

Hochschule Mannheim

Fakultät für Verfahrens- und Chemietechnik – Studiengang Chemische Technik

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

# **Charakterisierung des Reaktionssystems $\text{SrBr}_2/\text{H}_2\text{O}$ als thermochemisches Speichermaterial**

Ausgearbeitet von Stefan Wohnrau

Betreuender Professor: Prof. Dr. Wolfgang Eisenmann, Hochschule Mannheim

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

Institut für Technische Thermodynamik, Stuttgart

Externe Betreuer: Dr.-Ing. Margarethe Richter, DLR

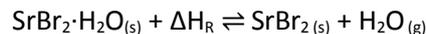
Dipl.- Ing. Jana Stengler, DLR

Tag der Abgabe: 20. März 2016

## - Aufgabenstellung -

### „Charakterisierung des Reaktionssystems SrBr<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O als thermochemisches Speichermaterial“

Für eine große Zahl an Anwendungen ist die Speicherung oder Transformation thermischer Energie von Interesse: In der saisonalen Wärmespeicherung aber auch in der Nutzung industrieller Abwärme steckt ein hohes Einsparpotential an Primärenergieträgern. Chemische Gas-Feststoff-Reaktionen können in all diesen Bereichen eingesetzt werden. Der in der Literatur gebräuchliche Begriff „chemical heat pump“ bezeichnet hierbei Wärmepumpen- oder Wärmetransformationsprozesse basierend auf chemischen Reaktionen, die aktuell zunehmend in den Fokus der Forschung rücken<sup>1</sup>. Reaktionssysteme mit Wasserdampf als gasförmigen Reaktionspartner weisen dabei einige verfahrenstechnische Vorteile auf. Unter anderem zählen hierzu die hohe Verfügbarkeit und die Kondensierbarkeit bei geringen Arbeitsdrücken. Die Reaktion von Strontiumbromid und Wasserdampf hat sich in einem umfangreichen Screening als geeignetes Speichermaterial erwiesen<sup>2</sup>. Dabei wird das chemische Gleichgewicht



gezielt beeinflusst, um thermische Energie ein- oder auszukoppeln. Eine wichtige Größe für die Einflussnahme ist dabei der (Partial-)Druck des Wasserdampfes. Damit lässt sich die Temperatur der Reaktion und damit die Be- und Entladung des Speichers steuern. Die genaue Kenntnis des thermodynamischen Gleichgewichts ist folglich von großer Bedeutung für den Betrieb eines thermochemischen Energiespeichers und -transformators. Zudem spielt die Geschwindigkeit der Reaktion bei gegebenen Prozessparametern eine wichtige Rolle. In dieser Bachelorarbeit soll daher das Reaktionssystem SrBr<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O im Hinblick auf die thermodynamischen und kinetischen Eigenschaften charakterisiert werden.

#### Aufgaben:

- Einarbeitung in die thermodynamischen und chemischen Grundlagen
- Planung und Durchführung von Experimenten mit der Simultan-Thermoanalyse zur Charakterisierung
  - des thermodynamischen Gleichgewichts bei verschiedenen Wasserdampfpartialdrücken
  - der effektiven Reaktionsgeschwindigkeit unter Variation der Temperatur und des Wasserdampfpartialdrucks
- Analyse der experimentellen Daten, Parametrierung und Beschreibung der thermodynamischen und kinetischen Modelle

#### Betreuung:

Dr.-Ing. Margarethe Richter, DLR  
Dipl.-Ing. Jana Stengler, DLR

#### Beginn:

01.01.2016

#### Dauer:

3 Monate

<sup>1</sup> Cot-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.

<sup>2</sup> Habermann E-M, Analyse möglicher Gas-Feststoff-Reaktionen für die Wärmetransformation mittels Wasserdampf, Bachelorarbeit, Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden, 2014.

# Inhalt

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen</b> .....	<b>3</b>
2.1 Thermische Energiespeicherung .....	3
2.2 Energietransformation und Wärmetransformation.....	9
2.3 Thermodynamik .....	10
2.4 Effektive Reaktionsgeschwindigkeit .....	14
<b>3 Messverfahren</b> .....	<b>19</b>
3.1 Thermogravimetrie.....	19
3.2 Aufbau der Thermogravimetrie.....	20
3.3 Einflussfaktoren.....	21
3.4 Differential Scanning Calorimetry .....	22
3.5 Geräteangaben und Messkonfiguration .....	23
3.6 Auswertemethodik.....	24
<b>4 Strontiumbromid</b> .....	<b>29</b>
<b>5 Ergebnisse der Vorversuche</b> .....	<b>33</b>
5.1 Kalibrierung der Thermogravimetrie.....	33
5.2 Einfluss der Probemenge.....	39
<b>6 Charakterisierung des Reaktionssystem SrBr<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O</b> .....	<b>43</b>
6.1 Effektive Reaktionsgeschwindigkeit/Dehydratation in reiner Stickstoffatmosphäre .....	43
6.2 Thermodynamische Untersuchungen .....	50
<b>7 Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	<b>56</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>58</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>68</b>