



Leseprobe

Stefan Hesse

Grundlagen der Handhabungstechnik

ISBN (Buch): 978-3-446-44432-4

ISBN (E-Book): 978-3-446-44855-1

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44432-4>

sowie im Buchhandel.

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>5</b>
<b>Vorwort zur 4. Auflage</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Bedeutung und Entwicklung</b> .....	<b>11</b>
1.1 Einführung .....	12
1.2 Geschichtlicher Rückblick .....	17
1.3 Handhabungstechnik im Produktionssystem .....	25
<b>2 Handhabungsobjekte</b> .....	<b>40</b>
2.1 Gliederung und Merkmale .....	40
2.2 Werkstückordnungen .....	45
2.3 Werkstückverhalten .....	54
2.3.1 Fallbewegung .....	57
2.3.2 Rollbewegung .....	62
2.3.3 Gleitbewegung .....	66
2.3.4 Kippbewegung .....	73
2.3.5 Wendebewegung .....	76
2.3.6 Hängefähigkeit .....	79
2.3.7 Posenstabilität .....	80
2.4 Handhabungsgerechte Werkstückgestaltung .....	81
2.5 Montagegerechte Gestaltung .....	90
<b>3 Handhabungsvorgänge</b> .....	<b>98</b>
3.1 Funktionen und Sinnbilder .....	98
3.2 Aufstellen von Funktionsplänen .....	104
3.3 Zeitmanagement .....	107
<b>4 Funktionsträger und Zuführeinrichtungen</b> .....	<b>109</b>
4.1 Gliederung und Lösungswege .....	110
4.2 Speichereinrichtungen .....	111
4.2.1 Bunker .....	113
4.2.2 Stapleinrichtungen .....	131
4.2.3 Magazine .....	142

4.3	Einrichtungen zum Mengen verändern	169
4.3.1	Zuteilen	170
4.3.2	Verzweigen und Zusammenführen	194
4.3.3	Sortieren	197
4.4	Einrichtungen zum Bewegen	201
4.4.1	Lineareinheiten	201
4.4.2	Schwenkeinheiten	213
4.4.3	Dreheinheiten	217
4.4.4	Auslegung von Positionierachsen	218
4.4.5	Einlegeeinrichtungen	223
4.4.6	Portaleinheiten	249
4.4.7	Ordnen	252
4.4.8	Positionieren	272
4.4.9	Weitergeben	278
4.4.10	Schwingfördertechnik	307
4.5	Einrichtungen zum Sichern	334
4.5.1	Werkstückaufnahmen	335
4.5.2	Greifer	340
4.5.3	Greiferwechseinrichtungen	362
4.5.4	Greifen von Kleinstteilen	365
4.5.5	Spanneinrichtungen	367
4.6	Kontrolleinrichtungen	370
4.7	Bandzuführung	377
4.8	Drahtzuführung	387
4.9	Schraubenzuführung	390
4.10	Kontinuierliche Werkstückzuführung	398
4.11	Auswahl von Funktionsträgern	400
4.12	Langguthandhabung	411
4.12.1	Stangenlademagazine	411
4.12.2	Rohr- und Stangenzuführung	413
4.13	Hochgeschwindigkeitshandhabung	414

## **5 Flexible Handhabungstechnik** 418

5.1	Handgeführte Manipulatoren	418
5.1.1	Aufgaben und Verordnung	419
5.1.2	Funktionen und Baugruppen	419
5.1.3	Antrieb	426
5.1.3.1	Fluidantrieb	426
5.1.3.2	Elektroantrieb	428
5.1.4	Gelenkbremmung	429
5.1.5	Standsicherheit von Säulengeräten	430
5.1.6	Greifer und Lastaufnahmemittel	431
5.2	Roboterassistent	433
5.2.1	Definition und Einordnung	433
5.2.2	Funktionsprinzip	434
5.2.3	Anwendung	437

5.3	Industrieroboter .....	437
5.3.1	Koordinatensysteme .....	441
5.3.2	Bewegungssteuerung und -beschreibung .....	443
5.3.2.1	Vektordarstellung .....	445
5.3.2.2	Frame-Konzept .....	447
5.3.2.3	Beschreiben von Drehungen .....	448
5.3.2.4	Koordinatentransformation .....	449
5.3.2.5	DENA-VIT-HARTENBERG-Konvention .....	452
5.3.3	Roboterkinematik .....	453
5.3.4	Programmiertechniken .....	459
5.4	Flexible Werkstückbereitstellung .....	462
<b>6</b>	<b>Transfersysteme .....</b>	<b>471</b>
6.1	Verkettung von Arbeitsmitteln .....	473
6.2	Weitergabe- und Werkstückträgersysteme .....	480
6.3	Werkstückträger .....	493
6.4	Werkstückträger-Schnelleinzug .....	505
6.5	Werkstückträgerführung .....	507
<b>7</b>	<b>Zuführen von Fluiden und Schüttgut .....</b>	<b>516</b>
7.1	Stellen von Stoffströmen .....	516
7.2	Zuführen von Schüttgut .....	522
<b>8</b>	<b>Sicherheitstechnische Anforderungen .....</b>	<b>532</b>
8.1	Gefährdungspotenzial .....	532
8.2	Schutzeinrichtungen und Maßnahmen .....	535
8.3	Lärminderung an Handhabungseinrichtungen .....	543
8.3.1	Stoß- und Schleifgeräusche .....	544
8.3.2	Fallgeräusche .....	545
8.3.3	Schwingungen .....	546
8.4	Robotereinsatz ohne trennende Schutzeinrichtungen (OTS) .....	548
<b>9</b>	<b>Störungen im Werkstückfluss .....</b>	<b>552</b>
<b>10</b>	<b>Vermeidung von Handhabungsschäden .....</b>	<b>557</b>
<b>11</b>	<b>Blechteile automatisch handhaben .....</b>	<b>561</b>
11.1	Funktionskette in der Blechbearbeitung .....	561
11.2	Kompakte Pressenverkettung .....	562
11.3	Platinenzuführvorrichtungen .....	567
11.4	Zuführen von Dünnblechen .....	571

<b>12</b>	<b>Handhabungstechnik beim Gesenkschmieden .....</b>	<b>574</b>
	<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>577</b>

Übungsaufgaben, Kontrollfragen sowie Literatur und Quellen finden sich am Ende des jeweiligen Hauptkapitels.

### **Auf der CD vorhandene Kapitel und Ergänzungen**

*Antworten zu den Kontrollfragen*

*Lösungen zu den Übungsaufgaben*

*Videos*

*Ausgewählte Fachartikel (aus der Zeitschrift handling)*

*Anhang I: Sinnbilder zur Darstellung von Handhabungsabläufen nach der VDI-Richtlinie 2860*

*Anhang II: Sinnbilder für Greifer*

*Anhang III: Normen und Richtlinien zur Maschinensicherheit (Auswahl)*

*Anhang IV: Orientierungshilfen bei der Zuführung von Kleinteilen mit dem Vibrationswendelbunker*

*Wörterbuch Deutsch - Englisch*

*Illustriertes Wörterbuch Englisch - Deutsch*

# 5

## Flexible Handhabungstechnik

Flexibilität ist die Eigenschaft eines Systems, insbesondere eines Fertigungssystems, gegenüber wechselnden Anforderungen bzw. Aufgaben in allen seinen Teilsystemen selbstanpassungsfähig zu sein. Die Flexibilität der direkt mit den Werkstücken in Kontakt tretenden Komponenten wie Greifer, Spannvorrichtungen, Werkstückaufnahmen und Magazine lässt sich nicht beliebig steigern, insbesondere nicht zu vertretbaren Kosten. Ein Greifer ist z. B. flexibel, wenn er nacheinander ohne Umbau geometrisch unterschiedliche Werkstücke mit angepasster Greifkraft anfassen kann. Oft ist man deshalb auch schon dann zufrieden, wenn die Anpassung noch geringer manueller Nachhilfe bedarf. Technisch gesehen hat die manuell zu bedienende Universalmaschine aus der Sicht der Handhabung eine sehr große Flexibilität. Das ist technisch nur schwer nachvollziehbar.

Man kann verschiedene Arten von Flexibilität unterscheiden:

- **Funktionsflexibilität:** Durch einfaches Umrüsten können unterschiedliche Handhabungsfunktionen ausgeführt werden.
- **Objektflexibilität:** Ein möglichst großes Teilespektrum kann ohne große Umrüstzeiten mit dem gleichen Gerät zugeführt werden.
- **Störungsflexibilität:** Sie ist gegeben, wenn eine Störung bzw. eine Werkstückfehlerorientierung automatisch behoben wird und der Werkstückfluss keine Unterbrechung erleidet.

Die technischen Mittel um flexibel zu sein, sind freiprogrammierbare Handhabungseinrichtungen, Revolvergreifer oder Mehrfinger-Gelenkgreifer, Effektorwechseleinrichtungen, maschinelle Sichtsysteme (*machine vision*), freiprogrammierbare Werkstückbereitstellungssysteme sowie werkstückneutrale Förder-, Lager- und Umsetzeinrichtungen. Auf einige Komponenten soll eingegangen werden.

### ■ 5.1 Handgeführte Manipulatoren

Handhabungseinrichtungen zur Mechanisierung von Hebe- und Umsetzvorgängen, die auch als Balancer, Lastarmmanipulator und Ausgleichsheber bezeichnet werden, setzt man seit etwa 40 Jahren vermehrt in Industrie, Handwerk und Bauwesen ein und entwickelt sie auch ständig weiter. Sie schließen die Technisierungslücke zwischen Roboter und Handarbeit.

**Balancer:** Direkt handgesteuerter bzw. bewegter Manipulatorarm (*manually controlled manipulator*), bei dem eine anhängende Last im Moment der Lastaufnahme automatisch oder nach manueller Voreinstellung gegen die Schwerkraft in einen Schwebezustand versetzt wird. Der Balancer ist in seiner Bewegung nicht vorprogrammierbar. Er ist niemals schneller als der Mensch.

### 5.1.1 Aufgaben und Verordnung

Industriegesellschaften unterliegen heute einem schnellen Wechsel in der Arbeitswelt. Viele körperlich schwere Arbeiten wurden inzwischen auf die Maschine (den Roboter) übertragen. Kleine Stückzahlen und komplizierte Bewegungsabläufe haben zur Entwicklung und zum Einsatz handgeführter Manipulatoren beigetragen. Ein wesentlicher Ansatzpunkt sind jedoch auch ergonomisch optimale Arbeitsbedingungen. Körperliche Überlastungen führen z. B. zu Wirbelsäulenschäden und manuelles Handhaben und Transportieren ist oft auch die Ursache für viele Verletzungen an Fingern und Extremitäten. Aus nicht bewältigten Anforderungen ergeben sich die in Tab. 5.1 aufgezeigten Zusammenhänge [5.1].

**Tabelle 5.1** Verschiedene Einflüsse haben negative Folgen auf die Einsatzfähigkeit von Arbeitskräften

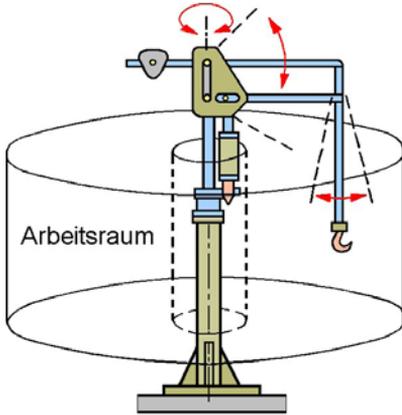
Ursachen, Einflüsse		Wirkungen		Folgen
<b>physische Belastung</b>		Beschwerden		Fehlzeiten
- Handhabung von Lasten		Beeinträchtigungen		Fluktuation
- Vibrationen		Schädigungen		Leistung
- Körperhaltung und -bewegung				Qualität
- muskuläre Aktivierung				Sicherheit
<b>psychosoziale Belastung</b>				

Die zumutbare Last für manuelles Heben und Tragen ist für Männer und Frauen unterschiedlich und sie hängt auch von der Häufigkeit des Handhabens je Zeiteinheit ab. Um gesundheitliche Schäden abzuwenden, wurde 1996 eine Verordnung zur manuellen Handhabung von Lasten erlassen [5.2]. Danach muss der Arbeitgeber Sorge tragen, dass die Mitarbeiter möglichst keine schweren Lasten von Hand bewegen müssen, sondern ihnen dafür technische Hilfen, wie z. B. der Manipulator, zur Verfügung stellen. Ein ergonomisch gestalteter Arbeitsplatz ist somit in den Ländern der EU einklagbar.

### 5.1.2 Funktionen und Baugruppen

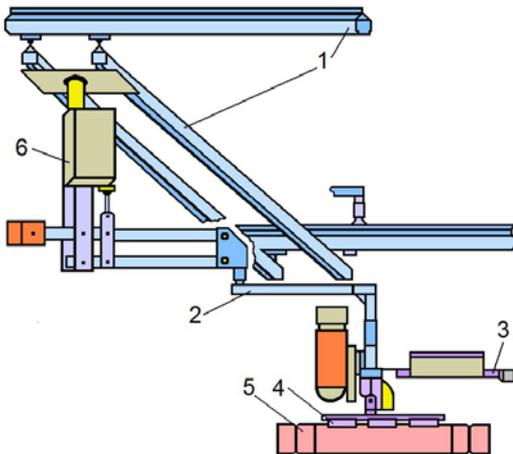
Es gibt viele Ausführungen von Manipulatoren, die mehr oder weniger bestimmten Anwendungsfällen angepasst sind. Die Verwendung betrifft das Heben, Umsetzen von Lasten, Verlegen von Platten, Palettieren, Verpacken großformatiger Gegenstände und Montieren, wie z. B. die Cockpitmontage in der Automobilindustrie.

Die Hauptbestandteile eines Manipulators sind Kinematik (Arm, Gelenke, Führungen), Endeffektor (Lastaufnahmemittel, Greifer), Gleichgewichtssteuerung, Hand- und Fahrachsenantriebe sowie Sensoren (Wägezellen). Eine einfache ursprüngliche Manipulatorbauform ist der Standsäulenmanipulator mit kreisförmigem Arbeitsraum, wie er in Bild 5.1 als Beispiel gezeigt wird. Mit Bauteilen aus Carbon, z. B. für Auslegerarme, kann man die mitbewegten „Totmassen“ noch erheblich reduzieren und so das dynamische Verhalten des Systems verbessern.



**Bild 5.1** Stufenlose Bewegungsmöglichkeiten im Arbeitsraum beim manuell geführten Standsäulenmanipulator

Weitere Bauformen sind maschinenintegrierte Manipulatoren (selten), die z. B. an Werkzeugmaschinen für das Handhaben schwerer Maschinenwerkzeuge (Fräsköpfe, Schleifscheiben) und Werkstücke bzw. Produkte eingesetzt werden können oder auch mobile Geräte auf einer unterfahrbaren Transportplattform. Wegen des sich ergebenden großen Arbeitsraumes sind Fahrständermanipulatoren oder Manipulatoren, die an einem  $x$ - $y$ -Deckenlaufwerk fahren, besonders vorteilhaft einsetzbar. Das Bild 5.2 zeigt ausschnittsweise ein solches Handhabungsgerät.



**Bild 5.2** Deckenverfahrbare Manipulator (Teilansicht).

- 1 Leichtlaufschiene, 2 Auslegergelenkarm,
- 3 Führungs- und Steuergriff,
- 4 Saugergreifer, 5 Greifobjekt,
- 6 Gewichtskraftausgleich

Für diese Ausführung soll an einem Beispiel die Auswahl der Deckenlaufschienen gezeigt werden. Der Hubauslegerarm soll an einer Zweiträgerbrücke befestigt und in der Fläche verfahrbar sein. Die Schwerkraft wird pneumatisch kompensiert. Das Bild 5.3 zeigt den Aufbau des Schienensystems. Der Bediener fasst am Handgriff an und verschiebt die Last mit geringer Handkraft zu einer Zielposition. Die Last kann je nach Ausstattung mit mechanischen oder fluidischen Greifern aufgenommen werden. Manchmal sind auch spezielle Lastaufnahmemittel einzusetzen.

### Ausgangsdaten für das Beispiel

Hubmasse (Last)  $F_1 = 250 \text{ kg}$

Eigenmasse des Hubarmes  $F_2 = 42 \text{ kg}$

Eigenmasse Fahrwerksträger mit Fahrwerk  $F_3 = 38 \text{ kg}$

Damit wird mit Gl. 5.1 die Belastung  $F$  des Systems auf einer Laufschienenseite

$$F = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{2} = \frac{250 + 42 + 38}{2} = 165 \text{ kg} \quad (5.1)$$

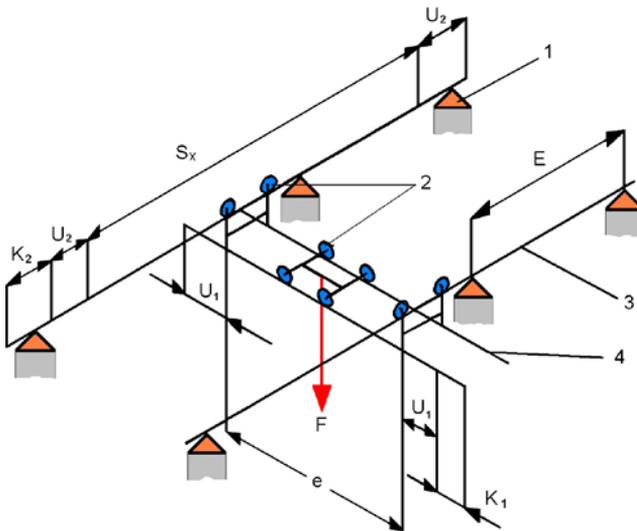
Weitere Vorgaben betreffen den Arbeitsraum

Querfahrweg  $S_y = 3000 \text{ mm}$

Überstand an der Querschiene  $U_1 = 210 \text{ mm}$

Zusatzlänge für Kabelwagen (Schleppkabel)  $K_1 = 170 \text{ mm}$

Spurmittenabstand ( $e = S_y + 550$ )  $e = 3550 \text{ mm}$



**Bild 5.3** Portalfahrwerk mit Zweiträgerbrücke.

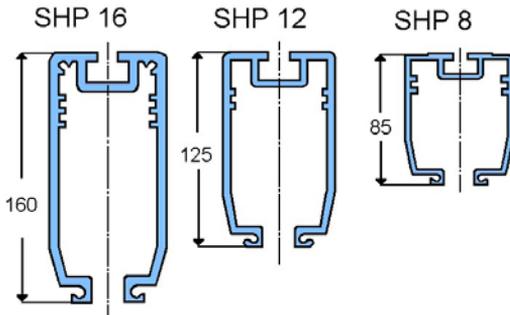
1 Stütze, Auflager, 2 Fahrwerk, 3 Längsweg-Schiene, 4 Zweiträgerbrücke, Lastangriff mittig

Damit wird, wie die Gl. 5.2 zeigt, die benötigte Querschienenlänge  $L_1$ :

$$L_1 = e + 2 \cdot U_1 + K_1 = 3550 + 2 \cdot 210 + 170 = 4140 \text{ mm} \quad (5.2)$$

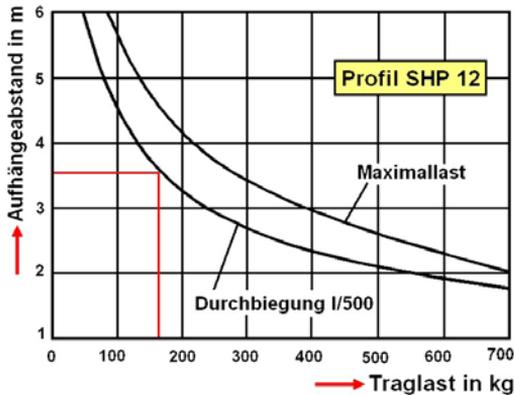
Welches Querschienenprofil muss man nun auswählen?

Die für das Beispiel verfügbaren Profile werden in Bild 5.4 vorgestellt. Es gibt Aluminium- und Stahlprofilschienen mit unterschiedlichen Abmessungen und verschiedenen geometrischen Querschnitten. Die Laufwagen rollen im Innenraum der Schiene mit möglichst kleinem Rollwiderstand. Die obere Nut wird für die Befestigung an Tragkonstruktionen verwendet.



**Bild 5.4** Laufschieneprofile aus stranggepresstem Aluminium

Die Auswahl geschieht nach der zulässigen Durchbiegung der Schiene unter Vollast. Wird diese überschritten, dann ist kein Leichtlauf der Laufwagenrollen mehr gewährleistet. Bei einem Abstand der Aufhängepunkte von 3550 mm ergibt sich bei einer Belastung von 165 kg gemäß Diagramm Bild 5.5 (Angaben des Schienenherstellers) das Profil SHP 12.



**Bild 5.5** Fahrtschienebelastbarkeit des Profils SHP 12 (Aluminium-Strangpressprofil)

In das Diagramm wurde die Eigenmasse der Schiene bereits eingearbeitet. Die im Bild genannte Durchbiegung von  $1/500$  mm bedeutet, dass sich der Durchhang der Schiene im Verhältnis zur Länge  $L$  (Abstand der Aufhängepunkte) wie  $1:500$  verhält. Das heißt nach Gl. 5.3:

$$f_{\max} = L \cdot 1/500 \quad (5.3)$$

Welche Masse  $F_4$  ergibt sich für eine Querschiene? Die Masse je Meter Fahrschiene beträgt  $M = 5,1 \text{ kg/m}$  und die Eigenmasse für ein Fahrwerk beläuft sich auf  $F_3 = 1,7 \text{ kg}$ .

Damit erhält man mit Gl. 5.4:

$$F_4 = L_1 \cdot M + F_3 \cdot 2 = 4,14 \cdot 5,1 + 1,7 \cdot 2 = 25 \text{ kg} \quad (5.4)$$

Im nächsten Schritt ist der Aufhängeabstand der Längswegschiene zu bestimmen. Die Belastung  $F_6$  einer Längsschiene ergibt sich bei einer Zweiträgerbrücke (Berechnung als Punktlast, ungünstigste Stellung des Laufwagens) gemäß Gl. 5.5:

$$F_6 = 2 \cdot F + F_4 = 2 \cdot 165 + 25 = 355 \text{ kg} \quad (5.5)$$

Die Berechnung der Länge  $L_2$  der Längswegschiene hat zu berücksichtigen:

Überstand der Längswegschiene  $U_2 = 595 \text{ mm}$

Zusatzlänge der Kabelwagen auf der Längsschiene  $K_2 = 425 \text{ mm}$

Längsfahrweg  $S_x = 8000 \text{ mm}$

Die Angaben sind Erfahrungswerte bzw. Werte aus den Datenblättern der Schleppkabelhersteller. Damit wird nun mit Gl. 5.6:

$$L_2 = S_x + 2 \cdot U_2 + K_2 = 8000 + 2 \cdot 595 + 425 = 9615 \text{ mm} \quad (5.6)$$

Bei einer Traglast von 355 kg erhält man einen Abstand der Aufhängepunkte von etwa 3800 mm. Man bestimmt nun die Profilgröße wiederum an Hand vorgegebener Diagramme und erhält als Profil die Baugröße SHP 16.

Die nächste Fragestellung wäre, wie viele Aufhänge- bzw. Schienenstützpunkte  $n$  sind für die Längswegschiene zu planen? Bei einem zulässigen Abstand von  $E_1 = 3800 \text{ mm}$  ergibt sich mit Gl. 5.7

$$n = \frac{S_x + 2 \cdot U_2}{E_1} + 1 = \frac{8000 + 2 \cdot 595}{3800} + 1 = 3,4 \quad (5.7)$$

Gewählt werden vier Stützpunkte.

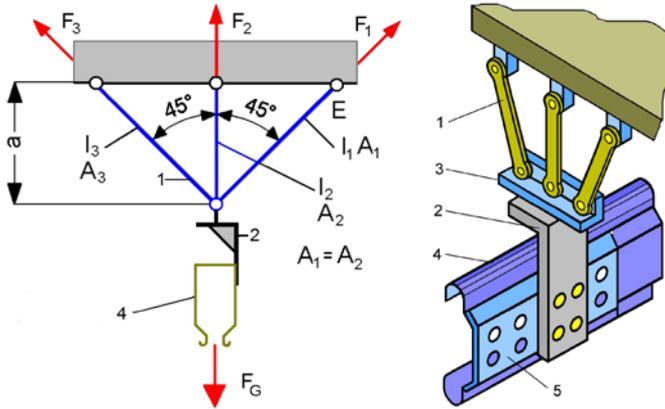
Zuletzt wäre zu prüfen, ob die Deckenanbindung die maximale Traglast auch aushält. Im Beispiel soll eine V-Aufhängung der Schiene mit drei Zugstäben ausgewählt werden (Bild 5.6). Für die Bemessung der Stabanbindung ist zu klären, wie groß die Stabkräfte  $F_1$ ,  $F_2$  und  $F_3$  sind?

Gegeben sind die Stabquerschnitte  $A_1 = A_3$  und  $A_2$ ; der Elastizitätsmodul  $E$  und der Abstand  $a$  sowie der Anlenkwinkel  $45^\circ$ . Geht man davon aus, dass die Belastung durch ein Deckenfahrwerk mit  $F_G$  gegeben ist, so lassen sich folgende Beziehungen angeben, wenn sich die Summe aller vertikalen Kräfte im Gleichgewicht befindet. Es gilt Gl. 5.8:

$$\uparrow F_1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + F_2 + F_3 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - F_G = 0 \quad (5.8)$$

Für die Bestimmung der unbekanntenen Stabkräfte  $F_3$  reicht diese Gleichgewichtsbedingung aber nicht aus. Man muss noch die bekannten Formänderungen der Zugstäbe einbeziehen, um aus den elastischen Formänderungen auf die ursächlichen Kräfte schließen zu können.

Es handelt sich übrigens um ein statisch unbestimmtes Problem. Für die Berechnung gibt es in der technischen Mechanik verschiedene Ansätze. Die folgende Berechnung ist somit nur eine Möglichkeit (nach GÖLDNER).



**Bild 5.6** Anbindung einer Laufschiene an das Bauwerk mit einer V-Aufhängung über drei Zugstäbe. 1 Zugstab, 2 Anschlusswinkel, 3 Aufhängeschiene, 4 Deckenlaufschiene, 5 Anschlussplatte

Es kommt in den Stäben zu folgenden Formänderungen (Dehnungen  $\varepsilon$ , Zugfestigkeit des Werkstoffes  $\sigma$ ). Es gilt Gl. 5.9

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E} = \frac{F_s}{E \cdot A} \quad (5.9)$$

Weil alle Stäbe am Lastaufhängepunkt verbunden sind, ergibt sich für die Längenänderung unter Last die Gl. 5.10

$$\Delta l_2 = \Delta l_3 \cdot \sqrt{2} = \Delta l_1 \cdot \sqrt{2} \quad (5.10)$$

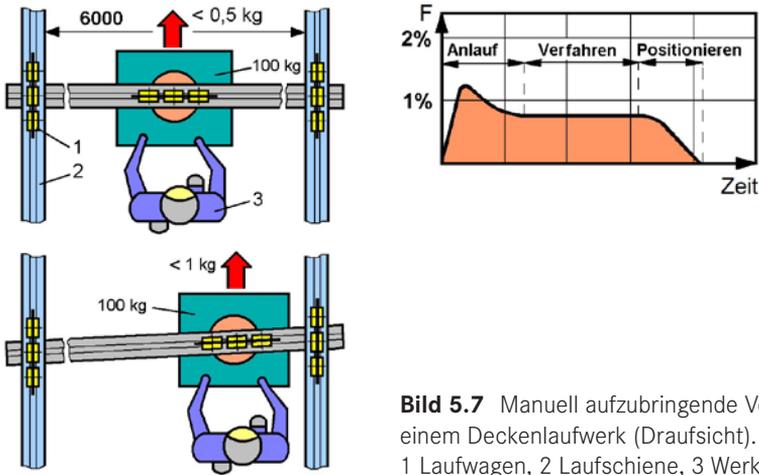
Jetzt werden die folgenden Stabdehnungen  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$  und  $\varepsilon_3$  nach  $\Delta l$  umgestellt und in Gl. 5.10 eingesetzt:

$$\varepsilon_1 = \frac{F_1}{E \cdot A_1} = \frac{\Delta l_1}{a \cdot \sqrt{2}}; \varepsilon_2 = \frac{F_2}{E \cdot A_2} = \frac{\Delta l_2}{a}; \varepsilon_3 = \frac{F_3}{E \cdot A_3} = \frac{\Delta l_3}{a \cdot \sqrt{2}} \quad (5.11)$$

Gleichgesetzt und in die Gl. 5.8 für die Senkrechtkräfte eingebaut erhält man jetzt

$$F_1 = F_3 = \frac{F_G}{\sqrt{2} + 2 \cdot \frac{A_2}{A_{1,3}}}; \quad F_2 = \frac{2 \cdot A_2 \cdot F_G}{\left( \sqrt{2} + 2 \cdot \frac{A_2}{A_{1,3}} \right) \cdot A_{1,3}} \quad (5.12)$$

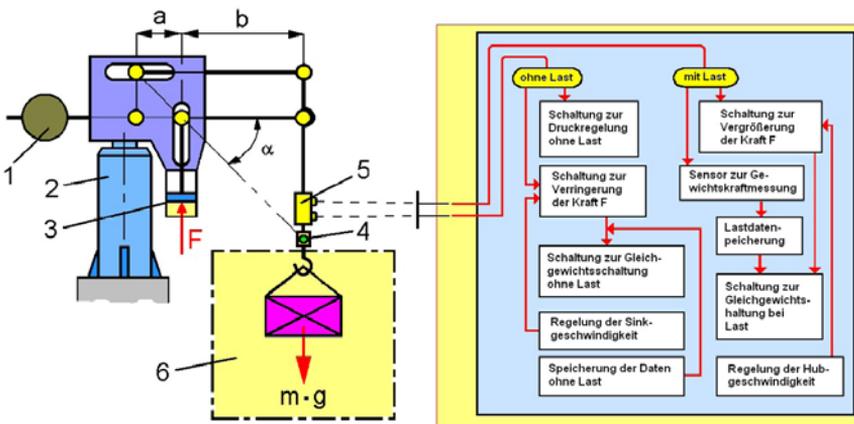
Die Einhaltung der Durchbiegungsgrenzen bei den Laufschiene sichert eine recht kleine Verschiebekraft  $F$  in  $x$ - $y$ -Richtung. Sie beträgt etwa 1 % der anhängenden Last. Mittlerer Kraftangriff ist beim Schieben besser als eine seitliche Verschiebekraft, wie in Bild 5.7 dargestellt.



**Bild 5.7** Manuell aufzubringende Verschiebekraft  $F$  an einem Deckenlaufwerk (Draufsicht).  
1 Laufwagen, 2 Laufschiene, 3 Werker

Das Verschieben in der  $x$ - $y$ -Ebene wird mit Handkraft vorgenommen, während die Hebelast automatisch gegen die Schwerkraft ausbalanciert wird.

Das Bild 5.8 zeigt das Blockschaltbild einer Laststeuerung.

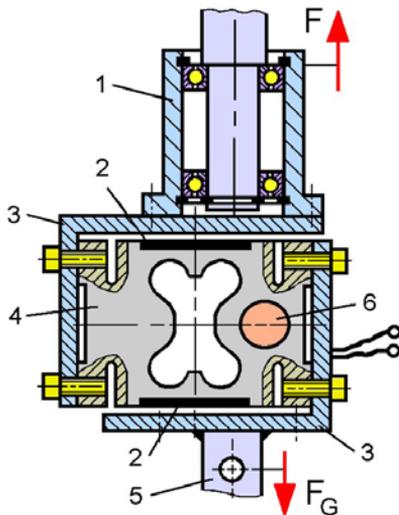


**Bild 5.8** Lastbalancesteuerung bei einem manuell geführten Manipulator.

1 Masseausgleich, 2 Standsäule, 3 Druckluftzylinder, 4 Lastführung, 5 Kraftsensor, 6 Arbeitsraumquerschnitt

Dazu ist im Kraftfluss ein Sensor (Wägezelle) erforderlich, um die Gewichtskraft zu ermitteln. Im Beispiel wird die die Schwerkraft kompensierende Kraft von einem Pneumatikzylinder aufgebracht. Nach dem Wiegeergebnis wird der Gewichtskraftausgleich berechnet. Ein Ausführungsbeispiel für den Sensor wird in Bild 5.9 vorgestellt. Üblicherweise werden Dehnungen und Stauchungen gemessen, die an einem Verformungskörper unter Zugbelastung entstehen. Die beanspruchten Stellen werden dazu mit Dehnungsmessstreifen ausgerüstet. Unter Last wird der obere Dehnungsmessstreifen gedehnt, der untere

dagegen gestaucht. Die DMS-Wägezelle besitzt eine hohe Auflösung und eichfähige Genauigkeit mit ausgeprägten Anschraubflächen für den Einbau, z.B. zwischen einer Manipulator-Hubachse und dem Lastaufnahmemittel. Die Zelle ist gegen seitliche Kräfte sehr widerstandsfähig. Sie enthält einen Miniaturverstärker zur driftarmen Verstärkung des Brückenausgangssignals des DMS-Sensors in Vollbrückenschaltung. Diese Art der elektrischen Schaltung gewährleistet eine gute Temperaturkompensation. Ändert sich nämlich der elektrische Widerstand der Dehnungsmessstreifen nicht auf Grund der Dehnung, sondern durch eine Temperaturveränderung, dann wird der Messwert verfälscht. Der Anschluss kann z. B. in 3- oder 4-Leitertechnik erfolgen. Es gibt übrigens noch viele andere geometrische Ausführungen für die Gestaltung von Verformungskörpern.



**Bild 5.9** Wägezelle im Kraftfluss eines manuell geführten Manipulators.

1 Drehlager, 2 Dehnungsmessstreifen (DMS),  
3 Anschlusswinkel, 4 Verformungskörper,  
5 Anschluss für Lastaufnahmemittel, z. B. Greifer,  
6 Messverstärker,  $F$  Hubkraft,  $F_G$  Gewichtskraft

### 5.1.3 Antrieb

Der Antrieb hat die Aufgabe, eine aufgenommene Last in den Schwebezustand zu versetzen. Die Last kann eine stets gleichgroße Gewichtskraft haben (benötigt wird eine Einlaststeuerung) oder sie wechselt bei jeder Benutzung (Zwei- oder Mehrlaststeuerung). In der Tabelle 5.2 werden die technischen Möglichkeiten benannt. Außerdem werden die einsetzbaren Kraftübertragungsmittel aufgeführt.

#### 5.1.3.1 Fluidantrieb

In Bild 5.10 werden einige Lösungen dargestellt. Pneumatikzylinder werden häufig eingesetzt und eine Regelung des Lastverhaltens ist über den Druck gut möglich. Ein Hubschlauch verkürzt sich, wenn Vakuum anliegt und hebt dabei eine Last von z. B. 35 kg an. Es ist praktisch, wenn dazu ein Greiforgan in der Art eines Scheibensaugers eingesetzt wird. Ist das Greifobjekt „angesaugt“, beginnt der Hubschlauch sich zusammenzuziehen. Das Vakuum wird häufig mit einem Gebläse erzeugt.

# Sachwortverzeichnis

## A

Abrieb 560  
Abrollbremse 66  
Abrollstrecke 538  
Abschirmhöhe 539  
Abteilen 169  
Abwärtsfördereinheit 62  
Abwickelhaspel 387  
Abzugswalze 183  
Achsantrieb 206  
Achsenbezeichnungen 457  
Adapter 82  
Admittanzregelung 434  
Anschlagdämpfung 538  
Anschlagsystem 211  
Anström-Paradoxon 263  
APOS 464  
Arbeitsgut , 40, 15, 47  
Auflicht 469  
Aufwärtsförderung 284  
Ausfallmechanismus 553  
Ausgleichsspeicher 111  
Auslaufbunker 527  
Auslegerachse 202, 218  
Auslegerportal 250  
Außenverkettung 474  
Außenvibrator 306

## B

Bahnsteuerung 444  
Balancer 418  
Bandabzug 383  
Bandübergabestelle 291  
Bandzuführeinrichtung 377  
Basiskoordinatensystem 442  
Baugruppengestaltung 94  
Baukasten-Industrieroboter 441  
Bauteil-Magazinierung 464  
Bereitstelltechnik 35  
Beschicken 16

Beschickungsspeicher 111  
Bewegen 201  
Bewegungsdiagramm 232  
Bewegungsgesetz 231  
Bewegungssteuerung 443  
Bezugskordinatensystem 40, 457  
Bildverarbeitung 33  
Binarisierung 462  
Bin-Pick-Lösung 468  
Blasdüsensystem 265  
Blechbearbeitung 561  
Blechgreifer 355  
Blechklemmspitze 354  
Blechspreizmagnet 142  
Blistergurtmagazin 88  
Bohrvorrichtung 277  
Bolzenfügevorrichtung 276  
Bremsselement 538  
Bremswalze 539  
Brückenbildung 135, 169, 192  
Brückenbildung 527  
Bündelförderer 412  
Bunker 112  
Bunkerzuführeinrichtung 19, 100, 120  
Bunkerzuführrotor 400  
Bürstenförderer 560  
Bypass 507  
Bypass-Strecke 483

## C

Carrier 489  
C-Bewegungszyklus 236  
Cobot 437  
Coil 383

## D

Deckenfahrwerk 434  
Deckenlaufwerk 420  
Deltaroboter 415  
Denavit-Hartenberg-Konvention 452

Depalettersystem 157  
 DH-Parameter 453  
 Differenzial vereinzeln 318  
 Direktantrieb 222  
 DMS-Wägezelle 426  
 Doppelanbindung 486  
 Doppelarm 574  
 Doppelarmeinleger 234  
 Doppelbandförderer 293  
 Doppelgreifeinheit 32  
 Doppelgreifer 250  
 Doppelgurtförderer 482  
 Doppelspur-Transportband 292  
 Doppelteile-Kontrolle 554  
 Doppelvereinzlung 391  
 Dosieren 518  
 Dosierschnecke 526  
 Drahtabzugssystem 388  
 Drahtwickleinrichtung 388  
 Drahtzuführung 387  
 Dreheinheit 217  
 Drehen 101  
 Drehführung 207  
 Drehgelenkroboter 439  
 Drehhakenbunker 114  
 Drehtischzuführung 121  
 Dreipunktaufnahme 50  
 Drive-based-Architektur 223  
 Drückautomat 570  
 Druckluftmotor 427  
 Dünnblech 571  
 Dünnringlager 217  
 Durchbiegung 205, 225  
 Durchlauf-Scheibenspeicher 478  
 Durchlaufspeicher 477  
 Durchlicht 469  
 Durchlichtbetrieb 463

## E

Effektor 340  
 Effektorplattform 455  
 Einführschräge 56  
 Eingaber 155  
 Einklemmschutz 550  
 Einlegeeinrichtung 223, 230  
 Einschienenstrecke 503  
 Einweglichtschränke 370  
 Einzellast 225  
 Einzelteilgestaltung 95  
 Einzugswalze 542  
 Elektromagnetgreifer 342  
 elektromagnetisches Ordnen 266  
 Elementarfunktion 98  
 EMAGO-Verfahren 266  
 Endlagendämpfung 212

Entnahmeroboter 280  
 Entwirrprozess 42  
 Entwirrtechnik 126  
 Euler-Notation 449  
 Expansionsgreifer 357

## F

Fahrbalken 251  
 Fahrenheit 500  
 Fallbewegung 57  
 Fallkanal 195  
 Fallschachtbreite 58  
 Federfingergreifer 347  
 Federn-Zuführsystem 390  
 Fehlerbaum 553  
 Fehlerursachen 553  
 Festigkeit 205  
 Flächenportal 250  
 Flächenportalroboter 249  
 Flächensauger 359  
 Flächenschwingsortierung 332  
 Flächenspeicher 154  
 Flaschengreifer 356  
 Fließgut 30  
 Fließmontage 481  
 Flugförderung 524  
 Fluidmuskel 195  
 Flyer 387  
 Folienmagazin 145  
 Förderbandkomponenten 282  
 Förderband-Leiteinrichtung 289  
 Förderbandzuführung 137  
 Förderkettentaktung 302  
 Formnest 52  
 Frame-Konzept 447  
 Frame-Transformation 450  
 Freigängigkeitsmodell 566  
 Freiheitsgrad 40  
 Fügehilfe 91  
 Fügemechanismus 275  
 Fügeteilzuführung 487  
 Führungsgetriebe 456  
 Führungskennziffer 60  
 Füllungskontrolle 374  
 Funktion 109  
 Funktionsfläche 559  
 Funktionsflexibilität 418  
 Funktionsfolge 99  
 Funktionsplan 98  
 Funktionstabelle 269, 376

## G

Gebinde 78  
 Gefahr 534

Gefährdungspotenzial 532  
Gelenkbremmung 429  
Gelenkfingergreifer 346  
geordnetes Speichern 100  
Geradföhrung 207  
Geschwindigkeitsreduktion 550  
Gesensschmieden 574  
Gewindespindeltrieb 228  
Gleichlaufregelung 252  
Gleitbewegung 66  
Gleitföhrung 307  
Gleitreibungskoeffizient 69  
Globoid-Kurvengetriebe 303  
Greifbacke 345  
Greifen 334  
Greifertrieb 343  
Greifertypen 341  
Greiferwechseinrichtung 362  
Greiffreiheit 51  
Greifkraftbestimmung 350  
Greifprinzip 49  
Greifrolle 572  
Grenzlehre 198  
Griff in die Kiste 468  
Gurtablagemulde 139

**H**

Haftrad 129  
Hakenvorschub 377  
Halten 335  
Handrehachse 432  
Handhabbarkeit 82  
Handhabung 11  
Handhabungsadapter 82  
Handhabungsmodul 209  
Handhabungsobjekte 40  
Handhabungstechnologie 104, 324  
Handhabungszyklus 243  
Hängefähigkeit 79  
Haufwerk 48, 254  
Hauptachsen 441  
Hebelentlader 280  
Heuteile 42  
Hexapod 455  
High-Speed-Picking 415  
H-Lader 250  
Hochgeschwindigkeitshandhabung 414  
Hubachse 226  
Hubbalken 180  
Hub-Dreh-Einheit 508  
Hub-Dreh-Modul 209  
Hubmagazin 158  
Hubplattform 109  
Hubrechentransport 301  
Hubschlauch 427

Hubsegmentbunker 117  
Hubtisch 132  
Hüllform 51  
hybrides Montagesystem 401  
hydroadhäsives Greifen 365  
Hysteresebremse 384

**I**

Impulsschallsenkung 544  
Indexiereinheit 158  
Industrieroboter 437  
Inline-Wender 78  
Innenverkettung 474  
installierte Funktionen 99  
Interpolation 444

**K**

Kanalmagazin 478, 195  
Kanalmindestbreite 68  
Kardangelenglieder 283  
Karnaugh-Diagramm 269  
Karussellspeicher 156  
Kaskadenbauweise 196  
Kassettenmagazin 162  
Kegelrollenbahn 509  
Keilhakengetriebe 363  
kennzeichnende Funktionen 99  
Kettenumlaufspeicher 478  
Kippen 67, 73  
Kipprampe 74  
Kippstufe 267  
Kleinroboter 549  
Kleinteilmagazin 152  
Kleintransportsystem 292  
Klemmgurttörderer 287  
Klemmmesservorschub 377  
Klemmplattenmechanik 381  
Klemmrollenvorschub 377  
Klemmzangenvorschub 377  
Klinkenrollbahn 295  
Kolbendosierung 521  
Komplettteil 92  
Kontrolle 370  
Koordinatensystem 40, 441  
Koordinatentransformation 449  
Körperschall 545  
Körpersystem 40  
Kraftleitungswege 547  
Kraftreduktion 550  
Kreuznut-Spannpalette 495  
Kugeladaptersystem 363  
Kugelföhrung 219  
Kugelhahn 518  
Kugelrolle 511

Kugelrolltisch 35, 511  
 Kunststoff-Förderaufsatz 313  
 Kunststoffführung 207  
 Kurvengetriebe 232  
 Kurvenschrittgetriebe 302  
 Kurvensteuerung 238  
 KV-Diagramm 269

**L**

Ladeeinrichtung 235  
 Lagesicherungselemente 335  
 Längenmessung 199  
 Langgut 187  
 Langguthandhabung 411  
 Lärminderung 543  
 Lasersensor 537  
 Lasersensor 537  
 Lastarmmanipulator 418  
 Lastaufnahme 431  
 Lastmoment 229  
 Laststeuerung 425  
 Laufschieneprofil 422  
 Laufwagen 485, 219  
 Lineareinheiten 201, 203  
 Linearführung 204  
 Linearmotor 220  
 Linearpositionierer 242  
 Linearschwingrinne 308  
 Linienportal 250  
 Linienportalroboter 31  
 Luftdüsenfeld 264  
 Luftfilmtransport 73  
 Luftschalldämmung 547  
 Luftstrahlgreifer 348

**M**

Magazin 142  
 Magazinfüllsystem 465  
 Magazinkette 479  
 Magazinpalette 164  
 Magazinplatte 317  
 Magazinzuführeinrichtung 154  
 Magnetförderer 282  
 Magnetfüßelement 339  
 Magnetgreifer 374, 570  
 Magnetrolle 140  
 Magnetrotorbunker 114  
 Magnet-Schwingantrieb 308  
 Makrobereich 13  
 Manipulator 24  
 Maschinenbeschickung 147  
 Maschinenverkettung 31  
 Massedosierung 519  
 Materialfluss 12

Mehrachsensensor 437  
 Mehrebenen-Vibrator 310  
 Mehrfachwerkstückträger 499  
 Mehrmaschinenbedienung 12  
 Mehrmaschinenversorgung 155  
 Mehrrichtungskette 483  
 Mehrstrahllichtschrankensystem  
 371  
 Mensch-Roboter-Kooperation 548  
 Messen 370  
 Mikrobereich 13  
 Mikrodosierung 519  
 Mikrowurfförderung 307  
 Minimalkörper 174  
 Mitnehmernocken 185  
 montagegerechte Gestaltung 90  
 Montagegreifer 277  
 Montagetransfersystem 486  
 Montagezelle 27  
 Monte-Carlo-Methode 476  
 morphologischer Kasten 194  
 morphologisches Schema 404  
 Mover 486  
 Muldenzuteiler 189  
 Multifunktionsteil 89  
 Multigreifer-Umsetzer 301  
 Mustereerkennung 200

**N**

Nachlaufregelung 436  
 Nachschubmechanik 319  
 Nebenachsen 441  
 Notschaltstange 542

**O**

Oberflächenschaden 557  
 Objektflexibilität 418  
 Offline-Programmierung 459  
 Ordnen 21, 101, 253, 465  
 Ordnungsgrad 47  
 Ordnungshilfe 259, 322  
 Ordnungsstrecke 320  
 Ordnungswahrscheinlichkeit 255  
 Ordnungszustand 46  
 Orientierung 47  
 Orientierungseinrichtung 48  
 Orientierungserkennung 268  
 Orientierungsgrad 46  
 Orientierungssystem 466  
 Orts- und Lagewechselplan 106  
 OTS-Systeme 548

**P**

Packmuster 53  
 Palettenfördersystem 283  
 Palettierroboter 165  
 Palettiersystem 156  
 Parallelarm-Bauweise 575  
 Parallelbackengreifer 184  
 Parallelkinematik 455  
 Parallelgrammgetriebe 248  
 Parallelverkettung 474  
 Parkettiermuster 51  
 Passivachse 220  
 PC/Controller-based-Architektur 223  
 Petrinetz 461  
 Pick-and-Place-Gerät 233  
 Plattenbandförderer 302  
 Poka Yoke 556  
 Portalladegerät 105  
 Portalwagen 250  
 Pose 80  
 Position 46  
 Positionierachse 212, 274, 407  
 Positionierantrieb 223  
 Positionieren 101  
 Positioniermodul 495  
 Positioniertisch 202  
 Positionierung 272  
 Positionierungsgrad 46  
 Prallplatte 545  
 Presseinheit 405  
 Produktträger 493  
 Programmierverfahren 459  
 Prüfeinrichtung 106  
 Prüfen 101, 370  
 Punktsensor 268  
 Punktsteuerung 444

**Q**

Quasifließgut 87, 387  
 Quetschventil 187

**R**

Radialgreifer 353  
 RCC-Einheit 274  
 Rechtecktaktmagazin 152  
 Rechteckumlauf 509  
 Redundanz 537  
 Reflexlichtschranke 371  
 Reflexlichttaster 371  
 Reibrolle 182  
 Reihen-Parallel-Verkettung 474  
 Reihenverkettung 473  
 Richtkanten 255

Richtungsstabilisierung 65  
 Riemenförderer 490  
 Ringsortersystem 199  
 Ringtisch 239  
 Ringtisch-Montagemaschine 239  
 Risikograf 533  
 Roboterassistent 433  
 Roboterkinematik 453  
 Roboterkoordinatensysteme 442  
 Robotersimulation 460  
 Rohr-Adjustageanlage 298  
 Rohrförderer 310  
 Rohrvibrator 310  
 Rollbahnmagazin 144  
 Rollbewegung 62  
 Rollenbahn 296  
 Rollenführung 219  
 Rollenschienenführung 66  
 Rollfähigkeit 85  
 Roll-Gleitbewegung 63  
 Rollkanal 294  
 Rollringgetriebe 388  
 Rollringgetriebe 543  
 Rondenzuführung 568  
 Rotationseinheit 217  
 Rotationswickelverfahren 387  
 Rotorautomaten 399  
 Rotorzuteiler 139, 174  
 Rotorzuteiler 553  
 RPY-Notation 448  
 Ruckereignis 231  
 Rückhaltefinger 172  
 Rückhaltesperre 175  
 Rücklaufspeicher 102  
 Rücklaufstrecke 508  
 Rückwärtstransformation 450  
 Rundschalteinheit 239  
 Rundschalttisch 156

**S**

Sackspeicher 140  
 Safety-Controller 548  
 Sammelspeicher 112  
 Satz von Steiner 215  
 Saugergreifer 341, 432  
 Schachtelzuführung 543  
 Schachtmagazin 145, 153  
 Schaltventil 518  
 Scheibenbremse 429  
 Scheibenmagazin 148  
 Scheinmanarm 22  
 Scherenhubtisch 132  
 Schiebebedingung 226  
 Schieberzuteiler 188, 190  
 Schikane 259

- Schleusenzuteiler 171  
Schlingenaufgeber 140  
Schnappverbindung 93  
Schneckeneinzug 505  
Schneckenzuteiler 192, 398  
Schnelleinzug 506  
Schnellwechselsystem 364  
Schöpfgan 116  
Schöpfradbunker 114  
Schöpfrohrbunker 114  
Schöpfsegmentbunker 115  
Schrägförderbunker 118  
Schrägförderer 104  
Schrägschachtmagazin 159  
Schraubenprüfsystem 372  
Schraubenzuführung 390  
Schraubenzuteiler 392  
Schraubermondstücke 395  
Schraubteilzuführung 395  
Schüttgut 35  
Schüttgut 516  
Schüttgutbunker 112, 528  
Schüttgutzuführung 525  
Schutzeinrichtung 535  
Schwanenhalsstopper 498  
Schwarz-Weiß-Konturbild 462  
Schwebesystem 490  
Schweißmuttern-Zuführeinrichtung 397  
Schwenkantrieb, pneumatischer 241  
Schwenkarmmodul 216  
Schwenkeinheit 202, 213  
Schwenkflügelmodul 214  
Schwenk-Linear-Modul 236  
Schwenkspanner 368  
Schwenkübergeber 300  
Schwingarmmechanik 280  
Schwingentlader 280  
Schwingrinne 306  
Schwingverhalten 309  
Seilroboter 455  
Sekundärmontage 550  
Selbstblockierung 382  
Selbsthemmung 57  
Selbstorientierung 55  
Selbstpositionierung 55  
Selbstsperrung 224  
Sensor 425  
SEQ-Notation 449  
Servo-Horizontalachse 221  
Sicherheit 534  
Sicherheitsschalter 542  
S-Lader 250  
Softgreifer 346  
Sortieranlage 373  
Sortieren 170, 197  
Sortiertechnologie 466  
Sortierweiche 195  
Spanneinrichtung 367  
Spannen 101, 367  
Spannlagenfamilie 496  
Spannpalette 495  
Speicher 111  
Speicherdichte 50  
Speichern 100  
Spezialgreifer 346  
Spindelhubsystem 428  
Spiralscheibenmagazin 151  
Spreizmagnet 140  
Sprühbefettung 561  
Standfestigkeit 67  
Standssäulenmanipulator 420  
Standicherheit 75, 430  
Stanfordarm 22  
Stangengreifer 357  
Stangenlademagazin 411  
Stangenmagazin 146  
Stangenmagazinierung 412  
Stangenvereinzlung 192  
Stapelbildung 133  
Stapelbunker 135  
Stapelfähigkeit 56  
Stapelgreifer 354  
Stapelmagazin 112, 192  
Stapelmulde 413  
Stapelwand 131  
Stapelzuführung 33  
Staurollenförderer 484  
Steifigkeit 205  
Steilförderer 119  
Steilförderung 285  
Steinerscher Verschiebesatz 215  
Stellorgane 517  
Steuerdiagramm 277  
Stewartplattform 455  
Stofffluss 516  
Stopper 497, 498  
Störungsflexibilität 418  
Störungsmanagement 555  
Störungsspeicher 476, 102, 111  
Stoßereignis 231  
Streckenlast 225  
Struktogramm 459  
Stückdosierung 519  
Stückgut 29  
Stufenaufsatz 310  
Stufenhubförderer 123  
Stufenmagazin 161  
Stufenrollbahn 65  
Synchronriemenantrieb 228

**T**

Taktausgleich 383  
Taktstraßenspannstation 496  
Tänzerwalze 384  
Tastventil 361  
TCP 443  
Teilen 169  
Teilezuführung 573  
Telemanipulator 24  
Teleoperator 24  
Toroidgreifer 356  
Traglastkennlinie 439  
Transferegreifer 352  
Transferkette 369  
Transfersystem 471  
Transformationsmatrix 451  
Transportgurtspannung 290  
Transportroboter 503  
Trennsauger 356  
Trichterbunker 129  
Tripod 455  
Trommelbunker 114  
Trommelmagazin 150  
Turmvibrator 310

**U**

Überschwingen 445  
Umlaufmagazin 147  
Umlaufspeicher 477  
Umschlingungstrieb 218  
Unwuchtsystem 306

**V**

Vakuumförderer 287  
Vakuumgreifer 146  
Vakuumsauger 358  
V-Aufhängung 423  
Vereinigen 169  
Vereinzelung 181  
Vereinzelr 21  
Verhaltensregeln 536  
Verhaltenstypen 43  
Verkettungsarten 473, 474  
Verkettungseinrichtung 472  
Verschieben 101  
Verteillogistik 504  
Vertikalförderung 491  
Verzweigen 71, 100, 170, 194  
Vibrationswendelförderer 126  
Viergelenkkette 346  
Vierpunktaufnahme 50  
V-Lader 250  
Vollschlepteller 510

Volumendosierung 519  
Vorschub-Ablaufdiagramm 379  
Vorschubeinrichtung 377  
Vorwärtstransformation 449  
Vorzugsorientierung 76, 89, 121, 254

**W**

Wafer-Handling 457  
Wafer-Transferstrecke 249  
Wägezelle 425  
Wahrheitstabelle 269, 376  
Walkwand-Schneckendosierer 526  
Walzenförderer 302  
Walzen-Klemmechaniik 382  
Walzenordnungseinrichtung 262  
Walzenübergang 541  
Walzenvorschub 377  
Wälzkörperführung 207  
Wanderbalkensystem 301  
Wandportal 242  
Wechselmagazin 184  
Wechselsystem 344  
Weiche 71  
Weitergabereinrichtung 278  
Weitergabemechanismus 301  
Weitergeben 101  
Wellkantenförderer 287  
Weltkoordinaten 442  
Weltkoordinatensystem 443  
Wendearm 77  
Wendeeinrichtung 394  
Wendelaufsatz 312  
Wendelauslauf 318  
Wenden 78  
Wender 572  
Wendeübergeber 299  
Wendevorrichtung 76  
Werkstückanordnung 45  
Werkstückaufnahme 50, 165, 335  
Werkstückbeschädigung 558  
Werkstückhaltevorrichtungen 337  
Werkstückhandhabung 11, 14  
Werkstück-Kettenmagazin 305  
Werkstücklader 411  
Werkstückspannvorrichtung 367  
Werkstücksystematik 43  
Werkstückträger 493  
Werkstückträgerführung 510  
Werkstück-Trägermagazin 52, 164, 338  
Werkstückverband 49  
Werkstückverhalten 54, 253  
Werkstückzustände 95  
Wiederholgenauigkeit 274  
Winkelgreifer 341  
Wirkungskette 211

Wirkzone 16

Wirrteile 42

## Z

Zahnriemen 154, 286

Zangengreifer 354

Zapfenreibung 296

Zellenradbunker 121

Zentrifugalförderer 125

Zick-Zack-Magazin 153, 161

Zubringeeinrichtung 191

Zuführbarkeitskriterium 394

Zuführeinrichtung 18

Zuführrotor 399

Zuführtechnik 558

Zug-Druck-Element 238

Zugmittelantrieb 491

Zugmittel-Kurbelgetriebe 246

Zugmittelsystem 281

Zusammenführen 100, 170

Zuteilen 100

Zuteilerkraft 160

Zuteilschieber 542

Zweiachsen-Handhabungsgerät 245

Zweifachgreifer 351

Zwei-Massen-Schwinger 306

Zweiträgerbrücke 421

Zweiwege-Rohrweiche 522

Zwischenanschlag 211

Zwischenlage 164

Zwischenspeicher 111, 143, 278

# Hinweise zur beigefügten CD-ROM

Die CD-ROM zum Buch „Grundlagen der Handhabungstechnik“ dient in erster Linie der Ergänzung des im Buch dargebotenen Stoffes und knüpft durch die umfangreichen Zusatzmaterialien aufbauend und erweiternd daran an.

Die CD kann mit einem Standard-PC mit dem Betriebssystem Microsoft Windows® (ab Windows 2000) verwendet werden. Die Bedienoberfläche der CD wurde im HTML-Format erstellt und kann mit einem Internet-Browser (beispielsweise Firefox, Internet Explorer® usw.) angezeigt werden. Zur optimalen Arbeit mit der CD sollten folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Monitorauflösung mindestens 1024 × 768 Pixel
- Anzeige-Einstellung „Kleine Schriftarten“
- Soundkarte
- Es müssen die jeweils benötigten Programme installiert sein (siehe Download-Bereich)

Ist die Autostart-Funktion des Laufwerkes aktiviert, öffnet sich die Startseite automatisch, andernfalls öffnen Sie im Browser die Datei „index.htm“ auf der CD-ROM.

Auf der CD-ROM befinden sich:

- die Antworten zu den Kontrollfragen
- die Lösungen der Übungsaufgaben
- Videos der Fa. KUKA zur Handhabungs- und Robotertechnik
- ausgewählte Fachartikel (Zeitschriftenartikel) zur Handhabungstechnik
- Sinnbilder zur Darstellung von Handhabungsabläufen
- Sinnbilder für Greifer
- eine Übersicht zu Normen und Richtlinien zur Maschinensicherheit
- Orientierungshilfen bei der Zuführung von Kleinteilen mit dem Vibrationswendelbunker
- ein Wörterbuch der Handhabungstechnik Deutsch - Englisch
- ein illustriertes Wörterbuch der Handhabungstechnik Englisch - Deutsch

Die Antworten, Lösungen, Zusatzmaterialien und Wörterbücher liegen im PDF-Format vor. Zum Anzeigen der PDF-Dateien muss der Adobe Reader installiert sein. Andernfalls finden Sie auf der CD-ROM unter der Rubrik „Download“ den Link zum Herunterladen des kostenlosen Adobe Readers. Die Materialien sind so gehalten, dass sie auch ausgedruckt werden können und damit Raum für eigene Notizen, Ergänzungen und sonstige Anmerkungen bieten.

Zur Anzeige der Filme ist eines der Programme QuickTime Player, VLC media player, Windows Media Player erforderlich. Alle Player können in einer kostenlosen Version aus dem Internet heruntergeladen werden (Links unter „Download“).