

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 Zuführsysteme, 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, Prinzipien, 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 konziert 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

Vorwort	5
Vorwort zur 5. Auflage	6
Vorwort zur 6. 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 Zuföhreinrichtungen	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	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	Gelenkbremsung	431
5.1.5	Standsicherheit 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
6	Transfersysteme	473
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
7	Zuführen von Fluiden und Schüttgut	518
7.1	Stellen von Stoffströmen	518
7.2	Zuführen von Schüttgut	524
8	Sicherheitstechnische Anforderungen	534
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
9	Störungen im Werkstückfluss	554
10	Vermeidung von Handhabungsschäden	559
11	Blechteile automatisch handhaben	563
11.1	Funktionskette in der Blechbearbeitung	563
11.2	Kompakte Pressenverkettung	564

11.3 Platinenzuführvorrichtungen	569
11.4 Zuführen von Dünnblechen	573

12 Handhabungstechnik beim Gesenkschmieden	576
---	------------

Hinweise zum Zusatzmaterial	578
--	------------

Sachwortverzeichnis	579
----------------------------------	------------

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

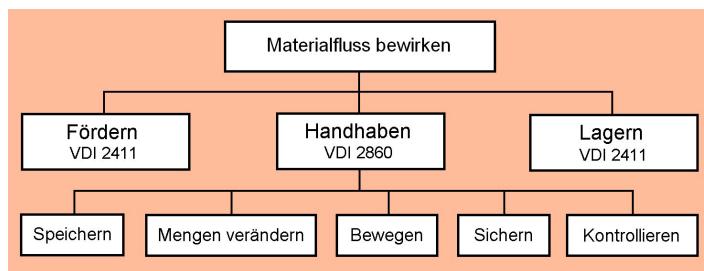


Bild 1.1 Teifunktionen des Handhabens

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.

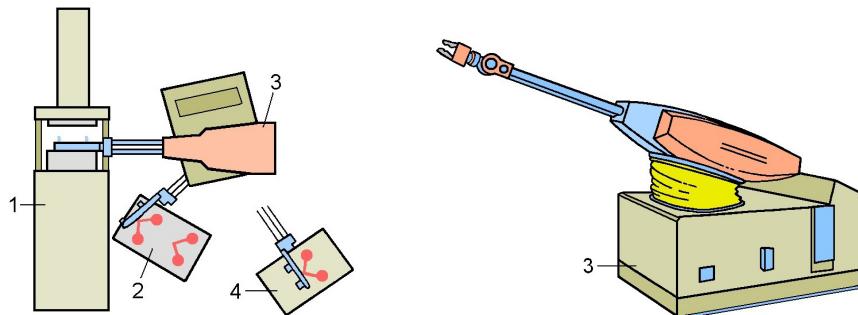


Bild 1.2 Aufstellplan eines Roboters an einer Druckgießmaschine (Draufsicht), nach UNIMATION [1.1]. 1 Druckgießmaschine, 2 Kühlwasserbecken, 3 Industrieroboter UNIMATE, 4 Entgratepresse

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.

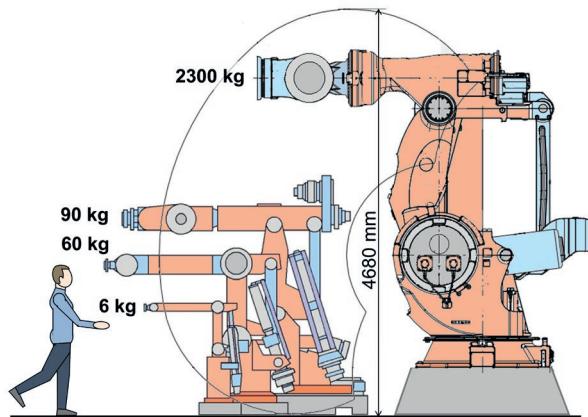


Bild 1.3 Größenvergleich von Robotern für die Werkstückhandhabung

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 Produktionsystem. Das ist das Ziel.

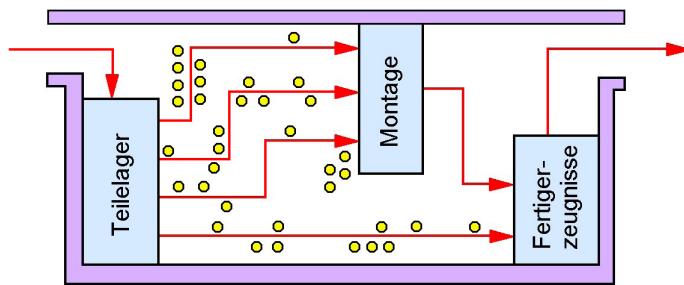


Bild 1.4 Automatische Werkstückhandhabung (●) im Mikrobereich des Arbeitsplatzes, eingeordnet in den Materialfluss der Produktionseinheit (Makrobereich)

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 Massenproduktion 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, Halzeuge, 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 erübrigts 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.

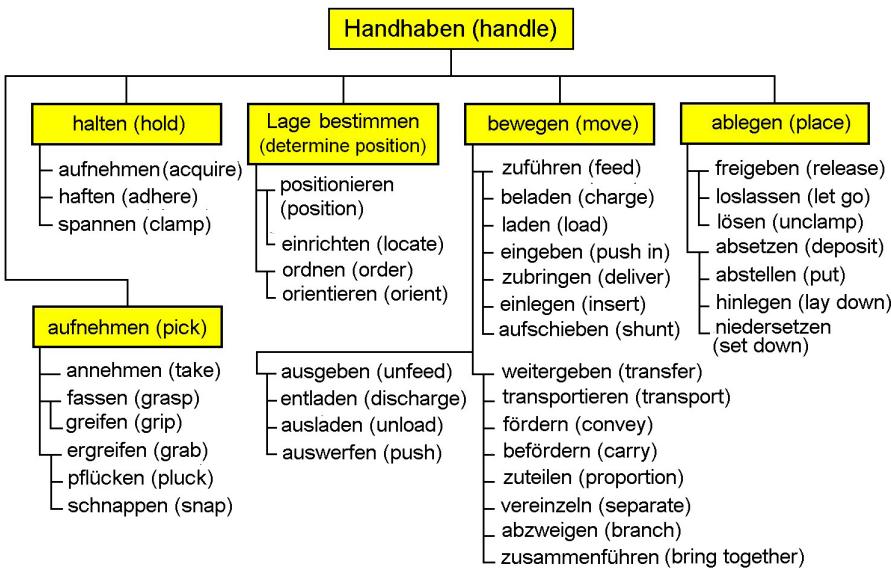


Bild 1.5 Lexemparadigma „Handhabungsoperationen“

■ 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 Saatstrichter 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 Kriegsingenieur 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.

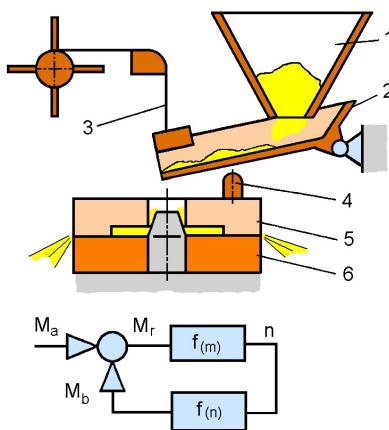
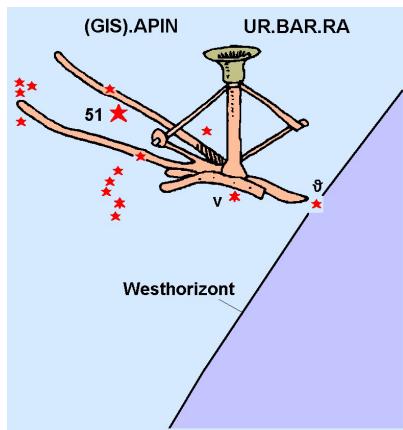


Bild 1.6 Saattrichter und Mühlenhüpfer als historische Zuführgeräte.

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.

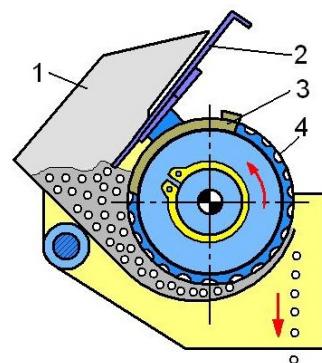


Bild 1.7 Saatgutzuführeinrichtung.

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 Öhr) 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)

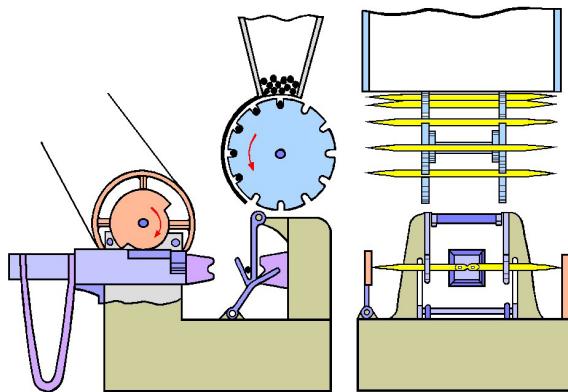


Bild 1.8 Nadelprägemaschine mit automatischer Teilezuführung vom Mechaniker KAISER aus Iserlohn (1871)

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 Hohlnieten 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. Richtiglagenteile 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).

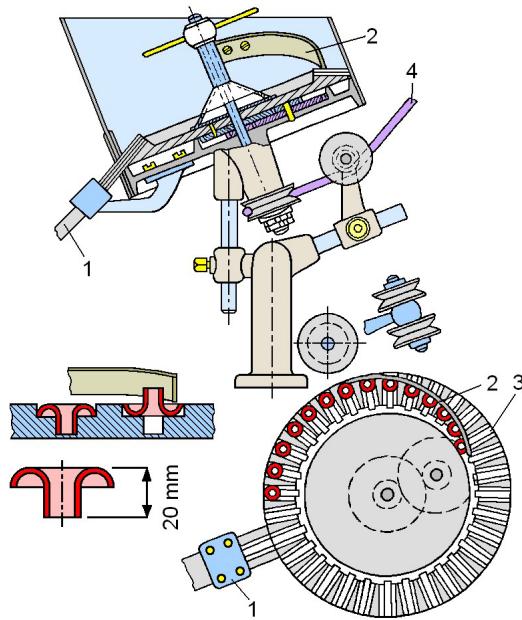


Bild 1.9 Zuführeinrichtung für Hohlniete in der Lederwarenbranche (um 1940).
1 Auslaufschiene, 2 Abstreiffeder für falsch liegende Teile, 3 Drehteller mit 60 Nuten, 4 Antriebsriemen, Rundriemen

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 (Vereinzelt) mit Schieber
- Teilezuführung durch Drehsteller
- Teilezuführung durch Drehtrömmel
- 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
Abwärtsförderereinheit 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
Bezugskoordinatensystem 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
Bremselement 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
 Eingeber 155
 Einklemmschutz 552
 Einlegeeinrichtung 223, 230
 Einschienenstrecke 505
 Einweglichtschanke 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
 Fahreinheit 502
 Fallbewegung 57
 Fallkanal 195
 Fallschachtbreite 58
 Federfingergreifer 347
 Federn-Zuführsystem 391
 Fehlerbaum 555
 Fehlerursachen 555
 Festigkeit 205
 Flächenportal 250
 Flächenportalarbeiter 249
 Flächensauber 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
Geradführung 207
Geschwindigkeitsreduktion 552
Gesenkschmieden 576
Gewindespindelantrieb 228
Gleichlaufregelung 252
Gleitbewegung 66
Gleitförderung 307
Gleitreibungskoeffizient 69
Globoid-Kurvegetriebe 303
Greifbacke 345
Greifen 334
Greiferantrieb 343
Greifertypen 341
Greiferwechseinrichtung 363
Greiffreiheit 51
Greifkraftbestimmung 350
Greifprinzip 49
Greifrolle 574
Grenzlehre 198
Griff in die Kiste 470
Gurtablagemulde 139

H

Haftrad 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
Hub balken 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
hyroadhäsisches 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
Kardangelenkglieder 283
Karnaugh-Diagramm 269
Karussellspeicher 156
Kaskadenbauweise 196
Kassettenmagazin 162
Kegelrollenbahn 511
Keilhakengetriebe 364
kenzeichnende Funktionen 99
Kettenumlaufspeicher 480
Kippen 67, 73
Kipprampe 74
Kippstufe 267
Kleinroboter 551
Kleinteilmagazin 152
Kleintransportsystem 292
Klemmgurtförderer 287
Klemmmesservorschub 378
Klemmplattenmechanik 382
Klemmröllenvorschub 378
Klemmzangenvorschub 378
Klinkenrollbahn 295
Kolbendosierung 523
Komplexeil 92
Kontrolle 371
Koordinatensystem 40, 443
Koordinatentransformation 451
Körperschall 547
Körpersystem 40
Kraftleitungswege 549
Kraftreduktion 552
Kreuznut-Spannpalette 497
Kugeladaptersystem 363
Kugelführung 219
Kugelhahn 520
Kugelrolle 513

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

L

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

M

Magazin 142
 Magazinfüllsystem 467
 Magazinkette 481
 Magazinpalette 164
 Magazinplatte 317
 Magazinzuführeinrichtung 154
 Magnetförderer 282
 Magnetfußelement 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
 Mehrstrahllichtschranksystem 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
 Palettenförderersystem 283
 Palettierroboter 165
 Palettiersystem 156
 Parallelalarm-Bauweise 577
 Parallelbackengreifer 184
 Parallelkinematik 457
 Parallelogrammgetriebe 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
 Programmierverfahren 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
 Reflexlichtschanke 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
 Rollenschienenführung 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
Schneckeineinzug 507
Schneckenzuteiler 192, 400
Schnelleinzug 508
Schnellwechselsystem 365
Schöpforgan 116
Schöpfraadbunker 114
Schöpfrohrbunker 114
Schöpfsegmentbunker 115
Schrägförderbunker 118
Schrägförderer 104
Schrägschachtmagazin 159
Schraubenprüfsystem 373
Schraubenzuführung 391
Schraubenzuteiler 393
Schraubermundstücke 396
Schraubteilzuführung 396
Schüttgut 35, 518
Schüttgutbunker 112, 530
Schüttgutzuführung 527
Schutzeinrichtung 537
Schwanenhalsstopper 500
Schwarz-Weiß-Konturbild 464
Schwebesystem 492
Schweißmuttern-Zuführeinrichtung 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
Standsäulenmanipulator 422
Standsicherheit 75, 432
Stanfordarm 22
Stangengreifer 357
Stangenlademagazin 413
Stangenmagazin 146
Stangenmagazinierung 414
Stangenvereinzlung 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
Tückdosierung 521
Tückgut 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
Transfergreifer 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
Vereinzler 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
Vollsleppsteller 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-Schnekkendosierer 528
Walzenförderer 302
Walzen-Klemmmechanik 383
Walzenordnungseinrichtung 262
Walzenübergang 543
Walzenvorschub 378
Wälzkörperführung 207
Wanderbalkensystem 301
Wandportal 242
Wechselmagazin 184
Wechselsystem 344
Weiche 71
Weitergabeeinrichtung 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
Wirteile 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