

Einsatz offenzelliger Schaumkeramik bei der partiellen Oxidation von Methan

MARTIN BOUCHÉ, MATTHIAS JAHN, ALEXANDER MICHAELIS, MARKUS POHL*

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS Dresden, Winterbergstr. 28, 01277 Dresden

* markus.pohl@ikts.fraunhofer.de

Einführung

Forschungsziel

Der Einsatz offenzelliger Schaumkeramik bei der partiellen Oxidation von Methan steht im Fokus der Entwicklungsaktivitäten für ein Festoxid-Brennstoffzellensystem. Forschungsziel ist die Realisierung eines Reformers, der in einem mit Biogas betriebenen SOFC-System zum Einsatz kommen soll.

Zunächst sollen Tests mit dem Brennstoff Methan durchgeführt werden. Als Produkt soll Reformat als Anodengas für einen Brennstoffzellenstack erzeugt werden. In Brennstoffzellen (Typ: SOFC) kann Wasserstoff (H_2) und Kohlenmonoxid (CO) als Brenngas für die Bereitstellung von Strom und Wärme eingesetzt werden.

Ergebnisse

Gleichgewichtsberechnung

Ausgehend von den möglichen Produkten wurde über die Minimierung der freien Enthalpie die Gleichgewichtszusammensetzung mit dem Berechnungssystem FACTSAGE berechnet.

Die Reaktortemperatur und der Druck wurden für technisch relevante Bedingungen ($T = 850\text{ °C}$; $P = 1\text{ bar}$) als konstant angenommen. Die Luftzahl wurde in einem Bereich von $\lambda = 0,2$ bis $0,4$ variiert.

In der Abbildung 2 sind die berechneten Stoffmengenanteile der an der Reaktion beteiligten Komponenten dargestellt. Unter den angenommenen Bedingungen ist es möglich Methan durch partielle Oxidation in Synthesegas umzuwandeln. Die mögliche Kohlenstoffbildung wird durch den Wert der Luftzahl bestimmt.

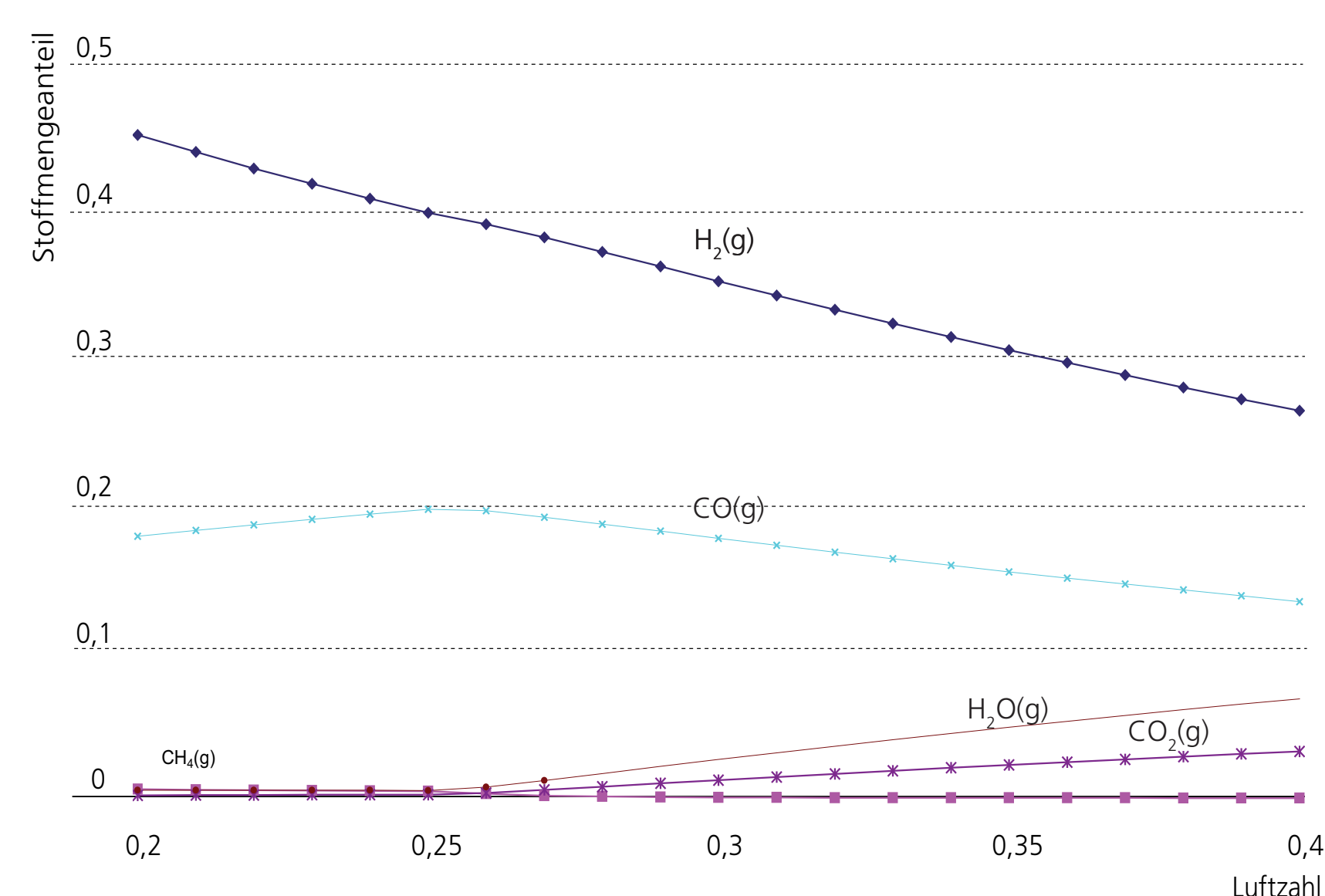
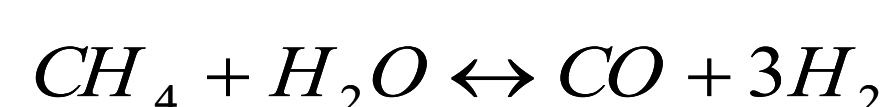
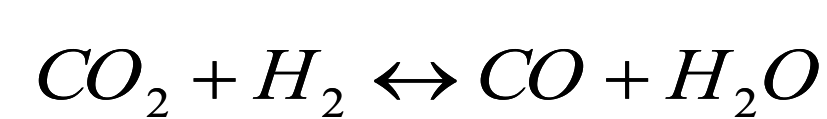
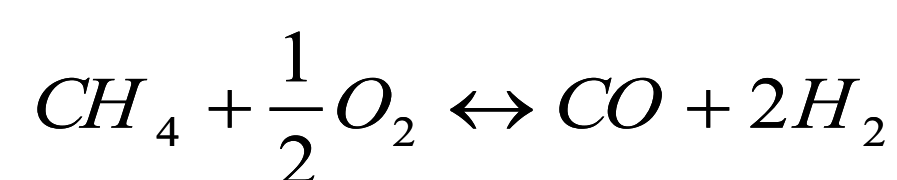


Bild 2
Gleichgewichtszusammensetzung $T = 850\text{ °C}$.

Schlussfolgerungen

Zusammenfassung

Die ersten Tests mit offenzelligen Schaumkeramiken bestätigen den Vorteil der porösen Struktur, die einen Queraustausch der Komponenten im Reaktorvolumen ermöglicht.

Bei vergleichbarer Qualität des Reformats wurde unter gleichen Versuchsbedingungen und gleichem Reaktorvolumen ein kleinerer Druckverlust gemessen.

Die erforderliche Reaktorleistung des Reformers kann bei gleichem Reaktorvolumen sowohl mit der Referenzwaibe, als auch mit dem Katalysatorsystem auf der Basis einer offenzelligen Schaumkeramik erreicht werden. In Tabelle 1 sind die charakteristischen Versuchsparameter

Bisherige Arbeiten

Offenzellige Schaumkeramik wird im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte am IKTS in verfahrenstechnischen Anwendungen untersucht [1]. Die Temperaturbeständigkeit von Siliziumcarbid ermöglicht den Einsatz als Katalysatorträger im Temperaturbereich bis 1200 °C .

Schaumkeramiken besitzen eine hohe offene Porosität von bis zu 90 %. Sie werden über die Abformung von Polymerstrukturen hergestellt. Die eingesetzten Werkstoffe und die Beschichtung bestimmen die Eigenschaften der Katalysatorträger [2].

Durch die katalytische Funktionalisierung der Schaumoberfläche wird ein Katalysatorsystem erzeugt, in dem

Erste Versuchsreihe

In den experimentellen Untersuchungen wurden Cordieritwaben und offenzellige Schaumkeramiken verwendet. Als Beschichtung wurde ein kommerzieller Katalysator eingesetzt.

Bei der Versuchsdurchführung wurden technisch relevante Betriebsbedingungen für den Reformer eingestellt. Als Beispielreaktion wurde die Umwandlung von Methan (CH_4) zu Synthesegas (H_2 und CO) ausgewählt. Als Referenz werden Versuchsreihen mit Cordieritwaben betrachtet, die Reformat im berechneten thermodynamischen Gleichgewicht erzeugen können.

Die Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der ersten Versuchsreihe und bestätigt die Funktion des Katalysators im Reformer. Der gemessene Stoffmengenanteil von Wasserstoff (H_2) liegt bei beiden Katalysatorsystemen im untersuchten Bereich der Re-Zahl über 30 %. Der Stoffmengenanteil von Kohlenmonoxid (CO) liegt entsprechend der eingestellten Luftzahl über einem Wert von 15 %. Der Stoffmengenanteil von Methan (CH_4) ist bei der Schaumkeramik größer als bei der Referenz. Der gemessene Wert liegt bei bis zu 4 %.

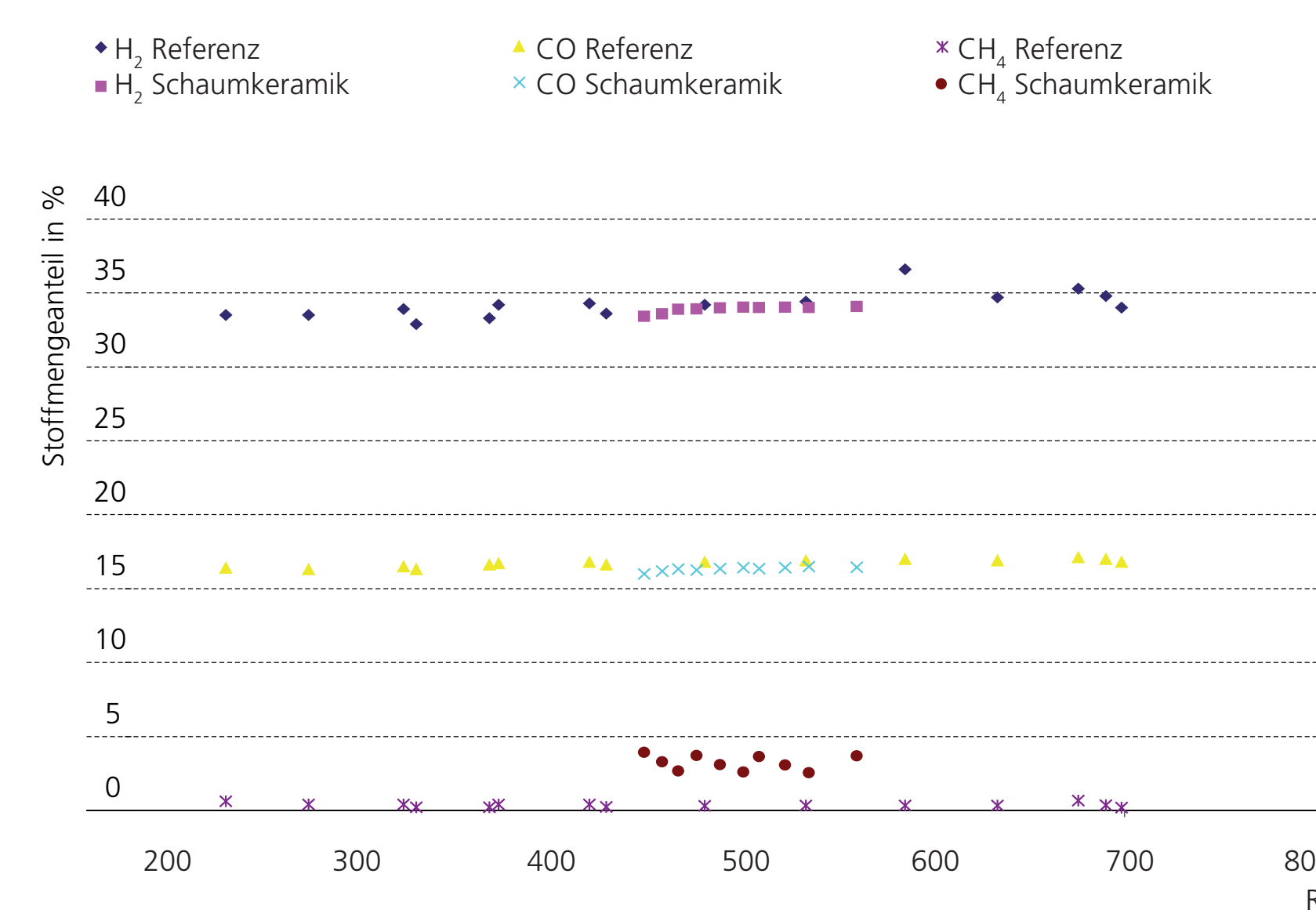


Bild 3
Stoffmengenanteile für CO , H_2 , CH_4 im Reformat.

Versuchsreihe	1	2	3
Leistung	75 %	25 .. 50 %	50 .. 100 %
Porosität	30 ppi	30 ppi	30 ppi
Reaktorlänge	L	2L	2L
Querschnitt	konstant	konstant	$A_3 > A_{1,2}$

Tabelle 1
Versuchsplan.

der bisher durchgeführten Versuchsreihen dargestellt. In einer geplanten dritten Versuchsreihe soll ein neuer Reaktor mit vergrößertem Querschnitt untersucht werden.

Ausblick

Katalysatorträger aus offenzelliger Schaumkeramik besitzen eine poröse Struktur durch die der Ablauf der Trans-

die Einzelschritte der heterogenen katalysierten Reaktion ablaufen können.

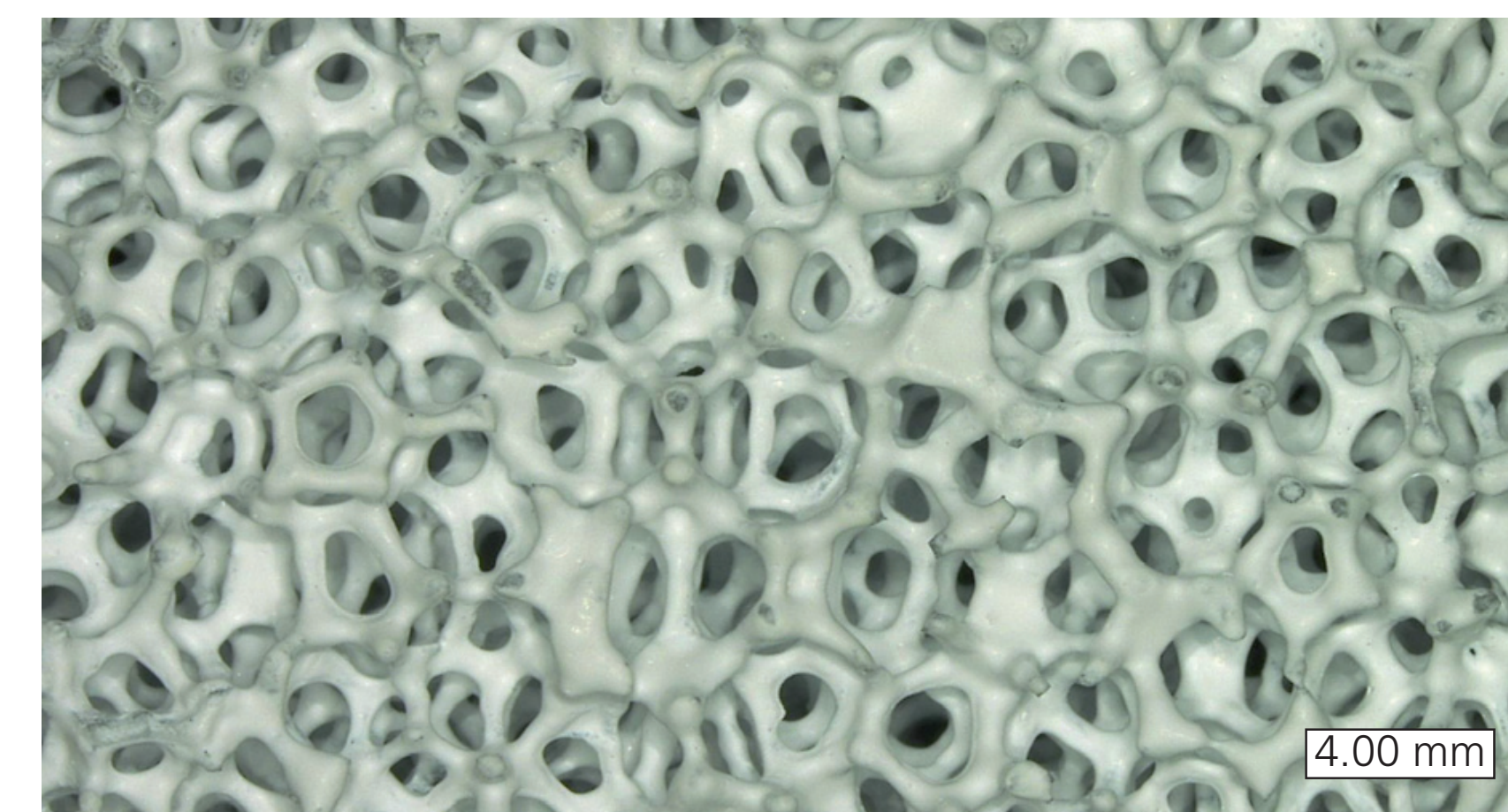


Bild 1
Mit Katalysator beschichtete SSiC-Schaumkeramik.

Zweite Versuchsreihe

Bei der Durchführung der zweiten Versuchsreihe wurde die Reaktorlänge variiert. Die Qualität des Reformats konnte durch die doppelte Reaktorlänge (2L) verbessert werden.

Der Stoffmengeanteil von Methan (CH_4) liegt im untersuchten Leistungsbereich des Reformers bei einem Wert kleiner 2 %. Der Stoffmengeanteil von CO_2 liegt dabei unter 3 %.

Zudem wurde ein axiales Temperaturprofil gemessen. Die höchste ermittelte Reaktortemperatur bei der partiellen Oxidation von Methan liegt unter 1000 °C .

In der Abbildung 4 sind die Ergebnisse der Versuchsreihen hinsichtlich des Druckverlustes dargestellt. Zusätzlich zu den gemessenen Werten sind Geraden eingetragen, die für die Versuchsreihe mit der doppelten Reaktorlänge (2L) eine größere Steigung zeigen.

Der Druckverlust Δp der Schaumkeramik ist bei gleichem Reaktorvolumen geringer als bei der Referenzwaibe. Die Werte dieser Versuchsreihe sind bezogen auf ein zylindrisches Reaktorvolumen dargestellt.

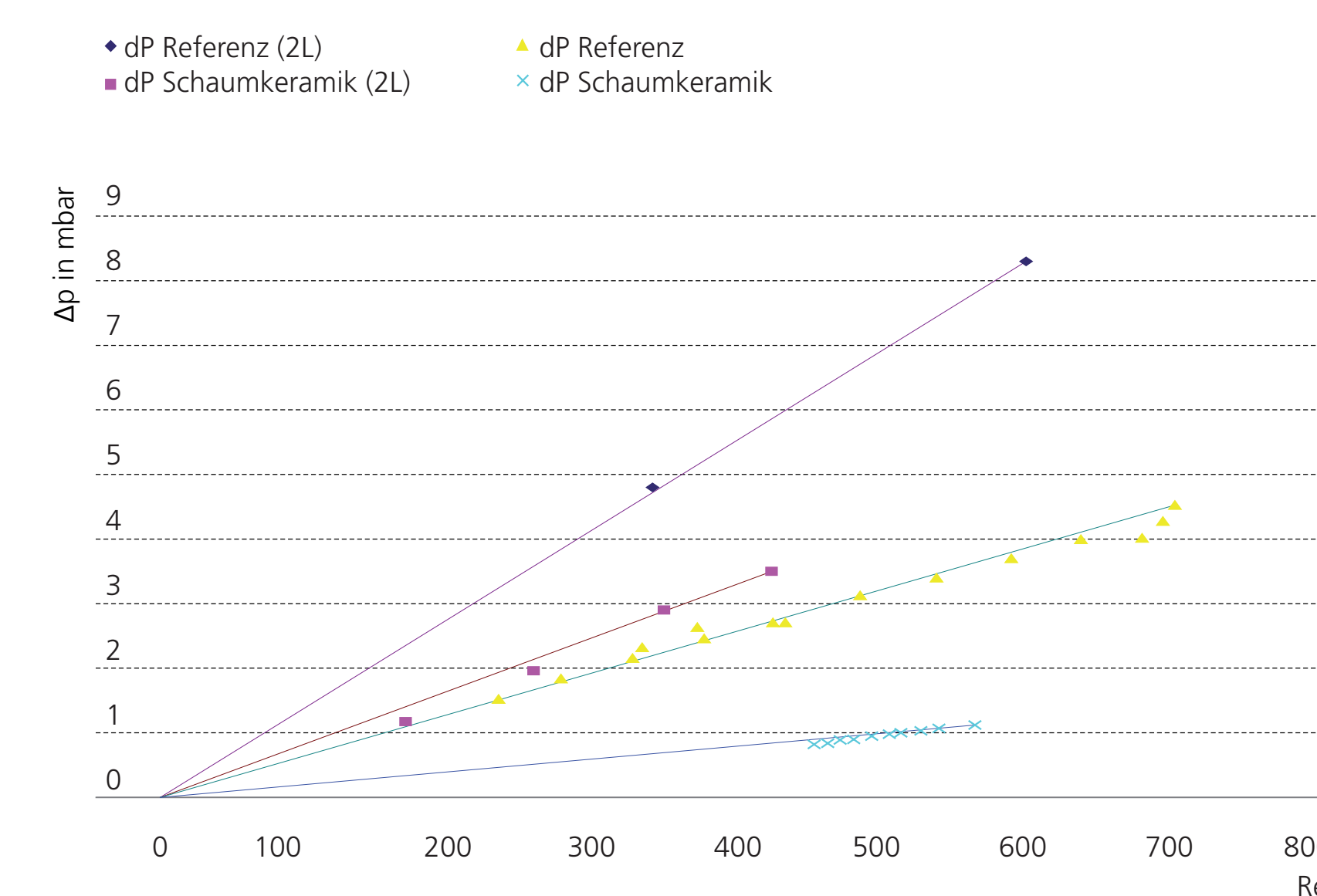


Bild 4
Druckverlust des Katalysatorträgers.

portvorgänge (Energie-, Impuls- und Stofftransport) verbessert werden kann.

In weiteren Versuchsreihen soll die partielle Oxidation von Methan an Schaumkeramiken mit einer Porosität im Bereich von 10 bis 60 ppi untersucht werden.

Literatur

- [1] F. Marschallek, J. Adler, R. Belitz, D. Böttge, M. Heddrich, M. Jahn, Mehrstofffähige Brenner für den Einsatz in Brennstoffzellensystemen, Chemie Ingenieur Technik 2008, 80, 1266.
- [2] D. Böttge, M. Endisch, J. Adler, Dr. T. Kuchling: Gestützte thermische Entsorgung von methanhaltigen Schwachgasen mit langzeitstabilen geträgerten Katalysatoren – Methakat. Tagungsbericht 84. Darmstädter Seminar –Abfalltechnik und Umwelt und Raumplanung-. Darmstadt, 2008