



Ingenieurwesen II	Messtechnik	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Übungsaufgaben</b>	12. Januar 2012

### Übungsaufgaben

#### Dichten verschiedener Stoffe/ Flüssigkeiten:

Material	Dichte in kg/m <sup>3</sup>	Formel
<a href="#">Diethylether</a>	713	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O
<a href="#">Schwefelkohlenstoff</a>	713	CS <sub>2</sub>
<a href="#">Ottokraftstoff</a> (genormt, Mittelwert)	750	
<a href="#">Ethanol, Spiritus</a>	789	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
<a href="#">Aceton</a>	790	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O
<a href="#">Methanol</a>	790	CH <sub>4</sub> O
<a href="#">Petroleum</a>	800	
<a href="#">Dieselkraftstoff</a>	830	
<a href="#">Terpentinöl</a>	855	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>
<a href="#">Toluol</a>	872	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>
<a href="#">Benzol</a>	879	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
<a href="#">Olivenöl</a>	910	-
<a href="#">Wasser</a> (bei 3,98 °C)	999,975	H <sub>2</sub> O
<a href="#">Anilin</a>	1022	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N
<a href="#">Meerwasser</a>	1025	
<a href="#">Milch</a>	1030	-
<a href="#">Essigsäure</a>	1049	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>
<a href="#">Schweres Wasser</a>	1105	D <sub>2</sub> O
<a href="#">Nitrobenzol</a>	1220	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub> N
<a href="#">Glycerin</a>	1260	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>
<a href="#">Salpetersäure</a>	1512	HNO <sub>3</sub>
<a href="#">Schwefelsäure</a>	1834	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<a href="#">Brom</a>	3119	Br <sub>2</sub>
<a href="#">Quecksilber</a>	13595	Hg



Ingenieurwesen II	<b>Messtechnik</b>	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Übungsaufgaben</b>	12. Januar 2012

## 1 Grundlagen

- 1.1 Zwischen welchen Werten kann der gemessene Druck liegen, wenn ein Manometer der Klasse 1 mit dem Messbereich 0 bar bis 63 bar den Druck 36 bar anzeigt?
- 1.2 Eine örtliche Temperaturanzeige hat eine Klassengenauigkeit von 2,5 und einen Messbereich von 120 GradC. Der angezeigte Wert beträgt 25 GradC und der zweite, später abgelesene Wert beträgt 105 GradC.
  - a) Berechnen Sie die Fehler der beiden Messwerte.
  - b) b) Welchen allgemeingültigen Zusammenhang bezogen auf die Messung mit analogen Messgeräten, kann man daraus ableiten?
- 1.3 Die Grenzbeanspruchung eines Manometers mit dem Messbereich 0 bis 1,6bar soll zwei Drittel des Messbereichsendwertes nicht überschreiten. Bis zu welchem Druck darf das Manometer eingesetzt werden?



Ingenieurwesen II	Messtechnik	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Übungsaufgaben	12. Januar 2012

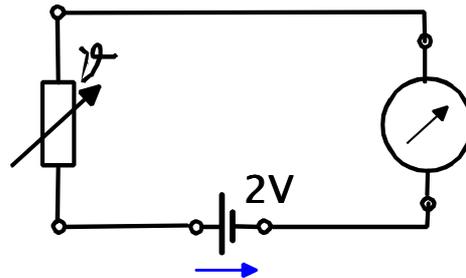
## 2. Temperaturmesstechnik

- 2.1 Die Überprüfung eines Pt100 Widerstandsthermometers vor Ort, ergibt einen Widerstandsmesswert von  $166\Omega$ . Der Temperaturbeiwert von Platin beträgt  $\alpha_{Pt} = 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ . Wie hoch ist die dem Widerstandswert entsprechende Temperatur?
- 2.2 Ein Pt100 Widerstandsthermometer wird von der Leitwarte aus mittels Widerstandsmessung überprüft. Die Länge der Signalleitung ist mit 350m bekannt. Die Einzelader besteht aus Kupfer und hat einen Durchmesser von 1mm. Gemessen wird ein Widerstandswert von  $135\Omega$ . Wie groß ist die Temperatur an der Fühlerspitze?
- 2.3 Ein Temperaturmesskreis soll überprüft werden. Mittels einer Widerstandsdekade werden zu diesem Zweck vom Sensor aus, verschiedene Temperaturwerte eines Pt1000 simuliert werden. Welche Temperatur wird auf der Messwertanzeige angezeigt werden, wenn der Widerstandswert  $1.117 \Omega$  eingestellt wird?
- 2.4 Ein Temperaturmess-Loop bestehend aus einem Pt100-Fühler den Messleitungen mit einer Länge von 250m und der dazugehörigen Anzeige in einer Leitwarte, muss überprüft werden. Welche Temperatur wird in der Leitwarte angezeigt, wenn am Fühleranschluss ein Widerstandswert von  $210 \Omega$  vorgegeben wird.
- 2.5 Welchen Temperaturfehler in GradC bewirkt ein nicht berücksichtigter Zuleitungswiderstand eines Pt100-Widerstandsthermometers von  $2,6 \Omega$ .



Ingenieurwesen II	Messtechnik	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Übungsaufgaben	12. Januar 2012

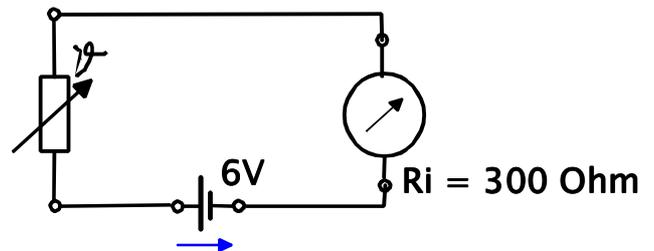
- 2.6 In der Messschaltung fließt bei konstanter Spannung ein Strom von 18,94mA. Infolge der Widerstandsänderung des Nickelthermometers sinkt der Strom auf 9,68mA.



Wie groß ist die Temperaturzunahme? ( $\alpha_{Ni} = 6,17 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ )

- 2.7 Wie groß ist der Strom in der Messschaltung, wenn das Pt100 bei 20 GradC den Widerstand  $107,8 \Omega$  hat? Auf welchen Wert sinkt der Strom bei gleicher Spannung, wenn die Temperatur auf 400 GradC gestiegen ist? Wie groß ist die prozentuale Abweichung von diesem Wert, wenn bei 400 GradC der wahre Widerstand des Thermometers  $280,94 \Omega$  beträgt?

(Widerstandsänderungen des Messgerätes, der Leitungen und der Innenwiderstand der Spannungsquelle sind zu vernachlässigen). ( $\alpha_{Pt} = 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ )



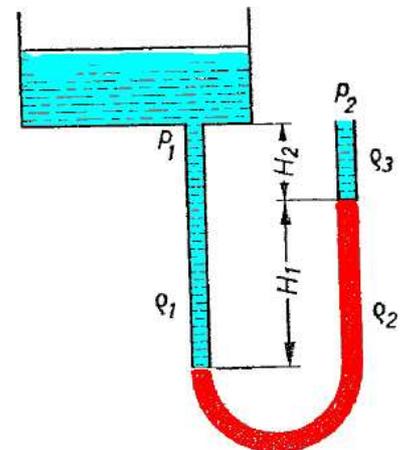
- 2.8 Ein Platinwiderstandsthermometer hat bei 120 GradC den Widerstand  $52,04 \Omega$ . Wie hoch ist die Temperatur, wenn der Widerstand auf  $115,54 \Omega$  gestiegen ist? ( $\alpha_{Pt} = 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ )
- 2.9 Ein Nickelwiderstandsthermometer hat bei  $-60$  GradC den Widerstand von  $69,5 \Omega$ . Wie hoch ist die Temperatur, wenn der Widerstand auf  $129,1 \Omega$  gestiegen ist? ( $\alpha_{Ni} = 6,17 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ )



Ingenieurwesen II	Messtechnik	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Übungsaufgaben	12. Januar 2012

### 3. Druckmesstechnik

- 3.1 Wie viel Druck erzeugen 5,5m Wassersäule mit einem Durchmesser von 100mm?
- 3.2 Ein gleichschenkliges U-Rohr ist 480 mm hoch und bis zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt. Wie groß darf der zu messende Wirkdruck höchstens sein?
- 3.3 In einem U.-Rohr soll die Sperrflüssigkeit Wasser durch Quecksilber ersetzt werden. Wie hoch steht die Quecksilbersäule im U- Rohr, wenn bei gleichem Wirkdruck die Höhe der Wassersäule 340 mm beträgt?
- 3.4 Im Keller eines Bürohauses wird der Wasser- druck gemessen mit  $p_1$  4,2 bar. Wie groß ist der Wasserdruck im vierten Stockwerk des Hauses, wenn hier die Zapfstelle 12 m höher liegt als die Wasseruhr im Keller?
- 3.5 Mit Hilfe der Messanordnung soll der Druckunter- schied  $p_1 - p_2$  bestimmt werden.  $p_1$  und  $p_3$  ist Wasser,  $p_2$  ist Quecksilber, Die Höhe  $H_1$  wird mit 60 mm ermittelt;  $H_2$  mit 20 mm. Berechnen Sie den Druckunterschied!





Ingenieurwesen II	<b>Messtechnik</b>	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Übungsaufgaben</b>	12. Januar 2012

#### 4. Niveaumessetechnik

4.1 Am Boden eines offenen Ölbehälters mit dem Durchmesser von 6 m und einer Gesamthöhe von 10m, wird mit einem Manometer der Druck  $p_u = 250 \text{ mbar}$  gemessen.

Wie hoch ist der Ölstand im Behälter, wenn die Dichte des Öls mit  $0,9 \text{ kg/dm}^3$  bekannt ist?

4.2 Der zylindrischer Verdrängerkörper einer dazugehörigen Niveaumessung mit den geometrischen Maßen, Durchmesser 0,05m, Länge 2,5m und einer Wandstärke von 0,002m besteht aus Edelstahl (Dichte =  $7,9 \text{ kg/dm}^3$ ).

Um wie viel Kg wird der Verdränger leichter, wenn er vollständig im zu messenden Medium Methanol (Dichte =  $790 \text{ kg/m}^3$ ) eingetaucht ist?

4.3

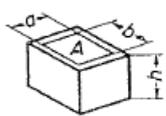


Ingenieurwesen II	Messtechnik	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Übungsaufgaben</b>	12. Januar 2012

## 5. Durchflussmesstechnik

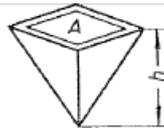
### Volumenmessung

#### Volumenberechnungen wichtiger Hohlkörper

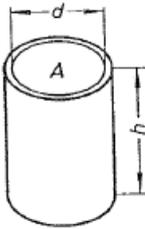


$$V = a \cdot b \cdot h$$

$$V = A \cdot h$$

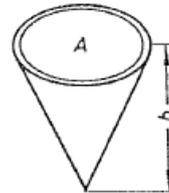


$$V = \frac{A \cdot h}{3}$$

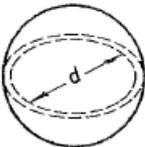


$$V = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} h$$

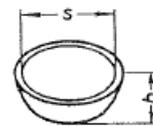
$$V = A \cdot h$$



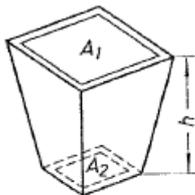
$$V = \frac{A \cdot h}{3}$$



$$V = \frac{\pi \cdot d^3}{6}$$

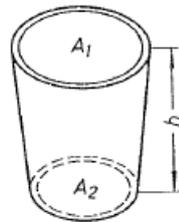


$$V = \frac{\pi \cdot h}{6} \left( \frac{3}{4} s^2 + h^2 \right)$$



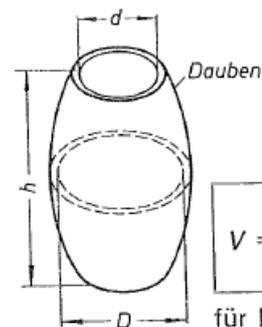
$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot h$$

angenähert



$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot h$$

angenähert



$$V = \frac{\pi \cdot h}{12} (2 D^2 + d^2)$$

für kreisförmige Dauben

- 5.1 Ein zylindrischer Behälter mit dem Durchmesser 2m und einer Höhe von 6m soll in 2 Stunden und 30 Minuten mit Wasser gefüllt werden.
- Wie viel Kubikmeter Wasser fasst der Behälter?
  - Wie viel Liter Wasser müssen in jeder Sekunde durch die Rohrleitungen fließen?



Ingenieurwesen II	<b>Messtechnik</b>	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Übungsaufgaben</b>	12. Januar 2012

- 5.2 Ein anfangs leerer Behälter mit einer Würfelform mit einer Seitenlänge 4m Innenmaß soll über eine Rohrleitung mit Wasser gefüllt werden. In jeder Sekunde fließen 12,5l durch die Speiseleitung.
- Wie viel Liter Wasser fasst der Behälter?
  - In wie viel Stunden und Minuten ist der Behälter gefüllt?
- 5.3 Ein rechteckiger Behälter mit einer Länge von 12m, der Breite von 8m und der Höhe 3m kann durch zwei Rohrleitungen gespeist werden. Wird nur die eine Speiseleitung eingeschaltet, dauert es 8h bis der Behälter gefüllt ist. Die Füllzeit für die andere Speiseleitung beträgt 4h.
- Wie viel  $\text{m}^3$  Flüssigkeit fasst der Behälter?
  - Wie viel Liter Flüssigkeit müssen in jeder Sekunde durch die entsprechende Rohrleitung fließen?
  - Wie lange dauert das Füllen des Behälters, wenn beide Leitungen eingeschaltet sind?
- 5.4 Durch ein Rohr mit dem Innendurchmesser von 40mm fließt Öl mit der mittleren Strömungsgeschwindigkeit 0,24m/s.  
Wie viel  $\text{m}^3$  Öl fließen in einer Stunde durch die Rohrleitung?
- 5.5 Durch eine Rohrleitung fließen in jeder Sekunde 4  $\text{dm}^3$  Wasser. Die Rohrleitung verengt sich an dieser Stelle, so dass der Querschnitt 80% des ursprünglichen Wertes ist.  
Wie groß ist die mittlere Strömungsgeschwindigkeit an der engen Rohrstelle?
- 5.6 Durch ein Rohr mit der NW100 fließt Schwefelsäure mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 1,3 m/s.  
Wie groß wird die Strömungsgeschwindigkeit an einer Rohrstelle mit dem Durchmesser 40mm?



Ingenieurwesen II	<b>Messtechnik</b>	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Übungsaufgaben</b>	12. Januar 2012

- 5.7 Bei einem Durchfluss  $150\text{m}^3/\text{h}$  tritt an einer Messblende der Wirkdruck  $14,4\text{mbar}$  auf.
- Wie groß ist der Durchfluss, wenn der Wirkdruck auf  $12,1\text{mbar}$ ,  $9\text{mbar}$ ,  $7\text{mbar}$  und  $5\text{mbar}$  gesunken ist?
  - Zeichnen Sie den dazugehörigen Graphen.
- 5.8 In einer Produktionsanlage wird  $\text{CH}_4$  (Erdgas) für den Herstellungsprozess benötigt. Die benötigte Menge sind  $Q_B=5.500\text{m}^3/\text{h}$ . Das Gas steht unter einem Betriebsdruck von  $3,6\text{bar}$  und hat eine Betriebstemperatur von  $25\text{ GradC}$ . Berechnen Sie bitte die benötigte Menge in Normkubikmetern pro Stunde  $[\text{Nm}^3/\text{h}] \rightarrow Q_N$ .
- 5.9 Im Rahmen eines Herstellungsprozesses, werden  $10.000\text{Nm}^3/\text{h}$   $\text{NH}_3$  (Ammoniak) benötigt. Es werden am Einspeisepunkt in der Anlage,  $7.800\text{ m}^3/\text{h}$  (Betriebskubikmeter) gemessen. Die örtliche Druckmessung zeigt einem Druck von  $6,5\text{bar}$  an.
- Berechnen Sie bitte die Temperatur, mit der das Medium in die Anlage strömt.
- 5.10 Für den Produktionsprozess werden  $5.300\text{ Nm}^3/\text{h}$  eines Gases benötigt. Die Mengenummessung die die Betriebskubikmeter/ h anzeigt, liefert einen Messwert von  $4.600\text{ m}^3/\text{h}$ . Die Temperatur des Mediums an dieser Stelle beträgt  $30\text{ GradC}$ .
- Wie hoch muss der Druck sein, mit dem das gasförmige Medium transportiert werden muss, um die geforderte Menge in  $\text{Nm}^3/\text{h}$  zu erreichen?



Ingenieurwesen II	<b>Messtechnik</b>	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Übungsaufgaben</b>	12. Januar 2012

5.11 Eine insgesamt 350m lange Rohrleitung verändert ihren Querschnitt im Rahmen ihres Verlaufes insgesamt 3 mal. Im ersten Abschnitt beträgt der Durchmesser  $d_1=500\text{mm}$ . Im zweiten Abschnitt reduziert sich der Durchmesser auf  $d_2=300\text{mm}$ . Im letzten Abschnitt erweitert sich die Rohrleitung wieder auf einen Durchmesser  $d_3=1000\text{mm}$ . Die Strömungsgeschwindigkeiten betragen  $v_1=20\text{m/s}$  und  $v_3=10\text{m/s}$ .  
Wie groß ist der Durchfluss in der Rohrleitung insgesamt und wie hoch ist die Strömungsgeschwindigkeit  $v_2$ ?

5.12 Die Mindestströmungsgeschwindigkeit für einen IDM der Nennweite DN200 beträgt 2 m/s. Kann mit diesem IDM ein Durchfluss von 300 m<sup>3</sup>/h gemessen werden? Berechnen Sie.

5.13 Ein Schwebekörper eines Schwebekörperdurchflussmessers mit einer angenähert zylindrischen Form, hat eine Masse von 120g und einen Durchmesser von 45mm und eine Höhe von 50 mm.  
Welche Auftriebskraft erfährt dieser Schwebekörper, wenn er nahezu Drucklos von Wasser im Messkonus umströmt wird?

5.14 Bei einem induktiven Durchflussmessern ist die induzierte Spannung  $U_q$  bei konstantem Magnetfeld dem Durchfluss direkt proportional.  
Berechnen Sie den Durchfluss durch einen induktiven Durchflussmesser mit  $D = 350\text{mm}$ , wenn bei  $B = 0,5\text{Vs/m}^2$  die Spannung 600mV gemessen wird.

5.15 Bei einem Maximaldurchfluss 0,5m<sup>3</sup>/s soll für einen induktiven Durchflussmesser mit der Rohrweite 250mm die Spannung 400V induziert werden.  
Wie groß muss die flussdichte des Magnetfeldes sein?



Ingenieurwesen II	Messtechnik	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Übungsaufgaben	12. Januar 2012

## 6. Aktuatorik

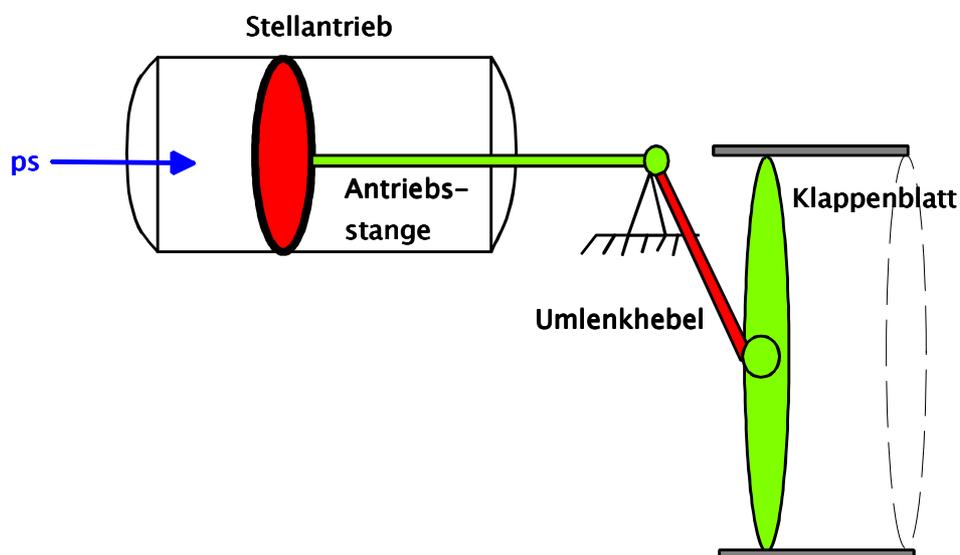
6.1 In einem Regelventil ist eine Sitz-Kegel-Garnitur verbaut mit einem  $K_v$ -Wert von 6,3.

Wie viel Kubikmeter Wasser können bei vollem Ventilhub durch das Regelventil befördert werden, wenn der Druckabfall max. 1 bar betragen darf?

6.2 Eine Regelklappe hat ein Losbrechmoment von  $xx$  Nm. Der dazugehörige Stellantrieb wird mit einem Stelldruck von 1,5bar betrieben und hat eine wirksame Membranfläche von  $yy$  mm<sup>2</sup>. Zur Umlenkung der Kraft, hat der Stellantrieb einen Hebel mit einer Länge von 100mm.

a) Berechnen Sie ob der Antrieb mit dem eingestellten Stelldruck, das Klappenblatt bewegen kann.

b) Wie groß muss der Stelldruck sein, wenn das Drehmoment des Antriebes 10% größer ist als das Losbrechmoment der Klappe?





Ingenieurwesen II	Messtechnik	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Übungsaufgaben	12. Januar 2012

## 7. Regelungstechnik

7.1 Der Drehfrequenz-Sollwert einer Turbine ist  $1.500\text{min}^{-1}$ . Der Istwert wird mit  $1.480\text{min}^{-1}$  gemessen.

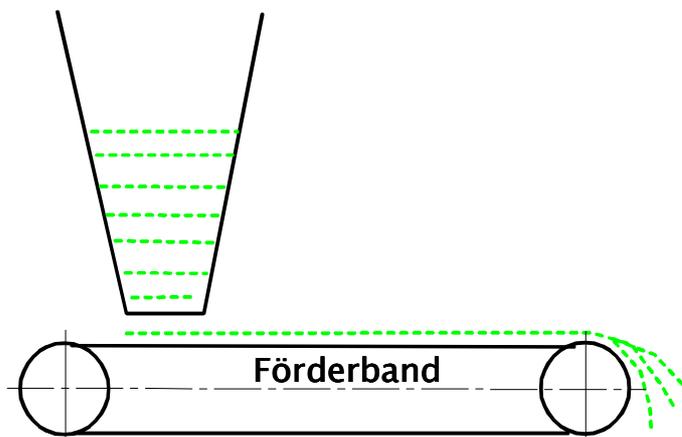
Wie groß sind Regeldifferenz und Regelabweichung?

7.2 In einem Druckbehälter sollen  $p_a = 2,5\text{mbar}$  herrschen. Der Ist-Wert wird von einem Rohrfedermanometer mit  $p_a = 2,3\text{bar}$  gemessen.

Wie groß ist die Regelabweichung und die Regeldifferenz in mbar und in Prozent vom Sollwert?

7.3 Die Antriebsdrehfrequenz des Förderbandes ist  $600\text{min}^{-1}$  und die Fördermenge  $1.200\text{kg}/\text{min}$ . Eine sprunghafte Erhöhung der Antriebsdrehfrequenz um  $150\text{min}^{-1}$  erhöht die Fördermenge auf  $1.500\text{kg}/\text{min}$ .

Wie groß ist die Verstärkung und der Ausgleichswert der Regelstrecke?





Ingenieurwesen II	Messtechnik	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Übungsaufgaben	12. Januar 2012

7.4 Die Erfahrung hat gezeigt, dass bei Regelstrecken höherer Ordnung die Regelung um so schwieriger wird, je größer das Verhältnis Verzugszeit ( $T_u$ ) : Ausgleichszeit ( $T_g$ ) wird.

Durch Versuche wurden bei einer Regelstrecke folgende Werte ermittelt:  $T_u = 2\text{min } 15\text{s}$  und  $T_g = 10\text{min } 40\text{s}$ . Stellen Sie fest, ob die Regelstrecke gut, noch einigermaßen oder nur schwer regelbar ist.

7.5 Im Bild ist die Übergangsfunktion einer Druckregelstrecke mit zwei in Reihe geschalteten Druckbehältern (Regelstrecke 2. Ordnung) dargestellt. Ermitteln Sie aus der Übergangsfunktion die Verzugszeit ( $T_u$ ) und die Ausgleichszeit ( $T_g$ ).

