



Institut für technische Thermodynamik
Deutsches Zentrum für Luft und Raum-
fahrt e.V., Köln



Institut für Energie- und
Umweltverfahrenstechnik
Universität Duisburg-Essen

Masterarbeit

Konzeption und Auslegung eines thermochemischen Energiespeicherreaktors für den Hochtemperaturbereich

Von

Julian Lübke

Studiengang:

Wirtschaftsingenieurwesen (M.Sc.) Energie- und Verfahrenstechnik

Mat-Nr.: 2231479

Vorgelegt am: 31. Oktober 2014

An der Universität Duisburg-Essen

Institut für Energie- und Umweltverfahrenstechnik

Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Görner

Betreuer am Lehrstuhl: Dr.-Ing. Gerd Oeljeklaus

Betreuer am DLR: Dipl.-Ing. Matthias Schmidt

Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung	i
Inhaltsverzeichnis.....	ii
Abbildungsverzeichnis.....	v
Tabellenverzeichnis.....	vii
Formel- und Abkürzungsverzeichnis	viii
1 Einleitung.....	1
2 Aufgabenstellung	3
3 Grundlagen und Stand der Technik.....	4
3.1 Thermische Energiespeicher	4
3.2 Materialsysteme zur thermochemischen Energiespeicherung.....	6
3.3 Thermochemische Energiespeicherung mit Calciumhydroxid.....	7
3.3.1 Das Reaktionssystem Calciumhydroxid.....	7
3.3.2 Reaktionskinetik.....	9
3.3.3 Thermodynamisches Gleichgewicht der Reaktion.....	10
3.3.4 Funktionsweise eines thermochemischen Speichers.....	11
3.3.5 Energiebilanz der Speicherbeladung und Speicherentladung	12
3.4 Reaktorkonzepte	16
3.4.1 Reaktoren mit direkter Wärmeübertragung.....	16
3.4.2 Vor- und Nachteile von Reaktoren mit direkter Wärmeübertragung.....	18
3.4.3 Reaktoren mit indirekter Wärmeübertragung.....	19
3.4.4 Indirekter Pilotreaktor.....	22
3.4.5 Vor- und Nachteile von Reaktorkonzepten mit indirekter Wärmeübertragung.....	25
4 Entwicklung und Bewertung innovativer Reaktorkonzepte	26
4.1 Randbedingungen und Auslegungsgrößen	26
4.1.1 Nennleistung	28
4.1.2 Kapazität.....	30

4.1.3	Druckbereich: 0,1 – 10 bar	31
4.1.4	Weitere Anforderungskriterien.....	31
4.2	Reaktorkonzepte mit Filterkerzen.....	32
4.2.1	Rohrbündelwärmeübertrager	33
4.2.2	U-Rohrbündelwärmeübertrager	38
4.2.3	Plattenwärmeübertrager	39
4.3	Reaktorkonzepte mit Filterplatten.....	41
4.3.1	Alternative Plattenwärmeübertrager.....	41
4.3.2	Rippenrohrwärmeübertrager.....	44
4.3.3	Plattenwärmeübertrager	46
4.4	Konzeptbewertung und Auswahl.....	47
5	Detailauslegung und Konstruktion eines thermochemischen Speicherreaktors.....	52
5.1	Auslegung des Plattenwärmeübertragers.....	54
5.1.1	Berechnung des Wärmeübertragungskoeffizienten im Thermoblech.....	55
5.2	Dimensionierung und Komponentenauswahl.....	58
5.3	Festigkeitsberechnung	64
5.3.1	Bestimmung der notwendigen Wandstärke des Mantelrohrs.....	64
5.3.2	Durchbiegung des Thermoblechs.....	66
5.3.3	Thermische Ausdehnung.....	67
5.4	Druckverlustbestimmung	68
5.5	Messkonzept und Auswahl der Messtechnik.....	70
6	Zusammenfassung und Ausblick	71
7	Literaturverzeichnis.....	75
8	Anhang	i
A.1.	Berechnung der theoretischen Gleichgewichtslage	i
A.2.	Druckbeaufschlagung der Filterkerze.....	i
A.3.	Kennwerte der Filterkerze.....	iii