
Leistungsfähige und langlebige Brennstoffzellen? Auf das richtige Material kommt es an!

Das Zentrum für Elektronenmikroskopie Graz (ZFE), die Montanuniversität Leoben und das Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart begeben sich Projekt „Seltenerdnickele für zukünftige Energietechnologien (SENTECH)“ gemeinsam auf die Suche nach neuen Keramiken für Hochtemperaturbrennstoffzellen.

verfasst von Judith Lammer, ZFE Graz

Österreich hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2040 Klimaneutralität zu erreichen. Brennstoffzellen gelten als vielversprechende Option für klimaneutrale Energietechnologien – sowohl in stationären wie auch in mobilen Anwendungen. Für die effiziente und umweltfreundliche Energieversorgung von Industrieanlagen, Mehr- bzw. Einfamilienhäusern und Fahrzeugen bieten sich keramische Hochtemperaturbrennstoffzellen an. Diese erzeugen neben elektrischem Strom auch nutzbare Wärme und erreichen dadurch besonders hohe Gesamtwirkungsgrade. Neben reinem Wasserstoff können Hochtemperaturbrennstoffzellen auch mit konventionellen Brennstoffen wie Erdgas betrieben werden. Eine ungelöste Frage ist allerdings noch, wie man leistungsfähige und langlebige Keramiken für Hochtemperaturbrennstoffzellen entwickeln kann. Kreativität in Kombination mit dem nötigen Wissen zur Herstellung und Erforschung neuer Materialien ist hierbei gefragt!

Projektbeschreibung

Im Projekt SENTECH entwickelt das ZFE Graz in Kooperation mit der Montanuniversität Leoben und dem Max-Planck-Institut für Festkörperforschung neue Materialien für keramische Elektroden von Hochtemperaturbrennstoffzellen. Im Fokus steht dabei das Verständnis der chemischen, physikalischen und strukturellen Eigenschaften der Materialien. Speziell der Frage „Warum verhält sich das Material so, wie es sich verhält?“ gehen die Forscher*innen im Projekt SENTECH systematisch auf den Grund. Mit dem gewonnenen Wissen wollen sie „maßgeschneiderte“ Materialien für zukünftige Energieanwendungen entwickeln.

Materialien

Seltenerdnickele – also Keramiken, welche Sauerstoff, Nickel und Seltene Erden wie Lanthan, Praseodym oder Neodym enthalten – sind besonders vielversprechende Materialien für Hochtemperaturbrennstoffzellen. Durch Substitution, das heißt durch das Ersetzen von einzelnen Elementen im Kristallgitter durch andere, bietet sich den Forscher*innen die Möglichkeit, die Materialien gezielt zu verändern. Da die chemischen, physikalischen und strukturellen Eigenschaften dieser neuen Keramiken noch kaum erforscht sind, werden sie mit höchst präzisen Methoden untersucht.

Methoden

Die Herstellung der neuen Seltenerdnickele erfolgt durch chemische Synthese. Die daraus erzeugten Keramiken werden mit Röntgenbeugung, elektrochemischer Impedanzspektroskopie, Thermogravimetrie, Sauerstoff- bzw. Wasserstoffaustauschmessungen und hochauflösender Rastertransmissionselektronenmikroskopie (HR-STEM) untersucht. Die Charakterisierung erstreckt sich von der Messung makroskopischer Eigenschaften wie der elektrischen Leitfähigkeit, über die Bestimmung des strukturellen Aufbaus, bis hin zur hochauflösenden Charakterisierung im Bereich der einzelnen Atome, die durch das einzigartige ASTEM-Mikroskop des ZFE (Austrian Scanning Transmission Electron Microscope) möglich gemacht wird. Darüber hinaus werden die Materialien nicht nur bei Raumtemperatur, sondern auch bei Temperaturen von bis zu 1000°C und in verschiedenen Gasmischungen in situ (quasi live) untersucht.

Ergebnisse

Die von den Partnern*innen gemeinsam erarbeiteten Ergebnisse zu den chemischen, physikalischen und strukturellen Eigenschaften der neuen Seltenerdnickele ermöglichen die Ableitung von Struktur-Eigenschaftsbeziehungen. Diese Beziehungen wurden im Projekt konkret umgesetzt, um leistungsfähigere und langzeitstabilere Materialien, z.B. durch die Substitution von Nickel durch Kobalt, zu erhalten.

Dabei nimmt die hochauflösende Elektronenmikroskopie eine Schlüsselrolle ein: In Abbildung 1 werden Kristalldefekte auf der atomaren Skala identifiziert. Abbildung 2 zeigt die Verteilung der chemischen Elemente Lanthan, Barium und Eisen mit atomarer Auflösung. Zum ersten Mal kann damit eindeutig belegt werden, dass die Barium- und Lanthan-Atome auf den Kristallgitterplätzen separiert sind, was die elektrischen Eigenschaften entscheidend beeinflusst.

Zukünftig können mit diesem Wissen auch Vorhersagen zu den Eigenschaften neuer Keramiken für Anwendungen im Energiebereich gestellt werden, die bislang noch nicht untersucht wurden. Die Projektpartner*innen setzen ihre erfolgreiche Zusammenarbeit auch im Nachfolgeprojekt „Selbstorganisierte protonenleitende Komposite für zukünftige Energietechnologien (PROTEC)“ fort.

Der vollständige Endbericht des Projekts SENTECH kann unter folgendem Link abgerufen werden:
<https://www.energieforschung.at/assets/project/downloads/SENTECH-publizierbarer-endbericht-191127-final.pdf>

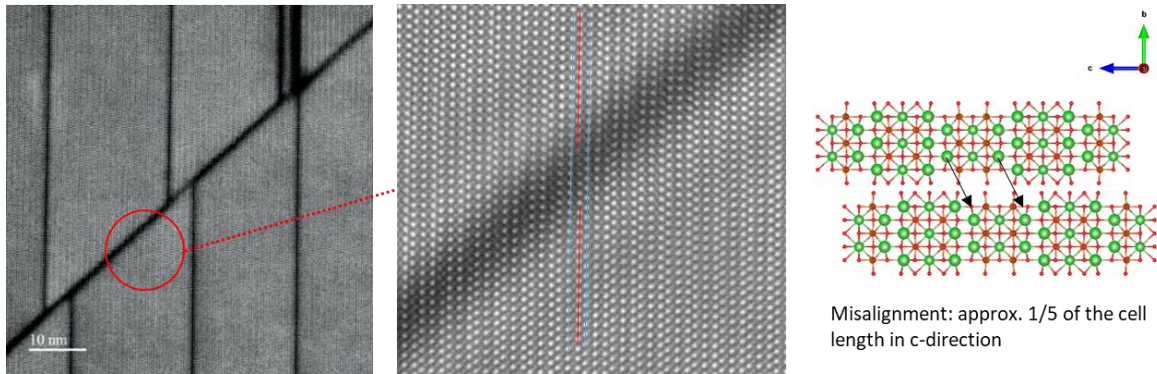


Abb. 1: Atomar aufgelöste HR-STEM Bilder von Defekten in einem Lanthanbariumferrat-Kristall (HR-TEM): Die dunklen Linien ergeben sich durch Verschiebungen der Atome im Kristallgitter.

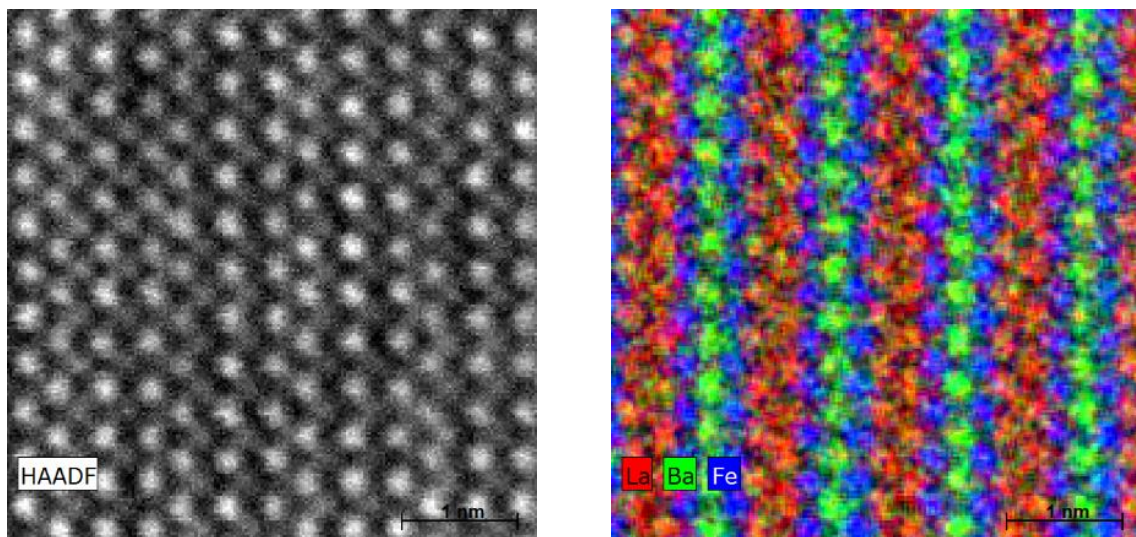


Abb. 2: Hochaufgelöste STEM- und Elementverteilungs-Bilder von Lanthanbariumferrat zeigen die Anordnung von Lanthan (rot), Barium (grün) und Eisen (blau) auf atomarer Ebene im Kristall.

Projektpartner

Montanuniversität Leoben (MUL), Lehrstuhl für Physikalische Chemie

Zentrum für Elektronenmikroskopie Graz (ZFE)

Max-Planck-Institut für Festkörperforschung (MPI) Stuttgart

Projektleiterin:

Assoz.Prof. DI Dr. Edith Bucher (MUL)

Projektmitarbeiter*innen am ZFE:

Ao.Univ.-Prof. DI Dr. Werner Grogger

DI Judith Lammer

Martina Dienstleder

Fördermittelgeber:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (Projekt Nr. 853538)

"Klima- und Energiefond" im Rahmen des Programms "Energieforschung (e!MISSION)"