

# Bestimmung von Vertrauensbereichen für Ersatzteil-Verbrauchskennzahlen nach einer Methode der mathematischen Statistik

Dipl.-Ing. H.-J. Petersohn, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

Hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der in der sozialistischen Landwirtschaft der DDR eingesetzten Maschinen und Geräte sind Grundvoraussetzungen für die weitere Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion, für die Durchführung von industriemäßigen Produktionsmethoden. Damit werden große Anforderungen an die qualitäts- und bedarfsgerechte Ersatzteilversorgung gestellt. Wesentliche Bedeutung hat dabei eine wissenschaftliche Bedarfsermittlung für Ersatzteile und Ersatzbaugruppen.

## 1. Planungsgrößen für die Ersatzteilbedarfsplanung

### 1.1. Verbrauchskennzahlen als Schätzwerte einer Stichprobe

Bekannte Planungsgröße für den Ersatzteilbedarf ist die mittlere Verbrauchskennzahl (VKZ), angegeben in Stück je Maschine und Jahr. Im folgenden wird die allgemeiner gehaltene Dimension Stück je Maschine und Betrachtungszeitraum (bzw. betrachtete Maßnahme) verwendet. Betrachtungszeiträume können Jahr, Kampagne, Instandsetzungsmaßnahme, Richtsatztage, Zeit zwischen 2 Ersatzteillieferungen usw. sein.

Das Ermitteln der VKZ-Werte geschieht

- empirisch aufgrund von Erfahrungswerten
- durch statistische Erfassung der Anzahl der verbrauchten Ersatzteile  $V$ , bezogen auf die Anzahl der untersuchten Maschinen  $M$  entsprechend der Beziehung (1).

$$VKZ = \frac{V}{M} \frac{\text{Stück}}{\text{Maschine} \cdot \text{Betrachtungszeitraum}} \quad (1)$$

Weit verbreitet ist die Angabe der VKZ bezogen auf 100 Maschinen, d. h., Gleichung (1) wird mit dem Faktor 100 multipliziert. In der Praxis wird nicht unterschieden, ob das untersuchte Ersatzteil einmal oder mehrmals in der Maschine vorkommt.

Die empirische Methode hat Berechtigung, wenn erste Schätzwerte benötigt werden.

Bei der statistischen Erfassung, die im folgenden näher betrachtet wird, muß man davon ausgehen, daß die entsprechend Gl. (1) berechneten VKZ-Werte als Schätzwerte einer Stichprobe zu betrachten und als solche zu interpretieren sind. Der Stichprobenumfang  $M$  ist aus ökonomischen Gründen begrenzt.

In der praktischen Anwendung statistischer Methoden wird in solchen Fällen eine Intervallschätzung durchgeführt. Man bestimmt einen Vertrauensbereich, in dem mit einer bestimmten statistischen Sicherheit  $S$  der tatsächliche Wert des gesuchten Parameters der Grundgesamtheit zu erwarten ist.

Das bedeutet für den vorliegenden Fall, daß die VKZ einer Ersatzteilposition aller eingesetzten Maschinen mit der angesetzten statistischen Sicherheit  $S$  irgendwo in diesem Vertrauensbereich liegt.

Die repräsentativen VKZ-Werte für die Ersatzteilpositionen der zu versorgenden Arbeitsmittel werden im allgemeinen nicht mit ihren Schätzwerten aus den Stichproben mit begrenzten Umfängen  $M$  übereinstimmen. Sie können sowohl darüber als auch darunter liegen. In der Praxis werden diese Schätzwerte der VKZ bisher als repräsentativ für die zu versorgenden Maschinen angesehen und im Ersatzteilversorgungssystem entsprechend behandelt.

Vorgeschlagen wird deshalb, auf der Grundlage der VKZ-Schätzungen nach Gl. (1) Vertrauensbereiche für VKZ zu

berechnen und diese bei der Ersatzteilbedarfsplanung zu berücksichtigen  $/1/ /2/$ .

Die obere Schranke des VKZ-Vertrauensbereichs begrenzt den Bereich der möglichen VKZ-Werte. Diese obere Grenze wird im folgenden mit  $p_{10}$  bezeichnet.

Das Planen mit Vertrauensbereichen erfordert in vielen Ebenen des Ersatzteilversorgungssystems ein Umdenken. Man muß stets davon ausgehen, daß mit Wahrscheinlichkeitswerten gerechnet wird. Setzt man z. B. bei der Ersatzteilplanung die obere Grenze des VKZ-Vertrauensbereichs  $p_{10}$  formell anstelle des bisher üblichen VKZ-Schätzwertes, dann wird in den meisten Fällen eine zu große Menge geplant. Richtig werden Vertrauensbereiche behandelt, wenn die Planung auf Bezugswerten aus diesem Bereich aufbaut und der entsprechend der oberen Grenze  $p_{10}$  ebenso mögliche Ersatzteilverbrauch („pessimistische Variante“) im Bedarfsfall kurzfristig voll gedeckt werden kann. Dies kann z. B. durch eigens zu diesem Zweck zentral angelegte Sicherheitsbestände geschehen.

### 1.2. Vertrauensbereiche für VKZ

Die Bestimmung von VKZ-Vertrauensbereichen ist nach Methoden der mathematischen Statistik möglich, sofern man die VKZ als relative Häufigkeit, also nach Gl. (1a) dimensionslos interpretiert.

$$vkz = \frac{V}{N} \quad (1a)$$

$V$  Anzahl der ausgefallenen Elemente

$N$  Anzahl der untersuchten Elemente

Zwischen den Beziehungen (1) und (1a) besteht also ein grundlegender Unterschied. Bei der Anwendung der Formel (1a) muß die Anzahl der Wiederholungen des Ersatzteils in der Maschine berücksichtigt werden. Es gilt  $N = M$ , wenn das Teil einmal in der Maschine vorkommt,  $N = 2M$ , wenn das Teil zweimal in der Maschine eingebaut ist usw.

Damit ist das Problem der Berechnung der VKZ-Vertrauensbereiche auf die Bestimmung von Vertrauensbereichen von relativen Häufigkeiten zurückgeführt.

Im Abschnitt 2 wird diskutiert, unter welchen praktischen Bedingungen diese Betrachtungsweise der VKZ möglich ist. Zur Unterscheidbarkeit mit der herkömmlichen VKZ wird für relative Häufigkeiten  $vkz$  geschrieben.

Die Berechnung der Vertrauensbereiche für VKZ läßt sich in jedem Fall auf die kumulative Form der Binomialverteilung nach Gl. (2) zurückführen.

$$\sum_{j=0}^k \binom{N}{j} p_1^j (1 - p_1)^{N-j} = P(N, k, p_1) \quad (2)$$

$j$  Laufindex

$k$  Begrenzung des Laufindex  $j$

$p_1$  Ausfallwahrscheinlichkeit (Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von einmaligen Ausfällen im Betrachtungszeitraum)

$P(N, k, p_1)$  Wahrscheinlichkeitswert

Das Symbol  $P(N, k, p_1)$  bedeutet die Wahrscheinlichkeit, daß von  $N$  untersuchten Ersatzteilen bzw. Ersatzbaugruppen einer Ersatzteilposition höchstens  $k$  Elemente ausfallen, sofern die Ausfallwahrscheinlichkeit  $p_1$  beträgt.

Die obere Grenze  $p_{10}$  des VKZ-Vertrauensbereichs kann man aus Gl. (2) berechnen, wenn man die rechte Seite durch die Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$

$$\alpha = 1 - S \quad (3)$$

S statistische Sicherheit für die Berechnung des VKZ-Vertrauensbereiches

ersetzt, anstelle von  $p_1$  die obere Grenze  $p_{10}$  schreibt und den Index bis  $j = V$  laufen läßt (V Anzahl der Ausfälle). Damit ergibt sich

$$\sum_{j=0}^V \binom{N}{j} p_{10}^j (1 - p_{10})^{N-j} = \alpha \quad (4)$$

Prinzipiell kann man durch Umstellen der Beziehung (4) nach  $p_{10}$  die obere VKZ-Vertrauensgrenze berechnen.

Für den Sonderfall  $V = 0$ , der insbesondere bei der Erprobung neuentwickelter landtechnischer Arbeitsmittel eine Rolle spielt [1/3], sei dies im folgenden demonstriert: Aus Gl. (4) ergibt sich mit  $V = 0$

$$p_{10} = 1 - \alpha \frac{1}{N} \quad (5)$$

Die kumulative Binomialwahrscheinlichkeit nach Gl. (2) liegt in vielen Werken der mathematischen Statistik tabelliert vor [4/5], so daß man aus diesen Tabellen die VKZ-Vertrauensgrenzen  $p_{10}$  in Abhängigkeit von der vorausgesetzten statistischen Sicherheit  $S = 1 - \alpha$  ablesen kann. Beispiel:

Bei  $N = 9$  Teilen einer Ersatzteilposition wurden bei der Erprobung  $V = 3$  Ausfälle registriert. Wie groß ist die VKZ-Vertrauensgrenze  $p_{10}$  für eine statistische Sicherheit  $S = 0,75$  (Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha = 0,25$ )?

Die Lösung erfolgt anhand der in Tafel 1 auszugsweise angegebenen Werte der Summenwahrscheinlichkeit der Binomialverteilung. Man sucht in der Zeile ( $N = 9$ ;  $V = 3$ ) denjenigen Wahrscheinlichkeitswert, der der Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$  am nächsten kommt. Das ist die in Tafel 1 unterstrichene Summenwahrscheinlichkeit 0,2540. Speziell zu diesem Wahrscheinlichkeitswert würde eine obere Grenze der VKZ  $p_{10} = 0,50$  gehören. Die von  $\alpha$  bestimmte obere Grenze  $p_{10}$  muß bei größeren Abweichungen des Tabellenwerts von  $\alpha$  durch Interpolieren angenähert werden. In diesem Beispiel kann auf die Interpolation verzichtet werden. Das Ergebnis sagt aus: Bei einer statistischen Sicherheit  $S = 0,75$  liegt die obere Vertrauensgrenze der VKZ bei  $p_{10} = 0,50$ .

Im Bild 1 sind für verschiedene statistische Sicherheiten  $S$  die oberen Grenzen der VKZ-Vertrauensbereiche  $p_{10}$  in Abhängigkeit von der Zahl  $N$  der untersuchten Teile entsprechend der Beziehung (5) für den Fall dargestellt, daß die Ersatzteile nicht ausfallen ( $V = 0$ ). Nach Gl. (2) ergibt sich ein geschätzter Wert für  $v_{kz} = 0$ . Dieser Schätzwert wird mit  $\hat{p}_1$  bezeichnet.

Damit ist es möglich, auch dann begründete Verbrauchskennwerte für Ersatzteile anzugeben, wenn im Untersuchungszeitraum keine Ausfälle zu verzeichnen waren [1/2].

An dieser Stelle muß aber darauf hingewiesen werden, daß man bei der praktischen Anwendung unbedingt die Aussagemöglichkeiten der mathematischen Statistik mit ingenieurtechnischen Überlegungen verbinden muß. Wenn also z. B. in der Erprobung keine Ausfälle einer Position auftraten, dann muß untersucht werden, ob diese Ersatzteilposition den Dauerteilen, Abnutzungsteilen oder schnell verschleißenden Teilen zuzuordnen ist. Dies kann geschehen über

Tafel 1. Auszug aus einer Tabelle der kumulativen Binomialverteilung [5]

V	$p_{10}$	...	0,40	0,45	0,50	0,55	...
0			0,0101	0,0046	0,0020	0,0008	
1			0,0706	0,0385	0,0196	0,0091	
2			0,2318	0,1495	0,0899	0,0498	
3			0,4826	0,3614	<u>0,2540</u>	0,1658	

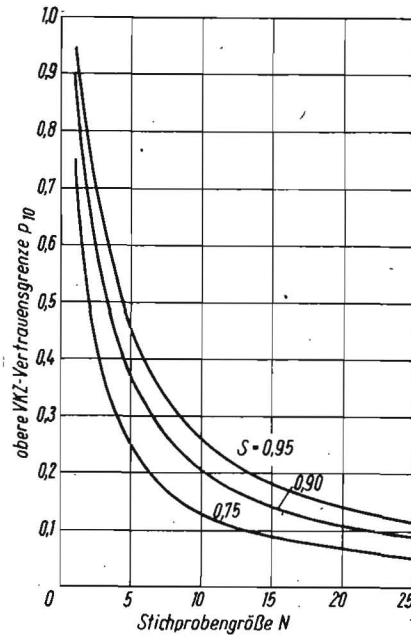


Bild 1. Abhängigkeit der oberen VKZ-Vertrauensgrenze  $p_{10}$  von der Stichprobengröße  $N$ ;  $\hat{p}_1 = 0$

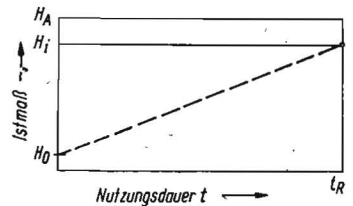


Bild 2. Qualitative Darstellung des Abnutzungsbetrages ( $H_1 - H_0$ ) einer Bohrung, festgestellt bei einer Rückvermessung;  $t_R$  Nutzungsdauer zum Zeitpunkt der Rückvermessung,  $H_1$  Istmaß beim Erreichen von  $t_R$ ,  $H_A$  Aussonderungsgrenze,  $H_0$  Istmaß bei der Grundvermessung ( $t = 0$ ).

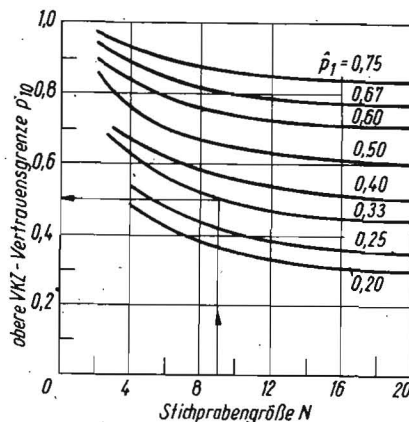


Bild 3. Abhängigkeit der oberen VKZ-Vertrauensgrenze  $p_{10}$  von der Stichprobengröße  $N$ ;  $\hat{p}_1 > 0$ ,  $S = 0,75$

- Auswertung des Verschleißverhaltens dieser Positionen, z. B. durch Rückvermessung grundvermessener Teile
- Analogiebetrachtungen des Vorläufertyps.

Die angegebenen VKZ-Vertrauensbereiche wären dann sinnvoll anzuwenden, wenn bei den nicht ausgefallenen Positionen anlässlich der Rückvermessung entsprechende Abnutzung festgestellt wird bzw. wenn diese aufgrund von Analogieschlüssen mit dem Vorläufertyp mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist.

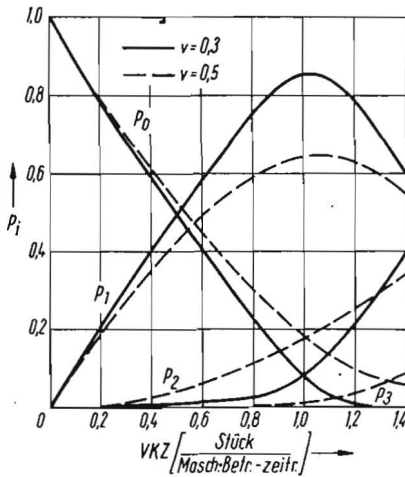


Bild 4  
Wahrscheinlichkeiten  $p_i$  in Abhängigkeit von der VKZ

## 2. Wahrscheinlichkeitstheoretische Voraussetzungen zur Bestimmung der Vertrauensbereiche für VKZ

Wird die VKZ als relative Häufigkeit  $vkz$  interpretiert, so stellt sie die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von einmaligen Ausfällen der untersuchten Ersatzteilposition im Betrachtungszeitraum dar  $|1/ |2/ |7/$ . Dafür wird im folgenden  $p_1$  geschrieben:

$$vkz = p_1 \quad (6)$$

Diese Betrachtungsweise ist statthaft, wenn im Betrachtungszeitraum lediglich einmalige Ausfälle einer Position in einer Maschine und Nichtausfälle (Durchläufer) auftreten. Dann können die Vertrauensgrenzen der VKZ  $p_{10}$  in der angegebenen Weise berechnet werden. Es gilt hier

$$0 \leq VKZ \leq 1.$$

Obige Bedingung ist nicht erfüllt, wenn im Betrachtungszeitraum eine Position in einer Maschine mehrfach ausfällt. In den Untersuchungen dieses Abschnitts werden folgende Wahrscheinlichkeitsgrößen verwendet:

- $p_0$  Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Nichtausfällen
- $p_1$  Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von einmaligen Ausfällen
- $p_2$  Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von zweimaligen Ausfällen

usw.

Diese Wahrscheinlichkeiten lassen sich auf der Grundlage der Erneuerungstheorie in Abhängigkeit von der VKZ und der Variationskoeffizienten  $v$  der Grenznutzungsdauer (GND) berechnen.

Bei unterstellter Normalverteilung der GND ergeben sich die im Bild 4 dargestellten Zusammenhänge  $p_i = f(VKZ, v)$ ,  $i = 0, 1, 2, \dots$ , erfolgte nach einem Näherungsverfahren, das von Kozniowska u. a. angegeben wurde  $|8/$ .

Falls andere Verteilungstypen das GND-Verhalten beschreiben, man aber trotzdem mit der Normalverteilung rechnet, ergeben sich nach den Untersuchungen von Stock  $|3/$  relativ geringe Fehler für die angegebenen Beziehungen.

Aus Bild 4 ist zu ersehen, daß die Wahrscheinlichkeit  $p_1$  desto genauer vom Zahlenwert der VKZ angegeben wird, je kleiner die VKZ und der Variationskoeffizient  $v$  sind.

Eine Überprüfung der mit der Wahrscheinlichkeitstheorie berechneten Funktionen  $p_i = f(VKZ, v)$  nach Bild 4 ist möglich, wenn man das Ausfallverhalten konkreter landtechnischer Arbeitsmittel untersucht und Nichtausfälle, einmalige, zweimalige Ausfälle usw. einer Ersatzteilposition in einer Maschine unterscheidet.

Entsprechende Untersuchungen wurden für Serienmaschinen des Mähreschers E 512, die nach der Auslieferung erstmalig in der Kampagne arbeiteten, für die Jahre 1971 bis 1973 durchgeführt  $|9/$ . Die Ausfalldaten wurden den EDV-Drucklisten des Programmsystems SCHAEVER des VEB Kombinat Fortschritt — Landmaschinen — Neustadt/Sa. entnommen.

Im Bild 5 sind die Ergebnisse für die Ersatzteilposition Breitkeilriemen des Mähreschers E 512 dargestellt. Der Vergleich mit den theoretischen Verläufen zeigt gute Übereinstimmung.

Läßt man einen gewissen Fehleranteil an Mehrfachausfällen zu, z. B. eine zulässige Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von zweimaligen Ausfällen einer Position in einer Maschine von  $p_2 = 0,02$ , dann gelten die Zusammenhänge nach Bild 6. Danach wäre für alle VKZ-Werte und die dazugehörigen Variationskoeffizienten  $v$  der GND unterhalb der im Bild 6 dargestellten Grenzkurve die VKZ als Ausfallwahrscheinlichkeit  $p_1$  nach Gl. (6) zu interpretieren. Es können danach die Vertrauensbereiche der VKZ berechnet werden.

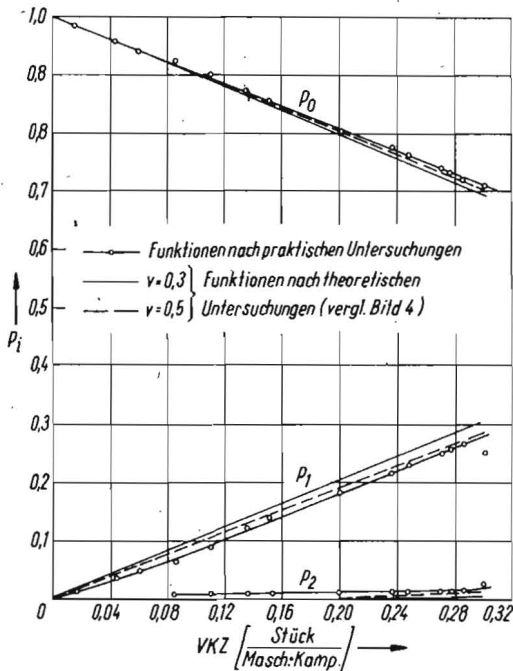


Bild 5. Funktionen  $p_i = f(VKZ)$  für die Ersatzteilposition Breitkeilriemen (MD E 512)

Im Bild 2 ist das Ergebnis der Rückvermessung einer grundvermessenen Abnutzungsstelle (Bohrung) dargestellt. Das entsprechende Teil war nicht ausgefallen ( $\hat{p}_1 = 0$ ). Der relativ hohe Abnutzungsbetrag ( $H_i - H_0$ ) berechtigt zur Annahme der Vertrauensgrenzen  $p_{10}$  nach Bild 1.

Wendet man Vertrauensbereiche mit hohen statistischen Sicherheiten aber für die Ersatzteilplanung von Dauerteilen an, so kommt es zu einer zu hohen Planung.

Im Bild 3 sind für verschiedene geschätzte VKZ-Werte  $\hat{p}_1 > 0$  bei einer vorgegebenen statistischen Sicherheit  $S = 0,75$  die VKZ-Vertrauensgrenzen  $p_{10}$  in Abhängigkeit von  $N$  nach der Beziehung (4) dargestellt. Das Ergebnis  $p_{10} = 0,5$  des obigen Beispiels ( $N = 9$ ,  $V = 3$ ,  $\hat{p}_1 = V/N = 0,33$ ) wurde eingezeichnet.

Diese rein statistischen Aussagen sind bei praktischen Auswertungen, insbesondere bei kleinen VKZ-Schätzwerten  $\hat{p}_1$ , wie oben bereits erläutert, mit ingenieurmäßigen Einschätzungen und Erfahrungswerten zu verbinden.

In den meisten Tafelwerken ist die Binomialverteilung entsprechend Gl. (2) nur bis  $N = 25$  tabelliert. Für größere  $N$  ist die rekursive Berechnung der kumulativen Binomialwahrscheinlichkeiten mittels EDVA möglich  $|6/$  bzw. sind unter gewissen Bedingungen Näherungsformeln auf der Basis der Normalverteilung zur Berechnung der VKZ-Vertrauensgrenzen  $p_{10}$  anwendbar  $|1/ |6/$ .

Untersuchungen, z. B. die von Baier /10/, zeigen, daß die überwiegende Anzahl der Ersatzteilpositionen in Landmaschinen — etwa 95 Prozent — VKZ-Werte  $< 0,4$  haben. Nach Bild 6 war  $VKZ = 0,4$  der Zahlenwert, bis zu dem nur Nichtausfälle und einmalige Ausfälle zu erwarten sind, und zwar ohne daß der Variationskoeffizient  $v$  der GND Einfluß hat.

Die VKZ-Werte nach Baier sind auf den Betrachtungszeitraum Jahr bezogen. Wählt man kleinere Betrachtungszeiträume, wie das in der Praxis bereits getan wird, dann werden die VKZ zahlenmäßig noch kleiner.

Ein Sonderfall ergibt sich für die Kampagnefestinsandsetzung. Sieht man von Montageschäden ab, so sind hier nur einmalige Austauschmaßnahmen möglich, so daß die VKZ für spezialisierte Instandsetzungen immer kleiner als 1 sein werden.

### 3. Zusammenfassung

Es wurde eine Methode der mathematischen Statistik zur Berechnung von Vertrauensgrenzen für VKZ vorgestellt.

Die dargestellten Aussagen der mathematischen Statistik sind sinnvoll zu interpretieren mit ingenieurtechnischen Überlegungen aus dem Verschleißverhalten (Grundvermessung/Rückvermessung) und/oder mit Erfahrungswerten (Analogieschlüsse zum Vorläufertyp). Die wahrscheinlichkeitstheoretischen Berechnungen wurden durch Untersuchungen des praktischen Ausfallverhaltens von Serienmaschinen des Mähreschers E 512 bestätigt.

#### Literatur

/1/ Ihle, G.; Petersohn, H.-J.; Stock G.: Zum Ersatzteilbedarf landtechnischer Arbeitsmittel unter besonderer Berücksichtigung der Erprobungsergebnisse und des Serienanlaufes. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Zwischenbericht (30. Okt. 1974) für den VEB Kombinat Fortschritt — Landmaschinen — Neustadt (Sa.) (unveröffentlicht).  
 /2/ Petersohn, H.-J.: Zur Ersatzteilgrundplanung landtechnischer Arbeitsmittel zu Serienbeginn. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Vortrag auf der 3. Weiterbildungstagung für Absolventen am 6. und 7. Febr. 1975.

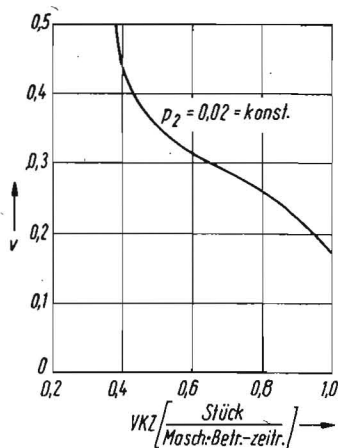


Bild 6  
Grenzkurve  $p_2 = \text{konst.}$

/3/ Ihle, G.; Petersohn, H.-J.; Stock, G.: Methode zur Bewertung der Zuverlässigkeit zu Serienbeginn unter besonderer Berücksichtigung aller Informationen aus der Entwicklungsmustererprobung und des Typvorläufers. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Zwischenbericht (Juni 1974) für den VEB Kombinat Fortschritt — Landmaschinen — Neustadt (Sa.) (unveröffentlicht).  
 /4/ Owen, D. B.: Handbook of Statistical Tables. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Reading 1962.  
 /5/ Müller; Neumann; Storm: Tafeln der mathematischen Statistik. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1973.  
 /6/ Sachs, L.: Statistische Auswertungsmethoden. Berlin — Heidelberg — New York: Springer-Verlag 1968.  
 /7/ Petersohn, H.-J.: Zur Berücksichtigung der Lagerbestände und Versorgungssicherheiten bei der Ersatzteilbedarfsplanung des Herstellers landtechnischer Arbeitsmittel. Vortrag auf der 5. Wissenschaftlich-technischen Tagung „Landtechnisches Instandhaltungswesen“ am 4. und 5. Dez. 1974 in Neubrandenburg.  
 /8/ Kosniewska, I.: Die Erneuerungstheorie. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1969.  
 /9/ Voigtländer, D.: Untersuchungen zur Ersatzteilplanung zu Serienbeginn eines neuen Erzeugnisses. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik 1974, Ingenieurpraktikumsarbeit im Auftrag des VEB Kombinat Fortschritt — Landmaschinen — Neustadt (Sa.) (unveröffentlicht).  
 /10/ Baier, M.: Probleme einer bedarfsgerechten und rationellen Ersatzteilversorgung von Maschinenbauerzeugnissen. TU Dresden, Dissertation 1969 (unveröffentlicht). A 9956

## Vergleich von gebrochenem und direktem Verfahren beim Zuckerrübentransport

Dipl.-Agr. Ing. Ok. R. Schmalfuß

Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim der AdL der DDR, Zweigstelle Meißen — Landwirtschaftlicher Transport

### 1. Einleitung

Um den Bedarf unserer Bevölkerung an Zucker möglichst aus eigenem Aufkommen abzudecken und um auch die Ansprüche der tierischen Produktion an Futtermittel zu berücksichtigen, ist eine Erweiterung des Produktionsvolumens bei Zuckerrüben erforderlich. Damit in Verbindung steht die Forderung nach einem rationellen und möglichst schmutzarmen Transport des Rohstoffs.

Neben ökonomischen Vergleichen bringt dieser Beitrag Aussagen zur Frage, ob transportverfahrensabhängige Beziehungen hinsichtlich des Schmutzgehalts der in der Zuckerfabrik angelieferten Rüben bestehen. Betrachtet werden im Vergleich zwischen gebrochenem und ungebrochenem Verfahren des Rübenverkehrs zur Zuckerfabrik

- Höhe des Verschmutzungsgrades
- Zeitaufwand
- Leistung
- Transportkosten.

### 2. Gegenwärtige Transportverfahren und mögliche zukünftige Veränderungen

Für die Gestaltung des Transports der Zuckerrüben von der Erntemaschine (EM) zur industriellen Verarbeitung zeichnen sich nach Hey /1/ vier Grundvarianten der Ortsveränderung ab:

- EM ———→ Übergabestelle ———→ Zuckerfabrik
- EM ———→ Übergabestelle ———→ zentraler Lager- u. Umschlagplatz im Territorium
- EM ———→ zentraler Lager u. Umschlagplatz im Territorium ———→ Zuckerfabrik
- EM ———→ Zuckerfabrik