

# Brennstoffzellen brauchen noch Geduld

Stand der Forschung in der Schweiz am 15. EFCF

Jürg Wellstein

*Ungebrochen ist die Faszination über die Chancen der Brennstoffzelle als direkter Energiewandler für unterschiedliche Einsatzgebiete. Materialtechnische und energiepolitische Hindernisse erschweren aber nach wie vor den breiten Einsatz. Nischenprodukte hingegen haben schon heute Erfolg.*

Schon lange fasziniert die direkte Umwandlung eines gasförmigen oder flüssigen Energieträgers in Elektrizität die Fachwelt. Deshalb stellt die Brennstoffzellen-Technologie seit Jahrzehnten einen bedeutenden Hoffnungsträger dar, der sowohl für die Mobilität als auch für die dezentrale Stromerzeugung geeignet wäre.

Vor rund zwanzig Jahren begannen am Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen – mit Unterstützung des Bundesamts für Energie (BFE) – entsprechende Forschungsarbeiten. Inzwischen ist weltweit die konkrete Umsetzung sowohl in der Antriebstechnik von Strassenfahrzeugen als auch bei der Wärme-Kraft-Kopplung vorangetrieben worden. Materialtechnische und energiepolitische Hindernisse standen bisher einer breiteren Nutzung der Brennstoffzellen jedoch im Weg.

## Forum internationaler Experten

Das 15. Europäische Brennstoffzellen-Forum in Luzern bot vom 28. Juni bis 1. Juli 2011 erneut eine Plattform für zahlreiche internationale Experten aus Forschung und Industrie, sich über die neuesten Entwicklungen im gesamten Brennstoffzellen-Bereich auszutauschen. Im Rahmen dieses Forums haben zwei der führenden Brennstoffzellen-Forscher der Schweiz einen grundlegenden Überblick geboten. Dr. Günther G. Scherer, vom Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen, und Dr. Jan Van Herle, vom LENI-Laboratorium der ETH Lausanne, behandelten dabei die derzeitigen Fragestellungen im Spektrum der Brennstoffzellen-Technologien.



Das 15. Europäische Brennstoffzellen-Forum in Luzern bot eine Plattform für zahlreiche internationale Experten aus Forschung und Industrie. Gezeigt wurden auch Nischenprodukte, wie der Leichtflieger mit Brennstoffzellenantrieb, der 2009 erstmals den Kanal nach England überquerte. (Bild: LENI, EPFL)

Von der Faszination dieser Energiewandler sind nicht nur die Forschenden und Entwickler ergriffen, sondern auch zahlreiche Auto- und Elektronik-Hersteller, Energieversorger und internationale Organisationen. Die EU förderte beispielsweise ein Programm zur Wasserstoff-Nutzung mit Brennstoffzellen für den Transport, für Flottenbusse, Personenwagen und Kleinfahrzeuge sowie das CUTE-Projekt (*Clean Urban Transport in Europe*), mit welchem in zahlreichen europäischen Städten Brennstoffzellen-Busse eingesetzt werden. Das nun aktive Programm CHIC (*Clean Hy-*

*drogen in European Cities*) verfolgt ein ähnliches Ziel. Fünf Postauto-busse werden im Rahmen dieses Vorhabens Ende 2011 auch im Kanton Aargau unterwegs sein.

## Materialtechnische Herausforderungen

Das Brennstoffzellen-Prinzip ermöglicht die direkte Stromerzeugung aus unterschiedlichen gasförmigen oder flüssigen Energieträgern: von Biogas bis Wasserstoff, von Erdgas bis Methanol usw. Grundlage bildet stets die Elektrochemie, also die entsprechenden Phänomene an jeweiligen Oberflä-

chen der beiden im Einsatz stehenden Elektroden (Abb. 1). Im Gegensatz zum Carnot-Prozess, auf welchem die konventionellen Verbrennungsverfahren zur Erzeugung von mechanischer Energie beruhen, bieten die Brennstoffzellen mit dem direkten elektrochemischen Schritt einen höheren thermodynamischen Wirkungsgrad, vor allem auch bei tiefen Betriebstemperaturen. Dies kommt beispielsweise beim Teillastverhalten zum Ausdruck, weshalb die Eignung in Strassenfahrzeugen immer betont wurde. Brennstoffzellen können un-

terschiedliche Brennstoffe nutzen, was jedoch angepasste Elektrolyt-Materialien bedingt und damit zu unterschiedlichen Arbeitstemperaturen führt (Abb. 2). Während bei Niedertemperatur-Brennstoffzellen vor allem die Stromproduktion im Mittelpunkt steht, wird bei den Hochtemperatur-Brennstoffzellen auch gezielt die Wärmenutzung angestrebt. Die Grenzen des jeweiligen Anwendungsspektrums sind allerdings fließend; so werden beispielsweise in Japan auch Niedertemperatur-Aggregate für Niedertemperatur-Heizsysteme eingesetzt.

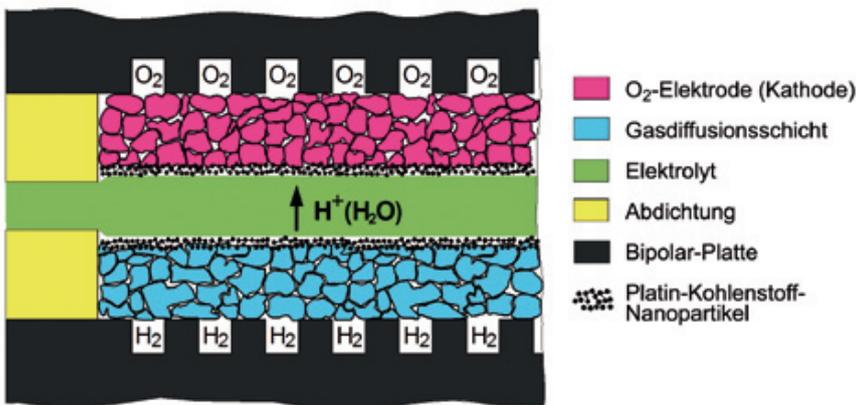


Abb. 1 Zellenkonzept mit beiden Elektroden, dem dazwischen liegenden Elektrolyt, den Platten für die Zuleitung der beiden Gase sowie den Dichtungskomponenten. (Quelle: PSI)

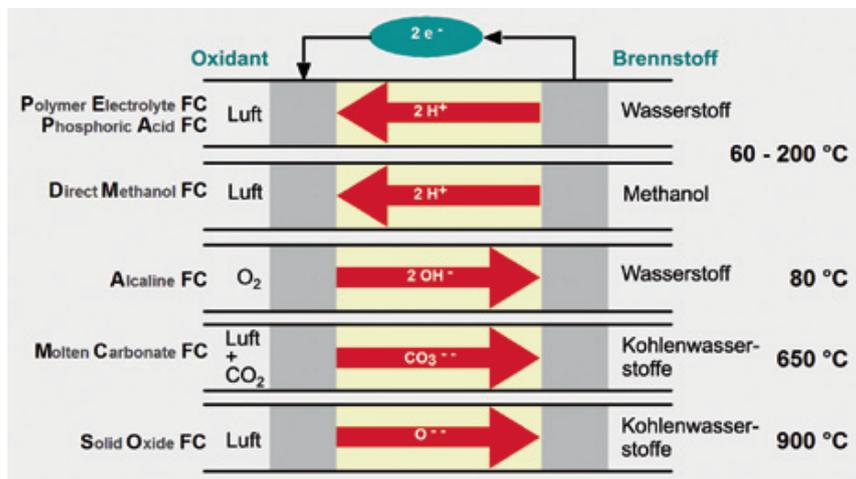


Abb. 2 Brennstoffzellen-Familie: Unterschiedliche Brennstoffe, Betriebstemperaturen sowie Elektrolytmaterialien – für verschiedene Einsatzgebiete. (Quelle: PSI)

### Gase, Wasser und Elektrizität in der Zelle

Günther G. Scherer, Spezialist für Niedertemperatur-Brennstoffzellen, wies auf das Befeuchtungs- und Wasserfluss-Problem hin, das vor allem bei PEFC-Zellen auftritt. Aus den eingesetzten Gasen Wasserstoff und Sauerstoff entsteht Wasser, das abgeführt werden muss. Gleichzeitig wird beim Polymer-Elektrolyten durch die Befeuchtung die elektrische Leitfähigkeit verbessert. An den Strom leitenden, aber auch nicht leitenden Flächen entstehen deshalb Ausdehnungseffekte der eingesetzten Materialien. Die Optimierung der Fließfelder von flachen Zellen ist ein Forschungsanliegen, das beim Paul Scherrer Institut auch mithilfe der dort vorhandenen Neutronenquelle untersucht werden kann (Abb. 3). Dabei wird das Wasser in seinem Fluss und seiner Verbreitung auf der Zelle sichtbar gemacht. Somit sind verbesserte Gestaltungskonzepte möglich.

Eine zusätzliche Herausforderung stellt die Tatsache dar, dass die Feuchtigkeit dem Wechsel des Fahrbetriebs angepasst werden muss, also variabel erfolgen sollte.

Für eine verbreitete Anwendung der Brennstoffzelle in Fahrzeugen spielen die beiden Parameter Kosten und Betriebszuverlässigkeit eine wichtige Rolle. Membranen und die bei PEFC zum Einsatz kommende Platin-Beschichtung stellen heute rund 50 % der Zellenkosten dar. Alternative Materialien sind gefragt, mit denen jedoch dieselbe elektrochemische Wirkung erzielt werden muss. Gleichzeitig werden auch geeignete Lösungen für die notwendige Wärmeabgabe verlangt. Mit diesen Herausforderungen befassen sich Forschende weltweit.

### Wasserstoff durch Sonnenenergie

Global betrachtet stellt sich beim Einsatz von Wasserstoff auch die Frage nach der Herkunft dieses Energieträgers. Rund 96 % der Weltproduktion werden aus fossilen Quellen erzeugt, zu rund 80 % aus Erdgas und Erdöl. Die Haupteinsatzgebiete von Wasserstoff liegen heute in der chemischen Synthese und bei Erdölraffinerien.

Als Grundidee verfolgt das PSI – zusammen mit der *Belenos Clean Power* in Biel, die sich am Brennstoffzellen-Forum in Luzern ebenfalls präsentiert hat – ein Mobilitätsprojekt, das die dezentrale Herstellung von Wasserstoff durch Sonnenenergie verfolgt. Der Solarstrom wird hierbei für ein kompaktes Elektrolysegerät eingesetzt, in welchem Wasser-

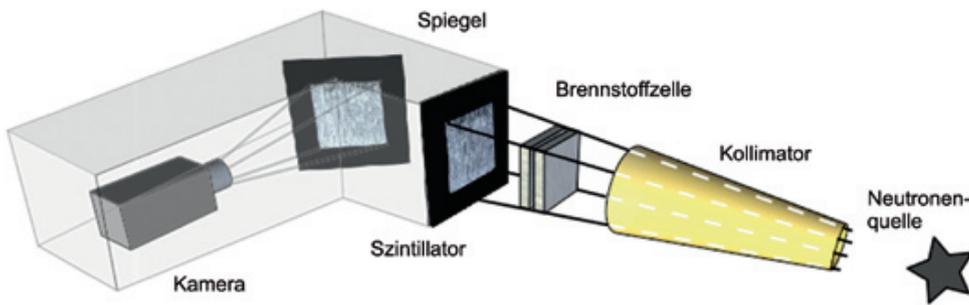


Abb. 3 Mithilfe der Neutronenquelle können Forschende am PSI den Wasserfluss in den Zellen sichtbar machen. (Quelle: PSI)

Effizienzverbesserung im Vordergrund: Wirkungsgradverluste bei Spannung, Strom und thermodynamischem Ertrag (Abb. 5). Zusammen prägen diese Verminderungen die eigentliche Effizienz. Diese drei Stichworte müssen im Gesamtkontext der Systembildung betrachtet werden. Denn die Zellen stellen nur den Mittelpunkt einer umfassenden Anlage dar, deren weitere Komponenten optimal aufeinander abgestimmt werden müssen.

Bei SOFC-Zellen kann anstelle von Erdgas auch Biogas eingesetzt werden. Die Gasaufbereitung und die unterschiedlichen Gefahrenpunkte durch entsprechende chemische Reaktionen mit verwendeten Materialien müssen ebenfalls beachtet werden.

Die SOFC wurden erfolgreich in (zu teurer) zylindrischer Bauweise angeboten, während die günstiger produzierten, flach gestalteten Zellen sich vermehrt als Standard durchsetzen, aber noch weitere Entwicklungsschritte brauchen. Mit

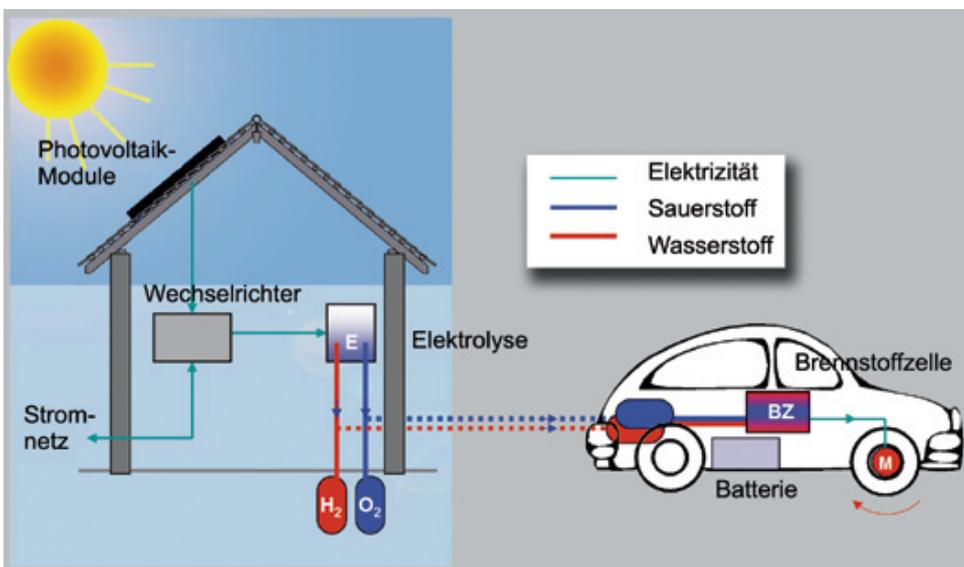


Abb. 4 Das Mobilitätskonzept des PSI und der Belenos Clean Power basiert auf einer dezentralen Elektrolyse durch Solarstrom und dem entsprechenden Einsatz einer Brennstoffzelle im Auto. (Bild: Belenos Clean Power IPSI)

stoff und Sauerstoff entstehen – Ausgangspunkt für die Nutzung in einer PEFC im Leichtbaufahrzeug (Abb. 4). Dieses soll mit einer Kombination von Brennstoffzelle und einem elektrochemischen Speicher (Batterie oder Kondensatoren) einen zukunftsorientierten Fahrbetrieb ermöglichen.

Für die beiden Brennstoffzellen-Experten stellt die zentralisierte Wasserstoff-Infrastruktur für die allgemeine Mobilität ebenfalls eine sinnvolle Option dar. Im Moment sind dazu aber erst Ansätze vorhanden, eine Realisierung wird erst später möglich. In mobilen Elektronikgeräten zeichnet sich ein gezielter Einsatz von kleinformatigen Brennstoffzellen jedoch bereits ab.

### Hochtemperatur-Systeme für zusätzliche Wärmegewinnung

Für Jan Van herle, Spezialist für Hochtemperatur-Brennstoffzellen, stehen drei Bereiche zur

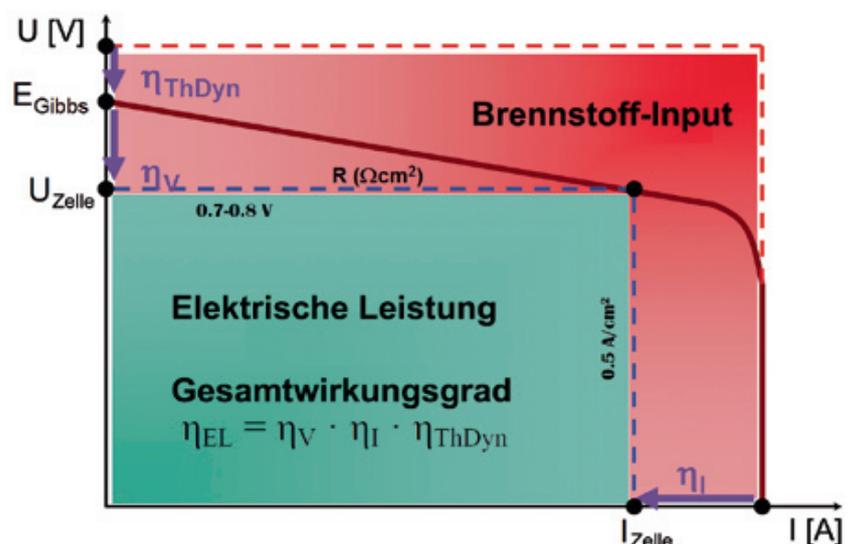
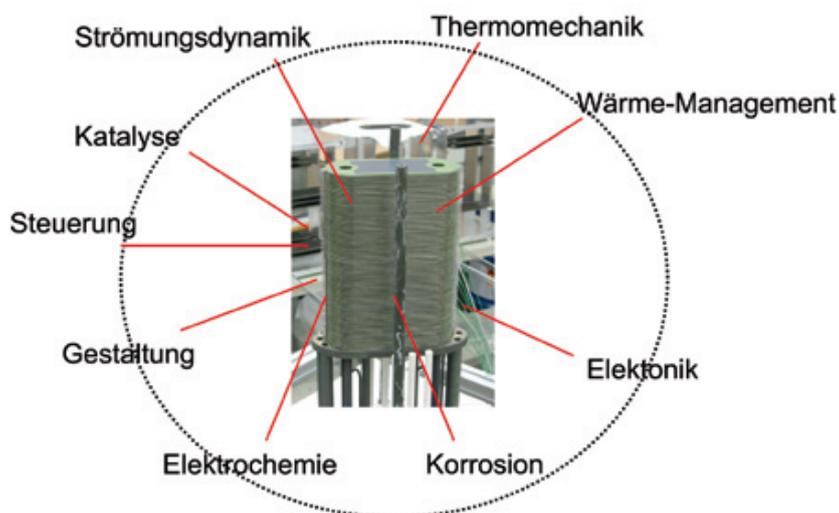


Abb. 5 Der elektrische Wirkungsgrad einer Brennstoffzelle wird durch drei Verlustbereiche bestimmt. Hier müssen Verbesserungsmaßnahmen einsetzen. (Bild: LENI, EPFL)



**Abb. 6** Die Forschung im Bereich der Brennstoffzellen ist auf multidisziplinäre Kompetenzen angewiesen.  
(Bild: LENI, EPFL)

beiden Konstruktionsformen werden elektrische Wirkungsgrade von 60 % erreicht. Weitere Forschungsaktivitäten braucht es wegen Oxidationsproblemen der eingesetzten Werkstoffe, wegen der thermischen Ausdehnungseffekten und der Dichtungsanforderungen. Und stets geht es um Kostenverminderung, geringere Degradation und längere

Lebensdauer. Noch fehlt auch das energiepolitische Bekenntnis zu dieser Technologie. Die Entwicklungsarbeiten sind umfassend und interdisziplinär (Abb. 6); die Brennstoffzellen stehen am Kreuzungspunkt von Mechanik, Chemie, Materialwissenschaften und Elektrointegration – offensichtliche Schweizer Kompetenzen mit Tradition.

**Forschungsarbeiten koordinieren und fördern**

In der Schweiz bestehen im ETH-Bereich und an Fachhochschulen zahlreiche Forschungskompetenzen im Brennstoffzellen-Sektor. Die Aktivitäten sind oft in internationalen Projekten eingebunden. Einige wenige industrielle Akteure sind ebenfalls gut positioniert. Das Forschungsprogramm des Bundesamts für Energie (BFE) koordiniert die nationale und internationale Zusammenarbeit und fördert gezielte Entwicklungsarbeiten. Die Schwerpunkte liegen in der materialtechnischen Grundlagenforschung, im Systembau sowie bei der Demonstration und Erprobung von Pilotprojekten.

**Kontakte**

Günther G. Scherer, Dr.  
Leiter des Elektrochemischen Labors  
Paul Scherrer Institut (PSI)  
CH-5232 Villigen  
guenther.scherer@psi.ch  
www.psi.ch

Jan Van herle, Dr.  
Labor für industrielle  
Energie-Systeme (LENI)  
EPFL  
CH-1015 Lausanne  
jan.vanherle@epfl.ch  
http://leni.epfl.ch

**Autor**

Jürg Wellstein  
Fachjournalist SFJ  
CH-4058 Basel  
wellstein.basel@bluewin.ch