

Messung der dielektrischen Funktion

R. Krause-Rehberg

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

- Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten von Gasen und Flüssigkeiten
- Messung der dielektrischen Funktion von Epoxidharz

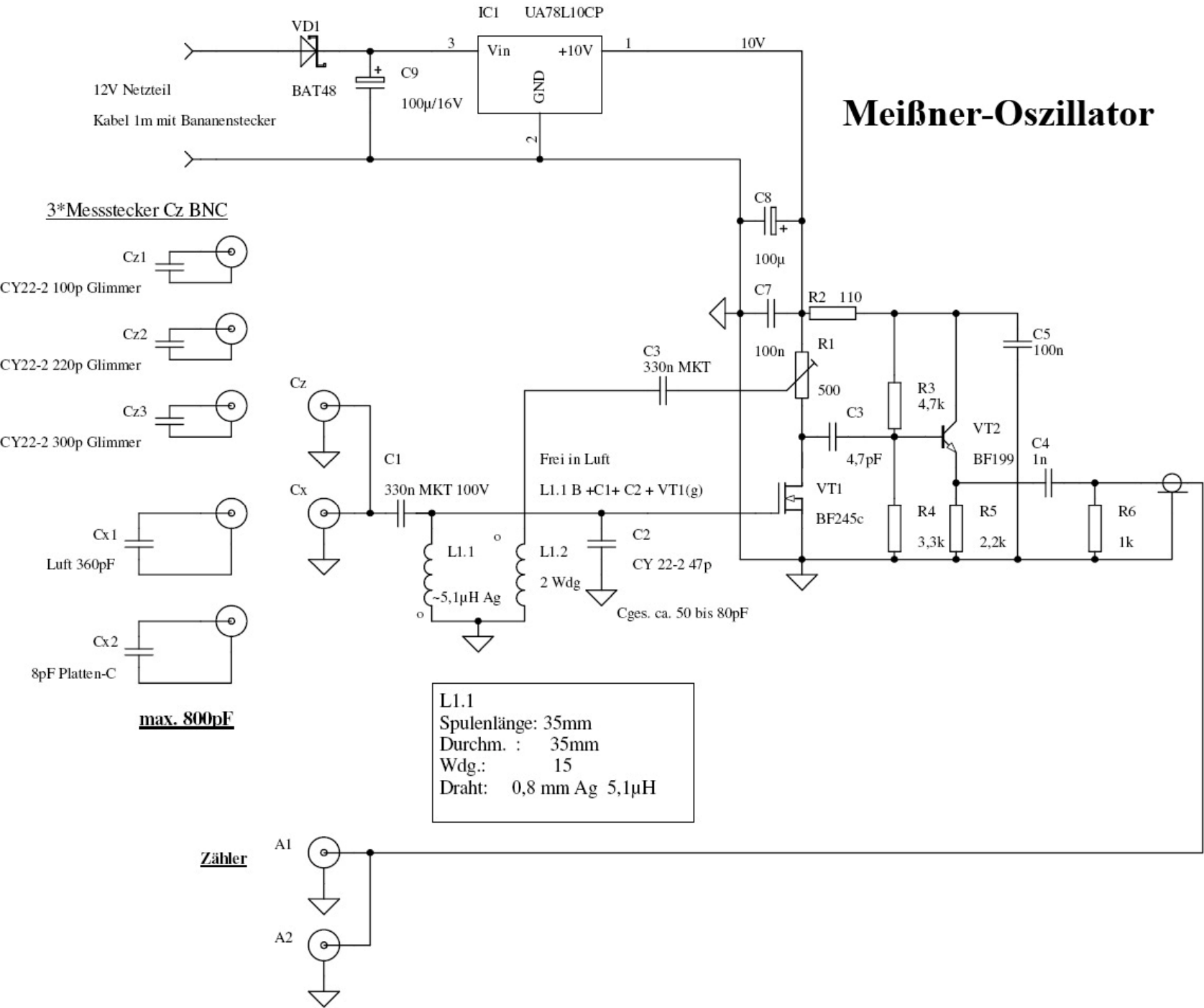


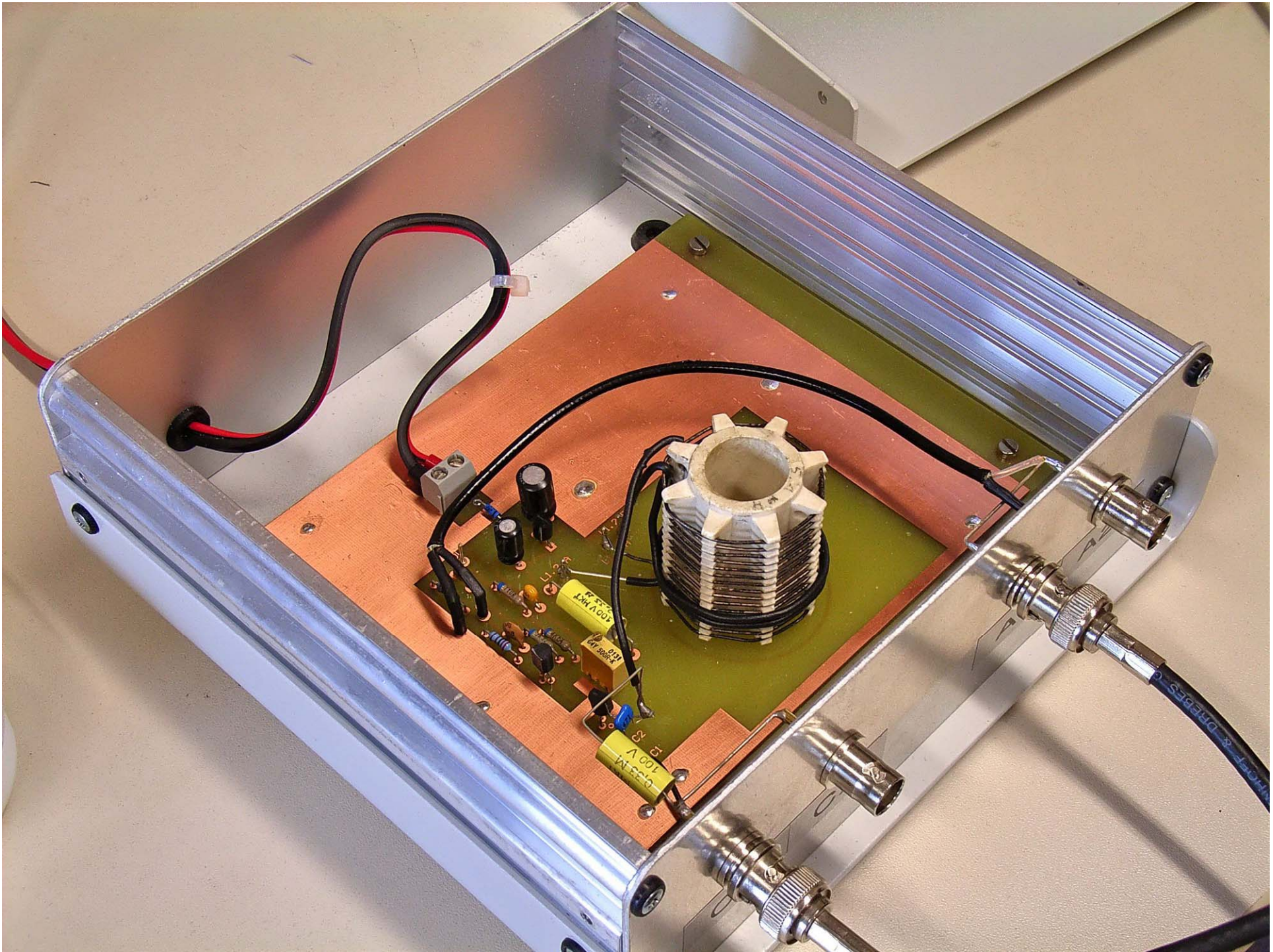
Bestimmung von ϵ_r von Luft und CO_2

- Messung mittels Plattenkondensator mit $C=385 \text{ pF}$, der Teil der Schwingkreis Kapazität eines Meissner-Oszillators ist



Meißner-Oszillator





Versuchsablauf

- Driftmessung der Frequenz während 30min Aufwärmphase
- nach 30 min Drift ca. 5 Hz / s
- durch Parallelschalten von kalibrierten Kondensatoren wird die interne Schwingkreis Kapazität C_1 und Induktivität bestimmt
- Kapazität des Messkondensators C_{MR} wird bestimmt
- wiederholte Messung mit und ohne Gas
- $\Delta f(\text{Luft})$ ca. 700 Hz; für CO_2 ca. 900 Hz

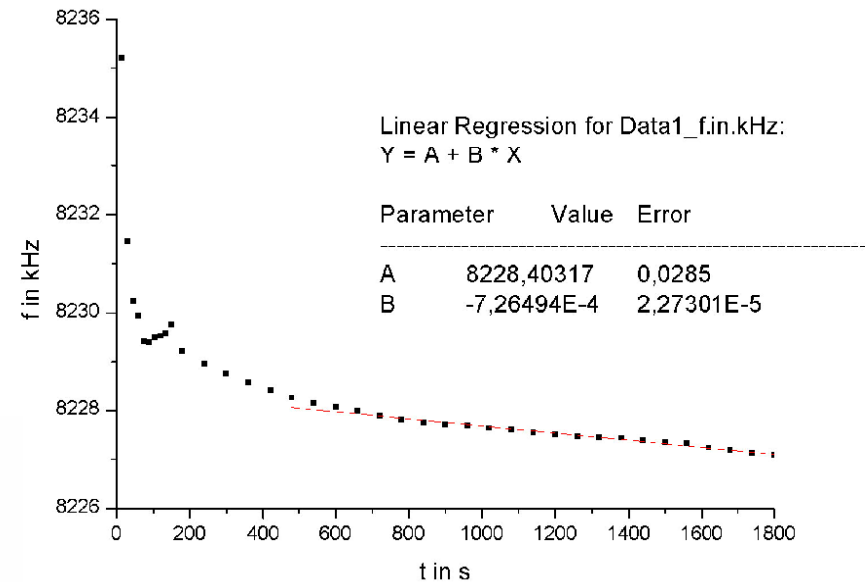
$$\frac{\Delta C}{C_{MR}} = \epsilon_r - 1$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \rightarrow \frac{\partial f}{\partial C} = \frac{-L}{4\pi\sqrt{(LC)^3}}$$

Nimmt man an, dass $\frac{\partial f}{\partial C} \approx \frac{\Delta f}{\Delta C}$, dann folgt damit

$$\epsilon_r = \frac{\Delta C}{C_{MR}} + 1 = \frac{\Delta f \cdot 4\pi \cdot \sqrt{(C_1 + C_{MR})^3 L}}{C_{MR}} + 1$$

Einschaltfrequenzdrift des Meissner-Oszillators



- Ergebnis: $\epsilon_r(\text{Luft}) = 1,00064 \pm 0,00006$
Tabellenwert: 1,00059

Bestimmung von ϵ_r von Flüssigkeiten

- Messung mittels einfachem Plattenkondensator mit $C_0 = 8 \text{ pF}$
- Messung mit Meissner-Oszillator und mit RLC-Brücke

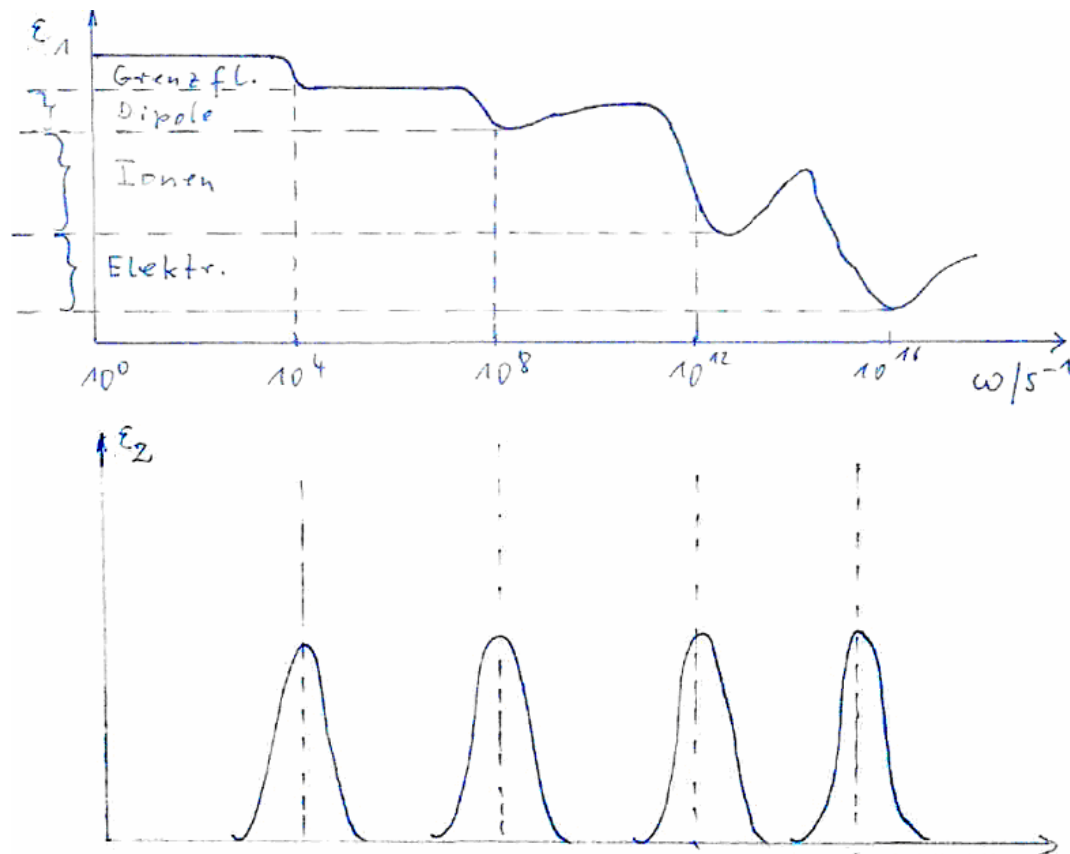
$$\epsilon_r = \frac{C_{\text{Flüssigkeit}}}{C_0}$$

- Kapazität der Anschlusskabel (ca. 3,5 pF) abziehen

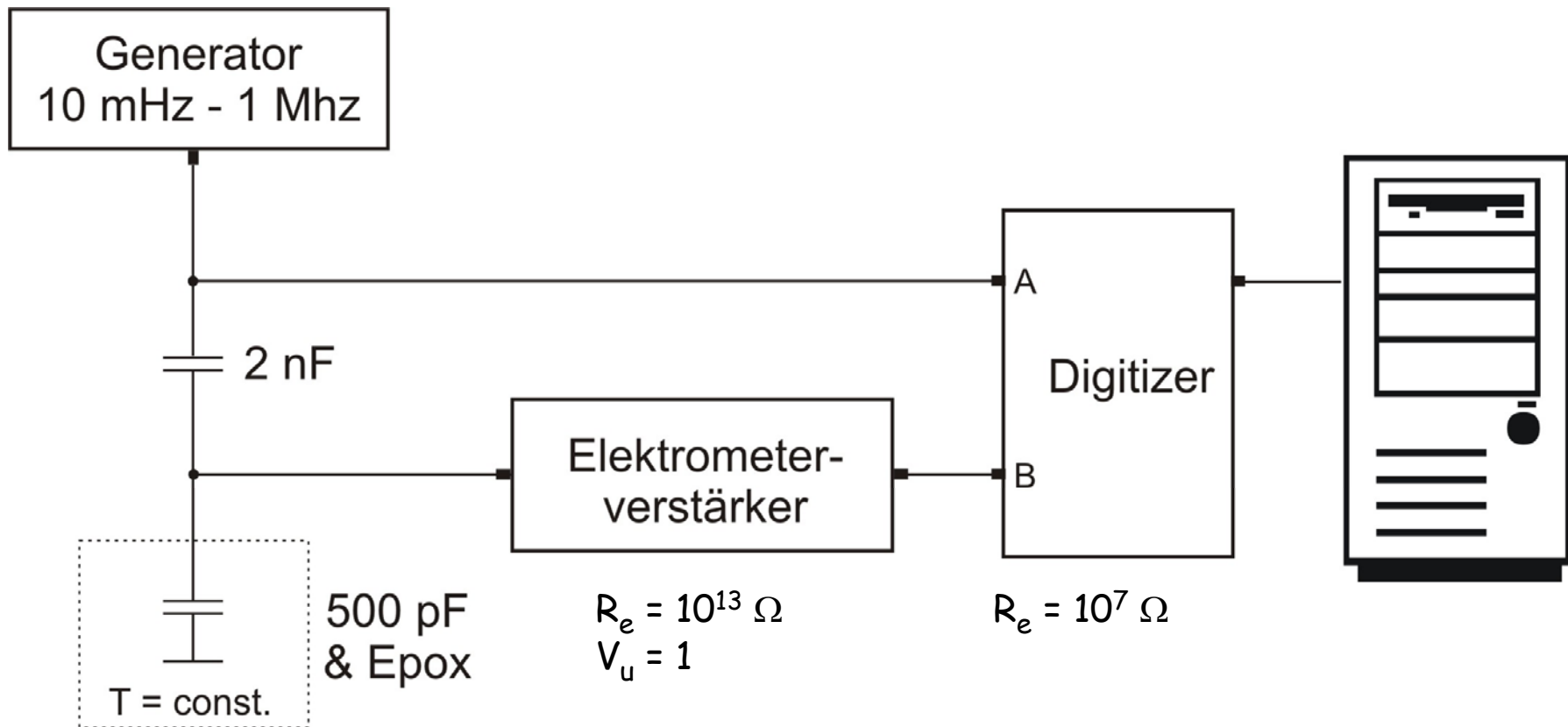


Messung der dielektrischen Funktion von ungehärtetem Epoxidharz

- Bestimmung des Realteils (ϵ') und des Imaginärteils (ϵ'') mittels kapazitivem Spannungsteilers



- Messung mittels kapazitivem Spannungsteilers
- Elektrometerverstärker für kleine Frequenzen notwendig
- wegen $R_c = \frac{1}{\omega C} \gg R_{\text{Eingang}} \text{ (Digitaloszi)}$





- Messung von Amplitude und Phase φ der Wechselspannung über Messkondensator
- Bestimmung von Real- und Imaginärteil

$$U_{\text{Amplitude}} = U_{\text{ges}} \cdot \frac{C_V}{C_V + C_{\text{Leitungen}} + C_{\text{EpoX}}}$$

$$\frac{C_{\text{Luft}}}{C_{\text{EpoX}}} = \frac{\varepsilon_{\text{Luft}}}{\varepsilon_{\text{EpoX}}} \Rightarrow \varepsilon_{\text{EpoX}} = \frac{\varepsilon_{\text{Luft}} \cdot C_{\text{EpoX}}}{C_{\text{Luft}}}$$

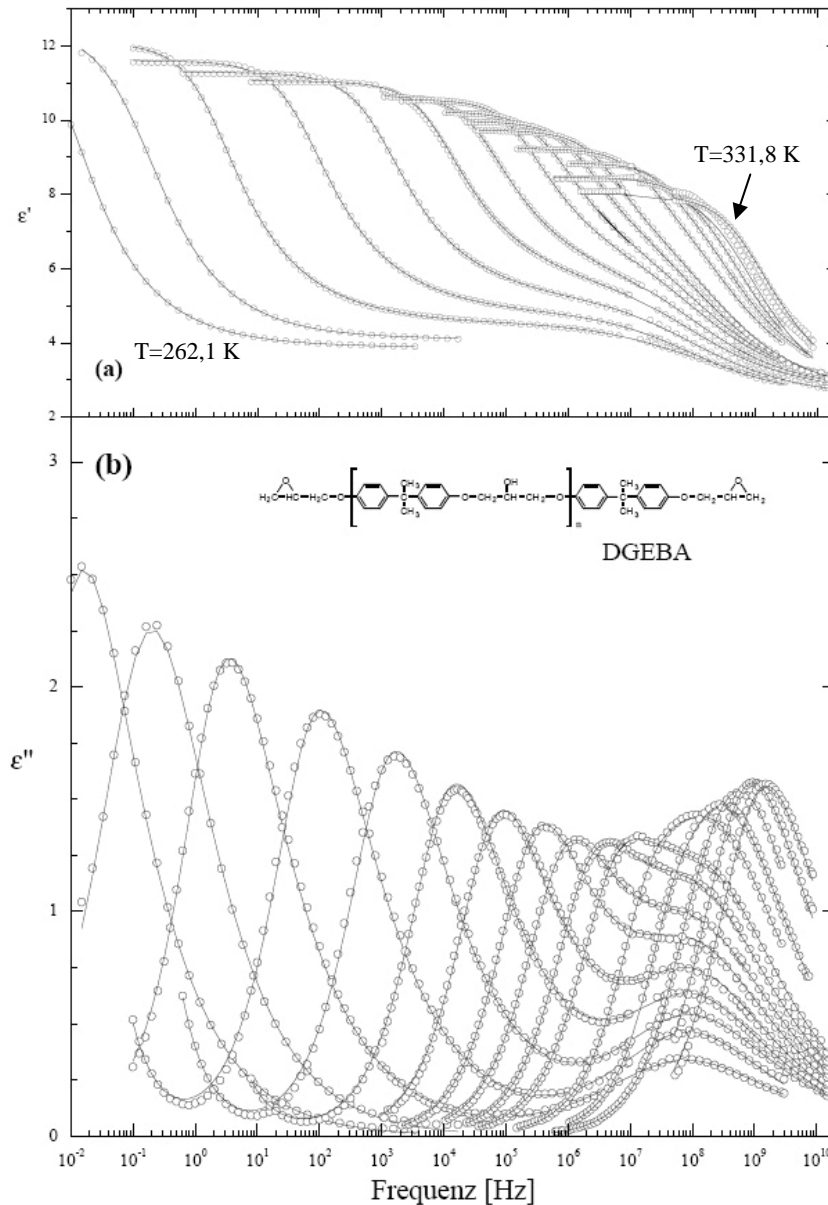
$$\varepsilon(f, T) = \varepsilon' + i \cdot \varepsilon''$$

$$\varepsilon' = \varepsilon_{\text{EpoX}} \cdot \cos \varphi \quad \varepsilon'' = \varepsilon_{\text{EpoX}} \cdot \sin \varphi$$

- Messung als Funktion der Temperatur von -20°C bis 20°C



Messung an kommerzieller Impedanzbrücke

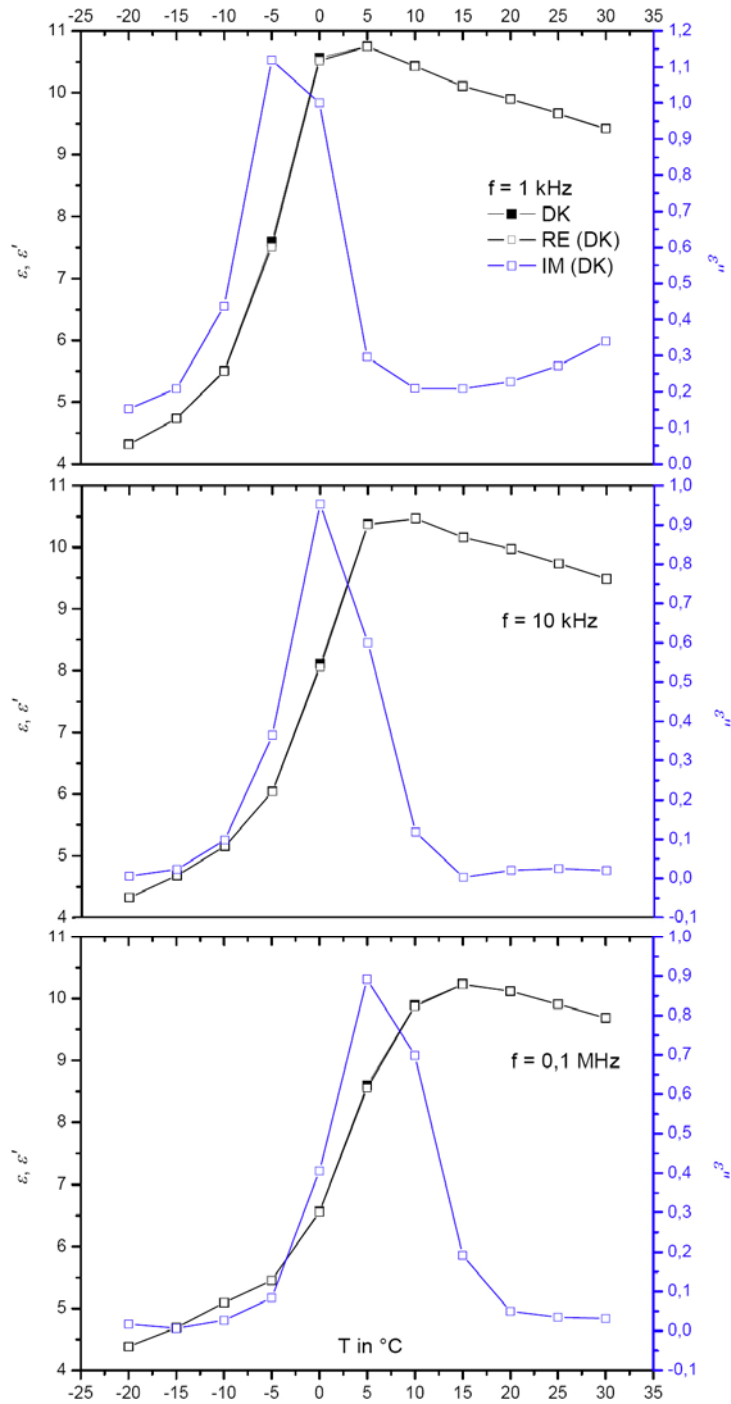


- Temperatur- und Frequenzabhängigkeit der komplexen Dielektrizitätszahl von Epoxydharz (nach S. Corezzi, M. Beiner, et al.; J. of Chem. Physics, **117** (2002) 2435 - 2448).
- Die zu den Kurven gehörenden Temperaturen sind: 262,1 / 266,3 / 270,1 / 274,4 / 278,9 / 283,9 / 287,5 / 293,1 / 298,3 / 303,1 / 308,0 / 313,0 / 317,9 / 323,1 / 327,9 und 331,8 K (von links nach rechts).

Frequenzbereich im Praktikumsversuch

Studentische Ergebnisse

Jumna Mehlis, Christiane Mielke (2005)



Zusammenfassung

- Dielektrizitätskonstante von Gasen mit Schwingkreismethode sehr gut bestimmbar
- dielektrische Funktion $\varepsilon = (f, T)$ von Epoxidharz mit „Hausmitteln“ gut messbar

Vortragsmanuskript als PDF unter
<http://positron.physik.uni-halle.de/>