



FACHHOCHSCHULE WEDEL

*University of Applied Sciences*

## **Automatisierung in der Fertigung**

**DI h155**

---

erstellt im: August 2001

von: Alexander Markowski

geboren am 24. März 1977

in Cuxhaven

Basis: Vorlesung SS 01

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>5</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>1 Zum Begriff</b>	<b>10</b>
1.1 Definition . . . . .	10
1.2 Geschichte der Automatisierung . . . . .	10
<b>2 Auswirkung der Automatisierung auf den Menschen</b>	<b>11</b>
2.1 Probleme der Automatisierten Fertigung . . . . .	11
2.2 Vergleich Mensch - Maschine . . . . .	13
<b>3 Ziele der Automatisierung</b>	<b>14</b>
<b>4 Voraussetzungen der Automatisierung</b>	<b>15</b>
<b>5 Beispiele für die MSR-Technik</b>	<b>17</b>
5.1 Tastsysteme . . . . .	17
5.2 Standardformelemente und Ausgleichsrechnung . . . . .	19
<b>6 Ablaufsteuerung</b>	<b>22</b>
6.1 Boolesche Grundfunktionen mittels der Kontakttechnik . . . . .	22
6.2 Steuerungspläne . . . . .	26

<b>7 Technologien der Automatisierung</b>	<b>27</b>
7.1 Datenverarbeitung . . . . .	27
7.2 Steuerung . . . . .	27
7.3 Pneumatik . . . . .	28
7.3.1 Aktoren . . . . .	28
7.3.2 Ventile . . . . .	29
7.3.3 Weg-Schritt-Diagramm . . . . .	31
7.3.4 Beispiel für (Elektro-)Pneumatik . . . . .	33
7.4 Hydraulik . . . . .	33
7.4.1 Symbole . . . . .	34
7.4.2 Ventile . . . . .	35
<b>8 Mechanische Steuerungen</b>	<b>41</b>
8.1 Einführung . . . . .	41
8.2 Weg- und Winkelmessung . . . . .	41
8.2.1 Indirekte Wegmessung . . . . .	43
8.2.2 Direkte Wegmessung . . . . .	43
<b>9 Vernetzung mittels Feldbussystemen</b>	<b>45</b>
<b>10 Automatisierung von Werkzeugmaschinen</b>	<b>46</b>
<b>11 Handhabungsfunktionen für Werkzeuge und Werkstücke und deren Automatisierung</b>	<b>48</b>
11.1 Allgemeines . . . . .	48
11.2 Bunker und Magazin . . . . .	49
11.3 Ordnen . . . . .	51
11.4 Vibrationswendelförderer . . . . .	52
<b>12 Handhabungsgeräte</b>	<b>55</b>
12.1 Einteilung . . . . .	55

---

12.2 Manipulatoren . . . . .	55
12.3 Einlegegeräte . . . . .	56
12.4 Roboter . . . . .	56
<b>13 Der Begriff der Flexibilität</b>	<b>59</b>
<b>14 Konzepte der flexibel automatisierten Fertigung</b>	<b>60</b>
<b>15 Automatisierung der Montage</b>	<b>62</b>
<b>16 Anmerkungen zur Klausur</b>	<b>64</b>
<b>A Literaturverzeichnis</b>	<b>65</b>
<b>Index</b>	<b>66</b>

# Tabellenverzeichnis

2.1 Vergleich bestimmter Leistungen bei Arbeitsprozessen . . . . .	13
5.1 Funktion und Aufbau elektromechanischer Tastsysteme . . . . .	18
5.2 Standardformelemente . . . . .	21
8.1 Steuerungsarten . . . . .	42
11.1 Gliederung der Handhabungsfunktionen nach VDI 2860 . . . . .	48
14.1 Flexibilitätsmerkmale einer Fertigungsaufgabe . . . . .	60

# Abbildungsverzeichnis

4.1	Körperliche und Geistige Arbeit . . . . .	15
4.2	Funktionale Struktur des Systems Fertigung . . . . .	16
5.1	Reihenfolge der Schritte beim Messen einer Bohrung . . . . .	20
6.1	UND-Funktionsplan . . . . .	22
6.2	ODER-Funktionsplan . . . . .	23
6.3	NICHT-Funktionsplan . . . . .	23
6.4	Selbsterhaltung (Dominierend aus) (FUP) . . . . .	24
6.5	Selbsterhaltung (Dominierend ein) (FUP) . . . . .	24
6.6	Funktionsplan . . . . .	26
7.1	Datenverarbeitung . . . . .	27
7.2	Steuerung . . . . .	27
7.3	doppelt wirkender Zylinder . . . . .	28
7.4	einfach wirkender Zylinder . . . . .	28
7.5	Zylinder mit Kolbenstange . . . . .	28
7.6	Zylinder ohne Kolbenstange (Symbol nicht genormt) . . . . .	29
7.7	Beispiel eines 3/2 Wegeventils . . . . .	29
7.8	Beispiel eines 5/2 Wegeventils . . . . .	30
7.9	elektrisch betätigtes 3/2 Wegeventil . . . . .	30
7.10	Drosselrückschlagventil . . . . .	31

---

7.11	Symbole für die Ventilsteuerung . . . . .	31
7.12	Zustands-Diagramm . . . . .	31
7.13	Pneumatikplan . . . . .	32
7.14	Beispiel Pneumatikplan . . . . .	33
7.15	Beispielstromkreise . . . . .	33
7.16	Zahnradpumpe (Innenverzahnt) . . . . .	34
7.17	Zahnradpumpe (Verstellbares Verdrängungsvolumen) . . . . .	34
7.18	Motor . . . . .	34
7.19	Manometer . . . . .	35
7.20	Druckbegrenzungsventil . . . . .	35
7.21	Folgeventil . . . . .	35
7.22	Druckregelventil . . . . .	36
7.23	Wegeventile . . . . .	36
7.24	4/3 Wegeventil (in Hydraulik möglich) . . . . .	37
7.25	3/3 Wegeventil . . . . .	37
7.26	Servoventil . . . . .	38
7.27	Torque-Motoren . . . . .	38
7.28	Hysterese . . . . .	39
7.29	Lagegeregelter Proportionalmagnet . . . . .	40
7.30	Hub-Kraft-Kennlinien eines P-Magneten . . . . .	40
8.1	Werkzeugmaschinensteuerung . . . . .	41
10.1	Programmierung von Werkzeugmaschinen . . . . .	46
10.2	Realisierungsformen mechanischer Steuerkurven . . . . .	47
11.1	Bunker mit Flügelradaustrag . . . . .	49
11.2	Bunker mit Magnetscheibenaustrag . . . . .	49
11.3	Bunker mit Schrägförderer . . . . .	50

---

11.4	Verschiedene Magazinausführungen . . . . .	50
11.5	Ordnen nach dem Auswahlprinzip . . . . .	51
11.6	Ordnen nach dem Zwangsprinzip . . . . .	51
11.7	Vibrationswendelförderer . . . . .	52
11.8	Komponenten eines Vibrationswendelförderers (Teil 1) . . . . .	53
11.9	Komponenten eines Vibrationswendelförderers (Teil 2) . . . . .	54
12.1	Einteilung der Handhabungssysteme . . . . .	55
12.2	Bewegungsablauf von Einlegegeräten (Linear-/Schwenkausführung) . . . . .	56
12.3	3-Achsen-Roboter . . . . .	57
12.4	Roboter mit RRT-Kinematik . . . . .	58
12.5	Roboter mit RRR-Kinematik . . . . .	58
13.1	Komponenten eines Flexiblen Fertigungssystems . . . . .	59
13.2	Arten der Flexibilisierung . . . . .	59
14.1	Möglichkeiten der flexiblen Automatisierung von Werkzeugmaschinen . . . . .	61
15.1	Kennzeichen von automatisierten Montagesystemen . . . . .	62
15.2	Verkettung von Montagestationen . . . . .	63

# Symbolverzeichnis

FFS Flexibles Fertigungssystem

FUP Funktionsplan

i.d.R. in der Regel

IR Industrieroboter

KOP Kontaktplan

MIT Maseachusetts Institute of Technology

MSR Messen, Steuern, Regeln

NC Numerical Controlled

RT Computerized Numerical Controlled

RT Regelungstechnik

# 1 Zum Begriff

## 1.1 Definition

*Automatisierung heißt, einen Vorgang mit technischen Mitteln so einzurichten, daß der Mensch weder ständig noch in einem erzwungenen Rhythmus für den Ablauf des Vorganges tätig werden zu brauch.*

## 1.2 Geschichte der Automatisierung

8. Jh v. Chr.:

*αὐτῶματα*

1575: automata

1940: automation (Herder, Ford)

## 2 Auswirkung der Automatisierung auf den Menschen

### 2.1 Probleme der Automatisierten Fertigung

Hoher Planungsaufwand:

- Analyse der Fertigungsaufgaben
- Anpassen der techn. Mittel an die Fertigungsaufgaben
- Mangelnde Erfahrung
- Detaillierung der Planung
- Planung der Auswirkungen
- Planung aller Rationalisierungsschritte

Hoher Einführungs- und Organisationsaufwand:

- Änderung der Fertigungsabläufe
- Änderung der Personalstruktur
- Änderung der Fertigungsmittel<sup>1</sup>
- Änderung der Fertigungsunterlagen und der -planung

---

<sup>1</sup>Vorrichtungen, Werkzeuge und Prüfmittel

- Einführung der Programmierung
- Änderung der Fertigungssteuerung
- Anlaufprobleme
- langer Realisierungszeitraum

Hoher Kapitalaufwand:

- Hohe Investitionskosten
- Hohe Folgekosten<sup>2</sup>
- Hohes Stillstandsrisiko  
(komplexe Anlage)
- Auslastungsproblematik

---

<sup>2</sup>z.B. für Vorrichtungen, Werkzeuge, Programmerstellung und Instandhaltung

## 2.2 Vergleich Mensch - Maschine

Leistungsmerkmal	Mensch	Maschine
Mechanische Leistung	4,4 kW bis 10 sec 0,7 kW einige Minuten 0,2 kW Dauerleistung	beliebig groß oder klein
Qualitatives Leistungsspektrum	Vielseitig und flexibel	Auf eine best. Aufgabe hin konstruiert
3. Leistungsverhalten		
a) Geschwindigkeit	Innerhalb phys. Grenzen Freie Armbewegung 2 m/s Gezielte Armbew. 1 m/s	Maximal innerhalb techn. Grenzen (Massenbeschleunigung)
b) Konstanz	Gering, Biologisch + durch Umwelteinflüsse bedingt	Groß
c) Zuverlässigkeit	Regeneration (Erholung) möglich	Ausfall und Driftung möglich
d) Lernfähigkeit	Groß	(Bislang) keine
Informationsaufnahme		
a) Art (Modalität)	Entsprechend den Sinnesorg. i.d.R. Mehrdimensional	Entsprechend physikal. Meßbarkeit (Eindim.)
b) Bereich (Intensität)	Groß, meist Logarithmisch	Klein, meist Linear
c) Störabstand	Verhältnisabhängig	Wählbar
d) Erkennung	Semantisch (Form) Pragmatisch (Bedeutung)	Syntaktisch (Zeichen)
Informationsverarbeitung		
a) Algorithmenverarbeitung	Ungenau Fehlerkorrekturmöglichkeit	exakt, schlechte Fehler- erkennung oder -behebung
b) Strategienbildung	Adaptierbar Wahlmöglichkeit und Opt.	Fest Programmiert
c) Verarbeitungsprinzip	Einkanalig (seriell) – wenig erforscht –	Mehrkanalig (parallel)
d) Verarbeitungsart	Weitschweifig (Redundant)	Knapp (ohne Redundanz)
e) Extrapolation	Allgemein, Erfahrungswert	Sehr begrenzt, spezifisch

Tabelle 2.1: Vergleich bestimmter Leistungen bei Arbeitsprozessen

## 3 Ziele der Automatisierung

1. Kostensenkung  $\Rightarrow$  Rationalisierung

- Produktivität =  $\frac{\text{Produktionsmenge}}{\text{Produktionsfaktor}}$
- Wirtschaftlichkeit =  $\frac{\text{Ertrag}}{\text{Aufwand}}$
- Rentabilität =  $\frac{\text{Erfolg} / \text{Gewinn}}{\text{Kapitaleinsatz}} \hat{=} \text{Verzinsung}$

2. Produktionssteigerung

3. Qualitätsverbesserung

4. Facharbeitermangel

5. ...

## 4 Voraussetzungen der Automatisierung

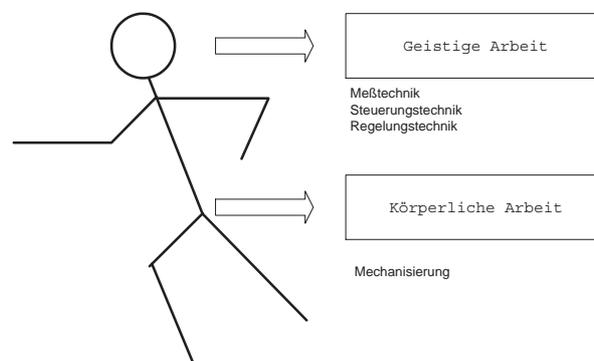


Abbildung 4.1: Körperliche und Geistige Arbeit

Mechanisierung: Schaffung und Anwendung von Arbeitsmitteln mit deren Hilfe es möglich ist unter Verzicht auf gesundheitsschädliche und zeitraubenden Arbeiten des Menschen entsprechend ausführen. Befehle werden von Menschen erteilt. Einfach gesagt, Substitution menschlicher durch maschinelle Energieformen. Mit den Zielen:

- Arbeitserleichterung
- Verbesserung der Arbeitssicherheit
- Steigerung der Produktivität
- Qualitätssteigerung

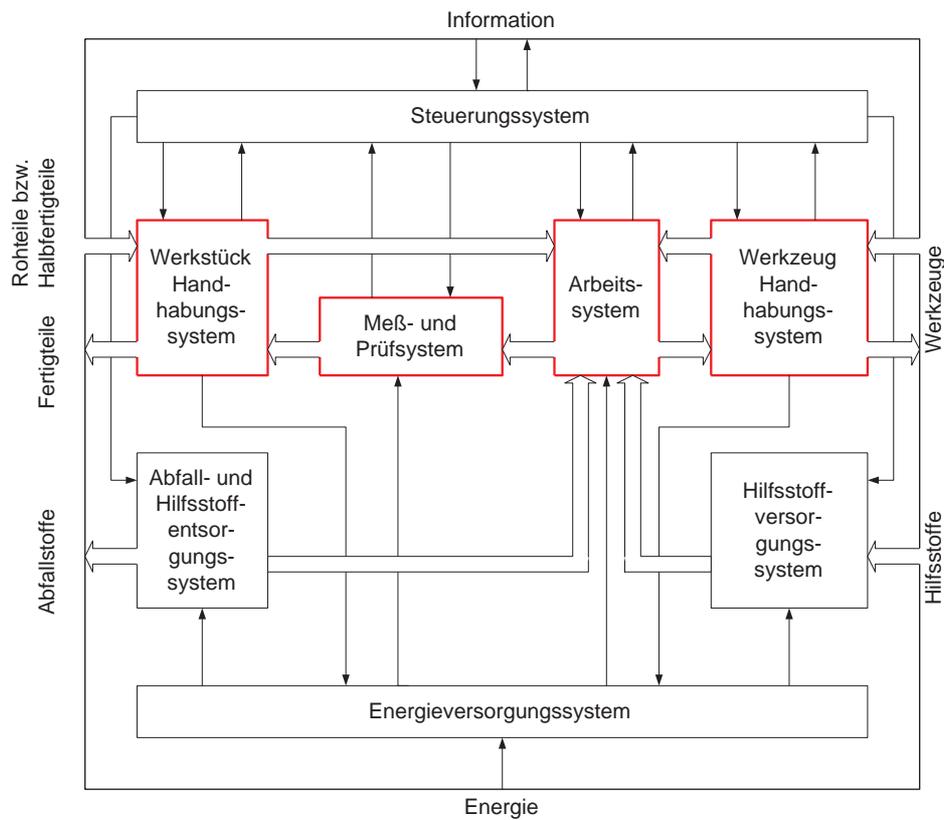


Abbildung 4.2: Funktionale Struktur des Systems Fertigung

Alle rot eingekreisten Systeme sind automatisierbar. Die restlichen Systeme im Grunde genommen nicht.

Die Mechanisierung ist im Grunde genommen eine Voraussetzung der Automatisierung. Denn ohne Substitution der menschlichen durch maschinelle Energie kann auch keine Automatisierung stattfinden.

## 5 Beispiele für die MSR-Technik

Hier könnte wohl die Exkursion zu HST thematisch passen. Damit ist wohl auch das Klausurrelevante gemeint. Merkt Euch: Das messende System sollte Faktor 10 genauer sein als die zu messende Abmessung. Logisch, oder?

### 5.1 Tastsysteme

Mit dem Tastsystem des Koordinatenmeßgerätes wird zwischen den Antastpunkten der Werkstückoberfläche und dem Gerätekoordinatensystem ein Bezug hergestellt. Es werden meist zwei- oder dreidimensional schaltende oder messende Tastsysteme eingesetzt.

Wir haben uns in der Vorlesung ausführlich über elektromechanische Tastsysteme unterhalten. Optoelektronische Tastsysteme schienen keine Rolle zu spielen. Bei elektromagnetischen Tastsystemen tritt bei dem Antastvorgang eine Relativbewegung (Tasterauslenkung) zwischen dem in der Pinole befestigten Teil des Tastsystems und des Tastelementes auf. Diese Tatsache ist auch in Tabelle 5.1 auf Seite 18 zu sehen. Wir unterscheiden die elektromagnetischen Tastsysteme in messende und schaltende.

Art	Messendes Tastsystem	Schaltendes Tastsystem
Funktionsprinzip		
Aufbau	<p>Die Pfeile bezeichnen die Auslenkrichtungen jeweils in 3 Achsen (dreidimensional)</p>	

Tabelle 5.1: Funktion und Aufbau elektromechanischer Tastsysteme

**messende Tastsysteme:** Hier wird diese Relativbewegung durch Wegmesssysteme, meist analoge Induktivtaster, erfasst und zur Ermittlung der Koordinaten des Antastpunktes den, mit den Messsystemen der Verschiebeschlitten ermittelten Koordinaten, überlagert. Je nach Ausführung des Tastsystems kann diese Relativbewegung bis zu 1 mm und bei Spezialkoordinatenmessgeräten für die Zahnradmessung bis zu 10 mm betragen. Solange das Tastelement das Werkstück berührt, herrscht zwischen Tastelement und Werkstück eine konstante Antastkraft von ca. 0,1 N bis 0,5 N. Mit einem solchen Tastsystem kann eine Werkstückkontur mit stetiger Messwertübernahme in vorgegebener Schrittweite abgefahren werden. Dieses Verfahren nennt man das Scanning-Messverfahren (engl. to scan = abtasten).

**schaltendes Tastsystem:** wird beim Erreichen einer definierten Auslenkung durch Kontakte oder durch zug- bzw. druckempfindliche Sensoren ein Signal zum Über-

nehmen der Koordinaten der Messgeräteschlitten ausgelöst. Nach der Messwertübernahme muss das Tastelement entgegen der Antastrichtung vom Werkstück weg bewegt werden. Dabei wird der bewegte Teil des Tastsystems über Federn wieder in seine Ausgangslage gezogen. Erst danach kann die nächste Antastung vorgenommen werden. Aufgrund des geringeren mechanischen Aufwandes von schaltenden Tastsystemen gegenüber messenden Systemen können diese wesentlich kleiner gebaut werden und lassen durch ihre geringere Masse auch höhere Verfahrensgeschwindigkeiten zu.

## 5.2 Standardformelemente und Ausgleichsrechnung

Die wichtigste Aufgabe der Koordinatenmesstechnik ist die festgelegte Sollgeometrie des Werkstückes mit der Istgeometrie zu überprüfen. Dazu ist es notwendig, dass nicht nur einzelne Antastpunkte als Oberflächenpunkte am Werkstück beschrieben werden, sondern es müssen mehrere dieser Punkte zu geometrischen Elementen, sogenannten Standardformelementen (Tabelle 5.2 auf Seite 21) verarbeitet werden. Für jedes dieser Formelemente ist eine Mindestantastpunktzahl notwendig.

Die Berechnung der Formelemente aus den Koordinaten vorhandener Antastpunkte wird durch eine Ausgleichsrechnung durchgeführt. Auf Grund der zu lösenden Messaufgabe wird das entsprechende Formelement vom Bediener gewählt oder beim Antasten vom Rechner vorgeschlagen. Bei der Messung einer Bohrung ist der Kreis das entsprechende Formelement, die Antastung erfolgt z. B. durch 6 Messpunkte. Danach werden die Mittelpunktskordinaten  $(X_0, Y_0)$ , der Radius  $R$  bzw. der Durchmesser  $D$  des Formelementes Kreis sowie die Spannweite (Differenz) der Punkte mit maximalem Radius ( $R_{max}$ ) und mit minimalem Radius ( $R_{min}$ ) mittels einer Ausgleichsrechnung berechnet und protokolliert (Bild 5.1 auf Seite 20).

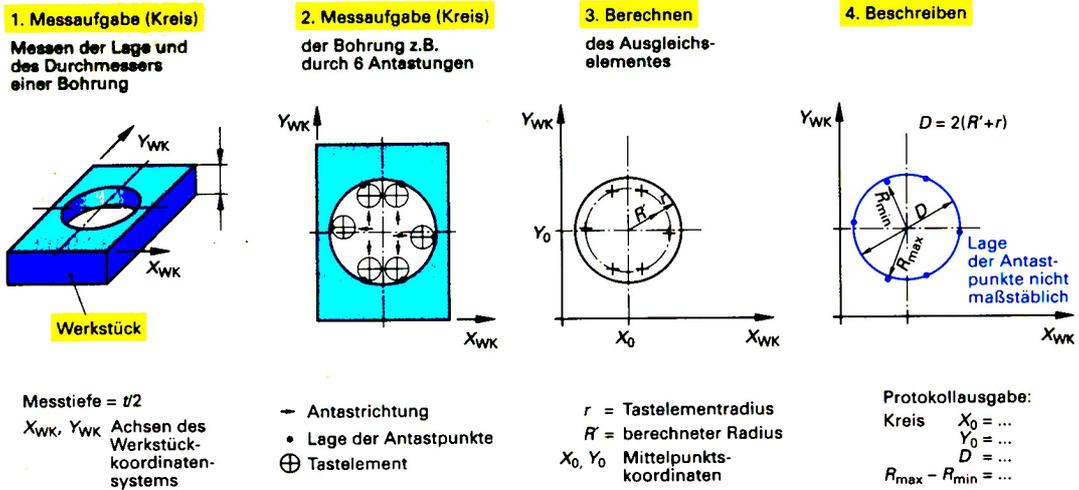


Abbildung 5.1: Reihenfolge der Schritte beim Messen einer Bohrung

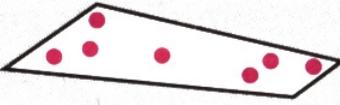
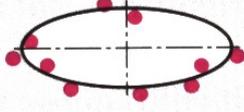
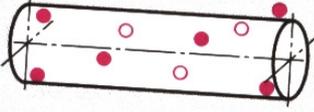
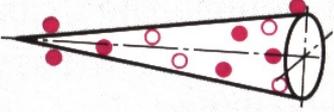
Standard- formelement	Mindest- punktanzahl	Antastpunkt und Ausgleichselement
Punkt	1	
Gerade	2	
Ebene/Fläche	3	
Kreis	3	
Kugel	4	
Ellipse	5	
Zylinder	5	
Kegel	6	
Torus	7	

Tabelle 5.2: Standardformelemente

# 6 Ablaufsteuerung

## 6.1 Boolesche Grundfunktionen mittels der Kontakttechnik

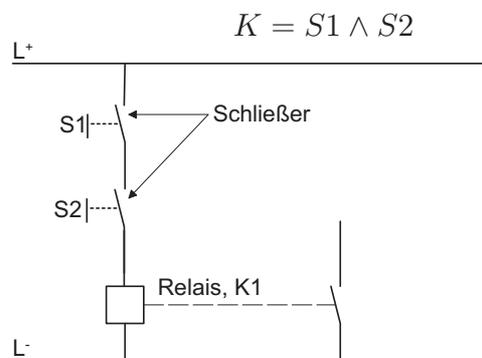
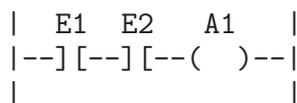


Abbildung 6.1: UND-Funktionsplan

Als Kontaktplan (KOP):



$A1 = E1 \wedge E2$  Als Kontaktplan (KOP):

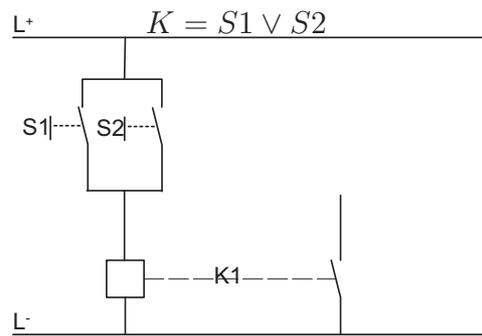
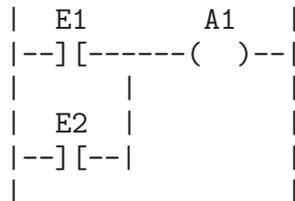


Abbildung 6.2: ODER-Funktionsplan



$A1 = E1 \vee E2$

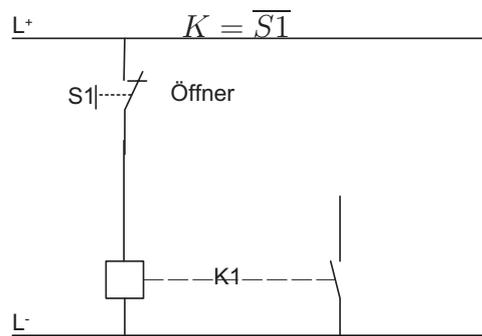
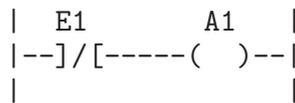


Abbildung 6.3: NICHT-Funktionsplan

Als Kontaktplan (KOP):



$A1 = \overline{E1}$

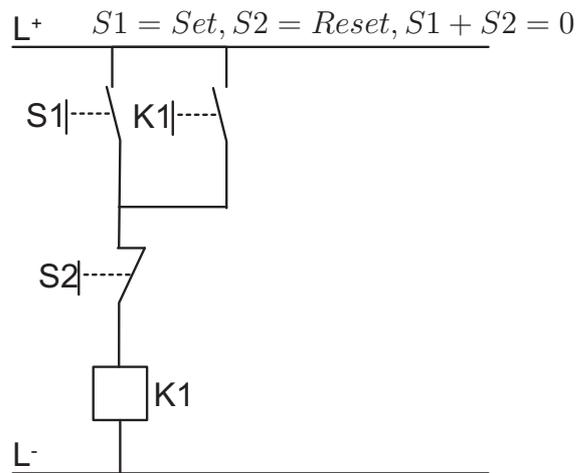


Abbildung 6.4: Selbsterhaltung (Dominierend aus) (FUP)

Als Kontaktplan (KOP):

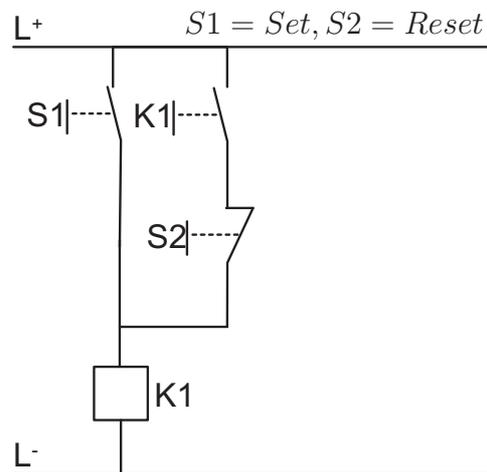
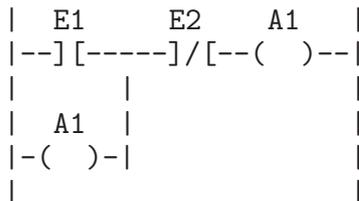
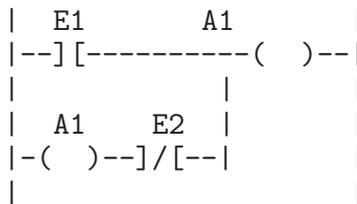
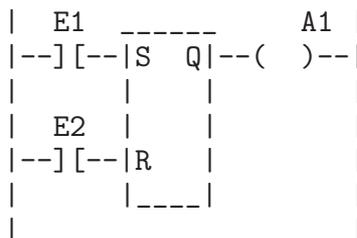


Abbildung 6.5: Selbsterhaltung (Dominierend ein) (FUP)

Als Kontaktplan (KOP):



Allgemeiner Speicher (KOP):



Ein Schaltzustand kann durch einen Selbsthaltekontakt gespeichert (gehalten) werden (Abbildung 6.5 und 6.4). Bei der Selbsterhaltung liegt im Stromkreis des Relais K1 ein Schließer K1, also ein Kontakt desselben Relais. Wird der Schließer S1 kurzzeitig betätigt, dann wird das Relais K1 erregt und der Schließer K1 schließt den parallelen Stromkreis. Dadurch bleibt das Relais erregt, auch wenn S1 wieder in seine Ausgangslage zurückgeht. Der Einschaltimpuls durch S1 (Set) wird also gespeichert. Durch Betätigung von S2 wird das Relais wieder Stromlos (Reset). Die Speicherung wird gelöscht. Hier ist ein Unterschied zwischen Abbildung 6.5 und 6.4 zu erkennen. Der Außerhalb des Selbsterhaltezeitweiges gelagerte S2 schaltet auch ab, wenn S1 gedrückt ist, was bei einem S2 innerhalb des Selbsterhaltezeitweiges nicht der Fall ist.

## 6.2 Steuerungspläne

- Prozeßabläufe beschreiben (Bsp.: Bier bestellen)
- Funktionsplan nach DIN 40719-6 (Ablaufplan, Schrittstruktur)
- Funktionsplan nach DIN 19239

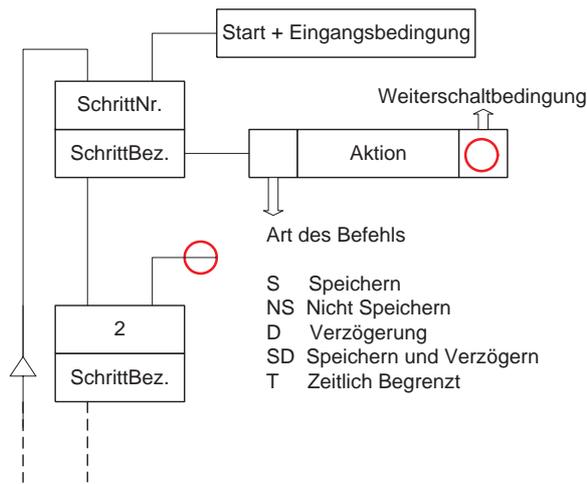


Abbildung 6.6: Funktionsplan

Funktionspläne bestehen aus Schritten und Befehlen. Schritte werden durch Rechteckfelder dargestellt, die laufende Nummern erhalten. Bedingungen, die zum nächsten Schritt führen, werden durch Wirkungslinien angegeben. Mit Funktionsplänen, die man mit Hilfe der Symbole nach DIN 40719 Teil 6 aufbaut, können Ablaufsteuerungen unabhängig von der Art der Betriebsmittel dargestellt werden.

# 7 Technologien der Automatisierung

## 7.1 Datenverarbeitung



Abbildung 7.1: Datenverarbeitung

## 7.2 Steuerung



Abbildung 7.2: Steuerung

## 7.3 Pneumatik

- 5-6 bar
- Prinzipien:
  - doppelt wirkende Zylinder (2 Einlässe)
  - einfach wirkende Zylinder (mit Feder, weniger Kraftabgabe)

### 7.3.1 Aktoren

Pneumatikzylinder für translatorische Bewegungen

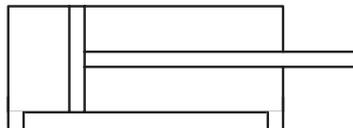


Abbildung 7.3: doppelt wirkender Zylinder

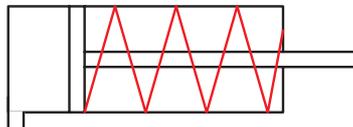


Abbildung 7.4: einfach wirkender Zylinder

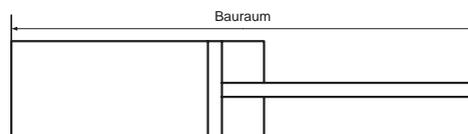


Abbildung 7.5: Zylinder mit Pleuelstange

Zylinder mit Pleuelstangen haben den Nachteil, daß relativ viel Bauraum benötigt wird.

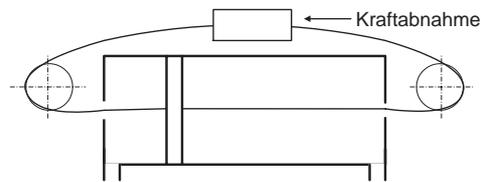


Abbildung 7.6: Zylinder ohne Kolbenstange (Symbol nicht genormt)

Durch die Einsparung der Kolbenstange wird auch weniger Bauraum benötigt. Der Totraum verringert sich.

### 7.3.2 Ventile

Richtung, Durchflußmenge und Druck des Luftstroms und damit Geschwindigkeit und Kraft der Aktoren werden mit Ventilen gesteuert. Man unterscheidet Wege-, Sperr-, Drossel- und Druckventile.

⇒ Stellglied ⇒ Wegeventile

Nach ihrer Wirkungsweise unterscheidet man die Wegeventile nach der Anzahl ihrer Anschlüsse und nach der Anzahl ihrer Schaltstellungen. Für die Be- und Entlüftung einer

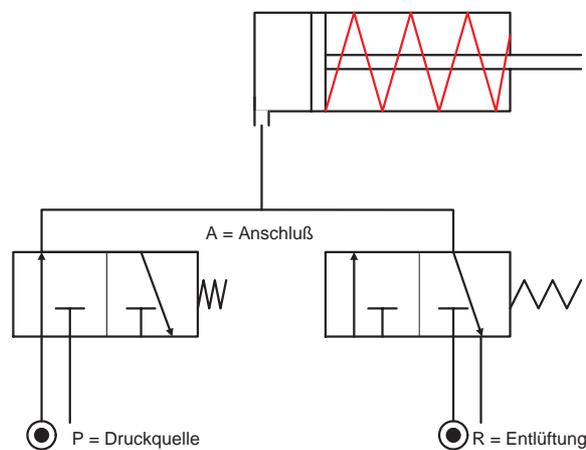


Abbildung 7.7: Beispiel eines 3/2 Wegeventils

einzelnen Druckluftkammer – wie bei einem einfach wirkenden Zylinder – benötigt man ein Wegeventil mit drei Anschlüssen und zwei Schaltstellungen. Werden zwei Druckluftkammern angesteuert, die genauso wie einem doppelt wirkendem Aktor gegenläufig be-

und entlüftet werden, benötigt man fünf oder vier Anschlüsse und zwei Schaltstellungen. Gezeichnet wird immer die Ausgangsstellung, durch die Trennung von A und R haben

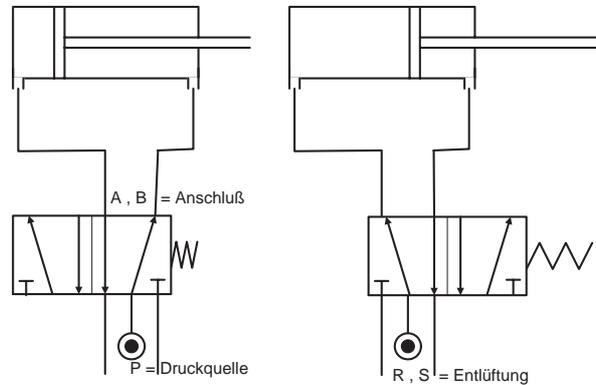


Abbildung 7.8: Beispiel eines 5/2 Wegeventils

wir eine Überschneidungsfreiheit. Betätigung der Wegeventile erfolgt durch Muskelkraft, mechanisch, pneumatisch durch Druckluft oder Elektromagnetisch. Hier fehlt mir eine

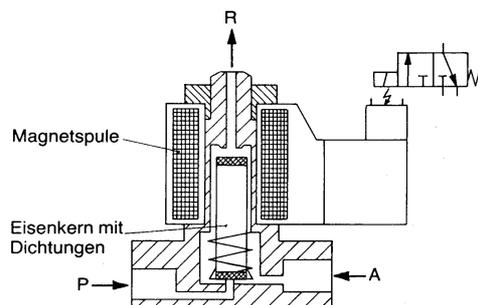


Abbildung 7.9: elektrisch betätigtes 3/2 Wegeventil

Stunde!

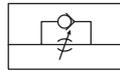


Abbildung 7.10: Drosselrückschlagventil

Von Rechts ist freier Durchgang gewährt, während sich von links eine Drosselwirkung bemerkbar macht.

### 7.3.3 Weg-Schritt-Diagramm

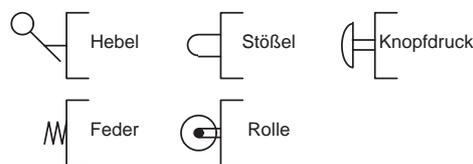


Abbildung 7.11: Symbole für die Ventilsteuerung

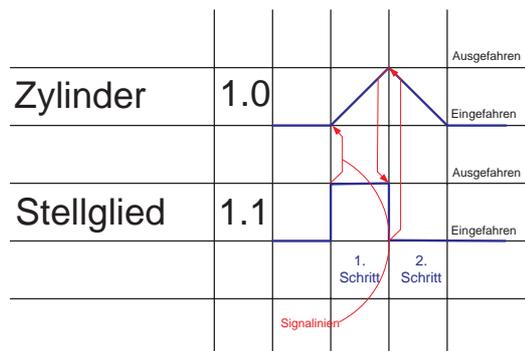


Abbildung 7.12: Zustands-Diagramm

Das Zustandsdiagramm beschreibt den Zustand eines Bauelements und den zeitlichen Ablauf der Bewegung. Die Schritte sind i.A. nicht identisch mit der Zeit. Als Zustand eines Bauelements bezeichnet man z.B., ob ein Zylinder ausgefahren oder eingefahren ist, ob sich ein Ventil in Ausgangsstellung oder Schaltstellung befindet.

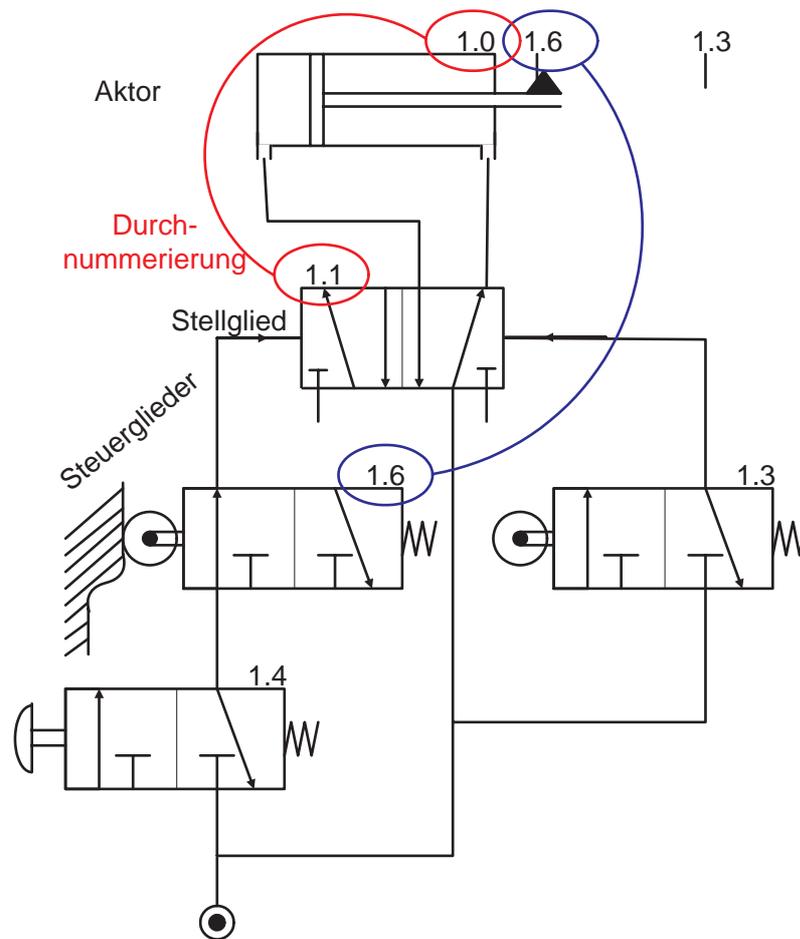


Abbildung 7.13: Pneumatikplan

PW hat das Thema etwas vereinfacht. Eigentlich hat man einen Pneumatikplan, ein Zustandsdiagramm und dazwischen ein Wegdiagramm, in welchem Bewegungsabläufe dargestellt werden (vgl. dazu [1, S. 122 f.]).

### 7.3.4 Beispiel für (Elektro-)Pneumatik

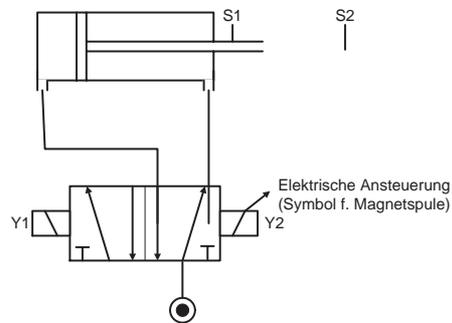


Abbildung 7.14: Beispiel Pneumatikplan

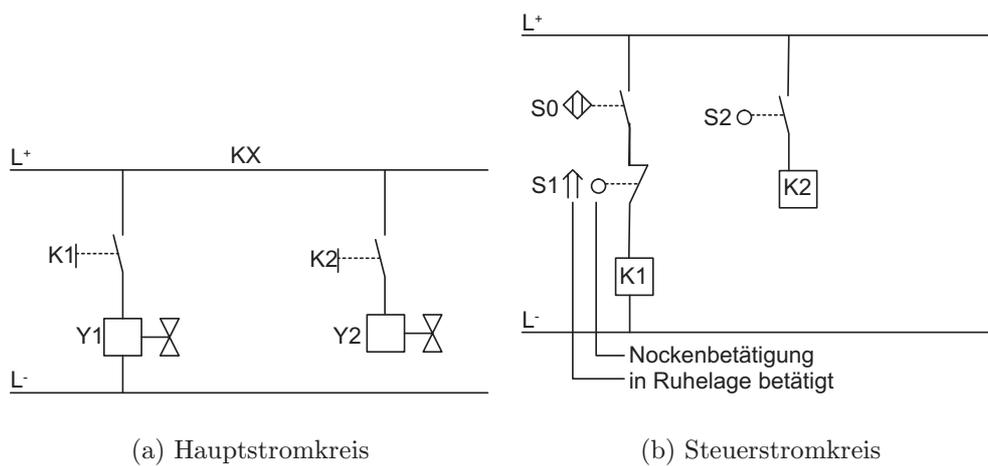


Abbildung 7.15: Beispielstromkreise

## 7.4 Hydraulik

Vorteile Öle:

- Korrosion(-sschutz)
- Schmierung

- Algen, etc.

Vorteile Hydraulik:

- bis zu  $x \cdot 100$  Bar
- hohe Leistungsdichte
- geringes Leistungsgewicht
- hohe Dynamik

⇒ Ölhydraulik

### 7.4.1 Symbole

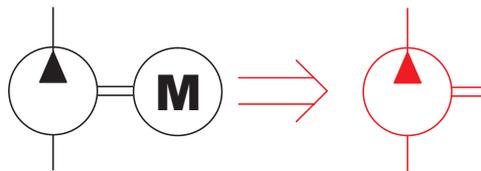


Abbildung 7.16: Zahnradpumpe (Innenverzahnt)

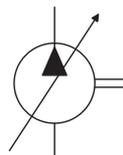


Abbildung 7.17: Zahnradpumpe (Verstellbares Verdrängungsvolumen)



Abbildung 7.18: Motor



Abbildung 7.19: Manometer

**7.4.2 Ventile**

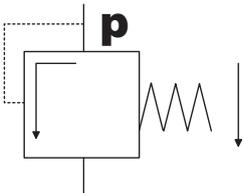


Abbildung 7.20: Druckbegrenzungsventil  
 $p \leq \text{Grenzdruck}$

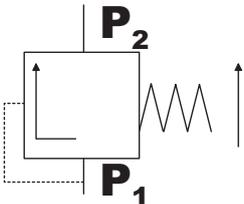


Abbildung 7.21: Folgeventil  
Schaltet bei  $P_1 \geq \text{Schaltdruck}$

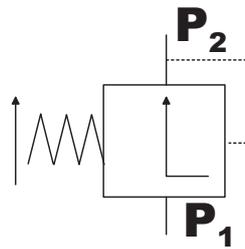


Abbildung 7.22: Druckregelventil  
Hier wird der Druck konstant gehalten.

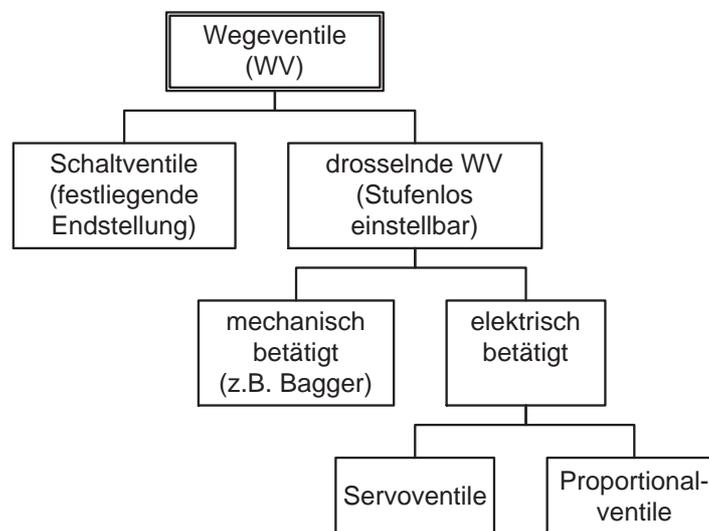


Abbildung 7.23: Wegeventile

Servoventile bestehen aus zwei Stufen. Die erste Stufe ist ein feinfühlig arbeitender Prallplatteverstärker, der von einem Drehmagneten (Torque-Motoren (siehe Abbildung 7.27)) elektrisch verstellt wird. An den Prallplatten befinden sich zwei Düsen, durch die ständig Öl gegen die Flächen der Prallplatte strömt. Wird die Prallplatte durch den Torque-Motor gedreht, entsteht in den Düsenleitungen eine Druckdifferenz, die den Ventilkolben der zweiten Ventilstufe verstellt. Dadurch entsteht an der Steuerkante eine dem Ventilhub entsprechende Drosselöffnung und damit ein Volumenstrom  $\dot{Q}$ . Diese Drosselöffnung bleibt, solange der Steuerstrom  $I$  fließt, erhalten. Dafür sorgt eine



Abbildung 7.24: 4/3 Wegeventil (in Hydraulik möglich)

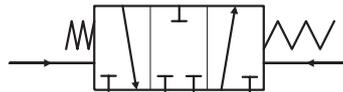


Abbildung 7.25: 3/3 Wegeventil

Die Ansteuerung erfolgt über Druckregelventile, die Schaltung erfolgt hydraulisch.

mechanische Rückführung, die mit dem Steuerkolben verbunden ist. Sie stellt nämlich die Prallplatte bei jeder elektrischen Ansteuerung in die Nullstellung zurück.

Servoventile reagieren schneller und genauer als Proportionalventile, sind aber auch empfindlicher gegen Verschmutzung des Hydrauliköls und teurer.

Mit Servoventilen – die wie Proportionalventile zu der Gruppe der Stetigventile (drosselnde Wegeventile nach PW) gehören – kann der Druck und der Volumenstrom einer hydraulischen Anlage im Stellbereich dieser Ventile *stufenlos* d.h. *stetig* verändert werden. Die Ansteuerung erfolgt meist elektronisch, sie lassen sich deshalb in Programmsteuerungen als Stellglieder einbauen. Ersetzt man z.B. ein Schaltventil durch ein Stetigventil, so lassen sich die Richtung und die Länge eines Weges sowie die Geschwindigkeit des Aktors stufenlos verändern.

Eingangssignale: 0,01-2 Watt

Hysterese: 0,01-0,02 %

Leistungsverstärkung:  $10^5$  (Servo)

Frequenz: bis etwa 50 oder 100 Hz

Filter:  $5\mu m$

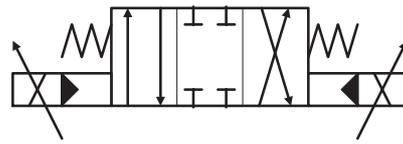


Abbildung 7.26: Servoventil

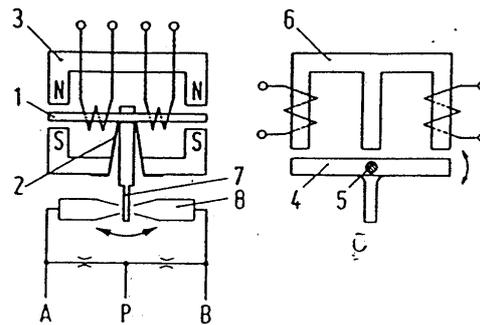


Abbildung 7.27: Torque-Motoren

1. Anker
2. Biegefeder
3. Permanentmagnet
- 4.
- 5.
- 6.
7. Prallplatte
8. 2 Düsen

Die Kennlinie zwischen Servosignal und der zu erfassenden Größe ist häufig etwas unterschiedlich, je nachdem, ob die zu erfassende Größe zu- oder abnimmt. Diese Eigenschaft bezeichnet man als Hysterese (Siehe auch [Abbildung 7.28](#) auf Seite [39](#)).

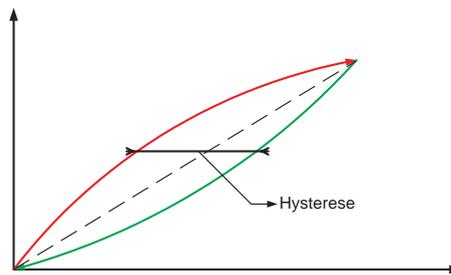


Abbildung 7.28: Hysterese

In der Proportionaltechnik wird ein elektrischer Steuerstrom  $I$  in eine entsprechende Hydraulische Größe umgewandelt. Proportionalmagnete werden mit Gleichstrom betrieben. Sie setzen den Eingangsstrom in eine *proportionale* Kraft am Stößel des Magneten um. Proportional-Wegeventile (P-Wegeventile) steuern den Start und Stopp des Zylinders (Wege), seine Richtung und die Größe des Volumenstroms  $\dot{Q}$  (Geschwindigkeit). Zur Verringerung des Reibungseinflusses werden die P-Wegeventile oft mit einer induktiven Wegrückführung ausgestattet. Mit dieser Wegrückführung und einem elektronisch wirkenden Regelkreis wird die Stellgenauigkeit des Proportionalventils erhöht. Dem gleichen Zweck dient auch ein schwaches Wechselstromsignal (Dithersignal<sup>1</sup>), das dem Eingangssignal des P-Magneten überlagert wird. Es versetzt den Steuerkolben des P-Wegeventils in eine Schwingung mit kleiner Amplitude und verhindert so die Haftreibung.

Wie in der folgenden Aufzählung klar wird, sind die Eigenschaften der Proportionaltechnik um den Faktor 10 bis 100 größer.

Eingangssignale: 20-30 Watt

Hysterese: 0,1-0,2 %

Filter:  $\leq 25\mu m$

---

<sup>1</sup>engl. to dither = bibbern, zittern

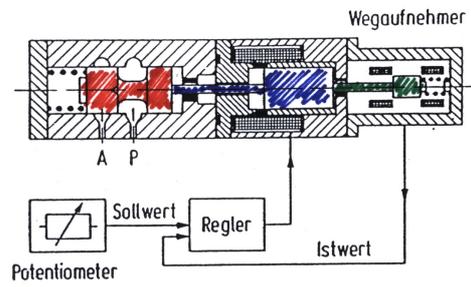


Abbildung 7.29: Lage geregelter Proportionalmagnet

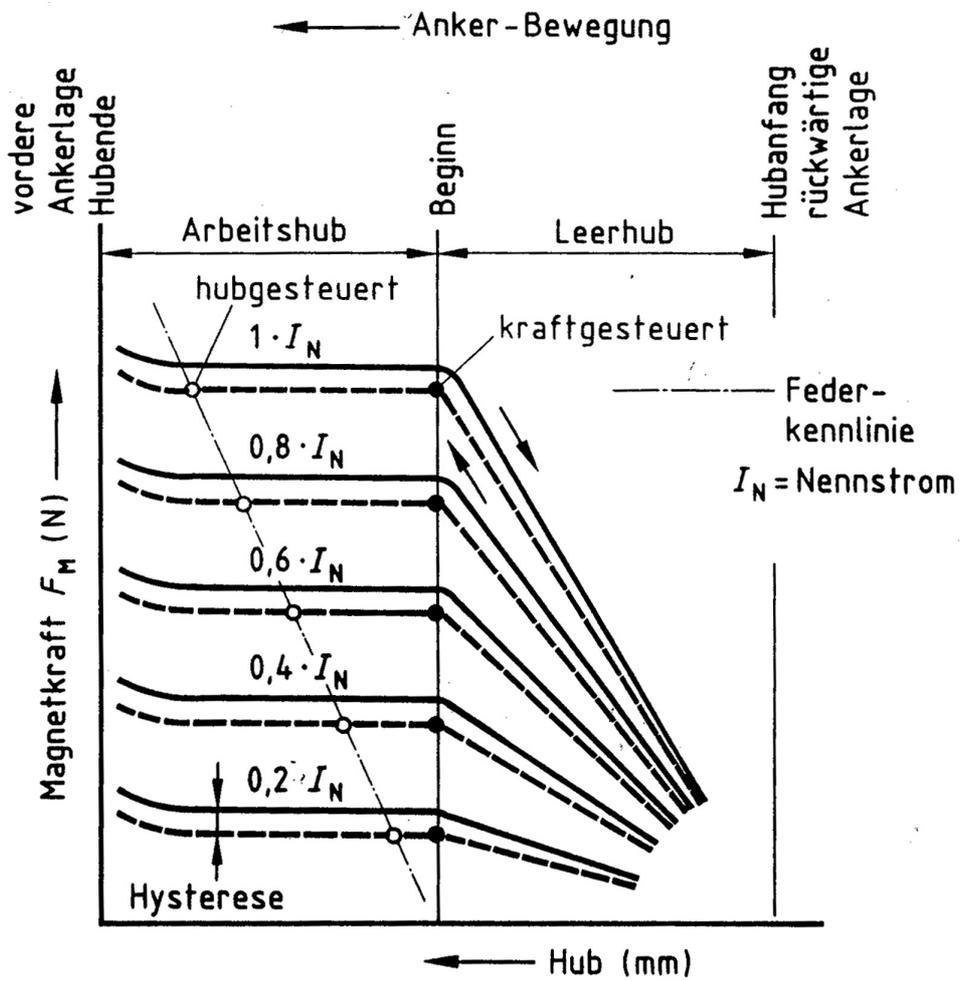


Abbildung 7.30: Hub-Kraft-Kennlinien eines P-Magneten

## 8 Mechanische Steuerungen

### 8.1 Einführung

P-Glied: Schnell

V-Glied: Einfach, Robust, hohe Geschwindigkeit bei kleinen Massen

N-Glied: Starrer Informationsspeicher, rel. kleine Wege

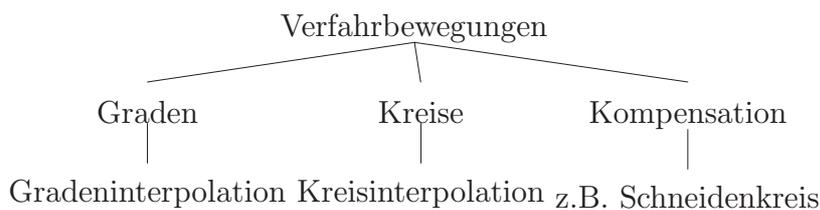


Abbildung 8.1: Werkzeugmaschinensteuerung

### 8.2 Weg- und Winkelmessung

Wegmesssysteme werden eingeteilt in:

**inkrementale:** Es werden Zuwachswerte (Inkremente) eines Weges oder Winkels erfasst und in Form elektrischer Impulse einem Zähler zugeführt. Zur absoluten Bestimmung eines Weges oder Winkels muss der Zähler an einer vorgesehenen Weg- oder Winkelstellung, dem Referenzpunkt, auf Null gesetzt werden (Strichmaßstab, Strichscheibe). Eine relative Messung.

absolute: Bei den absoluten Weg- und Winkelmesssystemen wird der Weg bzw. Winkel, wie bei einem Maßstab direkt elektronisch abgelesen (Codelineal, Winkelcodierer). Feste Zuordnung zwischen Meßgröße und Meßwert.

zyklisch analoge: hat PW im Unterricht nicht erwähnt, und ich habe das System nicht verstanden ;)

### Weg und Winkelmesssysteme

	Verfahrweg	Werkzeug	Maschine	Werkstücke
Punktsteuerung	Im Eilgang in einzelnen Achsen nacheinander oder alle Achse gleichzeitig aber kein Funktionszusammenhang zwischen den Achsen	Während der Verfahrweges nicht im Eingriff	Bohrmaschinen, Lehrenbohrwerke, Punktschweißmaschinen, Stanzereimaschinen	Bohrplatten, Rohrböden, Flansche
Streckensteuerung	Gerade parallel zu den Maschinenachsen im Arbeitsvorschub	Während des Verfahrweges in Eingriff	einfache Fräs-, und Drehmaschinen	einfache Dreh-, und Frästeile ohne Schrägen
Bahnsteuerung	beliebige Bahnen oder Geraden in einer Ebene oder Raum im Arbeitsvorschub, das heißt: es besteht ein Funktionszusammenhang zwischen den Achsen	Während des Verfahrweges in Eingriff	Fräsmaschinen, Drehmaschinen, Bearbeitungszentren, Brennschneidmaschinen, Drahterodiermaschinen	Gesenke, Schnittplatten, Schneidstempel, Spritzgußformen, Turbinenschaufeln, Propeller, räumliche Schaltkurven

Tabelle 8.1: Steuerungsarten

### 8.2.1 Indirekte Wegmessung

Bei der meist angewandten indirekten Wegmessung werden die Verfahrswege der Linearachsen bzw. die Drehwinkel der Rotationsachsen nicht direkt über einen Linearmaßstab gemessen, sondern indirekt über den Drehwinkel einer Antriebswelle. Das Wegmesssystem ist ein Drehwinkelsensor, welcher meist mit der Motorwelle verbunden ist oder aber auf einem Wellenende der Vorschubspindel, sitzt.

Die Vorteile der indirekten Wegmessung sind:

- die kompakte Bauform von Antriebsmotor mit Drehwinkelsensor
- Einsatz der kostengünstigeren Drehwinkelsensoren anstelle linearer Wegmesssysteme
- einfache Montage, da die Drehwinkelgeber meist mit dem Motor vormontiert sind
- einfache Reglerjustage, da die dynamischen Eigenschaften der mechanischen Antriebs Elemente die Lageregelung nur unwesentlich beeinflussen.

Der Nachteil der indirekten Wegmessung ist, dass Fehler in den mechanischen Übertragungsgliedern sich ohne steuerungstechnische Kompensation voll als Bearbeitungsfehler der CNC-Maschine auswirken. Bei Kompensation verbleiben Restfehler.

Die wichtigsten Fehler in den mechanischen Übertragungsgliedern sind Teilungsfehler in den Getrieben, Steigungsfehler im Kugelgewindebetrieb, Spiel in den Getrieben und elastische Nachgiebigkeit in den Lagern. Diese Fehler können bedingt und nur mit erheblichem Aufwand durch die CNC-Steuerung kompensiert werden.

Beim Fahren kleiner Kreise wirkt sich ein Spiel bzw eine elastische Nachgiebigkeit besonders deutlich aus. Kleine Kreise verformen sich zu Quadraten.

### 8.2.2 Direkte Wegmessung

Die Wegmessung erfolgt hier direkt durch ein Messsystem für den Verfahrsweg einer Linearachse bzw. für den Drehwinkel bei einer Rotationsachse. Als Wegmesssystem verwendet man meist einen Strichmaßstab (Inkrementalgeber) oder ein Linearinductosyn,

seltener ein Codelineal und ein Interferometer. Für die direkte Winkelmessung kommen Strichscheiben, Rundinductosyne und Winkelcodierer zum Einsatz. Der Vorteil der direkten Wegmessung ist, dass Fehler der mechanischen Übertragungsglieder die Positioniergenauigkeit nicht beeinflussen. Die CNC-Achse erreicht immer die vorgegebene Position.

Die Umkehrspanne auf Grund von Spiel und Nachgiebigkeit verlängert den Positioniervorgang und verursacht beim Bahnfahren Fehler. z. B. entstehen beim Fahren kleiner Kreise an den Umkehrpunkten starke Abweichungen von der Kreisform. Bei starker elastischer Nachgiebigkeit führt das mechanische Übertragungssystem Eigenschwingungen niedrigerer Frequenz und erheblicher Amplitude aus. Diese Eigenschwingungen lassen nur noch relativ kleine  $K_V$ -Werte in der Lageregelung zu.

## 9 Vernetzung mittels Feldbussystemen

Tja, in der Vorlesungsübersicht steht das Thema drin, aber haben wir was darüber gehört?

Allgemein:

Zur Vernetzung von Geräten um Maschinen- oder Anlagenfeld, z.B. von Sensoren mit Robotersteuerungen, sind einfache und kostengünstige Bussysteme notwendig. Man verwendet hier meist Leitungen mit verdrehten Adernpaaren (Twisted Pair) als Übertragungsmedium und ein einfacheres Buszugriffsverfahren als im LAN.

# 10 Automatisierung von Werkzeugmaschinen

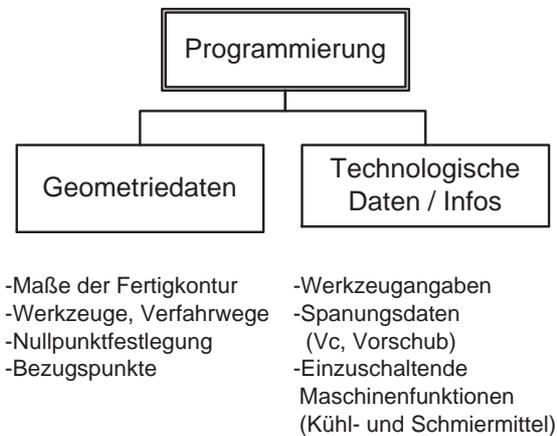


Abbildung 10.1: Programmierung von Werkzeugmaschinen

Zur Lageregelung von Werkzeugmaschinen hat er zwei Folien aufgelegt, die er aber scheinbar nicht ausgeteilt hat.

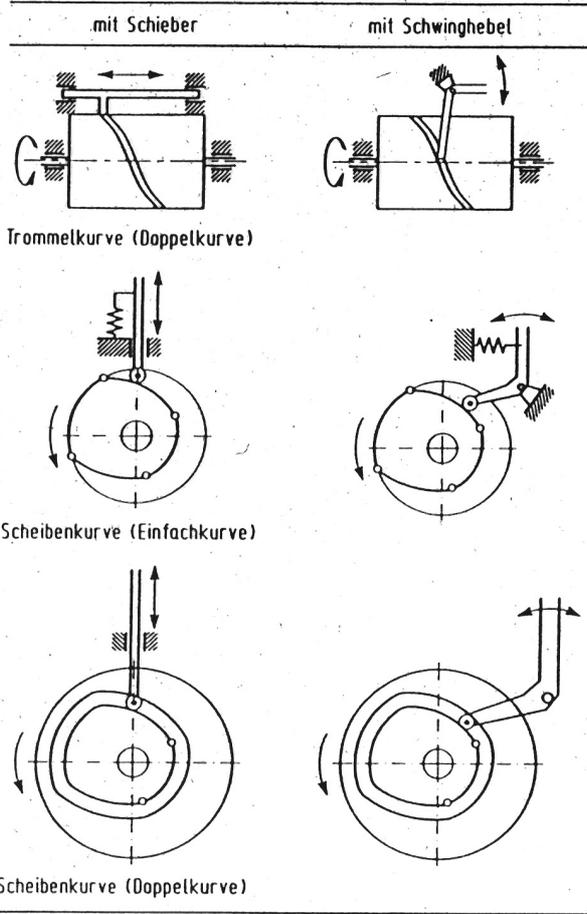


Abbildung 10.2: Realisierungsformen mechanischer Steuerkurven

# 11 Handhabungsfunktionen für Werkzeuge und Werkstücke und deren Automatisierung

## 11.1 Allgemeines

Handhaben				
Speichern	Menge ändern	Bewegen	Sichern	Kontrollieren
geordnet Speichern	Teilen	Drehen	Halten	Prüfen
	Vereinigen	Verschieben	Lösen	Messen
	Abteilen	Schwenken	Spannen	
teilgeordnet Speichern	Zuteilen	Orientieren	Entspannen	
	Verzweigen	Positionieren		
	Zusammenführen	Ordnen		
ungeordnet Speichern		Führen		
		Weitergeben		
		Fördern		

Tabelle 11.1: Gliederung der Handhabungsfunktionen nach VDI 2860

## 11.2 Bunker und Magazin

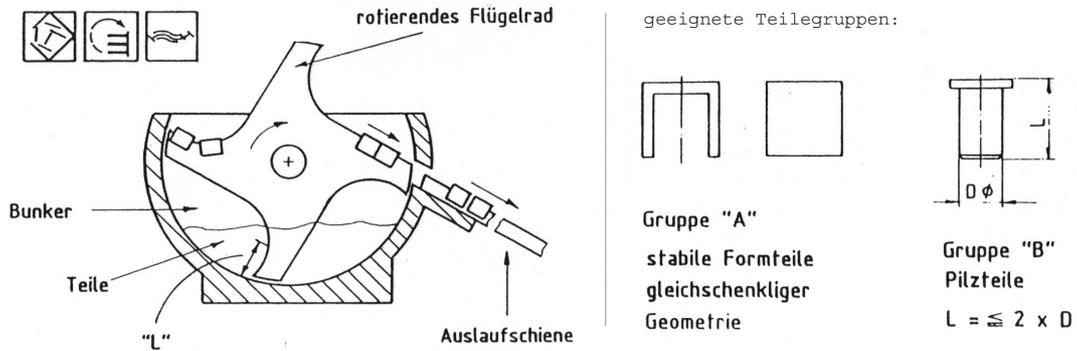


Abbildung 11.1: Bunker mit Flügelradaustrag

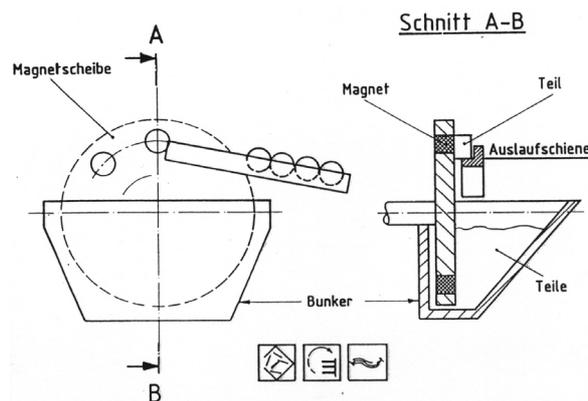


Abbildung 11.2: Bunker mit Magnetscheibenaustrag

Der Unterschied zwischen Bunker und Magazin ist offensichtlich, daß die Werkstücke im Magazin geordnet sind, im Bunker nicht.

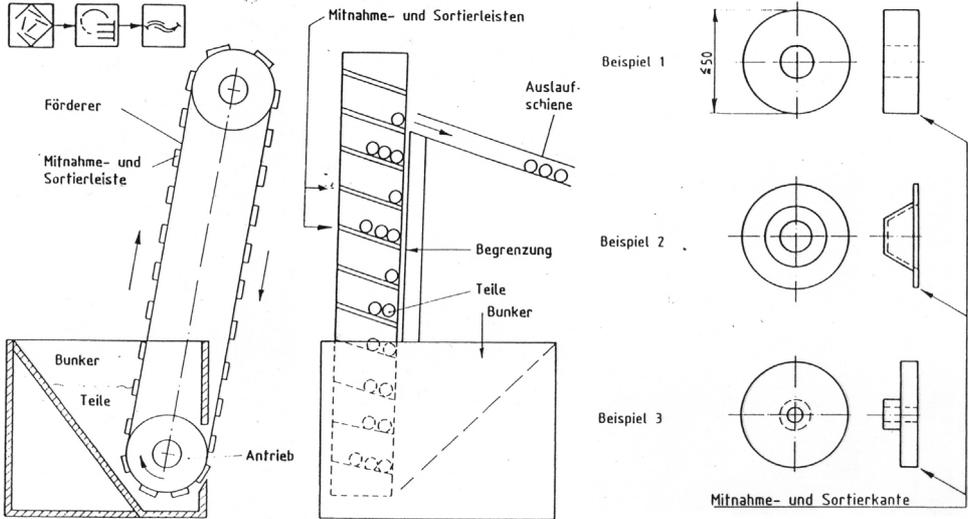


Abbildung 11.3: Bunker mit Schrägförderer

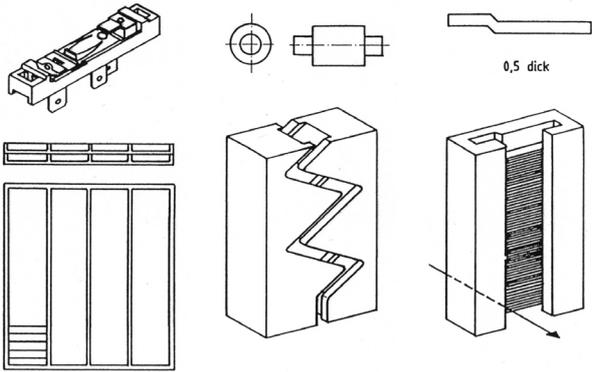


Abbildung 11.4: Verschiedene Magazinausführungen

## 11.3 Ordnen

Ordnen ist der schwierigste Teil des Handhabens. Das Material muß in definierter Position mit definierter Orientierung in der richtigen Menge und zum richtigen Zeitpunkt bereitgestellt werden. Das Ordnen erfolgt nach den Auswahl- oder nach dem Zwangsprinzip.

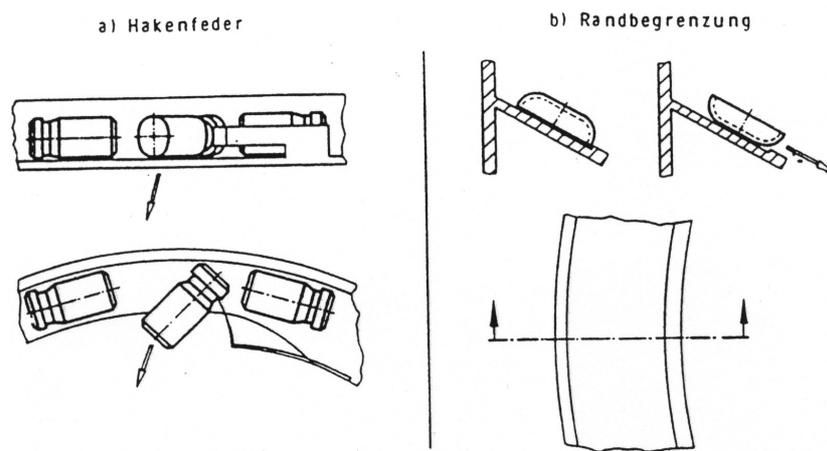


Abbildung 11.5: Ordnen nach dem Auswahlprinzip

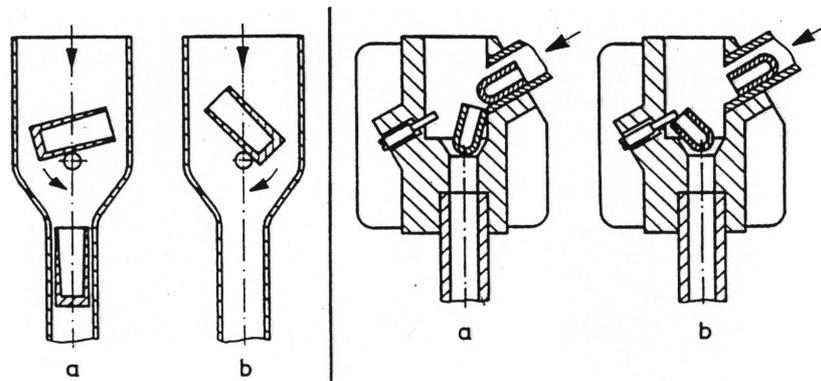


Abbildung 11.6: Ordnen nach dem Zwangsprinzip

Auf den nächsten Seiten ist als Beispiel des Ordners der Vibrationswendelförderer aufgezeigt.

## 11.4 Vibrationswendelförderer

Leider hat sich PW in der Vorlesung nicht allzu ausführlich über das Thema geäußert. Das Prinzip wird allerdings schnell klar. Ich habe die Abbildungen nur mit in des Script genommen, weil mal eine Klausuraufgabe darüber gestellt wurde.

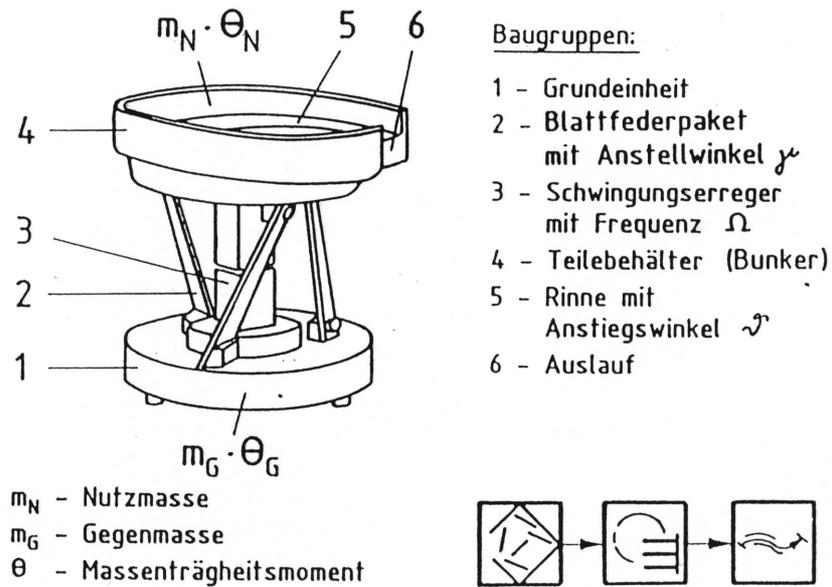


Abbildung 11.7: Vibrationswendelförderer

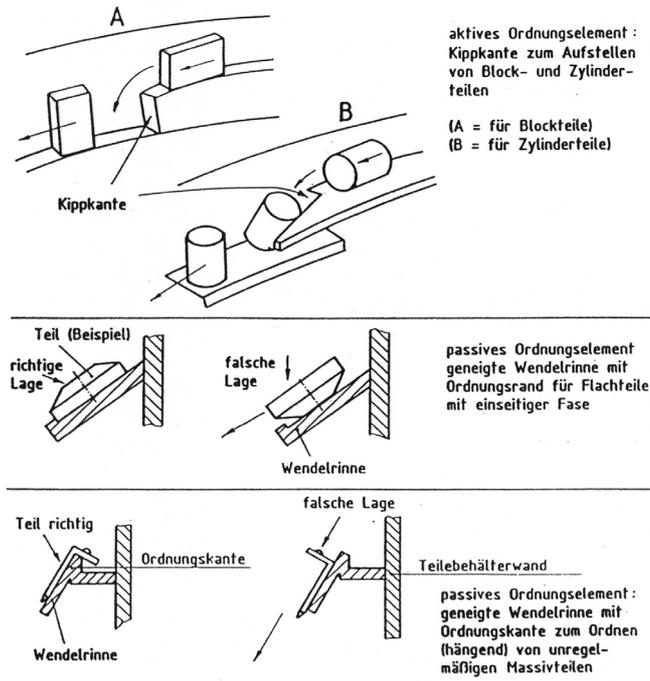


Abbildung 11.8: Komponenten eines Vibrationswendelförderers (Teil 1)

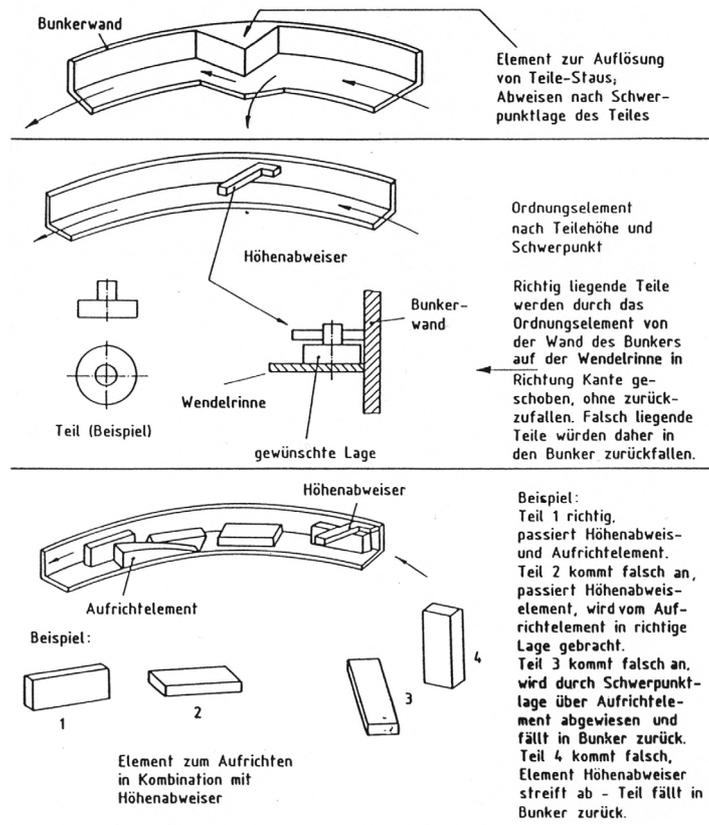


Abbildung 11.9: Komponenten eines Vibrationswendelförderers (Teil 2)

# 12 Handhabungsgeräte

## 12.1 Einteilung

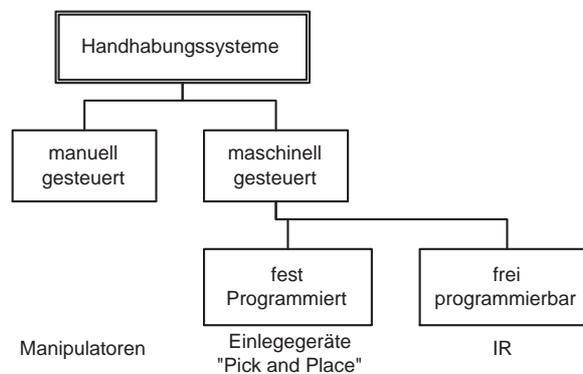


Abbildung 12.1: Einteilung der Handhabungssysteme

## 12.2 Manipulatoren

Manipulatoren sind Bewegungsgeräte, die von Hand unter Sichtkontrolle gesteuert werden. Beispiele sind Handhabungsgeräte zum Bewegen schwerer Schmiedewerkstücke an Schmiedepressen oder große Meißel bei Abbrucharbeiten. Bei fernbedienten Manipulatoren, den Teleoperatoren, wird der Bewegungsvorgang über Fernsehbildschirme kontrolliert. Teleoperatoren verwendet man z.B. in radioaktiven Räumen und bei Weltraumexperimenten (Pathfinder?!). Mit Micromanipulatoren können Arbeiten an kleinsten Bauelementen, z.B. an Mikroprozessoren, ausgeführt werden. Die Bewegungen werden über Mikroskope kontrolliert.

## 12.3 Einlegegeräte

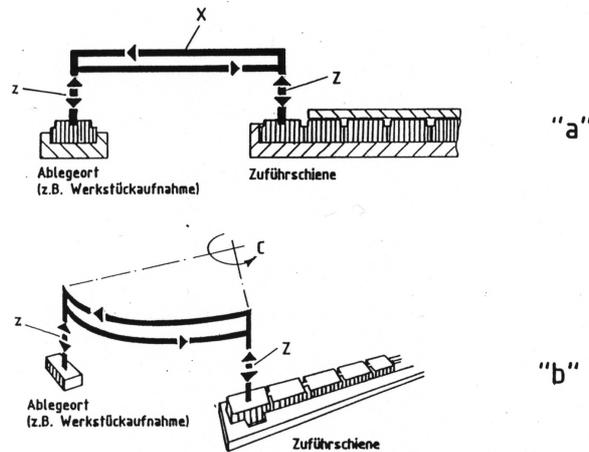


Abbildung 12.2: Bewegungsablauf von Einlegegeräten (Linear-/Schwenkausführung)

Festprogrammierte Handhabungsautomaten (Einlegegeräte) verwendet man für immer gleich bleibende Bewegungsvorgänge, z.B. zum Beschicken einer Presse oder zur Montage von Serienfabrikaten. Die Geräte sind meist mit pneumatisch betriebenen Hub- und Drehzylindern ausgerüstet. Geräte dieser Art bezeichnet man als Pick-and-Place-Geräte, da sie zum Aufnehmen und Ablegen von Werkstücken in gleich bleibender Reihenfolge Verwendung finden.

## 12.4 Roboter

Roboter sind universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen. Die Bewegungen sind hinsichtlich der Bewegungsfolge und der Bewegungsbahnen frei programmierbar. Ein mechanischer Eingriff, z.B. ein Verstellen von Grenzschildern ist nicht notwendig. Darüber hinaus können die Bewegungsbahnen und die Bewegungsfolgen über Sensoren gesteuert werden. Komponenten:

- Arm (translatorische (T) und rotatorische (R) Bewegung)
- Greifer (für Werkstücke und Werkzeuge)
- Antrieb (besteht aus Motor und Getriebe)
- Steuerung (Regelung)
- Messsystem (für Weg und Geschwindigkeit)
- Sensoren (Näherungsschalter(taktile Sensoren) und Bildverarbeitung)

Von den Komponenten wurde lediglich der Arm besprochen. Auch hier nur 3-Achs-Roboter mit rotatorischen und translatorischen Bewegungen.

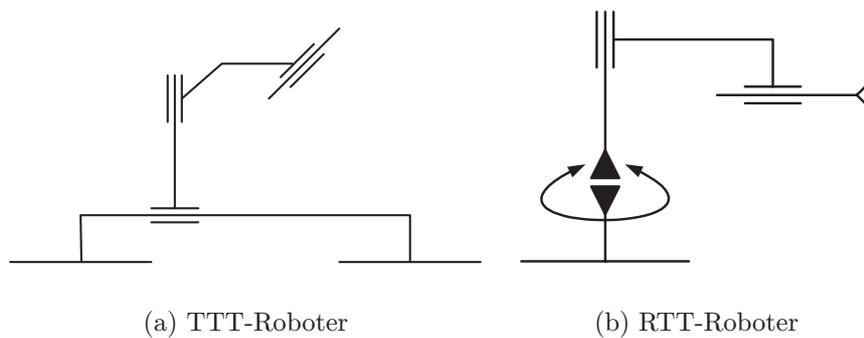


Abbildung 12.3: 3-Achsen-Roboter

Ein Roboter mit RTT-Kinematik kann laut PW's Beispiel nicht in einen Zylinder hineingreifen, was mit einem SCARA aber problemlos möglich wäre.

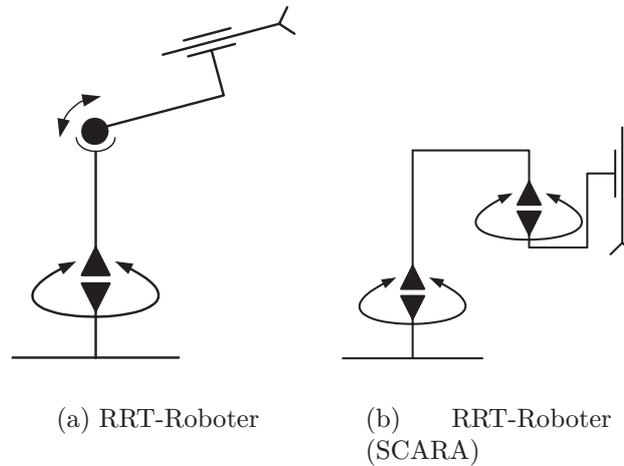


Abbildung 12.4: Roboter mit RRT-Kinematik

SCARA ist relativ berühmt, da auch weit verbreitet. Übersetzt heißt SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) soviel wie Montageroboterarm mit auswählbarer Nachgiebigkeit.

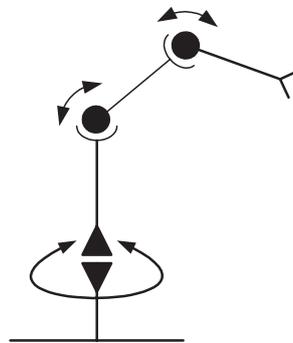


Abbildung 12.5: Roboter mit RRR-Kinematik

RRR-Roboter werden auch als Gelenkroboter bezeichnet. Die Mehrzahl der Roboter haben einen Aufbau entsprechend der RRR-Kinematik.

## 13 Der Begriff der Flexibilität

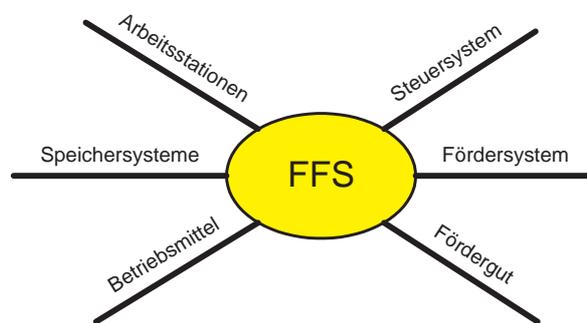


Abbildung 13.1: Komponenten eines Flexiblen Fertigungssystems

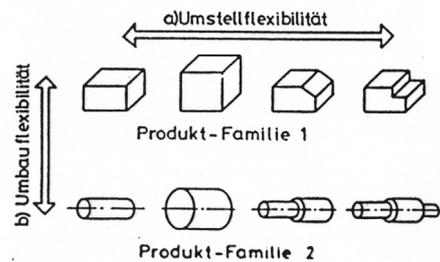


Abbildung 13.2: Arten der Flexibilisierung

In Abbildung 13.2 ist gemeint, daß man flexibel sowohl innerhalb einer Produktfamilie als auch von einer Produktfamilie auf die andere umstellen kann. In diesem Fall also innerhalb der prismatischen Familie 1 und der rotatorischen Familie 2, oder von Familie 1 auf Familie 2.

# 14 Konzepte der flexibel automatisierten Fertigung

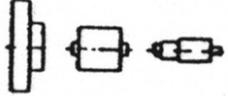
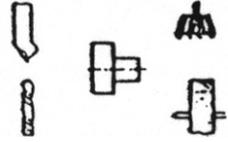
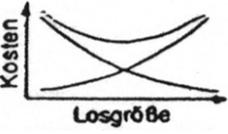
Merkmale der Flexibilität		Ziele der Flexibilität
Geometrie		Teilevielfalt
Technologie		Komplettbearbeitung
Menge		kleine Losgrößen
Zeit		kleine Durchlaufzeit

Tabelle 14.1: Flexibilitätsmerkmale einer Fertigungsaufgabe

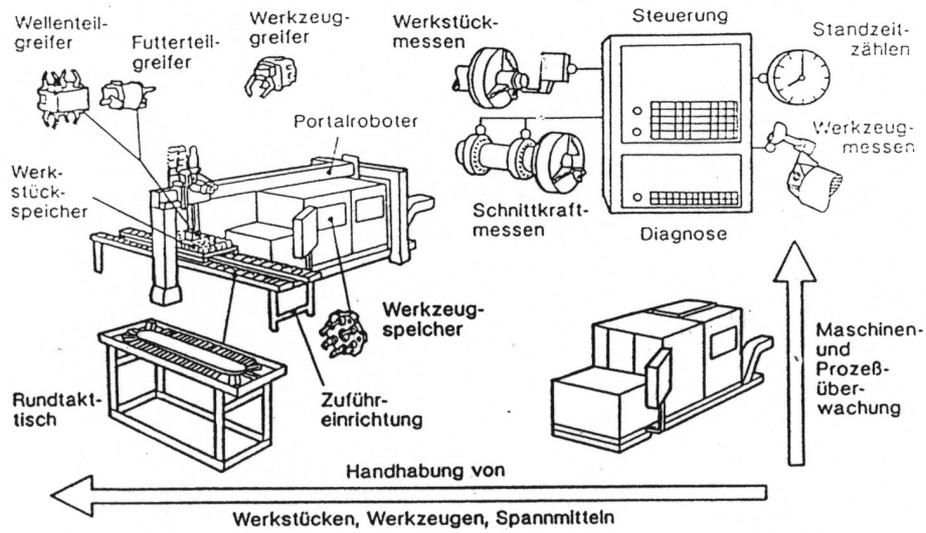


Abbildung 14.1: Möglichkeiten der flexiblen Automatisierung von Werkzeugmaschinen

# 15 Automatisierung der Montage

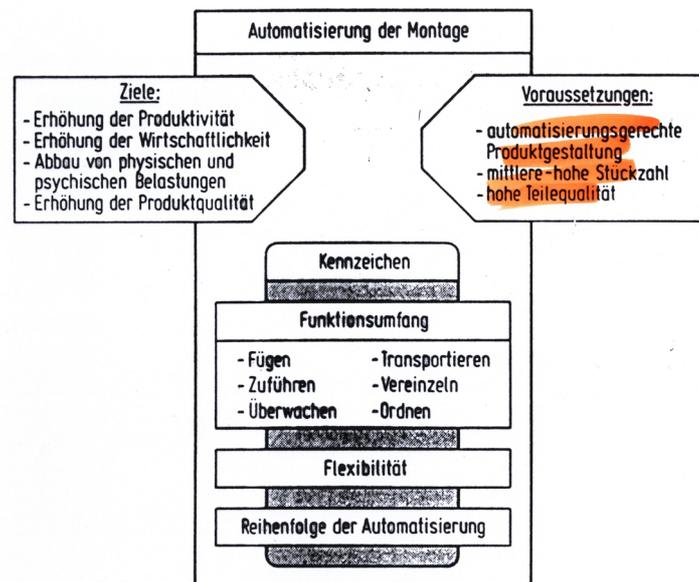


Abbildung 15.1: Kennzeichen von automatisierten Montagesystemen

Die Montage von Bauteilen zu Baugruppen und von Baugruppen zu fertigen Geräten, Maschinen und Anlagen erfolgt vielfach in Handarbeit. Die Serienmontage d.h. die Montage von Serienteilen erfordert „flinke Hände“ und ist wegen der Monotonie der Tätigkeit und der ständig gleichartigen Arbeitsbelastung eine den Menschen sehr belastende Arbeit. Diese Serienmontage wird zunehmend mit Robotern und speziellen Montagemaschinen automatisiert ausgeführt. Sofern eine nichtautomatisierbare Montagearbeit übrig bleibt, ist darauf zu achten, dass diese Montage-Restarbeitungsplätze nicht in den Maschinentakt der Montagelinie ohne hinreichende Teilepufferung eingeplant werden.

Die Hauptfunktionen der Montage sind:

- Fügen;
- Justieren und Prüfen;
- Handhaben;
- Fördern und
- Sondertätigkeiten.

Bei der Serienmontage versucht man eine kontinuierliche Fließmontage zu erreichen. Die Montage wird in Teilverrichtungen gegliedert und diese in ihrem zeitlichen Ablauf in einem sogenannten Ablaufgraph dargestellt. Zur Umsetzung in eine vollautomatisierte oder teilautomatisierte Montage werden die Montagekomponenten: Roboter, Magazine, Ordnungs- und Vereinzelungsgeräte, Pressen u.a. mit Fördereinrichtungen zu einer Linie, einem Ring, einem Karree oder einem vermaschten Netz zusammengestellt (Siehe auch Abbildung 15.2 auf Seite 15.2).

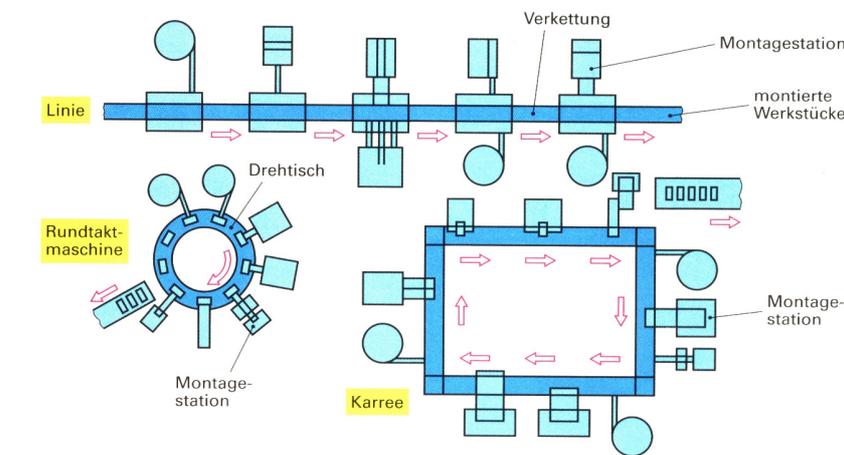


Abbildung 15.2: Verkettung von Montagestationen

# 16 Anmerkungen zur Klausur

Als Klausurrelevant hat er in der VI folgende Themen bezeichnet:

- Steuerungspläne
- 2/3 Wegeventil
- Weg-Schritt-Diagramm (2 Zylinder, 5 Schritte)
- (Elektro-)Pneumatische Steuerung
- Schaltpläne nur verstehen, nicht selber zeichnen
- Proportionalventil 10 bis 100 mal mehr ?
- wenig auswendig lernen
- vor allem Handout (behandelte?) ansehen

# A Literaturverzeichnis

- [1] Prof. Dr.-Ing. Dietmar Schmid *Automatisierungstechnik*, Grundlagen, Komponenten, Systeme, EUROPA Lehrmittel, 2001

# Index

- Antastpunkt, 19
- Automatisierung, 10
  - flexible, 60
  - Montage, 62
  - Probleme, 11
  - Vorraussetzungen, 15
- Drehmagnet, 36
- Einlegegeräte, 56
- Exkursion, 17
- Flexibilität
  - Umbau, 59
  - umstellungs, 59
- Formelement, 19
- Funktionsplan, 26
- Handhaben, 48
- Handhabungsgerate
  - fest programmierbar, 56
  - frei programmierbar, 56
  - manuell, 55
- Hysterese, 38
- Inkrement, 41
- Istgeometrie, 19
- Klausur, 64
- Manipualtoren, 55
- Mechanisierung, 15
- Montagekomponenten, 63
- Motor
  - Symbol, 34
  - Torque, 36
- Netz
  - vermaschtes, 63
- Ordnen, 51
- Pick-and-Place-Gerate, 56
- Prallplatte, 36
- Produktivitat, 14
- Proportional
  - Magnet, 39
  - Technik, 39
  - Wegeventil, 39
- Referenzpunkt, 41
- Rentabilitat, 14
- Roboter, 56
  - Arm, 57
  - Kinematik, 57
- SCARA, 58
- Schaltstellungen, 29

- Schließer, 25
- Selbsterhaltezeit, 25
- Selbsterhaltung, 25
- Selbthaltekontakt, 25
- Sollgeometrie, 19
- Speicherung, 25
  
- Tastsystem, 17
  - elektromechanisch, 17
  - messend, 18
  - schaltend, 18
  
- Verzinsung, 14
- Vibrationswendelförderer, 52
  
- Wegeventil, 29
- Wegmessung
  - absolut, 42
  - direkt, 43
  - indirekt, 43
  - inkremental, 41
- Wirtschaftlichkeit, 14
  
- Zylinder, 29