

Vom Kristall zur Solarzelle

Kristalle, Untersuchungsmethoden und Anwendungen

Was sind Kristalle?

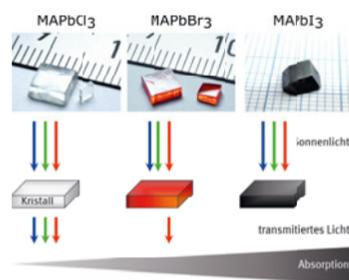
Kristalle sind Festkörper, deren atomare oder molekulare Bausteine in einer räumlich periodischen Struktur angeordnet sind. Viele Materialien, die wir täglich nutzen, sind kristallin, z. B. Kochsalz. Auch technische Geräte, wie etwa Computer oder Handys, aber auch Solarzellen funktionieren nur dank kristalliner Halbleiterelemente.

Kristalle entstehen, wenn Stoffe aus der Gasphase bzw. Schmelze langsam abkühlen oder aus einer Lösung ausgefällt werden. Im Labor arbeiten wir mit Perowskit-Kristallen, die langsam über mehrere Tage gezüchtet und aufgrund ihrer sehr guten optischen und elektronischen Eigenschaften anschließend als aktive Schicht in Solarzellen eingesetzt werden.

→ Optische Eigenschaften von Perowskit-Kristallen. Schwarze Kristalle absorbieren nahezu alle Wellenlängen des sichtbaren Lichts, während transparente Kristalle Licht nahezu vollständig transmittieren.



↑ Kristalle, die uns im Alltag begegnen. Oben: Kochsalz (NaCl) und dessen Kristallstruktur. Unten: Eiskristall und Silizium-Wafer.



Wie funktionieren Solarzellen?

Solarzellen wandeln Lichtenergie (Sonnenlicht) in elektrische Energie um, auch Photovoltaik (PV) genannt. Es gibt kristalline und amorphe sowie anorganische und organische Solarzellen. Organische Solarzellen (s. Bild) können kostengünstig und als flexible bzw. transparente PV-Elemente hergestellt werden.

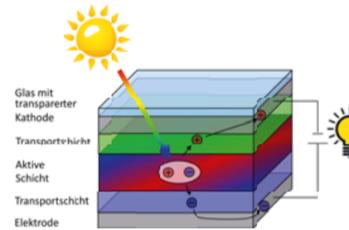
Funktionsweise einer Solarzelle:

- 1) Absorption des Sonnenlichts in aktiver Schicht
- 2) Optische Anregung eines Exzitons (Ladungsträgerpaar)
- 3) Ladungsträger-Dissoziation
- 4) Ladungsträgertransport
- 5) Strom-Extraktion



↑ Organische Solarzelle zur Untersuchung im Labor. Sie können kostengünstig und in großen Mengen als flexible PV-Elemente hergestellt werden.

↓ Funktionsweise einer Solarzelle: Durch Sonnenlicht werden Ladungsträgerpaare erzeugt, die extrahiert werden und eine Photospannung erzeugen.

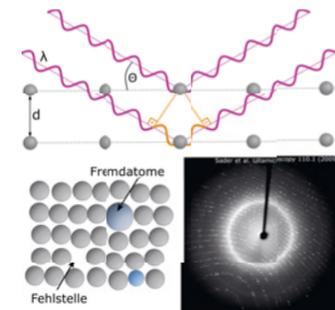


Was passiert im Labor?

Die Struktur bzw. Qualität der Kristalle hat direkten Einfluss auf die Effizienz der Solarzellen und wird mithilfe von Röntgenstrahlen untersucht, die am Kristallgitter gebeugt werden. Durch Überlagerung der einzelnen Strahlen entstehen Interferenzmuster, aus denen sich die Positionen der Atome oder Moleküle bestimmen lassen. Solarzellen werden unter anderem durch das Messen von Strom-Spannungs-Kennlinien charakterisiert.

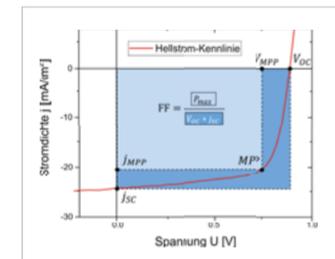
Wichtige Kenngrößen sind:

- 1) Kurzschlussstrom j_{SC} (bei $U = 0$ V)
- 2) Leerlaufspannung V_{OC} (bei $j = 0$ mA/cm²)
- 3) Maximum Power Point (maximale Leistung der Solarzelle P_{max})
- 4) Füllfaktor ($P_{max}/(j_{SC} V_{OC})$)
- 5) Wirkungsgrad (P_{max}/P_{Licht})

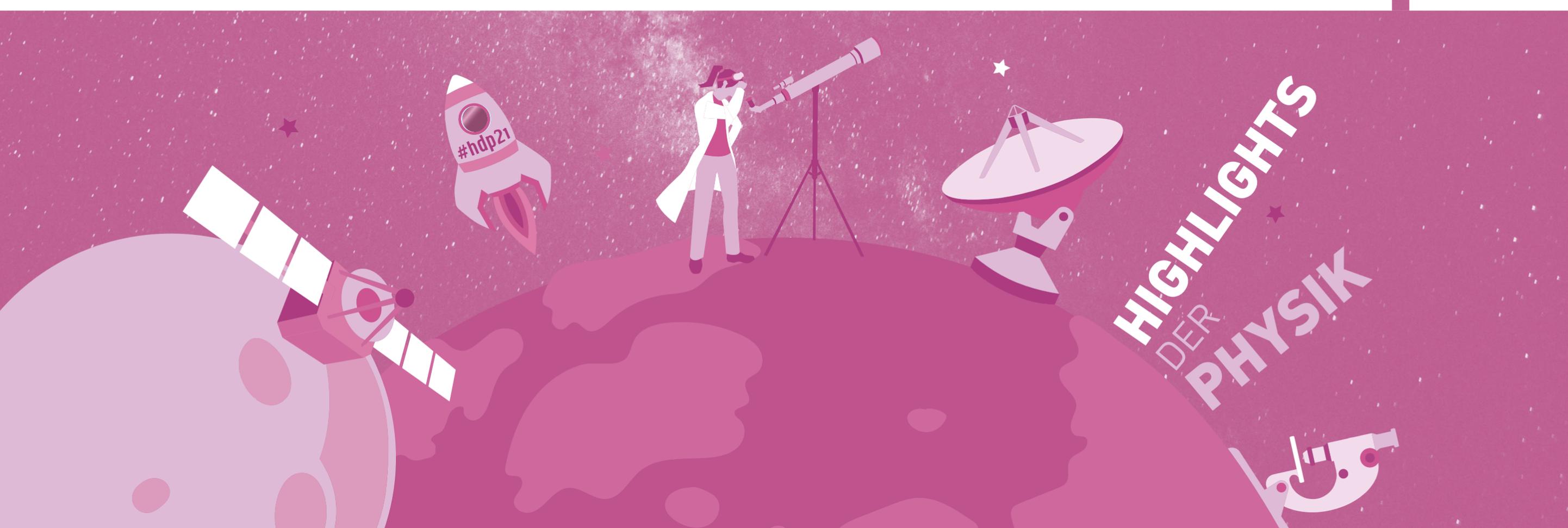


↑ Röntgenstrukturanalyse von Kristallen. Oben: Beugungsbedingung für konstruktive Interferenz am Kristallgitter. Unten: Gitterdefekte in Kristallen und Beugungsmuster eines Kristalls.

↓ Strom-Spannungs-Kennlinie einer Solarzelle mit den wichtigsten Kenngrößen.



D2



HIGHLIGHTS
DER
PHYSIK