

Masterarbeit

Thema: Ortsaufgelöste reaktionskinetische Untersuchung der selektiven katalytischen Reduktion von Stickoxiden im Kontext zukünftiger Wasserstoffmotoren

Spatially resolved kinetic investigation of the selective catalytic reduction of nitrogen oxides in the context of future hydrogen engines

Motivation

Auf dem Weg zu einer dekarbonisierten Mobilität kann der Wasserstoffmotor insbesondere im Nutzfahrzeugsektor sowie auf der Langstrecke einen wertvollen Beitrag leisten. Wasserstoffmotoren emittieren keine Treibhausgase, jedoch ist die Emission schädlicher Stickoxide (NO_x) aufgrund der Verwendung von Luft als Oxidationsmittel unabdingbar. Daher müssen für die Kontrolle von Stickoxid-Emissionen zuverlässige Technologien entwickelt werden. Hier scheint die Verwendung von Wasserstoff als Reduktionsmittel für die NO_x -Umwandlung attraktiv, aber derzeit verfügbare Katalysatoren weisen keine ausreichende Aktivität und Selektivität auf. Eine etablierte Technologie ist die Umwandlung von NO_x über einem SCR-Katalysator (selektive katalytische Reduktion) mithilfe des Reduktionsmittels Ammoniak (NH_3), welches über die Dosierung und chemische Zersetzung einer wässrigen Harnstoff-Lösung bereitgestellt wird. Für den Einsatz der etablierten NH_3 -SCR in der Emissionskontrolle von Wasserstoffmotoren müssen die spezifische Zusammensetzung des Abgases von Wasserstoffmotoren (hohe Wasser- und Wasserstoffkonzentrationen) sowie die chemischen und physikalischen Wechselwirkungen von Wasserstoff mit dem mehrphasigen Reaktionssystem untersucht werden. Denkbar ist auch eine Kombination der Reduktionsmittel NH_3 und H_2 für den Technologieübergang. Für Auslegung und technische Applikation von Systemen für die NO_x -Emissionskontrolle von Wasserstoffmotoren ist das detaillierte Verständnis der (mehrphasigen) katalytischen Reaktionen sowie deren reaktionskinetische Beschreibung unabdingbar.

Aufgabenbeschreibung

In dieser Arbeit sollen reaktionskinetische Messungen der katalytischen Reaktionen im SCR-Monolithen an einem bestehenden Prüfstand durchgeführt werden. Dies umfasst die Zersetzung von Harnstoff und seinen Folgeprodukten sowie die katalytische Umsetzung von Stickoxiden mit den Reduktionsmitteln Ammoniak und/oder Wasserstoff. Die Messungen erfolgen an einem Heißgasprüfstand mit integrierter Harnstoff-Wasser-Dosierung mittels einer kapillartechnischen Methode zur Erfassung ortsaufgelöster Konzentrations- und Temperaturdaten (s. Abb. 1). Dabei wird ein Teil der Gasströmung im monolithischen Kanal durch die Kapillare in eine geeignete Analytik (MS/FTIR) geleitet. Die Verschiebung der Kapillare (und eines Thermoelements) in Strömungsrichtung ermöglicht die simultane Aufnahme von örtlich aufgelösten Konzentrationsprofilen (und Temperaturprofilen).

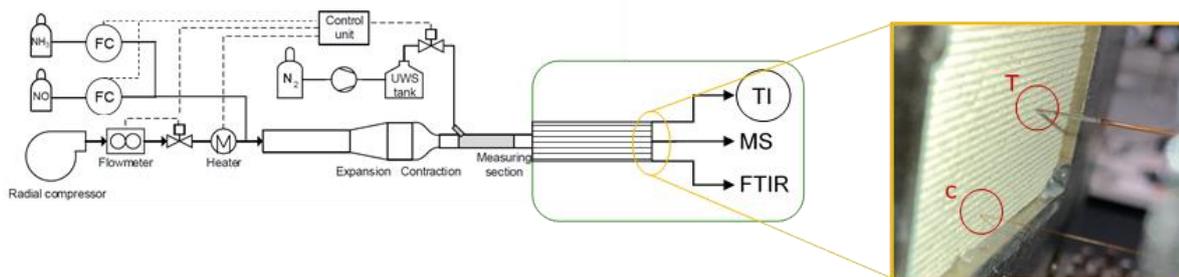


Abbildung 1 Schematischer Aufbau des Heißgasprüfstands und Darstellung der kapillartechnischen Methode

Der Fokus der Untersuchungen liegt auf der chemischen und physikalischen Interaktion der Bedingungen im Abgas von Wasserstoffmotoren (Zusammensetzung, Temperatur) mit den NH_3 -Reaktionen und dem SCR-Katalysator. Wichtige Fragestellungen sind dabei der Effekt der exothermen H_2 -Oxidation auf das (mehrphasige) Reaktionssystem sowie der Einfluss von Wasserstoff auf den NO_x -Umsatz. Die Messungen erfolgen an etablierten SCR-Katalysatoren, beispielsweise VWT-Katalysatoren (Vanadium-, Wolfram-, Titanoxid). Weiterhin werden katalytisch nicht-aktive, keramische Monolithen für Referenzmessungen eingesetzt.

Die Arbeit beinhaltet folgende Arbeitspakete:

- Einarbeitung in die Thematik, Literaturrecherche
- Reaktionskinetische Experimente am Heißgasprüfstand mit steigender Komplexität
 - Ortsaufgelöste Messung der Gastemperatur sowie der H_2 - und H_2O -Konzentration im unbeschichteten Monolithen
 - Ortsaufgelöste Messung der Gastemperatur sowie der Spezieskonzentrationen in gängigen SCR-Katalysatoren unter Dosierung von NO_x und NH_3
 - Ortsaufgelöste Messung der Gastemperatur sowie der Spezieskonzentrationen in gängigen SCR-Katalysatoren unter Dosierung von NO_x und Harnstoff-Wasser-Lösung
- Reaktionskinetische Analyse und Interpretation der Ergebnisse
- Schriftliche Ausarbeitung und Präsentation der Ergebnisse

Die Ergebnisse fließen in das von der DFG geförderte Projekt SFB/Transregio 150 ein. Das Projekt beinhaltet eine Kooperation mit dem Lehrstuhl Reaction Engineering and Catalysis an der TU Dortmund. Die Masterarbeit wird daher zusätzlich durch Forschende der TU Dortmund betreut. Dies ermöglicht den wissenschaftlichen Austausch mit mehreren erfahrenen Gruppen auf dem Gebiet. Ein Besuch der TU Dortmund während der Masterarbeit wird angestrebt.

Beginn: ab sofort

Betreuer: Dr.-Ing Marion Börnhorst marion.boernhorst@tu-dortmund.de

Co-Betreuer: M. Sc. Jakob Jägerfeld jakob.jaegerfeld@kit.edu

Erstprüfer: Prof. Dr. Olaf Deutschmann deutschmann@kit.edu