



hochschule mannheim



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt

Charakterisierung von Gas-Feststoff-Reaktionen unter geringen Wasserdampfpartialdrücken

Roman Weh

Bachelorthesis

zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Science (B.Sc.)

Studiengang Verfahrenstechnik

Fakultät für Verfahrens- und Chemietechnik

Hochschule Mannheim

31.08.2015

Durchgeführt beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Betreuer

Prof. Dr.-Ing. Birgitta Landwehr

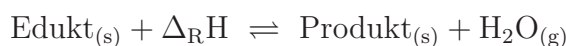
Dr.-Ing. Margarethe Molenda

Aufgabenstellung

„Charakterisierung von Gas-Feststoff-Reaktionen unter geringen Wasserdampfpartialdrücken“

Für eine große Zahl an Anwendungen ist die Speicherung oder Transformation thermischer Energie notwendig. Chemische Gas-Feststoff-Reaktionen finden hierbei in vielen Bereichen Anwendung. So können sie für die saisonale Wärmespeicherung aber auch zur Aufwertung industrieller Abwärme genutzt werden. Der in der Literatur weit verbreitete Begriff „chemical heat pump“ bezeichnet hierbei Wärmepumpen- oder Wärmetransformationsprozesse aufgrund von chemischen Reaktionen, die aktuell zunehmend in den Fokus der Forschung rücken¹. Reaktionssysteme mit Wasserdampf als gasförmigen Reaktionspartner weisen dabei einige verfahrenstechnische Vorteile auf. Unter anderem zählt hierzu die hohe Verfügbarkeit und die Kondensierbarkeit bei geringen Arbeitsdrücken.

Im Allgemeinen beschreibt die folgende Reaktionsgleichung den Vorgang:



Eine wichtige Größe für die Anwendbarkeit von Gas-Feststoff-Reaktionen für offene bzw. geschlossene Prozesse ist die spezifische Leistung in Abhängigkeit des umgebenden Gasdrucks. In dieser Bachelorarbeit soll daher die Reaktivität verschiedener Reaktionssysteme bei geringen Wasserdampfdrücken untersucht werden.

Aufgaben:

- Einarbeitung in die thermodynamischen und chemischen Grundlagen
- Literaturrecherche zur Reaktionssystemwahl
- Theoretische Untersuchung und Auswahl einiger Reaktionssysteme basierend auf der Lage des thermodynamischen Gleichgewichts
- Experimentelle Untersuchung dieser Auswahl mittels thermogravimetrischer Analyse mit Fokus auf
 - die Reversibilität der Reaktion
 - die Reaktionsgeschwindigkeiten unter geringen Wasserdampfpartialdrücken
- Entwicklung eines Laboraufbaus zur Untersuchung der Gas-Feststoff-Reaktion bei geringem Absolutdruck. Dabei soll die bei Raumtemperatur erzeugte Kühl- und Heizleistung eines geschlossenen Systems aus Verdampfer/Kondensator und Reaktor untersucht werden. Die Reaktionszeiten, -temperaturen sowie die sich einstellenden Reaktionsdrücke spielen dabei ebenfalls eine große Rolle.

¹Cot-Gores J, Castell A, Cabeza LF. Thermochemical energy storage and conversion: A-state-of-the-art review of the experimental research under practical conditions. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2012; 16(7): 5207 - 5224

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt und alle Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben habe.

.....
Datum, Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis	VI
1. Einleitung	1
2. Grundlagen	3
2.1. Thermodynamische Grundlagen	3
2.2. Thermochemische Kältemaschine	7
2.3. Umsatz und Hydratstufen	11
3. Stand der Technik	15
4. Experimentelle Durchführung	21
4.1. Thermogravimetrische Analyse	21
4.1.1. Versuchsaufbau	22
4.1.2. Versuchsdurchführung	24
4.2. Laborteststand	27
4.2.1. Versuchsaufbau	27
4.2.2. Versuchsdurchführung	29
5. Ergebnisse und Auswertung	31
5.1. Stoffauswahl	31
5.2. Thermogravimetrische Analyse	34
5.2.1. Isothermes Experiment	34
5.2.2. Dynamisches Experiment	40
5.3. Laborteststand	45
6. Zusammenfassung und Ausblick	59
Literatur	63
A. Anhang	64
A.1. TGA: Berechnung Wasserdampfpartialdruck	64
A.2. TGA: Temperaturregelung Ofen- und Proben-temperatur	66
A.3. Verwendete Stoffe	67
A.4. Anhang zum Laborteststand	68
A.5. Fehlerabschätzungen	70
A.6. Weitere Messergebnisse	73