

Hörsaalübung 12.05.2023

Für die elektrische Flussdichte $\vec{D}$ und der elektrischen Feldstärke $\vec{E}$ gelten die Beziehungen

$$\begin{aligned}\vec{D} &= \epsilon_0 \epsilon \vec{E} \\ \vec{D} &= \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} .\end{aligned}$$

Für isotrope, homogene Medien, die hier betrachtet werden, ist die Permittivität ϵ eine Zahl.¹ Der Zusammenhang beider Gleichungen wird mittels der Suszeptibilität χ hergestellt. Mit dieser gilt für die Polarisation

$$\vec{P} = \epsilon_0 \chi \vec{E} .$$

Die Polarisation hat also in einem isotropen Medium immer dieselbe Richtung wie das elektrische Feld! Es folgt

$$\vec{D} = \epsilon_0 (1 + \chi) \vec{E}$$

und damit

$$\epsilon = 1 + \chi .$$

In der Hörsaalübung habe ich anhand einer Zeichnung mit Polarisationsladungen bei einer Platte aufgrund derselben Symmetrie wie bei einem Plattenkondensator fälschlicherweise gesagt, dass $\vec{P}$ hier nicht kollinear zu $\vec{E}$ ist. *Erläuterung:* Die Beziehung

$$\operatorname{div} \vec{P} = -\rho_{\text{int}} ,$$

bedeutet, dass die Quellen und Senken des Polarisationsfelds interne Ladungen sind, seine Feldlinien also bei Polarisationsladungen beginnen und enden. Dies bedeutet aber nicht, dass die Stärke des Feldes (Dichte der Feldlinien) und seine Richtung nur von den Oberflächenladungen bestimmt wird. Die Polarisationsfeldstärke und -richtung wird entsprechend $\vec{P} = \epsilon_0 \chi \vec{E}$ tatsächlich durch das gesamte elektrische Feld $\vec{E}$ bestimmt (deren Quellen ja *alle* Ladungen sind). Da $\vec{E}$ im Material auch eine tangentielle Komponente hat, erhält auch die Polarisation eine tangentielle Komponente. Die durch das elektrischen Feld im Material induzierten Dipole haben dieselbe Richtung (mit definitionsgemäß demselben Vorzeichen) wie das elektrische Feld.

Die Lösung zu Aufgabe 3 des 4. Übungsblatts (vgl. Diskussion in den Tutorien) zeigt das ebenfalls unmittelbar.

¹In anisotropen Medien wird daraus ein Tensor.