

## 5. Auswertung der Rechenergebnisse

### 5.1. Berechnung der vorhandenen Standardabweichung

Um die durchschnittlichen Grenznutzungsdauerwerte bezüglich ihrer Verwendbarkeit beurteilen zu können, ist es erforderlich, daß die Lage der Einzelwerte um den Mittelwert festgestellt und durch ein zweckmäßiges Maß gekennzeichnet wird. Dazu wird die mittlere quadratische Abweichung (Standardabweichung) verwendet. Im vorliegenden Falle wird die Standardabweichung der Einzelwerte  $T_{i,j}$  um den Zentralwert  $T_{6;16}$  festgestellt.

Die Standardabweichung errechnet sich wie folgt:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (T_{i,j} - T_{6;16})^2}$$

Darin sind

- T Grenznutzungsdauer in ha
- s Standardabweichung in ha
- n Anzahl der Einzelwerte.

Zuerst wurde die Standardabweichung  $s_i$  der DDR-Werte für die Jahre ( $T_{i;16}$ ) um den Zentralwert  $T_{6;16}$  errechnet.

Hierfür gilt:

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^5 (T_{i;16} - T_{6;16})^2}$$

Um die einzelnen Ersatzteilpositionen miteinander vergleichen zu können, wird die relative Streuung  $s'_i$  (in %) ermittelt.

$$s'_i = \frac{s_i}{T_{6;16}} \cdot 100$$

In Tafel 1 sind 14 von 24 untersuchten Ersatzteilpositionen mit dem dazugehörigen Grenznutzungsdauerwert für die gesamte DDR über 5 Jahre ( $T_{6;16}$ ) entsprechend der Höhe der relativen Streuung zusammengestellt. Für jede Position wurde die hauptsächlichste Art der Schädigung der Teile angegeben.

Außerdem wurde die Standardabweichung  $s_j$  der Bezirkswerte über 5 Jahre ( $T_{6;j}$ ) um den Zentralwert ( $T_{6;16}$ ) ermittelt.

\* Institut für Landmaschinentechnik, Leipzig  
(Direktor: Dr.-Ing. H. REICHEL)

<sup>1</sup> Teil I s. H. 4, S. 185

Tafel 1. Streuung  $s_j$  der Grenznutzungsdauerwerte  $T_{i;16}$  (DDR ges. 1961 bis 1965) um den Zentralwert  $T_{6;16}$

Nr. d. Plan-Liste	Ersatzteilbezeichnung	$T_{6;16}$ ha	$s_i$ ha	$s'_i$ %
7471	Tastradlager	62	5,1	8,24
7389	Lagergehäuse	435	53,0	12,21
7465	Kettenspannrolle	190	28,5	15,04
7368	Siebkette	37	5,8	15,71
7402	Schleifring	62	10,2	16,51
7456	Köpfmesser	37	7,1	19,11
7613	Gleitschuh	160	33,4	20,91
7359	Antriebswelle, hint.	197	56,1	28,42
7348	Kegehrad, 15 Zähne	164	53,2	32,41
7440	Führungsrohr, geschw.	484	175,0	36,11
7553	Rodeeinrichtung	114	42,2	37,02
7577	Siebrahmen, lks.	556	233	41,82
7296	Radgabel, geschw.	825	395	47,83
7319	Roderrahmen	355	386	108,83

Art der Schädigung des Teiles:

<sup>1</sup> Verschleiß    <sup>2</sup> Verschleiß und Überlastung    <sup>3</sup> Überlastung

Die Standardabweichung ergibt sich wie folgt:

$$s_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^{14} (T_{6;j} - T_{6;16})^2}$$

Es wird jedenfalls die dazugehörige relative Streuung errechnet. Die Berechnung von  $s_j$  wurde nur für die Positionen durchgeführt, deren relative Streuung der DDR-Werte jährlich ( $T_{i;16}$ ) um den Zentralwert  $T_{6;16}$  kleiner 30 % ist.

Die Ergebnisse zeigen, daß eine wesentlich größere Abweichung der Bezirksmittelwerte um den Zentralwert vorliegt als bei den jährlichen DDR-Mittelwerten um den Zentralwert. Dieses Ergebnis war zu erwarten, da die im Abschnitt 3 behandelten Einflußfaktoren zwischen den einzelnen Bezirken mehr streuen als zwischen den Jahren.

Die Berechnung der relativen Streuung  $s'_j$  ergab, daß für insgesamt 24 untersuchte Ersatzteilpositionen nachfolgende Summenhäufigkeit vorhanden war:

Positionen	rel. Streuung (in %)
1	< 10
6	< 20
12	< 30
18	< 40
21	< 50
22	< 60

Zwei Positionen wiesen eine Streuung von mehr als 100 % auf.

Aus Tafel 1 ist ersichtlich, daß bei den Ersatzteilen, die durch Verschleißvorgänge ihre Betriebstauglichkeit verlieren, die Streuung am geringsten ist. Typische Beispiele sind die Positionen Tastradlager, Siebkette, Köpfmesser und Schleifring. Die Positionen, die in der Hauptsache durch Überlastung ihre Betriebstauglichkeit verlieren, haben eine wesentlich größere Streuung als die Verschleißteile. Das hat seine Ursache in der größeren Zufälligkeit des Schadhafwerdens durch Überlastung.

### 5.2. Überprüfung der Abhängigkeit der Grenznutzungsdauerwerte von den berücksichtigten Einflußfaktoren

Um einschätzen zu können, welche der Primärdaten die großen Streuungen der Grenznutzungsdauerwerte verursachen, wird die Tendenz der zeitlichen Entwicklung der Maschinenbestände und Hektarleistungen für die gesamte DDR ermittelt, wobei das Jahr 1961 als Bezugsjahr verwendet wird (Tafel 2).

Da für die vom E 710 abgererntete Fläche für die betrachteten Jahre (außer 1961) eine etwa gleichbleibende Höhe vorhanden ist, würde bei Vorliegen einer starken Abhängigkeit der Grenznutzungsdauer von der Hektarleistung je Maschine etwa ein umgekehrt proportionales Verhalten der Grenznutzungsdauer zur Hektarleistung je Maschine vorliegen.

Die Abhängigkeit der Grenznutzungsdauer von dem Einflußfaktor Hektarleistung je Maschine wurde mit Hilfe des Streudiagramms bei den Positionen untersucht, die eine relativ geringe Standardabweichung  $s_i$  aufweisen. Daraus war er-

Tafel 2. Zeitliche Entwicklung der Maschinenbestände und Hektarleistungen

Jahr	1961	1962	1963	1964	1965
Maschinenbestand [St.]	4116	4533	4797	4820	4730
Maschinenbestand, bezogen auf das Jahr 1961	1	1,10	1,16	1,17	1,15
Hektarleistung [ha/Masch.]	30	37	36	41	36
Hektarleistung, bezogen auf das Jahr 1961	1	1,23	1,20	1,36	1,20

sichtlich, daß kein erkennbarer Zusammenhang zwischen der Grenznutzungsdauer und der Hektarleistung je Maschine vorhanden ist.

Aus dem Vergleich zwischen der zeitlichen Entwicklung der Hektarleistung je Maschine und der der Grenznutzungsdauerwerte für die Jahre 1961 bis 1965 folgt, daß für die Streuung der Grenznutzungsdauerwerte der Umsatz verantwortlich ist.

Die Abhängigkeit der Nutzungsdauer von den anderen genannten Einflußfaktoren wird über den Umsatz wirksam. Da diese Einflußfaktoren z. Z. nicht alle quantifizierbar sind, ist ein exakter Nachweis der Wirksamkeit dieser Faktoren auf den Umsatz und damit auf die Grenznutzungsdauer nicht möglich.

Untersuchungen von [4] über die Abhängigkeit des Umsatzes von den genannten Einflußfaktoren für die hier betrachteten Ersatzteilpositionen ergaben, daß bei allen Ersatzteilpositionen ein relativ großer Anteil der Streuung von den Einflußfaktoren verursacht wird, die z. Z. nicht quantifizierbar sind. Insbesondere trifft dies für das unterschiedliche Niveau der Instandsetzung in der Landwirtschaft zu.

Bei der untersuchten Position Siebkette werden die Einflußfaktoren Beschaffenheit des Bodens und das Niveau des Instandhaltungswesens bzw. des Spezialisierungsgrades der Instandsetzung besonders sichtbar.

Tafel 3 beinhaltet für jeden Bezirk die durchschnittlichen Grenznutzungsdauerwerte als absoluten und als relativen Wert zum DDR-Durchschnitt sowie die Umsatzkennziffern (UKz) für die Ersatzteilposition Siebkette, glatt, wovon 33 St. je Siebkette enthalten sind.

Auf Grund der besonderen Aggressivität des Bodens in den Bezirken Rostock, Schwerin, Neubrandenburg und Potsdam ist anzunehmen, daß hier die Grenznutzungsdauer gegenüber den anderen Bezirken geringer ist, was sich auch bis auf 2 Ausnahmen bestätigt. Diese Aussage gilt nur unter der Annahme, daß in allen Bezirken etwa gleiche Verhältnisse in der Frage der Ersatzteilbestände vorliegen.

Da die Anzahl der im betrachteten Zeitraum instand gesetzten Siebketten nicht ermittelt werden kann, wird der Umsatz der Siebstäbe herangezogen. Feststellungen in der Praxis haben ergeben, daß das Schadhafwerden der Siebstäbe fast ausschließlich die Betriebstauglichkeit der Siebkette begrenzt. Es zeigt sich aus der Aufstellung die Tendenz, daß mit höher werdender Umsatzkennziffer die errechnete Grenznutzungsdauer ebenfalls größer wird. Speziell für die Bezirke Magdeburg und Halle, wo eine spezialisierte Instandsetzung der Rübenvollerntemaschinen erfolgt, ist diese Tendenz sichtbar.

## 6. Einschätzung der Ergebnisse

Um die bei der Berechnung der Grenznutzungsdauer aus den Umsätzen der NL der VVHB in die Ergebnisse eingehenden Fehler in ihrer Höhe feststellen zu können, ist es erforderlich, diese Rechenwerte mit den Istwerten der Grenznutzungsdauer zu vergleichen. Dieser Vergleich ist durch das Fehlen solcher Istwerte nicht möglich. Es ist deshalb nur möglich, durch Feststellung der vorhandenen Streuung die Brauchbarkeit der errechneten durchschnittlichen Grenznutzungsdauer je Teil zu beurteilen.

Eine Angabe der Größe der Einzelfehler ist aus den Gründen der Quantifizierbarkeit der Einflußfaktoren nicht möglich.

Auf die besondere Problematik bei der Errechnung der durchschnittlichen Grenznutzungsdauer für Instandsetzungsteile muß noch hingewiesen werden. Werden Ersatzteilpositionen bei der Instandsetzung der Maschinen auf- oder nachgearbeitet, ist es durch die Erfassung des Umsatzes oder des Verbrauchs bei diesen Ersatzteilpositionen nicht möglich, die Grenznutzungsdauer in der hier durchgeführten Art zu errechnen, da eine ganz bestimmte Fläche bei Untersuchung einer Einzelposition mit Hilfe dieser instand gesetzten Ersatzteile abgeerntet wird. Das bedeutet, daß immer eine für das Neuteil zu hohe Grenznutzungsdauer errechnet wird (Durch-

Tafel 2. Darstellung des Einflusses des Spezialisierungsgrades auf die Grenznutzungsdauer der Ersatzteilposition „Siebkette“

Bezirk	Siebkette	Grenzn.-Dauer	Siebstab, glatt Umsatz- kennziffer (UKz) St. je 100 Masch.
	durchschn. $T_{6;j}$	$T_{6;j} \cdot 100$	
	ha	%	
Rostock	29	78,4	126
Schwerin	30	81,0	169
Neubrandenburg	31	83,8	173
Potsdam	24	64,8	65
Frankfurt	22	57,5	134
Magdeburg	38	102,5	718
Halle	42	113,5	224
Erfurt	36	97,3	39
Gera	29	78,4	17
Dresden	37	100	56
Leipzig	33	89,2	181
Karl-Marx-Stadt	38	102,5	42
DDR ges.	37	100,0	261

schnitt für Neuteil und instand gesetztes Teil), deren Differenz zur Grenznutzungsdauer, die nur für das Neuteil gilt, vom Umsatz bzw. vom Verbrauch instand gesetzter Ersatzteile sowie von der durch die Instandsetzung erreichten Grenznutzungsdauer abhängig ist. Es war nicht möglich, diesen zusätzlichen Fehler bei Instandsetzungsteilen gegenüber Verschrottungsteilen durch die Erfassung der Anzahl der im betrachteten Zeitraum instand gesetzten Teile je Position zu eliminieren. Bei der untersuchten Ersatzteilposition Gleitschuh kommt dieser Fehler besonders zum Ausdruck, da die Instandsetzung durch das Einschweißen eines neuen Verschleißbleches sehr einfach und häufig vorgenommen wird. Dadurch ist z. B. die hohe durchschnittliche Grenznutzungsdauer von 160 ha zu erklären.

Über die Verwendbarkeit der errechneten Grenznutzungsdauer für den Roder E 710 aus den Umsätzen der NL der VVHB ist zu sagen, daß sie für die Verschleißteile als Richtwerte anwendbar sind. Sie gestatten eine Einschätzung der Abstimmung der Einzelteile bezüglich der Grenznutzungsdauer untereinander und können auch bei Neukonstruktion des Nachfolgetyps bei Verwendung gleicher oder ähnlicher Einzelteile als Grundlage zur Zielstellung für eine evtl. höhere Grenznutzungsdauer dienen. Das gilt auch für die Instandsetzungsteile, wenn eingeschätzt wird, daß eine nur geringe Anzahl instand gesetzter Teile je Position in der Landwirtschaft eingebaut worden ist.

Für die Anwendbarkeit dieser Berechnungsmethode für Ersatzteile anderer Erzeugnisse ist die Frage der Beschaffung der notwendigen Primärdaten entscheidend.

Nach Durchsicht der vorhandenen Primärdaten folgt, daß sich eine Beschränkung der Anwendungsmöglichkeiten der behandelten Grenznutzungsdauerbestimmung auf die Großmaschinen zwangsläufig ergibt.

Im wesentlichen kann diese Methode bei Mähdeschern, Rübenvollerntemaschinen, Köpflern, Kartoffelvollerntemaschinen und Mähhäckslern angewendet werden.

Eine Ermittlung der Grenznutzungsdauer von Standardteilen und Wiederholteilen, die auch in anderen Erzeugnissen vorhanden sind, ist nicht in der vorgeschlagenen Art möglich, da der Umsatz z. B. eines Normteiles je Erzeugnis nicht ausgewiesen werden kann. Durch die bei der Untersuchung einiger Ersatzteilpositionen des Roders E 710 gewonnene Erkenntnis, daß nur für Verschleißteile Grenznutzungsdauerwerte mit noch vertretbarer Streuung ermittelt werden, schränkt sich die Zahl der zu untersuchenden Ersatzteilpositionen für jedes Erzeugnis stark ein. Insbesondere bei Instandsetzungsteilen ist die Möglichkeit zu überprüfen, ob eine Erfassung der Anzahl der spezialisiert instand gesetzten Ersatzteile praktisch durchgeführt werden kann, die eine Eliminierung dieses Fehlers gestattet.

Auf Grund der im Industriezweig Landmaschinenbau vorhandenen Festlegung, daß für die Verschleißteile der Haupterzeugnisse sowie der Neu- und Weiterentwicklungen Verschleißgrenzen und Grenznutzungsdauerwerte anzugeben

sind, ist eine relativ einfache und mit geringen Kosten verbundene Methodik zur Ermittlung solcher Werte zu erarbeiten. Da es sich bei den hier geforderten Grenznutzungsdauerwerten um Richtwerte handelt, wird eingeschätzt, daß die über den Umsatz der Niederlassungen der VVHB errechneten durchschnittlichen Grenznutzungsdauerwerte trotz ihrer Fehlerhaftigkeit eine Grundlage für Abschätzungen darstellen.

Zur Einschätzung der Verschleißteile bei Neu- und Weiterentwicklungen besteht die Möglichkeit, die errechneten Werte für die Grenznutzungsdauer der Verschleißteile des Typenvorläufers zu verwenden, wenn auf Grund der Verwendung gleicher oder ähnlicher Teile solche Schlußfolgerungen möglich sind. Außerdem kann nach Serienbeginn durch die Errechnung der Grenznutzungsdauer eine Kontrolle des Grenznutzungsdauer-Richtwertes erfolgen.

Zur Ausarbeitung der Grenznutzungsdauerwerte für Verschleißteile bei den bereits in Serie befindlichen Erzeugnissen kann die errechnete Grenznutzungsdauer als Ausgangsbasis benutzt werden, wenn eine Errechnung auf Grund vorhandener Primärdaten möglich ist.

Eine Ersatzteilplanung für länger als zwei Jahre in Serie gefertigter Erzeugnisse auf Grund errechneter Grenznutzungsdauerwerte scheidet aus, da von den Umsätzen ausgegangen wird und diese bei Rückrechnung wieder die Ausgangsdaten

sind. Für die Ersatzteilplanung sollte eine genaue Analyse des Umsatzes je Position weitergeführt werden, damit alle bedarfsbildenden Faktoren berücksichtigt werden. Die wesentlichste Aufgabe zur Verbesserung der Ersatzteilplanung ist das Vorhandensein und vor allem die Anwendung der Verschleißgrenzen (Aussonderungsgrenzen und Schrottgrenzen) im Instandsetzungssektor der Landwirtschaft.

Bei Anwendung vorhandener Verschleißgrenzen und damit eines etwa gleichen Niveaus der Instandsetzung in der DDR ist eine repräsentative Ermittlung der wirklichen Grenznutzungsdauer der Einzelteile zum Zweck der Ersatzteilplanung nicht notwendig, da das aufgezeichnete statistische Material in den Zirkulationsorganen eine präzise und vor allem statistisch gesicherte Aussage ergibt, die auch alle anderen bedarfsbildenden Faktoren beinhaltet. Daraus folgt, daß zur Verbesserung der Ersatzteilplanung und -versorgung die Erarbeitung wissenschaftlich begründeter Verschleißgrenzen für Baugruppen und Einzelteile sowie deren Anwendung bei der Instandsetzung unbedingt erfolgen muß.

Die Verwendung der Grenznutzungsdauerwerte zur Ersatzteilplanung ist dort notwendig, wo kein statistisches Material über den Umsatz bzw. Verbrauch vorliegt. Das ist bei Neukonstruktionen der Fall.

#### Literatur

- [4] —: Forschungsteilbericht: Bedarfsvorhersage für Landmaschinenersatzteile. Institut für Datenverarbeitung, Dresden-Klotzsche, 1967  
A 7424/11

## Aus unseren Ingenieurschulen für Landtechnik

Dipl.-Ing. M. DELITZ, KDT\*

## Berechnung von Schleuderscheiben

### 1. Allgemeines

In der Landtechnik sind vielfach Aggregate als Baugruppen oder selbständige Maschinen zu finden, die das Gut mit Hilfe von Zentrifugal- und Coriolisbeschleunigung auf eine Abwurfgeschwindigkeit bringen und dann auf einer ballistischen Bahn gegen Luftwiderstand im freien Wurf fördern. Dazu gehören u. a.

- Bodenfräsen
- Schleuderscheiben für Kalk, Mineraldünger, Sand, Jauche, Gülle, Stäubemittel
- Aufnehmertrommeln
- Wurfförderer
- Schleuderradrodler für Kartoffeln
- Kreiselradpumpen.

An allen genannten Aggregaten wirken Zentrifugal- und Corioliskraft, Gewicht, Reibungswiderstände und Trägheitskräfte auf die zu beschleunigenden Teilchen.

Der im freien Wurf wirkende Luftwiderstand ist um so weniger zu vernachlässigen, je geringer die Dichte des zu fördernden Mediums, je geringer die Teilchengröße, je kleiner die Fördermenge und je größer die Abwurfgeschwindigkeit sind. Bei kleiner Fördermenge gewinnt der Widerstandsbeiwert der Fördergutteilchen zunehmend an Bedeutung, da dann der Fördergutstrahl oder -schleier an Kompaktheit verliert und das einzelnen Teilchen dem Luftwiderstand stärker ausgesetzt ist.

Im vorliegenden Beitrag sollen Schleuderscheiben, wie sie beispielsweise an Schleuderdüngerstreuern Verwendung finden, untersucht werden. Berechnet werden soll die Abwurfgeschwindigkeit, mit der die Teilchen die Scheibe verlassen, ferner soll versucht werden, eine Aussage über Antriebsleistung und Drehmoment zu treffen.

### 2. Formen von Schleuderscheiben

Schleuderscheiben sind kreisrund flach oder nach außen kegelförmig ansteigend. Sie besitzen eine vertikale Drehachse und rotieren mit konstanter Winkelgeschwindigkeit. Damit das Gut tangential auf Umfanggeschwindigkeit beschleunigt werden kann, sind sie an der Oberseite mit Leitschaufeln versehen. In der Praxis haben normale und rückwärts ausgestellte gerade oder gekrümmte Schaufeln den Vorrang. Theoretisch sind natürlich auch in Drehrichtung nach vorn gekrümmte Schaufeln möglich. Bei ihnen treten jedoch infolge hoher Corioliskräfte große Reibungsverluste auf. In Bild 1 sind Schleuderscheiben- und Schaufelformen dargestellt.

Die Schaufeln können in zwei Grenzformen auftreten:

- Rückwärts gekrümmte Schaufel, bei der gerade die Corioliskraft gleich Null wird. Die Form hängt von der Scheibendrehzahl und dem Reibungsfaktor Gut/Scheibe ab. Es treten geringe Reibungsverluste auf. Die Abwurfgeschwindigkeit (und damit auch die Wurfweite) ist gering.
- Normale Schaufel mit größerer Abwurfgeschwindigkeit und Wurfweite. Die Reibungsverluste sind jedoch ebenfalls größer.

### 3. Kräfte am Masseteilchen

Bild 2 zeigt jeweils ein Masseteilchen während der Bewegung. Nach dem Prinzip von d'Alembert erhält man für den allgemeinen Fall (rückwärts angestellte Schaufel- und keglige Schleuderscheibe) folgendes Kräftegleichgewicht:

$$F_Z \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta - m \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta - F_R - F = 0 \quad (1)$$

\* Ing.-Schule für Landtechnik, Berlin-Wartenberg (Direktor: Dipl.-Ük. K. SCHMIDT)