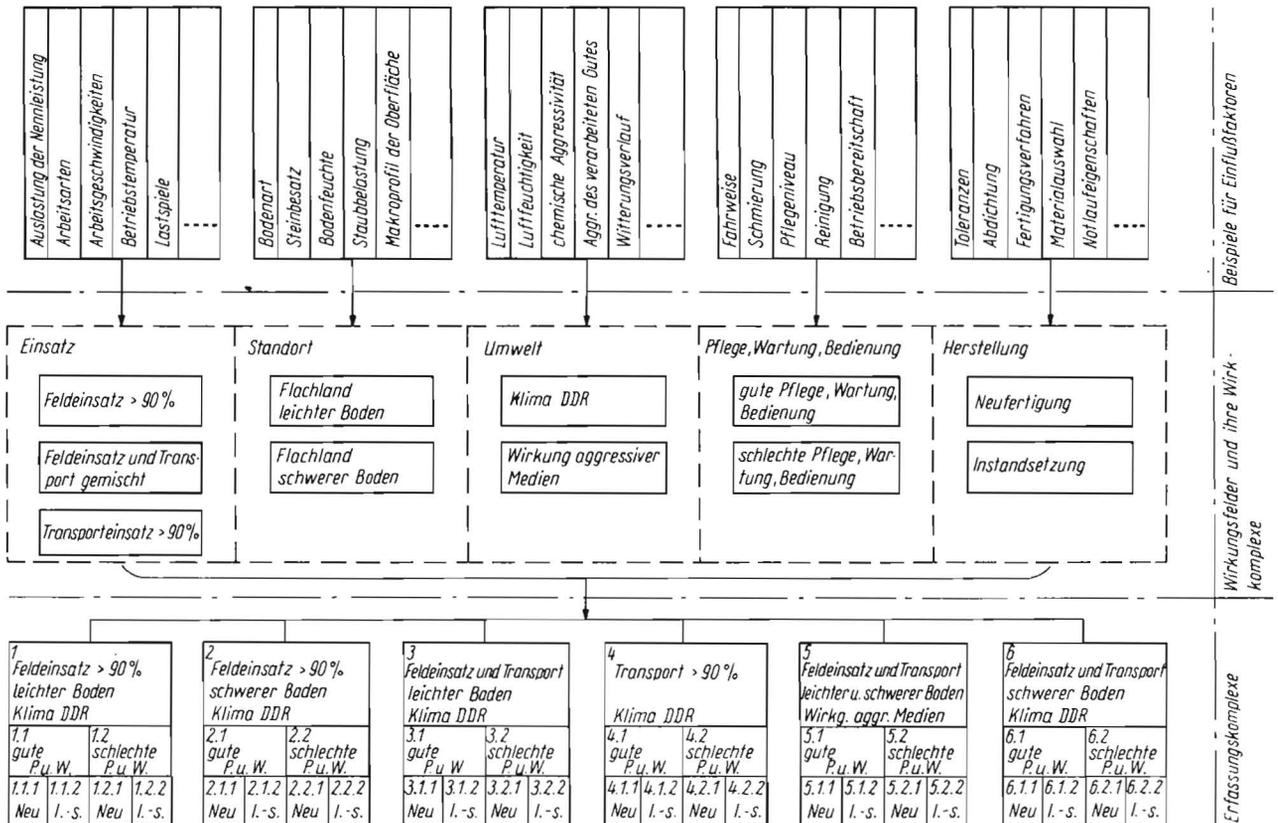


Bild 1. Schädigende Wirkungen und ihre Erfassbarkeit in der Praxis:
 P. u. W. = Pflege und Wartung, Neu = aus der Neufertigung, I.-S. = instand gesetzt

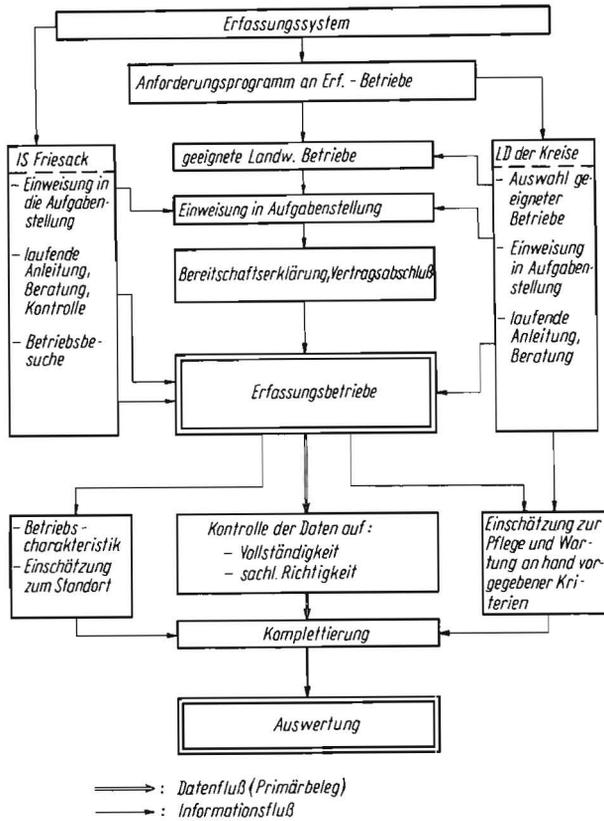


Bild 2. Ablauf der Datenerfassung

Den Ablauf der Erfassung zeigt Bild 2. Es werden zutreffende Baugruppenschäden in den Jahren 1973, 1972 und vorher aufgenommen. In die Erfassung sind etwa 5000 Maschinen in 191 landwirtschaftlichen Produktionsbetrieben einbezogen. Das Beispiel eines ausgefüllten Primärbeleges zeigt Bild 3.

3. Erste Ergebnisse

3.1. Mittlere Grenznutzungsdauer

Aus dem vorliegenden, normalverteilten Zahlenmaterial wurde zur Veröffentlichung der Erfassungskomplex 6.1.1. ausgewählt (Feldeinsatz auf schwerem Boden mit stärkerem Transportanteil, gutes Pflegeniveau, fabrikneue Baugruppen), da hier bisher der stärkste Datenanfall vorliegt (Tafel 1).

3.2. Einfluß der Wirkungsfelder

3.2.1. Wirkungsfeld „Herstellung“

Das Wirkungsfeld der Herstellungsbedingungen erfaßt konstruktive, technologische und materialbedingte Einflüsse auf das Schädigungsverhalten.

Teilbereiche sind gegeben durch

- die konstruktive und materialtechnische Reife und Stabilität des Erzeugnisses
- das technisch-technologische Niveau bei Neufertigung durch den Hersteller oder bei 1. bis n-ter Instandsetzung variierenden Umfanges durch den Instandsetzer
- die Wirksamkeit eines Qualitätssicherungssystems.

Inhalt des Wirkungsfeldes „Herstellung“ sind die Wirkkomplexe Instandsetzung und Neufertigung.

1 Masch.-Typ MTS50 1.1		2 Betrieb KAP Grimmen Abt. Jessin 2.1			3 gute Pflege	
					3.1 ja	<input checked="" type="checkbox"/>
					3.2 nein	
4 pol. Kennz.	AR3387		6.1 fabrikneu		7 verwiegender Einsatz für	7.1 Feldarbeiten
5 Masch.-Nr.	26		6.2 inst. gesetzt	<input checked="" type="checkbox"/>		7.2 Feldarb. + Transport
						7.3 Transport
8 Grenznutzungsdauer (Leistung) in						
8.1 DK Liter	8.2 km	8.3 ha	8.4 Betr.-Std.	9 Ausfall-datum	28. 5.71	
12.300				10 in Betrieb seit	21.12.69	
11 Ursache des Baugruppenwechsels						
1 Motor		<input checked="" type="checkbox"/>	2 Getriebe		3 Vorderachse	
1 Leistung			starke Geräusche		Achsschenkel verbogen	
2 Ölverbrauch			Schalt-schwierigkeiten		Achsschenkelbruch	
3 Kolbenbruch			Zahnbruch		Achsschenkelbolzenspiel	
4 Öldruck			Zahnradbruch		Achsfaust/-turm verbogen	
5 Kurbelwellenbruch			Wellenschaden		Mittelträger verbogen	
6 Hauptlager Kurbelwelle			Radsitz schadhaf		Maschineninstandsetz.	
7 Pleuelstangenbruch	<input checked="" type="checkbox"/>		Lagerschaden		Unfallschaden	
8 Pleuelschraubenabriß			Gehäusebruch			
9 Pleuellager			Maschineninstandsetzung			
10 Ventilabriß						
11 Maschineninstandsetzung						
12 Unfallschaden						
13						
14						

Bild 3. Beispiel eines Primärbeleges

Tafel 1. Erste Auswertungsergebnisse zu untersuchten Baugruppen (gerundete Werte)

Typ Baugruppe	Anzahl der Ausfälle	mittl. Grenznutzungsdauer		Variations-Koeff.	statist. Sicherheit
		1 DK	1 DK		
ZT 300/Motor	50	33000	8000	25	>95
ZT 300/Getriebe	25	40000	11000	28	90 < S < 95
ZT 300 V. Achse	38	36000	9000	25	>95
MTS-50/Motor	58	28000	9000	33	>95
MTS-50/Getriebe	25	32000	12000	37	80 < S < 90
MTS-50, Vorderachse	46	29000	8000	28	>95
W 50/Motor ¹	25	31000	10000	33	80 < S < 90

Die Werte für den Motor des LKW W 50 beziehen sich auf Transporteinsatz, gutes Pflegeniveau und fabriktneue Baugruppen

Das Verhältnis der mittleren Grenznutzungsdauerwerte zeigt, daß instand gesetzte Baugruppen nur 55 bis 65 Prozent der mittleren Grenznutzungsdauerwerte von fabriktneuen Baugruppen erreichen.

3.2.2. Wirkungsfeld „Pflege“

Die Wirkung von Pflege, Wartung, Reinigung, Überprüfung, Ein- und Nachstellen, Konservieren, Abstellen und Bedienen auf das Abnutzungsverhalten landtechnischer Arbeitsmittel ergibt sich aus konstruktions-, material-, herstellungs-, instandhaltungs- sowie nutzungsbedingten Einflüssen.

Pflegebedingt wirken auf den Verschleiß vor allem

- Schmierung
- Kühlung
- Verunreinigungen
- Oberflächenschutz
- Fahrweise und Belastung
- Erkennen zweckmäßiger Betriebswerte, deren Ein- und Nachstellen.

Auf der Grundlage bisheriger Erfahrungen galt es, die Einschätzungen zum Wirkungsfeld weitgehend zu objektivieren. Bestimmungsgrößen für das betriebliche Pflegeniveau /7/ im landwirtschaftlichen Betrieb sind

- materiell-technische Absicherung der Maschinenpflege
- Pflegeplan, seine Einhaltung und Einbeziehung in die betriebliche Planung
- Qualifikationsniveau der Maschinenbediener
- Ordnung und Sicherheit im Betrieb.

Das Verhältnis der mittleren Grenznutzungsdauerwerte zeigt, daß schlecht gepflegte Baugruppen nur 80 Prozent der mittleren Grenznutzungsdauerwerte gut gepflegter Baugruppen erreichen.

3.2.3. Wirkungsfeld „Standort“

Das Wirkungsfeld der Standortbedingungen erfaßt nutzungs- und belastungsbedingte Einflüsse. Teilbereiche sind durch die Bodenarten (Sand, lehmiger Sand, sandiger Lehm, Lehm, Ton) gegeben. Für das Bodenprofil (Neigung < 6 Prozent) und den Steinbesatz wurden keine Abgrenzungen für die untersuchten Baugruppen vorgesehen.

Die Abgrenzung der Bodenarten erfolgte vorwiegend nach dem Feinschluffanteil im Boden. Die schädigende Wirkung ist jahreszeitlich unterschiedlich in Abhängigkeit der Boden- und Luftfeuchtigkeit sowie der Bodengare.

Der Boden wirkt verschleißfördernd (Abdichtung, Filterung) und infolge der Verschmutzung auch korrosionsfördernd.

Dabei werden offene Baugruppen stärker angegriffen (Staub) als gekapselte Baugruppen. Bodenführende Arbeitsorgane werden ausschließlich vom Boden abgenutzt.

Das Verhältnis der mittleren Grenznutzungsdauerwerte zeigt, daß für die untersuchten Baugruppen kein Unterschied signifikant nachweisbar ist.

3.2.4. Wirkungsfeld „Einsatz“

Das Wirkungsfeld der Einsatzbedingungen erfaßt nutzungsbedingte Einflüsse. Das sind insbesondere die Belastung, Schwingungen und deren Einsatzcharakteristik. Praktisch erfassbare Teilbereiche sind gegeben durch

- unmittelbare Feldarbeiten (Bodenbearbeitung, Bestellung, Pflege, Ernte, Düngung u. a.)
- mittelbare Feldarbeiten oder Feldtransporte
- Fahrten auf befestigten Transportwegen.

Die Abgrenzung der Einsatzcharakteristik erfolgt so, daß für „Feldeinsatz“ > 90 Prozent maximal 10 Prozent anteilige Transporte zulässig sind (bezogen auf DK-Verbrauch). Das Verhältnis der mittleren Grenznutzungsdauerwerte zeigt, daß für die untersuchten Baugruppen kein Unterschied signifikant nachweisbar ist.

3.2.5. Wirkungsfeld „Umwelt“

Das Wirkungsfeld der Umweltbedingungen erfaßt klimatisch und umweltbedingte Einflüsse. Teilbereiche sind gegeben durch

- Gebiete mit einheitlichem Großklima (Küste, stärker maritim beeinflusstes Binnentiefland, stärker kontinental beeinflusstes Binnentiefland, Binnentiefland im Lce der Mittelgebirge, Vorland der Mittelgebirge, Mittelgebirge)
- Luftverunreinigungen und Schadstoffe (Staub, Rauchgase)
- aggressive Wirkung der verarbeiteten Güter (Säuren, Laugen)

Die Wirkung klimatischer Einflüsse ist generell gegeben und wird gesondert nicht erfaßt. Speziell ausgewiesen wird die Wirkung aggressiver Medien im ACZ-Einsatz für W 50-Motore. Quantitative Aussagen liegen dazu noch nicht vor.

3.3. Ausfallverhalten

In Weiterführung der Arbeiten von Nitsche /8/ zum Ausfallverhalten von landtechnischen Baugruppen können die Wirksamkeit und die Möglichkeiten einer planmäßig-vorbeugenden Instandhaltung eingeschätzt werden (Tafel 2) /9/. So muß — ausgehend von der Gesamtzahl der Motorinstandsetzungen — mit 30 bis 50 Prozent unverhofften Ausfällen gerechnet werden. Bei Vorderachsen liegt der Anteil unverhoffter Ausfälle bei 10 bis 20 Prozent. Auf diesen Anteil unverhoffter Ausfälle muß sich in jedem Fall unser Instandhaltungssystem einrichten.

4. Zusammenfassung

Es werden vorläufige Werte zur Wirkung schädigender Einflüsse an landtechnischen Baugruppen angegeben.

Die Endauswertung und Angabe praktikabler Rechenvorschriften erfolgt im Frühjahr 1974.

Dank der Mitarbeit vieler Praktiker in den Erfassungsbetrieben wird es möglich sein, zum obengenannten Zeitpunkt ein vollständigeres Bild über schädigende Wirkungen in der Landtechnik vorlegen zu können. (Schluß auf S. 560)

Tafel 2. Anteil planmäßig-vorbeugender Instandsetzungen am Gesamtumfang der Baugruppenausfälle in Prozent

Typ/Baugruppe	Neu/gut	Neu/schlecht	Instandg. gut	Instandg. schlecht
ZT 300/Motor	68	70	54	58
MTS-50/Motor	68	61	56	48
ZT 300/Vorderachse	83	84	80	79
MTS 50/Vorderachse	90	90	80	80

1. Problemstellung

Extrapolationsmethoden verlangen eine Stichprobe der Größe n , in der die k gemessenen Grenznutzungsdauern in einer Folge ($t_1 < t_2 < \dots < t_k$) vorliegen, wobei die $(n - k)$ noch nicht ausgefallenen Elemente eine Grenznutzungsdauer haben müssen, die größer als die größte gemessene Grenznutzungsdauer t_k ist. Diese Bedingung läßt sich bei Prüfstandsuntersuchungen leicht realisieren, bei der Untersuchung von schon im Einsatz befindlichen Maschinen ist sie nicht erfüllt. Letztere Form führt in der Regel zu einer Stichprobe, die aus mehreren Zuführungen besteht und deren noch nicht ausgefallenen Elemente teilweise den Extrapolationszeitpunkt noch nicht erreicht haben $/1/ /2/$. Eine solche Stichprobe muß nach speziellen Schnittverfahren für die Extrapolation aufbereitet werden. Das derzeit angewendete Schnittverfahren $/1/ /2/$ weist den Nachteil auf, daß die Information über

- Ausfälle von Elementen vor dem Extrapolationszeitpunkt, deren Maschinen aber den Extrapolationszeitpunkt in ihrer Nutzungsdauer noch nicht erreicht haben und
- nach dem Extrapolationszeitpunkt (rechts vom Schnitt) liegende Ausfälle

verlorengeht. Das nachfolgend vorgeschlagene Verfahren nutzt diese bisher verlorengegangenen Informationen weitgehend aus. Seine Vorteile liegen darin, daß bei gleichem Stichprobenaufwand ein geringerer Mittelwertfehler erreicht wird und daß sich das Risiko der Extrapolation, begründet im Wesen der Extrapolation selbst, vermindert.

2. Lösungsweg

Das vorgeschlagene Verfahren geht von folgenden Voraussetzungen aus:

* Universität Rostock, Sektion Landtechnik (Direktor: Prof. Dr. sc. techn. Chr. Eichler)

(Schluß von S. 559)

Literatur

- 1/ Eichler, Ch.: Grundlagen der Instandhaltung am Beispiel landtechnischer Arbeitsmittel. Berlin: VEB Verlag Technik 1970
- 2/ Ihle, G.: Zu den Möglichkeiten der Projektierung eines günstigen Ausfallverhaltens landt. Arbeitsmittel. Dt. Agrartechnik 21 (1971) H. 9, S. 401-404
- 3/ Kragelski, I. W.: Reibung und Verschleiß. Berlin: VEB Verlag Technik 1971
- 4/ Tartakowski, I. B.: Der Verschleiß von Maschinenteilen als zufällige Größe. Vestnik masinostroemja (1966) H. 2, S. 3-8
- 5/ Tartakowski, I. B.: Methoden zur Verschleißberechnung bei Maschinenteilen. Vestnik masinostroemja (1967), H. 9, S. 34-37
- 6/ Fleischer, G.: Terminologie „Reibung und Verschleiß“, Teil I-IV. Schmierungstechnik 3 (1972) H. 7 bis 12
- 7/ Borrmann, K.-D.: Einfluß der Pflege und Wartung auf die Grenznutzungsdauer landtechnischer Arbeitsmittel. agrartechnik 23 (1973) H. 1, S. 31-32
- 8/ Nitsche, K.: Über das Abnutzungsverhalten und die Instandhaltungsseignung von Landmaschinen und Traktoren. Dt. Agrartechnik 14 (1964) H. 10, S. 445-448
- 9/ Eichler, Ch./W. Schiroslawski: Zur Planung des Bedarfs an instandgesetzten Baugruppen. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 9, S. 408-412

A 9249

- alle Elemente der Stichprobe gehören der gleichen Grundgesamtheit an und haben damit den gleichen Verteilungstyp
- der dem Schädigungsverhalten zugrunde liegende Verteilungstyp ist hinreichend bekannt
- das Schädigungsverhalten verändert sich im verbleibenden Extrapolationszeitraum nicht statistisch nachweisbar.

Hinsichtlich des Ermitteln des Verteilungstyps wird auf $/1/$ verwiesen. Es sei jedoch angeführt, daß für praktische Belange in vielen Fällen mit der Normalverteilung gearbeitet werden kann.

2.1. Ermitteln der Parameter

Unter den angegebenen Voraussetzungen werden die Parameter der Verteilungsfunktion des Schädigungsverhaltens wie folgt bestimmt: Das Ermitteln der relativen Summenhäufigkeiten wird über das Schnittverfahren in bestimmten Zeitabständen über das ganze Zeitstrahlendiagramm durchgeführt (Bild 1). Diese Zeitpunkte werden so gelegt, daß sie jeweils mit den Ausfallzeitpunkten übereinstimmen. Bei größeren Stichproben ($n \approx 100$) ist es möglich, mit konstanten Zeitabständen unabhängig von den Ausfallzeitpunkten zu arbeiten. Die Anzahl der Ausfälle k ergibt sich über die Vorschrift des Schnittverfahrens $/1/ /2/$ zu

$$k = k_1 - k_4 \quad (1)$$

Die Stichprobengröße n wird zu

$$n = n_0 - k_3 \quad (2)$$

bestimmt. Darin sind

k_1 Anzahl aller Ausfälle bis zum Extrapolationszeitpunkt t_e
 k_3 Anzahl der Maschinen, deren Alter geringer als der Extrapolationszeitpunkt t_e ist

k_4 Anzahl der Ausfälle von Elementen bis t_e , deren Maschinen t_e noch nicht erreicht haben

n_0 Stichprobengröße der ursprünglichen Erhebung

Die relative Summenhäufigkeit p wird dann über

$$p = \frac{k}{n - 1} \quad (3)$$

oder in Prozent aus

$$H_{rel} = \frac{k}{n - 1} 100 \quad [\%] \quad (4)$$

ermittelt.

Die so ermittelten Summenhäufigkeitsprozente werden in bekannter Weise in ein dem Verteilungstyp entsprechendes Wahrscheinlichkeitsnetz eingetragen und zu einer Geraden verbunden. Für die Linearität dieser Geraden ist der Bereich $10 \text{ Prozent} \leq H_{rel} \leq 90 \text{ Prozent}$ ausschlaggebend $/3/$. Mittlere Grenznutzungsdauer, Standardabweichung sind dem Wahrscheinlichkeitsnetz direkt zu entnehmen (Normalverteilung) oder über die Parameter der jeweiligen Verteilungsfunktion zu bestimmen $/4/$.

2.2. Ermitteln der Vertrauensgrenzen der Parameter

Die Summenhäufigkeitsprozente sind unabhängig vom vorliegenden Verteilungstyp Beta-verteilt. Mit dieser Grundlage werden die Vertrauensgrenzen für die einzelnen Summenhäufigkeitsprozente konstruiert, deren Verbindungslinien die sogenannten Kontrollkurven ergeben (Bild 2). Die Ver-