

M121– Steuerungsaufgaben bearbeiten

1	Analoge Steuerungen	2
1.1	Grundlagen von Operationsverstärkern	2
1.2	Invertierender Operationsverstärker und Summierer	2
1.3	Nicht invertierender Operationsverstärker	2
1.4	Differenzierer	3
1.5	Integrierer	3
1.7	Schmitt-Trigger	3
2	Steuerungs- und Regelungstechnik.....	3
2.1	Einführung, Begriffe	3
2.1.1	Prinzip der Steuerung	3
2.1.2	Prinzip der Regelung.....	3
2.2	Steuerung	3
2.2.1	Aufbau einer Steuerstrecke	3
2.2.2	Beispiele von Steuerungen	4
2.3	Regelung.....	4
2.3.1	Aufbau eines Regelkreises	4
2.3.3	Zweipunktregler	4
2.3.4	Stetige Regler	4
2.3.4.1	Proportionalregler (P-Regler)	4
2.3.4.2	Totzeit-Element	4
2.3.4.3	I-Regler (Integral-Regler)	4
2.3.4.4	D-Regler (Differenzial-Regler).....	4
2.4	Mathematische Grundlagen	5
2.5	Kombinationen der stetigen Regler (P-,I-,D-Regler	5
2.7	Stabilität von Reglern.....	5
2.8	Die optimale Regeleinstellung	5
2.9	Arten von Reglern	5
2.10	Regeleinrichtung.....	6
2.11	Führungs- und Störverhalten	6
3	Sensoren und Aktoren.....	6
3.1	Definition	6
3.2	Grössenumwandlung durch Sensoren	6
3.3	Umformung in elektrische Grössen	6
3.4	Unterscheidung aktiver und passiver Sensoren	6
3.5	Gebräuchlichste Sensoren	6
3.5.1	Positionssensoren.....	6
3.5.2	Lichtschranken.....	7
3.5.3	Wegmessung	7
3.5.4	Drehgeber.....	7
3.5.5	Kraftmessung.....	7
3.5.6	Temperaturmessung	7
3.5.7	Drehzahlmessung	7
3.5.8	Niveaumessung	7

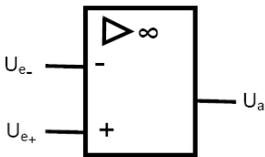
1 Analoge Steuerungen

1.1 Grundlagen von Operationsverstärkern

Ein Analogrechner war keine festverdrahtete Maschine, deren Funktionen man durch Programmierung ändern konnte, sondern bestand aus vielen Funktionseinheiten, die man je nach Aufgabenstellung manuell miteinander verbinden musste. Bei diesen Funktionseinheiten handelte es sich vor allem um Proportionalitätsglieder (d.h invertierende oder nichtinvertierende Verstärker), Addierer, Subtrahierer, Integratoren und Differentoren. Herzstück all dieser Funktionsglieder war jeweils ein Operationsverstärker.

Aufbau, Funktion und Symbol eines Operationsverstärkers

Der Differenzverstärker wird üblicherweise mit einer symmetrischen Spannung betrieben, d.h. die eine Versorgungsspannung ist negativ, die andere gleich gross, aber negativ.



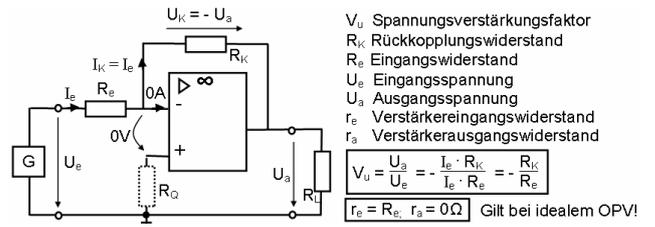
Daten eines idealen Operationsverstärkers

		idealer OPV	realer OPV
r_e	Eingangswiderstand	$\infty \Omega$	$10^5 \dots 10^{12} \Omega$
r_a	Ausgangswiderstand	0Ω	$10 \dots 100 \Omega$
V_{Uo}	Leerlaufverstärkungsfaktor	∞	$10^4 \dots 10^6$
C	Eigenkapazität	0F	$4 \dots 10$ F
f_{min}	untere Grenzfrequenz	0Hz	100Hz
f_{max}	obere Grenzfrequenz	∞ Hz	150Hz
V_{CM}	Gleichtaktverstärkung	0	0.2
V_{CMRR}	Gleichtaktunterdrückung	∞	$10^4 \dots 10^6$
U_{rausch}	Rauschgangsspannung	0V	3μ V

1.2 Invertierender Operationsverstärker und Summierer

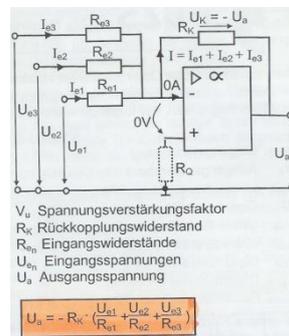
Invertierender OPV:

Sind R_e und R_K gleich gross, so ist die Spannungsverstärkung -1 , d.h. die Ausgangsspannung ist gleich gross wie die Eingangsspannung, besitzt aber entgegengesetzte Polarität.



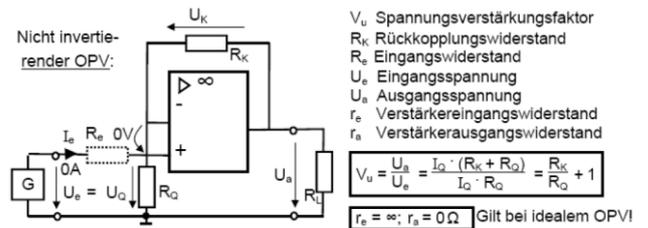
Summierer:

Der Summierer (Addierer) basiert auf dem invertierenden Verstärker. statt eines Eingangs besitzt er zwei oder mehrere Eingänge, deren Signale addiert werden.

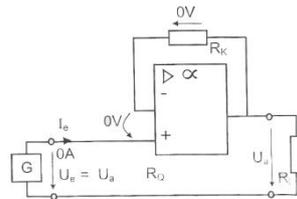


1.3 Nicht invertierender Operationsverstärker

- bekannte und weit verbreitete Grundschaltung



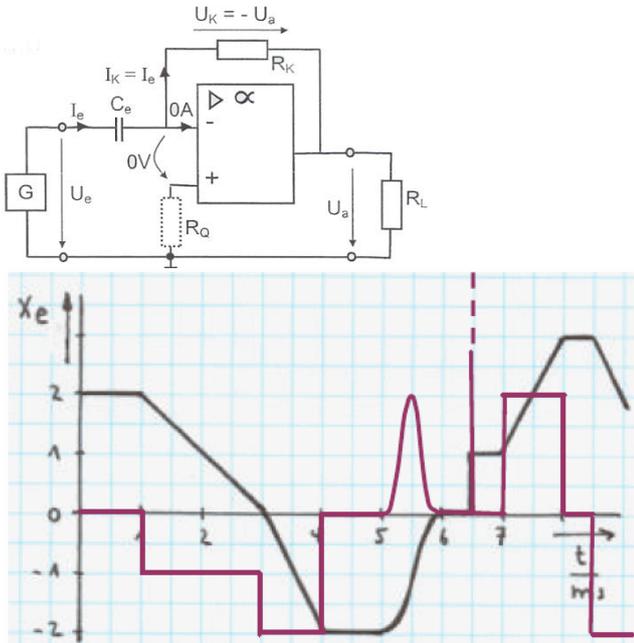
Ein Sonderfall ist der Impedanzwandler, er besitzt einen Verstärkungsfaktor von genau 1 ($\rightarrow R_Q$ unendlich)



1.4 Differenzierer

Der Differenzierer reagiert auf Veränderungen (→ Steilheit wird ausgewertet)

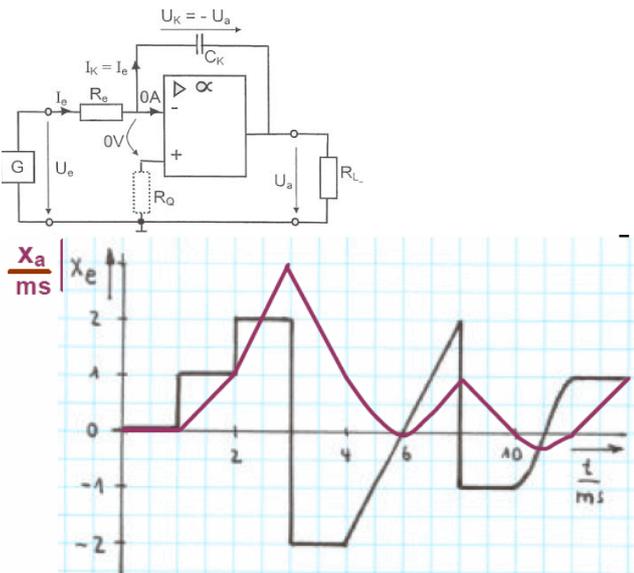
$$U_a = \frac{\Delta U_e}{\Delta t}$$



1.5 Integrierer

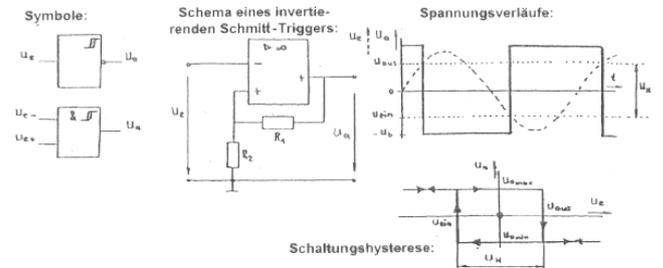
→ Flächenauswertung (Differenz von Ist und Soll)

$$U_a = U_e * \Delta t$$



1.7 Schmitt-Trigger

Als Schmitt-Trigger werden jene Schaltungen bezeichnet, die zeitlich veränderliche Eingangssignale in Rechtecksignale umwandeln. Legt man z.B. eine sinusförmige Eingangsspannung U_e an die Eingangsklemmen eines Schmitt-Triggers, so entsteht eine rechteckförmige Ausgangsspannung U_a .



2 Steuerungs- und Regelungstechnik

2.1 Einführung, Begriffe

2.1.1 Prinzip der Steuerung

Ein einfacher Heizkörper kann mit einem Schalter in die Betriebszustände „aus“ und „ein“ geschaltet werden. Dies ist eine typische Steuerung. Wird der Heizkörper eingeschaltet, wird elektrische Energie in Wärme umgesetzt. Je nach den äusseren Verhältnissen steigt die Temperatur mehr oder weniger an.

2.1.2 Prinzip der Regelung

Wird eine Heizkörper über einen Thermostaten ein- und ausgeschaltet, kann die Raumtemperatur bei genügend grosser Heizleistung auf einem konstanten Wert gehalten werden.

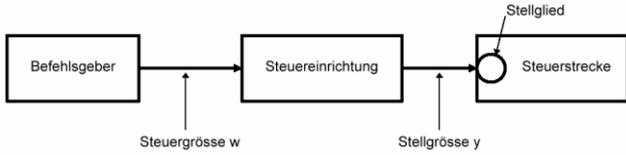
Eine Regelung enthält immer einen Sensor der feststellt, wie gross der zu ändernde Wert ist (Istwert). Weicht dieser Istwert vom vorgegebenen Wert (Sollwert oder Führungsgrösse) ab, wird das Betriebsmittel so eingestellt, dass sich die Differenz zwischen Ist- und Sollwert, d.h. Regelabweichung verkleinert.

2.2 Steuerung

2.2.1 Aufbau einer Steuerstrecke

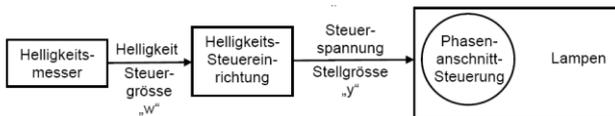
Bei einer Steuerung gibt ein Befehlsgeber ein Signal als Steuergrösse „w“ aus, das über eine Steuereinrichtung zu einem Stellglied in einer Steuerstrecke weitergeleitet wird. Es gibt keine Rückwirkung von der Steuerstrecke auf den Eingang. Eine Steuerung bezeichnet man als **offenen**

Wirkungsablauf, Steuerstrecke oder als Steuerkette.



2.2.2 Beispiele von Steuerungen

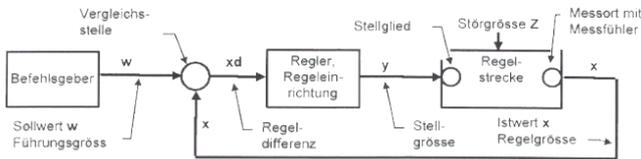
- Temperatursteuerung einer Heizung in einem Haus
- Helligkeitssteuerung von Lampen (Dimmer)



2.3 Regelung

2.3.1 Aufbau eines Regelkreises

Unter einer Regelung versteht man einen Vorgang, bei dem die Regelgröße „x“ fortlaufend gemessen und mit der Führungsgröße „w“ verglichen wird. Mit dem Vergleichsergebnis „xd“ wird die Regelgröße so beeinflusst, dass sie sich der Führungsgröße „w“ angleicht. Damit wird die Störgröße „z“ kompensiert. Der sich ergebende Wirkungsablauf findet in einem geschlossenen Kreis, dem Regelkreis, statt.

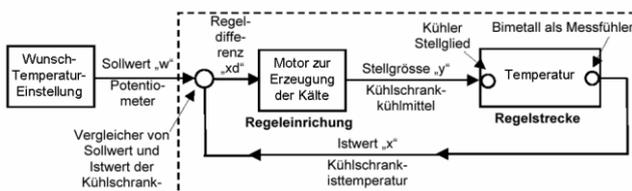


2.3.3 Zweipunktregler

Zweipunktregler kennen nur zwei Schaltzustände. Das Stellglied ist entweder ein- oder ausgeschaltet, die Energiezufuhr in das System hat den Wert Null oder den vollen Wert. Solche Regelsysteme sind mit geringem Aufwand zu bauen und darum auch weit verbreitet.

Verwendung:

- Kühlsystem
- Kältetechnik

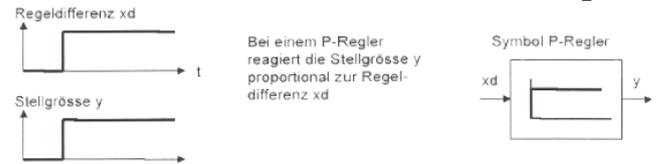


2.3.4 Stetige Regler

Regler können verschiedene Funktionen ausführen und müssen dementsprechend reagieren. Man unterscheidet zwischen drei Reglertypen: Proportional-, Integral- und Differentialregler. Die drei grundsätzlichen Charakteristiken können jedoch auch kombiniert werden: PD-, PD-, PID-Regler.

2.3.4.1 Proportionalregler (P-Regler)

Symbol des P-Reglers

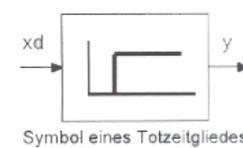


2.3.4.2 Totzeit-Element

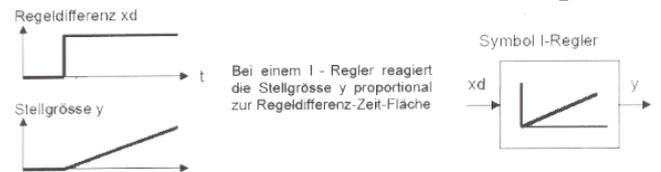
Verzögerung



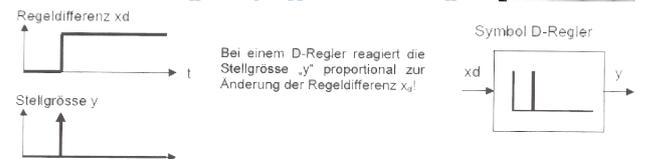
Totzeit



2.3.4.3 I-Regler (Integral-Regler)



2.3.4.4 D-Regler (Differenzial-Regler)



2.4 Mathematische Grundlagen

Proportional

Bei Proportional-Gliedern (P-Glieder) ist das Ausgangssignal proportional zum Eingangssignal. Ändert sich die Eingangsgrösse, erfolgt die dadurch bedingte Änderung der Ausgangsgrösse bei einem reinen P-Glied ohne zeitliche Verzögerung.

Integral

Beim Integral-Glied (I-Glied) ist die Geschwindigkeit der Ausgangsgrössenänderung proportional der Eingangsgrösse. Die Reaktion der Ausgangsgrösse erfolgt ohne zeitliche Verzögerung.

Differenzial

Bei einem Differenzialglied (D-Glied) ist die Ausgangsgrösse proportional der Änderung seiner Ausgangsgrösse.

e-Funktionen

Lade- und Entladevorgang beim Kondensator

P-Regler

- für geringe Anforderungen
- regelt schnell
- bleibende Regeldifferenz

„Tankfüllung“

I-Regler

- regelt langsam und genau
- keine bleibende Regeldifferenz, d.h. die Regelabweichung kann voll ausgeglichen werden.

„Wert-Zeit-Fläche der Eingangsgrösse“

D-Regler

- Regelverhalten ist nicht einsetzbar:
 - schnell, aber
 - regelt konstante Störgrössen nicht aus.

„Steilheiterfassung der Eingangsgrösse“

PI-Regler

- häufig angewandte Kombination
- schnell (P-Anteil)
- genau (I-Anteil)

PD-Regler

- selten eingesetzte Kombination
- Eignet sich höchstens in Fällen wo rasch auf grosse Änderungen der Störgrösse reagiert werden muss.

PID-Regler

- wird bei hohen Anforderungen an ein Regelsystem eingesetzt
- zügige Regelung (P-Anteil)
- grosse Genauigkeit (I-Anteil)
- höhere Regelgeschwindigkeit (D-Anteil)

Verzögerungsglieder

Der sich aus der Eingangsgrösse ergebende Wert der Ausgangsgrösse wird erst mit zeitlicher Verzögerung erreicht. Verursacht wird die Verzögerung durch Energiespeicher.

2.5 Kombinationen der stetigen Regler (P-,I-,D-Regler)

siehe oben.

2.7 Stabilität von Reglern

instabil

Ein System mit aufklingender Schwingung ist instabil und befindet sich an der Stabilitätsgrenze. Ein solcher Regler, der das System in eine solche Dauerschwingung versetzt, ist unbrauchbar.

stabil

Die Regelgrösse darf höchstens Schwingungen mit abklingender Amplitude ausführen und muss nach Beendigung des Einschwingvorganges einen festen Wert erreichen und diesen beibehalten, bis eine weitere Änderung der Führungsgrösse oder Störung eintritt. Ein solches System ist dann stabil.

Zweck der Stabilitätsbetrachtung ist es, für eine gegebene Regelstrecke die am besten geeignete Regeleinrichtung auszuwählen und bei eventuell auftretender Instabilität zu erkennen, welche Kenngrössen des Reglers geändert werden müssen, um für stabile Verhältnisse zu sorgen.

2.8 Die optimale Regeleinstellung

Regelgüte = Gütekriterium für eine Regelung

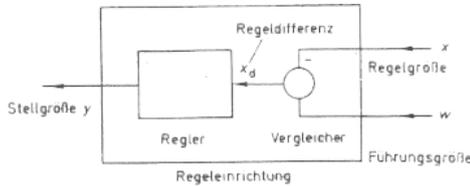
2.9 Arten von Reglern

Regler

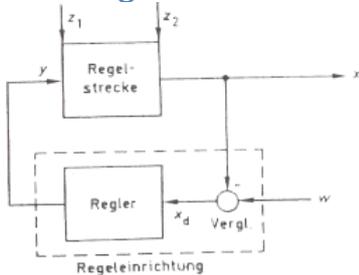
- digitale Regler
- analoge Regler
 - stetige Regler
 - unstetige Regler

2.10 Regeleinrichtung

Eine wichtige Baugruppe einer Regelung ist die **Regeleinrichtung**. Sie hat die Aufgabe, ausgehend von der Regelgrösse „ x “ und der Führungsgrösse „ w “, über das Stellglied so auf die Regelstrecke einzuwirken, dass die Ausgangs- bzw. Regelgrösse „ x “ sich aufgabengemäss verhält.



2.11 Führungs- und Störverhalten



3 Sensoren und Aktoren

3.1 Definition

Sensoren sind technische Bauteile bzw. Messgeräte, die stoffliche Beschaffenheiten bzw. chemische oder physikalische Eigenschaften wie z.B. Druck, Temperatur, Lichtstärke, Wärmestrahlung, Temperatur, Feuchtigkeit, Magnetismus, Abstand, Geschwindigkeit oder Beschleunigung erfassen.

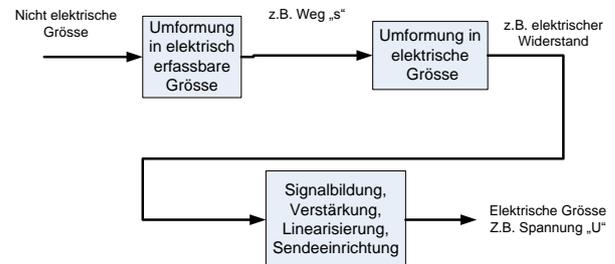
Aktoren bezeichnen in der Steuerungs- und Regelungstechnik das Gegenstück zu Sensoren. Aktoren bilden damit Stellglieder in einem Regelkreis. Sie setzen Signale einer Regelung in z.B. mechanische Arbeit (Wärme, Strahlung, Bewegung usw.) um, indem entsprechende Aktoren (z.B. Ventile, Heizungen, Kühlungen) mehr oder weniger aktiviert werden.

3.2 Grössenumwandlung durch Sensoren

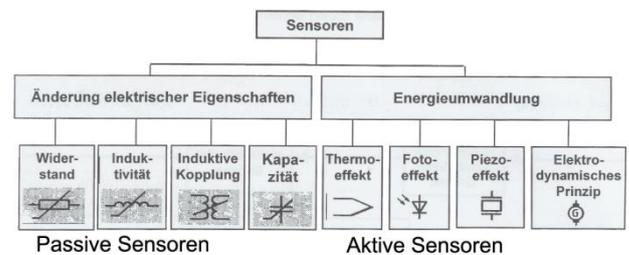
- Mechanik
 - Weg, Druck, Kraft, Taster, Anwesenheit, Masse, (Spannung, Stromstärke)
- Thermik
 - Temperatur, Luftdruck, Wärmestrahlung, Luftfeuchtigkeit
- Optik

- Helligkeit, Farbe, Lumen, Lux, UV-Strahlung
- Chemie
 - pH-Wert, O₂-Gehalt, Gasmessungen, Molekülmasse

3.3 Umformung in elektrische Grössen



3.4 Unterscheidung aktiver und passiver Sensoren



Aktive Sensoren formen mechanische, thermische, chemische oder Licht-Energie in elektrische Energie um. Aktive Sensoren sind daher Spannungserzeuger und beruhen auf dem Umwandlungseffekt, wie beispielsweise Thermo-, Foto- oder Piezo-Effekt bzw. elektrodynamisches Prinzip.

Passive Sensoren beeinflussen elektrische Grössen damit direkt durch nichtelektrische Grössen, wie z.B.: einen Widerstand „ R “ durch einen Weg „ s “. Es erfolgt keine Energieumwandlung. Man spricht deshalb von einer passiven Umformung. Damit ein Erfassen der elektrischen Grössen des passiven Sensors möglich ist, sind Hilfsspeisequellen notwendig.

3.5 Gebräuchlichste Sensoren

3.5.1 Positionssensoren

Induktive berührungslose Grenztaster schalten bei Annäherung an einen metallischen Gegenstand.

3.5.2 Lichtschranken

Lichtschranken, Reflexionslichttaster, Einweglichtschranke, mit oder ohne Hintergrundblendung – Geräte zur Anwesenheitserkennung sind in sehr vielen Arten erhältlich. Die Grundfunktion liegt darin, dass mit einer Lichtquelle ein Objekt angestrahlt wird. Die Reflektion wird direkt auf dem Objekt oder von einem gegenüberliegenden Spiegel erfasst und als digitales Signal ausgegeben.

3.5.3 Wegmessung

Die Distanzmessung basiert auf dem Triangulationsprinzip. Der Laserstrahl trifft als kleiner Punkt auf das Objekt auf. Der Empfänger des Sensors detektiert die Position dieses Punktes. Der Sensor misst grundsätzlich diesen Winkel und berechnet dann die Distanz.

3.5.4 Drehgeber

Wenn mechanische Bewegungsabläufe überwacht werden sollen, ist der Drehgeber das wichtigste Bindeglied zwischen Mechanik und Steuerung.

3.5.5 Kraftmessung

Dehnungsmessstreifen (DMS)

Dehnungsmessungen, z.B. an Maschinen, Brückenträgern und Stahlkonstruktionen, werden mit Dehnungsmessstreifen vorgenommen. Sie haben den Zweck, das Bauteil bei ruhender (statischer) Belastung zu überprüfen oder den Einfluss wechselnder (dynamischer) Belastung zu erfassen.

3.5.6 Temperaturmessung

- Widerstandsthermometer
- Metallthermometer
- Halbleiterthermometer
- Thermoelemente

3.5.7 Drehzahlmessung

Tachogeneratoren verwendet man für die Drehzahlmessung.

3.5.8 Niveaumessung

Das Niveau in Flüssigkeitstanks wird oft über Schwimmerschalter geregelt. Bei festeren Materialien kommen sog. Schwinggabelsonden zum Einsatz. Beide Varianten liefern aber nur ein (digitales) Signal, wenn ein bestimmtes Niveau erreicht ist.

4 Theorie-Fragen

4.1 Fragen von Prüfungen...

Unterschied zwischen einem Zweipunktregler und einem stetigen Regler

Zweipunktregler werden dort eingesetzt, wo die Schwankung der Regelgrösse in gewissen Grenzen keine Rolle spielt.

Bei einem stetigen Regler kann der Sollwert in einem festgelegten Bereich alle möglichen Statuswerte annehmen. Es handelt sich um eine Regelung der Istgrösse in Abhängigkeit zur Sollgrösse.

Regeldifferenz:

Differenz zwischen Sollwert w minus Istwert x

Regelabweichung:

Abweichungen der Regelgrösse

Sensoren:

1. Temperatursensor
 - Anwendung eines Kalt- bzw. Heissleiters
2. Kraftmesser
 - Anwendung von DMS
3. Drehgeber
 - Auswertung der Anzahl Hell/Dunkel-Segmente
4. Wegmessung
 - Anwendung des Triangulationsprinzips
5. Positionssensor
 - Annäherungserfassung an einen metallischen Gegenstand
6. Lichtschranken
 - Anwendung der Lichtreflektion