

Grundlagen der Gestaltung flexibler Instandsetzungssysteme

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

Verwendete Formelzeichen

AZ	Arbeitszeit
F _G	Flexibilitätsgrad
f _i	Anfallfaktor
K _i	Instandsetzungskosten
ND	Betriebsnutzungsdauer
T _D	Durchlaufzeit
T _G	Technisierungsgrad
t _A	Vorbereitungs- und Abschlußzeit
t _{AO}	Vorbereitungs- und Abschlußzeit der Basisvariante
t _E	arbeitsbedingte Erholungszeit
t _G	Grundzeit
t _{Gm}	Grundzeit Maschine
t _{Gmh}	Grundzeit Maschine, Hand
t _H	Hilfszeit
t _{Hh}	Hilfszeit Hand
t _{Hm}	Hilfszeit Maschine
t _{Hmh}	Hilfszeit Maschine, Hand
t _v	Verlustzeit
t _w	Wartungszeit
η	Ausnutzungsindex der Produktionstechnik

1. Vorbemerkungen

Neue Anforderungen an den wirtschaftlichen Einsatz der technischen Arbeitsmittel in landwirtschaftlichen Produktionsprozessen führen zu einer größeren Differenzierung des Schädigungszustands der Maschinen. Die Aufgaben im Bereich der Wiederherstellung der Betriebsfähigkeit werden damit weitaus komplizierter, da die gesetzten Normen der Zuverlässigkeit und Betriebsnutzungsdauer erhalten bleiben.

Instandsetzungsprozesse einer 1. Generation basierten im wesentlichen auf der Instandhaltungsmethode nach Ausfall oder nach starrem Zyklus, zu geringen Teilen auf der Instandhaltungsmethode nach Überprüfung. So dominierten die Instandsetzungsarten Grundüberholung (GÜ) und Kampagnestandsetzung (KI) mit mittleren Serienstückzahlen. Ein Schädigungszustand der Maschinen und Baugruppen wurde als definiert angenommen, und der Instandsetzungsprozeß wurde mit relativ starren Fertigungsstrukturen, wie Fließfertigung (Reihenstruktur, Parallelverlauf, zweckgebundene Fertigungsmittel), realisiert. Das Ergebnis waren geringe Stückzeiten, geringe Durchlaufzeiten, eine begrenzte Arbeitsaufgabe für die Werk tätigen, ein geringer Ausnutzungsgrad spezieller Demontage- und Montagegeräte und eine gesicherte gute Erzeugnisqualität. Die Instandsetzung von Einzelteilen beschränkte sich auf wenige Teileklassen [1] in jeweils geringer Stückzahl und in einer Sortimentsbreite < 50 Positionen/Betrieb. Die Verfahrenskombinationen Beschichten/Trennen [2] und der Einsatz universeller Fertigungsmittel waren vorherrschend.

Teilinstanzsetzungen von Maschinen und Baugruppen mit geringem Anfall wurden in Einzelplatzfertigung (Einzelplatzstruktur, ohne Erzeugnisfluß, universelle Fertigungsmittel) durchgeführt. Operative Instandsetzungen von Maschinen wurden nach der Relation zwischen Ausfallintensität und Instandsetzungsintensität bemessen und in Einzelplatzfertigung vor Ort durchgeführt.

Die Entwicklung der Nutzungsstrategie in der Landtechnik für die 80er Jahre läßt heute fol-

gende Ansätze für wesentliche Prozeßparameter der Instandsetzung erkennen:

- Reduzierung der Kampagneleistung der Maschinen (Bild 1)
- Einführung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfung des Schädigungszustands
- Wandlung der Anfallfaktoren für Maschinen und Baugruppen bei den bekannten Instandsetzungsarten (Bild 2)
- Erweiterung des Sortiments instand zu setzender Maschinen je Instandsetzungsart (Bild 3)
- Erweiterung des Sortiments instand zu setzender Einzelteile nach Teileklassen und Verfahrensgruppen (Bild 4)
- Erhöhung des Nutzungsgrades der für die Instandsetzung eingesetzten Produktionstechnik (Bild 5)
- Beibehaltung der Forderungen nach Steigerung der Arbeitsproduktivität von jährlich 5% und Steigerung des Qualitätsniveaus
- Fertigung von Neuteilen sowie Fertigung und Montage von Rationalisierungsmitteln.

Begründung finden diese Veränderungen im Wirtschaftszweig durch die Festlegung neuer Normen des Produktionsverbrauchs an Material und Energie sowie in einer sich im internationalen Vergleich zeigenden günstigeren Ausschöpfung der Abnutzungsreserve und des Arbeitsvermögens.

Zur Bewältigung dieser Aufgabe sind alternative Lösungen für die Gestaltung technologischer Prozesse der Instandsetzung zu entwickeln und einzusetzen.

2. Alternative Lösungen für die Gestaltung von Instandsetzungsprozessen

Beim Übergang von einer Serieninstandsetzung mit eingegengtem Sortiment zu einer Mittel- oder Kleinserieninstandsetzung mit indifferentem Sortiment und Schädigungszustand sind flexible Instandsetzungsprozesse eine alternative Lösung. Sie stellen eine 2. Generation von technologischen Prozessen dar. Grundlage dieser Prozesse ist zu großen Teilen die Instandhaltungsmethode nach Überprüfung.

Der Schädigungszustand von Maschinen, Baugruppen und Einzelteilen ist in engen Grenzen definiert, die Bildung von Schädigungsgruppen und Instandsetzungsstufen wird aus Gründen einer wirtschaftlichen Instandsetzung notwendig. So dominieren die Instandsetzungsarten Teilinstandsetzung (TI) und Kampagnestandsetzung (KI) und Grundüberholung. Als Fertigungsstrukturen werden vorwiegend die Reihenfertigung, die Nestfertigung und die Einzelplatzfertigung mit einem zeitlichen Reihenverlauf oder mit kombiniertem Verlauf eingesetzt.

Werden Fertigungsmittel der gleichen Niveaustufe verwendet und die bekannten Materialflußlösungen beibehalten, so ergeben sich höhere Stückzeiten, höhere Durchlaufzeiten, die Erweiterung der Arbeitsaufgabe für die Werk tätigen und eine Konstanz im Ausnutzungsgrad der Ausrüstungen sowie in der Erzeugnisqualität. Die Instandsetzung von Einzelteilen umfaßt alle Teileklassen des Grundklassifikators in jeweils geringer Stückzahl und

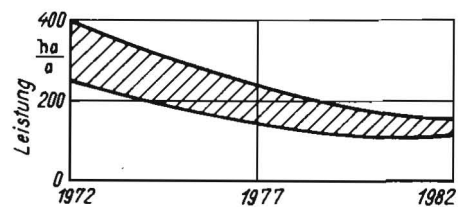


Bild 1. Entwicklung der Kampagneleistung des Mähreschers E 512

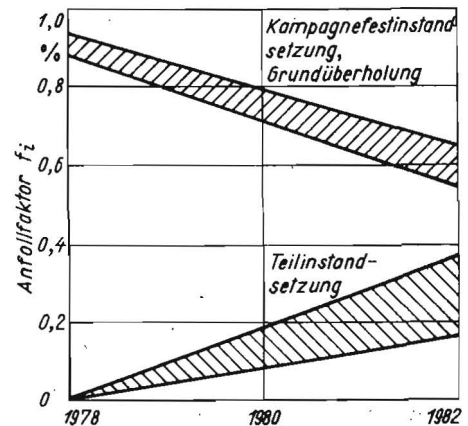


Bild 2. Entwicklung der Anfallfaktoren f_i für ausgewählte Maschinen (E 512, E 280, E 301)

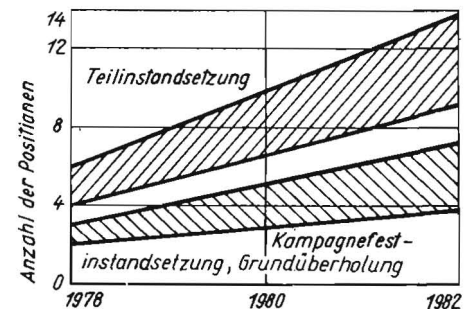


Bild 3. Erweiterung des Sortiments (Positionen) instand zu setzender Maschinen nach Instandsetzungsarten je Betrieb

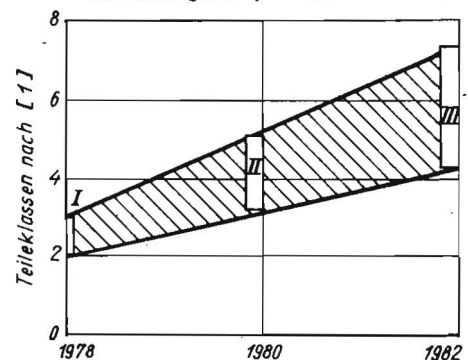


Bild 4. Erweiterung des Sortiments instand zu setzender Einzelteile nach Teileklassen und Verfahrensgruppen. Verfahrenskombinationen:

- I Schutzgasauftragschweißen, Metallkleben, spanende Nachbearbeitung
- II Schutzgasauftragschweißen, Metallkleben, Plastbeschichten, galvanisches Beschichten, spanende Nachbearbeitung
- III wie II + Metallpulverbeschichten, Umformen, Trennen/Fügen, Feinbearbeitung

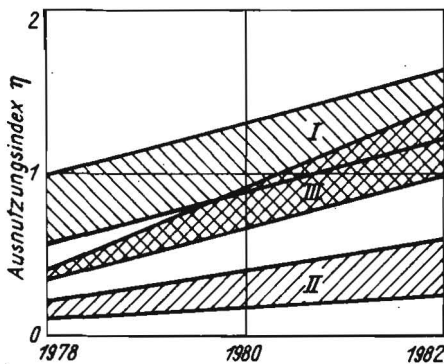
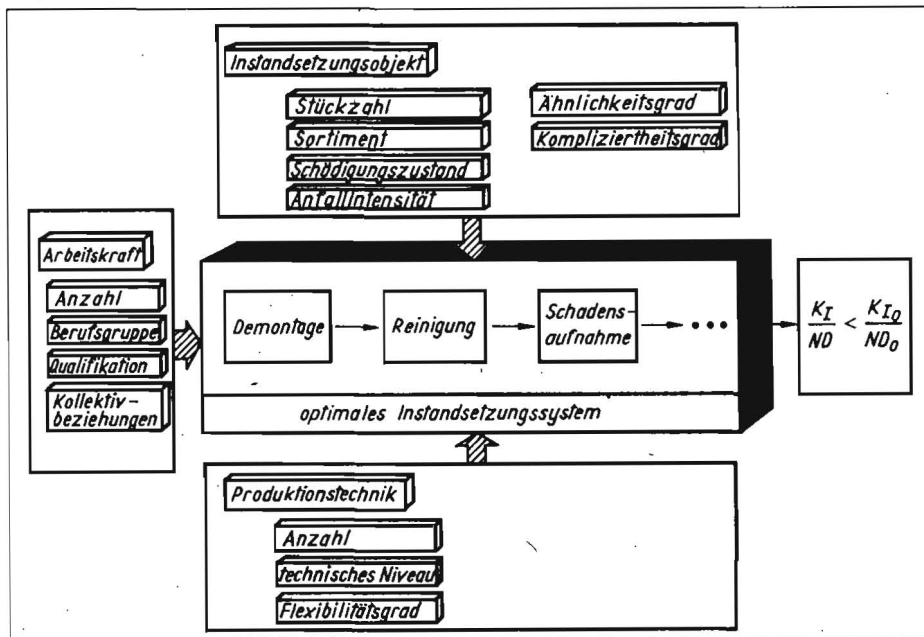


Bild 5. Entwicklung des Ausnutzungsindex η der Produktionstechnik in Instandsetzungsabschnitten:
 I Einzelteilinstandsetzung
 II Montage- und Demontagetechnik der Maschineninstandsetzung
 III Montage- und Demontagetechnik der Baugruppeninstandsetzung

Bild 6. Bestimmungsgrößen eines optimalen Instandsetzungssystems



einer Sortimentsbreite > 100 Positionen/Betrieb. Die Entwicklung von Fertigungszellen für ausgewählte Teileklassen, vor allem von solchen mit neuen Verfahrenskombinationen (Beschichten/Umformen/Trennen), kennzeichnet diesen Bereich.

2.1. Charakteristik flexibler Instandsetzungsprozesse

Flexibilität wird als die Anpassungsfähigkeit eines Systems an sich verändernde Einflüsse, die vom Produktionsprogramm ausgehen, verstanden [3, 4].

Das technologische System (Instandsetzungssystem) eines Betriebs wird durch 3 wesentliche Einflüsse geprägt (Bild 6), von denen die Instandsetzungsobjekte die bestimmenden sind. Die Flexibilität des Systems kann sich auszeichnen durch

- Vielseitigkeit bzw. Anpassungsfähigkeit
 Instandsetzungsobjekte unterschiedlicher Art können in beliebiger Folge ohne oder mit geringem Rüstaufwand bearbeitet werden.
- Durchlauffreizügigkeit
 Die Bearbeitungsfolge kann für verschiedene Instandsetzungsobjekte unterschiedlich sein.
- Erweiterungsfähigkeit
 Die Möglichkeit der Kapazitätserweiterung ist gegeben.
- Fertigungsredundanz
 Ausgefallene Funktionen werden im Störfall ersetzt.

Als Maß für die Flexibilität eines Systems kann der Flexibilitätsgrad F_G angesehen werden (Bild 7).

Vergleicht man Maschinensysteme mit starrer Verkettung und derzeit einsetzbare flexible Maschinensysteme mit Werkzeugvoreinstellung, Werkzeugspeicher, einer durch das Werkstückflußsystem vollzogenen automatischen Werkstückpositionierung und NC-Programmwechsel, wie sie in der Teilefertigung angewendet werden, so sind günstige Flexibilitätsgrade von $F_G = 0,75 \dots 0,9$ erreichbar.

2.2. Voraussetzungen für flexible Instandsetzungssysteme (FIS)

Die Flexibilität von Instandsetzungssystemen kann prinzipiell durch folgende Maßnahmen erreicht werden [5]:

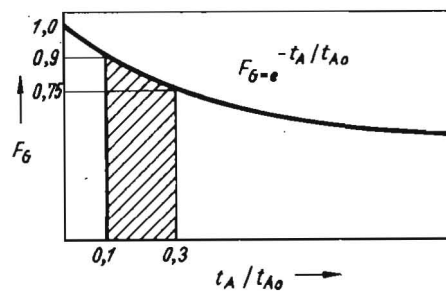


Bild 7. Flexibilitätsgrad F_G als Funktion der Vorbereitungs- und Abschlußzeit

- arbeitsorganisatorische Maßnahmen (Umsetzung von Arbeitskräften, Arbeitszeitverlagerungen, Überstunden)
- technologische Maßnahmen (flexible Fertigungsmittel und Ausrüstungen)
- strukturelle Maßnahmen (Integration der TUL-Prozesse in die Hauptprozesse, Ausnutzung der Bewegungsform von Arbeitskräften, Arbeitsmitteln, Arbeitsgegenständen).

Den Anforderungen nach Erhöhung der Arbeitsproduktivität und Erzeugnisqualität wird jedoch nur durch technologische und strukturelle Maßnahmen entsprochen.

Obwohl in Übergangssituationen der Umstellung von starren Instandsetzungssystemen auf flexible häufig die arbeitsorganisatorischen Maßnahmen im Vordergrund stehen, kann vom Grundsatz der Rationalisierung von Instandsetzungsprozessen durch neue Technik nicht abgegangen werden.

Die Gestaltung flexibler Instandsetzungssysteme verlangt in der Phase der technologischen Planung und Projektierung eine differenzierte Prozeßanalyse, um die Ansatzpunkte für Rationalisierungseffekte mit Sicherheit zu bestimmen.

Von grundlegender Bedeutung ist die Zeitanalyse (t_H , t_G , t_A) und die Analyse des Technisierungsniveaus durch die Zeitkategorien t_{Hm} , t_{Gm} , t_{Hmh} , t_{Gmh} [6].

Das derzeitige Technisierungsniveau in allen Haupt- und Hilfsprozessen der Instandsetzung ist noch durch vorwiegend manuell ausgeführte Operationen unter Verwendung von meist ein-

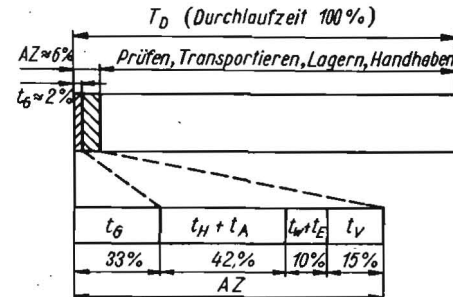


Bild 8. Analyse der Durchlaufzeit und Arbeitszeit in der Klein- und Mittelserienfertigung [7]

fachen Maschinen, motorisch angetriebenen Handwerkzeugen und universellen Fertigungsmitteln geprägt.

Definiert man einen Technisierungsgrad für Arbeitsgänge der Instandsetzung optimistisch als das Verhältnis

$$T_G = \frac{t_{Gm} + t_{Hm} + t_{Gmh} + t_{Hmh}}{t_G + t_H} \quad (1)$$

so werden unter Berücksichtigung der bisher geltenden Erzeugniskonzentration die in Tafel I dargestellten Relationen erreicht. Ausdruck der Effektivität des technologischen Prozesses ist auch die Durchlaufzeit der Erzeugnisse (Bild 8).

Betrachtet man das Zeitverhalten aller Teilprozesse, so zeigt sich, daß besonders unter den Bedingungen niedriger Stückzahlen mehr als 90% der Durchlaufzeit auf Transport, Lagern, Handhaben, Prüfen entfallen. Damit ist der Beweis gegeben, daß beim Übergang zur 2. Generation der Instandsetzungsprozesse gerade hier eine Substitution manueller Arbeit durch Maschinen und Mechanismen notwendig ist. Untersuchungsergebnisse zur physischen und psychischen Belastung der Werk tätigen unterstreichen die Notwendigkeit der Veränderung technologischer Systeme [8].

3. Varianten flexibler Instandsetzungssysteme

In Analogie zu Fertigungs- und Montagesystemen sollen Instandsetzungssysteme als eine Summe von Arbeits- und Handhabungssystemen verstanden werden, die gemäß den Forderungen des technologischen Prozesses räum-

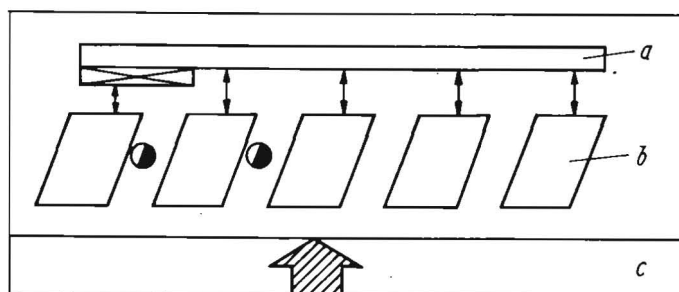
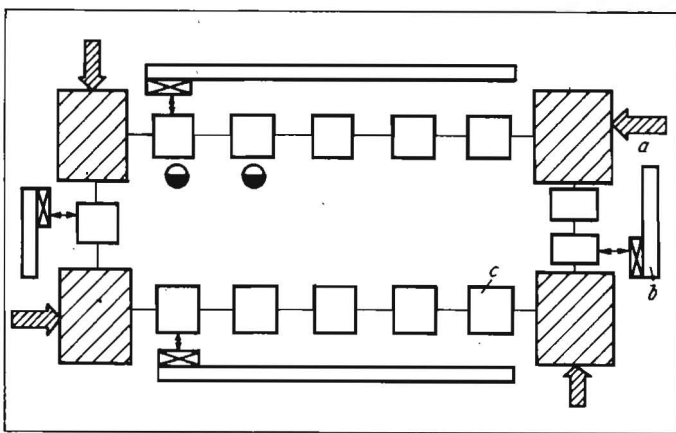


Bild 10. Flexibles Instandsetzungssystem in Einzelplatzstruktur (FIS-E) mit multiplem Lager- und Transportsystem (LTS-M); a Lager- und Transportsystem für Werkstücke, Arbeits- und Handhabungstechnik (LTS-M), b Arbeitsstation in Einzelplatzstruktur, c Ver- und Entsorgungsstation mit Instandsetzungsobjekten

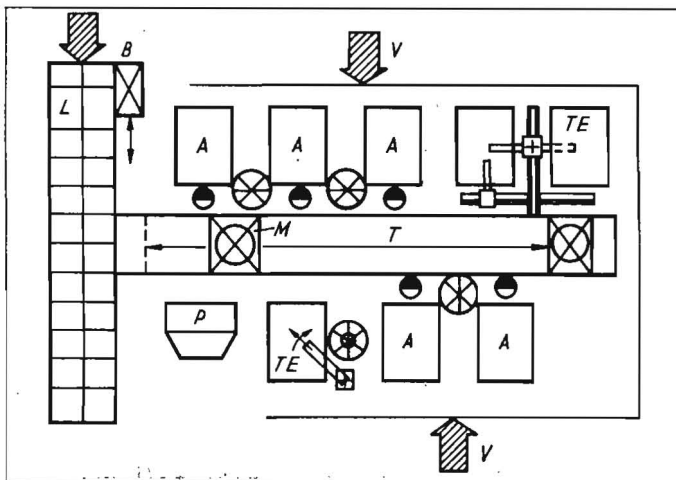


Bild 9. Flexibles Instandsetzungssystem in Ringstruktur (FIS-R) mit multiplem Lager- und Transportsystem (LTS-M); a Ver- und Entsorgungsstation mit Instandsetzungsobjekten, b Lager- und Transportsystem für Werkstücke, Arbeits- und Handhabungstechnik (LTS-M), c Arbeitsstation in Einzelplatz- und Reihenstruktur

Bild 11. Flexibles Instandsetzungssystem in Blockstruktur (FIS-B) mit getrenntem Lager- und Transportsystem (LTS-E); L Lagereisystem für Werkstücke, B Bediengerät, A Arbeitsstation, M multipler Werkstückspeicher, TE technologische Einheit, P Prozeßsteuerung, T Transportsystem für Werkstückspeicher, V Ver- und Entsorgungsstation

Tafel 1. Technisierungsgrad in technologischen Abschnitten unterschiedlicher Instandsetzungsarten (Schätzwerte)

	Instandsetzungsart KI von Maschinen	GÜ von Maschinen	GÜ von Baugruppen	TI von Maschinen
Demontage	0 ... 0,05	0 ... 0,1	0,3 ... 0,4	0 ... 0,05
Schadensaufnahme	—	—	0,05 ... 0,1	—
Teilefertigung (ETI)	0,2 ... 0,3	0,2 ... 0,3	0,4 ... 0,5	0 ... 0,05
Montage	0 ... 0,05	0 ... 0,1	0,3 ... 0,4	0 ... 0,05

lich strukturiert sind. Infolge der vorhandenen Prozeßstufen sind die Instandsetzungssysteme hierarchisch gegliedert. Sie stellen nach der Art der Verkettung autonome Zellen oder komplexe Maschinensysteme dar. Instandsetzungssysteme sind insofern eine Besonderheit im Vergleich zu Fertigungs- und Montagesystemen, als eine Reihe von Prozeßstufen, wie Demontage, Reinigung, Schadensaufnahme, Einzelteilinstandsetzung und Montage, vorliegt und substantielle Unterschiede in den technologischen Bedingungen bestehen.

Flexible Instandsetzungssysteme sollen folgende wesentliche Anforderungen erfüllen:

- hoher Technisierungsgrad in allen technologischen Abschnitten (Prozeßstufen) und Übergang zu einer bedienarmen Instandsetzung
- hoher Flexibilitätsgrad bei einem Erzeugniswechsel und damit gute Anpassungseignung
- Integration des Materialflusses (Werkstück- und Werkzeughandhabung)
- Erweiterung des Arbeitsinhalts der Werk-tätigen
- hoher Ausnutzungsgrad der eingesetzten Grundmittel.

Die konkreten Bedingungen in der Landtech-

nik, der erreichte Stand der Organisiertheit der Arbeitsteilung, der Kooperation und Spezialisierung, der Schädigungs-zustand und der Ähnlichkeitsgrad bei Maschinen, Baugruppen und Einzelteilen lassen derzeit nachfolgend beschriebene Instandsetzungssysteme als geeignet erscheinen.

3.1. Flexibles Instandsetzungssystem für Maschinen

Unter Berücksichtigung der Annahme, daß

- Maschinen mit unterschiedlichem Schädigungs-zustand in Sortimentsbreiten bis zu 10 Positionen anfallen
 - für die technologischen Operationen der Demontage und Montage sowie des Prüfens keine Geräte mit selbständiger Maschinenlaufzeit (t_{Gm}) vorliegen
 - die Maschine-Hand-Operation (t_{Hmh}) mit flexiblen Geräten (Schrauber, Manipulatoren, Prüfsatz u. a.) ausgeführt werden
 - eine konstruktive Ähnlichkeit der Maschinen nur in den Grundzügen gegeben ist (z. B. gleiches Antriebssystem),
- kann ein flexibles Instandsetzungssystem in Ringstruktur (FIS-R) (Bild 9) oder in Einzelplatzstruktur (FIS-E) (Bild 10) empfohlen werden.

Flexible Instandsetzungssysteme dieser Art bieten den Vorteil hoher Flexibilitätsgrade von $F_G = 0,8 \dots 0,9$. Die Zugänglichkeit zu auszutauschenden Teilen und zur Arbeitstechnik kann durch ein Lager- und Transportsystem (LTS) mit wahlfreiem Zugriff in jeder Arbeitsstation zur Reduzierung der Zeiten t_{Hmh} und t_{HH} und zur Erhöhung des Ausnutzungsgrades der Geräte beitragen [9]. Durch Integration eines Lager- und Transportsystems, das auch die Arbeitstechnik aufnimmt, sind günstige Voraussetzungen für die Weiterentwicklung der Arbeitstechnik (programmierbare Schraub-, Zieh- und Drückeinheiten und Manipulatoren) geschaffen und damit auch Ansätze für eine bedienarme Instandsetzung und für eine Mehrstellenarbeit gegeben. Der Übergang zu höheren Technisierungsgraden vollzieht sich hier nur über ein multiples Lager- und Transportsystem (LTS-M). Weitere Vorteile flexibler Instandsetzungssysteme sind neben einer fast wahlfreien Belegung der Arbeitsstationen die mögliche Ausnutzung der Arbeitsteilung bei FIS-R, die Eignung dieser Systeme für variable Arbeitsregimes und die Ausschöpfung des Anforderungsniveaus der Werk-tätigen. Flexible Instandsetzungssysteme dieser Art erfordern einen technisch-organisatorischen Mehraufwand (Produktionsfläche, LTS, Produktionsvorbereitung, Prozeßsteuerung).

3.2. Flexible Instandsetzungssysteme für Baugruppen

Der Schädigungs-zustand zahlreicher Baugruppen (Motoren, Lichtmaschinen, Anlasser, Hydromotoren u. a.) kann in engen Grenzen bestimmt werden. In der Annahme, daß

- Baugruppen gleicher Art (z. B. Reihentmotoren) mit teilweiser Ähnlichkeit in mehreren Positionen, jedoch mit definierten

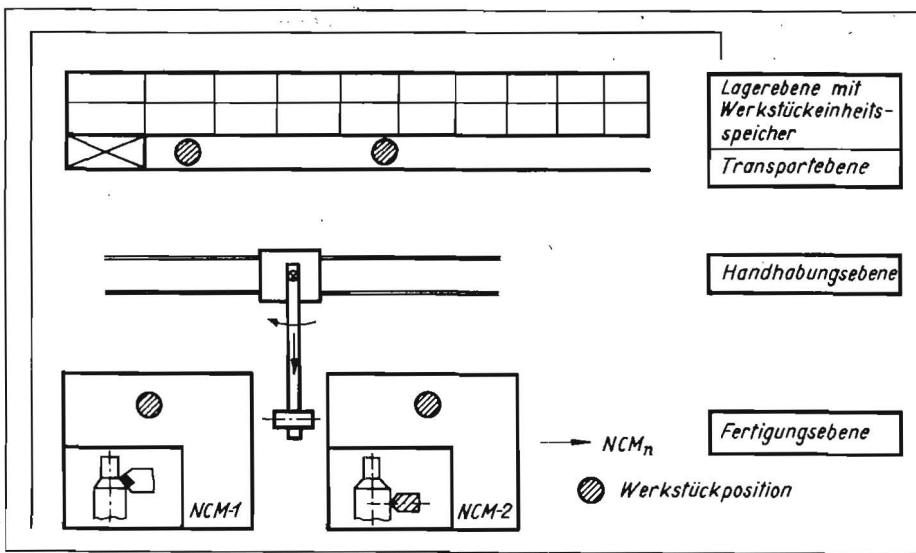


Bild 12. Flexibles Instandsetzungssystem in Linienstruktur (FIS-L) mit vollständiger Integration des Lager- und Transportsystems (LTS-V)

Schädigungszuständen einer Grundüberholung oder einer Teilinstandsetzungsstufe vorliegen

- die technologischen Operationen der Demontage und der Montage sowie der Schadensaufnahme und der Prüfung mit flexiblen programmierbaren Geräten in selbständiger Maschinenlaufzeit ausgeführt werden können.

sind Instandsetzungssysteme in Reihenstruktur mit programmiertem Erzeugniswechsel einzusetzen (FIS-W).

Das Lager- und Transportsystem kann als teilmultiples System (LTS-TM) zur Aufnahme von Austauschteilen des Erzeugnissortiments ausgeführt werden.

Systeme dieser Art werden in der Praxis seit Jahren genutzt und haben sich bewährt. Eine weitere Steigerung der Arbeitsproduktivität und der Übergang zu einer Mehrstellenarbeit sind bei Beibehaltung der o.g. Annahme nur durch die Rationalisierung der Handhabungsfunktionen und einiger technologischer Funktionen möglich.

Nach einer ersten Untersuchung im Bereich der Demontage und Montage von Reihentoren besteht bei etwa 30% aller Handhabungsfunktionen eine Eignung zur technischen Handhabung, wenn Zugänglichkeit, Masse, Lagestabilität beachtet werden und das Handhabungsgerät mit 2 und mehr NC-Achsen ausgerüstet ist. Für die technologischen Funktionen (Schrauben, Ziehen, Drücken) bestehen zu etwa weiteren 10% Möglichkeiten der technischen Ausführung. Die Lösung der Aufgabe muß in einem flexiblen Instandsetzungssystem in Blockstruktur (FIS-B) gesehen werden, das die Optimierung der Funktionsfolge (maschinell und von Hand ausgeführte Operationen) zuläßt (Bild 11) [10]. Der Technisierungsgrad in den Prozeßstufen der Demontage und Montage kann um etwa 30% erhöht werden. Damit ist der Übergang zu einer Mehrstellenarbeit möglich. Der Flexibilitätsgrad kann mit freiprogrammierbaren Handhabungsgeräten und technologischen Robotern im Vergleich zwischen FIS-W und FIS-B auf etwa $F_G = 0,6$ erhöht werden.

Man kann einschätzen, daß FIS-B auch für

einen reduzierten Instandsetzungsumfang (Teilinstandsetzung) geeignet ist und in Kombination mit Grundüberholungen gut angewendet werden kann, wenn die Baugruppe eine geringe Anzahl von Auflösungsstufen hat [11]. Der Vorteil eines wahlfreien Zugangs jeder Arbeitsstation zur Baugruppe muß mit einem erheblichen Aufwand für das Lager- und Transportsystem, vor allem für die Werkstückspeichergestaltung, erkauft werden.

3.3. Flexible Instandsetzungssysteme für Einzelteile

Einzelteile können in Erweiterung des Standards TGL 28260 mit ihren Schädigungsmerkmalen vollständig klassifiziert werden. Danach richtet sich die Gestaltung technologischer Prozesse (Typentechnologien).

Die Intensität des Teileanfalls je Klasse, der Teilezustand und die geringe Anzahl technologischer Operationen (Arbeitsgänge) je Teileklasse sind beschränkende Faktoren für den Einsatz von starren Instandsetzungssystemen (Transferstraße).

Instandsetzungssysteme für Einzelteile müssen für 2 bis 5 Hauptklassen konzipiert werden, um eine Größenordnung von 200 000 bis 400 000 St./a zu erreichen. Die Neufertigung von Einzelteilen der gleichen Klassen ist zu berücksichtigen und steigert die Jahresstückzahl. Werden etwa 10 Arbeitsgänge je Teileklasse mit einem Überdeckungsgrad von 50 bis 70% angenommen, so sind 20 bis 25 Arbeitsstationen unterschiedlicher Art notwendig.

Die Instandsetzung nach der Werkstattstruktur im zeitlichen Reihenverlauf mit nichtgesteuerten Werkzeugmaschinen ist in Anbetracht der Besonderheit der Schädigung nur in der 1. Prozeßstufe (Vorbereitung von Funktionsflächen zum Fügen, Beschichten, Umformen) zu empfehlen. Eine Produktivitätssteigerung in nachgelagerten Prozeßstufen (Vorbereitung von Funktionsflächen und der Grundform, Vergüten, Fein- und Endbearbeitung) ist nur durch Reduzierung und Wandlung der Zeiten t_{Hh} und t_{Hm} möglich.

Varianten flexibler Instandsetzungssysteme sind

- autonome Fertigungszellen (FIS-A) (NC-Maschine — Industrieroboter — Werkstückmagazin)
- integrierte Fertigungslinien (FIS-L) (NC-Maschine — Industrieroboter — Werkstückmagazin — Verkettungseinrichtung) (Bild 12)
- Bearbeitungszentren (FIS-Z) (NC-Maschine — Werkzeugmagazin — Werkstückmagazin).

Der Übergang zu NC-Maschinen, die Verkettung zwischen Maschine und Werkstückmagazin sowie zwischen den Maschinen bringt eine Umwandlung von t_{Hh} in t_{Hm} und erweitert die Maschinenlaufzeit. Damit ergeben sich als Vorteile die Mehrstellenarbeit, die Reduzierung der Durchlaufzeit bei FIS-L und die freie Belegung bei FIS-A und FIS-Z.

Unter Berücksichtigung der Teileklassen und Prozeßstufen sind integrierte Fertigungslinien in der Einzelteilinstandsetzung als eine kurzfristig realisierbare Form moderner Instandsetzungssysteme zu betrachten.

4. Zusammenfassung

Ausgehend von einigen Entwicklungstendenzen in der Landtechnik und den Forderungen nach mehr Effektivität in der Instandsetzung von Maschinen, Baugruppen und Einzelteilen wurden mit flexiblen Instandsetzungssystemen einige Grundlagen für die Gestaltung einer 2. Generation von Instandsetzungsprozessen dargelegt.

Die Ingenieure in Forschung und Entwicklung, Planung und Projektierung müssen sich der Gestaltung derartiger technologischer Prozesse verstärkt zuwenden.

Die Aus- und Weiterbildung von Technologen muß der Weiterentwicklung und dem Einsatz flexibler Instandsetzungssysteme in besonderem Maß Rechnung tragen.

Literatur

- [1] TGL 28260 Grundklassifikator für Einzelteile.
- [2] TGL 21639 Fertigungsverfahren; Einteilung der Begriffe. Aug. 1965.
- [3] Woithe, G.; Gottschalk, E.: Entwicklungstendenzen der Strukturbildung von Werkstätten. Wiss. Zeitschrift der TH Magdeburg 24 (1980) H. 1, S. 89.
- [4] Scharf, P.: Strukturen flexibler Fertigungssysteme — Gestaltung und Bewertung. Reihe „Produktionstechnik heute“. Bd. 9. Essen: Krauskopf-Verlag 1976.
- [5] Scharf, U.; Erdmann, W.: Erweiterung technologischer Prinziplösungen für die Instandsetzung von Maschinen und Baugruppen. agrartechnik 31 (1981) H. 5, S. 216—219.
- [6] TGL 2860-56 Zeitgliederungsschema.
- [7] Päßler, E.: Grundlagen der Rationalisierung der technologischen Vorbereitung im Maschinenbau. Vortrag auf der internationalen Fachtagung der Wiss.-techn. Gesellschaft für Maschinenbau der KDT in Leipzig 1974.
- [8] Helm, H.-G.: Gestaltung eines flexiblen Systems für die Instandsetzung von Motoren. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1981 (unveröffentlicht).
- [9] Körner, H.: Gestaltung eines flexiblen Instandsetzungssystems (FIS) für ausgewählte landtechnische Arbeitsmittel. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1981 (unveröffentlicht).
- [10] Rockstroh, W.: Die Entwicklung, Projektierung und Realisierung künftiger Produktionsprozesse. „Infert 1978“, Sonderdruck TU Dresden.
- [11] TGL 13393 Maschinenbau; Montage; Begriffe. Aug. 1971. A 3526