

REVERSIBLE SOCs ALS BINDEGLIED ZWISCHEN PLUS-ENERGIE-QUARTIEREN UND STROM-, WÄRME- SOWIE GASNETZ

Dominik JANKOWSKI^{1,2,*}, Anton SEIDL¹, Robert PRATTER²,
Johanna GANGLBAUER², Christof BERNSTEINER², Christoph HOCHENAUER¹,
Vanja SUBOTIC¹

Einleitung

In Zeiten hoher globaler Abhängigkeiten im Bereich der Energieversorgung, die zu großen ökosozialen und ökonomischen Problemen führen können, sind Energiesysteme, die ein gewisses Maß an Autarkie bieten vorteilhaft. Diesbezüglich bietet Wasserstoff als Energieträger ein großes Potential im Bereich der saisonalen Energiespeicherung, das insbesondere für Plus-Energie-Quartiere (PEQ) interessant ist. So kann elektrische Energie zu Zeiten mit lokalem Stromüberschuss in erneuerbaren Wasserstoff umgewandelt werden. Der Wasserstoff kann wiederum in einem Druckgasspeicher zwischengespeichert und später in elektrische und thermische Energie zurückgewandelt werden. Dadurch entsteht ein ganzheitlicher Energiekreislauf.

Reversibel betriebene Festoxidzellen (rSOC) bieten diesbezüglich den Vorteil, dass sie sowohl als Elektrolyseur (SOEC) als auch als Brennstoffzelle (SOFC) betrieben werden können. Durch die gekoppelte Nutzung von elektrischer Energie und thermischer Energie (Abwärme) ergeben sich hohe Wirkungsgrade von bis zu 85 %. Außerdem zeichnet sich die (Ab)wärme von rSOC-Systemen durch ein hohes und damit gut nutzbares Temperaturniveau von ca. 750 - 850 °C aus. Die rSOC-Technologie hat bisher allerdings noch keine vollständige Marktreife erreicht. Dadurch ergeben sich neben vergleichsweise hohen Investitionskosten einige Herausforderungen, die einen weiteren Forschungsbedarf begründen.

Das dieser Forschungsarbeit zugrundeliegende Projekt Cell4Life [1] beschäftigt sich daher mit der Frage wie rSOC-Systeme in PEQs zur Anwendung kommen können, um eine möglichst hohe Unabhängigkeit in der erneuerbaren Energiebereitstellung zu erreichen. Der Fokus liegt einerseits auf der Optimierung der Betriebsparameter von Hochtemperaturbrennstoffzellen basierend auf Laboruntersuchungen und andererseits auf einer umfassenden techno-ökonomischen Analyse von rSOC-Systemen in PEQs. Um das betrachtete rSOC-System unter realistischen Bedingungen zu erforschen, werden die Simulationsergebnisse des Energiekonzepts aus einem Neubauquartier mit Plus-Energie-Ziel in Wien als Referenzquartier verwendet. Die Ergebnisse helfen bei der anwendungsnahen Dimensionierung der Komponenten in der Gesamtsystemsimulation sowie bei der Untersuchung der dynamischen Betriebsweise von rSOC-Systemen.

Optimierung von Betriebsparametern anhand von Laborversuchen

Bei rSOC-Systemen sind vor allem die verschiedenen Betriebspunkte und die dabei erzeugte oder benötigte elektrische sowie thermische Energie relevant. Durch Kombination von Simulations- und Prüfstandsergebnissen kann das optimale System zur Autarkiemaximierung vom betrachteten PEQ abgeleitet werden. Dabei ist es wichtig neben statischen auch dynamische Betriebsweisen zu untersuchen und zu optimieren, wobei die Betrachtung des stationären Betriebs die Grundlage für die Erforschung des dynamischen Betriebs bildet. Der durch experimentelle Versuchsplanung (DoE) aufgestellte Testplan der Forschungsarbeit beinhaltet mehrere Betriebsszenarien, die für einen möglichen Einsatz zur Versorgung von Quartieren in Frage kommen. Diese belaufen sich auf:

- SOFC-Betrieb mit reinem Wasserstoff
- SOFC-Betrieb mit Wasserstoff-Erdgas-Gemisch bei verschiedenen Mischverhältnissen

¹ Technische Universität Graz Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25b, 8010 Graz, +43-316-873-4209, dominik.jankowski@tugraz.at, www.tugraz.at/institute/iwt/home

² 4ward Energy Research GmbH, Reininghausstraße 13A, 8020 Graz, +43 664 88500337, robert.pratter@4wardenergy.at, www.4wardenergy.at

- SOFC-Betrieb mit reinem Erdgas
- SOEC-Betrieb mit einem Wasserdampf-Wasserstoffgemisch

Aus den ersten Messdaten des Prüfstands lassen sich elektrische sowie thermische Evaluationen auf Stack-Ebene sowie die Optimierung verschiedener Betriebsweisen durchführen, die im weiteren Verlauf für die Betrachtung von Betriebswechseln des rSOC-Systems wichtig sind.

Techno-ökonomische Analyse von rSOC-Systemen in PEQs

Im Projekt werden neben den experimentellen Versuchen von PEQ-Szenarien Simulationen des Energie-Gesamtsystems mit Hilfe einer weiterentwickelten HiSim-Modellumgebung (House Infrastructure Simulator) [2] durchgeführt und mit den empirischen Erkenntnissen aus den Prüfstandsversuchen erweitert. Um verschiedene Erzeuger-Verbraucher-Ansätze zu evaluieren, werden sowohl Langzeit- als auch Kurzzeit-Betriebsweisen des Elektrolyseurs und der Brennstoffzelle untersucht. Erstere betrachten beispielsweise die über eine Sommer-Saison andauernde Herstellung von Wasserstoff über eine PV-Anlage sowie die konstante Erzeugung von Strom und Wärme über die Winter-Saison hinweg. Dem gegenüber kann die Kurzzeit-Betriebsweise beispielsweise durch einen täglichen Betriebswechsel zwischen SOFC und SOEC geprägt sein. Außerdem wird das Simulationsmodell genutzt, um wesentliche Komponenten des rSOC-Systems (Leistung rSOC-System, Kapazität Batteriespeicher, Größe des H₂-Speichers, etc.) für ein gegebenes PEQ zu dimensionieren und die optimale Einbindung des rSOC-Systems in das Energie-Gesamtsystem zu ermitteln. Zusammengefasst werden im Rahmen dieses Projekts Simulationsmodelle für unterschiedliche Betriebsweisen gegenübergestellt und sowohl energetisch als auch ökonomisch bewertet.

Ausblick

In der Veröffentlichung werden die, für die Systemsimulation sowie experimentellen Versuche notwendigen Szenarien beschrieben sowie das Modell für die Gesamtsystemsimulation vorgestellt. Sie gibt darüber hinaus einen Einblick in die Vorgehensweise der Optimierung von rSOC-Systemen anhand eines ersten realistischen Anwendungsfalls. Die Ergebnisse sind an dieser Stelle der noch fehlende Grundstein für die weitere Dimensionierung sowie Optimierung von rSOC-Systemen für Plusenergiequartiere, um weiters eine Aussage über die technische sowie wirtschaftliche Integrität zukünftiger Realisierungsprojekte zu ermöglichen.

Referenzen

- [1] 4ward Energy Research GmbH (2023). *Reversible SOCs als Bindeglied zwischen Strom- Wärme- & Gasnetz zur Autarkie- und Resilienzsteigerung von Quartieren* [online]. 4ward Energy Research GmbH. <https://www.4wardenergy.at/de/referenzen/cell4life-1> [Zugriff am 28.11.2023]
- [2] Forschungszentrum Jülich, Hochschule Emden/Leer, 4ward Energy. (25.10.2023). HiSim - House Infrastructure Simulator. <https://github.com/FZJ-IEK3-VSA/HiSim>