

Messung des Potentials im Plattenkondensator

Versuchsziele

- Messung des Potentials im Plattenkondensator parallel zu den Kondensatorplatten: Äquipotentialflächen
- Messung des Potentials im Plattenkondensator senkrecht zu den Kondensatorplatten: Bestimmung der Feldstärke E

Grundlagen

Im Experiment wird das Potential im Plattenkondensator untersucht. Ist der Plattenabstand wesentlich kleiner als die Abmessungen der Platten, so kann die elektrische Feldstärke E zwischen den Platten als homogen betrachtet werden. Die elektrischen Feldlinien verlaufen zwischen den Platten senkrecht zu den Platten. Die Äquipotentialflächen verlaufen daher parallel zu den Kondensatorplatten (siehe Abb. 1).

Im zweidimensionalen Schnitt durch ein elektrisches Feld bilden die Punkte gleichen Potentials eine Linie. Der Verlauf solcher Äquipotentiallinien ist ebenso wie der Verlauf der Feldlinien selber bestimmt durch die räumliche Anordnung der felderzeugenden elektrischen Ladungen. Dabei verlaufen die Äquipotentiallinien immer senkrecht zu den elektrischen Feldlinien.

Zur Messung des Potentials zwischen den Kondensatorplatten wird eine Flammensonde verwendet. Im Metallrohr der Flammensonde fließt brennbares Gas bis in die Spitze und verbrennt dort mit kleiner Flamme. Aufgrund der Flamme an der Spitze fließt ein Ionisationsstrom, bis das Potential der Umgebung erreicht ist. Die resultierende Spannung wird über das Experimentierkabel auf die Spannungsmessplatte am Elektrofeldmeter S übertragen und dort gemessen.

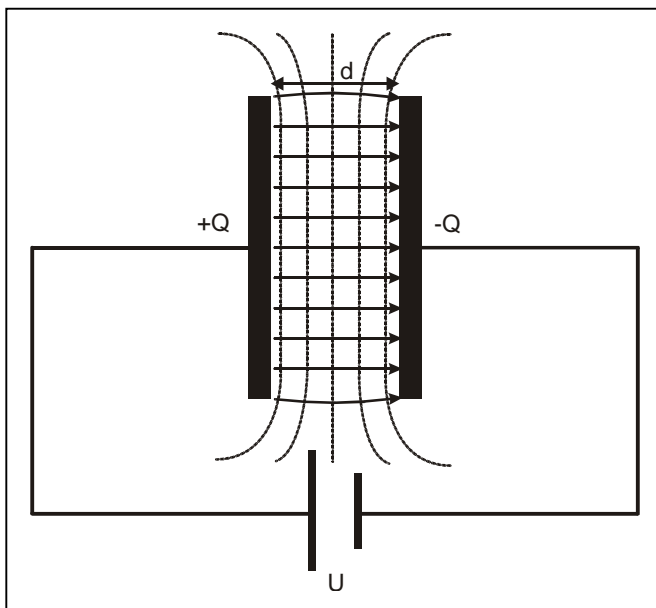


Abb. 1: Elektrisches Feld und Äquipotentiallinien im Plattenkondensator



Abb. 2: Versuchsaufbau

Bewegt man die Flammensonde parallel zu den Kondensatorplatten, können die Äquipotentialflächen zwischen den Platten ermittelt werden. Bewegt man die Flammensonde senkrecht zu den Platten, kann aus der Änderung des Potentials das elektrische Feld bestimmt werden.

Im Versuch wird zunächst das Potential parallel zu den Kondensatorplatten bestimmt, indem die Flammensonde im gewünschten Abstand a schrittweise parallel zur Kondensatorplatte verschoben und jeweils die resultierende Spannung U gemessen wird.

Anschließend wird die Flammensonde schrittweise senkrecht zu den Kondensatorplatten verschoben und jeweils die Spannung U gemessen. Die Spannungswerte werden über dem Ort x aufgetragen. Die Steigung der Geraden, die an die Messwerte angepasst wird, entspricht direkt der elektrischen Feldstärke E im Plattenkondensator. Der Wert, der sich aus der Anpassung einer Geraden an die Messwerte ergibt, wird mit dem Wert verglichen, der sich über

$$E = \frac{U_C}{d}$$

aus der angelegten Spannung U_C und dem Plattenabstand d ergibt.

Geräte

1 Elektrofeldmeter S	524 080
1 Zubehör zum Elektrofeldmeter S	540 540
1 Universelles Messinstrument P	531 835
1 Hochspannungsnetzgerät 10 kV	521 70
2 Optikreiter mit Muffe 45/35.....	460 312
1 Optische Bank S1 Profil, 50 cm	460 317
2 Sockel	300 11
2 Stativstange, 25 cm.....	300 41
1 Leybold-Muffe	301 01
1 Holzmaßstab, L = 1 m / 39 Zoll.....	311 03
1 Sicherheits-Experimentierkabel, 10 cm, gb/gr.....	500 600
1 Sicherheits-Experimentierkabel, 50 cm, rot.....	500 621
1 Sicherheits-Experimentierkabel, 50 cm, blau.....	500 622
1 Sicherheits-Experimentierkabel, 100 cm, rot.....	500 641
1 Sicherheits-Experimentierkabel, 100 cm, blau.....	500 642
1 Kartusche.....	666 715
1 Ventil für Gaskartusche.....	666 716
1 PVC-Schlauch, 7 x 1,5 mm, 1 m.....	667 193

Hinweis:

Zur Durchführung dieses Experiments können alternativ zum Universellen Messinstrument P eingesetzt werden:

1 Mobile CASSY (524 009)

oder

1 Sensor-CASSY (524 010USB) + CASSY Lab (524 200)) / CASSY-Display (524 020)

oder

1 Pocket CASSY (524 009) + CASSY Lab (524 200)

Aufbau

Der Versuchsaufbau ist in Abb. 1 gezeigt. Für den Aufbau sind folgende Schritte nötig:

- Den Plattenkondensator aus beiden Kondensatorplatten mit Stativblock auf der Optischen Bank S1 aufbauen.
- Den gewünschten Plattenabstand einstellen. Abstände bis 6 mm können mit den Kunststoffstücken definierter Dicke (1 mm und 3 mm) realisiert werden. Darauf achten, dass die Platten möglichst parallel zueinander ausgerichtet sind.
- Das Elektrofeldmeter in einem Sockel befestigen. Die Flammensonde mit der Leybold-Muffe an der Stativstange festklemmen und ebenfalls in einem Sockel befestigen.
- **Den linken Minuspol des Hochspannungsnetzgeräts 10 kV erden und mit der Erdungsbuchse auf der Rückseite des Elektrofeldmeters verbinden.** Zusätzlich mit einer der Kondensatorplatten verbinden.
- Den Pluspol des Hochspannungsnetzgeräts 10 kV an die freie Kondensatorplatte anschließen.
- Das Elektrofeldmeter mit dem Universellen Messinstrument P verbinden und als Messgröße „Spannung“ wählen.
- Die Spannungsmessplatte auf das Elektrofeldmeter setzen und die Flammensonde mit der Spannungsmessplatte verbinden
- Die Kartusche an die Flammensonde anschließen, festen Sitz der Schläuche kontrollieren.
- Ein brennendes Feuerzeug oder Streichholz an die Spitze der Flammensonde halten und Gasversorgung **langsam** öffnen, bis eine kleine, ca. 10 mm hohe Flamme an der Spitze brennt.

- Den Sockel mit der Flammensonde so auf den Holzmaßstab setzen, dass die Flammensonde parallel zu den Kondensatorplatten bewegt werden kann. Die Flammensonde sollte dabei parallel zu den Platten ausgerichtet sein, um das elektrische Feld in der Umgebung möglichst wenig zu stören.
- Die Flammensonde vorsichtig bewegen und in den Versuchsaufbau bringen.
- Die Flammensonde während der Messung nur am isolierenden Stativstab halten, da eine Berührung der Metallteile den Potentialausgleich verhindert.

Hinweis:

- Flammensonde nicht in zu starke elektrische Felder bringen; dies führt zum Rußen der Flamme
- Das Einbringen der Flamme in einen Aufbau verringert die Durchschlagsfestigkeit der Luft und kann zu Überschlügen führen.

Achtung

Es ist unbedingt auf eine korrekte Masseführung bzw. Erdung des Elektrofeldmeter S zu achten. Da typischerweise in Verbindung mit Hochspannung gemessen wird, darf das Elektrofeldmeter S nie ohne Verbindung der rückseitigen 4 mm Buchse mit der Versuchsmasse betrieben werden. Bei korrektem Anschluss fließt der Strom bei einem Spannungsüberschlag direkt wieder zum Netzteil zurück und nicht zum Messgerät.

Sollte keine korrekte Erdung vorliegen, so kann die an das Elektrofeldmeter S angeschlossene Peripherie (z.B. Messgerät oder Sensor-CASSY) beschädigt werden!

Durchführung**a) Messung parallel zu den Kondensatorplatten**

- Bei ausgeschalteter Hochspannung an den Kondensatorplatten Abstand d zwischen Flammensonde und Platten messen.
- Die Hochspannung auf den Kondensatorplatten auf 3,0 kV erhöhen.
- Die Flammensonde auf dem Holzmaßstab schrittweise parallel zu den Kondensatorplatten bewegen und jeweils die gemessene Spannung U und die Position notieren.
- Abstand zwischen Flammensonde und Kondensatorplatten verändern und Messung wiederholen.

b) Messung senkrecht zu den Kondensatorplatten

- Den Holzmaßstab senkrecht zu den Kondensatorplatten ausrichten und den Sockel mit der Flammensonde so darauf setzen, dass die Flammensonde senkrecht zu den Kondensatorplatten bewegt werden kann.
- Position der Flammensonde im Plattenkondensator bestimmen.
- Die Flammensonde auf dem Holzmaßstab schrittweise senkrecht zu den Kondensatorplatten bewegen und jeweils die gemessene Spannung U und die Position notieren.
- Flammensonde parallel zu den Kondensatorplatten verschieben und Messung wiederholen.

Messbeispiel und Auswertung

a) Messung parallel zu den Kondensatorplatten

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse einer Beispielmessung gezeigt. Der Abstand der Kondensatorplatten betrug $d = 50$ mm, der Abstand der Flammensonde zur geerdeten Kondensatorplatte $a_1 = 25$ mm und $a_2 = 40$ mm. Bei der Position $x = 0$ cm befand sich die Flammensonde auf der Verbindungslinie der Ränder der beiden Kondensatorplatten.

x / cm	0	4	8	12	16	20	24	28
U_1 / kV	1,42	1,82	1,78	1,78	1,83	1,85	1,71	1,53
U_2 / kV	2,44	2,75	2,73	2,74	2,727	2,72	2,68	2,45

Tab. 1: Messergebnisse U_1 ($a_1 = 25$ mm) und U_2 ($a_2 = 40$ mm)

In Abbildung 3 sind die Messwerte aufgetragen. Gut zu erkennen ist, dass die Werte für Positionen zwischen $x = 4$ cm und $x = 24$ cm näherungsweise gleich sind. Nur für die Positionen $x = 0$ cm und $x = 28$ cm, wo sich die Flammensonde auf Höhe der Plattenkanten befindet, nimmt das Potential deutlich ab. Dies ist auf die endliche Plattengröße zurückzuführen.

b) Messung senkrecht zu den Kondensatorplatten

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse einer Beispielmessung gezeigt. Der Abstand der Kondensatorplatten betrug $d = 50$ mm, die Flammensonde befand sich in der Mitte der Kondensatorplatte. Die Position $x = 0$ mm entsprach der geerdeten Kondensatorplatte.

x / cm	10	15	20	25	30	35	40
U / kV	0,49	0,82	1,14	1,51	1,77	2,17	2,46

Tab. 2: Messergebnisse

In Abbildung 4 sind die Messergebnisse aufgetragen. Die Werte steigen mit zunehmenden Abstand von der geerdeten Kondensatorplatte kontinuierlich an; die Anpassung einer Gerade ergibt eine Steigung $B = 66$ kV/m. Die Steigung entspricht gerade der Änderung des Potentials in Abhängigkeit vom Ort, d.h. der elektrischen Feldstärke E an dieser Stelle. Die Messung zeigt daher deutlich, dass die elektrische Feldstärke zwischen den Kondensatorplatten homogen ist. Aus

der Gleichung für die elektrische Feldstärke $E = \frac{U_c}{d}$ erhält

man mit $U_c = 3,0$ kV und $d = 5,0$ cm: $E = 60$ kV/m. Dies stimmt mit dem Wert aus der Anpassung der Geraden gut überein.

Hinweis:

Durch weitere Messungen des Potentials senkrecht und parallel zu den Kondensatorplatten (auch in unterschiedlichen Höhen) kann der Potential- und damit der Feldverlauf zwischen den Kondensatorplatten und auch am Rand systematisch untersucht und der Einfluss der endlichen Größe der Kondensatorplatten auf den Potential- und Feldverlauf sichtbar gemacht werden.

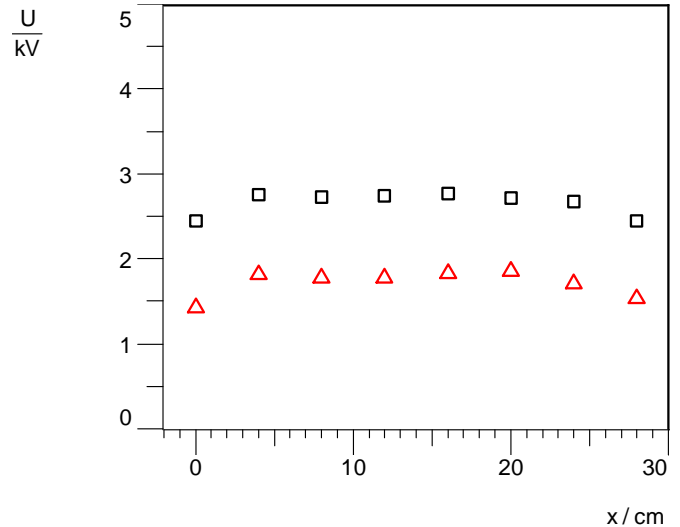


Abb. 3: Spannung U in Abhängigkeit vom Ort x parallel zu den Kondensatorplatten für die Abstände $a_1 = 25$ mm (\square) und $a_2 = 40$ mm (\triangle)

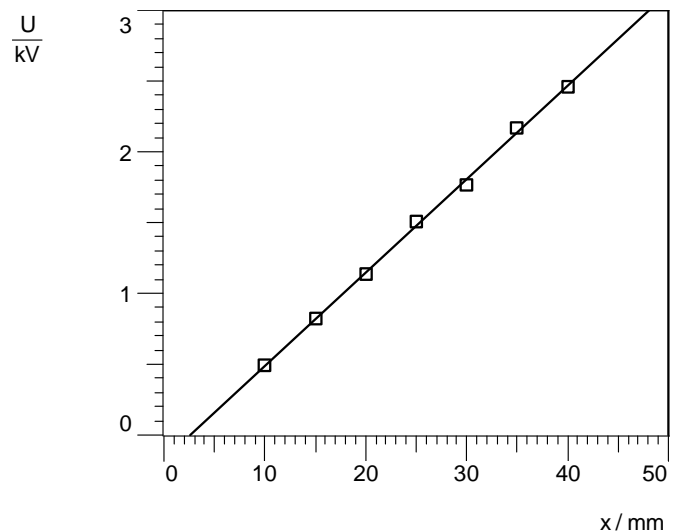


Abb. 4: Spannung U in Abhängigkeit vom Ort x senkrecht zu den Kondensatorplatten

