

Bedienung und durch bessere Wartung, Pflege und Instandsetzung wesentliche Voraussetzungen zu schaffen.

Erfahrungen aus den sozialistischen Ländern besagen, daß höhere Nutzungszeiträume, als bisher in der DDR üblich, ohne wesentlich erhöhten Instandhaltungsaufwand durchaus real sind. Konkret bedeutet das, die Nutzungsdauer ausgewählter wichtiger Maschinen auf 15 bis 20 Jahre zu verlängern.

Damit sind weitreichende Konsequenzen sowohl für die Ersatzteilproduktion, für das Instandsetzungswesen wie auch für den sorgsamen Umgang und die Abstimmung der Technik, für Normative und Abschreibungssätze, aber auch für ein verändertes Herangehen bei Neukonstruktionen durch die Landmaschinenindustrie verbunden.

3. Zusammenfassung

Die Hauptaufgaben der weiteren Mechanisierung bis zum Jahr 1985 sind auf die Vervoll-

kommenung und Komplettierung der vorhandenen Maschinensysteme durch die Bereitstellung neuer Maschinen und Rationalisierungsmittel und auf die bessere Nutzung der Technik gerichtet. Die hohe Verantwortung des Landmaschinen- und Fahrzeugbaus für die Bereitstellung hochproduktiver Maschinen erfordert noch größere Anstrengungen zur Sicherung kompletter Maschinensysteme und Maschinen mit hohem wissenschaftlich-technischen Niveau, vor allem im Hinblick auf das MasseLeistungs-Verhältnis, den spezifischen Kraftstoffverbrauch, den Bedienkomfort und den Einsatz von Meß- und Steuerelementen auf mikroelektronischer Basis.

Mit der Verdopplung der Produktion von Rationalisierungsmitteln und neuer Technik einschließlich der Robotertechnik, mit einer sorgsamen Pflege, Wartung und qualitätsgerechten Instandsetzung wird die Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft ihren Beitrag zur

Komplettierung der Maschinensysteme und ihrer besseren Nutzung sowie zur Beseitigung von Mechanisierungslücken leisten.

Die erfolgreiche Lösung dieser Aufgaben wird wesentlich von der Leistungsbereitschaft und Schöpferkraft, dem Ideenreichtum und der Initiative der Ingenieure und Konstrukteure, der Techniker, Technologen und Mechanisatoren in der Landwirtschaft und der Industrie bestimmt und ist zugleich ein hoher Anspruch an die sozialistische Gemeinschaftsarbeit der Werktätigen der betreffenden Volkswirtschaftszweige.

Literatur

[1] Honecker, E.: Bericht des ZK der SED an den X. Parteitag der SED. Berlin: Dietz Verlag 1981, S. 73.

A 3197

Einsatzvorbereitung von Industrierobotern

Dr.-Ing. W. Erdmann, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung

1. Vorbemerkungen

Der wissenschaftlich-technische Fortschritt als ein Wesensmerkmal der sozialistischen Entwicklung führt zu einer grundlegenden Änderung der Struktur der Produktionsprozesse und damit der Arbeitsinhalte und Arbeitsbedingungen der Werktätigen. Diese Veränderungen zeigen sich im wesentlichen in den technologischen, aber auch in den materiell-gegenständlichen Bedingungen der Produktion. Wurden bisher vor allem die unmittelbaren Be- und Verarbeitungsprozesse weitestgehend rationalisiert, so daß hier bereits ein beachtliches Niveau der Mechanisierung und Automatisierung erreicht wurde, gilt in der Gegenwart die besondere Aufmerksamkeit der Automatisierung von bisher typischen manuellen Operationen, wie dem Beschicken und der Entnahme von Werkstücken aus Werkzeugmaschinen, Füge- und Demontageoperationen, aber auch Transport- und Umschlagoperationen. Damit kann der z. Z. noch bestehende Widerspruch zwischen dem hohen Automatisierungsgrad der Bearbeitungsprozesse und dem niedrigen technischen Niveau der Handhabungsprozesse überwunden werden.

Unter Handhabung werden dabei die Vorgänge verstanden, die dem Erzeugen oder vorübergehenden Aufrechterhalten einer gewollten Orientierung von Stückgütern dienen, ohne eine beabsichtigte stoffliche Veränderung an ihnen auszuführen (Bild 1).

Zur Lösung dieser Aufgaben hat sich seit etwa 20 Jahren die Handhabungstechnik durchgesetzt, deren besondere und flexibelste Form Industrieroboter darstellen (Bild 2). Der Einsatz von Industrierobotern ist eine wesentliche Voraussetzung für die Befreiung des Menschen von monotoner, körperlich schwerer und gefährlicher Arbeit. Darüber hinaus wird eingeschätzt, daß ohne einen serienmäßigen Einsatz von Industrierobotern das Arbeitskräfteproblem nicht gelöst werden kann [1].

Bild 1 Einordnung der Handhabungsfunktionen

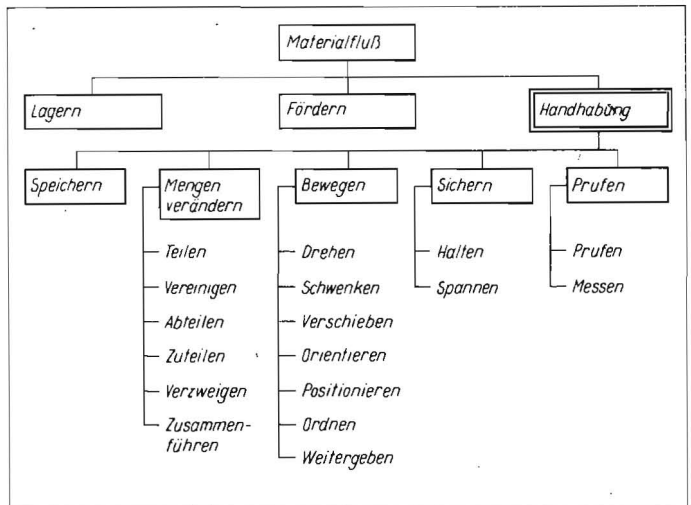
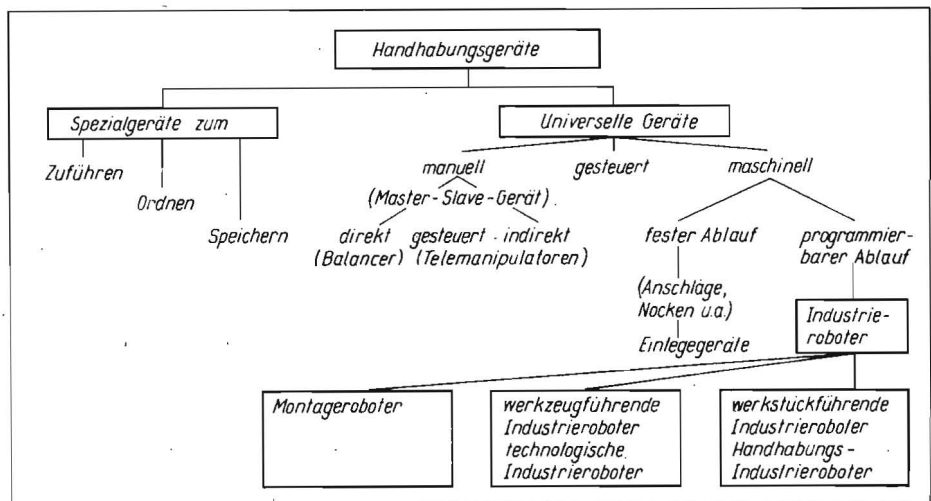


Bild 2. Systematik der Handhabungstechnik



2. Aufbau und Wirkungsweise von Industrierobotern

Ungefähr seit dem Jahr 1960 befinden sich Industrieroboter im industriellen Einsatz. Seitdem hat sich parallel zur Entwicklung der Mikroelektronik und Rechentechnik eine rasche Entwicklung dieser Geräte vollzogen, so daß bereits eine Einteilung in Generationen vorgenommen werden kann. Industrieroboter werden als Vertreter einer neuen Technologie angesehen, deren üblicher Einsatzbereich im Zusammenspiel mit Werkzeugmaschinen und Fertigungsautomaten rd. 70% der Einsatzfälle ausmacht. Dafür werden bisher überwiegend Industrieroboter der 1. Generation eingesetzt, die, mit Speichersteuerung ausgestattet, in der Lage sind, getaktete, sich wiederholende Handhabungsfunktionen auszuführen.

Industrieroboter der 2. Generation erschließen weitere Anwendungsmöglichkeiten vorwiegend im Bereich der Montage und der Aufnahme ungeordneter, aber auch unterschiedlicher Gegenstände. Diese Fähigkeiten werden durch Ausstattung der Industrieroboter mit Sensoren und Mikrorechnern erreicht. Dadurch erhöht sich die Flexibilität des Industrierobotereinsatzes wesentlich. Derzeit werden rd. 5% der Einsatzfälle für Montageoperationen genutzt [2].

Industrieroboter der 3. und 4. Generation, die bisher nur als Pilotlösungen im Laborversuch existieren, werden noch kompliziertere Handhabungsaufgaben erfüllen können, indem die Auge-Hand-Koordination weiter ausgeprägt und die Lernfähigkeit weiterentwickelt wird.

Eine im Jahr 1977 durchgeführte Umfrage über die Anwendung von Industrierobotern in der Montage hat ergeben, daß z. B. ab 1985 bis 1986 mit dem Fertigungseinsatz von Montagerobotern für Zylinderblöcke, Vergaser und Getriebegehäuse von Kraftfahrzeugen zu rechnen ist [3].

Mit dieser technischen Entwicklung sind entsprechende Besonderheiten im Aufbau und in der Wirkungsweise der Industrieroboter verbunden. Gemeinsam sind jedoch allen Generationen — mit unterschiedlicher Ausprägung — folgende Eigenschaften:

- freie Programmierbarkeit in mehreren Bewegungsachsen (Freiheitsgraden)
- Übernahme von Funktionen, die nicht von der Werkzeugmaschine bzw. vom Fertigungsautomaten übernommen werden können
- freie Beweglichkeit der Effektoren im Raum
- Ausstattung mit Greifern und/oder Werkzeugen.

Der Grundaufbau von Industrierobotern wird durch die im Bild 3 dargestellten Baugruppen bestimmt. Der mechanische Grundaufbau eines Industrieroboters, seine Kinematik, legt den Aktions- oder Arbeitsraum fest. Mit der Festlegung der Art und Anordnung der Bewegungsachsen werden die Freiheitsgrade und die Zuordnung von Effektor und Handhabungsobjekt definiert (Bild 4).

Ausgehend davon, daß jeder Körper im Raum 6 Freiheitsgrade hat, die durch Translationsbewegungen in x-, y- und z-Richtung sowie durch Rotationsbewegungen um diese Achsen hervorgerufen werden, ergeben sich aus der Kombination dieser Bewegungskomponenten die kinematischen Strukturen. Üblich sind dabei 3 Achskombinationen, die durch zusätzliche Rotationsachsen bezüglich der Effektoren ergänzt werden. Der Vielgestaltigkeit der kinematischen Struktur kommt der Aufbau von Industrierobotern in Form von Baukastenein-

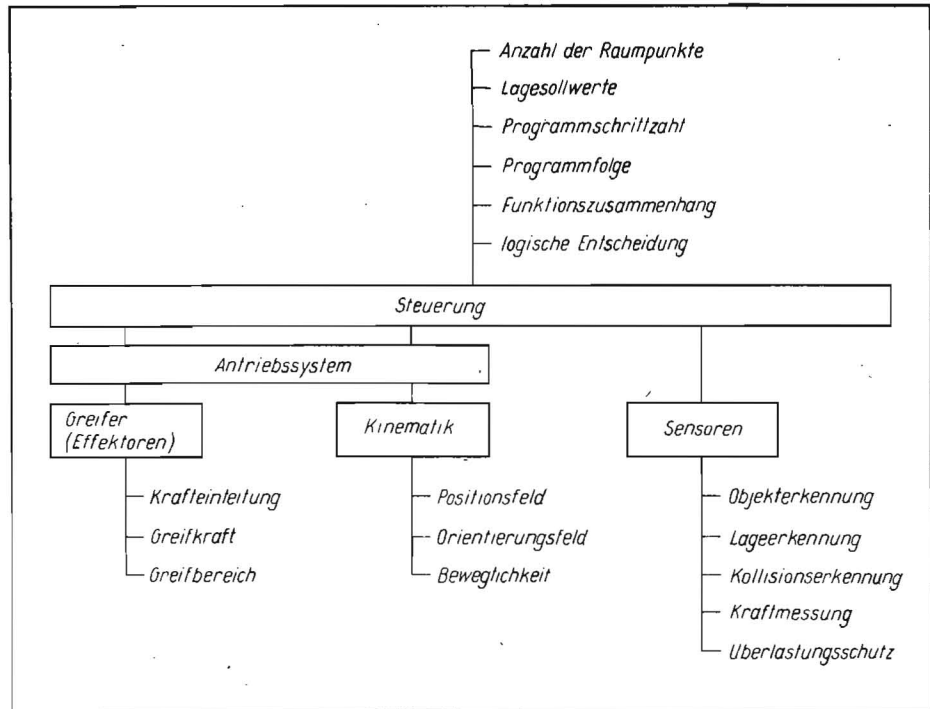


Bild 3. Aufbauprinzip eines Industrieroboters

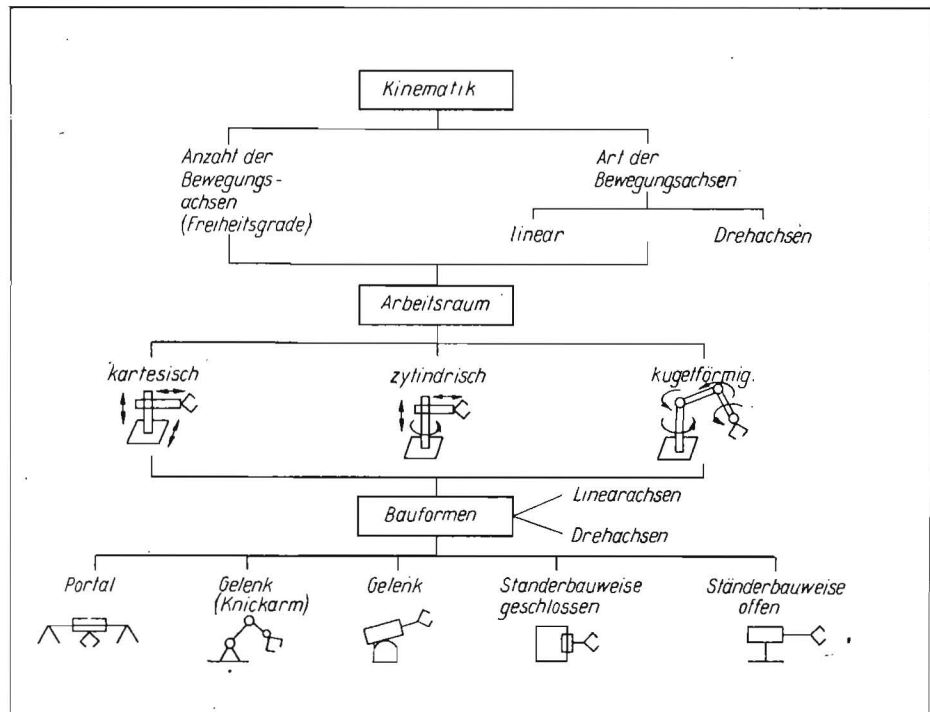


Bild 4. Kinematische Prinzipien von Industrierobotern

heiten entgegen, die sich dann zu typischen Bauformen zusammensetzen lassen. Beispiele sind dafür u. a.:

- Schweißroboter ZIS 995
- IR-Baukastensystem der UdSSR [4]
- VW-Baukastenprogramm [5].

Die Gestaltung der Effektoren als unmittelbare Verbindungselemente zwischen Handhabungsobjekt und Kinematik ist in sehr starkem Maß vom Handhabungsobjekt abhängig. Probleme ergeben sich dabei besonders bei der Greifergestaltung, die vielfach nur für ein Handhabungsobjekt ausgelegt ist. Neuere Entwicklungen zeigen jedoch bereits Mehrfunktions- und flexible Greifer (Bild 5).

Die Greiferarten können in Abhängigkeit von der Gestaltung der Greiferwirkstelle in

- mechanische Greifer
- pneumatische Greifer (Saugenheit)
- magnetische Greifer

eingeteilt werden.

Bei mechanischen Greifern wird das Prinzip Haftung, Klemmung oder Umfassung in unterschiedlichen Kombinationen realisiert. Bei der Auswahl bzw. Gestaltung des Greifertyps sind sowohl greiferbezogene Parameter, wie

- Greifertyp
- Art des Spannsens
- Greifkraft
- Anzahl der Greifstellen
- Anordnung des Greifers am Handhabungsgerät,
- als auch

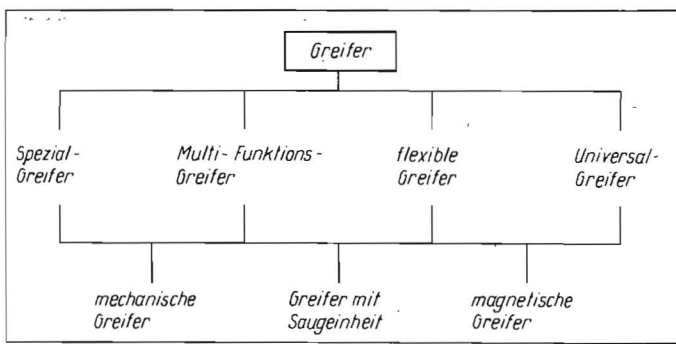


Bild 5
Greiferarten

gegenstand und vom technologischen Prozeß Veränderungen unterliegen. Derartige Abläufe bestehen in der Einzelteil- und Baugruppeninstandsetzung, z. B. beim Entnehmen und Abliegen von Arbeitsgegenständen aus bzw. in Transportbehälter oder Ablageflächen, beim Beschieken und Entnehmen von Werkstücken aus Werkzeugmaschinen, beim Zuführen und Entnehmen von Baugruppen oder Unterbaugruppen zu oder von Schraubstationen sowie beim Abnehmen von Einzelteilen nach dem Lösen der Verbindungs- und Sicherungselemente und bei der Zuführung von Einzelteilen

- objektbezogene Parameter (Objektabmessung, -masse, -form und -zustand)
 - Parameter der Peripherie (Wiederholgenauigkeit)
 - Werkstoffeinflüsse (Festigkeit, Haftreibung)
 - Störgrößen (Späne, Grate, Öle, Fette, Wärme)
- zu berücksichtigen.

Sensoren werden vielfach mit den Greifern gekoppelt. Sie haben je nach Bedarf folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Erfassen der inneren Zustände des Roboters (Lage seiner beweglichen Glieder, Geschwindigkeiten, Momente)
- Erfassen der Zustände des Handhabungsobjekts sowie seiner Umgebung (Beschädigungen, Behinderungen, Arbeitszustände)
- Messung physikalischer Größen an der Greiferwirkstelle (z. B. Druckbegrenzung der Greifkraft)
- Identifikation des Handhabungsobjekts und Lagebestimmung
- Szenenanalyse (Überwachung des Handhabungsvorgangs und der Stör- und Einflußgrößen).

Während die Aufgaben 2 und 3 vorwiegend mit taktilen Sensoren erfüllt werden, fordert die Erfüllung der Aufgaben 4 und 5 den Einsatz visueller Sensoren. Durch die Ausstattung mit Sensoren wird die Anpassungsfähigkeit des Industrieroboters wesentlich vergrößert. So ermöglichen erst sensorgeführte Industrieroboter das Fügen von Einzelteilen bei großer Fügegenauigkeit.

Die Steuerung von Industrierobotern kann als Punkt-zu-Punkt-Steuerung (PTP-Steuerung) und Bahnsteuerung (CP-Steuerung) realisiert werden. Während bei der PTP-Steuerung Ausgangs- und Endpunkt einer Bewegungssequenz definiert, der Bahnverlauf zwischen diesen Punkten jedoch nicht bestimmt ist, wird bei der CP-Steuerung der gesamte Bahnverlauf programmiert. Daraus ergeben sich Steuerungsaufwand und Einsatzgebiete. Die PTP-Steuerung wird bevorzugt bei Beschickungs- und Entnahmeaufgaben sowie für Punktschweißoperationen genutzt, während für Farbspritzen die CP-Steuerung typisch ist.

Die Programmierarten „manuelle Programmierung“ mit Hilfe von Schrittschaltwerken, Kreuzschiebern, Steckerfeldern bzw. fester Verdrahtung, aber auch das „Teach-in-Verfahren“, bei dem die Sollpositionen mit Hand angefahren und die jeweilige Position mit Hilfe von Schaltern o. ä. fixiert wird, sind für PTP-Steuerungen charakteristisch. Das „Playback-Verfahren“, bei dem alle Bewegungspunkte von Hand abgefahren und dadurch auf Platte, Band oder Lochstreifen gespeichert werden, sowie z. T. die „Teach-in-Programmierung“ sind für CP-Steuerungen typische Programmierverfahren. Die textuelle Programmie-

rung auf der Basis verschiedener Programmiersprachen dient der Vorbereitung des Industrieroboters auf den Einsatz.

3. Einsatz von Industrierobotern in Montagesystemen

Bei der Einsatzvorbereitung von Industrierobotern kommt es darauf an, sie in bestimmte Systeme, z. B. Montagesysteme, zweckmäßig zu integrieren. Während maschinelle Montageeinrichtungen (Montagemaschinen, Montageautomaten) für ein bestimmtes Erzeugnis ausgelegt sind, erlauben Montagesysteme mit Industrierobotern eine größere Flexibilität der Montageaufgaben. Das sind besonders solche Montageaufgaben, die für ein technologisch ähnliches Variantenprogramm in ausreichend großer Stückzahl zu lösen sind.

Dazu sind zwei prinzipielle Lösungen denkbar [6]:

- Ausgehend vom herkömmlichen Montageautomaten wird eine weitgehende Zergliederung des Montagevorgangs in Teilvorgänge vorgenommen, und jedem dieser Teilvorgänge wird eine Arbeitsstation zugeordnet. Die Beschickung dieser Arbeitsstationen von einem umlaufenden Werkstückträger erfolgt durch programmierbare Einlegegeräte. Damit wird eine begrenzte Flexibilität dieses „programmierbaren Montageautomaten“ gewährleistet. Der Industrieroboter selbst führt keine Fügeoperationen aus. Damit reduzieren sich die Anforderungen an Sensorausstattung und Peripherie erheblich.
- Das Prinzip der manuellen Montage wird auf ein programmierbares Montagesystem übertragen. Der Industrieroboter mit aufwendigem kinematischen Aufbau übernimmt sensorgeführte Füge- und Handhabungsoperationen. Es wird angestrebt, den gesamten Montagevorgang in einer Arbeitsstation zu konzentrieren. Dazu sind zusätzliche Montagevorrichtungen, Greifermagazine, Ordnungseinrichtungen für Teilmagazine sowie der Rechnerinsatz Voraussetzung.

4. Technologische Einsatzvorbereitung von Industrierobotern

Im Bereich der landtechnischen Instandsetzung ergibt sich eine Reihe von Möglichkeiten, durch den verstärkten Einsatz von Handhabungstechnik die Instandsetzungsprozesse weiter zu rationalisieren. Neben der Nutzung von Schwing- oder Hochförderern für Zuführungsfunktionen, von Weitergabeneinrichtungen und Magazinen, Einlegegeräten, Förderbändern, Ladeportalen usw. zeichnen sich auch Einsatzfälle für Industrieroboter ab. Das sind solche Handhabungsfunktionen, bei denen bestimmte Bewegungsabläufe mit ausreichender Häufigkeit zyklisch wiederkehren, diese Bewegungsabläufe aber in Abhängigkeit vom Arbeits-

Tafel 1. Hauptursachen für die Installation von Industrierobotern [7]

	%
monotone Arbeit	40
warme Arbeit	10
schwere Arbeit	10
Umweltforderungen	20
Rentabilität	20

zur Montage. Weitere Einsatzfälle für Industrieroboter ergeben sich beim Farbspritzen, Schweißen und Schrauben. Die Gründe für den Einsatz von Industrierobotern sind vielfältig (Tafel 1). Der Hauptgrund ist die Entlastung des Menschen von monotoner, gefährlicher und körperlich schwerer Arbeit. Dabei genügt es jedoch nicht, durch einen Industrieroboter den arbeitenden Menschen allein ersetzen zu wollen, sondern dem Einsatz muß eine komplexe Betrachtung des gesamten Arbeitsplatzes einschließlich der vor- und nachgelagerten Bereiche und der Verkettungen (Peripherie) vorausgehen.

Es ist zu beachten, daß sich die Wirksamkeit des Industrierobotereinsatzes erst aus dem optimalen Zusammenspiel folgender Bestandteile ergibt:

- Industrieroboter
- Handhabungsobjekt
- Arbeitsstation (Werkzeugmaschine oder Fertigungsautomat)
- Speicher- und Verkettungstechnik
- Kontrolltechnik
- Fertigungssteuerung.

Daraus ist der Schluß zu ziehen, daß der Industrierobotereinsatz an bestimmte Bedingungen gebunden ist, die entweder gegeben sein oder geschaffen werden müssen. Aus diesen Bedingungen ergeben sich auch die Schwerpunkte der Einsatzvorbereitung:

- Die eigentliche Arbeitsoperation (z. B. Schrauben, Bearbeiten) muß ausreichend automatisiert sein.
- Das Handhabungsobjekt muß „handhabungsfreundlich“ sein.
- Die Handhabungsobjekte müssen eine definierte Lagekonstanz haben oder automatisch geordnet werden, um auf visuelle Sensoren verzichten zu können.
- Kontroll- und Beschickungsfunktionen, die vom Werkttätigen bisher „nebenbei“ übernommen wurden, müssen ebenfalls automatisiert oder auf andere Plätze verlegt werden.
- Beim Ausfall des Industrieroboters muß eine Bedienung der Arbeitsstation manuell möglich sein.
- Der Signalaustausch zwischen Industrieroboter und Arbeitsstation muß gewährleistet sein.

Es wird eingeschätzt, daß die Erfüllung dieser

Voraussetzungen die gleichen Aufwendungen wie für den Industrieroboter selbst erfordert [8]. Weitere Anforderungen an den Einsatz von Industrierobotern sind in Tafel 2 zusammengestellt.

4.1. Methodik der Einsatzvorbereitung

Die Einsatzvorbereitung von Industrierobotern erfordert ein hohes Maß an planerischem, technischem, organisatorischem und wirtschaftlichem Aufwand. Deshalb muß die Einsatzvorbereitung umfassend und systematisch erfolgen. In Anlehnung an Greger [10] wird dafür der im Bild 6 dargestellte methodische Ablauf vorgeschlagen.

Bei der Erzeugnisanalyse kommt es darauf an, zu erfassen, inwieweit die Einzelteile handhabungsfreundlich bzw. das Erzeugnis einer automatischen Montage zugänglich ist. Hier sind die Größe und Masse der Einzelteile, die erforderliche Positioniergenauigkeit, die Gestaltung der Greifstellen und deren Veränderung im Fertigungsprozeß, die Lagestabilität der Einzelteile und die Zugänglichkeit zum Montageort zu untersuchen. Aus der Analyse lassen sich ggf. Vorschläge für die Erzeugnisgestaltung ableiten, wie z. B. vereinfachte Verbindungselemente, Reduzierung der Anzahl von Einzelteilen, Anbringen von Fasen oder Zentrierungen usw.

Die Analyse des Fertigungsmittels muß Auskunft darüber geben, inwieweit ein automatisches Zusammenspiel und der Informationsaustausch zwischen Fertigungsmittel und Industrieroboter möglich und welche Anforderungen sich hieraus für den Bewegungsablauf des Industrieroboters ergeben.

Die Analyse der Werkstückbewegungsfunktionen [11] erfaßt die Elemente des Handhabungszyklus. Hier kommt es vor allem darauf an, die Bewegungsfolgen zwischen den Start- und Endpunkten und mögliche Behinderungen zu erfassen, weil sich hieraus Konsequenzen für den kinematischen Aufbau und die Steuerung des Industrieroboters ergeben. Ist beispielsweise nur eine Bewegung in einer, zwei oder höchstens drei Achsen mit jeweils zwei Endpunkten je Achse nötig, bieten sich hierfür Industrieroboterkonstruktionen nach dem Baukastenprinzip mit Wegmeßsystemen und einfacher Steuerung an. Sind dagegen mehr als drei Freiheitsgrade für einen empirisch ermittelten Ablauf nötig, so sind Gelenkroboter mit CP-Steuerung auszuwählen.

Gleichzeitig ist bei der Bewegungsanalyse auf kürzeste Wege mit geringsten Ausladungen unter Beachtung der erforderlichen Zugänglichkeit zu achten, um die Anforderungen an die Steifigkeit und Belastung der Kinematik zu senken.

Die Analyse der Anforderungen an die Peripherie muß die Konsequenzen erfassen, die der Einsatz von Industrierobotern an die Bereitstellung und Entsorgung, an die Verkettung, Überwachung und Steuerung der Arbeitsstation stellt. In diesem Bereich sind oft Gestaltungslösungen erforderlich, die erheblich von konventionellen Formen abweichen. Ausgehend von diesen Analysen können die Anforderungen an den Industrieroboter formuliert werden:

- Anzahl und Art der Achsen (Freiheitsgrade)
- Positioniergenauigkeit
- Tragfähigkeit
- Steuerung
- Sensorenausstattung [12, 13].

Die so formulierten Anforderungen können dann mit den Angaben in den bestehenden

Tafel 2. Grundsatzanforderungen an Werkstückhandhabungseinrichtungen [9]

Arbeitswissenschaften	Technik	Wirtschaftlichkeit
Entkopplung des Bedienpersonals von der Taktbindung Reduzierung körperlicher und mentaler Belastungen des Bedienpersonals Bereicherung der Arbeitsinhalte Ausschaltung von Unfallgefahren Reduzierung der Umweltbelastung (Temperatur, Lärm, Staub, Gase, Dämpfe)	einfacher, robuster Aufbau, hohe Positioniergenauigkeit, kurze Handhabungszeiten, hohe Betriebssicherheit einfache Anpassung an unterschiedliche Aufgaben Lösung des Peripherieproblems geringer Platz- und Raumbedarf leicht verständliche Bedienung und Programmierung kurze Umrüstzeiten Wartungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit	niedrige Anschaffungskosten niedrige Betriebs- und Anpassungskosten Steigerung der Auslastung von Fertigungseinrichtungen Reduzierung der Umlaufmittel Flexibilität bei gesonderter Aufgabenstellung

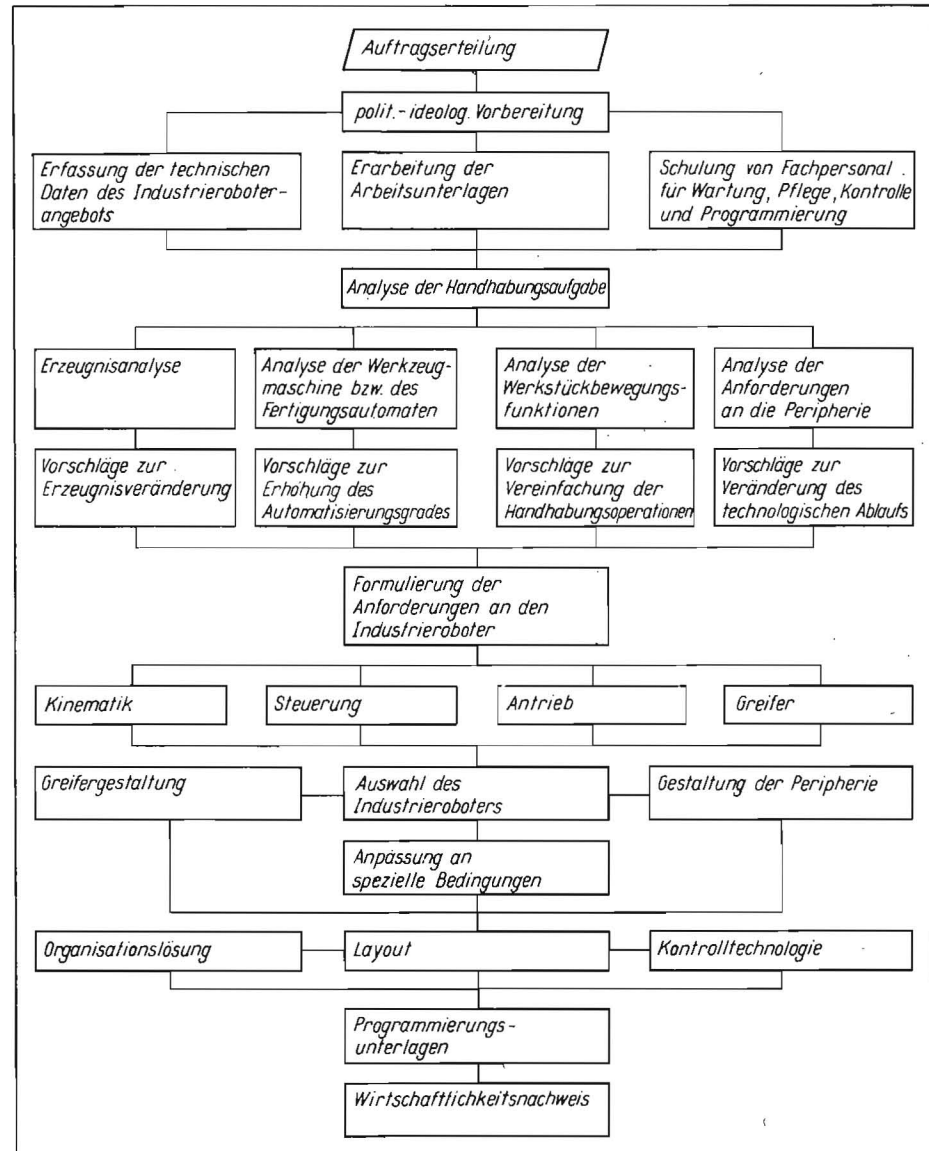


Bild 6. Ablaufplan zur Einsatzvorbereitung von Industrierobotern

Datenbanken [13, 14, 15, 16] verglichen werden, so daß der geeignetste Industrierobotertyp ausgewählt werden kann. Trotz der hohen Flexibilität derartiger Geräte werden Industrieroboter aus Wirtschaftlichkeitsgründen für bestimmte Handhabungsfunktionen konzipiert und hergestellt. Aus diesen Gründen ist häufig eine Anpassung des ausgewählten Typs an die speziellen Aufgaben erforderlich. Die Greifergestaltung nimmt eine wichtige Stellung innerhalb der Einsatzvorbereitung ein. Anders als der Mensch, dem mit seinen Hän-

den Universalwerkzeuge zur Verfügung stehen, müssen Industrieroboter mit speziellen Greifwerkzeugen ausgestattet werden, die auf das Handhabungsobjekt zugeschnitten sind. Das hat dahin geführt, daß Industrieroboter z. B. ohne Peripherie und Greifwerkzeuge angeboten werden und die Konstruktion und Herstellung der Greifer Aufgabe der Nutzer ist. Die Auswahl des Greiferprinzips und die konstruktive Gestaltung der Greifer muß so erfolgen, daß größtmögliche Haltekräfte bei kleinstmöglicher Masse des Greifers und möglichst

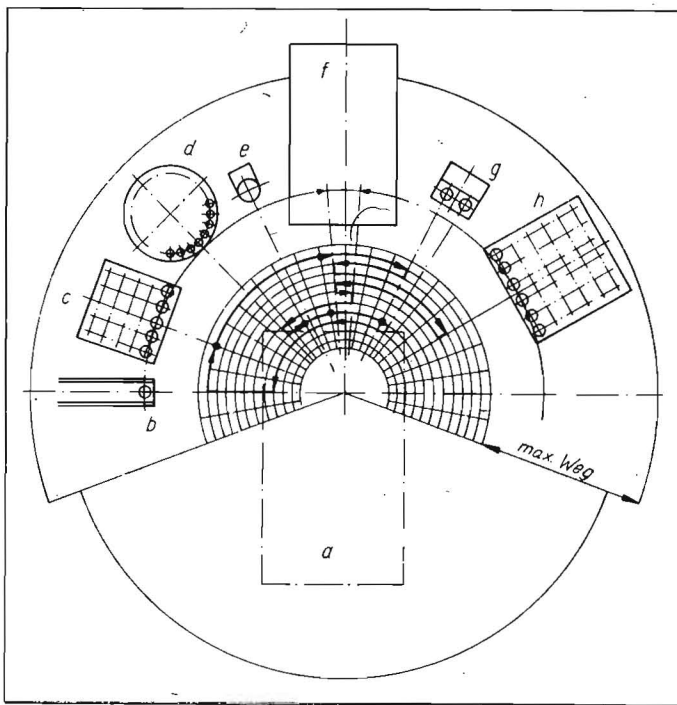


Bild 7
 Platzgestaltung und Programmablauf für Montagearbeiten [10];
 a Industrieroboter, b Rollgang, c Palette I, d Tellermagazin, e Fett-dosierung, f Montageplatz mit Krafteinheit, g Schachtmagazin, h Palette II

Tafel 3. Kostenverursachende Einflußgrößen [17]

Einflußgruppe	Einflußgröße
Planung	Voruntersuchungen
	Vorversuche
Handhabungsgerät	Aufstellungsplan
	Grundpreis
Ausstattung	Anpassung (bei Import)
	Programmierungseinrichtung
	Programmarchivierung
	Sonderwerkzeuge, Prüfgeräte
	Ersatzteile
Aufstellung	Greifwerkzeuge, Hilfsvorrichtungen
	Fundament, Verankerung
	Energieversorgung
	Sicherheitstechnik
	Verkettung
Betrieb	Werkstückbereitstellung
	Störungsanzeige
	Energiekosten
	Inbetriebnahme
	Bedienung
Sonstiges	Ersatzteile
	Wartung und Instandsetzung
	Umprogrammierung
	Lehrgänge, Einweisungen
	Bedienungsanleitungen
	Dokumentation

Eignung für verschiedene Greifaufgaben erreicht werden. Die Vielfalt der Greifaufgaben führt zu universellen und Wechselgreifern, die häufig als Baureihe aufgebaut sind. Bei der Layoutgestaltung sind vor allem die Belange des Arbeitsraumes, der Unfallsicherheit, der Zugänglichkeit sowie der Wartungsfreundlichkeit zu beachten (Bild 7).

Im Wirtschaftlichkeitsnachweis sind dem Nutzen, der durch den Einsatz von Industrierobotern entsteht, die Aufwendungen gegenüberzustellen. Dabei müssen die in Tafel 3 zusammengestellten kostenverursachenden Einflußgrößen in die Betrachtung einbezogen werden. Darüber hinaus entstehen neben der Arbeitskräfteeinsparung im Produktionsbereich durch den Industrierobotereinsatz neue Anforderungen an Arbeitskräfte im Hilfsbereich. In Tafel 4 sind die Ergebnisse einer Fallstudie angegeben.

5. Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wurden ausgehend von der Übersicht und Einordnung der Industrieroboter in den Komplex der Handhabungstechnik als Vertreter moderner Technologien, ihrem Aufbau und ihrer Wirkungsweise Grundlagen für eine systematische Einsatzvorbereitung dargestellt. Dabei werden mögliche Einsatzfälle im Bereich der Baugruppen- und Einzelteilinstandsetzung angedeutet. Die Spezifik der Elemente des Instandsetzungsprozesses, besonders der Demontage, Einzelteilinstandsetzung und Montage, bedingen spezielle Betrachtungsweisen für die Bearbeitung technischer Lösungen. Dem können aber die umfangreichen Erfahrungen des Maschinenbaus zugrunde gelegt werden, die in diesem Beitrag übersichtsweise dargestellt wurden.

Tafel 4. Ergebnisse einer Fallstudie zum Industrierobotereinsatz [18]

Funktion am Industrieroboter	Auslastung des technischen Personals
Einrichten und Programmieren vor Ort	1 Arbeiter je 6 Industrieroboter
mechanische Wartung mit Störungsbeseitigung	1 Schlosser je 10 Industrieroboter
elektrische Wartung und Störungsbeseitigung	1 Elektriker je 10 Industrieroboter
technisch-wirtschaftliche Einsatzplanung	2 Ingenieure je 1 Industrieroboter

Literatur

- [1] Jurevič, J.: Robotertechnik im Vormarsch. Moskau: Prawda vom 5. Mai 1977.
- [2] Pawloff, M.: Industrieroboter als Wirkungsrichtung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts und zur Erleichterung der menschlichen Arbeit. Soz. Arbeitswissenschaften 25 (1981) H. 1, S. 33—38.
- [3] Warnecke, H.J.; Haaf, D.: Automatisches Montieren mit programmierbaren Montagesystemen. Zeitschrift für industrielle Fertigung 69 (1979) H. 3, S. 145—150.
- [4] Surin, B. N.: Osobennosti konstrukcii robotov... (Besonderheiten der Konstruktion von Robotern modularer Typs). Stanki i instr. 49 (1979) H. 7, S. 13—16.
- [5] Industrieroboter-VW-Baukastenprogramm L 15/K 15, R 20/R 100. Fachberichte für Metallbearbeitung (1979) H. 9/10, S. 287.
- [6] Haaf, D.: Programmierbare Montagesysteme für kleine Serien. VDI-Berichte 323 „Montage 78“. Düsseldorf: VDI-Verlag 1978.
- [7] Martensson, N.: Entwicklungstendenzen in der materiellen Produktion. Industrieroboter-Symposium am 2. Dez. 1980 in Karl-Marx-Stadt.
- [8] Schraft, R. D.: Flexible Handhabung in Teilefertigung und Montagen. Maschinen, Anlagen, Verfahren (1978) H. 2, S. 16—18.
- [9] Hörl, A.: Einsatzbeispiele flexibler Handhabungseinrichtungen in der losweisen Fertigung. In: Montage und Handhabungstechnik —

anwendungsorientiert. Fachtagung Hannover-Messe 1979. Mainz: Krauskopf-Verlag 1979.

- [10] Greger, B.: Manipulatoren — Planungs- und Einsatzanalysen. IH Zwickau, Forschungsbericht 1978 (unveröffentlicht).
- [11] TGL 28482 Werkstückbewegungsfunktion.
- [12] Zachau, H.; Rösner, W.; Schulz, P.: Sorgfältige Analyse führt zu günstigen Lösungen. Technische Gemeinschaft (1980) H. 3, S. 19—20.
- [13] Möde, H.-U.; Heckert, J.: Einsatzvorbereitung von Industrierobotern—Klassifikator. Ingenieurschule Berlin-Lichtenberg, Forschungsbericht 1981 (unveröffentlicht).
- [14] Schraft, R. D.: Systematisches Auswählen und Konzipieren von programmierbaren Handhabungsgeräten. Mainz: Krauskopf-Verlag 1977.
- [15] Reinbold, J.: Stand und Entwicklung von Industrierobotern. Forschungszentrum des Werkzeugmaschinenbaus, Karl-Marx-Stadt 1979.
- [16] Furgac, J.: Modular aufgebaute Handhabungseinrichtungen. Zeitschrift für wirtschaftl. Fertigung 74 (1979) H. 11, S. 557—563.
- [17] Pfennig, H.: Auswahl von Industrierobotern. Zeitschrift für industrielle Fertigung 69 (1979) H. 12, S. 786—788.
- [18] Gizycki, R.: Rationalisierung und Humanisierung durch Industrieroboter — Vorläufige Ergebnisse einer Fallstudie. VDI-Zeitschrift 121 (1979) H. 21, S. 1057—1066.

A 3073

Folgende Fachzeitschriften der Elektrotechnik erscheinen im VEB Verlag Technik:
 Elektrik; der Elektro-Praktiker; Fernmeldetechnik; messen—steuern—regeln;
 Nachrichtentechnik—Elektronik; radio—fernsehen—elektronik