Grundpraktikum I
Elektrizitätslehre
C14

Gruppe C14

15. März 2016

Versuchsbeschreibung

- Ohm'sches Gesetz:
$$R = \frac{U}{I}$$
- Rauschen von U und I gemessen

Versuchsaufbau und Durchführung

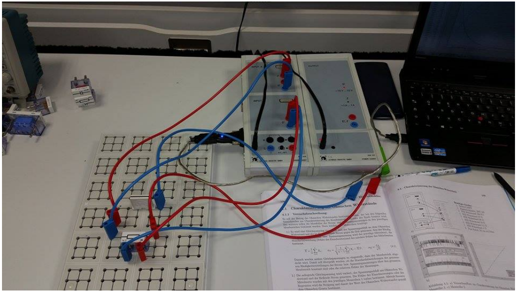


Abbildung: Versuchsaubau

Versuchsauswertung

- Mittelwerte von U und I mit stat. Fehler berechnet
- sys. Fehler aus Herstellerangaben errechnet
- Mittelwert für R mit Fehler berechnet

Rohdaten

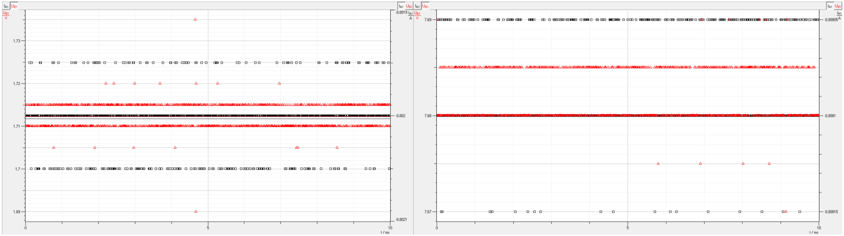


Abbildung: Rauschmessungen

Analyse

- Formeln:

$$R = \frac{\bar{U}}{\bar{I}} \qquad \sigma_R = \sqrt{(\frac{1}{\bar{I}})^2 \cdot \sigma_{\bar{U}}^2 + (\frac{\bar{U}}{\bar{I}^2})^2 \cdot \sigma_{\bar{I}}^2} \qquad \frac{\sigma_R}{R} = \sqrt{(\frac{\sigma_{\bar{U}}}{\bar{U}})^2 + (\frac{\sigma_{\bar{I}}}{\bar{I}})^2}$$

- Aus Fehlerrechnungen der stat. Fehlern und sys. Fehlern aus Herstellerangaben des Sensor-Cassy R berechnet

Tabelle: Ergebnisse

$\bar{U}$	$\sigma_{\bar{U}}$	$\bar{I}$	$\sigma_{\bar{I}}$	R	ΔR_{stat}	ΔR_{sys}
$1.71V$	$0.00009V$	$0.002A$	$0.00002A$	855Ω	8.55Ω	233.27Ω
$3.88V$	$0.00008V$	$0.004A$	$0.00002A$	970Ω	4.85Ω	135.8Ω
$5.82V$	$0.00007V$	$0.006A$	$0.00003A$	970Ω	4.85Ω	101.84Ω
$7.68V$	$0.00009V$	$0.008A$	$0.000026A$	960Ω	2.4Ω	74Ω

Widerstand über Lineare Regression

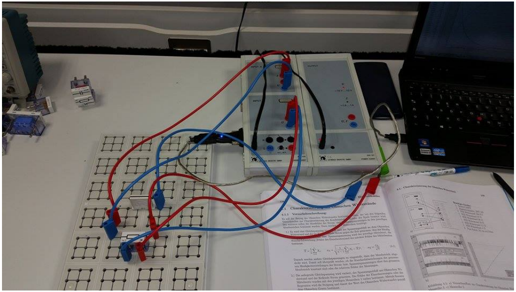
Widerstand - Variable Spannungen - Beschreibung

- Aufbau gleich wie beim ersten Versuch
- Einzelmessungen bei verschiedenen Spannungen
- U gegen I auftragen
- Steigung der Geraden ist der Widerstand
- statistische Fehler aus dem ersten Versuch übernehmen
- systematische Fehler über Abschätzen die maximalen Variation der Linearen Regression

Das Ohmsche Gesetz

$$U = R \cdot I \tag{1}$$

Widerstand - Variable Spannungen - Aufbau



- Bauteil: 1 kΩ Widerstand ± 5% Toleranz

Widerstand - Variable Spannungen - Rohdaten

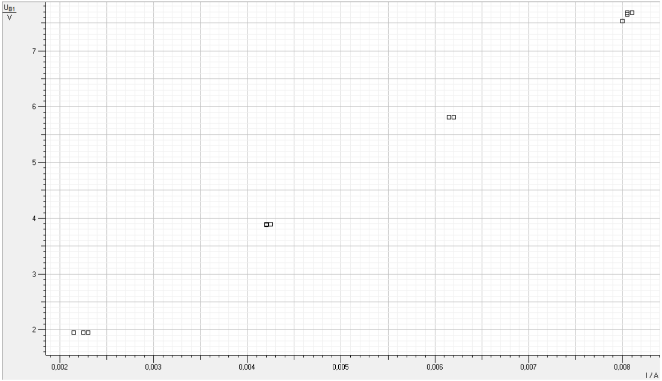
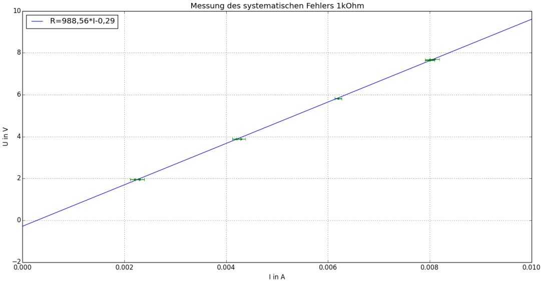


Abbildung: Einzelmessungen U gegen I

Widerstand - Variable Spannungen - Verarbeitung - Übersicht

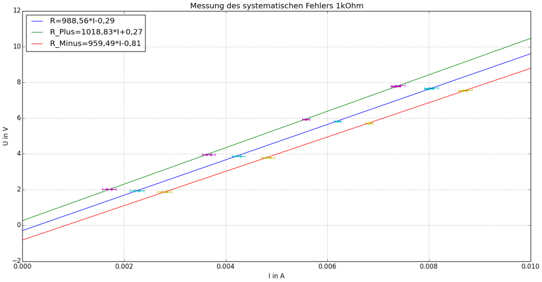
- Daten in Python einlesen
- Lineare Regression durchführen
- systematische Fehler auf U und I maximal variieren
- dadurch den systematischen Fehler abschätzen
- gewichteten Mittelwert berechnen

Widerstand - Variable Spannungen - Verarbeitung



- Lineare Regression

Widerstand - Variable Spannungen - Verarbeitung



Widerstand - Variable Spannungen - Verarbeitung

- dadurch den systematischen Fehler abschätzen
- $\sigma_{R_{sys}} = \frac{a_{max} - a_{min}}{2 \cdot \sqrt{12}}$

$$\sigma_{R_{sys}} = \frac{59.337608\Omega}{2 \cdot \sqrt{12}} = 8.565\Omega \tag{2}$$

- gewichteten Mittelwert berechnen
- $\bar{R} = \frac{\sum \frac{R}{(\sigma_{sys}+\sigma_{stat})^2}}{\sum \frac{1}{(\sigma_{sys}+\sigma_{stat})^2}}$
- $\sigma_{R_{ges}} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{(\sigma_{sys}+\sigma_{stat})^2}}}$
- $R = 958.798\Omega \pm 1.916\Omega_{stat} \pm 8.565\Omega_{sys}$

Widerstand - Variable Spannungen - Fazit

- Vermessung mit Multimeter $R = 0.993 k\Omega$
- Unser errechneter Wert ($958.798\Omega \pm$ 1.916 $\Omega_{stat} \pm$ 53.154 Ω_{sys})
- Herstellerangabe 0.950kΩ - 1.050kΩ
- Unser Wert liegt also auch hier im Rahmen der Toleranz

- Strom- bzw. Spannungsverlauf messen
- Zeitkonstante bestimmen

$$\tau = R \cdot C$$

- Aus abgelesenen Werten τ berechnen:

$$\frac{U_1}{U_2} = e^{-\frac{t_1 - t_2}{\tau}}$$

Versuchsaufbau

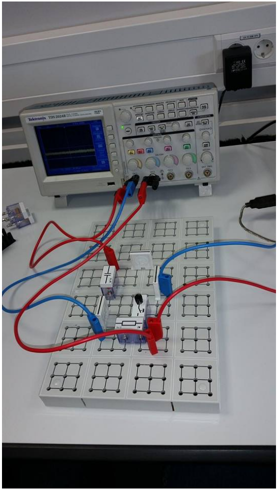


Abbildung: Versuchsaufbau

Versuchsauswertung

- Offsests korrigiert
- Aus abgelesenen Werten τ berechnen:

$$\tau = \frac{\Delta t}{\ln \frac{U_1}{U_2}} \qquad \sigma_\tau = \sqrt{(\frac{\sigma_{\Delta t}}{\ln \frac{U_1}{U_2}})^2 + (\frac{\Delta t}{U_1} \cdot \sigma_{U_1})^2 + (-\frac{\Delta t}{U_2} \cdot \sigma_{U_2})^2}$$

- Aus τ C bestimmen
- sys. Fehler auf C ergibt sich aus:

$$\frac{\sigma^R_{C,sys}}{C} = \frac{\sigma_{R,sys}}{R}$$

Rohdaten

- Werte für U und I im Abstand von $1ms$ notiert
- Ablesefehler notiert

Tabelle: Oszilloskop

I_1	I_2
$0,72A$	$1,88A$
$0,8A$	$2,24A$
$0,76A$	$2,12A$
$0,72A$	$1,92A$

U_1	U_2
$0,84V$	$2,48V$
$0,84V$	$2,44V$
$0,80V$	$2,40V$
$0,89V$	$2,44V$

Analyse/Transformation der Rohdaten

- C und σ_C berechnet:

$$C = \frac{\tau}{R} \qquad \sigma_C = \sqrt{(\frac{\sigma_\tau}{R})^2 + (-\frac{\tau}{R^2} \cdot \sigma_R)^2}$$

- Der systematische Fehler aus Widerstandsmessung berechnet
- Einzelergebnisse mit Gesammtfehlern gegen Mittelwert geplottet

$$C = 0.921406 \pm 0.008262 \pm 0.002844 \mu F \tag{3}$$

$$C_{Herst.} = 1\mu F \pm 5\% \tag{4}$$

Ergebnis

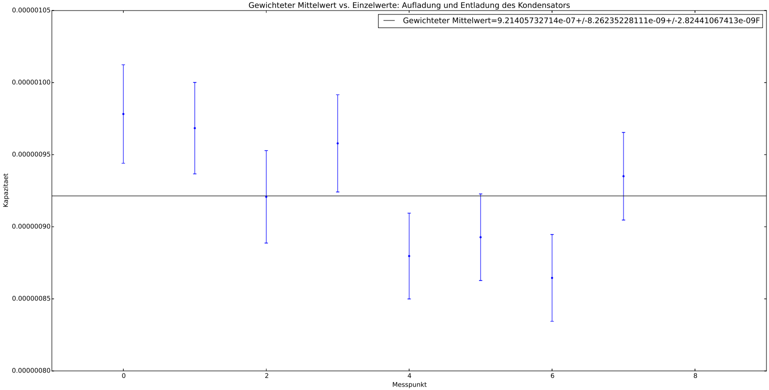


Abbildung: Ergebnisse vs. Mittelwert

Fazit

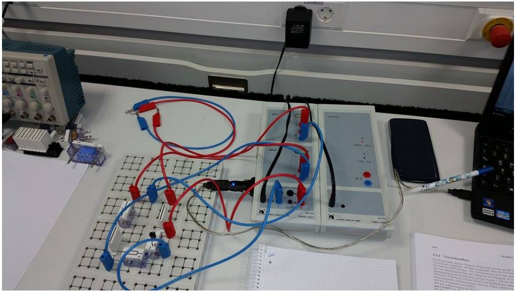
- Abweichung zur Herstellerangabe durch nicht berücksichtigte sys. Fehler: z.B. Widerstand der Kabel
- Gemessener Wert im Bereich der Herstellerangabe

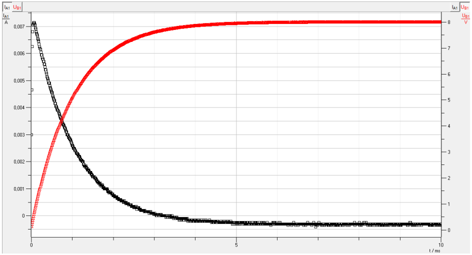
Charakterisierung des Kondensators mit Cassy

Kondensator - Cassy - Beschreibung

- gleicher Aufbau wie bei der Messung mit dem Oszilloskop
- Auswertung der Daten mit Python
- Vergleich mit Herstellerangaben

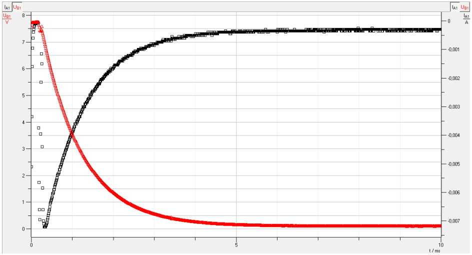
Kondensator - Cassy - Aufbau





Aufladevorgang (U in V [rot], I in A [schwarz]gegen t in ms)

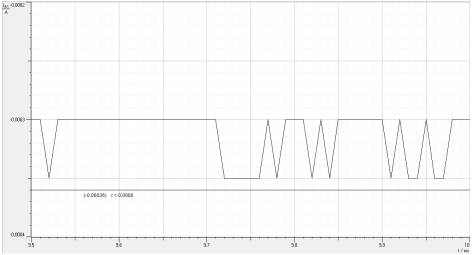
Kondensator - Cassy - Rohdaten



Entladevorgang (U in V [rot], I in A [schwarz]gegen t in ms)

Kondensator - Cassy - Verarbeitung - Übersicht

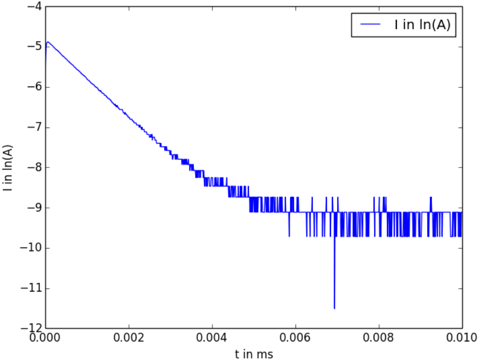
- Offsets über Cassy grafisch bestimmen
- Daten logarithmieren
- eine Gerade an die Datenpunkte fitten mittels Linearer Regression
- Residuum bilden
- Fit bewerten
- gewichteten Mittelwert bilden



- Offset und Ablesefehlerbestimmung

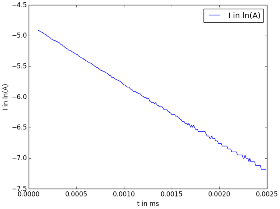
$$off = 0.00041A \quad (5)$$

Kondensator - Cassy - Beispiel



Logarithmierter I-Datensatz (Einheiten siehe Grafik)
- Bereiche am Anfang und Ende werden nicht berücksichtigt

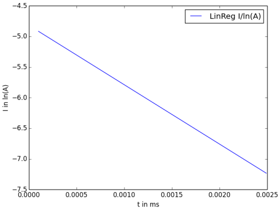
Kondensator - Cassy - Beispiel



Logarithmierter I-Datensatz mit angepasstem Bereich(Einheiten siehe Grafik)

- sieht nach einer Geraden aus
- Lineare Regression durchführen

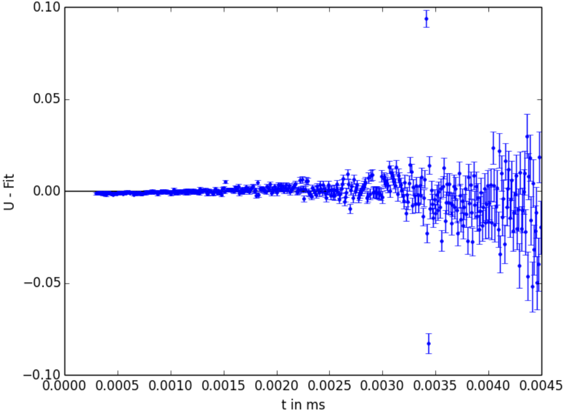
Kondensator - Cassy - Beispiel



$\chi^2/f = 3.046431$

- $a = -969.523$
- $C = -\frac{1}{a \cdot R} = 1.044\mu F$

Kondensator - Cassy - Auswertung



Residuum für U

- Fortpflanzung systematischer Fehler:

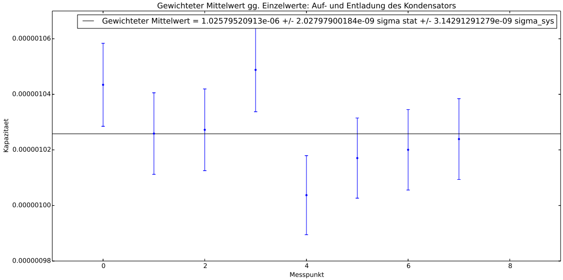
$$\sigma_{C_{sys}} = \frac{1}{a \cdot R^2} \cdot \sigma_{R_{sys}} \tag{6}$$

- gewichteten Mittelwert bilden:

$$\bar{C} = \frac{\sum \frac{C}{(\sigma_{sys}+\sigma_{stat})^2}}{\sum \frac{1}{(\sigma_{sys}+\sigma_{stat})^2}} \tag{7}$$

$$\sigma_{C_{ges}} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{(\sigma_{sys}+\sigma_{stat})^2}}} \tag{8}$$

Kondensator - Cassy - Auswertung



60% der Daten schneiden den Mittelwert mit ihren Fehlerbalken

- Kapazität-Endergebnis:

$$C = 1.026\mu F \pm 2.028 \cdot 10^{-3}\mu F \pm 3.143 \cdot 10^{-3}\mu F \quad (9)$$

- liegt innerhalb der 5% Toleranzgrenze des Herstellers (0.95μF-1.05μF)

$$\chi^2/f = 3.046 \quad (10)$$

- Wert stimmt mit Messung der Greenbox überein (0.999μF±0,25%μF).