

AUTARKES REVERSIBLES FESTOXID-BRENNSTOFF-/ ELEKTROLYSEZELLEN-SYSTEM (SOFC/SOEC) ALS ZUKUNFTSTRÄCHTIGE POWER-TO-GAS-TECHNOLOGIE

**Michael PREININGER¹, Bernhard STÖCKL¹, Richard SCHAUPERL²,
Christoph HOCHENAUER¹**

Hintergrund

Umweltaspekte erhöhen stetig die Nachfrage nach erneuerbaren Energien und den Einsatz von alternativen Technologien. Hauptfaktoren dafür sind dabei die begrenzte Verfügbarkeit von fossilen Brennstoffen sowie die Erzeugung von Treibhausgasen durch Verbrennung dieser. Ein bestimmter Anteil des zunehmend steigenden Energiebedarfs könnte durch die Verwendung von umweltfreundlicheren Energiequellen gedeckt werden. Zudem ist es durch entsprechende Energiespeichertechnologien möglich unabhängig von äußerlichen Einflüssen Energie zu speichern und wieder bereitzustellen. Die Energieträger und Systeme unterliegen bei der Umwandlung von Primär- zur Endenergie verschiedenen Verlusten. Eine äußerst zukunftssträchtige Lösung einer hocheffizienten und umweltfreundlichen Energieerzeugung und -speicherung sind Power-to-Gas-Technologien (P2G), bei denen (überschüssige) elektrische Energie in Form von Gas gespeichert wird. Ist es möglich die Technologie auch im reversiblen Modus zu betreiben kann somit ein autarkes Energieversorgungs-System realisiert werden.

Die Brennstoffzelle gewinnt als hocheffiziente Technologie zur Umwandlung von Brennstoffenergie in elektrische Energie zunehmend an Bedeutung und trägt zur Reduzierung von klimaschädlichen Emissionen bei. Unter den Brennstoffzellen hat die oxidkeramische Hochtemperatur-Brennstoffzelle (engl. Solid Oxide Cell; SOC) den höchsten Wirkungsgrad und zeichnet sich durch eine herausragende Brennstoffflexibilität und durch die Verwendung von kostengünstigen Katalysatoren aus. SOC's sind elektrochemische Zellen, die sowohl im Brennstoffzellenmodus (SOFC) elektrische Energie erzeugen als auch im umgekehrten Betrieb als Elektrolyseur (SOEC) Wasserstoff oder Synthesegas produzieren können. Somit eignet sie sich zur stationären Wasserstoffherzeugung- und -speicherung im kleineren Maßstab. Als P2G-Lösung können SOC's in der Wasserelektrolyse Wasserstoff erzeugen. Die sogenannte Co-Elektrolyse von Wasser und Kohlendioxid ermöglicht ohne Verbrauch von nicht-erneuerbaren Energien oder Treibhausgas-Emissionen die Herstellung von Synthesegas (H_2+CO). Das so erzeugte Synthesegas kann dann in einem nachfolgenden Schritt mit dem Fischer-Tropsch Verfahren weiter zu verschiedensten Kohlenwasserstoffen synthetisiert werden. Im Brennstoffzellenbetrieb kann die SOC dann diese Gasgemische sowie mit Kohlenwasserstoffen wie Methan oder Reformationsprodukten aus Kerosin, Diesel oder Ethanol betrieben werden.

Methodik

Das Vorhaben beinhaltet die Demonstration der Funktionalität eines autarken Systems bestehend aus einer mittels SOC reversibel betriebenen APU (Auxiliary Power Unit) und einem Wasserstoffversorgungs- und -speicher-System. Dazu wird ein Proof-of-Concept System aufgebaut, das reversibel im Brennstoffzellen- als auch Elektrolysemodus gefahren wird. Abbildung 1 zeigt schematisch das autarke reversible SOFC/SOEC Konzept. Der Hauptforschungsschwerpunkt liegt dabei im reversiblen Betrieb der SOFC/SOEC-Festoxidbrennstoffzelle.

Um ausreichend hohe Spannungen zu erreichen werden mehrere Einzelzellen zu Stapeln oder sogenannten Stacks zusammengefasst. Der verwendete SOC-Stack besteht aus hier 10 Einzelzellen, die durch sogenannte Interkonnektoren getrennt sind. Jede SOC-Zelle besteht dabei aus zwei Elektroden, der Anode und Kathode, getrennt durch einen oxidkeramischen Elektrolyt, der bei entsprechend hohen Temperaturen Ionen-leitend wird.

¹ Technische Universität Graz, Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25b, 8010 Graz, Tel.: +43 316 873-4209, Fax: +43 316 873-7305, michael.preininger@tugraz.at, www.tugraz.at/institute/iwt

² AVL List GmbH, Hans-List-Platz 1, 8020 Graz, Tel.: +43 316 787-2168, Fax: +43 316 787-3799, richard.schauperl@avl.com, www.avl.com

Zwei Arten von Festoxidbrennstoffzellen haben sich in der Vergangenheit durchgesetzt: die anodengestützte (elektrodengestützte) Zelle (engl. anode supported cell; ASC) und die elektrolytgestützte Zelle (engl. anode supported cell; ESC). Aufgrund großer ohmscher Überspannungen in ESCs können ASCs eine bessere Gesamtleistung der Zelle aufweisen. Andererseits sind ESCs robuster und weisen höhere Stabilität bei stark variierendem Betrieb wie zum Beispiel Reduktions-Oxidations- oder thermischen Zyklen auf. [1] Um den bestmöglichen Wirkungsgrad des Gesamtsystems zu erreichen werden Stacks von unterschiedlichen Herstellern sowie Technologien bei unterschiedlichen Randbedingungen einem Benchmark unterzogen, indem sie unter gleichen Betriebsbedingungen betrieben werden. Des Weiteren werden zur detaillierten Charakterisierung Methoden, wie die Messung von Polarisationskurven, elektrochemische Impedanzspektroskopie, Temperatur-, Druck- und Feuchtemessungen, sowie Gasanalysen angewandt.

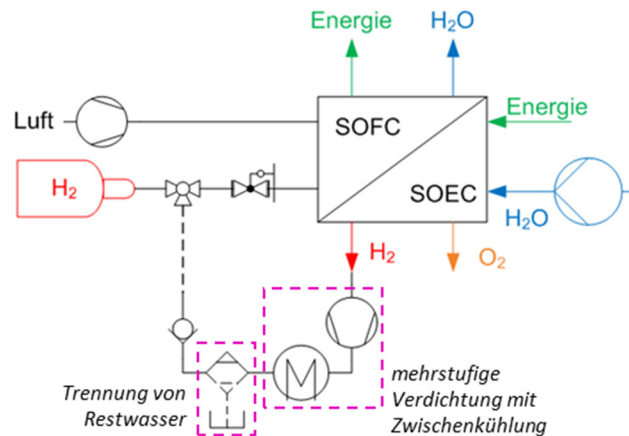


Abbildung 1: Schema des autarken reversiblen SOFC/SOEC-Konzepts

Ergebnisse und Ausblick

Der vorliegende Beitrag zeigt die Möglichkeit einer hocheffizienten Herstellung von Wasserstoff und Synthesegas durch Elektrolyse sowie auf. [2] Dazu werden die Stacks als Teil des Gesamtsystems im Labor ausgiebig nach einem Versuchsplan systematisch getestet um einen optimalen Betrieb der wechselnden Anwendung von SOFC/SOEC zu ermitteln und die Langzeitstabilität, Lebensdauer und Zuverlässigkeit zu eruieren.

Momentan verwendeten Akkus weisen aktuell eine sehr geringe elektrische Speicherdichte sowie unverhältnismäßig lange Ladezeiten auf. Durch die Speicherung der in diesem Vorhaben produzierten Gase in den P2G-Verfahren werden sehr hohe Energiespeicherdichten erreicht. Teil dieser Arbeit ist die Auslegung und Spezifikation der für die Speicherung erforderlichen Komponenten. Als abschließendes Ziel ist eine Elektrolyse unter Druck als Schlüsselversuch angestrebt, da diese aus thermodynamischer Sicht sinnvoll erscheint.

Danksagung

Die Autoren danken für die finanzielle Unterstützung der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG, die im Bereich der SOC zahlreiche Forschungsprojekte auf nationaler sowie internationaler Ebene fördert.

Literatur

- [1] Stoeckl, B., Subotić, V., Reichholf, D., Schroettner, H., Hochenauer, C.: Extensive analysis of large planar SOFC: Operation with humidified methane and carbon monoxide to examine carbon deposition based degradation. – in: *Electrochimica Acta* (2017).
- [2] Preininger, M., Wurm, J., Subotić, V., Schauperl, R., Hochenauer, C.: Performance characterization of a solid oxide cell stack with chromium-based interconnects (CFY). – in: *International Journal of Hydrogen Energy* (2017).