

### 1. Probleme der Wechselfließreihen

Die Wechselfließfertigung ist ein bewährtes Arbeitsorganisationsverfahren in der landtechnischen Instandsetzung.

Die vielfältigen Formen ihrer Anwendbarkeit ermöglichen eine hohe Rentabilität und Effektivität des Instandsetzungsprozesses. Es kommt darauf an, die in den Betrieben vorhandene Technik optimal zu nutzen. Eine wichtige ökonomische Kategorie bildet dabei die Auslastung des Arbeitszeitfonds (AZF).

Die Wechselfließfertigung ist darauf aufgebaut, daß der Erzeugnisartwechsel ein technologisches Umstellen der Anlage vorsieht. Die im Fertigungsprogramm vorgesehenen Erzeugnisarten werden dabei mit der für jede Erzeugnisart objektiv notwendigen Taktzeit gefertigt.

Dabei treten durch den Erzeugnisartwechsel Verluste am Arbeitszeitfonds auf. Die Größe der Verlustzeit ist eine Funktion von der

- Anzahl der Takte der Fließstraße
- Taktzeitdifferenz der Erzeugnisarten,
- Anzahl der Erzeugnisartwechsel,
- Reihenfolge der Erzeugnisartwechsel.

Die bisher in der Instandsetzung angewendeten Wechselfließverfahren weichen größtenteils von dieser „klassischen“ Form ab und sind anders zu charakterisieren.

Diese Anlagen sind so konzipiert, daß sie die bedarfsgerechte Versorgung der sozialistischen Landwirtschaftsbetriebe der DDR mit instand gesetzten Maschinen und Baugruppen im Soforttauschverfahren unter Beachtung eines minimalen Bestandes an Austauschbaugruppen in der Umlaufsphäre ermöglichen.

Wechselfließfertigung in der Instandsetzung bedeutet deshalb bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt

*Erzeugnisartwechsel nach relativ kleinen Losgrößen, entsprechend dem Bedarf, kontinuierlich, teilweise mehrere Male in einer Schicht, ohne aufwendige technologische Umstellung der Anlage.*

Unter diesen Bedingungen gewinnt das Untersuchen der Einflußfaktoren auf die Auslastung des AZF an Bedeutung. Die in dieser Beziehung vorgenommene Betrachtung einer Montage-Wechselfließreihe mit intermittierender Förderung und einer für alle Erzeugnisarten gleichen Taktzeit ergab folgendes Bild:

Arbeitszeitfonds	100 %
Zeitverluste	
$(t_E + t_W)$	3,81 %
Förderzeit	10,42 %
Störzeit	1,98 %
Abtaktverlust <sup>1</sup>	12,02 %
Verlust am AZF	28,23 %

(Schluß von Seite 416)

schiebung entgegenzuwirken. Enge Zusammenarbeit mit der Produktionsleitung verhinderte Produktionsausfall.

Die Übergabe des gesamten Rekonstruktionskomplexes an die Produktion konnte bereits am 30. Juni 1969 erfolgen. Ursprünglich war die Übergabe zum 20. Jahrestag unserer Republik vorgesehen.

Es soll hier noch einmal betont werden, daß sich die Anwendung der Netzplantechnik als Leitungsinstrument bei der Durchführung der Rekonstruktion voll bewährt hat. Die Arbeit, die das Aufstellen des Netzwerks verlangt, macht sich später vielfach bezahlt. A 7643

Unter Vernachlässigung des natürlichen, den Arbeiterfordernissen entsprechenden Zeitverlustes ( $t_E + t_W$ ) und des Störzeitverlustes ergibt sich ein systembedingter Verlust am AZF von

$$22,44 \%$$

Als Einflußfaktoren auf technologischer Grundlage spielen damit Förderzeit und Austaktung die entscheidende Rolle.

Aufgabe muß es sein, diese Reserve entsprechend den technischen und technologischen Möglichkeiten unter Beachtung eines vertretbaren Aufwands zu minimieren.

### 2. Einfluß der Förderart auf die Auslastung der Arbeitszeitfonds

#### 2.1. Die Höhe des Anteils der Förderzeit an der Arbeitszeit

wird entscheidend durch die Förderart (stetig oder intermittierend) beeinflusst.

Die Betrachtungen beziehen sich dabei auf Fließreihen, in denen der Arbeitsgegenstand auf dem Fördermittel bearbeitet wird.

#### 2.2. Intermittierende Förderart

2.2.1. Bei intermittierender Förderart wirkt die Förderzeit ( $t_F$ ) als Verlustzeit am AZF, da während dieser Zeit der Arbeitsprozeß unterbrochen werden muß. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß  $t_F$  eine zusammengesetzte Größe aus Vorwarnzeit und reiner Transportzeit darstellt.

Die Vorwarnzeit gibt dem Arbeiter akustisch oder optisch das Signal zum bevorstehenden Werkstücktransport. Aus Gründen des Arbeitsschutzes tritt der Arbeiter während der Vorwarnzeit vom Arbeitsgegenstand zurück und erwartet dessen Weitertransport.

Der Verlust am AZF infolge der Förderzeit ( $t_V$ ) einer Anlage ist eine Funktion von

- Vorwarnzeit je Takt  $T_V$  in min
- Förderstrecke je Takt  $S_T$  in m
- mittlere Fördergeschwindigkeit  $v$  in m/min
- Anzahl der Arbeitstakte  $A$  in St.
- Produktionsausstoß  $N$  in St./Tag
- Arbeitstage im Jahr  $A T_J$  in Tage/Jahr.

$$t_V = \frac{(A \cdot N \cdot A T_J) \left( T_V + \frac{S_T}{v} \right)}{60} \left[ \frac{\text{Jahr}}{\text{h}} \right]$$

Daraus läßt sich ableiten:

Bei Steigerung der Produktion, d. h. Ausstoßerhöhung durch Arbeitsteilung, indem die Anlage um  $n$  Takte erweitert wird, erhöht sich der Verlust an AZF infolge der Förderzeit je Erzeugnis proportional um  $n \left( T_V + \frac{S_T}{v} \right)$ .

Minimierung der Förderzeitverluste am AZF bei intermittierender Förderart heißt also:

- maximale Fördergeschwindigkeit
- minimale Förderstrecke je Arbeitstakt
- minimale Vorwarnzeit (bei Beachtung der Sicherheitsvorschriften)
- minimale Taktanzahl und relativ lange Taktzeiten evtl. durch Zusammenlegen einzelner Arbeitstakte, entsprechend den spezifischen Möglichkeiten

\* VEB LIW, Halle/Saale

<sup>1</sup> Der Abtaktverlust stellt die Differenz zwischen Taktzeit und im Takt tatsächlich projektierte Arbeitsmenge dar.

- minimale Bearbeitungsdauer je Arbeitstakt durch Einsatz neuer hochproduktiver Fertigungsverfahren und durch Qualifizierung der Arbeitskräfte.

2.2.2. Da der Erzeugnisartwechsel, wie in der Instandsetzung dargelegt, nach relativ kleinen Losgrößen erfolgt, ist es zweckmäßig, bei intermittierender Förderart für alle Erzeugnisarten eine konstante Taktzeit und Taktanzahl einzuhalten.

Durch den unterschiedlich notwendigen Zeitaufwand je Erzeugnisart im Instandsetzungsprozeß ist eine Auslastung der Arbeitstakte in diesem Fall nicht gewährleistet.

Die entstehenden Verluste, am AZF sind teils erheblich. Sie sind ihrem Charakter nach von der gewählten Förderart, vom gewählten Arbeitsorganisationsverfahren abhängig, treten aber eigentlich als Austaktverluste in Erscheinung.

Möglichkeiten zum Verringern der Verlustzeit bestehen durch:

Maßnahme	Bedingung
— Auswahl von Erzeugnisarten mit minimalen Abweichungen in der Gesamtbearbeitungsdauer	— weitere Konzentration, Spezialisierung, Kooperation bzw. Anordnung mehrerer Fließreihen in einem Betrieb
— konstante Taktzeit, variable Taktanzahl, entsprechend dem Arbeitsumfang der Erzeugnisarten	— Vergrößern der Lose, mindestens über eine Schichtdauer, um freigesetzte AK ökonomisch einsetzen zu können
— konstante Taktanzahl, variable Taktzeit (Verlust bei Erzeugnisartwechsel weiter vorhanden)	— disponiblen Facharbeiter mit hoher Arbeitsmoral und Bereitschaft zum ständigen Arbeitsplatzwechsel
— konstante Taktzeit, konstante Taktanzahl, Einfügen von Füllarbeit	— Vergrößern der Lose, möglichst über mehrere Schichten, um die Erzeugnisartwechsel zu minimieren und dem Menschen am Arbeitsplatz die Möglichkeit zu geben, sich auf die jeweilige Taktzeit einzustellen, um die Arbeitsaufgabe für den Arbeiter zumutbar zu gestalten
— konstante Taktzeit, konstante Taktanzahl, Auswahl der Erzeugnisarten nach gleicher Taktzeit, oder die Taktzeit muß ein Vielfaches der Bearbeitungsdauer darstellen	— Vorhandensein entsprechender Füllarbeit. Die Taktzeitdifferenz muß so groß sein, daß sich der Arbeiter auf die Aufgabe einstellen kann. Die Arbeitsverrichtung muß am gleichen Arbeitsplatz durchführbar sein
— Variable, dem Erzeugnis entsprechende Taktzeit, Pufferung vor jedem Takt	— Vorhandensein eines entsprechenden Erzeugnissortiments. Es muß technisch und technologisch möglich sein, ausgewählte Erzeugnisarten in den Taktten doppelt zu belegen
	— Erhöhung des Umlaufbestands, Förderanlage mit Einzelförderung, konsequentes Einhalten von Losgröße

### 2.3. Stetige Förderung

Bei Stetigförderung besteht die Möglichkeit, die Förderzeitverluste theoretisch völlig zu beseitigen. Die Fördergeschwindigkeit bleibt dabei für alle Erzeugnisarten konstant, ebenso die Anzahl der Takte.

Der Förderer wird dabei in Taktabschnitte eingeteilt, den Taktabschnitt ( $L_{1max}$ ) bildet ein markierter Längenabschnitt. Er resultiert aus der Fördergeschwindigkeit ( $v$ ) und der Erzeugnisart mit dem größten Zeitaufwand je Arbeitstakt ( $T_{O1max}$ )

$$L_{1max} = v \cdot T_{O1max}$$

Die Gesamtlänge des Förderers ergibt sich aus dem Produkt der Anzahl der Arbeitstakte ( $A$ ) und dem ermittelten Taktabschnitt:

$$L = A \cdot L_{1max}$$

Bei fester Länge des Förderers ist die erforderliche Geschwindigkeit

$$v = \frac{L}{A \cdot T_{O1max}}$$

und die Länge der Taktabschnitte

$$L_{1max} = \frac{L}{A}$$

Durch das Auflegen der Erzeugnisarten in unterschiedlichem Abstand, entsprechend der für das Erzeugnis ermittelten Taktzeit, kann  $T_{O1erf.}$  eingehalten werden.

Der Abstand der Erzeugnisse im Förderer ( $L_{1erf.}$ ) ergibt sich aus

$$L_{1erf.} = v \cdot T_{O1erf.}$$

Dieser Abstand ist beim Auflegen der Erzeugnisse am 1. Takt zu beachten, für die übrigen Takte ergibt er sich zwangsläufig.

Bei Erzeugnisartwechsel ist die folgende Erzeugnisart am 1. Takt bereits mit der für sie zutreffenden Bearbeitungslänge  $L_{1erf.}$  hinter dem letzten Erzeugnis des vorherigen Loses aufzulegen.

Arbeitsende ist somit immer am Ende des markierten Taktabschnitts, während sich der Arbeitsbeginn innerhalb des Taktabschnitts entsprechend der Erzeugnisart verschiebt.

Zur Selbstkontrolle des Arbeiters für seine Zeiteinteilung während der Arbeitsaufgabe ist es zweckmäßig, innerhalb der Taktabschnitte die planmäßige Bearbeitungstrecke für jede Erzeugnisart farblich zu markieren.

Wie eingangs erwähnt, lassen sich durch diese Förderart die Förderzeitverluste theoretisch völlig beseitigen. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß auch hier Verlustzeiten auftreten. Der Arbeiter muß nach Beendigung der Arbeitsaufgabe an einem Erzeugnis zum folgenden Erzeugnis zurückgehen und dabei seine Handarbeitsmittel sowie die über dem gesamten Taktabschnitt verschiebbar oder schwenkbar angebrachten Hebezeuge, Anschlagmittel und Vorrichtungen zurücktransportieren.

Die zum Taktwechsel entstehende Wartezeit des Arbeiters bei intermittierender Förderart, die teils als Erholungszeit zur Reproduktion der Arbeitskraft zu werten ist, entsteht bei Stetigförderung nicht.

Hier wird innerhalb eines Taktwechsels der Arbeiter mit Hilfszeit ( $t_H$ ) und Wartungszeit ( $t_W$ ) ausgelastet. Selbstverständlich ist der Anteil ( $t_H + t_W$ ) in der Taktzeit  $T_{O1}$  zu berücksichtigen.

Arbeitspsychologisch wirkt der Rhythmus der Taktintervalle bei intermittierender Förderart aus eigener Erfahrung günstiger auf die Menschen als die Stetigförderung. Hier belastet in gewissem Sinne der ständig vom Arbeiter wegkriechende Arbeitsgegenstand.

Ein weiteres Kriterium der Stetigförderung besteht darin, daß bei weiterer Mechanisierung und Automatisierung der

Arbeitsgänge der stets in Bewegung befindliche Arbeitsgegenstand in die wegen ihrer Kompliziertheit, Masse und Dimensionen meist stationären Vorrichtungen und Maschinensysteme nicht oder nur erschwert aufgenommen werden kann. Auch das Steuern der Produktionseinheiten ist mit den herkömmlichen Methoden und Mitteln schwierig zu meistern, da ein zeitbestimmter, kontinuierlicher Produktionsausstoß von der Reihenfolge der Erzeugnisarten abhängt. Der im Produktionsprozeß gebundene Umlaufbestand an Erzeugnissen ist ständigen systembedingten Schwankungen unterlegen. Hier wird das Optimum an Effektivität, ebenso wie bei intermittierender Einzelförderung und Pufferung vor jedem Arbeitstakt, in Zukunft nur über Prozeßrechner zu erreichen sein.

### 3. Einfluß der Abtaktung

In der Wechselfließfertigung ist der Einfluß der Abtaktung in Auswirkung auf den Arbeitszeitfonds unter zwei Gesichtspunkten zu betrachten

1. Einfluß der Abtaktung unter Beachtung der Förderart
2. Technologische Gesichtspunkte der Abtaktung.

Zum 1. Gesichtspunkt sind bereits im Abschnitt 2 die Einflußfaktoren und deren Beeinflussungsmöglichkeit dargelegt. Es soll deshalb nur auf einen technologischen Gesichtspunkt der Abtaktung eingegangen werden.

Die wichtigste technologische Maßnahme in der Fließfertigung ist eine möglichst gleichmäßige Abtaktung. In der Wechselfließfertigung heißt das Gleichmäßigkeit in der Hinsicht, daß die Arbeitsumfänge der Erzeugnisarten anteilig verteilt werden.

Abweichungen in der Auslastung der Takte untereinander resultieren oft nicht aus der Tatsache einer technologisch nicht möglichen gleichmäßigeren Arbeitsteilung, sie resultieren oft aus dem Bestreben, sogenannte Standardtakte zu bilden (Bild 1).

Der Vorteil dieser Methode ist

- Zuordnung der artgleichen Teile, Baugruppen und Arbeitsarten an jeweils dem gleichen Takt,
- optimales Ausnutzen universeller Vorrichtungen, Anschlagmittel und Werkzeuge,
- ständig wiederkehrende Hauptarbeitsgänge.

Die Nachteile sind

- erhebliche Verluste am Arbeitszeitfonds,
- Qualitätsmängel an überlasteten Takten,
- erhöhter Springerbedarf.

Das Ziel der Gleichmäßigkeit schließt ein Einengen der Standardtakte ein.

Dipl.-Ing. K. HIERONIMUS, KDT

### Austauschinstandsetzung oder Grundüberholungen bei Traktoren?

Die für das landtechnische Instandhaltungswesen verbindliche TGL 80-21 773 schreibt vor: „Die Instandsetzungsmaßnahmen dürfen erst dann vorgenommen werden, wenn eine Überprüfung deren Notwendigkeit ergeben hat.“ Dementsprechend wurde in unserer Landwirtschaft bisher auch überwiegend verfahren, jeweils möglichst kurz vor Erreichen der Grenznutzungsdauer einer Baugruppe erfolgte deren Austausch. In jüngster Zeit führte das Bestreben, auch die Trak-

<sup>1</sup> Dieser Beitrag basiert auf einer Diplomarbeit [1], die an der Technischen Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Förder-technik, Bereich Instandhaltung, unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. K. NITSCHKE angefertigt wurde.

Arbeitsumfang für das Erzeugnis	Takt x	Takt y	Takt z
A	—	—	—
B	—	—	—
C	—	—	—

Bild 1. Arbeitsschema. Gesamtarbeitsumfang  $A = B = C$

Verlustzeiten, resultierend aus der Verschiedenheit des Gesamtzeitbedarfs der Erzeugnisarten, bleiben erhalten. Wie sie zu beeinflussen sind, wurde bereits dargelegt.

### 4. Schlußfolgerungen

Um für die Projektierung bzw. Rekonstruktion einer Wechselfließstraße der Instandsetzung eine Entscheidung in bezug auf die zu wählende Förderart zu treffen, sind der betreffenden Arbeitsaufgabe die dargelegten Einflußfaktoren gegenüberzustellen. Es muß betont werden, daß noch weitere, in diesem Beitrag nicht abgehandelte Faktoren bei der Entscheidungsfindung mit zu berücksichtigen sind, wie z. B.:

- vorhandene Bauhülle,
- ökonomisch vertretbarer Aufwand für das Fördermittel,
- geplanter Produktionsausstoß,
- gegenwärtiger technologischer Entwicklungsstand im Betrieb,
- Qualifikation der Arbeitskräfte,
- zu erwartende Laufzeit der Anlage usw.

Es kann auch nicht Aufgabe dieses Beitrages sein, ein allgemeingültiges Rezept für die zu wählende Förderart zu formulieren.

Trotzdem kann eingeschätzt werden: hinsichtlich der Auslastung des AZF ist der Stetigförderung beim gegenwärtigen Entwicklungsstand im Instandsetzungswesen der Vorrang zu geben. Nicht einbezogen in diese Einschätzung ist die Kleinteile- bzw. Kleinbaugruppeninstandsetzung. Hierzu sind besondere Betrachtungen notwendig.

Ein in jedem Fall gültiger technologischer Grundsatz bei der Abtaktung sollte sein, in erster Linie eine gleichmäßige Verteilung des Arbeitsumfangs auf alle Takte anzustreben und die weiteren Bedingungen diesem Grundsatz unterzuordnen.

### Literatur

ZIMMERMANN, W.: Untersuchung einer Wechselfließreihe auf Auslastung des Arbeitszeitfonds. Diplom-Arbeit an der Sektion Landtechnik der Universität Rostock (unveröffentlicht) A 7698

## Zur Anwendung der Monte-Carlo-Methode im Instandhaltungswesen<sup>1</sup>

toreninstandsetzung zu zentralisieren und zu spezialisieren, zur Durchführung von kompletten Grundüberholungen an Traktoren. Die Zweckmäßigkeit dieser Maßnahme war in der hier zugrunde liegenden Diplomarbeit zu untersuchen.

Die Entscheidung über das zu wählende Instandsetzungsverfahren hängt außer von den technologischen Möglichkeiten und den dadurch bei dem einen oder anderen Verfahren erzielbaren Vorteilen, die hier ausgeklammert werden, wesentlich davon ab, wie die Grenznutzungsdauer der einzelnen Baugruppen ausgenutzt wird. Ein vorzeitiger Austausch einer Baugruppe ist volkswirtschaftlich nur dann gerechtfertigt, wenn die Kosten der nicht in Anspruch genommenen Restnutzungsdauer kleiner sind als die Kosten eines gesonderten Austausches.