

Grundlagen der Handhabungstechnik

Bearbeitet von
Stefan Hesse

4., überarbeitete und erweiterte Auflage 2016. Buch. 584 S. Hardcover

ISBN 978 3 446 44432 4

Format (B x L): 17,7 x 24,7 cm

Gewicht: 1198 g

[Weitere Fachgebiete > Technik > Produktionstechnik > Fertigungstechnik, Automatisierung](#)

schnell und portofrei erhältlich bei



Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

HANSER



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

Vorwort	5
Vorwort zur 4. Auflage	6
1 Bedeutung und Entwicklung	11
1.1 Einführung	12
1.2 Geschichtlicher Rückblick	17
1.3 Handhabungstechnik im Produktionssystem	25
2 Handhabungsobjekte	40
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
3 Handhabungsvorgänge	98
3.1 Funktionen und Sinnbilder	98
3.2 Aufstellen von Funktionsplänen	104
3.3 Zeitmanagement	107
4 Funktionsträger und Zuführeinrichtungen	109
4.1 Gliederung und Lösungswege	110
4.2 Speichereinrichtungen	111
4.2.1 Bunker	113
4.2.2 Stapeleinrichtungen	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	Greiferwechseleinrichtungen	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	Gelenkbremsung	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	DENAVIT-HARTENBERG-Konvention	452
5.3.3	Roboterkinematik	453
5.3.4	Programmiertechniken	459
5.4	Flexible Werkstückbereitstellung	462
6	Transfersysteme	471
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
7	Zuführen von Fluiden und Schüttgut	516
7.1	Stellen von Stoffströmen	516
7.2	Zuführen von Schüttgut	522
8	Sicherheitstechnische Anforderungen	532
8.1	Gefährdungspotenzial	532
8.2	Schutzeinrichtungen und Maßnahmen	535
8.3	Lärmreduktion 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
9	Störungen im Werkstückfluss	552
10	Vermeidung von Handhabungsschäden	557
11	Blechteile automatisch handhaben	561
11.1	Funktionskette in der Blechbearbeitung	561
11.2	Kompakte Pressenverkettung	562
11.3	Platinenzuführvorrichtungen	567
11.4	Zuführen von Dünnblechen	571

12	Handhabungstechnik beim Gesenkschmieden	574
	Sachwortverzeichnis	577

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 Vibrationswendebunker

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 Werkstückfehlorientierung 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 Werkstückbereitstellsysteme sowie werkstückneutrale Förder-, Lager- und Umsetzeinrichtungen. Auf einige Komponenten soll eingegangen werden.

■ 5.1 Handgeführte Manipulatoren

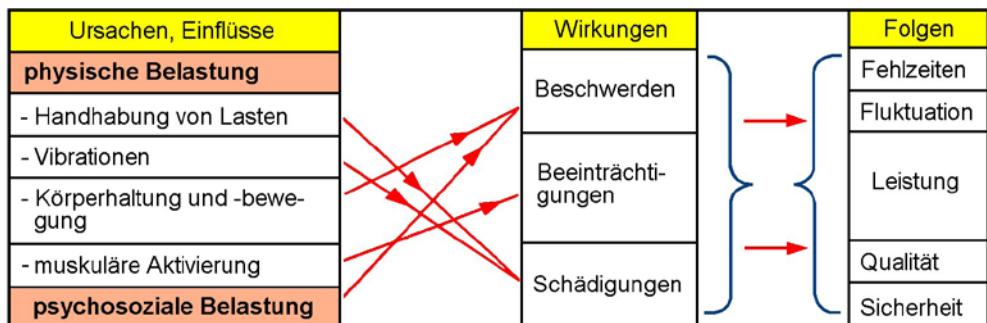
Handhabungseinrichtungen zur Mechanisierung von Hebe- und Umsetzvorgängen, die auch als Balancer, Lastarmmanipulator und Ausgleichsheber bezeichnet werden, setzt man seit etwa 40 Jahren vermehrt in Industrie, Handwerk und Bauwesen ein und entwickelt sie auch ständig weiter. Sie schließen die Technisierungslücke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



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.

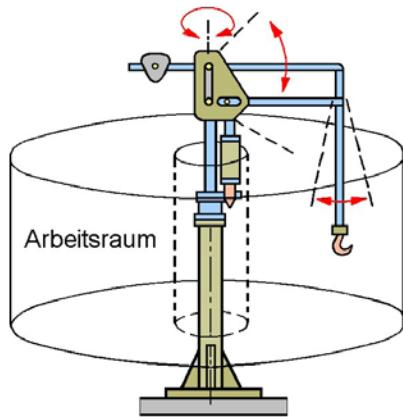


Bild 5.1 Stufenlose Bewegungsmöglichkeiten im Arbeitsraum beim manuell geführten Standsäulenmanipulator

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 Ausschnitte eines solches Handhabungsgeräts.

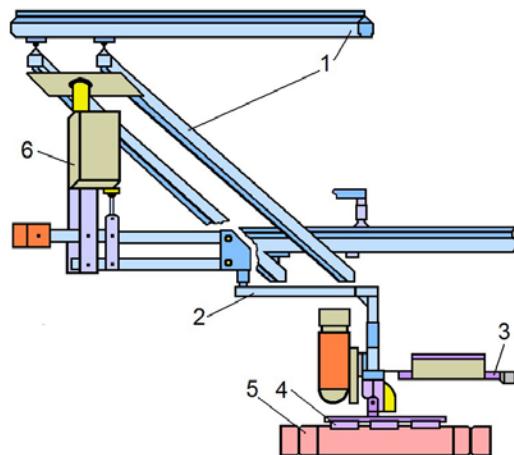


Bild 5.2 Deckenverfahrbarer Manipulator (Teilansicht).
 1 Leichtlaufschiene, 2 Auslegergelenkarm,
 3 Führungs- und Steuergriff,
 4 Saugergreifer, 5 Greifobjekt,
 6 Gewichtskraftausgleich

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

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

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

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

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

$$\text{Querfahrweg} \quad S_y = 3000 \text{ mm}$$

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

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

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

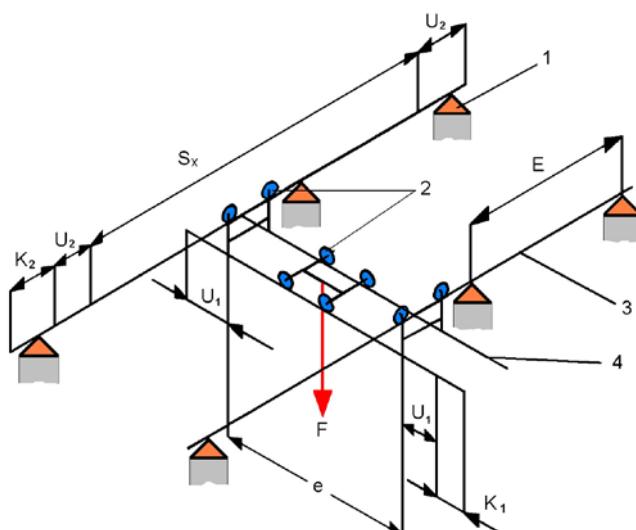


Bild 5.3 Portalfahrwerk mit Zweiträgerbrücke.

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.

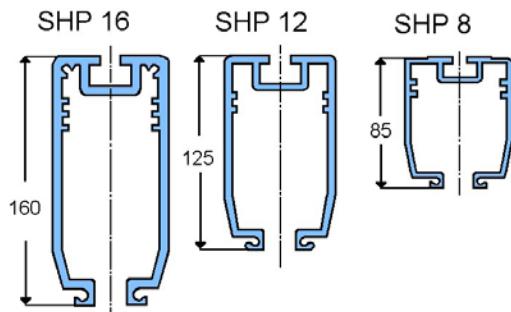


Bild 5.4 Laufschienenprofile aus stranggepresstem Aluminium

Die Auswahl geschieht nach der zulässigen Durchbiegung der Schiene unter Volllast. 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.

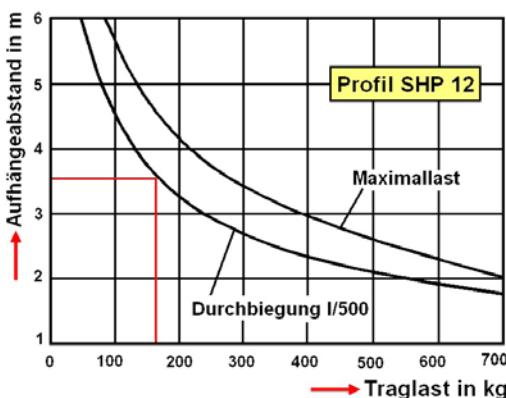


Bild 5.5 Fahrschienenbelastbarkeit des Profils SHP 12 (Aluminium-Strangpressprofil)

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 $F_5 = 1,7 \text{ kg}$.

Damit erhält man mit Gl. 5.4:

$$F_4 = L_1 \cdot M + F_5 \cdot 2 = 4,14 \cdot 5,1 + 1,7 \cdot 2 = 25 \text{ kg} \quad (5.4)$$

Im nächsten Schritt ist der Aufhängeabstand der Längswegschienen zu bestimmen. Die Belastung F_6 einer Längsschiene ergibt sich bei einer Zweitträgerbrücke (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 Längswegschienen hat zu berücksichtigen:

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

Zusätzlänge 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 Längswegschienen 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° . 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 unbekannten Stabkräfte F_s 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).

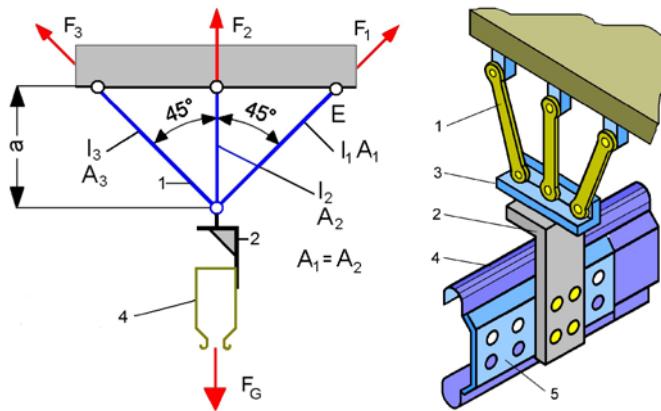


Bild 5.6 Anbindung einer Laufschiene an das Bauwerk mit einer V-Aufhängung über drei Zugstäbe.
1 Zugstab, 2 Anschlusswinkel, 3 Aufhängeschiene, 4 Deckenlaufschiene, 5 Anschlussplatte

Es kommt in den Stäben zu folgenden Formänderungen (Dehnungen ε , Zugfestigkeit des Werkstoffes σ). 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 ε_1 , ε_2 und ε_3 nach Δl 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 Laufschienen sichert eine recht kleine Verschiebekraft F in x-y-Richtung. Sie beträgt etwa 1 % der anhängenden Last. Mittiger Kraftangriff ist beim Schieben besser als eine seitliche Schiebekraft, wie in Bild 5.7 dargestellt.

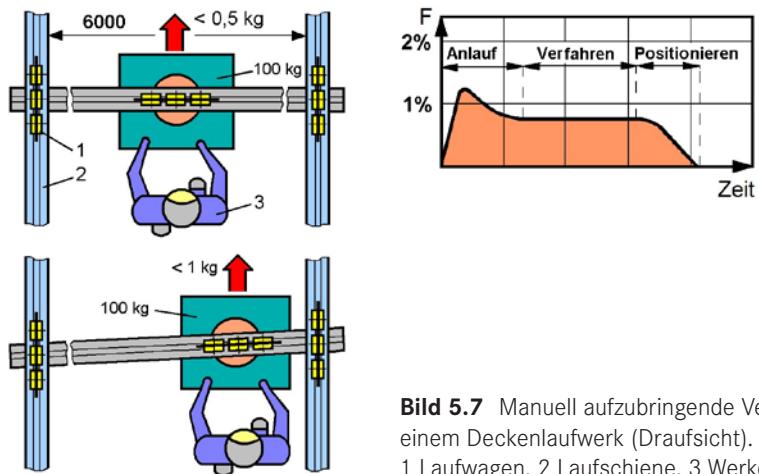


Bild 5.7 Manuell aufzubringende Verschiebekraft F an einem Deckenlaufwerk (Draufsicht).
1 Laufwagen, 2 Laufschiene, 3 Werker

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.

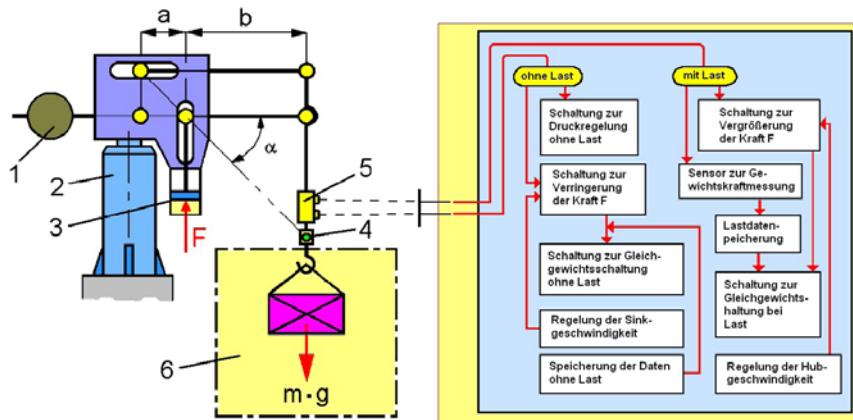


Bild 5.8 Lastbalancesteuerung bei einem manuell geführten Manipulator.
1 Masseausgleich, 2 Standsäule, 3 Druckluftzylinder, 4 Lastführung, 5 Kraftsensor, 6 Arbeitsraumquerschnitt

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 Temperaturkompenstation. 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.

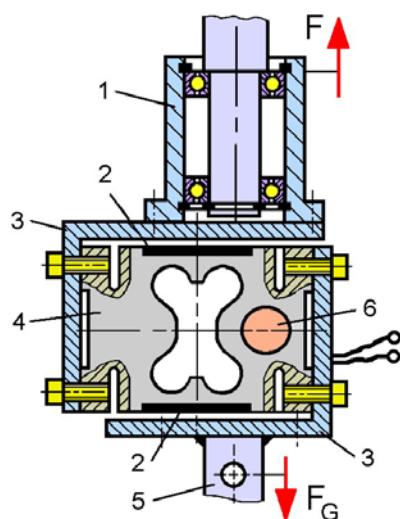


Bild 5.9 Wägezelle im Kraftfluss eines manuell geführten Manipulators.

- 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
Abwärtsförderereinheit 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

Beschickungsspeicher 111
Bewegen 201
Bewegungsdiagramm 232
Bewegungsgesetz 231
Bewegungssteuerung 443
Bezugskoordinatensystem 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
Bremselement 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

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

C

Carrier 489
C-Bewegungszyklus 236
Cobot 437
Coil 383

D

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

Depalettiersystem 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
 Doppelvereinzelung 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
 Durchlauspeicher 477
 Durchlicht 469
 Durchlichtbetrieb 463

E

Effektor 340
 Effektorplattform 455
 Einführschräge 56
 Eingeber 155
 Einklemmschutz 550
 Einlegeeinrichtung 223, 230
 Einschienenstrecke 503
 Einweglichtschanke 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
 Fahreinheit 500
 Fallbewegung 57
 Fallkanal 195
 Fallschachtbreite 58
 Federfingergreifer 347
 Federn-Zuführsystem 390
 Fehlerbaum 553
 Fehlerursachen 553
 Festigkeit 205
 Flächenportal 250
 Flächenportalarbeiter 249
 Flächensauber 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
Gelenkbremsung 429
Gelenkfingergreifer 346
geordnetes Speichern 100
Geradführung 207
Geschwindigkeitsreduktion 550
Gesenkschmieden 574
Gewindespindelantrieb 228
Gleichlaufregelung 252
Gleitbewegung 66
Gleitförderung 307
Gleitreibungskoeffizient 69
Globoid-Kurvegetriebe 303
Greifbacke 345
Greifen 334
Greiferantrieb 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
Handdrehachse 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
Hub balken 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
hyroadhäsisches 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
Kardangelenkglieder 283
Karnaugh-Diagramm 269
Karussellspeicher 156
Kaskadenbauweise 196
Kassettenmagazin 162
Kegelrollenbahn 509
Keilhakengetriebe 363
kenzeichnende Funktionen 99
Kettenumlaufspeicher 478
Kippen 67, 73
Kipprampe 74
Kippstufe 267
Kleinroboter 549
Kleinteilmagazin 152
Kleintransportsystem 292
Klemmgurtförderer 287
Klemmmesservorschub 377
Klemmplatte mechanik 381
Klemmrollenvorschub 377
Klemmzangenvorschub 377
Klinkenrollbahn 295
Kolbendosierung 521
Komplexeil 92
Kontrolle 370
Koordinatensystem 40, 441
Koordinatentransformation 449
Körperschall 545
Körpersystem 40
Kraftleitungswege 547
Kraftreduktion 550
Kreuznut-Spannpalette 495
Kugeladaptersystem 363
Kugelführung 219
Kugelhahn 518
Kugelrolle 511

Kugelrolltisch 35, 511
 Kunststoff-Föderaufsatzt 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
 Laufschienenprofil 422
 Laufwagen 485, 219
 Lineareinheiten 201, 203
 Linearführung 204
 Linearmotor 220
 Linearpositionierer 242
 Linearschwingrinne 308
 Linienportal 250
 Linienportroboter 31
 Luftdüsensfeld 264
 Luftfilmtransport 73
 Luftschalldämmung 547
 Luftstrahlgreifer 348

M

Magazin 142
 Magazinfüllsystem 465
 Magazinkette 479
 Magazinpalette 164
 Magazinplatte 317
 Magazinzuführeinrichtung 154
 Magnetförderer 282
 Magnetfußelement 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
 Mehrstrahllichtschranksystem 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
 Mustererkennung 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
 Parallelalarm-Bauweise 575
 Parallelbackengreifer 184
 Parallelkinematik 455
 Parallelogrammgetriebe 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
Schneckeineinzug 505
Schneckenzuteiler 192, 398
Schnelleinzug 506
Schnellwechselsystem 364
Schöpforgan 116
Schöpfraadbunker 114
Schöpfrohrbunker 114
Schöpfsegmentbunker 115
Schrägförderbunker 118
Schrägförderer 104
Schrägschachtmagazin 159
Schraubenprüfsystem 372
Schraubenzuführung 390
Schraubenzuteiler 392
Schraubermundstücke 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
Spannlagensfamilie 496
Spannpalette 495
Speicher 111
Speicherdicthe 50
Speichern 100
Spezialgreifer 346
Spindelhubsystem 428
Spiralscheibenmagazin 151
Spreizmagnet 140
Sprühbefettung 561
Standfestigkeit 67
Standsäulenmanipulator 420
Standsicherheit 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
Transfergreifer 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
Vereinzler 21
Verhaltensregeln 536
Verhaltenstypen 43
Verkettungsarten 473, 474
Verkettungseinrichtung 472
Verschieben 101
Verteillogistik 504
Vertikalförderung 491
Verzweigen 71, 100, 170, 194
Vibrationswendeförderer 126
Viergelenkkette 346
Vierpunktaufnahme 50
V-Lader 250
Vollsleppsteller 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-Klemmmechanik 382
Walzenordnungseinrichtung 262
Walzenübergang 541
Walzenvorschub 377
Wälzkörperführung 207
Wanderbalkensystem 301
Wandportal 242
Wechselmagazin 184
Wechselsystem 344
Weiche 71
Weitergabeeinrichtung 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
Wirteile 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 Vibrationswendebunker
- 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“).