

Einführung in die Automatisierungstechnik

Studiengang: Produktionstechnik, Systems Engineering

- Vorlesung 02 -

Prof. Dr.-Ing. habil. Andreas Fischer
Dr.-Ing. Gerald Ströbel



Bremer Institut für
Messtechnik, Automatisierung
und Qualitätswissenschaft

Lehrziele und Gliederung

1. Anwendungsbereiche, Prozesse und Methoden der Automatisierungstechnik
- 2. Automatisierung in der Produktion**
3. Boolesche Algebra
4. Zustandsvektoren, Graphen, Schaltwerksynthese, Netze
5. Fuzzy Logic
6. Neuronale Netze
7. Automatisieren von Fertigungsbereichen
8. Automatisiertes Messen und Steuern
9. Speicherprogrammierbare Steuerungen

Automatisierung in der Produktion

- Steuerungstechnik in der Produktion - Entwicklung -

Generell werden Steuerungen in der Automatisierungstechnik zum Messen, Steuern, Regeln und Überwachen von Prozessen eingesetzt.

Meilensteine der **NC Entwicklung** (Numerical Control)

Ideen zur **Steuerung einer Konstruktion** durch fortlaufende Befehle gehen bis ins 14. Jahrhundert zurück

1800 Webmaschinen - Blechbänder (später Papierstreifen, Lochkarten)

1938 Arbeiten zur binären Verarbeitung von Informationen und Bool'sche Algebra (Claude E. Shannon, M.I.T.)

1946 ENIAC erster elektronischer Digitalrechner (US Militär)

1949 M.I.T **NC Entwicklung** (US Air Force, Flugzeugentwicklung)

1952 3D-NC Linearinterpolation

1957 NC-Fräsen (und symbolische Programmierung)

1958 Programmiersprache für die Steuerung von NC-Werkzeugmaschinen APT (IBM) auf Mainframe Computer (in Fortran IV, später EXAPT)

1968 IC Technik

1972 NC auf Mini-Computer (IBM), Fortran, Pascal

1980 CNC Technik (Micro-Computer, Mikro-Chips, PC) (CAx-Techniken)

Ergebnis: durchgängige Konstruktion und Bearbeitung von Freiformflächen

2010+ Industrie 4.0 (intelligente verteilte Systeme, Selbststeuerung und Internet der Dinge)

Automatisierung in der Produktion

- Entwicklungsaufgaben für die Verbesserung der Steuerungstechnik

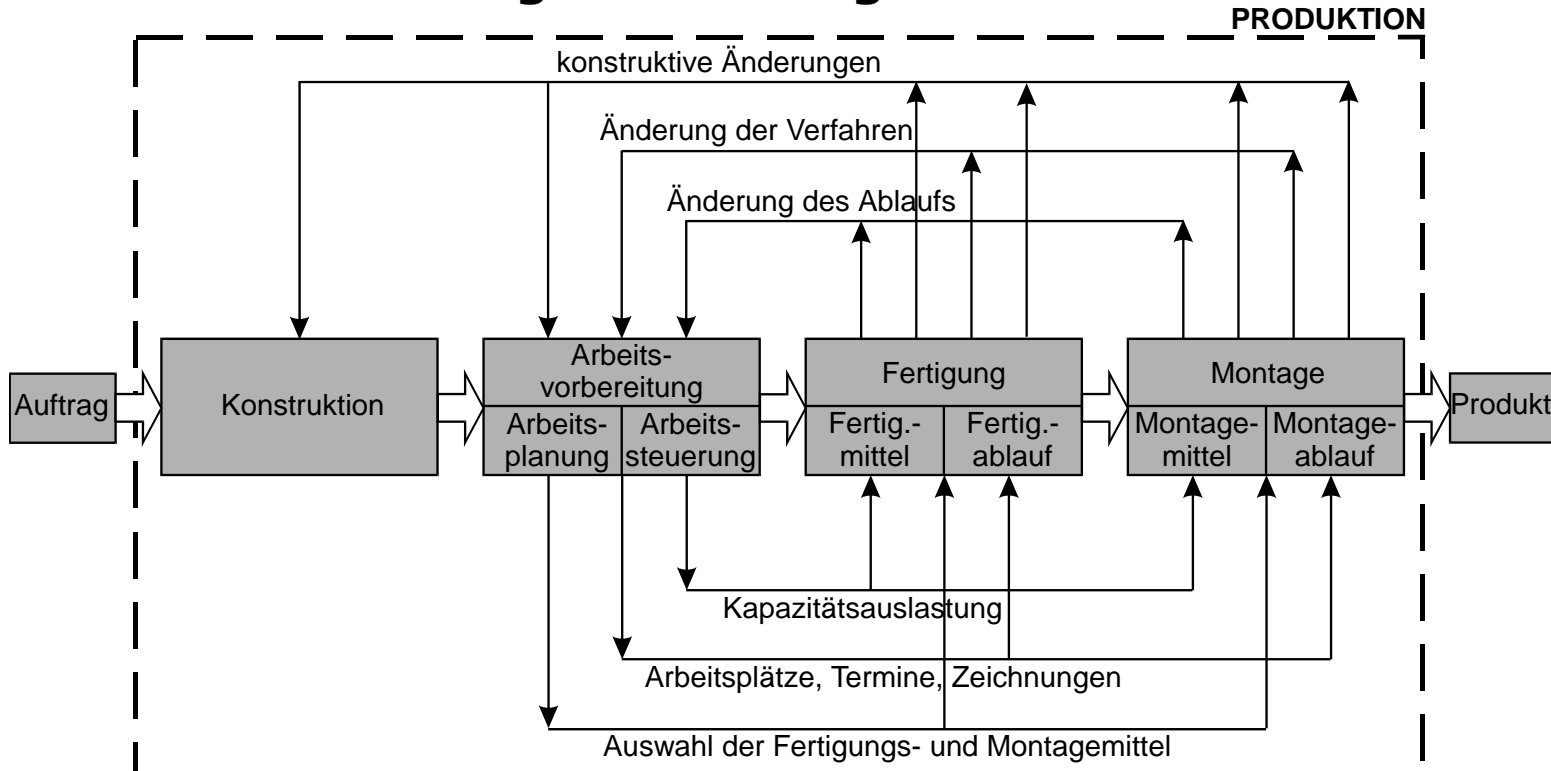
- Ablösung der manuellen Steuerung (Drehen, Fräsen, usw.) durch elektrische Schaltungen und Programme (z.B. numerische Steuerung, NC-Technik)
- Ablösung der festen Verdrahtung (freie Programmierung von Verbindungen)
- Echtzeitsteuerung und -programmierung (Software-Werkzeuge)
- Entwicklung von aufgabenorientierten Steuerungen ([Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS](#))
- Prozessleittechnik (PLT, PLS)
- Einsatz von modernen Computern und Mikroprozessoren (z.B. CNC Technik)
- freie Programmierung (Assembler, Mnemonik, freie Programmiersprachen)
- komplexe Programme (5- Achsbearbeitung, Freiformflächen)

- Systemkompatibilität (Datenaustausch, Kommunikation und Daten-Formate)
- Informationsfluss, Durchgängigkeit der Informationen

Heute z.B. „Ressourceneffizienz“, „Smart Production“, „Smart Control“ oder „Selbstdiagnose“, „Qualitätsregelkreise“, „Funktionsorientierte Steuerung“, „Materialorientierte oder Prozessorientierte Steuerung“

Automatisierung in der Produktion

- Auftragsabwicklung in der Produktion -



Produktionstechnik dient der Erzeugung von Gütern

- Hauptgruppen *Fertigungstechnik, Verfahrenstechnik und Energietechnik*
- Querschnittstechniken: *Fördertechnik und Informationstechnik*

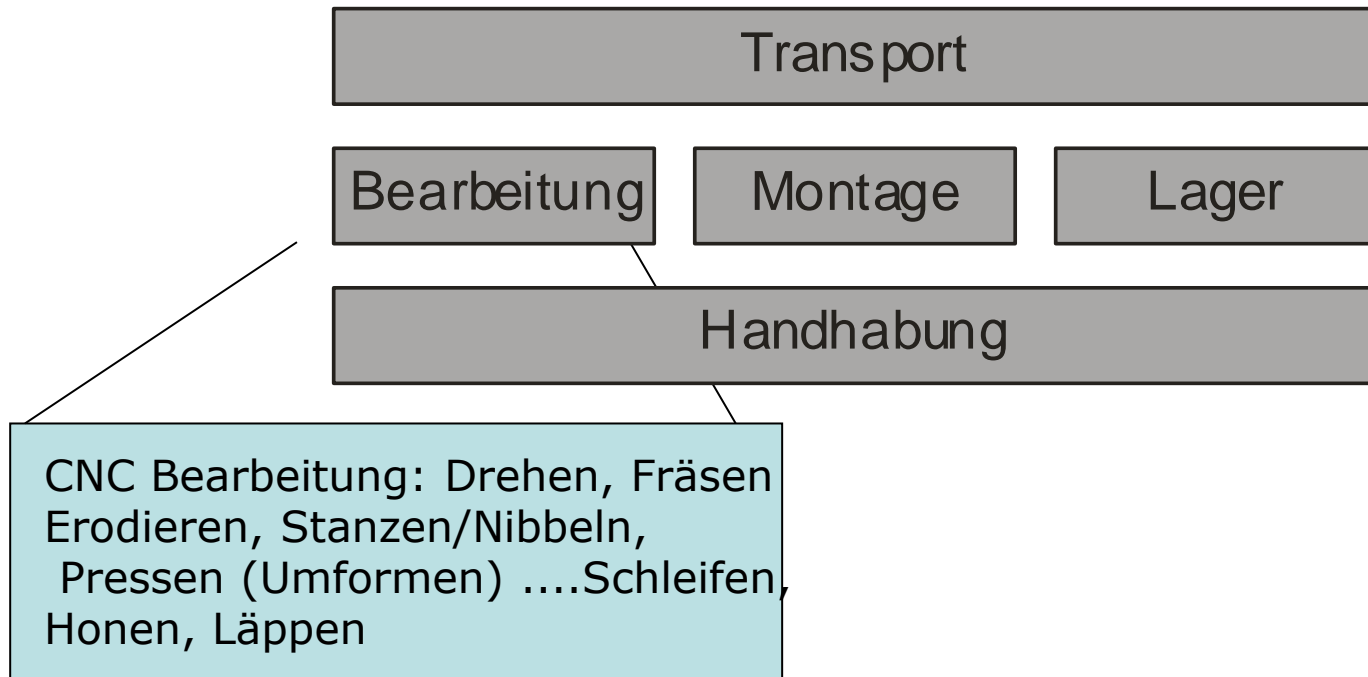
Fertigungstechnik befasst sich mit der Produktion von Stückgütern durch Formerzeugung und -veränderung

Bild: Auftragsabwicklung und Informationsfluss in der klassischen Auftragsabwicklung

Literatur: Eversheim, Organisation in der Produktionstechnik, VDI

Automatisierung in der Produktion

- Bereiche der werkstückbehafteten Produktion - Bearbeitung -

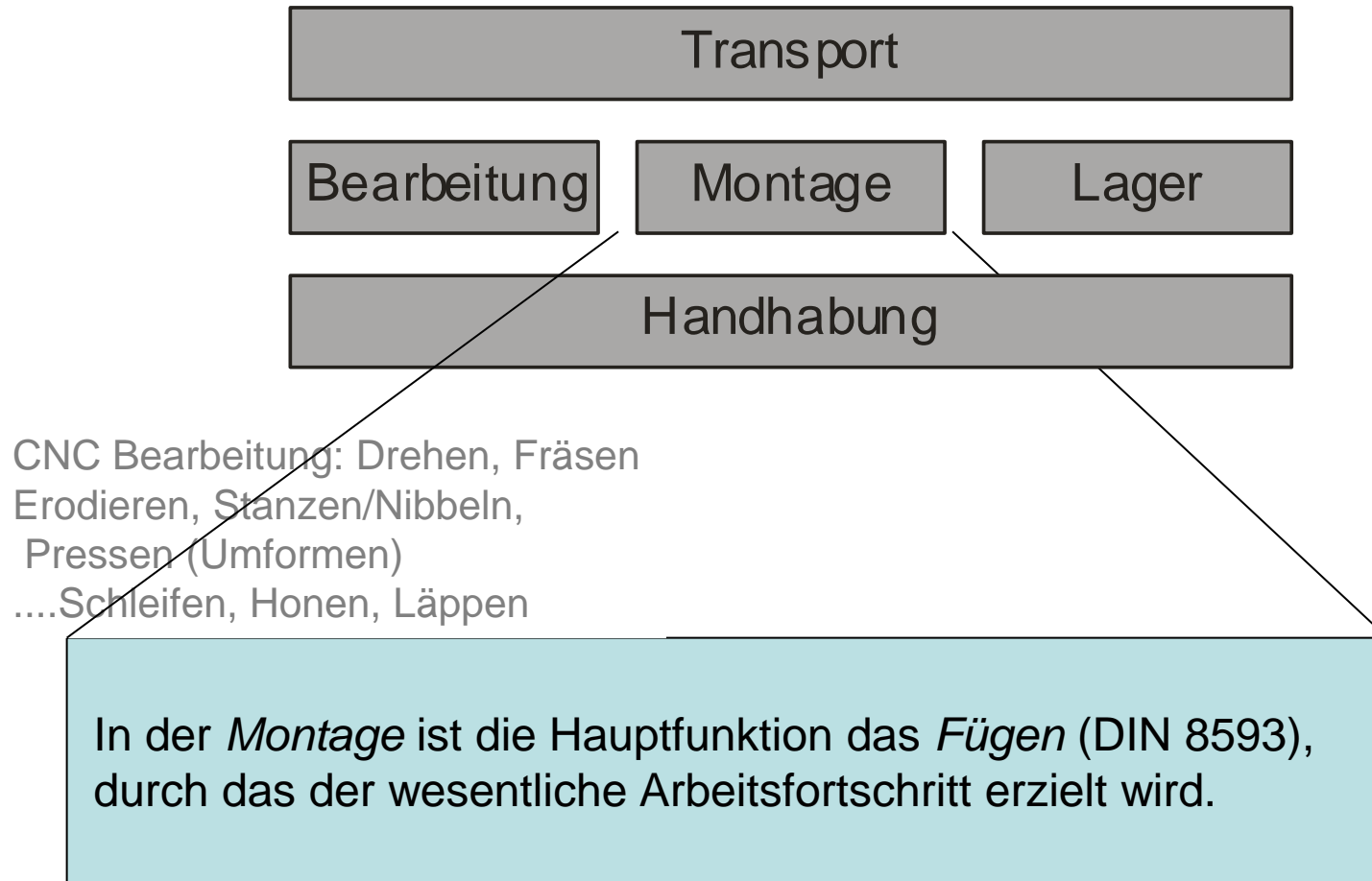


Fertigung wird nach DIN 8580 die Veränderung von Gestalt und Eigenschaft der eingesetzten Rohmaterialien

*Literatur: Warnecke, Westerkämper, Einführung in die Produktionstechnik, Vieweg
DIN, Deutsches Institut für Normung, Maschinenbau*

Automatisierung in der Produktion

- Bereiche der werkstückbehafteten Produktion - Montage -



Automatisierung in der Produktion

- Ziele-

Die Ziele in der Fertigungstechnik sind neben der Herstellung eines „qualitativ hochwertigen Produktes, dass seine Anforderungen optimal erfüllt:

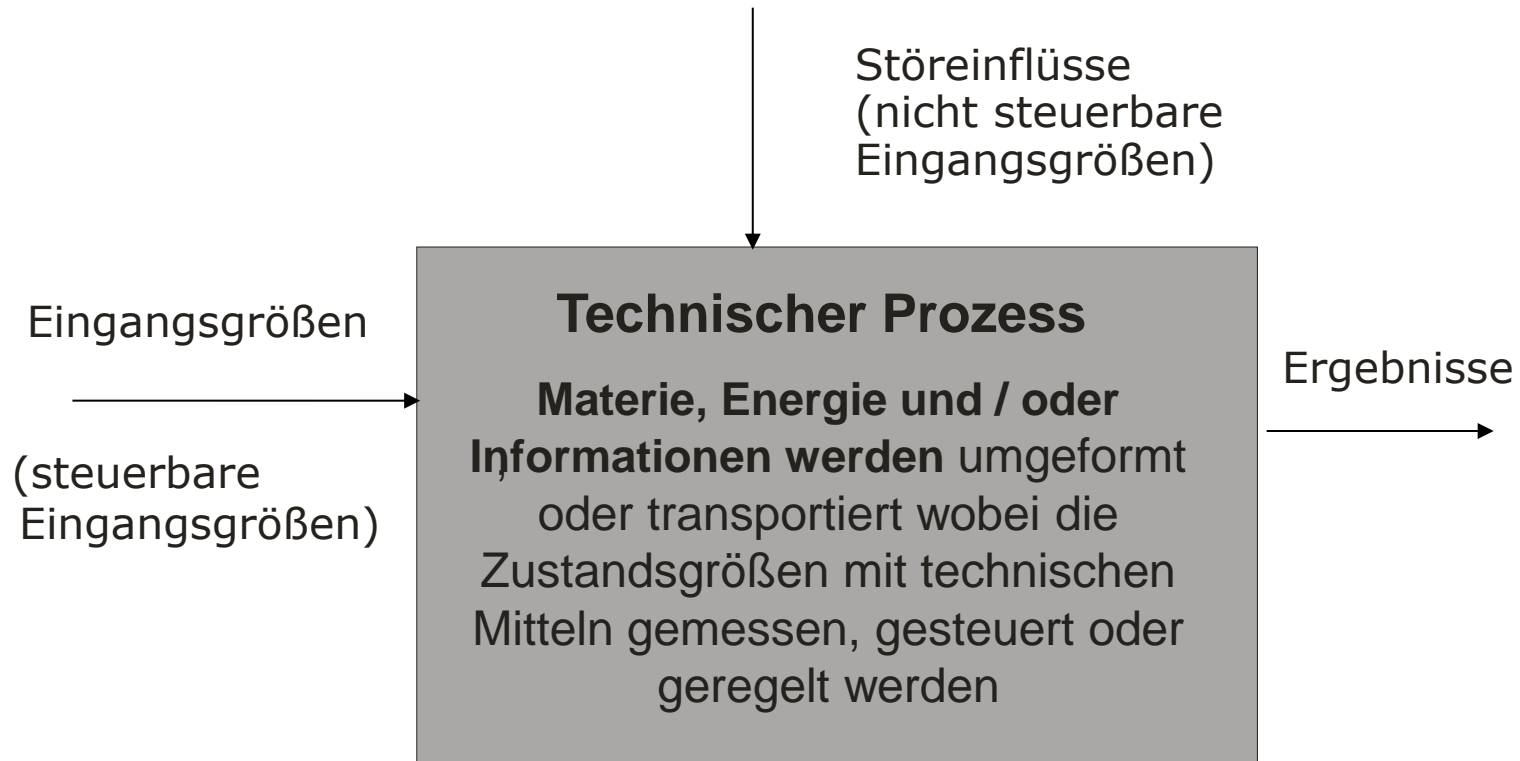
- steigende Mengenleistung
- wachsende Fertigungsgenauigkeit
- Umweltverträglichkeit (bis zur Entsorgung)
- Anpassung der Arbeitsbedingungen an den Menschen
- Senkung der Kosten

Ziele der Automatisierung

- Leistungssteigerung durch Technologie und organisatorischen Verbesserungen (Produktivität steigern, Zeit, Kosten und Energie, Umweltbelastungen sparen),
- Arbeitsbereiche verändern, die „Menschen belasten“ oder durch „Schwankungen der menschlichen Leistungsfähigkeit“ negativ beeinflusst werden
- *Automatisierung in Fertigung, Montage und Transport* bedeutet, dass einzelne Vorgänge oder komplette Produktionsabläufe selbsttätig in programmierter Form durchgeführt werden

Automatisierung in der Produktion

- Technischer Prozess als Regelstrecke -



Nach DIN 66201 ist ein Prozess „die Gesamtheit von aufeinander einwirkenden Vorgängen in einem System, durch die Materie, Energie oder Informationen umgeformt, transportiert oder gespeichert wird“

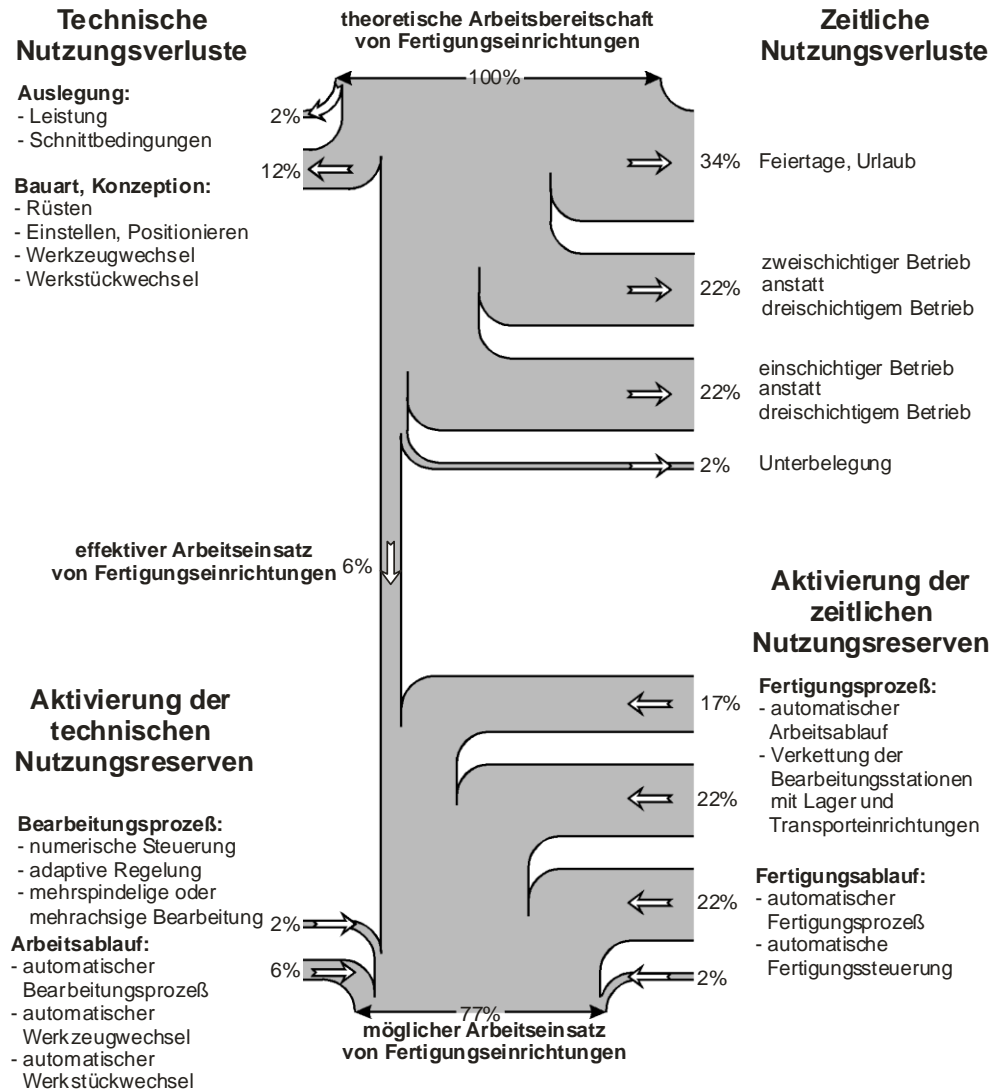
Automatisierung in der Produktion

- Fertigungsmittel und Äquivalent in Montage, Handhabung und Transport -

Einteilung	Beispiel	Äquivalent		
Fertigungsmittel	Fertigung	Montage	Transport	Handhabung
Anlage	Transfer-Straße	Montagelinie	Hängeförderer	Handhabungssystem
Maschine	Bohr-, Fräs-, Dreh-, Erodiermaschine	Industrieroboter Montageautomat	Flurfördersystem	Positioniergerät
Werkzeuge	Spanabhebende Werkzeuge	Greifer	Transporthilfe	Greifer, Schrauber
Vorrichtung	Spannvorrichtung	Fixierstation	Palette	Fixierstation

Automatisierung in der Produktion

- Aktivierung der technischen und zeitlichen Nutzungsreserven -



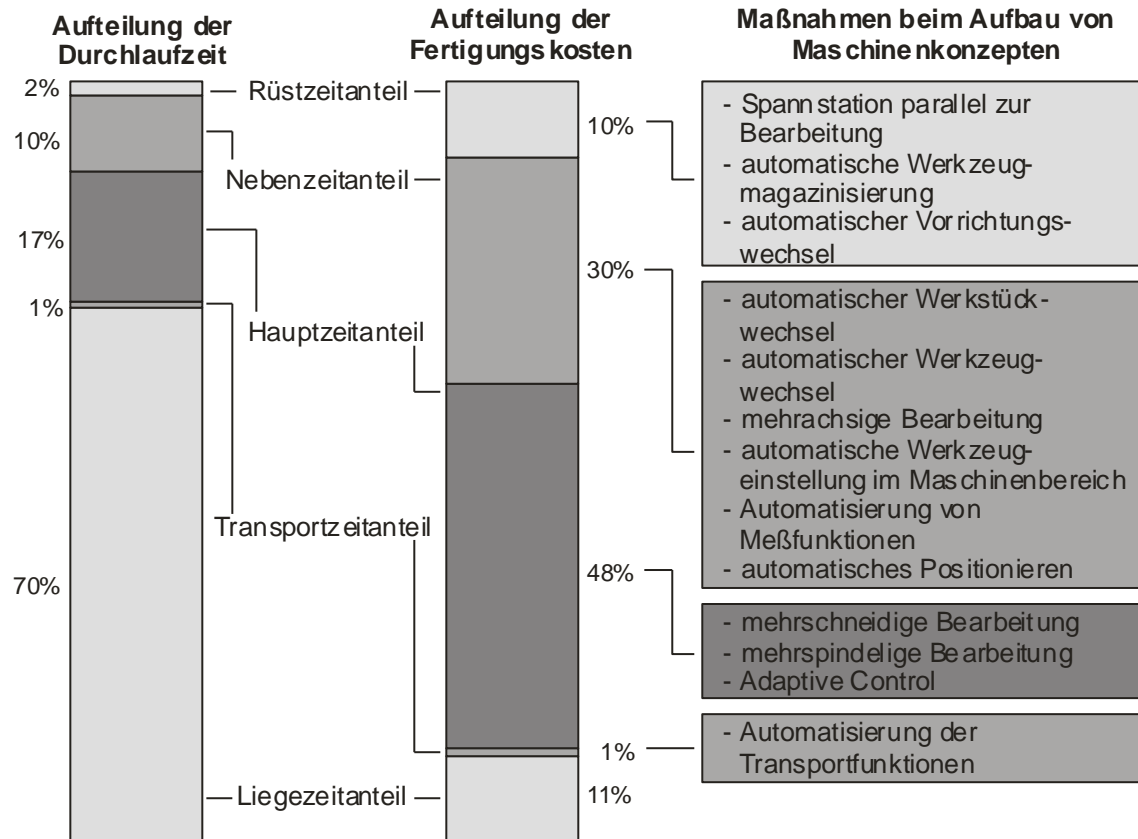
Automatisierung in der Produktion

- Zeiten, Kosten Maßnahmen -

Zeiten

Kosten

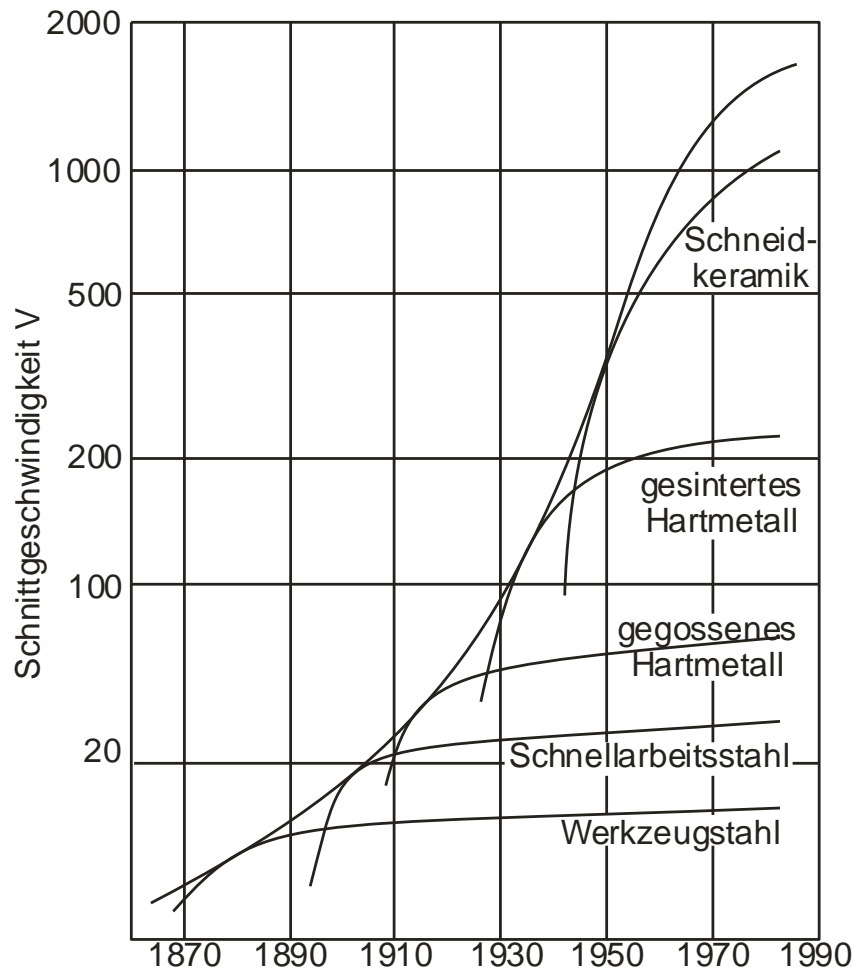
Maßnahmen



[3] Wiedergegeben mit freundlicher Genehmigung des VDI-Verlages, Düsseldorf, aus: Eversheim, Walter: Organisation in der Produktionstechnik. Studium und Praxis. Bd. 4. Düsseldorf 1990, S. 124.

Automatisierung in der Produktion

- Entwicklung der Schnittgeschwindigkeit -



Entwicklung der Schnittgeschwindigkeit (v in m/min) unter dem Einfluss der Schneidwerkzeuge (z.B. Siliziumnitridkeramik heute v_c 500-1800 m/min)

die Schnittgeschwindigkeit hat sich in den letzten 100 Jahren etwa um den Faktor Hundert verbessert



Hochgeschwindigkeitsbearbeitung (HSC = High Speed Cut) mit Schneidkeramik-Werkstoffen beim Spanen von Gusswerkstücken
Quelle CeramTec

Automatisierung in der Produktion

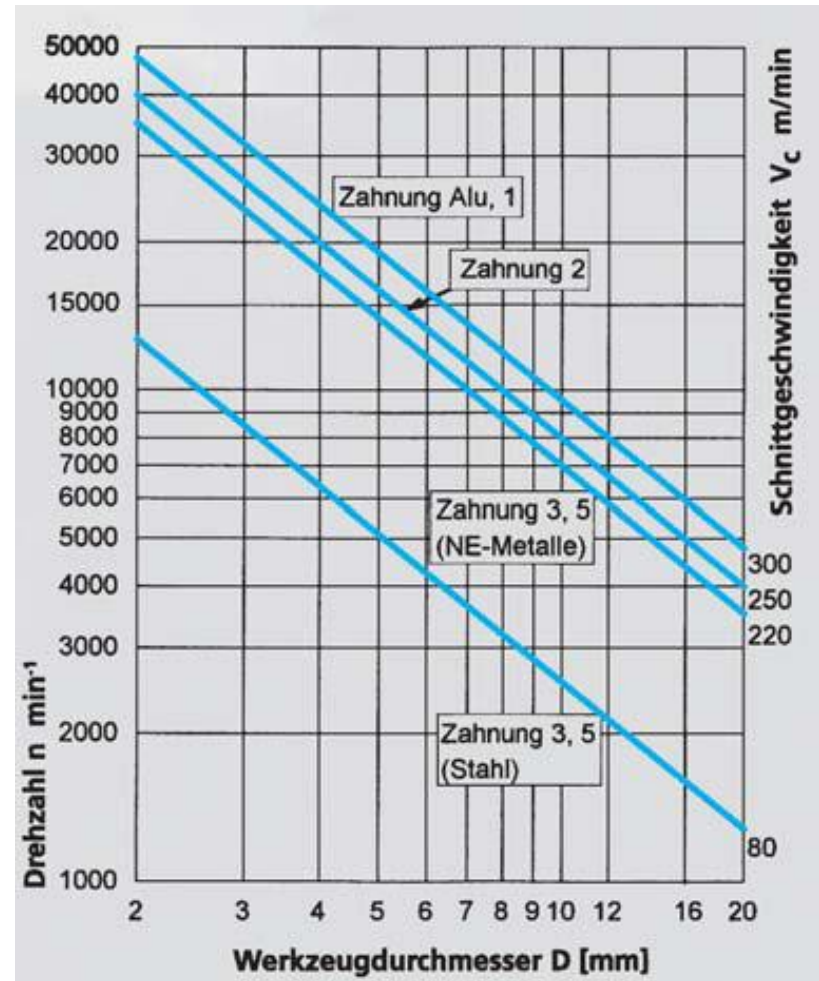
- Schnittgeschwindigkeit -

- Im Diagramm sind die m/min durch diagonale Geraden dargestellt, und zwar die für HSS gültigen Werte.
- Die dem Werkzeugdurchmesser entsprechende Senkrechte trifft auf die angegebene Schnittgeschwindigkeit (Diagonale).
- Von dort wird in der Waagerechten am linken Rand die entsprechende Maschinendrehzahl in min^{-1} bestimmt.

Beispiel:

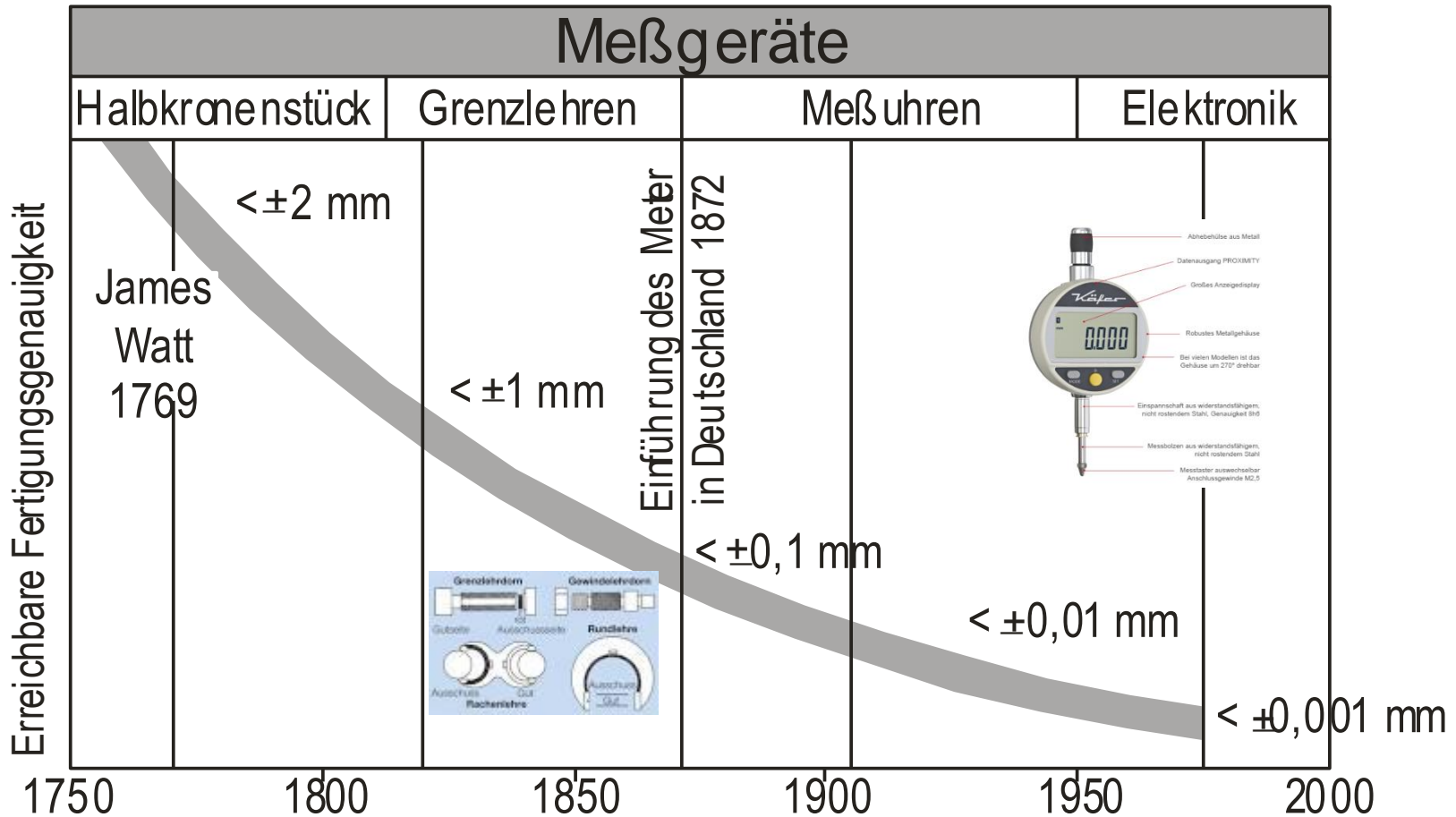
HSS = Hochleistungsschnellstahl

HSS-Fräser, Zahnung 1
NE-Metallbearbeitung (Alu-Legierungen, Messing, Kupfer, Zink)
Werkzeugdurchmesser 12 mm.
Schnittgeschwindigkeit: 300 m/min.
Maschinendrehzahl: 8000 min^{-1}



Automatisierung in der Produktion

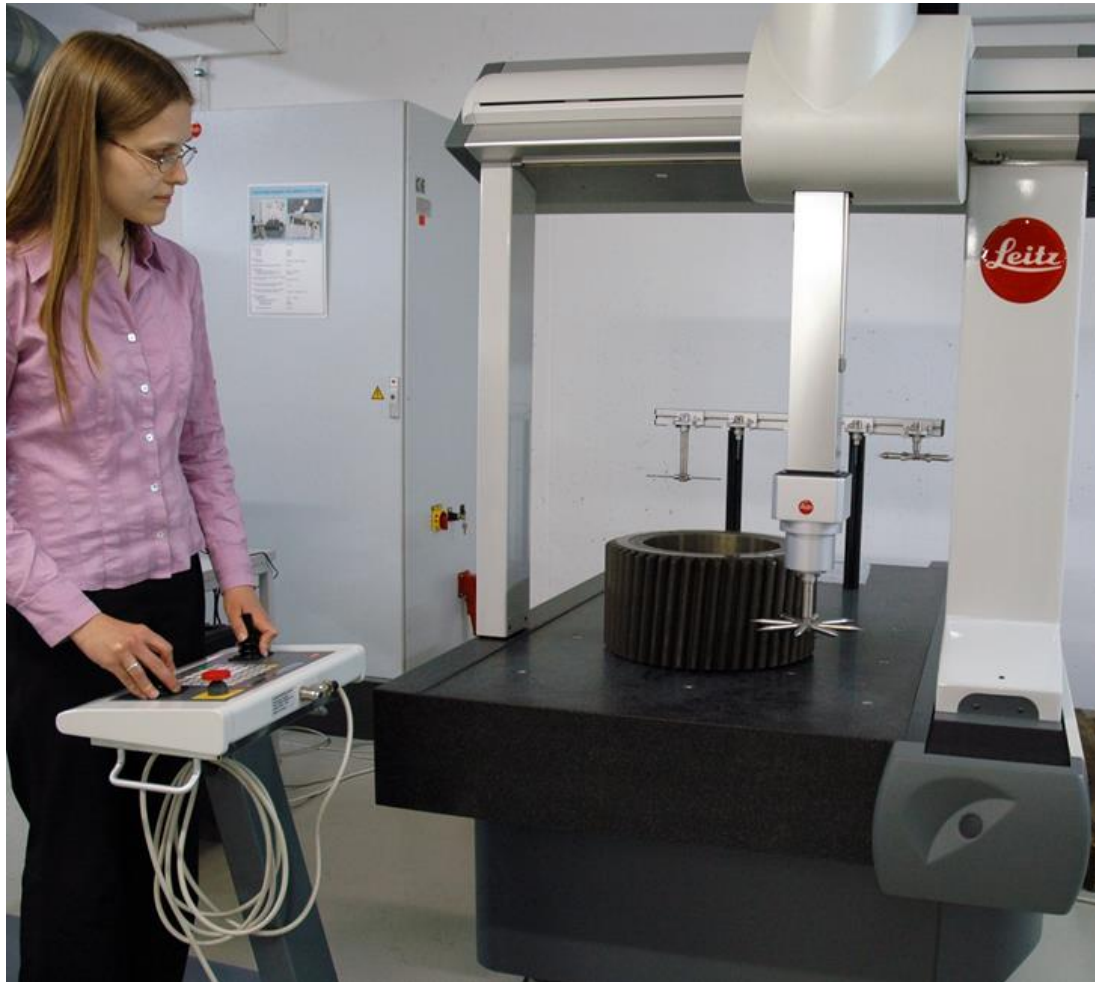
- Fertigungsgenauigkeit und eingesetzte Messtechnik -



- Koordinatenmesstechnik $< 1 \text{ Micrometer} + \text{längenabhängiger Betrag}$
- Optische Messtechnik - nm Bereiche

Automatisierung in der Produktion

- Taktile Messtechnik -

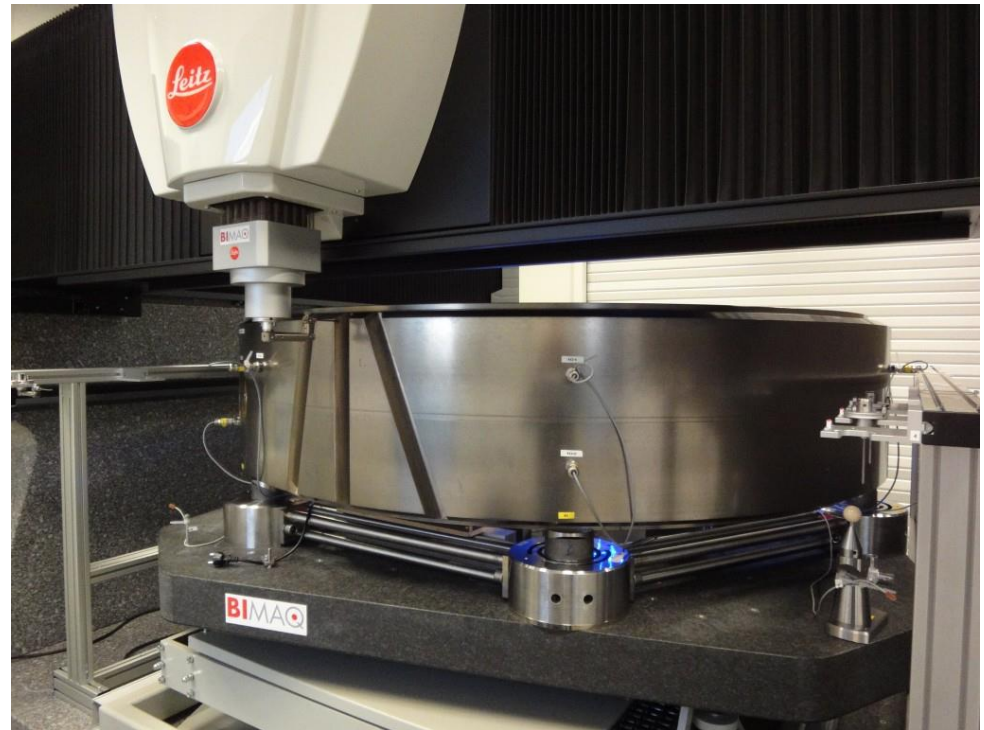


Automatisierung in der Produktion

- Koordinatenmesstechnik -

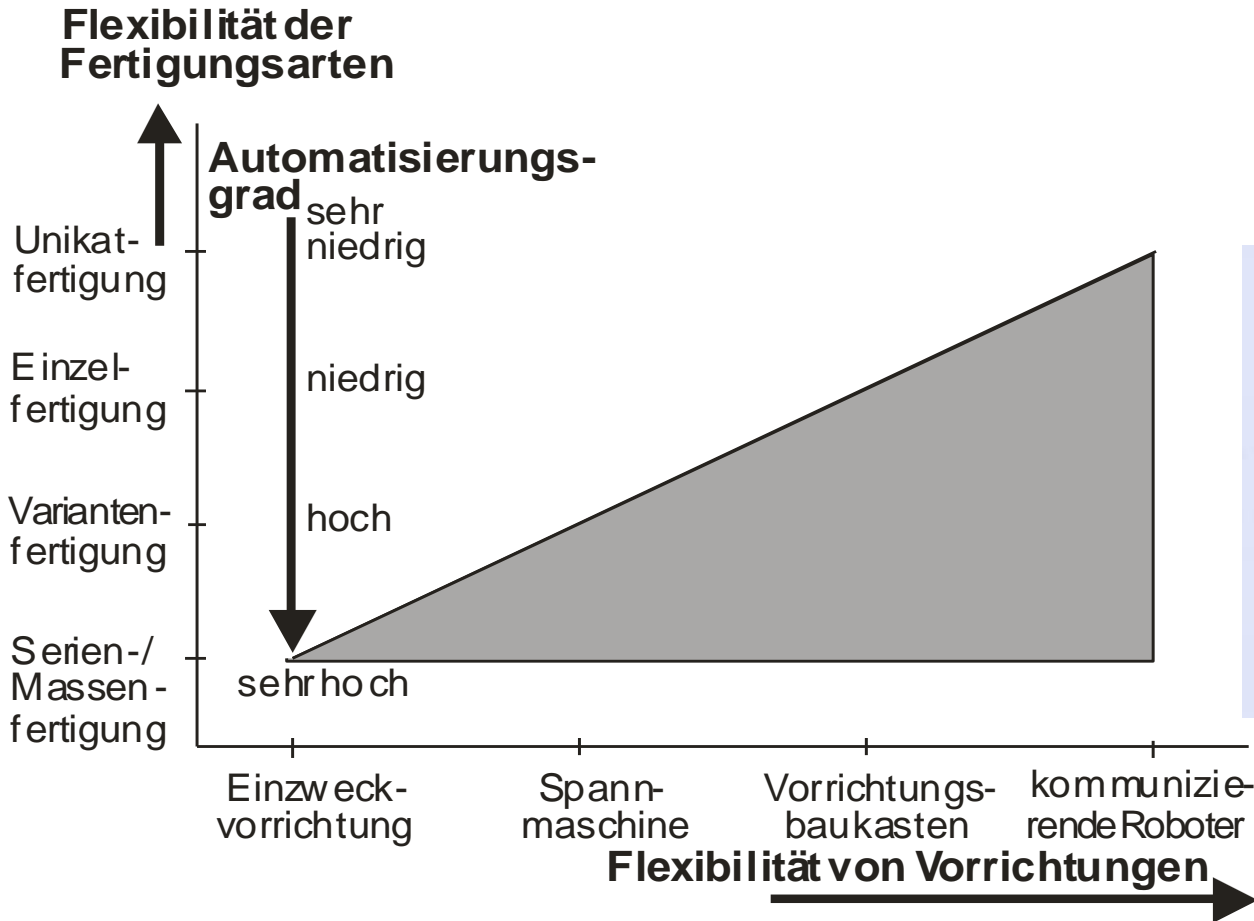


Koordinatenmesstechnik



Automatisierung in der Produktion

- Flexibilität von Vorrichtungen und Automatisierung -



Hydraulische Spannvorrichtung



Automatisierung in der Produktion

- Basis- und Integrationstechniken -

Programme

Steuerungen

Automatisierungselemente:
Sensoren / Aktoren

Basistechniken der Automatisierung:

Sensor- und Aktortechnik

Regelungstechnik

Steuerungstechnik

Leittechnik

Robotertechnik

Automatisierung von Folgeprozessen (Steuerungstechnik, Robotertechnik)

Automatisierung von Fließprozessen (Regelungstechnik, Leittechnik)

Integrationstechniken der Automatisierung:

Rechnertechnik

Informationstechnik

Kommunikationstechnik

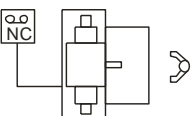
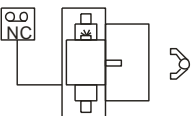
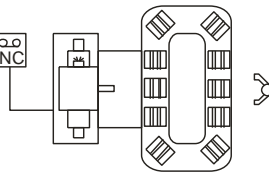
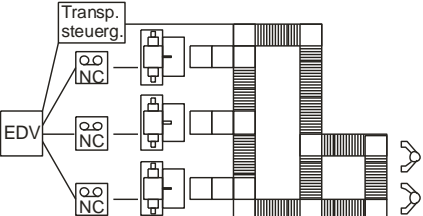
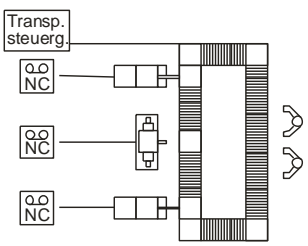
Mensch-Maschine-Systeme

Systemtechnik

Managementtechniken

Automatisierung in der Produktion

- Automatisierungskonzepte -

Automatisierungskonzepte		Beispiele	Kennzeichnung
Einzelmaschinensysteme	NC-Maschine		<ul style="list-style-type: none"> - Werkzeugmaschine mit einem Verfahren (z.B. Bohren oder Fräsen) - automatischer Fertigungsablauf durch NC-Steuerung
	NC-Bearbeitungszentrum		<ul style="list-style-type: none"> - Werkzeugmaschine mit mehreren Verfahren (z.B. Bohren und Fräsen) - automatischer Fertigungsablauf durch NC-Steuerung
	Bearbeitungszentrum mit Umlaufspeicher		<ul style="list-style-type: none"> - Werkzeugmaschine mit Werkstückspeicherung - Automatisierung des Fertigungsablaufes und des Werkstückumlaufes durch die NC-Steuerung
verkettete NC-Maschinensysteme	flexibles Fertigungssystem		<ul style="list-style-type: none"> - NC-gesteuerte Maschinen - Transportverkettung mit wahlfreier Verfahrensmöglichkeit - Transportsteuerung - Koordination der Substeuerungen durch übergeordnetem Rechner
	flexible Fertigungsstraße		<ul style="list-style-type: none"> - Verkettung mehrerer NC-Maschinen - feste Arbeitsvorgangsfolge - zentrale Rechnersteuerung nur in Einzelfällen notwendig

Automatisierung in der Produktion

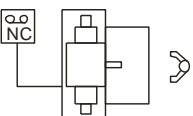
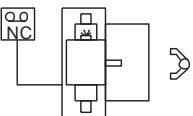
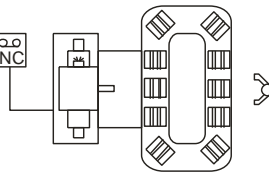
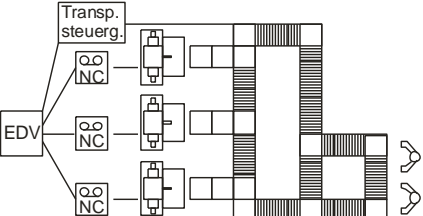
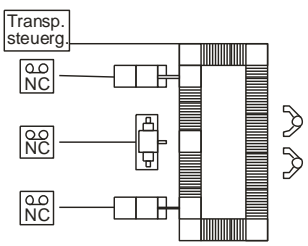
- Fertigungskonzepte und automatisierbare Funktionen -

•Fertigungskonzepte	•Automatisierbare Funktionen
<ul style="list-style-type: none">* CNC-Maschinen und Bearbeitungszentren* CNC-Messgeräte (-maschinen)* DNC – Systeme / Fertigungsleitsysteme* Flexible Fertigungssysteme FFS* FFS mit automatischem Werkzeugsystem* FFS mit integriertem Mess- und Überwachungssystem	<ul style="list-style-type: none">* Bearbeitung* Werkstückhandhabung* Werkzeughandhabung* Werkstücklager und Transport* Werkzeuglager und Transport* Messen von Werkstück- und Werkzeug-geometrie (In Prozess Messtechnik)* Informationsflusssteuerung* Materialflusssteuerung* Fertigungsüberwachung

Fertigungs-, Montage-, Lager- und Transportbereiche sind dadurch gekennzeichnet, dass sie direkt mit den Werkstücken und Werkzeugen arbeiten und repräsentieren damit den werkstückbehafteten Teil der Produktionstechnik.

Automatisierung in der Produktion

- Automatisierungskonzepte -

Automatisierungskonzepte		Beispiele	Kennzeichnung
Einzelmaschinensysteme	NC-Maschine		<ul style="list-style-type: none"> - Werkzeugmaschine mit einem Verfahren (z.B. Bohren oder Fräsen) - automatischer Fertigungsablauf durch NC-Steuerung
	NC-Bearbeitungszentrum		<ul style="list-style-type: none"> - Werkzeugmaschine mit mehreren Verfahren (z.B. Bohren und Fräsen) - automatischer Fertigungsablauf durch NC-Steuerung
	Bearbeitungszentrum mit Umlaufspeicher		<ul style="list-style-type: none"> - Werkzeugmaschine mit Werkstückspeicherung - Automatisierung des Fertigungsablaufes und des Werkstückumlaufes durch die NC-Steuerung
verkettete NC-Maschinensysteme	flexibles Fertigungssystem		<ul style="list-style-type: none"> - NC-gesteuerte Maschinen - Transportverkettung mit wahlfreier Verfahrensmöglichkeit - Transportsteuerung - Koordination der Substeuerungen durch übergeordnetem Rechner
	flexible Fertigungsstraße		<ul style="list-style-type: none"> - Verkettung mehrerer NC-Maschinen - feste Arbeitsvorgangsfolge - zentrale Rechnersteuerung nur in Einzelfällen notwendig

Automatisierung in der Produktion

- Fertigungskonzepte und automatisierbare Funktionen -

Kriterium Fördermittel	Förderprinzip	Fördergutbewegung	Bewegungs- einleitung	Kraftein- leitung	Führung	Förder- geschw. (m/s)
Induktiv geführtes Flurförderzeug	unstetig - flurgebunden	ohne Relativbewegung zur Auflage	translatorisch	indirekt - dezentral	Auflage	0,3 .. 1,2
Schleppkreisförderer	stetig - flurfrei	ohne Relativbewegung zur Auflage, form-schlüssige Aufnahme	umlaufend	indirekt - zentral	Auflage	0,2 .. 0,5
Regalförderzeug	unstetig - flurgebunden	ohne Relativbewegung zur Auflage, form-schlüssige Aufnahme	translatorisch	indirekt - dezentral	Auflage	0,5 .. 1,5
Angetriebener Transportwagen	unstetig - flurfrei oder flurungebunden	ohne Relativbewegung zur Auflage, form-schlüssige Aufnahme	translatorisch	indirekt - dezentral	Auflage	0,5 .. 1,5
Schienenhängebahn	unstetig - flurfrei	ohne Relativbewegung zur Auflage, form-schlüssige Aufnahme	translatorisch	indirekt - dezentral	Auflage	0,5 .. 1,5
Bandförderer	stetig - flurgebunden	ohne Relativbewegung zur Auflage, form-schlüssige Aufnahme	umlaufend	direkt - kraftschlüssig	Führungselemente	0,1 .. 0,5
Angetriebene Rollerbahn	stetig - flurgebunden	mit Relativbewegung zur Auflage	rotatorisch	direkt - kraftschlüssig	Führungselemente	0,4
Handhabungsgerät (fahrbar + stationär)	unstetig - flurgebunden	ohne Relativbewegung zur Auflage, form-schlüssige Aufnahme	translatorisch	indirekt - dezentral	Auflage	0,5 .. 2,5
Ladeportale	unstetig - flurfrei	ohne Relativbewegung zur Auflage, form-schlüssige Aufnahme	translatorisch	indirekt - dezentral	Auflage	0,5 .. 2,0

Tabelle 1-1 Fördermittel in FFS

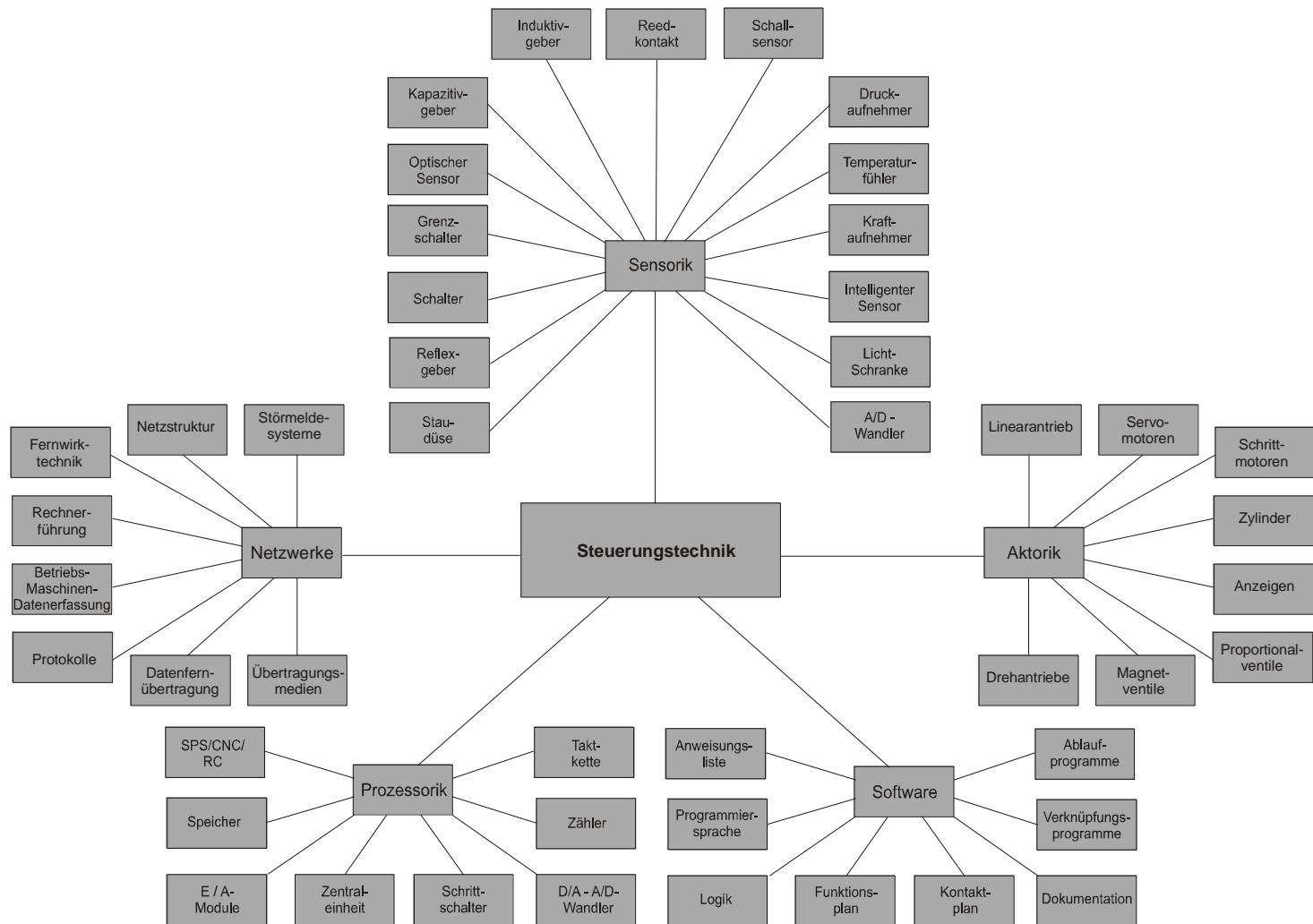
Automatisierung in der Produktion

- Prozesse und Variablen -

•Prozess	•Fließprozesse	•Folgeprozesse	•Stückprozesse
• <i>Variable</i>	•Physikalische Größen mit kontinuierlichem oder stückweise kontinuierlichem Wertebereich (alle Regelstrecken sind technische Systeme, in denen Fließprozesse ablaufen)	•Binäre diskrete Informationen, die Ereignisse melden oder auslösen	•Den Objekten (Stücken) zugeordnete zeitdiskrete oder zeitkontinuierliche Variable mit kontinuierlichem oder diskretem Wertebereich
• <i>Kennzeichen</i>	•Die Variablen sind zeitabhängige oder zeit- und ortsabhängige physikalische Größen (Dynamische Vorgänge)	•Folgen von Einzelereignissen	•Einzel identifizierbare Stücke (Objekte), die sich in der Position und/oder ihrem Zustand ändern.
• <i>Beispiele</i>	<ul style="list-style-type: none"> •- <i>Erzeugungsvorgänge, Umformungsvorgänge, Bewegungsabläufe:</i> •Energieerzeugung, Stahlerzeugung, Zementherstellung, chemische Reaktionen 	<ul style="list-style-type: none"> •- <i>An- und Ablaufvorgänge:</i> •Dampfturbine •- <i>Ablaufvorgänge:</i> •Werkzeugmaschinen, Aufzüge •- <i>Prüfvorgänge:</i> •Geräteprüfung im Prüffeld 	<ul style="list-style-type: none"> •- <i>Fertigungsvorgänge:</i> •Motorenfertigung •- <i>Transportvorgänge:</i> •Schienen- und Straßenverkehr •- <i>Lagervorgänge:</i> •Hochregallager
• <i>Mathematische Modelle</i>	•Differentialgleichungen, Übertragungsfunktion	<ul style="list-style-type: none"> •Boolesche Gleichungen •Ablaufpläne 	•Simulationsprogramme, Beschreibung der Systemelemente, Objekte und Fkt.




Automatisierung in der Produktion

- Steuerungstechnik in der Produktion - Überblick -



Automatisierung in der Produktion

- Industrielle Steuerungstechnik - Steuerungen -

<ul style="list-style-type: none"> • SPS Speicher- programmierbare Steuerungen 	<ul style="list-style-type: none"> • RC Robotersteuerungen 	<ul style="list-style-type: none"> • CNC Computerized Numerical Control 	<ul style="list-style-type: none"> • AS Automatisierungs- systeme (spezialisierte Prozessrechner)
<ul style="list-style-type: none"> • Steuerung und Überwachung <ul style="list-style-type: none"> - eines Prozesses - von Maschinen oder Anlagen Echtzeit Bus Systeme (Feldbus, PROFIBUS) Dezentralisierung, WLAN, Mobilfunk, RFID (Industrie 4.0) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bewegungsprogramm • Positionierung • Bahnsteuerung (3-D) • Ablauffolge LAN (Ethernet) Echtzeit Bus Systeme (Feldbus, PROFIBUS) Dezentralisierung, WLAN, Mobilfunk, RFID (Industrie 4.0) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bearbeitungsprogramme • Konturen (2-D) / Bahnen 3D, mehrere Achsen • Bearbeitungskenngößen (überwachen und steuern) • LAN, Feldbusse, Echtzeitkommunikation 	<ul style="list-style-type: none"> • Prozesssteuerung • Überwachung • Erkennung • Identifizieren • Klassifizieren • LAN Feldbusse Echtzeitkommunikation, WLAN, Mobilfunk, NFC, RFID, (Industrie 4.0)
<p>Einmal-Programmierung SPS Programm</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Wiederholte Anwenderprogrammierung • Bewegungsprogramm 	<ul style="list-style-type: none"> • Wiederholte Anwenderprogrammierung • Bearbeitungsprogramm 	<ul style="list-style-type: none"> • Einmal-Programmierung • z.B. Menügeführt • „Funktionsorientiertes“ Programm

Automatisierung in der Produktion

- Vernetzte Automatisierungskomponenten -

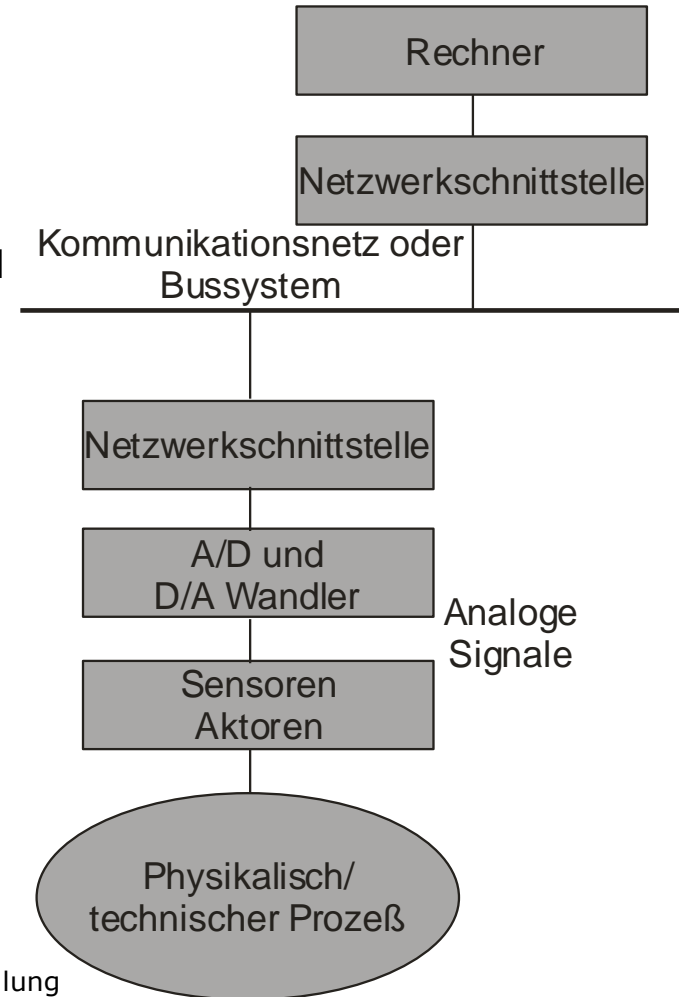
Verteilte Automatisierungskomponenten und Bussysteme:

Industrielle Steuerungen, spezialisierte Automatisierungssystem (= Rechner)

- Kommunikationskanäle Netzwerkkomponenten, Bussysteme, z.B. Feldbusse - Profibus, Sensor-Aktor-Bus; SCADA Systeme) SCADA = Supervisory Control and Data Acquisition = Überwachen und Steuern technischer Prozesse durch Computer-Systeme.
- Analog-/Digital-, Digital/Analog-Wandler
- Sensoren
- Aktoren
- der zu steuernde physikalisch-technische Prozess



Bild: Schokoladenherstellung



Automatisierung in der Produktion

- Interne und Externe Sensorik -

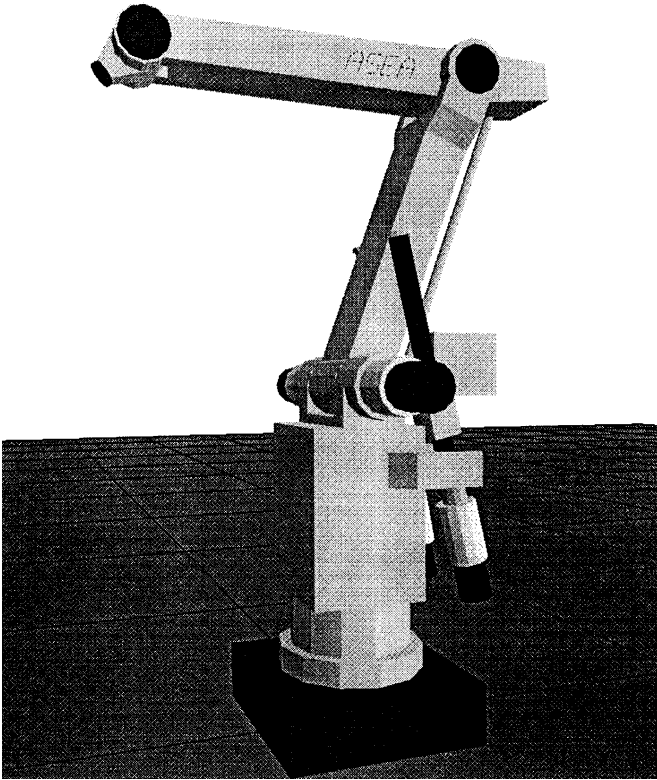


Abb. 1-15

- ASEA-Industrieroboter
erste Simulationsmodelle der 90er
Jahre (Deneb 1993)



KUKA Roboter im Einsatz

Automatisierung in der Produktion

- Interne und Externe Sensorik -

Globale Funktionen der internen Sensorik:

- Positionierung
- Funktionsfähigkeit
- Selbstdiagnose

Interne Sensoren:

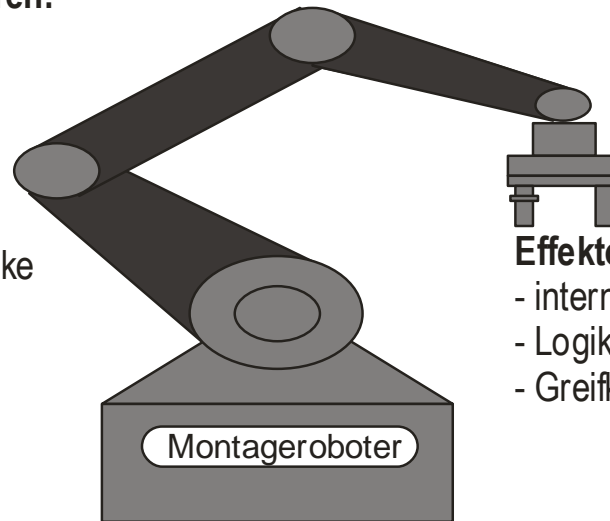
- Meßsysteme
- Weg, Winkel
- Drehzahl
- Stromstärke

Mechanik:

- Achsen, Gelenke
- Antriebe
- Effektoren

Steuerung:

- Programm
- Schnittstellen
- Lageregelung
- Leistung
- Logik



Effektoren:

- interne Sensorik
- Logik
- Greifkraft

Maschineninterne Prozeßparameter:

- Geschwindigkeit
- Beschleunigung
- Greifkraft, etc.
- Funktionsfähigkeit

Automatisierung in der Produktion

- Steuerung und Kaskadenregelung -

Steuerung

- Bewegung der Achsen
- Positionierung
- Überwachung

Leistungselektronik

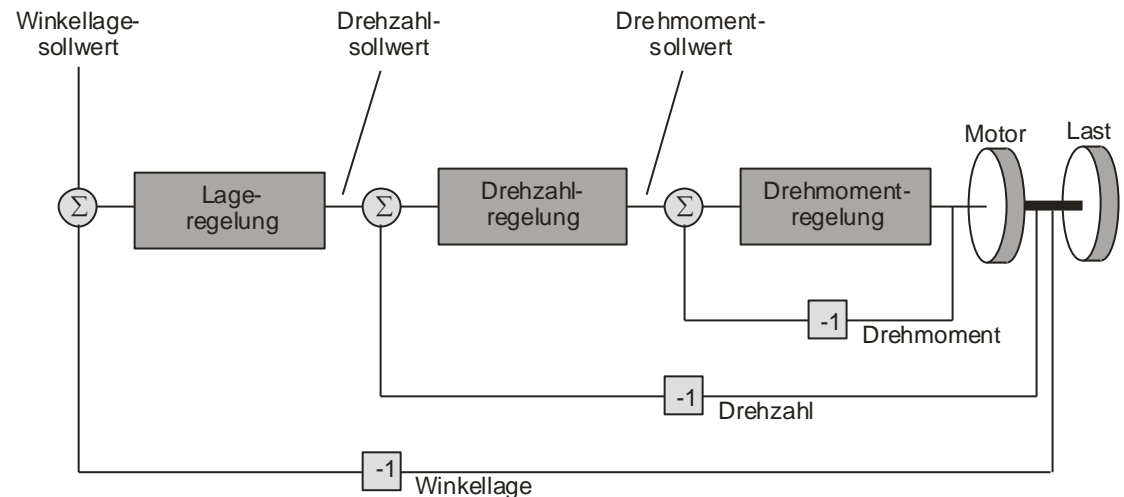
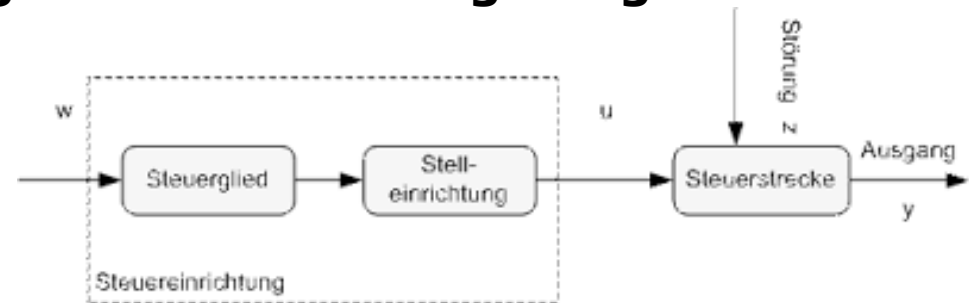
- Bereitstellung ausreichender Antriebsenergie

Antrieb

- Positioniergenauigkeit
- ausreichendes Drehmoment für Last

Last

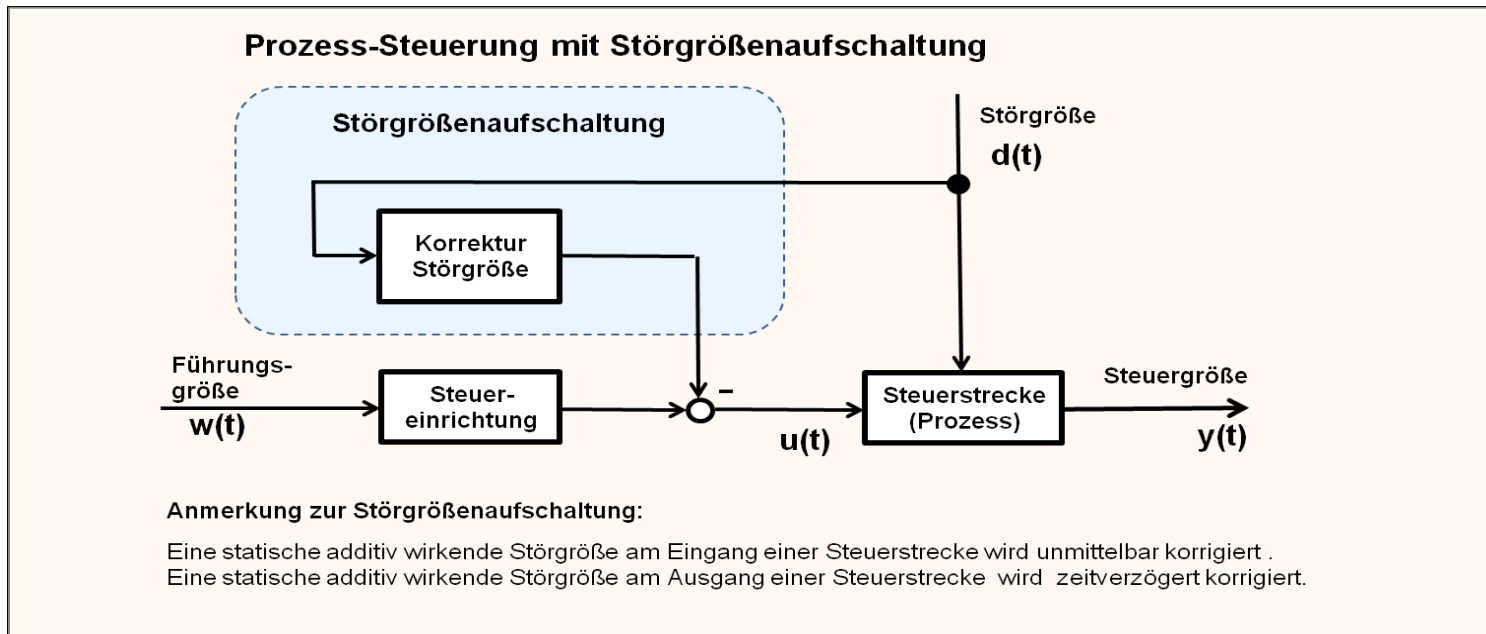
- mechanisches System
- dynamische Belastung



Schematische Darstellung eines Winkellage-Regelkreises

Automatisierung in der Produktion

- Störgrößen -



Automatisierung in der Produktion

- Modelle -

vier Arten mathematischer Modelle:

1. kontinuierlich dynamische Systeme, die durch lineare bzw. nichtlineare Differentialgleichungen beschrieben werden;
2. zeitdiskrete abgetastete dynamische Systeme, die durch lineare oder nichtlineare Differentialgleichungen dargestellt werden;
3. Systeme mit diskreten Ereignissen bzw. Schaltsysteme, die durch diskrete Zustände dargestellt werden (Petri Netze);
4. Systeme mit Ungenauigkeiten, die durch statistische oder linguistische Methoden ausgedrückt werden.

Ein dynamisches System muss in zeitdiskreter Form dargestellt werden, damit ein digitaler Rechner es steuern kann.

Weitere Möglichkeiten der Modellbildung sind beispielsweise heuristische, stochastische und Fehlermodelle.

Lehrziele und Gliederung

1. Anwendungsbereiche, Prozesse und Methoden der Automatisierungstechnik
- 2. Automatisierung in der Produktion**
3. Boolesche Algebra
4. Zustandsvektoren, Graphen, Schaltwerksynthese, Netze
5. Fuzzy Logic
6. Neuronale Netze
7. Automatisieren von Fertigungsbereichen
8. Automatisiertes Messen und Steuern
9. Speicherprogrammierbare Steuerungen