

Fernstudium

Industrial Engineering und Management

Produktion

Produktionsautomatisierung

Kurseinheit 94B

Industrielle Robotik

Prof. Dr.-Ing. Stefan Dreher



Basismaterial: Dipl.-Ing. Jörg Bartenschlager

© Alle Rechte vorbehalten; Vervielfältigungen sind nicht gestattet!

**Berliner Hochschule für Technik (BHT), Fernstudieninstitut
Luxemburger Straße 10, 13353 Berlin, (030) 45 04 6000**

<http://www.bht-berlin.de/fsi>



Gliederung der Lerneinheiten

1	Automatisierung durch den Einsatz von Handhabungseinrichtungen	3
1.1	Grundlagen.....	3
1.2	Funktionen des Handhabens.....	6
1.3	Handhabungseinrichtungen.....	8
1.3.1	Manipulatoren	10
1.3.2	Balancer und Universalmanipulatoren.....	10
1.3.3	Einlegegeräte	12
1.3.4	Industrieroboter.....	13
2	Aufbau und Eigenschaften der Industrieroboter	15
2.1	Historie des Robotereinsatzes in der Produktion.....	15
2.2	Definitionen des Industrieroboters	16
2.3	Systemkomponenten eines Industrieroboters	18
2.4	Kenngößen eines Industrieroboters.....	20
2.4.1	Mechanische Systemgrenzen	21
2.4.2	Raumaufteilung.....	21
2.4.3	Belastungskenngrößen	22
2.4.4	Kinematische Kenngrößen.....	24
2.4.5	Genauigkeitskenngrößen.....	27
2.5	Bauformen von IR.....	28
2.5.1	SCARA	29
2.5.2	Portal	30
2.5.3	Delta	31
2.5.4	Knickarm	32
2.6	Einsatzbereiche und Anwendungsbeispiele von Industrierobotern	33
3	Roboter-Steuerung	39
3.1	Steuerungskomponenten einer automatisierten Station.....	39
3.2	Koordinatensysteme und –transformationen.....	46
3.3	Steuerungsarten der Industrieroboter	52
3.3.1	Punktsteuerung.....	54
3.3.2	Multipunktsteuerung	55
3.4	Programmierung von Industrierobotern	61
3.4.1	Verfahren zur Roboterprogrammierung	62
4	Planung einer Produktionsautomatisierung am Beispiel	67
4.1	Grobspezifikation der Automatisierungslösung.....	67

Industrial Engineering und Management

4.1.1	IST-Analyse und Lastenheft erstellen	67
4.1.2	Pflichtenheft erstellen	69
4.2	Feinspezifikation für eine Roboterzelle	69
4.2.1	Spezifikation der Kommunikation	70
4.2.2	Teilsysteme eines Effektors am Beispiel Greifer	72
4.2.2.1	Das Trägersystem (Flansch)	74
4.2.2.2	Das Antriebssystem	75
4.2.2.3	Das kinematische System	77
4.2.2.4	Das Wirk- bzw. das Haltesystem	77
4.2.2.5	Das Steuerungs- und Sensorsystem	77
4.2.2.6	Das Schutzsystem	78
4.2.3	Gestaltung eines Effektors am Beispiel Greifer	79
4.2.3.1	Auswahl des Wirkprinzips	80
4.2.3.2	Spezifikation der Wirkorgane	83
4.2.3.3	Einsatz anpassbarer Greifereinrichtungen	83
4.2.3.4	Greiferwechselsysteme	84
4.2.4	Umsetzung für die Kaffeekanne	86
4.2.6	Steuerungsprogrammierung am Beispiel	88
4.3	Übungsaufgaben	92
	Abbildungsverzeichnis	93
	Tabellenverzeichnis	98
	Sachwortverzeichnis	99

1 Automatisierung durch den Einsatz von Handhabungseinrichtungen

Lernziele

Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollen Sie:

- Den Begriff Handhaben definieren und im Bereich der Fertigungstechnik einordnen können.
- Die Begriffe Ordnungszustand, Positionsgrad und Orientierungsgrad eines starren Körpers erläutern können.
- Die grundlegenden Teilfunktionen des Handhabens kennen
- Die Gliederung der Bewegungseinrichtungen erläutern können.
- Verschiedene Handhabungseinrichtungen und deren Einsatzgebiete beschreiben können

1.1 Grundlagen

Ein wichtiger Teil des Automatisierens ist das Handhaben. Dabei gilt es, im Kontext der Automatisierung zwischen den beiden Anwendungsarten „**Handhaben von Werkstücken**“ und „**Handhaben von Werkzeugen**“ zu unterscheiden. Im ersten Fall geschieht in der Regel keine Wertschöpfung, da die im Produktionsprozess befindlichen Teile oder Baugruppen lediglich transportiert oder positioniert werden. Die Anwendungsart „**Handhaben von Werkzeugen**“ wird in der Regel durch Industrieroboter ausgeführt. Im Kapitel PA C 1.2.2 „Teilsysteme von Endeffektoren“ wird hierauf später noch vertieft eingegangen. Schauen wir uns zunächst kurz einige wesentliche Grundlagen des Handhabens an, die zum Verständnis der industriell eingesetzten Geräte und Roboter notwendig sind.

Unter Handhaben versteht die VDI-Richtlinie 2860 *das Schaffen, definierte Verändern oder vorübergehende Aufrechterhalten einer vorgegebenen räumlichen Anordnung von geometrisch bestimmten Körpern.*

Die räumliche Anordnung eines starren Körpers ergibt sich aus seinen sechs Freiheitsgraden, die er im Raum hat. Es handelt sich hierbei um drei translatorische Freiheitsgrade (z. B. x-, y- und z- Koordinate seines Schwerpunktes), als Position eines Körpers bezeichnet, und drei rotatorische Freiheitsgrade (z. B. Rotationen um die x- bzw. y- bzw. z-Achse), als Orientierung eines Körpers bezeichnet.

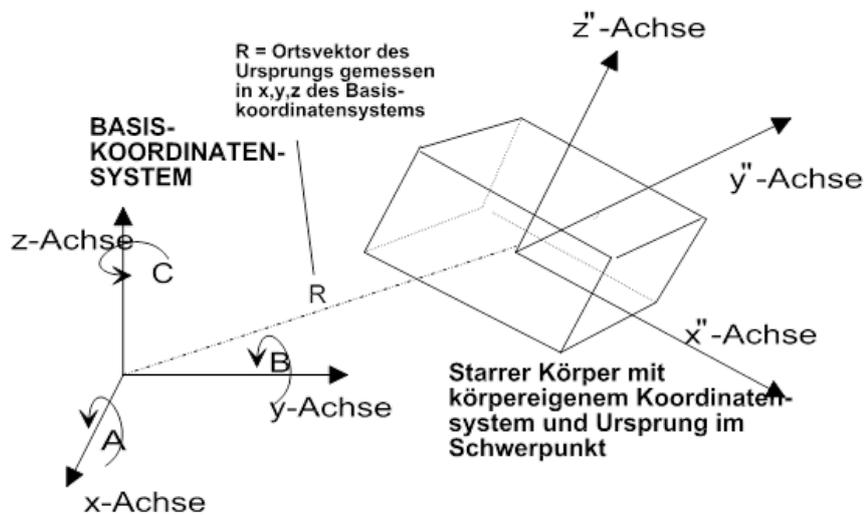


Bild 1: Translatorische und rotatorische Freiheitsgrade im Raum

Der zu handhabende Körper wird durch das **körpereigene Koordinatensystem** beschrieben. Der Ursprung des Koordinatensystems ist frei wählbar; er wird aber sinnvollerweise meistens im Schwerpunkt, an Kanten oder an Symmetrielinien gewählt. Bei Bewegungen des zu handhabenden Körpers im Raum wird dieses Koordinatensystem mitbewegt. Bewegungen eines Körpers von einer Ausgangslage in eine Endlage lassen sich, bei bekannter Ausgangsposition und -orientierung, eindeutig als Beträge der Verschiebungen entlang der Achsen des Basiskoordinatensystems und Winkelbeträge der Drehungen um diese Achsen beschreiben. Aus diesen Betrachtungen resultieren wichtige Kenngrößen zur Beschreibung von Handhabungsaufgaben.

Unter dem **Positionsgrad PG** versteht man die Anzahl der drei translatorischen Freiheitsgrade eines starren Körpers, die bekannt sind. Unter dem **Orientierungsgrad OG** versteht man die Anzahl der drei rotatorischen Freiheitsgrade eines starren Körpers, die bekannt sind.

Tabelle 1: Positions- und Orientierungsgrad von Körpern

Positionsgrad		Orientierungsgrad	
PG	Erläuterung	OG	Erläuterung
3	Ursprung des körpereigenen Koordinatensystems in allen drei Achsrichtungen x, y und z bzgl. des Basiskoordinatensystems bekannt	3	Orientierung des starren Körpers in allen drei Rotationsachsen bestimmt
2	Ursprung des körpereigenen Koordinatensystems in zwei von drei Achsrichtungen bzgl. des Basiskoordinatensystems bekannt	2	Orientierung des starren Körpers in zwei von drei Rotationsachsen bestimmt
1	Ursprung des körpereigenen Koordinatensystems in einer von drei Achsrichtungen des Basiskoordinatensystems bekannt	1	Orientierung des starren Körpers in einer von drei Rotationsachsen bestimmt
0	Position des Ursprungs des körpereigenen Koordinatensystems unbekannt	0	Orientierung des starren Körpers unbekannt

Fast man die beiden oben beschriebenen Kenngrößen zusammen, so erhält man den **Ordnungszustand OZ** eines Körpers:

$$\mathbf{OZ = OG / PG}$$

Diese Kenngröße gibt an, in wie vielen von sechs (3 OG und 3 PG) möglichen Raumfreiheitsgraden ein Körper bestimmt ist.

Beispiele: **OZ = 0/0** Körper ist völlig ungeordnet im Raum, z. B. Werkstücke in einem Bunker

0/0 < OZ < 3/3 Körper befindet sich teilgeordnet im Raum, z. B. haben Sprudelflaschen in einem Kasten
OZ = 2/3, wenn sie beliebig – auf die Ausrichtung des Etikettes bezogen – im Kasten stehen; ein Würfel mit **OZ = 1/2** liegt auf einer Ebene beliebig gedreht.

OZ = 3/3 völlig geordnet im Raum; d. h. Position und Orientierung des Körpers sind bekannt, z. B. Werkstück eingespannt auf Frästisch

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Unterschied zwischen Handhaben und Fördern/Lagern darin besteht, dass beim Handhaben zusätzlich immer die Orientierung des Körpers eine Rolle spielt; d. h. der Ordnungszustand OZ muss größergleich Eins sein. Somit kann sich Handhaben nur auf geometrisch bestimmte Körper beziehen, während Lagern/Fördern auch geometrisch unbestimmte (z. B. Gase, Flüssigkeiten) einschließt.

Mit dem Ziel einer Automatisierung von Handhabungsvorgängen (also sowohl Werkstück- als auch Werkzeughandhabung) ist es von elementarer Bedeutung, im ersten Schritt die für den relevanten Bereich notwendigen Funktionen des Handhabens zu ermitteln. Der relevante Bereich kann dabei eine Fräsmaschine sein, an der ein automatisiertes Einlegen und Entnehmen von Teilen realisiert werden soll oder auch eine gesamte Rohbaulinie zur robotergestützten Herstellung von Automobilkarosserien. Die Entwickler und Planer derartiger Automatisierungslösungen bedienen sich daher gerne einer Klassifizierung der Handhabungsfunktionen.

1.2 Funktionen des Handhabens

Nach VDI 2860 gliedert sich das Handhaben in fünf Teilfunktionen wobei sich diese Teilfunktionen (außer dem Speichern) aus sieben Elementarfunktionen zusammensetzen. Aus diesen Elementarfunktionen können dann andere Funktionen zusammengesetzt werden.

Tabelle 2: Teil-, Elementar- und zusammengesetzte Funktionen des Handhabens

TEILFUNKTIONEN				
Speichern	Mengen verändern	Bewegen	Sichern	Kontrollieren
ELEMENTARFUNKTIONEN				
	Teilen Vereinigen	Drehen Verschieben	Halten Lösen	Prüfen
ZUSAMMENGESetzte FUNKTIONEN				
<ul style="list-style-type: none"> ▶ geordnetes Speichern ▶ teilgeordnetes Speichern 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Abteilen ▶ Zuteilen ▶ Verzweigen ▶ Zusammenführen ▶ Sortieren 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Schwenken ▶ Orientieren ▶ Positionieren ▶ Ordnen ▶ Führen ▶ Weitergeben 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Spannen ▶ Entspannen 	Prüfen auf: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Anwesenheit ▶ Identität ▶ Form ▶ Größe ▶ Farbe ▶ Gewicht ▶ Position