

## 6.6 Weiterführende Hinweise und Links

### 6.6.1 Was es noch so alles gibt

#### Tiefer einsteigen in den Lernstoff

Die Rechnung zur [Orientierungspolarisation](#) mag einem kompliziert vorkommen, ist aber ganz interessant. Was man lernen kann, wenn man sich den Rechengang mal [hier](#) anschaut, ist:

1. Die Energie einer elektrischen Dipols im elektrischen Feld zu berechnen, und die resultierenden Werte als Systemzustände aufzufassen.
2. Die [freie Energie](#) dieses Systems zu minimieren, und zwar einfach durch Verwendung der [Boltzmannverteilung](#).
3. Die resultierende Gleichung in Kugelkoordinaten zu formulieren, und über die Verteilung der Dipolmoment zu mitteln.
4. Ein nicht ganz einfaches Integral zu knacken.
5. Das Ergebnis im Hinblick auf die reale Welt zu bewerten.
6. Sinnvolle Näherungen zu machen.

Bei der dielektrischen Funktion waren wir ein bißchen schlampig mit Bezug auf saubere Trennung zwischen Suszeptibilität oder **DK**, mit oder ohne  $\epsilon_0$ , usw.

- Dieser [Link](#) ist der Anfang einer etwas genaueren Abhandlung inkl. mehr zur Mathematik der komplexen Zahlen.

#### Spezielle Dielektrika

Spezielle Dielektrika und Phänomene, die man zumindest dem Namen nach kennen sollte, sind hier kurz aufgelistet. Die Links führen auf weiterführende Module.

##### 1. [Piezoelektrische Materialien](#)

- Das Prinzip ist einfach: **Mechanische Dehnung** erzeugt elektrische Polarisation. In anderen Worten: Man drückt drauf und erhält eine Spannung.
- Piezoelektrizität funktioniert auch rückwärts. Man legt eine Spannung an und erhält eine mechanische Dehnung.
- Die Anwendungen der Piezoelektrizität wachsen seit einigen Jahre sehr schnell: Schwingquarze, Ultraschall, Mikrophone, Filter, Sensoren und seit einigen Jahren (Start um **2000**) ein Milliardenmarkt für die Steuerung der Brennstoffeinspritzung in allen modernen Motoren.

##### 2. [Ferroelektrische Materialien](#)

- Ferroelektrische Materialien haben nichts mit "Ferro" = Eisen (**Fe**) zu tun; der Namen soll nur die Analogie zu den ferromagnetischen Materialien zeigen. Beiden ist gemeinsam, dass eine starke Wechselwirkung eine Ordnung atomarer Dipolmomente - elektrisch oder magnetisch - erzwingt.
- Damit wäre eine sehr starke elektrische (oder magnetische) Polarisation zu erwarten. Die ist auch immer da, aber oft nach außen nicht wahrnehmbar, da sich im Inneren des Materials Domänen bilden, deren jeweilige Polarisationen sich nach außen aufheben.
- Ferroelektrische Materialien sind wichtig in der Elektrotechnik; ihre große Zeit wird aber wohl erst noch kommen.

3. [Elektrete](#) sind ferroelektrische Materialien mit fester Polarisation - das Gegenstück zu Permanentmagneten.

- Milliarden von Billigmikrofonen basieren auf Elektreten.

##### 4. [Pyroelektrizität](#)

- Polarisation wird durch einen plötzlichen Temperatursprung erzeugt. Interessant, aber es gibt derzeit kaum Anwendungen