

# HANSER



## Leseprobe

zu

## Grundlagen der Handhabungstechnik

von Stefan Hesse und Viktorio Malisa

Print-ISBN: 978-3-446-48018-6

E-Book-ISBN: 978-3-446-48071-1

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446480186>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

# Vorwort

Die Handhabungstechnik ist ein interdisziplinäres Gebiet, das Fachgebiete wie Zuführungssysteme, Maschinenverkettung, Pick-and-Place-Geräte, Greifer, Industrieroboter und Montagetransferanlagen unter einem Dach vereint. Dieses Buch stellt die wichtigsten Grundlagen zusammen. Es entstand aus der Vorlesungsreihe „Angewandte Robotik und Handhabungstechnik“, die durch Dr.-Ing. habil. Stefan Hesse an der Fachhochschule Technikum Wien im Studiengang Mechatronik/Robotik seit einiger Zeit gehalten wird. Auch aus der Lehrveranstaltung „End effectors“ des Autors sind zusätzlich wichtige Grundlagen eingeflossen.

Dr.-Ing. habil. Stefan Hesse war bei der Entwicklung des Curriculums für den Bachelor-Studiengang Mechatronik/Robotik am Technikum Wien beteiligt, und dieses Buch ist vollinhaltlich auf das neue Hochschulsystem abgestimmt.

Dieses Werk enthält nicht nur den Lehrstoff, sondern auch vertiefende Beispiele, Übungen und Kontrollfragen. Das versetzt die Studierenden in die Lage, schon zeitig auch neue Aufgaben selbstständig lösen zu können. Praktische Anwendungen der Automatisierung mit konventioneller Handhabungstechnik werden in einer Vielzahl abstrahierter konstruktiver Lösungen vorgestellt, die das Wirkprinzip und wichtige Funktionsträger rasch erkennen lassen. Industrieroboter und Geräte mit elektrischem Direktantrieb gehören dazu. Es erschließt sich die Vielfalt spezifischer Anforderungen, Möglichkeiten und praktisch Erprobtes. Das gelingt dem Autor dank seiner Erfahrung aus langjähriger Tätigkeit als Konstrukteur, Hochschullehrer, Fachbuchautor zahlreicher Bücher und Mitarbeiter der Zeitschrift HANDLING sowie seiner leichten Hand beim Illustrieren handhabungstechnischer Verfahren und Geräte.

Das Buch gewährt einen schnellen Einstieg ins Fachgebiet. Die dargelegten Grundlagen werden längerfristig Bestand haben. Dem Leser wird vermittelt, dass praxisgerechte Lösungen nicht zufällig entstehen. Handhabungstechnik kann systematisch entwickelt werden. Alles in allem wird den Studierenden ein bewährter und guter Leitfaden in die Hand gegeben, der in verständlicher Form Grundlagen, Prinzipie, Funktionsträger und Lösungen aufzeigt.

Wien, im August 2006

*Viktorio Malisa,  
Technikum Wien*

## Vorwort zur 5. Auflage

Die große Nachfrage nach dem Buch Handhabungstechnik vom Dr.-Ing. habil. Stefan Hesse ist in der Vollständigkeit der Informationen und vor allem der umfangreichen Sammlung an Zeichnungen, die deutlich und schnell Informationen vermitteln, begründet. Jede Zeichnung hat genau so viele Linien, wie für die klare Übermittlung der Funktion notwendig sind - keinen Strich zu viel und keinen Strich zu wenig.

Es liegt an der Gemeinschaft, diesen Schatz an Informationen weiter zu pflegen.

Wien, im April 2020

*Viktorio Malisa*

## Vorwort zur 6. Auflage

Das Buch „Grundlagen der Handhabungstechnik“ enthält eine Vielzahl von Praxisbeispielen, die sehr einfach und dennoch leistungsfähig, energieeffizient und nachhaltig konzipiert sind. Gerade in der heutigen Zeit, in der jeder privat aufgefordert ist, auf die Umwelt Rücksicht zu nehmen und in der von der Industrie erwartet wird, energiesparend zu produzieren und nur gezielt zu automatisieren, ist das Buch heutzutage wichtiger denn je.

Wien, im Mai 2024

*Viktorio Malisa*

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Vorwort</b> .....	<b>5</b>
	<b>Vorwort zur 5. Auflage</b> .....	<b>6</b>
	<b>Vorwort zur 6. Auflage</b> .....	<b>6</b>
<b>1</b>	<b>Bedeutung und Entwicklung</b> .....	<b>11</b>
	1.1 Einführung .....	12
	1.2 Geschichtlicher Rückblick .....	17
	1.3 Handhabungstechnik im Produktionssystem .....	25
<b>2</b>	<b>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</b>	<b>Handhabungsvorgänge</b> .....	<b>98</b>
	3.1 Funktionen und Sinnbilder .....	98
	3.2 Aufstellen von Funktionsplänen .....	104
	3.3 Zeitmanagement .....	107
<b>4</b>	<b>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	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	363
4.5.4	Greifen von Kleinstteilen	365
4.5.5	Spanneinrichtungen	368
4.6	Kontrolleinrichtungen	371
4.7	Bandzuführung	378
4.8	Drahtzuführung	388
4.9	Schraubenzuführung	391
4.10	Kontinuierliche Werkstückzuführung	400
4.11	Auswahl von Funktionsträgern	402
4.12	Langguthandhabung	413
4.12.1	Stangenlademagazine	413
4.12.2	Rohr- und Stangenzuführung	415
4.13	Hochgeschwindigkeitshandhabung	416

## **5 Flexible Handhabungstechnik 420**

5.1	Handgeführte Manipulatoren	420
5.1.1	Aufgaben und Verordnung	421
5.1.2	Funktionen und Baugruppen	421
5.1.3	Antrieb	428
5.1.3.1	Fluidantrieb	428
5.1.3.2	Elektroantrieb	430
5.1.4	Gelenkbremmung	431
5.1.5	Standicherheit von Säulengeräten	432
5.1.6	Greifer und Lastaufnahmemittel	433
5.2	Roboterassistent	435
5.2.1	Definition und Einordnung	435

5.2.2	Funktionsprinzip .....	436
5.2.3	Anwendung .....	439
5.3	Industrieroboter .....	439
5.3.1	Koordinatensysteme .....	443
5.3.2	Bewegungssteuerung und -beschreibung .....	445
5.3.2.1	Vektordarstellung .....	447
5.3.2.2	Frame-Konzept .....	449
5.3.2.3	Beschreiben von Drehungen .....	450
5.3.2.4	Koordinatentransformation .....	451
5.3.2.5	DENAVIT-HARTENBERG-Konvention .....	454
5.3.3	Roboterkinematik .....	455
5.3.4	Programmiertechniken .....	461
5.4	Flexible Werkstückbereitstellung .....	464
<b>6</b>	<b>Transfersysteme .....</b>	<b>473</b>
6.1	Verkettung von Arbeitsmitteln .....	475
6.2	Weitergabe- und Werkstückträgersysteme .....	482
6.3	Werkstückträger .....	495
6.4	Werkstückträger-Schnelleinzug .....	507
6.5	Werkstückträgerführung .....	509
<b>7</b>	<b>Zuführen von Fluiden und Schüttgut .....</b>	<b>518</b>
7.1	Stellen von Stoffströmen .....	518
7.2	Zuführen von Schüttgut .....	524
<b>8</b>	<b>Sicherheitstechnische Anforderungen .....</b>	<b>534</b>
8.1	Gefährdungspotenzial .....	534
8.2	Schutzeinrichtungen und Maßnahmen .....	537
8.3	Lärminderung an Handhabungseinrichtungen .....	545
8.3.1	Stoß- und Schleifgeräusche .....	546
8.3.2	Fallgeräusche .....	547
8.3.3	Schwingungen .....	548
8.4	Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) .....	550
<b>9</b>	<b>Störungen im Werkstückfluss .....</b>	<b>554</b>
<b>10</b>	<b>Vermeidung von Handhabungsschäden .....</b>	<b>559</b>
<b>11</b>	<b>Blechteile automatisch handhaben .....</b>	<b>563</b>
11.1	Funktionskette in der Blechbearbeitung .....	563
11.2	Kompakte Pressenverkettung .....	564

11.3	Platinenzuführvorrichtungen .....	569
11.4	Zuführen von Dünnblechen .....	573
<b>12</b>	<b>Handhabungstechnik beim Gesenkschmieden .....</b>	<b>576</b>
	<b>Hinweise zum Zusatzmaterial .....</b>	<b>578</b>
	<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>579</b>

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

# 1

## Bedeutung und Entwicklung

Die Handhabungstechnik ist eine Querschnittsdisziplin, die sich mit der automatischen Manipulation von Gegenständen vornehmlich im Bereich industrieller Arbeitsplätze befasst. Der Begriff „Handhaben“ ist von der menschlichen Hand abgeleitet, von der wir wissen, dass sie außerordentlich vielseitig ist. Der Begriff taucht bereits in der Antike auf. Der einstige Sklave EPIKTET (50 bis 125 unserer Zeitrechnung) sagte, durch praktische Tätigkeit erleuchtet:

*„Alles hat zwei Handhaben. An der einen ist es tragbar, an der anderen nicht. Fasse die Dinge an, wo sie tragbar sind.“*

Vor Jahren wurden fast ausschließlich Werkstücke automatisch manipuliert, wofür sich auch der Begriff „Werkstückhandhabung“ eingebürgert hat. Mit der Entwicklung der Industrierobotertechnik waren dann auch Werkzeuge per Programm bewegbar. Heute ist **„Handhabung“** zum Pauschalbegriff geworden. Der Umfang an Handhabungsoperationen ist in der Montage am größten, weil stets mehrere Bauteile und oft auch Werkzeuge nacheinander zu handhaben sind.

### **Handhabung** (*handling*)

Schaffen, definiertes Verändern oder vorübergehendes Aufrechterhalten einer vorgegebenen räumlichen Anordnung von geometrisch bestimmten Körpern in einem Bezugskoordinatensystem, ohne beabsichtigte Veränderungen am Objekt selbst. Handhabung ist ein Vorgang im Aktionsbereich von Arbeitsplätzen und Fertigungseinrichtungen. Es können weitere Bedingungen vorgegeben sein, wie z.B. Zeit, Menge und Bewegungsbahn.

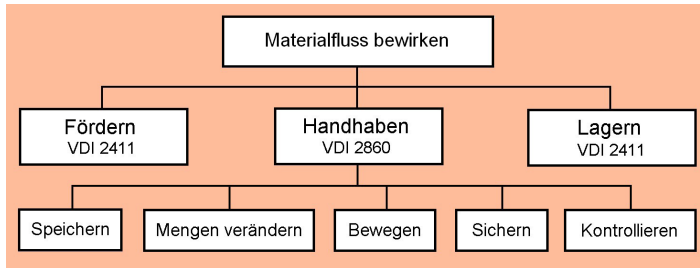
Bei den Handhabungsgeräten kann es sich um spezielle oder universelle Geräte handeln. Die universellen können manuell oder maschinell gesteuert werden und feste oder programmierbare Abläufe ausführen. Letztere sind für moderne automatisierte Fertigungsprozesse unerlässlich. Dazu gehören die Roboter, aber auch einfachere Geräte, die z.B. Greifer oder Werkzeuge führen können. Oft sind Sensoren integriert, die Wege, Positionen, Geschwindigkeiten, Sequenzen u. a. messen. Immer mehr geht es auch um die Erkennung von Form, Identität und Lage (Position, Orientierung) von Werkstücken. Das Ziel besteht darin, mit Handhabungstechnik den Menschen in der Produktion von monotoner, gesundheitsgefährdender sowie physisch und psychisch anstrengender Tätigkeit zu entlasten.

Es gibt aber auch andere Aspekte: Eine Analyse von rein manuell ausgeführten Montagearbeiten hat eine menschliche **Fehlerrate** von  $1,8 \cdot 10^{-4}$  bis  $1,8 \cdot 10^{-3}$  ergeben. Nur eine Automatisierung kann hier zu deutlichen Verbesserungen führen.



## ■ 1.1 Einführung

Handhaben ist als Teilfunktion des **Materialflusses** (*flow of materials*) neben dem Fördern und Lagern integraler Bestandteil aller Abschnitte der Fertigung eines Produkts. Eine erste Zuordnung der Teilfunktionen des Handhabens nach VDI (Verein Deutscher Ingenieure) geht aus Bild 1.1 hervor.



**Bild 1.1** Teilfunktionen des Handhabens

Aus dieser prozessübergeordneten und teilprozessverbindenden Stellung im Produktionsablauf erwächst dem Handhaben eine zentrale Bedeutung bei der Entwicklung moderner **Fabrikstrukturen**. Diese Erkenntnis ist nicht neu. Bereits 1951 schreibt J. DIEBOLD in seinem Buch „*Automation – The Advent of the automatic Factory*“:

*„Zusätzlich zur Entwicklung flexibler, vollautomatischer Fertigungsmaschinen und von automatischen Materialzuführungsgeräten ist es notwendig, einen Weg zu finden, wie das Produkt automatisch von Maschine zu Maschine gebracht werden kann. Dies ist offensichtlich, dass für vollautomatische Fabriken irgendein Typ von beweglichen und universell einsetzbaren Einrichtungen für die Materialhandhabung notwendig ist.“*

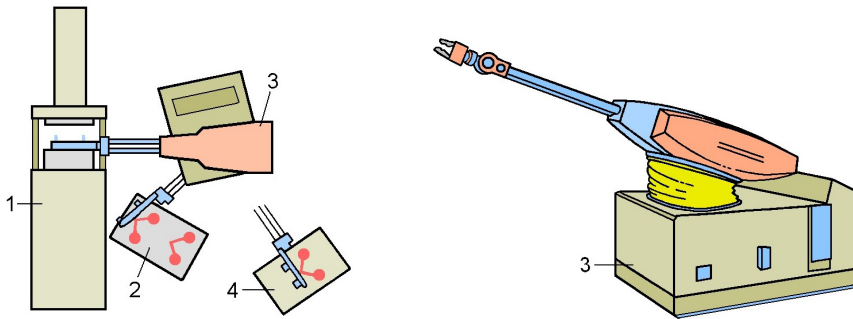
Zehn Jahre später (1961) wurde erstmals freiprogrammierbare Handhabungstechnik industriell eingesetzt. Es war ein Industrieroboter der US-Firma Unimation (U.S.-Patent 2988237), der Druckgussteile in Mehrmaschinenbedienung zu bewegen hatte (Bild 1.2).

Dieser erste Einsatzfall war durchaus überzeugend: Ein Zinkdruckgussteil aus der Maschine übernehmen, in Kühlwasser eintauchen und in die **Entgratepresse** einlegen (500 Stück je Stunde). Oft reicht in solchen Anwendungsfällen die Kapazität des Industrieroboters, um noch eine zweite Druckgießmaschine zu bedienen.

Die Industrieautomation lässt sich ganz allgemein in drei Klassen einteilen:

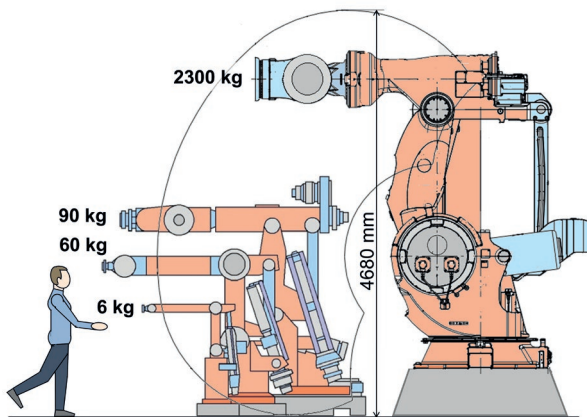
- Automation mit unveränderbarem Funktionsinhalt: Diese ist für die Massenproduktion typisch. Die Produkte erfahren über längere Zeit keine Veränderung.
- Automation mit programmierbaren Automaten: Kleine und mittlere Stückzahlen lassen sich wirtschaftlich fertigen. Die Automaten arbeiten mit einem Programm, das sich veränderten Produkten anpassen lässt. Der Automationsaufwand verteilt sich auf somit auf viele Produkte
- Flexible Fertigungssysteme gruppieren mehrere flexible Maschinen, mit denen eine

Komplettbearbeitung von Teilefamilien in beliebiger Losgröße und Reihenfolge ohne manuelle Eingriffe möglich ist. Typisch ist der Einsatz von Robotern für den Werkstückfluss.



**Bild 1.2** Aufstellplan eines Roboters an einer Druckgießmaschine (Draufsicht), nach UNIMATION [1.1]. 1 Druckgießmaschine, 2 Kühlwasserbecken, 3 Industrieroboter UNIMATE, 4 Entgratepresse

Namhafte Hersteller von Industrierobotern verfügen mittlerweile über Robotertypen für Traglasten von 3 kg bis 1000 kg. Die Firma Fanuc hat eine eigene Baureihe M-2000iA von Schwerlastrobotern im Programm. Der derzeit größte Fanuc-Roboter mit einem Eigengewicht von 11 000 kg kann Werkstücke bis 2300 kg bei einer Reichweite von 4683 mm handhaben.

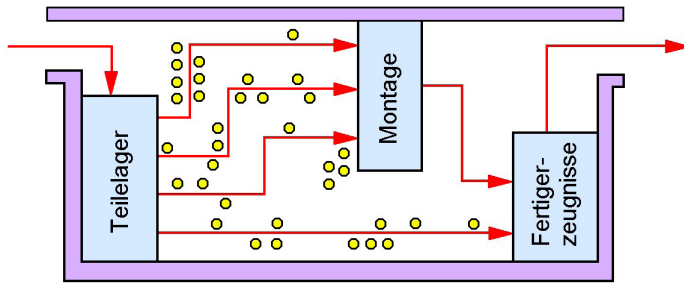


**Bild 1.3** Größenvergleich von Robotern für die Werkstückhandhabung

Der Werkstückfluss lässt sich auch in einen Makro- und einen Mikrobereich einteilen (Bild 1.4). Danach erhält man folgende Zuordnung:

- **Makrobereich:** Innerbetriebliche Bewegung (Fördern) von Arbeitsgut.
- **Mikrobereich:** Handhabung von Arbeitsgut im Bereich eines Arbeitsplatzes.

In der industriellen Fertigungstechnik verschmelzen Fertigungsverfahren, automatische Werkstückhandhabung und Steuerungstechnik letztlich zu einem effizienten Produktionssystem. Das ist das Ziel.



**Bild 1.4** Automatische Werkstückhandhabung (o) im Mikrobereich des Arbeitsplatzes, eingeordnet in den Materialfluss der Produktionseinheit (Makrobereich)

Eine Automatisierung der Werkstückhandhabung ist vor allem aus folgenden Gründen erforderlich:

- Das Zuführen von Werkstücken im Takt einer Maschine ist keine schöpferische Tätigkeit und menschenunwürdig.
- Bei empfindlichen Mikroteilen ist händisches Manipulieren wegen einer Kontamination der Teile meist nicht mehr zulässig (Reinraumtechnologie).
- Die Leistungen der Maschinen sind derart gestiegen, dass manuelles Beschicken aus Gründen der Leistung und Daueraufmerksamkeit nicht mehr realisierbar ist.
- Verschiedene Prozesse (Vakuum, Radioaktivität, Dämpfe in einer Galvanik und andere gefährliche Stoffe) erlauben keine direkte Anwesenheit des Menschen.
- **Handhabungsobjekte** mit extremen Abmessungen (sehr groß, sehr lang, sehr klein) lassen sich nicht ohne Hilfsmittel manuell manipulieren.

Werkstückhandhabung (*workpiece handling*) beschreibt somit den Materialfluss im Mikrobereich eines Arbeitsplatzes, während der Materialfluss in einem Produktionsbereich, gleichsam im Makrobereich, zum innerbetrieblichen Transport gehört.

**Automatisches Handhaben** hat ihren Ursprung in der Massenfertigung, dringt aber nun auch in den Bereich der mittleren und kleinen Stückzahlen vor. Moderne Fertigungsanlagen sind heute ohne selbsttätigen Werkstückfluss nicht mehr denkbar. Viele Geräte sind allerdings nicht flexibel und nur für einen einzigen Anwendungsfall verwendbar. Die Entwicklung von Mikroelektronik, Sensorik und Bildverarbeitung führte allmählich zu einer Verschiebung der Teilfunktionen von der Hardware zur Software und damit zu einer gewissen Flexibilität. Aktuelle Beispiele sind Roboteranwendungen in den unterschiedlichsten Branchen. Der Einsatz von Industrierobotern hat allerdings nicht die Ablösung einiger konventioneller **Zubringeeinrichtungen** zur Folge. Diese werden in der Massenfertigung und häufig in der Peripherie eines Roboterarbeitsplatzes benötigt.

Werden Werkzeuge gehandhabt, dann gehört der Ablauf zum wertschaffenden Hauptprozess. Beschicken und Zuführen kann dagegen nur als Hilfsprozess betrachtet werden. Die Handhabungsvorgänge wirken in diesem Fall nicht werterhöhend. Sie sind daher auf das geringste mögliche Maß zu beschränken, insbesondere dort, wo die menschliche Arbeitskraft noch in Anspruch genommen werden muss [1.2].

Im Rahmen dieses Buches wird die Handhabung von Schüttgut und als Ausnahme auch die Zu- bzw. Abführung von Stoffen (Späne, pneumatische Förderung von Produktionsresten u. a.) und Medien, kurzgefasst behandelt.

**Arbeitsgut** (*goods, working material*)

Alle Stoffe, Halbzeuge, Roh- und Fertigteile, die im Be- oder Verarbeitungsprozess vorkommen, bearbeitet, verarbeitet, montiert und kontrolliert werden. In der Handhabungstechnik geht es um definiert geformtes, also geometrisch bestimmtes Gut, für das ein körpereigenes Koordinatensystem definiert werden kann.

Man kann die Werkstückhandhabung an industriellen Arbeitsplätzen in verschiedene **Technisierungsstufen** einteilen. Welche Stufe man wählen soll, hängt von wirtschaftlichen, ökologischen, qualitativen und quantitativen Anforderungen ab [1.3, 1.4].

**Stufe 1**

Alle notwendigen Funktionen werden von Hand ausgeführt. Eingesetzte Hilfsgeräte, z. B. ein Hubtisch, führen keine Zubringefunktionen im Sinne der Definition aus.

**Stufe 2**

Die Handhabung wird durch einfache technische Mittel erleichtert. Beispiel: Das Eingeben von Blechteilen in eine Presse erfolgt mit einem handbetätigten Wechselschieber für die Ein- und Ausgabe der Blechzuschnitte.

**Stufe 3**

Eingeben und Ausgeben der Werkstücke geschehen automatisch. Das Ordnen und Zuteilen aus einem gebunkerten Vorrat wird noch von Hand ausgeführt. Die Arbeitskraft ist an den Takt der Maschine gebunden.

**Stufe 4**

Zuteilen und Eingeben von Teilen in eine Maschine erfolgen automatisch. Das Ordnen und das Füllen von Magazinen verbleiben noch als Handarbeit. Das Ausgeben geschieht ebenfalls automatisch. Die Bedienungsperson ist jedoch unabhängig vom Arbeitstakt der Maschine.

**Stufe 5**

Alle notwendigen Zubringefunktionen (siehe dazu Kap. 3) werden von Zubringeeinrichtungen maschinell ausgeführt. Die Funktionen werden automatisch überwacht. Die Werkstücke werden in der Regel automatisch geordnet, wenn sie nicht extrem kompliziert oder empfindlich sind.

**Stufe 6**

Das Zubringegut liegt als Fließgut (Band, Draht, Materialbahnen, u. a.) bzw. Quasifließgut (Stangen, Rohre, Trägerband mit aufgeklebten Einzelteilen und Transportlochung, Materialstreifen) vor. Das erübrigt das Ordnen und erfordert im Allgemeinen weniger **Zubringefunktionen** als bei Stückgut.

## Stufe 7

Mehrere Bearbeitungs- bzw. Montagestationen sind miteinander verkettet, wie z.B. ein Stufenwerkzeug in einem Stufenumformautomaten. Es werden Band- und Flachgreifer-Vorschubeinrichtungen eingesetzt. Die starre (feste) Verkettung ergibt kurze Transportwege. Der Ablauf ist vollautomatisiert. Fortentwicklungen führen zunehmend zu flexiblen Teilsystemen.

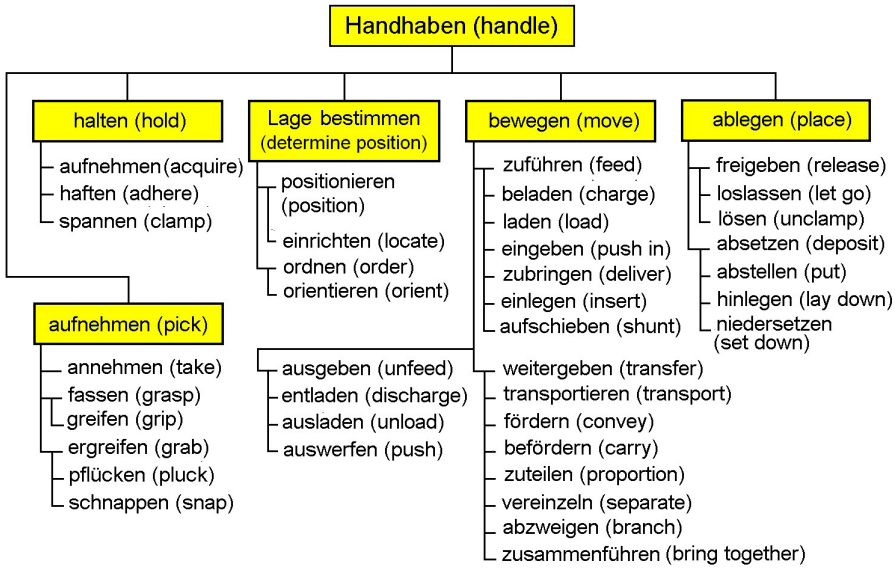
Zur Abgrenzung von Zuführeinrichtungen gegenüber Fördermitteln kann man auch eine Einteilung in 4 Stufen vornehmen [1.5]. Zubringe- bzw. Zuführeinrichtungen bewirken danach den Materialfluss innerhalb einer Produktionseinrichtung in der vierten Stufe. Die erste Stufe beinhaltet den außerbetrieblichen Materialfluss. In der zweiten Stufe wird das Material zwischen einzelnen Betriebsbereichen transportiert. Unter der dritten Stufe versteht man die **Verkettung** einzelner Produktionseinrichtungen zu Arbeitslinien.

Die Aufgabe der Werkstückhandhabung besteht zusammengefasst darin, Handhabungsobjekte meistens in sehr kurzen Zykluszeiten in vorgegebener Anzahl, in definierter Orientierung, an einer vorbestimmten Position und in einer festgelegten Zeitfolge zur Verfügung zu stellen und meistens auch aus der Maschine wieder zu entfernen. Dafür sind auch die Begriffe „Zuführprozess“, „Zubringen“ oder „Beschicken“ in Gebrauch.

**Beschicken:** Vorgang, um Arbeitsgut zeit- und mengengerecht in die Wirkzone einer Bearbeitungsmaschine zu bringen und die Fertigteile wieder zu entnehmen. Das kann mit einem spezialisierten Handhabungsgerät erfolgen oder mit einem programmierbaren Gerät, z. B. mit einem Beschickungsroboter.

**Wirkzone** (*limits of reach*): Ort, an dem Stoff-, Energie- und Informationsfluss zusammengeführt werden, um einem Stoff mit Hilfe von Energie eine Information „aufzuprägen“.

In der sprachlich-kommunikativen Tätigkeit und in Fachtexten werden viele Begriffe für das Handhaben und für angelagerte ähnliche Funktionen verwendet. Besonders für Einsteiger ist die Begriffsvielfalt verwirrend, noch dazu, wenn fremdsprachige Literatur ausgewertet wird. In Bild 1.5 wird gezeigt, wie man fachlexikalische Einheiten zur Benennung des Handhabens hierarchisch gliedern kann [1.5]. Man sieht, dass *to pick* und *to place* als Komplementärpaar die Endstellen einer **Bewegungssequenz** kennzeichnen. *To pick* impliziert ein Organ zum Aufnehmen und Hochheben eines Objekts und *to place* bedeutet gezieltes Ablegen an einem festgelegten Ort.

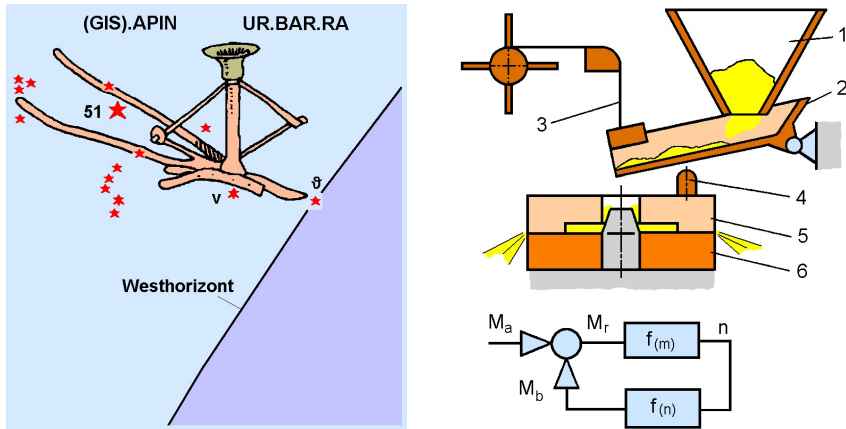


**Bild 1.5** Lexemparadigma „Handhabungsoperationen“

## ■ 1.2 Geschichtlicher Rückblick

Bereits vor 4400 Jahren hatten die Chaldäer recht moderne Vorstellungen vom Sternenhimmel. Im Sternbild APIN, das der astronomischen Keilschriftserie MUL.APIN den Namen gegeben hat, ist auch ein Saattrichter dargestellt, genannt UR.BAR.RA (Bild 1.6 links). Das ist die wohl älteste Zuführeinrichtung. Sie wurde an einen hölzernen Pflug angebaut, der von einem Ochsen gezogen wurde. Diese Entwicklung orientierte sich am Bedarf einer verbesserten Saatgutausbringung.

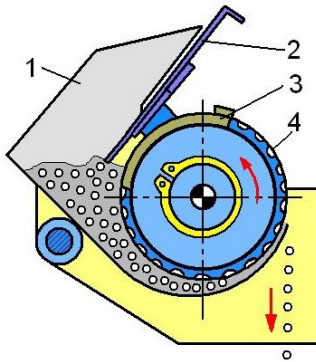
Im Mittelalter beschreibt der Kriegingenieur des Königs HEINRICH III. von Frankreich, AGOSTINO RAMELLI (um 1531–1608), in einem großen Maschinenbau-Buch (1588) die Zuführung (*feed*) von Getreidekörnern zum Mahlstein. Dieser Vorgang war bereits auf rein mechanische Art in einen **Regelkreis** eingebunden: Je schneller sich der Mahlstein dreht, desto kräftiger läuft der Körnerstrom (Bild 1.6 rechts), weil die Schwingfrequenz ansteigt.



**Bild 1.6** Saattrichter und Mühlenhüpfers als historische Zuführgeräte.

1 Bunker, 2 Rüttelschuh, 3 Halteseil, 4 umlaufender Nocken, 5 rotierender Mahlstein, 6 feststehender Mahlstein,  $M_a$  Antriebsmoment,  $M_b$  Bremsmoment,  $M_r$  Reibmoment,  $n$  Drehzahl

Das selbsttätige Zuteilen von Saatkörnern ist auch heute keine leichte Aufgabe. Der Bunker soll sich vollständig entleeren lassen. Bei teuren Feinsämereien dürfen keine Restmengen zurückbleiben und dann soll alles auch in Hanglage funktionieren. Das Bild 1.6 zeigt eine moderne Zuführeinrichtung für Saatgut im Querschnitt. Der Säradeinschub beeinflusst die Ausbringleistung und am Särad sind mehrere Reihen mit Kavitäten („Nocken“) nebeneinander angeordnet, um eine bestimmte Arbeitsbreite zu bekommen.

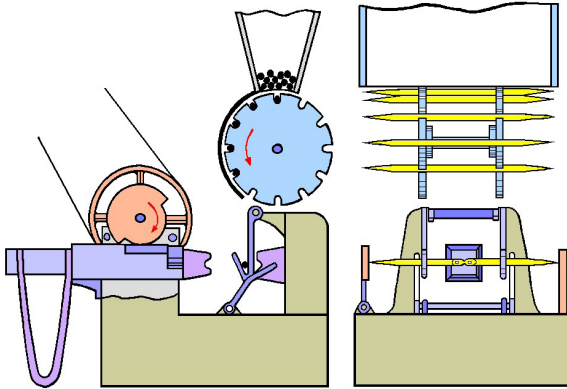


**Bild 1.7** Saatgutzuführeinrichtung.

1 Bunker, 2 Spaltschieber, 3 Säradeinschub, 4 Särad mit Kavitäten

In der Mitte des 19. Jahrhunderts findet man bereits an Drehautomaten zur Herstellung von Holzschrauben Zuführeinrichtungen (1865). Viele Zubringeeinrichtungen wurden zuerst für **Massenprodukte**, wie z.B. Nähnadeln, Knöpfe, Patronenhülsen, Schrauben, Münzen, Glühlampen und Bleistifte entwickelt. Stellvertretend zeigt das Bild 1.8 eine Nadelprägevorrichtung (Prägen von Rille und Ohr) mit selbsttätiger Zuführung (1871). Weitere Beispiele sind:

- 1786 Handling von Ronden an Münzprägepressen (J. P. DROZ)
- 1871 Spann- und Vorschubeinrichtung an Drehautomaten von PARKHURST
- 1873 SPENCER (USA) baut Drehautomaten mit Magazinzuführung
- 1880 WORLEY fertigt Revolverdrehautomaten mit Stangenzuführung
- 1923 MORRIS MOTORS (England) nimmt mechanisch gesteuerte Taktstraße in Betrieb
- 1924 Rundtaktmaschinen mit automatischer Teilezuführung (Glühlampenfertigung in Deutschland)



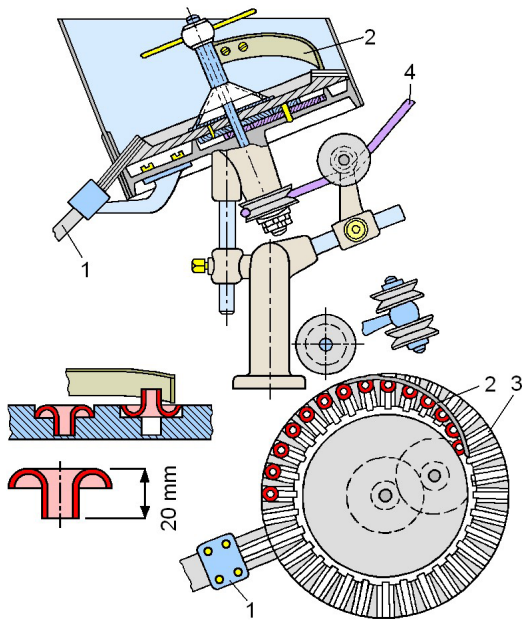
**Bild 1.8** Nadelprägemaschine mit automatischer Teilezuführung vom Mechaniker KAISER aus Iserlohn (1871)

Automatisches Fertigen und Handhaben wurde beträchtlich durch die Entwicklung von **Transferstraßen** in der Automobilindustrie vorangebracht. Allein die Firma Renault hat in Frankreich in den Jahren von 1946 bis 1954 über 600 Taktstraßen gebaut. Fließfertigung erfordert auch die arbeitsorganisatorische Bewältigung der Arbeitsteilung, eine wesentliche Voraussetzung für eine Automatisierung in der Fertigungstechnik.

Ein weiteres Beispiel ist die Zuführung von Hohlrieten in der Schuh- und Lederwarenindustrie. Das Bild 1.9 zeigt dazu eine **Bunkerzuführeinrichtung**. Das gebunkerte Gut fällt in die eingefrästen Gleitrinnen eines Drehtellers. Teile in falscher Orientierung werden von einer Flachfeder abgestreift und fallen wieder in den Bunker zurück. Richtiglagentteile gelangen bis zur Auslaufschiene und gleiten ab. Man erreichte damit bei einer Belegung der Nuten mit 80 % und zwei Teilen je Nut sowie einer Drehzahl des Drehtellers von etwa  $n = 1,5$  Umdrehungen je Minute eine Ausbringung von 8600 Teilen je Stunde.

Mit steigenden Produktionszahlen wuchs auch im Maschinenbau das Interesse an automatisierten Werkstückzuführungen. Bereits in den 1930er Jahren hat man sich Gedanken gemacht, mit welchen technischen Hilfen die Teilezuführung in der Massenfertigung erledigt werden kann (Bild 1.10) und welche Details den Vorgang begünstigen könnten oder den Vorgang unsicher machen (Bild 1.11).





**Bild 1.9** Zuführeinrichtung für Hohniete in der Lederwarenbranche (um 1940).  
1 Auslaufschiene, 2 Abstreiffeder für falsch liegende Teile, 3 Drehteller mit 60 Nuten, 4 Antriebsriemen, Rundriemen

Herkt, Werkstückzuführung durch Magazine, Zeitschr. Masch./Betrieb 13 (1934), Nr. 17/18.  
Herkt, Selbsttätige Werkstückzuführung, Zeitschr. Masch./Betrieb 14 (1935), Nr. 1/2.  
Seiler, Das Zuführen und Gleichrichten von Werkstücken, Zeitschr. Die Werkzeugmaschine (1930), Heft 8 und 9.

**Bild 1.10** Fachaufsätze dokumentieren die Beschäftigung mit der Handhabungstechnik schon in den 1930er Jahren

Man gliederte z. B. das technische **Wirkprinzip** für das Zuteilen wie folgt:

- Teilezuführung (Vereinzeln) mit Schieber
- Teilezuführung durch Drehteller
- Teilezuführung durch Drehtrommel
- Teilezuführung nach dem Schöpfprinzip
- Teilezuführung mit Saugluft
- Teilezuführung mit Elektromagnet

Damit waren die Anfänge einer **Verhaltenslehre** für Werkstücke begründet.

# Sachwortverzeichnis

## A

Abrieb 562  
Abrollbremse 66  
Abrollstrecke 540  
Abschirmhöhe 541  
Abteilen 169  
Abwärtsfördereinheit 62  
Abwickelhaspel 388  
Abzugswalze 183  
Achsantrieb 206  
Achsenbezeichnungen 459  
Adapter 82  
Admittanzregelung 436  
Anschlagdämpfung 540  
Anschlagsystem 211  
Anström-Paradoxon 263  
APOS 466  
Arbeitsgut , 40, 15, 47  
Auflicht 471  
Aufwärtsförderung 284  
Ausfallmechanismus 555  
Ausgleichsspeicher 111  
Auslaufbunker 529  
Auslegerachse 202, 218  
Auslegerportal 250  
Außenverkettung 476  
Außenvibrator 306

## B

Bahnsteuerung 446  
Balancer 420  
Bandabzug 384  
Bandübergabestelle 291  
Bandzuführeinrichtung 378  
Basiskoordinatensystem 444  
Baugruppengestaltung 94  
Baukasten-Industrieroboter 443  
Bauteil-Magazinierung 466  
Bereitstelltechnik 35  
Beschicken 16

Beschickungsspeicher 111  
Bewegen 201  
Bewegungsdiagramm 232  
Bewegungsgesetz 231  
Bewegungssteuerung 445  
Bezugskordinatensystem 40, 459  
Bildverarbeitung 33  
Binarisierung 464  
Bin-Pick-Lösung 470  
Blasdüsensystem 265  
Blechbearbeitung 563  
Blechgreifer 355  
Blechklemmspitze 354  
Blechspreizmagnet 142  
Blistergurtmagazin 88  
Bohrvorrichtung 277  
Bolzenfügevorrichtung 276  
Bremsselement 540  
Bremswalze 541  
Brückenbildung 135, 169, 192  
Brückenbildung 529  
Bündelförderer 414  
Bunker 112  
Bunkerzuführeinrichtung 19, 100, 120  
Bunkerzuführrotor 402  
Bürstenförderer 562  
Bypass 509  
Bypass-Strecke 485

## C

Carrier 491  
C-Bewegungszyklus 236  
Cobot 439  
Coil 384

## D

Deckenfahrwerk 436  
Deckenlaufwerk 422  
Deltaroboter 417  
Denavit-Hartenberg-Konvention 454

Depalettiersystem 157  
 DH-Parameter 455  
 Differenzial vereinzeln 318  
 Direktantrieb 222  
 DMS-Wägezelle 428  
 Doppelanbindung 488  
 Doppelarm 576  
 Doppelarmeinleger 234  
 Doppelbandförderer 293  
 Doppelgreifeinheit 32  
 Doppelgreifer 250  
 Doppelgurtförderer 484  
 Doppelspur-Transportband 292  
 Doppelteile-Kontrolle 556  
 Doppelvereinzelung 392  
 Dosieren 520  
 Dosierschnecke 528  
 Drahtabzugssystem 389  
 Drahtwickleinrichtung 389  
 Drahtzuführung 388  
 Dreheinheit 217  
 Drehen 101  
 Drehführung 207  
 Drehgelenkroboter 441  
 Drehhakenbunker 114  
 Drehtischzuführung 121  
 Dreipunktaufnahme 50  
 Drive-based-Architektur 223  
 Drückautomat 572  
 Druckluftmotor 429  
 Dünnblech 573  
 Dünnringlager 217  
 Durchbiegung 205, 225  
 Durchlauf-Scheibenspeicher 480  
 Durchlaufspeicher 479  
 Durchlicht 471  
 Durchlichtbetrieb 465

## E

Effektor 340  
 Effektorplattform 457  
 Einführschräge 56  
 Eingabe 155  
 Einklemmschutz 552  
 Einlegeeinrichtung 223, 230  
 Einschienenstrecke 505  
 Einweglichtschränke 371  
 Einzellast 225  
 Einzelteilgestaltung 95  
 Einzugswalze 544  
 Elektromagnetgreifer 342  
 elektromagnetisches Ordnen 266  
 Elementarfunktion 98  
 EMAGO-Verfahren 266  
 Endlagendämpfung 212

Entnahmeroboter 280  
 Entwirrprozess 42  
 Entwirrtechnik 126  
 Euler-Notation 451  
 Expansionsgreifer 357

## F

Fahrbalken 251  
 Fahrenheit 502  
 Fallbewegung 57  
 Fallkanal 195  
 Fallschachtbreite 58  
 Federfingergreifer 347  
 Federn-Zuführsystem 391  
 Fehlerbaum 555  
 Fehlerursachen 555  
 Festigkeit 205  
 Flächenportal 250  
 Flächenportalroboter 249  
 Flächensauger 359  
 Flächenschwingsortierung 332  
 Flächenspeicher 154  
 Flaschengreifer 356  
 Fließgut 30  
 Fließmontage 483  
 Flugförderung 526  
 Fluidmuskel 195  
 Flyer 388  
 Folienmagazin 145  
 Förderbandkomponenten 282  
 Förderband-Leiteinrichtung 289  
 Förderbandzuführung 137  
 Förderkettentaktung 302  
 Formnest 52  
 Frame-Konzept 449  
 Frame-Transformation 452  
 Freigängigkeitsmodell 568  
 Freiheitsgrad 40  
 Fügehilfe 91  
 Fügemechanismus 275  
 Fügeteilzuführung 489  
 Führungsgetriebe 458  
 Führungskennziffer 60  
 Füllungskontrolle 374  
 Funktion 109  
 Funktionsfläche 561  
 Funktionsflexibilität 420  
 Funktionsfolge 99  
 Funktionsplan 98  
 Funktionstabelle 269, 377

## G

Gebinde 78  
 Gefahr 536

Gefährdungspotenzial 534  
Gelenkbremsung 431  
Gelenkfingergreifer 346  
geordnetes Speichern 100  
Geradföhrung 207  
Geschwindigkeitsreduktion 552  
Gesens Schmieden 576  
Gewindespindelantrieb 228  
Gleichlaufregelung 252  
Gleitbewegung 66  
Gleitföhrung 307  
Gleitreibungskoeffizient 69  
Globoid-Kurvengetriebe 303  
Greifbacke 345  
Greifen 334  
Greiferantrieb 343  
Greifertypen 341  
Greiferwechseleinrichtung 363  
Greiffreiheit 51  
Greifkraftbestimmung 350  
Greifprinzip 49  
Greifrolle 574  
Grenzlehre 198  
Griff in die Kiste 470  
Gurtablagemulde 139

**H**

Hafttrad 129  
Hakenvorschub 378  
Halten 335  
Handdrehachse 434  
Handhabbarkeit 82  
Handhabung 11  
Handhabungsadapter 82  
Handhabungsmodul 209  
Handhabungsobjekte 40  
Handhabungstechnologie 104, 324  
Handhabungszyklus 243  
Hängefähigkeit 79  
Haufwerk 48, 254  
Hauptachsen 443  
Hebelentlader 280  
Heuteile 42  
Hexapod 457  
High-Speed-Picking 417  
H-Lader 250  
Hochgeschwindigkeitshandhabung 416  
Hubachse 226  
Hubbalken 180  
Hub-Dreh-Einheit 510  
Hub-Dreh-Modul 209  
Hubmagazin 158  
Hubplattform 109  
Hubrechentransport 301  
Hubschlauch 429

Hubsegmentbunker 117  
Hubtisch 132  
Hüllform 51  
hybrides Montagesystem 403  
hydroadhäsives Greifen 366  
Hysteresebremse 385

**I**

Impulsschallsenkung 546  
Indexiereinheit 158  
Industrieroboter 439  
Inline-Wender 78  
Innenverkettung 476  
installierte Funktionen 99  
Interpolation 446

**K**

Kanalmagazin 195, 480  
Kanalmindestbreite 68  
Kardangelenglieder 283  
Karnaugh-Diagramm 269  
Karussellspeicher 156  
Kaskadenbauweise 196  
Kassettenmagazin 162  
Kegelrollenbahn 511  
Keilhakengetriebe 364  
kennzeichnende Funktionen 99  
Kettenumlaufspeicher 480  
Kippen 67, 73  
Kipprampe 74  
Kippstufe 267  
Kleinroboter 551  
Kleinteilmagazin 152  
Kleintransportsystem 292  
Klemmgurttförderer 287  
Klemmmesservorschub 378  
Klemmplattenmechanik 382  
Klemmrollenvorschub 378  
Klemmzangenvorschub 378  
Klinkenrollbahn 295  
Kolbendosierung 523  
Komplettteil 92  
Kontrolle 371  
Koordinatensystem 40, 443  
Koordinatentransformation 451  
Körperschall 547  
Körpersystem 40  
Kraftleitungswege 549  
Kraftreduktion 552  
Kreuznut-Spannpalette 497  
Kugeladaptersystem 363  
Kugelföhrung 219  
Kugelhahn 520  
Kugelrolle 513

Kugelrolltisch 35, 513  
 Kunststoff-Förderaufsatz 313  
 Kunststoffführung 207  
 Kurvengetriebe 232  
 Kurvenschrittgetriebe 302  
 Kurvensteuerung 238  
 KV-Diagramm 269

## L

Ladeeinrichtung 235  
 Lagesicherungselemente 335  
 Längenmessung 199  
 Langgut 187  
 Langguthandhabung 413  
 Lärminderung 545  
 Lasersensor 539  
 Lastarmmanipulator 420  
 Lastaufnahme 433  
 Lastmoment 229  
 Laststeuerung 427  
 Laufschieneprofil 424  
 Laufwagen 219, 487  
 Lineareinheiten 201, 203  
 Linearführung 204  
 Linearmotor 220  
 Linearpositionierer 242  
 Linearschwingrinne 308  
 Linienportal 250  
 Linienportalroboter 31  
 Luftdüsenfeld 264  
 Luftfilmtransport 73  
 Luftschalldämmung 549  
 Luftstrahlgreifer 348

## M

Magazin 142  
 Magazinfüllsystem 467  
 Magazinkette 481  
 Magazinpalette 164  
 Magazinplatte 317  
 Magazinzuführeinrichtung 154  
 Magnetförderer 282  
 Magnetfüßelement 339  
 Magnetgreifer 375, 572  
 Magnetrolle 140  
 Magnetrotorbunker 114  
 Magnet-Schwingantrieb 308  
 Makrobereich 13  
 Manipulator 24  
 Maschinenbeschickung 147  
 Maschinenverkettung 31  
 Massedosierung 521  
 Materialfluss 12  
 Mehrachsensensor 439

Mehrebenenvibrator 310  
 Mehrfachwerkstückträger 501  
 Mehrmaschinenbedienung 12  
 Mehrmaschinenversorgung 155  
 Mehrrichtungskette 485  
 Mehrstrahllichtschrankensystem 371  
 Mensch-Roboter-Kooperation 550  
 Messen 371  
 Mikrobereich 13  
 Mikrodosierung 521  
 Mikrowurfförderung 307  
 Minimalkörper 174  
 Mitnehmernocken 185  
 montagegerechte Gestaltung 90  
 Montagegreifer 277  
 Montagetransfersystem 488  
 Montagezelle 27  
 Monte-Carlo-Methode 478  
 morphologischer Kasten 194  
 morphologisches Schema 406  
 Mover 488  
 Muldenzuteiler 189  
 Multifunktionsteil 89  
 Multigreifer-Umsetzer 301  
 Mustererkennung 200

## N

Nachlaufregelung 438  
 Nachschubmechanik 319  
 Nebenachsen 443  
 Notschaltstange 544

## O

Oberflächenschaden 559  
 Objektflexibilität 420  
 Offline-Programmierung 461  
 Ordnen , 21, 101, 467  
 Ordnungsgrad 47  
 Ordnungshilfe 259, 322  
 Ordnungsstrecke 320  
 Ordnungswahrscheinlichkeit 255  
 Ordnungszustand 46  
 Orientierung 47  
 Orientierungseinrichtung 48  
 Orientierungserkennung 268  
 Orientierungsgrad 46  
 Orientierungssystem 468  
 Orts- und Lagewechselplan 106

**P**

Packmuster 53, 134  
Palettenfördersystem 283  
Palettierroboter 165  
Palettiersystem 156  
Parallelarm-Bauweise 577  
Parallelbackengreifer 184  
Parallelkinematik 457  
Parallelprogrammgetriebe 248  
Parallelverkettung 476  
Parkettiermuster 51  
Passivachse 220  
PC/Controller-based-Architektur 223  
Petrinetz 463  
Pick-and-Place-Gerät 233  
Plattenbandförderer 302  
Poka Yoke 558  
Portalladegerät 105  
Portalwagen 250  
Pose 80  
Position 46  
Positionierachse 212, 274, 409  
Positionierantrieb 223  
Positionieren 101  
Positioniermodul 497  
Positioniertisch 202  
Positionierung 272  
Positionierungsgrad 46  
Prallplatte 547  
Presseinheit 407  
Produktträger 495  
Programmierv Verfahren 461  
Prüfeinrichtung 106  
Prüfen , 101  
Punktsensor 268  
Punktsteuerung 446

**Q**

Quasifließgut 87, 388  
Quetschventil 187

**R**

Radialgreifer 353  
RCC-Einheit 274  
Rechtecktaktmagazin 152  
Rechteckumlauf 511  
Redundanz 539  
Reflexlichtschranke 371  
Reflexlichttaster 371  
Reibrolle 182  
Reihen-Parallel-Verkettung 476  
Reihenverkettung 475  
Richtkanten 255

Richtungsstabilisierung 65  
Riemenförderer 492  
Ringsortersystem 199  
Ringtisch 239  
Ringtisch-Montagemaschine 239  
Risikograf 535  
Roboterassistent 435  
Roboterkinematik 455  
Roboterkoordinatensysteme 444  
Robotersimulation 462  
Rohr-Adjustageanlage 298  
Rohrförderer 310  
Rohrvibrator 310  
Rollbahnmagazin 144  
Rollbewegung 62  
Rollenbahn 296  
Rollenführung 219  
Rollschienenführung 66  
Rollfähigkeit 85  
Roll-Gleitbewegung 63  
Rollkanal 294  
Rollringgetriebe 389  
Rollringgetriebe 545  
Rondenzuführung 570, 572, 575  
Rotationseinheit 217  
Rotationswickelverfahren 388  
Rotorautomaten 400  
Rotorzuteiler 139, 174  
Rotorzuteiler 555  
RPY-Notation 450  
Ruckereignis 231  
Rückhaltefinger 172  
Rückhaltesperre 175  
Rücklaufspeicher 102  
Rücklaufstrecke 510  
Rückwärtstransformation 452  
Rundschalteinheit 239  
Rundschalttisch 156

**S**

Sackspeicher 140  
Safety-Controller 550  
Sammelspeicher 112  
Satz von Steiner 215  
Saugergreifer 341, 434  
Schachtelzuführung 545  
Schachtmagazin 145, 153  
Schaltventil 520  
Scheibenbremse 431  
Scheibenmagazin 148  
Scheinmanarm 22  
Scherenhubtisch 132  
Schiebebedingung 226  
Schieberzuteiler 188, 190  
Schikane 259

- Schleusenzuteiler 171  
Schlingenaufgeber 140  
Schnappverbindung 93  
Schneckeneinzug 507  
Schneckenzuteiler 192, 400  
Schnelleinzug 508  
Schnellwechselsystem 365  
Schöpfgorgan 116  
Schöpfradbunker 114  
Schöpfrohrbunker 114  
Schöpfsegmentbunker 115  
Schrägförderbunker 118  
Schrägförderer 104  
Schrägschachtmagazin 159  
Schraubenprüfsystem 373  
Schraubenzuführung 391  
Schraubenzuteiler 393  
Schraubernundstücke 396  
Schraubteilzuführung 396  
Schüttgut 35, 518  
Schüttgutbunker 112, 530  
Schüttgutzuführung 527  
Schutzeinrichtung 537  
Schwanenhalsstopper 500  
Schwarz-Weiß-Konturbild 464  
Schwebesystem 492  
Schweißmuttern-Zuführereinrichtung 398  
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 457  
Sekundärmontage 552  
Selbstblockierung 383  
Selbsthemmung 57  
Selbstorientierung 55  
Selbstpositionierung 55  
Selbstsperrung 224  
Sensor 427  
SEQ-Notation 451  
Servo-Horizontalachse 221  
Sicherheit 536  
Sicherheitsschalter 544  
S-Lader 250  
Softgreifer 346  
Sortieranlage 374  
Sortieren 170, 197  
Sortiertechnologie 468  
Sortierweiche 195  
Spanneinrichtung 368  
Spannen , 101  
Spannlagenfamilie 498  
Spannpalette 497  
Speicher 111  
Speicherdichte 50  
Speichern 100  
Spezialgreifer 346  
Spindelhubsystem 430  
Spiralscheibenmagazin 151  
Spreizmagnet 140  
Sprühbefettung 563  
Standfestigkeit 67  
Standssäulenmanipulator 422  
Standssicherheit 75, 432  
Stanfordarm 22  
Stangengreifer 357  
Stangenlademagazin 413  
Stangenmagazin 146  
Stangenmagazinierung 414  
Stangenvereinzelung 192  
Stapelbildung 133  
Stapelbunker 135  
Stapelfähigkeit 56  
Stapelgreifer 354  
Stapelmagazin 112, 192  
Stapelmulde 415  
Stapelwand 131  
Stapelzuführung 33  
Staurollenförderer 486  
Steifigkeit 205  
Steilförderer 119  
Steilförderung 285  
Steinerscher Verschiebesatz 215  
Stellorgane 519  
Steuerdiagramm 277  
Stewartplattform 457  
Stofffluss 518  
Stopper 499, 500  
Störungsflexibilität 420  
Störungsmanagement 557  
Störungsspeicher , 478, 102  
Stoßereignis 231  
Streckenlast 225  
Struktogramm 461  
Stückdosierung 521  
Stückgut 29  
Stufenaufsatz 310  
Stufenhubförderer 123  
Stufenmagazin 161  
Stufenrollbahn 65  
Synchronriemenantrieb 228

**T**

Taktausgleich 384  
Taktstraßenspannstation 498  
Tänzerwalze 385  
Tastventil 361  
TCP 445  
Teilen 169  
Teilezuführung 575  
Telemanipulator 24  
Teleoperator 24  
Toroidgreifer 356  
Traglastkennlinie 441  
Transferegreifer 352  
Transferkette 370  
Transfersystem 473  
Transformationsmatrix 453  
Transportgurtspannung 290  
Transportroboter 505  
Trennsauger 356  
Trichterbunker 129  
Tripod 457  
Trommelbunker 114  
Trommelmagazin 150  
Turmvibrator 310

**U**

Überschwingen 447  
Umlaufmagazin 147  
Umlaufspeicher 479  
Umschlingungstrieb 218  
Unwuchtsystem 306

**V**

Vakuumförderer 287  
Vakuumgreifer 146, 362  
Vakuumsauger 358  
V-Aufhängung 425  
Vereinigen 169  
Vereinzelung 181  
Vereinzelr 21  
Verhaltensregeln 538  
Verhaltenstypen 43  
Verkettungsarten 475, 476  
Verkettungseinrichtung 474  
Verschieben 101  
Verteillogistik 506  
Vertikalförderung 493  
Verzweigen , 100, 71  
Vibrationswendelförderer 126  
Viergelenkkette 346  
Vierpunktaufnahme 50  
V-Lader 250  
Vollschleppsteller 512

Volumendosierung 521  
Vorschub-Ablaufdiagramm 380  
Vorschubeinrichtung 378  
Vorwärtstransformation 451  
Vorzugsorientierung 76, 89, 121, 254

**W**

Wafer-Handling 459  
Wafer-Transferstrecke 249  
Wägezelle 427  
Wahrheitstabelle 269, 377  
Walkwand-Schneckendosierer 528  
Walzenförderer 302  
Walzen-Klemmmechanik 383  
Walzenordnungseinrichtung 262  
Walzenübergang 543  
Walzenvorschub 378  
Wälzkörperführung 207  
Wanderbalkensystem 301  
Wandportal 242  
Wechselmagazin 184  
Wechselsystem 344  
Weiche 71  
Weitergabereinrichtung 278  
Weitergabemechanismus 301  
Weitergeben 101  
Wellkantenförderer 287  
Weltkoordinaten 444  
Weltkoordinatensystem 445  
Wendearm 77  
Wendeeinrichtung 395  
Wendelaufsatz 312  
Wendelauslauf 318  
Wenden 78  
Wender 574  
Wendeübergeber 299  
Wendevorrichtung 76  
Werkstückanordnung 45  
Werkstückaufnahme 50, 165, 335  
Werkstückbeschädigung 560  
Werkstückhaltevorrichtungen 337  
Werkstückhandhabung 11, 14  
Werkstück-Kettenmagazin 305  
Werkstücklader 413  
Werkstückspannvorrichtung 368  
Werkstücksystematik 43  
Werkstückträger 495  
Werkstückträgerführung 512  
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 395

Zuführeinrichtung 18

Zuführrotor 401

Zuführtechnik 560

Zug-Druck-Element 238

Zugmittelantrieb 493

Zugmittel-Kurbelgetriebe 246

Zugmittelsystem 281

Zusammenführen , 100

Zuteilen 100

Zuteilerkraft 160

Zuteilschieber 544

Zweiachsen-Handhabungsgerät 245

Zweifachgreifer 351

Zwei-Massen-Schwinger 306

Zweiträgerbrücke 423

Zweiwege-Rohrweiche 524

Zwischenanschlag 211

Zwischenlage 164

Zwischenspeicher 111, 143, 278