

UNIVERSITÄT DORTMUND

Lehrstuhl für Maschinenelemente, -gestaltung und Handhabungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Kreis

Klassifizierung von Industrierobotern und Peripheriegeräten

theoretische Studienarbeit

vorgelegt von

Andreas Theilmeier

Betreuer: Dipl.-Ing J. Plitt

Dortmund, Juli 1993

Inhaltsverzeichnis

Kapitel	Thema	Seite
0.	Besreibung der Aufgabenstellung und Vorgehensweise	4
0.1	Aufgabenstellung	4
0.2	Vorgehensweise	4
0.3	Aufbau	5
1.	Einführung	6
1.1	Geschichte und Entwicklung der Industrieroboter	6
1.2	Definition von Industrierobotern	8
1.3	Aufbau von Industrierobotern	9
1.3.1	Mechanische Struktur	9
1.3.2	Energieversorgung	10
1.3.3	Steuerung	11
1.3.4	Effektoren	12
1.3.5	Sensoren	13
1.3.6	Datenschnittstellen	15
1.4	Einsatzgebiete von Industrierobotern	16
1.4.1	Ziel des Robotereinsatzes	16
1.4.2	Beispiele für den Industrierobotereinsatz	17
1.4.2.1	Schweißen	17
1.4.2.2	Trennen	17
1.4.2.3	Montage	18
2.	Einführung Industrieroboterperipherie	19
2.1	Begriff und Aufgabe der Industrieroboterperipherie	19
2.2	Abgrenzung der Peripherie	20
2.3	Elemente der Industrieroboterperipherie	22
2.3.1	Speichereinrichtungen	22
2.3.1.1	Werkstückspeicher	22
2.3.1.2	Werkzeugspeicher	24
2.3.2	Werkstückzubringeeinrichtungen	24
2.3.3	Positionier- und Spanneinrichtungen	26
2.3.4	Einrichtungen zur Qualitätssicherung	27
2.3.5	Objekt- und Positionserkennungseinrichtungen	28
2.3.6	Schutzeinrichtungen	28

3.	Einführung Klassifizierung	30
3.1	Nummerung	30
3.2	Klassifizierung	30
3.3	Sicherung der Nummer	31
3.3.1	Fehlerarten	32
3.3.2	Prüfzeichen	33
3.3.3	Das erweiterte Modulo-11-Verfahren	33
3.4	Ansätze zur Klassifizierung	34
3.4.1	Kenngrößen von Industrierobotern und Peripheriegeräten	34
3.4.2	Die VDI-Richtlinie 2861	35
3.4.3	Stand der ISO-Normungsarbeit	37
3.5	Konzept zur Klassifizierung	38
4.	Klassifizierung von Industrierobotern	41
4.1	Einleitung	41
4.2	Ablauf	41
4.3	Kinematik	41
4.3.1	Beispiel	44
4.4	Steuerung	44
4.4.1	Steuerungsart	45
4.4.2	Programmierung	45
4.4.2.1	Beispiel	46
4.4.3	Zentraleinheit	47
4.4.4	Speicher	47
4.4.5	Schnittstellen	48
4.4.6	Beispiel	49
4.5	Antrieb	49
4.5.1	Beispiel	51
4.6	Effektoren	51
4.7	Sensoren	52
4.8	Kenngrößen	53
4.8.1	Beispiel	55
4.9	Sicherung der Nummer	56
5.	Klassifizierung von Industrieroboterperipherie	57
5.1	Einleitung	57
5.2	Elemente der Industrieroboterperipherie	57
5.3	Speichereinrichtungen	57
5.3.1	Bauform des Speichers	58
5.3.2	Werkstückanordnung	58

5.3.3	Abstand der Werkstücke	59
5.3.4	Lagesicherung	60
5.3.5	Werkstückbewegung im Speicher	62
5.4	Werkstückzubringeeinrichtungen	62
5.4.1	Handhabungsfunktionen der Werkstückzubringeeinr.	62
5.4.2	Arbeitsweise der Zubringeeinrichtungen	63
5.4.3	Funktionsprinzip der Zubringeeinrichtungen	63
5.4.4	Steuerungsmöglichkeit durch den Industrieroboter	64
5.4.5	Beispiel	64
5.5	Positionier- und Spanneinrichtungen	66
5.5.1	Handhabungsfunktionen	66
5.5.2	Ausführung	66
5.5.3	Überwachungsfunktionen	66
5.5.4	Späneentsorgung	67
5.6	Einrichtungen zur Qualitätssicherung	67
5.6.1	Handhabungsfunktionen	67
5.6.2	Überwachungsprinzip	68
5.6.3	Klassifizierung nach Art der Sensorik	68
5.6.4	Art der Programmbeeinflussung	69
5.7	Schutzeinrichtungen	69
5.7.1	Technische Ausführung der Schutzeinrichtungen	70
5.7.2	Bereiche der Überwachung	70
5.7.3	Beispiel für eine Schutzeinrichtung	71

6. Fazit

0. Beschreibung der Aufgabenstellung und Vorgehensweise

0.1 Aufgabenstellung

Das Ziel dieser Studienarbeit ist die Klassifizierung von Industrierobotern und Peripheriegeräten.

Dabei werden die zur Zeit vorhandenen Größen erfaßt, systematisiert und neue Kennzahlen in Bezug auf Roboteranwendung, Hardware und Steuerungssoftware ausgearbeitet.

Die Beschreibung dieser Systeme durch anwendungsspezifische Kenngrößen konnte mit der Entwicklung nicht schritthalten. Existierende Kenngrößen für Industrieroboter nach ISO/DIN/VDI sind für die hier angestrebte Darstellung der klassifizierenden Merkmale in einer Nummer zu komplex, um eine gute Handhabbarkeit zu gewährleisten.

0.2 Vorgehensweise

Das Ergebnis dieser Arbeit wird dem Anwender die Möglichkeit geben, anhand einer Kennzahl, den für ihn richtigen Industrieroboter und die benötigte Peripherie unter der Vielzahl der angebotenen Systeme auszuwählen.

Die Kennzahl setzt sich aus spezifischen, klassifizierenden Merkmalen der Industrieroboter und der Peripherie zusammen, wobei die existierenden Richtlinien (VDI 2861) eingebunden werden sollen.

Um eine Anwendbarkeit sicherzustellen, müssen viele der Kenngrößen zusammengefaßt werden. Beispielsweise wird aus den Belastungskenngrößen nach VDI 2861 (Nennlast, maximale Nutzlast, Maximallast, Nennmoment, Nenn-Massenträgheitsdrehmoment) eine Kenngröße Nutzlast entwickelt. Ein Beispiel für die Vielzahl der klassifizierenden Merkmale geben die folgenden Auszüge aus der VDI-Richtlinie 2861: /11/12/

Achszbezeichnungen von Handhabungsgeräten (VDI-Richtlinie 2861 - Blatt 1, Entwurf September 1980)			einsatzspezifische Kenngrößen von Industrierobotern (VDI-Richtlinie 2861 - Blatt 2, Entwurf April 1987)			
Definition der Achse in Abgrenzung zum Freiheitsgrad	Vorgehensweise zu Bestimmung der Achszbezeichnungen	Festlegungen der Achszbezeichnungen	geometrische Kenngrößen	Belastungs-kenngrößen	Kinematische Kenngrößen	Genauigkeits-kenngrößen
Freiheitsgrad	Darstellung der Handhabungsgeräte	Linearachsen	mechanische Systemgrenzen	Nennlast	Geschwindigkeitskenngrößen	Wiederholgenauigkeit (Position und Orientierung)
Achse	Überführung des Handhabungsgerätes in die Grundstellung im Bezugskoordinatensystem	Drehachsen	Raumaufteilung	maximale Nutzlast	Beschleunigungskenngrößen	Wiederholgenauigkeit (Bahn)
Beispiele		sonstige Achsen	Arbeitsbereich	Maximallast	Überschwingweite	allgemeine Genauigkeitskenngrößen
		Symbolsprache zur Beschreibung des kinematischen Aufbaus		Nennmoment	Ausschwingzeit	
		Beispiele		Nenn-Massen-trägheitsmoment	Verfahrzeit	
					Zykluszeit	

Bild 0.2.1 Kenngrößen von Industrierobotern (VDI-Richtlinie 2861)

0.3 Aufbau

Im Rahmen dieser Arbeit soll in den Kapiteln "1. Einführung Industrieroboter" und "2. Einführung Industrieroboterperipherie" zunächst eine Beschreibung der behandelten Systeme gegeben werden.

Dabei erweist sich eine exakte Trennung nicht immer als möglich oder sinnvoll, da Roboter und Peripherie im Zusammenhang und als Teil eines Gesamtkonzeptes gesehen werden müssen.

Das dritte Kapitel beschreibt die Möglichkeiten der Klassifizierung. Nummerungssysteme für Maschinen und Fertigungsmittel werden seit Jahren aus unterschiedlichen Gründen entwickelt. Vorherrschend sind dabei logistische und statistische Zielsetzungen.

Schon vorhandene Klassifizierungssysteme für Betriebsmittel bilden dabei die Grundlage um geeignete klassifizierende Merkmale und deren sinnvolle Verschlüsselung zu entwickeln.

Die Zuordnung der Systeme erfolgt dann in den Kapiteln "4. Klassifizierung von Industrierobotern" und "5. Klassifizierung der Industrieroboterperipherie". Die klassifizierenden Merkmale werden hier verschlüsselt einer Nummer zugewiesen und anhand von Beispielen erläutert.

Die Nummern dienen dabei zur Informationsdarstellung in Kurzform. Dazu bietet sich ein "systematischer Nummernschlüssel", der neben den klassifizierenden auch identifizierende Teile enthalten kann an. Die Verwendung einer Redundanz soll die EDV Anwendung vereinfachen. /10/11/ Das Fazit wird in Kapitel 6 die Ergebnisse der Arbeit bewerten und einen Ausblick auf weitere Entwicklungen geben.

1. Einführung Industrieroboter

1.1 Geschichte und Entwicklung der Industrieroboter

Erste Ansätze zur Entwicklung von Robotern zeigten sich im 18. Jahrhundert, indem mit sog. Androiden versucht wurde, bestimmte Tätigkeiten des Menschen nachzubilden.

Bekannte Beispiele dafür sind der "Schriftsteller" von Pierre Jaquet-Droz (1774) und der Schachspielautomat des M. von Kempelen (1783).

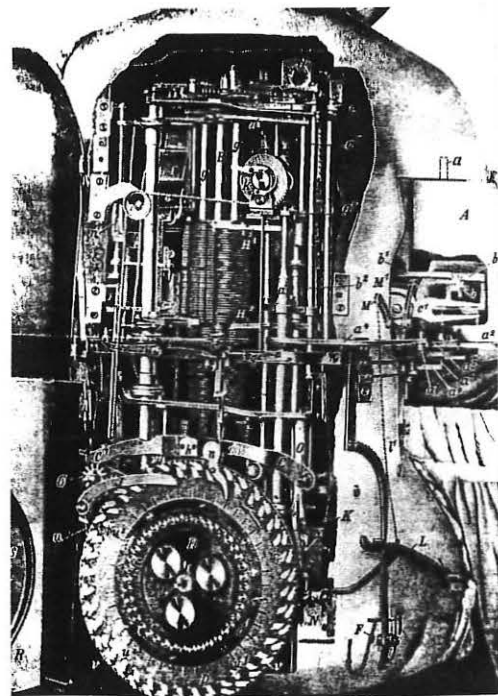


Bild 1.1.1 Der "Schriftsteller" von Pierre Jaquet-Droz, 1721-1790 (Schraft)

Diese "Maschinenmechanismen" haben allerdings mit unserem heutigen Verständnis von Industrierobotern nichts zu tun. Im Jahre 1920 prägte der tschechische Schriftsteller Karel Capek den Begriff Roboter als einen rastlos arbeitenden, "künstlichen Menschen". In seinem Drama "RUR" treten Roboter in menschlicher Gestalt auf, die die Menschen von stumpfsinniger Fabrikarbeit entlasten.

Der Erzähler Isaak Asimov formulierte als Erster Gesetze über Roboter, in denen diese positiv und für den Menschen nützlich dargestellt werden (1940). Die eigentliche Entwicklung des Industrieroboters begann

1952 mit der ersten Darstellung für einen Fabrikeinsatz durch J. Diebold. In den USA meldete George C. Devol 1954 ein Patent für einen programmierbaren Manipulator an, das 1961 erteilt wurde.

Die von Devol und Joseph Engelberger 1956 gegründete Firma Unimation Inc. stellte 1959 den ersten funktionsfähigen Prototypen eines Industrieroboters vor. Dieser wurde 1961 in den USA eingesetzt.

Im Jahre 1973 stellten bereits 71 Unternehmen Industrieroboter her. Weltweit waren 1985 etwa 130000 frei programmierbare IR in Einsatz.

Die weitere Entwicklung führte dazu, daß der Markt von wenigen, großen Herstellern dominiert wird. In der BRD (alt) teilen sich drei Hersteller (VW, KUKA, ASEA) ungefähr 36% des Marktes. Die Tendenz innerhalb des Marktes geht immer mehr von Einzelgeschäften zu Systemgeschäften entsprechend dem Kundeninteresse an Komplettlösungen.

Mitte der 70er Jahre wurde ein starker Zuwachs für den Einsatz von Industrierobotern erwartet, da man glaubte, das diese nicht nur in der Groß-, sondern auch in der Mittelindustrie eingesetzt würden. Diese Entwicklung setzte erst Anfang der 80er Jahre ein, und Zuwachsraten von jährlich ca 20% in der Bundesrepublik zeigen die Bedeutung für die Automatisierung. Im Jahr 1992 ging der Zuwachs im Industrieroboterbereich auf 15% zurück.

Der Stand der Industrieroboteranwendungen, sowie die Entwicklung in den einzelnen Jahren ist hier im Diagramm dargestellt. /1/2/

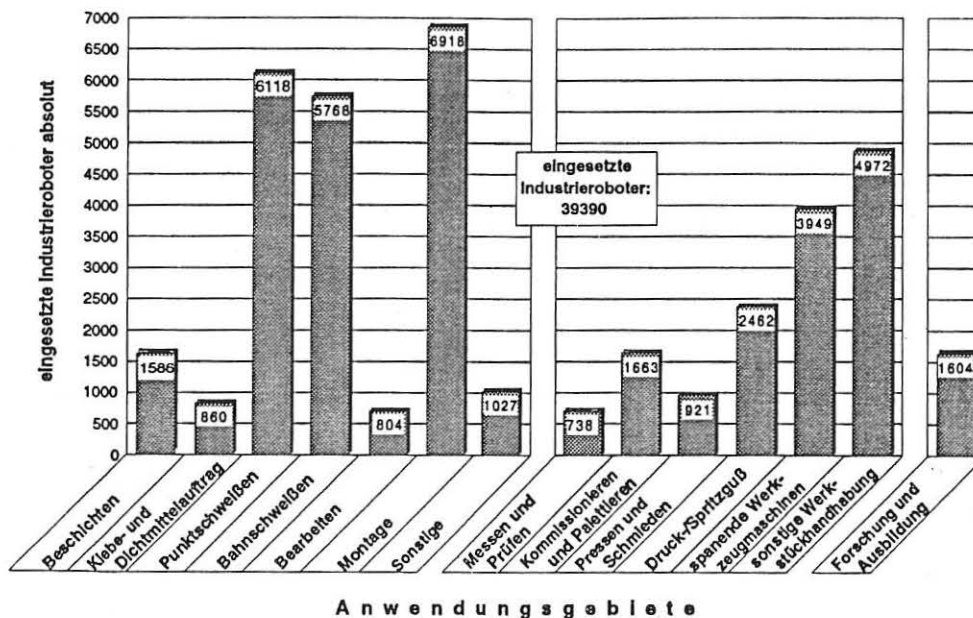


Bild 1.1.2 Eingesetzte Industrieroboter in der Bundesrepublik Deutschland, Stand Dezember 1992 (IPA)

1.2 Definition von Industrierobotern

In der Handhabungstechnik existieren verschiedene Normen bzw. Richtlinienwerke, die versuchen, die versuchen mit Hilfe von Definitionen eine einheitliche Begriffsverwendung zu schaffen. In der VDI-Richtlinie 2860 werden Bewegungseinrichtungen der Handhabungstechnik gegliedert und definiert.

Um die in vielen Ländern unterschiedlichen Normen und Richtlinien zu vereinheitlichen, sind Bestrebungen im Gange, diese in ISO-Richtlinien zu definieren (ISO TR 8373).

Der Industrieroboter ist von Manipulatoren und Einlegegeräten abzugrenzen:

Industrieroboter:

sind universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen, deren Bewegungen hinsichtlich Bewegungsfolge und Wegen bzw. Winkeln frei (d.h. ohne mechanischen Eingriff) programmierbar und gegebenenfalls sensorgeführt sind. Sie sind mit Greifern oder anderen Fertigungsmitteln ausrüstbar und können Handhabungs- und/oder Fertigungsaufgaben ausführen.

Manipulatoren:

sind manuell gesteuerte Bewegungseinrichtungen, die vornehmlich für Handhabungsaufgaben eingesetzt werden .

Einlegegeräte:

sind Bewegungsautomaten deren Bewegung hinsichtlich Bewegungsfolge und/oder Wegen bzw. Winkeln nach einem fest vorgegebenen Programm ablaufen, das ohne mechanischen Eingriff nicht verändert werden kann.
Sie sind im allgemeinen mit Greifern ausgerüstet und werden vornehmlich für Handhabungsaufgaben eingesetzt.

(VDI 2860)

1.3 Aufbau von Industrierobotern

Der Industrieroboter besteht aus einem System, das die folgenden Teile umfaßt:

- mechanische Struktur
- Energieversorgung
- Steuerung
- Effektor
- Sensoren
- Datenschnittstellen

1.3.1 Mechanische Struktur von Industrierobotern

Die mechanische Struktur besteht aus den Antrieben (elektrisch, hydraulisch, pneumatisch), Getrieben und den hintereinander aufgebauten Armgliedern, die translatorisch oder rotatorisch verbunden sind. Jedes dieser Glieder wird auch als Achse bezeichnet. Hierbei unterscheidet man zwischen Haupt- und Nebenachsen. Üblicherweise hat ein Industrieroboter drei oder mehr Hauptachsen zum Positionieren des Effektors. Die Nebenachsen, meist drei oder weniger, dienen zum Orientieren des Effektors, des Greifers oder Werkzeugs.

Hauptachsen				Nebenachsen (beispielhaft)	
Bezeichnung	Anordnung	kinematisches Ersatzbild [12]	Arbeitsraum		
karlesisches Gerät					
Zylinderkoordinaten-gerät					
Kugelkoordinaten-gerät					
horizontales Knickarm-gerät					
vertikales Knickarm-gerät					

Bild 1.3.1.1 Beispiele zur Kinematik der Roboterhaupt- und nebenachsen (Schraft)

1.3.2 Energieversorgung

Durch die Energieversorgung wird Strom oder Druck für die Antriebe bereitgestellt. Bei elektrischen Antrieben lassen sich grob Schrittmotoren und Servogleichstrommotoren unterscheiden. Als Druckantriebe werden hydraulische oder pneumatische Systeme eingesetzt.

Antriebskonzepte			
	hydraulisch	elektromotorisch	pneumatisch
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> + hohe Kräfte + klein-bauende Motoren/ Schubzylinder + hohe Dynamik + für raue Umweltbedingungen geeignet + einfache Mechanik 	<ul style="list-style-type: none"> + geringer Energieverbrauch + hohe Geschwindigkeit + einfache Steuerung/Regelung + sauberer Betrieb + hohe Zuverlässigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> + kostengünstig + hohe Zuverlässigkeit + hohe Geschwindigkeit
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - Energieverbrauch - Leckage - Schnittstelle Hydraulik/ elektr. Steuerung nötig - geringe Positioniergenauigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> - aufwendige Getriebe-technik 	<ul style="list-style-type: none"> - pneumatische Achsen nicht zwischenpositionierbar - keine Geschwindigkeitsregelung - hohe Energiekosten

Bild 1.3.2.1 Antriebskonzepte für Industrieroboter (Kreis)

1.3.3 Steuerung

Durch die Steuerung werden die Bewegungen der einzelnen Achsen gesteuert und koordiniert. Bei diesen handelt es sich im allgemeinen um Regelsteuerungen, die eine Reaktion auf sich ändernde Umgebungsparameter zulassen.

Bei den Steuerungsarten unterscheidet man zwischen Bahnsteuerungen (CP) und Punktsteuerungen (Multipoint, PTP und Synchro-PTP).

Die CP (Continuous Path)-Steuerung wird am häufigsten eingesetzt. Hierbei wird die Bahn des Endeffektors zwischen Anfangs- und Endpunkt als Gerade (linear), als Kreis (zirkular) oder nach dem "Spline-Verfahren" interpoliert.

Dazu berechnet der Steuerungsrechner in kurzen Zeitabständen und in Echtzeit genau auf der Sollbahn liegende Punkte. Das Spline-Verfahren beschreibt die Bahn mit einer mathematischen Funktion höheren Grades. So ergeben sich "glatte" Bahnen. Dieses Verfahren wird jedoch industriell noch nicht in größerem Umfang eingesetzt.

Vorteil der CP-Steuerung ist die definierte Bahn, nachteilig wirkt sich der hohe Rechenaufwand aus. Sie werden u.a. zum Lichtbogenschweißen, zur Montage oder zur Bearbeitung (Entgraten) eingesetzt.

Bei der MP (Multipoint)-Steuerung werden viele Punkte einer kompliziert beschreibbaren Bahn abgespeichert. Die so entstandene Bahn wird von dem Effektor unter Überspringen der Punkte abgefahren, so daß eine weiche Bewegung entsteht.

Damit kommt die MP-Steuerung der CP-Steuerung nahe. Nachteilig ist ein hoher Speicherbedarf der Programmdateien und dementsprechend komplexe Programmierung.

Sie werden meistens im Zusammenhang mit der Play-Back-Programmierung zur Beschichtung (Spritzlackieren) eingesetzt.

Der Modus der PTP (Point-to Point) - Steuerung bewirkt, daß der Effektor auf einer beliebigen Bahn vom Start- zum Zielpunkt fährt. Dabei werden die Achsen nacheinander (sequentiell), gleichzeitig startend mit maximaler Geschwindigkeit (unkoordiniert) oder gleichzeitig startend und gleichzeitig ankommend (synchronisiert) verfahren.

Hierbei werden keine definierten Bahnen abgefahren, es gibt keine Informationen zwischen dem Anfangs- und Endpunkt.

Reine PTP-Steuerungen allein findet man heute nur bei einfachen Bearbeitungsrobotern (z.B. Punktschweiß- oder Beschickungsroboter). Die meisten anderen Roboter sind zusätzlich mit einer Bahnsteuerung ausgestattet, sodaß nur die ungenauen Bewegungen (z.B. Grobpositionierung, schnelle Verfahrbewegungen) im PTP-Modus verfahren werden.

Häufiger trifft man auf die Synchro-PTP-Steuerung. Hier starten alle Achsen gleichzeitig und beenden ihre Bewegung auch zum gleichen Zeitpunkt. Dadurch werden die Achsen nicht durch unnötig schnelle Bewegungen belastet und es führt zu einer harmonischen Gesamtbewegung.

/19/

1.3.4. Effektoren

Die Effektoren stellen die Verbindung zwischen IR und Werkstück her. Dabei handelt es sich entweder um Greifer oder um Werkzeuge.

Der Greifer stellt die Kraftübertragung vom Werkstück zum Industrieroboter her und sichert so die Position und Orientierung. Dabei erfüllt er folgende Funktionen:

- Aufnahme statischer und dynamischer Kräfte und Momente
- Aufnahme prozessbedingter Kräfte
- Herstellen und aufrechterhalten von Position und Orientierung zwischen IR und Werkstück

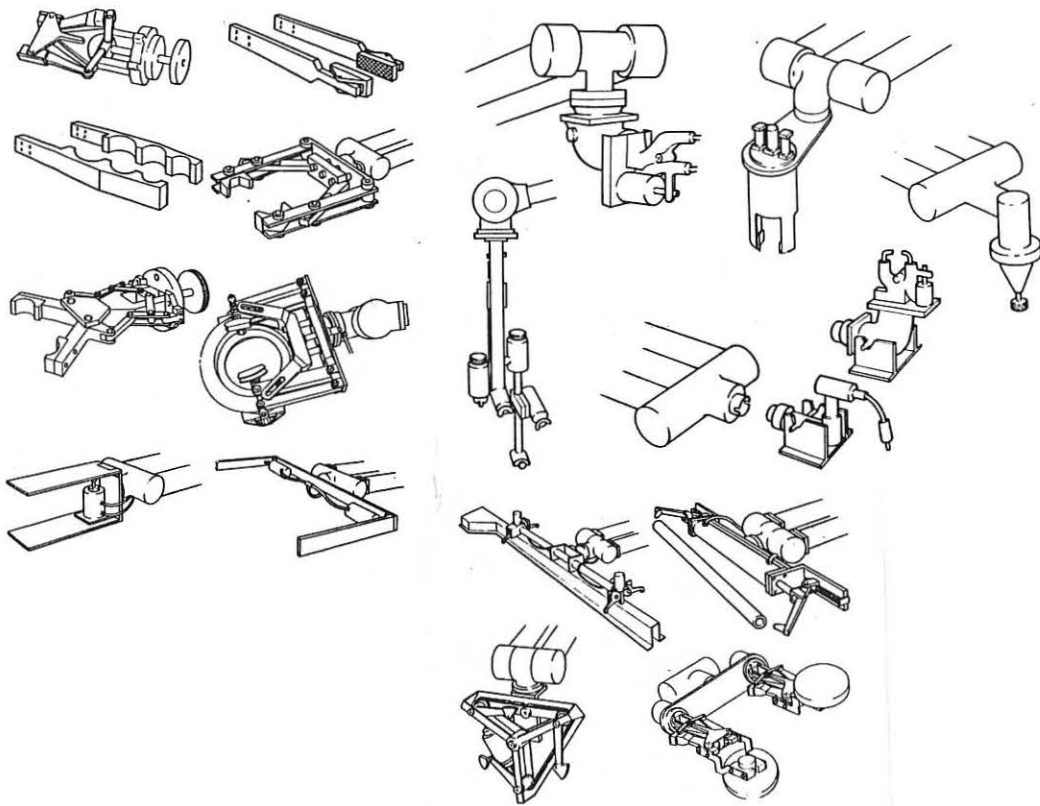


Bild 1.3.4.1 Beispiele für Greifer und Werkzeuge (Engelberger)

1.3.5 Sensoren

Sensoren sind technisch-physikalische Systeme, die bestimmte Informationen aus der Umwelt des Roboters aufnehmen und in geeigneter Form an die Steuerung des Roboters weiterleiten, um eine Beeinflussung des Programmablaufs zu bewirken.

Sensoren können nach dem Grad der Signalverarbeitung unterschiedlich komplex aufgebaut sein, der Bereich reicht heute vom einfachen Schalter bis zum Bildverarbeitungssystem mit eigenem Rechner.

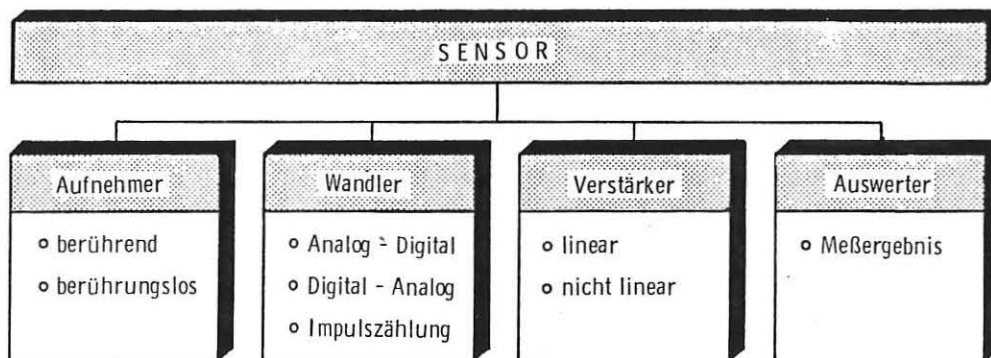


Bild 1.3.5.1 Teilsysteme eines Sensors (M. Schweizer)

Nach ihrer Aufgabe lassen sich drei Typen unterscheiden:

- Zustandssensoren haben die Aufgabe, binäre Signale zu erfassen um z.B. die Anwesenheit eines Werkstücks zu kontrollieren.
- Der Prozeßsensor erlaubt die Messung physikalischer Größen. Damit lassen sich die Bewegungsprogramme des Roboters an vorgegebene Ist-Zustände anpassen .
- intelligente, mustererkennende Systeme beschreiben mehrere, gleichzeitig erfaßte geometrische Größen, die auf charakteristische Weise miteinander verknüpft sind. So wird z.B. ein durch eine Videokamera geliefertes Bild eines Werkstücks nach Position und Orientierung ausgewertet.

Weiterhin unterscheidet man zwischen taktilen und berührungslos arbeitenden Sensoren.

Taktile Sensoren erfassen Kräfte, Momente oder Formen durch Berührung. Dazu werden z.B. mechanische Taster, pneumatische Wandler oder Dehnungsmeßstreifen eingesetzt.

Berührungslose Sensoren werden zur Anwesenheitskontrolle von Teilen in Greifern, Peripheriegeräten oder zum Erkennen der Position und Orientierung von Werkstücken eingesetzt. Sie arbeiten nach verschiedenen physikalischen Prinzipien z.B. optisch (Lichtschranke), elektromagnetisch, induktiv oder kapazitiv. /1/5/

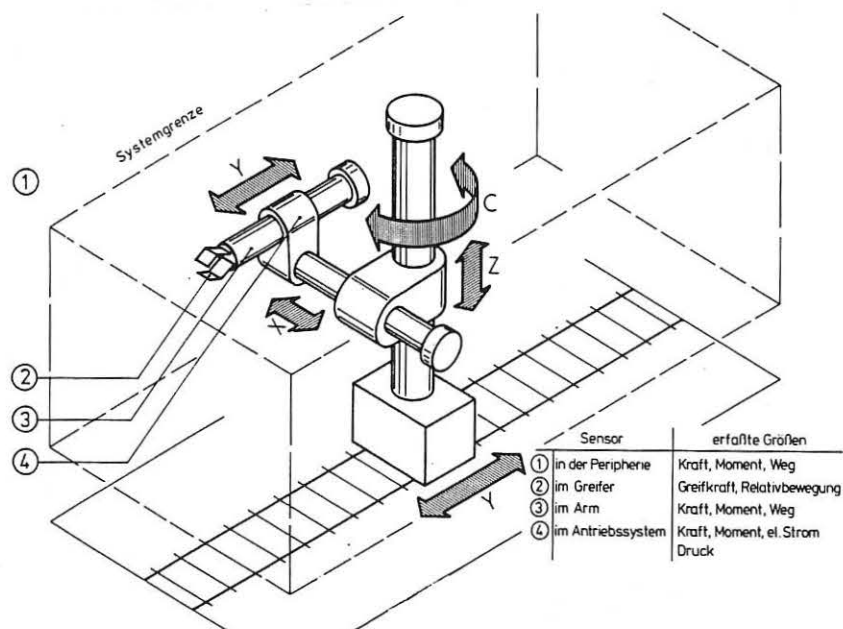


Bild 1.3.5.2 Anordnung von taktilen Sensoren am Industrieroboter (M. Schweizer)

1.3.6 Datenschnittstellen

Schnittstellen dienen zur Anbindung des Industrieroboters an die Umgebung. Über Eingänge werden Informationen von Sensoren oder peripheren Einrichtungen eingelesen und können softwaretechnisch für den weiteren Programmablauf abgewertet werden.

Mit Hilfe von Ausgangsschnittstellen werden entsprechende Daten zur Anzeige gebracht, gespeichert oder zur Steuerung von Peripheriegeräten übermittelt. /1/

Weiterhin unterscheidet man drei verschiedene Arten:

- Binäre Schnittstellen können nur die Zustände "high" (1) oder "low" (0) annehmen. Die Signale werden von Schaltern, Lichtschranken oder ähnlichen Bauelementen erzeugt.
- Digitale Ein- und Ausgänge verarbeiten binäre Zahlenwerte. Dadurch können auch komplexere Meßwerte wie Sensorinformationen oder die Nummer für eine Programmverzweigung weitergegeben werden.
- An analogen Schnittstellen liegen elektrische Spannungen, die aus einem digitalen Wert gebildet werden (Ausgang) oder zu einer Binärzahl gewandelt werden (Eingang), um z.B. einen Motor zu steuern oder ein analoges Sensorsignal auszuwerten.

Schnittstellen binden sowohl die systemeigenen Komponenten als auch Komponenten der Peripherie an die Industrierobotersteuerung an. Programmierschnittstellen verarbeiten einen einheitlichen Code (z.B. IRDA-TA - Code nach VDI 2863). Dadurch erreicht man eine einfachere Roboterprogrammierung auch für die Offline-Programmierung.

Zur Anbindung des IR an Leitrechner oder Fabriknetze (z.B. LAN) existieren Rechnerschnittstellen. /1/7/

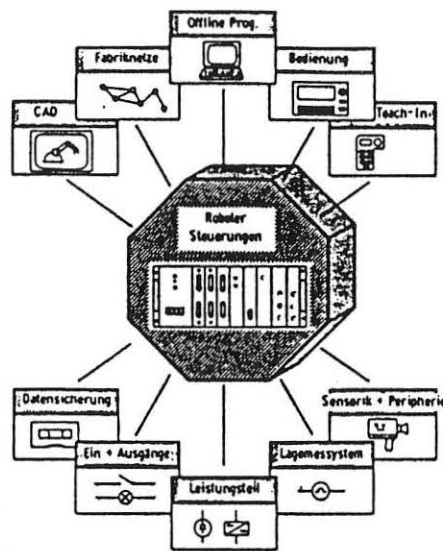


Bild 1.3.6.1 Schnittstellen für IR-Steuerungen (Weck)

1.4 Einsatzgebiete von Industrierobotern

1.4.1 Ziel des Robotereinsatzes

Industrieroboter werden eingesetzt sowohl zur Humanisierung als auch zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit. Umgebungseinflüsse wie Lärm, Staub, Hitze schaden der Gesundheit des Arbeiters, monotones Arbeiten mit geringem Arbeitsinhalt führen zur Unterforderung und damit zu Qualitätsschwankungen des Produkts.

Der Einsatz eines IR sichert eine gleichbleibende Qualität bei einer hohen Flexibilität, die eine schnelle Anpassung an neue Produkte möglich macht.

1.4.2 Beispiele für den Industrierobotereinsatz

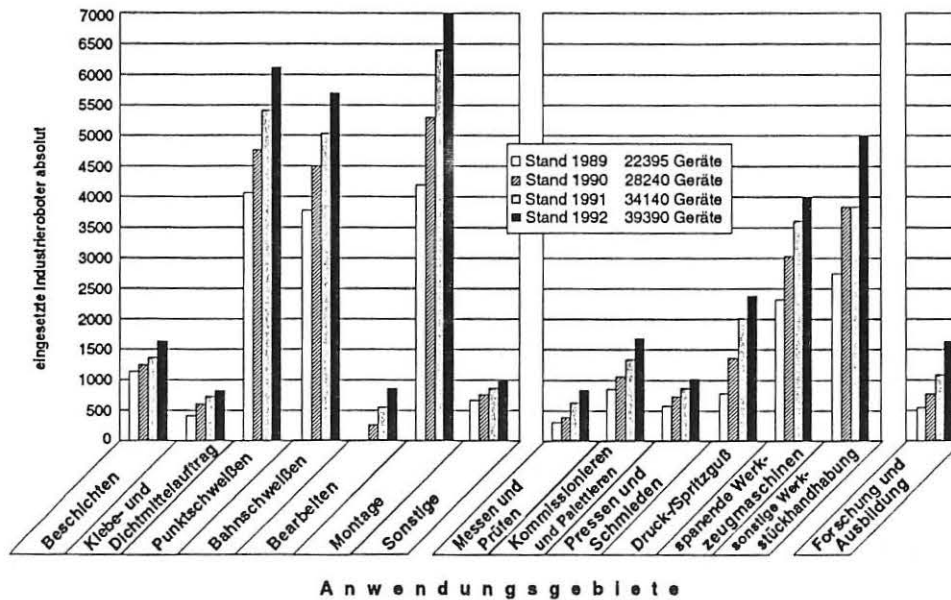


Bild 1.4.2.1 Industrieroboterstatistik (Stand Jan. 93) (IPA)

1.4.2.1 Schweißen

Das Punktschweißen war das erste Einsatzgebiet für Industrieroboter. Diese werden hauptsächlich in der Automobilindustrie eingesetzt um eine kundenwunschorientierte Produktion zu erleichtern. Die gebräuchlichsten Schweißverfahren sind Widerstandspreßschweißen und Lichtbogenschmelzverfahren. In Zukunft wird das Laserstrahlschweißen zunehmend an Bedeutung gewinnen.

1.4.2.2 Trennen

Im Bereich der trennenden Fertigungsverfahren wird der IR vielfältig eingesetzt. Beispiele sind das Entgraten, Schleifen, Laserstrahlschneiden oder Hochleistungsfräsen. Besonders beim Entgraten treten bei manueller Arbeitsweise hohe Belastungen für den Arbeiter auf, die durch den Einsatz eines Industrieroboters entfallen. Durch unterschiedliche Gradausbildung und dreidimensionalen Gradverlauf ergeben sich allerdings Probleme, den Automatisierungsgrad zu erhöhen.

1.4.2.3 Montage

In der Montage besteht noch ein erheblicher Rationalisierungsbedarf, der diesen schon zu den führenden Einsatzgebieten gehörenden Bereich des IR - Einsatzes weiter expandierenden lassen wird.

Dazu ist es allerdings nötig, Produkte montagegerecht zu gestalten und geeignete Peripherieeinrichtungen zu entwickeln.

Die Stärke des IR liegt auch hier in der hohen Flexibilität, die ihn hauptsächlich bei mittleren Losgrößen wirtschaftlich arbeiten läßt. /2/

2. Einführung Industrieroboterperipherie

2.1 Begriff und Aufgabe der Industrieroboterperipherie

In der Industrierobotertechnik versteht man unter Peripherie im weiteren Sinne die Umgebung eines Roboters. Unter dem Begriff "Industrieroboterperipherie" faßt man alle Einrichtungen zusammen, die gebraucht werden, um einen Industrieroboter betreiben zu können. Somit läßt sich nach Hesse definieren:

"Unter IR-Peripherie sind Einrichtungen in Arbeitsmittelstrukturen zu verstehen, die Anwendungsspezifisch ausgewählt wurden und zur unmittelbaren Erfüllung einer Handhabeaufgabe durch einen IR notwendig sind."

Bild 2.1.1 zeigt Peripherie und IR in den Koppelbeziehungen zur Umwelt. Hier wird gezeigt, welche Verflechtungen sich aus Hesses Definition ergeben. Industrieroboter und Peripherie bilden ein materiell und besonders informationell verknüpftes System.

Für ein bestimmtes Automatisierungsniveau ist die Summe aus Peripherie- und Roboterfunktionen konstant: Je weniger die Peripherie leistet, desto mehr muß der Industrieroboter leisten. "Je weniger Selbstanpassung als Nachanpassung der IR zu seiner Umgebung hat, desto mehr Fremdanpassung als Voranpassung muß die Peripherie sichern." /13/

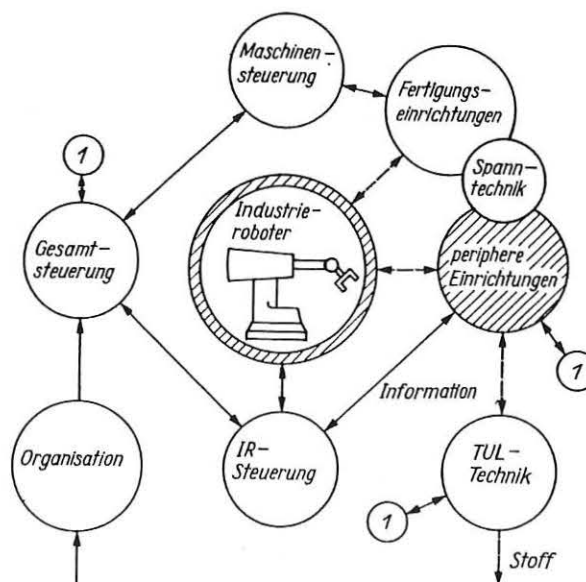


Bild 2.1.1 Verknüpfungen der IR Peripherie mit ihrer Umgebung (Hesse)

Aus der Definition ergibt sich die Wichtigkeit der materiellen und besonders der informationellen Verknüpfung zwischen IR und Peripherie. Für ein bestimmtes Automatisierungsniveau ergibt sich eine konstante Summe aus Peripherie- und Roboterfunktionen. Je weniger also der Industrieroboter kann, desto mehr muß die IR-Peripherie leisten.

Eine funktionsfähige Einheit aus Industrieroboter, Peripheriegeräten und Arbeitsmittel läßt sich aus folgenden Elementen aufbauen:

- Speichereinrichtungen (Werkstücke, Werkzeuge, Greifer)
- Werkstückzubringeeinrichtungen
- Positionier- und Spanneinrichtungen
- Einrichtungen zur Qualitätssicherung (Meß-, Prüf-, Objekterkennungs-, und Positionserkennungseinrichtungen)
- Schutzeinrichtungen (Arbeitssicherheit)

Mit Ausnahme des letzten Punktes lassen sich diese Funktionen als Handhabungseinrichtungen nach DIN 2860 darstellen:

	Speicher- Einrichtungen	Werkstück- zubringe- Einrichtungen	Spann- und Positionier- Einrichtungen	Einrichtungen zur Qualitätssicherung	
	↓	↙ ↘	↙ ↘	↓	
<i>Teil- Funktionen</i>	Speichern	Mengen- verändern	Bewegen	Halten	Prüfen
<i>Elementar- Funktionen</i>		- Teilen - Vereinigen	- Drehen - Verschieben	- Halten - Lösen	- Prüfen
<i>zusammen- gesetzte Funktionen</i>	- geordnetes Speichern - teilgeordnetes Speichern	- Abteilen - Zuteilen - Verzweigen - Zusammenführen - Sortieren	- Schwenken - Orientieren - Positionieren - Ordnen - Führen - Weitergeben	- Spannen - Entspannen	- Anwesenheit prüfen - Identität prüfen - Form prüfen - Größe prüfen - Farbe prüfen - Gewicht prüfen - Position prüfen - Orientierung prüfen - Messen - Orientierung messen - Position messen - Zählen
<i>ergänzende Funktionen</i>	- ungeordnetes Speichern	- Fördern			

Bild 2.1.2 Handhabungsfunktionen von Peripheriegeräten (Kreis)

2.2 Abgrenzung der Peripherie

Aufgrund des komplexen funktionellen Zusammenhangs und im Sinne der Industrierobotereinsatzvorbereitung ist eine strikte Abgrenzung der hier

aufgeführten Einrichtungen nicht sinnvoll.

Hesse bezeichnet sie auch als "zweite Peripherie". Nicht zur Peripherie, sondern zum IR, zu technologischen Einrichtungen oder zu Transporteinrichtungen gehören folgende Punkte:

IR (Transfereinrichtungen):

- Verfahreinheiten, Portale, Schienensysteme
- Greifer als Bestandteil des IR. (Greifersysteme werden allerdings zur Peripherie gerechnet)
- Schutzeinrichtungen des IR zum eigenen Schutz, zum Schutz des Bedienpersonals und der Fertigungseinrichtungen (z.B.: Schleichgang)
- Steuerungssoft- und Hardware, soweit sie zum IR gehört

technologische Einrichtungen:

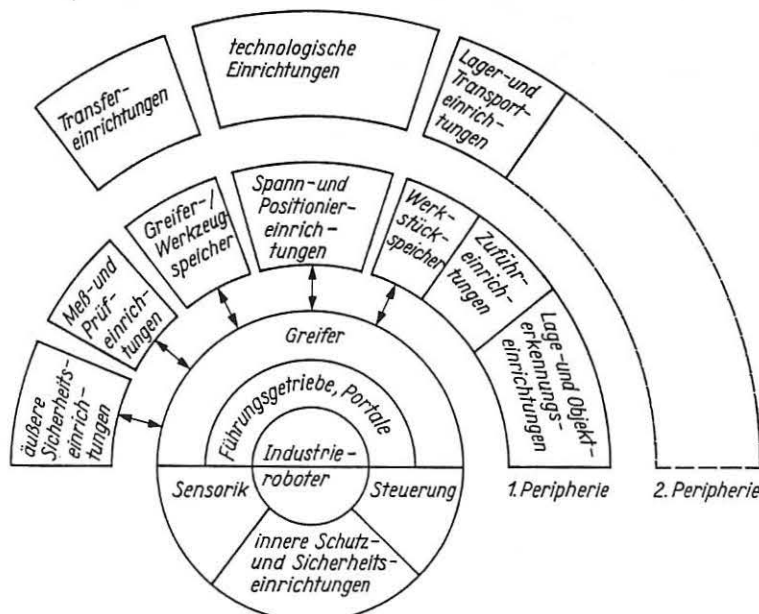
- übergeordnete Steuerung der technologischen Einrichtungen (z.B.: Montagezellen)
- Werkstückeinsprüh- oder Werkstückreinigungseinrichtungen
- Einrichtungen zur Abfallbehandlung

Transporteinrichtungen:

- Regalbediengeräte, Rollengänge, Hängebahnen etc.
- Förderzeuge zum Bewegen von Speichern

(sofern der Industrieroboter nicht direkt mit diesen zusammenarbeitet)

Zusammengefaßt ergibt sich dann folgende Systematik:



2.3 Elemente der Industrieroboterperipherie

2.3.1 Speichereinrichtungen

Bei den Speichereinrichtungen in Sinne der Industrieroboterperipherie unterscheidet man zwischen Werkstückspeichern und Speichereinrichtungen für Werkzeuge und Greifer.

2.3.1.1 Werkstückspeicher

Die Beschickung von Maschinen mit Werkstücken ist eine wesentliche Aufgabe im Produktionsprozess. Oft ist es die einzige Aufgabe eines Arbeiters, die den Menschen eng an den Takt der Maschine bindet. Für diese Art der Werkstückhandhabung bietet sich aus Gründen der Arbeitsmotivation, Arbeitssicherheit, Produktivität und Qualitätssicherung die Anwendung von Handhabungsautomaten an. Sie funktionieren aber oft nur, wenn die Werkstücke geordnet oder zumindest teilgeordnet zur Verfügung stehen.

Speichereinrichtungen haben die Aufgabe, Handhabegut eine begrenzte Zeit so aufzubewahren, daß der Ordnungszustand und die Qualität der Produkte unverändert erhalten bleiben.

Der am häufigsten eingesetzte Speicher stellt für Montage- und Beschickungsroboter Werkstücke zur Verfügung.

Gründe für den Einsatz von Speichereinrichtungen sind:

- optimale Nutzung der Fertigungseinrichtungen
- Bereitstellen von Fertigungsgut (Bildung eines Vorrates an Rohteilen zu Beginn eines Handhabungsvorgangs)
- Sammeln von Fertigungsgut (Bildung eines Vorrates von Fertigungsteilen für den Abtransport)
- Störungsüberbrückung (Kompensation von Ausfallzeiten)
- Puffern von Werkstücken (Ausgleich vorübergehender Taktunterschiede)

Werkstückspeicher müssen immer innerhalb der Gesamtkonzeption entwickelt werden. Dabei müssen die Bewegungs- und Programmierseinrichtungen des IR maximal genutzt werden. Dazu bieten sich zwei Grundsätze von S. Hesse an:

1. Grundsatz:

- Eine Optimierung der Aufwendungen für einen IR einschließlich Steuerung und Werkstückspeicher ist nur im Rahmen der Gesamtlösung einer technologischen Einheit oder Fertigungszelle exakt möglich.

Eine Beurteilung des zu planenden Einzelfalles hat von einer Analyse der insgesamt erforderlichen Handhabungsoperationen auszugehen, die im maschinennahen Bereich an jeder Bearbeitungs- und Montageeinheit notwendig sind. Es können meistens mehrere Varianten angegeben werden, insbesondere für die Speicherübergabeeinrichtung bis zur Kopplung am Bereitstellplatz. Hieraus ergibt sich der:

2. Grundsatz:

- Für jede Handhabungsoperation ist innerhalb einer Gesamtlösung nur ein Funktionsträger vorzusehen.

Nach kennzeichnenden Funktionen geordnet, unterscheidet man zwischen Bunkern und Magazinen. Dabei ist die Hauptaufgabe des Bunkers das ungeordnete Speichern, während Magazine geordnet speichern und oft auch Förderaufgaben übernehmen: /1/8/

Kennzeichnende Funktion		Funktionsträger											
Bunker	Transportkisten	●											
	Schäferkasten	●											
	Gitterboxpalette	●											
	Nachfüllbunker	●		●	●								
Magazine	Schachtmagazin			●									●
	Hubkolbenmagazin												●
	Kanalmagazin			●									●
	Klinkenablaufmagazin			●									●
	Wendelmagazin			●									●
	Palettenmagazin												●
	Kettenmagazin			●									●
	Trommelmagazin			●									●

Bild 2.3.1 Kennzeichnende Funktionen von Werkstückspeichern (Kreis)

2.3.1.2 Werkzeugspeicher

Zur Steigerung der Flexibilität von IR werden automatische Greifer- und Werkzeugwechselsysteme eingesetzt. Der entscheidende Vorteil ist dabei, daß selbst bei einem Teilespektrum mit Werkstücken unterschiedlicher Form und Geometrie mit einer begrenzten Anzahl kostengünstiger Einzweckgreifer, die automatisch eingewechselt werden, gearbeitet werden kann.

Ebenfalls ist es möglich unterschiedliche Bearbeitungswerkzeuge (z.B.: Bohrer unterschiedlicher Durchmesser) vollautomatisch zu wechseln.

Nachteilig sind erhöhte Taktzeiten aufgrund des Wechselsvorgangs, sowie hoher Aufwand für die Entwicklung der Systeme, die Programmierung und die Lagerhaltung der Werkzeuge. /2/8/

Daraus folgt, daß eine ökonomisch-technische Abgrenzung des Anwendungsbereiches sinnvoll ist.

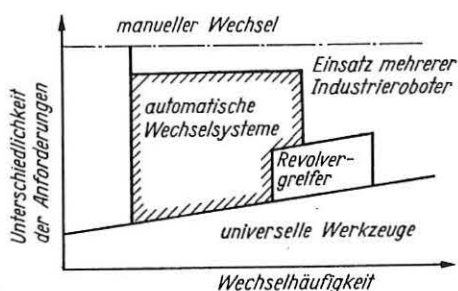


Bild 2.3.1.2 Einsatzgebiete für Greiferwechselsysteme (Hesse)

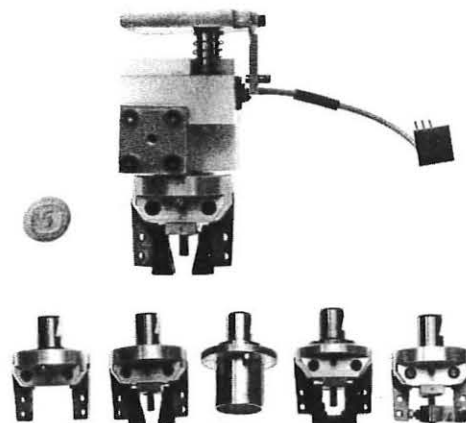


Bild 2.3.1.3 Greiferwechseleinrichtung (Schraft)

2.3.2 Werkstückzubringeeinrichtungen

Zubringeeinrichtungen werden dann zur IR-Peripherie gerechnet, wenn zur Bereitstellung des Werkstücks die Handhabungsfunktionen Ordnen, Zuteilen, Eingeben erforderlich sind. Sie bewirken den Werkstückfluß (auch Werkzeugfluß) zu Wirkstellen hin, von ihnen weg, oder zwischen diesen. Dabei erfüllen sie die Funktion, das Handhabungsgut in einer bestimmten

Position und Orientierung in der richtigen Menge, zum richtigen Zeitpunkt an eine Wirkstelle zu bringen, es am Ende zu entnehmen, zu speichern oder weiterzugeben.

Ihre Hauptfunktionen bestehen im Verschieben, Drehen und Weitergeben, wobei sie auch Zusatzaufgaben wie Ordnen (Positionieren, Orientieren), Speichern und Zuteilen erfüllen können.

Zubringeeinrichtungen müssen auf die Eigenschaften und das Verhalten der Werkstücke, sowie auf den eigentlichen Fertigungsvorgang und die verwendeten Fertigungseinrichtungen abgestimmt sein. An IR-Arbeitsplätzen werden sie häufig eingesetzt, um Werkstücke aus einer teil- oder ungeordneten Menge heraus zu ordnen, zu drehen, weiterzugeben, zwischenspeichern und zuzuteilen.

Die Anzahl der Handhabungsfunktionen einer Zubringeeinrichtung ist nicht festgelegt. Sie werden z.B. durch den gewünschten Automatisierungsgrad oder durch die handhabungstechnischen Möglichkeiten des Industrieroboters bestimmt.

Beispiele von Zubringeeinrichtungen, unterteilt in Zuführeinrichtungen, Zuteileinrichtungen und Ordnungseinrichtungen, zeigt das folgende Bild.

Die Abgrenzung Speichereinrichtungen oder Positioniereinrichtungen ist oft nicht möglich, da viele Zubringeeinrichtungen kennzeichnende Funktionen anderer Handhabungseinrichtungen enthalten. /1/8/

- Kennzeichnende Funktion		Funktionsträger											
Zuführeinrichtungen	Industrieroboter			●	●	●	●	●	●	●	●		
	Einlegegeräte			●	●	●	●	●	●	●	●		
	Bandförderer			●								●	
	Rollen-, Röllchenbahn			●									
	Vibrationsförderer			●									
	Pendelschrittförd			●									
	Roll-, Gleitkanal			●								●	
	Schiene			●									
	Rundschalttisch			●					●			●	
	Haspel			●	●							●	
	Zuteileinr.	Schieber			●	●	●	●	●				
Schleuse					●	●							
Weiche					●	●	●						
Sperre					●								
Schnecke				●	●								
Ordnungseinrichtungen	Vibrationswendelförderer	●	●	●									
	Schrägförderer	●	●	●									
	Magnetausträgbunker	●	●	●									
	Zellenradbunker	●	●	●									
	Tellerbunker	●	●	●									
	Trommelbunker	●	●	●									
	Schöpfsegmentbunker	●	●	●									
	Schöpfradbunker	●	●	●									
	Wirrgutordnungseinrichtung	●	●	●									

Bild 2.3.2.1 Zubringeinrichtungen und ihre kennzeichnenden Funktionen (Kreis)

2.3.3 Positionier- und Spanneinrichtungen

Positionier- und Spanneinrichtungen erfüllen die Handhabungsfunktionen "Bewegen" und "Menge" verändern. Bei ihrer Ausführung unterscheidet man zwischen spezieller (z.B.: Paßbohrungssystemen) oder flexibler Ausführung (z.B.: Dreibackenfutter). /9/

Definition:

Durch Spanneinrichtungen wird das Werkstück in einer bestimmten Position und Orientierung für einen Fertigungsvorgang lösbar gesichert. Aufgebrachte äußere Kräfte bewirken das Aufrechterhalten des Ordnungszustands auch unter Einwirkung von Bearbeitungskräften. Sie erfüllen oft auch Ordnungsaufgaben. /1/

Die folgenden Bilder zeigen einige Beispiele für Positionier- und Spannungseinrichtungen.

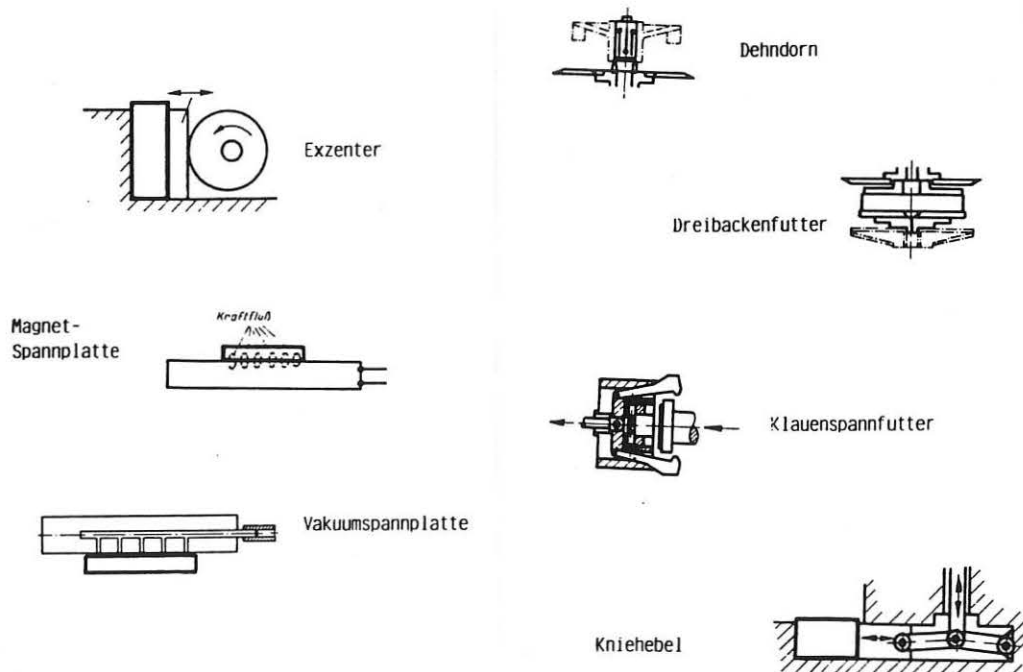


Bild 2.3.3.1 Span- und Positioniereinrichtungen (VDI 3240)

2.3.4 Einrichtungen zur Qualitätssicherung

Eine Voraussetzung für bedienerfreien Betrieb einer automatisierten Fertigung ist der Einsatz automatisierter Meß- und Prüfeinrichtungen. Sofern sie nicht integrierter Bestandteil des IR oder des Arbeitsmittels sind, zählen sie zur Peripherie.

Einrichtungen zur Qualitätssicherung beinhalten die Handhabungsfunktion "Prüfen".

Die Überwachung der Fertigung kann direkt oder indirekt durchgeführt werden. Bei direkten Prüfungen wird der Werkstückzustand am Werkstück erfaßt. Dies kann vor, während oder nach der Bearbeitung mit geeigneten Sensoren erfolgen.

Indirekt wird die Qualitätssicherung durch Kontrolle der Werkzeuge, der Bearbeitungsmaschine, der Umwelteinflüsse während des Bearbeitungsvorgangs oder durch Gewinnung von Prozeßkenngrößen erreicht.

Der Sensor stellt dabei die Verknüpfung eines Handhabungssystems mit den zu handhabenden Objekten her. Umweltinformationen werden durch ihn erfaßt und in Anweisungen für die Programmstruktur des Handha-

bungsablaufes umgesetzt. Die Programmbeeinflussung geschieht in Abhängigkeit vom Sensortyp und seinem Anwendungsfall auf unterschiedliche Weise: /1/

- programmverzweigend
- programmselektierend
- programmunterbrechend
- programmkorrigierend
- programmadaptierend
- programmgenerierend

Weitere klassifizierende Merkmale der Sensoren als Systeme zur Qualitätssicherung sind in Kapitel 1.3.5 erläutert.

Beispiele für ihren Einsatz zeigt folgendes Bild:

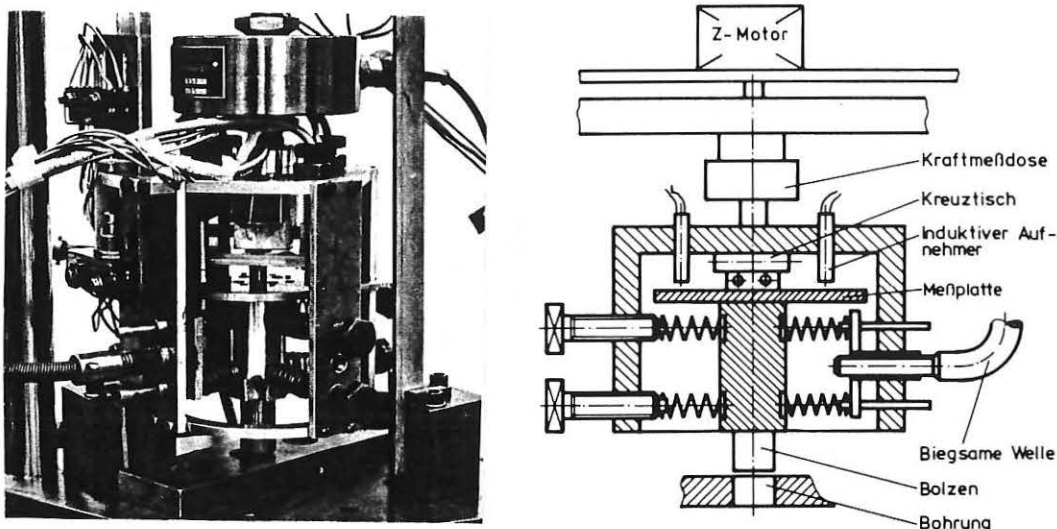


Bild 2.3.5.1 Taktile Sensor beim Fügeprozess (Schweizer)

Zu den Einrichtungen zur Qualitätssicherung zählen auch Objekt- und Positionserkennungseinrichtungen.

Der Einsatz von Objekt- und Positionserkennungseinrichtungen wird erforderlich, wenn bei der automatisierten Handhabung ungeordnete Werkstücke zugeführt werden müssen.

Sie werden als roboterexterne Systeme zur Peripherie gerechnet.

2.3.6 Schutzeinrichtungen

"Zu den Schutzeinrichtungen zählen alle Vorrichtungen und Geräte in der IR-Peripherie, die direkt und indirekt einen ungestörten, definierten Betriebsablauf des technischen Systems sichern, einen zufälligen oder vor-

sätzlichen bzw. ungewollten Einfluß von außen auf das System oder eine zufällige, ungewollte Wirkung des Systems auf die Umwelt einschränken, mindern oder verhindern." /8/

Bei Industrierobotern besteht ein großer Unterschied zwischen dem Raum den der IR einnimmt, und seinem Kollisionsraum. Aus diesem Mißverhältnis ergeben sich Gefahren für das Bedienpersonal.

Deshalb ist die Kontrolle des Kollisionsraumes von besonderer Bedeutung. In diesem Raum darf der IR nicht mit ortsfesten oder ortsbeweglichen Körpern zusammentreffen.

Der Einsatz von Industrierobotern sollte den Einsatz des Menschen in Gefahrenfeldern des Fertigungsprozesses reduzieren; andererseits bedingt der Einsatz von IR und Peripherie neue Gefährdungen.

Bei den Maßnahmen zur Herstellung der Arbeitssicherheit unterscheidet man zwischen:

- dem Einsatz technischer Mittel
- organisatorischen Maßnahmen

Die organisatorischen Maßnahmen sollen im Rahmen dieser Ausarbeitung nicht behandelt werden.

3. Einführung Klassifizierung

3.1 Nummerung

Die Nummerung ist keine in Verbindung mit der EDV gemachte Erfindung, sondern eine generelle Möglichkeit, die Informationsverarbeitung zu vereinfachen. Dabei erfüllt sie, unabhängig von der Art der Information und der Informationsverarbeitung zwei wesentliche Funktionen: Identifizierung und Klassifizierung.

Je größer die Zahl der zu kennzeichnenden Objekte ist, desto mehrdeutiger ist die Bezeichnung und desto länger muß eine verbale Beschreibung sein. Das führt zu einer unrationellen Datenverarbeitung bzw. verhindert sie ganz. /10/

Deshalb wird der Name durch eine Nummer ersetzt, welche die Aufgabe hat, das Objekt zu identifizieren. Dabei bedeutet Identifizieren nach DIN 6763:

- Ein Nummerungsobjekt innerhalb eines Geltungsbereichs mit Hilfe der erforderlichen Merkmale eindeutig und unverwechselbar erkennen.
- Ein Nummerungsobjekt innerhalb eines Geltungsbereiches eindeutig und unverwechselbar bezeichnen oder ansprechen.

3.2 Klassifizierung

Mit der Vielzahl der Objekte steigt auch die Notwendigkeit, diese zu ordnen. Dabei kommt es zur Gruppenbildung. Um die Gruppenzugehörigkeit eines Objektes darzustellen, ist es nicht möglich diese verbal zu beschreiben. Sie benötigen deshalb eine Nummer zur Kennzeichnung, die den Gegenstand der Gruppe klassifiziert.

Die Klassifizierung faßt mehrere, mit gleichen Merkmalen ausgestattete Objekte zusammen. Der Begriff Klassifizieren wird in DIN 6763 Blatt 1 definiert:

- Nummerungsobjekte in Gruppen (Klassen) einordnen, die nach vorgegebenen Gesichtspunkten gebildet worden sind.

Im Rahmen dieser Arbeit steht die Klassifizierung im Vordergrund. Um eine bessere Handhabung und EDV zu ermöglichen ist es aber nötig, jedes Objekt identifizieren zu können und die Möglichkeit einer Überprüfung zu schaffen (Prüfziffer, Redundanz). Hierfür bietet sich eine Verbindnummer an, die als Hauptteil die Klassifizierung enthält und einen Teil zur Identifizierung und Redundanz. Im Rahmen dieser Arbeit wird auf die Zuweisung des identifizierenden Teils verzichtet, der aber einfach an den hier entwickelten klassifizierenden Teil angehängt werden kann. Diese Nummer sollte aus Ziffern und Buchstaben bestehen. Die unter Verwendung von Buchstaben gebildete Nummer hat einerseits den Vorteil des größeren Fassungsvermögens, andererseits ist sie auch besser lesbar und merkbar (z. B.: für die Dauer eines Übertragungsvorgangs). Nach Kunerth und Werner sind an eine Nummer folgende Anforderungen zu stellen: /11/

- Beständigkeit: Die Nummer bleibt solange unverändert, wie das Nummerungsobjekt existiert.
- Konstante Stellenzahl: Bei der manuellen Handhabung einer Nummer wird die Fehleranzahl stark erhöht, wenn man mit variabler Stellenzahl arbeitet.
- Feinheit der Gliederung: Die Klassifizierungsnummer sollte nur die nötigsten Merkmale enthalten.
- Anpassungsfähigkeit: Das Klassifizierungssystem sollte eine möglichst lange Lebensdauer haben. Deshalb Nummernreserven für zukünftige Entwicklungen.
- Systematik und Übersichtlichkeit: Ein klar definierter Aufbau soll eine Gliederung der Merkmale widerspiegeln.

3.3 Sicherung der Nummer

Die Nummer hat bei der EDV eine sehr wichtige Funktion. Da sie der Schlüssel zu den gespeicherten und für die Verarbeitung benötigten Objektdateien ist, führt eine fehlerhafte Nummer zu falschen Verarbeitungsergebnissen.

Hauptziel muß es daher sein, Fehler zu vermeiden, bzw. sie zu erkennen, bevor sie zu einer falschen Verarbeitung führen. Dazu ist es zum Vorteil, zuerst die Art der möglichen Fehler zu analysieren.

3.3.1 Fehlerarten

Verschiedene Untersuchungen haben folgende Anteile für mögliche Fehlerarten bei der Datenerfassung (Ausfüllen von Erfassungsbelegen, Zuordnung einer Nummer zu einem Vorgang, Umsetzen in maschinell lesbare Datenträger) ergeben.

- eine Ziffer falsch z.B.: 3813 statt 4813 : 56% aller Fehler
- eine oder mehrere Ziffern zuwenig z.B.: 813 statt 4813 : 21% aller Fehler
- eine oder mehrere Ziffern zuviel z.B.: 48133 statt 4813 : 7 % aller Fehler
- einfache Drehfehler z.B.: 8413 statt 4813 : 5 % aller Fehler
- doppelte Drehfehler z.B.: 1348 statt 4813 : 1% aller Fehler
- sonstige Drehfehler z.B.: 2 oder mehr Ziffern falsch : 10 % aller Fehler

Hier läßt sich erkennen, das 28% aller Fehler die Folge einer variablen Stellenzahl der Nummer sind.

Die Gesamtfehlerquote ist auch abhängig von der Stellenzahl der Nummer:

- 4 Stellen = ca. 1 Fehler auf 1000 Nummern
- 6 Stellen = ca. 2 Fehler auf 1000 Nummern
- 8 Stellen = ca. 5 Fehler auf 1000 Nummern
- 10 Stellen = ca. 10 Fehler auf 1000 Nummern

Die Verdoppelung der Stellenzahl bedeutet also eine Verfünffachung des Fehleranteils. Die Gefahr des Verschreibens steigt überproportional mit der Stellenzahl. Um eine geringe Fehlerzahl zu erreichen, sollte man mit möglichst kurzen Nummern arbeiten.

Neben der konstanten und geringen Stellenzahl läßt sich die Fehlerquote auch durch die Verwendung von Gliederungsmitteln oder Alphastellen verbessern. Sie erleichtern ein "ratenweises" Aufnehmen und Übertragen der Nummern.

Beispielsweise läßt sich die Nummer 2518479 in der Schreibweise 2 518 479 oder 2.518.479 oder 251 A 479 leichter erfassen.

3.3.2 Prüfzeichen

In der DIN 6763 ist der Begriff Prüfzeichen definiert:

- Das Prüfzeichen ist im Sinne der Nummerung ein an eine Nummer angehängtes Zeichen zum Prüfen der Richtigkeit.

An die Nummer wird also eine Stelle angehängt und ist nur richtig, wenn Prüfzeichen und der Rest der Nummer übereinstimmen. Da das Prüfzeichen nach mathematischen Regeln gebildet wird, ist für die Kontrolle kein Vergleich mit gespeicherten Daten erforderlich.

Für die Errechnung von Prüfzeichen sind drei Faktoren zu unterscheiden:

- Modul (Divisor)
- Gewichtung (Stellenmultiplikatoren)
- Summenbildung

Das Prüfzeichen wird generell wie folgt ermittelt:

- Die Stellen ausgehend vom Prüfzeichen gewichten, d.h. jeder Stelle einen Multiplikator zuordnen
- Die Produkte summieren, wobei zweistellige Produkte zerlegt werden können
- Die Quersumme durch den Modul dividieren
- Prüfzeichen = Modul - Divisionsrest

3.3.3 Das erweiterte Modulo-11-Verfahren

Aus der Vielzahl der Rechenverfahren wird das erweiterte Modulo-11-Verfahren gewählt, da hier eine hohe Fehlererkennungsrate bei guter Handhabbarkeit gewährleistet ist. Der Sicherheitsgrad ist umso größer, je höher der Divisor ist und je seltener sich die Multiplikatoren wiederholen. Vorteilhaft wirkt sich auch die Verwendung einer Primzahl als Divisor aus.

Bei diesem Verfahren werden 99% aller Fehler erkannt. Für Nummern mit dem Divisionsrest 1 und 10 verwendet man die Prüfziffer 1. Die damit verbundene Verringerung der Fehlererkennungsquote hat praktisch keine Bedeutung.

Buchstaben werden durch Zahlen ersetzt wobei ausgehend vom Alphabet mit A = 10, B = 11 usw. begonnen wird (Zahl = ASCII(\$) - 55).

Die zur Errechnung der Prüfziffer nötigen Faktoren sind:

- Modul = 11
- Gewichtung = 1-7, 2-7, 2-7 usw.
- Summenbildung: $10 = 10$

3.3.2.2 Beispiel zum erweiterten Modulo-11-Verfahren

Ausgangsnummer:	3	7	A	5	3	4	1	9
Zahlen:	3	7	10	5	3	4	1	9
Gewichtung	1	2	3	4	5	6	7	2
Produkt:	3	14	30	20	15	24	7	18
Quersumme:	$3+1+4+3+0+2+0+1+5+2+4+7+1+8 = 41$							
Division durch Modul:	$41 : 11 = 3 \text{ Rest } 8$							
Prüfziffer = Modul-Rest:	$11 - 8 = \underline{3}$							

Selbstprüfende Nummer: 3 7 A 5 3 4 1 9 3

Bei der Kontrollrechnung wird unter Einschluß der Prüfziffer analog vorgegangen. Die Nummer ist richtig, wenn sich die Quersumme ohne Rest durch den Modul teilen läßt (daher Gewichtung der Prüfziffer immer mit 1).

Kontrollrechnung:	3	7	A	5	3	4	1	<u>8</u>	3	
Gewichtung:	1	2	3	4	5	6	7	2	1	⇒ (Prüfziffer immer
Produkt:	3	14	30	20	15	24	7	16	3	mit 1 bewerten)
Quersumme:	$3+1+4 +3 +2 1+5+2+4+7+1+6+3 = 42$									
Division durch Modul:	$42 : 11 = 3 \text{ Rest } \underline{9} \text{ also Fehler !}$									

3.4 Ansätze zur Klassifizierung

3.4.1 Kenngrößen von Industrierobotern und Peripheriegeräten

Kenngrößen für Industrieroboter und Peripherie geben technische Daten wie Leistungsfähigkeit, Genauigkeit und verschiedene andere Eigenschaften wieder. Verschiedene Richtlinien definieren dazu Kenngrößen, denn nur so ist es möglich, verschiedene Roboter und Peripheriegeräte zu vergleichen.

Bei der Auswahl und neutralen Beurteilung dieser Geräte spielen die Kenngrößen eine zunehmende Rolle.

Bereits in der Einsatzplanung müssen unterschiedliche Leistungsbereiche und Eigenschaften berücksichtigt werden. Die genaue Kenntniss ihrer Kenngrößen ist deshalb sowohl für den Anwender als auch für den Hersteller unbedingt erforderlich. Jedoch ist nur bei einer einheitlichen Erfassung und Darstellung dieser Kenngrößen eine Vergleichbarkeit möglich.

Die VDI-Richtlinie 2861 " Kenngrößen von Industrierobotern" und in Zukunft auch die ISO-Norm DP 9283 bieten hierfür gute Voraussetzungen.

3.4.2 Die VDI-Richtlinie 2861

Die VDI-Richtlinie 2861 steht unter der Überschrift "Kenngrößen für Handhabungsgeräte" und besteht aus drei Blättern mit den Untertiteln: "Achsbezeichnungen" (Blatt 1), "Einsatzspezifische Kenngrößen" (Blatt 2) und "Prüfung der Kenngrößen" (Blatt 3).

Sie ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit des Vereins deutscher Ingenieure (VDI) und des Deutschen Instituts für Normung (DIN) im Gemeinschaftsausschuß Montage- und Handhabungstechnik (GA MHT).

Blatt 1 enthält in drei Kapiteln eine Übersicht der Achsbezeichnungen von Handhabungsgeräten. In Kapitel 1 "Definition der Achse in Abgrenzung zum Freiheitsgrad" werden die Unterschiede zwischen den möglichen Bewegungen eines Roboters (Freiheitsgrade) und deren Realisierung durch mechanische Achskomponenten (achsen) herauskristallisiert.

Der Endeffektor des Roboters kann bis zu sechs Freiheitsgrade besitzen. Das folgende Bild unterteilt die sechs Freiheitsgrade in drei Translations- und in drei Rotationsbewegungen in Bezug auf ein kartesisches Koordinatensystem dargestellt.

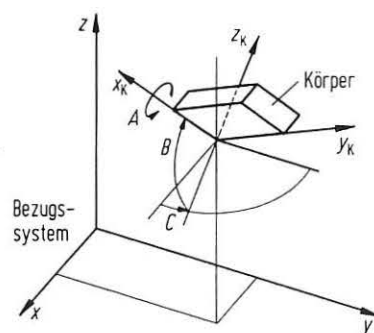


Bild 3.4.2.1 Körpersystem mit sechs Freiheitsgraden (Warnecke)

Die "Vorgehensweise zur Bestimmung der Achsbezeichnung" versucht in Kapitel 2 eine eindeutige Zuordnung der Achsbezeichnungen zu bestimmten Handhabungsgeräten durch eine Darstellung des kinematischen Aufbaus mit Hilfe von Achssymbolen zu schaffen.

Kapitel 3 "Festlegung der Achsbezeichnungen" unterscheidet die verschiedenen Roboterachsen nach Linearachsen (Translationsachsen), Drehachsen (Rotationsachsen) und sonstige Achsen. Mit Hilfe dieser so kategorisierten Achsen lassen sich unterschiedliche Roboterkinematiken eindeutig beschreiben.

Achsbezeichnungen von Handhabungsgeräten (VDI-Richtlinie 2861 - Blatt 1, Entwurf September 1980)		
Definition der Achse in Abgrenzung zum Freiheitsgrad	Vorgehensweise zu Bestimmung der Achsbezeichnungen	Festlegungen der Achsbezeichnungen
Freiheitsgrad	Darstellung der Handhabungsgeräte	Linearachsen
Achse		Drehachsen
Beispiele	Überführung des Handhabungsgerätes in die Grundstellung im Bezugskoordinatensystem	sonstige Achsen Symbolsprache zur Beschreibung des kinematischen Aufbaus Beispiele

Bild 3.4.2.2 Übersicht zu Blatt 1 der VDI-Richtlinie 2861

In Blatt 2 der VDI 2861 werden einsatzspezifische Kenngrößen von Industrierobotern behandelt.

Diese lassen sich dabei in

- geometrische Kenngrößen
- Belastungskenngrößen
- kinematische Kenngrößen und
- Genauigkeitskenngrößen

unterteilen. Die geometrischen Kenngrößen geben Auskunft über die Struktur des Roboters und dessen Einbindung in die Peripherie, über die generelle Aufteilung von Räumen die infolge der spezifischen kinematischen Auslegung des Roboters entstehen, sowie über das Maß der möglichen Achsbewegungen.

Die Belastungskenngrößen sind gekennzeichnet durch die vom Industrieroboter aufzunehmenden statischen und dynamischen Kräfte.

Kinematische Kenngrößen sind zeitabhängige Größen. Dabei sind die wichtigsten die Geschwindigkeits- und Beschleunigungskenngrößen.

Die Genauigkeitskenngrößen werden meist als mittlere Durchschnittswerte aus mehrfach wiederholten Meßzyklen angegeben.

einsatzspezifische Kenngrößen von Industrierobotern (VDI-Richtlinie 2861 – Blatt 2, Entwurf April 1987)			
geometrische Kenngrößen	Belastungs-kenngrößen	Kinematische Kenngrößen	Genauigkeits-kenngrößen
mechanische Systemgrenzen	Nennlast maximale Nutzlast	Geschwindigkeitskenngrößen	Wiederholgenauigkeit (Position und Orientierung)
Raumaufteilung	Maximallast	Beschleunigungskenngrößen	Wiederholgenauigkeit (Bahn)
Arbeitsbereich	Nennmoment	Überschwingweite	allgemeine Genauigkeitskenngrößen
	Nenn-Massen-trägheitsmoment	Ausschwingzeit	
		Verfahrzeit	
		Zykluszeit	

Bild 3.4.2.3 Übersicht zu Blatt 2 der VDI-Richtlinie 2861

Blatt 3 beschreibt die Prüfung von Industrierobotern. Da die Ermittlung der Kenngrößen nicht Ziel dieser Arbeit ist, wird hier nur eine kurze Übersicht gegeben.

prüfen der Kenngrößen von Industrierobotern (VDI-Richtlinie 2861 – Blatt 3, Entwurf April 1987)			
Unterteilung	Prüfung der Wiederholgenauigkeit (Position und Orientierung)	Prüfung der Wiederholgenauigkeit (Bahn)	Prüfung kinematischer Kenngrößen
Beschreibung der zu prüfenden Kenngrößen	Kenngrößen zur Beurteilung der Wiederholgenauigkeit beim Positionieren und Orientieren	Kenngrößen zur Beurteilung der Bahn- und Wiederholgenauigkeit	Kenngrößen zur Beurteilung des kinematischen Verhaltens
Ermittlung der zu prüfenden Kenngrößen	Ermittlung der Kenngrößen zur Wiederholgenauigkeit	Ermittlung der Kenngrößen zur Bahnwiederholgenauigkeit	Ermittlung der kinematischen Kenngrößen
Einsatz möglicher Meßverfahren	Meßverfahren zur Aufnahme der Positions- und Orientierungsabweichungen	Meßverfahren zur Aufnahme der Bahnabweichungen	Meßverfahren zur Aufnahme der kinematischen Kenngrößen

Bild 3.4.2.4 Inhaltsübersicht Blatt 3 VDI-Richtlinie 2861

3.4.3 Stand der ISO-Normungsarbeit

Ende 1982 wurde das "Technical Committee" TC 184 "Industrial Automation Systems" gegründet, dessen "Subcommittee" SC 2 sich in fünf Arbeitsgruppen gliedert. Der Arbeitsgruppe 2 (WG 2) wurde die Aufgabe der Erarbeitung von Vorlagen für "Performances and Performance Testing Methods" übertragen.

In der WG 2 sind aktiv beteidigt: Schweden, Frankreich, Japan, Norwegen, Großbritannien, USA, Dänemark und die Bundesrepublik Deutschland.

Die Arbeiten am jetzigen ISO-Vorschlag, der als "Draft Proposal" (DP) registriert ist, sind noch nicht beendet.

In Bild 3.4.3.1 wird ein kurzer Überblick über Teil 1 der ISO/DP 9283 gegeben (Teil 2: Testmethoden). /2/

Kenngrößen (ISO/TC 184/SC 2/WG 2 N6 - Arbeitspapier Teil 1, 6. Überarbeitung Juli 1987)			
„Punkt“- Kenngrößen	Punkt- und Wiederholgenauigkeit (bei direktem Teach-in) Punkt-Genauigkeit Punkt-Wiederholgenauigkeit Punkt-Genauigkeit bei verschiedenen Anfahrrichtungen	Punkt- und Wiederholgenauigkeit (bei Off-line-Programmierung) Strecken (Abstands)- Genauigkeit Strecken (Abstands)-Wiederholgenauigkeit	andere Punkt-Kenngrößen Einschwingzeit Überschwingen beim Punktanfahren Drift bei der Punktgenauigkeit
Bahn- und verschiedene Kenngrößen	Bahn-Kenngrößen Positions- und Orientierungs- Bahngenauigkeit Bahn-Wiederholgenauigkeit Überschwingweite Eckenfehler	Bahngeschwindigkeits- Kenngrößen Geschwindigkeitsgenauigkeit Geschwindigkeits- Wiederholgenauigkeit Geschwindigkeitsungleichförmigkeit	verschiedene Kenngrößen minimale Positionierzeit Nachgiebigkeit Not-Aus- Kenngrößen

Bild 3.4.3.1 Übersicht zum ISO-Arbeitspapier Teil 1 (Warnecke)

3.5 Konzept zur Klassifizierung

Die in der VDI-Richtlinie zur Klassifizierung von Industrierobotern gemachten Vorschläge gehen in ihrem Umfang über das Ziel dieser Arbeit hinaus. die hier erfassten Größen würden eine klassifizierende Nummer zu komplex und unübersichtlich machen. Um eine gute Handhabbarkeit der Kenngrößen zu gewährleisten, müssen die in der Richtlinie gemachten Vorschläge zusammengefaßt werden.

Eine Einteilung nach Kenngrößen bietet sich an. In der Literatur findet man diese Methode, wobei sich die Verfasser über die klassifizierenden Merkmale weitgehend einig sind. /1/3/7/

Eine andere Möglichkeit wäre, Industrieroboter und Peripheriegeräte nach ihren Einsatzgebieten zu ordnen. Dies widerspricht aber der Forderung nach Anlehnung an bestehende Richtlinien und Normen.

Für Industrieroboter ergibt sich folgender klassifizierender Rahmen:

Stelle:

- Kinematik:
 - 1: Arbeitsraum
 - 2: Hauptachsen
 - 3: Nebenachsen

- Steuerung:
 - 4: Art
 - 5: Programmierung
 - 6: Zentraleinheit
 - 7: Schnittstellen

- Antrieb:
 - 8: Prinzip (elektrisch, pneumatisch,...)
 - 9: Getriebe

- Effektoren:
 - 10: Werkzeuge, Greifer
 - 11: Sensoren

- Kenngrößen:
 - 12: Lastkenngrößen
 - 13: Geschwindigkeitskenngrößen
 - 14: Genauigkeitskenngrößen

Durch die Vielzahl der Peripheriegeräte bietet sich die Anlehnung an die Gliederung von Handhabungseinrichtungen und eine an die Funktion der Geräte angelehnte Systematik an. Die Peripheriekomponenten erfüllen, mit Ausnahme der sicherheitstechnischen Einrichtungen, die Funktion, den Roboter in seiner Handhabungsfunktion zu unterstützen. Damit stellen sie Handhabungseinrichtungen dar und lassen sich daher den Handhabungsfunktionen nach DIN 2860 zuordnen.

Bei der Klassifizierung der Peripherie wird, abweichend von der Industrieroboterklassifizierung ein verzweigtes System eingeführt. Damit kann besser auf die unterschiedlichen Eigenschaften der fünf Hauptgruppen eingegangen werden, ohne das Nummern mit unübersichtlich hoher Stellenzahl entstehen.

Die fünf Hauptgruppen sind:

- Speichereinrichtungen
- Werkstückzubringeeinrichtungen
- Positionier- und Spanneinrichtungen
- Einrichtungen zur Qualitätssicherung
- Sicherheitstechnische Einrichtungen

Der genaue Aufbau der Nummer wird in Kapitel 5 beschrieben.

4. Klassifizierung von Industrierobotern

4.1 Einleitung

Die Klassifizierung von Industrierobotern und die Klassifizierung von Industrieroboterperipherie wird hier in zwei getrennten Kapiteln behandelt. Industrieroboter sind zwar ohne Peripherie nicht einsetzbar und es gibt einen engen Zusammenhang zwischen diesen Produkten, aber aufgrund der teilweise sehr unterschiedlichen Funktionen ist eine gemeinsame Klassifizierung nicht sinnvoll.

4.2 Ablauf

Ausgehend von der Einteilung in Kapitel 3.1 werden wichtige klassifizierende Merkmale einer Nummer zugeordnet. Dabei stehen die für den Anwender bedeutenden Kenngrößen im Vordergrund.

Abschließend zu jedem Kapitel wird die Zuordnung eines Industrieroboters anhand eines Beispiels durchgeführt.

Eine der grundsätzlichen Anforderungen an ein Klassifizierungssystem ist die Erweiterungsfähigkeit. In der Nummer müssen deshalb Plätze für zukünftige Entwicklungen vorhanden sein. Diese werden unter dem Begriff "sonstige" erfaßt.

4.3 Kinematik

Die Kinematik eines Industrieroboters wird durch die Anordnung bzw. die Art der Anordnung des Gerätes, sowie durch die Anzahl und Kombination (rotatorisch oder translatorisch) der Haupt- und Nebenachsen bestimmt.

Bei maximal drei Hauptachsen ergeben sich theoretisch 14 Möglichkeiten, diese zu kombinieren. Wählt man daraus die sinnvollen und in der Praxis auch angewendeten Kombinationen aus, bleiben noch neun. Um Roboter mit mehr als drei Achsen in der Nummer darzustellen, werden Buchstaben eingeführt.

Im einzelnen ergeben sich dadurch die ersten drei Stellen der Nummer:

1. Stelle: Anordnung des Industrieroboters

- 1 - Standgerät
- 2 - Portalgerät
- 3 - Wandgerät
- 4 - Überkopfanordnung
- 5 - verfahrbares Gerät

2. Stelle: Kombinationen der Hauptachsen

- 1 - eine Linearachse
- 2 - eine Drehachse
- 3 - zwei Linearachsen
- 4 - zwei Drehachsen
- 5 - eine Linear-, eine Drehachse
- 6 - drei Linearachsen (kartesischer Roboter)
- 7 - drei Drehachsen (Gelenkroboter)
- 8 - zwei Linear- eine Drehachse (zylindrischer Roboter)
- 9 - eine Linear-, zwei Drehachsen (Polarroboter)
- A - eine Linear-, drei Drehachsen (Scararoboter)
- B - andere Kombinationen mit vier Achsen
- C - sonstige

Unter "- C - sonstige" fallen Sonderbauformen, wie z.B. Spine-Roboter oder Roboter mit mehr als vier Hauptachsen. Mehr als drei Hauptachsen einzeln aufzuschlüsseln ist nicht sinnvoll, da sich über 30 Kombinationsmöglichkeiten ergeben, die den Rahmen der Nummer sprengen. Aus der Achskombination ergibt sich der Arbeitsraum bzw. die mechanische Struktur des Industrieroboters.

Kombiniert man eine lineare mit zwei Drehachsen so erhält man einen Polarroboter mit sphärischem Arbeitsraum.

Die am häufigsten eingesetzten Kombinationen sind hier noch einmal im Bild dargestellt. /9/

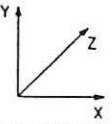
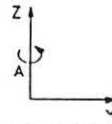
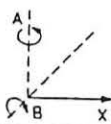
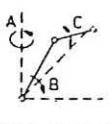
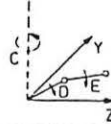
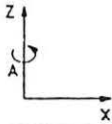
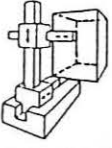
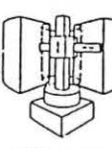




Achskombinationen	3 Linearachsen	2 Linear- 1 Drehachse	1 Linear- 2 Drehachsen	3 Drehachsen	m Linear- n Drehachsen	1 Linear- 3 Drehachsen (Scara)
Koordinatenbezeichnung	kartesisch 	Zylinder 	Kugel 	Gelenk 	kart. & Gelenk 	Zylinder 
Arbeitsräume						
Typische Anwendungsgebiete	Maschinenbeschickung	Pressenbeschickung	Punktschweißen	Bahnschweißen, Beschichten	Messen, Prüfen	Montage

Bild 4.3.1 Arbeitsräume und Bewegungskordinaten von Industrierobotern (Kreis)

3. Stelle: Kombinationen der Nebenachsen

- 1 - keine Nebenachsen
- 2 - eine Nebenachse translatorisch (T)
- 3 - eine Nebenachse rotatorisch (R)
- 4 - zwei Nebenachsen TT
- 5 - TR
- 6 - RT
- 7 - RR
- 8 - drei Nebenachsen TTT
- 9 - TRT
- A - RTT
- B - RRT
- C - TTR
- D - TRR
- E - RTR
- F - RRR
- G - mehr als drei Nebenachsen
- H - sonstige

Damit sind die ersten drei Stellen der Nummer vergeben. Die Zahl 3 7 E.xx..... beschreibt ein Wandgerät mit drei rotatorischen Hauptachsen und drei Nebenachsen in der Kombination rotatorisch, translatorisch, rotatorisch. /9/

4.3.1 Beispiel

Hersteller: Cincinnati

Typ : T3-746

1. Stelle: Anordnung	Standgerät	=> 1
2. Stelle: Hauptachsenkombination	RRR	=> E
3. Stelle: Nebenachsenkombination	RRR	=> F

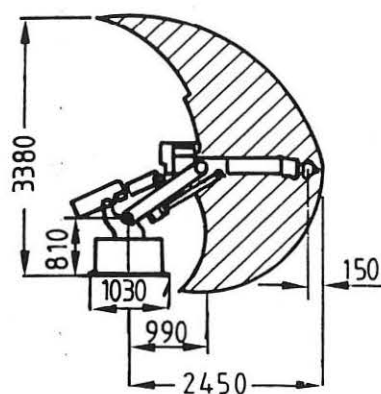
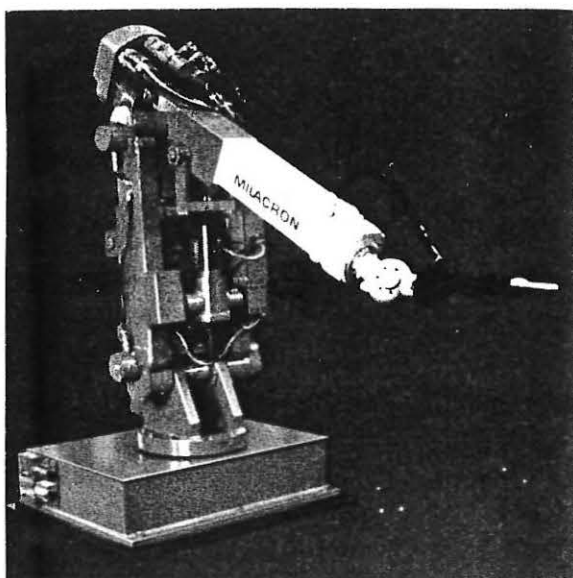


Bild 4.3.1.1 IR Cincinnati T3-746 (1EF.xxx...) (Schraft)

4.4 Steuerung

Die wichtigsten Parameter zur Beschreibung einer Industrierobotersteuerung sind die Steuerungsart, die Möglichkeiten zur Programmierung, der Steuerungstyp der Zentraleinheit, Art und Größe der Speicher sowie Art und Anzahl der Schnittstellen.

4.4.1 Steuerungsart

Bei den Steuerungsarten unterscheidet man PTP (Point-To-Point), MP (Multipoint), CP (Continuus-Path) -Steuerungen. (s. Kapitel 1.3.3)

Für die CP-Steuerung sind verschiedene Interpolationsarten möglich: linear, zirkular und in Ausnahmefällen auch die Spline-Interpolation. Verzichtet man bei der Klassifizierung auf die Interpolationsart verbleiben drei Steuerungsarten. Daraus ergeben sich sechs Kombinationsmöglichkeiten.

Diese werden wie folgt in der vierten Stelle der Nummer dargestellt:

4. Stelle: Steuerungsart

- 1 - nur PTP-Steuerung
- 2 - nur MP-Steuerung
- 3 - nur CP-Steuerung
- 4 - PTP und MP-Steuerung
- 5 - PTP und CP-Steuerung
- 6 - MP und CP-Steuerung
- 7 - PTP, MP und CP-Steuerung
- 8 - sonstige

4.4.2 Programmierung

Bei der Programmierung von Industrierobotern unterscheidet man die Online-Programmierung (also die Programmierung am Roboter selbst), die Offline-Programmierung (Programmierung anhand von Rechnermodellen, ohne den Roboter zu "sehen") und der Kombination der beiden Verfahren, die "Hybride Programmierung".

Diese erlaubt die Formulierung eines groben Programmablaufes "offline" in einer angepassten Programmiersprache und anschließend die genaue Einstellung der Koordinatenwerte durch "teachen" der benötigten Raumpunkte und Aktionen. /19/

Die hybride Programmierung ist die heute verbreitetste Programmierung von Industrierobotern.

Im Online-Modus (Lehrverfahren) werden hauptsächlich das teach-in und das Playback-Verfahren verwendet. Die im Offline-Modus angewandten Verfahren wie explizite, implizite oder graphisch unterstützte Programmierung sowie die Koordinatentransformation werden in der klassifizierenden Nummer nicht einzeln aufgeführt sondern als Offline-Programmierung zusammengefaßt.

5. Stelle: Programmierung

- 1 - nur hybride Programmierung
- 2 - hybride und teach-in Programmierung
- 3 - nur teach-in Verfahren
- 4 - nur Playback-Verfahren
- 5 - nur Offline-Programmierung
- 6 - teach-in und Playback
- 7 - teach-in und Offline-Programmierung
- 8 - Playback- und Offline-Programmierung
- 9 - teach-in-, Playback- und Offline-Programmierung
- A - sonstige Kombinationen

4.4.2.1 Beispiel

Hersteller: Unimation

Typ: 760

4. Stelle: Steuerungsart PTP/CP => 5

5. Stelle: Programmierung Tech-In und Offline => 7

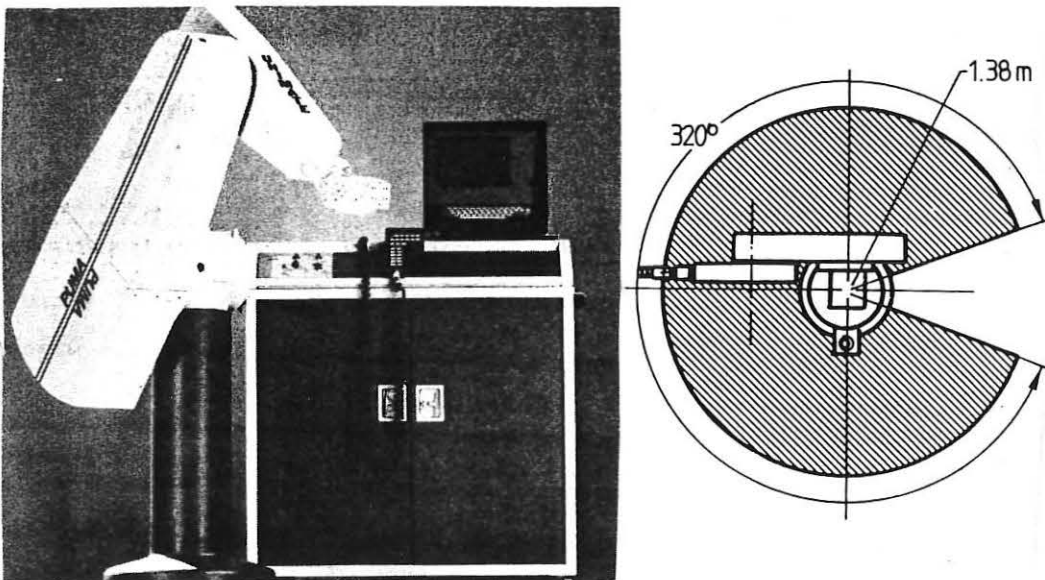


Bild 4.4.2.1 Unimation 760 (1 E F . 57 x) (Schraft)

4.4.3 Zentraleinheit

Die Zentraleinheit spielt eine wichtige Rolle für die Geschwindigkeit und Leistungsfähigkeit einer Steuerung. Lassen sich einfache Programmierungen noch mit verbindungs- oder speicherprogrammierten Steuerungen, deren Informationsspeicher aus einem Steckerfeld oder einer Nockentrommel besteht, aufbauen, benötigen komplexe Aufgaben einen Prozessrechner. Dessen Rechengeschwindigkeit bestimmt hauptsächlich der verwendete Prozessortyp und dessen Taktfrequenz (f_T).

6. Stelle: Zentraleinheit

- 1 - verbindungsprogrammierte Steuerung
- 2 - speicherprogrammierte Steuerung
- 3 - Intel 80 xxx Prozessor f_T kleiner 10 MHz
- 4 - Intel 80 xxx Prozessor f_T größer 10 MHz und kleiner 40 MHz
- 5 - Intel 80 xxx Prozessor f_T größer 40 MHz
- 6 - Motorola 68 xxx Prozessor f_T kleiner 32 MHz
- 7 - Motorola 68 xxx Prozessor f_T größer 32 MHz
- 8 - mehrere Prozessoren (Transputersteuerungen)
- 9 - sonstige

Hier sei noch einmal angemerkt, daß die Nummer auch Platz für zukünftige Entwicklungen vorsehen muß. Transputersteuerungen beispielsweise sind zwar im industriellen Einsatz noch selten zu finden, sie werden aber mit der Zeit an Bedeutung gewinnen.

4.4.4 Speicher

Bei den Speichern unterscheidet man zwischen Arbeitsspeicher und Massenspeicher. Der Arbeitsspeicher richtet sich nach der verwendeten Zentraleinheit. Seine Leistungsdaten wie Zugriffszeit und Speicherumfang sind Parameter, die Steuerungsgeschwindigkeit beeinflussen.

Massenspeicher sind mechanische, elektromagnetische oder optische Medien, wobei die mechanischen Speicher wie Lochstreifen oder Lochkarten aufgrund ihres geringen Speicherumfangs und der hohen Zugriffszeit nur noch für wenige Anwendungen in Frage kommen.

Auf eine Darstellung der Speicher wird in der Nummer zugunsten der Übersichtlichkeit verzichtet. Der Anwender kann davon ausgehen, daß das

4.4.5 Schnittstellen

Schnittstellen verbinden den Industrieroboter mit seiner Umgebung. Durch Eingangsschnittstellen erhält der Roboter Informationen, durch Ausgangsschnittstellen gibt er Daten an seine Umgebung weiter.

Auf eine Beschreibung der von den Ein- und Ausgangsschnittstellen verarbeitbaren Signalart (analog, digital) wird hier verzichtet, in die Nummer aufgenommen wird nur die Anzahl der Anschlußmöglichkeiten.

Ohne entsprechende Datenschnittstellen wird eine Einbindung in den Produktionsablauf erschwert. Diese Netzwerk- und Programmierschnittstellen verbinden den Industrieroboter mit Systemen wie MAP, TOP, LAN, und CNMA. Dazu verwenden die meisten Hersteller standardisierte Schnittstellen, in der Hauptsache RS 232 C und V 24. Andere Schnittstellen sind RS 422, RS 485, Centronics oder firmenspezifische wie IR DATA (VW). /9/2/

Der Schlüssel für die Ziffer in der Nummer ergibt sich nun wie folgt:

7. Stelle: Schnittstellen:

- 1 - Eingänge (E) plus Ausgänge (A) kleiner 16
- 2 - E plus A größer gleich 16 und kleiner 64
- 3 - E plus A größer gleich 64
- 4 - Ziffer 2 und Datenschnittstelle RS 232 C
- 5 - Ziffer 3 und Datenschnittstelle RS 232 C
- 6 - Ziffer 2 und Datenschnittstelle V 24
- 7 - Ziffer 3 und Datenschnittstelle V 24
- 8 - Ziffer 2 und Datenschnittstelle RS 232 C, V 24
- 9 - Ziffer 3 und Datenschnittstelle RS 232 C, V 24
- A - Ziffer 2 und andere Datenschnittstelle
- B - Ziffer 3 und andere Datenschnittstelle
- C - sonstige (z.B. mehrere oder unerschiedliche Datenschnittstellen)

4.4.6 Beispiel

Hersteller: Sony

Typ : SRX-4 CH-E

- | | | |
|--------------------------|--|------|
| 6. Stelle Prozessor | Intel 80 xxx < 40 MHz | => 4 |
| 7. Stelle Schnittstellen | Ziffer 2 und Datenschnittstelle RS 232 C, V 24 | => 8 |

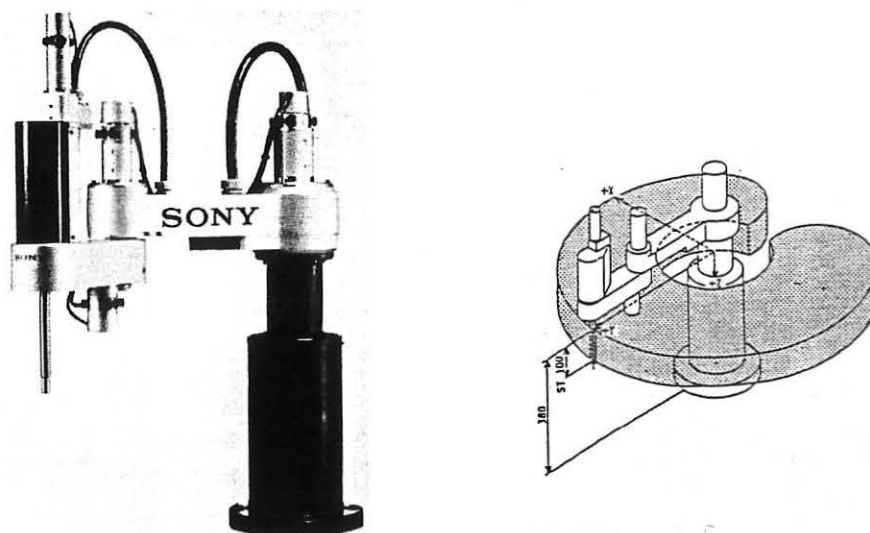


Bild 4.4.6.1 Sony SRX-4 CH-E (193.554.8 x....)

4.5 Antrieb

Der Antrieb eines Industrieroboters besteht aus der Antriebsart und dem mechanischen Getriebe. In der Nummer ist es allerdings nicht möglich auf alle denkbaren Kombinationen von Antriebsarten eines Industrieroboters einzugehen.

Moderne Geräte verwenden hauptsächlich elektromechanische Antriebe für die Bewegung der Hauptachsen, hydraulische oder pneumatische Antriebe finden ihre Anwendung in Sonderbauformen oder unter besonderen Bedingungen (Explosionsschutz).

Geräte mit unterschiedlichen Antrieben werden eingesetzt, um die Vorteile der einzelnen Antriebsarten auszunutzen. So sind beispielsweise Kombinationen von rotierenden Motoren (Hauptachsen) mit linear bewegten Hydraulikelementen (Nebenachsen) anzutreffen .

Die siebte Stelle der Nummer enthält die wichtigsten Antriebsprinzipien (elektromotorischer Antrieb, hydraulischer und pneumatischer Antrieb). Die achte Stelle beschreibt die Getriebeart. Auch hier werden oft Kombinationen von Getrieben verwendet. Die Nummer gibt dann das hauptsächlich eingesetzte System an.

8. Stelle Antriebsprinzip

- **1** - rotierender Gleichstrommotor
- **2** - rotierender Drehstrom-Asynchronmotor
- **3** - rotierender Schrittmotor
- **4** - linearer asynchroner Drehstrommotor
- **5** - linearer Schrittmotor
- **6** - linearer hydraulischer Antrieb
- **7** - rotierender Hydraulikmotor
- **8** - linearer pneumatischer Antrieb
- **9** - rotierender Pneumatikmotor
- **A** - Kombination elektrischer und hydraulischer bzw. pneumatischer Antrieb
- **B** - sonstige

9. Stelle Getriebe

- **1** - Riemenantrieb
- **2** - Stirnrad-Getriebe
- **3** - Kegelrad-Getriebe
- **4** - Schneckenrad-Getriebe
- **5** - Harmonic-Drive-Getriebe
- **6** - Cyclo-Getriebe
- **7** - Spindel/Spindelmutter
- **8** - Ritzel/Zahnstange
- **9** - Kombinationen unterschiedlicher Getriebe
- **A** - sonstige Getriebebauformen

4.5.1 Beispiel

Hersteller: Volkswagen
Typ G 100

8. Stelle Antriebsart rotierender Gleichstrommotor => 1
9. Stelle Getriebe Kegelradgetriebe => 3

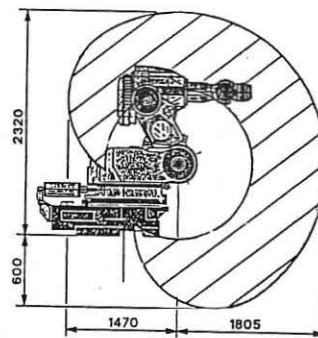
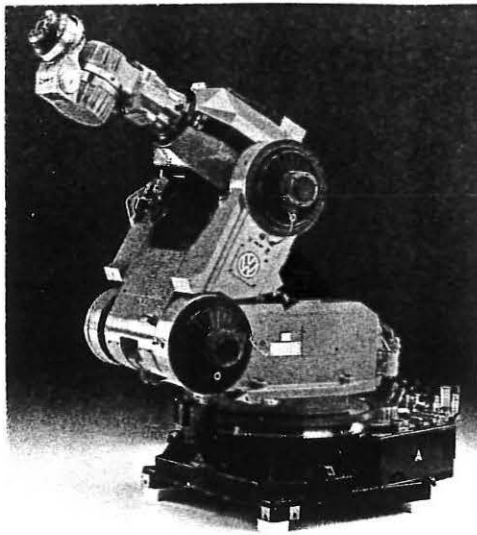


Bild 4.5.1.1 VW G 100 (17 F . 539 . B13 . x....)

4.6 Effektoren

Effektoren sind Greifer oder Werkzeuge, aber auch Greifer- oder Werkzeugwechselsysteme und Sensoren, die an der Schnittstelle Nebenachse - Werkzeug installiert sind, werden sinnvoller Weise an dieser Stelle klassifiziert.

Nach Hesse können Effektoren sowohl als Bestandteil des Industrieroboters als auch als Teil der Peripherie gesehen werden. Da sich die Systematik zur Klassifizierung von Robotern besser eignet, werden die Effektoren unter Punkt 9 in der Nummer eingeordnet.

Die Greifer werden nach ihrer Kinematik, die Werkzeuge nach ihrem Einsatzgebiet unterteilt.

9. Stelle: Effektoren

- 1 - keine
- 2 - Fingergreifer
- 3 - Zangengreifer
- 4 - Sauggreifer
- 5 - Magnetgreifer
- 6 - Mehrfachgreifer

- 7 - Werkzeug zum Urformen
- 8 - Werkzeug zum Umformen
- 9 - Werkzeug zum Trennen
- A - Werkzeug zum Fügen
- B - Werkzeug zum Beschichten

- C - Effektorwechselsystem
- D - Sensorik (z.B. Meßroboter)
- E - Kombinationen
- F - sonstige

4.7 Sensoren

Sensoren im weitesten Sinne befinden sich in vielfältiger Art und Anordnung am Industrieroboter. Eingeorde­net werden hier nur Sensoren, die bei der Werkstückhandhabung eine Rolle spielen. Ausgenommen sind zum Beispiel Systeme wie Drucksensoren im Robotergetriebe, Momentensensoren im Roboterarm oder andere. (siehe auch Bild 1.3.5.2).

Wichtigstes Unterscheidungsmerkmal ist das Meßprinzip. Hierbei existieren taktile oder berührungslos arbeitende Sensoren und komplexer aufgebaute, "intelligente" Sensorsysteme, die zum Beispiel die erfassten Daten umformt oder auswertet.

10. Stelle: Sensoren

- 1 - keine
 - 2 - Zeilen-/Flächensensor
 - 3 - Kraft-/Momentensensor
 - 4 - optischer Sensor
 - 5 - akustischer Sensor
 - 6 - induktiver Sensor
 - 7 - kapazitiver Sensor
 - 8 - magnetischer Sensor
 - 9 - pneumatischer Sensor
 - A - intelligentes Sensorsystem (z.B. Bilderkennungssysteme)
 - B - sonstige Sensoren
- } taktile Sensoren
- } berührungslose Sensoren

4.8 Kenngrößen

Unter den Begriff Kenngrößen fallen die folgenden Parameter des Industrieroboters:

- geometrische Kenngrößen
- Lastkenngrößen
- Geschwindigkeitskenngrößen
- Genauigkeitskenngrößen
- Zuverlässigkeitskenngrößen
- wirtschaftliche Vergleichskenngrößen

Zwischen diesen Punkten besteht kein Zusammenhang, so daß sie sechs Stellen in der Nummer beanspruchen würden. Da das zur Unübersichtlichkeit führt, werden nur die wichtigsten Größen berücksichtigt.

Geometrische Kenngrößen wurden hinreichend in Kapitel 4.2 "Kinematik" beschrieben. Auf die Darstellung der Zuverlässigkeits- und Wirtschaftlichkeitsgrößen wird hier zugunsten der Übersichtlichkeit verzichtet.

Durch die Angabe der Genauigkeits-, Last- und Geschwindigkeitskenngrößen erhält der Anwender die Möglichkeit, den Industrieroboter einzuordnen.

Dabei muß berücksichtigt werden, daß die Nummer nur grob die Robotereigenschaften beschreiben kann. So erlaubt die als Parameter für die

Genauigkeitskenngrößen verwendete Positioniergenauigkeit nur beschränkte Rückschlüsse auf andere Kenngrößen wie:

- Positionsstreubreite
- Überschwingweite
- Ausschwingzeit
- dynamisches Positionierverhalten
- Eckenabweichung
- Auflösung

Zur Beschreibung der Lastkenngrößen wird die von vielen Herstellern verwendete Nennlast herangezogen.

12. Stelle: Lastkenngrößen

- 1 - bis 50 Newton (N) Nennlast
- 2 - 5 bis 20 N Nennlast
- 3 - 20 bis 70 N Nennlast
- 4 - 70 bis 160 N Nennlast
- 5 - 160 bis 320 N Nennlast
- 6 - 320 bis 640 N Nennlast
- 7 - 640 bis 1280 N Nennlast
- 8 - 1280 bis 5000 N Nennlast
- 9 - über 5000 N Nennlast

Als Geschwindigkeitskenngröße wird die maximale Geschwindigkeit der schnellsten Achse gewählt.

13. Stelle Geschwindigkeitskenngrößen

- 1 - Geschwindigkeit kleiner 500 mm/s
- 2 - Geschwindigkeit größer gleich 500 mm/s und kleiner 800 mm/s
- 3 - Geschwindigkeit größer gleich 800 mm/s und kleiner 1200 mm/s
- 4 - Geschwindigkeit größer gleich 1200 mm/s und kleiner 1700 mm/s
- 5 - Geschwindigkeit größer gleich 1700 mm/s und kleiner 2300 mm/s
- 6 - Geschwindigkeit größer gleich 2300 mm/s und kleiner 3000 mm/s
- 7 - Geschwindigkeit größer 3000 mm/s

Als Parameter für die Genauigkeitskenngrößen wird die statische Kenngröße Positioniergenauigkeit verwendet.

14. Stelle: Genauigkeitskenngrößen

- 1 - Positioniergenauigkeit (P) kleiner +/- 0.01 mm
- 2 - P zwischen +/- 0.01 mm und +/- 0.05 mm
- 3 - P zwischen +/- 0,06 mm und +/- 0,1 mm
- 4 - P zwischen +/- 0,11 mm und +/- 0,2 mm
- 4 - P zwischen +/- 0,3 mm und +/- 0,8 mm
- 5 - P zwischen +/- 0,9 mm und +/- 1,4 mm
- 6 - P zwischen +/- 1,5 mm und +/- 4 mm
- 7 - P größer +/- 5 mm

4.8.1 Beispiel

In diesem Beispiel wird zur Veranschaulichung die komplette Klassifizierung durchgeführt. Dargestellt wird auch das verwendete Format. Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit wird nach jeder dritte Stelle ein Punkt gesetzt. Somit wird auch die Fehlerwahrscheinlichkeit verringert. (s. Kapitel 3.3: "Sicherung der Nummer")

Hersteller: Dürr
Typ : P 100

1. Stelle	Anordnung	Portalgerät	=>	2
2. Stelle	Hauptachsen	drei Linearachsen	=>	6
3. Stelle	Nebenachsen	keine Nebenachsen	=>	1
	Punkt			
4. Stelle	Steuerung	PTP	=>	1
5. Stelle	Programmierung	Teach-In	=>	3
6. Stelle	Zentraleinheit	Motorola kleiner 32 MHz	=>	6
	Punkt			
7. Stelle	Schnittstellen	E/A > 16 und RS 232 c	=>	4
8. Stelle	Antrieb	rotierender Schrittmotor	=>	3
9. Stelle	Getriebe	Riemenantrieb	=>	1
	Punkt			
10. Stelle	Effektoren	keine	=>	1
11. Stelle	Sensoren	keine	=>	1
12. Stelle	Lastkenngröße	Nennlast 1000 N	=>	7
	Punkt			

- 13. Stelle Geschwindigkeit 2000 mm/s => 5
- 14. Stelle Genauigkeit Positioniergenauigkeit +/-1 mm => 5
- 15. Stelle Absicherung der Nummer

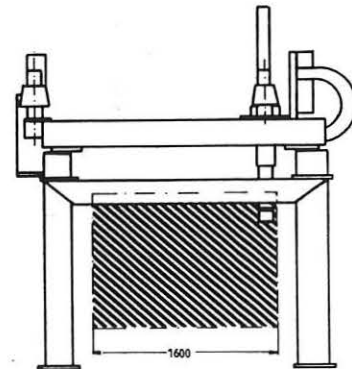
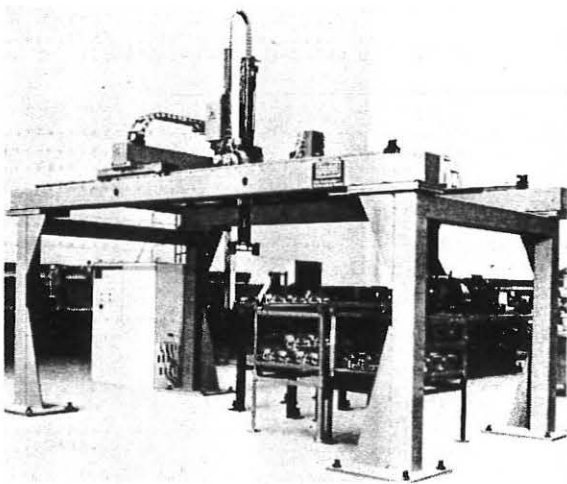


Bild 4.8.1.1 Dürr P 100 (2 6 1 . 1 3 6 . 4 3 1 . 1 1 7 . 5 5 x)

4.9 Sicherung der Nummer

Anhand des o.g. Industrieroboters Dürr P 100 wird hier die Nummernsicherung noch einmal verdeutlicht.

Ausgangsnummer: 2 6 1 1 3 6 4 3 1 1 1 7 5 5
Gewichtung: 1 2 3 4 5 6 7 2 3 4 5 6 7 3
Produkt: 2 12 3 4 15 12 28 6 3 4 5 42 35 15
Quersumme: 2+1+2+3+4+1+5+1+2+2+8+6+3+4+5+4+2+3+5+1+5 = 69
Division durch Mod.: 69 / 11 = 6 Rest 3
Prüfziffer: Modul - Rest = 8

Damit lautet die vollständige Nummer:

2 6 1 . 1 3 6 . 4 3 1 . 1 1 7 . 5 5 8

5. Klassifizierung der Industrieroboterperipherie

5.1 Einleitung

Wie schon in Kapitel 4 erwähnt, ist es sinnvoll, zur Klassifizierung von Peripheriegeräten eine andere Methode zu verwenden, als bei der Industrieroboterklassifizierung.

Zur Klassifizierung bieten sich zwei unterschiedliche Verfahren an:

- Parallele Systeme
- Verzweigte Systeme

Zur Klassifizierung der Industrieroboter konnte das parallele System mit seinen Vorteilen wie einfache Handhabung, Übersichtlichkeit und Auswertung, verwendet werden.

Die bei Peripheriegeräten auftretenden, gerätegruppenabhängigen, unterschiedlichen Parameter lassen sich am zweckmäßigsten durch eine Kombination von parallelem und verzweigtem System darstellen. /18/

5.2 Elemente der Industrieroboterperipherie

In Kapitel 2: "Einführung in die Industrieroboterperipherie" wurden die Elemente der Peripheriegeräte beschrieben.

Diese fünf Hauptgruppen bilden die die erste Stellen der klassifizierenden Nummer:

- 1 - Speichereinrichtungen
- 2 - Werkstückzubringeeinrichtungen
- 3 - Positionier- und Spanneinrichtungen
- 4 - Einrichtungen zur Qualitätssicherung
- 5 - Sicherheitstechnische Einrichtungen

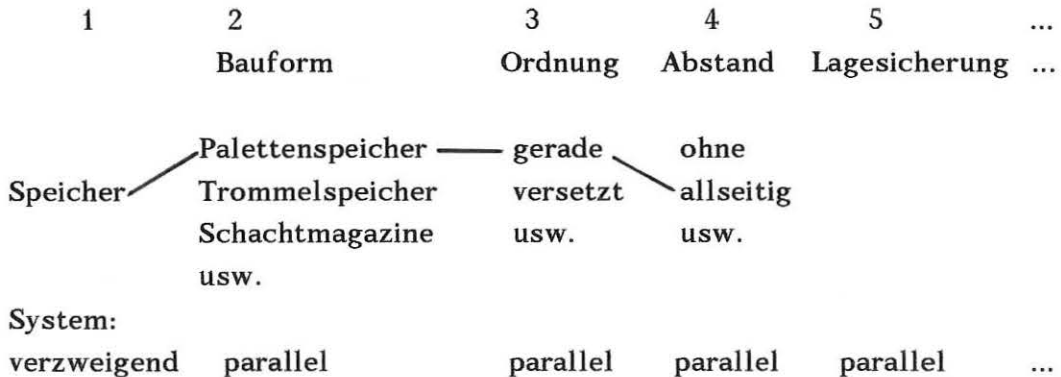
In den folgenden Kapiteln werden ausgehend von der Gerätehauptfunktion die wichtigsten Geräteparameter einer Nummer zugeordnet.

5.3 Speichereinrichtungen

Die Parameter der Speichereinrichtungen sollen durch folgendes Numme-

nungssystem beschrieben werden. Durch die Kombination von Parallel- und Verzweigungssystem erhält die Nummer eine genügende Speicherfähigkeit wobei allerdings die Übersichtlichkeit und die Handhabbarkeit vermindert wird.

Stelle in der Nummer für Speichereinrichtungen:



5.3.1 Bauform des Speichers

Die zweite Stelle der Nummer beinhaltet ein wichtiges Charakteristikum der Speichereinrichtungen, die Speicherbauform: /9/

- 1 - Palettspeicher
- 2 - Trommelspeicher
- 3 - Schachtmagazine
- 4 - Regale und Kassetten
- 5 - Bandspeicher
- 6 - Kettenspeicher
- 7 - Scheibenspeicher

5.3.2 Werkstückanordnung

In diesen Speichereinrichtungen gibt es verschiedene Möglichkeiten der Werkstückanordnung. Sie beeinflusst wesentlich die Speicherdichte, die aus dem Quotient der Anzahl der Werkstücke zu der im Speicher benötigten Fläche gebildet wird. Die Ordnung der Werkstücke läßt unter Berücksichtigung der Art der Speichereinrichtung Rückschlüsse auf die Zugriffsmöglichkeiten des Industrieroboters zu. Somit erhält der Anwender eine wichtige Information zur Planung des Industrierobotereinsatzes.
/22/

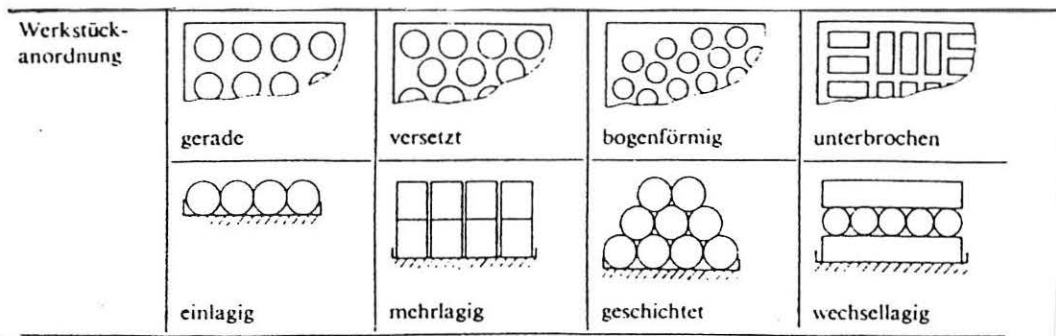


Bild 5.3.2.1 Werkstückanordnung (Hesse)

3. Stelle: Anordnung der Werkstücke im Speicher

- 1 - gerade
- 2 - versetzt
- 3 - bogenförmig
- 4 - unterbrochen
- 5 - einlagig
- 6 - mehrlagig
- 7 - geschichtet
- 8 - wechsellagig
- 9 - Unordnung

Der Begriff "Unordnung" vereinigt die verschiedenen Formen der Unordnung, wie substitutionell, strukturell, punktuell, positionell und topologisch, die aber hier im Sinne der Übersichtlichkeit hier nicht weiter aufgeschlüsselt wird.

5.3.3 Abstand der Werkstücke

Die sich im Speicher befindenden Werkstücke müssen durch den Greifer des Industrieroboters gegriffen werden. Dazu ist je nach Greiferbauart ein Abstand der Werkstücke erforderlich. Um diesen zu beschreiben, enthält die Nummer an vierter Stelle eine Ziffer, der foldende Abstandsarten zugeordnet werden. Bezeichnungen wie "x-seitig, y-seitig, o.ä." beziehen sich auf die Raumachsen des Roboterkoordinatensystems.

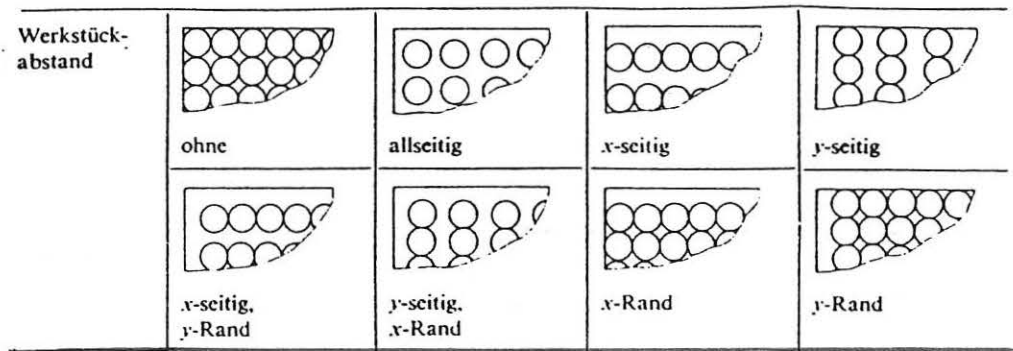


Bild 5.3.3.1 Abstandsarten (Hesse)

4. Stelle:

- 1 - ohne Abstand
- 2 - allseitiger Abstand
- 3 - x-seitig
- 4- y-seitig
- 5 - x-seitig, y-Rand
- 6 - y-seitig, x-Rand
- 7 - x-Rand
- 8 - y-Rand

5.3.4 Lagesicherung

Hesse bietet zur Gliederung der Elemente zur Lagesicherung (Positions- und Orientierungssicherung) drei Möglichkeiten an. Dabei unterscheidet er die Beschreibung der Lagesicherung durch Flexibilität der Elemente, durch die Erhaltung der Werkstücklage und nach ihrem physikalischen Prinzip. /8/

Für die Klassifizierung ist die dritte Möglichkeit am besten geeignet.

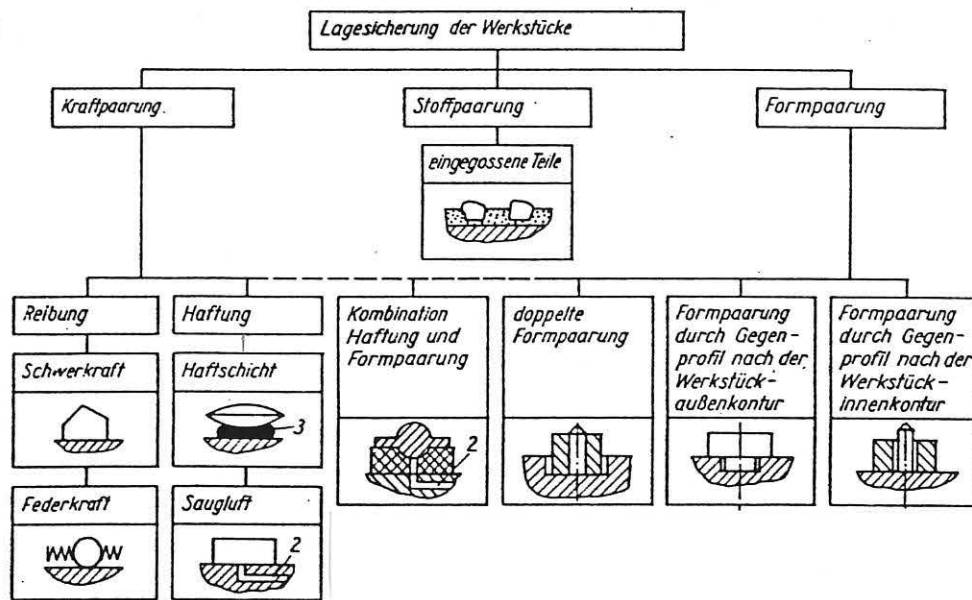


Bild 5.3.4.1 Gliederung der Lagesicherung nach dem physikalischen Prinzip (Hesse)

Aus der Gliederung der Lagesicherungen nach Hesse ergibt sich die fünfte Stelle der Nummer mit den folgenden klassifizierenden Parametern:

5. Stelle

- 1 - Schwerkraft
- 2 - Federkraft
- 3 - Haftschicht
- 4 - Saugluft
- 5 - Stoffpaarung
- 6 - Formpaarung durch Gegenprofil
- 7 - Kombination aus Haftung und Formpaarung

5.3.5 Werkstückbewegung im Speicher

Es gibt drei Möglichkeiten der Werkstückbewegung im Speicher:

- 1 - Positionsänderung des Werkstücks durch Eigenbewegung (Rollen auf schiefer Ebene)
- 2 - aktive Werkstückbewegung bei der der gesamte Speicherinhalt für jeden Zubringzyklus weiterbewegt wird, so daß ein punktueller Speicherzugriff möglich ist.
- 3 - keine Werkstückbewegung in Speicher

Sie bilden die 6. Stelle der die Speichereinrichtungen beschreibenden Nummer, an die sich noch eine Ziffer zur Absicherung anschließt.

5.4 Werkstückzubringeeinrichtungen

Aufgabe und Aufbau von Werkstückzubringeeinrichtungen sind in Kapitel 2.3.2 erklärt. Bei der Klassifizierung ergibt sich das Problem der Abgrenzung zu Speichereinrichtungen oder Spann- und Positioniereinrichtungen, da deren Teilfunktionen oft auch in Werkstückzubringeeinrichtungen vorkommen.

Bei der Einordnung dieser Handhabungsgeräte verwendet der Anwender deshalb die Elementarfunktionen.

Werkstückzubringeeinrichtungen lassen sich hinreichend durch die folgenden Parameter beschreiben:

- Handhabungsfunktionen
- Arbeitsweise
- Funktionsprinzip
- Steuerungsmöglichkeit durch der IR

Sie bilden die Stellen zwei bis fünf der klassifizierenden Nummer.

5.4.1 Handhabungsfunktionen der Werkstückzubringeeinrichtungen

Die Handhabungsfunktionen der Werkstückzubringeeinrichtungen bestehen aus den folgenden Unterfunktionen, wobei eine Werkstückzubringeein-

einrichtung mit der einzigen Funktion "Speichern" eigentlich zu den Speichereinrichtungen gehört.

- 1 - Menge verändern
- 2 - Bewegen
- 3 - (Speichern)

Weiterhin sind verschiedene Kombinationen dieser Funktionen möglich:

- 4 - Menge verändern und Bewegen
- 5 - Menge verändern und Speichern
- 6 - Bewegen und Speichern
- 7 - Menge verändern, Bewegen und Speichern

5.4.2 Arbeitsweise der Zubringeeinrichtungen

Die dritte Stelle der Nummer beinhaltet die Arbeitsweise der Zubringeeinrichtung. Dabei unterscheidet man die:

- 1 - stetige Förderung
- 2 - unstetige Förderung
- 2 - stetige und unstetige Förderung möglich

5.4.3 Funktionsprinzip der Zubringeeinrichtungen

Unter dem Begriff "Funktionsprinzip" steht an vierter Stelle der Nummer die Art der Zubringeeinrichtung. In Zusammenarbeit mit dem Industrieroboter werden in der Regel mechanische Förderer eingesetzt, so daß pneumatische oder hydraulische Förderer nicht einzeln aufgeschlüsselt werden. /20/

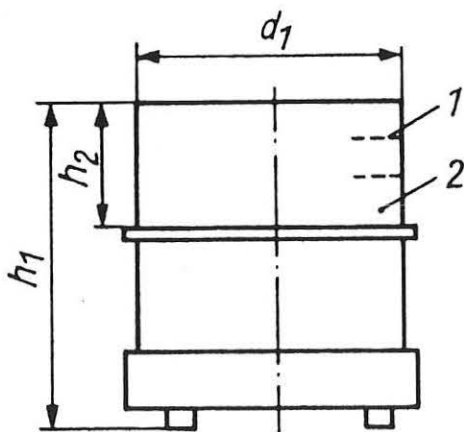
- 1 - Bandförderer
 - 2 - Schleppkettenförderer
 - 3 - Kreisförderer
 - 4 - Schaukelförderer
 - 5 - Umlaufförderer
 - 6 - Schwingförderer
 - 7 - angetriebene Rollenbahn
 - 8 - Schwerkraftförderer
 - 9 - Rutschen
 - A - Rollenbahnen
 - B - Röllchenbahnen
 - C - Industrieroboter
 - D - pneumatische/ hydraulische Förderer
- umlaufendes Zugmittel
 ohne Zugmittel

5.4.4 Steuerungsmöglichkeit durch den Industrieroboter

Um eine Zubringeinrichtung in den Steuerkreis des automatischen Prozesses einzubinden, d.h. um sie z.B. durch den Industrieroboter steuern zu können, gibt es die Möglichkeit, über Schnittstellen oder Übertragungsprotokolle Daten auszutauschen. Über welche Möglichkeiten die Zubringeinrichtung verfügt, beschreibt die fünfte Stelle der Nummer:

- 1 - Schnittstellen vorhanden
- 2 - Übertragungsprotokolle möglich
- 3 - Schnittstellen und Übertragungsprotokolle
- 4 - keine Kommunikation mit IR

5.4.5 Beispiel



	Einfüll- masse in kg	d_1 in mm	h_1	h_2
VWF 16	16	400	328	130
VWF 25	25	500	350	152
VWF 32	32	630	378	180

1 zwei Wendelgänge
 2 Förderaufsatz
 max. Fördergeschwindigkeit:
 12 m/min
 max. Leistungsaufnahme:
 75...150 VA
 VEB Kombinat Haushaltgeräte Karl-
 Marx-Stadt (DDR)

Dem hier dargestellten Vibrationswendelförderer wird nun nach der erarbeiteten Systematik eine Nummer zugeordnet.

1. Stelle: Element der IR-Peripherie:
 2 Werkstückzubringeinrichtung

2. Stelle: Handhabungsfunktion:
 6 Bewegen und speichern

3. Stelle: Arbeitsweise:
 1 stetig fördern

4. Stelle: Funktionsprinzip:
 6 Schwingförderer

5. Stelle: Schnittstellen:
 4 keine Kommunikation mit IR

An diese fünfstellige Nummer wird nun zur Sicherung nach dem "erweiterten Modulo-11-Verfahren" (Kapitel 3.3.2.1) eine weitere Ziffer hinzugefügt.

Ausgangsnummer:	2	6	1	6	4
Gewichtung:	1	2	3	4	5
Produkt:	2	12	3	24	20
Quersumme:	2+1+2+ 3 +2+4+2+0 = 16				
Division durch den					
Modul 11:	16 / 11 = 1 Rest 5				
Prüfziffer:	(Modul - Rest) 11 - 5 = 6				

Damit erhält man die vollständige, klassifizierende Nummer für diesen Vibrationswendelförderer:

2 6 1 6 4 6

5.5 Positionier- und Spanneinrichtungen

5.5.1 Handhabungsfunktionen

An zweiter Stelle der Nummer zur Klassifizierung von Spann- und Positioniereinrichtungen werden, wie auch in Kapitel 5.4, die Handhabungsfunktionen beschrieben. Dabei unterscheidet man die Elementarfunktionen:

	Teilfunktion:
- 1 - Drehen] Bewegen
- 2 - Verschieben	
- 3 - Drehen und Verschieben	
- 4 - Halten] Halten
- 5 - Lösen	
- 6 - Halten und Lösen	
- 7 - Bewegen und Halten	

5.5.2 Ausführung

Die dritte Stelle beschreibt die Ausführung und die Möglichkeiten zur Werkstückanpassung. Wichtig im Sinne eines hohen Automatisierungsgrades der Fertigung ist eine flexible Ausführung des Spann- und Positioniersystems, sowie die automatische Anpassung an verschiedene Werkstücke.

- 1 - Nutsystem, manuelle Werkstückanpassung (m.W.)
- 2 - Gewindebohrungssystem, m.W.
- 3 - Paßbohrungssystem, m.W.
- 4 - Nutsystem, automatische Werkstückanpassung, (a.W.)
- 5 - Gewindebohrungssystem, a.W.
- 6 - Paßbohrungssystem, a.W.
- 7 - spezielle Ausführung

5.5.3 Überwachungsfunktionen

Ein wichtiges Kriterium bei der Zusammenarbeit zwischen Peripherie und Industrieroboter im automatisierten Prozess ist die Überwachung des

Werkstückes bei dem Spann- und Positioniervorgang. Diese soll an vierter Stelle der Nummer beschrieben werden.

- 1 - Anwesenheit des Werkstückes
- 2 - Positions-, Orientierungsrichtigkeit des Werkstückes
- 3 - Größe der Spannkraft
- 4 - Sauberkeit der Bestimmflächen, Späneansammlungen
- 5 - Kombination von - 1 - und - 2 -
- 6 - Kombination von - 1 - und - 4 -
- 7 - andere Kombinationen
- 8 - andere Überwachungsfunktionen

5.5.4 Späneentsorgung

Bei einer spanabhebenden Bearbeitung des Werkstücks ist die Art der Späneentsorgung für den Anwender von Bedeutung, da die dafür notwendige Logistik bereitgestellt werden muß. Dabei unterscheidet man vier Verfahren, die die fünfte Stelle der Nummer bilden.

- 1 - Abspülen mit Flüssigkeit
- 2 - Ausblasen mit Druckluft
- 3 - Absaugen
- 4 - Ableitung durch Schwerkraft

Die letzte Stelle der Nummer dient zur Absicherung so daß sich auch hier, wie in Kapitel 5.4 eine sechsstellige Klassifizierung ergibt.

5.6 Einrichtungen zur Qualitätssicherung

5.6.1 Handhabungsfunktionen

Einrichtungen zur Qualitätssicherung erfüllen die Handhabungsfunktion Prüfen. Diese beinhaltet die folgenden zusammengesetzten Funktionen, aus denen die zweite Stelle der Nummer besteht. /1/

- 1 - Anwesenheit prüfen
- 2 - Identität prüfen
- 3 - Form prüfen
- 4 - Größe prüfen
- 5 - Farbe prüfen
- 6 - Gewicht prüfen
- 7 - Position/Orientierung prüfen
- 8 - Messen
- 9 - Zählen

5.6.2 Überwachungsprinzip

Bei den in der Qualitätssicherung angewandten Überwachungsprinzipien unterscheidet man zwischen direkter Messung, bei der der Werkstückzustand direkt am zu bearbeitenden Werkstück bestimmt wird und der indirekten Erfassung des Werkstückzustandes durch Kontrolle der Umgebungszustände.

3. Stelle Überwachung:

- | | | |
|--|---|----------|
| - 1 - vor der Bearbeitung | } | direkt |
| - 2 - während der Bearbeitung | | |
| - 3 - nach der Bearbeitung | | |
| - 4 - kontinuierlich | } | |
| - 5 - Werkzeug | } | indirekt |
| - 6 - Maschine | | |
| - 7 - Umwelteinflüsse | | |
| - 8 - Prozesskenngößen | | |
| - 9 - Erfassung mehrerer indirekter
Meßgrößen | } | |

5.6.3 Klassifizierung nach Art der Sensorik

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal der Einrichtungen zur Qualitätssicherung ist die Art der eingesetzten Sensorik. Dabei unterscheidet man grundsätzlich die folgenden Meßprinzipien. /8/

4. Stelle Wandlerprinzip:

- 1 - mechanisch
- 2 - optisch
- 3 - optisch-elektrisch
- 4 - pneumatisch
- 5 - induktiv
- 6 - kapazitiv
- 7 - elektrischer Widerstand
- 8 - digital
- 9 - Schwingungssensoren
- A - anderes Meßsystem

5.6.4 Art der Programmbeeinflussung

Anwender automatischer Meßsysteme benötigen Informationen über mögliche Eingriffe des Sensorsystems in den Programmablauf des Industrieroboters. Deshalb werden an fünfter Stelle der Nummer die verschiedenen Arten unterschieden.

- 1 - keine Schnittstellen
- 2 - keine Programmbeeinflussung
- 3 - programmverzweigend
- 4 - programmselektierend
- 5 - programmunterbrechend
- 6 - programmkorrigierend
- 7 - programmadaptierend
- 8 - programmgenerierend

Mit der an sechster Stelle stehenden, der Nummernsicherung dienenden, Ziffer ergibt sich eine sechsstellige, klassifizierende Nummer, die die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale qualitätssichernder Einrichtungen enthält.

5.7 Schutzeinrichtungen

Die Besonderheiten der Industrieroboterkinematik erfordern spezifische Schutzeinrichtungen um Bedienpersonal, Maschinen und Gebäudeteile zu schützen.

Wie schon in Kapitel 2.3.6 erwähnt, soll im Rahmen dieser Ausarbeitung nur auf technische Maßnahmen und nicht auf die organisatorischen eingegangen werden.

Unterscheidungs- und Klassifizierungsmerkmale der Schutzeinrichtungen sind die technische Ausführung, die Art der Überwachung und die Bestandteile.

5.7.1 Technische Ausführung der Schutzmaßnahmen

Bei den technischen Maßnahmen unterscheidet man mechanische, elektrische, elektromagnetische, elektronische Schutzeinrichtungen, sowie Druckluftsensoren. /9/

Diese werden wie folgt an zweiter Stelle der Nummer aufgeschlüsselt.

- | | | |
|--|---|----------------|
| - 1 - Gitter, Zäune, Verkleidungen o.ä. | } | mechanisch |
| - 2 - überwachte Türen | | |
| - 3 - sonstige mechanische Einrichtungen | | |
| - 4 - Kontakte, Schalter | } | elektrisch |
| - 5 - Notausschaltungen | | |
| - 6 - sonstige elektrische Einrichtungen | | |
| - 7 - Kontaktmatten o.ä. | } | el.-magnetisch |
| - 8 - Verriegelungen | | |
| - 9 - Schließeinrichtungen | | |
| - A - sonstige el.-mag. Einrichtungen | } | elektronisch |
| - B - Lichtschranken | | |
| - C - Ultraschallanlagen | | |
| - D - Infrarotanlagen | } | elektronisch |
| - E - Videoanlagen | | |
| - F - andere elektronische Einrichtungen | | |

5.7.2 Bereiche der Überwachung

An dritter Stelle der Nummer wird der Überwachungsbereich der sicherheitstechnischen Einrichtungen definiert.

3. Stelle Überwachung:

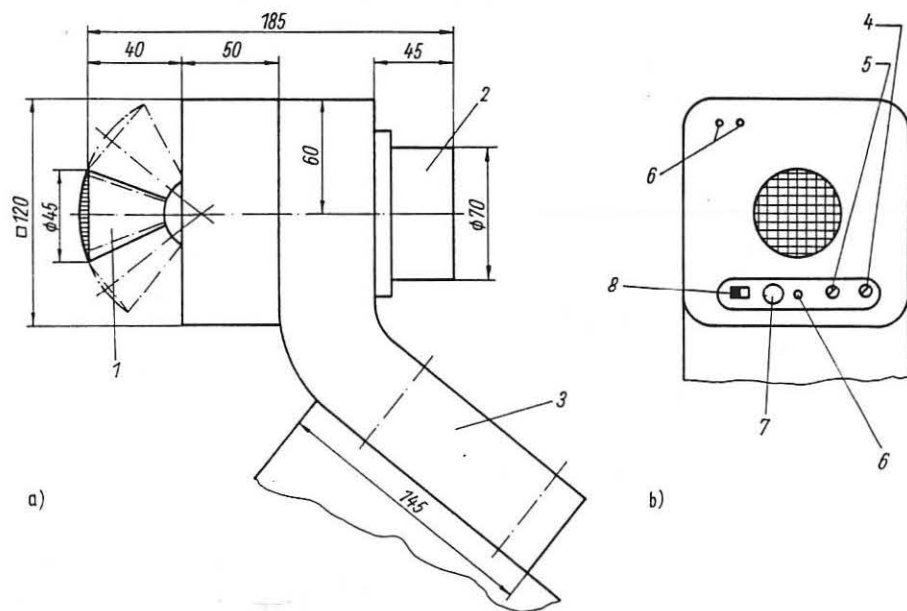
- 1 - des Bewegungsablaufes
- 2 - des Kollisionsraumes
- 3 - der Arbeitsgeschwindigkeit
- 4 - des Programmablaufes
- 5 - Simulation des Programmablaufs

Ebenso wie in den vorangegangenen Kapiteln wird auch hier an letzter Stelle der Nummer die jeweilige Ziffer zur Absicherung angefügt.

5.7.3 Beispiel für eine Schutzeinrichtung

Am Beispiel eines Ultraschallsensors wird hier noch einmal die Klassifizierung verdeutlicht. Es handelt sich hierbei um die Ultraschalleinrichtung Typ EA 2021 der Firma National, Japan.

Dieser Sensor arbeitet in einem einstellbaren Bereich von ein bis drei Metern, wobei wahlweise die Bewegung des Roboters berücksichtigt werden kann. /8/



a) Gerät; b) Bedientafel
1 Schallquelle mit Schalltrichter; 2 akustischer Signalgeber; 3 Befestigungswinkel; 4 Spannungsregler; 5 Reichweiteinstellung (1 bis 3 m); 6 Kontrollleuchte; 7 Umschalter; 8 Ein-Aus-Schalter

Bild 5.7.3.1 Ultraschallschutzeinrichtung (Hesse)

Klassifizierung:

1. Stelle: Element der Industrieroboterperipherie
 5 = Sicherheitstechnische Einrichtung
2. Stelle: Technische Ausführung
 C = Ultraschallanlage
3. Stelle: Bereich der Überwachung
 2 = Kollisionsraumüberwachung
4. Stelle: Sicherung der Nummer
 5

6. Zusammenfassung und Fazit

Zum Abschluß dieser Arbeit bleibt zu beurteilen, in wieweit die in der Aufgabenstellung geforderten Ziele erreicht werden konnten.

Dazu dient das folgende Bild, in dem die Anforderungen an Nummern und Nummernsysteme zusammenfassend dargestellt sind.



Bild 6.1 Anforderungen an ein Nummernsystem (Pfeifer)

Die manuelle und maschinelle Anwendung der Nummer ist gewährleistet, da die einzelnen Kennzahlen nach einer, für die jeweiligen Geräteklassen einheitlichen, Systematik zugeordnet werden. Die Kennzahlen lassen sich einfach und eindeutig in maschinenlesbare Codes umwandeln. Die Grenzen für einen systematischen Aufbau der klassifizierenden Nummer zeigten sich bei der Einordnung der Peripheriegeräte. Hier ist es sinnvoller im Sinne der Übersichtlichkeit, ein verzweigtes Nummernsystem zu verwenden, was zu einer unterschiedlichen Klassifizierungssystematik der fünf Hauptgruppen führt.

Die Industrieroboterklassifizierung führte zu einer 14-stelligen Nummer, die die Punkte: leichte Erfassbarkeit, Einprägsamkeit und Übersichtlichkeit in der manuellen Handhabung nur beschränkt erfüllt.

Hier wird zugunsten der einheitlichen Systematik und der einfachen Erweiterbarkeit ein ausschließlich paralleles Nummernsystem verwendet, das ohne großen Aufwand und Umstellung um andere klassifizierende Merkmale erweitert werden kann.

Da die hauptsächliche Anwendung des Klassifizierungssystems über elektronische Datenverwaltung geschieht, ist die hohe Stellenzahl zugunsten der höheren Datenspeichermenge und Auflösung zu vertreten.

Die Schreib- und Lesefehlersicherheit wird ausreichend durch die Einführung einer Prüfziffer gewährleistet. Durch diese werden Fehler zu 99% entdeckt und können behoben werden. Das in Kapitel 3 beschriebene "erweiterte Modulo 11" - Prüfverfahren erlaubt durch seinen eindeutigen Algorithmus einen Einsatz in der Datenverarbeitung.

Das zunehmende Angebot an Industrierobotern und Peripheriegeräten führt zu Schwierigkeiten in der Planung und Auswahl zeitgemäßer Fertigungsstätten.

Die Klassifizierung erlaubt eine EDV-gerechte Bearbeitung und Verwaltung in Datenbanksystemen und die Einbindung in CA-Prozesse.

Durch das (in dieser Arbeit nicht behandelte) Einbinden eines identifizierenden Teils wird aus der klassifizierenden Nummer eine identifizierende, die eine eindeutige Zuordnung eines Gerätes erlaubt.

7. Literaturverzeichnis

7.1 Literaturverzeichnis

- /1/ Kreis, W.; Skript zur Vorlesung Handhabungstechnik I, II; Lehrstuhl für Maschinengestaltung und Handhabungstechnik Universität Dortmund; 3. Auflage 1987
- /2/ Warnecke, H.-J. u. Schraft, R.D.; Industrieroboter: Handbuch für Industrie und Wissenschaft; Springer, 1989
- /3/ Schraft, R.D.; Industrierobotertechnik: Einführung und Anwendung; Expert-Verlag; 1990 2. Auflage
- /4/ VDI-Richtlinie 2860 (Entwurf); Montage- und Handhabungstechnik. Handhabungsfunktionen, Handhabungseinrichtungen, Begriffe, Definitionen, Symbole.
- /5/ Schweizer, M.; Taktile Sensoren für programmierbare Handhabungsgeräte; Krauskopf-Verlag; 1978
- /6/ VDI Berichte 598; Steuerung und Regelung von Robotern; VDI Verlag
- /7/ Volmer, M.; Industrieroboter Entwicklung; Hüthig Verlag, Heidelberg 1984
- /8/ Hesse, S.; Industrieroboterperipherie; Hüthig Verlag, Heidelberg; 1. Auflage 1990
- /9/ Nagel, C., Drees, W.; Kenngrößen für Industrieroboter; Seminarvortrag MGH Universität Dortmund 1991
- /10/ Kunerth, W., Werner, G.; EDV-gerechte Verschlüsselung Grundlagen und Anwendung moderner Nummernsysteme; Forkel Verlag, Stuttgart; 1974
- /11/ Hahn, R., Kunerth, W., Roschmann, G.; Handbuch der Rationalisierung -Die Teileklassifizierung; Industrieverlag, Heidelberg 1970
- /12/ VDI-Richtlinie 2861; Kenngrößen von Industrierobotern

- /13/ DIN 6763; Nummerungstechnik

- /14/ Gerlach, H.; Script zur Vorlesung "Grundlagen der Fabrikorganisation"; Lehrstuhl für Fabrikorganisation; Universität Dortmund; 1987

- /15/ Eberlein, G.; Die automatische Nummernprüfung; Forkel-Verlag; Stuttgart 1983

- /16/ Warnecke, Schraft; IR-Katalog

- /17/ Herrig, D., u.a.; Industrieroboterfibel; Berlin; VE Kombinat Datenverarbeitung 1984

- /18/ Bardesleben, K.; Methode zur Klassifizierung von Vorrichtungen; RKW-REFA

- /19/ Kreis, W.; Script zum Oberstufenlabor; Lehrstuhl für Maschinengestaltung und Handhabungstechnik; Universität Dortmund; 1988

- /20/ Jünnemann, R.; Förder und Lagertechnik; Vorlesungsscript, Universität Dortmund 1990

- /21/ Pfeifer, T.; VWD Forschungsberichte; Erarbeitung eines Verbandsspezifischen QS-Leitfadens; IPT Aachen 1991

- /22/ Cronjäger, L.; Automatisierungstechnik; Vorlesungsscript; Universität Dortmund 1989