



Bild 5. Diagnosekennlinie bei  $\vartheta_{\text{Öl}} = 60^\circ\text{C}$  und  $n = 1700\text{ U/min}$  ( $s$  mittleres Kurbelwellenlagerspiel)

### 6. Ermittlung von Diagnosekennlinien

Um den genauen Zusammenhang zwischen Volumenstrom und Summenlagerspiel eines Motortyps zu ermitteln, sind alle Einflüsse auf das Meßergebnis untersucht und bei der Messung entweder ausgeschlossen oder konstant

gehalten worden. So müssen z. B. Drehzahl und Öltemperatur bei einer bestimmten Druckstufe konstant gehalten werden. Das Lagerspiel wurde bis zu fünfmal verändert — von „Neuzustand“ über „Betriebsgrenze“ bis „Aussonderungsgrenze“ —, indem die Zapfen der Kurbelwelle geschliffen bzw. neue Lagerschalen eingebaut wurden. Das Lagerspiel wurde z. B. beim Versuchsmotor D-50 im VEB LIW Anklam von 0,103 mm über 0,108 mm, 0,138 mm, 0,25 mm bis 0,374 mm gefertigt, um die vom Hersteller angegebenen, durch Verschleiß sich einstellenden Lagerspiele zu simulieren (Neuspiel 0,065 mm bis 0,115 mm; Betriebsgrenze 0,250 mm; Aussonderungsgrenze 0,400 mm). Geeignete Betriebszustände für eine Schmieröl-Volumenstrommessung beim Motor D-50 sind:

- Drehzahl 1700 U/min
- Öltemperatur  $60^\circ\text{C}$ ;  $70^\circ\text{C}$
- Öldruck z. B. 0,20 MPa; 0,25 MPa; 0,30 MPa.

Die vorgestellte Meßeinrichtung ermöglicht mit einer der erarbeiteten Diagnosekennlinien die Diagnose von Baugruppen vieler Ölkreisläufe, besonders der von Traktoren und anderen landtechnischen Maschinen.

### Literatur

- [1] Troppens, D.: Beitrag zur systematischen Entwicklung von Verfahren der Technischen Diagnostik und von Diagnoseeinrichtungen für die

Landtechnik. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation B 1977.

- [2] Sokolikov, V. K.; Lovkis, S. V.: Tenzometričeskij raschodomer (Durchflußmesser auf Dehnungsmeßbasis). Mech. i. elektrif. soc. sel'sk. choz. (1974) H. 3, S. 58.
- [3] Grieb, H.-G.: Diagnosekennlinie des Parameters Ölvolumenstrom beim Motor D-50. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Diplomarbeit 1980 (unveröffentlicht).
- [4] Troppens, D.; Maack, H.-H.: Elektrische Diagnoseeinrichtungen für Laborübungen. agrartechnik 27 (1977) H. 9, S. 407—409.
- [5] Nessau, B.: Diagnose von Hydrauliksystemen landtechnischer Arbeitsmittel. agrartechnik 23 (1973) H. 9, S. 411—414. A 2881

## Gestaltung von Wechselfließreihen in der Instandsetzung

Dozent Dr.-Ing. U. Scharf, KDT/Dipl.-Ing. R. Brandis, KDT, Ingenieurhochschule Berlin—Wartenberg

### 1. Problemstellung

Wechselfließreihen sind in der Instandsetzung von Baugruppen und Maschinen eine verbreitete Organisationsform. Sie entsprechen den Bedingungen mittlerer Erzeugniserien und einer begrenzten Typenvielfalt. Außerdem gewährleisten sie eine gute Versorgungssicherheit und hohe Produktivität.

Die wechselnden Erzeugnisse erfordern einen differenzierten Zeitaufwand  $t_0$  zu ihrer Instandsetzung. Die Taktzeit  $t_T$  und die Anzahl der Arbeitsplätze  $n_{AP}$  je Erzeugnis streuen in Grenzen. Die Wechselfrequenz ist durch die Intensität des Forderungs- und Ankunftsstromes der Austauschstützpunkte und anderer Partner gegeben.

Der Erzeugniswechsel bringt Verlustzeiten  $t_v$ , deren Größe durch den Zeitaufwand für die Umrüstung  $t_A$ , die Anzahl der Arbeitsplätze, die Taktzeitdifferenz, den Wechselrhythmus und die Art der Förderung bestimmt ist.

Mit einem hohen Grad der Vereinheitlichung der Erzeugnisse (Baureihen), einem verfügbaren Standard von Fertigungsmitteln für das Erzeugnissortiment an den Arbeitsplätzen, wie er in vielen Instandsetzungsbetrieben gegeben ist, und einer außerhalb der Instandsetzung erfolgenden Bereitstellung ist der Verlustzeitanteil durch Umrüstung zu eliminieren. Durch Taktzeitdifferenz, Anzahl der Arbeitsplätze und Wechselfrequenz verursachte Verlustzeiten werden auf mehr als 10% des Arbeitszeitfonds geschätzt [1]. Verlustzeiten dieser Art

sind durch die Wahl der Förderung, der Taktzeit und der Arbeitsplätze beeinflussbar. Für typische Formen in Wechselfließreihen werden nachfolgend Gestaltungs- und Berechnungsgrundlagen dargestellt.

### 2. Charakteristik von Wechselfließreihen

Wechselfließreihen sind durch die Art der Förderung der Erzeugnisse, die Stabilität der Taktzeit und Arbeitsplätze und durch den Wechselrhythmus der Erzeugnisse zu charakterisieren. Ihre Effektivität wird vorwiegend dadurch bestimmt, wie es gelingt, einen kontinuierlichen Erzeugnisstrom zu realisieren und die Wartezeit der Fließreihe zu minimieren.

Bei begrenztem Erzeugnissortiment in der Instandsetzung und einem dafür allgemein festgelegten Wechselrhythmus reduziert sich das Problem auf die Variation der Förderung, der Taktzeit und der Arbeitsplätze. Eine morphologische Analyse der Wechselfließreihen nach diesen Merkmalen ergibt  $P(m_n)$  Gestaltungsvarianten (Struktur der Wechselfließreihen) mit  $m$  Merkmalen und  $n$  Variationen des Merkmals.

Die Strukturmatrix (Bild 1) enthält die Gesamtheit der möglichen Varianten zur Gestaltung von Wechselfließreihen in der Instandsetzung unter der Annahme, daß die Arbeitsplätze in das Fördersystem integriert sind.

Eine Einschränkung dieser Vielzahl von Varianten für ihre praktische Verwendung ist

bereits durch den Definitionsbereich der Merkmale möglich.

### 2.1. Charakteristik der Merkmale von Wechselfließreihen

#### 2.1.1. Art der Förderung

Intervallförmige Förderung von Instandsetzungsobjekten ist dann anzuwenden, wenn Arbeiten an Fixpunkten auszuführen sind und technologische Ausrüstungen mit mehreren Freiheitsgraden stationär eingesetzt werden, in Förderrichtung jedoch nur ein begrenzter Freiheitsgrad vorhanden ist, Gesichtspunkte der Arbeitssicherheit gegen die gleichmäßig fortschreitende Förderung sprechen und der Arbeitsplatz in das Fördersystem integriert ist.

Bild 1. Struktur von Wechselfließreihen bei vorgegebenen Merkmalen und Merkmalsvariationen und integrierten Arbeitsplätzen

		m Merkmale				
		Art der Förderung	Taktzeit $t_T$	Arbeitsplätze $n_{AP}$		
n Variationen des Merkmals	gleichmäßig fortschreitend	G	konstant	K	konstant	K
	intervall- förmig	I	variabel	V	variabel	V

Die intervallförmige Förderung reduziert den nutzbaren Arbeitszeitfonds um die Förderzeit, eine hohe Fördergeschwindigkeit mindert den Zeitverlust. Wartezeiten bei Erzeugniswechsel sind nicht auszuschließen.

Eine gleichmäßig fortschreitende Förderung der Instandsetzungsobjekte ist dann anzuwenden, wenn Arbeiten (meistens Handarbeitsoperationen) unabhängig vom Ort ausgeführt und die Arbeitsmittel und Teile leicht mitgeführt werden können. Die Fördergeschwindigkeit wird durch die technologisch notwendige Taktlänge und die Taktzeit bestimmt. Eine Minimierung der Wartezeit der Instandsetzungsobjekte beim Erzeugniswechsel ist durch Variation der Taktlänge und der Fördergeschwindigkeit zu erreichen. Der Anwendungsbereich der Förderart ist durch den Mechanisierungsgrad der Arbeitsoperationen festgelegt. Es gilt die Regel, daß Handfließbreihen eine gleichmäßig fortschreitende Förderung und Maschinenfließbreihen mit in das Fördersystem integrierten Arbeitsplätzen eine intermittierende Förderung haben sollten.

Wechselfließbreihen sind sehr flexibel. Die Zeitverluste bei Erzeugniswechsel können minimiert werden, wenn das Fördersystem eine gleichmäßig fortschreitende Bewegung in Form eines umlaufenden Werkstückspeichers ausführt und die Instandsetzungsoperationen an externen Arbeitsplätzen ausgeführt werden. Das ist auch der internationale Trend in der Klein- und Mittelserienfertigung [2, 3, 4]. In der Instandsetzung von Kleinbaugruppen sind solche Systeme in ersten Stufen realisiert und äußerst produktiv.

### 2.1.2. Taktzeit

Eine gleiche Taktzeit für das Sortiment von Erzeugnissen auf einer Wechselfließreihe ist die Ausnahme. Unter den Bedingungen der intervallförmigen Förderung ist die Realisierung einer bestimmten Taktzeit möglich. Variable Taktzeiten im Sortiment sind unter den Bedingungen gleichmäßig fortschreitender Förderung gut zu realisieren.

### 2.1.3. Arbeitsplätze

Die Anzahl der Arbeitsplätze einer Wechselfließreihe wird entscheidend durch den Zeitaufwand für die Instandsetzung  $t_0$  geprägt. Eine variable Anzahl von Arbeitsplätzen ist nur dann zu empfehlen, wenn zeitweilig Arbeitskräfte für Erzeugnisse eingesetzt werden können, die eine überdurchschnittliche Anzahl von Arbeitsplätzen erfordern.

Beurteilt man die Strukturmatrix unter dem Gesichtspunkt dieser Begrenzungen, so ergibt sich eine Reihe von Vorzugsvarianten, die der Instandsetzung von Baugruppen in mittleren Serien am besten entsprechen und angewendet werden (Varianten GKV, GVK, IKV, IVK). Dabei gilt, daß die intervallförmige Förderung für hochmechanisierte integrierte Arbeitsplätze und die gleichmäßig fortschreitende Förderung für Handfließbreihen zu bevorzugen ist.

## 3. Berechnung der Taktzeiten und Arbeitsplätze

Für die Bestimmung der Taktzeit gilt die allgemeine Beziehung

$$t_T = t_a / n_a; \quad (1)$$

$t_T$  Taktzeit in min/St.  
 $t_a$  Jahreszeitfonds in min/a  
 $n_a$  instand zu setzende Jahresstückzahl in St./a

für die Bestimmung der Anzahl der Arbeitsplätze gilt:

$$n_{AP} = t_0 / t_T; \quad (2)$$

$t_0$  Gesamtinstandsetzungszeit (operative Zeit) in min/St.

Die Reihenfolge der Berechnung von  $t_T$  und  $n_{AP}$  richtet sich nach der jeweils konstanten Größe (Taktzeit oder Arbeitsplätze). Für das Erzeugnisortiment werden die Instandsetzungsstückzahl und die operative Zeit für die Instandsetzung jedes Erzeugnisses als bekannt vorausgesetzt.

Reduziert man die Bestimmung der Taktzeit und der Anzahl der Arbeitsplätze auf die Arbeitsschicht, so werden Verlustzeitanteile deutlicher. Der effektiv nutzbare Zeitfonds einer Schicht für eine Arbeitskraft  $t_e$  ist für die Fließreihe zu bestimmen aus:

$$t_e = (AZ_s - t_E - t_W) \cdot \eta_{sch} - t_{VF,U}; \quad (3)$$

$AZ_s$  gesetzlich festgelegte Arbeitszeit je Schicht

$t_E$  arbeitsbedingte Erholungszeit

$t_W$  Wartungszeit

$t_{VF,U}$  Zeitverlust durch Förderung, Umrüstung und Taktzeitdifferenz

$\eta_{sch}$  Schichtauslastungsfaktor (berücksichtigt alle anderen Zeitverluste der Abteilung).

Die Förderzeit tritt als Verlustzeit nur bei intermittierender Förderung in Erscheinung. Sie ist aus der Taktlänge und Fördergeschwindigkeit zu bestimmen. Die Umrüstzeit der Arbeitsplätze in der Instandsetzung kann in Betracht des Einsatzes universeller Fertigungsmittel eliminiert werden. Zeitverluste durch die Taktzeitdifferenz aufeinanderfolgender Erzeugnisse treten nur bei intermittierender Förderung und konstanter Arbeitsplatzanzahl (Variante IVK) auf.

Bei variablen Taktzeiten ergeben sich bei jedem Erzeugniswechsel benachbarte Baugruppen, für die eine unterschiedliche Taktzeit zutrifft. Während des Erzeugniswechsels ist die jeweils größere Taktzeit zu realisieren, so daß sich für das Erzeugnis mit der geringeren Taktzeit ein Zeitverlust je Arbeitsplatz von der Größe der Taktzeitdifferenz ergibt.

Durch geringe Wechselhäufigkeit und die Wahl der Reihenfolge der Erzeugnisse nach Mindesttaktzeitdifferenzen ist der Zeitverlust zu minimieren.

Der wesentliche Zeitverlust durch Förderung ist zu bestimmen aus:

$$t_{VF,U} = t_F \sum_{i=1}^m n_i; \quad (4)$$

Für den Zeitverlust bei Erzeugniswechsel gilt:

$$t_{vw} = n_{AP} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m n_{ij} \cdot \Delta t_{T_{ij}}; \quad (5)$$

$$\text{mit } \sum_{i=1}^m n_{ij} = n_{LA_i} \text{ und } \sum_{j=1}^m n_{ij} = n_{LA_j}; \quad (6)$$

$t_{VF,U}$  Zeitverlust durch Förderung

$t_F$  Förderzeit zwischen zwei Arbeitsstationen

$n_i$  Stückzahl des Erzeugnisses i

$m$  Anzahl der das Sortiment bildenden Erzeugnisse

$t_{vw}$  Zeitverlust durch Erzeugniswechsel Anzahl der Erzeugniswechsel von der Erzeugnisart i nach der Erzeugnisart j

$\Delta t_{T_{ij}}$  Taktzeitdifferenz der Erzeugnisse i und j

$n_{LA_i}$  Anzahl der Lose des Erzeugnisses i

$n_{LA_j}$  Anzahl der Lose des Erzeugnisses j

Die Berechnung der konstanten Taktzeit in min/St. erfolgt nunmehr zu:

$$t_T = \frac{(AZ_s - t_E - t_W) \cdot \eta_{sch} \cdot s \cdot t_p - t_{VF,U} - t_{vw}}{\sum_{i=1}^m n_i} \quad (7)$$

und die konstante Anzahl der Arbeitsplätze zu:

$$n_{AP} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i \cdot t_{0i}}{(AZ_s - t_E - t_W) \cdot \eta_{sch} \cdot s \cdot n_a - t_{VF,U} - t_{vw}} \quad (8)$$

$s$  Schichtanzahl je Tag

$n_a$  Arbeitstage je Jahr.

Die Berechnung der variablen Taktzeit wird nach vorhergehender Berechnung der konstanten Arbeitsplatzanzahl bestimmt aus:

$$t_{T_i} = t_0 / n_{AP} \quad (9)$$

und die variable Anzahl der Arbeitsplätze aus  $n_{AP_i} = t_0 / t_{T_i}$ . (10)

Die Terme für Zeitverluste  $t_{VF,U}$  und  $t_{vw}$  in den Gln. (7) und (8) können gemäß den Bedingungen einiger Strukturtypen den Wert Null annehmen.

## 4. Zusammenfassung

Die Bemessung von Wechselfließbreihen für die Instandsetzung von Baugruppen stellt zunächst die Aufgabe, typische Strukturen zu erkennen und die Berechnungsgrundlagen zur Verfügung zu stellen. Es wurde das Ziel verfolgt, den durch Förderung, Wechsel und Taktzeitdifferenz auftretenden Zeitverlust zu minimieren.

Die Varianten GKK und IKK stellen hinsichtlich der Zeitausnutzung ungünstige Lösungen dar, sie werden in Wechselfließbreihen selten angewendet.

Die Varianten GVV und IVV ermöglichen zwar die günstigste Ausnutzung der effektiven Arbeitszeit, erfordern jedoch einen erheblichen technologischen und organisatorischen Aufwand, ihre praktische Anwendung ist darum begrenzt.

Die Varianten GKV, IKV und IVK haben unter Berücksichtigung der praktischen Bedingungen eine annähernd gleich gute Wertigkeit. Die Variante GVK ist die bei dem in der Instandsetzung derzeit gegebenen Technisierungsniveau günstigste Variante für eine Wechselfließreihe. Sie schließt Verlustzeiten durch Förderung, Umrüstung und Taktzeitdifferenz nahezu aus. Sie hat sich auch in der Praxis als vorteilhaft erwiesen, da keine starre Bindung an die Taktlänge besteht, Arbeitsmittel und Teile leicht mitgeführt und die physische und psychische Belastung angepaßt werden können.

Die vorgestellte Strukturmatrix charakterisiert Grundformen von Wechselfließbreihen, die unter dem Aspekt flexibler Arbeitsplätze erweitert werden können.

## Literatur

- [1] Zimmermann, W.: Technologische Probleme in Wechselfließbreihen der Instandsetzung. Dt. Agrartechnik 19 (1969) H. 9, S. 417-419.
- [2] Rudolph, H. J.: Wechselfließbreihen — eine flexible Organisationsform. Fertigungstechnik und Betrieb 29 (1979) H. 5, S. 288.
- [3] Lange, W.: Flexible Fertigungssysteme in den USA. Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung 72 (1977) H. 7, S. 344.
- [4] Loos, U.: Verfahren zur Bestimmung flexibler Fertigungsformen für die Klein- und Mittelserienfertigung. Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung 72 (1977) H. 12, S. 569.