

Eine Methode zur Ermittlung der optimalen Instandsetzungsstrategie von landwirtschaftlichen Großmaschinen

Dipl.-Ing. W. Sell, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

Verwendete Formelzeichen

a,b,c	Hyperbelfaktoren
ak	Anzahl der Instandsetzungen in der Kampagne t_p
ca	M/h spezifische Ausfallkosten
d	St./km ² Maschinendichte
f	Faktor zur Berücksichtigung der Instandsetzungsqualität
f _a	% Anteil der Instandsetzungsarbeiten außerhalb der agrotechnisch möglichen Einsatzzeit
f _i	% Anteil der Instandsetzungsarbeiten innerhalb der agrotechnisch möglichen Einsatzzeit
H(t _p)	St. Anzahl der Erneuerungen im Intervall t_p
ik	Anzahl der planmäßig vorbeugenden Instandsetzungen nach der Kampagne
j	Baugruppenzähler
k	1/Jahr Anfallfaktor
K _A	M/St. Ausfallverluste
k _A	% Anlieferungsfaktor
K _{AET}	M/St. mittlere Ausfallverluste
K _B	M/St. Beschaffungskosten
K _{BET}	M/St. mittlere Beschaffungskosten für die Einzelteile
K _{DM}	M/St. Demontage- und Montagekosten
K _E	M/St. Kosten für das Element (Materialkosten)
K _G	M/St. Gemeinkosten
k _G	% Gemeinkostenfaktor
K _{ij}	M/St. Instandsetzungskosten des j-ten Elements
K _L	M/St. Lohnkosten
k _L	M/h spezifische Lohnkosten
K _{MET}	M/St. mittlere Ersatzteilkosten
K _N	M/St. Kosten für Nachfolgeschäden
K _{NET}	M/St. mittlere Kosten für Nachfolgeschäden
K _{PA}	M/St. Kosten bei plötzlichem Ausfall
K _{pl}	M/Instands. Kosten für planmäßige Instandsetzung
K _{Trm}	M/St. mittlere Transportkosten
K _Ü	M/St. mittlere Kosten für die Kampagnefestüberholung
l	Kampagnenummernindex
N	St. Seriengröße
n	St. Anzahl der Elemente (Baugruppen)
n _{AK}	Anzahl der Arbeitskräfte bei der Demontage und Montage des Elements
n _p	Anzahl der Kampagnen
s	Standardabweichung
t	ha Nutzungsdauer
t _{DM}	h Demontage- und Montagezeit
t _{IS}	M/Ausfall instandsetzungsbedingte Stillstandszeit
t _K	ha Konstruktionsnutzungsdauer
t _p	ha Instandsetzungsintervall
t _q	ha mittlere Grenznutzungsdauer des Elements
t _{qis}	ha mittlere Grenznutzungsdauer des instand gesetzten Elements
t _{qn}	ha mittlere Grenznutzungsdauer des neuen Elements
t _{sp}	M/km spezifische Transportkosten (Hin- und Rückfahrt)
zsf	% Zeitsenkungsfaktor durch die komplexe Instandsetzung gegenüber der individuellen Instandsetzung
zz	Zufallszahl (abhängig vom Verteilungstyp)

1. Problemstellung

Mit der Einführung von selbstfahrenden Großmaschinen (E 512, E 516, E 280, E 301) wurden der sozialistischen Landwirtschaft hochproduktive und leistungsfähige Maschinen zur Verfügung gestellt, die mit optimalen Kosten bei Sicherung einer hohen Verfügbarkeit instand zu halten sind. Unter Beachtung der Zielfunktion des Maschinenverhaltens besteht auch die Forderung nach hoher Materialökonomie sowie nach hoher Arbeitsproduktivität im gesamten Instandhaltungswesen [1] [2]. Daraus ergibt sich, daß in Zukunft bereits vor der Aufnahme der Serienproduktion von neuen landwirtschaftlichen Großmaschinen eine Reihe von Entscheidungen für die Instandhaltung und insbesondere für die Instandsetzung zu treffen ist. Dazu zählen zum Beispiel:

- Erarbeitung der Instandhaltungsvorschrift
- Bestimmung der optimalen vorbeugenden Instandsetzungsintervalle und des erforderlichen Instandsetzungsumfangs
- Auswahl der Instandsetzungsbetriebe
- Konstruktion und Herstellung von Betriebsmitteln
- Auswahl der Positionen für die Ein-

zelteilinstandsetzung mit den entsprechenden Instandsetzungstechnologien u. a.

Aus dem Gesamtkomplex der Instandhaltung werden deshalb die Grundlagen für eine Methode zur Ermittlung der optimalen Instandsetzungsstrategie erarbeitet.

2. Einflußfaktoren auf die Bestimmung und Auswahl der Instandsetzungsstrategien für landwirtschaftliche Großmaschinen

Die Bereiche Konstruktion/Herstellung, Betrieb und Instandhaltung von landwirtschaftlichen Großmaschinen haben entscheidenden Einfluß auf die optimale Instandsetzungsstrategie.

In Tafel 1 erfolgt eine Zusammenstellung der zu beachtenden Faktoren bei der Bestimmung und Auswahl der optimalen Instandsetzungsstrategie, wobei kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird und die Reihenfolge der Faktoren keine Rangfolge darstellt.

Aus der Vielzahl der Einflußfaktoren werden am Beispiel des Feldhäckslers E 280 einige konkretisiert:

- Senkung der mittleren Kampagneleistung

Tafel 1. Zusammenstellung ausgewählter Faktoren bei der Bestimmung der optimalen Instandsetzungsstrategie von landwirtschaftlichen Großmaschinen

konstruktions- und herstellungs-technische Faktoren	einsatztechnische Faktoren	instandhaltungstechnische Faktoren
— Einhaltung des Standards TGL 20987	— Einsatzzeitraum (Kampagnebeginn und Kampagneende)	— erforderliche Raumkapazität
— Instandhaltungsgerechte Konstruktion	— Kontinuität des Einsatzes (z. B. Kampagnepause)	— Einfluß der Pflege und Wartung auf das Schädigungsverhalten
— Zuverlässigkeit der Baugruppen und Einzelteile	— Streuung der Kampagneleistung der Maschine	— Ersatzteilplanung und Lagerhaltung
— Normkampagneleistung	— Entwicklung des Maschinenbestands bzw. der Maschinendichte	— Umstellung von Fließstraßen
— Baugruppenteilbarkeit der Maschine	— Entwicklung der durchschnittlichen Kampagneleistung in nacheinanderfolgenden Kalenderjahren	— erforderliche Rationalisierungsmittel (Demontage- und Montagevorrichtungen, z. B. Abzieher, Hebezeuge usw.)
— Aufwand an lebendiger Arbeit für den Baugruppenaustausch bzw. für das Wechseln von Einzelteilen	— Häufigkeit und Anteil der Schadensursachen (z. B. Havarie, Verschleiß, Bedienung u. a.)	— Transport der Baugruppen und Maschinen zum spezialisierten Instandsetzungsbetrieb
— Konstruktionsnutzungsdauer der Maschine	— Streuung der Kampagneleistung je Maschine, je Betrieb und Jahr	— Unterschiede in der Arbeitsproduktivität durch unterschiedliche Instandsetzungsorte
		— Abhängigkeit der Instandsetzungskosten von der Seriengröße
		— Unterschied zwischen der mittleren Grenznutzungsdauer neuer und instand gesetzter Einzelteile
		— erforderliches Instandhaltungspersonal (Arbeitskräftekapazität)
		— Arbeitskräftequalifikation

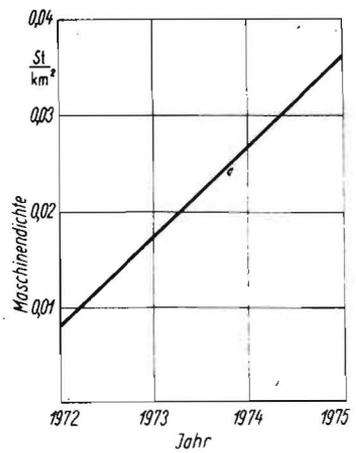


Bild 1. Entwicklung der Maschinendichte der Feldhäcksler E 280 von 1972 bis 1975

Bild 2. Entwicklung der mittleren Kampagneleistung der Feldhäcksler E 280 von 1972 bis 1975

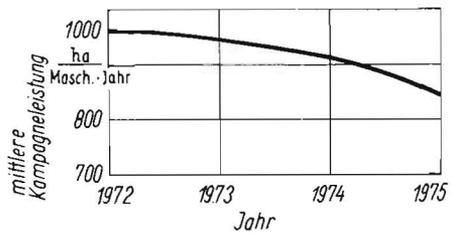


Bild 3 Relative Summenhäufigkeit der Kampagneleistung des E 280 in den Jahren 1973 bis 1975

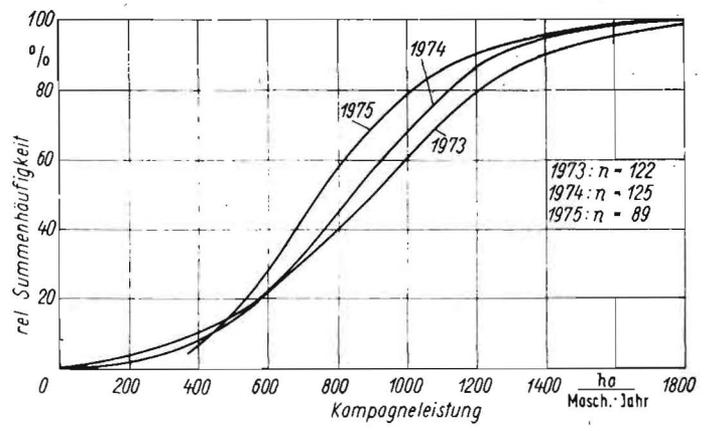


Bild 4 Zuverlässigkeitsfunktionen ausgewählter Baugruppen des E 280 in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer:
 a Wendegetriebe,
 b Häckselgestell,
 c Motor,
 d Schaltgetriebe,
 e Häckseltrommel,
 f Zwischenwelle

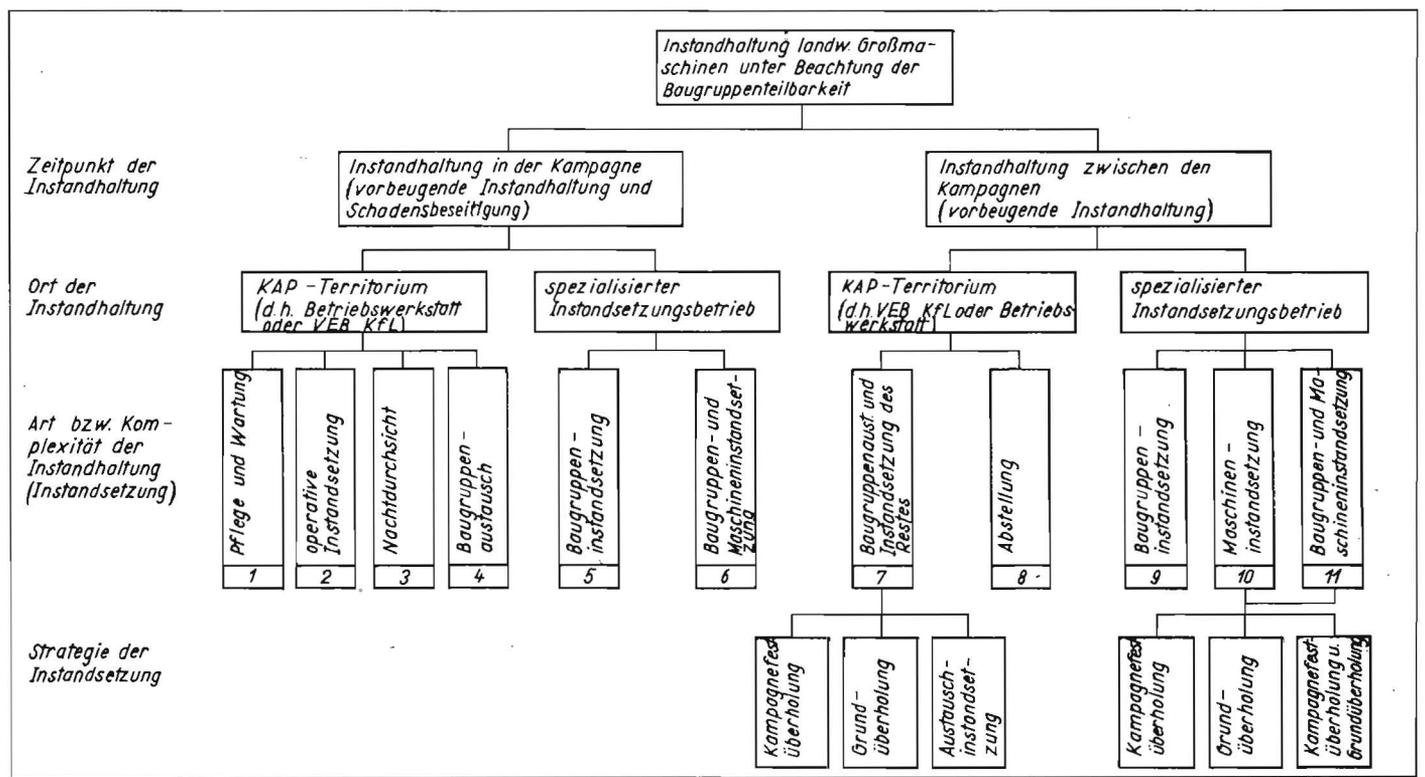
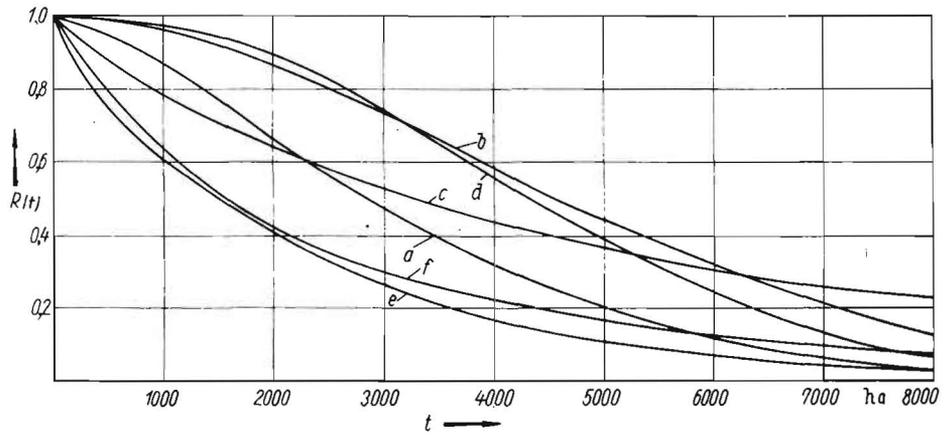


Bild 5. Übersicht über die Instandhaltung von kampagneweise eingesetzten Landmaschinen hinsichtlich Zeitpunkt, Ort, Art bzw. Komplexität und Strategie

der Maschinen in Abhängigkeit von den Kalenderjahren vorwiegend durch eine kontinuierliche Maschinenzuführung (Bilder 1 und 2)
 — Streuung der Kampagneleistung der E 280 mit einem Variationskoeffizienten von 0,3 bis 0,5 (Bild 3)
 — unterschiedliches stochastisches Schädigungs-

verhalten der einzelnen Baugruppen (Bild 4)
 — vernachlässigbare Streuung der Kampagneleistung einer Maschine in einem Landwirtschaftsbetrieb in nacheinanderfolgenden Jahren (1. Einsatzjahr ausgenommen).
 Die Stochastik des Schädigungsverhaltens hat

zur Folge, daß von der Nutzungsdauer nicht auf den Schädigungszustand geschlossen werden kann. Diese Tatsache ist insbesondere bei der eventuellen Erarbeitung von Schadgruppen für die Instandsetzung zu beachten.
 Diese Faktoren sind u. a. bei der Festlegung des Instandsetzungsumfanga zu beachten. Sie verdeutlichen, daß eine Streuung des Instandset-

zungsumfangs auftritt, was bei der Instandsetzung in Fließstraßen zu berücksichtigen ist.

3. Ableitung der Instandhaltungsvarianten für landwirtschaftliche Großmaschinen

Ausgehend von den praktischen Erfahrungen ergeben sich die folgenden, im Bild 5 dargestellten Instandsetzungsstrategien für landwirtschaftliche Großmaschinen. Diese Auswahl von praktisch realisierbaren Instandsetzungsstrategien ist sehr wichtig, da sich dadurch der Rechenaufwand bei der Optimierung entscheidend senken läßt.

Der Standard TGL 22278/01 enthält die Definitionen der Begriffe Kampagnestandardsetzung, Grundüberholung und Austauschinstandsetzung. Auf die weitere Beschreibung kann deshalb verzichtet werden. Die Schadgruppeninstandsetzung wird bei den weiteren Untersuchungen nicht extra betrachtet, da sie eine spezielle Form der Kampagnestandardsetzung ist, bei der sich die Instandsetzung nur auf bestimmte Einzelteile bzw. Baugruppen bezieht.

Bei der Bestimmung der optimalen Instandsetzungsstrategie für landwirtschaftliche Großmaschinen mit Hilfe mathematischer Modelle wird zunächst von der gegebenen Baugruppenteilbarkeit der Maschine ausgegangen.

Diese Beschränkung ist durch den erforderlichen Rechenaufwand sowie durch die Datenerfassung zu begründen.

Die im Bild 5 vorgenommene Trennung zwischen

- Zeitpunkt der Instandhaltung
 - Ort der Instandhaltung
 - Art bzw. Komplexität der Instandhaltung
 - Strategie (Methode) der Instandsetzung
- ist für die Erarbeitung der mathematischen Modelle erforderlich.

Die Betrachtung der Baugruppen- und der Maschineninstandsetzung ist infolge der wachsenden Transportprobleme von Bedeutung.

Die ausgewählten Instandsetzungsstrategien lassen weitere Mischstrategien zu, auf die an dieser Stelle verzichtet werden soll.

4. Ableitung der Modelle für die Instandsetzungsstrategien

Die Modellierung wird am Beispiel der Grundüberholung sowie der Kampagnestandardüberholung in einem spezialisierten Instandsetzungsbetrieb erläutert.

4.1. Modellansatz für die Grundüberholung

Für ein Element (d. h. Baugruppe) ergeben sich die Kosten je Zeiteinheit für die Instandsetzung durch die Gleichung (1):

$$\frac{K}{t} = \frac{H(t_p) K_{pA} n_p + (n_p - 1) K_{pI}}{t_K} \quad (1)$$

Für ein System (d. h. Maschine) gilt somit:

$$\frac{K}{t} = \frac{\sum_{j=1}^n H_j(t_p) K_{pAj} n_p + (n_p - 1) \sum_{j=1}^n K_{pIj}}{t_K} \quad (2)$$

Allgemein ergeben sich die Kosten bei plötzlichem Ausfall K_{pA} :

$$K_{pA} = K_B + K_{D,M} + K_E + K_A + K_N \quad (3)$$

Auf die Bestimmung der einzelnen Kostenbestandteile wird verzichtet. Die Methodik wird am Beispiel der Demontage- und Montagekosten $K_{D,M}$ erläutert, die sich aus Gleichung (4) ergeben:

$$K_{D,M} = K_L + K_G = n_{AK} t_{D,M} k_L \left(1 + \frac{k_G}{100} \right) \quad (4)$$

Die Demontage- und Montagezeit (Aus- und Einbauzeit der Baugruppe) ist durch Zeitmessungen oder Schätzungen ermittelbar. Weiterhin sind beim Schichteinsatz der landwirtschaftlichen Großmaschinen infolge der notwendigen Instandsetzungsarbeiten nach Schichtschluß die Anteile innerhalb und außerhalb der agrotechnisch möglichen Einsatzzeit an der instandsetzungsbedingten Stillstandszeit zu berücksichtigen. Die Anteile werden mit f_i und f_a bezeichnet.

Die Kosten für die planmäßige Instandsetzung des Systems (d. h. Maschine) ergeben sich bei Berücksichtigung der Instandsetzungstechnologie und der damit verbundenen Abhängigkeit von der Seriengröße aus den Gleichungen (5) bzw. (6):

$$\sum_{j=1}^n K_{pj}(N) = \sum_{j=1}^n K_{Lj}(N) + K_{T_m}(N) \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n K_{pj}(N) = a N^{-b} + c + \frac{20 t_{sp}}{3 \sqrt{\pi d k k_A}} \sqrt{N} \quad (6)$$

Somit ergibt sich als Grundgleichung für ein System von n Elementen, wobei t_p variabel ist, der Ausdruck:

$$\begin{aligned} \frac{K(t_p)}{t} = \frac{1}{t_K} & \left\{ \frac{t_K}{t_p} \sum_{j=1}^n H_j(t_p) \left[\frac{f_i}{100} \right. \right. \\ & \left. \left. \left(n_{AKj} t_{D,Mj} k_L \left(1 + \frac{k_G}{100} \right) + ca t_{Ij} \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \left. + K_{Bj} + K_{Ej} \right) + \frac{f_a}{100} \left(K_{Bj} + n_{AKj} t_{D,Mj} \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \left. \cdot k_L \left(1 + \frac{k_G}{100} \right) + K_{Ej} \right) \right] + \left(\frac{t_K}{t_p} - 1 \right) \right. \\ & \left. \left. \left[a N^{-b} + c + \frac{20 t_{sp}}{3 \sqrt{\pi d k k_A}} \sqrt{N} \right] \right\} \quad (7) \end{aligned}$$

4.2. Modellansatz für die Kampagnestandardüberholung

Da bei der Kampagnestandardüberholung eine Überprüfung der Restnutzungsdauer erfolgt und diese mit der geplanten Kampagneleistung verglichen wird, ist die Bestimmung der Anfallfaktoren schwieriger als bei der Grundüberholung. Die Anzahl der Instandsetzungen in der Kampagne und zwischen zwei Kampagnen läßt sich nicht mit Hilfe der Erneuerungsfunktion bestimmen.

Mit der Simulationsrechnung ist die Bestimmung dieser Größen möglich, wobei außerdem der Unterschied zwischen den mittleren Grenznutzungsdauern neuer und instand gesetzter Baugruppen berücksichtigt werden kann.

Somit ergibt sich die Grenznutzungsdauer aus:

$$t_i = (t_q + z z s) f \quad (8)$$

mit $f = t_{qis} / t_{qn}$.

Mit Hilfe eines EDV-Programms lassen sich die Anzahl der Instandsetzungen innerhalb der Kampagne und zwischen den Kampagnen für die einzelnen Baugruppen ermitteln.

Davon ausgehend ergibt sich für ein System mit n Elementen folgende Gleichung:

$$\frac{K}{t} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n a k_{ij} K_{pAj} + \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^n i k_{ij} K_{pIj}}{t_K} \quad (9)$$

Die mittleren Kosten für die Kampagnestandardüberholung werden folgendermaßen ermittelt:

$$\overline{K\bar{U}} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \bar{i} k_{ij} K_{pIj}}{t_K - 1} \cdot \frac{z s f}{100} \quad (10)$$

Die Montagekosten werden durch die komplexe Instandsetzung gegenüber der individuellen Instandsetzung gesenkt. Der Zeitsenkungsfaktor zsf, der sich aus dem Quotienten von komplexer und individueller Demontage- und Montagezeit ergibt, liegt auf der Basis praktischer Untersuchungen für den E 280 zwischen 70 und 80 %.

Gleichung (10) stellt die mittleren Kosten bei handwerklicher Instandsetzung ($N_{handw.}$) dar.

Über die Beziehung

$$\overline{K\bar{U}}(N) = a N^{-b} + c \quad (11)$$

ist die Berücksichtigung größerer Serien in spezialisierten Instandsetzungsbetrieben möglich.

Die Rechnung mit dem Mittelwert ist in diesem Fall erforderlich, da sich durch die Anzahl von n Elementen eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten ergibt, deren Berechnung selbst auf einer EDVA nur mit sehr großem Aufwand zu realisieren wäre.

Als Gesamtgleichung ergibt sich somit für die Kampagnestandardüberholung:

$$\begin{aligned} \frac{K(t_p)}{t} = \frac{1}{t_K} & \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \bar{i} a k_{ij} \left[\frac{f_i}{100} \right. \right. \\ & \left. \left. \left(n_{AKj} t_{D,Mj} k_L \left(1 + \frac{k_G}{100} \right) + ca t_{Ij} \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \left. + K_{Bj} + K_{Ej} \right) + \frac{f_a}{100} \left(K_{Bj} + n_{AKj} t_{D,Mj} \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \left. \cdot k_L \left(1 + \frac{k_G}{100} \right) + K_{Ej} \right) \right] + \left(\frac{t_K}{t_p} - 1 \right) \right. \\ & \left. \left. \left[a N^{-b} + c + \frac{20 t_{sp}}{3 \sqrt{\pi d k k_A}} \sqrt{N} \right] \right\} \quad (12) \end{aligned}$$

4.3. Schlußfolgerungen

Die praktisch ablaufenden Prozesse bei der Instandsetzung von landwirtschaftlichen Großmaschinen sind empirisch nicht mehr überschaubar, so daß die Bestimmung der optimalen Instandsetzungsstrategie mit Hilfe der mathematischen Modellierung ein gangbarer Weg ist, wobei die Anwendung einer EDVA notwendig ist. Die erforderlichen EDV-Programme werden dazu in ALGOL erarbeitet.

5. Modell zur Berücksichtigung der Einzeilausfälle bei der Ermittlung der optimalen Instandsetzungsstrategie

Ausgehend von der Baugruppenteilbarkeit lassen die Datenerfassung sowie der Rechenaufwand nur eine Betrachtung ausgewählter Baugruppen zu. Die unter Punkt 4 beschriebenen Modelle beinhalten somit nur Baugruppenausfälle bzw. vorbeugende Baugruppeninstandsetzungen.

Wie praktische Untersuchungen ergaben, treten in der Kampagne Ausfälle auf, die vorwiegend nur den Austausch bzw. die Instandsetzung bestimmter Einzelteile bedingen. Diese Tatsache läßt sich über die mittlere Zeit zwischen zwei Ausfällen mtbf (lt. TGL 26096) für die einzelnen Baugruppen bzw. für die Gesamtmaschine berücksichtigen. Dazu ist die Bestimmung der mtbf in Abhängigkeit von der Größe des Intervalls für vorbeugende Instandsetzungen t_p mit Hilfe von Simulationsmodellen für die verschiedenen Instandsetzungsstrategien erforderlich. Ausgangspunkt dafür sind die Parameter des Schädigungsverhaltens der Einzelteile (z. B. die Parameter η und β der Weibullverteilung). Die vorliegenden Daten des Programmsystems SCHAEVER des VEB

Kombinat Fortschritt — Landmaschinen — Neustadt in Sachsen stellen dazu eine wichtige Voraussetzung dar. Somit ergibt sich die folgende Berechnungsgleichung:

$$\frac{K(t_p)}{t} = \frac{1}{t_k} \left[\sum_{i=1}^{n_p} \sum_{j=1}^n \frac{t_p}{mtbf_j(t_p)} \left[t_{js} k_L \left(1 + \frac{k_G}{100} \right) + \bar{K}_{M_{ET}} + \bar{K}_{B_{ET}} + \bar{K}_{A_{ET}} + \bar{K}_{N_{ET}} \right] \right] \quad (13)$$

Auf die Bestimmung der einzelnen Bestandteile

der Gleichung (13) soll an dieser Stelle verzichtet werden.

Bei der Auswertung der Rechenergebnisse ist zu beachten, daß die Rechnung mit den Mittelwerten bzw. Instandsetzungszeiten eine grobe Näherung darstellt. Zu dieser Problematik sind noch weitere Untersuchungen erforderlich.

6. Zusammenfassung

Zur Bestimmung der optimalen Instandsetzungsstrategie von landwirtschaftlichen Großmaschinen sind die unter den Punkten 4 und 5 beschriebenen Modelle anwendbar, wobei die ermittelten Kurvenverläufe überlagert werden müssen.

Die Optimierung der mathematischen Modelle ermöglicht die Auswahl der optimalen Instandsetzungsstrategie in Abhängigkeit vom Instandsetzungsintervall bzw. von der Kampagneleistung.

Ausgehend von den mathematischen Modellen lassen sich außerdem erste Abschätzungen der Rechenparameter vornehmen.

Literatur

- [1] Sindermann, H.: Bericht zur „Direktive des IX. Parteitag des SED zum Fünfjahrplan für die Entwicklung der Volkswirtschaft der DDR in den Jahren 1976—1980“. Berlin: Dietz Verlag 1976.
- [2] Eichler, C.: Grundlagen der Instandhaltung am Beispiel landtechnischer Arbeitsmittel. Berlin: VEB Verlag Technik 1973. A 1738

Rationalisierung der technologischen Projektierung von Instandsetzungseinrichtungen

Dipl.-Ing. W. Erdmann, KDT/Dipl.-Ing. G. Kadenbach, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

1. Einleitung

Die komplexe Mechanisierung als wesentlicher Intensivierungsfaktor stellt erhöhte Anforderungen an das Niveau der Beherrschung der Produktionsprozesse. Mit der Zunahme der Mechanisierung und Automatisierung steigen einerseits der Konzentrationsgrad und die Kompliziertheit der Technik, andererseits werden höhere Maßstäbe an die Verfügbarkeit der Arbeitsmittel gestellt. Die zunehmenden Kosten und die Leistungsfähigkeit der modernen Grundmittel bedingen ihre maximal mögliche Auslastung. Damit bilden neben den Problemen der vorbeugenden Instandhaltung auch die Fragen der Instandsetzung von Arbeitsmitteln, Baugruppen und Einzelteilen immer mehr einen Untersuchungsschwerpunkt. Angestrebt wird die industriemäßig organisierte Instandsetzung durch Spezialisierung und Konzentration.

Damit erhöht sich die Bedeutung der technologischen Vorbereitung und Projektierung von Instandsetzungswerkstätten, insbesondere zur Rationalisierung bzw. zur Neuprofilierung vorhandener Kapazitäten. In der Phase der Produktionsvorbereitung ist nach Ansatzpunkten und Möglichkeiten der Rationalisierung der geistigen Prozesse zu suchen, wobei erprobte Erfahrungen der Industrie zu übertragen sind.

2. Möglichkeiten der Rationalisierung der technologischen Projektierung

Die technologische Projektierung kann nach Rockstroh als informationsverarbeitender Prozeß beschrieben werden [1]. Dabei werden Eingangsinformationen I_E mit Hilfe bestimmter Vorschriften in Ausgangsinformationen I_A transformiert (Bild 1).

In diesem Informationsverarbeitungsprozeß werden jährlich immer mehr Werkstätige gebunden. Gleichzeitig besteht die Forderung, im Zeitraum 1976—1980 insgesamt 234 Mrd. Mark in der Volkswirtschaft mit höchster Wirksamkeit zu investieren. Damit gewinnt die technologische Projektierung als Bestandteil der

Produktionsvorbereitung immer mehr an Bedeutung. Es gilt, „den Wirkungsgrad der Investitionen zu erhöhen sowie die exakte und konzentrierte Durchführung der Investitionen zu sichern. Dabei geht es vor allem darum, die Kräfte und Mittel zu konzentrieren...“ [2].

Diese hohen Anforderungen sind nur zu erfüllen, wenn der gesamte Prozeß der technologischen Projektierung so gestaltet wird, daß der Technologe seine schöpferischen Fähigkeiten voll entfalten und dazu beitragen kann, die Qualität und die Kreativität der Lösungen zu verbessern. Das kann im wesentlichen nur durch die Rationalisierung des Vorbereitungsprozesses erfolgen. Dazu ergeben sich Rationalisierungsansätze, die sich ausgehend vom Charakter der Projektierung in drei Komplexe einordnen lassen:

- Herauslösung geistig-formaler und schematischer Tätigkeiten aus der ingenieurmäßigen Arbeit und Mechanisierung bzw. Automatisierung dieser Tätigkeiten
 - Algorithmierung und Programmierung häufig wiederkehrender Arbeitsoperationen
 - systematische Nutzung vorhandener und erprobter Erfahrungen und Lösungen.
- Dementsprechend lassen sich drei Gruppen von Rationalisierungsmöglichkeiten der technologischen Projektierung ableiten:
- Anwendung allgemeiner Rationalisierungslösungen für Elementaroperationen
 - Anwendung allgemeingültiger oder objektbezogener Transformationsvorschriften

— Nutzung in der Praxis erprobter und bestätigter Objektlösungen.

2.1. Allgemeine Rationalisierungslösungen für Elementaroperationen der Projektierung

Die Elementarisierung von Prozessen ist stets die erste Stufe analytischer Tätigkeit. Mit ihr lassen sich allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten für entsprechende Prozeßteile erarbeiten.

Nach Neumann [3] können alle Tätigkeiten der technologischen Vorbereitung auf folgende Elementaroperationen zurückgeführt werden:

- Berechnen
- Zeichnen
- Bewerten/Entscheiden
- Vergleichen/Kontrollieren
- Suchen von Informationen
- Speichern von Informationen
- Vervielfältigen.

Aus diesen Elementaroperationen können dann für die jeweiligen Operationen bzw. Operationsgruppen [4] geeignete Rationalisierungsmaßnahmen direkt abgeleitet werden [3]. Übertragen auf die Problematik der technologischen Projektierung läßt sich somit in Anlehnung an den Standardentwurf TGL 27214/03 die in Tafel 1 dargestellte prinzipielle Elementarisierung vornehmen.

Mit Hilfe der in [3] vorgenommenen Wertung und Beschreibung der allgemeinen Rationalisierungslösungen kann eine zweckmäßige Variante erarbeitet werden. In Tafel 2 wird eine

Bild 1. Darstellung der technologischen Projektierung als informationsverarbeitender Prozeß;
T Transformationsvorschrift (Vorschrift, Algorithmus, Programm)
 ΔI Informationszuwachs (Methodik, Objekt)

