

Kenngröße	Ausgewählter Speicher
Funktionsweise	<p>Die Polymerelektrolytbrennstoffzelle (Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle) ist eine Niedrigtemperatur-Brennstoffzelle. Die Membran ist beidseitig mit einer katalytisch aktiven Elektrode beschichtet, einer Mischung aus Kohlenstoff und einem Katalysator (meistens Platin, eine Mischung aus Platin und Ruthenium, Platin und Nickel oder Platin und Cobalt). H₂-Moleküle dissoziieren auf der Anodenseite und werden unter Abgabe von zwei Elektronen zu je zwei Protonen oxidiert. Diese Protonen diffundieren durch die Membran (nur für positive Wasserstoffionen durchlässig). Auf der Kathodenseite wird Sauerstoff durch die Elektronen, die zuvor in einem äußeren Stromkreis elektrische Arbeit verrichten konnten, reduziert; zusammen mit den durch den Elektrolyt transportierten Protonen entsteht Wasser. Um die elektrische Arbeit nutzen zu können, werden Anode und Kathode an den elektrischen Verbraucher angeschaltet. Eine solche Einheit wird als Stack bezeichnet. Für die gute Verteilung der Gasströme werden Bipolarplatten genutzt. Mehrere Stacks werden u.a. über Interkonnektoren zusammengeschlossen. Der elektrische Wirkungsgrad beträgt je nach Arbeitspunkt etwa 60 Prozent. Als Elektrolyt dient dabei normalerweise eine feste Polymermembran, beispielsweise aus Nafion. Die Betriebstemperatur liegt im Bereich von 60 bis 120 °C, wobei für den kontinuierlichen Betrieb bevorzugt Temperaturen zwischen 60 und 80 °C gewählt werden.</p>
Speichercharakteristika	<p>Da Brennstoffzellen an sich keine Energiespeicher sind, sondern nur Energiewandler, muss, was die Speicherkenndaten angeht, das 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 an: 33,3 kWh/kg DOE 2020-Dokument: 0,65 kW/L; 0,65 kW/kg</p>

Kenngröße	Ausgewählter Speicher
Subsysteme	<p>Ladezeit beträgt derzeit unter 3 Minuten (SAE J2601). Es besteht bei der 700 Bar Gasflasche keine Selbstentleerung.</p> <p>Subsysteme als solches gibt es keine. Es existieren aber unterschiedliche Arten von Brennstoffzellen, wie z.B.: die Alkalische Brennstoffzelle. In der Regel wird eine wässrige Kaliumhydroxid-Lösung als Elektrolyt verwendet. Entsprechend dem pH-Wert des Elektrolyten wird die Zelle als alkalische Brennstoffzelle bezeichnet. Als Brenngas dient ebenfalls Wasserstoff, der der Anode zugeführt und dort zu H⁺ oxidiert wird. Zusammen mit OH⁻-Ionen, die an der Kathode durch Reduktion von Sauerstoff gebildet werden und über den Elektrolyten zur Anode gelangen, bildet sich an der Anode als Reaktionsprodukt Wasser, welches ständig abgeführt werden muss. Die Arbeitstemperatur der Zelle liegt bei 60–120 °C. Im Vergleich zur PEMFC hat die AFC eine geringere Leistungsdichte, aber aufgrund der höheren Zellenspannung einen etwas besseren Wirkungsgrad. Sie erreicht jedoch zurzeit nicht die hohen Stromdichten einer PEMFC. Der Elektrolyt dient gleichzeitig zur Temperaturregelung des Stacks, womit kein weiterer Kühlkreislauf notwendig ist.</p>
Referenzen/Links	<p>Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik: Erzeugung, Speicherung, Anwendung (ATZ/MTZ-Fachbuch) Gebundene Ausgabe – 13. April 2012 von Helmut Eichlseder (Autor), Manfred Klell (Autor)</p> <p>Wasserstoff und Brennstoffzellen. von Sven Geitmann</p> <p>Erneuerbare Energien und Alternative Kraftstoffe - Mit neuer Energie in die Zukunft? von Sven Geitmann</p> <p>Wasserstoff und Wirtschaft - von Alf-Sibrand Rühle, Sven Geitmann</p>

Kenngroße	Ausgewählter Speicher
	<p>Fuel Cell Technology Handbook von Martin G. Hogarth, David Thompsett, Charles Richard Stone, Gregor Hoogers</p> <p>Energierévolution Brennstoffzelle. Perspektiven - Fakten - Anwendungen. von M. Pehnt</p> <p>Brennstoffzellen: Entwicklung, Technologie, Anwendung von Konstantin-Hey Ledjeff, Falko Mahlendorf, Jürgen Roes</p> <p>Brennstoffzellentechnik von Peter Kurzweil</p> <p>Handbook of Fuel Cells - Fundamentals, Technology, Applications von Wolf Vielstich, Arnold Lamm und Hubert Gasteiger</p> <p>Auslegung von Brennstoffzellenanlagen von W. Winkler</p> <p>Brennstoffzellen-Technologie. Hoffnungsträger für den Klimaschutz. von Dagmar Oertel, Torsten Fleischer</p> <p>Fuel Cells and their applications von Karl Kordes, Günter Simader</p> <p>Energie der Zukunft. Die Ballard Brennstoffzelle und der Weg zum sauberen Elektroauto. von Tom Koppel</p>
Technologiereifegrad	Heute findet noch Forschung im Bereich Effizienzsteigerung, Beständigkeit, Lebensdauererhöhung und Kostenreduktion statt. Die genaueren

Kenngröße	Ausgewählter Speicher
	Maßnahmen und die möglichen Forschungsfragen sind im Abschlussbericht zusammengefasst.
TRL (Technology Readiness Level)	5 - 7
Netzebene (NS=7, MS=5, HS=3, HöS=1)	5 - 7
Schnelligkeit/Regel-Ansprechverfahren (schnell/mittel/langsam)	schnell
Energiedichte (Wh/kg)	Energiedichte und Leistungsdichte in Wh/kg bzw. W/kg sind typische Werte für Batterien; bei der Elektrolyse/Bz werden diese Werte normalerweise nicht angegeben, da sie sehr stark vom jeweiligen System und der Nutzung abhängig sind.
Leistungsdichte (W/kg)	Energiedichte und Leistungsdichte in Wh/kg bzw. W/kg sind typische Werte für Batterien; bei der Elektrolyse/Bz werden diese Werte normalerweise nicht angegeben, da sie sehr stark vom jeweiligen System und der Nutzung abhängig sind.
Selbstentladung (%/Tag, %/Monat, ...)	keine
Wirkungsgrad (technologisch, Batterie) (%)	30 - 40%
Kalendarische Lebensdauer (a)	mehrere Jahre - noch in Entwicklung (stark abhängig von Betriebsweise)
Zyklusfestigkeit (Zyklen über Lebensdauer)	nicht anwendbar
Kosten (Investitionskosten, Betriebskosten) (€/kWh) bzw. (€/kW)	Investitionskosten > 2.000 €/kW integrierte Einheit kommerziell nicht verfügbar
Soziale Akzeptanz der Technologie (hoch/mittel/niedrig)	hoch
Ökol. Performance (CO ₂ -Äquivalent, seltene Erden, ökol. Fußabdruck)	Treibhauspotential [kg CO ₂ -Äqu.] sehr stark abhängig von Strominput Edelmetalleinsatz (F&E Fokus)
Recyclingfähigkeit	J
Absatz, erwartet	k.A.
Inländische Wertschöpfung (Hersteller in Ö, Demoprojekte, Forschung)	F&E Projekte, Systementwicklungen
Stromoutput (Eignung des Stromspeicher zur Netzzurückzuspeisung) (J/N)	J
Leistung (kW) ev. Dauer-/Spitzenleistung	kW-MW
Erzeugungsnähe (produktionsnahe) (J/N)	J
Zielwert ausgewählter Kennzahlen für die Technologie z.B. bis 2025/2030	k.A.
Referenzen (Literaturquellen zu eingetragenen tech. Kennzahlen)	Cortney Mittelsteadt, Tim Norman, Meagan Rich, Jason Willey Giner, PEM Electrolyzers and PEM Regenerative Fuel Cells Industrial View,

Kenngröße	Ausgewählter Speicher
	doi:10.1016/B978-0-444-62616-5.00011-5 in Electrochemical Energy Storage for Renewable Sources and Grid Balancing, Patrick T. Moseley and Jurgen Garche (ed.) ISBN: 978-0-444-62616-5 (2014)
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.