

ANFÄNGERPRAKTIKUM DER FAKULTÄT FÜR PHYSIK,
UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

Die Potenzialwaage
Protokoll:

Praktikant: Felix Kurtz
Michael Lohmann
E-Mail: felix.kurtz@stud.uni-goettingen.de
m.lohmann@stud.uni-goettingen.de
Betreuer: Björn Klaas
Versuchsdatum: 04.09.2014

Testat:

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Theorie	3
3	Durchführung	3
4	Auswertung	3
4.1	konstante Kraft	4
4.2	konstanter Plattenabstand	5
5	Diskussion	6
6	Anhang	6

1 Einleitung

In diesem Versuch soll die *elektrische Feldkonstante* gemessen werden. Sie ist eine der wichtigsten Größen in der Elektrodynamik. Zur Messung verwenden wir die *Kirchhoffsche Potentialwaage*. Hierbei werden die Kräfte, die zwischen den Platten eines Kondensators wirken.

2 Theorie

Die Kapazität eines Plattenkondensators mit dem Plattenabstand d und der Plattenfläche A berechnet sich nach der folgenden Formel:

$$C = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{A}{d} \quad (1)$$

Dabei ist ε_0 die elektrische Feldkonstante und ε_r die Permittivität des Mediums, welches sich zwischen den Platten befindet. Da unser Versuch in Luft stattfindet, wird im folgenden mit $\varepsilon_r = 1$ gerechnet.

Energie, die in einem Kondensator gespeichert ist:

$$W = \frac{1}{2} C U^2 \quad (2)$$

Kraft, die zwischen den beiden Platten des Kondensators wirkt:

$$F = \varepsilon_0 \frac{A U^2}{2 d^2} \quad (3)$$

Bei der Kirchhoffschen Potentialwaage wird diese Kraft mit der Gewichtskraft des Wägstückes F_G gleichgesetzt:

$$\varepsilon_0 \frac{A U^2}{2 d^2} = m g \quad (4)$$

3 Durchführung

4 Auswertung

Bevor mit der eigentlichen Auswertung begonnen wird, berechnen wir die effektive Fläche A des Kondensators, da hier die kapazitiven Effekte zwischen Ring und Platte beachtet werden müssen. Diese berechnet man nach der Formel aus dem Praktikumshandbuch:

$$A = \pi(r^2 + r a)$$

Dabei ist $r = 40 \text{ mm}$ der Radius der oberen Platte ohne Schutzring und $a = 1 \text{ mm}$ die Breite des Schlitzes. So ergibt sich:

$$A = 5.152 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Im folgenden wird mit einer Erdbeschleunigung von $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ gerechnet.

4.1 konstante Kraft

Aus Gleichung (4) folgt eine lineare Abhängigkeit zwischen der Spannung U und dem Plattenabstand d für eine konstante Gewichtskraft, also wenn die Masse m fest ist.

$$d = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 A}{2mg}} \cdot U \quad (5)$$

In der nachfolgenden Abbildung 1 ist diese Abhängigkeit dargestellt. Aus der Geraden-

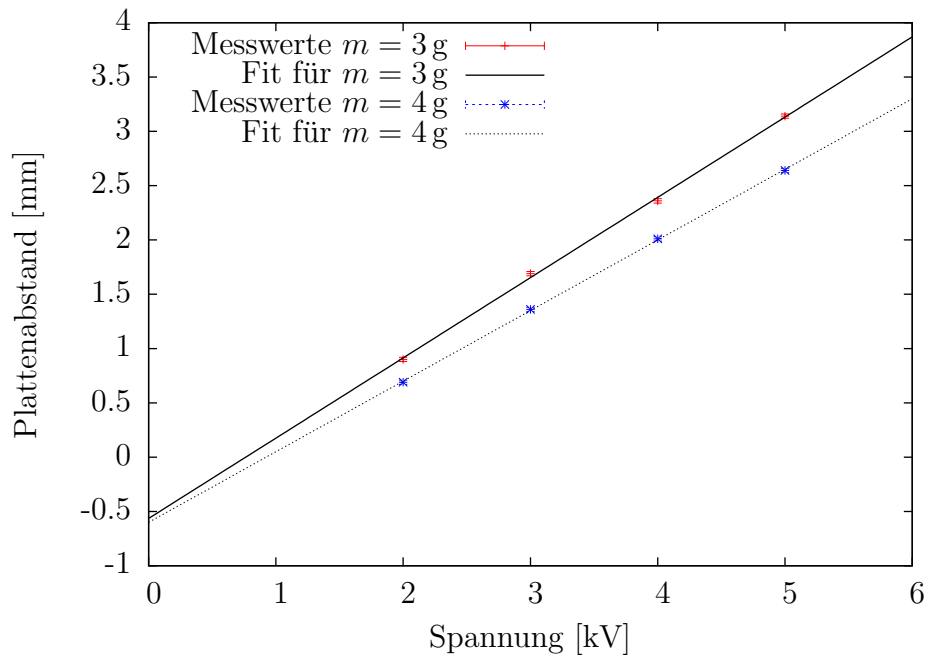


Abbildung 1: Plattenabstand in Abhängigkeit der angelegten Spannung

steigung k lässt sich durch Umstellen der obigen Formel ε_0 berechnen:

$$\varepsilon_0 = \frac{2mg}{A} \cdot k^2$$

Es ergeben sich diese Steigungen k und die daraus resultierenden Werte für ε_0 :

m [g]	k [$\frac{\text{mm}}{\text{kV}}$]	ε_0 [$10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$]
3	0.739 ± 0.017	6.24 ± 0.29
4	0.650 ± 0.007	6.44 ± 0.14

Tabelle 1: Geradensteigung und daraus berechnete elektrische Feldkonstante

Es ergibt sich ein gewichteter Mittelwert von

$$\overline{\varepsilon_0} = (6.40 \pm 0.13) \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$$

Aus der linearen Regression folgt der Offset des Plattenabstandes als das Negative des y-Achsenabschnittes:

m [g]	Δ [mm]
3	0.56 ± 0.06
4	0.650 ± 0.007

Tabelle 2: Offset des Abstandes

Es ergibt sich ein gewichteter Mittelwert von

$$\overline{\Delta} = (0.595 \pm 0.022) \text{ mm}$$

Für den wahren Plattenabstand d_w muss also zum gemessenen Wert d noch Δ addiert werden.

4.2 konstanter Plattenabstand

$$\varepsilon_0 = k \cdot \frac{2d_w^2}{A} \quad (6)$$

$$\sigma_{\varepsilon_0} = \sqrt{\sigma_k^2 \cdot \left(\frac{2d_w^2}{A}\right)^2 + \sigma_{d_w}^2 \cdot \left(\frac{4d_w k}{A}\right)^2} \quad (7)$$

Für ε_0 ergibt sich ein gewichteter Mittelwert von

$$\overline{\varepsilon_0} = (6.40 \pm 0.09) \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$$

5 Diskussion

6 Anhang

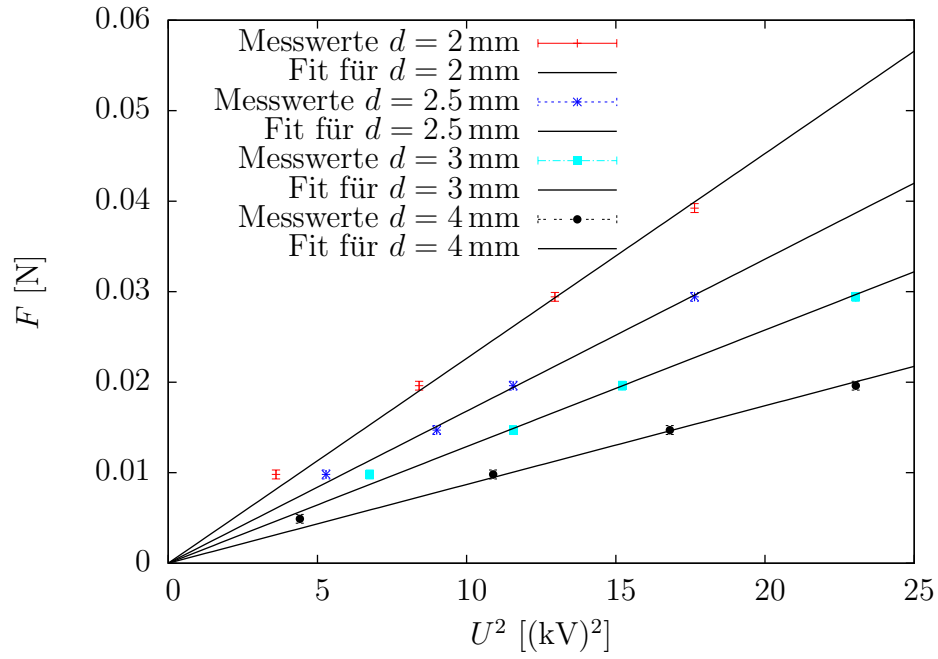


Abbildung 2: Kraft in Abhängigkeit des Quadrats der angelegten Spannung

d [mm]	d_w [mm]	k [N/(kV) ²]	ε_0 [$10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$]
2.000 ± 0.010	2.595 ± 0.032	0.00226 ± 0.00005	(5.92 ± 0.19)
2.500 ± 0.010	3.095 ± 0.032	0.001680 ± 0.000026	(6.25 ± 0.16)
3.000 ± 0.010	3.595 ± 0.032	0.001288 ± 0.000022	(6.46 ± 0.16)
4.000 ± 0.010	4.595 ± 0.032	0.000870 ± 0.000022	(7.13 ± 0.21)

Tabelle 3: Werte dieser Messung