



ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN

DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT

INSTITUT BTCH

ZF Automatisierungstechnik

Semester 3

von

Katja Mutter

Bachelorstudiengang 2020

Studienrichtung Biotechnologie

Inhaltsverzeichnis

1. Begriffe.....	3
2. Was ist Mess- und Regelungstechnik?.....	4
3. Übertragungsglieder und -verhalten	5
4. Historie und Analog-Digital-Wandlung	6
4.1. Leitfragen	6
4.2. Fragen zur Selbstkontrolle.....	7
5. Messkette – Aufbau und Berechnung.....	8
6. Messunsicherheiten und Messgenauigkeit 1	9
7. Ermittlung von Messunsicherheiten	11
8. Industrielle Sensoren - Druckmessung	13
9. Industrielle Sensoren - Temperaturmessung	15
10. Industrielle Sensoren - Durchfluss	17
11. Industrielle Sensoren – Füllstand	18
12. Literaturverzeichnis.....	19

1. Begriffe

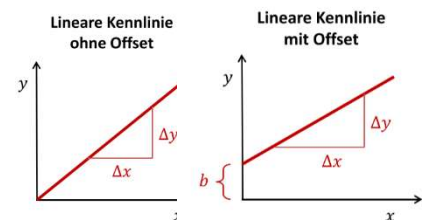
Prozess	Ein Prozess ist ein Verlauf oder Ablauf in einem System, in dem Materie, Energie und/ oder Information umgeformt, transportiert oder gespeichert wird. Prozesse dienen der Änderung stofflicher Eigenschaften.
Verfahrenstechnik	Die Verfahrenstechnik umfasst die Stoff- und Energiewandlungstechnik. Als Synonym wird oft Prozesstechnik verwendet. Sie grenzt sich von der Fertigungstechnik ab, welche die Formgebungs- und Montageprozesse umfasst. Industriezweige: Chemische, Pharmazeutische Industrie, Biotechnologie, Lebensmittelindustrie, etc.
Prozessleittechnik	Die Prozessleittechnik fasst alle Aufgaben und Anlagenteile inklusive der Software zusammen, die dazu dienen, einen verfahrenstechnischen Prozess zu: 1. Steuern, 2. Regeln, 3. Überwachen (Messen) und 4. Dokumentieren.
Automatisierungstechnik	Die Automatisierungstechnik umfasst alle vom Menschen geschaffenen verfahrenstechnischen Einrichtungen zum Ersatz menschlicher Arbeitsfunktionen.
Messgrösse	Die Messgrösse (Measurand) ist eine physikalische Grösse, die durch die Messung bestimmt werden soll.
Messgerät	Ein Messgerät (Measuring instrument) ist das Gerät, dass für die Messung einer Grösse vorgesehen ist. Es kann eine Anzeige enthalten oder die Messgrösse umformen oder bearbeiten.
Messwert	Der quantitative Wert einer Messgrösse (Messwert) wird als Produkt aus einem Wert (Masszahl) und einer Masseinheit verstanden: $\text{Messwert} = \text{Wert} \cdot \text{Masseinheit}$
Quantisierung	Das Ausgangssignal bleibt solange konstant auf einem Wert, bis das Eingangssignal einen bestimmten Schwellenwert überschreitet.

2. Was ist Mess- und Regelungstechnik?

- Inwieweit ist die Mess- und Automatisierungstechnik relevant für mein Studium?
 - -
- Was ist ein Prozess aus verfahrenstechnischer Sicht?
 - Ein Verlauf / Ablauf in einem System, in dem Materie, Energie &/ oder Information umgeformt, transportiert oder gespeichert wird zur Änderung stofflicher Eigenschaften.
- Welche Aufgaben hat die Prozessautomatisierung?
 - Steuern, Regeln, Überwachen (Messen), Dokumentieren.
- Wofür steht der Begriff «EMSR-Technik»?
 - Die EMSR-Technik umfasst die Gesamtheit der Mess-, Steuer- und Regelungs-technik (traditionell: MSR-Technik) gemeinsam mit der Prozess-Elektrotechnik.
(& Aktortechnik).
- Welche grundsätzlichen Fachgebiete umfasst die «EMSR-Technik»?
 - Elektrotechnik ist separater Bereich (Electrical Design)
 - Messtechnik gehört zu 'Instrumentation and Control' (→ I&C)
- Lerntechnik: Was ist eine ABC-Liste?
 - -

3. Übertragungsglieder und -verhalten

- Wie sind die Begriffe «Messgrösse», «Messgerät» und «Messwert» definiert?
 - Siehe Kapitel Begriffe.
- Was ist die Aufgabe der Messtechnik?
 - Aufgabe der Messtechnik ist die objektive, reproduzierbare und quantitative Erfassung einer physikalischen Grösse (→ Prozessparameter).
 - Dabei bedeutet:
 - objektiv – von den Sinnesorganen des Menschen unabhängig,
 - reproduzierbar – wiederholbar und kontrollierbar,
 - quantitativ – mit einer Zahl versehen
- Was ist ein Übertragungsglied?
 - Stellt Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgrösse dar. $y = f(x)$
- Wie lautet die allgemeine Übertragungsfunktion für lineare Kennlinien mit/ohne Offset?
 - Kennlinie durch Nullpunkt: $y = ax$ mit $a = \frac{\Delta y}{\Delta x}$
 - Dabei ist $K = \frac{\Delta \text{Ausgangsgrösse}}{\Delta \text{Eingangsgrösse}} = a$
 - Kennlinie mit Offset: $y = ax + b$ mit $a = \frac{\Delta y}{\Delta x}$



- Wie geht man vor, um die Übertragungsfunktion und Umkehrfunktion zu ermitteln?
 - Eine Kalibrierung mit sicheren Standards ist nötig, um mit dem gemessenen Wert auf die Ausgangsgrösse schliessen zu können.

4. Historie und Analog-Digital-Wandlung

4.1. Leitfragen

1. Was machen «Sensoren im Feld»?

Sie haben die Aufgabe, physikalische oder chemische Größen zu erfassen und in elektrische Signale umzuwandeln.

2. Welche Anforderungen gab es an Anlagenfahrer – früher und heute?

	früher	Heute
Anlagenfahrer	Grosses Wissen über Steuerung Musste wissen wie er wann reagieren muss.	Muss das System verstehen und nicht die Anlage.
Planer	Keine grosse Verantwortung	Grosse Verantwortung Muss alle Risiken bedenken und berücksichtigen.

3. Was macht ein Messverstärker?

Er verstärkt ein Messsignal an den Eingangsbereich der nächsten Baugruppe.

allg. lineare Verstärkung auf Einheitssignale gefordert

teils Versorgung mit Hilfsenergie (z.B. bei passiven Sensoren)

Einstellung über Empfindlichkeit des Verstärkers (z.B. 2 mV/V, 1 mV/V, 0.5 mV/V, ...)

4. Wie funktioniert ein Analog-Digital-Wandler?

Ein AD-Wandler wandelt ein Messsignal in digitales Signal um. Dieser bildet den unendlichen Wertvorrat (analoges Signal) auf endlichen Wertevorrat (Quanten) ab.

→ Quantisierung des Messsignals

5. Was sind Quantisierungsfehler und wie lassen sie sich abschätzen?

Aufgrund der Quantisierung können nicht alle Werte des Eingangssignals dargestellt werden. Werte, die zwischen den Stufen eines Intervalls liegen, gehen verloren. Dadurch entsteht eine Abweichung zwischen dem analogen und digitalem Signal.

$$A_{Q,rel} = \frac{1}{2^n - 1} \cong \frac{1}{2^n}$$

4.2. Fragen zur Selbstkontrolle

1. Was ist die Aufgabe der Analog-Digital-Wandlung?

Die Aufgabe der Analog-Digital-Wandlung ist es, den unendlichen Wertevorrates eines analogen Signals auf einen endlichen Wertevorrat von Teilbereichen (Quanten) sinnvoll abzubilden.

2. Wie ist ein Datenformat im Dual- bzw. Binärsystem aufgebaut?

Datenformat zwischen 8- und 22-*Bit* basierend auf einem Dualsystem. Das kleinste Datenformat ist ein *Bit* und kann als Dualzahl nur die Werte 0 oder 1 annehmen. z.B. 8 *Bit* ergeben 1 *Byte*.

3. Wie funktioniert die Quantisierung analoger Eingangssignale vom Grundprinzip her?

Das Ausgangssignal bleibt solange konstant auf einem Wert, bis das Eingangssignal einen bestimmten Schwellenwert überschreitet.

4. Wie viele Werte können mit einem n-stellen Binärsystem dargestellt werden?

$$N = 2^n$$

5. Wie entstehen Quantisierungs- bzw. Quantifizierungsfehler?

Aufgrund der Quantisierung können nicht alle Werte des Eingangssignals dargestellt werden. Werte, die zwischen den Stufen eines Intervalls liegen, gehen verloren. Dadurch entsteht eine Abweichung zwischen dem analogen und digitalem Signal.

6. Was ist die maximal zu erwartende Abweichung durch die Quantisierung?

$$A_{max} = 1 \cdot q = 1 \text{ da } q = 1$$

7. Wie kann man die maximal zu erwartende Abweichung der Quantisierung bestimmen?

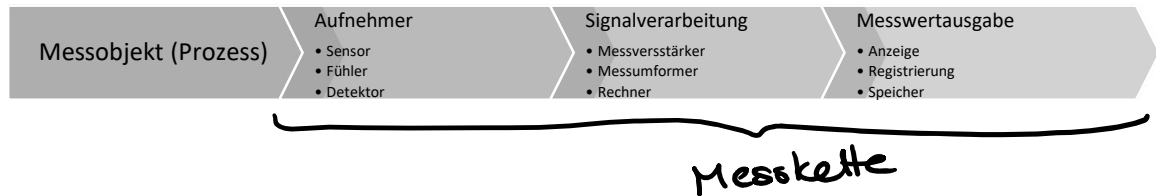
$$A_{Q,rel} = \frac{1}{2^n - 1} \cong \frac{1}{2^n}$$

5. Messkette – Aufbau und Berechnung

1. Was ist eine Messkette?

Folge von Elementen einer Messeinrichtung, die den Weg einer Messgrösse von der Aufnahme bis zur Ausgabe bildet.

2. Welche typischen Hauptbestandteile haben Messketten?



3. Wie ermittelt man das Übertragungsverhalten einer Messkette?

$$y = K_{\text{Aufnehmer}} * K_{\text{Signalverarbeitung}} * K_{\text{Messwertausgabe}} * x = K_{\text{Messkette}} * x$$

4. Was sind die Hauptschritte einer Messstrategie?

1. Definition der Messgrösse und der Masseinheit
2. Festlegung von Messprinzip, Messverfahren und Messsystem (Messgerät)
3. Strukturierung und Realisierung der Messkette
4. Kalibrierung des Messsystems und Durchführung der Messung
5. Datenerfassung, Auswertung und Ermittlung der Messunsicherheit
6. Dokumentation (Protokoll, Bericht etc.)

5. Wie funktioniert die Kalibrierung einer Messkette (Varianten)?

Kalibration stellt Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgrösse einer Messkette her und dient der Bestimmung des Übertragungsfunktion.

Entweder wird mit Signalquelle (Referenz) kalibriert oder mit einem Referenzmessgerät (pH-Elektrode). Mit dem bekannten Referenzwert kann das Signal gemessen werden. Mit diesem wird eine Kalibrationskurve abgebildet und wenn man danach ein unbekanntes Signal misst kann man es anhand der Kurve auf den Wert zurückrechnen.

6. Messunsicherheiten und Messgenauigkeit 1

1. Wie entstehen Messfehler bzw. welche Ursachen gibt es?
 - a) Probenahme
 - b) Abweichungen des Messgerätes
 - c) Rückwirkung von Messgerät auf Prozess bzw. Messgrösse
 - d) Umwelteinflüsse und Störungen

2. Was sind «Messabweichungen»? Wie werden sie unterteilt?

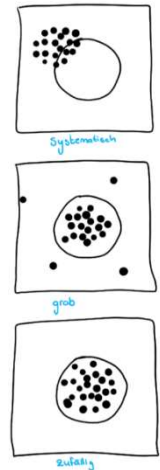
Absolute Messabweichung e (früher: Messfehler) entspricht der Differenz des Messwertes x vom «wahren» Wert x_W einer Messgrösse:

$$e = x - x_W$$

Relative Messabweichung e_{rel} als absolute Messabweichung e in Relation zum wahren Wert: $e_{rel} = \frac{e}{x_W} = \frac{x - x_W}{x_W} = \frac{x}{x_W} - 1$

$$e_{rel} = \frac{e}{x_W} = \frac{x - x_W}{x_W} = \frac{x}{x_W} - 1$$

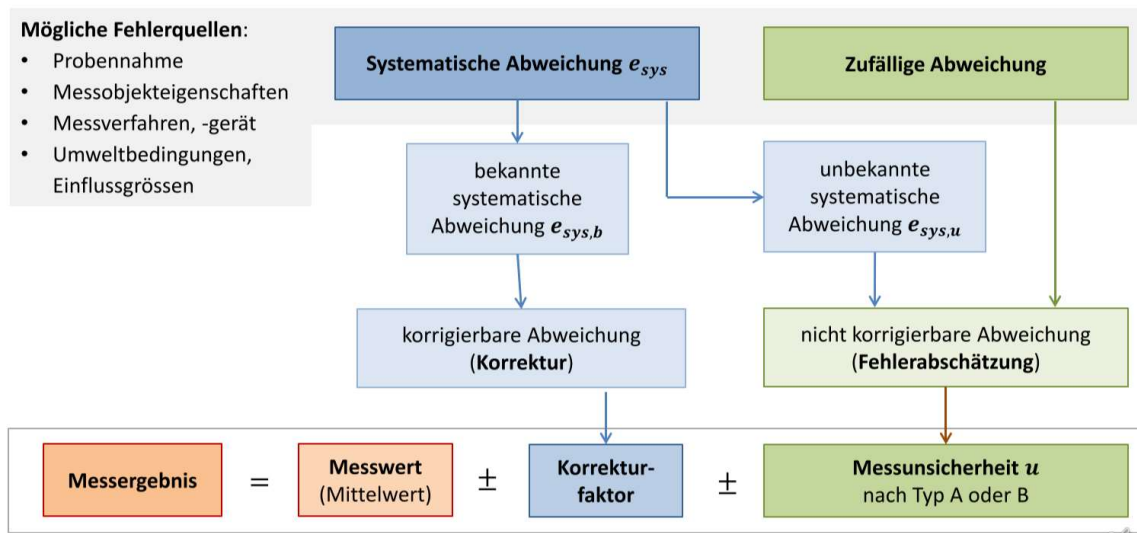
Sie werden unterteilt in grobe Messabweichungen, systematische Messabweichungen und zufällige Messabweichungen.



3. Was sind «Messunsicherheiten»?

Messunsicherheit u entspricht dem Bereich der Werte, die der Messgrösse vernünftigerweise zugeordnet werden können, da jede Messung von Unsicherheitsquellen beeinflusst wird.

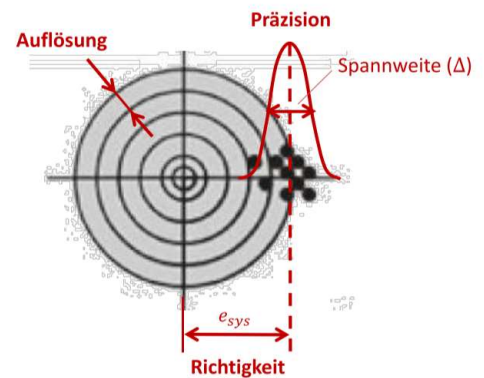
4. Welche grundsätzliche Vorgehen gibt es zur Abschätzung von Messabweichungen und Messunsicherheiten?



6. Wie wird die Messgenauigkeit definiert und beurteilt?

Die **Genauigkeit** ist in der Messtechnik eine Kombination von Präzision (Ausmass der Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen unabhängiger Messungen) & Richtigkeit (Ausmass der Übereinstimmung des Mittelwertes von Messwerten mit dem wahren Wert der Messgrösse).

Die **Auflösung** ist die Grenze der Fähigkeit eines Messgerätes oder Messverfahrens, Messwerte quantitativ voneinander eindeutig unterscheiden bzw. trennen zu können.



7. Ermittlung von Messunsicherheiten

1. Wie wird die Standardunsicherheit u nach Typ A bestimmt?

Mass für Streuung der Einzelwerte x_i um den Mittelwert \bar{x}

$$u = s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Formulierung Messergebnis: } x = \bar{x} \pm u$$

Relative Standardunsicherheit x_{rel} : $u_{rel} = \frac{u}{|\bar{x}|}$

2. Was ist die «erweiterte Messunsicherheit»? Und wie wird sie bestimmt?

$$U = k \cdot u = k \cdot s \quad \text{Formulierung Messergebnis: } x_{korr} = \bar{x} \pm U \quad (k = 2)$$

Anwendungsbereiche	Erweiterungsfaktor k	Vertrauensniveau	Intervall Vertrauensbereichs
Orientierende Messung	1	68.27%	$[\mu \pm \sigma]$
Betriebs-,Prozesstechnik	1.96	95%	$[\mu \pm 1.96 \sigma]$
Betriebs-, Prozesstechnik	2	95.45%	$[\mu \pm 2\sigma]$
Präzisionsmessung	2.58	99%	$[\mu \pm 2.58\sigma]$
Präzisionsmessung	3	99.73%	$[\mu \pm 3\sigma]$
Präzisionsmessung	4	99.99%	$[\mu \pm 4\sigma]$

3. Was ist ein «Grenzfehler» und welche beiden Hauptformen gibt es, ihn anzugeben?

Grenzfehler a (auch: Fehlergrenze, Grenzabweichungen) gibt den Bereich an, innerhalb dessen die zulässigen Abweichungen eines Messgerätes unter festgelegten Betriebsbedingungen liegen dürfen (→ maximal zulässige Abweichung).

4. Wie werden Grenzfehler für typische Gerätefehler in Datenblätter angegeben?

symmetrische Verteilung: Angabe eines Wertes für Grenzfehler a

unsymmetrisch Verteilung: Angabe eines oberen und unteren Grenzfehlers → a_o, a_u

5. Wie wird die Standardunsicherheit einer Messkette bestimmt?

Mass für die Streuung der Einzelwerte x_i um den Mittelwert \bar{x} .

$$s = U = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Erweiterte Messunsicherheit U :

$$U = k \cdot u = k \cdot s \quad \rightarrow \text{Formulierung Messergebnis: } x_{korr} = \bar{x} \pm U \quad (k = 2)$$

Erweiterungsfaktor k :

Anwendungsbereiche	Erweiterungsfaktor k	Vertrauensniveau	Intervall Vertrauensbereichs
Orientierende Messung	1	68.27%	$[\mu \pm \sigma]$
Betriebs-,Prozesstechnik	1.96	95%	$[\mu \pm 1.96 \sigma]$
Betriebs-, Prozesstechnik	2	95.45%	$[\mu \pm 2\sigma]$
Präzisionsmessung	2.58	99%	$[\mu \pm 2.58\sigma]$
Präzisionsmessung	3	99.73%	$[\mu \pm 3\sigma]$
Präzisionsmessung	4	99.99%	$[\mu \pm 4\sigma]$

6. Wie können Standardunsicherheiten von mehreren Fehlerquellen kombiniert werden?

Annahme: beide Anteile tragen gleichwertig zur resultierenden Unsicherheit bei

$$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad \rightarrow \quad U = k \cdot u$$

Standardunsicherheit
(~ 68% Wahrscheinlichkeit) Erweiterte Unsicherheit
($k = 2$)

7. Wie wird ein Messergebnis nach Typ A, Typ B und Typ C ausgewiesen?

- **Typ A:** Statistische Auswertung der Messwerte

$$x_{korr} = \bar{x} \pm u_A$$

$$x_{korr} = \bar{x} \pm U_A \quad (k = 2)$$

- **Typ B:** Berücksichtigung von Gerätefehlern

$$x_{korr} = x \pm u_B \quad \text{mit} \quad u_B = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + \dots + u_n^2}$$

$$x_{korr} = x \pm U_B \quad (k = 2)$$

- **Typ C:** Kombination von statischer Auswertung und Gerätefehlern

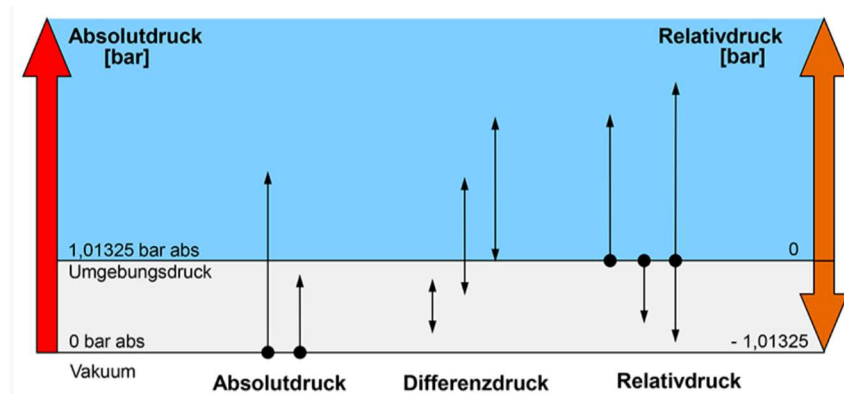
$$x_{korr} = \bar{x} \pm u_C \quad \text{mit} \quad u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

$$x_{korr} = \bar{x} \pm U_C \quad (k = 2)$$

8. Industrielle Sensoren - Druckmessung

1. Was ist der Unterschied zwischen Absolut- und Relativdruck?

Bei dem Absolutdruck wird immer die Differenz zum idealen Vakuum (0 bar) gemessen. Hingegen wird beim Relativdruck die Differenz zwischen einem absoluten Druck p_{abs} und dem jeweiligen (absoluten) Atmosphärendruck ($p_e = p_{abs} - p_{amb}$) benutzt.



2. Wie funktioniert eine hydrostatische Druckmessung?

Druck der durch die Höhe aufgrund der Gravitation verursacht wird: $p = \rho_F * g * h + p_{atm}$
Messung anhand Verschiebung einer Sperrflüssigkeit in einem Rohr aufgrund einer Druckänderung / Änderung der hydrostatischen Staudruckhöhe.

3. Was ist ein Manometer und wie funktioniert es?

Ein Druckmessgerät.

Bei einem **Rohrfederanometer/Bourdonmanometer** ist ein Medium innerhalb eines am Ende verschlossenen Rohres. Druckänderungen führen zur Auslenkung eines federelastischen Messgliedes. Eine integrierte Anzeige (Zeiger) oder ein Signal wird mittels eines Messumformers umgewandelt.

Federelastische Membransensoren basieren auf Verformung einer elastischen, kreisförmigen Membran unter Druck. Die Druckänderung auf Unterseite der Membran bewirkt Dehnung der Membran.

4. Warum sind manche Manometer mit Flüssigkeit gefüllt?

3 Hauptfunktionen:

Schutz vor Zeigerwackeln, z.B. bei vibrierenden Rohrleitungen

Schutz der Mechanik innerhalb des Manometers

Vermeiden des Beschlagens, z.B. bei Kälte aussen an Anlagen

gängige Flüssigkeiten

Glycerin-Wasser-Gemische

Silikonöle

5. Woran erkennt man am Manometer, welche Druckart es anzeigt?

Absolutdruck- und Differenzdruckmessgeräte werden beschriftet. Relativdruckmesser werden nicht beschriftet.

6. Wie funktionieren Dehnungsmessstreifen vom Grundprinzip her?

Dehnung eines metallischen Leiters führt zur Vergrößerung seiner Länge l bei gleichzeitiger Verringerung seines Querschnittes $A \rightarrow$ Längenänderung Δl bewirkt

Änderung des elektrischen Widerstands ΔR : $\frac{\Delta R}{R} = k * \frac{\Delta l}{l} = k * \epsilon$

Mit $\Delta R/R$ - relative Widerstandsänderung

k - k-Faktor (engl.: gauge factor)

ϵ - relative Dehnung ($\Delta l/l$)

DMS bei Druckmessung auf Membran gebracht, über welche die Druckänderung erfasst.

7. Wann benötigen Manometer einen Drucktransmitter?

Wenn man den Druck aufzeichnen will.

9. Industrielle Sensoren - Temperaturmessung

1. Was ist der Seebeck-Effekt und wie wird er genutzt?

Entstehen einer Thermospannung U_T , wenn zwei elektrische Leiter A und B aus verschiedenen Materialien an Spitze verbunden sind und einer Temperatur ausgesetzt sind. Thermospannung U_T ist proportional zur Temperaturdifferenz zwischen beiden Metallen.

$$U_T \cong \alpha_{AB} * (T_M - T_V)$$

2. Wie funktionieren Widerstandsthermometern?

Änderung des elektrischen Widerstandes von Metallen und Halbleitern (meist Platin und Nickel) mit Temperatur

Kalt- und Heissleiter: positiver/negativer Temperaturkoeffizient

$$R(\vartheta) = R_0 * (1 + A * \vartheta + B * \vartheta^2 + C * \vartheta^3 + \dots)$$
 mit $A, B, C =$ Stoffkonstanten / $R_0 =$ elek. Nennwiderstand bei 0°C in Ω

Nennwiderstand bei 0°C in Ω

3. Wieso heisst ein Pt 100 so und was bedeutet das?

Platin-Messwiderstand mit 100Ω Nennwiderstand bei 0°C .

4. Wie wird anhand der Kennlinie eines Pt100 die Temperatur ermittelt?

$$R(\vartheta) = R_0 \cdot (1 + A \cdot \vartheta + B \cdot \vartheta^2)$$
 nach DIN ($0^\circ\text{C} - 850^\circ\text{C}$)

$$R(\vartheta) = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta)$$
 nach DIN ($0^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}$ linear)

mit	α	- Temperaturkoeffizient ($^\circ\text{C}^{-1}$)	$A = 3.90802 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
	ϑ	- Temperatur ($^\circ\text{C}$)	$B = -5.802 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-2}$
	R_0	- elektrischer Nennwiderstand bei 0°C (Ω)	$\alpha = 3.850 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

5. Was ist 2-, 3- und 4- Leitertechnik? Warum wird das benötigt?

2-Leiter: einfachste, sehr preiswerte, jedoch auch ungenaueste Variante. Nur für kurze Kabellängen zwischen Sensor und Messgerät empfohlen.

3-Leiter: einfach, preiswert und genauere Messung im Vgl. zu 2-Leiter-Technik. Empfohlen für längere Messkabel.

4-Leiter: technisch aufwändiger und teurer, jedoch zugleich sehr genaue Messung.

Empfohlen für lange Messkabel; in Industrie oft Standard.

6. Wie wird die Genauigkeit der Temperatursensoren angegeben?

- Grenzabweichungen für Pt 100 nach DIN EN 60 751 bzw. IEC 751:
 - zulässige Abweichung der Temperatur bzgl. des Nennwertes R_0 von 100Ω

Dünnschicht-Thermometer

- Klasse A $\pm(0.15 + 0.002 \cdot |\vartheta|) \text{ }^\circ\text{C}$ $-30 \dots +300^\circ\text{C}$
- Klasse B $\pm(0.3 + 0.005 \cdot |\vartheta|) \text{ }^\circ\text{C}$ $-50 \dots +500^\circ\text{C}$

Draht-Thermometer

- Klasse A $\pm(0.15 + 0.002 \cdot |\vartheta|) \text{ }^\circ\text{C}$ $-100 \dots +450^\circ\text{C}$
- Klasse B $\pm(0.3 + 0.005 \cdot |\vartheta|) \text{ }^\circ\text{C}$ $-196 \dots +600^\circ\text{C}$

- weitere Genauigkeitsklassen zusätzlich zur DIN abhängig vom Hersteller
 - z.B. Klasse 1/3 A, Klasse 1/2 B, Klasse 1/5 B

7. Welche Bauformen für die industrielle Anwendung gibt es?

Drahtthermoelement

Vorteil: gut für Laboranwendungen

Vorteil: kleine, filigrane Systeme

Nachteil: dichte Verbindungen zum Prozess nicht möglich

Mantelthermoelement

Vorteil: gut für Laboranwendungen

Vorteil: gut für Leitungen mit wenig Strömungsbeanspruchung

Vorteil: flexibel/leicht biegsam; dichte Verbindung zum Prozess möglich

Nachteil: träge durch zusätzlichen Wärmewiderstand

Widerstandsthermometer / Drahtgewickelt

Vorteil: gute Eignung für hohe mechanische

Beanspruchung (Schutz durch Glas oder Keramik-Hülle)

Widerstandsthermometer / Flach- oder Dünnschicht

gute Eignung für hohe mechanische Beanspruchung (einfachere Fertigung bei hohen Stückzahlen)

10. Industrielle Sensoren - Durchfluss

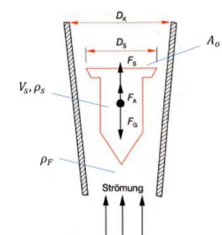
1. Welche grundlegenden Arten von Messverfahren zur Durchflussmessung gibt es?
Wirkdruck-Messverfahren, Schwebekörper-Messverfahren, Magnetisch-Induktive Verfahren, Massenstrom-(Coriolis-) Verfahren, andere physikalische Effekte.

2. Was ist eine Messblende und wie wird damit der Durchfluss bestimmt?

Die Wirkdruckmessung: Ermittlung des Durchflusses aus einer Druckdifferenz, welche beim Durchströmen eines Fluides durch eine Verengung hervorgerufen wird. Wirbelbildung bzw. Reibung entlang Blende führt zu Druckverlust.

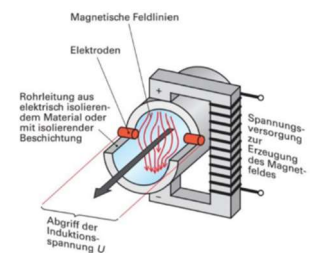
3. Welches Messprinzip nutzen Schwebekörper-Messverfahren aus?

Ermittlung des Durchflusses anhand des Auftriebs eines Schwebekörpers in einem konisch geformten Strömungskanal. Ablesung erfolgt an Oberkante des Schwebekörpers → «Ablesekante».



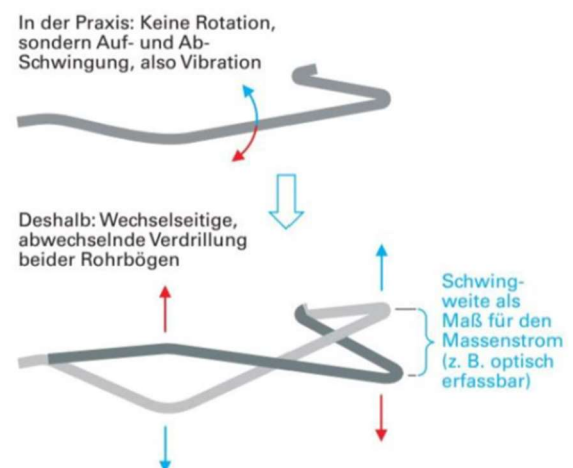
4. Welches Messprinzip nutzen magnetisch-induktive Verfahren?

Ermittlung des Durchflusses anhand einer Induktionsspannung UE , die eine leitende Flüssigkeit durch Aufbau eines elektrischen Feldes beim Durchströmen eines Magnetfeldes erzeugt. Messung des Volumenstroms von hochviskosen Flüssigkeiten und Feststoffen.



5. Welches Messprinzip nutzen Coriolis-Massendurchflussmesser?

Ermittlung des Durchflusses unter Ausnutzung der Coriolis-Kraft, die an bewegten Massen in einem rotierenden Bezugssystem als Scheinkraft angreift. Coriolis-Messverfahren: Stoffstrom wird durch U-Rohr geleitet, welches hin und her schwingt. Massenfluss und Coriolis-Kraft führen zu asymmetrischen Auslenkung bzw. Verdrehung des Rohres. Verdrehung der beiden Schenkel wird über Phasenverschiebung (Auslenkung zur Symmetrie- Ebene) gemessen.



11. Industrielle Sensoren – Füllstand

1. In welche Gruppen werden Füllstandsmessverfahren unterteilt?

Unmittelbare Verfahren

Peilstäbe (zur Eichung oder zum Auslitern), Schau- & Standgläser (in Behältern & Rohrleitungen (→ Durchfluss)), Schwimmersysteme (als Grenzwertgeber (WC-Spülkasten)).

Mittelbare Verfahren aufgrund von Druck und Kraftmessung. Der Füllstand ist nicht direkt sichtbar, sondern muss aus einer anderen Messung abgeleitet (Druck oder Wägung (Kraft)) abgeleitet werden.

Mittelbare Verfahren aufgrund anderer physikalischer Effekte (Kapazitiv, Schall, Ultraschall, Laser, etc.). Diese werden in der Zukunft mehr aufkommen.

2. Wie funktionieren unmittelbare Verfahren? Was sind ihre Vor- und Nachteile?

Aufgrund Längenmessung & Höhenmessung. Man kann den Füllstand direkt ablesen.

Nachteile: Schaugläser können verkleben. Peilstäbe benötigen eine Verbindung zur Atmosphäre. Schwimmersysteme können nur bedingt automatisiert werden.

Vorteile: Einfach ablesbar. Funktioniert auch bei «dreckigen» Flüssigkeiten.

3. Wie funktioniert die Füllstandsmessung mittels Druck- und Kraftmessverfahren?

Sensor wird in Bodennähe eingesetzt. Dort wird der Druck gemessen und anhand der Dichte kann man den Füllstand berechnen. Man muss beachten ob der Behälter offen oder geschlossen ist.

4. Wie funktionieren kapazitive Füllstandssensoren?

mittels Elektrode elektrischer Kondensator zur Behälterwand gebildet (Medium wirkt als Dielektrikum) → Messung des Stromflusses am Kondensator

- zwei gegeneinander isolierte, entgegengesetzt geladene Leiteroberflächen, zwischen denen eine Spannung U anliegt → Strom fließt
- Stromfluss abhängig von dem zwischen den Platten liegenden Dielektrikum (z.B. Luft, Flüssigkeit) → Änderung der Kapazität C des Kondensators

5. Welche Verfahren eignen sich für Medien mit starker Neigung zur Verschmutzung, Verklebung und/oder für Schüttgüter?

Druckmessung, Schwimmersysteme,

12. Literaturverzeichnis

Krautwald, J. (2021). *Skript: Mess- und Automatisierungstechnik 1, BSc Biotechnologie.*

Wädenswil.