

Grundlagen der Steuer- und Regelungstechnik

⇒ Steuern: DIN 19226

Das Steuern – die Steuerung – ist der Vorgang in einem System, bei dem eine oder mehrere Größen als Eingangsgröße andere Größen als Ausgangsgrößen aufgrund der dem System eigentümlichen Gesetzmäßigkeit beeinflussen.

Kennzeichen ist der offene Wirkungsablauf über das einzelne Übergangsglied oder die Steuerkette.



⇒ Steuerungsarten:

- Handsteuerung
Ist die einfachste Art, bei der jeder Vorgang von Hand gestartet wird

- Führungssteuerung
Zwischen Führungsgrößen und Ausgangsgröße besteht ein eindeutiger Zusammenhang, soweit Störgrößen keine Abweichungen hervor rufen
Die Ausgangsgröße geht auf ihren Anfangswert zurück, wenn die Führungsgröße verschwindet

- Haltegliedsteuerung (Speichersteuerung)
Nach Zurücknahme der Führungsgröße bleibt in der Haltegliedsteuerung, insbesondere nach Beendigung des Auslösesignals der erreichte Wert der Ausgangsgröße erhalten

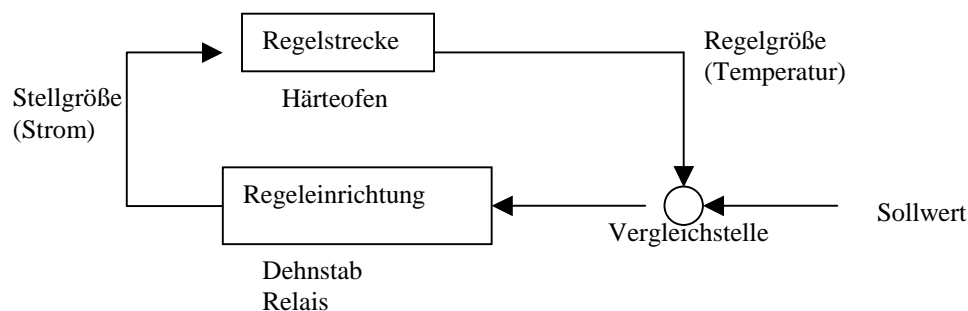
- Programmsteuerung:
Werden unterteilt in:
 1. Zeitplansteuerung
 2. Wegplansteuerung
 3. Ablaufsteuerung

- zu 1.) Führungsgrößen von einem zeitabhängigen Programmgeber geliefert. Der Geber wird durch ein Auslösesignal gestartet.
- zu 2.) Ausgangsgrößen sind vom Weg oder Stellung eines beweglichen Teiles der Anordnung abhängig.
- zu 3.) Es werden Bewegungen oder andere physikalische Vorgänge (Temperatur erreicht, Kühlmittel einfüllen) in ihrer zeitlichen Folge durch Schaltsysteme nach einem Programm gesteuert, das abhängig von den Zuständen (physikalischen Größen) der gesteuerten Anordnung schrittweise durchgeführt wird.

⇒ **Regeln**

Das Regeln – die Regelung – ist ein Vorgang, bei dem eine Größe die Regelgröße, fortlaufend erfaßt, mit einer anderen Größe die Führungsgröße verglichen und abhängig von dem Ergebnis dieses Vergleichs, im Sinne der Abgleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird.

Der sich daraus ergebende Wirkungsablauf, findet in einem geschlossenem Kreis, dem Regelkreis, statt.



⇒ **Regler werden nach der Art der Ausgangsgröße unterschieden**

- un stetige Regler → Der Vorteil un stetiger Regler ist, das sie meist unkompliziert aufgebaut sind und daher sehr preisgünstig sind.
Der Nachteil ist, das sie große Schaltdifferenzen haben, wodurch Ein dauerhaftes schwanken der Regelgröße zwischen Minimum und Maximum auftritt.
- stetige Regler → Die Stellgröße kann jeden Zustand innerhalb eines Stellbereiches ansteuern, wodurch keine Schaltsprünge auftreten.
Stetige Regler basieren in ihrer Funktion auf der Wirkungsweise von Grundfunktionstypen.
Diese Grundfunktionstypen treten in der Praxis als Regler entweder in Reiner Form auf oder als Kombination auf.

Man unterscheidet:

→ P- Regler (Proportionalregler) :

- die Ausgangsgröße ist proportional zur Eingangsgröße ($A = X \cdot E$)
- Vorteil ist hierbei, das er sehr schnell eingreift und dies ohne Verzögerung

→ I- Regler (Integralregler) :

- Beim I- Regler sind Regeldifferenzen und Stellgeschwindigkeit der Stellgröße verhältnisgleich, d.h. je größer die Regelabweichung ist, desto schneller wird das Stellglied verändert.
- I- Regler werden selten verwendet, da sie zur Instabilität neigen.

→ PI-Regler:

- PI-Regler erhält man, wenn man einen P- Regler und einen I- Regler parallel schaltet.
- Der PI- Regler vereint die Vorteile des I- Reglers (keine bleibende Regelabweichung) mit den Vorteilen des P- Reglers (schnelle Regelung).
⇒ am häufigsten verwendet

→ PD- Regler:

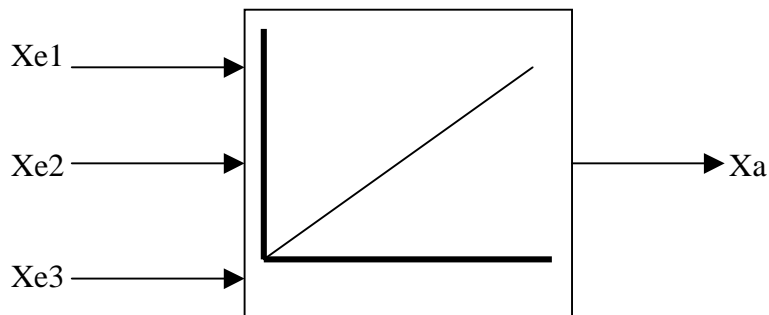
- Dies ist ein P- Regler parallel zu einem D- Glied geschaltet.
D- Glied : Stellgröße ist verhältnisgleich zur Änderungsgeschwindigkeit der Regelabweichung.
Vorteil : schnelles Reagieren

→ PID- Regler:

- PI- Regler parallel mit D- Glied
Hier werden die Vorteile von PI- Regler und D- Glied zusammengefaßt (Verbesserung der Ansprechgeschwindigkeit).

Sehr teuer in der Anschaffung.

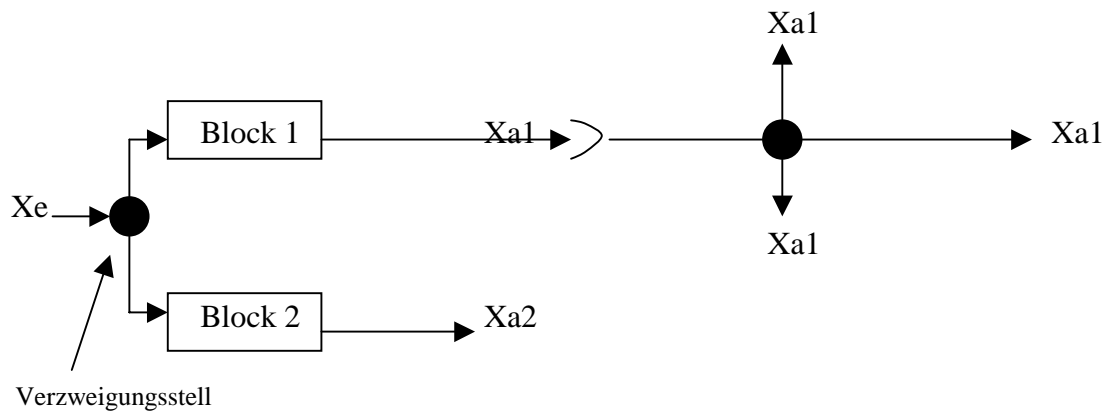
Zusammenhänge im Signalflußplan



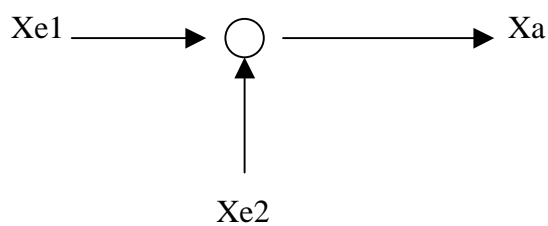
$$X_a = K_p * X_e$$

K_p ist das Übertragungsverhältnis (Proportionalwert)

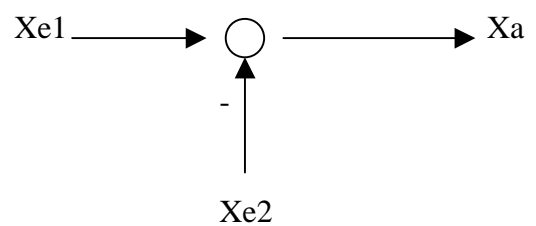
Verbindungslinien Zwischen einzelnen Blöcken stellen Wirkungslinien dar. Die Richtung der Signalübertragung wird durch einen Pfeilspitze gekennzeichnet. Wirkung in umgekehrter Richtung ist ausgeschlossen.



Additionsstellen :



$$X_a = X_{e1} + X_{e2}$$



$$X_a = X_{e1} - X_{e2}$$

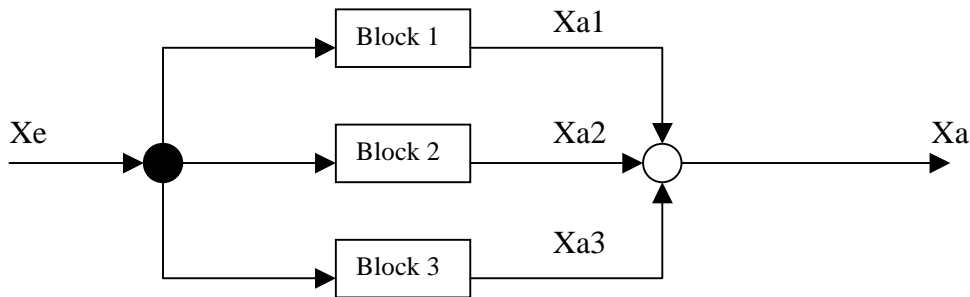
Kettenstruktur:



Übertragungsverhalten $F = X_a / X_e$

$$F = F_1 * F_2 * F_3$$

Parallelstruktur :

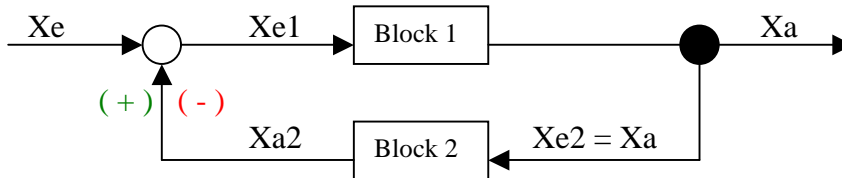


$$X_a = X_{a1} + X_{a2} + X_{a3}$$

$$F = F_1 + F_2 + F_3$$

Kreisstruktur :

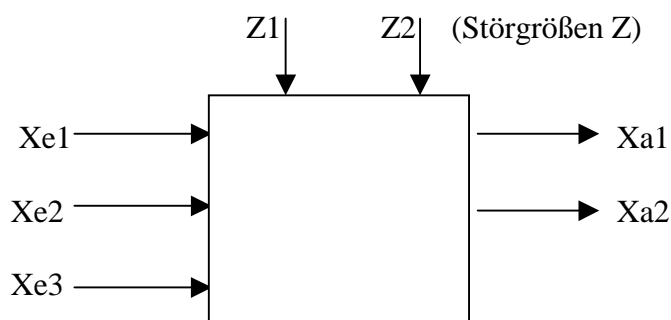
Das Ausgangssignal wird mit dem Eingangssignal verknüpft.



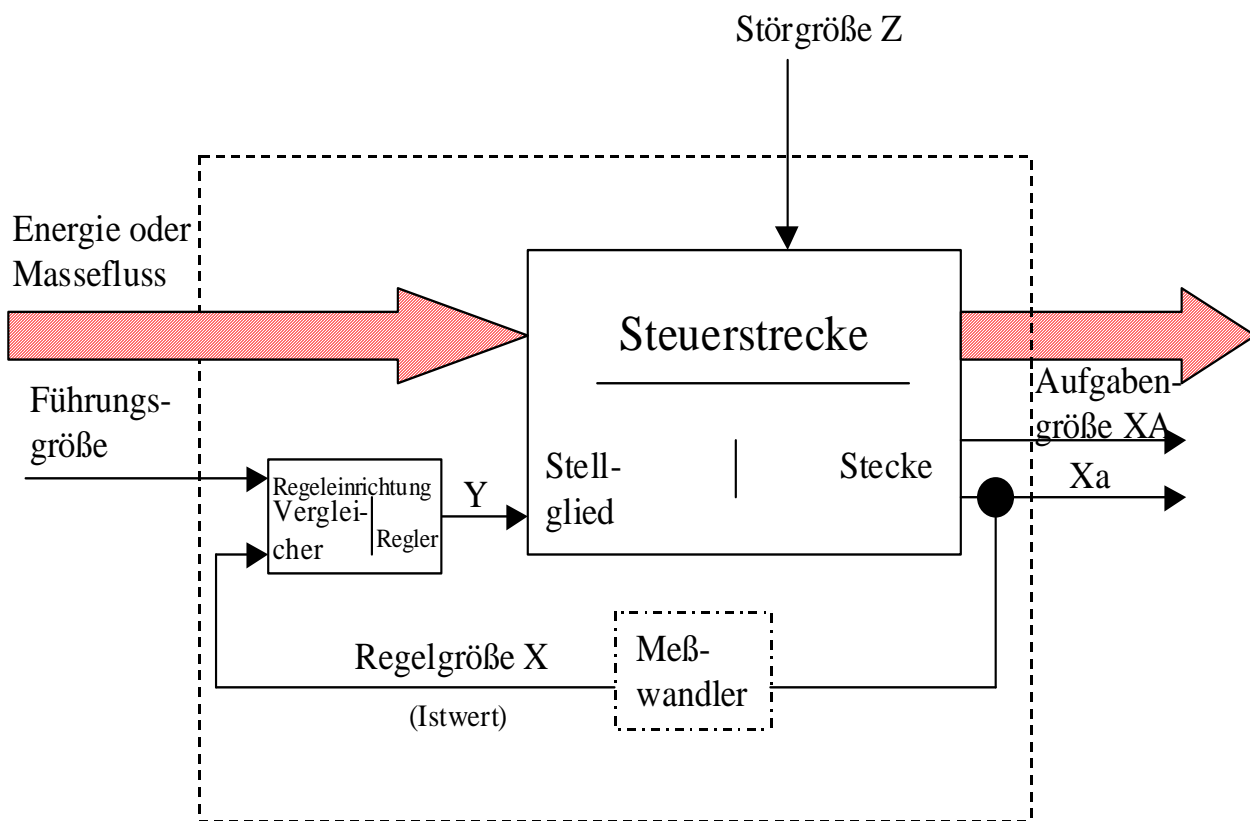
- Gegenkopplung (-) → Signal wirkt **abschwächend** auf sich selbst.
- Mittkopplung (+) → Signal wirkt **verstärkend** auf sich selbst.

$$F = \frac{F_1}{1 + F_2 * F_1} \quad \text{Bei Gegenkopplung (} X_{e1} = X_e - X_{a2} \text{)}$$

$$F = \frac{F_1}{1 - F_2 * F_1} \quad \text{Bei Mittkopplung (} X_{e1} = X_e + X_{a2} \text{)}$$



Blockschaltstrecke einer Regelung



Die Aufgabengröße ist die Stellung die sich aus der Aufgabenstellung der Regelung ergibt.

Die Regelgröße X ist die Größe, die zum „Zweck“ des Regelns erfasst und der Regeleinrichtung zugeführt wird.

Die Strecke ist der aufgabengemäß zu beeinflussende Teil der Anlage.

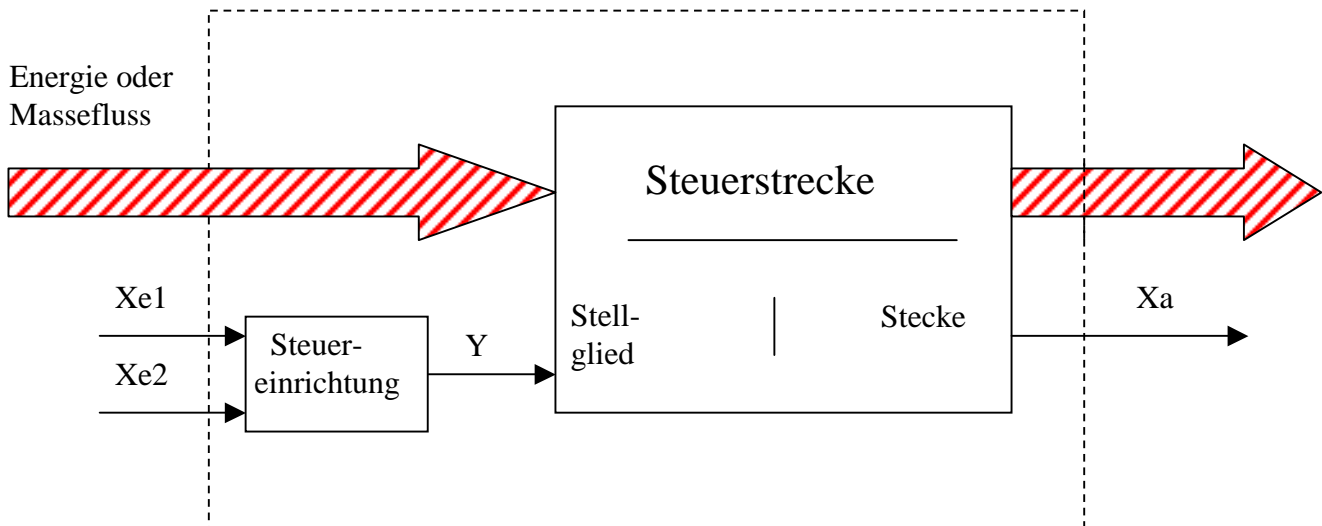
Das Stellglied ist das am Eingang der Strecke liegende Glied, das dort in den Energie- oder Massefluß eingreift.

Die Führungsgröße ist eine von der betreffenden Steuerung/Regelung unmittelbar nicht zu beeinflussenden Größe, die der Steuerkette oder dem Regelkreis von außen zugeführt wird und der die Ausgangsgröße X_a in vorgegebener Abhängigkeit folgen soll.

Die Störgrößen Z sind alle von Außen wirkenden Größen, soweit sie die beabsichtigte Beeinflussung einer Steuerung/Regelung beeinträchtigen.

Die Stellgröße Y ist die Ausgangsgröße X_a der Regeleinrichtung, die der Regler aufgabengemäß aus seiner Eingangsgröße (= Regeldifferenz) bildet. Die Stellgröße Y als Eingangsgröße der Regelstrecke beeinflusst die Regelgröße X.

Beschreibung einer Steuerung



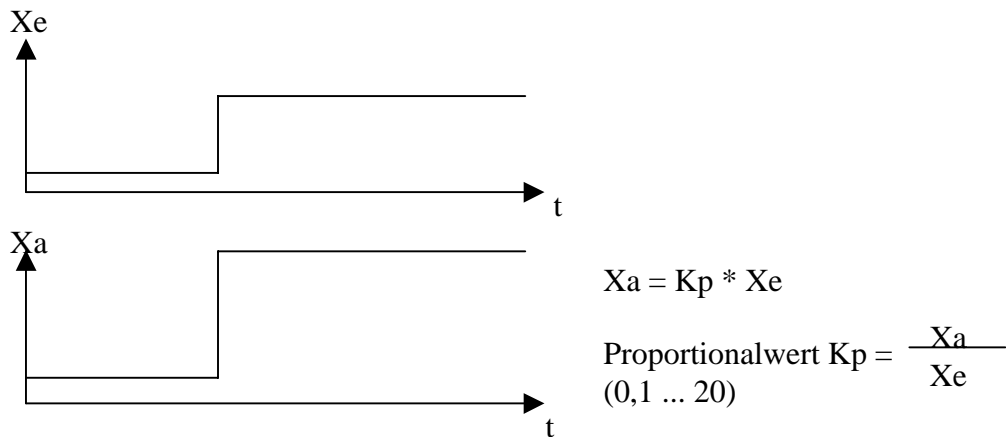
Die Strecke ist der Teil einer Steuerstrecke der die Ausgangsgröße X_a aufbaut/erzeugt. Das Stellglied ist der Teil der Steuerstrecke der unmittelbar in den Wirkungsablauf eingreift und damit den Energie- oder Massefluss ändert. Die Stellgröße Y steuert das Stellglied. Sie ist Ausgangsgröße der Steuereinrichtung und Eingangssignal der Steuerstrecke. Die Steuereinrichtung erzeugt die Stellgröße Y und ist Teil des Wirkungsweges, der die aufgabengemäße Beeinflussung der Strecke über das Stellglied bewirkt. Die Steuerung wird von den Eingangsgrößen oder Führungsgrößen beeinflusst.

Elemente einer Regeleinrichtung

1.) Stetige Regeltypen

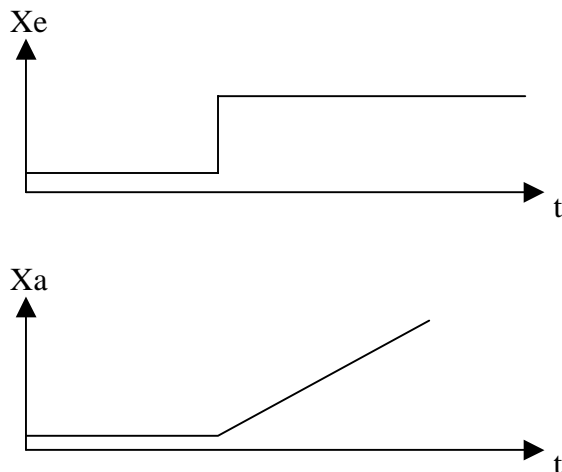
➤ P- Regler (Potentialregler)

Reagiert auf eine Regelabweichung sofort mit einer proportionalen Änderung der Stellgröße.



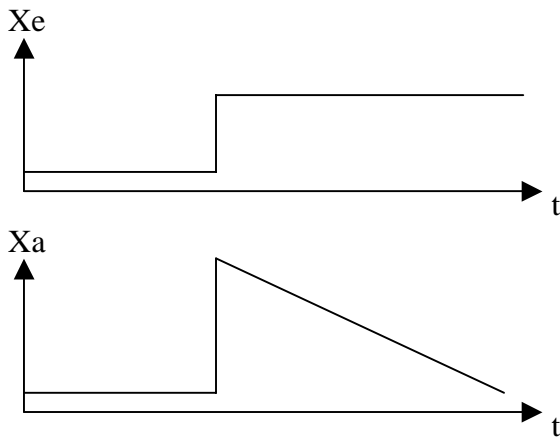
➤ I- Regler (Integralregler)

Der I- Regler antwortet auf eine Regelabweichung mit einer konstant ansteigenden Stellgröße.

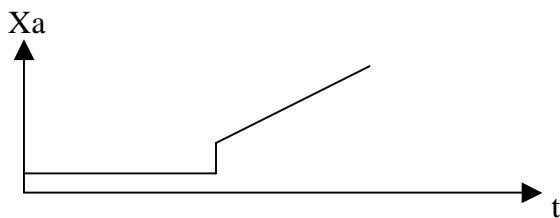
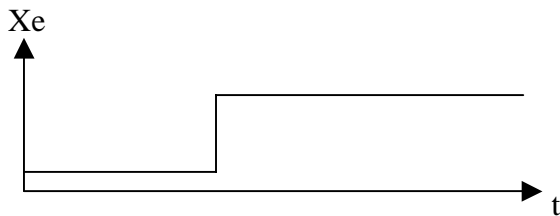


I- Regler werden selten eingesetzt. Sie sind zu träge und neigen zu Schwingungen.

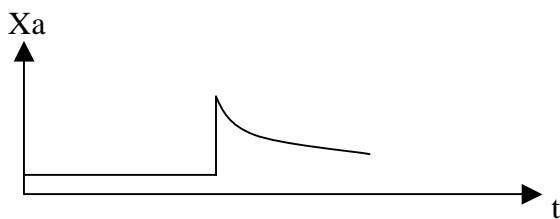
➤ D- Regler (Differenzialregler)



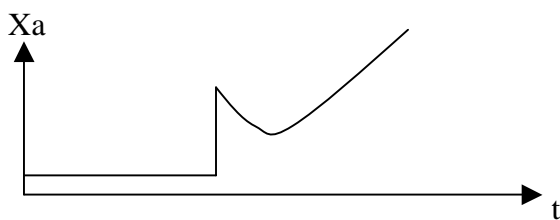
Die Stellgröße steigt sprunghaft an und geht langsam auf den Ausgangswert zurück.



PI- Regler



PD- Regler



PID- Regler

Sofortige Stellwertänderung (D- Anteil), große Stellwertänderung, rasche Rückführung

pneumatische Regelgeräte

Vorteile:

- + leicht zu handhaben
- + Druckluft leicht zu speichern
- + Druckluft liefert keine Zündquellen

Nachteile:

- max. 400m Signalübertragung

Regeleinrichtung besteht aus einem Meßumformer, Regler und Stellantrieb.

Der Meßumformer wandelt das Meßsignal (z.B. mechanischen Ausschlag) in ein Drucksignal um. Es gelangt in den Regler und wird dort in pneumatischen Bauteilen zu einem pneumatischen Stellsignal verarbeitet. Dieses Stellsignal (ggf. mit Stellungsregler verstärkt) treibt einen Stellantrieb an.

Elektrische Regelgeräte werden eingesetzt, wenn die Regelgröße elektrisch gemessen, bzw. wenn eine elektrische Datenverarbeitung der Meßsignale erfolgt.

b) Regler ohne Hilfsenergie

Druckregler (Druckminderventile, Reduzierventile, ...)

Durchflußregler (Rückflußverhinderer)

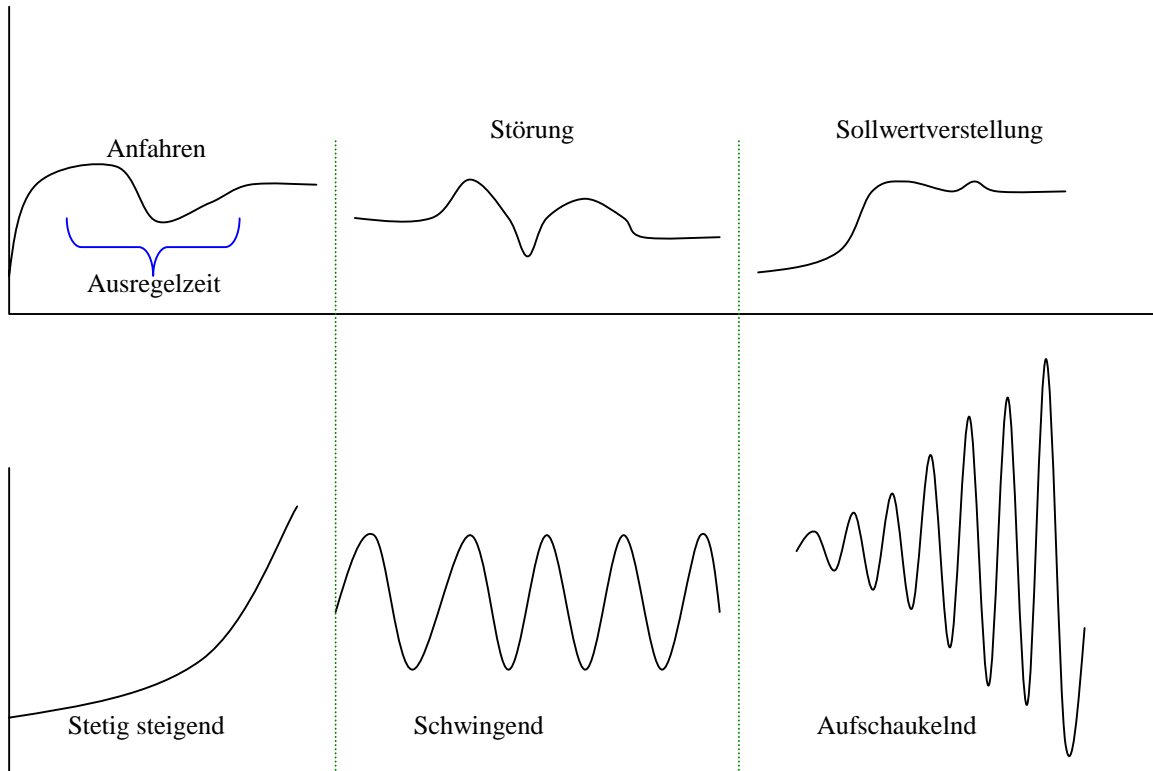
Füllstandsregler (Toilettenspülung)

Temperaturregler (Bimetall)

Regelkreisverhalten:

Stabiles Verhalten →

Die Regelgröße nimmt nach dem Verstellen wieder einen festen Wert ein.



Meßgröße Druck

Der Zugeführte Druck lenkt die Feder eines Meßwerkes aus, der angekoppelte Zeiger stellt den entsprechenden Skalenwert ein.

Drehzahlmessung

Sie erfolgt mit Gleich- oder Wechselspannungsgeneratoren. Die Klemmspannung verändert sich proportional zur Drehzahl.

Meßgröße Kraft

Dehnungsmeßstreifen (DMS)

Widerstand eines Drahtes erhöht sich mit zunehmender Drahtlänge und abnehmenden Querschnitt.

Hydraulische Steuerung

Der Druck einer Flüssigkeit erzeugt eine Kraft die übertragen wird.

Vorteile:

- + große Kräfte auf kleinem Raum
- + Möglichkeit der Energiespeicherung
- + gute Überwachung der Kräfte
- + stufenloses Ändern der Bewegungsgrößen

Nachteil :

- Druckverluste bzw. Strömungsverluste (Flüssigkeitsreibung)
- Abhängigkeit der Viskosität des Öls von der Temperatur

Anwendungen und Einsatzbereiche von

mechanisch, pneumatisch, hydraulisch und numerisch gesteuerter Anlagen.

Darstellung von Bewegungsabläufen erfolgt in der Regel in Funktionsdiagrammen

→ Kopie der Glieder

- a) Wegdiagramme → Darstellung des Weges von Arbeitsgliedern
- b) Zustandsdiagramme → Darstellung von Funktionsfolgen einer oder mehreren Arbeitseinheiten und die steuerungstechnischen Verknüpfungen der zugehörigen Bauglieder.

Numerisch gesteuerte Betriebsmittel

→ Automatisierung von Fertigungsabläufen
NC- Maschinen (NC = numerical control)

Vorteil: Lehren, Schablonen, Bohrvorrichtungen werden nicht benötigt.

- + Zahlenprogramme sind leicht veränderbar
- + kurze Rüst- und Nebenzeiten
- + Qualitätssteigerung

Bei Bearbeitung ist die exakte Meßwerterfassung am Werkstück nicht möglich (Späne, Schmierstoffe), darum wird die Schlittenbewegung überwacht.

→ indirektes Messen

Maßhaltigkeit der Werkstücke kann nur dann zufriedenstellend sein, wenn die Lage von Werkzeug oder Werkstück zum Schlitten bei Teilewechsel erhalten bleibt, die Werkzeugschneide sich nicht ändert.

Überwachungsarten der Schlittenbewegungen :

- Offener Wirkungsweg → Steuerkette

Ein Antriebselement (Schrittmotor) erzeugt eine Drehung einer Gewindespindel, die den Arbeitsschlitten verschiebt.

- Geschlossener Wirkungsweg → Regelkreis

Wegmeßgerät erfaßt den zurückgelegten Weg (IST- Position). Der Wert wird mit dem Sollwert verglichen.

Arten der numerischen Steuerung

- Punktsteuerung

Es ist nur der Endpunkt eines Steuervorganges von Bedeutung.

- Streckensteuerung

Verstellung erfolgt immer nur in eine Richtung (X oder Y). Die Reihenfolge und Länge der Wege ergeben die spätere Werkstückform.

- Bahnsteuerung

Es werden durch gleichzeitiges Verfahren in zwei oder auch drei Richtungen komplizierte Werkstückformen ausgeartet.

Informationsträger : - Lochstreifen
- Disketten
- Magnetbänder

NC- Maschinen = Bohrmaschine, Drehmaschine, Fräsmaschine,
Bearbeitungszentren, Punktschweißmaschinen

CNC- Maschinen = Daten werden direkt eingegeben.
(Computer numerical control)

Hauptkonstruktionsmerkmale:

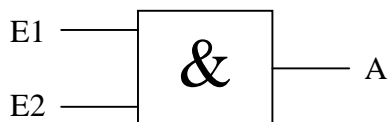
- Grundkörper nimmt das Maschinenbett auf
- Hauptspindel
- Hauptantrieb regelbarer Gleich- bzw. Drehstrommotor
- Kreuzschlitten
- Werkzeugsystem
- Spannmittel

Steuerungsarten

Die Unterscheidung erfolgt nach der Art der Signalverarbeitung

- Verknüpfungssteuerung

Den Eingangssignalen werden über logische Verknüpfungen bestimmte Signalzustände der Ausgangssignale zugeordnet.



<u>E1</u>	<u>E2</u>	<u>A</u>
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

- Ablaufsteuerung

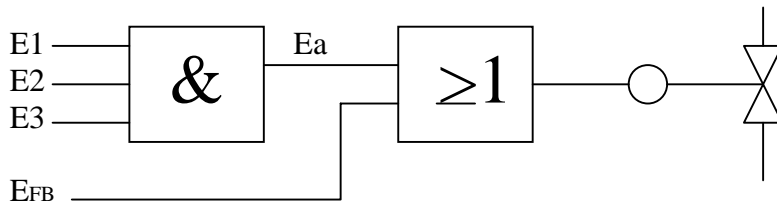
Steuerschritte erfolgen zwangsweise nacheinander nach Erreichen der jeweiligen Weiterschaltbedingung.

- + Zeitgeführte Ablaufsteuerung
- + Prozeßgeführte Ablaufsteuerung

- Kombinierte Ablauf- und Verknüpfungssteuerung

Beschreibung eines Steuervorgangs

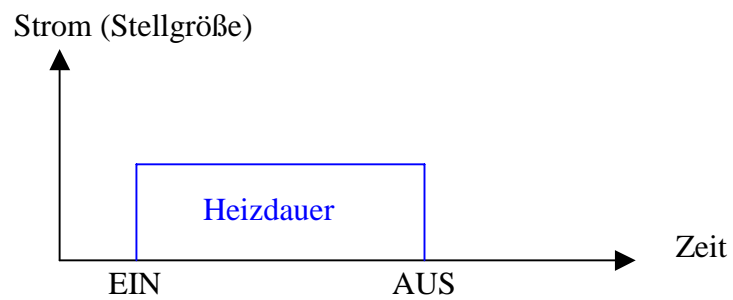
➤ Funktionspläne mit Schaltzeichen



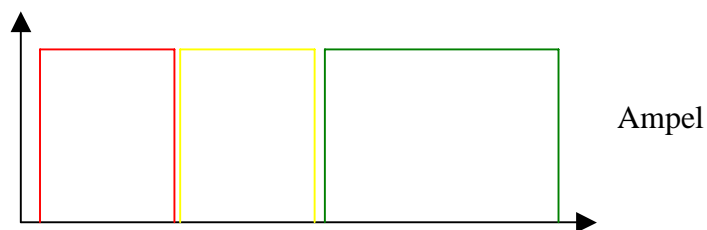
Ea	E _{FB}	A
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Ablaufsteuerungen

Steuerzeitplan



Mehrere Stellgrößen in der Praxis



Zeitfolgediagramm

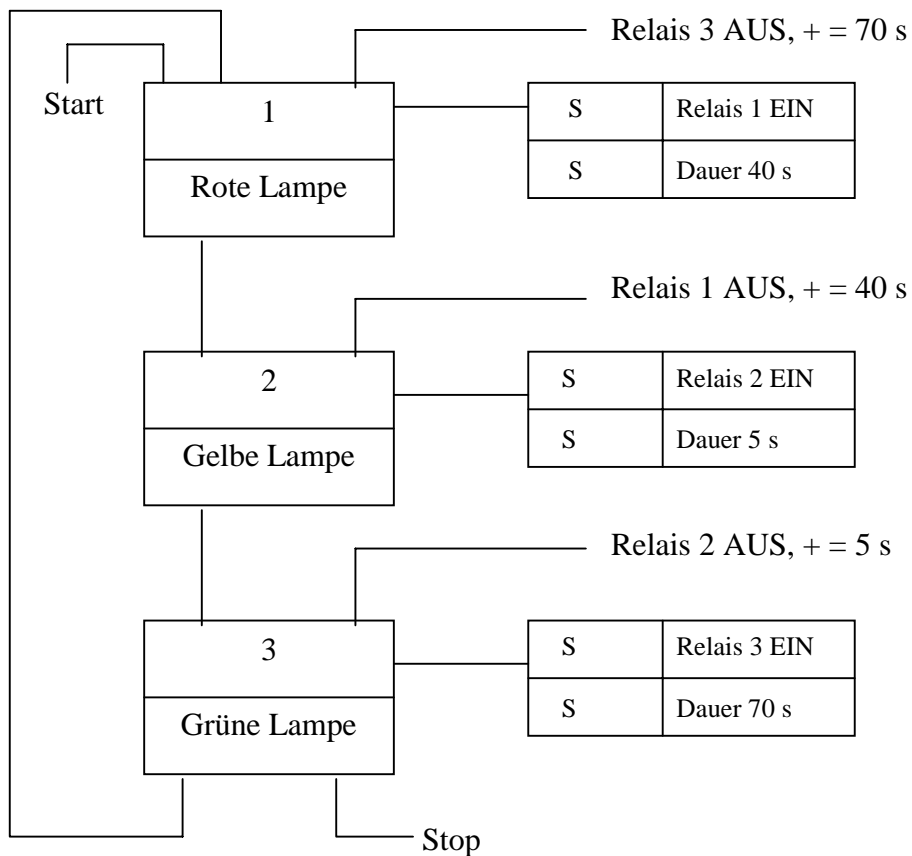
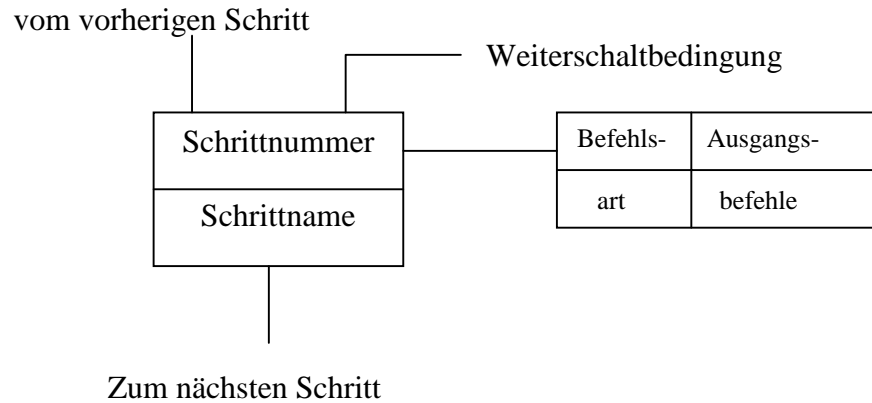
→ Jede Stellgröße auf einer eigenen Zeitachse.



Funktionsplan (für Ablaufsteuerung)

Der Ablauf komplizierter Steuerungen wird anschaulich dargestellt.

→ DIN 40719 Teil 6



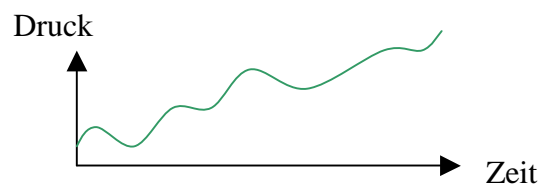
Unterscheidungsmerkmale von Steuerungen

- nach Art der verwendeten Signale
analoge, binäre und digitale Steuerungen
- Nach Art der Signalverarbeitung
Verknüpfungs- und Ablaufsteuerungen
- Nach Art der technischen Ausführung des Steuergerätes und dem Signalübertragungsmittel
Mechanische, hydraulische, elektrische und elektronische Steuerungen
- Nach Art der Steuerprogrammverwirklichung
+ Verbindungsprogrammierte Steuerungen (VPS)
+ Speicherprogrammierte Steuerungen (SPS)

Signalarten

Analoge Signale → In analogen Steuerungen

Die Größen werden entsprechend (= analog) dargestellt.



Ferdermanometer

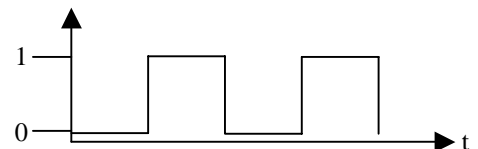
→ Zeigerausschlag kann beliebige Werte annehmen.

Bsp. : Getriebe, Sensoren, Stellglieder

Binäre Signale → zweiwertige Signale

EIN / AUS	beim Relais
HIGH / LOW	bei Grenzsignalen
AUF / ZU	bei Stellsignalen

→ allgemein 1 / 0- Signale



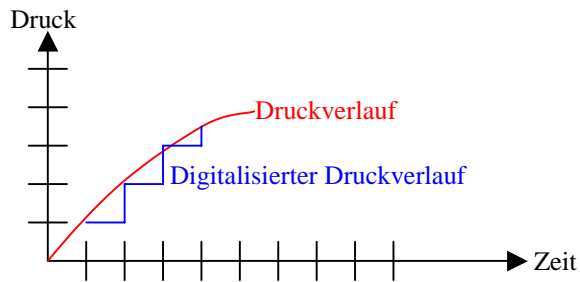
Bsp. :

Schalter, Schütze, Relais, Dioden, Transistoren, Thyristoren, integrierte Schaltungen (IC)

Digitale Signale

Sie sind meist Binärzahlen (10010110) und werden von Zählwerken oder Analog- Digital- Wandlern (AD- Wandler) geliefert.

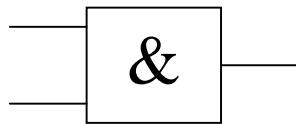
Bsp. : Druckverlauf



Wertepaare : $p = 3 / t = 4$

Grundfunktionen der binären Signalverarbeitung

UND - Funktion



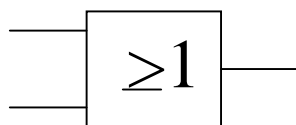
Funktionssymbol

E1	E2	A
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

Funktionstabelle

Funktionsgleichung $\rightarrow E1 \wedge E2 = A$

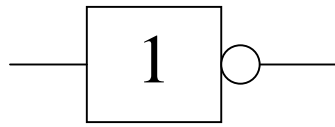
ODER - Funktion



$E1 \vee E2 = A$

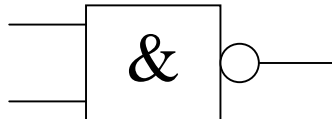
E1	E2	A
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

NICHT - Funktion



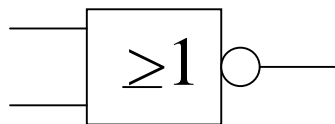
E	A
1	0
0	1

NAND - Funktion



E1	E2	A
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	1

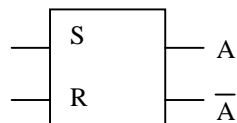
NOR - Funktion



E1	E2	A
1	1	0
1	0	0
0	1	0
0	0	1

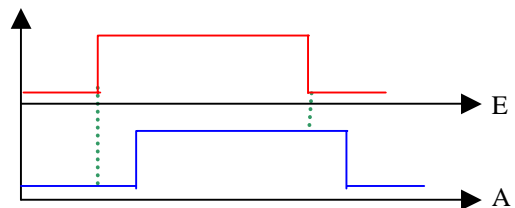
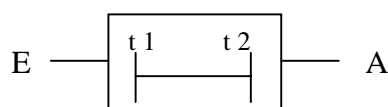
Speicher – Funktionsglieder

Der RS – Speicher kann kurzfristig anstehende Signale speichern. S wirkt als Setzsignal, Eingang R als Rücksetzsignal.



Verzögerungsglieder

Hier wird der Eingangssignalzustand erst nach einer wählbaren Verzögerungszeit an den Ausgang gegeben.

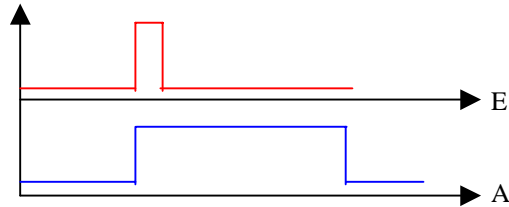


Zeit – Funktionsglieder

Bsp. :

An E1 Kurzfristig Zustand 1

d.h. : An A auch 1, die nach wählbarer Zeit gelöscht wird (monostabiles Kippglied).



Technische Ausführung von Steuerungen

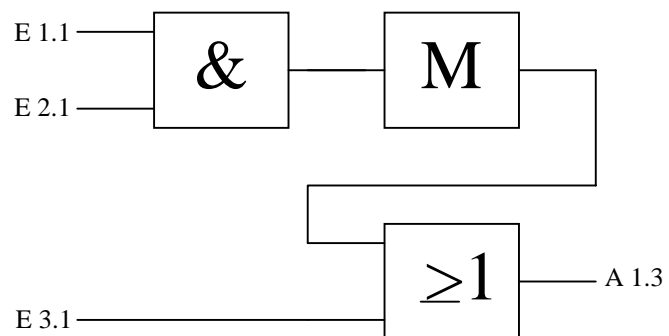
- Mechanische Steuerungen (Schaltwalzen)
- Elektrische Steuerungen (schalten von elektrischen Kontakten)
- Elektronische Steuerungen (Transistoren, Thyristoren)
- Speicherprogrammierte Steuerungen (SPS)
 - EDV – Anlagen

Kopie

Programmierung

Adresse	Anweisung	Anleitung
01	UE 1.1	
02	UE 2.1	
03	= M 1	
04	U M 1	
05	O E 3.1	
06	= A 1.3	

Funktionsplan



Meßverfahren (Meßtechnik)

Physikalische Größen (Temperaturen, Druck, Volumenstrom) werden mit Meßfühlern oder Sensoren gemessen.

Meßgröße Temperatur:

- Widerstandsthermometer

Es wird die Widerstandsänderung elektrischer Leiter bei Temperaturänderungen ausgenutzt.

Bezeichnung: PT 100

Widerstandsthermometer
mit dem Werkstoff
Platin

100 Ω bei 0°C

- Dieser Widerstand (100 Ω) ändert sich mit der Temperatur. Diese Widerstandsänderungen werden als Spannungsänderung weiter verarbeitet.

- Thermoelemente

Sind die Verbindungsstellen zweier an den Enden Zusammengeschlossener Leiter aus verschiedenen Metallen (Legierungen) = Thermodrähte. Werden diese unterschiedlichen Temperaturen ausgesetzt, tritt an einer beliebigen Trennstelle eine Thermospannung auf. Wird eine Verbindungsstelle (Meßstelle) der zu messenden Temperatur und die zweite (Vergleichsstelle) einer bekannten Temperatur ausgesetzt, so ist die Thermospannung ein Maß für die Temperatur der Meßstelle.

- Flüssigkeits-Glastermometer

Quecksilber > - 38°C bis + 630°C

- Strahlungs-pyrometer

Es wird die ausgesandte Temperaturstrahlung ausgenutzt. Die Berührung des zu messenden Körpers ist nicht nötig.

Anwendungsbereiche bei sehr hohen oder sehr niedrigen Temperaturen.

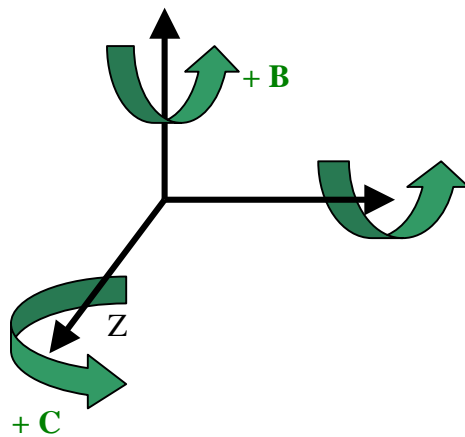
Grundlagen der NC- Programmierung

Geometrie:

Bedeutung

- Zur Positionsbestimmung für das Werkzeug.
- Das Vorzeichen gibt Fahrtrichtung für den Vorschubantrieb an.
- Die Reihenfolge der Daten bestimmen die Folge der anzufahrenden Positionen.

➤ Kartesisches Koordinatensystem



(„Rechte Hand“ Regel)

Lineare Hauptachsen für Drehbewegung

A dreht um x- Achse

B dreht um Y- Achse

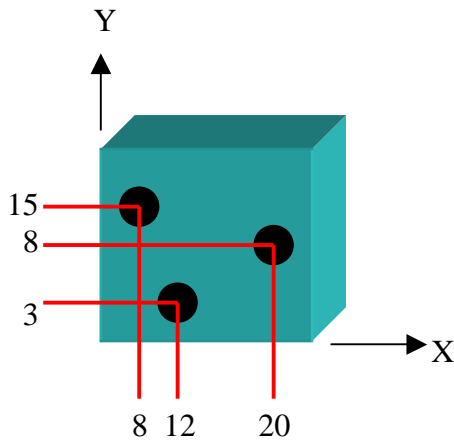
C dreht um Z- Achse

Nullpunkte und verschiedene Bezugspunkte (Referenzpunkte) werden an jeder numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine genau definiert.
Diese Punkte sind einfach anzufahren und die Werkstückbemaßung ist nach ihnen ausgelegt.

Arbeitsvorschübe:

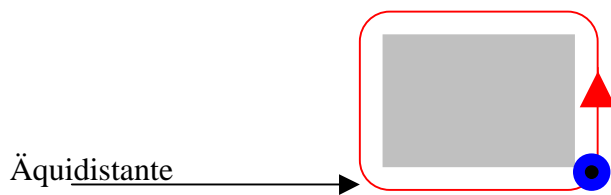
- Linearinterpolation

Werkstück wird vom Anfangs- bzw. bis zum Endpunkt geradlinig bewegt. Die Achsen werden nacheinander abgefahren (Bsp.: X 8 dann Y 15 danach auf X 0 und Y 0 usw.).



- Kreisinterpolation

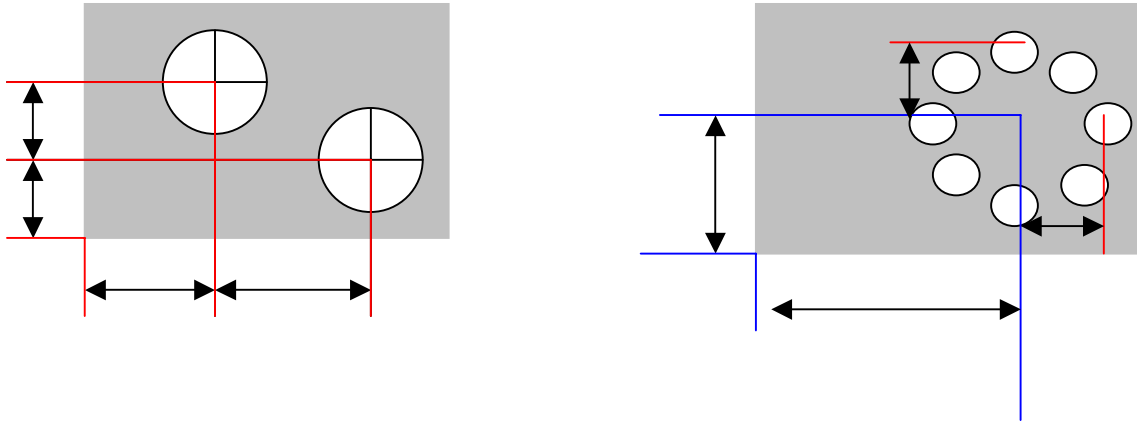
Damit ein Kreisbogen erzeugt werden kann, ist es notwendig, daß sich zwei Maschinenachsen gleichzeitig nach einer Kreisfunktion bewegen.



Maßeintragungen:

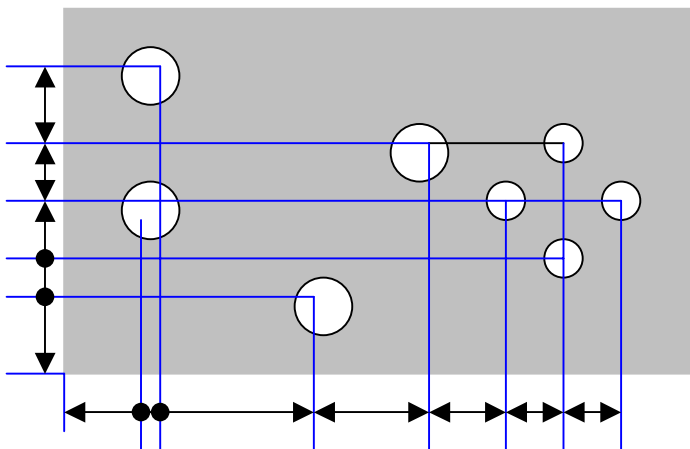
- Absolutbemaßung

Maßlinien von einer gemeinsamen Maßlinie steigend vom Koordinatennullpunkt antragen.



- Inkrementalbemaßung

(Zuwachsbemaßung oder Kettenbemaßung)



- Bemaßung mit Tabellen

Koordinatennullpunkt	<u>Koordinaten</u>		Bohrungsdurchmesser
	A	B	
1	+ 20	+ 30	5 H 7

NC- Programmierung

Programmaufbau DIN 66025

Satz Nr.	<u>Weginformation</u>				<u>Schaltinformation</u>			
	Wegbedingung	<u>Koordinatenachse</u>			Vorschub	Spindeldrehzahl	Werkzeug	Zusatzfunktion
N	G	X	Y	Z	F	S	T	M
<u>N 1</u>	G 90				F 100	S 3000	T 0102	
N 2	G 00			Z 20				M 03
N 3	G 00	X 50	Y 35,5					
N 4	G 01			Z 150				M 30

Beispiele :

G 00 → Positionieren im Eilgang
 G 90 → absolute Maßgenauigkeit
 G 01 → Vorschub
 M 03 → Rechtslauf

M 04 → Linkslauf
 M 30 → Programmende
 M 07 → Kühlschmiermittel EIN / AUS