

HANSER



Leseprobe

zu

„Grundlagen der Handhabungstechnik“

von Stefan Hesse

Print-ISBN: 978-3-446-46335-6
E-Book-ISBN: 978-3-446-46359-2

Weitere Informationen und Bestellungen unter
<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-46335-6>

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

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Vorwort zur 5. 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 Stapleinrichtungen	131
4.2.3 Magazine	142

4.3	Einrichtungen zum Mengen verändern	169
4.3.1	Zuteilen	170
4.3.2	Verzweigen und Zusammenführen	194
4.3.3	Sortieren	197
4.4	Einrichtungen zum Bewegen	201
4.4.1	Lineareinheiten	201
4.4.2	Schwenkeinheiten	213
4.4.3	Dreheinheiten	217
4.4.4	Auslegung von Positionierachsen	218
4.4.5	Einlegeeinrichtungen	223
4.4.6	Portaleinheiten	249
4.4.7	Ordnen	252
4.4.8	Positionieren	272
4.4.9	Weitergeben	278
4.4.10	Schwingfördertechnik	307
4.5	Einrichtungen zum Sichern	334
4.5.1	Werkstückaufnahmen	335
4.5.2	Greifer	340
4.5.3	Greiferwechseinrichtungen	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	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	DENA-VIT-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 ΕΡΙΚΤΕΤ (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 Bezugskordinatensystem, 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.

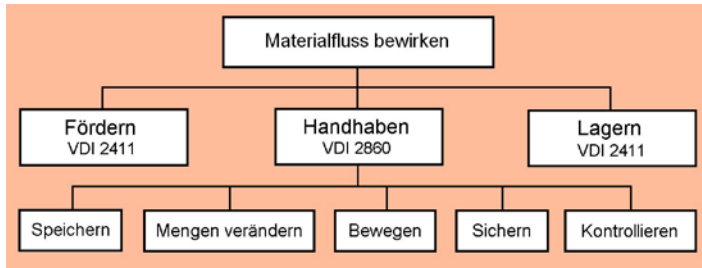


Bild 1.1 Teilfunktionen des Handhabens

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.

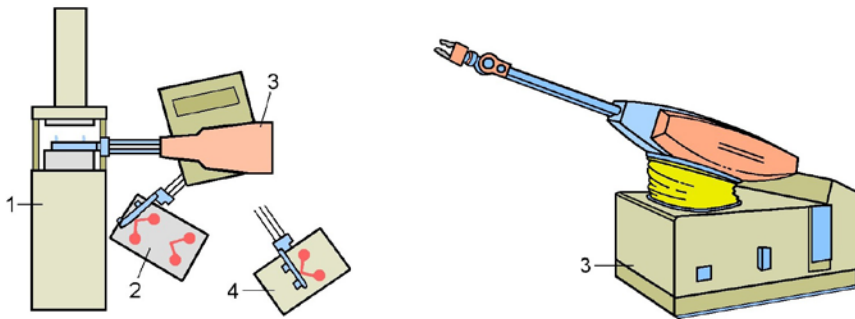


Bild 1.2 Aufstellplan eines Roboters an einer Druckgießmaschine (Draufsicht), nach UNIMATION [1.1]. 1 Druckgießmaschine, 2 Kühlwasserbecken, 3 Industrieroboter UNIMATE, 4 Entgratepresse

In Schweden entwickelte man eine Baureihe mit den Traglastbereichen 6, 60 und 90 kg Nutzlast (Bild 1.3). Von KUKA wurde 2007 der Schwerlastroboter „TITAN“ entwickelt, der unglaubliche 1000 kg (plus 50 kg Zusatzlast) stemmen kann.

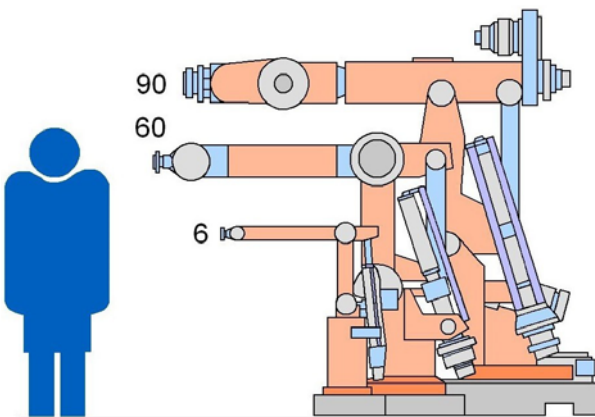


Bild 1.3 Größenvergleich von Robotern für die Werkstückhandhabung (ASEA/ABB ab 1974)

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.

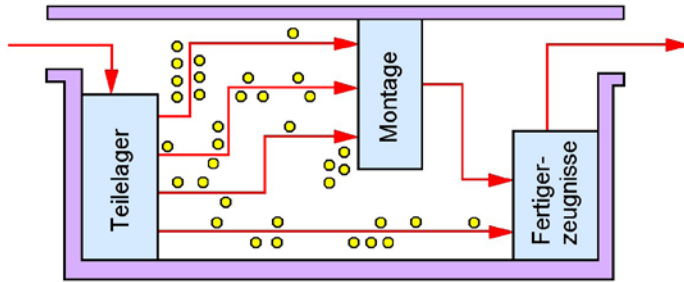


Bild 1.4 Automatische Werkstückhandhabung (o) im Mikrobereich des Arbeitsplatzes, eingeordnet in den Materialfluss der Produktionseinheit (Makrobereich)

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 u. a.) 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 wertschöpfenden 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, qualitativen und quantitativen Forderungen 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.

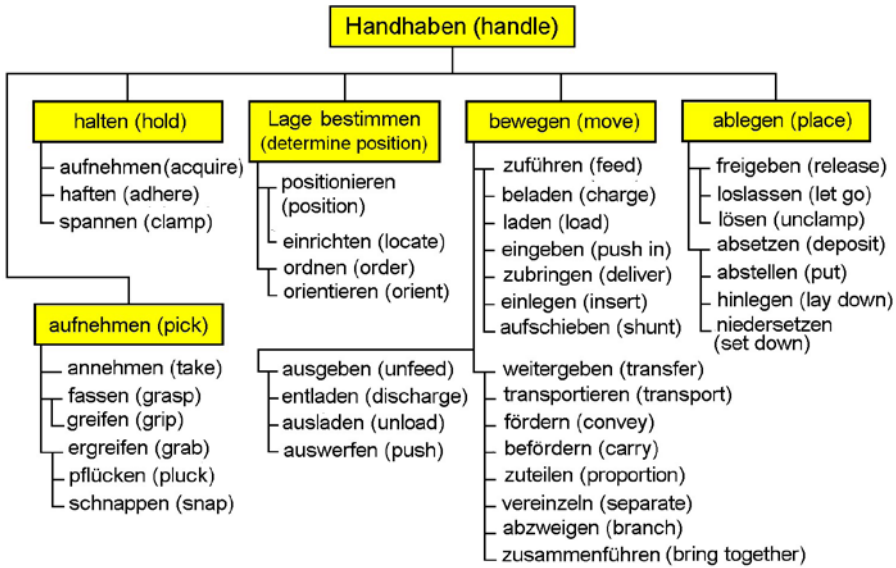


Bild 1.5 Lexemparadigma „Handhabungsoperationen“

■ 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.

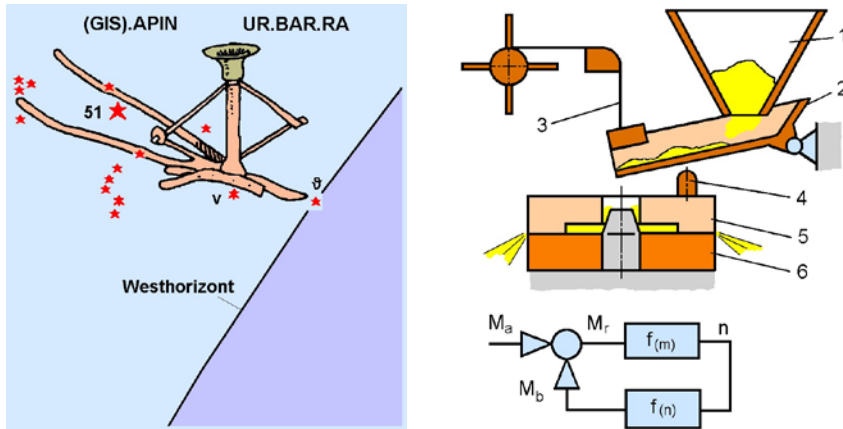


Bild 1.6 Saattrichter und Mühlenhüpfel als historische Zuführgeräte.

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 Zuführereinrichtung für Saatgut im Querschnitt. Der Säradeneinschub beeinflusst die Ausbringleistung und am Särad sind mehrere Reihen mit Kavitäten („Nocken“) nebeneinander angeordnet, um eine bestimmte Arbeitsbreite zu bekommen.

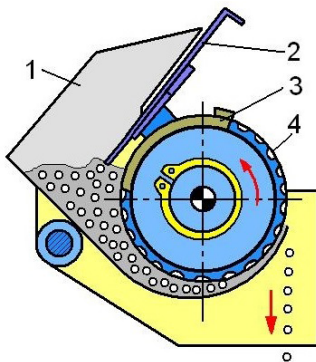


Bild 1.7 Saatzuführereinrichtung.

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

In der Mitte des 19. Jahrhunderts findet man bereits an Drehautomaten zur Herstellung von Holzschrauben Zuführereinrichtungen (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)

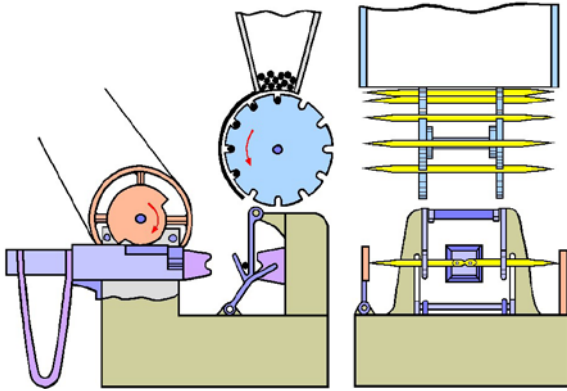


Bild 1.8 Nadelprägemaschine mit automatischer Teilezuführung vom Mechaniker KAISER aus Iserlohn (1871)

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 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. 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).

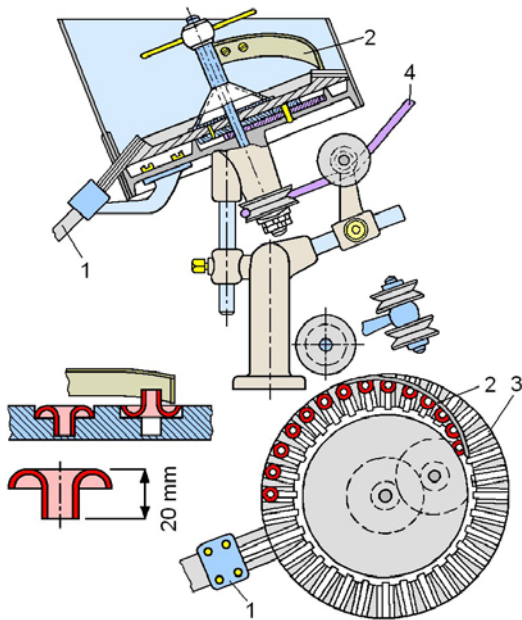


Bild 1.9 Zuführeinrichtung für Hohlriete in der Lederwarenbranche (um 1940).
1 Auslaufschiene, 2 Abstreiffeder für falsch liegende Teile, 3 Drehteller mit 60 Nuten, 4 Antriebsriemen, Rundriemen

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.

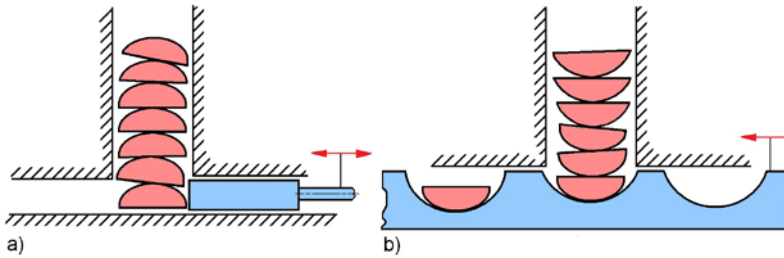


Bild 1.11 Entstörung eines Vereinzlers durch richtige Wahl des Zuteilelements.
a) Störungen durch ungünstige Teileform, b) Nachteile behoben durch endlose Muldenkette

Um den komplexen Vorgang unterschiedlicher Handhabungsabläufe besser transparent zu machen und rationeller gestalten zu können, wurden in den 1950er Jahren Teilfunktionen abgegrenzt und Symbole dafür entworfen, mit denen besser geplant und das Projekt durchdacht werden konnte. In Bild 1.12 wird das Ordnen von Kleinteilen im Vibrationswendelbunker mit Hilfe von Symbolen als Beispiel dargestellt. Als Kleinteile sollen hier Objekte mit umhüllenden Quaderkantenlängen 50 mm × 100 mm × 250 mm verstanden werden. Während des Hochförderns durch Schwingungen berühren die Teile **Ordnungselemente** (Schikanen) und richten sich selbsttätig aus. Das geschieht in mehreren Schritten. Werden alle Teile zwangsweise ausgerichtet, dann liegt **aktives** Ordnen vor; werden Falschlagenteile lediglich ausgesondert, so spricht man vom **passiven** Ordnen. Diese Technik und die eingesetzten Geräte werden in den Kap. 4.4.3 und 4.4.6 ausführlich behandelt.

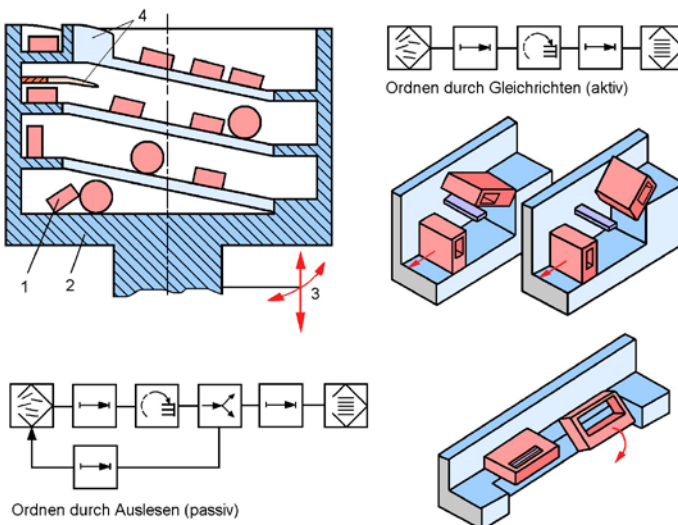


Bild 1.12 Die Hauptprinzipie des Ordnen von Kleinteilen im Vibrationswendelförderer.
1 Werkstück, 2 schwingender Wendelaufsatz, 3 Hub-Dreh-Schwingungen, 4 Ordnungselement

Aus den 1970er Jahren stammt die in Bild 1.13 gezeigte Orientierungseinrichtung, bei der ein periodischer **Druckölstrahl** Werkstücke hochreißt, die im günstigen Fall das Auffangrohr finden und somit geordnet sind. Der Ölstrahl geht über den Ölbadspiegel hinaus. Im Auffangrohr werden die Teile – kleine und einfache Zylinderteile – durch Schwerkraftwirkung abgeführt. Es gibt auch Lösungen auf der Basis von Druckluftdüsen mit periodisch zugeführter Luft. Heute hat man leistungsfähigere Ordnungseinrichtungen zur Verfügung. Überdies ist die Benetzung mit Öl in der Regel unerwünscht.

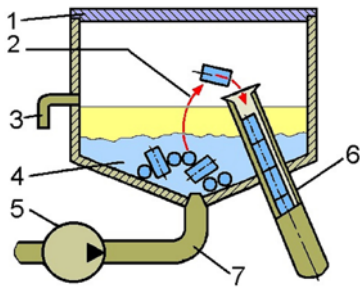


Bild 1.13 Ordnen kleiner Zylinder aus einem Ölbad (nach BOOTHROYD und LUND 1979).

1 Bunker, 2 Flugbahn der Teile, 3 Ölüberlauf, 4 Ölsumpf, 5 Druckölpumpe, 6 Auffangrohr, 7 Ölleitung mit Düse

Für das flexible Handhaben wurden die Industrieroboter entwickelt. Flexibel und programmierbar ist allerdings nur der Bewegungsablauf des Effektorführungsgetriebes (Manipulator-, Roboterarm), nicht aber die Greiftechnik. Wichtige Etappen dieser Entwicklung waren:

- 1945 Entwicklung von **Master-Slave-Manipulatoren** (Fernhantierungstechnik) für den Einsatz in der Kerntechnik
- 1954 G. C. DEVOL (USA) entwirft eine Maschine zum „Programmierten Transport von Gegenständen“ (Industrieroboter) und erhält 1961 das Patent
- 1957 Patenterteilung zur Robotertechnik an den Briten C. W. KENWARD
- 1959 Erster kommerzieller Roboter von Planet Corporation (gesteuert über Kurvenscheiben und Endtaster)
- 1961 Einsatz des freiprogrammierbaren Roboters „Unimate“ bei der Ford Company
- 1966 Die norwegische Firma Trallfa baut und installiert den ersten Farbspritzroboter für die Farbgebung von Schubkarren.
- 1966 D. A. STEWART stellt eine Plattform mit Freiheitsgrad 6 vor, die später auch als Basiskonstruktion für Parallelroboter Verwendung finden wird.
- 1968 Erster mobiler Roboter („*Shakey*“) mit Bilderkennung der Umgebung und Tastsensoren für Forschungszwecke (Stanford Research Institute). *Shakey* gilt als der Anfang der modernen Robotik und der automatischen Planung von komplexen Aufgaben.
- 1969 K. SCHEINMAN vom Stanford Research Institute (USA) entwickelt einen Sechsenachsen-**Gelenkarmroboter** von hoher Präzision, mit elektrischen Antrieben und Computersteuerung. Der Stanfordarm bzw. Scheinmanarm (5 kg Tragkraft) mit Freiheitsgrad 6 (RRT/RRR; R Rotation, T Translation) wird in Bild 1.14 gezeigt.

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

Depalettersystem 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
 Doppelvereinzlung 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
 Eingaber 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
 Foliemagazin 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
Gesensschmieden 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

Haftrad 129
Hakenvorschub 378
Halten 335
Handrehachse 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
Hubrechenransport 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
Klemmgurttörderer 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
Laufschienenprofil 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
MagnetfüBelement 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

Mehrebenen-Vibrator 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
OTS-Systeme 550

P

Packmuster 53, 134
 Palettenfördersystem 283
 Palettierroboter 165
 Palettiersystem 156
 Parallelarm-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
 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
 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
 Schiebedingung 226
 Schieberzuteiler 188, 190
 Schikane 259

- Schleusenzuteiler 171
Schlingenaufgeber 140
Schnappverbindung 93
Schneckeneinzug 507
Schneckenzuteiler 192, 400
Schnelleinzug 508
Schnellwechselsystem 365
Schöpfgan 116
Schöpfradbunker 114
Schöpfrohrbunker 114
Schöpfsegmentbunker 115
Schrägförderbunker 118
Schrägförderer 104
Schrägschachtmagazin 159
Schraubenprüfsystem 373
Schraubenzuführung 391
Schraubenzuteiler 393
Schraubermondstücke 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
Standicherheit 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
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
 Transportgurtspeisung 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
 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