

Auswertung
mit ausführlicher Fehlerrechnung

Galvanometer

Versuch P1 13, 14, 15

Iris Conradi, Melanie Hauck
Gruppe Mo-02

18. Januar 2011

Inhaltsverzeichnis

1 Vorexperimente	3
1.1 Berühren	3
1.2 Drahtdrehwiderstand	4
1.3 Ruhestellung	4
2 Galvanometerausschlag α	5
2.1 Galvanometer-Innenwiderstand und Stromempfindlichkeit	5
2.2 Galvanometer-Innenwiderstand	7
2.3 statische Stromempfindlichkeit C_I	9
3 Bestimmung der Galvanometer-Kenngrößen	11
4 Wirkung kurzer Stromstöße	13
4.1 Messung der Stromstoßempfindlichkeiten	13
4.2 theoretische Werte	14
4.3 Abhängigkeit von der Stromstoßdauer	14
Abschließende Bemerkungen	15

1 Vorexperimente

1.1 Berühren

Wie schon in der Vorbereitung vermutet und erläutert wurde, sah man am Galvanometer Ausschläge, wenn Personen die Anschlüsse des Galvanometers berührten. Bei verschiedenen Personen waren auch verschieden starke Ausschläge zu beobachten. Weniger starke Ausschläge gab es bei Personen mit kalten, trockenen Händen. So lagen vermutlich unterschiedlich starke elektrostatische Aufladungen und verschiedene Feuchtigkeiten der Hände bei den Personen vor.

1.2 Drahtdrehwiderstand

Auch hier entsprach die Beobachtung der in der Vorbereitung erläuterten Erwartung. Bei schnellem drehen des Drahtdrehwiderstand kam es zu Ausschlägen am Galvanometer. Je schneller gedreht wurde, desto größer waren die Ausschläge, was mit einer vermehrten Ladungstrennung zu erklären ist.

Diese beiden Experimente zeigen, dass das Galvanometer schon auf sehr sehr kleine Ströme sehr deutlich reagiert. Daher wurde bei den folgenden Versuchen darauf geachtet, dass jede Messung mit kleinen Spannungen begonnen wurde und nur beim Beobachten der Skala vorsichtig erhöht wurde.

1.3 Ruhestellung

Wir konnten beobachten, dass sich die Nulllage beim angeschlossenen Galvanometer gegenüber dem offenen veränderte. Diese Lage blieb konstant und veränderte sich nicht. Durch drehen am Widerstand konnte diese Nulllage verschoben werden. Es gab offensichtlich einen Strom.

Durch verschiedene Materialien und Temperaturen von Stecker und Buchse kann eine Differenz in der Austrittsarbeit der Elektronen entstehen. Somit kommt es zu Diffusion und somit zu einem Elektronenstrom, der durch den Schaltkreis fließt. Dieser Strom fließt dauerhaft, da die Elektronen beim erneuten Erreichen der Stecker-Buchse-Grenze wieder dem Diffusionsprozess unterliegen.

Zum Messen verwendeten wir hier die Schaltung 1 bei ausgeschalteter Spannungsquelle. In dieser Schaltung liegt eine Parallelschaltung zwischen Galvanometer und einem Teil des einstellbaren Widerstandes vor. Wenn man also das Widerstandsverhältnis verändert, teilt sich der vorhandene Strom anders über die Parallelschaltung auf. Damit verändert sich der Strom durch das Galvanometer und somit die Nulllage.

Aufgrund dieser Beobachtungen haben wir in den folgenden Versuchen immer darauf geachtet die Nulllage des Galvanometers bei aufgebauter Schaltung mit ausgeschalteter Spannungsquelle eingestellt wurde. Bei jeder Veränderung der Schaltung (z.B.: Austausch von Widerständen) wurde die Nulllage erneut bei ausgeschalteter Spannungsquelle korrigiert.

Da sich die Bewegungsform bei veränderter Nulllage (durch konstanten Strom) nicht verändert, ist es sinnvoll die Messung so durchzuführen.

2 Galvanometerausschlag α

2.1 Galvanometer-Innenwiderstand und Stromempfindlichkeit

Zur Bestimmung von Innenwiderstand und Stromempfindlichkeit des Galvanometers haben wir mit RooFiLab eine lineare Regression (χ^2 -Methode, $m \cdot x + b$) der Messwerte durchgeführt, um mit den in der Vorbereitung hergeleiteten Gleichungen die Größen zu bestimmen.

Dazu haben wir $1/\alpha$ gegen R aufgetragen. Als statistischen Fehler für den Ausschlag haben wir $\sigma_\alpha = \pm 0,05 \text{ cm}$ angenommen. Diesen mussten wir nach folgender Formel für jeden Messwert in einen Fehler (nach Gaußscher Fehlerfortpflanzung) für $1/\alpha$ umrechnen.

$$\sigma_{\frac{1}{\alpha}} = \frac{1}{\alpha^2} \sigma_\alpha \quad (1)$$

Für die Widerstände haben wir den auf dem Aufgabenblatt angegebenen relativen Fehler in absolute Fehler umgerechnet. Diese Fehler haben wir im Fit als statistischen Fehler angenommen, da er nicht bei jedem Widerstand in die gleiche Richtung wirkt und auch nicht den gleichen Wert annimmt. Für den Fall $R = 0 \Omega$ haben wir einen Fehler von $0,001 \Omega$ angenommen. Dies ist sinnvoll, da die Drahtbrücke einen Widerstand hat. Zwar vernachlässigen wir ansonsten die Drahtwiderstände, doch kann ein Fit mit einem statistischen Fehler von 0 nicht durchgeführt werden, da die Kovarianzmatrix nicht invertierbar ist.

Die dem Fit zugrundeliegende Wertetabelle mit den berechneten statistischen Fehlern ist an das Messprotokoll angeheftet.

Die sich ergebende Regressionsgerade ist in Abbildung 1 zu sehen. Als Parameter ergaben sich:

- $\chi^2 = 1,04367$
- $m = (0,01343 \pm 0,0012) \frac{1}{\Omega \text{ cm}}$
- $b = (0,7372 \pm 0,023) \frac{1}{\text{cm}}$

Es fällt auf, dass der Wert für $38,8 \Omega$ etwas aus dem Rahmen fällt. Dies könnte daran liegen, dass wir die Spannung an dieser Stelle nachregeln mussten. Eventuell haben wir nicht exakt genug nachgeregelt.

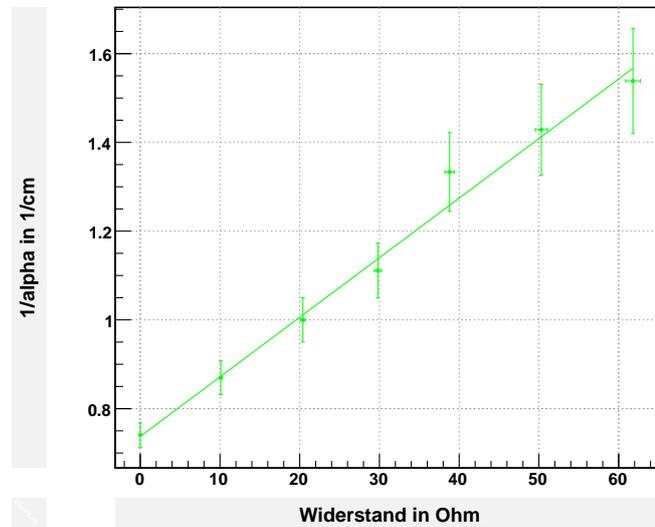


Abbildung 1: Regressionsgerade zu Aufgabe 2.1

Zur Berechnung von Innenwiderstand und Stromempfindlichkeit verwenden wir die in der Vorbereitung hergeleiteten Formeln. Die statistischen Fehler werden nach der Gausschen Fehlerfortpflanzung berechnet, für systematische Fehler wird die Größtfehlerabschätzung verwendet. Als systematische Fehler treten jedoch nur die Fehler auf die Widerstände $R_3 = (19,95 \pm 0,299)k\Omega$ und $R_4 = (1,04 \pm 0,016)\Omega$ auf. Als statistischen Fehler auf die Spannung nehmen wir $\sigma_U = \pm 0,01 V$ an.

$$\sigma_{C_I}^{stat} = \sqrt{\left(\frac{-R_3}{m^2 UR_4}\right)^2 \sigma_{m,stat}^2 + \left(\frac{-R_3}{m U^2 R_4}\right)^2 \sigma_{U,stat}^2} = 161085,88 \frac{cm}{A} \quad (2)$$

$$\sigma_{C_I}^{sys} = \left|\frac{1}{m UR_4}\right| \sigma_{R_3,sys} + \left|\frac{-R_3}{m UR_4^2}\right| \sigma_{R_4,sys} = 53540,62 \frac{cm}{A} \quad (3)$$

$$\sigma_{R_g}^{stat} = \sqrt{\left(\frac{1}{m}\right)^2 \sigma_{b,stat}^2 + \left(\frac{-b}{m^2}\right)^2 \sigma_{m,stat}^2} = 1,714\Omega \quad (4)$$

$$\sigma_{R_g}^{sys} = |-1| \sigma_{R_4,sys} = 0,016\Omega \quad (5)$$

Damit ergeben sich in der Darstellung

$$\text{Ergebnis} = (\text{Bestwert} \pm \text{stat. Fehler} \pm \text{syst. Fehler}) \text{ Einheit}$$

folgende Werte:

$$C_I = (1785433,014 \pm 161085,88 \pm 53540,62) \frac{cm}{A} \quad (6)$$

$$R_g = (53,852 \pm 1,714 \pm 0,016)\Omega \quad (7)$$

Auf dem Aufgabenblatt sind ungefähre Werte für diese Größen angegeben. Die Stromempfindlichkeit ist zwar in einer anderen Einheit gegeben, jedoch scheint die Größenordnung richtig zu sein. Der Innenwiderstand jedoch ist dort mit etwa 30Ω angegeben. Dies liegt nicht im Rahmen unserer Messung. Die Größenordnung ist aber auch hier passend. Die Diskrepanz können wir uns nicht erklären, da wir auch nicht wissen, wie die angegebenen Werte zustande kommen.

2.2 Galvanometer-Innenwiderstand

Wir haben wie in der Vorbereitung beschrieben die Messreihen mit offener und geschlossener Brücke durchgeführt. Dazu haben wir einen Widerstandswert eingestellt und dann direkt mit offener und geschlossener Brücke die Auslenkung gemessen. In Abbildung 2 sind die Messwerte mit den zugehörigen Regressionsgeraden dargestellt. Als Parameter

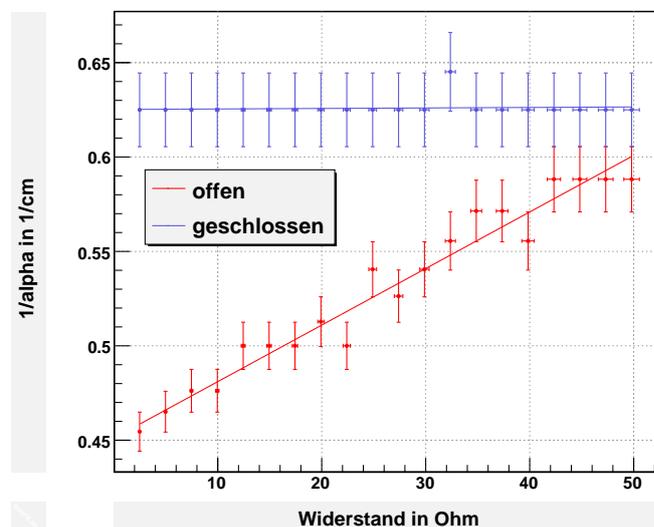


Abbildung 2: Regressionsgeraden zu Aufgabe 2.2

ergaben sich:

• offen:

- $\chi^2 = 8,18219$
- $m_1 = (0,002996 \pm 0,00022 \pm 4,5 \cdot 10^{-5}) \frac{1}{\Omega cm}$
- $b_1 = (0,4511 \pm 0,0055 \pm 9,3 \cdot 10^{-7}) \frac{1}{cm}$

• geschlossen:

- $\chi^2 = 0,88903$
- $m_2 = (2,7 \cdot 10^{-5} \pm 0,0003 \pm 4,1 \cdot 10^{-7}) \frac{1}{\Omega cm}$
- $b_2 = (0,6252 \pm 0,0091 \pm 1,2 \cdot 10^{-6}) \frac{1}{cm}$

Zur Bestimmung des Schnittpunktes wurden die beiden Regressionsgeraden gleichgesetzt. Daraus ergibt sich:

$$R_{Sp} = \frac{b_2 - b_1}{m_1 - m_2} \quad (8)$$

Für die Fehler auf diesen Wert ergibt sich:

$$\sigma_{R_{Sp}}^{stat} = \sqrt{\left(\frac{1}{m_1 - m_2}\right)^2 (\sigma_{b_2,stat}^2 + \sigma_{b_1,stat}^2) + \left(\frac{b_1 - b_2}{(m_1 - m_2)^2}\right) (\sigma_{m_1,stat}^2 + \sigma_{m_2,stat}^2)} \quad (9)$$

$$= 3,59\Omega \quad (10)$$

$$\sigma_{R_{Sp}}^{sys} = \left|\frac{1}{m_1 - m_2}\right| (\sigma_{b_2,sys} + \sigma_{b_1,sys}) + \left|\frac{b_1 - b_2}{(m_1 - m_2)^2}\right| (\sigma_{m_1,sys} + \sigma_{m_2,sys}) \quad (11)$$

$$= 3,379793 \cdot 10^{-3}\Omega \quad (12)$$

Damit folgt:

$$R_{Sp} = (58,64 \pm 3,59 \pm 3,379793 \cdot 10^{-3})\Omega \quad (13)$$

Nun muss aus diesem Wert noch der Innenwiderstand des Galvanometers berechnet werden. Da die Widerstände R_{12} und R_{13} gleich sind, entspricht der Bestwert dem Innenwiderstand des Galvanometers. Auch der statistische Fehler bleibt gleich. Es muss jedoch noch der systematische Fehler der Widerstände R_{12} und R_{13} berücksichtigt werden.

$$\sigma_{R_g}^{sys} = \left|\frac{R_{Sp}}{R_{13}}\right| \sigma_{R_{12},sys} + \left|-\frac{R_{12}}{R_{13}^2} R_{Sp}\right| \sigma_{R_{13},sys} + \left|\frac{R_{12}}{R_{13}}\right| \sigma_{R_{Sp},sys} = 1,7626\Omega \quad (14)$$

Damit folgt für den Innenwiderstand des Galvanometers

$$R_g = (58,64 \pm 3,59 \pm 1,766)\Omega \quad (15)$$

Dieser Wert passt recht gut zu dem in der vorherigen Aufgabe bestimmten Wert, jedoch dann wieder nicht zu dem angegebenen Wert. Da wir nun auf zwei verschiedenen Wegen diesen Wert erhalten haben, glauben wir jedoch, dass unser Wert dem tatsächlichen Wert nahe kommt und der angegebene nicht zu diesem Galvanometer gehört oder sehr ungenau ist.

Im Laufe des Versuchs ist uns aufgefallen, dass mit steigendem Widerstandswert die Nulllage weniger korrigiert werden musste. Dies liegt daran, dass sich die Werte für offene und geschlossene Brücke immer mehr angenähert haben, wie man auch in der Graphik sieht.

Wie man an der Abbildung 2 sieht, ist die Gerade für die geschlossene Brücke (blau) nahezu parallel zur x-Achse. Dies ist auch sinnvoll, da man nach der Maschenregel zur Bestimmung des Stroms durch das Galvanometer die beiden unteren Widerstände nicht berücksichtigen muss. Somit ist der Strom durch das Galvanometer und somit auch die Auslenkung unabhängig vom Wert des einstellbaren Widerstandes.

Bemerkungen Zunächst wollen wir auf einen Fehler im Messprotokoll hinweisen, dort haben wir für den Widerstand R_{14} einen Wert von 50Ω angenommen. Allerdings ist der Tabelle des Aufgabenblattes zu entnehmen, dass der von uns verwendete Widerstand einen Wert von $49,8\Omega$ hatte. Wir haben die Werte zur Durchführung der linearen Regression verbessert. Dies ist abermals der Wertetabelle zu entnehmen, die dem Messprotokoll angeheftet wurde.

Zur Fehlerrechnung haben wir den Einstellfehler des regelbaren Widerstandes vernachlässigt, da die Skala sehr fein unterteilt war. Somit sind wir der Meinung, dass der dadurch entstandene Fehler unerheblich ist.

2.3 statische Stromempfindlichkeit C_I

Wir haben bei verschiedenen Spannungen den Ausschlag des Galvanometers gemessen. Diese Spannungen haben wir in den Strom durch das Galvanometer umgerechnet. Wenn man nun α gegen den Strom aufträgt, entspricht die Steigung der Geraden der Stromempfindlichkeit C_I .

Für den Ausschlag α haben wir wie oben einen statistischen Ablesefehler von $\pm 0,05\text{ cm}$ angenommen. Für den Strom ergab sich aus der Spannung (Fehlerfortpflanzung) ein statistischer Fehler von $\pm 0,01976\mu\text{A}$. Der systematische Fehler des Widerstandes muss mit der Größtfehlerabschätzung auf den Strom übertragen werden. Somit ergab sich für jeden Messwert ein anderer systematischer Fehler. Da in RooFiLab nur relative oder absolute systematische Fehler für die gesamte Messung angegeben werden können, haben wir den größten vorkommenden absoluten systematischen Fehler auf $0,03\mu\text{A}$ aufgerundet und diesen verwendet. Damit ergaben sich die folgenden Parameter:

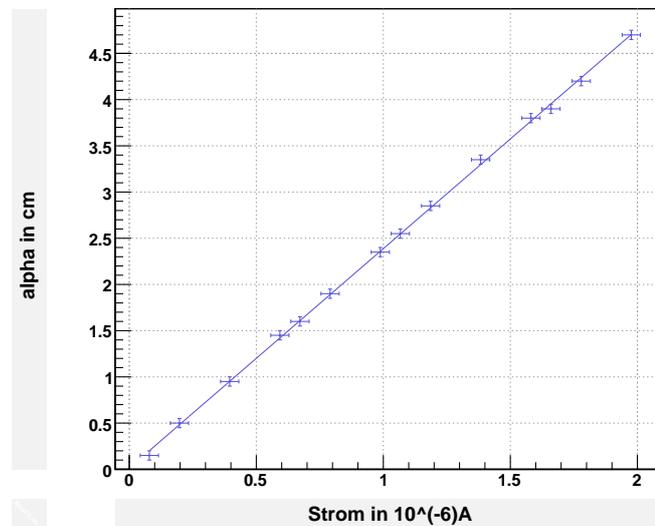


Abbildung 3: Regressionsgeraden zu Aufgabe 2.3

- $\chi^2 = 2,71042$
- $m = (2,374 \pm 0,023 \pm 0,022) \frac{\text{cm}}{\mu\text{A}}$
- $b = (0,01391 \pm 0,027 \pm 0,076) \text{cm}$

Die Regressionsgerade ist in Abbildung 3 zu sehen.
Somit gilt für die Stromempfindlichkeit

$$C_I = (2,374 \pm 0,023 \pm 0,022) \frac{\text{cm}}{\mu\text{A}} \quad (16)$$

Dieser Wert passt nicht zu dem Wert aus Aufgabe 2.1, jedoch ist die Größenordnung dieselbe.

Das Galvanometer ist sehr erschütterungsempfindlich. Fehler die auf diesen Umstand zurückzuführen sind konnten wir jedoch nicht beziffern. Daher haben wir sie vernachlässigt. Eventuell können sie aber die Diskrepanzen erklären.

Eigentlich müsste es sich hier um eine Ursprungsgerade handeln, jedoch haben wir einen y-Achsenabschnitt erhalten, der nicht Null ist. Dieser y-Achsenabschnittes ist aber kleiner als das, was wir auf der Skala des Galvanometers haben ablesen können.

3 Bestimmung der Galvanometer-Kenngrößen

In Tabelle 1 sind die aus den Messwerten berechneten Werte für das Dämpfungsverhältnis und die Periodendauer aufgeführt. Zur Berechnung des Dämpfungsverhältnisses verwendeten wir die aus dem Versuch Resonanz bekannte Formel.

$$k = \sqrt[n]{\frac{\alpha_0}{\alpha_n}} \quad (17)$$

Da wir Systeme im Schwingfall betrachtet haben, dauerte das Einstellen der Nulllage bei

R_a in Ω	k	T in s	β in $1/s$
∞	1,1457	2,2244	0,0611
3010	1,6266	2,11	0,2306
2500	2	2,2333	0,3104
1986	3,3166	2,3450	0,5113
1484	3,8	3,75	0,356
1026	4,5	2,27	0,6625

Tabelle 1: Dämpfungsverhältnis und Periodendauer

angeschlossener Spannungsquelle recht lange. Durch drücken des Tasters konnte ein 330Ω Widerstand parallel geschaltet werden. Dadurch konnte man ein schnelles Abklingen auf die Nulllage mit parallelgeschaltetem Widerstand erzwingen. Diese Nulllage war jedoch nicht weit entfernt von der Nulllage ohne diesen Widerstand, sodass das System nurnoch wenig schwingen musste um die gewünschte Lage zu erreichen.

Die Periodendauer bei 1484Ω fällt deutlich aus der Reihe. Während dem Versuch hatten wir aber auch das Gefühl, dass wir bei dieser Messung die Stoppuhr etwas zu spät

ausschalteten.

Insgesamt muss zu diesem Versuch bemerkt werden, dass das Ablesen der Ausschläge durch das Schwingen sehr erschwert wurde. Auch musste die Zeit richtig gestoppt werden. Die Fehlerquellen waren hier also sehr groß. Dies erklärt auch, warum unsere Messwerte nur ungefähr zu den Erwartungen passen.

Mit steigendem Widerstand sinkt die Dämpfung (wie man an der Definition von β erkennen kann). Dies kann man an unseren Messwerten gut erkennen. Nur der Wert bei 1484Ω passt für β nicht, jedoch steigt k an. Der Fehler entsteht durch das zu große T . Im Schwingfall ist die Frequenz $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$. So sinkt sie mit steigender Dämpfung. Daher wächst die Periodendauer mit steigender Dämpfung. Dies lässt sich bei uns nur erahnen.

In Abbildung 4 ist die Regressionsgerade für $(\beta_{R_a} - \beta_\infty)^{-1}$ über R_a zu sehen. Als zusätzlichen Punkt verwendeten wir $(-56, 246\Omega|0)$. Der x-Wert ist der Mittelwert der beiden Bestwerte für R_g .

Die Parameter der Regression lauten:

- $\chi^2 = 2,75225$
- $m = 0,001735 \frac{s}{\Omega}$
- $b = -0,01228s$

Wie man sieht sind die weichen die Messwerte recht stark von der Geraden ab. Dies begründet sich in der schwierigen Messung während der Schwingungen.

Für die Frequenz des ungedämpften Galvanometers ergibt sich mit unseren Messwerten: $\omega_0 = 2,825 \text{rad/s}$. Damit berechneten wir $(\omega_0 - \beta_\infty)^{-1} = 0,3617s$. Damit lasen wir am Graphen für den Grenzwiderstand $R_{Gr} \approx 210\Omega$ ab.

Dies passt sehr gut zu dem, was wir im Laufe des Versuches für kleine Widerstände feststellten. Für 219Ω sah man kaum einen Überschwinger, daher vermuteten wir, dass der aperiodische Grenzfall für einen etwas kleineren Widerstand eintreten würde. Für 100Ω sahen wir einen deutlichen Kriechfall.

Zur Bestimmung der Galvanometerkenngrößen müssen wir zuerst die Stromempfindlichkeit C_I' in rad/A berechnen.

$$C_I' = \frac{C_I}{2r} \approx 41594,33 \frac{\text{rad}}{\text{A}} \quad (18)$$

Für C_I verwendeten wir den Mittelwert der Bestwerte der Ergebnisse aus den vorherigen Versuchen, $C_I = 2079716,507 \text{cm/A}$. Der Abstand r zwischen Spiegel und Skala ist auf

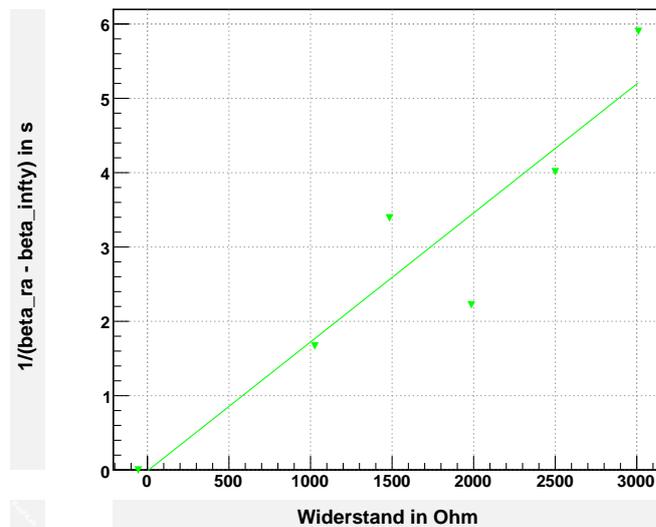


Abbildung 4: Regressionsgeraden zu Aufgabe 3

dem Aufgabenblatt angegeben.

Damit ergibt sich für die Galvanometerkenngrößen:

$$G = 3,47 \cdot 10^{-3} \text{ Wb} \quad D = 8,35 \cdot 10^{-8} \text{ J} \quad \Theta = 1,05 \cdot 10^{-8} \text{ kgm}^2 \quad (19)$$

4 Wirkung kurzer Stromstöße

4.1 Messung der Stromstoßempfindlichkeiten

Durch entladen eines Kondensators erzeugten wir kurze Stromstöße und maßen den Wert des ersten Ausschlags. Wir wählten $R = 20 \text{ k}\Omega$ um kurze Stromstöße zu erreichen.

Die Ersatzkapazität C der Kondensatoren beträgt $2,06 \mu\text{F}$, es handelt sich um eine Reihenschaltung.

In Tabelle 2 sind zu den verschiedenen Widerständen die Ladung die durch das Galvanometer floß, sowie die daraus resultierende Stromstoßempfindlichkeit.

Wir konnten beobachten, dass bei $R = \infty$ sehr deutlich Schwingungen auftraten. Bei $R = 999 \Omega$ waren noch deutlich Schwingungen zu sehen, jedoch sehr wenige. Für $R = 341 \Omega$

R_a in Ω	Q_g in C	C_b in $\frac{cm}{C}$
∞	$4,12 \cdot 10^{-7}$	14563106,8
999	$3,9 \cdot 10^{-7}$	11538461,54
341	$5,31 \cdot 10^{-7}$	7540097,4
33	$6,86 \cdot 10^{-7}$	2625654,6

Tabelle 2: Stromstoßempfindlichkeit

kam es nun noch zu einem Überschwingen, sodass wir vermuten, dass wir uns in der Nähe des aperiodischen Grenzfalls befanden. Für $R = 33\Omega$ war deutlich Kriechen zu erkennen.

4.2 theoretische Werte

Nach den in der Vorbereitung angegebenen Formeln können wir aus den Galvanometerkenngrößen nun auch Werte für die Stromstoßempfindlichkeiten bei den verschiedenen Fällen berechnen.

Schwingfall $C_b = 117506,83^{rad/C}$

aperiodischer Grenzfall $C_b = 43228,35^{rad/C}$

Kriechfall $C_b = 25713,31^{rad/C}$

Durch eine Umformung wie in Gleichung (18) kann man die beiden Darstellungen ineinander überführen. Sie werden somit vergleichbar.

Man kann erkennen, dass die Werte für die Stromstoßempfindlichkeiten mit steigender Dämpfung kleiner werden. Dies gilt auch für die gemessenen Werte. Auch die Größenordnungen der Fälle stimmen überein, jedoch sind die gemessenen Werte immer etwas niedriger. Ein genauerer Vergleich ergibt keinen Sinn, da schon die Messwerte aus Aufgabe 3 nicht besonders gut waren.

4.3 Abhängigkeit von der Stromstoßdauer

In Abbildung 5 wird die Abhängigkeit zwischen dem Widerstand R und der Stromstoßempfindlichkeit dargestellt. Da die Kapazität immer gleich ist, ist dieser Widerstand proportional zur Stromstoßdauer. Wir haben bei $R_a = 341\Omega$ und $U = 0,5V$ gemessen. Wie man gut erkennen kann, bildet sich bis zu einem Widerstand von etwa $15k\Omega$, was

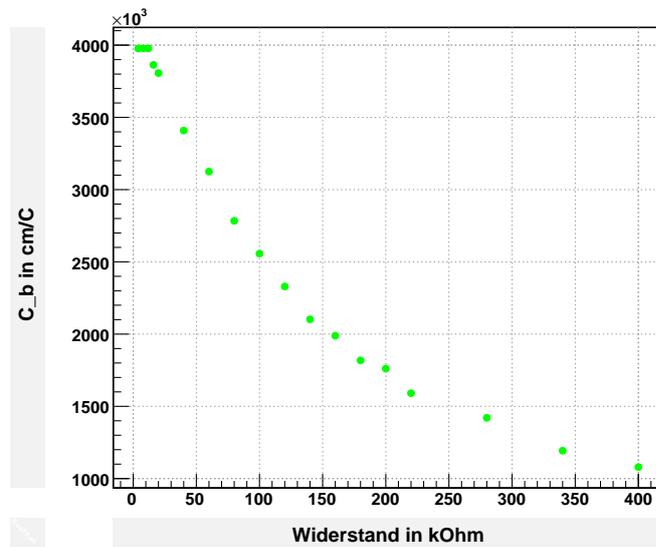


Abbildung 5: Stromstoßempfindlichkeit in Abhängigkeit des Widerstandes R

einer Stromstoßdauer von $0,0927s$ entspricht, ein Parallele zur x-Achse aus. In diesem Bereich ist also die Stromstoßempfindlichkeit unabhängig vom einstellbaren Widerstand. Danach sinkt die Stromstoßempfindlichkeit rasch ab.

Für lange Stromstoßdauern (große R) ergibt der Begriff Stromstoß kaum noch einen Sinn. Die Stromstoßempfindlichkeit wird zur Stromempfindlichkeit aus den vorherigen Aufgaben, jedoch hält dieser Strom nicht lange an.

In Aufgabe 4.1 hatten wir uns für $R = 20k\Omega$ entschieden. Mit diesem Wert liegen wir zwar nahe am Plateau, jedoch nicht mehr darauf. Dies erklärt nun auch, warum unsere Messwerte niedriger lagen, als die theoretisch berechneten.

Abschließende Bemerkungen

Zur Berechnung der Werte haben wir immer die Werte aus der Spalte „Wert bei P1-13“ verwendet, da wir uns in dieser Kabine befanden. Allerdings haben wir bei Aufgabe 3 im Messprotokoll für die Widerstände R_a die Zahlen aufgeschrieben, die auf die Schaltung aufgeklebt waren. Dabei dachten wir es handele sich um die Richtwerte. Jedoch

haben wir festgestellt, dass diese nicht mit den Richtwerten übereinstimmen, aber mit den Werten aus der Spalte „Wert bei P1-15“. Es könnte daher sein, dass unsere gesamten Berechnungen nicht stimmen, da sie mit den Werten aus der Spalte „Wert bei P1-15“ hätten erstellt werden müssen.

Manchmal differieren die Werte aus den beiden Spalten sehr stark. Daher könnten große Fehler entstanden sein.

Da wir dies jedoch erst sehr spät feststellten und auch nicht sicher wissen, welche Schaltungen uns zur Verfügung standen, haben wir uns entschieden mit der Spalte „Wert bei P1-13“ zu arbeiten.

Für die ausführliche Fehlerrechnung verwendeten wir: Blüm: Einführung zur Fehlerrechnung im Praktikum; August 2002.