

Versuch 236

Galvanometer zur Strom- und Ladungsmessung

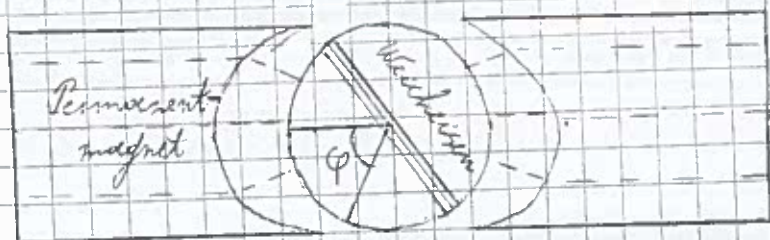
• Lernziele:

- In diesem Versuch sollen Aufbau, Funktionsweise und Verwendung eines Drehspulgalvanometers nachvollzogen werden, außerdem soll die Genauigkeit dieses Geräts untersucht werden.
- Am Beispiel des Galvanometers soll der Einfluss von Dämpfungsgraden auf die Bewegungsformen eines harmonisch schwingungsfähigen Systems experimentell untersucht und verstanden werden. Die Messverfahren mit einem Galvanometer (von Ladung und (großen) Widerständen) sollen geübt werden.

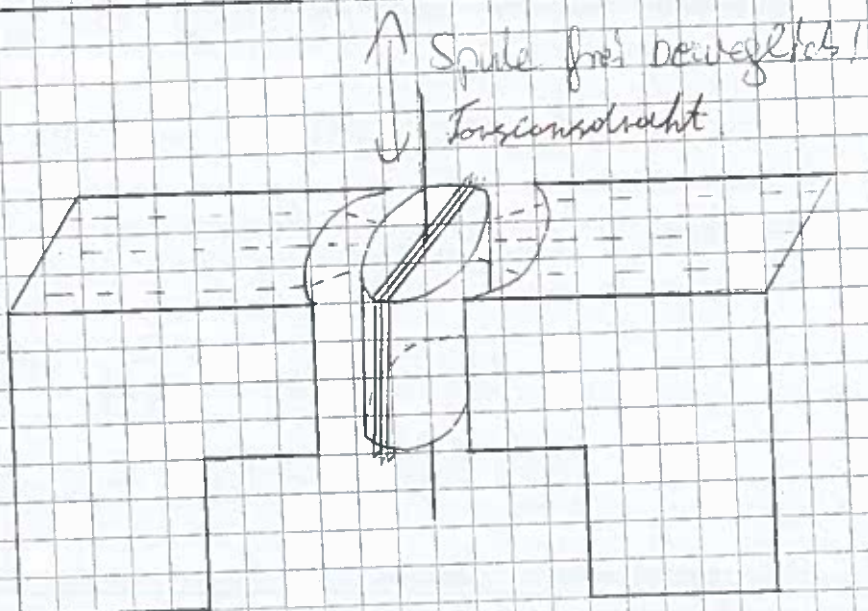
• Erläuterung:

- Aufbau eines Drehspulgalvanometers:

a.) von oben:



b.) seitlich:



An dem Torsionsdraht hängt (drehbar) eine starre rechteckige Drehscheibe mit folgenden Eigenschaften:

a.) Kantenlängen a und b

b.) ohmscher Widerstand R_g

c.) Windungszahl n .

Diese befindet sich in einem zylindrischen Luftspalt, der aus dem Polen eines Permanentmagneten und einem Weicheisenkern K besteht bzw. gebildet wird.

- Kräfte und Drehmomente:

a.) Durch die Torsion des Drahtes erzeugtes Drehmoment (M_D):

$$M_D(t) = -D \cdot \varphi(t) \quad \text{mit } \varphi(t) - \text{Drehwinkel.}$$

b.) Durch die mechanische Dämpfung der Spulenbewegung erzeugtes Drehmoment (M_R):

$$M_R(t) = -\rho \cdot \dot{\varphi}(t) \quad (\rho - \text{Dämpfungskonstante, } \dot{\varphi}(t) - \text{Drehgeschwindigkeit})$$

c.) Durch den Strom $I(t)$ erzeugtes elektrodynamisches Drehmoment (M_e):

$$M_e(t) = k a b B \cdot I(t) \quad \text{mit } B - \text{Betrag des Magnetfeldes}$$

$$M_e(t) = G \cdot I(t) \quad \text{mit } G = k a b B - \text{Galvanometerkonstante.}$$

Es wird außerdem durch die Drehung eine Spannung (U_{ind}) induziert:

$$U_{ind}(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = -G \cdot \dot{\varphi}(t) \quad \text{mit } \Phi - \text{magnetischer Fluss im Luftspalt.}$$

→ Induktionsstrom: $I_{ind}(t) = \frac{U_{ind}}{R}$

$$I_{ind}(t) = \frac{U_{ind}}{R_g + R_a} = -\frac{G}{R_g + R_a} \dot{\varphi}(t) \quad \text{mit}$$

R_a - Widerstand des äußeren Schließungskreises.

Es fließt ein gesamter Strom $I + I_{ind} \rightarrow M_e = G I - \frac{G^2}{R_g + R_a} \dot{\varphi}$

Differentialgleichung für $\varphi(\vec{t})$:

$$\Theta \cdot \ddot{\varphi}(t) + \left(p + \frac{G^2}{R_g + R_a} \right) \dot{\varphi}(t) + D \varphi(t) = G I(t)$$

- Messung einer konstanten Stromstärke (I)

Nach dem Einschwingen erhält man: $M = D \varphi = G I$

$$\varphi = \frac{G}{D} I = c_1 I$$

Für die Stromempfindlichkeit (c_1) gilt damit: $c_1 = \frac{\varphi}{I}$

Ein konstanter Strom (I) ändert nichts an der Bewegungsform der Drehschule.

Fall des Schwingens um die Ruhelage ($\dot{I} = 0$):

$$\ddot{\varphi} + \frac{1}{\Theta} \left(p + \frac{G^2}{R_g + R_a} \right) \dot{\varphi} + \frac{D}{\Theta} \varphi = 0$$

$$\rightarrow \ddot{\varphi}(t) + 2\beta \dot{\varphi}(t) + \omega_0^2 \varphi(t) = 0$$

Aperiodischer Grenzfall ($\beta = \omega_0$): $\frac{1}{2\Theta} \left(p + \frac{G^2}{R_g + R_a} \right) = \sqrt{\frac{D}{\Theta}}$

Bestimmung des Grenzwiderstandes (R_{gr}) für $\beta = \omega_0$:

$$R_{gr} = R_a = \frac{G^2}{2\sqrt{\Theta D} - p} - R_g$$

- Entladung eines Kondensators über dem Widerstand

Es gelten folgende Beziehungen:

$$U_C + U_R = 0, \text{ außerdem } U_C = \frac{q}{C}, U_R = RI = R \frac{dq}{dt} \Rightarrow \frac{dq}{dt} = -\frac{q}{RC}$$

und damit: $q = q_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$

- Messung von Ladung in einem Galvanometer.

Es wird die Proportionalität zwischen der Ladungsmenge (q) eines Kondensators und dem (ersten) Maximalausschlag (φ_m) des Galvanometers ausgenutzt.

Für kleine Dämpfung ($\beta \ll \omega_0$) und für eine sehr kleine Stromflusszeit Δt gilt: $\Delta \dot{\varphi} = G \Delta q$ (Drehimpuls)

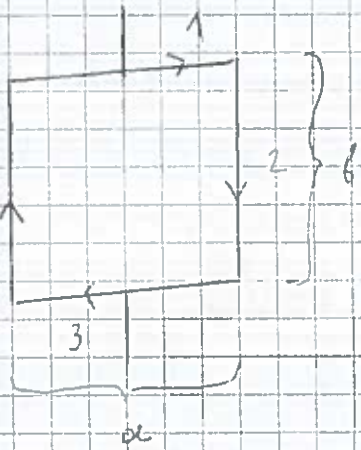
Mit dem Energiesatz folgt: $\frac{\theta}{2} (\dot{\varphi}_{\text{rot}})^2 = \frac{G^2 q^2}{2\theta} = \frac{D}{2} \varphi^2_m$
(Rotationsenergie = potentielle Energie)

$$\Rightarrow \varphi_m = \frac{G}{\sqrt{D\theta}} q$$

Voraufgaben

Aufgabe 236. A:

Schnittansicht:



Allgemeine Definition der Lorentzkraft:

$$\vec{F} = I(\vec{L} \times \vec{B})$$

Damit gilt: $|\vec{F}_1| = I a B \cdot \sin(90^\circ - \varphi) = |\vec{F}_3|$ und

$$|\vec{F}_2| = I b B \sin 90^\circ = I b B = |\vec{F}_4|$$

Die Kräfte \vec{F}_1 und \vec{F}_3 haben sich auf, nicht aber \vec{F}_2 und \vec{F}_4 .

Damit kann man umformen: $M_L(\pm) = h a b I B = h a F_2 = h a F_4$

Nur die sich aufhebenden Kräfte hängen vom Drehwinkel ab.

Aufgabe 236. B:

Es gilt: $U_{\text{ind}} = -\dot{\Phi} = -G \dot{\varphi} \rightarrow U_{\text{ind}} \sim \dot{\varphi}$

Diese Proportionalität ergibt sich dadurch, dass der Geschwindigkeitsvektor senkrecht auf dem (homogenen) Magnetfeld.

Aufgabe 236. C:

Zum gesamten magnetischen Fluss (Φ) tragen bei:

- der magnetische Fluss des Permanentmagneten (Φ_{magn})

- d.h. durch den Fluss des Stroms ($I \Phi$)

- der Magnetische Fluss des induzierten Stroms (Φ_{ind})

$$\Phi = \Phi_{\text{mag}} + \Phi_e + \Phi_{\text{ind}}$$

Aufgabe 236 D:

Es wurde der Term außer acht gelassen, der durch die Selbstinduktion entsteht: $U_{\text{ind}} = -L \cdot \dot{I}$

Dieser darf vernachlässigt werden, da Gleichstrom verwendet wird und damit $\dot{I} = 0 \Rightarrow U_{\text{ind}} = -\dot{I} \cdot L = 0$

Aufgabe 236 E:

Das Drehmoment für diesen Fall würde berechnet werden

mit: $M_e = a n b B I \cdot \cos(\varphi) = G I \cos(\varphi)$, und damit:

$$\varphi = \frac{G}{D} I \cdot \cos(\varphi)$$

Es entsteht eine $\cos(\varphi)$ (mit φ -Drehwinkel) Abhängigkeit.

Aufgabe 236 F:

Betrachte die einzelnen Einheiten:

$$[\theta] = \text{kg m}^2, \quad [p] = \text{Nm s} = \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}} \Rightarrow [B] = \frac{1}{\text{s}}$$

$$\text{Und mit } \omega_0^2 = \frac{D}{\theta} \quad \text{und} \quad [D] = \text{kg m}^2 / \text{s}^2, \quad [\theta] = \text{kg m}^2$$

$$\Rightarrow [\omega_0^2] = \frac{1}{\text{s}^2} \Rightarrow [\omega_0] = \frac{1}{\text{s}}$$

Aufgabe 236 G:

1. Da bei den Messungen ein Einschwingphase vermieden werden soll wird der aperiodische Grenzfall preferiert (da dieser sich besonders schnell der Nulllage nähert). Dieser Fall entspricht lässt sich über R_{gr} bestimmen, da $R_{\text{gr}} = R_a$ (und somit $\beta = \omega_0$) gelten muss.

2. Ein höherer Widerstand ermöglicht eine Verringerung der Maximalamplitude und kann zu einer Überschwingung führen.

Aufgabe 236. H:

Es gilt: $C_1 = \frac{G}{D} = \frac{nabB}{D}$

Wenn man C_1 ~~klein~~ vergrößern soll kann man:

- a, b, n oder B größer wählen / einstellen.
- D kleiner wählen

Aufgabe 236. I:

Sowohl a, b als auch n müssen in (praktischen) Grenzen bleiben, denn das Messgerät darf nicht zu groß werden. B ist durch die große bzw. Stärke von Magneten begrenzt. D kann zwar theoretisch unendlich klein werden, praktisch aber ist ein zu geringer Wert nicht erreichbar.

Aufgabe 236. J:

$C_1 = \frac{\varphi}{I}$, $[\varphi] = \text{Vs}$, $[I] = \text{A}$ $\Rightarrow [C_1] = \frac{\text{Vs}}{\text{A}}$

Aufgabe 236. K:

Bereits bekannte Methoden:

- Wheatstone'sche Brückenschaltung
- Ohmsches Gesetz: $R = \frac{U}{I}$ (für kleine Ströme)
- DMM

Diese Methoden können schlecht bei hohen Widerständen verwendet ~~verwendet~~ werden, da dabei kaum Strom fließt und daher die Messung von Strom und Spannung schlecht durchführbar ist.

Messwerte

a.) Auslenkungsfehler ± 15 Skalen $\left(\frac{2}{15} \cdot \frac{1}{500}\right)$

b.) Widerstandsboxende Messfehler: $\pm 0,5 \Omega$

$$R_{\text{gelb}} = R_{\text{rot}}$$

ohne Gewichte: 1200Ω

$$DMM = (1203 \pm 0,1) \Omega$$

mittleres Gewicht (außen): 300Ω

$$(301,5 \pm 0,1) \Omega$$

großes Gewicht (außen): 250Ω

$$(251,5 \pm 0,1) \Omega$$

$$c.) R_1 = (100,1 \pm 0,1) \Omega$$

$$R_2 = (4,2 \pm 0,1) \Omega$$

$$U_0 = (4,35 \pm 0,01) V$$

$R [\Omega]$ $\varphi [\text{Skalen}]$ $\Delta \varphi [\text{Skalen}]$

$$(R_T = (389,4 \pm 0,1) \Omega)$$

100 170

10

200 97

3

300 68

2

400 52

2

500 42

2

600 35

1

700 30

1

800 26

1

900 23

1

1000 21

1

übernommene Wert von
~~.....~~

$$f.) R_T = (12,5 \pm 0,5) \Omega$$

$$R_g = (23 \pm 2) \Omega$$

$$g.) R_{\text{rot}} = (1000 \pm 2) \Omega$$

$$\text{kein Gewicht: } \varphi = (21 \pm 1)$$

$$\text{mittleres: } \varphi = (21 \pm 2)$$

$$\text{kleines: } \varphi = (21 \pm 1)$$

$$\text{großes: } \varphi = (20 \pm 2)$$

h.) Δt 5,41 8,34 15,12 25,56 30,18 35,16 40,05 50,22 60,21

φ_m 40 38 36 33 24 20 18 13 9

$$U_0 = (4,35 \pm 0,01) V$$

$$C = 10 \mu F$$

236.1.2 Versuchsdurchführung 1

Eigenschaften eines Drehspalgalvanometers.

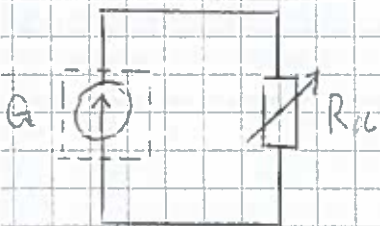
Aufgabe 236. a.

- 1.) offener Stromkreis: es wurde beobachtet, dass sich die Spule frei drehen ließ.
- 2.) geschlossener Stromkreis: der nun (fließende) Strom induziert ein Magnetfeld, dieses wirkt seiner Ursache entgegen und damit entsteht eine spürbare Kraft. Die Spule lässt sich nicht mehr frei drehen.

Aufgabe 236. b.

Es soll mit der folgenden Schaltung der aperiodische Grenzfall erreicht werden und dann unter der Bedingung $R_A = R_{Gr}$ der Grenzwiderstand (durch ausprobieren, verschiedener Widerstände R_A) bestimmt werden.

Schaltung:



Geräte:

- DMM

Messfehler:

- kleinste angezeigte Stelle.

Die Bestimmung von R_A soll ohne und mit Gewichten ~~gemessen~~ durchgeführt werden:

- 1.) ohne Gewichte: $R_A = R_{Gr} = (120,3 \pm 1) \Omega$
- 2.) mittlere Gewichte: $R_A = R_{Gr} = (301,5 \pm 0,1) \Omega$
- 3.) große Gewichte: $R_A = R_{Gr} = (251,5 \pm 0,1) \Omega$

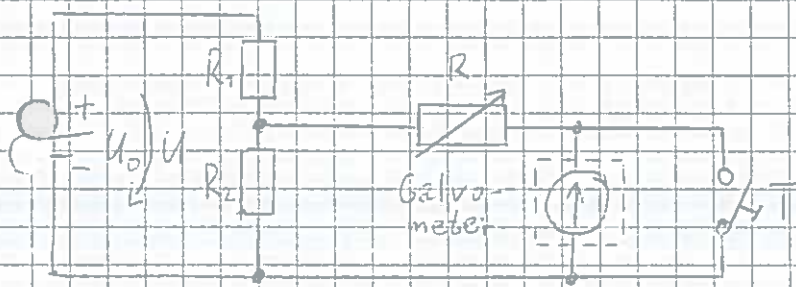
Dieser Zusammenhang spiegelt sich in der Gleichung:

$$R_A = R_{Gr} = \frac{G^2}{2 \cdot I_{0,5} \cdot n} - R_d \quad \text{wieder.}$$

Je größer die Masse, desto größer das Trägheitsmoment (Θ) und dementsprechend kleiner der Bruch, der linear mit R_{St} zusammenhängt \rightarrow je größer die Masse, desto kleiner der Grenz Widerstand.

Aufgabe 236. c.

Mit folgender Schaltung soll der lineare Zusammenhang zwischen $\frac{1}{\phi}$ (mit ϕ -Drehwinkel) und R gemessen werden
Schaltung:



Geräte:

- DMM

- Drehwinkel-
Schalt

Messfehler

- kleinste Stelle

- unterschiedliche
Ablesfehler

Wozu wurde der Taster
weiterverleitet?

Im Voraus wurden (mit dem DMM) bestimmt:

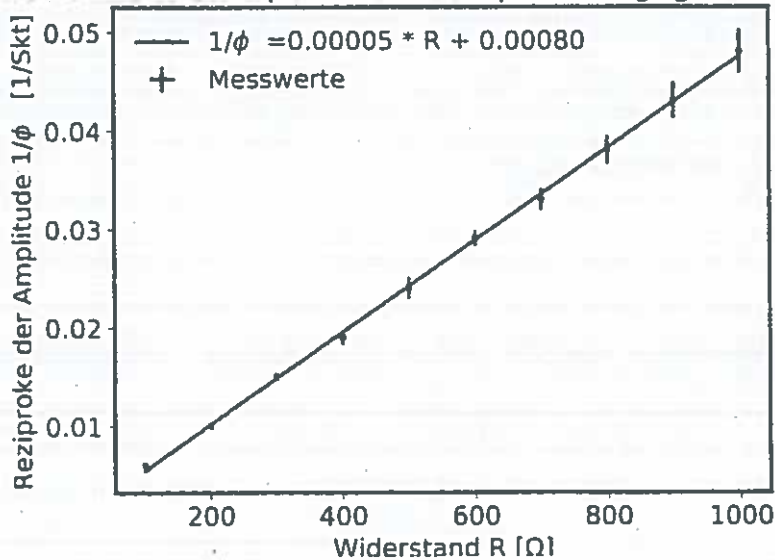
$$U_0 = (9,35 \pm 0,01) \text{ V} ; R_1 = (100 \pm 1) \Omega ; R_2 = (4,2 \pm 0,1) \Omega$$

Es folgt die Umrechnung von ϕ zu $\frac{1}{\phi}$ und die entsprechenden Messfehler (bestimmt mit der Gaußschen Fehlerfortpflanzung)

| R [Ohm] | ϕ [Skt.] | $\Delta(\phi)$ [Skt.] | $1/\phi$ [1/Skt.] | $\Delta(1/\phi)$ |
|---------|---------------|-----------------------|-------------------|------------------|
| 100 | 170 | 10 | 0,006 | 0,00035 |
| 200 | 97 | 3 | 0,010 | 0,00032 |
| 300 | 68 | 2 | 0,015 | 0,00043 |
| 400 | 52 | 2 | 0,019 | 0,00074 |
| 500 | 42 | 2 | 0,024 | 0,0011 |
| 600 | 35 | 1 | 0,029 | 0,0008 |
| 700 | 30 | 1 | 0,033 | 0,0011 |
| 800 | 26 | 1 | 0,038 | 0,0015 |
| 900 | 23 | 1 | 0,043 | 0,0019 |
| 1000 | 21 | 1 | 0,048 | 0,0023 |

Die Abhängigkeit zwischen $\frac{1}{\phi}$ und R soll nun graphisch dargestellt werden (aus Platzgründen auf der nächsten Seite):

Aufgabe 236.c: Die Reziproken der Amplituden gegen den Widerstand



(Die Messfehler sind bei 2 zu niedrig um diese graphisch sinnvoll darzustellen)

Aufgabe 236 d:

Aus der Steigung (a) soll nun der Wert von C_I bestimmt werden.

Betrachte Gleichung: $\frac{1}{\phi} = \frac{R_1 + R_2}{C_I U_0 R_2} (R_g + R) = \frac{R_1 + R_2}{C_I U_0 R_2} R + \frac{R_1 + R_2}{C_I U_0 R_2} R_g$

→ Analogie zu $y = b + ax \rightarrow a = \frac{R_1 + R_2}{C_I U_0 R_2}$ und $b = \frac{R_1 + R_2}{C_I U_0 R_2} R_g$

→ $C_I = \frac{R_1 + R_2}{a U_0 R_2} \approx 121347,6 \frac{\text{m}}{\text{A}}$ (bei a - digital ausgerechnet)

Fehlerbestimmung mit Gaußscher Fehlerfortpflanzung:

| R_1 [Ohm] | R_2 [Ohm] | U_0 [V] | a | C_I [m/A] |
|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|
| 100 | 4,2 | 4,35 | 0,000047 | 121347,6 |
| ΔR_1 | ΔR_2 | ΔU_0 | Δa | ΔC_I |
| 1 | 0,1 | 0,01 | 0 | 3020,3 |

$\Rightarrow C_I = (121347,6 \pm 3020,3) \frac{\text{m}}{\text{A}}$

Aufgabe 236. e:

Nun soll R_g aus dem Schnittpunkt (b) bestimmt werden. Aus dem (in der d.) hergeleiteten Formeln für a und b:

$R_g = \frac{b}{a} \approx 17,02 \Omega$ (mit b - digital bestimmt)

Fehlerfortpflanzung nach Gauß (mit $\Delta b = 0,00026$) ergibt:

$\Delta R_g \approx 0,55 \Omega \Rightarrow R_g = (17,02 \pm 0,55) \Omega$

Aufgabe 236. f:

Es soll der Wert von R_g mit einem DMM gemessen werden und mit dem errechneten Wert verglichen werden.

Messergebnis: $R_g = (23 \pm 2) \Omega$

Relative Abweichung: -26%

Die Abweichung ist relativ groß, man sollte aber auch die Messfehler beachten. Beide Werte (errechnet und gemessen) liegen im jeweiligen Fehlerbereich voneinander. Daher ist der direkte Vergleich der Messwerte nicht so aussagekräftig wie das Betrachten der Messfehler. Die hohen Messfehler lassen sich wahrscheinlich darauf zurückführen, dass sehr viele fehlerbehaftete Größen in die Bestimmung von R_g einfließen.

Aufgabe 236. g:

Es soll der Ausschlag ($\Delta\varphi$) für ein R_u mit verschiedenem Zusatzgewicht gemessen und ausgewertet werden.

Konstanter Widerstand: $R_u = (1000 \pm 2) \Omega$

Da $\Delta\varphi$ von einer Skala abgelesen wird ist die Größe (je nach Sichtbarkeit der Anzeige) mit unterschiedlichen Fehlern behaftet

1.) ohne Gewichte: $\Delta\varphi = (21 \pm 1)$

2.) kleine Gewichte: $\Delta\varphi = (21 \pm 1)$

3.) mittlere Gewichte: $\Delta\varphi = (21 \pm 2)$

4.) große Gewichte: $\Delta\varphi = (20 \pm 1)$

Es wird keine (signifikante) Veränderung des Ausschlags beobachtet. Dies lässt sich mit folgendem Zusammenhang erklären:

$$\varphi = \frac{G}{D} \cdot I = C_1 \cdot I$$

φ hat keine lineare (oder anderweitige) Abhängigkeit von dem Trägheitstensor Θ und damit auch nicht von der Masse.

236. 2.2 Versuchsanleitung 2.

Ballistisches Galvanometer

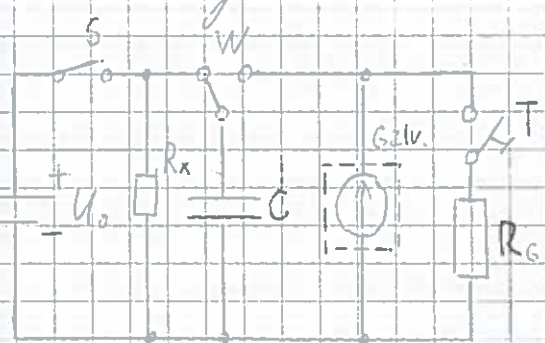
Aufgabe 236 h.

Mit der folgenden Schaltung soll ein großer Widerstand R_x (in unserem Fall R_5) bestimmt werden.

Schaltung:

Geräte:

Messfehler und Werte:



- Spannungsquelle

- $U_0 = (4,35 \pm 0,01) V$

- Kondensator

- $C = 10 \mu F$

- Stoppuhr

- Reaktionszeit: $\pm 0,5 s$

- Drehwinkelskala

- Messfehler je m Ausschlag.

Zum bestimmen vom Widerstand $R_x = R_5$ wird als erstes die Abhängigkeit von dem Maximalausschlag ϕ_m und der Entladezeit eines Kondensators (Δt) gemessen und graphisch dargestellt.

Die Zeit Δt ist dabei die Zeit, die vergeht zwischen dem öffnen von Schalter S und umklappen des Umschalters W.

Beim öffnen von S fängt der (zu diesem Zeitpunkt geladene) Kondensator C an sich zu entladen über den Widerstand R_x . Wenn man nun den Umschalter W betätigt wird die ^{entladene} ~~bestehende~~ ^{restliche} ~~Kapazität~~ ^{Kapazität} über das ^{Galvanometer} ~~Galvanometer~~ und verursacht den Maximalausschlag ϕ_m .

Zur halblogarithmischen Darstellung

wird ϕ_m zu $\ln(\phi_m)$

umgerechnet und der Fehler

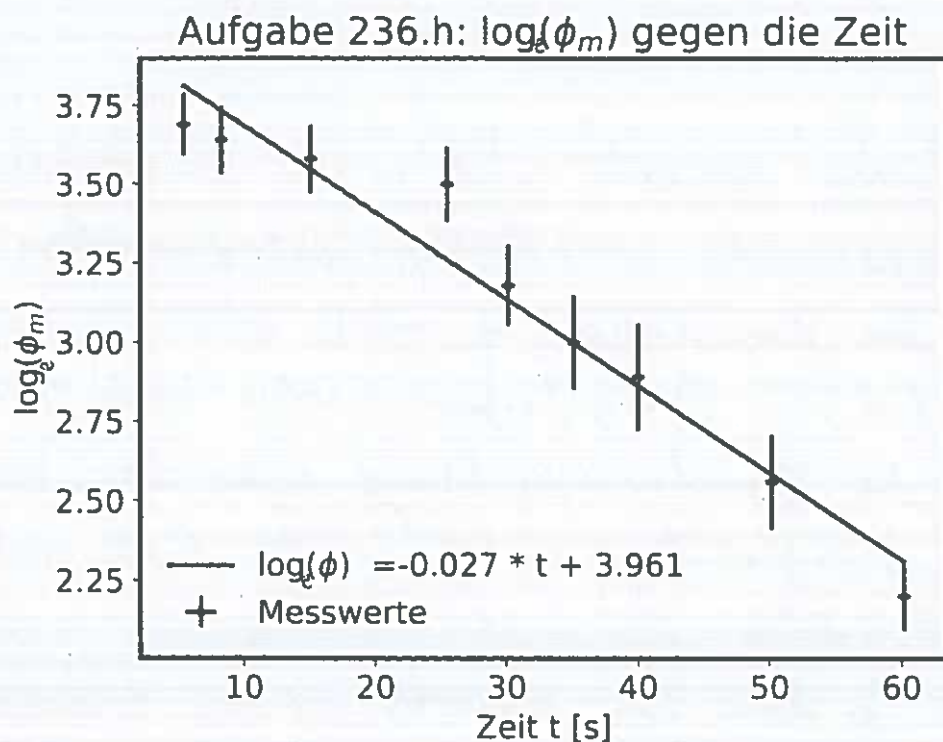
$\Delta \ln(\phi_m)$ mit der Fehler-

fortpflanzung nach Gauß

bestimmt (siehe Tabelle).

| $\Delta t [s.]$ | $\Delta \ln(\phi_m)$ | ϕ_m | $\Delta \ln(\phi_m)$ | $\ln(\phi_m)$ | $\Delta \ln(\phi_m)$ |
|-----------------|----------------------|----------|----------------------|---------------|----------------------|
| 5,41 | 0,5 | 40 | 4 | 3,69 | 0,10 |
| 8,31 | 0,5 | 38 | 4 | 3,64 | 0,11 |
| 15,12 | 0,5 | 36 | 4 | 3,58 | 0,11 |
| 25,56 | 0,5 | 33 | 4 | 3,50 | 0,12 |
| 30,18 | 0,5 | 24 | 3 | 3,18 | 0,13 |
| 35,16 | 0,5 | 20 | 3 | 3,00 | 0,15 |
| 40,05 | 0,5 | 18 | 3 | 2,89 | 0,17 |
| 50,22 | 0,5 | 13 | 2 | 2,56 | 0,15 |
| 60,21 | 0,5 | 9 | 1 | 2,20 | 0,11 |

Halblogarithmische graphische Darstellung der q_m , Δt -Abhängigkeit:



Es kann nun R_x aus der Steigung α berechnet werden, denn es gilt:

$$q_m = \frac{G}{\sqrt{D\theta}} \cdot q \quad \text{mit} \quad q = q_0 \cdot e^{-\frac{\Delta t}{R_x C}} \Rightarrow q_m = \frac{G \cdot q_0}{\sqrt{D\theta}} e^{-\frac{\Delta t}{R_x C}}$$

Logarithmieren: $\ln(q_m) = -\frac{1}{R_x C} \Delta t + \ln\left(\frac{G \cdot q_0}{\sqrt{D\theta}}\right)$

Analogie zur Geradengleichung: $y = ax + b \Rightarrow a = -\frac{1}{R_x C}$

$$\Rightarrow R_x = R = -\frac{1}{\alpha C} \quad (\text{mit digital bestimmten } \alpha = -0,0274)$$

$$\Rightarrow R \approx 3,6496 \text{ M}\Omega$$

Mit der Fehlerfortpflanzung nach Loebels ergibt sich:

$$\text{bei } \Delta\alpha = 0,0022 \rightarrow \Delta R_x = \Delta R = 293036 \Omega \approx 0,293 \text{ M}\Omega$$

$$\Rightarrow R_x = (3,6496 \pm 0,293) \text{ M}\Omega \approx (3,4 \pm 0,3)$$

Durch die halblogarithmische Darstellung wird der Term $\frac{G \cdot q_0}{\sqrt{D\theta}}$ zu einer absoluten Konstante und beeinflusst damit weder die Steigung, noch die lineare Entwicklung von $\ln(q_m)$.

Daher ist es nicht nötig den Maximalausschlag φ_m in die Restbedingung q umzurechnen.

Fazit

Ziel des durchgeführten Versuchs war es die Funktionsweise und die Verwendungszwecke eines Drehspulgalvanometers nachzuvollziehen. Die Versuchsteile a und b sollten zu einem besseren Verständnis für das Dämpfungsverhalten eines Galvanometers führen, die Versuchsdurchführung ergab das erwartete Verhalten. Die Versuchsteile c bis g konnten leider nicht sinnvoll durchgeführt werden, die meisten Fehlerquellen wurden dabei ausgeschlossen, so dass der Verdacht auf ein fehlerhaftes Drehspulgalvanometer besteht. Damit dennoch eine sinnvolle Auswertung durchgeführt werden konnte, wurden Werte übernommen. Diese haben dann in der Auswertung das erwartete Ergebnis geliefert. Durch diesen Versuchsteil wurde das Verständnis für die Stromempfindlichkeit und ~~den~~ die Methode zur Bestimmung des Innenwiderstands eines Galvanometers vertieft. Im letzten Teil des Versuchs sollte die Messung eines großen Widerstandes mit einem Galvanometer geübt und nachvollzogen werden, auch hier führte die Auswertung zum angestrebten Ergebnis. Allgemein kann man sagen dass die Auswertung der einzelnen Teilversuche durchaus erfolgreich war. Lediglich die Durchführung ~~z~~ war problematisch aufgrund eines vermutlich fehlerhaften Drehspulgalvanometers.

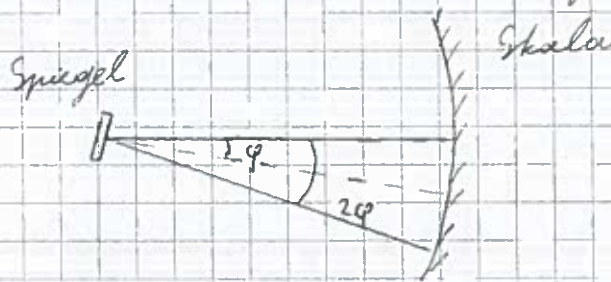
1) Welchen Einfluss hat die Spiegel auf die Messung an der Skala?
 → Diskutieren

Punkt 1) nachzulesen.



Nachbesserung

Der Aufbau des Versuchs (insbesondere der Spiegel) hat einen signifikanten (zuvor nicht beachteten) Einfluss auf die Messergebnisse. Zur Anschaulichkeit folgt eine Skizze des Aufbaus von Lichtstrahl, Spiegel und Ableservorrichtung.



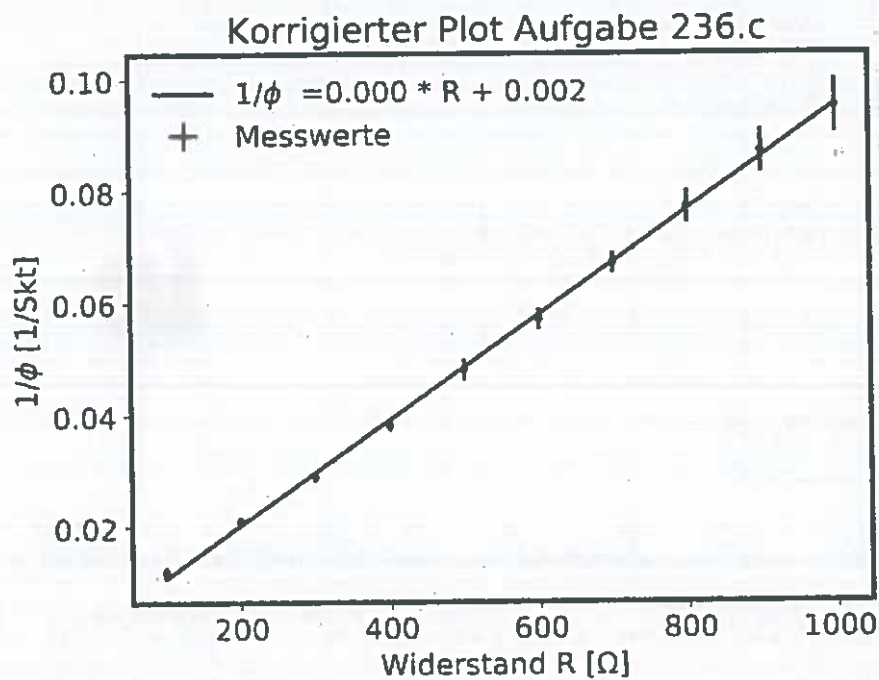
Bisher wurde für den Winkel φ der Winkel 2φ angenommen, was zu Verdopplung bzw. Halbierung von einigen Werten geführt hat. Daher wurden die Werte nun nochmal mit dem tatsächlichen Winkel φ berechnet und die Tabellen neu erstellt.

Zu Aufgabe 236. c)

| R [Ohm] | ϕ [Skt.] | $\Delta(\phi)$ [Skt.] | $1/\phi$ [1/Skt.] | $\Delta(1/\phi)$ |
|---------|---------------|-----------------------|-------------------|------------------|
| 100 | 85 | 5 | 0,012 | 0,001 |
| 200 | 48,5 | 1,5 | 0,021 | 0,001 |
| 300 | 34 | 1 | 0,029 | 0,001 |
| 400 | 26 | 1 | 0,038 | 0,001 |
| 500 | 21 | 1 | 0,048 | 0,002 |
| 600 | 17,5 | 0,5 | 0,057 | 0,002 |
| 700 | 15 | 0,5 | 0,067 | 0,002 |
| 800 | 13 | 0,5 | 0,077 | 0,003 |
| 900 | 11,5 | 0,5 | 0,087 | 0,004 |
| 1000 | 10,5 | 0,5 | 0,095 | 0,005 |

Aus den korrigierten Werten wurde die Abhängigkeit von $\frac{1}{\phi}$ und

R nochmal graphisch dargestellt:



Weil sich nun der Wert auf der x-Achse verdoppelt hat, hat dies auch eine direkte Auswirkung auf Steigung und Schnittpunkt.

Zu Aufgabe 236.d:

Der Wert von C_I wurde aus der Steigung bestimmt:

$C_I = \frac{R_1 + R_2}{\alpha U_0 R_2}$ daher hat die Steigung (α) einen direkten Einfluss auf diese Größe:

| R_1 [Ohm] | R_2 [Ohm] | U_0 [V] | α | c_i [m/A] |
|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|
| 100 | 4,2 | 4,35 | 0,000094 | 60673,82 |
| ΔR_1 | ΔR_2 | ΔU_0 | $\Delta \alpha$ | Δc_i |
| 1 | 0,1 | 0,01 | 0 | 1510,2 |

Der korrigierte Wert für C_I ist dementsprechend:

$$C_I = (60673,82 \pm 1510,2) \frac{m}{A} \text{ Satz}$$

Zu Aufgabe 236.e:

Bei der Bestimmung von R_g wurde benutzt: $R_g = \frac{b}{\alpha}$

Da sich sowohl die Steigung (α) als auch der Schnittpunkt mit der x-Achse (b) verdoppelt haben bleibt der Wert von R_g erhalten.

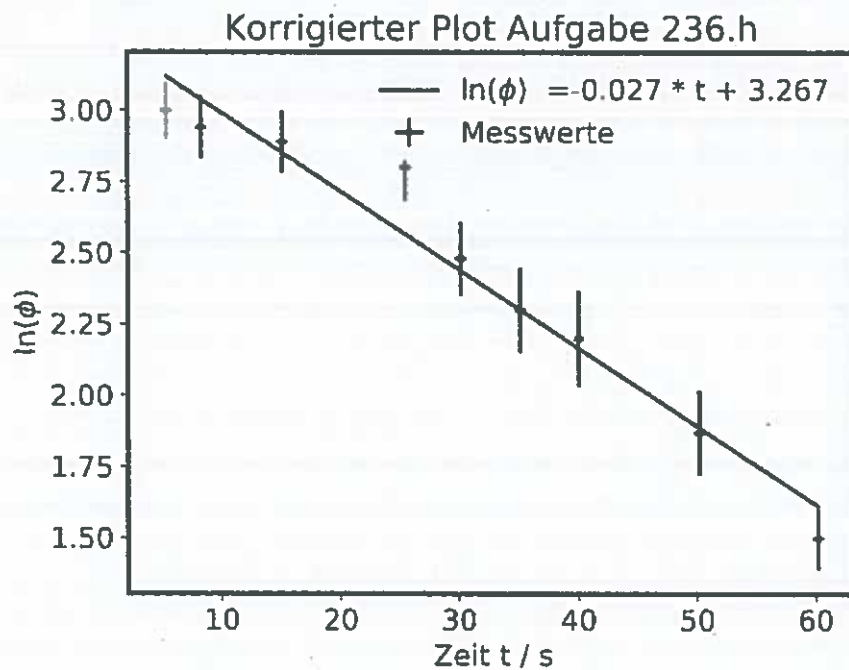
Zu Aufgabe 236.h:

Hier wurde wieder die Auslenkung betrachtet, daher folgen jetzt die korrigierten Messwerte mit den halbierten Auslenkungen:

| Δt [s.] | $\Delta(\Delta t)$ | ϕ_m | $\Delta(\phi_m)$ | $\ln(\phi_m)$ | $\Delta(\ln(\phi_m))$ |
|-----------------|--------------------|----------|------------------|---------------|-----------------------|
| 5,41 | 0,5 | 20 | 2 | 3,00 | 0,10 |
| 8,31 | 0,5 | 19 | 2 | 2,94 | 0,11 |
| 15,12 | 0,5 | 18 | 2 | 2,89 | 0,11 |
| 25,56 | 0,5 | 16,5 | 2 | 2,80 | 0,12 |
| 30,18 | 0,5 | 12 | 1,5 | 2,48 | 0,13 |
| 35,16 | 0,5 | 10 | 1,5 | 2,30 | 0,15 |
| 40,05 | 0,5 | 9 | 1,5 | 2,20 | 0,17 |
| 50,22 | 0,5 | 6,5 | 1 | 1,87 | 0,15 |
| 60,21 | 0,5 | 4,5 | 0,5 | 1,50 | 0,11 |

Die Messfehler halbieren sich ebenfalls (nach Gauß)

Mit den korrigierten Werten wurde die halblogarithmische graphische Darstellung der ϕ_m , Δt -Abhängigkeit neu gezeichnet:



Man kann nun feststellen, dass sich die Steigung (α) durch das Halbieren der Auslenkung nicht verändert hat und das im folgenden R_α mit $R_\alpha = -\frac{1}{\alpha}$ bestimmt wurde, bleibt auch dieser Wert unverändert: $R_\alpha = (3,4 \pm 0,3) \text{ Ms}$

Es sollte eigentlich nur eine (kurze) Diskussion
erstellt werden. Neue Bedingungen waren nicht verlangt.

Bestanden

