

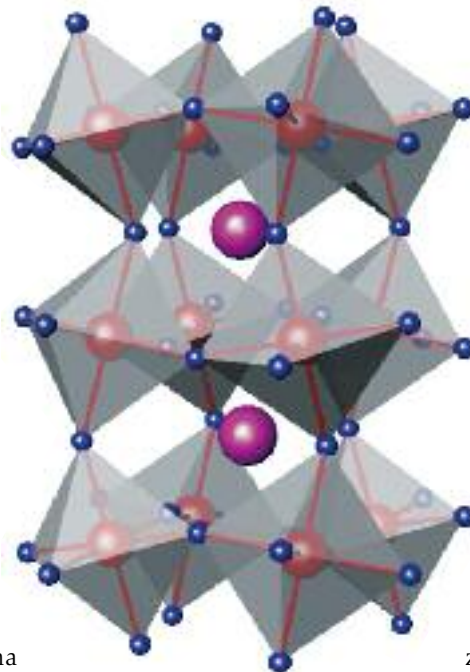
Energie-Metamorphose im Kristall

Die Empa-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler um Anke Weidenkaff wollen «umweltfreundlichen» Strom aus (Ab-)Wärme erzeugen. Und zwar mit Hilfe so genannter Perowskite. Diese Metalloxide sind aufgrund ihrer speziellen Kristallstruktur in der Lage, Wärme direkt in elektrische Energie umzuwandeln.

TEXT: Laura Meier / ILLUSTRATIONEN: Empa

Thermoelektrika werden sie genannt: Materialien, die, sobald in ihnen ein Temperaturunterschied herrscht, elektrischen Strom liefern. Ohne Lärm, Abnützung, Emissionen und ohne das Klima gross zu belasten. Die Empa-Wissenschaftlerin Anke Weidenkaff, Leiterin der Abteilung «Festkörperchemie und -katalyse», sucht mit ihrem Team nach geeigneten Materialien, um dieses Phänomen auch praktisch nutzbar zu machen.

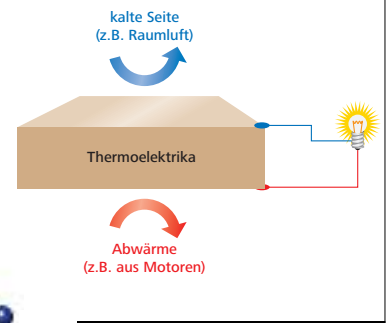
Thermoelektrika sind an sich nicht neu; die bislang «üblichen» derartigen Stoffe enthalten jedoch das seltene und deshalb teure – und dazu noch giftige – Metall Tellur. Ausserdem sind sie nur bei Temperaturen bis zu 300 Grad Celsius stabil und weisen zudem noch einen eher bescheidenen Wirkungsgrad auf. Deshalb wollen die Empa-Forscherinnen und -Forscher ungiftige, stabile und effizientere Thermoelektrika entwickeln. Am zweiten internationalen «Thermopower Symposium» an der Empa präsentierten sie neueste Ergebnisse verschiedener keramischer Thermoelektrika mit perowskitartiger Kristallstruktur.



Perowskitartige Kristallstruktur.

Der Seebeck-Effekt

Ein Temperaturunterschied in einem elektrischen Leiter hat einen Unterschied im elektrischen Potenzial und damit eine Spannung zur Folge. Dieser als Thermoelektrizität bezeichnete Effekt wurde nach Thomas Johann Seebeck benannt, der das Phänomen 1821 erstmals nachwies. Auf der warmen Seite des Leiters haben die freien Elektronen eine grössere Bewegungsenergie und verteilen sich vermehrt auf die kalte Seite. Dadurch nimmt dort die Elektronendichte zu und es bildet sich ein Potenzialunterschied.



Kristalline Verwandlungskünstler für klimafreundlichen Strom

Natürlich vorkommende Perowskite bestehen aus positiv geladenen Metallionen, meist Kalzium und Titan, und Sauerstoff. Ihre häufig schwarzen oder rotbraunen Kristalle haben die Form eines verzerrten Würfels. Zudem weisen sie eine hohe thermische Stabilität an Luft auf, was sie sogar für Anwendungen bei Temperaturen von einigen Tausend Grad Celsius attraktiv macht.

Die Besonderheit der Perowskite liegt in ihrer flexiblen Kristallstruktur, die deutliche Änderungen in der chemischen Zusammensetzung ermöglicht. Und je nach chemischer «Summenformel» unterscheiden sie sich in ihren Eigenschaften: Sie leiten Elektrizität und/oder Wärme oder können gar als Supraleiter eingesetzt werden. Optimiert werden die Thermoelektrika in den Empa-Labors, indem die Forscher bestimmte Kristallbausteine wegnehmen, ersetzen oder hinzufügen, etwa durch Eisen oder Mangan. Sie synthetisieren also neue Materialien mit Perowskitstruktur, deren Leitfähigkeit

Sommerwärme für frostige Wintertage

Kurzzeitig – über Stunden oder gar Tage – lässt sich Wärme durchaus speichern, etwa in entsprechend grossen Wasserreservoirs. Für wesentlich längere Speicherzeiten müsste der Tank jedoch rund ein Viertel so gross sein wie das zu heizende Haus.

Thermochemische Speicherung als Lösung

Ein neuer Ansatz will nun die Energie nicht mehr als Wärme speichern, sondern sie in so genannten Sorptionsmaterialien thermochemisch einlagern. «Das Prinzip beruht auf der Absorption von Wasser durch stark hygroskopisches Material», erklärt Robert Weber von der Abteilung «Bautechnologien», der an der Empa ein vom Bundesamt für Energie finanziertes Projekt leitet. Verluste treten dabei nur beim «Laden» und «Entladen» auf – ideal für einen Langzeitspeicher.

Im Empa-Energiespeicher kommt Natronlauge als kostengünstiges Speichermaterial zum Einsatz. Ein weiterer Vorteil: Im Gegensatz zu anderen Sorptionsspeichern funktioniert der Prozess auch bei lediglich 120 Grad Celsius, Temperaturen also, wie sie bereits herkömmliche Sonnenkollektoren liefern. Die Empa steht mit ihrer Forschung an der Spitze, Weber erhält zahlreiche Anfragen, auch international.

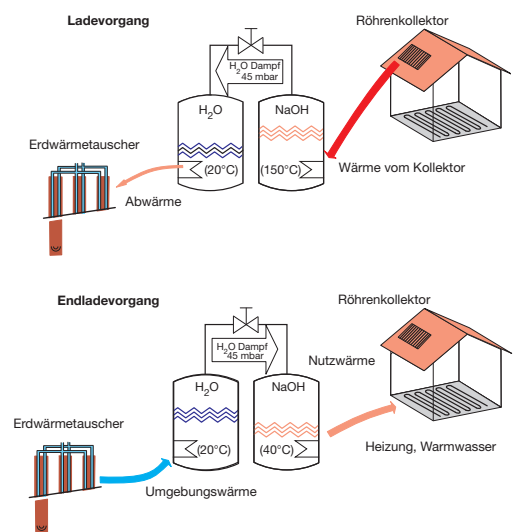
Fürs Brauchwasser braucht's mehr

Doch dem Empa-Forscher genügt eine Lösung «nur» fürs Heizen nicht. Er arbeitet daher bereits an einem mehrstufigen System, um auch Brauchwasser erhitzen zu können. Statt 40 Grad zum Heizen müssten es dann allerdings schon 60 Grad sein. Dazu spannt die Empa mit Partnern wie dem Institut für Solartechnik der Hochschule für Technik Rapperswil zusammen. Nur zu, der nächste Winter steht vor der Tür. //

für Elektrizität oder Wärme und auch die Fähigkeit, Wärme in Elektrizität zu wandeln – die so genannte Thermokraft –, sich durch dieses elementare «Baukasten»-Prinzip gezielt verändern lassen.

Anders als in konventionellen Thermoelektrika bewegen sich die Ladungsträger in den Perowskiten durch «Hüpfprozesse». Diese hängen stark von den jeweiligen Nachbarn ab und können daher durch ein geeignetes Materialdesign beeinflusst werden. Den Empa-Forscherinnen und -Forschern ist es nun gelungen, die Energie pro Ladungsträger (Spin-Entropie) und damit die Thermokraft der neuen Materialien deutlich zu erhöhen; ein Kalziummanganat gilt gar als das bisher beste n-leitende Perowskit-Thermoelektrikum weltweit.

Gute Thermoelektrika sollten bei möglichst guter elektrischer Leitfähigkeit eine möglichst geringe Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Dies erreicht das Empa-Team durch Nanostrukturierung der Materialien. «In Nano-Kristalliten wird der Wärmetransport so stark behindert, dass eine dreifach geringere Wärmeleitfähigkeit resultiert – und dadurch eine entsprechend höhere Thermokraft», so Weidenkaff. Als nächstes wollen die Forscher die Nützlichkeit der Energiewandler etwa für die Rückgewinnung von Abgaswärme in Verbrennungsmotoren unter Beweis stellen. //



Vereinfachte Darstellung der Funktionsweise einer Absorberanlage zur Wärmespeicherung: Die Energie wird chemisch gespeichert und als Nutzwärme wieder abgegeben. Beim Laden wird die Natronlauge mit solarer Wärme aufkonzentriert. Beim Entladen wird die Lauge wieder verdünnt, dabei entsteht Wärme.