



Photos Fotos : Schott/H.-R. Schulz

# EXCITED ABOUT EFFICIENTLY GENERATED ENERGY

## HEISS AUF EFFIZIENT ERZEUGTE ENERGIE

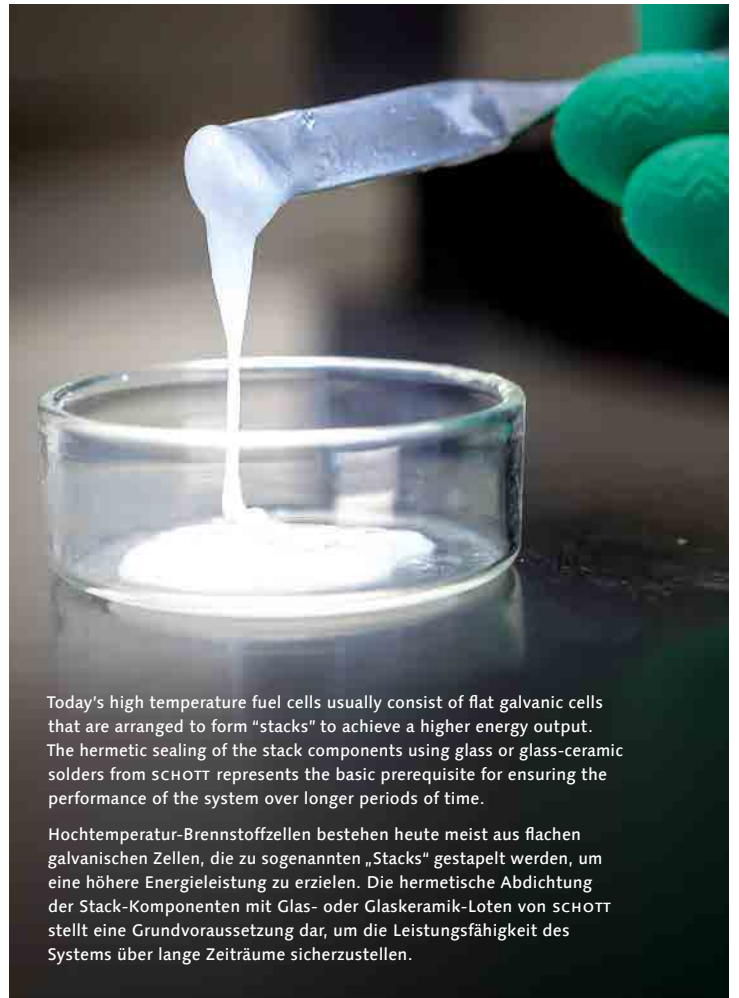
SCHOTT supplies extremely heat-resistant glasses and glass-ceramics as sealing materials for high temperature fuel cells. In fact, the Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) already achieves overall efficiency of at least 90 percent. Intensive research activities should contribute to making these energy-efficient heat and electricity suppliers fit for the mass market.

SCHOTT liefert extrem hitzebeständige Gläser und Glaskeramiken als Dichtungsmaterial für Hochtemperatur-Brennstoffzellen. Damit erreicht die sogenannte Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) heute schon einen Gesamtwirkungsgrad von 90 Prozent und mehr. Intensive Forschungsaktivitäten sollen dazu beitragen, die energieeffizienten Wärme- und Stromlieferanten fit zu machen für den Massenmarkt.

OLIVER FREDERIK HAHR

Even as far back as 1870, the French science fiction author Jules Verne was convinced that, in his own words, “water is the coal of the future.” But it was actually the German researcher Christian Friedrich Schönbein who found out in 1838 that electrical power can be generated very efficiently by way of the chemical reaction between hydrogen and oxygen. The reusable “waste product” is what we call water. While the dynamo generator that relies on movement to generate electricity became popular more quickly, this technology, using the chemical reaction between hydrogen and oxygen, has experienced a renaissance ever since the first moon missions were successfully supplied with power by fuel cells in the

Wasser ist die Kohle der Zukunft“ vermutete der französische Science-Fiction-Autor Jules Verne bereits 1870. Tatsächlich hatte der deutsche Wissenschaftler Christian Friedrich Schönbein 1838 festgestellt, dass aus der chemischen Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff auf direktem und daher sehr effizientem Wege elektrische Energie gewonnen werden kann. Erneut nutzbares „Abfallprodukt“ ist Wasser. Der Dynamogenerator, der aus Bewegung Strom gewinnt, setzte sich zwar schneller durch. Doch seit den 1960er-Jahren, als die ersten Mondmissionen erfolgreich durch Brennstoffzellen mit Energie versorgt wurden, erfährt die Technologie eine Renaissance. Zahlreiche Varianten wurden für



1960s. Many different versions were developed for mobile and stationary use. The high temperature fuel cell is believed to have particularly good market potential.

### Electricity and heat for households

Hydrogen almost always comes in bound form here on Earth; however, the SOFC, due to its high operating temperature of between 600 and 1,000°C, is the only device capable of also using fossil fuels to supply hydrogen. This means the existing infrastructure can be put to flexible use with natural gas and biogas, as well as heating oil or diesel – a huge advantage in introducing energy-efficient technology.

This market is young and continues to grow. More than ten thousand heating fuel cells are currently in operation in Japan and about 600 in German homes. Their performance data has been continuously evaluated since 2008 by performing the field test “Callux.” The third generation of these devices already brought an increase in the electrical efficiency from 30 to over 60 percent. The overall efficiency ranges between 90 and 98 percent. At the same time, the price per unit dropped by 60 percent and maintenance costs by 90 percent. “The performance of today’s SOFCs is quite impressive. At the same time, however, the materials these cells are

Today’s high temperature fuel cells usually consist of flat galvanic cells that are arranged to form “stacks” to achieve a higher energy output. The hermetic sealing of the stack components using glass or glass-ceramic solders from SCHOTT represents the basic prerequisite for ensuring the performance of the system over longer periods of time.

Hochtemperatur-Brennstoffzellen bestehen heute meist aus flachen galvanischen Zellen, die zu sogenannten „Stacks“ gestapelt werden, um eine höhere Energieleistung zu erzielen. Die hermetische Abdichtung der Stack-Komponenten mit Glas- oder Glaskeramik-Loten von SCHOTT stellt eine Grundvoraussetzung dar, um die Leistungsfähigkeit des Systems über lange Zeiträume sicherzustellen.

den mobilen und stationären Einsatz entwickelt. Besonderes Marktpotenzial wird der Hochtemperatur-Brennstoffzelle zugesprochen.

### Strom und Wärme für den Haushalt

Wasserstoff kommt nämlich auf der Erde fast ausschließlich in gebundener Form vor. Einzig die SOFC ist wegen der hohen Betriebstemperatur von 600 bis 1.000°C in der Lage, auch fossile Brennstoffe direkt als Wasserstoff-Lieferant zu nutzen. Die bestehende Infrastruktur für Erd- und Biogas, Heizöl oder Diesel kann daher flexibel weiter genutzt werden – ein großer Vorteil bei der Einführung der energieeffizienten Technologie.

Der Markt ist jung und wächst: In Japan sind heute mehr als zehntausend Heiz-Brennstoffzellen in Betrieb, in deutschen Eigenheimen rund 600. Seit 2008 werden ihre Leistungsdaten im Feldtest-Projekt „Callux“ kontinuierlich ausgewertet. Schon mit der dritten Generation der Geräte konnte der elektrische Wirkungsgrad auf 30 bis über 60 Prozent gesteigert werden, der Gesamtwirkungsgrad liegt zwischen 90 und 98 Prozent. Zugleich sanken die Stückpreise um 60 und die Wartungskosten um 90 Prozent. „Die Performance moderner SOFCs ist beeindruckend“, sagt Dr.-Ing. Mihails Kusnezoff, Spezialist für Energiesysteme am

made of are subjected to severe stress due to the high temperature and humidity. The sealing technology is particularly important to maintaining the high efficiency of the fuel cell for years," says Dr.-Ing. Mihails Kusnezoff, an expert on energy systems at the Fraunhofer Institute of Ceramic Technologies and Systems IKTS in Dresden.

In this case, special glass is the material of choice. A permanent hermetic bond forms between the oxide ceramic electrolyte and the metal of the cell housing when it is melted. This ensures that no uncontrolled exchange of gas takes place. Furthermore, the interconnectors of the cells that are switched in series as part of a "stack" are isolated electrically even at high temperatures by alkali-free glass. SCHOTT is a global leader in developing and manufacturing sealing glass. This special glass is ground down into a powder and then applied using an organic binder. Out of the wide range of standard glasses and customer-specific solutions, the solder is matched exactly to suit the coefficient of thermal expansion of the metals and ceramics to be joined to ensure hermeticity without tension, even when temperatures shift.

"The high operating temperature of the SOFC poses a special challenge because many types of glass turn soft and elastic at temperatures of 500 °C and higher," explains Dr. Jens Suffner, product developer at SCHOTT Electronic Packaging in Landshut, Germany. "For this reason, we use specially matched glasses that have defined crystalline phases that expand as temperatures rise due to

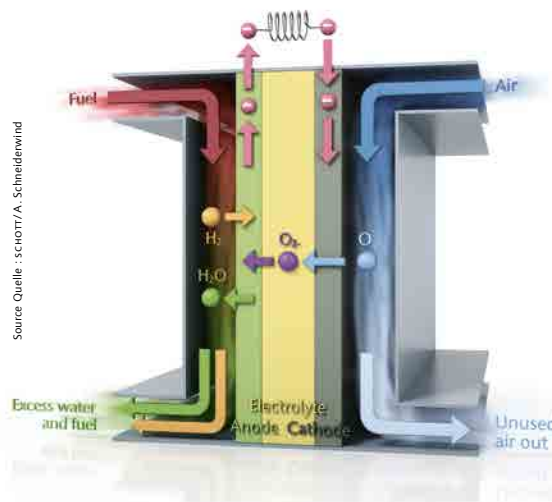
Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS in Dresden. „Doch die Materialien der Zelle werden wegen der hohen Temperatur und Luftfeuchtigkeit stark strapaziert. Insbesondere die Füge-technologie ist entscheidend, um über Jahre die hohe Effizienz der Brennstoffzelle zu erhalten.“

Als Material der Wahl kommt hier spezielles Glas zum Einsatz. Beim Schmelzen geht es mit dem oxidkeramischen Elektrolyt und dem Metall des Zellgehäuses eine dauerhaft hermetische Verbindung ein. So wird sichergestellt, dass es nicht zum unkontrollierten Gasaustausch kommt. Zudem werden die Interconnectoren der in Reihe geschalteten Zellen im sogenannten „Stack“ mit alkalifreiem Glas auch bei hohen Temperaturen elektrisch isoliert. SCHOTT ist ein weltweit führender Entwickler und Hersteller von Einschmelzgläsern. Zu feinem Pulver vermahlen, wird das Spezialglas mithilfe eines organischen Bindemittels aufgebracht. Aus dem großen Sortiment an Standardgläsern und kundenspezifischen Lösungen wird das Lot exakt auf die Wärmeausdehnungskoeffizienten der zu verbindenden Metalle und Keramiken abgestimmt, um spannungsfreie Hermetizität auch bei Temperaturwechseln zu gewährleisten.

„Die hohe Betriebstemperatur der SOFC stellt eine besondere Herausforderung dar, denn ab 500 °C werden viele Gläser weich und elastisch“, erklärt Dr. Jens Suffner, Produktentwickler bei SCHOTT Electronic Packaging in Landshut. „Wir nutzen daher speziell abgestimmte Gläser mit definierten kristallinen Phasen,

## HOW A HIGH TEMPERATURE FUEL CELL WORKS

Energy is released when hydrogen ( $H_2$ ) reacts with oxygen ( $O_2$ ). The "cold combustion" must take place in a controlled manner in order for it to be utilized. With a Solid Oxide Fuel Cell (SOFC), an oxide ceramic electrolyte acts as a membrane and separates the gas next to the cathode ( $O_2$ ) from the gas next to the anode ( $H_2$  or methane  $CH_4$  from biogas, for example). It only permits the negatively loaded oxygen ions to pass through at a high temperature. They bond with the hydrogen ions on the anode side to form water and the carbon oxidizes to produce  $CO_2$ . The electrons, on the other hand, are guided by an electrical load, which they then supply with electricity. 50 percent electrical efficiency was achieved in the SOFC20 project that SCHOTT was involved in. The waste heat from the high temperature fuel cell is used to generate heat. <



## SO FUNKTIONIERT DIE HOCHTEMPERATUR-BRENNSTOFFZELLE

Wenn Wasserstoff ( $H_2$ ) mit Sauerstoff ( $O_2$ ) reagiert, wird Energie freigesetzt. Um sie nutzbar zu machen, muss die sogenannte „kalte Verbrennung“ kontrolliert stattfinden. Bei der Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) trennt ein oxidkeramischer Elektrolyt als Membran das Gas an der Kathode ( $O_2$ ) von dem an der Anode ( $H_2$  oder beispielsweise Methan  $CH_4$  aus Biogas). Nur die negativ geladenen Sauerstoff-Ionen lässt er bei hoher Temperatur passieren. Sie verbinden sich auf der Anoden-Seite mit Wasserstoff-Ionen zu Wasser, der Kohlenstoff oxidiert zu  $CO_2$ . Die Elektronen hingegen leitet man über einen elektrischen Verbraucher, den sie mit elektrischem Strom versorgen. Im Projekt SOFC20 wurde mit Beteiligung von SCHOTT ein elektrischer Wirkungsgrad von 50 Prozent erzielt. Die Abwärme der Hochtemperaturbrennstoffzelle nutzt man zur Wärmeversorgung. <



Photo Foto: SCHOTT/H.-J. Schulz

SCHOTT Electronic Packaging conducts extensive research aimed at developing new and higher performance glass products. For example, the specific surfaces of glass powders are determined by using liquid nitrogen. The illustration below shows the production process used to manufacture sealing glasses for SOFC.

SCHOTT Electronic Packaging forscht intensiv an der Entwicklung neuer und leistungsfähiger Gläser. Unter Verwendung von flüssigem Stickstoff werden beispielsweise die spezifischen Oberflächen von Glaspulvern bestimmt. Die untenstehende Grafik zeigt den Herstellprozess von Einschmelzgläsern für Brennstoffzellen.

their higher coefficients of thermal expansion. This ensures that the mass remains gas-tight and remains in place like viscous honey," he adds.

SCHOTT is one of the leaders in this area of research. In fact, SCHOTT was a partner in the project "SOFC20" on successfully developing the system demonstrator for a "hot box" with 5 kW of electrical output and over 50 percent electrical efficiency. Furthermore, in the EU project called "Endurance," improved materials and analysis and manufacturing techniques for the next generation of fuel cell stacks that have longer lifespans are being developed with international partners. The fuel cell is not only considered to be a significant contribution to the future energy supply in the EU, however. Research activity has also been picking up in Japan, the USA, South Korea and other countries in recent years. Considerably more money is being invested in energy efficiency because the world's hunger for energy continues to grow – by about 40 percent by 2035, according to a BP estimate published in a recent study. < [claire.buckwar@schott.com](mailto:claire.buckwar@schott.com)

die sich aufgrund ihres höheren Ausdehnungskoeffizienten bei steigender Temperatur ausdehnen und dafür sorgen, dass die Masse gasdicht und wie zähflüssiger Honig an Ort und Stelle verbleibt."

Bei der Forschung ist man ganz vorne dabei: Beim Projekt „SOFC20“ war SCHOTT Partner bei der erfolgreichen Entwicklung des Systemdemonstrators für eine „Hot box“ mit 5 kW elektrischer Leistung bei über 50 Prozent elektrischem Wirkungsgrad. Beim EU-Projekt „Endurance“ werden zudem gemeinsam mit internationalen Partnern optimierte Materialien sowie Analyse- und Fertigungsmethoden für die nächste Generation von Brennstoffzellen-Stacks mit großer Lebensdauer entwickelt. Doch nicht nur in der EU sieht man in der Brennstoffzelle einen wichtigen Beitrag zur künftigen Energieversorgung. In Japan, den USA, Südkorea und weiteren Staaten nehmen die Forschungsaktivitäten seit Jahren rapide zu. Die Investitionen in die Energieeffizienz werden massiv ausgebaut. Denn der weltweite Energiehunger wächst – um rund 40 Prozent bis 2035, schätzt BP in einer aktuellen Studie. < [claire.buckwar@schott.com](mailto:claire.buckwar@schott.com)



Source Quelle : SCHOTT/ A. Schneiderwind