

## Beispielaufgaben zur Klausur Sensoren

Die Klausur besteht aus ca. 30 Fragen (insgesamt ca. 75 Punkte), die innerhalb von 2 Stunden zu beantworten sind. Die vorliegende Sammlung ist unvollständig und dient lediglich der Orientierung.

Name: <b>DECKBLATT-BEISPIEL</b>	<b>Nur für Wiederholer:</b>
Vorname:	Adresse:
Matrikel-Nr.:	E-Mail:
Studienfach: <input type="checkbox"/> ETEC <input type="checkbox"/> WING <input type="checkbox"/> _____	Tel.-Nr.:
<input type="checkbox"/> Diplom <input type="checkbox"/> Master <input type="checkbox"/> Bachelor	

### Zur Beachtung:

- Prüfen Sie die Anzahl der Aufgabenblätter auf Vollständigkeit:  
1 Deckblatt, 12 Aufgabenblätter (Seite 1-12)
- Tragen Sie Name und Vornamen ein; kennzeichnen Sie ihr Studienfach.
- Zur Prüfung sind außer Schreibgerät (kein Bleistift) und Lineal keine anderen Hilfsmittel zugelassen (keine Formelsammlung, keine Aufzeichnungen, kein Taschenrechner etc.!).
- Die Lösungen zu den Aufgaben sind in die dafür vorgesehenen Zwischenräume einzutragen. Verwenden Sie die linke leere Seite als Schmierpapier für Notizen. Bitte antworten Sie kurz und aussagekräftig in einer wissenschaftlichen Sprache.
- Prüfungsergebnisse werden zusammen mit ihrer Matrikelnummer in ca. 5 Wochen am IWE (Geb. 50.40, Foyer, 3. O.G.) durch Aushang bekannt gegeben.

**Beispiele zur Abfrage von Wissen/Definitionen**

- a) Wie sind die Begriffe absolute Feuchte  $F_{abs}$  und relative Feuchte  $F_{rel}$  definiert? (2 Punkte)

$$F_{abs} = \frac{m_D}{V_F}$$

$$F_{rel} = \frac{F_{abs}}{F_{sat}}$$

- b) Wie ist der pyroelektrische Koeffizienten  $p^\sigma$  definiert. (1 Punkt)

$$p^\sigma = \frac{\Delta P}{\Delta T}$$

- c) Was ist die physikalische Ursache des piezoelektrischen Effekts? (1 Punkt)

*Abwesenheit eines Symmetriezentrums in der Kristallstruktur*

- d) Geben Sie für einen kapazitiven Feuchtesensor den funktionalen Zusammenhang zwischen effektiver Dielektrizitätskonstante  $\varepsilon_r = f(c)$  und der Wasserkonzentration  $c$  an. Wieso lässt sich die Feuchte von Wasser mit diesem Prinzip deutlich besser messen als die „Feuchte“ vieler anderer Stoffgruppen? (2 Punkte)

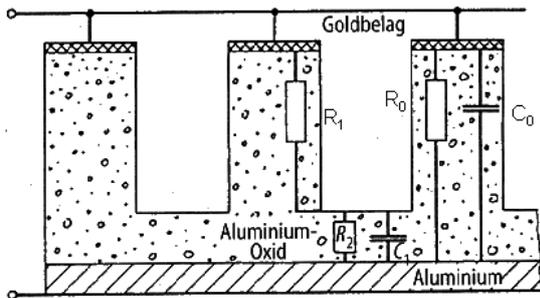
$$\varepsilon_r(c) = \varepsilon_r^i + c\varepsilon_r^W; \quad \varepsilon_r^W = 80$$

Weiterhin werden zur Abfrage von Wissen Antwort-Wahl-Fragen gestellt.

**Beispiele zu Abfrage von Sensor-Aufbau/Funktion**

- a) Skizzieren Sie den Querschnitt (Aufbau) eines kapazitiven Feuchtesensors und modellieren Sie diesen Sensor durch ein elektrisches Ersatzschaltbild (ESB), das alle wesentlichen elektrischen Eigenschaften dieses Aufbaus beschreibt. Bitte beschreiben Sie auch, für was das entsprechende Element im ESB steht. (3 Punkte)

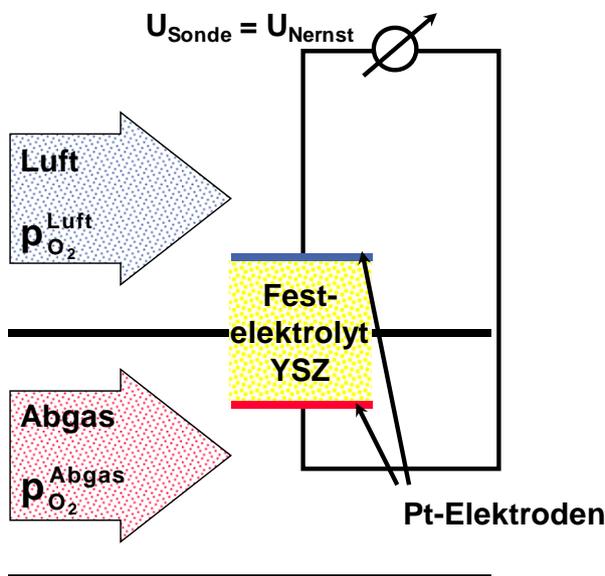
*(1 Punkt auf Aufbau, 1 Punkt auf ESB, 1 Punkt auf Beschriftung)*



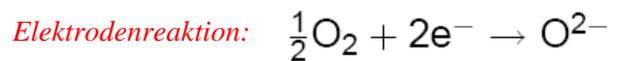
- R0* Widerstand der Oxidschicht.
- C0* Kapazität zwischen Goldbelag und Aluminium.
- R1* Widerstand der Porenwand.
- R2* Widerstand zwischen Porengrund und Aluminium.
- C1* Kapazität zwischen Porengrund und Aluminium.

- b) Skizzieren Sie den Aufbau einer potentiometrischen Lambdasonde und erklären Sie die grundlegende Funktion. (6 Punkte)

*(2 Punkt auf Skizze, 4 Punkt auf Erklärung der Funktion, Keywords)*



*Sauerstoff-ionenleitender Elektrolyt (yttriumdotiertes Zirkonoxid, YSZ) trennt Messgas von der Referenzgasatmosphäre. An den katalytisch aktive Platin-Elektroden entsteht ein Gleichgewichts-Sauerstoffpartialdruck, an dem alle Gaskomponenten beteiligt sind (Lambda). Die unterschiedlichen Sauerstoffpartialdrücke an den beiden Elektroden erzeugen über dem Festelektrolyten einen Konzentrationsgradienten. → Diffusionsstrom von Sauerstoffionen → Ladungsverschiebung → elektrisches Gegenfeld = Nernst- Spannung*



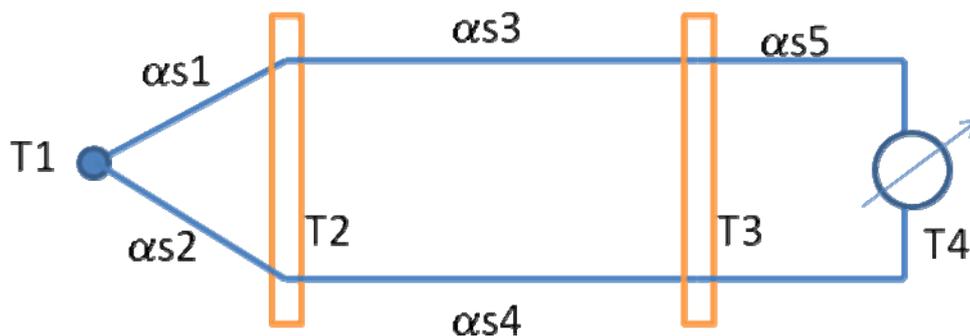
*Nernstspannung:*

$$U_{Nernst} = \frac{RT}{2F} \cdot \ln \left( \frac{\sqrt{p_{O_2}^{Luft}}}{\sqrt{p_{O_2}^{Abgas}}} \right)$$

**Beispiele einfacher Rechenaufgaben**

- a) Skizzieren Sie den Aufbau einer Temperaturmessung mittels Thermoelement (Thermoelement, Ausgleichsleitung, Voltmeter). Kennzeichnen Sie die Drähte mit den zugehörigen Seebeck-Koeffizienten ( $\alpha_s$ ) und die Verbindungsstellen mit den entsprechenden Temperaturen ( $T$ ) wie in der Tabelle angegeben. (2 Punkte)

	Temperatur	Seebeck-Koeffizient
Messstelle	$T_1$	
Thermodrähte		$\alpha_{S,1}, \alpha_{S,2}$
Klemmstelle Thermodrähte/Ausgleichsleitung	$T_2$	
Ausgleichsleitung		$\alpha_{S,3}, \alpha_{S,4}$
Klemmstelle Ausgleichsleitung/Messgerät	$T_3$	
Leitung des Voltmeters		$\alpha_{S,5}$
Voltmeter	$T_4$	



- b) Geben Sie die elektrische Spannung  $U_M$  am Voltmeter als Funktion aller relevanten Temperaturen und Seebeck-Koeffizienten an. Die Thermospannung eines Leiterstücks ist  $U_{th} = \alpha_s \cdot \Delta T$ . (2 Punkte)

$$U_M = (\alpha_{S1} - \alpha_{S2})(T1 - T2) + (\alpha_{S3} - \alpha_{S4})(T2 - T3)$$

- c) Welche Bedingung müssen die Seebeck-Koeffizienten einer Ausgleichsleitung erfüllen, damit keine zusätzlichen Störspannungen auftreten? Wie lautet die Gleichung für die Mess-Spannung  $U_M$  in diesem Fall? (2 Punkte)

$$\alpha_{S,3} = \alpha_{S1}$$

$$\alpha_{S,4} = \alpha_{S2} \quad (1 \text{ Punkt})$$

$$U_M = (\alpha_{S1} - \alpha_{S2})(T1 - T3) \quad (1 \text{ Punkt})$$

**Beispiele zu Anwendung (Übertragung von Wissen)**

- a) Lassen sich alle piezoelektrischen Materialien auch für pyroelektrische Anwendungen nutzen? Begründen Sie kurz! (2 Punkte)

*Nein (1 Punkt), da die Pyroelektrizität eine Unterklasse der Piezoelektrizität ist (1 Punkt)*

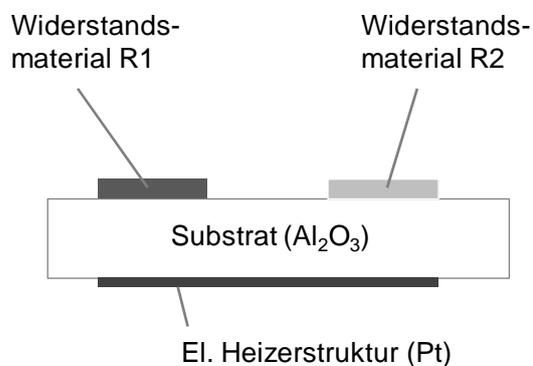
- b) Warum muss bei der Auswahl eines DMS der Werkstoff des zu untersuchenden Bauteils (Brückenträger, Eisenbahnschiene...) berücksichtigt werden. (1 Punkte)

*Wegen unterschiedlichem Ausdehnungskoeffizient  $\rightarrow$  mech. Spg.*

- c) Wie lässt sich die Sensitivität eines  $\text{ZnO}_2$ -Gassensors erhöhen? (1 Punkt)

*$\frac{A}{V}$  Verhältnis bestimmt die Empfindlichkeit*

- d) Entwerfen Sie einen HC-Sensor auf der Basis resistiver Sensormaterialien  $R=a[\text{HC}]+b[\text{O}_2]$ . Durch welche Maßnahme kann die Querempfindlichkeit der Sensormaterialien nahezu eliminiert werden? Begründen Sie Ihren Entwurf. (3 Punkte)



*2 sensitive Schichten mit unterschiedlich sensitiven Eigenschaften, realisiert durch z. B. unterschiedliche Temperatur, katalytische Deckschicht, oder einfach unterschiedliche Materialien. Somit haben diese zwei Sensoren unterschiedliche Koeffizienten:  $a \neq c$  bzw.  $b \neq d$ .  $R1 = a [\text{HC}] + b [\text{O}_2]$ ,  $R2 = c [\text{HC}] + d [\text{O}_2]$ ,  $\rightarrow$  Zwei unab. Gleichungen  $\rightarrow$   $[\text{HC}]$  und  $[\text{O}_2]$  können bestimmt werden.*