

Komplexbetreuung. Im Jahr 1975 wird die gesamte Komplexbetreuung über den KfL organisiert und geleitet. Vom KfL wurde ein Ingenieur für die Komplexbetreuung eingesetzt, dem leitungsmäßig alle Betreuungsfahrzeuge des Kreises von der Grünfütterernte bis zur Hackfruchternte unterstellt sind.

### 5. Zeitweilige Mitwirkung von Mechanisatoren in der Instandsetzung

Neben den bereits genannten Aufgaben begannen wir 1974 mit den KAP-Leitungen die ideologischen Probleme der Arbeitskräftebereitstellung für die spezialisierte Instandsetzung im KfL sowie in den eigenen KAP-Werkstätten zu klären. Im Jahr 1974 ist es gelungen, zeitweise 18 Arbeitskräfte aus den KAP in den Werkstätten des KfL zu beschäftigen, wobei zu berücksichtigen ist, daß insgesamt 55 Arbeitskräfte aus der Feldwirtschaft in das Spezialisierungsprogramm der KAP-Werkstätten selbst einbezogen waren. Für 1975 gibt es vertragliche Vereinbarungen zum Mitwirken von Arbeitskräften aus den KAP in der spezialisierten Instandsetzung des KfL im Winter und zum Einsatz von Arbeitskräften aus dem KfL in der Komplexbetreuung im Sommer.

### 6. Die nächsten Aufgaben

Neben der Lösung anderer wichtiger Aufgaben des KfL bereiten drei Arbeitsgruppen im Rahmen der KDT das Spezia-

lisierungsprogramm für die Instandsetzung der Grundtechnik 1975/76 vor, um Voraussetzungen für eine weitere Konzentration der Instandsetzung im Kreis zu erreichen. Aufbauend auf den guten Erfahrungen des Jahres 1974 gehen unsere Vorstellungen dahin, das Spezialisierungsprogramm im Kreis Luckau zu erweitern. Vorgesehen ist, die Traktoren- und Anhängerinstandsetzung an zentraler Stelle mit Kräften des KfL, der KAP und LPG im 2-Schicht-System durchzusetzen.

Eine der drei KDT-Arbeitsgruppen erarbeitet gleichzeitig die Entwicklungskonzeption zur Schaffung von zentralen Instandsetzungsbasen im Kreis. Dazu muß gesagt werden, daß die geplanten Baumaßnahmen umgehend zu realisieren sind, wenn das Programm verwirklicht werden soll.

Eine weitere Arbeitsgruppe erarbeitet in einem zentralen Wettbewerb Vorstellungen zur Wartung und Pflege sowie Abstellung und Konservierung für den gesamten Kreis, wobei mit Mitteln aus der Höchstpreisunterbietung gute Leistungen materiell stimuliert werden sollen.

Wir sind der Meinung, daß im KfL Luckau mit der Einbeziehung der Betriebssektion der Kammer der Technik in die Lösung von anstehenden Aufgaben ein Weg beschritten wird, der es ermöglicht, die aktuellen Probleme auf dem Gebiet der Instandhaltung der Landtechnik schneller zu lösen und die Instandhaltungsmethoden den industriemäßigen Produktionsmethoden der sozialistischen Landwirtschaft anzupassen.

A 9977

## Untersuchungen zur technischen Betreuung von kampagneweise eingesetzten Maschinenketten

Dipl.-Ing. U. Scharf, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

Mit zunehmender Konzentration und Spezialisierung der landwirtschaftlichen Produktion ist in gleichem Maße das Instandhaltungswesen zu entwickeln. Neben den bereits vollzogenen Maßnahmen der spezialisierten Instandsetzung von Traktoren und selbstfahrenden Erntemaschinen gilt es, den Bereich der operativen technischen Betreuung zu analysieren und Lösungen zu finden, die dem hohen Grad der Verketzung von Maschinen und einem wirksamen Informationssystem entsprechen und das derzeitige Maß an Verfügbarkeit und Instandhaltungskosten nicht negativ beeinträchtigen.

### 1. Systematisierung der Aufgabe

Maschinenketten sind nach [1] erforderliche Mechanisierungsmittel für ein Arbeitsverfahren, die nach Kapazität und technischen Parametern aufeinander abgestimmt sind.

Eine Maschinenkette kann zur besseren Beschreibung nach mehreren Kriterien beurteilt werden, die in Tafel 1 dargestellt sind.

Diese Systematik schließt die Gesamtheit möglicher Verketzungen von Maschinen ein.

Setzt man voraus, daß inhomogene Maschinenketten (Verketzung von konstruktiv unterschiedlichen Maschinen) in der Praxis der Pflanzenproduktion gegenwärtig nur in kleinen Zeitintervallen existent sind und die Synchronität der Arbeitsverfahren nur bedingt möglich ist, so reduzieren sich die weiteren Betrachtungen auf mobile Maschinenketten mit gleichartigen Gliedern (homogene Maschinenketten), die zeitlich begrenzt organisiert verketzt sind und als Folge von Störungen einen Teilausfall zeigen.

#### 1.1. Ausfallcharakteristik von Maschinenketten

Unabhängig von einer für die jeweilige Maschine optimalen Instandhaltungsmethode (meistens kampagnefeste Über-

holung) treten im Intervall der planmäßigen Instandhaltungsmaßnahmen  $t_{np} \dots t_{(n+1)p}$  zufällige Störungen auf, deren Häufigkeit und Dauer durch die Qualität der Pflegemaßnahmen und täglichen Durchsichten mehr oder weniger beeinflusst wird.

Eine homogene Maschinenkette zeigt dabei ein charakteristisches Ausfallverhalten (Bild 1). Bestimmende Größen dieses Ausfallverhaltens sind die ausfallfreie Zeit, die instandhaltungsbedingte Stillstandszeit und die Wartezeit einer Maschine auf ihre Instandhaltung. Die beiden letzten Zeitkategorien beeinflussen die Verfügbarkeit negativ. Die Häufigkeit des Auftretens dieser Zeitkategorien kann durch bekannte Verteilungsgesetze beschrieben werden.

#### 1.2. Charakteristik der technischen Betreuung von Maschinenketten

Dem zufälligen Ausfall einer Maschine der Kette oder auch dem Ausfall einer Maschine in einem größeren Territorium

Tafel 1. Kriterien zur Charakteristik der Maschinenverketzung

Kriterien	Varianten	
Geometrische Ausdehnung	Glieder in der Länge $A_1 + A_2 + A_3 \dots + A_n$	Glieder in der Breite $A_1 = A_2 = A_3 \dots = A_n$
Zeitliche Dauer der Verketzung	begrenzt $T \approx \text{konstant}$	unbegrenzt $T \rightarrow \infty$
Synchronität der Arbeitsverfahren	synchron $A_1 \int_{t_1}^{t_2} dt = A_2 \int_{t_1}^{t_2} dt = \dots$	asynchron $A_1 \int_{t_1}^{t_2} dt + A_2 \int_{t_1}^{t_2} dt$
Bindungsart	konstruktiv	organisiert
Folgen bei Störungen	Totalausfall	Teilausfall kein Ausfall
Standort	mobil	ortsfest

$A_1 \dots A_n$  Kennzeichnung der Maschine

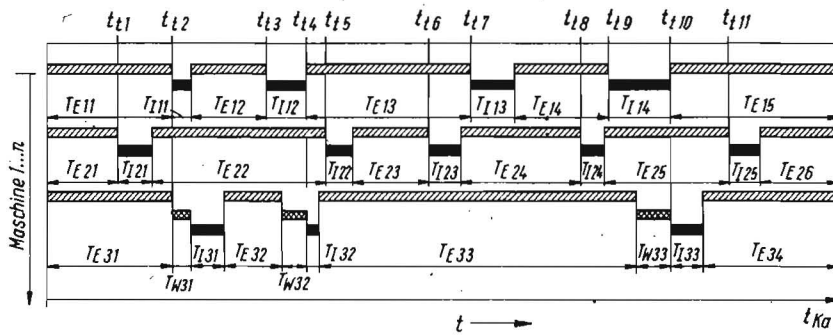


Bild 1. Charakteristik des Ausfalls von homogenen Maschinenketten und deren Instandhaltung;  $T_E$  ausfallfreie Zeit der Maschine,  $T_W$  Wartezeit der Maschine,  $T_I$  Instandhaltungsbedingte Stillstandszeit der Maschine,  $t_k$  Eingriffszeitpunkt der Instandhaltungseinheit,  $t_{ka}$  Kampagnezeit

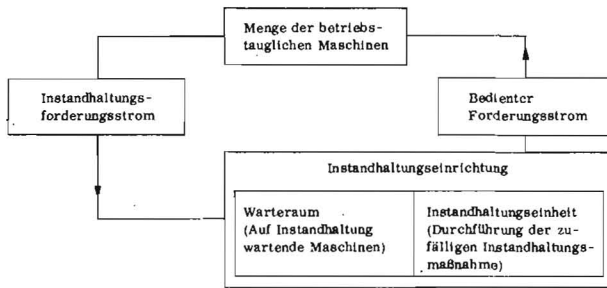


Bild 2. System zur Beseitigung von zufälligen Störungen in Maschinenketten

(Kreis) kann mit unterschiedlichen Formen der technischen Betreuung begegnet werden. Die heute geübte Praxis ist eine der Maschinenkette zugeordnete Instandhaltungseinheit mit dem Vorteil einer sofortigen Schadensbeseitigung und den Nachteilen einer Konzentration von Grund- und Umlaufmitteln sowie einer nicht befriedigenden Arbeitszeitznutzung durch die Instandhaltungskraft, insbesondere bei kleinen Maschinenketten; außerdem ist in bestimmten Fällen das Eingreifen des Landtechnischen Dienstes notwendig. Eine zweite Form der technischen Betreuung sind mobile Instandhaltungseinheiten. Sie können alle technischen Störungen beheben und sind infolge bereits vorhandener Sprechfunkverbindungen in einem größeren Territorium abzurufen. Die Verfügbarkeit wird theoretisch um die Wegezeit der Instandhaltungseinheit gemindert, praktisch wird diese Minderung zum Teil durch eine höhere Qualität der Instandhaltungsmaßnahmen aufgehoben. Die Nutzung dieser eingesetzten Fonds ist wesentlich günstiger, was letztlich auch eine angemessene Erhöhung rechtfertigt. Die mobilen Instandhaltungseinheiten können zentral geleitet werden, ein einheitliches technologisches Niveau in der Beseitigung von technischen Störungen ist realisierbar.

Eine Optimierung dieser beiden wesentlichen Betreuungsformen ist notwendig und über die entstehenden Kosten möglich. Reduziert man die Betreuungsformen auf das Wesentliche, so stellt sich die Aufgabe als ein Bedienungsproblem dar. Eine Menge betriebsfähiger Maschinen erzeugt einen Strom von Instandhaltungsforderungen, die von einer Instandhaltungseinrichtung, zu der mehrere Instandhaltungseinheiten gehören, befriedigt werden. Je nach Intensität der eintreffenden Forderungen und der Intensität ihrer Befriedigung bildet sich ein Warteraum bestimmter Stärke und ein Strom erfüllter Forderungen aus (Bild 2). Für die Menge der zu betreuenden Maschinen ist die Menge der notwendigen Instandhaltungseinheiten zu berechnen.

## 2. Berechnungsgrundlagen

Für die nachfolgende Berechnung werden zunächst einige Voraussetzungen formuliert:

— Die Berechnung der optimalen Betreuungsform soll weitgehend allgemeingültig und in der Praxis anwendbar

sein, d. h., es wird vorausgesetzt, daß die ausfallfreie Zeit der Maschinen und die instandhaltungsbedingte Stillstandszeit exponentiell verteilt sind, mit  $\lambda$  als Ankunftsrate der Instandhaltungsforderungen und  $\mu$  als Instandhaltungsrate  $/2/$ .

- Der Forderungsstrom und der Strom instand gesetzter Maschinen seien stationär, d. h., die Verteilung der ausfallfreien Zeit und die der instandhaltungsbedingten Stillstandszeit seien nur von der Länge, nicht aber von der Lage des Intervalls abhängig.
- Die Ströme seien ohne Nachwirkung, die ausfallfreie Zeit sei von der vorhergehenden ausfallfreien Zeit unabhängig, gleiches gilt für die instandhaltungsbedingte Stillstandszeit.
- Der Forderungsstrom sei ordinär. Diese Forderung ist erfüllt, wenn die Wahrscheinlichkeit der Gleichzeitigkeit des Ausfalls von 2 Maschinen innerhalb  $\Delta t$  wesentlich kleiner ist als die Wahrscheinlichkeit des Ausfalls einer Maschine  $/3/ /4/$ .

Für ausgewählte Maschinenketten der Pflanzenproduktion können diese Voraussetzungen in erster Näherung als zutreffend betrachtet werden  $/5/$ .

In die Kostengleichung werden einbezogen:

- die bei der Instandhaltung einer Maschine durch die arbeitenden Instandhaltungseinheiten entstehenden Kosten:  
 $(k_i + k_w) m_i$   
 $k_i$  Kosten für eine arbeitende Instandhaltungseinheit je Zeiteinheit  
 $k_w$  Kosten für das Warten einer ausgefallenen Maschine auf Instandhaltung je Zeiteinheit  
 $m_i$  mittlere Anzahl der arbeitenden Instandhaltungseinheiten
- die durch Warten der Instandhaltungseinheit entstehenden Kosten:  
 $(m - m_i) k_{is}$   
 $m$  Anzahl der vorhandenen Instandhaltungseinheiten  
 $k_{is}$  Kosten der wartenden Instandhaltungseinheit je Zeiteinheit
- die durch das Warten auf Instandhaltung der Maschine entstehenden Kosten:  
 $n_w k_w$   
 $n_w$  mittlere Anzahl der auf Instandhaltung wartenden Maschinen.

Kosten für die Ersetzung werden in Anbetracht der Konstanz bei allen Betreuungsvarianten nicht einbezogen, Wegekosten werden ebenfalls eliminiert.

Die je produzierende Maschine in der Zeiteinheit anfallenden Kosten ergeben sich danach zu

$$K_I = \frac{m_i (k_i + k_w) + k_{is} (m - m_i) + n_w k_w}{n_{na}} \quad (1)$$

$n_{na}$  mittlere Anzahl nicht ausgefallener Maschinen

Bild 3. Kostenoptimale Maschinenanzahl  $n$  bei Instandhaltung durch vier Instandhaltungseinheiten ( $m = 4$ )

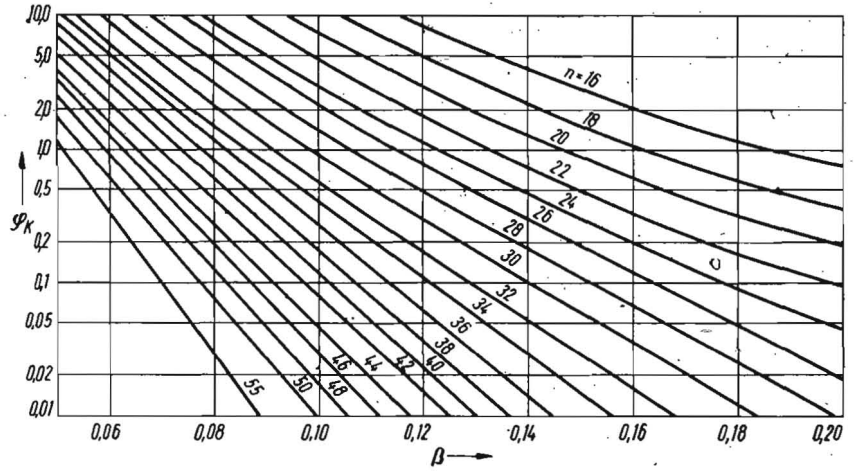
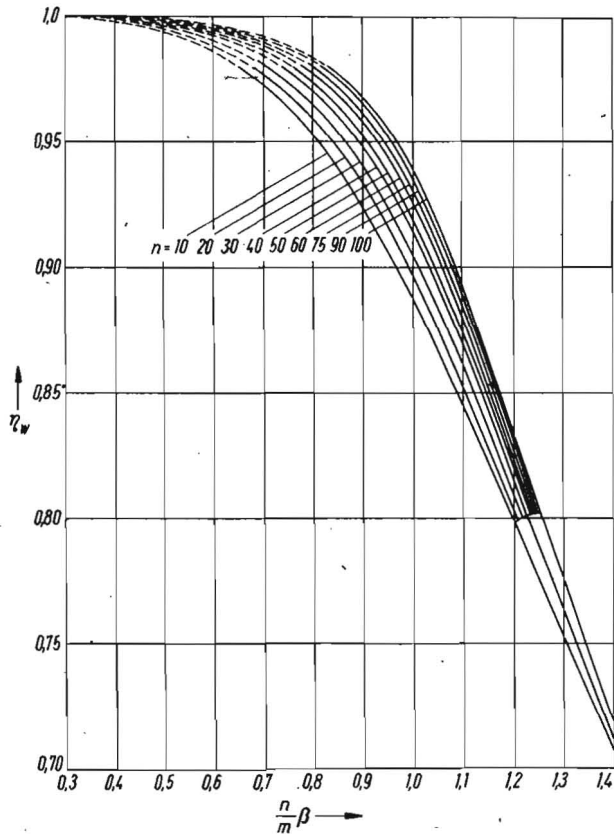


Bild 4. Auslastung einer Maschine der Maschinenkette unter Berücksichtigung des Wartens auf eine Instandhaltungseinheit bei vier zugeordneten Instandhaltungseinheiten ( $m = 4$ )



Mit  $\frac{m_i}{n_{na}} = \frac{\lambda}{\mu}$  (2)

infolge gleicher mittlerer Anzahl der Instandhaltungen je Zeiteinheit und gleicher Zahl von Instandhaltungsforderungen je Zeiteinheit bei gleichbleibender Zahl von zu betreuenden Maschinen im Territorium ergibt sich

$$K_I = \frac{\lambda}{\mu} (k_i + k_w - k_{is}) + \frac{m k_{is} + n_w k_w}{n_{na}} \quad (3)$$

Werden alle von der Anzahl zu betreuender Maschinen  $n$  und von der Anzahl vorhandener Instandhaltungseinheiten  $m$  unabhängigen Größen eliminiert, verbleibt als Kostengleichung

$$K_I(n, m) = \frac{m k_{is} + n_w k_w}{n_{na}} \quad (4)$$

Danach sind jeweils bei gewählten Größen für  $n$  und  $m$  die Kosten definitiv zu bestimmen.

Für praktische Belange stehen Diagramme zur Verfügung, die aus Gl. 4 entwickelt wurden (Bild 3).

Mit  $\varphi_k = \frac{k_w}{k_{is}}$  (5)

und  $\beta = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$  (6)

ist die Auswahl von Instandhaltungseinheiten für festgelegte Variationsbereiche möglich /5/.

### 3. Hinweise für die praktische Anwendung

- Ausgangspunkt der Untersuchung über die technische Betreuung von homogenen Maschinenketten war die Voraussetzung eines exponentiellen Ausfallverhaltens der Maschinen und der instandhaltungsbedingten Stillstandszeit. Für die Maschinenkette E 512 konnte der Nachweis bei definierten Bedingungen des Einsatzes und der Instandhaltungsorganisation erbracht werden /5/, für die Maschinenketten E 280, E 665 und KS-6 sind diese Nachweise zu führen.
- Wesentlichen Einfluß auf die Auswahl der Instandhaltungseinheiten haben die Kostenkategorien  $k_{is}$  und  $k_w$ . In einer ersten Näherung sollte für  $k_w$  eine Ersatzmaschine als Basis verwendet werden.
- Die zeitliche Nutzung der Maschinen verringert sich durch das Warten auf eine Instandhaltungseinheit beim Einsatz von mobilen Instandhaltungseinheiten nicht wesentlich:

$$\eta_w = 1 - \frac{\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)(n - n_{na}) - \frac{\lambda}{\mu} n}{n} \quad (7)$$

Nach dieser Gleichung ist  $\eta_w$  leicht zu berechnen und wegen  $n_w \ll n$  mit der technischen Verfügbarkeit zu vergleichen.

Für einige Varianten von mobilen Instandhaltungseinheiten und Maschinenkettengrößen sind dazu in /5/ (in Anlehnung an /2/) Diagramme bereitgestellt worden, die für Projektierungszwecke wertvolle Hilfe sein können (Bild 4).

- Bei intensiver Arbeit mit den dargestellten Hilfsmitteln ist ohne Zweifel erkennbar, daß sich mit zunehmender Anzahl der Instandhaltungseinheiten die Zahl der zu betreuenden Maschinen progressiv erhöht.

(Fortsetzung auf Seite 426)

