

KenngroÙe	Ausgewählter Speicher
Funktionsweise	<p>Die SOFC ist eine Hochtemperatur-Brennstoffzelle, die bei einer Betriebstemperatur von 650–1.000 °C betrieben wird. Der Elektrolyt dieses Zelltyps besteht aus einem festen keramischen Werkstoff, der in der Lage ist, selektiv Sauerstoffionen zu leiten, für Elektronen jedoch isolierend wirkt. An beiden Seiten der Elektrolytschicht sind die Elektroden, Kathode und Anode, angebracht. Sie sind gasdurchlässige elektrische Leiter. Der sauerstoffionenleitende Elektrolyt ist als dünne Membran vorgesehen, um die Sauerstoffionen energiearm transportieren zu können. Dies funktioniert nur bei hohen Temperaturen. Die dem Elektrolyt abgewandte, äußere Seite der Kathode wird von Luft umgeben, die äußere Anodenseite von Brenngas. Ungenutzte Luft und ungenutztes Brenngas sowie Verbrennungsprodukte werden abgesaugt. Im Inneren der SOFC findet die Redox-Reaktion von Sauerstoff mit dem Brennstoff, der Wasserstoff sein kann, jedoch z. B. auch Kohlenstoffmonoxid oder Methan, statt. Auf der Kathodenseite herrscht Sauerstoffüberschuss, während auf der Anodenseite Sauerstoffmangel herrscht, weil der vorhandene Sauerstoff gleich z. B. mit dem Wasserstoff reagiert. Durch dieses Konzentrationsgefälle diffundiert der Sauerstoff von der Kathode zur Anode. Hat das Sauerstoffmolekül die Grenzfläche zwischen Kathode und Elektrolyt erreicht, nimmt es 2 Elektronen auf, wird damit zum Ion und kann die Barriere durchdringen. An der Grenze zur Anode angekommen, reagiert es katalytisch mit dem Brenngas unter Abgabe von Wärme und den entsprechenden Verbrennungsprodukten, und gibt wieder 2 Elektronen an die Anode ab. Voraussetzung dafür ist ein Stromfluss, der Zweck der Festoxidbrennstoffzelle, der anderweitig genutzt werden kann.</p> <p>Aufgrund der variablen Brennstoffe kann keine einheitliche Reaktionsgleichung für die SOFC angegeben werden.</p>
Speichercharakteristika	<p>Bei einer Spannung von etwa 0,7 V wird eine Leistungsdichte von circa 1 W/cm<sup>2</sup> (entsprechend einer Stromdichte von 1,4 A/cm<sup>2</sup>) erreicht. Da Brennstoffzellen an sich keine Energiespeicher sind, sondern nur Energiewandler, muss, was die Speicherkenndaten angeht, das</p>

Kenngröße	Ausgewählter Speicher
	<p>Gesamtsystem betrachtet werden. Weiters ist zu beachten, dass Energiedichte und Leistungsdichte in Wh/kg bzw. W/kg typische Werte für Batterien sind; bei der Elektrolyse/Bz werden diese Werte normalerweise nicht angegeben, da sie sehr stark vom jeweiligen System und der Nutzung abhängig sind. Falls dennoch ein Wert gefordert ist, bieten sich hier die Werte von Wasserstoff (33,3 kWh/kg) und Methan (13,9 kWh/kg) an. Im Wesentlichen unterscheidet man aufgrund der Bauform: tubuläre (röhrenförmige) und planare (flache) SOFCs.</p>
Subsysteme	<p>Solid Oxide Fuel Cells herausgegeben von J. Mizusake, Subhash C.</p>
Referenzen/Links	<p>Fuel Cell Handbook (Seventh Edition) ab Seite 7–1, ISBN 978-0-387-77707-8, 2009</p> <p>Einführung in die Hochtemperaturbrennstoffzelle (SOFC), Institut für Technische Thermodynamik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt</p> <p>A.J. Appleby, F.R. Foulkes, Fuel Cell Handbook, Van Nostrand Reinhold, New York, NY, 1989. zitiert in: Fuel Cell Handbook, EG&amp;G</p>
Technologiereifegrad	<p>Die genaueren Maßnahmen und die möglichen Forschungsfragen sind im Abschlussbericht der Speicherinitiative Phase I angeführt.</p>
TRL (Technology Readiness Level)	3
Netzebene (NS=7, MS=5, HS=3, HöS=1)	5 - 7
Schnelligkeit/Regel-Ansprechverfahren (schnell/mittel/langsam)	langsam - mittel
Energiedichte (Wh/kg)	k.A.
Leistungsdichte (W/kg)	0.1 - 1 kW/kg
Selbstentladung (%/Tag, %/Monat, ...)	k.A.
Wirkungsgrad (technologisch, Batterie) (%)	50%
Kalendarische Lebensdauer (a)	< 5.000 Stunden
Zyklusfestigkeit (Zyklen über Lebensdauer)	k.A.

Kenngröße	Ausgewählter Speicher
Kosten (Investitionskosten, Betriebskosten) (€/kWh) bzw. (€/kW)	IK 1.000 - 2.000 €/kW (System)
Soziale Akzeptanz der Technologie (hoch/mittel/niedrig)	hoch
Ökol. Performance (CO <sub>2</sub> -Äquivalent, seltene Erden, ökol. Fußabdruck)	Zellkomponenten enthalten Seltene Erden
Recyclingfähigkeit	ev. Rückgewinnung Seltener Erden
Absatz, erwartet	unbekannt
Inländische Wertschöpfung (Hersteller in Ö, Demoprojekte, Forschung)	kein SOFC/SOEC-Stackhersteller in Ö
Stromoutput (Eignung des Stromspeicher zur Netzzurückzuspeisung) (J/N)	CHP als Primärversorgung mit Stand-alone Funktion einer dezentralisierten, ausfallsicheren Netzinfrastruktur (erste positive Erfahrungen in den USA)
Leistung (kW) ev. Dauer-/Spitzenleistung	kW-MW
Erzeugungsnähe (produktionsnahe) (J/N)	J
Zielwert ausgewählter Kennzahlen für die Technologie z.B. bis 2025/2030	Lebensdauer 40.000 - 90.000 Stunden
Referenzen (Literaturquellen zu eingetragenen tech. Kennzahlen)	<p>"Power to Gas – eine Systemanalyse, Markt- und Technologiescouting und -analyse", Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz (2014).</p> <p>"Electrical Energy Storage Using Fuel Cell Technology", University of Pennsylvania - Department of Chemical &amp; Biomolecular Engineering (2011).</p> <p>"Development of Water Electrolysis in the European Union", E4tech Sàrl with Element Energy Ltd for the Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (2014)</p> <p>"planSOEC: R&amp;D and commercialization roadmap for SOEC electrolysis, R&amp;D of SOEC stacks with improved durability", Topsoe Fuel Cell A/S (2011)</p> <p>M. Ni et al., International Journal of Hydrogen Energy, 33 (2008) 2337.</p> <p>Brett et al., International Journal of Hydrogen Energy, 36 (2011) 5782.</p> <p>E. Wachsman et al., Energy &amp; Environmental Science, 5 (2012) 5498.</p>
Temperaturfestigkeit (Betriebs- und Umgebungstemperatur/Limitierung) (°C, von-bis)	k.A.
Materialien (Zellchemie)	k.A.
Rohstoffe/Verfügbarkeit (nach Hauptelemente)	k.A.
Peripherie: BMS/Leistungselektronik (F&E Bedarf) (J/N)	k.A.
Infrastruktur (F&E Bedarf)	k.A.
Problembereiche	k.A.