

Auswirkungen der Symmetrien auf physikalische Effekte

Teil 3 – Ferroelektrizität

Eine spezielle Teilgruppe pyroelektrischer Kristalle sind die **sogenannten ferroelektrischen Kristalle**. Bei diesen Kristallen die spontaner elektrische Polarisierung durch ein angelegtes elektrisches Feld in eine andere Richtung umgeklappt werden. Dies soll anhand des Beispiels LiNbO_3 (Lithiumniobat) erklärt werden:

Die Struktur von LiNbO_3 kann aus Perowskit abgeleitet werden. Für das Bild rechts (Abb.1) hieße das:

Grau: Niob (ein Übergangsmetall)

Blau: Lithium

Rot: Sauerstoff

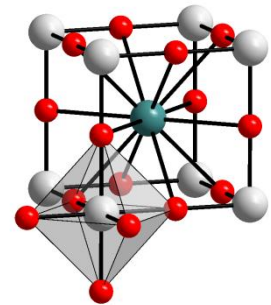


Abb. 1: Elementarzelle von Perowskit (www.wikipedia.org)

Alternativ kann die Elementarzelle auch folgendermaßen dargestellt werden (Abb.2):

Grau: Lithium

Grün: Niob (ein Übergangsmetall)

Rot: Sauerstoff

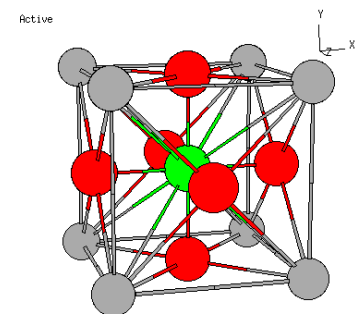


Abb.2: Elementarzelle von Perowskit (www.nrl.navy.mil/lattice/struk/e2_1.html)

Dabei wurde ein Oktaeder aus Abb.2 als Mittelpunkt der neuen Zelle genommen.

Allerdings ist die Position der Ionen gegenüber dem kubischen Perowskit verschoben, wodurch der Kristall dem trigonalen (rhombohedrischen) System zuzuordnen ist ($a \neq b \neq c; \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$).

Vor allem die Li-Ionen liegen im eigentlichen Oktaeder so azentrisch, dass Sie eher von drei Sauerstoffionen koordiniert sind als von sechs. Auf ihnen liegt auch das Umpolen begründet, denn bei der Umpolung treten die Li-Ionen auf die andere Seite des Oktaeders, wodurch sich die Polarität verändert. Dies kann allerdings erst bei hohen Temperaturen geschehen (über 1100°C), da die O-Strukturen erst dann durch starke Wärmeschwingungen „aufgeweitet“ sind. Darunter ist die Polarität quasi „eingefroren“.

Steigen die Temperaturen weiter, so sind die O-Schichten ab einer gewissen Temperatur (**Curie-Temperatur**) so weit aufgeweicht, dass die Li-Ionen ohne äußeres Feld hindurchschwingen können, wodurch sie sich im zeitlichen Mittel genau im Zentrum befinden. Durch diese höhere Symmetrie verschwindet die Ferroelektrizität und der Kristall wechselt in die **paraelektrische** Phase (→ Magnetismus). Somit wechselt der Kristall bei diesem Phasenübergang auch seine Kristallklasse.

Tabelle 2: Beispiele ferroelektrischer Kristallartenⁱ

Substanz	Kristallklasse der ferroelektrischen Phase	Kristallklasse der paraelektrischen Phase	Curie-Temperatur / °C
Bariumtitanat $BaTiO_3$	4mm	$m\bar{3}m$	120
Lithiumniobat $LiNbO_3$	3m	$\bar{3}m$	1140
Banana $Ba_2NaNb_5O_{15}$	4mm	4/mmm	570
SBN $Sr_{1-x}Ba_xNb_2O_6$	4mm	4/mmm	20....100

ⁱ W.Kleber: „Einführung in die Kristallographie“

Weitere Quellen:

<http://lamp.tu-graz.ac.at/~hadley/>

Robert Newnham: „Properties of materials“

Manfred Böhm: „Symmetrien in Festkörpern“