

MESSEN VON STOFF- UND ENERGIESTRÖMEN

REPETITORIUM

Prof. Dr.-Ing. Jens Hesselbach

Wintersemester 2016/2017



umweltgerechte produkte und prozesse

Prof. Dr.-Ing. Jens Hesselbach

Inhalte der Vorlesung

- Probeklausur
 - Aufbau
 - Fragen
- Repetitorium
- Fragen ?

Probeklausur

Klausuraufbau

- Kapitelweise aufgebaut
- Fragenteil (ca. 60 %)
- Rechenteil (ca. 40 %)
- 1h Klausurzeit
- 60 Punkte

- Konzentrationsmessung **nicht** klausurrelevant

- Klausurrelevant außerdem Buchkapitel „Daten beschaffen“

Probeklausur

Aufbau

- Temperaturmessung und Thermographie
- Leistungsmessung
- Statistik
- Durchflussmessung
- Druckmessung
- Energiemonitoring
- Rechenteil

Probeklausur

Alte Aufgaben

Temperaturmessung und Thermographie (xxx P)

- **Aufgabe 1:**

Nennen Sie den wesentlichen Unterschied im Messprinzip zwischen einem Widerstandsthermometer und einem Thermoelement. (xxx P)

- **Aufgabe 2:**

Zeichnen Sie die 2-Leiterschaltung eines Widerstandsthermometers auf. (xxx P)

Probeklausur

Alte Aufgaben

- **Technische Durchflussmessung (xxx P)**
- **Aufgabe 1:**

Erläutern Sie den Aufbau und die Funktionsweise der Durchflussmessung mittels Wirbelstromverfahren. Handelt es sich bei diesem Messverfahren um eine Massenstrommessung oder um eine Volumenstrommessung? Begründen Sie Ihre Antwort. (xxxP)
- **Aufgabe 2:**

Sie wollen an einem ölbefeuerten Heizkessels den Abgasvolumenstrom ermitteln ohne den Kessel abschalten zu müssen. Welche Messgeräte / Möglichkeiten eignen sich für die Volumenstromermittlung des Abgases? Nennen Sie drei Möglichkeiten. (xxx P)

Probeklausur

Alte Aufgaben

- **Druckmessung (xxx P)**

Aufgabe 1:

Beschreiben Sie die Funktionsweise eines Dehnungsmessstreifens zur Druckmessung. (xxx P)

Probeklausur

Alte Aufgaben

- **Leistungsmessung (xxx P)**
- **Aufgabe 1:**
Erläutern Sie die Begriffe Wirkleistung und Blindleistung. (xxx P)
- **Aufgabe 2:**
Jede Messung ist fehlerbehaftet. Welche zwei grundsätzlichen Fehlerarten können bei einer Messung auftreten? (xxx P)
- **Aufgabe 3:**
Erklären Sie den Begriff Erden und nennen Sie die drei wesentlichen Anwendungsfälle. (xxx P)

Probeklausur

Alte Aufgaben

- **Aufgabe 1:**

Sie wurden von einem Industriebetrieb beauftragt den Abgasvolumenstrom eines Heizkessels zu bestimmen.

a.)

Bestimmen Sie die Feuerungswärmeleistung für eine Heizungsanlage mit einem Wirkungsgrad von 91% bei einem Erdgasdurchsatz von $54,94 \text{ m}^3/\text{h}$ ($H_i = 11 \text{ kWh/m}^3$). (xxx P)

$$\dot{Q} = \eta * \dot{V} * H_i$$
$$\dot{Q} = 0,91 * \frac{54,94 \text{ m}^3}{\text{h}} * 11 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} = 550 \text{ kW}$$

b.)

Sie messen mit einem Differenzdruckmessgerät und einem Prandtlstaurohr eine Strömungsgeschwindigkeit von $7,3 \text{ m/s}$. Bestimmen Sie den Abgasvolumenstrom in m^3/h . (xxx P)

$$\dot{V} = A * v = (0,3 \text{ m})^2 * \frac{3,14}{4} * \frac{7,3 \text{ m}}{\text{s}} = \frac{0,5157 \text{ m}^3}{\text{s}} = 1856 \text{ m}^3/\text{h}$$

Probeklausur

Alte Aufgaben

- **Bernoulli**
- **Fehlerfortpflanzung**

Probeklausur

Gauß, Fehlerfortpflanzung

Aufgabe 17:

Der spezifische elektrische Widerstand ρ (auch Resistivität genannt) ist eine temperaturabhängige Materialkonstante.

Es gelten folgende Zusammenhänge:

$$R = \rho * L/A$$

$$\rho = R * A/L$$

$$A = \pi * D^2/4$$

$$[\rho] = \Omega\text{m}; [R] = \Omega; [L] = \text{m}; [D] = \text{m}$$

Die Teilmessgrößen sind:

$$U = 25 \pm 0,02 \text{ V}$$

$$I = 0,2 \pm 0,00015 \text{ A}$$

$$D = 2 \pm 0,01 \text{ mm}$$

$$L = 155 \pm 0,1 \text{ mm}$$

Nehmen Sie an, dass alle Teilmessgrößen normalverteilt und voneinander unabhängig sind. Führen Sie eine Fehlerrechnung für die Resistivität nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz nach Gauß durch!

Probeklausur

Gauß, Fehlerfortpflanzung; **Lösungen**

- a. Nehmen Sie an, dass alle Teilmessgrößen normalverteilt und voneinander unabhängig sind. Führen Sie eine Fehlerrechnung für die Resistivität nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz nach Gauß durch!

$$\rho = (2,534 \pm 0,026) * 10^{-3} \Omega m$$

- b. Wie wahrscheinlich ist es, dass - auf Basis der berechneten Größen aus Teilaufgabe a) – bei einer erneuten Messung unter den gleichen Voraussetzungen eine Resistivität von $\rho < 2,5 * 10^{-3} \Omega m$ ermittelt wird.

$$P\left(\frac{\rho - E(\rho)}{\sigma_\rho} < \frac{2,5 - 2,534}{0,026}\right) \approx P(z \leq -1,31) = 1 - P(z \leq 1,31) \approx 1 - 0,905 = 0,095 \\ = 9,5\%$$

Probeklausur

Gauß, Fehlerfortpflanzung

- c. R, D und L sind abhängig von der Temperatur. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Temperatur beträchtliche Schwankungen während der Messung aufweist. Dies soll daher in der Fehlerfortpflanzungsberechnung für die Resistivität berücksichtigt werden. Für die gegenseitigen Abhängigkeiten der Messvariablen werden angenommen: $\text{Korr}(\sigma_L, \sigma_D) = 0,8$; $\text{Korr}(\sigma_R, \sigma_D) = 0$; $\text{Korr}(\sigma_L, \sigma_R) = 0$.

Führen Sie mit den neuen Annahmen erneut eine Fehlerrechnung für die Resistivität nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz nach Gauß durch!

$$\rho = (2,534 \pm 0,258) * 10^{-3} \Omega m$$

- d. Wie schätzen Sie die gemachten Annahmen in Teilaufgabe c) zu den Korrelationskoeffizienten ein? Nehmen Sie kurz Stellung zu den drei Korrelationskoeffizienten und schlagen Sie gegebenenfalls einen alternativen Weg zur Fehlerfortpflanzungsberechnung vor!

Dass die Messabweichung der Leiterlänge und die Messabweichung des Durchmessers eine relativ hohe Korrelation haben, könnte dann als plausibel angesehen werden, wenn dasselbe Messverfahren/-gerät eingesetzt wird. Der hohe Korrelationskoeffizient von 0,8 jedoch bedeutet, dass die Messungen auf systematische Messabweichungen untersucht werden sollten (bspw. Messabweichung in Abhängigkeit zur Temperatur -> Kalibrierung notwendig).

Da die Messungen des elektrischen Widerstandes und der Leiterlänge/-bzw. -durchmessers auf komplett unterschiedlichen Messverfahren basieren, ist ein Korrelationskoeffizient der Messabweichungen um 0 plausibel. Dies bedeutet aber nicht, dass die wahren Werte ebenfalls unkorreliert sind.