

## Dielektrikum im Plattenkondensator

### BESTIMMUNG DER DIELEKTRIZITÄTSKONSTANTEN VERSCHIEDENER MATERIALIEN

- Statische Messung der Spannung  $U$  an einem Plattenkondensator für verschiedene Dielektrika bei festem Plattenabstand  $d$ .
- Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon_r$  verschiedener Materialien.

UE3010850

09/15 UD

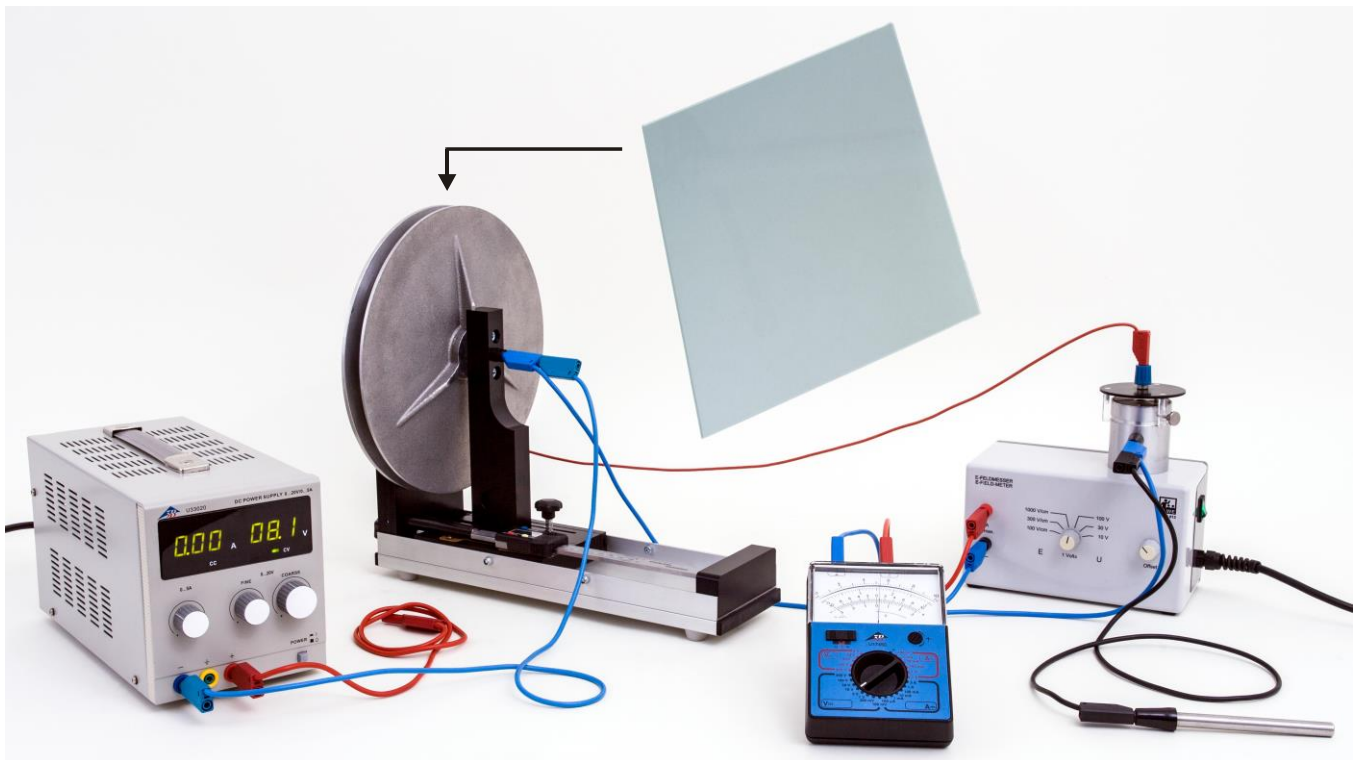


Fig. 1: Messanordnung.

### ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Jeder nicht oder nur schwach leitende Stoff ohne frei bewegliche Ladungsträger, der von einem elektrischen Feld durchdrungen wird, ist ein Dielektrikum. Es kann sich dabei um ein Gas, eine Flüssigkeit oder einen Festkörper handeln. Das Dielektrikum wird durch das elektrische Feld polarisiert. Zum Einen können elektrische Dipole durch eine Ladungsverschiebung in den Atomen oder Molekülen oder zwischen unterschiedlich geladenen Ionen im Dielektrikum induziert werden (Verschiebungspolarisation). Zum Anderen können im Dielektrikum zufällig angeordnete permanente Dipole im elektrischen Feld

ausgerichtet werden (Orientierungspolarisation).

Die Dielektrizitätskonstante oder auch relative Permittivität  $\epsilon_r$  des Dielektrikums ist über den Zusammenhang zwischen dem elektrischen Feld  $E$  und der dielektrischen Verschiebung  $D$  gegeben:

$$(1) \quad D = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot E$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A} \cdot \text{m}} : \text{Vakuum-Dielektrizitätskonstante.}$$

Wird ein Dielektrikum zwischen die Platten eines Plattenkondensators eingebracht, so vergrößert sich die Kapazität des Plattenkondensators um das  $\epsilon_r$ -fache gegenüber Vakuum, es gilt:

$$(2) \quad C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

A: Plattenfläche  
d: Plattenabstand

Wird der Plattenkondensator vor dem Einbringen des Dielektrikums mit der Spannung  $U_0$  aufgeladen, sammelt sich gemäß

$$(3) \quad Q = C_0 \cdot U_0 = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \cdot U_0$$

die Ladung  $Q$  auf den Kondensatorplatten. Diese Ladung bleibt konstant, wenn der Plattenkondensator von der Spannungsquelle getrennt wird.

Beim Einbringen des Dielektrikums fließen keine Ströme zwischen den Kondensatorplatten, und wegen (2) und der konstant gebliebenen Ladung  $Q$  muss sich die Spannung  $U_0$  um das  $\epsilon_r$ -fache verkleinern:

$$(4) \quad Q = C \cdot U = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \cdot \frac{U_0}{\epsilon_r}$$

mit

$$(5) \quad U = \frac{U_0}{\epsilon_r} \Leftrightarrow \epsilon_r = \frac{U_0}{U}$$

Wegen

$$(6) \quad U_0 = E_0 \cdot d \Leftrightarrow U = E \cdot d$$

verkleinert sich das elektrische Feld  $E_0$  bei festem Plattenabstand  $d$  ebenfalls um den Faktor  $\epsilon_r$ :

$$(7) \quad E = \frac{E_0}{\epsilon_r} \Leftrightarrow \epsilon_r = \frac{E_0}{E}$$

Im Experiment wird mit dem E-Feld-Messer als statischem Voltmeter sichergestellt, dass kein Strom über das Voltmeter zwischen den Kondensatorplatten fließen kann und die Ladung  $Q$  auf den Kondensatorplatten erhalten bleibt.

## GERÄTELISTE

1	E-Feld-Messer	U8533015	1001029/30
1	Plattenkondensator	U8492355	1006798
1	Hartpapierplatte	U8492341	1000936
1	Acrylglasplatte	U8476371	1000880
1	DC-Netzgerät 0-20 V, 0-5 A	U33020	1003311/2
1	Analog-Multimeter Escola 100	U8557380	1013527
1	Satz 15 Experimentierkabel 2,5 mm <sup>2</sup>	U13801	1002841

## AUFBAU

- Experiment wie in Fig. 2 gezeigt aufbauen.

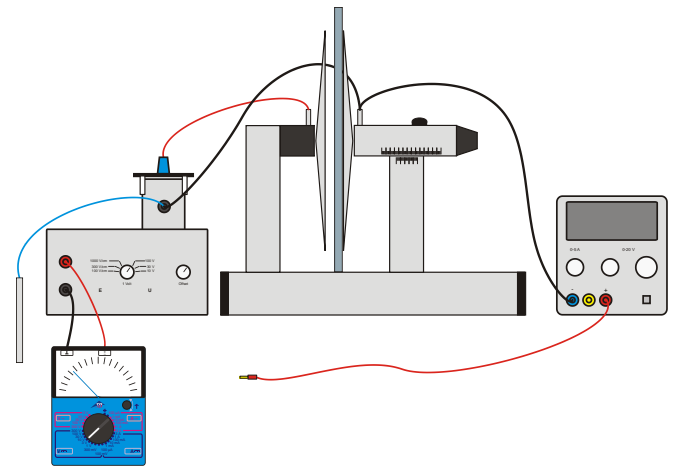


Fig. 2: Experimenteller Aufbau.

- Die Spannungsmessplatte mit Messbereich 1x so auf den Abschirmzylinder des E-Feld-Messers setzen, dass der Abstand zur Abschirmplatte möglichst minimal ist. Spannungsmessplatte mit Hilfe der Rändelschraube fixieren.
- Die feste Kondensatorplatte mit der Spannungsmessplatte verbinden.
- Die bewegliche Kondensatorplatte mit der Massebuchse am Abschirmzylinder des E-Feld-Messers und dem Minuspol des Netzgeräts verbinden.
- Den Haltestab an die Massebuchse am Abschirmzylinder des E-Feld-Messers anschließen.
- Ein Ende eines Kabels an den Pluspol des Netzgeräts anschließen. Das andere, freie Kabelende auf den Tisch legen und nicht anschließen.
- Das Multimeter zur Spannungsmessung an den Spannungsausgang des E-Feld-Messers anschließen.
- Den Messbereichswahlschalter des E-Feld-Messers auf 10 V einstellen, den E-Feld-Messer einschalten und ca. 3 Minuten warten bis er sich stabilisiert hat.
- Netzgerät einschalten und Spannung  $U_0 = 10$  V einstellen.

## DURCHFÜHRUNG

- Mit Hilfe der Feinstellschraube des Plattenkondensators den Plattenabstand  $d = 5$  mm einstellen.
- Zur Entladung des Plattenkondensators die feste Kondensatorplatte mit dem Haltestab berühren und so die Platten kurzschließen. Gleichzeitig mit Hilfe des Offsetreglers den Nullpunkt am E-Feld-Messer einstellen.
- Haltestab von der festen Kondensatorplatte entfernen und zwecks Potentialausgleichs in die Hand nehmen.
- Den Haltestab während der gesamten Messung nicht mehr aus der Hand legen.
- Zum Aufladen des Plattenkondensators mit dem freien Ende des Kabels, das an den Pluspol des Netzgeräts angeschlossen ist, die feste Kondensatorplatte berühren.

- Wenn der Plattenkondensator aufgeladen ist, das Kabel wieder von der festen Kondensatorplatte entfernen, so dass der Plattenkondensator vom Pluspol getrennt wird.
- Am Multimeter die Spannung  $U (= U_0)$  ablesen und den Wert notieren.
- Die Hartpapierplatte zwischen die Kondensatorplatten so einführen, dass sie die bewegliche, an die Massebuchse des E-Feld-Messers und den Minuspol des Netzgeräts angeschlossene Kondensatorplatte flächig berührt. Dabei den Spannungsverlauf am Multimeter beobachten.
- Am Multimeter die Spannung  $U$  nach Einführen der Hartpapierplatte ablesen.
- Experiment mit der Acrylglasplatte wiederholen.

## MESSBEISPIEL

Ohne Dielektrikum, Spannung $U = U_0$ :	10 V
Mit Hartpapierplatte, Spannung $U$ :	2,2 V
Mit Acrylglasplatte, Spannung $U$ :	2,9 V

## AUSWERTUNG

- Die Dielektrizitätskonstanten gemäß (5) berechnen.  
Mit Hartpapierplatte:

$$(8) \quad \epsilon_r = \frac{U_0}{U} = \frac{10 \text{ V}}{2,2 \text{ V}} = 4,5$$

Mit Acrylglasplatte:

$$(9) \quad \epsilon_r = \frac{U_0}{U} = \frac{10 \text{ V}}{2,9 \text{ V}} = 3,4$$

Die gemessenen Werte stimmen sehr gut mit den Literaturwerten für Hartpapier ( $\epsilon_r = 4,3 - 5,4$ ) und Acrylglas ( $\epsilon_r = 3,1 - 3,6$ ) überein.

