

# Ermittlung optimaler Varianten des Baugruppenversorgungssystems der Landwirtschaft der DDR

Dipl.-Ing. M. Reichel, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

## 1. Einleitung

Das landtechnische Instandhaltungswesen hat die Aufgabe, mit hoher Verfügbarkeit der landtechnischen Arbeitsmittel, z.B. kurzen Instandsetzungsbedingten Stillstandszeiten, den Hauptprozeß „landwirtschaftliche Produktion“ direkt zu fördern. Diesem Ziel dient auch das Baugruppenversorgungssystem der Landwirtschaft der DDR, das den Baugruppenforttausch über ein Netz von Austauschstützpunkten sichert und damit den Betrieben der sozialistischen Landwirtschaft die Möglichkeit kurzer Beschaffungszeiten von Baugruppen bietet. Die Instandsetzungsbedingte Stillstandszeit wird wesentlich durch die Beschaffungszeit beeinflusst.

Im vorliegenden Beitrag werden verschiedene Varianten des Versorgungssystems über Simulation auf ihre Zirkulationskosten und deren Bestandteile untersucht. Aus dem Variantenvergleich werden Vorschläge für die territoriale Struktur des Baugruppenversorgungssystems abgeleitet.

## 2. Berechnungsgrundlage

Ausgangspunkt der Betrachtungen ist eine allgemeine Darstellung des Versorgungssystems (Bild 1). Auf die Baugruppenbewegungen im Versorgungsbereich 3 wird nachfolgend nicht näher eingegangen, da die VEB Kreisbetrieb für Landtechnik und die landwirtschaftlichen Betriebe hinsichtlich der Baugruppenversorgung eine Einheit bilden.

Nach [1] gliedern sich die Gesamtkosten für Instandsetzungsarbeiten in Instandhaltungskosten  $K_I$ , zu denen die Lohn-, Gemein- und Materialkosten gerechnet werden, und Zirkulationskosten  $K_Z$ , zu denen die Kosten für den Transport  $K_T$ , die Lagerkosten  $K_L$  und die Kosten für Austauschbaugruppen  $K_{AT}$  gehören.

In Anwendung dieser Gliederung auf das Problem „Zirkulationskosten im Baugruppenversorgungssystem“ werden die aufgeführten Kostenbestandteile um die Terme Ausfallverluste  $K_A$  und Kosten für operativen Tausch  $K_{Op}$  ergänzt.

Die Ausweisung der Ausfallverluste bietet die Möglichkeit, die Wirksamkeit verschiedener Strukturen des Baugruppenversorgungssystems hinsichtlich des Verhältnisses von Aufwand zu Nutzen zu vergleichen. Der Verfasser ist sich klar, daß auf diese Art und Weise eine Verknüpfung von Kosten und Verlusten erfolgt, hält dieses Vorgehen aber für gerechtfertigt, um die Auswirkungen von Stillstandszeiten zu verdeutlichen.

Verschiedentlich wird die Auswahl einer Versorgungsstruktur nur durch die Analyse der Auswirkungen auf einen Partner des Versorgungssystems begründet. In der vorliegenden Darstellung wird der Versuch unternommen, alle wesentlichen Bestandteile der Zirkulationskosten bei den am Baugruppenversorgungssystem beteiligten Partnern zusammenzufassen. Damit ergibt sich die allgemeine Gleichung für die Zirkulationskosten in den Versorgungsbereichen 1 und 2:

$$K_Z = K_T + K_{AT} + K_A + K_{Op} \quad (1)$$

Aus Gl. (1) wird ersichtlich, daß die Lagerkosten unberücksichtigt bleiben werden. Die Vernachlässigung dieses Terms erfolgt unter der Annahme, daß die Lager- und Umschlagtechnologien bei den beteiligten Partnern annähernd gleich sind und deshalb im Bereich der hier auftretenden Lagergrößen die Lagerkosten als unabhängig von der Anzahl getauschter Baugruppen angesehen werden können.

### 2.1. Transportkosten $K_T$

Grundlage für die Berechnung dieses Kostenanteils ist die Preisanordnung Nr. 3030/3 [2]. Die Ermittlung erfolgt nach Anlage 1, Teile A, B und C. In diesem Kostenanteil ist das Entgelt für die Wartezeit während des Be- und Entladevorgangs enthalten. Die Kosten für Hebezeuge und Arbeitskräfte werden nicht einbezogen, da wegen der Vergleichbarkeit verschiedener Varianten von durchschnittlich ausgerüsteten Austauschstützpunkten und gleicher Länge des Be- und Entladezyklus bei den beteiligten Partnern ausgegangen wird. Für den Versorgungsbereich 2 wird weiterhin voraus-

gesetzt, daß die Öffnungszeiten des Austauschstützpunktes mit den Öffnungszeiten der Instandsetzungsbasis des VEB KfL und den Schichtzeiten der landwirtschaftlichen Betriebe identisch sind. Diese Betrachtungsweise vereinfacht die Modelle und gibt beispielsweise die Möglichkeit, eine Vorbelastung des Transportmittels zu berücksichtigen.

### 2.2. Ausfallverluste $K_A$

Die Ausfallverluste enthalten die infolge Instandsetzungsbedingter Stillstandszeit landtechnischer Arbeitsmittel entstandenen Verluste, zusätzlichen Aufwendungen oder ausfallenden Erlöse.

In den Modellen werden die Ausfallverluste in der Primärsphäre (unmittelbar im Produktionsprozeß) berücksichtigt.

Zur Berechnung der Ausfallverluste existieren verschiedene Verfahren [1, 3, 4], die im Ergebnis spezifische Ausfallverluste für die Kombination Traktor-Bearbeitungsgerät und selbstfahrende Erntemaschine angeben.

Für die Modellierung der Varianten macht es sich erforderlich, die Ausfallverluste in einem Parameterbereich zu erfassen, der möglichst viele der in [1, 3, 4] angegebenen Kombinationen umfaßt. Es ist nicht möglich, die Ausfallverluste einer bestimmten Baugruppe zuzuordnen.

Unter Berücksichtigung der bisher aufgeführten Festlegungen bzw. Vereinfachungen ergeben sich die Ausfallverluste  $K_A$  in M wie folgt:

$$K_A = k_A t_{is} \quad (2)$$

$k_A$  spezifische Ausfallverluste in M/h Ausfall

$t_{is}$  Instandsetzungsbedingte Stillstandszeit in h.

Die Instandsetzungsbedingte Stillstandszeit wird unter Vernachlässigung der Teilzeiten, wie Erkennungszeit, Informationszeit, Wartezeit, Transportzeit, Instandsetzungszeit, Vorbereitungs- und Abschlußzeit, auf die Beschaffungszeit reduziert, da die aufgeführten Teilzeiten nicht durch das Baugruppenversorgungssystem beeinflusst werden können.

Entsprechend dieser Definition entstehen Ausfallverluste nur dann, wenn die Baugruppe aufgrund eines erschöpften Austauschstocks nicht sofort getauscht werden kann und Wartezeit auftritt, die die Beschaffungszeit wesentlich vergrößert.

In den Modellen wird die bei einem planmäßigen Baugruppentausch auftretende Beschaffungszeit nicht als Grundlage für die Berechnung von Ausfallverlusten gewertet, da geplante Tauschmaßnahmen über organisatorische Maßnahmen in den Einsatzbetrieben der Arbeitsmittel gesichert werden können.

Die Wartezeit bei Erschöpfung des Austauschstocks ergibt sich nach Gl. (3):

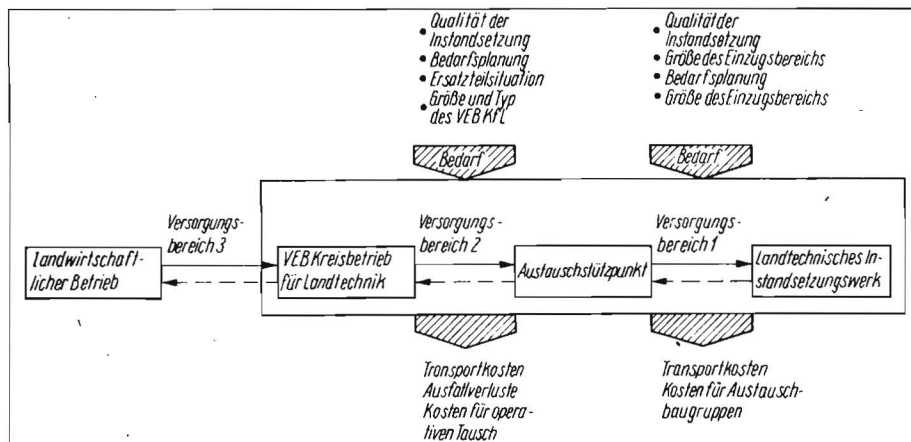
$$T_w = DT_{08} \sum_{j=1}^q \frac{1}{F_j} \frac{(F_j - N)(F_j - N + 1)}{2} \quad (3)$$

$D$  Länge des Lieferzyklus des LIW in d

$T_{08}$  Schichtzeit in h/d

$F_j$  Anzahl der Forderungen nach Bau-

Bild 1. Allgemeine Darstellung der Baugruppenbewegung im Versorgungssystem mit wesentlichen Einflußfaktoren



gruppentausch im j-ten Zyklus in St./Lieferzyklus

N Größe des Austauschstocks in St./Lieferzyklus

q Anzahl der Lieferzyklen.

### 2.3. Kosten für Austauschbaugruppen

Dieser Bestandteil der Zirkulationskosten wird nach [5] ermittelt:

$$K_{AT} = \frac{PrN}{Ab} \quad (4)$$

Pr Industriabgabepreis in M  
Ab Abschreibungszeitraum in a.

Die Größe des Austauschstocks ergibt sich aus dem in [6] beschriebenen Modell M2 in Abhängigkeit vom mittleren Forderungenstrom nach Baugruppentausch und von einer gewählten Versorgungssicherheit.

### 2.4. Kosten für operativen Tausch

Trotz vorbeugender Instandsetzung sind plötzliche Ausfälle nicht absolut vermeidbar, so daß neben dem Anteil planmäßiger Baugruppentausche ein Anteil Baugruppentausche existiert, der nach plötzlichen Ausfällen entsteht.

Aus diesem Anteil plötzlicher Baugruppentausche wird ein operativer Tauschanteil abgeleitet, der sich dadurch auszeichnet, daß für jede dieser Forderungen eine außerplanmäßige Fahrt zum Austauschstützpunkt notwendig wird. Bei realisiertem Tausch ermittelt sich die Stillstandszeit nach Gl. (5):

$$t_{is} = T_F + T_{BE} \quad (5)$$

$T_F$  Fahrzeit für operativen Tausch in h

$T_{BE}$  Be- und Entlade- sowie Verlustzeit beim Tausch in h.

Danach kann Gl. (2) präzisiert werden:

$$K_A = k_A \left[ \sum_{j=1}^q T_{Wj} + \sum_{j=1}^q (T_F + T_{BE})_j \right] \quad (6)$$

$\sum_{j=1}^q T_{Wj}$  Summe der Wartezeit für die unbefriedigten Tauschforderungen ( $N = 0$ )

$\sum_{j=1}^q (T_F + T_{BE})_j$  Summe der Beschaffungszeit für alle im Soforttausch realisierten operativen Tausche.

### 2.5. Parameterbereiche der Modelle

Für die Modellierung verschiedener Versorgungssysteme wurde nach Untersuchung gegenwärtig tatsächlich auftretender Verhältnisse (Einzugsbereich, Maschinendichte, Anzahl der Baugruppentausche) das in Bild 2 dargestellte Territorium ausgewählt. Die Betrachtungen beziehen sich auf eine Großbaugruppe mit

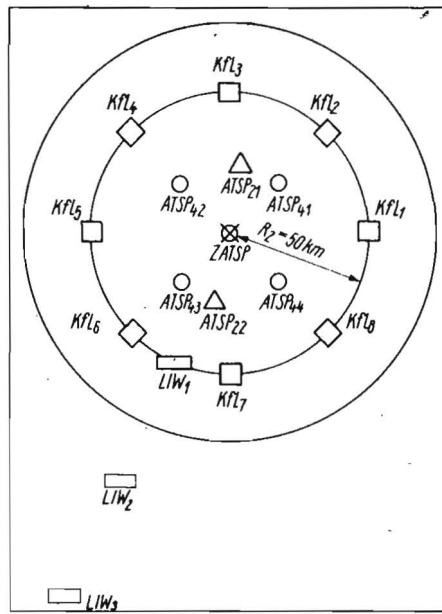


Bild 2. Modellterritorium; Abkürzungen im Text erläutert

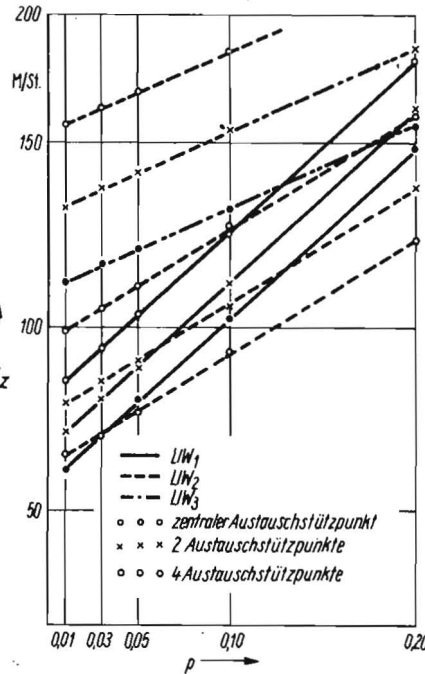


Bild 3. Zirkulationskosten  $K_z$  in Abhängigkeit vom Anteil operativen Tausches (Versorgungssicherheit 0,80, spezifische Ausfallverluste 100 M/h)

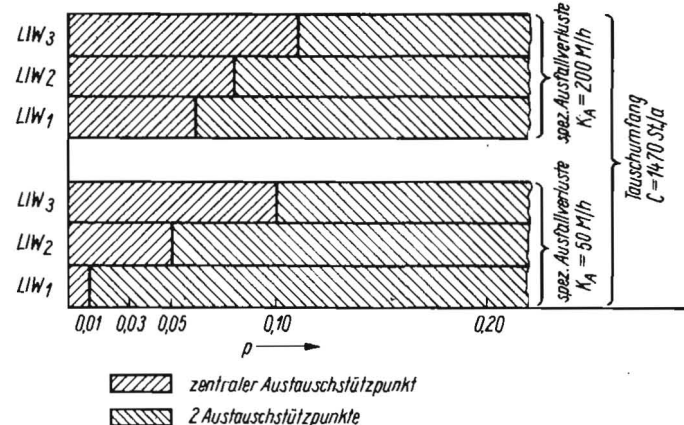


Bild 4 Darstellung des Geltungsbereichs von Varianten des Versorgungssystems in Abhängigkeit von der Größe des operativen Tauschanteils und der Lage des LIW

folgenden angenommenen Werten:

- Masse 550 kg
- IAP 10000 M
- Abschreibungszeitraum 14 Jahre
- Maschinendichte  $d = 0,204$  St./km<sup>2</sup>
- Ausfallfaktor  $k = 0,3$  1/a.

Das Modellterritorium (Bild 2) wird durch folgende Angaben charakterisiert:

- Fläche 11500 km<sup>2</sup>
- Anzahl der VEB 8 (KfL<sub>1</sub> bis KfL<sub>8</sub>).

Im Modell werden folgende Parameterbereiche berücksichtigt:

Ausfallverluste:  $K_A = 50$  (100; 200) M/h Ausfall

Anzahl der Austauschstützpunkte:

Variante zentraler Austauschstützpunkt (ZATSP)

Variante 2 Austauschstützpunkte (ATSP<sub>2</sub>)

Variante 4 Austauschstützpunkte (ATSP<sub>4</sub>)

Lage der LIW bezüglich des geometrischen Mittelpunkts des Territoriums:

LIW<sub>1</sub> 50 km

LIW<sub>2</sub> 100 km

LIW<sub>3</sub> 200 km

Tauschumfang:

$C = 485$  (975; 1470) St./a

operativer Tauschanteil:

$p = 0,01$  (0,03; 0,05; 0,10; 0,20)

Versorgungssicherheit:

$P_s = 0,80$  (0,90; 0,95).

### 3. Ergebnisse der Berechnungen

Die Ergebnisse der Modellrechnungen zeigen, daß Transportkosten, Ausfallverluste und Kosten für operativen Tausch die Größe der Zirkulationskosten wesentlich bestimmen.

Die Abhängigkeit der Zirkulationskosten vom Anteil operativen Tausches demonstrieren die Bilder 3 und 4.

Bei geringen spezifischen Ausfallverlusten erweist sich die Variante mit zentralem Austauschstützpunkt bei einem operativen Tauschanteil im Bereich von 1 bis 12% als optimal. Für größere operative Tauschanteile sind die Varianten mit mehreren Austauschstützpunkten sinnvoll.

Mit wachsenden spezifischen Ausfallverlusten vergrößert sich der Anwendungsbereich der Variante mit zentralem Austauschstützpunkt in Richtung höherer operativer Tauschanteile.

Der beschriebene Zusammenhang wird bei einer Anzahl realisierter Baugruppentausche  $C = 1.470$  St./a besonders deutlich.

Eine kleinere Anzahl realisierter Baugruppentausche verändert das Bild dahingehend, daß die Variante mit dem zentralen Austauschstützpunkt über einen weiten Bereich des operativen Tauschanteils (bis etwa  $p = 25\%$ ) die vorteilhafteste Variante darstellt.

Untersuchungen von [7] im Versorgungsbereich eines Austauschstützpunktes weisen einen operativen Tauschanteil von etwa 16% für den Motor 4 VD 14/12,5-1 SRW aus (Anzahl realisierter Baugruppentausche  $C = 375$  St./a). Da der Einfluß von Fahrten zum Austauschstützpunkt aufgrund nicht termingerechter Baugruppenbereitstellung nicht eliminiert werden kann, liegt der tatsächliche operative Anteil in Abhängigkeit von der Versorgungssicherheit schätzungsweise 5% niedriger als oben erwähnt.

Die Aussagefähigkeit der Ergebnisse wird dadurch eingeschränkt, daß sich die Betrachtung

Fortsetzung auf Seite 394

# Entwicklung der technischen Diagnostik in der UdSSR

Prof. V. M. Michlin, Institut GOSNITI Moskau (UdSSR)

Unter den sich in letzter Zeit stürmisch entwickelnden Wissenschaftsdisziplinen nimmt die technische Diagnostik einen vorderen Platz ein. Sie befaßt sich mit der Untersuchung des technischen Zustands von Maschinen und seiner Erscheinungsformen, mit der Entwicklung von Verfahren und auch mit Fragen des Baus und der Organisation des Einsatzes von Diagnoseeinrichtungen. Die Rolle der technischen Diagnostik wächst kontinuierlich in Hinblick auf rechtzeitige Aufdeckung und Vorbeugung von Ausfällen, rationelle Ausnutzung der Abnutzungsreserven von Maschinen und Verbesserung der Effektivität des Einsatzes der technischen Arbeitsmittel.

Die Schaffung von wissenschaftlichen Grundlagen der technischen Diagnostik, die Entwicklung von Diagnoseeinrichtungen und ihre Überführung in die Serienproduktion sowie ihre breite Einführung gestatten es gegenwärtig, das wichtige Problem der optimalen Leitung des Erhalts des technischen Zustands von Maschinen zu lösen. Für diese Leitung (als Regelkreis aufgefaßt, d. Bearb.) ist vorzusehen (Bild 1):

- Messung von Parametern und Bewertung mit vorgegebenem Fehler  $\sigma$  von qualitativen Merkmalen des Zustands der Maschinen und ihrer Elemente nach einem Nutzungsdauerintervall  $t_M$
- Verarbeitung der Meßergebnisse und Vergleich der Meßwerte mit den zulässigen Grenzwerten  $D$
- Ermittlung der Restnutzungsdauer  $t_R$  der

Elemente

- Festlegung der Art (operative oder Grundinstandsetzung) und des Umfangs der Instandsetzungsarbeiten und ihrer Durchführung, um die Wiederherstellung eines bestimmten Niveaus des Zustands zu erreichen, der durch eine mittlere Nutzungsdauer  $T$  charakterisiert ist.

Die Sammlung der Daten gewährleistet die Gewinnung von Informationen über Kennziffern der Zuverlässigkeit und Effektivität von Maschinen während ihrer Nutzung, die Überprüfung eingeleiteter Maßnahmen durch den Vergleich der zu erwartenden und praktisch gewonnenen Kennziffern sowie die Korrektur der eingeleiteten Maßnahmen mit dem Ziel, minimale Abweichungen in bezug auf die Vergleichskennziffern zu erlangen.

Durchgeführte Untersuchungen haben gezeigt, daß die technische Diagnostik drei grundlegende Funktionen im Prozeß der Leitung der Erhaltung des Maschinenzustands zu erfüllen hat:

- Informationsgewinnung über den konkreten Maschinenzustand
- Verarbeitung und Analyse der erhaltenen Informationen
- Entscheidungsvorbereitung bzw. Entscheidungsfindung (Ausgabe einer anweisenden Information).

Es wurde festgestellt, daß die effektive Durchführung der technischen Diagnose es jetzt schon gestattet, nicht nur den Maschinenzustand zu beeinflussen, sondern auch auf die Strategie der Pflege und Wartung und der vorbeugenden Instandsetzung entsprechend dem jeweiligen Zustand Einfluß zu nehmen, wenn man eine maximale Anzahl von Merkmalen für die Leitung ausnutzt. Die Planmäßigkeit wird durch eine vorgeschriebene technische Überprüfung (nach bestimmter Leistung oder Nutzungsdauer) der Maschinen erreicht.

Die Forschungsarbeiten zur Entwicklung der technischen Diagnostik zur Leitung der Erhaltung des technischen Zustands von Maschinen mit großen Produktionsstückzahlen, wozu in der UdSSR Traktoren und Lastkraftwagen

zählen, werden in drei Hauptrichtungen durchgeführt:

- Diagnoseverfahren
- Diagnoseeinrichtungen
- Diagnosetechnologien.

Bei der Entwicklung der Diagnoseverfahren wird gegenwärtig den universellen Methoden, wie den vibroakustischen, den Methoden der Spektralanalyse von Öl sowie den Methoden zur Ausnutzung von Übergangsprozessen große Aufmerksamkeit gewidmet. Bei jedem dieser Verfahren ist nur eine Anbringung von ein bis zwei Meßwertaufnehmern (bzw. die Ölprobennahme) für die Überprüfung von mehreren Zustandsparametern der Maschinen erforderlich, außerdem ist eine einheitliche Gerätetechnik und Verarbeitung der elektrischen Signale realisierbar.

Diesbezüglich erweist sich insgesamt die vibroakustische Methode als überaus perspektivreich. Die große Meßunsicherheit dieser Verfahren wird durch eine kürzere Dauer der Überprüfung kompensiert. Wie Forschungsergebnisse gezeigt haben, kann die Meßgenauigkeit durch eine wirksamere Selektion des Signals, vor allem durch Messungen im Resonanzfrequenzbereich der Schwingungsaufnehmer, vermindert werden.

Untersuchungen zeigten, daß vibroakustische Diagnoseverfahren breite Anwendung bei der Überprüfung der Einspritzpumpen von Dieselmotoren, der Zylinder-Kolben-Gruppe, der Steuermechanismen für den Gaswechsel von Motoren sowie der Antriebsbaugruppen von Traktoren und Kraftfahrzeugen finden können.

Die Methode der Spektralanalyse von Öl ist hinsichtlich der Informationsgewinnung an den Elementen den vibroakustischen Verfahren unterlegen. Derzeitig ist erstere aber bequemer und zuverlässiger bei der Diagnose mit Hilfe von komplexen Zustandsparametern, die den Zustand von Aggregaten und Baugruppen vor dem Ausfall ausdrücken. Durch die Anwendung der entwickelten Laboreinrichtung KI-13915-GOSNITI für die Spektralanalyse von Öl wurde die Möglichkeit einer effektiven Diagnose von

Fortsetzung von Seite 393

gen speziell auf eine Baugruppe beziehen und nur für Großbaugruppen zu verallgemeinern sind.

Ausgehend jedoch von der Tatsache, daß Großbaugruppen wertmäßig einen größeren Anteil am Gesamtumschlag als Kleinbaugruppen aufweisen, können die Ergebnisse unter Berücksichtigung tatsächlich vorhandener Parameter für eine Variantenauswahl genutzt werden.

## Literatur

- [1] Eichler, C.: Instandhaltungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1977.
- [2] Preisanordnung Nr. 3030/3. Änderung des Güter- und Kraftverkehrsbedarfes (GKT) vom 1. Nov. 1966 (Stand 1. April 1976).
- [3] Schiroslawski, W.: Zur Kalkulation der Verluste infolge Ausfall mittels Reservemaschine. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Manuskript 1976 (unveröffentlicht).
- [4] Baram, C.G.; Potapkov, N.N.; Barbina, E.P.: Metodika opredelenija veličiny poter' zakas prostoja mobil'noj sel'skochozjajstvennoj tehniki v polevodstve (Methode zur Bestimmung der Kosten für eine Stunde Stillstand der mobilen Landtechnik). Institut GOSNITI Moskau, 1975.
- [5] Eichler, C.: Grundlagen der Spezialisierung von Baugruppeninstandsetzungsbetrieben. Berlin: VEB Verlag Technik 1962.
- [6] Reichel, M.: Berechnung der Größe von Austauschstöcken für Baugruppen in Abhängigkeit von Bedarf und Lieferregime. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Forschungsbericht 1977 (unveröffentlicht).
- [7] Wille, A.-E.: Untersuchung zum zeitlichen Ablauf des Baugruppentausches. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Großer Beleg 1979 (unveröffentlicht).

A 2468

Bild 1. Schema der Regelung des technischen Zustands von Maschinen

