

nik tatsächlich überdeckt werden (Tafel 3). Das trägt dazu bei, die Einsatzkonzeptionen mit den langfristigen Zielstellungen zur Verbesserung der materiellen Arbeitsbedingungen besonders für die Produktionsarbeiter zu koordinieren. Gleichzeitig entstehen daraus Anforderungen an die Feinprojektierung der Einsatzfälle, die sichern muß, daß die mit dem Einsatz von Industrierobotern in Abhängigkeit von der zeitlichen Bindung des Werk tätigen an die Technik möglichen Reduzierungen bzw. Beseitigungen nicht — möglichst auch nicht teilweise — durch Überlagerungswirkungen benachbarter Arbeitsplätze aufgehoben werden.

Für die Feinprojektierung erweisen sich dar, über hinaus weitere Informationen als nützlich, die ebenfalls mit arbeitsplatzbezogenen Analysen der Basisvarianten gewonnen werden. Quelle der Arbeitszeiteinsparung und

damit der Arbeitskräftefreisetzung sind z. B. nicht allein die unmittelbar substituierten Handhabungsvorgänge, sondern auch arbeits- teilig und prozeßbedingte Wartezeiten der Arbeitskraft, die in unterschiedlichen Größenordnungen in Abhängigkeit vom Teilesortiment auftreten und bei NC-Werkzeugmaschinen Größenordnungen bis zu 15% der Schichtzeit erreichen können, sowie Zeitverluste nach Standard TGL 2860-56 [4].

Auch Restaufwände, die mit dem Einsatz von Industrierobotern nicht beeinflussbar sind, müssen ebenso wie nunmehr neu hinzukommende Betreuungsaufwände objektiviert werden. Entsprechende Analysen helfen, mehr Sicherheit bei der Bestimmung der ökonomischen Effektivität je Einsatzfall zu erreichen. Solche Untersuchungen sind vor allem dort wichtig, wo ältere NC-Werkzeugmaschinen mit Industrierobotertechnik ausgestattet

und mit dementsprechenden Lösungen nicht alle ehemaligen Arbeitsfunktionen des Bediensteten abgelöst werden.

Literatur

- [1] Büst, R.: Anleitungsmaterial zur arbeitswissenschaftlich begründeten Auswahl von Arbeitsplätzen für den Einsatz von Industrierobotern. Technische Universität Dresden, Reprint 1981.
- [2] Büst, R.: Untersuchungen zur Planung und Leitung des Einsatzes von Industrierobotern. Sozialis- tische Rationalisierung in der Elektrotechnik/ Elektronik, Dresden 10 (1981) 7, S. 180—182.
- [3] Arbeitswissenschaftliche Entscheidungshilfen zur Vorbereitung des Einsatzes von Industrierobotern. Technische Universität Dresden, Studie 1982 (unveröffentlicht).
- [4] Weiß, D.: Zeitliche Bilanzierung von Maßnahmen zur Veränderung der Arbeitsteilung am Beispiel von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen. Technische Universität Dresden, Reprint 1981.

A 3688

Gestaltung von Montageabschnitten mit progressiven Arbeitsstrukturen

Dozent Dr.-Ing. H. Enderlein, KDT/Dozent Dr.-Ing. F. Lohwasser, KDT, Ingenieurhochschule Zwickau, Sektion Technologie der metallverarbeitenden Industrie

1. Einleitung

Rationell gestaltete Montageprozesse in der Großserien- und Massenfertigung erfordern Gestaltungslösungen, die der zunehmenden Intensivierung der Produktion ebenso gerecht werden wie ihrer Anpaßbarkeit an wechselnde Fertigungsaufgaben und der bestmöglichen Erfüllung progressiver Arbeitsinhalte. Diese Feststellung gilt neben der Montage in der Großserien- und Massenfertigung weitgehend auch für die industrielle Instandsetzung von gleichen oder ähnlichen Bau- bzw. Funktionsgruppen in größeren Stückzahlen.

2. Zur Konzeption der Nestmontage

Bei der Entwicklung flexibler und auch arbeitswissenschaftliche Grundforderungen erfüllender Montagesysteme werden die Nachteile der konventionellen Fließmontage immer deutlicher. Typisch für die von den Autoren in die Untersuchungen einbezogenen Montagefließprozesse waren

- überdurchschnittlich hohe Fluktuationserscheinungen
- entscheidende, schwer zu beherrschende Qualitätsmängel an den Erzeugnissen
- Störungsanfälligkeit gegenüber stochasti-

schen Einflüssen (besonders durch die Arbeitskräfte hervorgerufen)

- geringe Flexibilität und damit beschränkte Anpaßbarkeit an Veränderungen des Erzeugnissortiments
- negative Befindlichkeitsbeeinträchtigung der Werk tätigen durch Monotonie, psychische Sättigung und Streß.

Alle diese Erscheinungen wirken negativ auf die Produktivität derartiger Systeme. Der Trend geht wie bei modernen Teilefertigungssystemen hin zu integrierten und flexiblen Lösungen, die sowohl an wechselnde Montageaufgaben anpaßbar sind (Wechsel- fließbän- den [1], integrierte Montageabschnitte [2], automatisierte Montagezellen [3]) als auch progressive Arbeitsinhalte aufweisen (Nestmontage [4]).

Unter Nestmontage ist eine arbeitsgestalterisch begründete Organisationsform der Montage zu verstehen, in der mit progressiven Inhalten der Arbeit sozialpsychologisch und organisatorisch begründete Kollektive in räumlich konzentrierten und abgegrenzten Arbeitsbereichen komplexe Arbeitsaufgaben in weitestgehend freier Organisation ausführen.

Die Wirkungen der Nestmontage wurden in

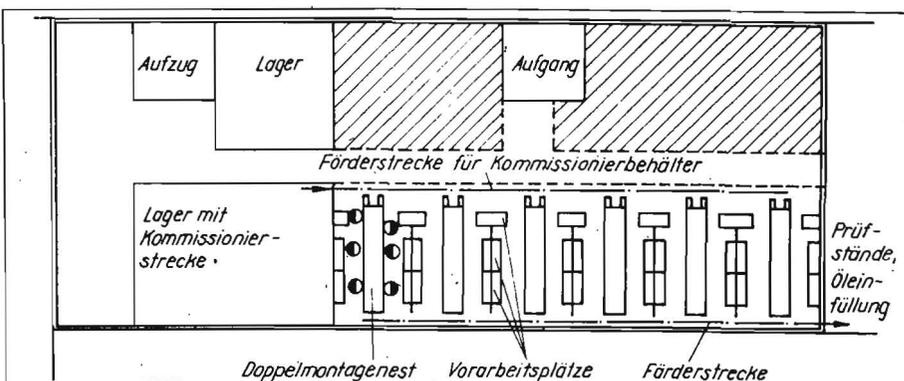
den zurückliegenden 5 Jahren an einer Reihe von Beispielen nachgewiesen, wobei besonders die Persönlichkeitsförderung, die Beanspruchungsoptimierung und die Effektivitätssteigerung im Mittelpunkt des Interesses standen. In der Einheit dieser 3 Gestaltungsziele wird ein progressiver Arbeitsinhalt angestrebt. Am Beispiel der Montage von Mokickmotoren soll das Gestaltungsergebnis mit den erreichten Wirkungen vorgestellt werden.

Ausgangssituation war ein Montagefließband mit 26 Takten (Taktzeit 0,64 min), einer überdurchschnittlich hohen Rückweisquote und Fluktuationsrate.

Nach der Neugestaltung des Montageprozesses in einem Montagenest (3 Arbeitskräfte montieren einen Motor komplett), einem langzeitigen Arbeitsversuch mit Nachweis der Produktivitätssteigerung auf 140%, einer wesentlichen Qualitätssteigerung und Befindlichkeitsverbesserung wurde die gesamte Motormontage nach diesem Grundprinzip (Parallelschaltung von Montagenestern) gestaltet (Bild 1).

Eine andere Lösung zur Nestmontage, in der Pkw-Karosserien auf parallelen Montageplattformen, einem Fließmontageabschnitt vorgeschaltet, montiert werden, ist im Bild 2 dargestellt [6].

Bild 1. Nestmontagebereich für Mokickmotoren nach [5]



3. Flexibilität von Montagesystemen

Ein wichtiges Gestaltungsziel ist eine hohe Flexibilität dieser entstehenden Montagesysteme.

Nach Schmigalla ist unter der Flexibilität eines Fertigungssystems die Eigenschaft einer Ausrüstung zu verstehen, Veränderungen des Produktionsprogramms und des technologischen Prozesses realisieren zu können, ohne Veränderungen der Ausrüstungen und der räumlichen Struktur vornehmen zu müssen.

Entsprechend der Funktion, der Elementmenge und der Struktur eines Fertigungssystems werden drei Seiten der Flexibilität unterschieden: die technologische, die kapazitive und die strukturelle Flexibilität [7].

Hinzu kommt die menschenbezogene Flexibilität, die hinsichtlich des Arbeitskräfteeinsatzes erreicht wird (Tafel 1) [8]. Ihr Einfluß erfolgt über die Nutzung der Disponibilität und über ein selbstregulierendes Organisationsverhalten im Rahmen einer teilautonomen Kollektivarbeit.

Die Spezifik der Flexibilität von Montagesystemen des Typs Nestmontage liegt vor allem im größeren Organisationsvorrat begründet, der aus der Universalität und der ständigen Fertigungsbereitschaft des Systems (unabhängig von der Vollständigkeit des Arbeitskräftebesatzes und von technisch bedingten Ausfällen einzelner Arbeitsmittel) resultiert. Es ist Aufgabe des Projektanten, Flexibilitätsansprüche aus dynamischen und auch stochastischen Einflüssen zu berücksichtigen und von der gegenwärtig noch häufig anzutreffenden, ausschließlich deterministischen Bestimmung abzugehen.

Wird von dem konzipierten Montagesystem gefordert, daß es sich gegenüber determinierbaren und stochastischen Einflüssen flexibel verhalten soll, so muß es diesen Einwirkungen gegenüber stabil bleiben. Es muß also u. a.

- eine größere Typenvielfalt mit definiertem Ähnlichkeitsgrad aufnehmen können
- variable Prozeßstufenfolgen ermöglichen
- funktionsfähig bei Teilbesetzung sein
- Schwankungen der kapazitiven Beanspruchung auffangen bzw. ausgleichen können (z. B. bei kurzfristiger Änderung des Montageprozesses für die Realisierung von Sonderaufträgen).

In hohem Maß werden diese Forderungen von der Organisationsform Nestmontage erfüllt.

4. Kopplung von Handmontagefertigungsplätzen mit automatisierten Montageabschnitten

Grundform derartigen Montagesysteme ist die automatisierte Fließreihe, bestehend aus Montageautomaten und verbleibenden Handmontagefertigungsplätzen.

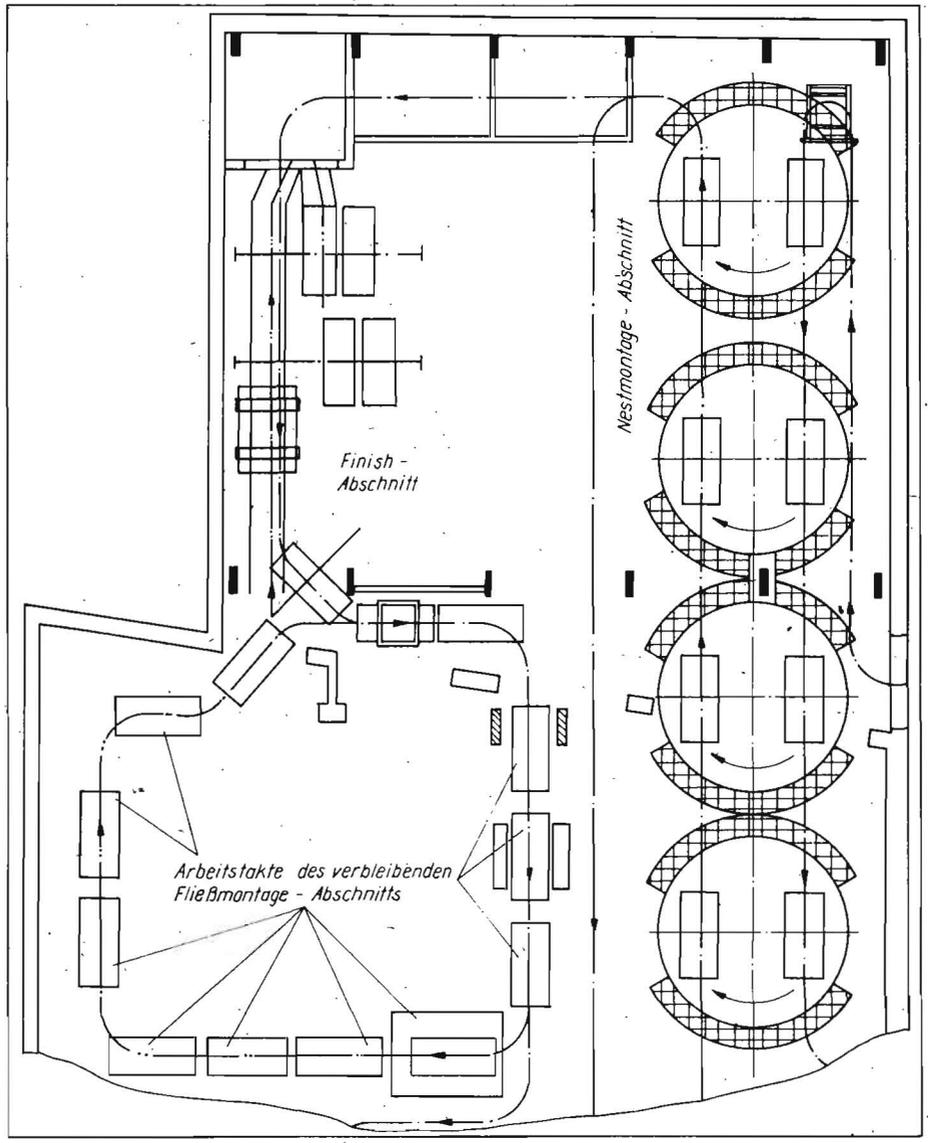


Bild 2. Nestmontagebereich für Pkw-Karosserien

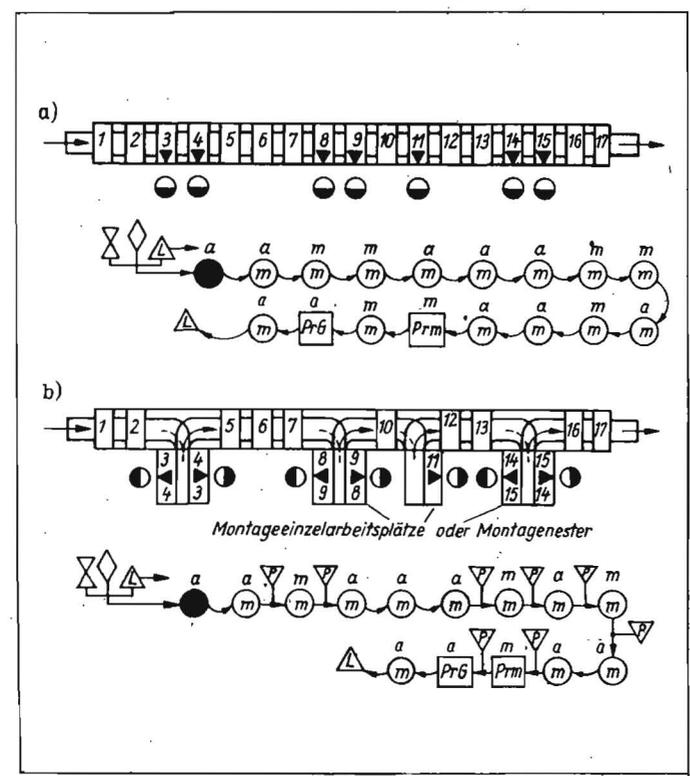


Bild 3. Entkopplung der manuellen Fertigungsplätze im teilautomatisierten Montagesystem nach [10];
 a) teilautomatisierte Montagereihe
 b) entkoppeltes teilautomatisiertes Montagesystem
 a automatisiert, m manuell, p technologischer Puffer, L Lager, Prm Prüfen manuell, PrG Prüfen mit Prüfgerät

Tafel 1. Flexibilitätskriterien eines Fertigungssystems

technologische Flexibilität	kapazitive Flexibilität	strukturelle Flexibilität	menschenbezogene Flexibilität
Typenwechsel	Veränderung der Produktionsmenge	Realisierung unterschiedlicher Funktionalstufen	Verantwortungs- und Qualitätsbewußtsein
Variation des Grundtyps	Einsatzverfügbarkeit der Arbeitskräfte	variable Prozeßstufenfolge	Belastungswechsel
Änderung des technologischen Verfahrens	stufenweiser Kapazitätsauf- und -abbau	Mischformen	qualifikationsgerechter Einsatz
Mechanisierung und Automatisierung		grundsätzlicher Organisationsformen	Disponibilität
		gleichzeitige Fertigung unterschiedlicher Erzeugnisarten	Selbstorganisation

Aufgrund der Dominanz automatisierter Arbeitsmittel im Systemgerät die Arbeitskraft in eine zeitliche Bindung, die zwar durch technologische Zwischenpuffer gemindert, aber nicht generell beseitigt werden kann. Die kurzen Operativzeiten für Montageverrichtungen, die von festprogrammierbaren Eintakt-Montagestationen, z. B. Schraub-, Schweiß-, Nietautomaten, erreicht werden (diese liegen im Sekundenbereich) führen bei einer relativ starren Kopplung zwischen Mensch und Automat zu keinen technologischen Vorteilen, sondern lediglich zu einer hohen Belastung der Arbeitskräfte. Praktische Beispiele eingesetzter automatisierter Arbeitsmittel in Montagefließreihen zeigen oft nur geringe Auslastung (nicht wesentlich über 30%, teilweise noch erheblich weniger). Eine prognostische Aussage für den Zeitraum bis zum Jahr 1995 läßt erkennen, daß die Automatisierung in der Montage unter den Bedingungen der Großserien- und Massenfertigung komplizierter technischer Erzeugnisse (wie Automobilbau, Gerätebau u. ä.) maximal nur bei etwa 50% liegen wird [9]. Die Entwicklung einer breitenwirksamen technisch-organisatorischen Lösung liegt in der sinnvollen Kombination anspruchsvoller Arbeitsaufgaben in Bearbeitungskollektiven mit automatisierten Fertigungseinrichtungen mit hinreichender technologischer Flexibilität. Dabei weist das fle-

xible Montagesystem vom Typ Nestmontage bei Verknüpfung von technologischen Strukturen und Tätigkeitsstrukturen gute Voraussetzungen zur schrittweisen Automatisierung langfristig stabiler Montagesysteme auf. Solche Organisationsformen werden durch die Fertigungsgruppe (Montagenest) oder auch andere teilautonome technologische Einheiten gebildet. Sie schaffen gute Voraussetzungen für die Gestaltung progressiver Arbeitsinhalte. Grundsätzliche Kopplungsvarianten zwischen automatisierten Teilsystemen und Fertigungsgruppen der Montage werden im Bild 3 gezeigt. Wichtigstes Gestaltungselement derartiger Systeme ist die Nahtstelle zwischen den automatisierten und manuellen Teilsystemen, die als technologische Puffer sowohl Ausgleichs- als auch Entstörfunktionen erfüllen müssen.

Literatur

- [1] Gottschalk, E.; Kocziszky, G.: Zur Flexibilität von Wechselfließmontagen. Wissenschaftliche Beiträge der IH Zwickau, Sonderheft Technologische Projektierung flexibler Montagesysteme der Großserien- und Massenfertigung 8 (1982) S. 117—124.
- [2] Rudolph, H.-J.: Der integrierte Montageabschnitt — Teil eines integrierten Fertigungssystems. Wissenschaftliche Beiträge der IH Zwickau, 7 (1981) 2, S. 16—18.
- [3] Weise, M., Schilling, W.: Lösungen zur Er-

höhung der Flexibilität in Montagebereichen. Fertigungstechnik und Betrieb, Berlin 31 (1981) 5, S. 291—295.

- [4] Enderlein, H.; Markert, U.; Tannenauer, J.: Nestmontage — eine Möglichkeit zur Gestaltung progressiver Arbeitsinhalte. Fertigungstechnik und Betrieb, Berlin 29 (1979) 4, S. 210—214.
- [5] Enderlein, H.; Tannenauer, J.; Ledermann, H.: Zur Nestmontage im Suhler Motorenbau. KFT, Berlin (1981) 2, S. 37—39.
- [6] Lohwasser, F.; Herbst, H.: Zu Problemen der technologischen Projektierung von Bereichen der Nestmontage. Fertigungstechnik und Betrieb, Berlin 31 (1981) 12, S. 742—746.
- [7] Schmigalla, H.: Qualimetrische Aspekte der Flexibilitätsbestimmung bei der Beurteilung von Fertigungsstättenprojekten. Friedrich-Schiller-Universität Jena, Forschungsergebnisse 1979.
- [8] Herbst, H.: Beitrag zur technologischen Projektierung von Montageprozessen der Großserien- und Massenfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Nestmontage. IH Zwickau, Dissertation 1982.
- [9] Schubert, J.: Automatisierte Montage in der Klein- und Mittelserienfertigung. Forschungszentrum des Werkzeugmaschinenbaus Karl-Marx-Stadt, Literaturbericht 1981.
- [10] Lohwasser, F.; Herbst, H.: Zur technologischen Projektierung flexibler Montagesysteme der Großserien- und Massenfertigung. Wissenschaftliche Beiträge der IH Zwickau, Sonderheft Technologische Projektierung flexibler Montagesysteme der Großserien- und Massenfertigung 8 (1982) S. 43—60.

A 3687

Zur rechnergestützten Projektierung komplexer Fertigungssysteme

Dozent Dr.-Ing. K. Helbing, KDT, Ingenieurhochschule Wismar, Sektion Technologie des Maschinenbaus

Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen

API	Arbeitsplatz
ET	Ersatzteil
i	Laufindex für das Instandhaltungsobjekt (i = 1...m)
IO	Instandhaltungsobjekt
j	Laufindex für die Ersatzteilart (j = 1...n)
Pal	Palette
RBG	Regalbediengerät
S	Sicherheitsabstand
WT	Werktisch
Z _{FS}	Anzahl der in das Fertigungssystem integrierten Funktionen
Z _E	Anzahl technischer Elemente oder Gebilde
η ₁₁	technisch-räumlicher Integrationsgrad

1. Problemstellung

Die Produktivität, Effektivität und das technologische Niveau werden für jede Fertigungsaufgabe wesentlich vom projektierten Niveau des realisierten Fertigungssystems bestimmt. Das trifft auch für die Teilefertigung und Montage in Instandhaltungsprozessen zu. Hier sind besonders zur zeitlichen und räumlichen Intensivierung drei wesentliche Aufgabenkomplexe zu lösen:

- Einführung rationaler Instandsetzungsverfahren sowie arbeitsgangarmer und stufenarmer Instandhaltungsprozesse mit dem Ziel, den technologischen Aufwand je Instandhaltungsobjekt zu senken
- Entwicklung und Realisierung bedien-, instandhaltungs- und energiearmer tech-

nischer Einrichtungen, die sich durch hohe Produktivität, Zuverlässigkeit, Variabilität und Flexibilität auszeichnen

- Einführung neuer progressiver und integrierter Prozeßrealisierungslösungen, wie technologische Zellen oder Instandhaltungszellen
- einstufige Fertigungssysteme oder Instandhaltungssysteme für die Ersatzteilfertigung, -aufarbeitung und Montage
- komplexe Fertigungssysteme für die geschlossene Instandsetzung von Ersatzteilen, Baugruppen oder Finalerzeugnissen in einem technisch-räumlichen System

mit dem Ziel, den Aufwand für Transport, Prozeßsteuerung und Wärmeenergie sowie den Flächenbedarf erheblich zu reduzieren.

- Der Aufgabenkomplex „Entwicklung und Realisierung progressiver und integrierter Prozeßrealisierungslösungen“ führte national und international zur Entwicklung sogenannter „integrierter Fertigungen“ für Teilefertigung und Montage [1, 2]. Bekannt geworden sind besonders integrierte Fertigungssysteme mit zentraler Förder- und Speichereinrichtung für die Teilefertigung und neuerdings auch verstärkt für die Montage. Das Charakteristische dieser Fertigungssysteme (Bild 1) besteht in
- einem zentral ausgeführten Werkstückfluß mit einem zentralen Fertigungsspeicher und einer zentralen Fördereinrichtung
 - der direkten, räumlich konzentrierten An-

bindung der Arbeitsplätze an den Zentralspeicher oder den Zentralförderer — einer geschlossenen Prozeßsteuerung.

Diese Formen der integrierten Fertigung sind für vernetzte Prozesse seit dem Jahr 1956 in vielen Ausführungsformen — aber auch mit unterschiedlichen Begriffen — projektiert und realisiert worden. Sie werden als echte Alternativlösungen zu den seit vielen Jahren bekannten Werkstattfertigungen angesehen. Bei Einsatz dieser Formen der integrierten wie auch der flexiblen Fertigung für Bereiche der Instandsetzung ist eine Vertiefung der räumlichen und zeitlichen Intensivierung der komplizierten Instandsetzungsprozesse gegeben [3].

2. Einstufige und komplexe Fertigungssysteme

Fertigungssysteme sind technisch-räumliche Objektsysteme, in denen der Fertigungsprozeß zeitlich und organisatorisch abläuft. Der Gesamtfertigungsprozeß in der Instandsetzung, für den Fertigungssysteme bzw. Instandsetzungssysteme projektiert und realisiert werden, umfaßt im wesentlichen die drei Prozeßstufen

- Teilefertigung, Teileaufarbeitung bzw. Teileinstandsetzung
- Baugruppeninstandsetzung, Baugruppenaufarbeitung
- Erzeugnisinstandsetzung.

In Abhängigkeit von der Anzahl realisierter