

Inhalt

1. Elektrische Grundlagen
2. Digitaltechnik
3. Mikrokontroller
4. Aktoren und Sensoren
5. Steuerungssysteme
6. Robotik
7. Regelungstechnik

Elektrische Ladung

- Elementare Ladungsträger: **Protonen, Elektronen**
- Atome bestehen aus dem positiv geladenen Atomkern (Protonen) und den negativ geladenen Elektronen
- Zwischen Ladungsträgern wirken Kräfte
 - ungleichnamige Ladungen -> Anziehung
 - gleichnamige Ladungen -> Abstoßung
- Einheit: Coulomb [C]
- Bezeichnung: Q

Elektrische Spannung

- Durch Energiezufuhr können Ladungsträger getrennt werden
- Dadurch entsteht zwischen den Ladungen eine **elektrische Spannung**
- Je höher die Spannung, desto größer das Bestreben der Ladungen sich auszugleichen
- Einheit: Volt [V]
- Bezeichnung: U
- Messung erfolgt mittels Voltmeter zwischen den Spannungspolen

Elektrischer Strom

- Die gerichtete Bewegung freier Ladungsträger nennt man **elektrischen Strom**
- Sobald sich getrennte Ladungsträger (Spannung) ausgleichen können, fließt Strom
- Strom fließt nur in einem **geschlossenen Stromkreis !!!**
- Einheit: Ampere [A]
- Bezeichnung: I
- Messung erfolgt mittels Amperemeter, das **in den Stromkreis** geschaltet wird

- Werkstoffe setzen dem Strom einen unterschiedlich großen **Widerstand** entgegen
- Der Widerstand hängt vom Material, vom Leiterquerschnitt und von der Länge ab.
- Den Materialbeiwert nennt man spezifischen Widerstand
- Einheit: Ohm [Ω]
- Bezeichnung: R (Resistanz)
- Messung erfolgt mittels Ohmmeter

Elektrische Grundgesetze

- Ohm'sches Gesetz:
$$U = R \cdot I$$
- Knotenregel (1. Kirchhoff'sche Gesetz)
 - In einem Knoten innerhalb einer Schaltung ist die Summe der Ströme gleich Null
- Maschenregel (2. Kirchhoff'sche Gesetz)
 - In einer Masche innerhalb einer Schaltung ist die Summe der Spannungen gleich Null
- Aus diesen Gesetzen lassen sich alle anderen Regeln ableiten, Parallel- und Serienschaltung von Widerständen, etc.

- Die elektrische Leistung ist proportional zu Spannung und Strom.

$$P = U * I$$

- Vergleich Wasserkraftturbine
 - Die Fallhöhe des Wassers entspricht der Spannung
 - Die Wassermenge entspricht dem Strom
 - Die erzeugte Leistung ist umso höher je größer die Fallhöhe und je größer die Wassermenge ist.

- Grundlagen
- Logische Elemente
- Schaltungsentwurf
- KV-Diagramm
- FlipFlops

- Was bedeutet *Digitaltechnik*
 - zahlenmäßige Darstellung, (Digitus = Finger)
 - Größen nehmen nur bestimmte (diskrete) Werte an
- Gegensatz zur *Digitaltechnik* ist die *Analogtechnik*
 - Kontinuierliche Darstellung
 - Größen können alle Werte im Wertebereich annehmen
- Beispiele für

| | |
|-------------------------------|----------------------|
| digitale Systeme | analoge Systeme |
| Digital-Waage | Zeiger-Waage |
| Computer | Netzteile |
| Taschenrechner | Operationsverstärker |
| Digitale Kamera | Drehspul-Messgerät |
| Faxgerät (Funktionssteuerung) | (analoges) Telefon |

- Eigenschaften *digitaler* Systeme
 - Reproduzierbarkeit, Wiederholgenauigkeit
 - Hohe Störsicherheit
 - Keine Alterungserscheinungen
 - Gute Serien-Produzierbarkeit; keine Abgleichvorgänge notwendig
- Eigenschaften *analoger* Systeme
 - Anschauliche Darstellung
 - Abhängigkeit von Streuungen der Bauteilkennwerte
 - Abhängigkeit von Umgebungsbedingungen und Alterung

- Einige *Kenngroßen* digitaler Systeme

Auflösung:

Anzahl der darstellbaren Zahlenwerte, wird meist in Bit angegeben,

z.B. 256 Zahlen lassen sich mit 8 Bit darstellen.

Wortbreite:

Anzahl der Bits die gleichzeitig bearbeitet werden können,
typisch 8, 16, 32 Bit

Datenrate:

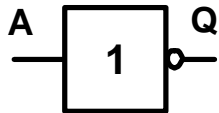
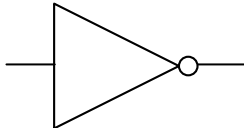
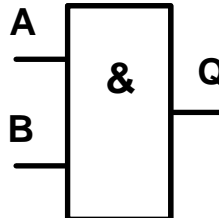
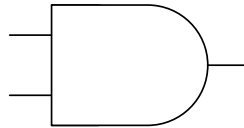
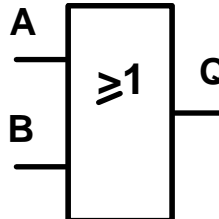
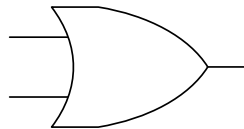
Übertragungsgeschwindigkeit, z.B. 128kbit/s

- Aufgaben:
 - Eine Personenwaage soll einen Anzeigebereich von 0..120kg haben mit einer Auflösung von 0.5kg.
 - Geben Sie die Wortbreite an, die ein digitales System zur Darstellung mindestens benötigt.
 - Wie wird ein Gewicht von 76,78kg dargestellt.
 - Ein Roboter hat einen kreisrunden Arbeitsbereich mit 2m Durchmesser. Die gewünschte Schrittweite ist mindestens 0,1mm.
 - Mit welcher Auflösung muss die Drehbewegung gesteuert werden.

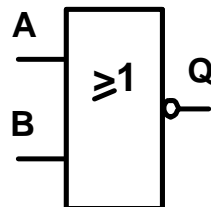
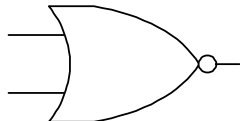
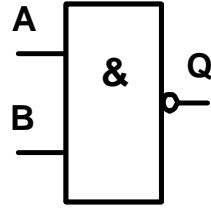
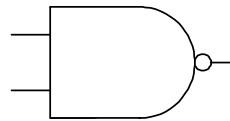
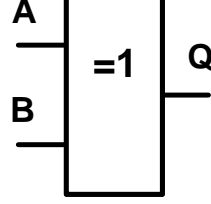
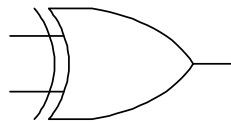
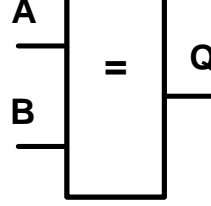
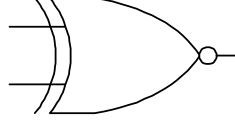
- Aufgaben
 - Welche Anzeigeart (analog oder digital) würden Sie bei folgenden Aufgaben wählen, und warum:
 - Tachometer am Motorrad
 - Schiffskompass
 - Taschenrechner
 - Kirchturmuhhr
 - Stoppuhr
 - Anzahl der freien Parkplätze am Stadionparkplatz
 - Frequenzanzeige am Tuner
 - Lautstärke am Verstärker

- Grundelemente
 - NOT
 - AND
 - OR
- Erweiterte Elemente
 - NAND
 - NOR
 - XOR
 - XNOR
 - Diese können aus den Grundelementen gebildet werden

Logische Elemente

| | DIN-Symbol | ANSI-Symbol | Wertetabelle | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NOT INV |  |  | <table><tr><th>A</th><th>Q</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table> | A | Q | 0 | 1 | 1 | 0 | | | | | | | | | |
| A | Q | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AND |  |  | <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>Q</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table> | A | B | Q | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A | B | Q | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OR |  |  | <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>Q</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table> | A | B | Q | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A | B | Q | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Logische Elemente

| | DIN-Symbol | ANSI-Symbol | Wertetabelle | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NOR |  |  | <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>Q</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table> | A | B | Q | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| A | B | Q | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NAND |  |  | <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>Q</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table> | A | B | Q | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| A | B | Q | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| XOR |  |  | <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>Q</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table> | A | B | Q | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| A | B | Q | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| XNOR |  |  | <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>Q</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table> | A | B | Q | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A | B | Q | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |

- Eine beliebige logische Funktion lässt sich durch eine Wertetabelle beschreiben
- Aus dieser Wertetabelle lässt sich eine Schaltung entwickeln
- Alle Terme, bei denen $Q=1$, sind miteinander ODER - verknüpft
- Die Eingansvariablen aller Terme sind miteinander UND - verknüpft

Schaltungsentwurf

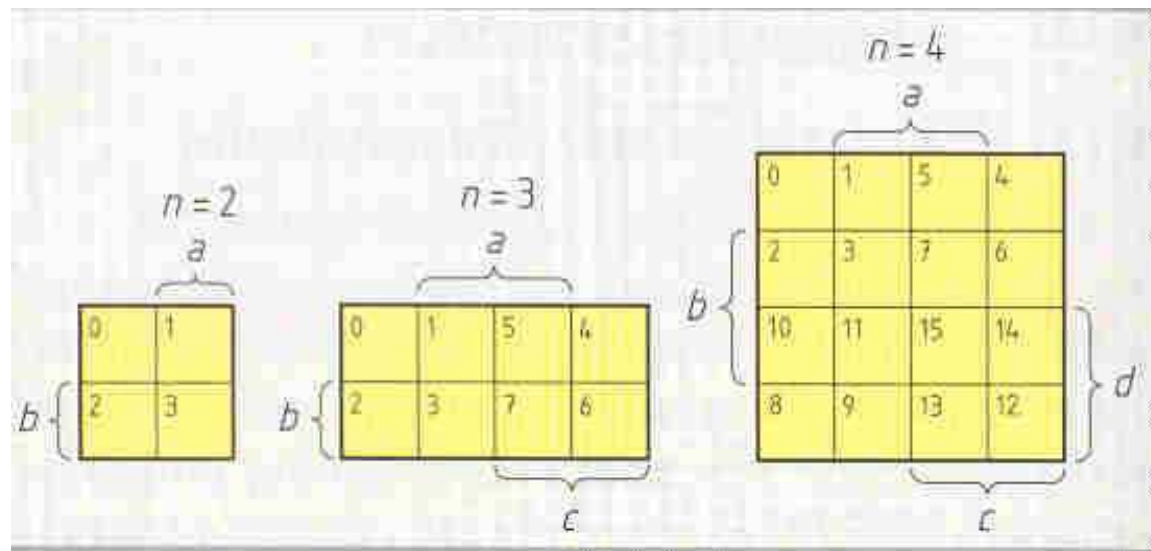
| | A | B | Q |
|----|---|---|---|
| a) | 0 | 0 | 0 |
| b) | 0 | 1 | 1 |
| c) | 1 | 0 | 1 |
| d) | 1 | 1 | 0 |

- Gegeben ist eine beliebige Wertetabelle
- Suche alle Terme (Zeilen) bei denen $Q=1$
 - b), c)
- Beschreibe Q durch den Zustand der Eingangsvariablen
 - b) Q ist (1) wenn (A=0) UND (B=1)
 - c) Q ist (1) wenn (A=1) UND (B=0)
- Logisch formuliert man das so
 - b) $Q = \overline{A} \wedge B$
 - c) $Q = A \wedge \overline{B}$
- Die beiden Terme für $Q=1$ werden nun ODER - verknüpft
 - $Q = (\overline{A} \wedge B) \vee (A \wedge \overline{B})$

- Die erhaltene logische Schaltfunktion lässt sich in vielen Fällen, z.B. durch Herausheben vereinfachen.
- Man erhält dann eine vereinfachte Schaltfunktion, die weniger Verknüpfungen enthält.
- Jede Verknüpfung wird in der Praxis durch Schaltelemente realisiert.
- Die vereinfachte Schaltfunktion ist daher ökonomisch sinnvoll, da sie hilft Kosten zu sparen.
- Beispiel
 - Aus $Q = (A \wedge B) \vee (A \wedge \bar{B})$
 - folgt $Q = A \wedge (B \vee \bar{B})$
 - Es gilt $(B \vee \bar{B}) = 1$, und $A \wedge 1 = A$
 - So ergibt sich $Q = A$

KV - Diagramm

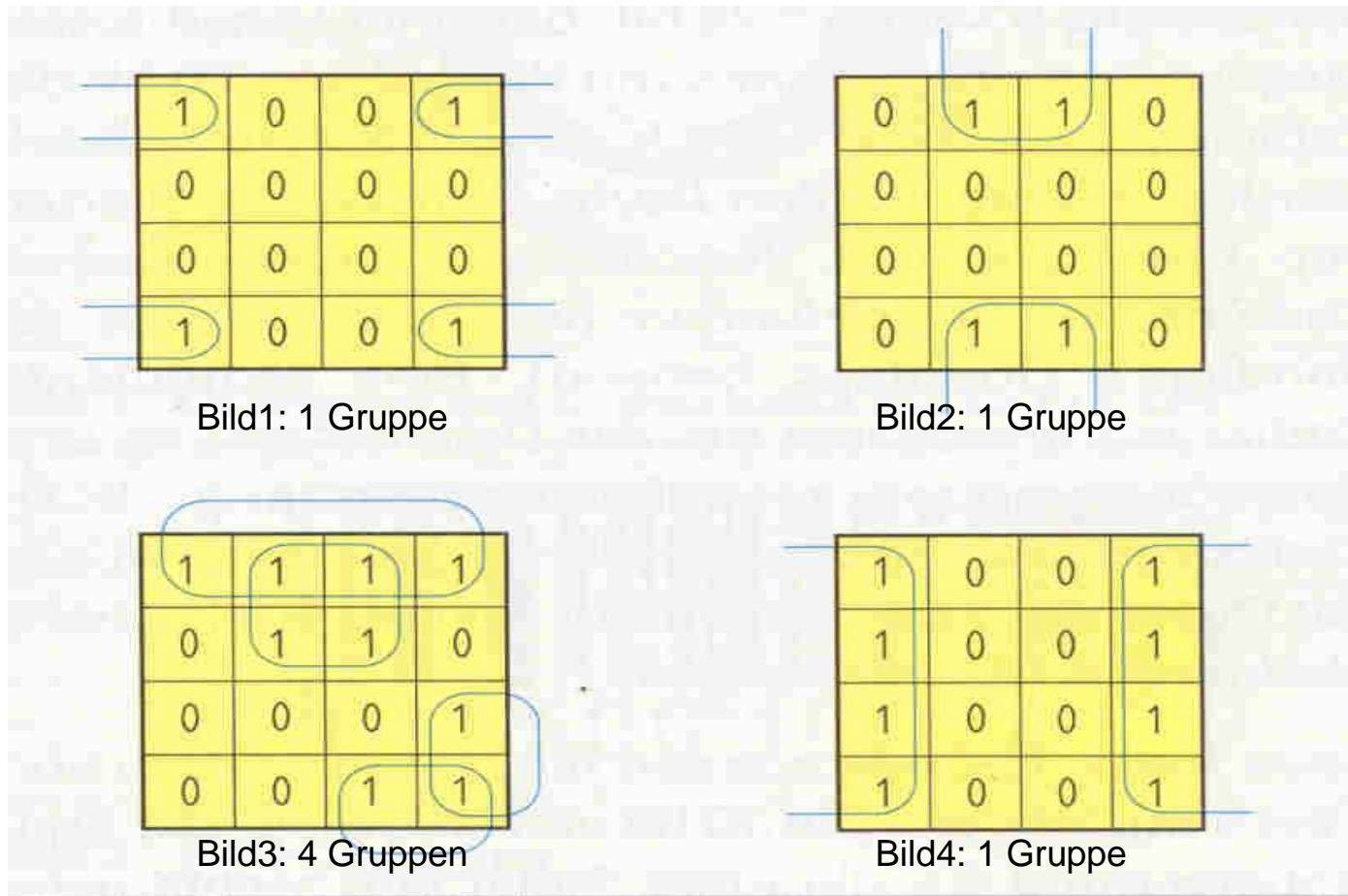
- Karnaugh Veitch Diagram
 - Umfangreiche Wertetabellen sind mühsam, umständlich und langwierig auszuwerten. Das KV Diagramm bietet einen eleganten Weg zu einer reduzierten Schaltfunktion zu kommen
 - Das Karnaugh Veitch Diagramm (Karnaugh: engl. Mathematiker) enthält in gedrängter Form die Informationen der Wertetabelle
 - Jeder Zeile der Wertetabelle entspricht ein Feld im KV-Diagramm



- Regeln zum Zusammenfassen im KV-Diagramm
 - Die Auswertung erfolgt durch Zusammenfassen möglichst vieler benachbarter Felder die eine 1 enthalten.
 - Die Zahl der Zusammenfassungen (Gruppen) soll möglichst klein bleiben
 - Es können je 2, 4 oder 8 benachbarte Felder zusammengefasst werden, wobei diese Felder entweder Quadrate oder Rechtecke bilden müssen.
 - Randfelder, d.h. Die ersten und letzten Felder einer Reihe oder Spalte, sind auch benachbart

KV - Diagramm

- Zusammenfassen im KV-Diagramm



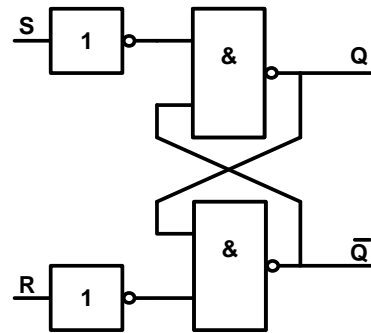
- Regeln zum Auswerten im KV-Diagramm
 - Die Variablen, die innerhalb des Blocks ihren Wert nicht ändern, werden miteinander UND-verknüpft.
 - Alle Zusammenfassungen sind miteinander ODER-verknüpft

- Bistabile Bausteine, Flipflops
 - Mit logischen Grundschaltungen werden Schaltnetze aufgebaut.
 - Schaltwerke verknüpfen nicht nur digitale Eingangsgrößen sondern speichern auch innere Zustände
 - Der Grundbaustein eines Schaltwerks ist das Flipflop. Es hat 2 stabile Zustände, die am Ausgang Q abgefragt werden können.
 - Wir unterscheiden folgende Arten von FFs in Abhängigkeit ihrer Ansteuerung durch ein Taktsignal
 - Ungesteuerte FF (asynchron)
 - Zustandsgesteuerte FF (synchron)
 - Flankengesteuerte FF (synchron)
 - Zudem unterscheiden wir hinsichtlich der Verknüpfungen der Eingangsvariablen
 - RS-FF, D-FF, JK-FF, T-FF, uvm

Flip Flops

- RS Flipflop

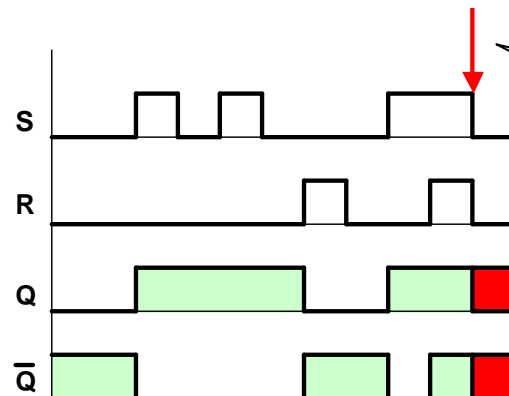
- Als einfachstes Flipflop lässt sich das RS-FF aus 2 NAND oder NOR Gattern aufbauen



Aufbau eines RS Flipflops aus NAND Gatter

| R | S | Q_{n+1} |
|---|---|-----------|
| 0 | 0 | Q_n |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | ? |

Wahrheitstabelle

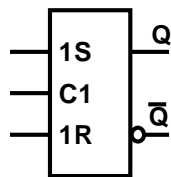
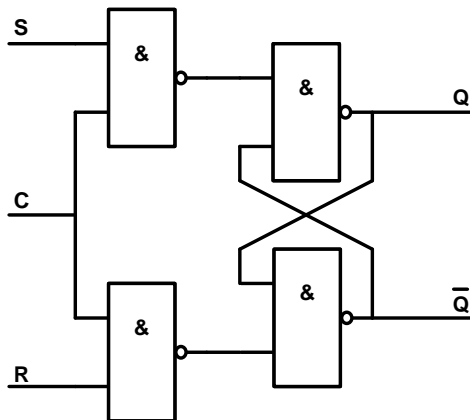


Zeitablaufdiagramm

Achtung: Zustand des RS Flipflops ist unbestimmt, wenn nach $R, S = 1$ gleichzeitig $R, S = 0$ gesetzt wird !

Flip Flops

- RS Flipflop - Zustandsgesteuert
 - Soll die Reaktion auf neue Zustände nur zu bestimmten Zeitpunkten (*synchron*) erfolgen, so wird die Schaltung durch einen Takteingang (C) erweitert.
 - Nur wenn $C = 1$ ist werden die Eingangssignale R, S wirksam



| C | R | S | Q_{n+1} |
|---|---|---|-----------|
| 0 | 0 | 0 | Q_n |
| 0 | 0 | 1 | Q_n |
| 0 | 1 | 0 | Q_n |
| 0 | 1 | 1 | Q_n |
| 1 | 0 | 0 | Q_n |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | ? |

Schaltsymbol:

Die Ziffern geben an, wer von wem abhängt.

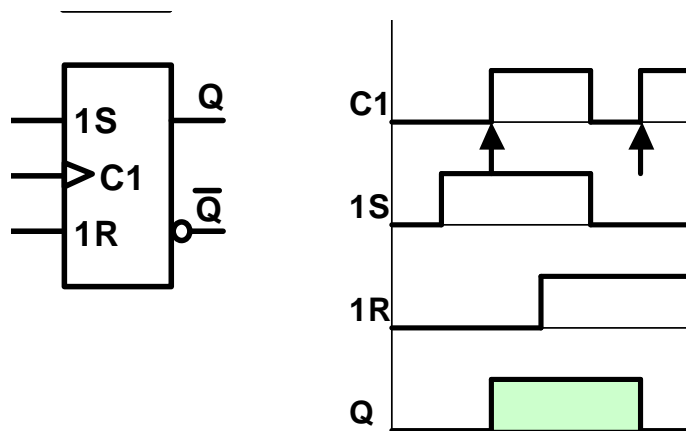
Beim steuernden Eingang wird die Ziffer hinter den Namen gestellt.

Beim gesteuerten Eingang wird die Ziffer vor den Namen gestellt

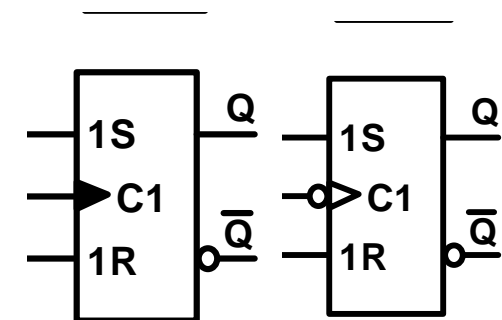
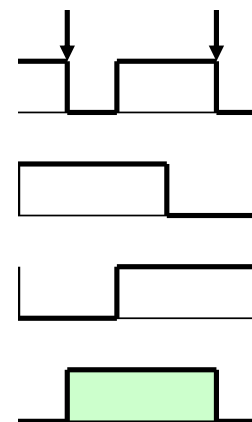
Flip Flops

- RS Flipflop - Flankengesteuert
 - Neue Zustände werden mit der Taktflanke übernommen.
 - Flankengesteuerte Flipflops erhalten im Schaltzeichen einen Pfeil.
 - Nur zum Zeitpunkt der Flanke werden die Eingangssignale R, S wirksam.

Steuerung durch die positive
(steigende) Flanke



Steuerung durch die
negative (fallende) Flanke,
beide Symbole sind
gebräuchlich

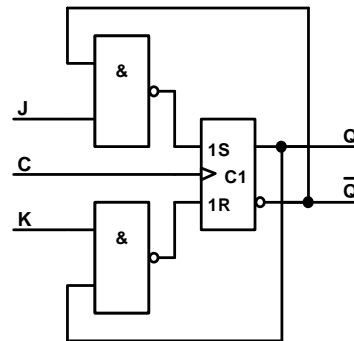


Flip Flops

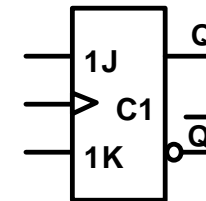
- JK-FlipFlop

- Das Wesentliche beim JK-FF ist die Rückführung der Ausgänge auf die Eingangsschaltung. Dadurch werden unzulässige Zustände vermieden.
- Achtung: $J=K=1$ schaltet den Ausgang bei jedem Steuersignal um.

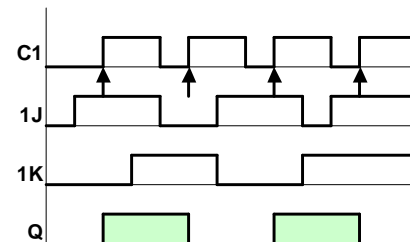
JK-Flipflop mit Flankensteuerung



Schaltsymbol



Zeitablaufdiagramm



| K | J | Q_{n+1} |
|---|---|------------------|
| 0 | 0 | Q_n |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | $\overline{Q_n}$ |

Wahrheitstabelle:

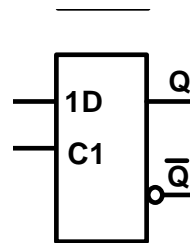
Q_n : Zustand vor der Flanke von C

Q_{n+1} : Zustand nach der Flanke von C1

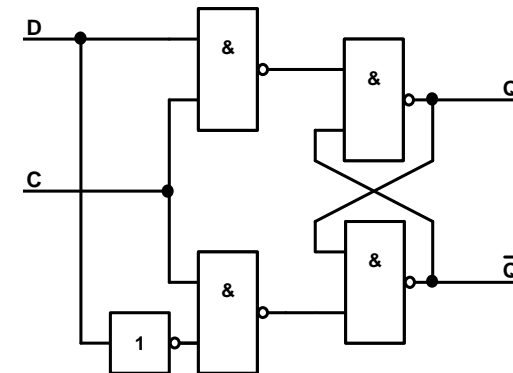
Flip Flops

- D-FlipFlop (Data latch flip flop)
 - Der Eingang D wird über einen Inverter an den Rücksetzeingang gelegt, dadurch werden unzulässige Zustände ($R, S = 1$) verhindert.

Schaltzeichen



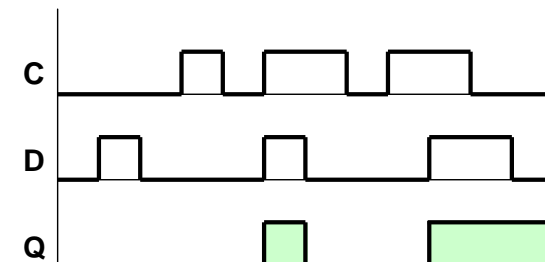
Schaltung



Wahrheitstabelle

| C | D | Q_{n+1} |
|---|---|-----------|
| 0 | 0 | Q_n |
| 0 | 1 | Q_n |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

Zeitablaufdiagramm



- Flip Flops in der Praxis
 - Praktische Bedeutung haben vor allem flankengesteuerte JK-FFs und D-FFs
 - Anwendungsbeispiele
 - Entprellen eines Schalters
 - Aufbau von State machines (z.B Zähler, Folgeschaltungen, etc.)
 - Register zur Speicherung von mehreren Informationseinheiten (8 FFs für 1 Byte).
 - Schieberegister:
 - Daten- und Adress Latch zur Entkopplung des CPU und RAM/ROM Busses

- Übungsbeispiele
 - 2 Bit Vorwärtzzähler
 - 2 Bit Rückwärtzzähler

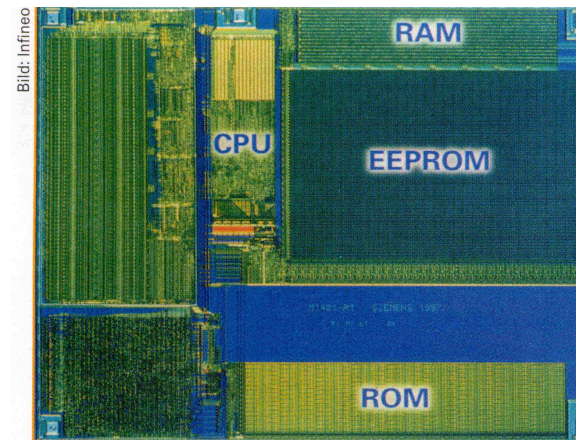
- Grundlagen
 - Mikrocontroller sind Mikroprozessorsysteme die auf einem einzigen Baustein (IC) untergebracht sind
 - Sie beinhalten z.B.
 - CPU - central processing unit
 - ROM - Lesespeicher in dem das Programm abgelegt ist
 - RAM - Schreib-Lesespeicher für Daten(-zwischen)speicherung
 - I/O Ports: Ein/Ausgabe Leitungen
 - Timer
 - Serielle Schnittstelle
 - AD/DA Wandler
 - Mikrocontroller werden häufig in *Assembler* programmiert, allerdings können auch höhere Sprachen wie C++ verwendet werden.

Einsatz von Microcontrollers

uCs werden meist zur Steuerung von Geräten eingesetzt. Sie arbeiten meist mit einem Bedienfeld sowie mit analogen und digitalen Aktoren und Sensoren zusammen.

- Beispiel Drucker:
 - Bedienfeld sind Taster: EIN/AUS, FORMFEED, etc
 - Anzeige sind LEDS: READY. ERROR
 - Sensoren sind z.B. Endschalter zur Positionsbestimmung
 - Aktoren sind z.B. Schrittmotoren
- Weitere Beispiele: Scanner, Hifi Anlage, Fernseher, Telefon, Smart Cards

Bild eines Chipkarten-ICs: 20mm²
Chipfläche



- **Blockdiagramm eines Mikrocontrollers**

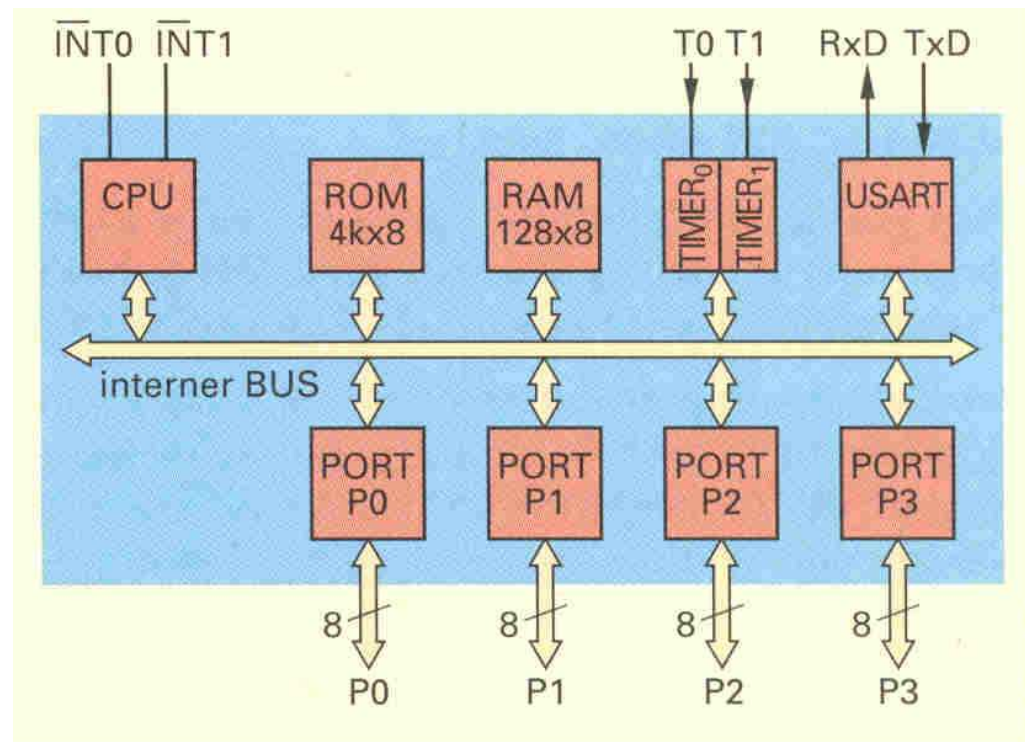


Bild 1: Mikrocontroller 8051

- Weiterführende Unterlagen
 - Manual zum USBMaster
 - <http://spengergasse.at/~hammerlw/MSRT/usbmaster10.pdf>

Aktoren und Sensoren

- Sensoren
- Temperatursensoren
- Thermoelement
- Thermistor
- Kraft- und Drucksensoren
- Bewegungssensoren
- Distanzsensoren
- Weitere Sensoren
- Aktoren
- Schrittmotor
- Weitere Aktoren

Aktoren und Sensoren

- Jedes Computersystem benötigt Peripherie-komponenten als Schnittstelle zu seiner Umgebung.
- Standardperipherie bezeichnet jene Komponenten, die normalerweise an einem PC angeschlossen sind
 - Tastatur
 - Bildschirm
 - Maus
 - Drucker
- Prozessperipherie führt einem Steuerungs- oder Regelungssystem Informationen über den Prozess (die zu steuernde Funktion) zu, und dient zum Ausführen von Aktionen im Prozess. Wir unterscheiden allgemein zwischen:
 - Sensoren
 - Aktoren

Mit Sensoren werden Informationen über den Zustand des Prozesses erfasst und an das Steuerungssystem geleitet.

– Einfache Sensoren

- Temperatur
- Bewegung
- Kraft und Drehmoment
- Abstand
- etc.

– Intelligente Sensoren

- können mehrdimensionale physikalische Größen erfassen und auswerten.
Beispiele:
- Taktile Sensoren (erfassen von Greifkräften beim automatischen Aufnehmen von Teilen)
- Visuelle Sensoren (Bildverarbeitung, optische Lage- oder Mustererkennung)
- Auditive Sensoren (akustische Signalverarbeitung, Erfassen von Laufgeräuschen von Motoren oder Maschinenteilen)

Temperatursensoren

- Temperatursensoren haben die Aufgabe die Umgebungstemperatur in eine elektrische Größe umzuwandeln.
- Die 2 wesentlichen Methoden
 - Thermoelement
 - Thermistor

Thermoelement

- Thermoelement wandelt Temperatur direkt in eine elektrische Spannung um
- Besteht aus 2 Metalldrähten, die an einem Ende mit einander verschweißt sind
- Am anderen Ende misst man eine Spannung, die proportional der Temperatur ist
- Thermoelemente sind sehr genau, aber relativ teuer

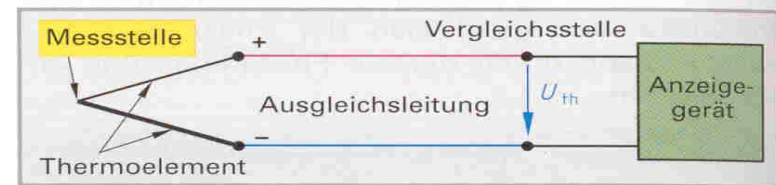


Bild 3: Versuchsanordnung zur Temperaturmessung mit einem Thermoelement

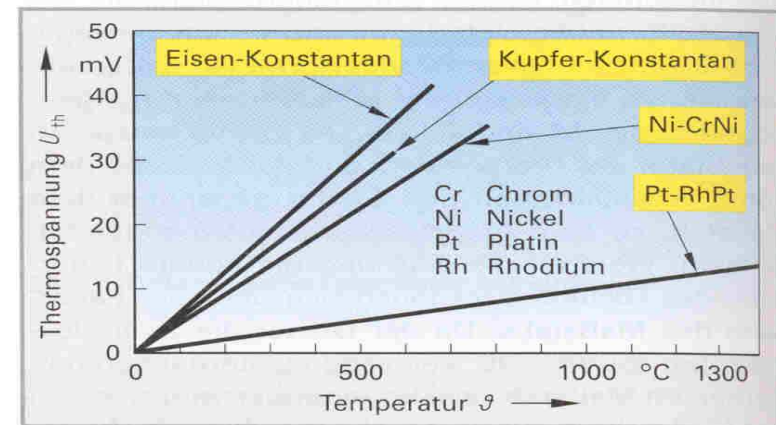


Bild 4: Thermospannungen

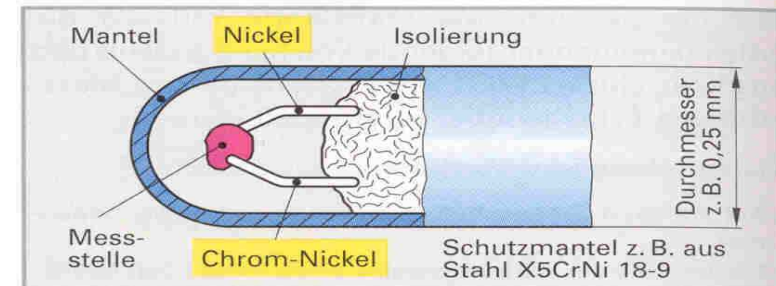
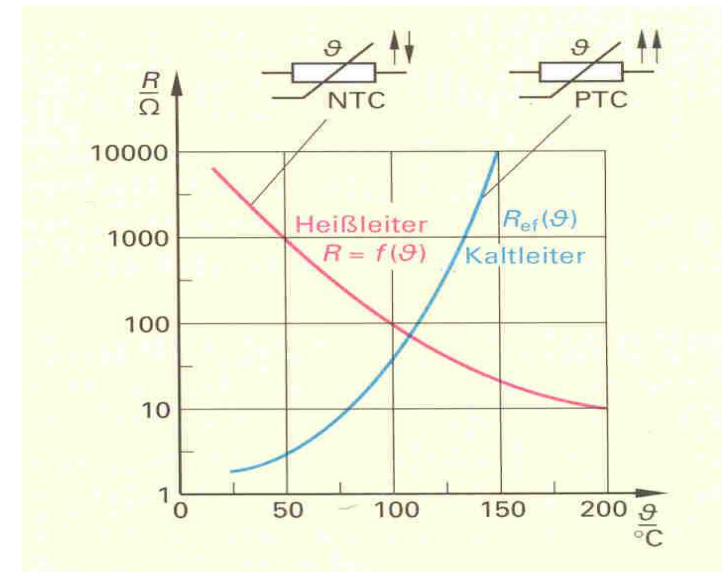


Bild 5: Mantelthermoelement mit isolierter Messstelle

Thermistor

- Thermistor ist ein Bauteil, dessen elektrischer Widerstand stark von der Temperatur abhängig ist.
- Die Temperatur wird hier in eine Widerstandsänderung gewandelt
- Thermistoren haben zwei verschiedene Charakteristika
 - NTC (Negative Temperature Coefficient):
Der elektrische Widerstand sinkt mit zunehmender Temperatur. Der Zusammenhang ist nichtlinear.
Verwendung zur Temperaturerfassung in Mess- und Regelaufgaben.
 - PTC (Positive temperature coefficient)
Widerstand nimmt mit steigender Temperatur ebenfalls nichtlinear zu.
Verwendung als Überlastschutz



Schaltsymbol und Kennlinie von NTC und PTC

- Beim Einsatz von NTCs zur Temperaturmessung muss die nichtlineare Kennlinie in geeigneter Weise verarbeitet werden können.
- Der Zusammenhang ist näherungsweise beschreibbar mit:

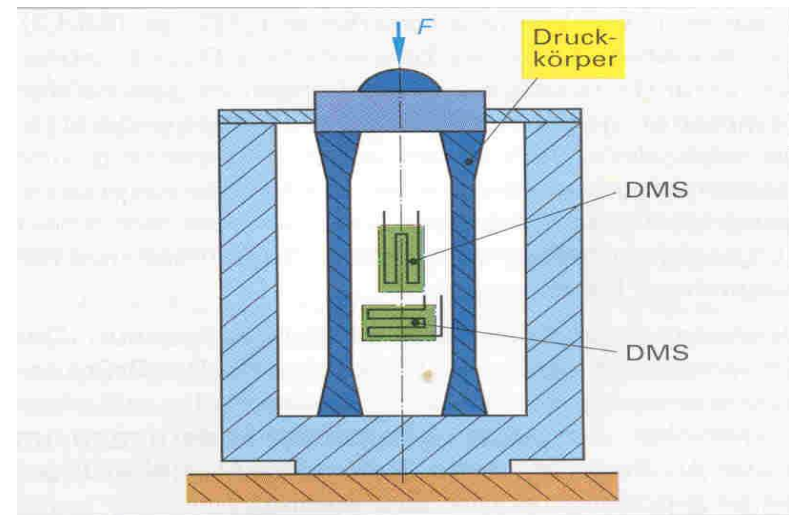
$$R_T = R_N * e^{B(1/T - 1/T_N)}$$

- Die Verarbeitung kann erfolgen durch:
 - Berechnung der Exponential- bzw. Logarithmischen Funktion,
 - Linearisieren der Kennline, d.h. Sie wird durch eine Gerade (Tangente im Referenzpunkt) ersetzt. Diese Lösung führt natürlich zu größeren Abweichungen, je weiter man vom Referenzpunkt entfernt ist.
 - Erfassen mehrerer Kennwerte in einer Tabelle und lineares interpolieren der Zwischenwerte

Kraft- und Drucksensoren

- Wie funktioniert eine Waage ?
 - Ein analoges (mechanisches) Wägesystem zeigt die Längenänderung einer Feder mittels einer mechanischen Übersetzung an einem Zeiger an.
 - Ein elektronisches System misst Längenänderungen von Kraftmesszellen mittels Dehnmessstreifen (DMS). Die erforderlichen Längenänderungen sind sehr klein (μm), daher spürt man bei einer elektronischen Waage im Gegensatz zu einer mechanischen Waage auch keine Bewegung.

- Kraftmesszellen
 - Enthalten einen Druckkörper, der auf Zug oder Stauchung beansprucht wird.
 - Die Verformung wird mittels DMS gemessen und liefert ein Maß für die Kraft F



Kraft- und Drucksensoren

- Dehnungsmessstreifen

- Bestehen aus einem Träger (Glasplättchen) auf den eine mäanderförmige Leiterbahn aufgebracht ist
- Bei Längenänderung des DMS wird der Leiter-querschnitt verringert, und damit der elektrische Widerstand erhöht.
- Man mißt die Widerstandsänderung (ΔR) und kann damit die Längenänderung (ΔL) bestimmen
- Die Widerstandsänderung hängt vom k-Wert ab

$$\Delta R/R = k \cdot \Delta L/L$$

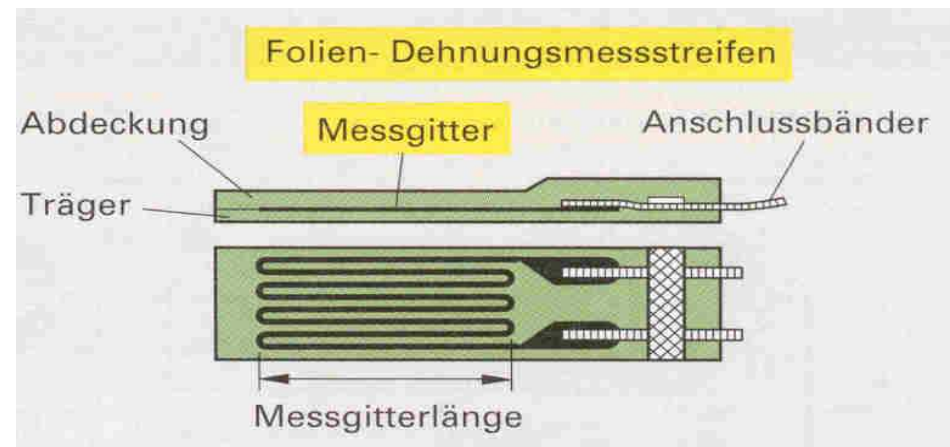
R: Nennwiderstand

L: Nennlänge

k: Faktor

ΔR : $R_{\text{mess}} - R$

ΔL : $L_{\text{mess}} - L$

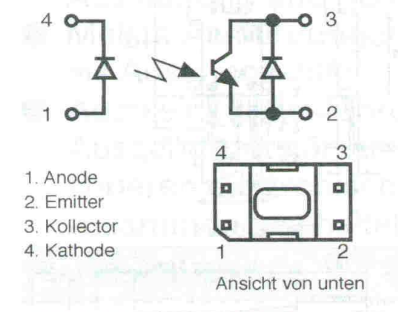
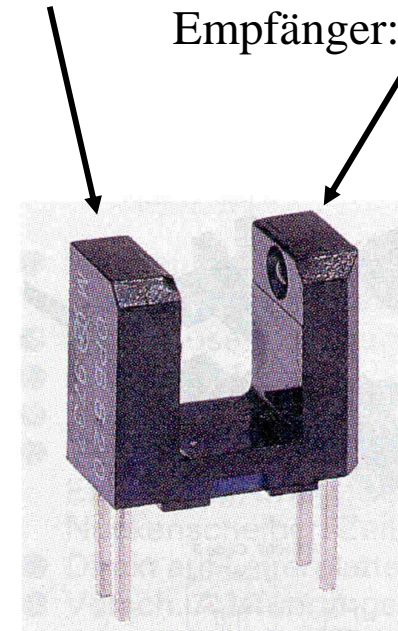


Bewegungssensoren

- Lichtschranken
 - Bestehen aus einem Sender und einem Empfänger. Der Sender ist eine Infrarot Diode (IR-LED).
 - Der Empfänger ist ein fotoelektrisches Bauelement (Fotodiode, Fototransistor, ..), und reagiert auf Empfang des Infrarot-Lichtstrahls.
 - Wird der Lichtstrahl unterbrochen, erhält man ein Signal am Empfänger
 - Es gibt verschiedene Typen: z.B. Reflexions-Lichtschranken, Gabel-Lichtschranken

Sender: IR-Diode

Empfänger: Fototransistor

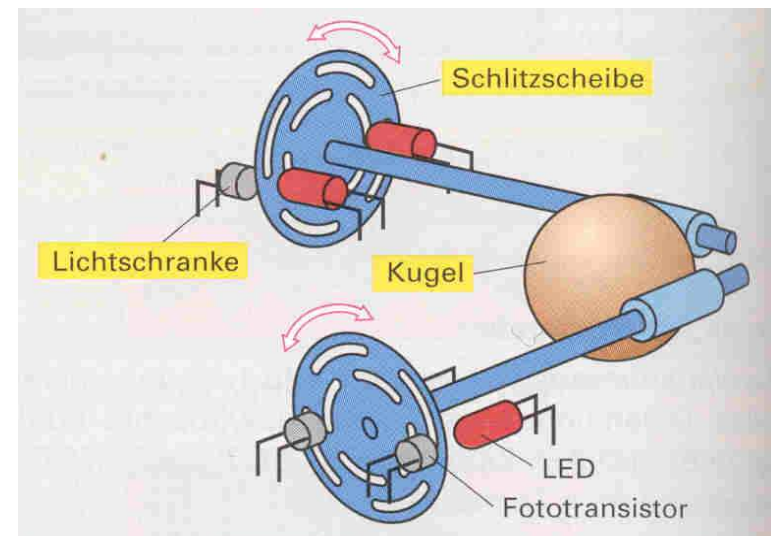


Bewegungssensoren

Wie funktioniert eine PC-Maus ?

Die Maus-Kugel treibt über Reibräder, die um 90° versetzt sind 2 Strichscheiben an.

Mittels Gabellichtschranken werden die einzelnen Striche der bewegten Strichscheibe erkannt und in elektrische Pulse umgesetzt.



Drehrichtungserkennung erfolgt durch 2 phasenverschobene Lichtschranken-Systeme

Bewegungssensoren

- Tachogenerator
 - Verwendet man zur Drehzahlmessung an rotierenden Maschinen
 - Sind wie Gleich- oder Wechselspannungsgeneratoren aufgebaut.
 - Da sie nur Spannung liefern sollen, und wenig Leistung, können sie klein gebaut werden
 - Liefern eine Gleich/Wechselspannung die proportional zur Drehzahl ist.

- Ultraschallsensoren
 - Abstandsmessung oder Annäherungserkennung
 - Senden ein Ultraschallsignal aus und messen die Signallaufzeit bis zum Empfang des Echos
 - Für Distanzen bis zu einigen Metern geeignet
- Induktive Näherungsschalter
 - Erkennen die Veränderung des Magnetfeldes bei Annäherung von (magnetischen) Objekten
 - Für kurze Distanzen (einige mm) geeignet
- Optische Reflexions-Lichtschraken
 - Abstandsmessung oder Objekterfassung
 - Basieren auf der Reflexionserkennung von Licht, bzw, auf der Laufzeitmessung von Lichtimpulsen
 - Arbeiten mit Infrarotlicht (z.B Bewegungsmelder) oder sichtbarem monochromatischem Licht, oder mit Laser
 - Geeignet für Distanzen bis zu mehreren Metern

Weitere Sensoren

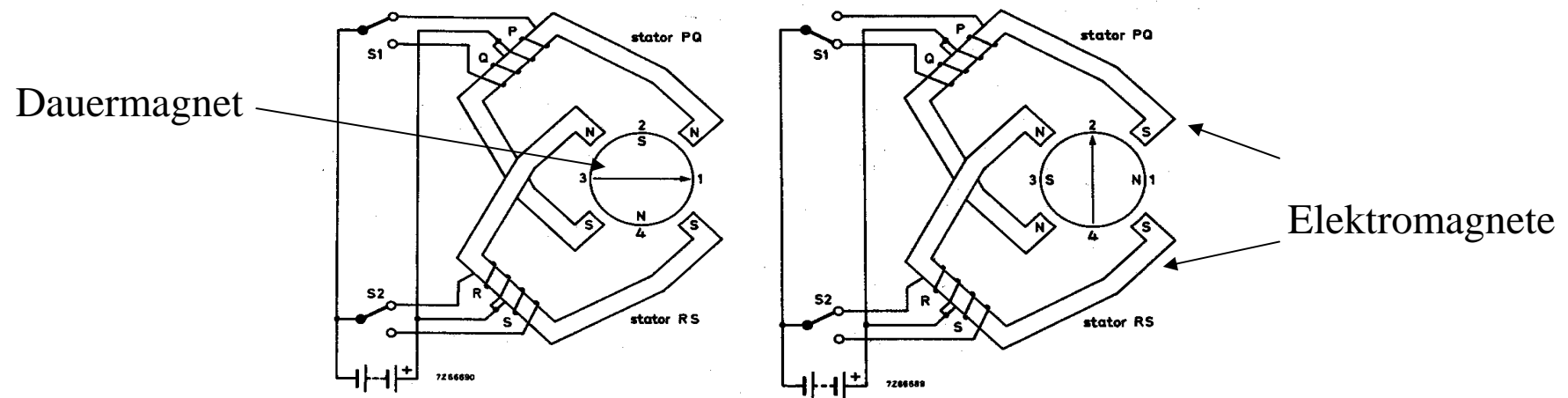
- Feuchtesensor:
 - misst die relative Luftfeuchtigkeit
 - Besteht aus einem Kondensator mit einem Dielektrikum, dessen Dielektrizitätskonstante feuchtigkeitsabhängig ist, d.h. die Kapazität des Kondensators ändert sich mit der Luftfeuchtigkeit
- Durchflussmessung
 - Induktive Sensoren, geeignet für leitfähige Flüssigkeiten
 - Ultraschallsensoren, basierend auf dem Dopplerprinzip

- Mit Aktoren (auch Aktuatoren genannt) werden in einem Prozess Massenströme und Energieflüsse gesteuert.
- Der Aktor wird durch Ausgangssignale der Steuereinrichtung aktiviert.
- Wir können folgende Haupttypen unterscheiden:
 - Motoren (Schrittmotoren, Gleichstrommotoren, Wechselstrommotoren)
 - Ventile
 - Pumpen
 - Hydraulik-Zylinder
 - Schütze
 - Umrichter (Dimmer)
 - etc

Schrittmotor

- Funktionsprinzip:

- Auf der Welle eines Schrittmotors sitzt ein Dauermmagnet (N-Pol, S-Pol).
- Ihn umgeben 2 Elektromagnete die 90° verdreht sind.
- Jeder Magnet lässt sich mit den Schaltern S1, S2 umschalten, d.h. Das Magnetfeld wird umgepolt.
- Die beiden Magnete erzeugen ein gemeinsames Magnetfeld. Der Dauermagnet in der Mitte richtet sich entsprechend dieses Feldes aus. (ungleichnamige Pole ziehen sich an)
- Durch abwechselndes Umschalten der beiden Magnete wird dieses Magnetfeld gedreht. Der Dauermagnet dreht sich entsprechend mit.



- Arten von Schrittmotoren (Stepper motors):
 - Unipolar-Motor:
 - Pro Pol sind zwei gegensinnige Wicklungen angebracht.
 - Diese Wicklungen sind mit je einem Anschluss an Masse, der andere Anschluss wird abwechselnd an Spannung gelegt.
 - Vorteil des Unipolar-Motors ist die einfache Ansteuerung, da nur ein Schaltkontakt pro Anschluss benötigt wird.
 - Nachteil ist ein schlechterer Nutzungsgrad des Motors, d.h. größer bei gleicher Leistung.
 - Bipolar-Motor:
 - Eine Wicklung pro Pol, die mit jeweils umgekehrter Polarität angesteuert wird.
 - Jeder Anschluss wird abwechselnd auf Masse, bzw. an Spannung gelegt.
 - Vorteil: kleinere Baugröße bei gleicher Leistung, da alle Wicklungen immer in Betrieb sind.
 - Nachteil: Aufwendigere Ansteuerung, da pro Anschluss jeweils 2 Schaltkontakte notwendig sind.

- Verwendung finden Schrittmotoren überall dort wo mit geringem Aufwand eine hohe Positioniergenauigkeit erreicht werden soll.
- Anwendungen in der EDV-Welt:
 - Bewegung des Druckkopfes von Druckern
 - Papiertransport in Druckern, Kopierern
 - Bewegung des Schreib/Lesekopfes in Platten-Laufwerken

Weitere Aktoren

- Gleichstrommotor
- Wechselstrommotor
- Ventil

DA- und AD-Umsetzer

- Wenn man eine Spannung digital anzeigen oder verarbeiten möchte, muss man sie in eine entsprechende Zahl umwandeln. Diese Aufgabe erfüllt ein Analog-Digital Umsetzer (ADU, ADC).

- Die Zahl soll proportional der Eingangsspannung sein

$$Z = U_e / U_{\text{LSB}}$$

U_{LSB} ist die Spannung die zum niedrigsten Bit gehört, also zu $Z=1$

- Zur Rückwandlung einer Zahl in eine Spannung verwendet man Digital-Analog Umsetzer (DAU, DAC). Ihre Ausgangsspannung ist proportional zur eingegebenen Zahl.

$$U_a = Z * U_{\text{LSB}}$$

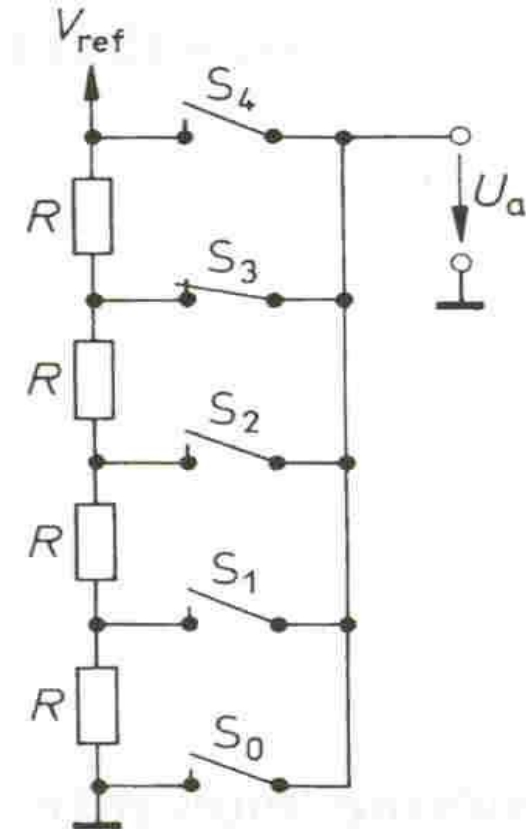
Digital – Analog Umsetzer

- Die Aufgabe des DAU (oder DAC) besteht darin eine Zahl in eine proportionale Spannung umzuwandeln. Man kann 3 Verfahren unterscheiden
 - Parallelverfahren
 - Wägeverfahren
 - Zählverfahren
- Jedes Verfahren hat bestimmte Vor- und Nachteile

Digital – Analog Umsetzer

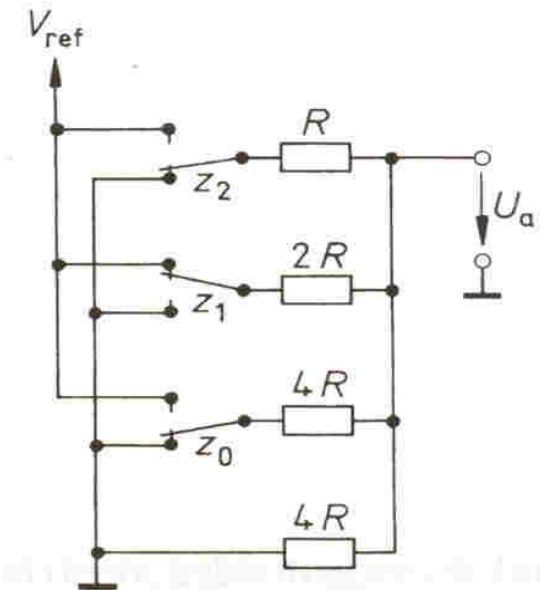
- Parallelverfahren

- Hier werden mit einem Spannungsteiler alle möglichen Spannungswerte zur Verfügung gestellt.
- Mit einem 1 aus n-Dekoder wird dann derjenige Schalter geschlossen, dem die gewünschte Ausgangsspannung entspricht.
- Das Parallelverfahren benötigt die meisten Schalter; für jeden Spannungswert ist ein eigener Schalter nötig. (z.B ein 16Bit DAC benötigt ~65000 Schalter)
- Dieses Verfahren ist sehr aufwändig und teuer
- Es ist das schnellste Verfahren.



Digital – Analog Umsetzer

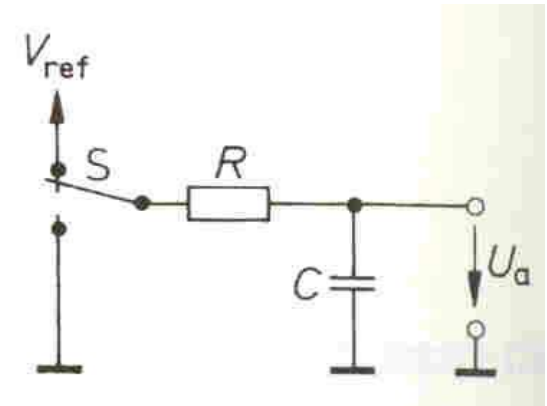
- Wägeverfahren
 - Jedem Bit wird ein Schalter zugeordnet.
 - Über entsprechend gewichtete Widerstände wird dann die gewünschte Ausgangsspannung eingestellt.
 - Das Wägeverfahren benötigt so viele Schalter wie die größte darstellbare Zahl Stellen hat.
 - Ist ein guter Kompromiss zwischen Geschwindigkeit und Aufwand



Digital – Analog Umsetzer

- Zählverfahren

- Hier ist nur ein einziger Schalter erforderlich.
- Dieser wird periodisch geschlossen und geöffnet.
- Sein Tastverhältnis ($T_{\text{on}} / T_{\text{off}}$) wird mittels Pulsbreitenmodulators so eingestellt, dass der arithmetische Mittelwert der Ausgangsspannung den gewünschten Wert annimmt
- Das Zählverfahren erlangt immer mehr Bedeutung, da es sehr einfach in integrierten digitalen Schaltungen eingesetzt werden kann.
- Es ist langsam aber billig
- Anwendungen findet es z.B. In CD-Playern.



Kenngrößen von DAC,ADC

- Zur Bewertung der Qualität von DA/AD Umwandlern sind folgende Kenngrößen wichtig
- Auflösung
 - Anzahl der Bits die für den Wertebereich benötigt werden.
 - z.B. 8 Bit ergibt 256 Schritte (Stufen) der Ausgangsspannung
- Nichtlinearität
 - Gibt an wie stark die Ausgangskennlinie von der idealen Kennlinie abweicht.
 - Wird mit LSB angegeben (Least Significant Bit)
 - z.B. $\pm \frac{1}{2}$ LSB ergibt eine maximale Abweichung von $\frac{1}{2}$ Schritt.
 - Der kritische Punkt ist die Bereichsmitte. Hier wird das MSB eingeschaltet und alle anderen Bits werden ausgeschaltet.
- Umwandlungsdauer (Einschwingzeit)
 - Gibt die Zeitspanne an, vom Anlegen eines bestimmten Zahlenwertes, bis zum Erreichen eines stabilen Ausgangssignals.
 - Typische Werte: 1...10 μ s

Analog – Digital Umsetzer

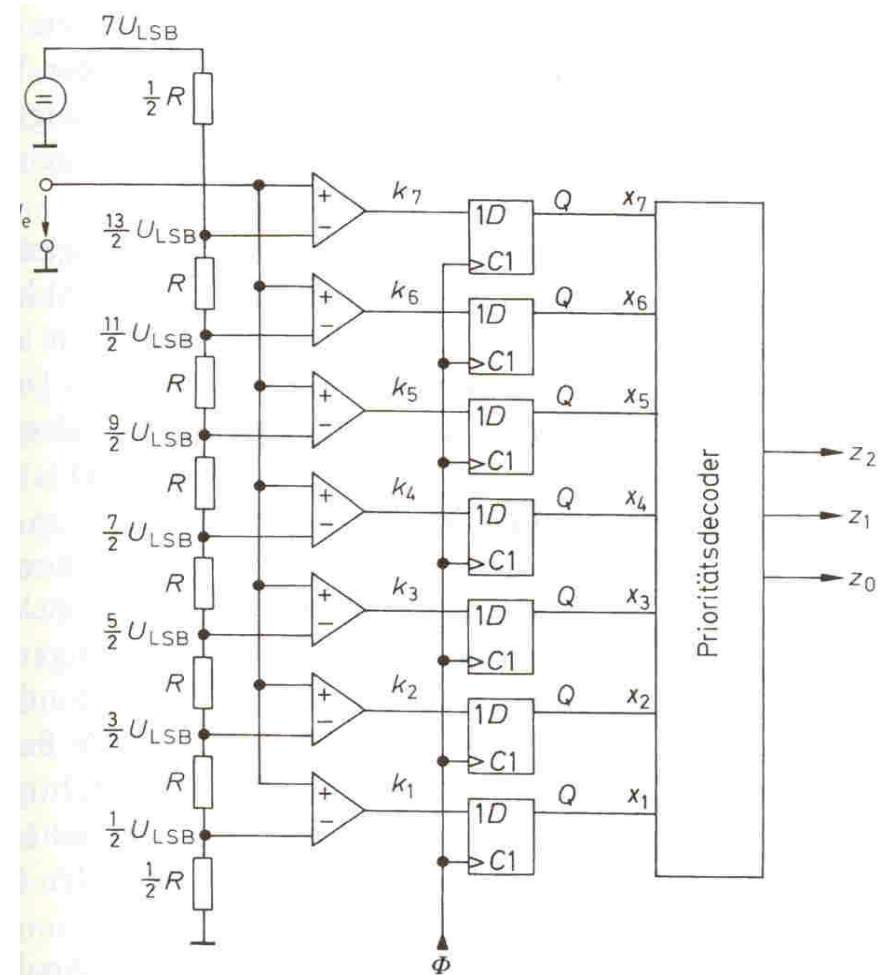
- Beim Umwandeln eines Analogsignals in ein Digitalsignal (Digitalisieren) wird das Analogsignal in regelmäßigen Zeitabständen abgetastet
- Der jeweilige Analogwert wird in einen Zahlenwert verwandelt
- Bei dieser Digitalisierung ist das Shannon-Theorem zu beachten
 - Die Abtastfrequenz muss mehr als doppelt so groß sein, wie die höchste Signalfrequenz
 - Ein Audiosignal hat einen Frequenzbereich von ca. 10Hz bis 20kHz
 - Die Abtastung muss daher mit min 40kHz erfolgen. Das CD-Signal wird daher mit 44,1kHz digitalisiert.

Analog – Digital Umsetzer

- Man kann auch hier 3 Verfahren unterscheiden
 - Parallelverfahren
 - Wägeverfahren
 - Zählverfahren
- Jedes Verfahren hat bestimmte Vor- und Nachteile

Analog – Digital Umsetzer

- Parallelverfahren (z.B 3 Bit ADC)
 - Eine Widerstandskette bildet alle 8 Referenzspannungen.
 - Die Eingangsspannung U_e wird gleichzeitig mit allen Referenzspannungen verglichen
 - Die Komparatoren bei denen die Referenzspannung kleiner als die Messspannung ist liefern eine 1 am Ausgang
 - Die Komparatoren bei denen die Referenzspannung größer als die Messspannung ist liefern eine 0.
 - Man erhält die vollständige Zahl in einem Schritt.
 - Hoher Aufwand. Für einen 10Bit Umsetzer sind 1023 (!) Komparatoren erforderlich.
 - Das Verfahren ist schnell aber teuer.



Prinzip eines 3-Bit ADC

Analog – Digital Umsetzer

- Wägeverfahren
 - Eine Vergleichsspannung U_v wird durch Setzen des höchstwertigen Bits im SAR gebildet.
 - Über den DA-Umsetzer wird der Wert analogisiert, der Komparator vergleicht U_v mit U_x .
 - Ist U_v größer als die Messspannung U_r , wird das Bit wieder auf 0 gesetzt und das nächstniedrigere Bit gesetzt.
 - Ist U_v kleiner als U_r , bleibt das Bit gesetzt, und das nächstniedrigere Bit wird zusätzlich auf 1 gesetzt.
 - Das wird bis zum kleinstwertigen Bit (LSB) weitergeführt.
 - Die gesetzten Bits ergeben den digitalen Wert.
 - Aufwand geringer, aber langsamer.

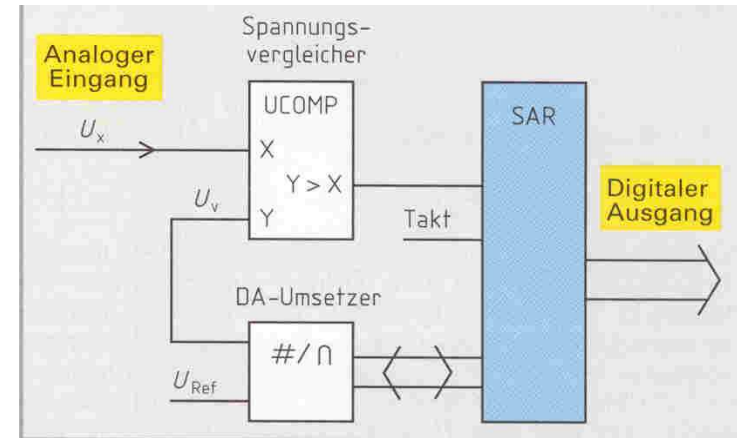


Bild 1: Signalflussplan für den Sukzessive-Approximations-Umsetzer

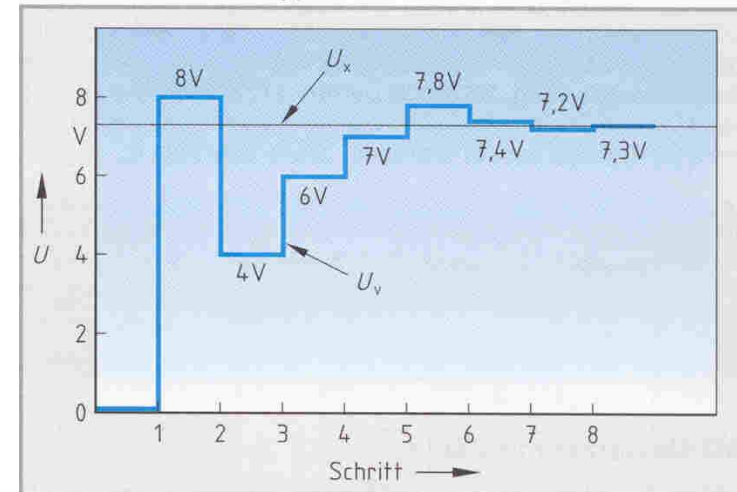
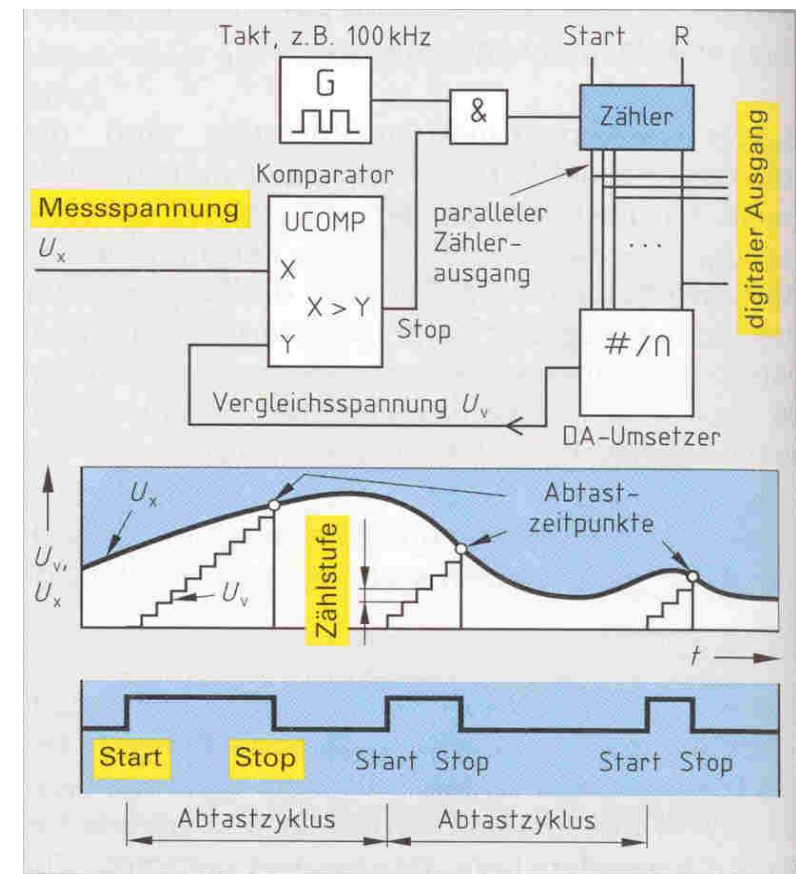


Bild 2: Approximationsvorgang

Analog – Digital Umsetzer

- Zählverfahren (integrierendes Verfahren)
 - Ein DAC wird von einem Zähler gesteuert und erzeugt eine treppenförmige Spannung.
 - Diese wird mit der Eingangsspannung verglichen.
 - Der Zählerstand bei Erreichen der Eingangsspannung ist der gewünschte digitalisierte Zahlenwert der Eingangsspannung.
 - Dieses Verfahren ist sehr langsam, aber kostengünstig. Typische Umwandlungszeiten betragen zw. 1ms und 1 s
 - Geeignet für langsame Prozesse: Temperaturmessung, digitales Voltmeter



- Steuerungssysteme
- Signaleingabe
- Signalausgabe
- Signalverarbeitung
- Programmablauf
- Beispiele

Steuerungssysteme sind Einrichtungen, die einen technischen Prozess beeinflussen.

Einfache Steuerungssysteme:

- Helligkeitssteuerung einer Glühlampe
- Drehzahlstellen bei einer (elektronischen) Bohrmaschine

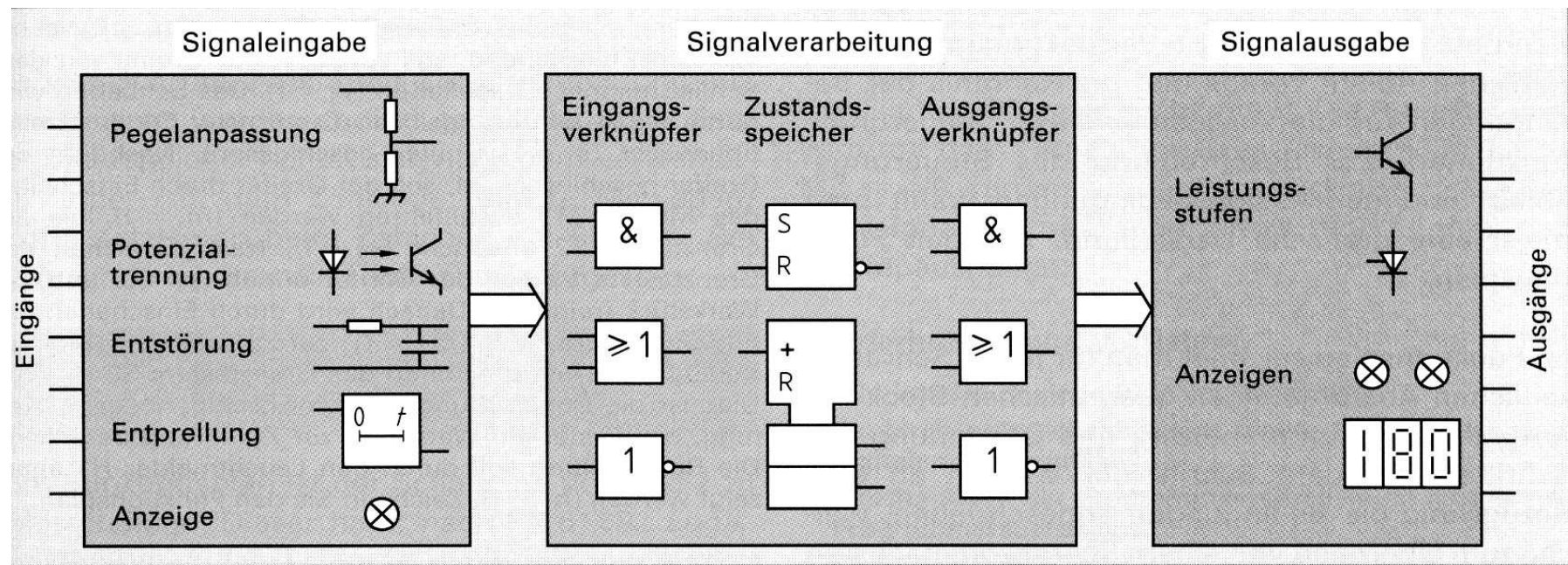
Komplexe Steuerungssysteme

- Produktionssteuerung
- Bestückungsautomaten
- Kraftwerkssteuerung

Steuerungssysteme

Steuerungen bestehen aus den Baugruppen:

- Signaleingabe
- Signalverarbeitung
- Signalausgabe



- dient zur Erfassung und Anpassung der Eingangsgrößen der Steuerung:
 - Pegelanpassung
 - macht z.B. Aus einem 24V Signal ein 5V Signal
 - Potenzialtrennung
 - Messen an Hochspannungssystemen
 - Lange Leitungen, unterschiedliches Erdpotential
 - Verschiedene Spannungsversorgung
 - Entstörung
 - Filtern von störenden Oberwellen
 - RC-Glieder
 - Statusanzeige
 - LEDs
 - etc.

Signalverarbeitung

- Funktionen der Signalverarbeitung
 - Eingangsverknüpfungen
 - Zustandsspeicher
 - Ausgangsverknüpfungen
- Beispiel: Bei einem Rührwerk darf der Rührvorgang erst gestartet werden, wenn Wasser eingelaufen ist und die Solltemperatur erreicht ist.

| |
|------------------------------|
| Wasser & Temperatur = Rühren |
|------------------------------|

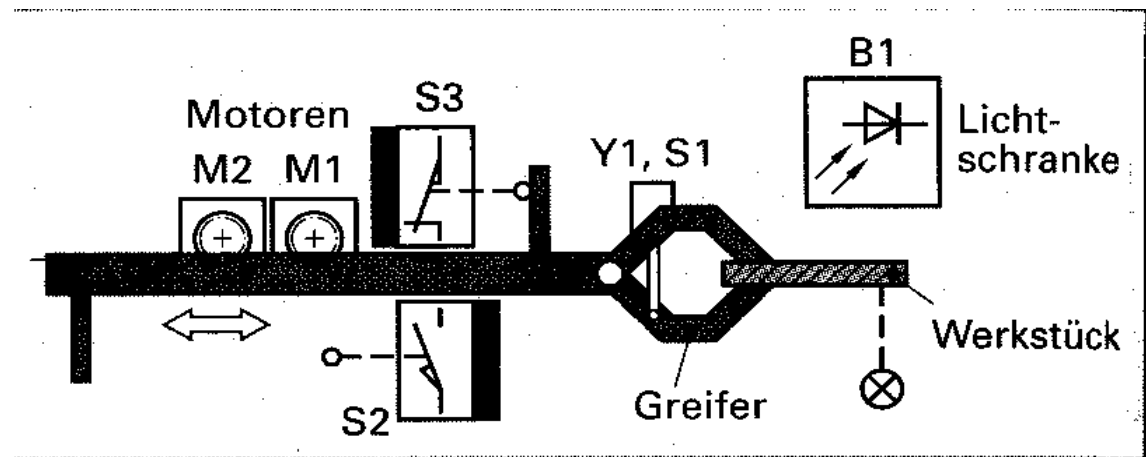
- Für die Signalverarbeitung verwendet man i. A. Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS).
 - Das sind Mikrocomputer, die speziell für Steuerungsaufgaben gebaut sind:
 - Robuste Konstruktion
 - Einfache Programmierung
 - Modularer Aufbau
 - Hohe Störsicherheit

- Hat die Aufgabe Stellglieder zu schalten, die den Prozess beeinflussen.
- Ausgangssignale der Signalverarbeitung (5V), werden an den (üblicherweise) wesentlich höheren Spannungs- und Leistungsbedarf der Aktoren angepasst
- Leistungsstufen schalten Motore oder Ventile
- Anzeigen melden den Prozess-Status
- Etc.

Programm - Ablauf

- Greifer soll das Werkstück einer Presse zuführen.
 - Lichtschranke B1 erkennt Werkstück
 - Magnet Y1 schließt Greifer,
 - Sensor S1 erkennt ‚Greifer geschlossen‘
 - Motor M1 fährt Greifer aus
 - S2 erkennt Endstellung
 - Motor M2 fährt Greifer zurück
 - S3 erkennt Ausgangsstellung

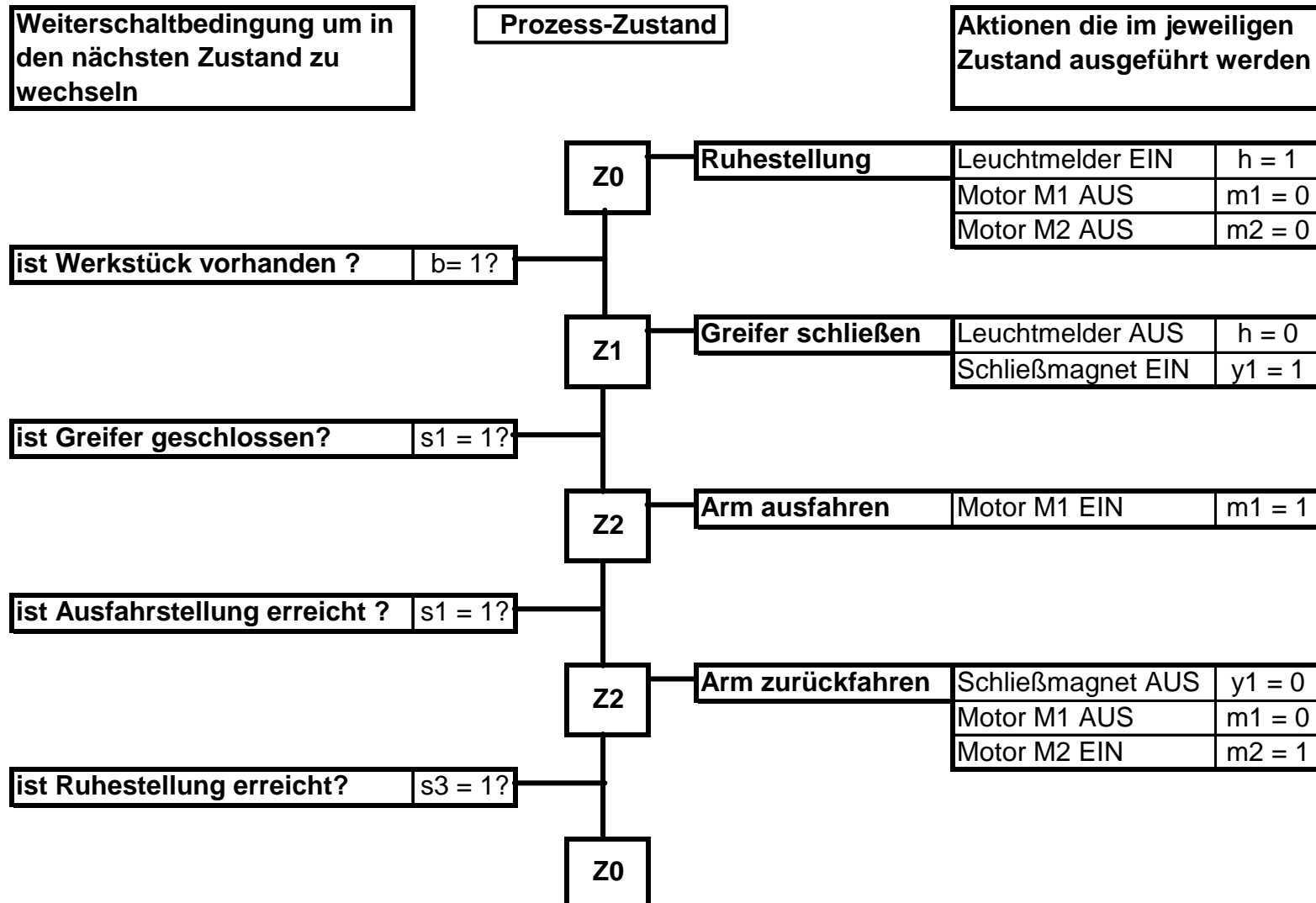
- Gesucht
 - Programm - Ablauf



Programm - Ablauf

- Programm - Ablauf ist eine Darstellungsform für Steuerungsprozesses mit 3 Spalten
- Jede Spalte hat eine bestimmte Bedeutung
 - Die Prozesszustände (Z0..Z3) sind in der Mitte angeführt
 - Links werden die Weiterschaltbedingungen angeführt, tritt die jeweilige Bedingung ein, wird der nächste Zustand angenommen
 - Rechts sind die Aktionen in den jeweiligen Prozesszuständen angegeben

Programm - Ablauf



Beispiel 1: Taster schaltet LED (Siehe Laborübung)

Aufgabe:

LED soll mittels Taster ein/ausgeschaltet werden.

Signaleingabe: Taster mit Pull Up Widerstand

Signalverarbeitung: USB-Master

Signalausgabe: LED mit Vorwiderstand

Gesucht:

Beschaltung

Programm-Ablauf

USB-Master Programm

Beispiel 2: Temperaturmessgerät (Siehe Laborübung)

Aufgabe:

Es soll die Umgebungstemperatur gemessen werden und an einem Terminal angezeigt werden..

Signaleingabe: Temperatursensor

Signalverarbeitung: Mikrocontroller

Signalausgabe: PC über Download-Kabel

Gesucht:

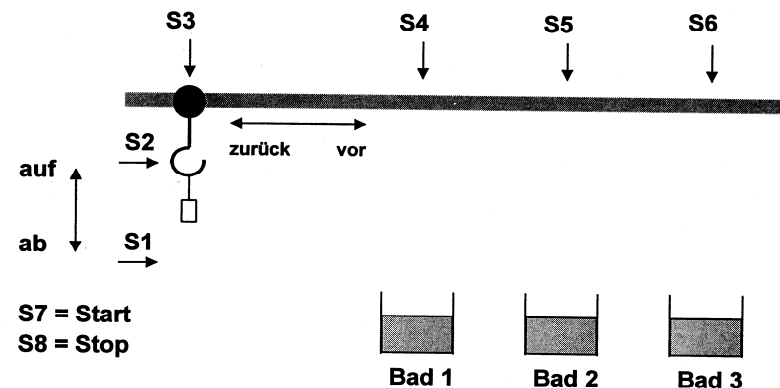
Beschaltung

Programm-Ablauf

USB-Master Programm

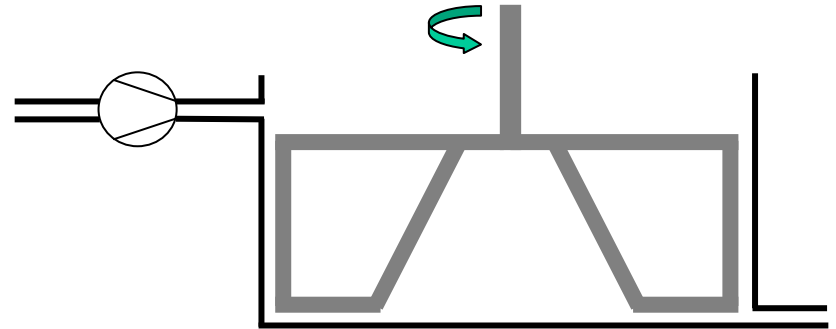
Beispiel 3: Galvanikbad

- Prozessbeschreibung
 - Das Werkstück wird nacheinander in die 3 Galvanikbäder getaucht.
 - Das Werkstück wird manuell eingehängt
 - Der Ablauf wird mittel START-Taste gestartet. .
- Aufgabe
 - Wählen Sie geeignete Sensoren und Aktoren aus, um die gewünschten Funktionen zu erreichen.
 - Zeichnen Sie deren Positionen ein
 - Erstellen Sie den Programm-Ablauf



Beispiel 4: Rührwerk,

- Prozessbeschreibung:
 - Manuelles Einfüllen des Granulats
 - Füllen des Behälters mit Wasser
 - Erwärmen auf 75°C
 - Rühren
 - Behälter entleeren
- Aufgabe:
 - Wählen Sie geeignete Sensoren und Aktoren aus und zeichnen Sie deren Positionen ein
 - Erstellen Sie den Programm-Ablauf



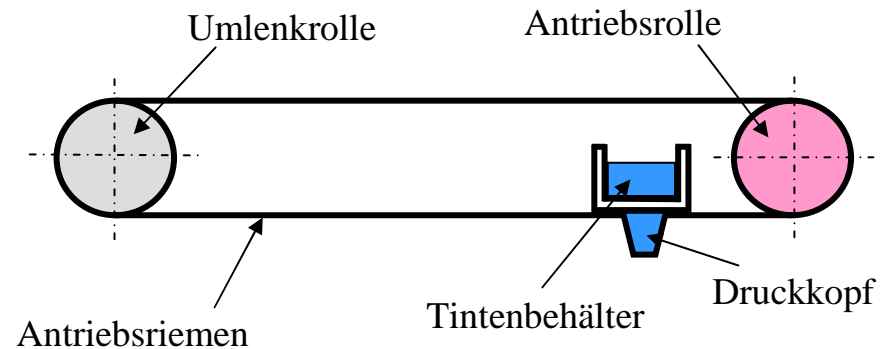
Beispiel 6: Druckkopfsteuerung

Prozessbeschreibung:

1. Ruhestellung = Warten auf Druckauftrag
2. Prüfen der Homeposition
3. Prüfen des Füllstandes des Tintenbehälters
4. Drucken einer Zeile
5. Prüfen ob Zeile vollständig gedruckt wird (prüfen auf vollständige Kopfbewegung)

- Aufgabe:

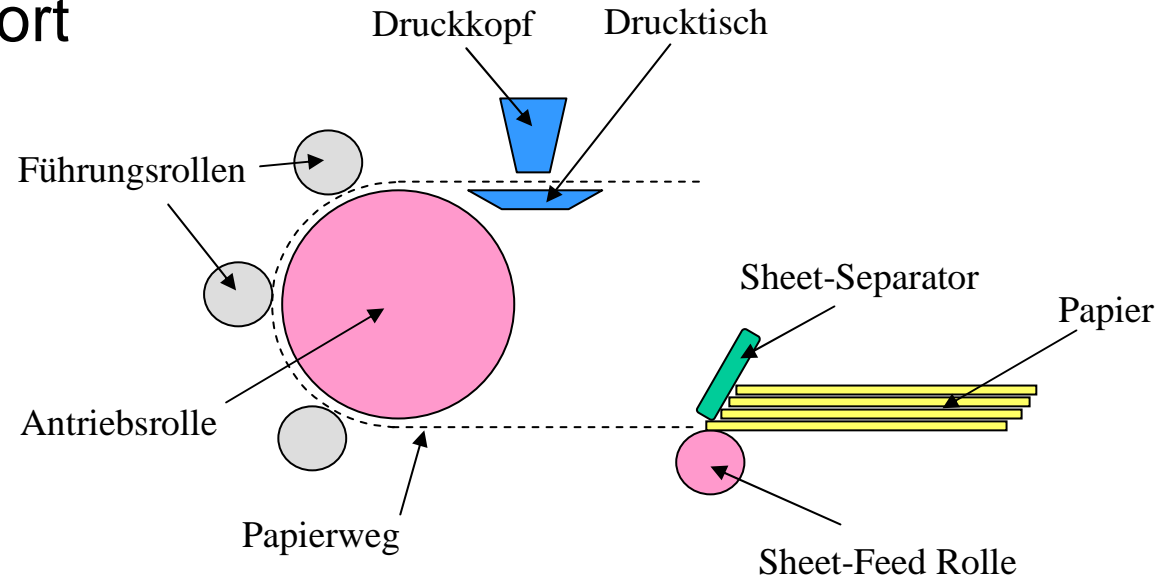
- Wählen Sie geeignete Sensoren und Aktoren aus und zeichnen Sie deren Positionen ein
- Erstellen Sie den Programm-Ablauf



Beispiel 7: Papiertransport

Prozessbeschreibung:

1. Ruhestellung = Warten auf Druckauftrag
2. Prüfen ob Papier im Sheet-Feeder eingelegt ist
3. Papier der Transporteinheit zuführen
4. Prüfen der Druckposition
5. Drucken
6. Prüfen des Blattendes



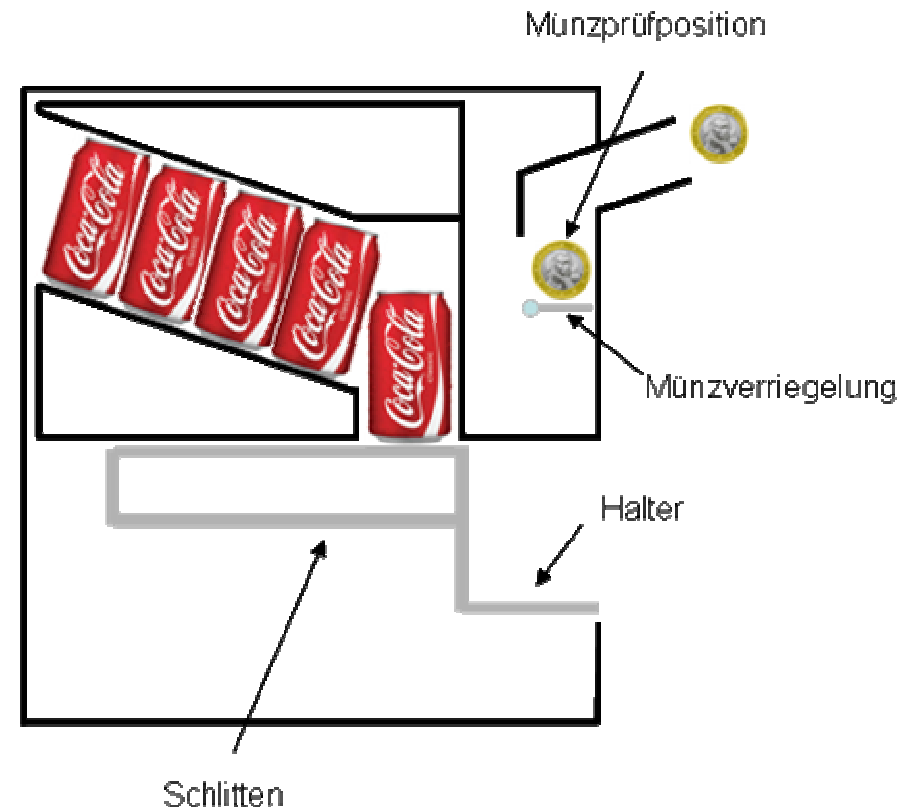
- Aufgabe:

- Wählen Sie geeignete Sensoren und Aktoren aus und zeichnen Sie deren Positionen ein
- Erstellen Sie den Programm-Ablauf

Beispiel 8: Getränkeautomat

Prozessbeschreibung:

1. Ruhestellung
2. Sobald Münze erkannt wird fährt der Schlitten in die Ladestellung
3. Dose rutscht in den Halter und der Schlitten fährt aus
4. Münzverriegelung geöffnet
5. Nach Entnahme fährt der Schlitten in Ruhestellung



- Aufgabe:
 - Wählen Sie geeignete Sensoren und Aktoren aus und zeichnen Sie deren Positionen ein
 - Erstellen Sie den Programm-Ablauf

- Robotik ist die Lehre von Handhabungsgeräten. Das sind Einrichtungen, die zur koordinierten Bewegung oder Anordnung von Gegenständen dienen
- Beispiel Bestückungsautomaten:
 - Nehmen elektronische Bauteile auf und platzieren sie in der richtigen Position auf der Printplatte.
- Wir können allgemein folgende Typen unterscheiden:
 - Manipulatoren
 - Festprogrammierte Handhabungsautomaten
 - Roboter (frei programmierte Automaten)

Manipulator

- Bewegungsgeräte, die von Hand gesteuert werden.
- Beispiel: Ein Handhabungsgerät zum Bewegen schwerer Schmiedewerkstücke.
- Mittels handgesteuerter Eingabegeräte (Hydraulikventile, Potentiometer) werden Greifer und Arme unter Sichtkontrolle über entsprechende Aktoren (Hydraulikzylinder, Motoren) bewegt.



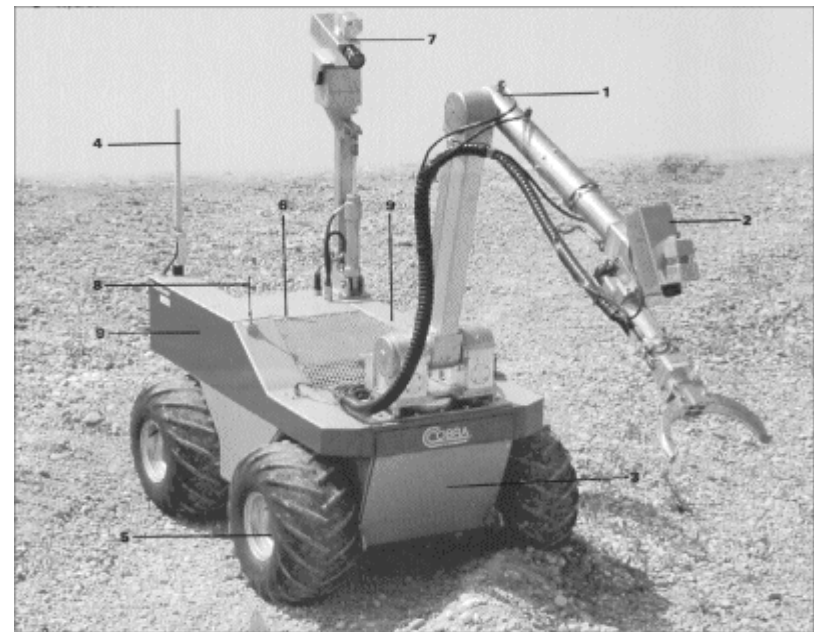
Teleskop-Manipulator für Arbeiten in radioaktiver Umgebung:

Bewegungen des Handgriffes werden auf den Greifarm übertragen und dort ausgeführt.

Manipulator

- Manipulatoren können auch ferngesteuert werden, man spricht dann auch von Teleoperatoren.

1. Precision manipulator arm with up to seven possibilities to move
2. CCD-camera with illumination
3. Aluminium chassis
4. Video antenna
5. Hydraulic four wheel drive with different tyre sizes
6. Access plates for power pack and batteries
7. Upwards and downwards swingable colour CCD-camera
8. All functions radiocontrolled
9. Easily accessible stow boxes for control units and electronics



- Handhabung von Gefahrgut



Zur Bergung von Bomben aus Autos



Festprogrammierte Handhabungsgeräte

- Verwendet man für immer gleich bleibende Bewegungsvorgänge
- Beispiel: Beim Beschicken einer Presse oder zur Montage von Serienfabrikaten.
- Die Geräte sind meist mit pneumatisch betriebenen Hub- und Drehzylindern aufgebaut, wobei die einzelnen Teilbewegungen durch Grenztaster und Ventile in den Endlagen begrenzt werden.
- Bewegungsabläufe werden z.B. Mittels einer Taktstufensteuerung gesteuert.
- Diese Geräte bezeichnet man auch als Einlegegeräte, oder engl. Pick and Place machines

- Sind universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen.
- Die Bewegungen sind frei programmierbar, und können auch mittels Sensoren gesteuert werden.
- Sie sind mit Greifern, Werkzeugen oder anderen Fertigungsmittel ausrüstbar und können Handhabungs- oder Fertigungsaufgaben ausführen.
- Eine Vielzahl an Ausführungen verfügbar
 - Knickarm-roboter
 - Portalroboter
 - SCARA Roboter
 - Hexapod Roboter

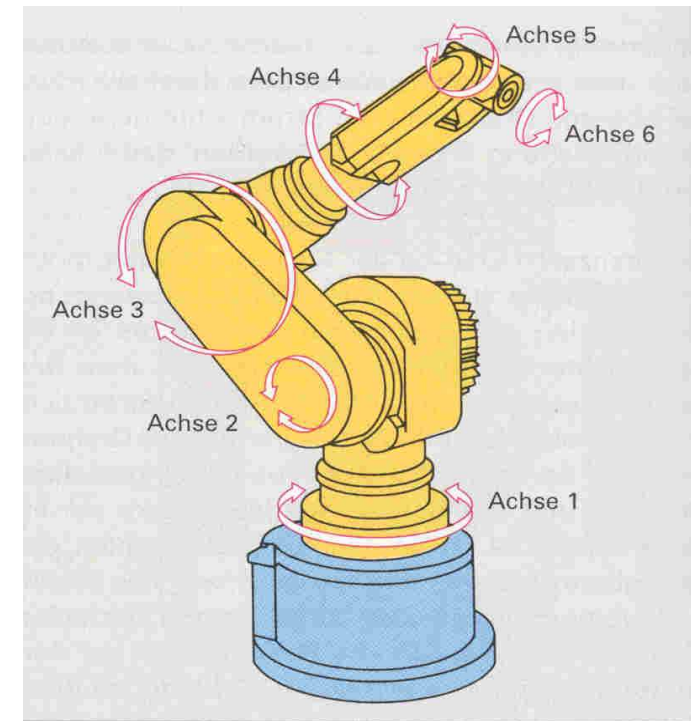
- Der kinematische Aufbau eines Industrieroboters wird durch die Art und Zahl der Bewegungseinheiten (Achsen) bestimmt.
- Die Bewegungseinheiten sind Drehgelenke (rotatorische Achsen, R-Achsen) oder geradlinige Führungen (translatorische Achsen, T-Achsen).

Hauptachsen:

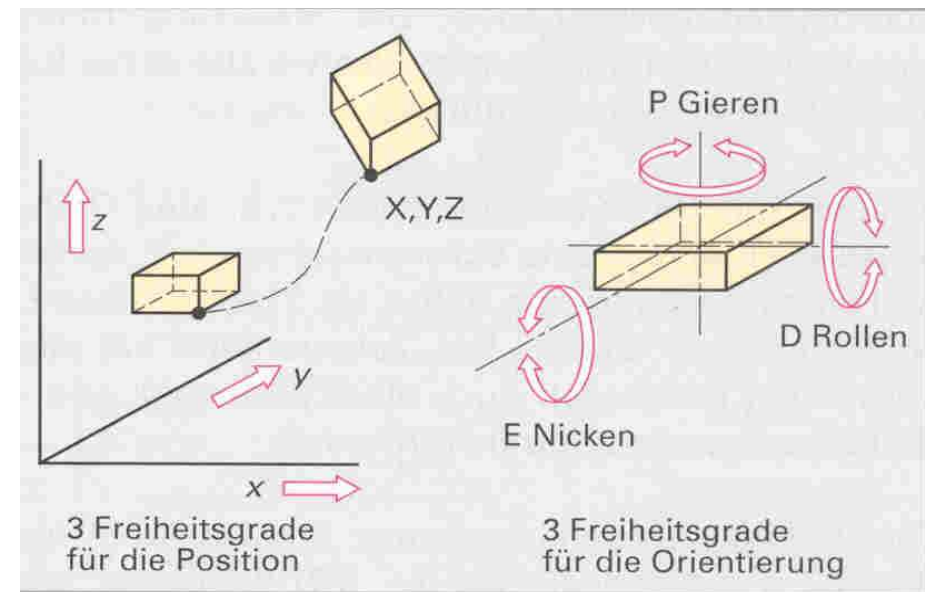
Zur Bewegung des Greifers an jede beliebige Position des Arbeitsraumes (Achsen 1 – 3).
Sie bilden den Roboterarm

Handachsen:

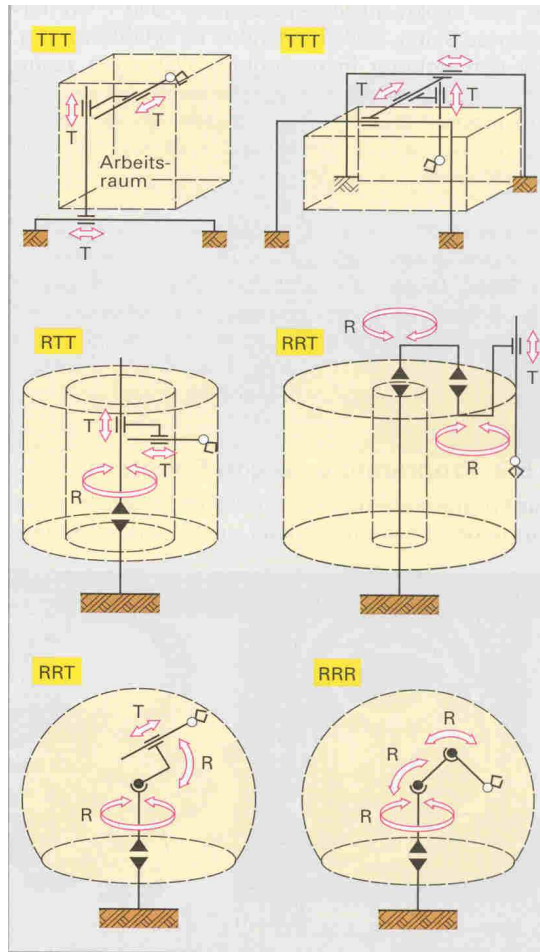
Zur Einstellung eines Greifers werden weitere 3 Achsen benötigt. (Achsen 4..6).
Damit lässt sich jede beliebige Orientierung des Greifers erreichen.



- Bewegungsmöglichkeiten werden unterteilt in
- Hauptachsen
 - Position in Raum:
- Handachsen
 - Orientierung des Werkzeugs



- Kinematik, Art und Weise der Bewegungen



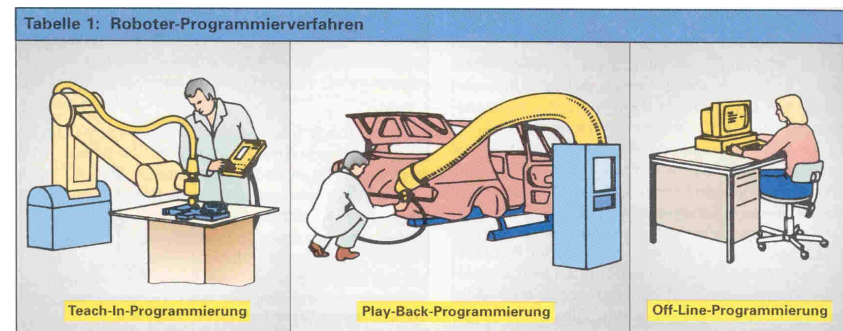
TTT-Kinematik:
3 translatorische Bewegungen.
Der Arbeitsraum ist quaderförmig

RTT-Kinematik:
1 rotatorische Achse
2 translatorische Achsen.
Der Arbeitsraum ist zylinderförmig

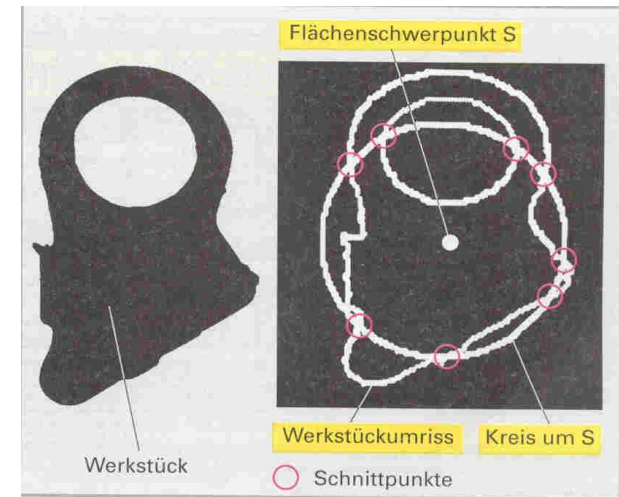
RRR-Kinematik:
3 rotatorische Achsen.
Der Arbeitsraum ist kugelförmig

- TTT-Kinematik
 - Die Bewegungen erfolgen entsprechend der x, y, z Koordinaten des Zielpunktes im Raum.
 - Die Berechnung der Teilbewegungen ist daher relativ einfach.
 - Der Aufbau von translatorischen Achsen benötigt allerdings in der Regel mehr Platz, die Bauteile haben mehr Masse.
 - Die Bewegungen sind daher relativ langsam.
- RRR-Kinematik
 - Alle Bewegungen werden über Drehgelenke ausgeführt. Die Gelenkroboter haben den geringsten Platzbedarf und benötigen die kleinsten Beschleunigungen.
 - Gut geeignet für schnelle Bewegungen.
 - Die Raumkoordinaten sind hier in Winkelkoordinaten umzurechnen.
 - Diese Koordinatentransformation ist laufend durchzuführen, und ist hier besonders rechenintensiv.

- Programmierung kann über mehrere Wege erfolgen
 - Teach In
 - Der Roboterarm mit dem Werkzeug wird mittels Joystick o.ä. an die Fixpunkte der Bahnbewegung geführt
 - Das erfolgt ganz langsam, wenn nötig auf 1/10 mm
 - Die Bahnbewegung wird dann unter Verwendung der Fixpunkte offline programmiert
 - Play Back
 - Für komplizierte Bahnbewegungen wird das Werkzeug manuell entsprechend der gewünschten Bahn und Orientierung geführt
 - die Bewegung wird gespeichert.



- Beim geordneten Zuführen von Werkstücken, muss deren genaue Lage erkannt werden.
- Dies erfolgt meist durch optische Verfahren.
- Eine Videokamera nimmt das Objekt auf, das Bild wird digitalisiert und die Konturlinien ermittelt.
- Danach wird der Flächenschwerpunkt ermittelt und ein Kreis gebildet.
- Die Schnittpunkte zwischen Konturbild und Referenzkreis ergeben eine charakteristische Winkelfolge bezüglich des Schwerpunkts. Aufgrund dieser Winkelfolge kann die notwendige Drehbewegung in die Soll-Lage ermittelt werden.



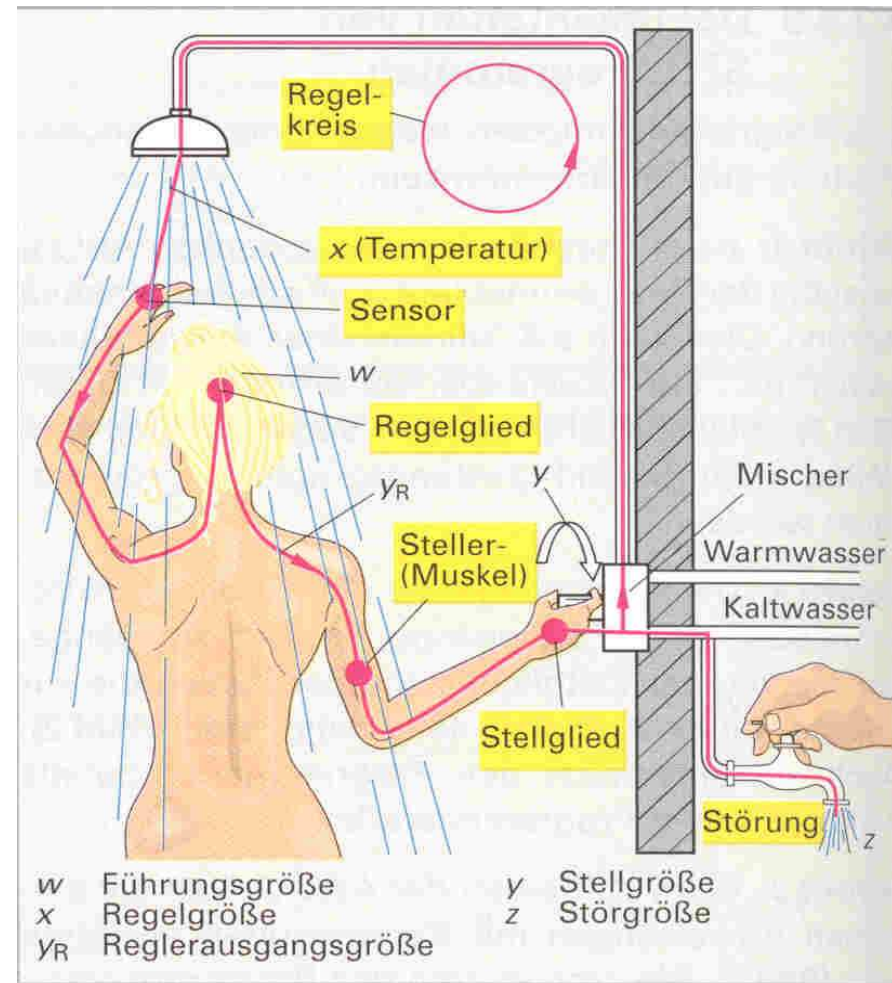
- NEC hat einen Spiel-Roboter entwickelt, der aber auch Überwachungsfunktionen ausführen kann.
 - Spracherkennung
 - Bilderkennung
 - Bewegungssensor + Webcam
- Es existiert eine Vielzahl an Robotern für den Einsatz im Haushalt
 - Poolreinigen
 - Staubsaugen
 - Rasenmähen
 - Streichtiere
 - Etc.

- Regeln ist das selbsttätige Beeinflussen von Prozessen in gezielter Weise.
- Im Gegensatz zum Steuern handelt es sich dabei um einen geschlossenen Wirkungsablauf
- Die Größen, die den Prozess beeinflussen werden mit geeigneten Regeleinrichtungen selbständig gebildet.
- Regelungsvorgänge spielen in der Natur und in der Technik eine große Rolle.
- Biologische Regelungsvorgänge halten z.B. die Körpertemperatur konstant, oder passen die Herzfrequenz an den Sauerstoff - und Energiebedarf des Körpers an.

- Was ist Regeln:
- **Regeln** ist ein Vorgang, bei dem eine **Regeleinrichtung** die zu regelnde Größe (**Regelgröße**) fortlaufend erfasst (**Istwert**), sie mit der **Führungsgröße (Sollwert)** vergleicht und im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst.
- Kennzeichnung der Regelung ist der **geschlossene Wirkungsablauf**.

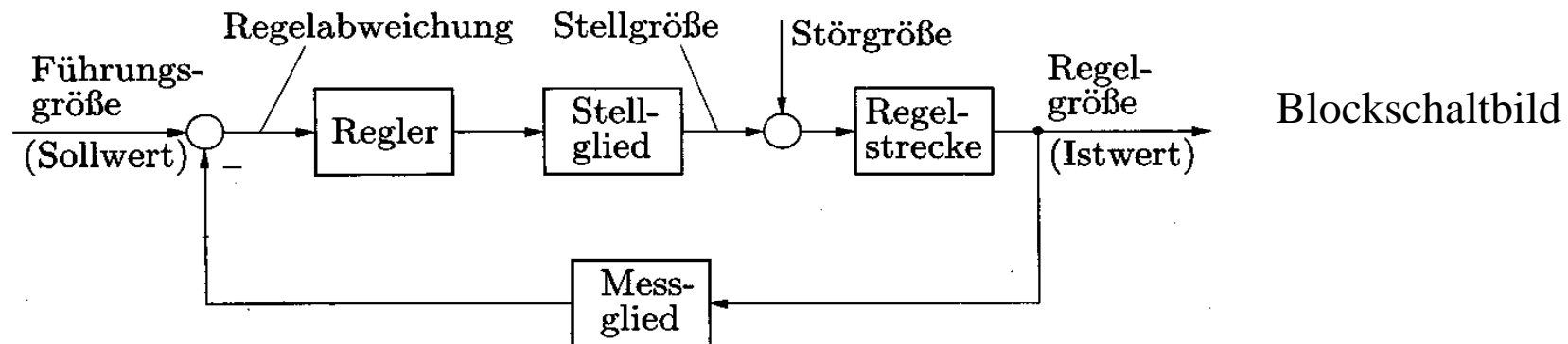
Der Mensch als Regler

- Fühlen der Wassertemperatur
- Erkennen ob zu warm / zu kalt
- Verändern des Mischventils in die gewünschte Richtung
- So lange bis Wassertemperatur angenehm ist



Regelkreis

Elemente eines Regelkreises



Regelstrecke

Regelgröße (Istwert)

Messglied

Führungsgröße (Sollwert)

Regelabweichung

Regler

Störgröße

Stellglied

Das zu regelnde System (Dusche).

durch die Regelung absichtlich beeinflusste Größe
liefert dem Regler einen Messwert der Regelgröße in einer
aufbereiteten Form (z.B. Temperatursensor)

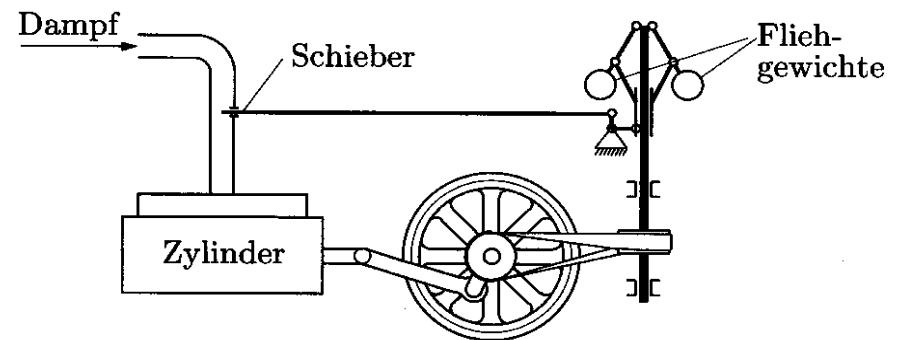
Der gewünschte Wert der Regelgröße (z.B. Wunschtemperatur)
Differenz zwischen Sollwert und Istwert.

bildet aus der Regelabweichung ein Signal das der Regelstrecke
zugeführt wird, um die Regelgröße so zu verändern, dass die
Regelabweichung verschwindet.

beeinflusst die Regelstrecke in einer zufälligen und unerwünschten
Weise, und erzeugen eine Regelabweichung
wandelt die Reglerausgangsgröße um in die Stellgröße.

Mechanische Drehzahlregelung

Aufgabe:
Ordnen Sie die Elemente
eines Regelkreises richtig zu:

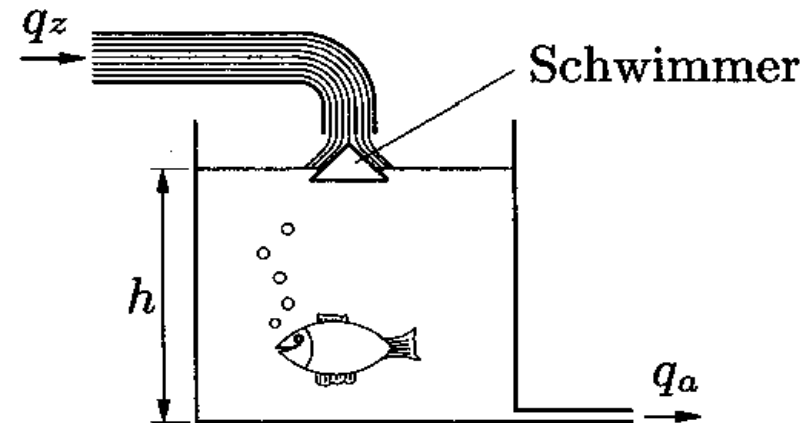


| | |
|---------------|----------------------------------|
| Regelgröße | Drehzahl |
| Regelstrecke | Schieberstellung bis Drehzahl |
| Führungsgröße | Gewünschte Drehzahl |
| Regler | Fliehgewichte |
| Störgröße | Laständerungen (bergauf, bergab) |
| Stellgröße | Schieberstellung |

Füllstandregelung

Aufgabe:

Ordnen Sie die Elemente
eines Regelkreises richtig zu:



Regelgröße

Aktueller Wasserstand

Regelstrecke

Ventilstellung bis Wasserstand

Führungsgröße

Gewünschter Wasserstand (voll)

Regler

Schwimmer

Störgröße

Abfluss, Spülung betätigen

Stellgröße

Schwimmerstellung

- Ziel eines Regelvorgangs ist es, den Istwert einer Regelstrecke **möglichst schnell** an den Sollwert anzugleichen, und dann trotz Störgrößen möglichst konstant zu halten.
- Probleme in der Praxis:
 - Sollwert wird zu langsam erreicht
 - Regelung schwingt
 - Überschwingen
- Um die Ziele erreichen zu können, muss das dynamische (zeitliche) Verhalten der Regelstrecke bekannt sein.

Regelkreiselemente

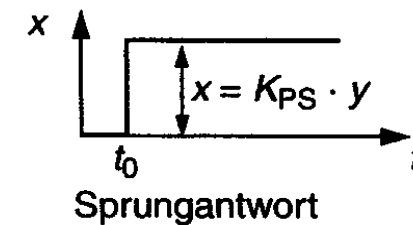
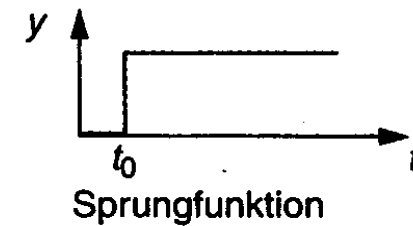
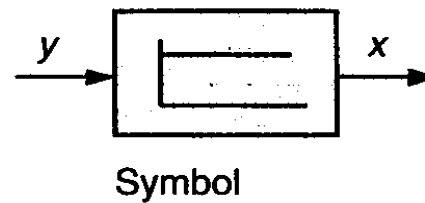
- Die Elemente oder Glieder eines Regelkreises (Strecke, Regler, Stellglied, Messglied) sind meist einfache regelungstechnische Grundelemente, oder lassen sich aus solchen zusammensetzen.
- Regelkreisglieder werden gekennzeichnet durch:
 - Sprungantwort auf eine Sprungfunktion am Eingang
 - Reaktion auf Sinusförmiges Eingangssignal
 - Bodediagramm (Amplitudenverhältnis und Phasenverschiebung)

Proportionalglied

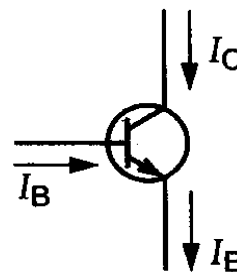
Ausgangsspannung ist proportional zum Eingangssignal.

Kenngroße des P-Glieds ist der Proportionalitätsbeiwert oder auch Verstärkungsfaktor.

$$K_{PS} = \frac{x}{y}$$



a) allgemein



$$I_B \triangleq y, \quad I_C \triangleq x$$

$$K_{PS} = \frac{x}{y} = \frac{I_C}{I_B} = B$$

b) Transistor

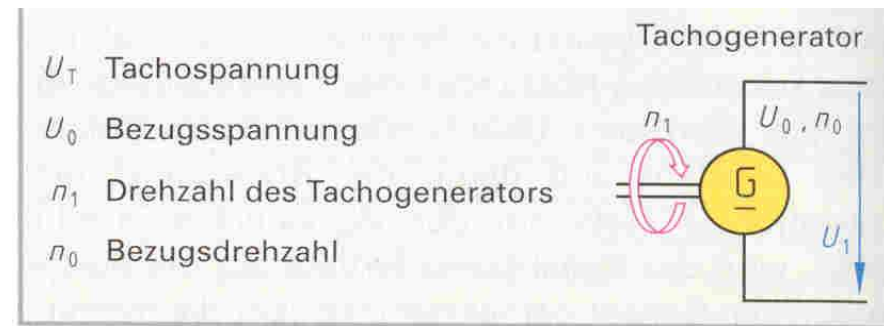
Regelkreiselemente

Proportionalglied

Beispiele

Tachogenerator:

Verstärkungsfaktor: $K_p = U_1/n_1$



Ohm'scher Widerstand:

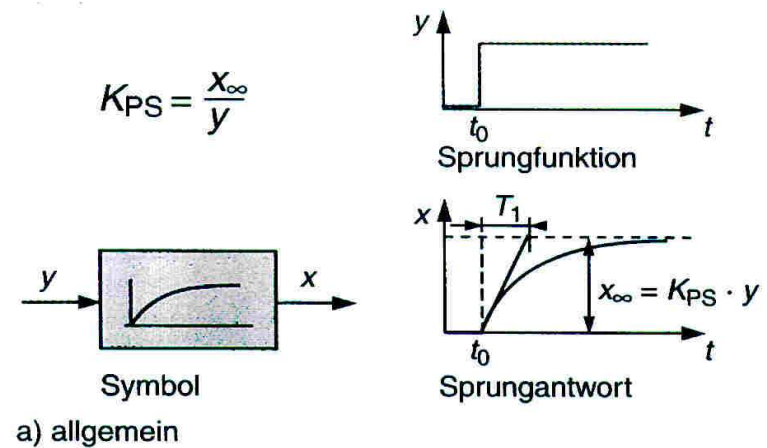
$$I = 1/R * U$$

Verstärkungsfaktor: $K_p = I/U = 1/R$

PT1-Glied

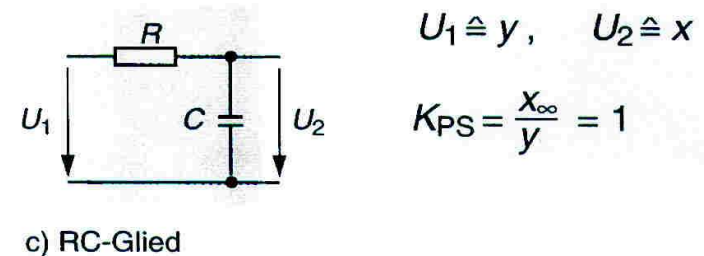
Proportionalglied mit
Verzögerung 1. Ordnung

Zeitkonstante ist ein Maß
für die Verzögerung, d.h.
Steilheit des Anstiegs



- Beispiel:

- RC-Glied
- Zeitkonstante $T = R \cdot C$

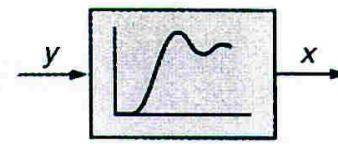
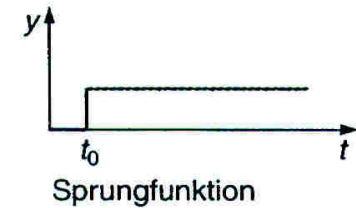


- PT1-Glied
- Kennzeichnend für ein PT1-Element sind
 - Proportionalbeiwert: $K_{ps} = X_{\infty} / Y$
 - Verzögerungszeitkonstante: T_1
- Der Proportionalbeiwert kann nach Abklingen des Verzögerungsvorgangs aus Regelgröße und Stellgröße ermittelt werden.
- Der Anstieg der Regelgröße erfolgt nach einer e-Funktion. Nach Ablauf der Zeit T hat die Regelgröße 63% ihres Endwerts erreicht.
- PT1-Elemente haben immer einen Energiespeicher (Masse, Kondensator)
- Weitere Beispiele: Gleichstrommotor

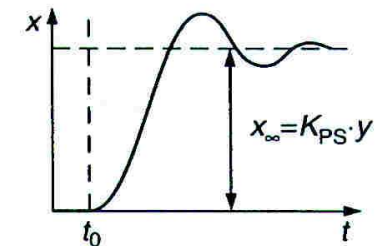
PT2-Glied

Proportionalglied mit
Verzögerung 2. Ordnung

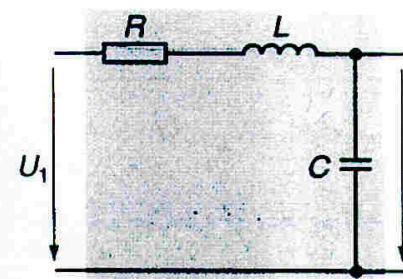
$$K_{PS} = \frac{x_{\infty}}{y}$$



Symbol



a) allgemein



b) Schwingkreis

$L, C \triangleq$ Speicher
 $R \triangleq$ Dämpfung

$U_1 \triangleq y$
 $U_2 \triangleq x$

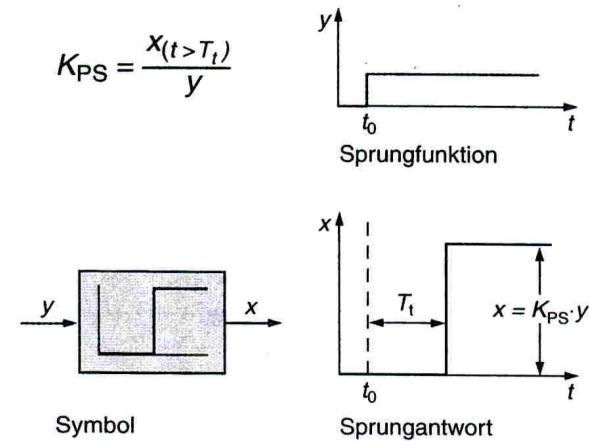
Regelkreiselemente

- PT2-Glied
- Ein PT2-Glied setzt sich aus 2 in Serie geschalteten PT1-Gliedern zusammen. Das verzögerte Signal des ersten PT1, wird durch den zweiten Energiespeicher nochmals verzögert.
- Stehen die beiden Energiespeicher im gegenseitigen Energieaustausch so spricht man auch von einem Schwingungsglied
- Kenngrößen eines schwingfähigen PT2-Elements:
 - Kreisfrequenz: $\omega = 2\pi f$
 - Dämpfungsgrad: $D =$ ungedämpfte Schwingung
 - $D = 0..1$ gedämpfte Schwingung
 - $D > 1$ PT2 Verhalten
- Beispiele: Einschwingen von Zeigerinstrumenten (Masse + Feder)

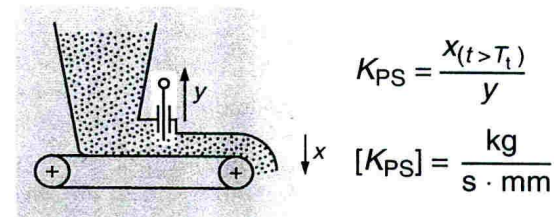
Regelkreiselemente

Totzeitelement:

Totzeitglieder haben eine proportionale Änderung des Ausgangs zur Folge, allerdings erst nach einer gewissen Zeit, der Totzeit



a) allgemein



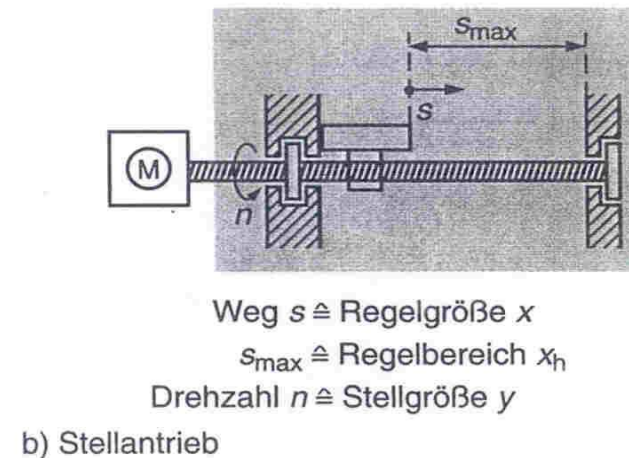
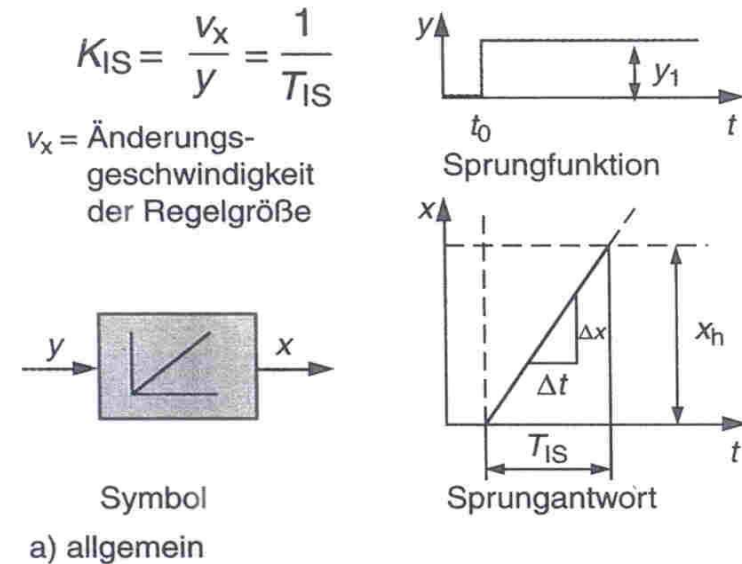
$y \triangleq$ Schieberstellung
 $x \triangleq$ Fördermenge pro Zeit

b) Förderband

- Totzeitelement:
- Totzeit-Glieder treten immer bei digitalen Regelungen auf. Die Abtastung mittels Computer führt zu einer Verschiebung des Verarbeitungsvorgangs um die Taktzeit der Abtastung (ms-Bereich)
- Größere Totzeiten sind schwierig zu beherrschen, und in der Regelungstechnik eher gefürchtet.
- Beispiel: Schweinezyklus, Dusche

Regelkreiselemente

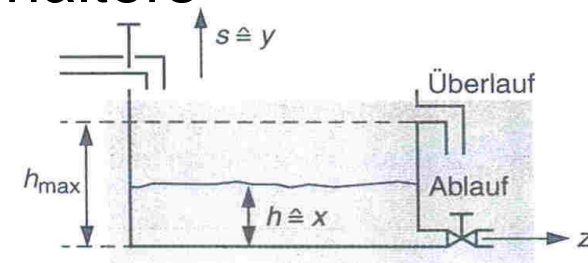
I-Glied: Element mit integrierendem Verhalten



I-Glied:

Nach einem Sprung der Stellgröße nimmt die Regelgröße einer integrierenden Strecke mit konstanter Änderungsgeschwindigkeit zu.

- Der Anstieg erfolgt so lange, bis die Stellgröße = 0 wird, oder die Strecke eine Begrenzung erreicht (Anschlag)
- Beispiel: Füllstand eines Wasserbehälters



Schieberstellung $s \triangleq$ Stellgröße y

Füllstand $h \triangleq$ Regelgröße x

$h_{\max} \triangleq$ Regelbereich x_h

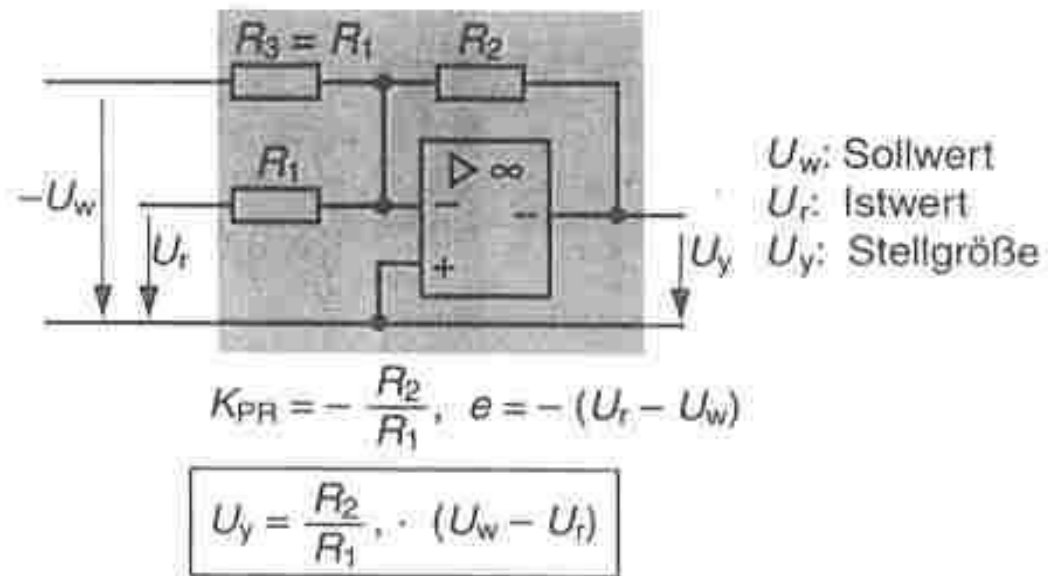
c) Füllstandsregelstrecke

- Verhalten analoger Regler:
- Das Ziel jeder Regelung ist es, das zeitliche Verhalten des gesamten Wirkungsablaufs (Regler – Steller – Strecke – Vergleich) zu optimieren.
- Wenn das dynamische Verhalten der Regelstrecke bekannt ist, kann man einen geeigneten Reglertyp auswählen.
- Wir können folgende Grundtypen unterscheiden:
 - Proportional-Regler (P-Regler)
 - Integral-Regler (I-Regler)
 - Differential-Regler (D-Regler)

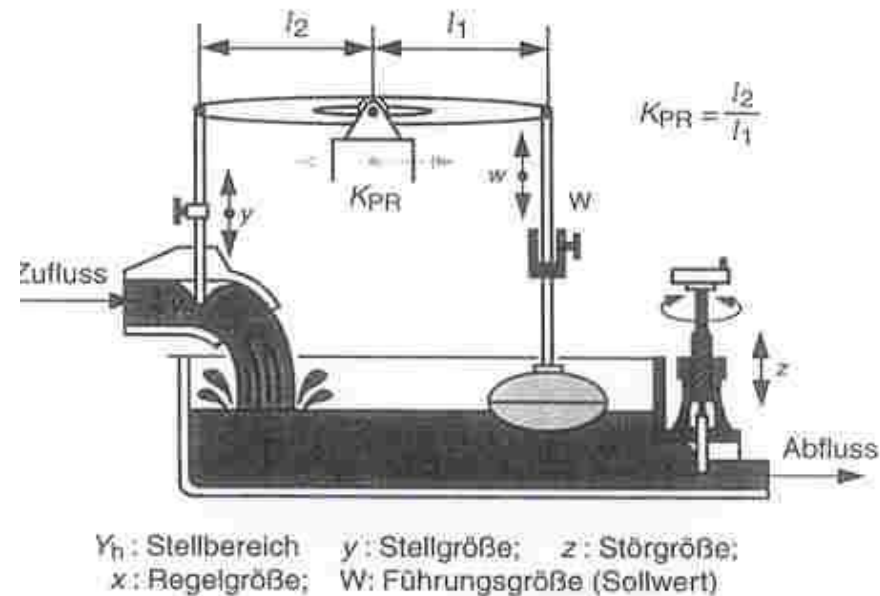
P-Regler, Proportionalverhalten

- Bei einem P-Regler ist jeder Regeldifferenz ein bestimmter Wert der Stellgröße zugeordnet.
- Bei einem P-Regler ist die Stellgröße proportional der Regeldifferenz
- Kenngröße: Proportionalitätsbeiwert
- Das Übertragungsverhalten:
- $y = K_{pr} * e + y_0$
- Wobei y_0 der Anfangswert der Stellgröße bei $e = 0$ ist
- Proportional-Regler sind schnelle Regler ohne Verzögerung.
- Sie können Störungen aber nicht vollständig ausregeln, es entsteht immer eine bleibende Regelabweichung

- Elektronischer P-Regler:
 - Wird mit einem Operationsverstärker aufgebaut.
 - Ein OV ist ein (nahezu) idealer Verstärker, der einen sehr kleinen Eingangswiderstand hat ($\cong 0$) und eine sehr hohe Verstärkung ($\cong \infty$).
 - Das Verhalten wird durch die äußere Beschaltung bestimmt.



- Mechanischer P-Regler (Füllstand-Regler)
 - Hier kann man das Entstehen der bleibenden Regelabweichung verdeutlichen.
 - Bei Erhöhung der Abflussmenge muss auch die Zuflussmenge erhöht werden.
 - Das ist nur möglich, wenn der Schwimmer auf niedrigerem Niveau bleibt.



- I-Regler
 - Integrales Verhalten
 - Die Stellgröße wird so lange erhalten bis die Regelabweichung vollständig verschwindet
 - Es gibt keine bleibende Regelabweichung

- D-Regler
 - Differentielles Verhalten
 - Bei Entstehen einer Regelabweichung wird ein starker, kurzzeitiger Impuls der Stellgröße zugeführt
 - Die Regelung wird dadurch schneller
 - D-Regler werden nur in Verbindung mit anderen Reglern eingesetzt (PD, PI, PID)

- PID-Regler
 - In allgemeinen Regelungsaufgaben werden Regler eingesetzt, die alle 3 Funktionen beinhalten
 - Die Parameter des Proportional- Integral- sowie Differentialverhaltens lassen sich einzeln einstellen
 - P – Verstärkung
 - I – Nachstellzeit
 - D – Vorhaltezeit
 - Die Kunst der Regelungstechnik besteht darin die Parameter so einzustellen, das die Regelung optimiert wird
 - Einregelzeit
 - Überschwingen