

Netzwerke und Schaltungen Übungsstunde Woche 3

Name

ppeterse@student.ethz.ch

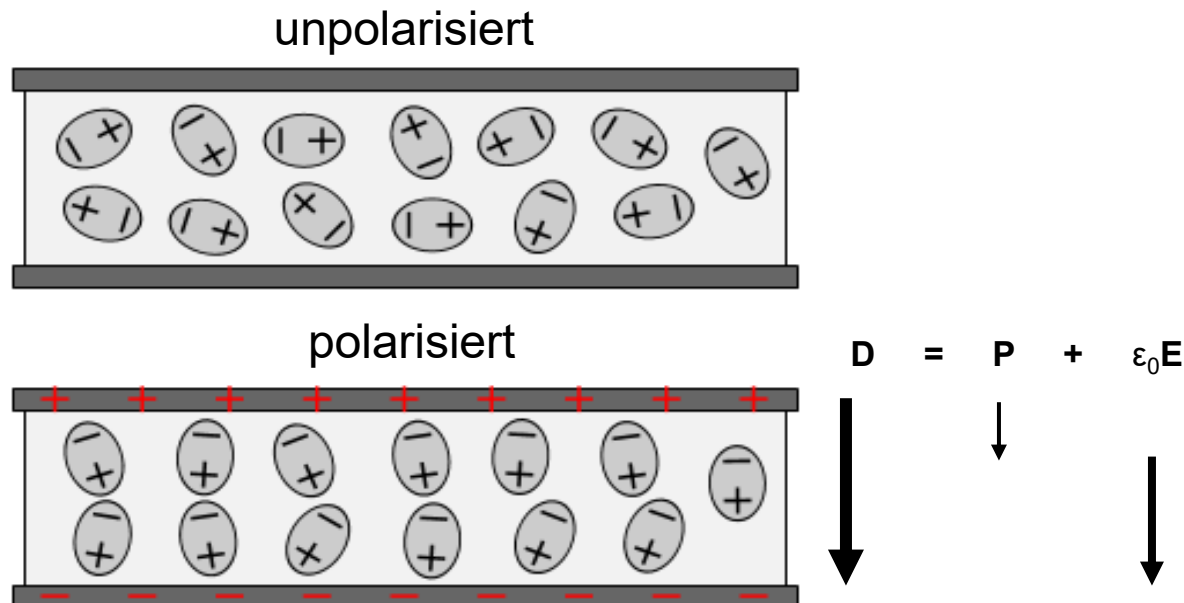
1. Oktober 2026



Beispiel 1 – Die dielektrische Polarisation – Einführung

ϵ_0 : Elektrische Feldkonstante / Vakuumpermittivität
 ϵ_r : Dielektrizitätszahl
 $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$: Dielektrizitätskonstante

$$\mathbf{P} = (\epsilon - \epsilon_0) \mathbf{E}$$

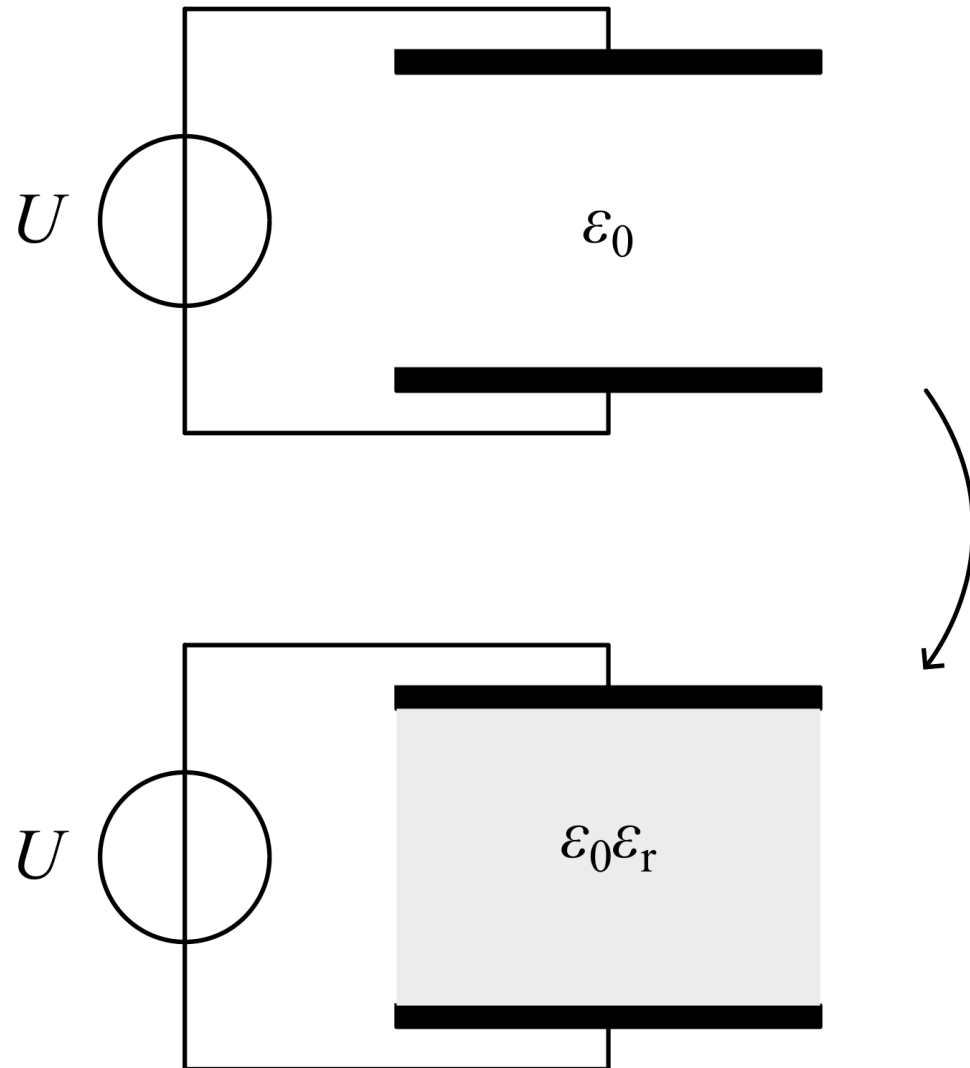


Schlüsselkonzepte

Die dielektrische Polarisation

- Material ist zuerst unpolarisiert
- Platten werden geladen. Diese Ladung erzeugt eine elektrische Flussdichte, aus welcher sich ein elektrisches Feld ergibt.
- Dieses elektrische Feld führt zur Ausrichtung der Dipole. Das Material wird dielektrisch polarisiert.
- Da die Flussdichte von der Ladung über das Gaußsche Gesetz gegeben ist, bleibt diese gleich.
- Die Polarisation schwächt das resultierende elektrische Feld ab.

Beispiel 1 – Die dielektrische Polarisation – Lösung



Schlüsselkonzepte

Die dielektrische Polarisation

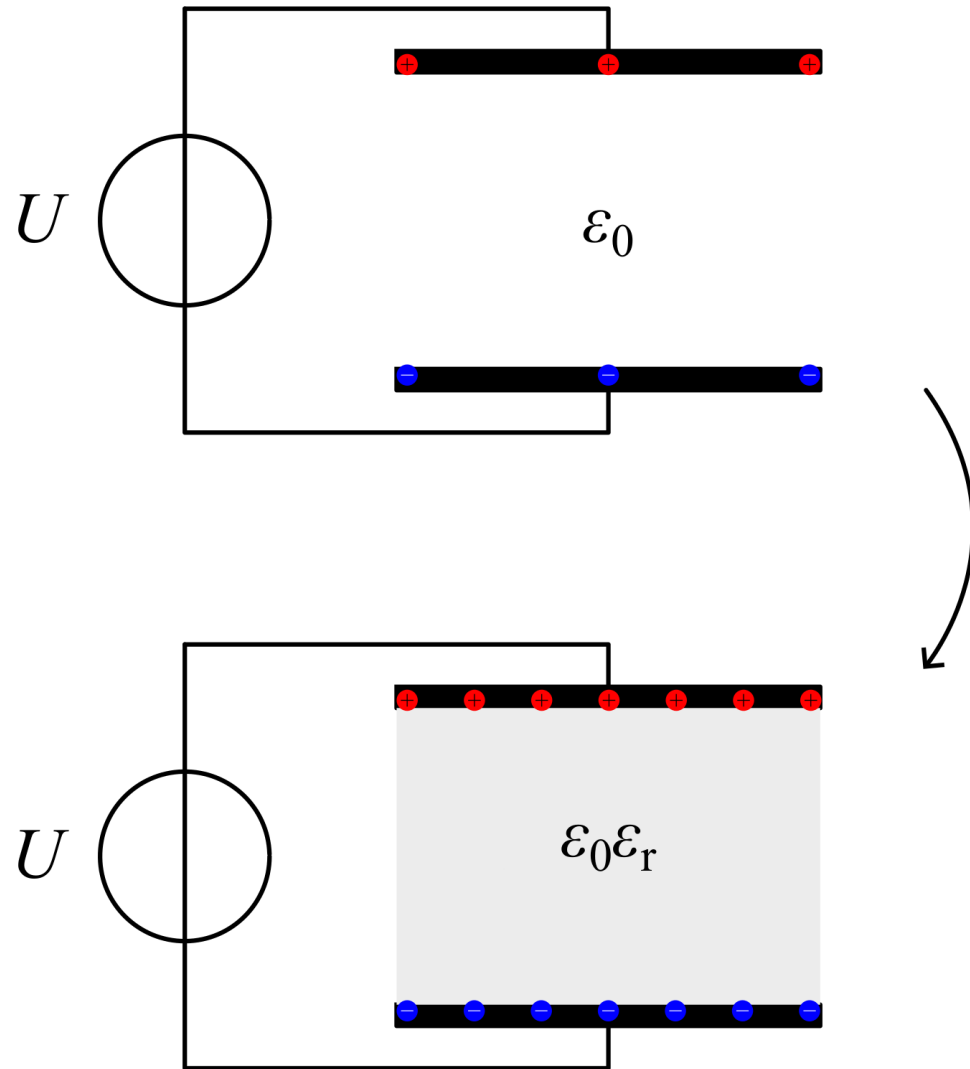
Wie verändert sich das E-Feld, wenn ein Dielektrikum mit Dielektrizitätszahl $\epsilon_r \gg 1$ zwischen die Platten geschoben wird?

- E-Feld wird grösser
- E-Feld wird kleiner
- **E-Feld bleibt gleich**

Das E-Feld ist durch die Spannungsquelle vorgegeben: $E = U/d$.

Was ändert sich stattdessen?

Beispiel 1 – Die dielektrische Polarisation – Lösung Fortsetzung



Schlüsselkonzepte

Die dielektrische Polarisation

Das E-Feld ist durch die Spannungsquelle vorgegeben: $E = U/d$.

Was ändert sich stattdessen?

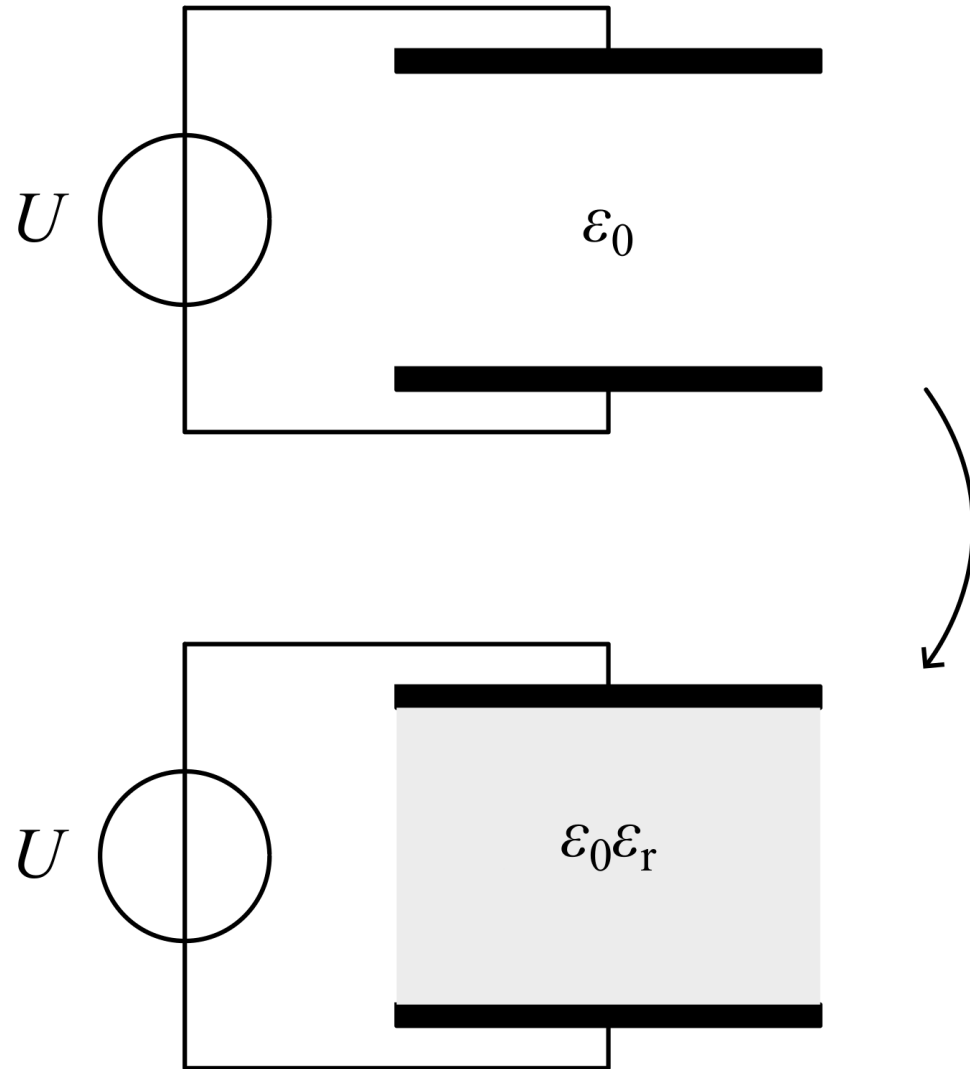
Das D-Feld und die Ladungsdichte auf den Platten nehmen zu.

$$\sigma = D = \epsilon_0 \epsilon_r E$$

Merke:

- Spannung gegeben $\rightarrow$ E-Feld gegeben
- Ladung gegeben $\rightarrow$ D-Feld gegeben

Beispiel 1b – Die dielektrische Polarisation berechnen – Lösung



Schlüsselkonzepte

Die dielektrische Polarisation

Gegeben: Abstand d , Fläche A , Spannung U :

- Berechnet die D- und E-Felder und die Polarisation in beiden Dielektrika

$$\begin{aligned}E &= U/d \\D_1 &= \epsilon_0 E = \epsilon_0 U/d \\D_2 &= \epsilon_0 \epsilon_r E = \epsilon_0 \epsilon_r U/d \\P_1 &= D_1 - \epsilon_0 E = 0 \\P_2 &= D_2 - \epsilon_0 E = \epsilon_0 (\epsilon_r - 1) U/d\end{aligned}$$

Beispiel 2 – Sprungstellen der Dielektrizitätskonstanten – Lösung 1

Serielle Dielektrika

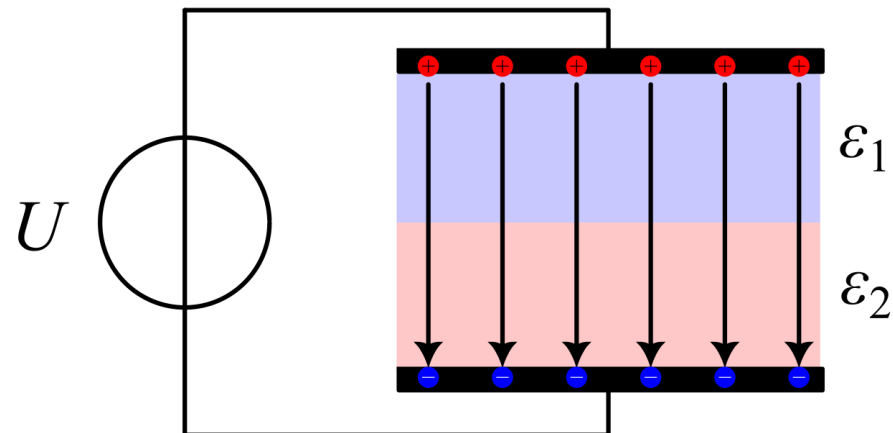
- **Die Normalkomponente des D-Feldes bleibt an Sprungstellen gleich**
 - (ausser bei Flächenladungsdichte, dann gilt $D_{n2} = D_{n1} + \sigma$)
- Die Flächenladungsdichte auf den Platten ist homogen
- Das E-Feld im «dichteren» Medium ist abgeschwächt ($E_{ni} = D_{ni}/\epsilon_i$)

Schlüsselkonzepte

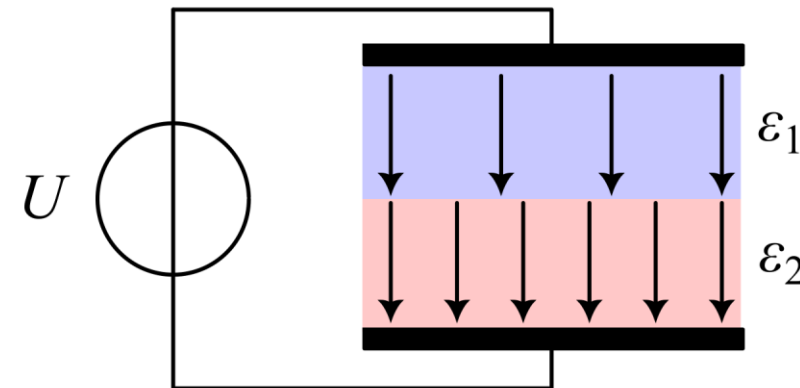
Sprungstellen der
Dielektrizitätskonstanten

$$\epsilon_1 > \epsilon_2$$

D-Feld



E-Feld



Beispiel 2 – Sprungstellen der Dielektrizitätskonstanten – Lösung 2

Parallele Dielektrika

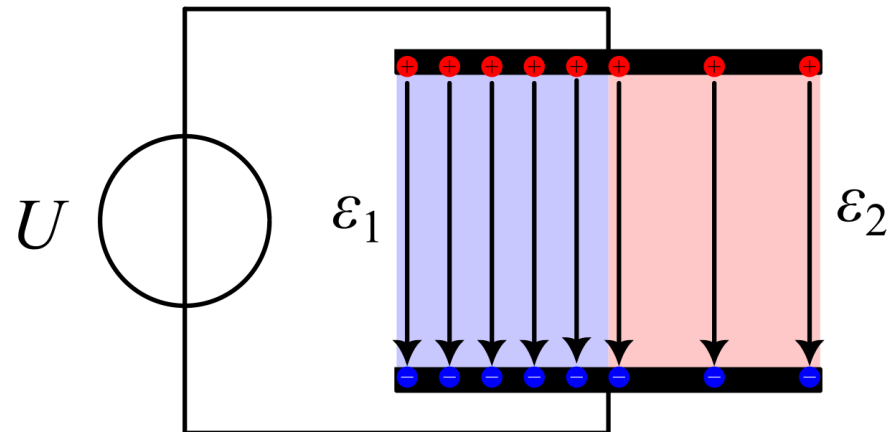
- Das E-Feld ist durch die Spannung vorgegeben ($E = U/d$)
- **Tangentiales E-Feld an Sprungstelle bleibt gleich**
- Im «dichteren» Medium ist die Flussdichte höher ($D = \varepsilon E$)
- Die Platten des «dichteren» Mediums haben eine höhere Ladungsdichte ($D = \sigma$)

Schlüsselkonzepte

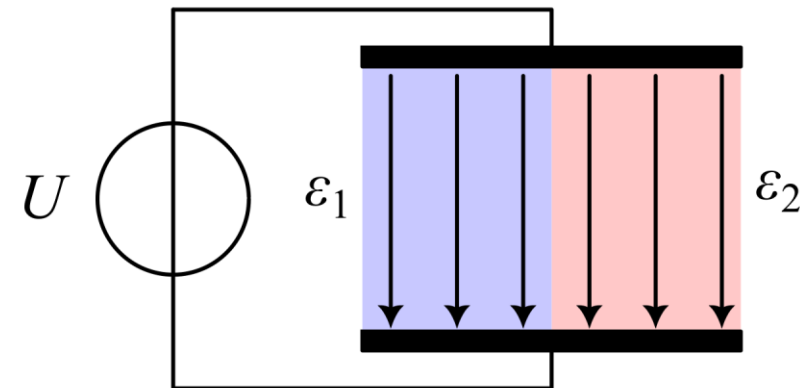
Sprungstellen der
Dielektrizitätskonstanten

$$\varepsilon_1 > \varepsilon_2$$

D-Feld



E-Feld



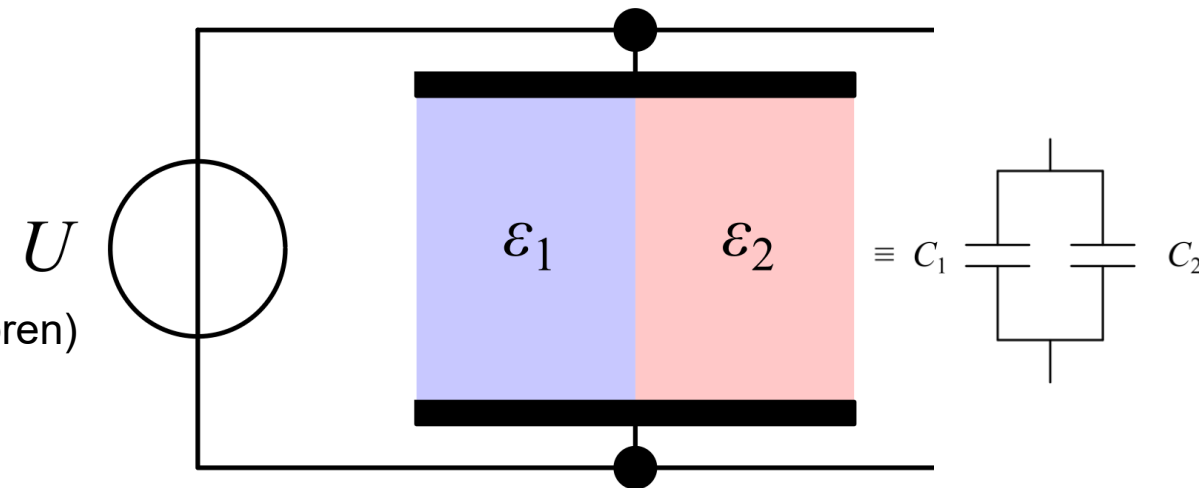
Beispiel 3 – Kapazität und Kondensatornetzwerke – Lösung

Gegeben: Abstand d , Flächen A_1/A_2 , Spannung U :

- $E_1 = E_2 = U/d$
- $D_k = \varepsilon_k E_k = \varepsilon_k U/d$
- (Albach 1.75)
 - $C_k = \frac{Q_k}{U_k}$
 - $Q_k = \oiint \vec{D}_k d\vec{A} = D_k A_k$
 - (da D-Feld parallel zu vektorielllem Flächenelement und homogen)
 - $U_k = \int_0^d \vec{E}_k d\vec{s} = (U/d) \cdot d = U$
 - (da E-Feld parallel zu Weg und homogen)
 - $C_k = \frac{Q_k}{U_k} = \frac{D_k A_k}{U} = \frac{\varepsilon_k U A_k}{d \cdot U} = \varepsilon_k A_k / d$
- $C_{\text{ges}} = C_1 + C_2 = \frac{\varepsilon_1 A_1 + \varepsilon_2 A_2}{d}$ (parallel geschaltete Kondensatoren)

Schlüsselkonzepte

Die Kapazität und einfache Kondensatornetzwerke



Beispiel 3b – Kapazität und Kondensatornetzwerke – Lösung

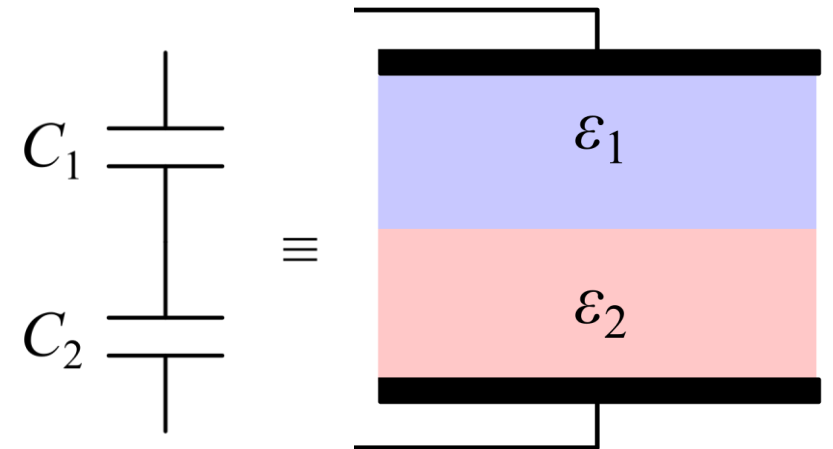
Gegeben: C_1 und C_2 ,

Zeichnet das Kondensatornetzwerk und berechnet die Gesamtkapazität zwischen den Platten

$$C_{\text{ges}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \text{ (in Serie geschaltete Kondensatoren)}$$

Schlüsselkonzepte

Die Kapazität und einfache Kondensatornetzwerke



Beispiel 4 – Energieinhalt des elektrischen Feldes – Lösung

Gegeben: Abstand d , Flächen A_1/A_2 , Spannung U :

- $E_1 = E_2 = U/d$
- $D_k = \epsilon_k E_k = \epsilon_k U/d$

Berechnet die Energiedichte und die Energie in den einzelnen Dielektrika:

$$w_{e,k} = \frac{1}{2} D_k E_k$$

$$W_{e,k} = \iiint w_{e,k} dV = w_{e,k} \cdot d \cdot A_k$$

$$W_{e,k} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\epsilon_k U}{d} \cdot \frac{U}{d} \cdot d \cdot A_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{\epsilon_k A_k}{d} U^2$$

Fällt euch etwas auf an der Lösung?

$$W_{e,k} = \frac{1}{2} C_k U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\epsilon_k A_k}{d} U^2$$

Die Kapazität kann auch aus der Energie berechnet werden!

Schlüsselkonzepte

Energieinhalt des elektrischen Feldes

