

Digitaler Zwilling zur Betriebsoptimierung von Elektrolyse- und Brennstoffzellen-Systemen

Dipl.-Phys. Jakob Schöne, Jonas Läppchen,
Dr.-Ing. Gregor Herz

Elektrolyse- und Brennstoffzellensysteme, besonders auf Basis der IKTS-eigenen Festoxidtechnologie (SOEC/SOFC) können einen bedeutenden Beitrag zu den nationalen und internationalen Emissionszielen leisten. Dazu müssen jedoch Infrastruktur und Prozessketten in hohem Maße angepasst werden. An dieser Stelle kann die Modellierung genutzt werden, um kosten- und zeiteffizient tiefe Einblicke in die unterliegenden Mechanismen zu gewinnen. Essenziell für die Energiewende hin zu einem nachhaltigen Energie- und Rohstoffsystem ist das transiente Verhalten von Energiequellen und -senken im Netz. Am Fraunhofer IKTS wurde darum eine Methodik entwickelt, um Prozessmodelle auch auf Basis einer stark begrenzten Datenbasis aus technischer Dokumentation und Versuchsdaten entwerfen und parametrieren zu können.

Anwendungsbereich

In eine Open-Source-Umgebung wurde ein digitaler Zwilling einer Demo-Anlage für die Hochtemperaturelektrolyse erstellt und validiert. Er umfasst alle grundlegenden Komponenten des Systems (Stackmodul, Wärmeübertrager, elektrische Heizer, Nachbrenner). Die thermischen Kapazitäten wurden aus der technischen Dokumentation und Materialkennwerten abgeleitet. Zusätzliche Verluste wurden über den Abgleich mit Messdaten der Anlage identifiziert und parametrisiert. Das Modell wurde



Abb. 1: Versuchsanlage Thallwitz.

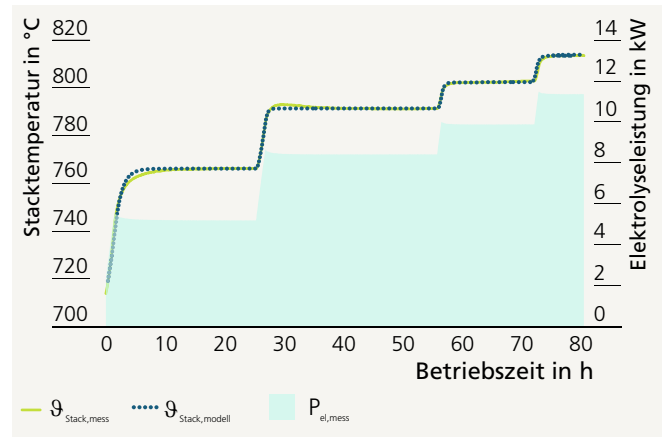


Abb. 2: Temperaturverlauf der Anlage und des Modells für die Validierungsmessreihe.

mithilfe einer dedizierten Messreihe validiert. Mit einem Trainingsdatensatz von 150 Stunden konnte eine mittlere Abweichung der Stacktemperatur von unter 0,6 K erreicht werden.

Modellaufbau und Datenbasis

Grundlage für den digitalen Zwilling sind OpenModelica mit den Modelica Standardbibliotheken und speziell erstellte komponentenspezifische Submodelle. Jedes Submodell stellt eine Komponente des Gesamtsystems dar und besitzt, neben seiner speziellen Funktion, sowohl eine thermische Kapazität als auch thermische Verluste (Konvektion, Strahlung). Die thermischen Kapazitäten konnten aus CAD-Modellen der Komponenten und den zugehörigen Materialeigenschaften (Dichte, spez. Wärmekapazität) berechnet werden. Zusätzliche thermische Verluste wurden über den Modell-Abgleich mit stationären und transienten Anlagenmessdaten (Temperaturen, Leistungsaufnahmen, Massenströme) entsprechend angepasst. Die Validierung des Modells erfolgte durch Vergleich von Aufheizkurven, Lastsprungantworten und stationären Betriebspunkten; bei iterativer Feinjustierung zur Minimierung der Abweichungen. Der OpenModelica basierte digitale Zwilling liefert bei minimalem Aufwand zur Parametrierung eine valide, dynamische Abbildung des realen Systems und konnte einen wertvollen Beitrag zur Versuchsplanung und Betriebsoptimierung liefern.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Modellierungsarbeiten auf Bauteil- und Systemebene
- Unterstützung bei Reglerentwicklung und Inbetriebnahme
- Systemanalyse zu Optimierungs- und Schulungszwecken

Gefördert durch:

