

Bestimmung von Zeitrichtwerten und Vorzugslösungen der Operationsfolge in der Teilinstandsetzung

Dr.-Ing. G. Stegemann, KDT/Dozent Dr.-Ing. U. Scharf, KDT
Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung

Verwendete Formelzeichen

AK	Arbeitskraft
AZ	Arbeitszeit
K	Korrekturkoeffizient
m_{AK}	Anzahl gleichzeitig eingesetzter Arbeitskräfte je Instandsetzungsmaßnahme
P_p	Anzahl der parallel durchgeführten Arbeitsoperationen
P_w	Parallelitätswert
t_0	normierter Zeitrichtwert
t'_0	korrigierter Zeitrichtwert
t_A	Vorbereitungs- und Abschlußzeit
t_D	Durchlaufzeit
t_E	Zeit für natürliche Bedürfnisse und arbeitsbedingte Erholungspausen
t_W	Wartungszeit des Arbeitsplatzes
t_{v0}	Zeitverluste, unabhängig vom Arbeiter
η, β	Parameter der Weibullverteilung

Teilinstanzsetzungen an Maschinen und Anlagen haben vorbeugenden oder wiederherstellenden Charakter und umfassen infolge differenzierter Schädigungszustände der Objekte stets eine nach Anzahl und Art unterschiedliche Operationsfolge (Arbeitsgänge, Arbeitsstufen, Elementaroperationen). Die Teilinstanzsetzungen unterliegen den Gesetzen der Einzel- und Kleinserienfertigung. Die Gestaltung, Bemessung und Bewertung dieser Prozesse stellt immer ein sehr anspruchsvolles zu lösendes Problem dar und wird in der Praxis meist mit erfahrungsstatistischen Vergleichen gelöst. Die vorliegende Arbeit ist ein Beitrag dazu, den Ingenieuren in den Instandsetzungsbetrieben die technologische Vorbereitung zu erleichtern und mehr Effekte in der Teilinstanzsetzung zu erreichen. Methoden der Zeitrichtwertermittlung und der Bestimmung einer optimalen Operationsfolge stehen dabei im Vordergrund.

1. Zeitrichtwertbemessung für die Teilinstandsetzung

Arbeitszeitnormen sind eine wichtige Größe zur Bemessung von Instandsetzungsaufwendungen. Sie werden zur quantitativen Bewertung der Arbeitsleistung der Werk tätigen, zur Bestimmung der Kapazität an Arbeitskräften und technologischen Ausrüstungen herangezogen. Organisationsformen, die Prozeßsteuerung und die Neuerertätigkeit werden nachhaltig beeinflußt, der nationale und internationale Vergleich wird durch sie ermöglicht.

In Anbetracht bislang noch nicht genügend untersuchter Gesetzmäßigkeiten zur Gestaltung von Teilinstanzsetzungsprozessen und vor allem ihrer Zeitnormung muß das Nah-

ziel in der Schaffung von Richtwerten des Arbeitsaufwands und in der Bestimmung von Besetzungsnormen für die Instandsetzungs-kollektive gesehen werden.

Die Methoden der Arbeitszeitnormung sind hinreichend bekannt [1, 2, 3]. Aufgrund der Spezifik von Teilinstanzsetzungen (Varianz der Operationen und der Operationsfolge, Wiederholhäufigkeit der Operationen) wird für die Prozesse die analytisch-rechnerische Methode empfohlen. Anstelle von Zeitnormen muß verständlicherweise vorerst auf Zeitrichtwerte zurückgegriffen werden. Diese stehen aus einer umfangreichen Untersuchung und getestet als Zeitrichtwertkatalog zur Verfügung [4]. Prozeßanalysen zur Teilinstanzsetzung an landtechnischen Arbeitsmitteln führten zu dem Ergebnis, daß eine Gliederung in Elementaroperationen und typische Komplexoperationen möglich und auch zweckmäßig ist. Damit sind Zeitrichtwerte für diese unterschiedlichen Operationen bereitzustellen. Unter *Elementaroperationen* werden unteilbare technologische Operationen (Schrauben, Bohren, Reinigen u. a.) und unteilbare Handhabeoperationen (Wenden, Lageprüfen, Spannen u. a.) verstanden, die mit den Zeitkategorien t_0 und t_A bemessen werden (Bild 1).

Komplexoperationen sind aggregierte Elementaroperationen, die in Abhängigkeit von der Arbeitsaufgabe (Montage, Teilefertigung), vom Technisierungsniveau (von Hand, von Maschine und Hand, von Maschine) und von der Beziehung Werkstück-Werkzeug zu bilden sind und mit der Zeitkategorie t_0 bemessen werden (Bild 2) [5].

Die Operationsfolge in einer Komplexoperation stellt immer ein Optimierungsproblem dar.

Bei der Gliederung und zeitlichen Bemessung technologischer Prozesse der Teilinstanzsetzung sind folgende Hinweise zu beachten:

- Zeitrichtwerte für Elementaroperationen haben eine höhere Flexibilität und eine längere Gültigkeitsdauer.
- Zeitrichtwerte für Komplexoperationen sind bereits auf eine optimale Operationsfolge orientiert. Sie ermöglichen eine Einsparung von 30 bis 50 % des Zeitaufwands in der technologischen Vorbereitung gegenüber der Synthese von Einzeloperationen [6].
- Meist stehen Zeitrichtwerte für Komplexoperationen zur Verfügung [4].

- Eine Übereinstimmung der Operationsfolge und der Anzahl der Elementaroperationen je Komplexoperation bei zwei gestellten Arbeitsaufgaben ist nur bedingt gegeben.

Die bei allen technologischen Prozessen, so auch bei der Teilinstanzsetzung, durch Arbeitsplatz- und Umweltbedingungen möglichen Abweichungen von einem Normzustand (Arbeitscharakteristik) haben eine den Zeitrichtwert erheblich beeinflussende Wirkung. Durch Regressionsrechnung konnten für

- die maßliche Gestaltung des Arbeitsplatzes
- die Zugänglichkeit zum Kontaktort
- die Abweichung vom Originalzustand
- den Ablagebereich von Werkzeugen und Werkstücken

wesentliche Wirkungen nachgewiesen und Korrekturkoeffizienten bestimmt werden [7]. Dabei haben die Veränderungen der Zugänglichkeit zum Kontaktort und die Abweichungen vom Originalzustand, vor allem bei Fügeverbindungen, einen dominierenden Einfluß.

Zur praktischen Verwendung vorhandener Zeitrichtwerte werden für die Varianten der Arbeitsplatz- und Umweltbedingungen bis zu 3 Stufen der Korrekturkoeffizienten eingeführt:

Stufe 1 Übereinstimmung der Bedingungen
Stufen 2 und 3 Ähnlichkeitsgrade der Bedingungen.

Grundsätzlich berücksichtigen die Korrekturkoeffizienten:

- maßliche Gestaltung des Arbeitsplatzes
 - den Greifraum am Kontaktort
 - die Arbeitshöhe
 - die Körperhaltung
- Zugänglichkeit zum Kontaktort
 - das Sichtfeld
 - die Zuführungsrichtung von Werkzeugen zum Kontaktort
- Abweichungen vom Originalzustand
 - die Schädigung von lösaren Verbindungen
 - die Positionierung von Werkzeugen
- Ablagebereich von Werkzeugen und Werkstücken
 - die Veränderung der Arbeitshaltung
 - den Greifraum zum Werkstück- und Werkzeugspeicher.

Die umfassende Klassifizierung aller Arbeitsplatzbedingungen ist in [4] enthalten. Die Bestimmung der Korrekturkoeffizienten kann

Bild 1. Elementaroperationen

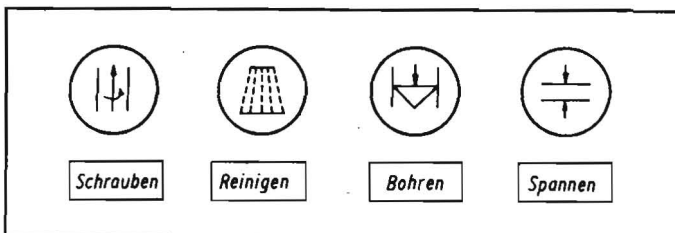
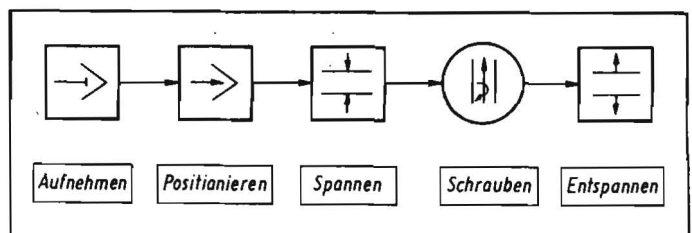


Bild 2. Komplexoperation der Montage



hinreichend genau mit linearen Regressionsfunktionen (Tafel 1) erfolgen. Die Bemessung des Zeitrichtwerts für Operationen der Teilinstandsetzung ergibt sich aus:

$$t'_0 = t_0 + \sum_{i=1}^4 K_i \quad (1)$$

Bei der technologischen Vorbereitung der Teilinstandsetzung durch Hersteller und Erzeugnisgruppenleitbetrieb kann auf diesem Wege eine Zeitvorgabe (t_0) erfolgen. Eine Anpassung für die Zeitkategorien t_A , t_E und t_W muß in den Instandsetzungsbetrieben vorgenommen werden. Nach diesem Prinzip bestimmte Zeitrichtwerte für die Teilinstandsetzung an Landmaschinen führten in ersten Anwendungsfällen zu einer wesentlichen Verringerung der Streubreite gegenüber Zeitrichtwertbestimmungen nach erfahrungstatistischen Methoden und zu einem relativen Fehler von $\pm 25\%$, der für Teilinstandsetzungen als vertretbar angesehen wird.

2. Bestimmung der Operationsfolge in der Teilinstandsetzung

Die Größe der Besetzungsnorm eines Instandsetzungskollektivs und sein zweckmäßiger Einsatz bei der Durchführung einer Teilinstandsetzung bestimmen wesentlich die Durchlaufzeit und die Effektivität der Arbeit. Für den gleichzeitigen Einsatz mehrerer Arbeitskräfte an einer Instandsetzungsaufgabe (Montage, Demontage eines Objekts) sind drei Varianten der Gruppenarbeit möglich:

- V_1 gleichzeitige Tätigkeit von zwei oder mehr Arbeitskräften an der gleichen Elementar- oder Komplexoperation (teilbare Operationen)
- V_2 gleichzeitige Tätigkeit von zwei oder mehr Arbeitskräften an unterschiedlichen Elementar- oder Komplexoperationen
- V_3 Kombination von V_1 und V_2 .

Die Realisierung der Gruppenarbeit in der Praxis nach der Variante V_3 setzt die Bestimmung der Bedingungen für die Varianten V_1 und V_2 bei der Erarbeitung der Gestaltungslösung voraus.

Der konstruktive Aufbau von Maschinen sowie die technologischen Ausrüstungen begrenzen die Besetzungsnorm von vornherein (Bild 3).

Bedingungen für eine Reduzierung der Durchlaufzeit durch die Nutzung der Variante V_1 bieten in begrenztem Umfang die Erntemaschinen.

Charakteristische Felder für teilbare Elementar- oder Komplexoperationen sind:

Tafel 1
Regressionsfunktionen zur Bestimmung von Korrekturkoeffizienten für Zeitrichtwerte der Teilinstandsetzung

Korrekturkoeffizient	Stufe	Funktion
maßliche Gestaltung des Arbeitsplatzes	2	$K_{12} = [0,15 + 1,02 t] - t$
Zugänglichkeit zum Kontaktort	2	$K_{12} = [0,09 + 1,17 t] - t$
Abweichungen vom Originalzustand	3	$K_{23} = [0,02 + 1,68 t] - t$
Ablagebereich von Werkzeugen und Werkstücken	2	$K_{32} = [-0,02 + 1,26 t] - t$
	3	$K_{33} = [-0,28 + 1,76 t] - t$
	2	$K_{42} = [0,21 + 1,12 t] - t$

- Demontage und Montage sperriger und großflächiger Verkleidungen
 - Demontage und Montage von Baugruppen mit einer Masse > 25 kg.
- Maßstab für die parallele Ausführung von Elementar- oder Komplexoperationen (V_2) ist der Parallelitätswert P_w :

$$P_w = P_p - 1 \quad (2)$$

Die mögliche Parallelität von Elementar- oder Komplexoperationen ist konstruktionsbedingt mit einer Zuordnungsmatrix für die Demontage und Montage zu bestimmen (Tafel 2) [3]. Das Aufstellen und Lösen der Matrix erfolgt nach dem Prinzip der Vorrangfolge. Als Basisoperation wird die Operation gewählt, zu deren Realisierung keine andere Operation nötig ist. Jede durch eine Ziffer gekennzeichnete Operation wird in Zeile und Spalte der Matrix in gleicher Folge eingetragen. Die Bestimmung der Operationsfolge und der Parallelität erfolgt nach folgendem Algorithmus:

- Auflösen der gesamten Arbeitsaufgabe in Elementaroperationen

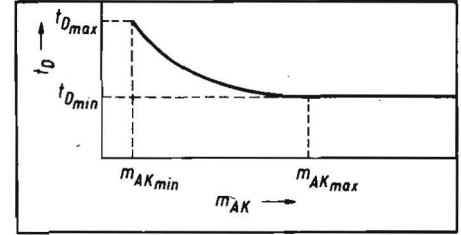


Bild 3. Abhängigkeit der Durchlaufzeit t_0 von der Anzahl der gleichzeitig eingesetzten Arbeitskräfte m_{AK}

- schrittweise Zuordnung der Operationen Zeile für Zeile
- Bei den in der Kopfzeile stehenden Operationen ist die Frage nach den vorher zu realisierenden Operationen in der Kopfspalte zu beantworten. Ein Zusammenhang ist im Schnittpunkt von Zeile und Spalte durch eine „1“ zu kennzeichnen.
- Lösung der Matrix:
- Ermittlung der Zeilensumme und deren Vermerk unter Lösungsschritt 1; Zeilen

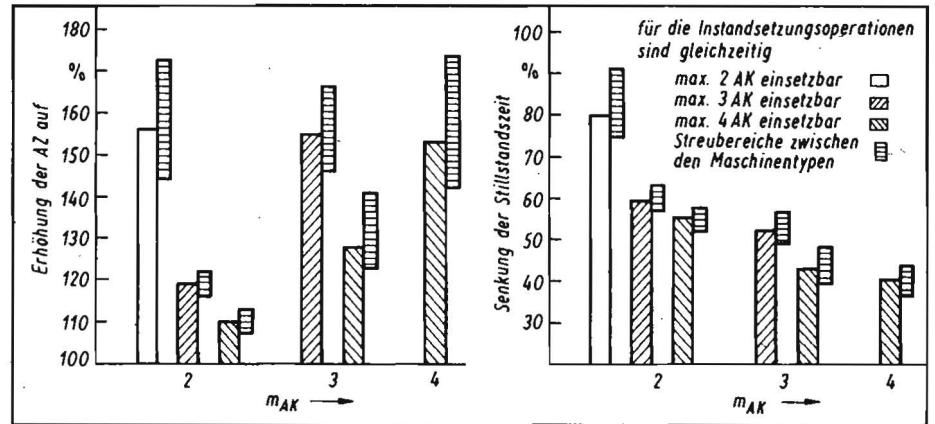


Bild 4. Durchschnittliche Erhöhung der Arbeitszeit (AZ) und durchschnittliche Senkung der durch Instandsetzung bedingten Stillstandszeit für ausgewählte Arbeitskräfteanzahl m_{AK} (bei einer Arbeitskraft $\hat{=} 100\%$)

Tafel 2. Matrix zur Ermittlung der Demontage- und Montagefolge

Arbeitsgang	Arbeitsgang								Lösungsschritt								Arbeitsgang								Lösungsschritt													
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8						
1	-								0								9	-							0													
2		-							0								10	1	-						1	0												
3	1	1	-						2	0							11	1	1	-					2	1	0											
4	1	1		-					2	0							12	1	1		-				2	1	0											
5	1	1			-				2	0							13	1	1			-			2	1	0											
6	1	1				-			2	0							14	1	1				-		2	1	0											
7	1	1	1	1	1	1	-		6	4	0						15	1	1	1	1	1	1	-	6	5	1	0										
8	1	1	1	1	1	1	1	-	7	5	1	0					16	1	1	1	1	1	1	1	-	7	6	6	6	0								
Demontagefolge									1	3	7	8					Montagefolge									9	10	11	15	16								
									2	4																				12								
									5																						13							
									6																						14							

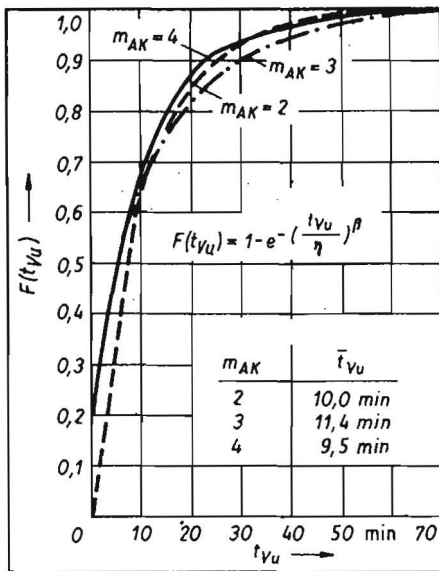


Bild 5. Verteilungsfunktion der vom Arbeiter unabhängigen Zeitverluste für die Teilinstandsetzung

ohne Zeichen erhalten das Kennzeichen 0.

- Mit 0 gekennzeichnete Operationen werden unterhalb des Feldes in der zutreffenden Spalte vermerkt; gleichzeitig erfolgt die Streichung dieser Zeilen und Spalten in der Matrix.
- Wiederholung des Vorgangs, bis alle Operationen die Zeilensumme 0 haben.
- Ablesen der optimalen Operationsfolge aus den Spalten unterhalb der Matrix; mehrere Operationsziffern in einer Spalte zeigen die aus konstruktiver Sicht mögliche Parallelität an.

Dieser Parallelitätswert ist ein theoretischer, maximal möglicher Wert und muß aus der Sicht einer ungehinderten Tätigkeit der Arbeitskräfte gewertet werden.

Aus Untersuchungen zur Teilinstandsetzung von Landmaschinen lassen sich folgende Schlußfolgerungen für die Parallelität von Arbeitsoperationen ableiten:

- Sie ist nicht maschinentypisch.
- Zur Anzahl der Operationen besteht kein Zusammenhang.
- Teilinstandsetzungen mit hohem Ballastanteil und Maschinen mit Funktionselementen über die gesamte Maschinenbreite bzw. -länge lassen einen hohen Parallelitätswert erwarten.
- Der Parallelitätswert als Funktion der Durchlaufzeit ist nicht konstant.

Anwendungsbereiche

Untersuchungen über den praktisch möglichen Einsatz höherer Besetzungsnormen in der Teilinstandsetzung von Landmaschinen lassen den begrenzt erreichbaren Vorteil der Reduzierung der Durchlaufzeit t_0 und eine Reduzierung der durch Instandsetzung bedingten Stillstandszeit erkennen. Der nicht konstante Verlauf des Parallelitätswerts über der Durchlaufzeit führt bei Beibehaltung einer Parallelitätsstrategie zur Erhöhung der Arbeitszeit infolge der vom Arbeiter unabhängigen Zeitverluste (Bild 4). Diese können durch flexiblen Einsatz der Arbeitskräfte nur bedingt aufgehoben werden (Bild 5). Typische Abschnitte der Teilinstandsetzung mit geringem Parallelitätswert sind die Baugruppenmontage und die -demontage sowie die Teileinstandsetzung.

3. Zusammenfassung

Die vorgelegten Untersuchungen zeigen,

daß die Gestaltung und Bemessung der Teilinstandsetzung auf der Grundlage von Zeitrichtwerten für Elementar- und Komplexoperationen sowohl für die technologische Vorbereitung als auch für die Durchführung dieser Prozesse wertvolle Effekte bringt. Die Konstruktion der Maschinen ermöglicht begrenzt für den Bereich der Teilinstandsetzung die Vorteile einer Arbeitsteilung und Gruppenarbeit zu nutzen.

Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Grundsätze und Methoden der Arbeitsnormung. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1975.
- [2] TGL 2860-56. Zeitgliederung in der Produktion; Begriffe, Kurzzeichen, Erläuterungen.
- [3] Richter, E.; Schilling, W.; Weise, M.: Montage im Maschinenbau. Berlin: VEB Verlag Technik 1978.
- [4] Stegemann, G.; Scharf, U.: Zeitrichtwertkatalog für ausgewählte Einzel- und Komplexzeitnormative der operativen Instandsetzung von landtechnischen Arbeitsmitteln der Pflanzenproduktion. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg 1982.
- [5] TGL 28482 Werkzeugmaschinen; Werkstückflußaufgaben; Begriffe, Definitionen, Sinnbilder. Aug. Sept. 1973.
- [6] Autorenkollektiv: Methodische Anleitung zur Ausarbeitung und Anwendung von Komplexzeitnormativen in der spanenden Bearbeitung bei Einzel- und Kleinserienfertigung. Zentralinstitut für Fertigungstechnik des Maschinenbaus Karl-Marx-Stadt, 1968.
- [7] Stegemann, G.: Beitrag zur Gestaltung, Bemessung und Bewertung technologischer Prozesse der operativen Instandsetzung in der Landtechnik. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Dissertation 1981. A 3741

Neuererlösung zum Futterdosieren und -verteilen in Schweineställen



Um das Grobfutter in Schweineställen genauer zu dosieren, als das mit der herkömmlichen Technik (T 036 und T 037) möglich ist, entwickelte das Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim gemeinsam mit Neuerern des VEG(Z) Tierzucht Nordhausen einen geeigneten Aufbau für das Fahrzeug Multicar M 22 (Bild). Mit ihm läßt sich wahlweise Trockenmischfutter und Häckselgut beliebiger Länge gleichmäßig verteilen. Die hydraulisch angetriebenen Arbeitsorgane gewährleisten überdies die Dosierung von Mischfutter im Bereich von 1 bis 5 kg/m und bei Grobfutter von 1 bis 8 kg/m. Der Vorratsbehälter hat eine Breite von 1,6 m, eine Höhe von 1,8 m und ein Fassungsvermögen von 2 m³. Das Übergabeband ragt in einer Höhe von 55 cm über dem Erdboden über den Trogrand. Der Futterverteilaufbau zeichnet sich durch eine restlose Entleerung und geringe Übergabeverluste aus. Diese Neuerung bildet die Grundlage für die Entwicklung eines universell in Schweine- und Rinderanlagen einsetzbaren Futterverteilaufbaus.

D. Gatzky/L. Meyer