

1. Einleitung

Der ständig steigende Traktorenbesatz in der Landwirtschaft der DDR machte den Aufbau leistungsfähiger hochproduktiver Motoreninstandsetzungswerke notwendig. Die Steigerung der Produktion instand gesetzter Motoren im LIW Erfurt von 100 Prozent im Jahre 1958 auf 270 Prozent im Jahre 1968 war nur durch die Rekonstruktion kompletter Abteilungen möglich. In dieser Periode sind für Demontage und Montage kontinuierlich laufende Taktstraßen entstanden, so daß hier ein zeitlich erzwungener Fertigungsablauf erreicht werden konnte. Das gleiche gilt für die Instandsetzung der Elektro-Aggregate und der Einspritzpumpen.

In dem gesamten, zwischen der Demontage und der Montage liegenden Instandsetzungsbereich wurde jedoch keine zielstrebige Arbeit zur Verwirklichung der erzeugnisgebundenen Fertigung geleistet. Die Instandsetzung erfolgte in örtlich voneinander getrennten Räumen, wobei die Maschinen und Arbeitsplätze nicht nach dem technologisch erforderlichen Fertigungsablauf angeordnet waren. Das Werkstattprinzip war also in diesem Bereich vorherrschend. Im einzelnen zeigten sich im Produktionsprozeß folgende Schwächen:

- sehr hoher Transportumfang,
- sehr hoher Pufferumfang an den einzelnen Arbeitsplätzen durch einen ungenügenden Materialfluß,
- Diskontinuität in der Fertigung und im Transportablauf,
- mangelnde Übersichtlichkeit der Fertigung,
- Nichterhalt der Losgröße,
- sehr hohe Durchlaufzeit.

2. Aufgabenstellung

Ende 1967 wurde die Forderung erhoben, die hier genannten Schwächen durch eine komplexe sozialistische Rationalisierung zu beseitigen. Aus ökonomischen Erwägungen mußte ein Aufbau der Taktstraßen erfolgen, der rein organisatorisch zu einer Minimierung des Transports führt. Da die Rekonstruktion der Instandsetzungsabteilungen bis zum 20. Jahrestag unserer Republik abgeschlossen werden sollte, mußte eine hohe Effektivität bei der Vorbereitung und Durchführung erreicht werden. Folgender Weg wurde eingeschlagen:

- Erarbeitung der theoretischen Grundlagen
- Netzwerk des Fertigungsablaufs
- Analyse des Fertigungsablaufs
- Rahmenplan auf der Grundlage des Netzwerks
- Verteidigung und Entscheidung — Werkleitung
- Projektierung der Fertigungskomplexe
- Durchführung der Rekonstruktion auf der Grundlage eines Netzwerks

3. Erarbeitung der theoretischen Grundlagen

Im Rahmen der Durchlaufplanung muß bei Erhöhung der Kontinuität und Verringerung des Transportaufwands eine Verkürzung der Durchlaufzeit und eine Verringerung der unvollendeten Produktion erreicht werden. Als Kenngröße dient uns hier der Grad der Parallelität,

$$G = \frac{A}{P_z}^1$$

Darin sind

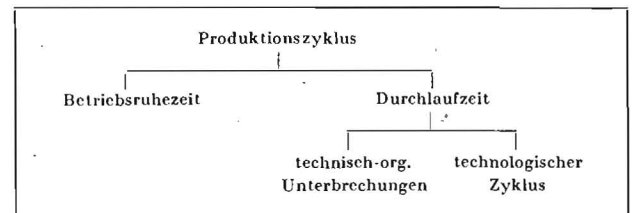
A Arbeitsaufwand für die Erzeugniseinheit
 P_z Dauer des Produktionszyklus

* Technischer Direktor des VEB LIW Erfurt

¹ Aus „Der Produktionsprozeß im Industriebetrieb“ von ARNOLD, BORCHERT, LANGE, SCHMIDT

Eine wesentliche Senkung des Arbeitsaufwands je Erzeugniseinheit war nicht vorgesehen, da die freiwerdende Kapazität zur Einführung zusätzlicher Arbeitsgänge zur weiteren Erhöhung der Qualität benutzt werden sollte. Der Grad der Parallelität kann also wesentlich durch die Verkürzung des Produktionszyklus erhöht werden.

Bild 1. Schema des Produktionszyklus¹



Die in Bild 1 fixierten Zusammenhänge zeigen eindeutig die zu beachtenden Schwerpunkte. Eine Verkürzung der Durchlaufzeit kann durch Reduzierung der technisch-organisatorischen Unterbrechungen und durch Verkürzung des technologischen Zyklus erreicht werden.

3.1. Technisch-organisatorische Unterbrechungen

Zwischen den einzelnen Arbeitsplätzen und Fertigungskomplexen sind in unterschiedlich hohem Umfang Pufferungen notwendig:

- zum Ausgleich unterschiedlicher Bearbeitungszeiten und Schichtfaktoren,
- für die notwendigen Zwischenkontrollen,
- für chemische und physikalische Prozesse (z. B. Abkühlen eines Werkstückes),
- zum Transport der Werkstücke.

Diese erforderlichen Zwischenpuffer sind in ihrem Umfang exakt festzulegen, wobei mit einem Minimum an unvollendeter Produktion die Kontinuität im Produktionsprozeß abgesichert werden muß. Um die für einen ökonomischen Transport erforderlichen Pufferungen zu minimieren, ist das Erzeugnisprinzip weitgehend zu verwirklichen. Für größere Teile (z. B. Kurbelgehäuse, Kurbelwelle) wird der Einzeltransport ökonomisch.

Ausgehend davon sind im Bild 2 schematisch die Häufigkeitsverteilungen der Pufferfüllung für zwei Puffer dargestellt. Puffer 1 ist unter Berücksichtigung des Streubereichs von 2 bis 12 bei einer mittleren Pufferfüllung von 8 Stück richtig bemessen. Im Puffer 2 schwankt die Pufferfüllung von 12 bis 20 bei einem Mittel von 16 Stück. Bei einer Reduzierung der mittleren Pufferfüllung von 16 auf 6 Stück wird der Puffer — der Häufigkeitsverteilung entsprechend — maximal bis auf 2 Stück entleert, so daß zu jeder Zeit die kontinuierliche Produktion abgesichert ist. Im Pufferdurchlauf sind damit 10 unproduktive Zwischenstationen beim taktweisen Fortschritt ausgeschaltet. Damit wird eine Verringerung der Durchlaufzeit um die 10fache Taktzeit erreicht,

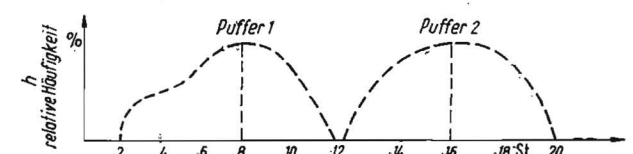


Bild 2. Relative Häufigkeitsverteilung der Pufferfüllung

Tafel I. Vergleich der Transportwege

Transportwege	Kurbelwelle (Sitz f. Schwung- masse muß aufge- schweißt werden)	Gehäuse (muß geschweißt werden)	WA- Teile	Teile- kästen
vor Rekonstruktion	685	470	360	80
nach Rekonstruktion	20	—	50	—

Für das Gesamtprojekt wurde eine Rückflußdauer von 2,4 Jahren ausgewiesen.

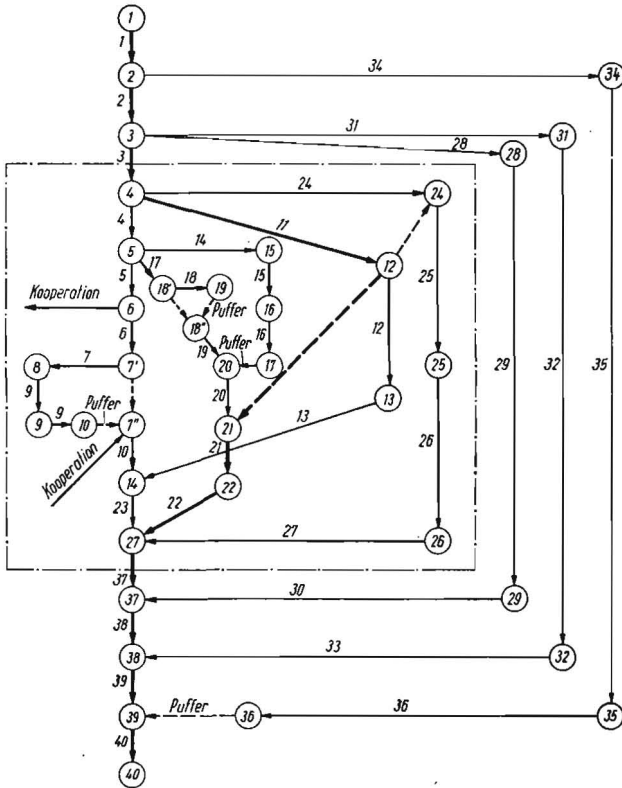


Bild 3. Netzwerk des Fertigungsablaufs.

- Arbeitsgangeliste:
- 1 bis 4 Demontage
 - 5 Transport der TK zur Schadensaufnahme
 - 6 Schadensaufnahme der Kleinteile
 - 7 Transport der Kleinteile zur WA
 - 8 Wiederaufarbeitung
 - 9 Transport der Kleinteile zur Schadensaufnahme
 - 10 Komplettierung der Teilekästen und Transport zur Spülmaschine
 - 11 Schadensaufnahme
 - 12 Bereitstellung der Kurbelwellen
 - 13 Transport und Spülen der Kurbelwellen und Zuordnen zum Teilekasten
 - 14 Schadensaufnahme und Bereitstellung der Laufbuchsen zur Bearbeitung
 - 15 Bearbeitung der Laufbuchsen
 - 16 Bereitstellung und Transport der Laufbuchsen zum „Einziehen“
 - 17; 19 Transport der Gehäuse zum Einziehen der Laufbuchsen
 - 18 Instandsetzung der Gehäuse
 - 20 Einziehen der Laufbuchsen
 - 21 Vorspannen, Bohren und Spülen der Gehäuse
 - 22 Bereitstellung der Gehäuse zur Montage
 - 23 Bereitstellung der Teilekästen zur Montage
 - 24 Bereitstellung der Pleuel zur Instandsetzung
 - 25 Vorspannen und Bohren der Pleuel
 - 26 Pleuel – Kolben – Vorbereitung
 - 27 Bereitstellung der Pleuel zur Montage
 - 28 Bereitstellung und Transport der Schwungmasse zur Bearbeitung
 - 29 Instandsetzung der Schwungmassen
 - 30 Bereitstellung der Schwungmassen zur Montage
 - 31 Bereitstellung und Transport der Zylinderköpfe
 - 32 Instandsetzung der Zylinderköpfe
 - 33 Bereitstellung der Zylinderköpfe zur Montage
 - 34 Bereitstellung und Transport der Aggregate (Lichtmaschine, Anlasser, Einspritzpumpe)
 - 35 Instandsetzung der Aggregate
 - 36 Bereitstellung und Transport der Aggregate zur Montage
 - 37 bis 40 Montage

wenn Puffer 2 im technologischen Hauptzyklus liegt. Gleichzeitig wird die unvollendete Produktion gesenkt.

3.2. Technologischer Zyklus

Den technologischen Zyklus einzelner Bearbeitungskomplexe kann man durch eine weitgehende parallele Anordnung verschiedener Arbeitsplätze verkürzen. Hauptsächlich werden solche Arbeitsgänge parallel durchgeführt, die nicht zu 100 Prozent anfallen. Die Vielfalt dieser Arbeitsgänge ist eine Besonderheit der Instandsetzung.

Die Kenntnis der hier nur sehr kurz aufgeworfenen Probleme ist Grundvoraussetzung für die Projektierung von kompletten Fertigungsbereichen.

4. Netzwerk des Fertigungsablaufs

Zur Neufestlegung des Fertigungsablaufs ist es unbedingt erforderlich, daß man alle logischen und zeitlichen Zusammenhänge erfaßt und optimal berücksichtigt. Eine Darstellung hierfür vermittelt das in Bild 3 gezeigte Netzwerk. Anschließend folgen dazu kurze Erläuterungen.

Die durch die Produktion mehrerer Motortypen bestehenden typencharakteristischen Besonderheiten in den einzelnen Instandsetzungszyklen sind durch die Darstellung von Komplexaktivitäten im Netzwerk enthalten. Diese Besonderheiten werden bei der typengebundenen Auflösung der Komplexaktivitäten in Teilnetzwerke berücksichtigt.

Die Demontage ist durch die Aktivitäten 1 bis 4, die Montage durch die Aktivitäten 37 bis 40 dargestellt. Der Aggregatezyklus ist durch die Aktivitäten 34, 35 und 36 und durch die Scheinaktivität (36, 39) gekennzeichnet. Die Aktivitäten 31, 32, 33 stellen die Instandsetzung der Zylinderköpfe, die Aktivitäten 28, 29, 30 die Instandsetzung der Schwungmassen dar. Der Bereich 24 bis 27 ist die Pleuel-Instandsetzung und die Pleuel-Vormontage mit den Kolben. Die Gehäuse-Instandsetzung wird durch den Komplex 17 bis 22 gebildet. Parallel dazu befindet sich die Bearbeitung der Laufbuchsen (14 bis 16). Die gesamte Kurbelwellen-Instandsetzung ist durch die Aktivitäten 11, 12 und 13 berücksichtigt. Die Aktivitätenfolge 7, 8, 9 kennzeichnet die parallele Anordnung der Instandsetzung der Kleinteile.

Alle Scheinaktivitäten mit der Kennzeichnung „Puffer“ drücken aus, daß zur Beschleunigung des Durchlaufs technologisch Austausch-Puffer vorgesehen werden müssen.

Über derartige Puffer parallel organisiert sind Laufbuchsenbearbeitung, Gehäuse-Instandsetzung, Wiederaufarbeitung der Kleinteile, Aggregate-Instandsetzung.

Dadurch wurden die Schlupfzeiten in den nichtkritischen Bereichen als absolute Reserve weitgehend verringert und der kritische Weg optimal reduziert. Die Dauer des kritischen Weges ist die Durchlaufzeit. Der kritische Weg verläuft über Demontage (1 bis 3), Kurbelwellen-Instandsetzung (11) und über die Scheinaktivität (12, 21) zur Montage (37 bis 40). Die derzeitige Instandsetzungstechnologie für das Schleifen der Kurbelwellen sieht für die einzelnen Lagerstellen das „Rundschleifen“ vor. Die dabei erreichten Zapfendurchmesser werden im Meßblatt erfaßt und bilden die Grundlage für die Bearbeitung der Haupt- und Pleuellager. Diese Abhängigkeit im Fertigungsablauf kennzeichnen die Scheinaktivitäten (12, 21) und (12, 24). Sie würde beim Maßschleifen und Einbau von Fertigmaßlagern entfallen. Daraus folgt eine Verkürzung des kritischen Weges.

Durch die Rationalisierung war also die Schaffung völlig neuer Instandsetzungsbereiche notwendig und die Ermittlung der Durchlaufzeiten teilweise an Einschätzungen gebunden.

Nicht in die Rationalisierung einbezogene Bereiche blieben dabei außer Ansatz.

Auf der Grundlage dieses Netzwerkes ist die Vorbereitung und Durchführung der komplexen sozialistischen Rationalisierung im LIW Erfurt eingeleitet worden. Dennoch sind

damit längst nicht alle Möglichkeiten der Anwendung der Netzplantechnik für die technologische Fertigungsvorbereitung erschöpft.

Hat man den gesamten Fertigungskomplex im Netzwerk erfaßt und die einzelnen Durchlaufzeiten ermittelt, kann eine Optimierung des Produktionsprozesses unter Beachtung der Durchlaufzeit und der unvollendeten Produktion erfolgen. Dabei muß eine Verringerung der Durchlaufzeit durch die Schaffung von Parallelyklen im kritischen Weg, z. B. parallele Durchführung von Arbeitsgängen, die nicht zu 100 Prozent anfallen, oder Schaffung eines 100prozentigen Vorlaufs an fertigbearbeiteten Teilen im Hauptzyklus erreicht werden. Letzteres wäre denkbar als Abschluß der Kurbelwellentaktstraße, da dann das Vorspannen der Pleuel- und Hauptlager sofort erfolgen könnte, der Einfluß des Meßblattes auf die Durchlaufzeit wäre also ausgeschaltet. Durch eine Vergrößerung der Puffer im kritischen Bereich wird durch die Verkürzung der Durchlaufzeit im nichtkritischen Bereich der Umfang an unvollendeter Produktion verringert. Das Optimum ist erreicht, wenn die Verringerung der unvollendeten Produktion — infolge der Verkürzung der Durchlaufzeit — gleich dem Pufferumfang ist, der zur Verkürzung desselben aufgewendet werden muß. Dann sind die Schlupfzeiten im nichtkritischen Bereich weitgehend abgebaut.

Mit diesen Erläuterungen seien kurz die Möglichkeiten aufgezeigt, die die Netzplantechnik zur Projektierung von kompletten Industriebetrieben bietet.

5. Analyse des bestehenden Fertigungsablaufes; Rahmenplan zur Fortführung der komplexen sozialistischen Rationalisierung

Um für die im Netzwerk geschaffenen Bearbeitungskomplexe den erforderlichen Platzbedarf zu ermitteln, war eine gründliche Arbeitsplatzanalyse notwendig. Auf der Grundlage des Netzwerks entstand der Rahmenplan zur Fortführung der komplexen sozialistischen Rationalisierung. Dabei wurden die Instandsetzungsbereiche insbesondere der schweren Teile (Kurbelgehäuse, Kurbelwelle) so angeordnet, daß die Bearbeitung dort abschließt, wo die Teile für die weitere Bearbeitung gebraucht werden. Durch die ungünstigen baulichen Voraussetzungen war dieses Prinzip jedoch nicht bei allen Teilen zu verwirklichen.

Der so geschaffene Rahmenplan wurde von der Betriebsleitung und der Betriebsparteileitung nach der Verteidigung in der Ständigen Produktionsberatung bestätigt und für die Fortführung der Rekonstruktion als verbindlich erklärt.

6. Ausarbeitung der Teilkomplexe am Beispiel der Kurbelwellentaktstraße

Für die konstruktive Gestaltung der Teilkomplexe bildet die Netzplantechnik ebenfalls ein wichtiges Hilfsmittel. Bild 4 zeigt den technologischen Zyklus der Kurbelwellen-Instandsetzung in Form eines Knotennetzwerks. Der Instandsetzungszyklus ist hier sehr übersichtlich dargestellt. Die Arbeitsgangdauer entspricht der Normzeit, die Wahrscheinlichkeit dem Anfallfaktor. Für die Durchlaufzeit gilt der Weg 1 als bestimmend. Die Arbeitsgänge — Richten, Schweißen, Drehen und Fräsen — fallen nicht zu 100 Prozent an und werden deshalb über einen Austauschpuffer parallel organisiert. Auf der Grundlage dieses Netzwerkes wurde die Kurbelwellentaktstraße projektiert.

Zum Heben der Kurbelwellen in die Maschine sind Säulendrehkräne zweckmäßig. Durch die günstige Zuordnung der Maschinen gelang es, die Transportwege mit Hilfe dieser Säulendrehkräne zu überbrücken. Die Kurbelwellen werden aus dem Abstellblock vor der Maschine zur Bearbeitung entnommen und in den der Maschine nachgeordneten Abstellblock abgelegt. Somit entfallen zusätzliche Transporte.

Im Bereich der einzelnen Abstellblöcke überschneiden sich die Schwenkreise zweier benachbarter Säulendrehkräne, so

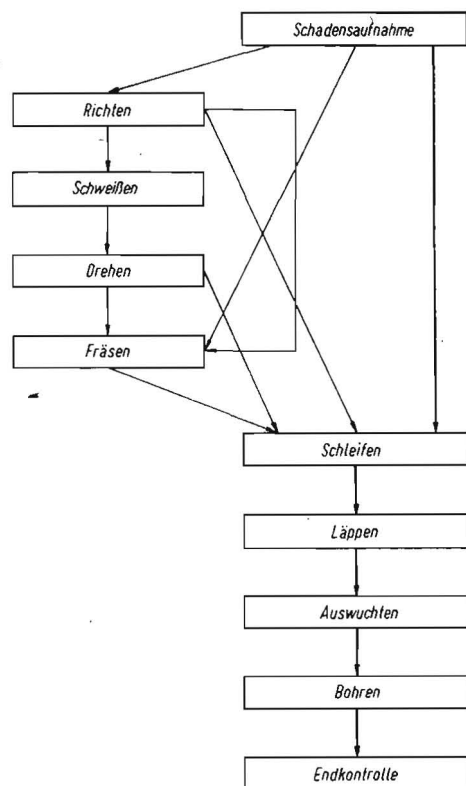


Bild 4. Technologischer Zyklus der Kurbelwellenbearbeitung (Für die Durchlaufzeit bestimmend ist der Weg 1)

daß geschlossene Transportketten verwirklicht wurden. Dazu war der Bau von Säulendrehkränen mit unterschiedlichen Stützhöhen und einem Schwenkbereich von 360° notwendig. Da entsprechende Angebote von der Industrie nicht vorlagen, wurden mit Hilfe von Realisierungsvereinbarungen Konstruktion, Fertigung und Abnahme durch die TU kurzfristig verwirklicht. Die nach dem beschriebenen Prinzip errichtete Taktstraße hat sich in der Praxis bereits voll bewährt.

Bei der Projektierung der Taktstraße mußten wir die vorhandenen baulichen Voraussetzungen berücksichtigen, so daß teilweise hinsichtlich der Transportwege Kompromisse notwendig waren. Auf der Grundlage eines Patenschaftsvertrages zwischen einem Jugendkollektiv der BBS und der Abt. Technik wurde die Taktstraße und darüber hinaus — vom Netzwerk abgeleitet — die „Optimale Lösung“ unter Vernachlässigung der Bauhülle als Modell gebaut.

Hier konnten wir insbesondere die Anzahl der Säulendrehkräne von 6 auf 4 Stück verringern, wobei eine Verkürzung verschiedener Transportwege auftrat. Auf die Möglichkeiten der technologischen Studien anhand des Modells soll hier nicht näher eingegangen werden.

7. Durchführung und Ergebnisse der Rekonstruktion

Da die Rekonstruktion bei laufender Produktion erfolgen mußte und insgesamt 28 Maschinen ihren Standort wechseln bzw. neu aufgestellt werden mußten, war die Erarbeitung eines exakten Planes notwendig. Es wurden ein Netzwerk mit 61 Aktivitäten aufgestellt, die auf die vorhandene Kapazität abgestimmten Aktivitätsdauern eingeschätzt und das Netzwerk zeitlich überrechnet. Damit ließ sich zu jedem beliebigen Zeitpunkt der Stand der Rekonstruktion exakt einschätzen.

Es sei nicht verschwiegen, daß während der Durchführung durch nichtkalkulierbare Schwierigkeiten teilweise erhebliche Terminverschiebungen auftraten. Allerdings konnten wir jederzeit wirksame Maßnahmen — Kapazitätsverschiebungen in dem kritischen Bereich — ergreifen, um den Terminver-

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 ¹	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

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