

6.3.4 Merkpunkte zu Kapitel 6.3 "Polarisationsmechanismen"

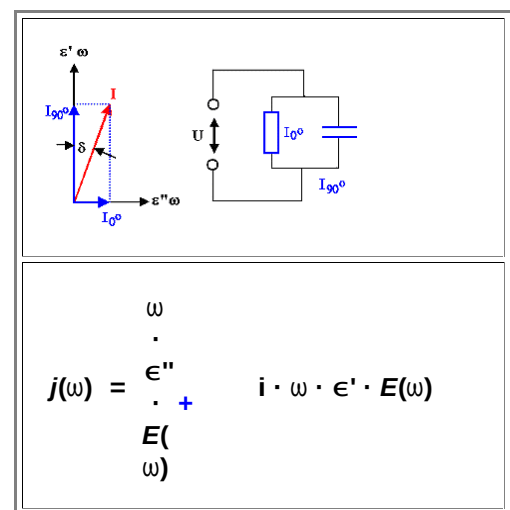
Ideale Dielektrika sind **perfekte** Isolatoren charakterisiert durch ihre **DK** ϵ_r oder durch die Suszeptibilität χ .

- 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.

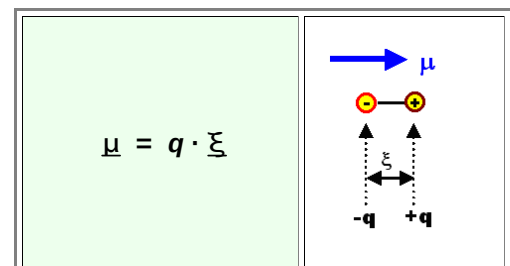
- Das lässt sich am einfachsten wie gezeigt beschreiben. Der insgesamt fließende Wechselstrom wird durch eine komplexe dielektrische Funktion $\epsilon(\omega)$ erfasst $\Rightarrow$
- Der Realteil von ϵ' beschreibt den um **90°** phasenverschobenen Teil der Stromdichte $\underline{j}(\omega)$; der Imaginärteil 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.

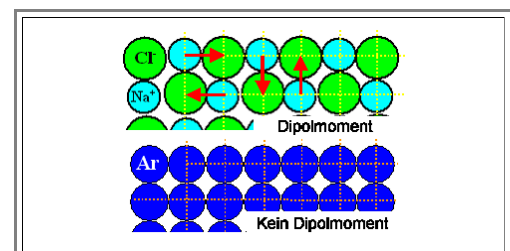
- Die Polarisation eines Dielektrikum ist die Vektorsumme der enthaltene Dipolmomente per Volumen

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.



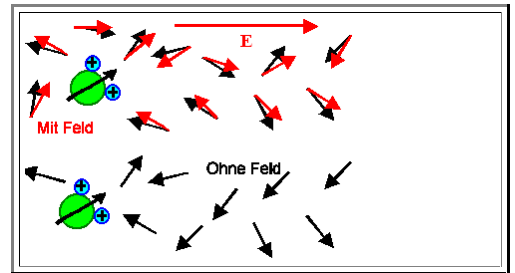
Es gibt neben der mathematisch schwer greifbaren Grenzflächenpolarisation drei wesentliche Polarisationsmechanismen.

- 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



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