

1 Titan-Sinter als poröse Transportlage für eine PEM-Elektrolysezelle.

© Fraunhofer ISE

2 Poröser Metallschaum vor und nach Katalysatorbeschichtung mit hoher aktiver Oberfläche.

© Fraunhofer IFAM

## BRENNSTOFFZELLEN UND ELEKTROLYSE

### Chancen und Herausforderungen

Elektrolyseure und Brennstoffzellen sind ein wichtiges technologisches Bindeglied zwischen elektrischen und stofflichen Energieträgern.

Die Herausforderungen für diese Wasserstoff-Technologien liegen in der Kostensenkung auf ein betriebswirtschaftlich rentables Niveau sowie in der Erhöhung der Lebensdauer. Beide Aspekte müssen unter anderem bei den eingesetzten Materialien ansetzen. Dabei gilt es einerseits, teure Materialien wie Edelmetallkatalysatoren einzusparen, andererseits muss die Robustheit der Materialien gegenüber den korrosiven Betriebsbedingungen wie hohen Potenzialen, aber auch gegenüber harschen Umwelteinflüssen wie Schadstoffen, Frost, Hitze und Feuchte gesteigert werden.

### Stand der Forschung und Technik

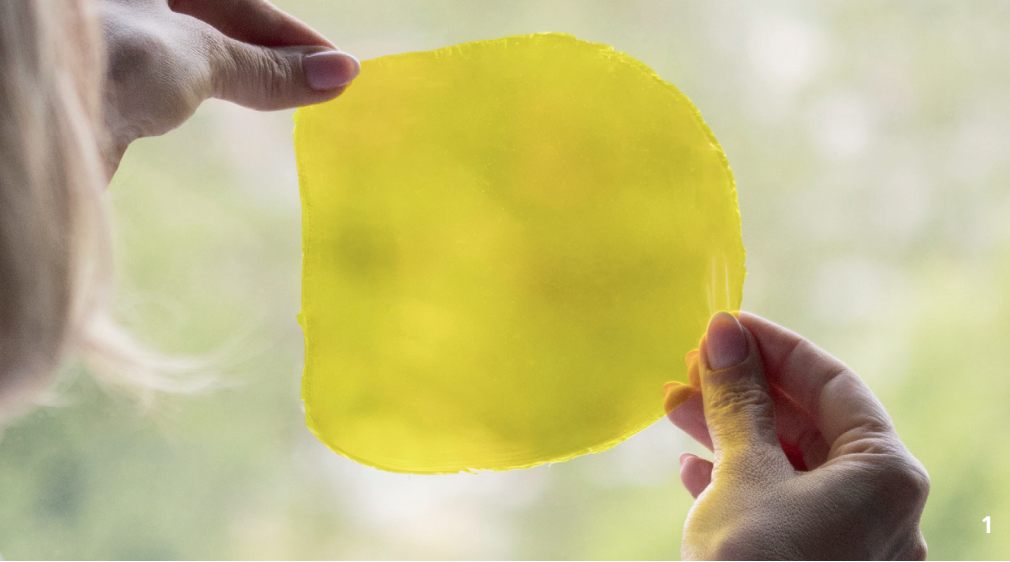
Es gibt verschiedene Typen von Brennstoffzellen, die spezifische Anforderungen an die Materialien stellen:

- Niedertemperatur-Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen (NT-PEMBZ, bis ca. 100 °C) werden aufgrund ihrer dynamischen Betriebsweise für mobile Anwendungen favorisiert.
- Hochtemperatur-PEMBZ (bis ca. 200 °C) werden vor allem in erdgasbasierten, stationären Systemen eingesetzt, da sie eine hohe CO-Toleranz aufweisen.
- Direktmethanol-Brennstoffzellen (DMBZ, bis 60 °C) finden Anwendung vorrangig in portablen Systemen, da sie mit Methanol einen kompakt speicherbaren Kraftstoff nutzen.
- Alkalische Brennstoffzellen (ABZ, bis 60 °C) nutzen einen flüssigen alkalischen Elektrolyten oder eine mit Alkalilauge getränkte Membran.

- Anionentauschermembran-Brennstoffzellen AEMBZ benötigen keinen flüssigen Elektrolyten.
- Festoxidkeramische Brennstoffzellen (SOFC, bis 850 °C) werden aufgrund der hohen elektrischen Wirkungsgrade und Brennstoffflexibilität für portable und stationäre Anwendungen priorisiert.

Für die Elektrolyse von Wasser zur Wasserstoffherzeugung haben sich vor allem drei Verfahren durchgesetzt:

- Alkalische Elektrolyseure (AEL, analog zur ABZ) arbeiten mit einem alkalischen Flüssigelektrolyten und die Elektroden bestehen aus nickelbasierten Katalysatoren. Sie sind seit Jahrzehnten etabliert, vergleichsweise kostengünstig, robust und prädestiniert für den atmosphärischen Betrieb. Auch hier wird an Versionen mit Anionentauschermembran und damit reduzierten Anforderungen an den flüssigen Elektrolyten gearbeitet.
- Die Polymerelektrolytmembran-Elektrolyse



1 Protonenleitende Membran basierend auf heteroaromatischen Hauptkettenpolymeren.  
© Fraunhofer IAP

(PEM-Elektrolyse) wird vor allem für die Kopplung mit fluktuierenden Stromerzeugern favorisiert, da sie sehr dynamisch in einem großen Lastbereich betrieben und schnell zu- und abgeschaltet werden kann.

- Die Hochtemperatur-Elektrolyse (HTEL) auf Basis festoxidkeramischer Elektrolysezellen kann aufgrund der Betriebstemperaturen von ca. 800 °C auch umgekehrt als Brennstoffzelle betrieben werden. Sie erzielt hohe elektrische Wirkungsgrade, wenn Wasserdampf z.B. aus Industrieprozessen vorliegt und sie kontinuierlich betrieben wird.

#### Materialwissenschaftlicher FuE Bedarf

Mit der Lösung folgender materialbezogener Fragestellungen für Brennstoffzellen und Elektrolyseure können die bestehenden Herausforderungen gemeistert werden.

**Katalysatoren:** Im Wesentlichen geht es um eine Reduzierung der Katalysatorbeladung bzw. um eine bessere Ausnutzung des Katalysators in der Elektrode, sowie um die Steigerung der Lebensdauer, u.a. durch Abscheiden des Katalysators auf elektrochemisch weitgehend stabilen Trägermaterialien. Weiterhin stellt die Realisierung von effizienten 3-Phasen-Grenzen zwischen Elektronen- und Ionenleitung und dem Porenraum eine Herausforderung da. Im dynamischen Betrieb muss die Stabilität bei thermischen, Redox- und Lastzyklen verbessert werden. Bei HTEL geht es um die Verringerung der Degradationsraten insbesondere bei hohen Stromdichten, wo Delamination der Luftelektrode und Nickelabwanderung auf der

Wasserdampfelektrode beobachtet werden.

**Elektrolyten:** Entwicklungsanstrengungen müssen unternommen werden, um die Ionenleitung weiter zu verbessern, sowie das Crossover der Reaktanden zu minimieren und die Materialstabilität gegenüber Radikalangriffen zu erhöhen. Gleichzeitig muss insbesondere für automobiler PEMBZ der limitierende Einfluss des Elektrolyten in der Katalysatorschicht auf den Massentransport reduziert werden, um weitere Steigerungen der Leistungsdichte zu ermöglichen, die Herstellungskosten zu senken und den Fluorgehalt zu verringern. Bei der HT-PEMBZ ist ein wesentlicher Schritt die Substitution der imprägnierten Phosphorsäure durch einen polymeren Festelektrolyten. Bei den Festoxidzellen (SOC) liegt der Schwerpunkt auf der Verbesserung der mechanischen Festigkeit des tragenden Zellelementes (Elektrolytsubstrat oder Cermet-Substrat) bei hohen Temperaturen.

**Poröse Transportlagen:** Forschungsschwerpunkte sind die Erhöhung der Permeabilität und Diffusivität, gerade auch im Zusammenhang mit dem Wassermanagement und dem Benetzungsverhalten. Ferner wird eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften hinsichtlich der Fertigungstoleranzen und des thermischen Ausdehnungsverhaltens, sowie eine Senkung der Herstellkosten angestrebt.

**Bipolarplatten:** Es werden Materialien gefordert, die bei guter Umformbarkeit immer weniger Bauraum benötigen, elektrochemisch inert sind (keine Korrosion), eine dauerhafte Dichtheit garantieren (kein Versprödung) und minimale Kontaktwiderstände gegenüber den porösen Transportlagen aufweisen. Bei SOC liegt der

Schwerpunkt auf den Beschichtungen, die möglichst geringe Oxidationsraten der BPP auf der Luftseite und damit verbundenen Widerstandsanstiegsraten realisieren lassen.

**Dichtungen:** Dichtungsmaterialien müssen sehr kostengünstig sein, sich leicht und kosteneffizient verarbeiten lassen und auch über lange Lebensdauern keine Alterung zeigen. In der Regel müssen die Dichtungen auf das Ausgleichen von Fertigungstoleranzen ausgelegt sein und somit eine gewisse Elastizität besitzen. Bei planaren SOC müssen die Glasdichtungen der korrosiven Wasserdampfbelastung bei hohen Temperaturen lange standhalten.

**Systemtechnik:** Zwischen allen oben angesprochenen Einzellagen müssen die elektrischen, ionischen bzw. diffusiven Kontaktwiderstände in den Grenzschichten verbessert werden.

#### Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile - MATERIALS

Bartningstraße 47  
64289 Darmstadt

Kontakt  
Dr. phil. nat. Ursula Eul  
Telefon +49 6151 705-262  
info-verbund-materials@lbf.fraunhofer.de

[www.materials.fraunhofer.de](http://www.materials.fraunhofer.de)