



EXPERIMENTIERKOFFER

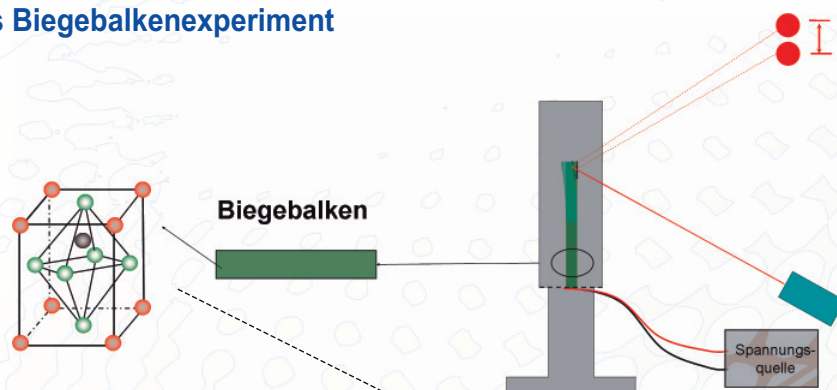
Piezoelektrischer Effekt: Materialien fühlen und agieren

Warum wir mit unseren Handys sprechen und hören können

Der piezoelektrische Effekt

wurde 1880 von den Brüdern Curie entdeckt. Sie wiesen nach, dass sich bestimmte Werkstoffe unter mechanischer Belastung elektrisch aufladen. Die Entwicklung bis hin zu gebrauchsfertigen Bauelementen wird von Forschungsergebnissen auf den Bereichen der Isolierwerkstoffe und Dielektrika bestimmt. Die physikalischen Eigenschaften solcher Werkstoffe sind schon lange bekannt. Die Nutzung des Effektes in technischen Applikationen ging jedoch eng mit den werkstoffwissenschaftlichen Fortschritt auf dem Gebiet der keramischen Materialien einher. Vor allem werkstofftechnologische Hürden mussten zuerst überwunden werden, bevor sich die typischen Anwendungsfelder Sensorik und Aktorik erschließen ließen. Selbst in Bereichen der Mikro- und Nanotechnologie sind piezoelektrische Bauelemente von essentieller Bedeutung. Ein Beispiel sind X-Y-Positionstische mit Schrittweiten von 1 nm!

Das Biegebalkenexperiment



Was ist zu beobachten?

Das Anlegen einer elektrischen Spannung an den Biegebalken führt zu dessen Verformung. Die Reflexion eines Laserstrahls am Ende des Biegebalkens wird auf einem Schirm sichtbar gemacht. Eine Verschiebung des Reflexionspunktes ist beobachtbar.

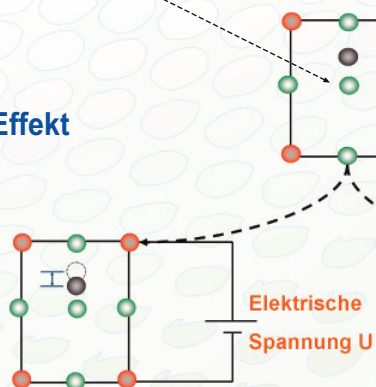
Was geschieht im Werkstoff?

Der Biegebalken besteht aus einer piezoelektrischen **Mischkeramik (PZT)**. Für den Effekt essentiell ist die sogenannte **Perowskitstruktur** des Werkstoffes.

Die **Perowskitstruktur** weist eine **spontane Polarisation** auf, da positiver und negativer Ladungsschwerpunkt der Kristallstruktur nicht zusammenfallen.

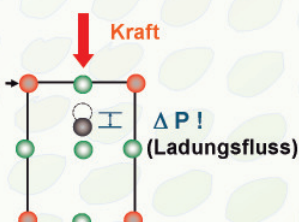
Indirekter piezoelektrischer Effekt

Gitterverzerrung
(Makroskopische Verformung)



Elektrische Spannung U

Direkter piezoelektrischer Effekt



Der Effekt der Piezoelektrizität beschreibt das Zusammenspiel von mechanischem Druck und elektrischer Spannung von Festkörpern.

Direkter piezoelektrischer Effekt: durch Anlegen einer mechanischen Spannung wird eine elektrische Spannung erzeugt.

Inverser piezoelektrischer Effekt: durch Anlegen einer elektrischen Spannung wird der Kristall verformt.

Voraussetzung für den Effekt ist eine unsymmetrische Kristallstruktur, mit einer polaren Achse. Durch die gerichtete Verformung solcher Gitter kommt es zu einer Verschiebung des Ladungsschwerpunkts. Es bilden sich mikroskopische Dipole innerhalb der Elementarzelle. Die Summierung über alle Zellen führt zu einer makroskopisch messbaren Spannung. Umgekehrt kann durch Anlegen einer elektrischen Spannung der Kristall verformt werden.

Der piezoelektrische Effekt ist an Einkristallen entdeckt worden, deren innere Polarisation eine

festen Richtung aufweist. Der klassische Werkstoff ist Quarz. Für technische Anwendungen hingegen werden Materialien mit signifikant stärker ausgeprägtem piezoelektrischen Effekt benötigt. Keramiken auf Titanat-Basis erwiesen sich dabei als prädestiniert. Sie besitzen die Summenformel ATiO_3 . Gemein ist dieser Werkstoffgruppe die Kristallstruktur (Perowskitstruktur). Letztere beeinflusst wesentlich die Stärke des Effektes. Die Mischkeramik Bleizirkonat-Titanat $\text{Pb}(\text{Zr}_{1-x}\text{Ti}_x)\text{O}_3$ gilt als Werkstoff der Wahl.