

### 3.1.3 Kristall und Eigenschaften

#### Unmittelbare Eigenschaften

Inzwischen wissen wir, dass viele Eigenschaften der Materialien aus der (Kristall-)Bindung kommen. Die exakte Gestalt des [Potentialtopfes](#) einer Bindung gibt uns:

- Den Gleichgewichtsbindungsabstand – oder die **Gitterkonstante** des Kristalls.
- Die Bindungsenergie (und damit eine Idee für den [Schmelzpunkt](#)  $T_m$ ).
- Den [Elastizitätsmodul](#)  $E$ .
- Den [thermischen Ausdehnungskoeffizienten](#)  $\alpha$ .
- Die [Frequenz](#) der Gitterschwingungen.
- Die [maximale Bruchdehnung](#) und -spannung

Das ist eine ganze Menge. Falls wir aber die Kristallstruktur kennen, d.h. Gitter und Basis, wissen wir noch etwas mehr.

Alle obigen Eigenschaften (und noch viel mehr) können in zwei Varianten auftreten:

- **isotrop**; d. h. in jeder beliebigen Richtung mißt man dieselbe Eigenschaft, z. B. denselben Wert des  $E$ -Moduls.
- **anisotrop**; d. h. die Eigenschaft ist eine Funktion der Kristallrichtung  $\langle \mathbf{u}, \mathbf{v}, \mathbf{w} \rangle$ .

Kurzes (oder längeres) Nachdenken führt zum Schluss, dass alle Gitter **außer** den **kubischen** automatisch zu anisotropen Eigenschaften führen müssen!

- Wer's nicht glaubt, berechnet mal den  $E$ -Modul als Funktion von  $\langle \mathbf{u}, \mathbf{v}, \mathbf{w} \rangle$ . Hinweis: Da der  $E$ -Modul die auf eine Flächeneinheit bezogene "Federkonstante" der Bindung ist, muss man die Zahl der Bindungen pro Einheitsfläche abzählen.
- Vom [\(hexagonalen\) Graphit](#) wissen wir, dass die  $\{001\}$ -Kristallebenen sehr leicht gegeneinander verschiebbar sind, senkrecht dazu aber "gar nichts geht". Anisotroper geht's nicht. Im "Bleistift" oder in Graphitschmierstoffen wird diese Eigenschaft gezielt genutzt; ebenso in **CFK** (Carbon-Faser-Kunststoffverbund).

Die sich aufdrängende Frage ist nun: Warum merkt man vom grundsätzlich anisotropen Verhalten der meisten Kristalle (z. B. der Steine oder der hex. Metalle "eigentlich" nichts? Die Antwort ist:

1. Die meisten Kristalle sind [Polykristalle](#). In jedem [Korn](#) sind die Eigenschaften anisotrop. Über viele Körner mit statistisch verteilten Richtungen gemittelt, finden wir aber einen isotropen Mittelwert.
2. Die Anisotropie ist durchaus vorhanden, fällt dem Laien aber nicht auf, da er die Zusammenhänge nicht durchschaut. Zum Beispiel sind die hexagonal dicht gepackten Metalle wie **Mg** deutlich spröder als die kubischen **fcc**- oder **bcc**-Metalle, und das ist sowohl eine direkte Folge der anisotropen hexagonalen Kristallstruktur als auch ein großes technisches Problem.

#### Defektinduzierte Eigenschaften

Ein **Polykristall** ist im Gegensatz zum **Einkristall** eine Struktur mit **Kristallgitterdefekten**. Diese Defekte können sein Verhalten isotrop machen, obwohl der zugehörige Einkristall stark anisotrop sein kann.

- Ein **Polykristall** enthält notwendigerweise Korngrenzen, und Korngrenzen sind **Defekte im Kristall**. Wir haben einen unübersehbaren Hinweis darauf, dass Defekte die Eigenschaften eines Kristalls stark ändern können, wie schon in der [Einleitung](#) behauptet.

Dass **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** als **Polykristall** plebeisches Schleifpapier oder Korund darstellt, während der mit **Cr** oder **Ti** leicht verunreinigte **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Einkristall** als Rubin oder Saphir teuer verkauft wird, wurde [auch schon mal erwähnt](#).

- Wir werden uns also bald den Defekten im Kristall widmen; vorher schauen wir uns aber noch ein paar wichtige Kristalle genauer an.

[Fragebogen](#)

Einfache Fragen zu 3.1.3