Energie
Nationale Forschungsprogramme 70 und 71

Projekt

Selbstregenerierbare Katalyten

Smartes Material für Brennstoffzellen regeneriert sich selber

Smartes Material für Brennstoffzellen regeneriert sich selber

Als CO_2-arme, effiziente Energielieferanten sind so genannte Hochtemperatur-Brennstoffzellen für den stationären Einsatz eine zukunftsträchtige Technologie. Die gegenwärtig verfügbaren Geräte sind jedoch noch zu wenig robust und langlebig. Ein neu entwickeltes, «smartes» Material verspricht diesen Mangel zu beheben.



In japanischen Haushalten wurden mit staatlicher Unterstützung über 120‘000 Energieaggregate mit Brennstoffzellen installiert. *Quelle:* AdobeStock

Auf einen Blick

- Ein neuartiges Material, das sich selber regeneriert, macht ortsfeste Brennstoffzellen langlebiger und damit wirtschaftlicher.
- Mit dem neuen Material ausgerüstete Brennstoffzellen könnten direkt mit CO_2-neutralen Energieträgern wie Biogas betrieben werden.
- Als effiziente Kleinkraftwerke, die Gebäude gleichzeitig mit Strom und Wärme versorgen, könnten Brennstoffzellen zur Senkung des CO_2-Ausstosses beitragen.

Ein wichtiger Aspekt der Energiestrategie 2050 ist die vermehrt dezentrale Energieversorgung. Als Energielieferanten kommen unter anderem stationäre Brennstoffzellen in Frage, besonders die sogenannten Hochtemperatur-Brennstoffzellen, die mit einer Temperatur von bis zu 900 Grad arbeiten. Punkto Effizienz sind diese Kleinkraftwerke unschlagbar: Eine Brennstoffzelle kann einen Haushalt gleichzeitig mit Strom und Wärme beliefern, und dabei 95 Prozent der Energie im Brennstoff nutzbar machen. Demgegenüber erreicht die heutige Energieversorgung der Haushalte, die sich aus Netzstrom und fossilen Energieträgern speist, insgesamt eine Effizienz von lediglich 60 Prozent.

Dank ihrer hohen Effizienz stossen Hochtemperatur-Brennstoffzellen auch weniger CO_2 aus als die heute verbreiteten Energielieferanten. Der CO_2-Ausstoss lässt sich noch weiter senken, wenn als Brennstoff CO_2-neutrales Gas aus erneuerbaren Quellen wie Biomasse verwendet wird.

Bis anhin konnten sich jedoch Brennstoffzellen als Energiequelle nicht durchsetzen. Ein Problem ist ihre relativ kurze Lebensdauer, die die Geräte verteuert. Ausserdem sind Hochtemperatur-Brennstoffzellen empfindlich auf Schwefelverbindungen, wie sie etwa in Biogas vorkommen. Daher werden solche Verunreinigungen zuerst aus dem Gas entfernt – das ist aufwändig.

Die Achillesferse der Hochtemperatur-Brennstoffzelle ist der Katalysator, der die Brennstoffmoleküle aufspaltet und so Wasserstoff für die energieerzeugende Reaktion freisetzt. Herkömmliche Katalysatoren vertragen wiederholtes An- und Abschalten schlecht, weil dabei der katalytisch aktive Bestandteil Nickel verklumpt und mit der Zeit seine Funktion verliert. Ähnlich wirkt sich auch die hohe Betriebstemperatur mit der Zeit schädigend aus.

Smarte Selbstheilung

An dieser Schwachstelle setzt die Arbeit der Forschenden der ZHAW an. Sie haben ein neuartiges Katalysatormaterial entwickelt, das über einzigartige «smarte» Eigenschaften verfügt. Das neue Material regeneriert sich selber, wenn der Brennstoff abwechselnd zugeschaltet (reduktive Bedingungen) und abgeschaltet wird (oxidative Bedingungen). Dieser Redox-Zyklus ist also nicht wie bei herkömmlichen Hochtemperatur-Brennstoffzellen für den Katalysator schädlich, sondern wirkt hier wiederbelebend. Das Nickel bleibt aufgrund eines neuentwickelten Herstellungsprozesses in feine Partikel verteilt und behält dadurch seine katalytische Funktion über lange Zeit. Zusätzlich funktioniert das Material nicht nur besser mit schwefelhaltigen Brennstoffen, sondern zeigt schon nach zwei Redox-Zyklen wieder die volle Leistung. Alle diese Vorteile verlängern die Lebensdauer des Katalysators beträchtlich. Nebenbei weist das neuartige Material noch ein weiteres attraktives Merkmal auf: Gegenüber bestehenden Brennstoffzellen senkt es den Bedarf an Nickel um 90 Prozent und verspricht so eine geringere Umweltbelastung.

Gut verwurzelt

Anders als bisher liegen im neu entwickelten Material die Nickelpartikel nicht auf dem Trägermaterial auf, sondern sind darin regelrecht verwurzelt. Die Forscher vermuten, dass dies den Katalysator stabilisiert und verhindert, dass das Nickel verklumpt.

Dafür verantwortlich ist vor allem ein neues Herstellungsverfahren. Dieses sorgt für eine hochreine und homogene Vermischung des Nickels mit den anderen Bestandteilen und verleiht dem Material seine «Selbstheilungskräfte». Diese smarten Eigenschaften – so konnten die Forschenden zeigen – bleiben auch in einem praxisnahen Versuchsaufbau erhalten.

Ein vielversprechender Anfang

Jedoch ist es bis zu einer Markteinführung noch weit, denn das neue Katalysatormaterial wird bislang noch in keiner Brennstoffzelle eingebaut. Denn für die Leistungsfähigkeit des kompletten Geräts spielen noch weitere Materialeigenschaften eine Rolle, besonders die elektrische Leitfähigkeit. Sie liegt gegenwärtig noch deutlich tiefer als bei herkömmlichen Katalysatoren. Eine Brennstoffzelle mit dem neuen Material in seiner jetzt verfügbaren Form würde deshalb noch eine ungenügende Leistung liefern.

Auch Marktmassnahmen sind nötig

Die Wissenschaftler weisen aber auch auf die Marktsituation hin, die derzeit für die Verbreitung von Brennstoffzellen-Anlagen ungünstig sei. So besteht in der Schweiz keine landesweite Förderung solcher Geräte, und der tiefe Strompreis mindert ihre Wirtschaftlichkeit. Zudem sei die Technologie und ihre Vorzüge bei den Konsumenten noch zu wenig bekannt.

Produkte aus diesem Projekt

- Fundamental relationships between 3D pore topology, electrolyte conduction and flow properties: Towards knowledge-based design of ceramic diaphragms for sensor applications
  Publikationsdatum: 01.01.18
- Structural Reversibility and Nickel Particle stability in Lanthanum Iron Nickel Perovskite-Type Catalysts
  Publikationsdatum: 01.01.18
- Big Data for Microstructure-Property Relationships: A Case Study of Predicting Effective Conductivities
  Publikationsdatum: 01.01.18
- Lanthanum doped strontium titanate - ceria anodes: Deconvolution of impedance spectra and relationship with composition and microstructure
  Publikationsdatum: 01.01.18
- Smart material concept: reversible microstructural self-regeneration for catalytic applications
  Publikationsdatum: 01.01.18
- Microstructure-property relationships in a gas diffusion layer (GDL) for Polymer Electrolyte Fuel Cells
  Publikationsdatum: 01.01.18
- Stochastic 3D modeling of complex three-phase microstructures in SOFC-electrodes with completely connected phases
  Publikationsdatum: 01.01.18
- SMART catalyst based on doped Sr-titanite for advanced SOFC anodes
  Publikationsdatum: 01.01.18
- Optimization of Ni-YSZ Anode Performance by Virtual Materials Testing
  Publikationsdatum: 01.01.18
- Exsolution and integration of nanosized SMART catalysts for next generation SOFC anodes
  Publikationsdatum: 01.01.18
- LST-CGO anodes: deconvolution of impedance spectra and relationship with composition and microstructure
  Publikationsdatum: 01.01.18
- Lanthanum doped strontium titanate - ceria anodes: Deconvolution of impedance spectra and relationship with composition and microstructure
  Publikationsdatum: 01.01.18
- SMART catalyst based on doped Sr-titanite for advanced SOFC anodes
  Publikationsdatum: 01.01.18
- Exsolution and integration of nanosized SMART catalysts for next generation SOFC anodes
  Publikationsdatum: 01.01.18
- Self Self-regenerating catalyst for efficient energz production with renewable fuels
  Publikationsdatum: 01.01.18
- Renewable fuels for sustainable electricity production
  Publikationsdatum: 01.01.18
- Puzzleteile eines neuen Energiesystems
  Publikationsdatum: 01.01.18

Team & Kontakt

Prof. Dr. André Heel
HSR Hochschule für Technik Rapperswil
Oberseestrasse 10
Rapperswil

+41 (0)55 222 41 11



Dariusz Burnat



Lorenz Holzer



Andre Heel
Projektleitung

Alle Aussagen diesen Seiten bilden den Stand des Wissens per 17.12.2018 ab.