

Ausschreibung Masterarbeit

Stabilitätsanalyse des ohmschen Heizverhaltens mikrostrukturierter SiC-Keramikkörper zum Einsatz in einem neuen Reaktorkonzept

Hintergrund

Die Wärmebereitstellung aus fossilen Brennstoffen stellt einen Haupttreiber der direkten Treibhausgasemissionen großskaliger Basischemikalien-Prozesse dar. Der große Wärmebedarf entfällt zu einem signifikanten Teil auf endotherme Prozesse wie Reformierungen, Pyrolysen und Crackprozesse, die auch zukünftig in neuen Technologien einer Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft oder Wasserstoffökonomie zum Wasserstofftransport in Form von Ammoniak oder Methanol benötigt werden.

Die direkte Nutzung regenerativer elektrischer Energie zur Beheizung endothermer chemischer Prozesse ist daher ein vielversprechender Ansatz zur Dekarbonisierung. Um gezielt elektrische Energie in katalytische Prozesse einzukoppeln, sind neue Reaktorkonzepte erforderlich. Am EBI ceb wird hierzu an einem Design gearbeitet, in dem der Katalysatorträger gleichzeitig das elektrisch beheizte Bauteil ist. Diese Heizkörper sind mikrostrukturierte Formkörper wie Schäume oder Waben aus Silicium-Carbiden (SiC). Ihr ohmsches Heizverhalten wird durch den spezifischen elektrischen Widerstand und dessen Temperaturabhängigkeit bestimmt (Heißleiter). Dadurch kann sich beim Betrieb der ohmschen Beheizung ein instabiler Zustand ergeben, bei dem die Wärmeabfuhr durch Absinken des Widerstands mit der Temperatur immer weiter steigt (thermisches Durchgehen). Diesen kritischen Zustand zu vermeiden ist für den sicheren Betrieb unerlässlich.

Geplante Arbeiten

Zur Einarbeitung soll mit einer Literaturrecherche zu Modellen für die analytische Berechnung des elektrischen Widerstands von Mikrostrukturen, der temperaturabhängigen Leitfähigkeit von Silicium-Carbiden sowie gängigen Theorien zur Bewertung der Zeitstabilität (Semenof-, Kamenetskii-Theorie) begonnen werden. Zunächst soll nur die Wechselwirkung der ohmschen Beheizung mit dem konvektiven Wärmetransport (Gasströmung) in einem 1D-pseudohomogenen Modell analysiert werden. Auf Basis der Enthalpiebilanz sollen analytische Kriterien (z. B. Kennzahlen) zur Sicherstellung eines stationären und zeitstabilen Betriebs abgeleitet werden. Diese Kriterien sollen numerisch mit einem bestehenden COMSOL-Modell evaluiert werden. Anschließend soll die Untersuchung um den Einfluss der Wärmeleitung im Festkörper und Gas erweitert werden. Schließlich soll das Modell um eine einfache Beispielreaktion (Methanolreformierung) auf Basis einer Formalkinetik mit Vernachlässigung von Einflüssen des Stofftransports ergänzt werden.

Der numerische Teil wird ergänzt um die experimentelle Erfassung des elektrischen Widerstands von mikrostrukturierten SiC-Schäumen oder -Waben. Hierzu soll eine Messmethode nach dem Prinzip der 4-Leiter-Messung als Prinzip entwickelt werden. Aus dem ermittelten Widerstandsverlauf sollen die spezifische elektrische Leitfähigkeit des Katalysatorträgers sowie Korrelationen zur Beschreibung des Übergangswiderstands verschiedener Geometrien abgeleitet werden.

Voraussetzung: Interesse an mathematisch-analytisch und numerisch ausgerichteter Arbeit, bestenfalls Erfahrung mit COMSOL/Matlab/Python und Konzepten zum Einsatz der EE in der Reaktionstechnik.

Beginn der Arbeit: ab 01.02.2026

Aufgabensteller: Prof. Dr.-Ing. Frederik Scheiff

Betreuung: Marius Weiser, marius.weiser@kit.edu, 0721 608 42564

Bei Interesse gerne jederzeit anrufen oder persönlich vorbeikommen.