24.11.2021

# Versuch 236, Galvanometer zur Strom/ Ladungsmessung

Einleitung: In diesem Versuch werden wir den Galvanometer kennen lernen und zusätzlich zu seiner Funktionsweise auch bestimmte Werte mit ihm bestimmen.

Theorie:

2D:

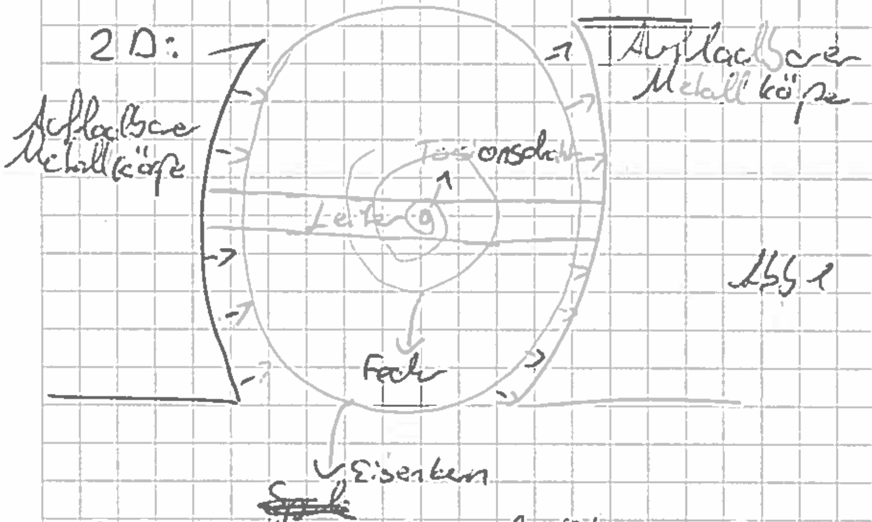



Abb 1

Beim Galvanometer fließt ein Stromfluss durch den Leiter, wodurch ein Magnetfeld in der Spule induziert wird und sich der Zeiger/die Spule um den Torsionsdraht dreht. Diese Bewegung wird allerdings durch eine Spiralfeder gedämpft, sodass der Ausschlag proportional zur Stromstärke bzw. der Induktion ist. Damit die Proportionalität stimmt, muss der Winkel des Leiters zum Strom einen konstanten Winkel haben. Das erreicht man durch zwei konkave Magnete und einen Runden zwischen Körper.

236.A Deswegen sind die Kräfte auch proportional zur Stellung bzgl der Ruhelage und nur mit einem Winkel $\varphi$ verknüpft.

Während der Auslenkung gelten Torsionskraft/Federkraft und Reibungskraft entgegen der Lorenzkraft

$F_D + F_R = F_L$

$M_D = -D \cdot \varphi(t)$

Federkonstante

$M_R = -\rho \cdot \dot{\varphi}(t)$

Dämpfungskonstante

$M_e = n \cdot a \cdot b \cdot B \cdot I(t)$ bzw $M_e = G \cdot I$

Zahl der Windungen

Spulenseiten

Magnetfeld

Galvanometerkonstante $= a \cdot b \cdot n \cdot B$

236.B

Die Fläche (ab) gekippt wird gilt

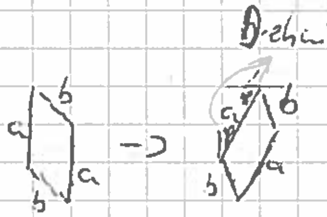



Abb 2

$n\,ab = B n a b \omega \sin(\omega t)$

$= B n a b \cos(\omega t) \rightarrow U_{ind}$ $\omega = \dot{\varphi}$

$\rightarrow U_{ind} = -G\,\dot{\varphi}(t)$

236.C

Einerseits der Mag-Fluss durch die Permanentmagneten, andererseits der Mag-Fluss durch die Induzierte Spannung im Leiter.

Dabei gilt: $\Phi_{außen} - \Phi_{innen} = \Phi$ insgesamt.

236.D

236 E Wenn die Polschuhe eben sind, wird das radialsymmetrische Feld, welches wir für die Proportionalität von Zeiger und Strom brauchen, zerstört und die Auslenkung ist nicht mehr proportional linear.
Außerdem wird die induzierte Spannung sehr klein und damit ungenau, wenn wir den Verstärker Eisenkern entfernen.

236 F

$$\omega_0^2 = \frac{D}{\Theta} = \left[\frac{N\cdot m\cdot rad^{-1}}{N\cdot m\cdot rad^{-1}\cdot s}\right] = \left[\frac{1}{s}\right]$$

$$\beta = \frac{1}{2\Theta}\left(\rho + G^2/(R_A+R_g)\right)$$

$$= \left[\frac{1}{N\, m\, rad^{-1}\, s}\left(\frac{N s m\, rad^{-1}}{1} + \frac{N^2 m^2}{A^2}\Big/\,\Omega\right)\right]$$

$$\left[\Omega = \frac{J}{A^2 s}\right]$$

$$= \left[\frac{1}{s}\right]$$

236.G

1) Man kann damit kontrolliert/geplant $\beta = \omega_0$ realisieren
2) Weil das System nicht perfekt ist und wir vorsichtig sein müssen, den Versuch nicht durch Kabelwiderstand zu ruinieren.

236.H

n, B, a, b oder I vergrößern
D verkleinern

236. I bei der Ungenauigkeit der Voraussetzungen und ~~an~~ für größere Geräte bei Materialschwächen, Der Permanentmagnet ist auch ein Problem.

236. J $[C_1] = \left[\frac{\varphi}{I}\right] = \frac{rad}{A}$

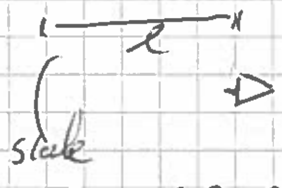
236. K z.B. Wheatstonbrücke ")
Eignen sich nicht für große Widerstände weil die Ungenauigkeit über die anderen gleichzeitig wächst und irgendwann andere Effekte größer werden.

236. a

236. b $R_G = 1250\,\Omega \pm 30\,\Omega$

Mit$_g$ $R_g = 250\,\Omega \pm 30\,\Omega$ 0,9cm × 2,5cm

236. c) $l = 70cm \pm 1cm$




$R_1 = 10000\,\Omega$

$R_2 = 100\,\Omega$

$U_0 = 3{,}89V$

$R_G = 1098\,\Omega$

| Auslenkung | R |
|---|---|
| 10 | 3000 |
| 14 | 2000 |
| 18 | 1500 |
| 22 | 1200 |
| 26 | 1000 |
| 31 | 800 |
| 39 | 600 |
| 45 | 500 |
| 47 | 450 |
| 52 | 400 |

| Aus | R |
|---|---|
| 56 | 350 |
| 60 | 320 |
| 63 | 300 |
| 65 | 280 |
| 70 | 250 |
| 75 | 220 |
| 78 | 100 |

236.4 Nun habe ich den Zusammenhang von $R$ und $\varphi$ untersucht für $R_1$

$R+R_g \gg R_2$ und $R_1 \gg R+R_g$

mit der Schaltung 236.3

$R_1 = 10000 \pm 10\,\Omega$ $\Delta\varphi = 10\%$

$R_2 = 100 \pm 1\,\Omega$ $\Delta R = 3\%$

$U_0 = 3{,}89 \pm 0{,}01\,V$

$R_g = 107{,}8 \pm 0{,}1\,\Omega$

Wir wollen dabei den Zusammenhang

$$\frac{1}{\varphi} = \frac{R_1+R_2}{R_2 \cdot U_0 \cdot c_1}(R_g+R)$$ nutzen und $c_1$

aus dem Graph ablesen, da für $R=0$

$$\frac{1}{\varphi} = \frac{R_g(R_1+R_2)}{R_2 \cdot U_0 \cdot c_1}$$ gilt und ~~da~~ alles bis

auf $c_1$ bekannt ist.

Die Fitgerade ist $3{,}16 \cdot 10^{-5}x + 6{,}72 \cdot 10^{-3}$ $\frac{1}{\varphi}/R$

Für $R=0$ $\frac{1}{\varphi} = 0{,}00672\ \mathrm{rad}^{-1}$

$\Rightarrow c_1 = 416{,}506 \pm 14{,}250\ \frac{\mathrm{Skt}}{A}$

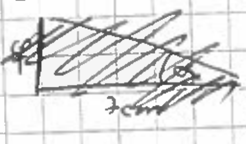
und über die Steigung gerechnet ist

$$c_1 = \frac{1}{U_0} \cdot \left(\frac{R_1+R_2}{R_2}\right)\frac{1}{\text{Steigung}} = 821{,}645\ \frac{1}{A}$$

$R_g \Rightarrow \{0 = 3{,}16 \cdot 10^{-5}x + 6{,}72 \cdot 10^{-3}$

$R_g = 212{,}7\,\Omega \pm 7\,\Omega$

Trotz realistischer und geringer Fehler weicht $c_1$ und $R_g$ um etwa Faktor 2 vom errechneten Wert (verglichen mit dem grafisch ermittelten Wert) ab. Ich gehe




deswegen davon aus, dass die Werte einen systematischen Fehler beim ablesen bekommen haben

236g Gleiche Maße wie Versuch davor

$D = 4mm$ $R_{?} = 500$ $\varphi = 48$

$\varphi = 53$

$D = 9mm$ $\varphi = 45$

$D = 6mm$

=> Diskussion

236.h $U_0 = 3{,}89V$

$C = 20\mu F$

$R_{?} = 3{,}313\ M\Omega$

$R_g =$ ~~4250 Ω ± 30~~ $20000\,\Omega$

| Ausschlag | Zeit in s |
|---|---|
| 18 | 2 |
| 6 | 3 |
| 9 | 2,5 |
| 24 | 1,5 |
| 36 | 1 |
| 42 | 1 |

Auswertung:

a) Ohne kurzgeschlossenen äußeren Stromkreis pendelte die Spule hin und her ($R \to \infty \to$ Schwingfall) doch mit kurzgeschlossenem Stromkreis wird der Widerstand klein und die Spule ~~stets~~ bewegt sich langsam (Kriechfall) auf die Ursprungsposition zurück.

b) Ich habe nun das Schwingverhalten des Galvanometers bei verschiedenen Lastgewichten beobachtet und den für einen aperiodischen Grenzfall nötigen Grenzwiderstand notiert.
Die Formel für diesen Widerstand beträgt:

$$R_A = R_{Gr} = \frac{G^2}{2\sqrt{\Theta D} - \rho} - R_g$$

wobei $R_g, \rho, G$ und $D$ konstant sind,
somit gilt: $R_{Gr} \propto \frac{1}{\sqrt{\Theta}}$ und da $\Theta \propto m$

$$R_{Gr} \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$$

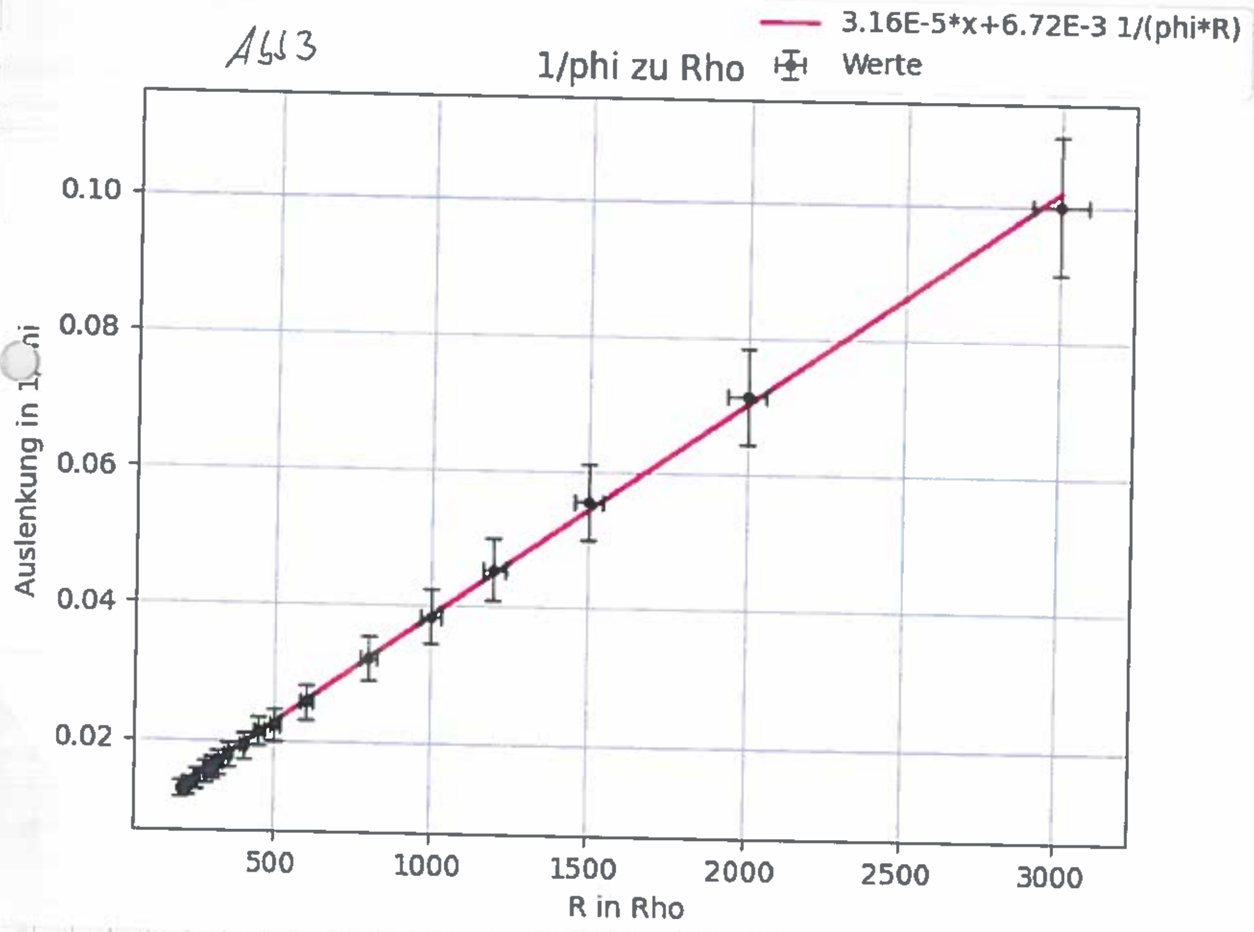
In meinen Messungen wird das bestätigt, da ohne Zusatzgewicht $R_{Gr} = 1250 \pm 30\ \Omega$ und mit Zusatzgewicht $R_{Gr} = 250 \pm 30\ \Omega$ beträgt.

$$\frac{C_1 I}{C_2 II} = \frac{821645 \frac{1}{A}}{416506 \frac{1}{A}} = 1,9727$$

$$\frac{R_g I}{R_g II} = \frac{212,7\Omega}{107,8\Omega} = 1,9731$$

Die Differenzen zwischen den beiden Werten ist mit einem Fehler von 0,02 % identisch, was auch auf einen systematischen Fehler hinweist. Dieser kleine Fehler überrascht allerdings auch, da die Apparatur sehr empfindlich ist und die Ausschläge bei $\varphi$ einen recht großen Fehler hat. Dieser große Fehler ist in dem Graph allerdings kaum zu sehen.

Abb 3



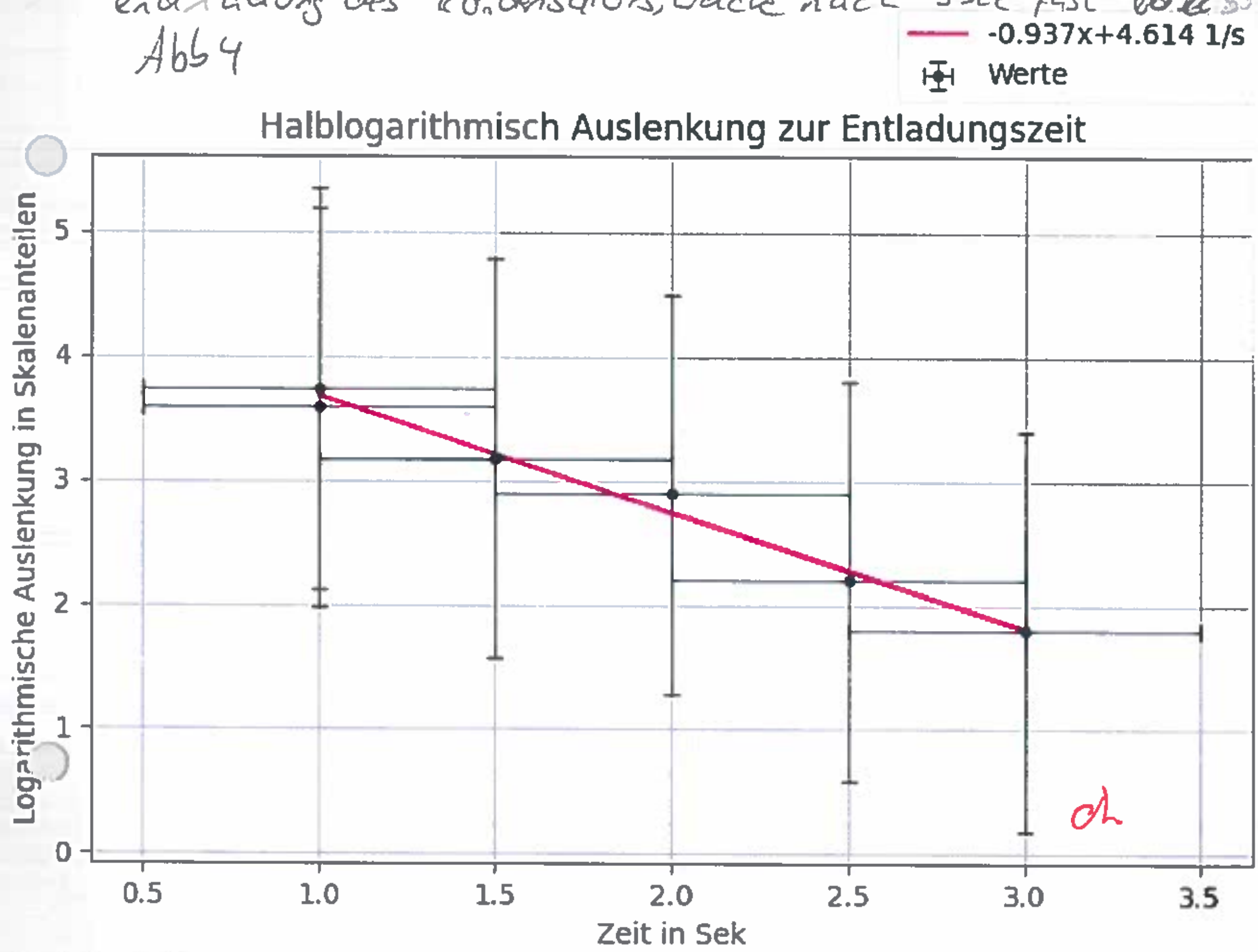

bl.

236.g In diesem Versuch habe ich verschiedene Gewichte an das Ende der Torsionsdrahtstange gedreht.
Dabei war das Zusatzgewicht einmal 4mm, 6mm und 9mm dick also auch in dem Verhältnis verschieden schwer.
Ich erwarte dabei, dass $\varphi$ gleich bleibt, da $\varphi = \frac{G}{D} I$ und diese drei unabhängig von $\Theta(\propto m)$ sind.
Wir messen $\varphi = 48$ Skalenteile für das Leichteste, $\varphi = 53$ Skalenteile für das Schwerere und $\varphi = 48$ Skalenteile für das Mittlere.
Die Ablesegenauigkeit beträgt etwa 5 Skalenteile und der Torsionsdraht neigte dazu, nicht vollständig elastisch zu sein, was wieder etwa 3 Skalenteile Ungenauigkeit bedeutete.
Deshalb sind die drei gemessenen Werte im Fehlerbereich nicht von einem konstanten Mittelmaß $\varphi = 48{,}6 \pm 5{,}9$ Skalenteile zu unterscheiden.

√

236.h In diesem Versuch habe ich die Auslenkung des Galvanometers in Beziehung mit der Entladungsgeschwindigkeit eines Kondensators gemessen. Dafür haben wir den Kondensator 1–3 Sekunden entladen lassen und sowohl diese Zeit, wie den Ausschlag gemessen. Kleiner als eine Sekunde und größer als 3 ist zwecklos wegen Menschlicher Reaktionsgeschwindigkeit und Entladung des Kondensators, welche nach 3 Sek fast vollständig ist

Abb 4




$$RC = -\frac{1}{m} \qquad m = \text{Steigung} = -0{,}937\,\tfrac{1}{s} \pm 0{,}041\,\tfrac{1}{s}$$

$$RC = (1{,}067 \pm 0{,}046)\,s$$

$$C = 20\,\mu F = 2 \cdot 10^{-5}\,F$$

$$\frac{CR}{C} = R = 53350 \pm 2300\,\Omega$$

Mir erscheint der Fehler mit 4,3 % sehr gering, obwohl er errechnet wurde. Daher schließe ich daraus und aus der grafischen Auswertung, dass der Systematische Fehler nicht so hoch wie abgeschätzt ist. Allerdings haben wir einen guten Gradenfitt und allgemein hat es gut gelungen.

Insgesamt haben die Messungen gut geklappt und die Eigenschaften und Zusammenhänge am Galvanometer sind klar und messbar gewesen. Die Werte waren ausnahmslos den Erwartungen gerecht geworden und nur die Fehlerabschätzung hat an manchen Stellen Probleme bereitet.

Gut!