

Versuch P1-15 Galvanometer Auswertung (verbessert)

Gruppe Mo-19
Yannick Augenstein
Patrick Kuntze

28.11.11

Inhaltsverzeichnis

0	Grundsätzliches	3
1	Vorexperimente	3
1.1	3
1.2	und 1.3	3
2	Galvanometer-Innenwiderstand R_G und Stromempfindlichkeit C_I	4
2.1	Schaltung 2	4
2.2	Schaltung 3	5
2.3	Schaltung 4	6
3	Dämpfungsverhältnis, D, G, Θ	9
4	Ballistisches Galvanometer	12
4.1	C_b Messung	12
4.2	C_b Berechnung über G , Θ , ω_0 , R_G und R_a	13
4.3	13

0 Grundsätzliches

Für die Widerstände, welche in den Aufgabenbeschreibungen nur bedingt mit den tatsächlichen Werten übereinstimmen, verwenden wir in den folgenden Rechnungen immer die angepassten Werte aus Spalte 5 der "Messwerte der Widerstände und Kapazitäten"-Tabelle des Aufgabenanhangs. Dabei ist zu beachten, dass die Gruppennummern im Kopf der Zeilen vertauscht sind. Obwohl wir Gruppe P1-15 sind halten wir uns also an die Daten aus der Spalte für P1-14. In den Tabellen sind bereits die entsprechenden korrigierten Werte übernommen, diese werden deshalb nicht, wie alle anderen, extra am Aufgabenanfang aufgelistet.

Der Literaturwert für die Stromempfindlichkeit des Galvanometers ist in $\frac{rad}{A}$ angegeben. Um ihn mit unseren Ergebnissen vergleichen zu können rechnen wir ihn in $\frac{m}{A}$ um. Dafür multiplizieren wir ihn mit 0.25, dem Abstand "Spiegel-Skala" in Metern sowie dem Faktor 2, welcher sich durch den Weg des Lichts (Lichtzeiger) im Messgerät ergibt. Somit haben wir als Vergleichswert $C_I = C'_I \cdot 2 \cdot r \Rightarrow 10^5 \frac{rad}{A} = 5 \cdot 10^4 \frac{m}{A}$.

1 Vorexperimente

Zunächst haben wir das Verhalten des Galvanometers auf kleinste Spannungen untersucht.

1.1

Auch im menschlichen Körper gibt es kleine Potentialunterschiede. Diese sind allerdings so gering, dass sie sich im Alltag nicht bemerkbar machen. Mit dem Galvanometer war es uns jedoch möglich die körpereigene Spannung zu messen. So war der Ausschlag, nach dem Überbrücken der Zuleitungen mit unseren Händen überraschend groß. Mit periodischem Schließen und öffnen gelang es uns außerdem leicht die Schwingung des Messgerätes anzuregen um einen noch größeren Ausschlag zu erhalten.

1.2 und 1.3

Nun haben wir diesen Versuch mit einem Potentiometer wiederholt. Während wir dieses über den gesamten Bereich ($0\Omega - 100\Omega$) variierten konnten wir zunächst keine Veränderungen feststellen. Erst bei genauem Hinsehen stellten wir eine Bewegung des Zeigers im Millimeterbereich fest. Deutlich größer hingegen war der Unterschied zwischen angeschlossenem Poti und offenem Galvanometer, wenn auch verhältnismäßig gering im Vergleich zum Versuch mit der Körperspannung.

Anhand unserer Beobachtungen können wir sagen, dass das Galvanometer ein hoch empfindliches Gerät ist, das schon kleinsten Spannungen registriert. So schlägt das Gerät bereits aus, wenn beim Zusammenstecken der Kabel durch Reibung kleine Spannungen hervorgerufen werden. Dies könnte auch die Erklärung sein, warum es bei einem Potentiometer mit 0Ω -Einstellung einen Ausschlag gab.

2 Galvanometer-Innenwiderstand R_G und Stromempfindlichkeit C_I

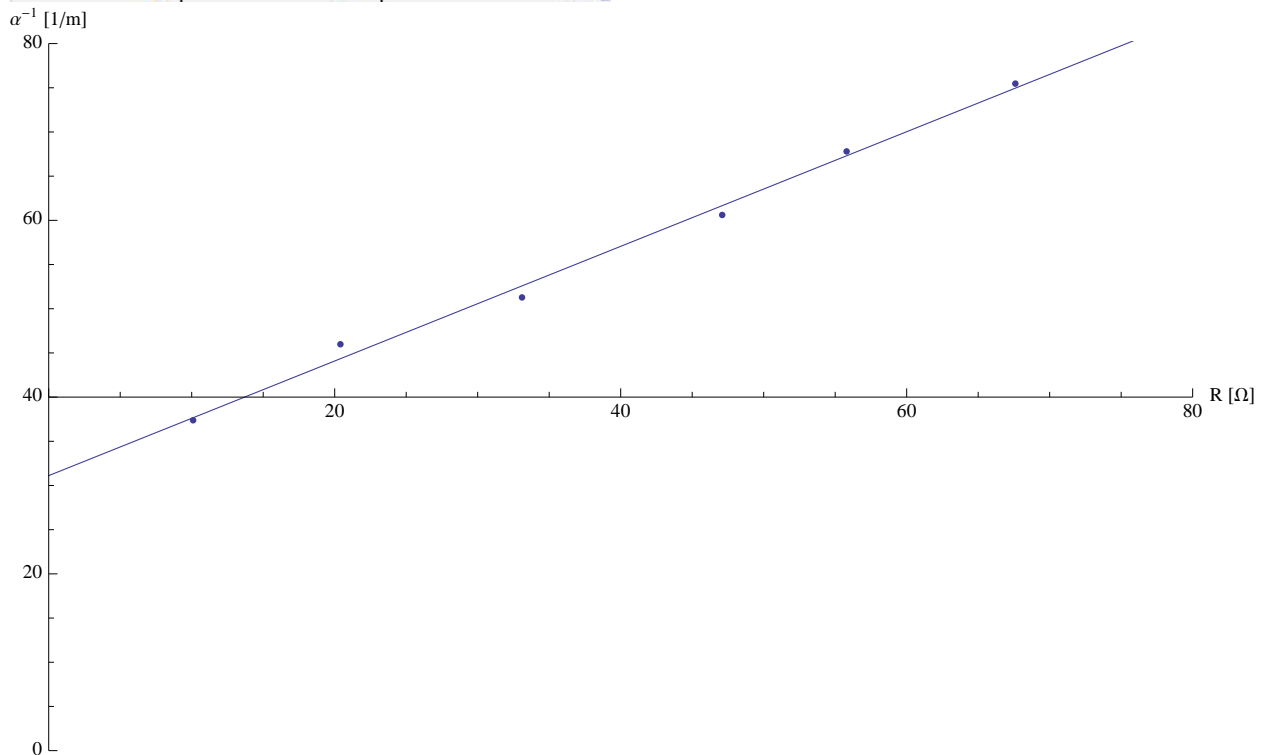
Mit den Versuchen 2.1 bis 2.3 wollen wir auf unterschiedliche Art und Weise den Innenwiderstand des Galvanometers sowie dessen Stromempfindlichkeit ermitteln. Während der Versuche 2.1 und 2.2 verwendeten wir stets eine konstante Spannung von $800mV$.

2.1 Schaltung 2

Korrigierte Werte: $R_3 = 14.9k\Omega$; $R_4 = 0.7\Omega$

Für diesen Versuch maßen wir, in Abhängigkeit vom Regelwiderstand, die Amplitude des Galvanometers und tragen nun deren Kehrwert über R auf.

R (in Ω)	α (in mm)	$1/\alpha$ (in $1/m$)
10,1	26,75	37,38
20,4	21,75	45,98
33,1	19,5	51,28
47,1	16,5	60,61
55,8	14,75	67,8
67,6	13,25	75,47



$$\text{Ausgleichsgerade: } \alpha^{-1} = 31.1156 \frac{1}{m} + 0.648554 \frac{1}{\Omega m} \cdot R$$

Mit linearer Regression und den Formeln aus der Vorbereitung ergibt sich somit für die Gesuchten Größen:

$$\alpha^{-1} = c + m \cdot R \approx 31.1 \frac{1}{m} + 0.65 \frac{1}{\Omega m} \cdot R$$

$$\Rightarrow R_G = \frac{c}{m} - R_4 \approx \frac{31.1 m^{-1}}{0.65 (\Omega m)^{-1}} - 0.7 \Omega \approx 47.1 \Omega$$

$$\Rightarrow C_I = \frac{R_3}{R_4 \cdot U \cdot m} = \frac{14.9 k\Omega}{0.7 \Omega \cdot 0.8 V \cdot 0.65 (\Omega m)^{-1}} \approx 41 \frac{k\Omega m}{V} = 4.1 \cdot 10^4 \frac{m}{A}$$

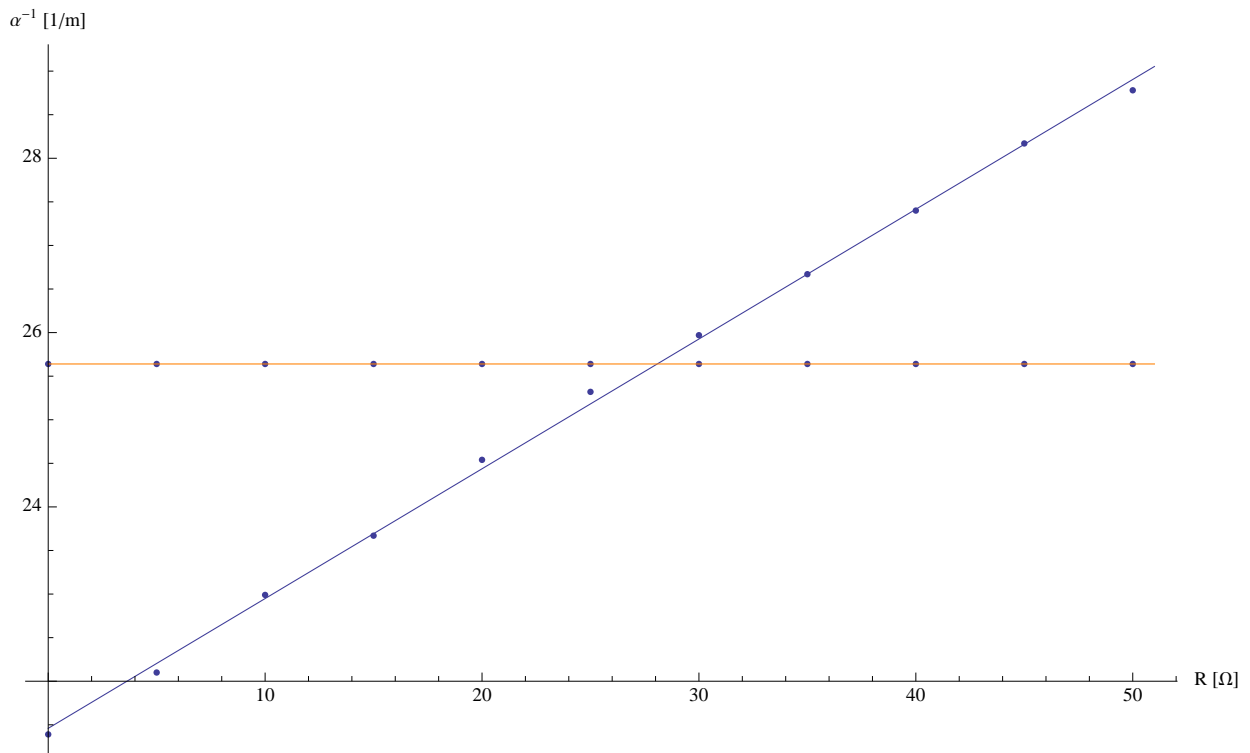
Dies gibt uns für den Galvanometerwiderstand eine sehr große Abweichung von etwa 57% zum Literaturwert (30Ω). Bei der Stromempfindlichkeit ist die Abweichung mit ungefähr 18% wesentlich geringer (Literaturwert: $5 \cdot 10^4 \frac{m}{A}$). Durch Vergleichen mit den Musterprotokollen, kommen wir zu dem Ergebniss, das unsere gemessenen Ausschläge deutlich zu klein sind, was zu deutlich größeren Kehrwerten und einem größeren y-Achsenabschnitt führt. Dies ist vermutlich die ausschlaggebende Ursache für die doch recht großen Abweichungen.

2.2 Schaltung 3

Korrigierte Werte: $R_{11} = 477 \Omega$; $R_{12} = R_{13} = 47 \Omega$

Wie in der Vorbereitung beschrieben maßen wir hier den Galvanometerwiderstand an Hand der Wheatstonschen Brücke in Schaltung 3. Wir tragen nun die Ergebnisse sowohl mit offener als auch geschlossener Brücke als α^{-1} gegen R_{14} auf. Wir erhalten demnach 2 Ausgleichsgeraden.

R (in Ω)	α_{offen} (in mm)	α_{zu} (in mm)	$1/\alpha_{\text{offen}}$ (in 1/m)	$1/\alpha_{\text{zu}}$ (in 1/m)
0	46,75	39	21,39	25,64
5	45,25	39	22,1	25,64
10	43,5	39	22,99	25,64
15	42,25	39	23,67	25,64
20	40,75	39	24,54	25,64
25	39,5	39	25,32	25,64
30	38,5	39	25,97	25,64
35	37,5	39	26,67	25,64
40	36,5	39	27,4	25,64
45	35,5	39	28,17	25,64
50	34,75	39	28,78	25,64



Ausgleichsgeraden: rot(zu): $\alpha^{-1} = 25.64 \frac{1}{m}$; blau(offen): $\alpha^{-1} = 21.4595 \frac{1}{m} + 0.148891 \frac{1}{\Omega m} \cdot R$

Zur Berechnung von R_G müssen wir nun lediglich die bekannten Widerstände R_{12} , R_{13} und den Wert für R_{14} , der sich über den Schnittpunkt der Geraden ergibt, in die Formel $R_G = \frac{R_{12}}{R_{13}} \cdot R_{14}$ einsetzen. Um diesen zu ermitteln setzen wir beide Geradengleichungen gleich:

$$\begin{aligned}
 25.64 \frac{1}{m} &\approx 21.45 \frac{1}{m} + 0.15 \frac{1}{\Omega m} \cdot R \\
 \Rightarrow R_{14} &= \frac{25.64 - 21.45}{0.15} \Omega = \frac{4.19}{0.15} \Omega \approx 27.9 \Omega \\
 \Rightarrow R_G &= \frac{R_{12}}{R_{13}} \cdot R_{14} = \frac{47 \Omega}{47 \Omega} \cdot 27.9 \Omega = 27.9 \Omega
 \end{aligned}$$

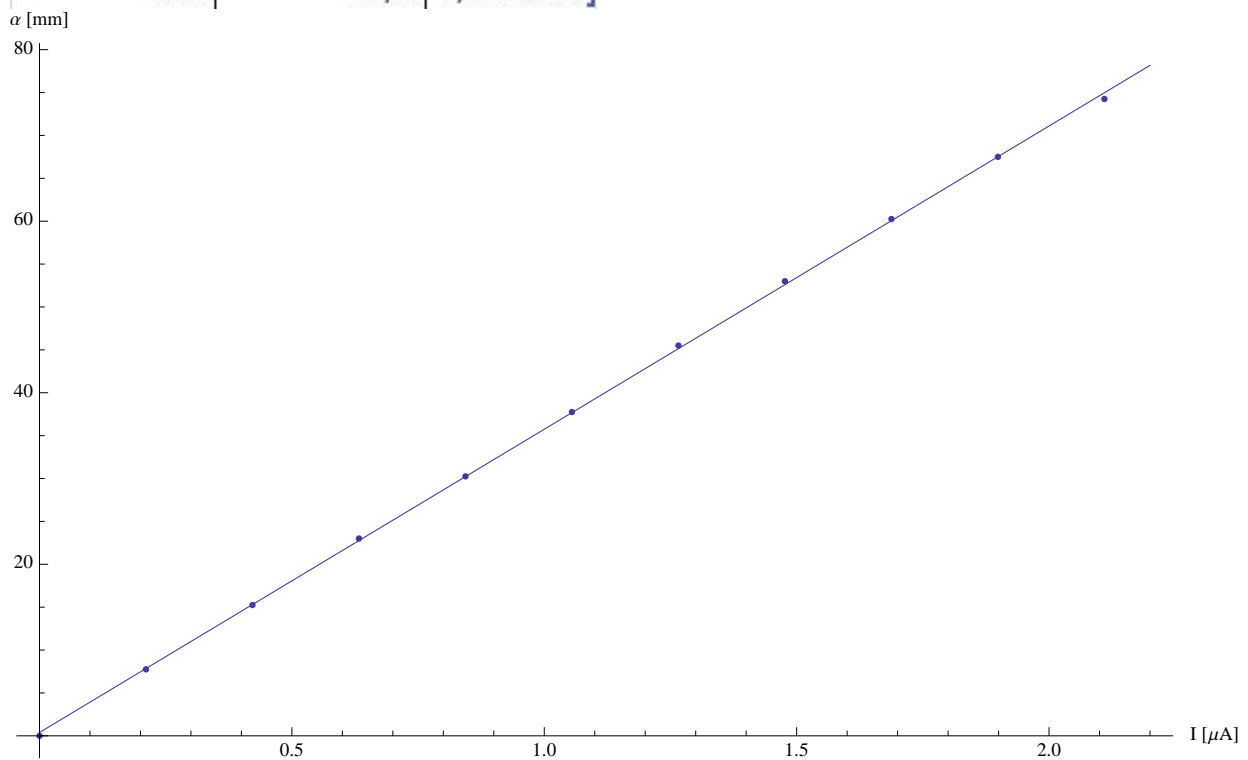
Dieser Wert ist mit einer Abweichung von nur 7% weit näher am Literaturwert (30Ω) als das Ergebniss aus 2.1. Ein sehr grober Fehler des Geräts oder eine große Unstimmigkeit der Herstellerangaben ist also unwahrscheinlich. In Anbetracht des Unterschieds werden wir in den folgenden Versuchen immer mit dem 2. Ergebniss rechnen (27.9Ω), da wir uns am Literaturwert orientieren wollen.

2.3 Schaltung 4

Korrigierte Werte: $R_{15} = 474 k\Omega$; $R_{16} = 330 \Omega$; $R_a = \infty$

Nun bestimmen wir erneut die Stromempfindlichkeit des Messgeräts mit Hilfe Schaltung 4. Diesmal allerdings variierten wir die angelegte Spannung und tragen jetzt α über die entsprechenden, das Galvanometer durchfließenden, Ströme I_G auf. Diese lassen sich mit der Formel $I_G = \frac{U}{R_{15}} = \frac{U}{474k\Omega}$ berechnen.

U (in mV)	α (in mm)	I (in μA)
0	0	0
100	7,75	0,210970464
200	15,25	0,421940928
300	23	0,632911392
400	30,25	0,843881857
500	37,75	1,054852321
600	45,5	1,265822785
700	53	1,476793249
800	60,25	1,687763713
900	67,5	1,898734177
1000	74,25	2,109704641



$$\text{Ausgleichsgerade: } \alpha = 0,386364mm + 35.3561 \frac{mm}{\mu A} \cdot I$$

Die Steigung der Ausgleichsgeraden entspricht hierbei der Stromempfindlichkeit.

$$\Rightarrow C_I = 35.5 \frac{mm}{\mu A} \approx 3.55 \cdot 10^4 \frac{m}{A}$$

Unser Ergebniss überschreitet den Literaturwert ($5 \cdot 10^4 \frac{m}{A}$) um 29%. Dies ist wiederum eine bessere Übereinstimmung als bei Aufgabe 2.1, dennoch ist es ein großer Unterschied und wir können lediglich sagen, dass die Größenordnung vergleichbar ist. Da hier beide Werte für C_I stark von der Vorgabe abweichen, werden wir für die späteren Versuche den Mittelwert nutzen.

$$C_I^M = \frac{C_I^{(2.1)} + C_I^{(2.3)}}{2} = \frac{4.1 \cdot 10^4 \frac{m}{A} + 3.55 \cdot 10^4 \frac{m}{A}}{2} \approx 3.85 \cdot 10^4 \frac{m}{A}$$

Für die Statische Spannungsempfindlichkeit gilt:

$$C_U^M = \frac{C_I^M}{R_G} = \frac{3.85 \cdot 10^4 \frac{m}{A}}{29\Omega} \approx 1.35 \cdot 10^3 \frac{m}{V}$$

3 Dämpfungsverhältnis, D, G, Θ

Bei diesem Versuch wurde erneut Schaltung 4 verwendet. Allerdings ließen wir die Spannung konstant auf $500mV$ und variierten stattdessen den Widerstand R_a . Wir maßen das Dämpfungsverhältnis $\frac{\alpha_{n-1}}{\alpha_n}$ und die Schwingdauer T indem wir das ausgeschlagene Galvanometer von der Spannungsquelle trennten und die Schwingung beobachteten.

		$R_a = \infty \Omega$	$R_a = 3300 \Omega$	$R_a = 2260 \Omega$	$R_a = 1500 \Omega$	$R_a = 1194 \Omega$	$R_a = 1001 \Omega$						
α_n (in mm)	$\frac{\alpha_{n-1}}{\alpha_n}$	38	37,75	37,75	37,5	37,25	37						
		28	1,3571	21,5	1,7558	19	1,9868	15	2,5000	13	2,8654	11	3,3636
		22	1,2727	12	1,7917	9	2,1111	6	2,5000	4	3,2500	3	3,6667
		17	1,2941	6,75	1,7778	4,5	2,0000	2	3,0000	1	4,0000	1	3,0000
		13	1,3077	3,75	1,8000	2	2,2500	1	2,0000				
		9,5	1,3684	2	1,8750	1	2,0000	0,5	2,0000				
		7	1,3571	1	2,0000								
		5,5	1,2727										
		4	1,3750										
		3	1,3333										
		2	1,5000										
		1,5	1,3333										
		T (in s)		4,083	4,084	4,112	4,054	4,487	4,13				
		$\langle \alpha_{n-1} / \alpha_n \rangle$		1,342876176	1,8333764	2,069590643	2,4	3,371794872	3,343434343				

Zunächst zeigen die Werte, dass bei allen Widerständen die Ausgangslage in etwa konstant blieb. Doch mit abnehmendem Widerstand R_a , wurde die Dämpfung immer stärker, weswegen wir auch zunehmend weniger Messwerte haben. Dies führte nun dazu, dass bei den niedrigeren Widerständen die Messung der Schwingdauer T schwieriger wurde. Trotzdem können wir auch diese mit im Durchschnitt $T \approx 4.158s$ als weitestgehend konstant ansehen. Die Abweichung von etwa 20% zum Literaturwert ($T \approx 5s$) ist in diesen Zeitintervallen nicht verwunderlich, da ungenaues Messen schnell zu großen Abweichungen, vorallem bei wenigen Schwingungen, führen.

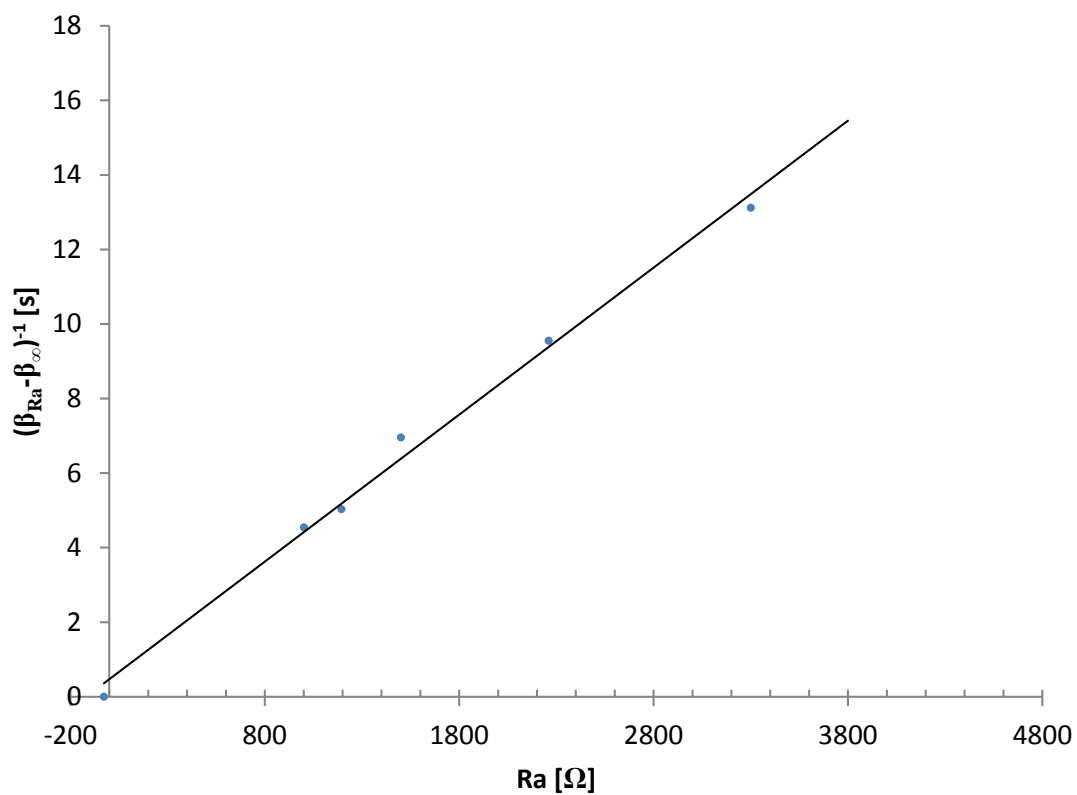
Der Mittelwert des Dämpfverhältnisses $\langle \frac{\alpha_{n-1}}{\alpha_n} \rangle$ hat dagegen den Trend zu steigen, wenn man R_a verringert. Nur auf $R_a = 1001 \Omega$ trifft dies nicht zu. Dies können wir aber auf Grund der, bereits genannten, geringen Anzahl an Messwerten als statistische Ungenauigkeit erklären.

Nun besteht unsere Aufgabe noch darin einige Größen zu ermitteln.

In folgender Tabelle sind die zugehörigen Abklingkonstanten β_{Ra} , Außenwiderstände $R_{a,gr}$ und die Frequenze des ungedämpften Galvanometers ω_0 aufgelistet. Um diese zu berechnen verwendeten wir die in der Vorbereitung beschriebenen Formeln, wobei $\langle k \rangle$ den Mittelwert der Dämpfungsverhältnisse darstellt.

	$R_a = \infty \Omega$	$R_a = 3300 \Omega$	$R_a = 2260 \Omega$	$R_a = 1500 \Omega$	$R_a = 1194 \Omega$	$R_a = 1001 \Omega$
k	1,342876176	1,8333764	2,069590643	2,4	3,371794872	3,343434343
β_{Ra} (in s^{-1})	0,072205171	0,148422942	0,17688493	0,215951835	0,270881481	0,292251459
a) $(\beta_{Ra} - \beta_{\infty})^{-1}$ (in s)	$(\beta_{\infty} - \beta_{\infty})^{-1} = (0)^{-1}$	13,12029979	9,552945226	6,956683208	5,03331273	4,544498387

Wir sehen also, dass β_{Ra} mit abnehmendem Widerstand linear ansteigt. $(\beta_{Ra} - \beta_{\infty})^{-1}$, mit zusätzlichem Punkt $(-R_g, 0)$, gegen R_a aufgetragen ergibt:



$$\text{Ausgleichsgerade: } \frac{1}{\beta_{Ra} - \beta_{\infty}} = 0.4688s + 0.0039 \frac{s}{\Omega} \cdot R$$

Für die Frequenz des ungedämpften Galvanometers folgt:

$$\omega_0 = \sqrt{\left(\frac{2\pi}{T_{\infty}}\right)^2 + \beta_{\infty}^2} \approx \sqrt{\left(\frac{2\pi}{4,083s}\right)^2 + \left(\frac{0.0722}{s}\right)^2} \approx \frac{1.54}{s}$$

Damit können wir jetzt den Außenwiderstand $R_{a,gr}$ berechnen, indem wir die Ausgleichs-

gerade mit ω_0 gleichsetzen und nach $R \equiv x$ auflösen:

$$\omega_0 = 0.4788 \frac{1}{s} + 0.0039 \frac{1}{\Omega s} \cdot R_{a,gr}$$

$$\Rightarrow R_{a,gr} = \frac{\omega_0 - 0.4688s}{0.0039s} \Omega = \frac{1.5406s - 0.4688s}{0.0039s} \Omega \approx 274.8 \Omega$$

Daraus folgt für den Außenwiderstand $R_{a,gr} = 274.8 \Omega$.

Zuletzt wollen wir für diese Aufgabe noch die Galvanometerkenngrößen D , G und Θ mit Hilfe der Formeln aus der Vorbereitung ermitteln. Es gilt nach Aufgaben 2 und 3.1:
 $m = 3.9 \cdot 10^{-3} \frac{1}{s\Omega}$; $C_I^M = 3.8186 \cdot 10^4 \frac{m}{A} \Rightarrow C_I^{M'} = 1.5274 \cdot 10^5 \frac{rad}{A}$.

$$G = \frac{2}{m \cdot C_I^{M'} \cdot \omega_0^2} = \frac{2}{3.9 \cdot 10^{-3} \frac{1}{s\Omega} \cdot 1.5274 \cdot 10^5 \frac{rad}{A} \cdot \left(\frac{1.5406}{s}\right)^2} \approx 1.4146 \cdot 10^{-3} \frac{T}{m^2}$$

$$D = \frac{2}{m \cdot (C_I^{M'})^2 \cdot \omega_0^2} = \frac{2}{3.9 \cdot 10^{-3} \frac{1}{s\Omega} \cdot (1.5274 \cdot 10^5 \frac{rad}{A})^2 \cdot \left(\frac{1.5406}{s}\right)^2} \approx 9.2615 \cdot 10^{-9} \frac{N}{m}$$

$$\Theta = \frac{2}{m \cdot (C_I^{M'})^2 \cdot \omega_0^4} = \frac{2}{3.9 \cdot 10^{-3} \frac{1}{s\Omega} \cdot (1.5274 \cdot 10^5 \frac{rad}{A})^2 \cdot \left(\frac{1.5406}{s}\right)^4} \approx 3.9021 \cdot 10^{-9} kg \cdot m^2$$

4 Ballistisches Galvanometer

Nun wollen wir die Stromstoßempfindlichkeit des Galvanometers ermitteln. Dabei untersuchen wir dessen Reaktion auf, durch Entladen eines Kondensators verursachte, kurze Stromstöße. Wir führten die Versuche jeweils mit $R_{18} = 33\Omega$, $R_{19} = 332\Omega$, $R_{20} = 999\Omega$ und $R_\infty \approx \infty$, parallel zum Messgerät geschaltet, durch. Alle folgenden Messungen wurden bei $300mV$ aufgenommen.

4.1 C_b Messung

Korrigierte Werte: $C_2 = 5.52\mu F$

Wir maßen für jeden der vier Widerstände den Galvanometerausschlag drei mal. Die Mittelwerte lauten wie folgt:

$$R_{18} = 33\Omega \Rightarrow \alpha_{18} = 8.8333mm \approx 0.04rad$$

$$R_{19} = 332\Omega \Rightarrow \alpha_{19} = 47.8333mm \approx 0.19rad$$

$$R_{20} = 999\Omega \Rightarrow \alpha_{20} = 68.4167mm \approx 0.27rad$$

$$R_\infty \approx \infty \Rightarrow \alpha_\infty = 85.5mm = 0.34rad$$

Mit diesen Daten können wir C_b berechnen, wobei wir den Galvanometerausschlag in rad verwenden. R_a entspricht dabei jeweils einem der vier oben genannten Widerständen.

$$C_b = \frac{R_a + R_G}{R_a} \cdot \frac{\alpha}{CU}$$

$$C_{b,18} = \frac{R_{18} + R_G}{R_{18}} \cdot \frac{\alpha_{18}}{CU} = \frac{33\Omega + 27.9\Omega}{33\Omega} \cdot \frac{0.04rad}{5.52\mu F \cdot 0.3V} \approx 4.46 \cdot 10^4 \frac{rad}{C}$$

$$C_{b,19} = \frac{R_{19} + R_G}{R_{19}} \cdot \frac{\alpha_{19}}{CU} = \frac{332\Omega + 27.9\Omega}{332\Omega} \cdot \frac{0.19rad}{5.52\mu F \cdot 0.3V} \approx 1.24 \cdot 10^5 \frac{rad}{C}$$

$$C_{b,20} = \frac{R_{20} + R_G}{R_{20}} \cdot \frac{\alpha_{20}}{CU} = \frac{999\Omega + 27.9\Omega}{999\Omega} \cdot \frac{0.27rad}{5.52\mu F \cdot 0.3V} \approx 1.68 \cdot 10^5 \frac{rad}{C}$$

$$C_{b,\infty} = \frac{R_\infty + R_G}{R_{1\infty}} \cdot \frac{\alpha_\infty}{CU} = \frac{\infty\Omega + 27.9\Omega}{\infty\Omega} \cdot \frac{0.34rad}{5.52\mu F \cdot 0.3V} \approx 2.05 \cdot 10^5 \frac{rad}{C}$$

4.2 C_b Berechnung über G , Θ , ω_0 , R_G und R_a

Kriechfall:

$$R_{18} \Rightarrow C'_{b,18} = \frac{R_G + R_a}{G} = \frac{28.0776\Omega + 33\Omega}{1.4146 \cdot 10^{-3} \frac{T}{m^2}} \approx 4.3176 \cdot 10^4 \frac{rad}{C}$$

Im Vergleich zur Messung weicht der berechnete Wert um 9.4% ab.

Grenzfall:

$$R_{19} \Rightarrow C'_{b,19} = \frac{G}{\Theta \cdot \omega_0 \cdot e} = \frac{1.4146 \cdot 10^{-3} \frac{T}{m^2}}{3.9021 \cdot 10^{-9} kg \cdot m^2 \cdot \frac{1.5406}{s} \cdot 2.7182818} \approx 8.6567 \cdot 10^4 \frac{rad}{C}$$

Hiermit ergibt sich ein Unterschied zur Messung von 30.9%.

Schwingfall:

$$R_{20} = R_\infty \Rightarrow C'_{b,20} = \frac{G}{\Theta \cdot \omega_0} = \frac{1.4146 \cdot 10^{-3} \frac{T}{m^2}}{3.9021 \cdot 10^{-9} kg \cdot m^2 \cdot \frac{1.5406}{s}} \approx 2.3531 \cdot 10^5 \frac{rad}{C}$$

Dies ergibt im Vergleich zu unseren gemessenen Werten eine Abweichung von 13.9% bei $R_\infty = \infty\Omega$ und 38.5% bei $R_{20} = 999\Omega$.

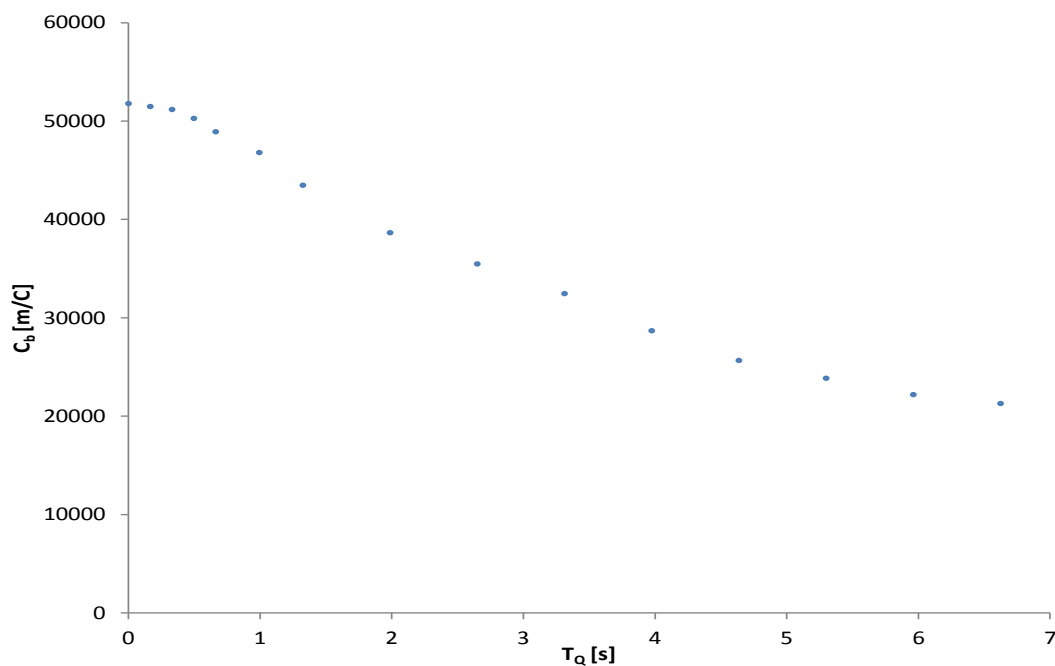
Somit ergibt sich für $R_{18} = 33\Omega$ und $R_\infty = \infty\Omega$ eine relativ gut Übereinstimmung. Beim Grenzfall hingegen liegt eine deutlich größere Abweichung vor, was daran liegen könnte, dass mit 332Ω nicht exakt der Grenzwiderstand eingestellt wurde. Der recht große Unterschied der Werte für $R_{20} = 999\Omega$ lässt sich hauptsächlich auf mögliche Messfehler während des Versuchs zurückführen.

4.3

Zuletzt wollen wir noch zeigen, dass nur für kurze Stöße die Stoßempfindlichkeit des Galvanometers fast unabhängig von T_Q ist. Dazu haben wir für $R_a = \infty$ beobachtet, wie das Messgerät auf eine Änderung von $R_{17} = 0k\Omega \rightarrow 400k\Omega$, und der damit einhergehenden Stoßdauer, reagierte.

R (in kΩ)	α (in mm)	T_Q (in s)	C_b (in m/C)
0	85,75	0	51781,40097
10	85,25	0,1656	51479,4686
20	84,75	0,3312	51177,53623
30	83,25	0,4968	50271,73913
40	81	0,6624	48913,04348
60	77,5	0,9936	46799,51691
80	72	1,3248	43478,26087
120	64	1,9872	38647,343
160	58,75	2,6496	35477,05314
200	53,75	3,312	32457,72947
240	47,5	3,9744	28683,57488
280	42,5	4,6368	25664,25121
320	39,5	5,2992	23852,657
360	36,75	5,9616	22192,02899
400	35,25	6,624	21286,23188

Dies wollen wir nun grafisch veranschaulichen:



Das Schaubild zeigt ein kleines Plateau bei kleinen Zeitdauern. Dies ist der Bereich, in welchem T_Q nur geringen Einfluss auf die Messung hat. Wir können also festhalten, dass bis etwa 0.6 Sekunden Stromstoßdauer das Galvanometer relativ unabhängig messen kann. Danach fällt die Kurve der Graphik stark ab und T_Q kann nicht mehr als Stromstoß angesehen werden.