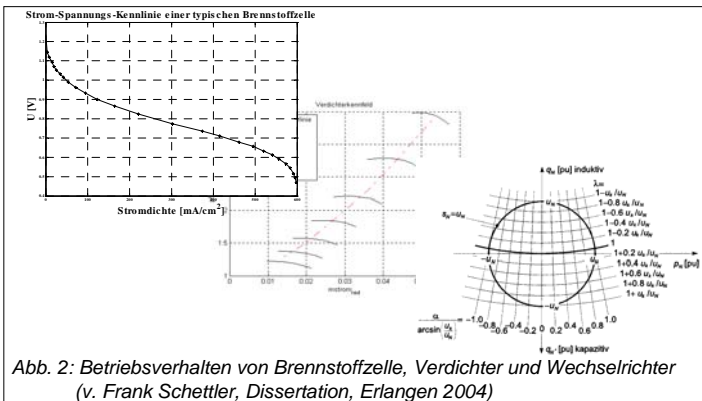
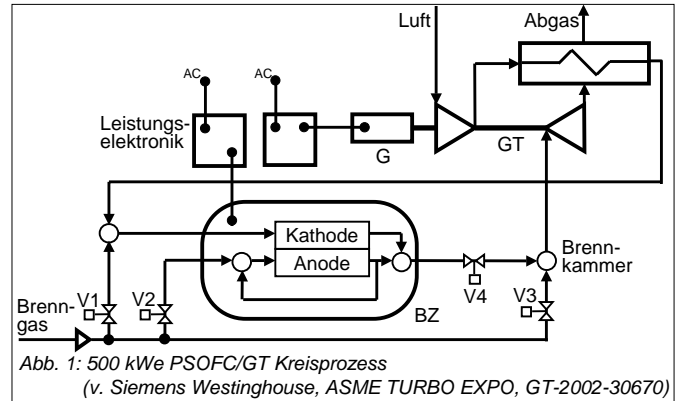


Mehrgrößenregelung eines aufgeladenen SOFC/Gasturbinen-Kraftwerks in einem dezentralen Energieversorgungsnetz

Motivation

Vor dem Hintergrund der weltweit knapper werdenden fossilen Energiereserven und des zunehmenden Treibhauseffekts gewinnen neue Energiewandlungstechnologien zur Verringerung des Primärenergiebedarfs sowie des Schadstoffausstoßes zunehmend an Bedeutung. Die Verwendung von Hochtemperaturbrennstoffzellen, insbesondere in Kombination mit Gasturbinen, verspricht auf den genannten Gebieten gegenüber allen heutigen Technologien erhebliches Verbesserungspotenzial. Allerdings erfordern solche Anlagen genaue Kenntnis des Betriebsverhaltens sowie eine leistungsfähige Regelung, um einen zuverlässigen und sicheren Betrieb zu ermöglichen. Die Abbildung 1 stellt beispielhaft einen von verschiedenen, in der Literatur beschriebenen Kreisprozessen bzw. Anlagenschemata dar.

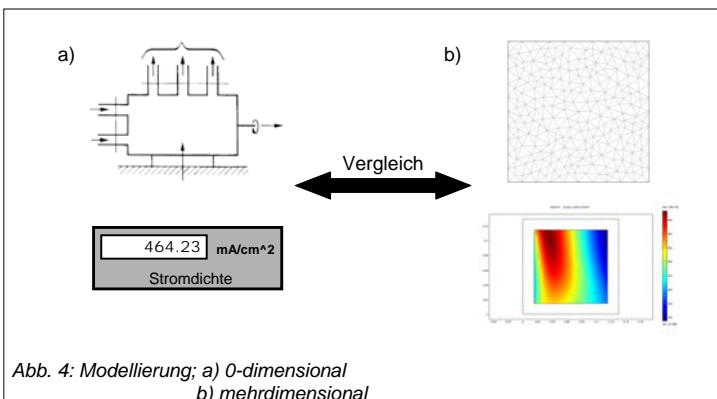
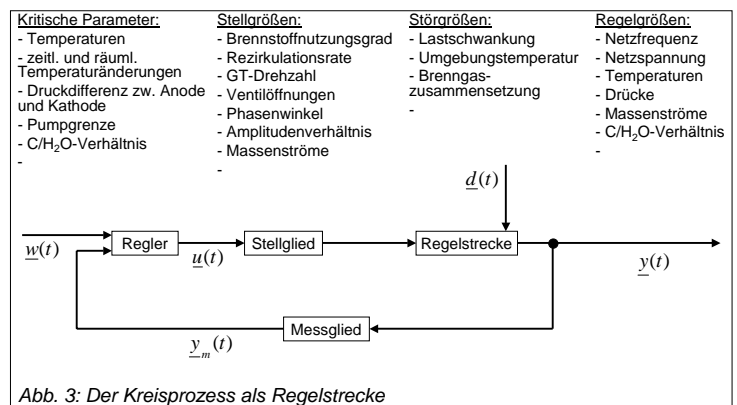


Betriebsverhalten

Die Abbildung 2 zeigt das Betriebsverhalten wichtiger Komponenten des Kreisprozesses. Die U-I-Kennlinie einer Brennstoffzelle ist bei niedrigen Stromdichten von den Durchtritts-, bei mittleren von den Widerstands- und bei hohen von den Diffusionsverlusten bestimmt. Darüber hinaus verschiebt sich die gesamte Kennlinie bei geänderten Betriebsdrücken und -temperaturen. Der Verdichter weist das typische Verhalten von steigenden Druckverhältnissen und Massenströmen bei steigender Drehzahl auf. Das Leistungsdiagramm des am Netz betriebenen, selbstgeführten Wechselrichters zeigt, dass bei entsprechender Kombination von Phasenwinkel und Amplitudenverhältnis sowohl die Wirk-, als auch die Blindleistung frei eingestellt werden kann.

Regelung

Die Komplexität des gesamten Regelsystems wird von der Abbildung 3 verdeutlicht. Neben der großen Anzahl von möglichen Stell- und Störgrößen sowie von notwendigen Regelgrößen, die alle zudem nicht-linear voneinander abhängen (siehe Abb. 2), weisen die instationären elektrochemischen, elektrischen, mechanischen und thermischen Vorgänge 4 sehr unterschiedliche Zeitkonstanten auf (von einigen Millisekunden bis zu einigen Minuten). Grundsätzlich gibt es 2 verschiedene Regelungskonzepte: kurze Lastschwankungen können durch Variation des Brennstoffnutzungsgrades schnell ausgeregelt werden, größere Laständerungen dagegen nur relativ langsam durch Anpassen des Brennstoffmassenstromes.



Modellierung

Zur Modellierung des Systems wird jede Komponente durch ein Kontrollvolumen repräsentiert (siehe Abb. 4), für das entsprechende zeitabhängige Erhaltungsgleichungen aufzustellen und zu lösen sind. Der dadurch bedingte Genauigkeitsverlust kann durch Kalibrierung mit mehrdimensionalen, detaillierten Modellen der einzelnen Komponenten verringert werden. Ferner ist bei 0-dimensionalen BZ-Modellen das Auftreten von unterschiedlichen stationären Zuständen bei identischen Eingangsgrößen zuverlässig zu vermeiden.

Die Programmierung und Simulation des Gesamtsystems erfolgt mit Matlab/Simulink, die Erstellung der mehrdimensionalen Modelle mit Finite-Elemente- oder Finite-Volumen-Programmen.