

Saalübung	Do, 27.06.2013, 08:00 –09:30 Uhr
Themengebiete	Lambdasonde, Dielektrika (ESB)
Übungsleiter	Dipl.-Ing. Michael Schönleber Dipl.-Phys. Julian Szasz

Die Aufgaben auf diesem Übungsblatt entstammen teilweise alten Klausuren. Zu Ihrer Orientierung ist die originale Punktverteilung dann jeweils mitaufgeführt. Die maximal erreichbare Punktzahl in der Klausur beträgt 60 Punkte.

A1: Lambda-Sonde

Im Folgenden ist ein wissenschaftlicher Text über die Funktionsweise der Lambda-Sonde abgedruckt. Ihre Aufgabe ist es, den Text zu beurteilen. Bearbeiten Sie dazu die unten stehenden Fragestellungen.

Lambda-Sonde

2 In der Abgassensorik moderner Benzinmotoren werden potentiometrische Lambda-
4 Sonden eingesetzt. Der Arbeitsweise potentiometrischer Sensoren liegt das Nernst-Sonde-
6 Prinzip und somit die Nernstsche Gleichung zugrunde. Es wird stromlos das Potential
8 zwischen einer Referenz- und einer Mess-
10 selektrode gemessen. Bei der Lambda-Sonde wird der gasundurchlässige elektronen-
12 leitende Elektrolyt so eingesetzt, dass er Abgas (Messraum) und Umgebungsluft (Referenz-
14 umgebung), in denen unterschiedliche Sauerstoffpartialdrücke herrschen, voneinander
16 trennt. Als Elektroden werden auf beiden Seiten blockierende Elektroden aus Platin
18 verwendet. Durch das Nichtgleichgewicht der chemischen Potentiale zwischen Abgas-
20 seite und Umgebungsluftseite bauen sich an den Grenzschichten zwischen den Pt-
22 Elektroden und dem Festelektrolyten Ladungsansammlungen (Ladungsdoppelschichten) auf.

Da durch den Elektrolyten keine Elektronen 24
zum Ladungsausgleich fließen können, baut 26
sich ein elektrisches Feld auf, das der Diffusion der O^{2-} -Ionen entgegenwirkt. Das elektrische Feld erzeugt eine Spannung U_{Nernst} , die 28
über die Pt-Elektroden an beiden Seiten des Festelektrolyten abgegriffen werden kann. 30

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

Die Spannung U_{Nernst} ist von der Temperatur 32
und den Sauerstoffpartialdrücken auf Abgas- und Umgebungsluftseite abhängig. 34

a) Finden Sie einen Fehler in den Zeilen 1-15. Geben Sie die Zeilennummer(n) an und beschreiben Sie, worin der Fehler besteht. (1 Punkt)

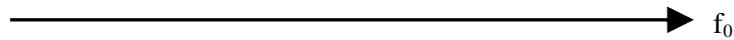
b) Finden Sie einen Fehler in den Zeilen 16-40. Geben Sie die Zeilennummer(n) an und beschreiben Sie, worin der Fehler besteht. (1 Punkt)

c) Welches Material wird für den Festelektrolyten der potentiometrischen Lambda-Sonde und beschreiben sie den dominanten Leitungsmechanismus? (1 Punkt)

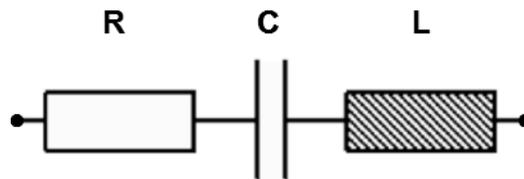
d) Wieso kann man beim Betrieb einer Hochtemperatur- Festelektrolyt- Brennstoffzelle (SOFC) auch vom ‚Entladen‘ der Zelle sprechen und was würde beim ‚Ladevorgang‘ in der SOFC passieren?

A2: Dielektrika

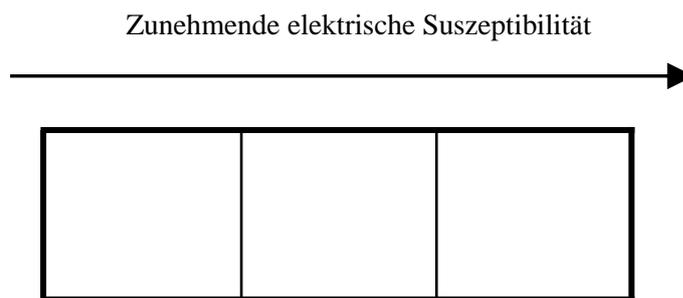
a) Nennen Sie drei dielektrische Polarisationsmechanismen und ordnen Sie diese nach steigender Resonanz- bzw. Relaxationsfrequenz des Ausfallmechanismus. (1 Punkt)



b) Nennen Sie eine dielektrische Polarisationsart, die durch das unten gezeigte elektrische Ersatzschaltbild beschrieben werden kann. (1 Punkt)



c) Ordnen Sie die Gase Neon (Ne), Helium (He) und Xenon (Xe) nach zunehmender elektrischer Suszeptibilität χ_{el} . Begründen Sie Ihre Antwort. (1 Punkt)



A3: Sawyer-Tower Schaltung

Zur Bestimmung der Dielektrizitätszahl ϵ_r einer Polyesterprobe wird die in Bild 1 dargestellte Schaltung (Sawyer-Tower Schaltung) realisiert: Zwei baugleiche Plattenkondensatoren werden in Reihe geschaltet. In einen davon wird die Polyesterprobe eingebracht. Der zweite Kondensator dient als Referenz und ist luftleer.

Hinweis: In Tabelle 1 ist die gemessene Spannung am Referenzkondensator für zwei verschiedene Temperaturen bei angelegter Gleichspannung von $U_0 = 10\text{ V}$ gegeben.

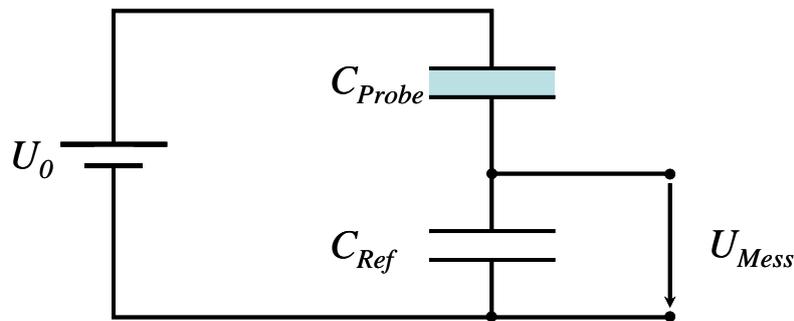


Bild 1 Schaltung zur Ermittlung der Dielektrizitätszahl eines Dielektrikums

Tabelle 1: U_{Mess} bei unterschiedlicher Temperatur

$T / ^\circ\text{C}$	U_{Mess} / V	$\epsilon_r / -$	$\chi_e / -$
$T_1 = 25$	7,5		
$T_2 = 225$	7,0		

Hinweis: Wenn Sie die Aufgabe nicht gelöst haben, rechnen Sie mit $\epsilon_r(T_1) = 3$ und $\epsilon_r(T_2) = 2,33$.

a) Berechnen Sie die Dielektrizitätszahlen ϵ_r und die Suszeptibilitäten χ_e für die angegebenen Temperaturen und tragen Sie diese in die Tabelle ein. **(3 Punkte)**

b) Die Temperaturabhängigkeit der Suszeptibilität χ_e lässt sich mit folgender Formel beschreiben:

$$\chi_e(T) = K + \frac{C}{T}$$

Bestimmen Sie die temperaturunabhängige Konstante K und das Maß für die Temperaturempfindlichkeit C . **(2 Punkte)**

c) Berechnen Sie die Anteile χ_{el} und χ_{or} an der Suszeptibilität χ_e bei T_1 , wenn davon ausgegangen wird, dass lediglich Elektronen- und Orientierungspolarisation auftreten. **(2 Punkte)**

Hinweis: Die Konzentration n der permanenten Dipole im Dielektrikum sei temperaturunabhängig.

d) Die Gleichspannung U_0 wird nun durch eine Wechselspannung U_{\sim} ersetzt. Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild des Probenkondensators für das gesamte Frequenzspektrum und kennzeichnen Sie die entsprechenden Bauteile. **(2 Punkte)**

e) In einem weiteren Experiment wird, wieder bei Gleichspannung, die Polyesterprobe durch einen Diamant ersetzt. Welche Änderung der Messspannung U_{Mess} ergibt sich daraus bei der Temperaturänderung von T_1 auf T_2 ? **(1 Punkt)**

A4: Dielektrische Verlustmechanismen

In Bild 2 sind zwei mögliche Verläufe für das Dispersionsspektrum $\chi'(\omega)$ der Polarisation gegeben.

a) Ordnen Sie die Begriffe Resonanz und Relaxation zu und zeichnen Sie jeweils das entsprechende Verlustspektrum $\chi''(\omega)$ ein. (2 Punkte)

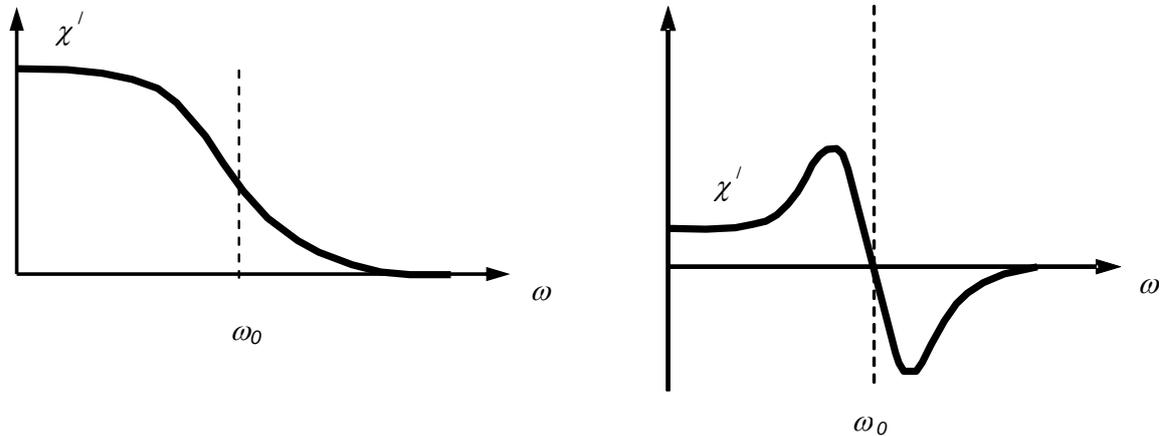


Bild 2: Dispersionsspektren der Polarisation

b) Geben Sie zu jedem der Verläufe aus Aufgabenteil a) einen Polarisationsmechanismus an. (1 Punkt)