

6.3.4 Merkpunkte zu Kapitel 6.3 "Polarisationsmechanismen"

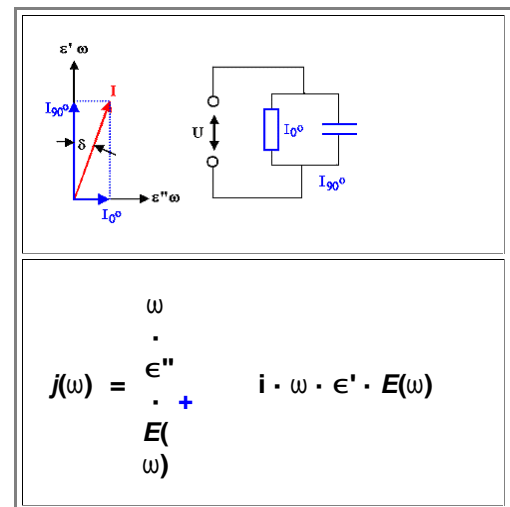
Ideale Dielektrika sind **perfekte** Isolatoren charakterisiert durch ihre **DK** ϵ_r oder durch die Suszeptibilität χ .

- Die **DK** oder die Suszeptibilität eines Dielektrikums folgt aus seiner **Polarisation**.
- Die Beziehung zwischen Feld \underline{E} und Polarisation \underline{P} ist aus Materialsicht sinnvoller als die Beziehung zwischen Feld und Verschiebungsdichte.
- Umrechnungen sind einfach \Rightarrow

Sinnvolles Materialgesetz	$\underline{P} = \epsilon_0 \cdot \chi \cdot \underline{E}$
Sinnvolle neue Materialkonstante	$\chi = \text{dielektrische Suszeptibilität}$
Alte Materialkonstante	$\epsilon_r = \chi + 1$
Beziehung $\underline{D} \Leftrightarrow \underline{P}$	$\underline{D} = \epsilon_0 \cdot \underline{E} + \underline{P}$

Reale Dielektrika haben eine endliche Leitfähigkeit.

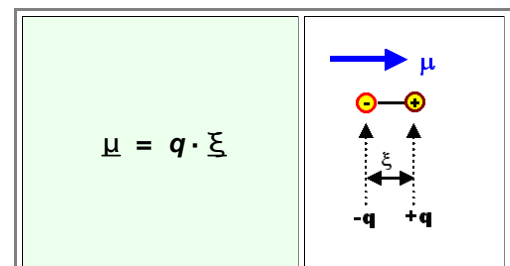
- Das lässt sich am einfachsten wie gezeigt beschreiben. Der insgesamt fließende Wechselstrom wird durch eine komplexe dielektrische Funktion $\epsilon(\omega)$ erfasst \Rightarrow
- Der Realteil von ϵ' beschreibt den um **90°** phasenverschobenen Teil der Stromdichte $\underline{j}(\omega)$; der Imaginärteil ϵ'' den Teil der in Phase fließt.
- Damit sind Wirk- und Blindleistung proportional zu ϵ'' bzw. ϵ' .
- Dies gilt unabhängig davon von welchem Effekt der Imaginärteil resultiert.



Ein externes elektrisches Feld wird in einem Dielektrikum **immer** Dipole induzieren **und** zusätzlich die eventuell vorhandenen Dipole verändern.

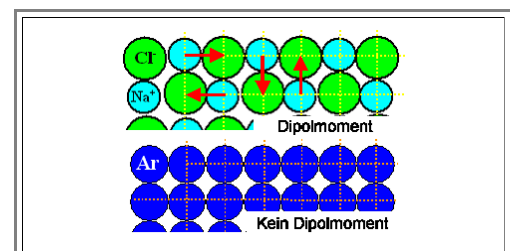
- Die Polarisation eines Dielektrikum ist die Vektorsumme der enthaltenen Dipolmomente per Volumen

Ein Dipolmoment ist definiert wie gezeigt \Rightarrow



Viele Materialien enthalten Dipomomente (z. B. Ionenkristalle, Oxide, Wasser, ...) andere (Edelgas, dielektrische Elementkristalle) sind neutral.

- Im ersten Fall addieren sich die vorhandenen Momente ohne Feld i.d.R. zu $\underline{P} = 0 \text{ C/cm}^2$; mit Feld wird die Ausrichtung so geändert, dass $\underline{P} \neq 0 \text{ C/cm}^2$ resultiert.



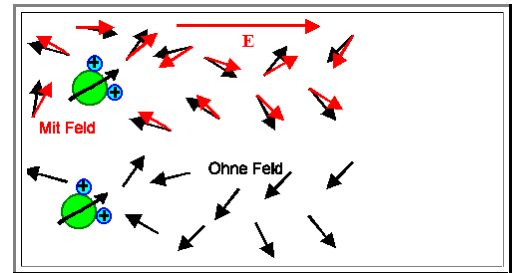
Es gibt neben der mathematisch schwer greifbaren Grenzflächenpolarisation drei wesentliche Polarisationsmechanismen.

- Im 1. Fall wird die durch das Feld die Elektronenhülle relativ zum Atomkern verschoben und dadurch ein Dipolmoment induziert.
 - Sehr schwacher Effekt bei kugelförmigen Atomen (Beispiel Edelgase; auch als Kristall; $\epsilon_r = 1,00...$)
 - Starker Effekt bei gerichteten kovalenten Bindungen (Beispiel typische Halbleiter **Si**, **Ge**, **GaAs**, ...; $\epsilon_r = 15 - 20$).
- Die Ionenpolarisation ist in allen Ionenkristallen und polaren Bindungen (Oxide, Keramiken) vorhanden. Mittel bis sehr stark.
- Orientierungspolarisation kommt nur bei Flüssigkeiten vor, da die (Molekül)dipole sich drehen können müssen. Recht stark; $\epsilon_r(\text{H}_2\text{O}) = 80$.

In allen Fällen ist die Polarisation proportional zum Feld.

- Damit ist die Grundgleichung "bewiesen"; die Suszeptibilität χ kann berechnet werden.

1. Atom- oder Elektronenpolarisation
2. Ionenpolarisation
3. Orientierungspolarisation



$$\underline{P} = \epsilon_0 \cdot \chi \cdot \underline{E}$$