

Grundlagen der Elektrotechnik



Verschiebungsstromdichte

TH-Köln 2020

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

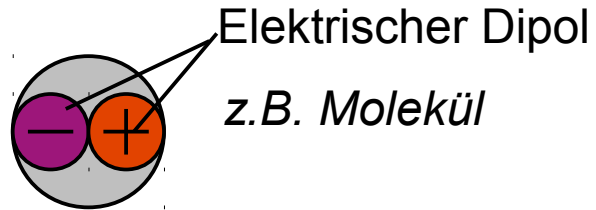
Verschiebungsstromdichte

- Polarisation
- Verschiebungs-Stromdichte
- Elektrische Flussdichte
- Dielektrizitätskonstante

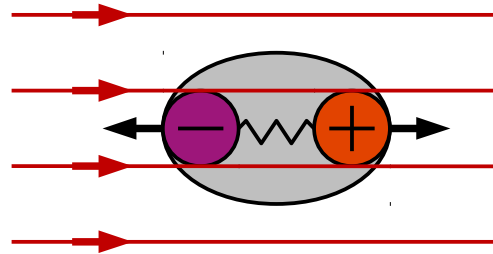
Polarisation

Elektrisches Feld im Isolator

Kein elektrisches Feld

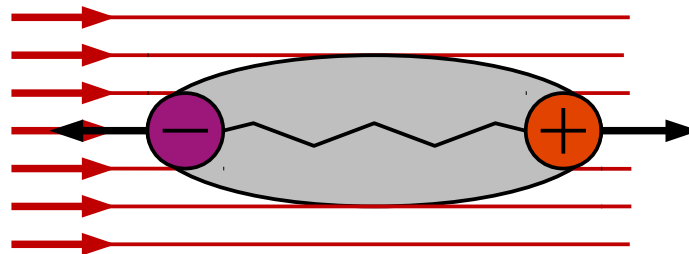


Schwaches
elektrisches Feld



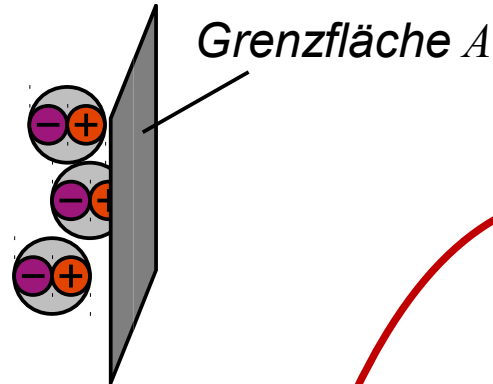
Ladungsträger werden
„auseinandergezogen“:
Polarisation

Starkes
elektrisches Feld

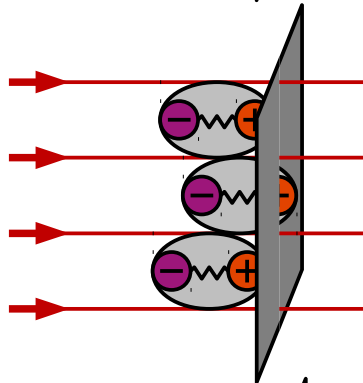


Verschiebungsstrom

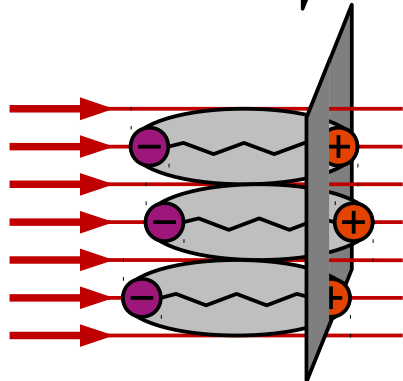
Kein
elektrisches Feld:
Keine Ladung
durch Grenzfläche



Schwaches
elektrisches Feld:
Wenig Ladung durch
Grenzfläche



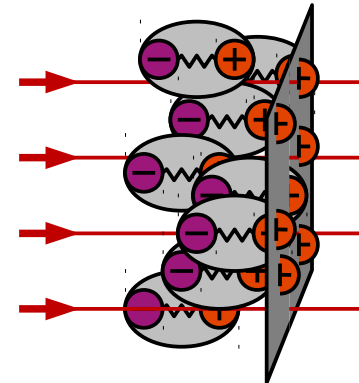
Starkes
elektrisches Feld
Mehr Ladung durch
Grenzfläche



Elektrische *Flussdichte*
(Displacement):

$$D = \frac{q}{A}$$

$$\vec{D} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \vec{E}$$



Anderes Material:
Viel Ladung durch
Grenzfläche:

Hier: Stromfluss nur bei Änderung der
elektrischen Feldstärke E und
entsprechend der Flußdichte D :

$$J = \frac{d D(t)}{dt}$$

Verschiebungsstrom
(*Displacement current*)

Elektrische Flussdichte

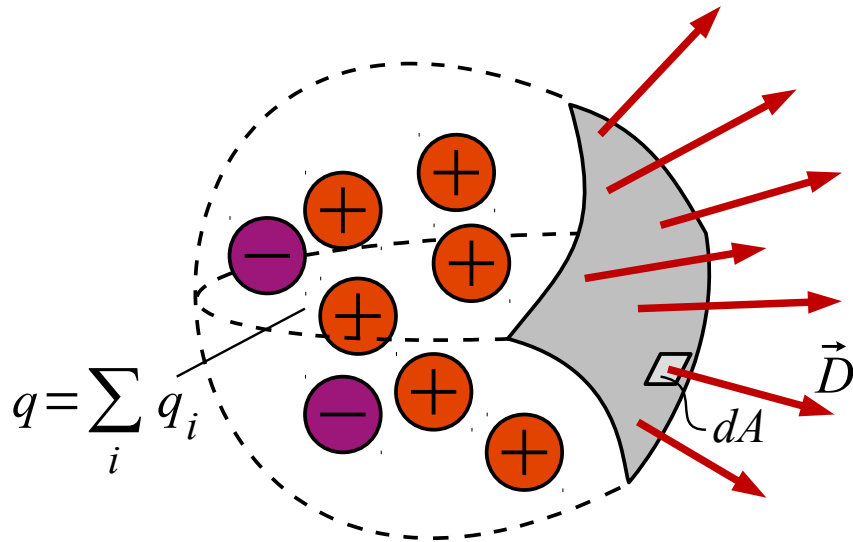
Auch dort, wo gerade keine Ladung ist, definierbar:

Elektrische Flussdichte $\vec{D} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \vec{E}$ $[D] = \text{As/m}^2$

$$D = \frac{q}{A} \Rightarrow q = D \cdot A$$

$$\rightarrow q = \oiint_A \vec{D} \cdot d\vec{A}$$

Gibt an, wieviel Ladung netto in einer Hüllfläche steckt.



Elektrische *Flussdichte* D vermittelt die *Ursache*
Elektrische *Feldstärke* E vermittelt die *Wirkung*

Dielektrizitätskonstante

Elektrische Feldkonstante

$$\varepsilon_0 = 8.854 \dots \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$$

Gesprochen: Epsilon Null

= Naturkonstante

Relative Permittivität oder relative Dielektrizitätskonstante:

$$\varepsilon_r = 1 \text{ für Vakuum oder Luft}$$

> 1 für die meisten Materialien

= Materialkonstante, siehe Anhang

Werden zusammengefasst zur

Permittivität (oder Dielektrizitätskonstante):

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$$

Kontakt

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

Professur Elektrische Netze

Institut für Elektrische Energietechnik,
Fakultät für Informations-, Medien- und
Elektrotechnik (F07)

Technische Hochschule Köln

Betzdorferstraße 2, Raum ZO 9-19

50679 Köln, Deutschland

Tel. +49 221 8275 2020

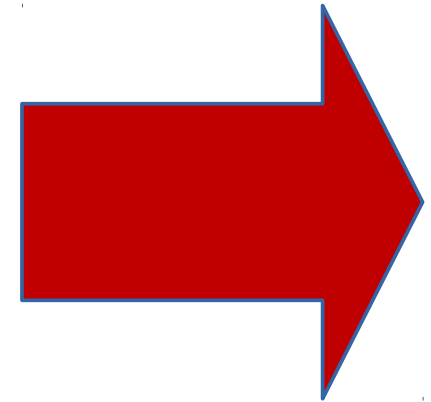
eberhard.waffenschmidt@th-koeln.de

<https://www.th-koeln.de/>

[personen/eberhard.waffenschmidt/](https://www.th-koeln.de/personen/eberhard.waffenschmidt/)



Anhang



Dielektrizitätskonstanten

Luft, Gase	1
<i>Organische Materialien:</i>	
Bernstein	2,8
Epoxidharz	3,2 ... 5
Polyäthylen	2,3
Polycarbonat	3
Polymethylmethacrylat (Plexiglas®)	3,0 ... 3,5
Polypropylen	2,3
Polystyrol	2,5
PVC	3,1 ... 6,5
Pertinax	5
Hartgummi	2,5 ... 3,5
Fernsprechkabelisolation	1,6 ... 2
Starkstromkabelisolation	3 ... 4,5
<i>Mineralische Materialien:</i>	
Glas	5 ... 10
Glimmer	5 ... 8
Keramik	9,5 ... 100
Aluminiumoxid Al ₂ O ₃ (Korund)	8,6
Titankeramik	12 ... 10000
<i>Flüssige Materialien</i>	
Wasser (destilliert)	80,4