AUSWERTUNG: GALVANOMETER

TOBIAS FREY, FREYA GNAM, GRUPPE 26, DONNERSTAG

1. VOREXPERIMENTE

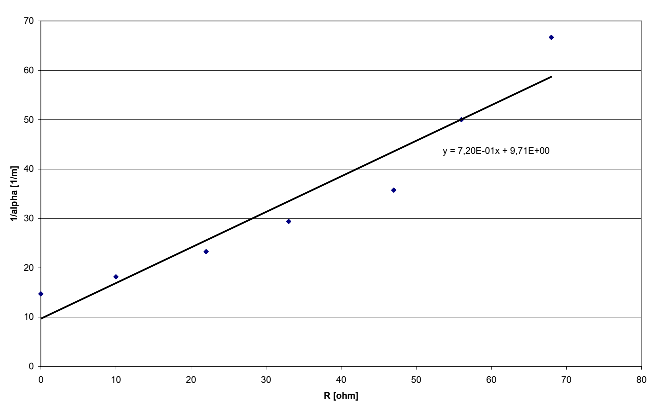
(1) Nimmt man einen Zuleitungsbananenstecker in die linke Hand, den anderen in die rechte Hand, so ist deutlich ein kurzzeitiger Ausschlag zu beobachten. Die auf der Haut gelösten Salze wirken mit den metallischen Klammern der Zuleitungen wie ein galvanisches Element. Bei diesem Vorgang können nur geringe Spannungen erzeugt werden. Wir erkennen an diesem Experiment, dass das Galvanometer sehr empfindlich ist.

(2) Bei Drehen ist ein Ausschlag zu beobachten. Durch das Regeln wird im Metall Energie in Form von Reibungswärme freigesetzt. Die Elektronen, die sich dabei lösen, bewirken einen Strom, der vom Galvanometer angezeigt wird.

(3) Wenn das Galvanometer nicht angeschlossen ist, so zeigt es keinen Ausschlag. Wird ein Widerstand angelegt, so ist ein leichter Ausschlag zu sehen.

2

2.1. Bei konstanter Spannung $U_0 = 0,25V$ wird der Galvanometerausschlag α in Abhängigkeit vom Vorwiderstand R gemessen. Wir tragen den Kehrwert des Ausschlags $\frac{1}{\alpha}$ über dem Vorwiderstand R auf und bestimmen mithilfe der Ausgleichsgeraden Innenwiderstand R_G und Stromempfindlichkeit C_I.



Mittels linearer Regression erhalten wir die Steigung $m = 0,72\frac{1}{m\Omega}$. C_I lässt sich aus der Steigung m bestimmen:

$$C_I = \frac{R_3}{mU_0R_4} = \frac{14,9k\Omega}{m \cdot 0,25V \cdot 0,70\Omega} = 1,183 \cdot 10^5 \frac{m}{A}$$

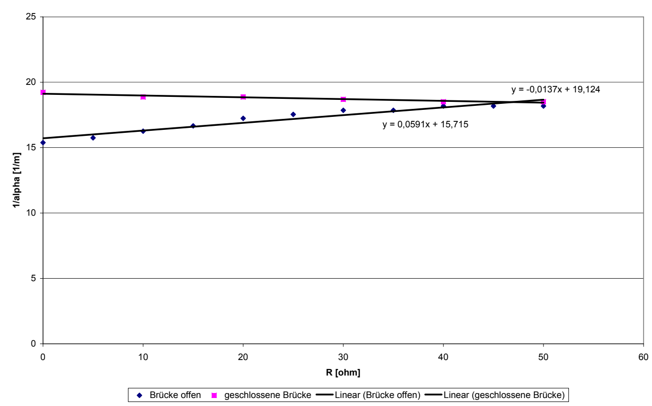
Für $R_5 = 0$ verschwindet der Steigungsterm. Nun bestimmen wir den Innenwiderstand des Galvanometers R_G:

$$R_G = \frac{C_I U_0 R_4}{\alpha R_3} - R_4 = \frac{C_I \cdot 0,25V \cdot 0,70\Omega}{68mm \cdot 14,9k\Omega} - 0,70\Omega = 19,72\Omega$$

Das Galvanometer brauchte relativ lange um den stationären Zustand zu erreichen. Beim Ablesen des Ausschlags haben wir unterschiedlich lange gewartet. Dadurch wird die Messreihe beeinträchtigt.

2.2. Hier bestimmen wir wieder den Innenwiderstand des Galvanometers R_G. Wieder wird der Galvanometerausschlag α in Abhängigkeit vom Vorwiderstand R gemessen. Die Messung erfolgte bei konstanter Spannung $U_0 = 0,5V$.

Wir tragen $\frac{1}{\alpha}$ über R einmal für die offene Brücke und einmal für die geschlossene Brücke auf. Im Fall der geschlossenen Brücke ergibt sich (annähernd) eine horizontale Gerade.

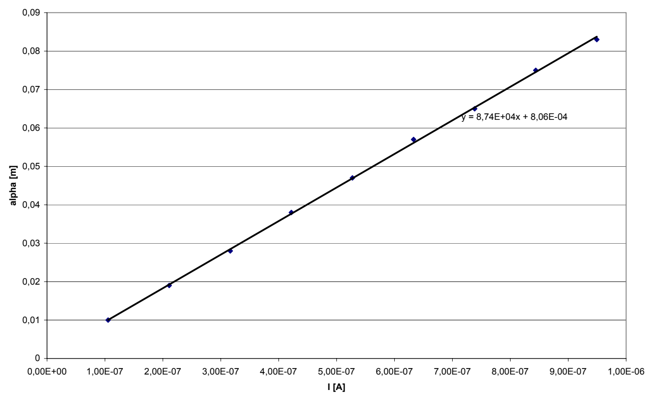


Als Schnittpunkt der beiden Geraden ergibt sich der Innenwiderstand des Galvanometers

$$R_G = \frac{R_{12} R_{14}}{R_{13}} = 46,82\Omega$$

2.3. Hier haben wir den Galvanometerausschlag α in Abhängigkeit von der Spannung U gemessen.

Es gilt: $\alpha = C_I I$



Wir tragen α über I auf und erhalten $C_I = 8,74 \cdot 10^4 \frac{m}{A}$ als Steigung der Ausgleichsgeraden.

3

Wir berechnen die mittlere Schwingungsdauer $\bar{T} = T_{ges} \cdot n$ (n Anzahl Schwingungen) und das mittlere Dämpfungsverhältnis: $k = \frac{\alpha_n}{\alpha_{n+1}}$. Aus dem Dämpfungsverhältnis k und der mittleren Schwingungsdauer $\bar{T}$ erhält man die Abklingkonstante $\beta_{R_a} = \frac{\ln k}{T}$.

TABELLE 1. Mittlere Schwingungsdauer, Dämpfungsverhältnis und Abklingkonstante bei verschiedenen Widerständen

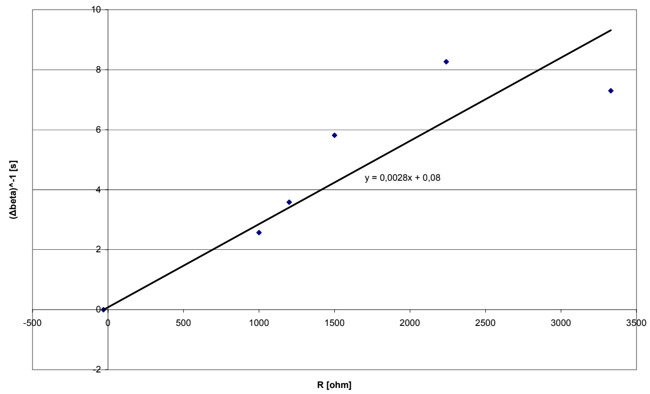
$R_a[\Omega]$	$\bar{T}[s]$	k	$\beta[\frac{1}{s}]$
∞	5,89	1,69	0,089
3330	6,67	4,53	0,226
2240	7,0	4,34	0,210
1500	7,5	7,09	0,261
1200	6,33	10,25	0,368
1000	7,0	28,34	0,478

Die Frequenz des ungedämpften Galvanometers beträgt:

$$\omega_0 = \sqrt{\left(\frac{2\pi}{T_\infty}\right)^2 + \beta_\infty} = \sqrt{\left(\frac{2\pi}{5,89s}\right)^2 + 0,089} = 1,11\frac{1}{s}$$

Wir tragen $(\beta_{R_a} - \beta_\infty)^{-1}$ über R_a auf und bestimmen die Ausgleichsgerade:

$$(\beta_{R_a} - \beta_\infty)^{-1} = \frac{2\Theta}{G^2}(R_a + R_G)$$



Der Außenwiderstand $R_{a,gr}$ für Grenzdämpfung ist abzulesen bei:

$$(\omega_0 - \beta_\infty)^{-1} = \left(1,11\frac{1}{s} - 0,089\frac{1}{s}\right)^{-1} = 0,98s$$

Aus Steigung und Achsenabschnitt der Ausgleichsgeraden ergibt sich $R_{a,gr} = 321,4\Omega$

Mit $C_I^{'} = \frac{C_I}{2A} = \frac{8,7\cdot 10^4}{0,5}\frac{rad}{A} = 1,74 \cdot 10^5 \frac{rad}{A}$ berechnen wir G, Θ und D:

$$G = \frac{2}{mC_I^{'}\omega_0^2} = \frac{2}{0,0028 \cdot 1,74 \cdot 10^5 \frac{rad}{A}(1,11\frac{1}{s})^2} = 3,33 \cdot 10^{-3} Vs$$

$$\Theta = \frac{2}{mC_I^{'2}\omega_0^4} = \frac{2}{0,0028 \cdot (1,74 \cdot 10^5 \frac{rad}{A})^2(1,11\frac{1}{s})^4} = 1,55 \cdot 10^{-8} kg \cdot m^2$$

$$D = \frac{2}{mC_I^{'2}\omega_0^2} = \frac{2}{0,0028 \cdot (1,74 \cdot 10^5 \frac{rad}{A})^2(1,11\frac{1}{s})^2} = 1,91 \cdot 10^{-8} Nm$$

4

In dieser Aufgabe wird die Wirkung von kürzeren Stromstößen untersucht.

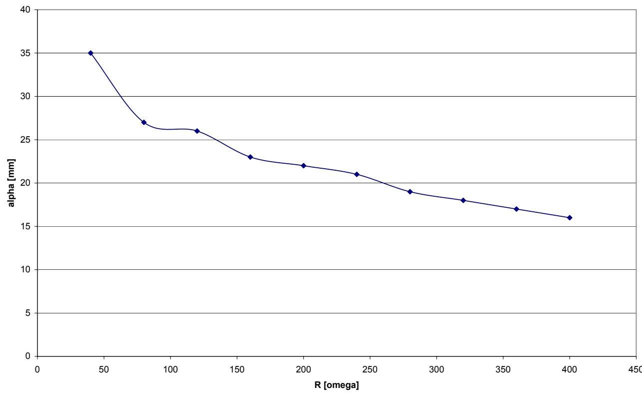
Wir verwenden im Folgenden:

$\Theta = 1,55 \cdot 10^{-8} kg \cdot m^2$, $R_G = 30\Omega$, $G = 3,33 \cdot 10^{-3} Vs$, $\omega_0 = 1,11\frac{1}{s}$, $C = 4,7\mu F$, $U = 0,06V$

Experimentell: $C_b^{'} = \frac{\hat{\alpha}}{Q_G} = \frac{\hat{\alpha}}{0,95 \cdot \frac{R_a}{R_a + R_G} \cdot C \cdot U}$

TABELLE 2. Ballistische Empfindlichkeit

$R_a[\Omega]$	$\hat{\alpha}$	$C_b^{'}[10^3 \frac{m}{C}]$ Theorie	$C_b^{'}[10^3 \frac{m}{C}]$ Experiment	Verwendete Näherung
∞	29	96,8	108,2	Gedämpfte Schwingung
998	18	35,6	69,2	Nahe Grenzfall
334	10	35,6	40,68	Nahe Grenzfall
32,8	2	9,429	14,29	Kriechfall



Aus dem Diagramm kann man erkennen, dass die Stoßempfindlichkeit, die proportional zur Auslenkung ist, mit wachsendem R stark sinkt, also abhängig von T_Q wird.

5. Fehlerquellen

- Nullpunktdrift bei einigen Versuchsreihen
- Ablesefehler beim Galvanometerausschlag