



Hochschule Kempten
University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Studiengang Energie- und Umwelttechnik

Thermische und strömungsmechanische Untersuchung horizontal durchströmter Hochtemperatur-Wärmespeicher

Till Faber

Aufgabensteller/Prüfer
Arbeit vorgelegt am

Prof. Dr. Bernhard Müller
14.01.2013

Durchgeführt bei
Betreuer

DLR Stuttgart, Institut für Technische Thermodynamik
Dipl.-Ing. Joachim Hahn, Abt. Thermische Prozesstechnik

Anschrift des Verfassers

Nachtigallenweg 10
55627 Merxheim
till.faber88@googlemail.com, Tel. 06754/16 61

Kurzfassung

Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit ist ein liegender horizontal durchströmter Hochtemperatur-Wärmespeicher, welcher mit einer monodispersen Keramikkugelschüttung gefüllt ist. Ziel der Arbeit ist es, zu ermitteln, welche Risiken bei der horizontalen Ausrichtung des Speichers auftreten können und wie sich diese auf das Speicherverhalten auswirken.

Hierfür wurde zunächst im Rahmen einer abschätzenden Voruntersuchung bestimmt, inwieweit Porositätsschwankungen und etwaige Setzungsvorgänge des Speicherinventars auftreten können. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass es insbesondere in Wandnähe zu starken Porositätsschwankungen kommen kann. Des Weiteren kommt es durch die hohen Prozesstemperaturen (600°C - 900°C) zu thermisch induzierten Spannungen, die eine Setzung des Inventars zur Folge haben.

Nach Abschluss der Voruntersuchung wurde mit Hilfe der CFD-Software Ansys-CFX 14 ein Basismodell entwickelt, welches die physikalischen Eigenschaften eines horizontal ausgerichteten Schüttspeichers modellhaft darstellt. Anschließend wurden schrittweise, durch Implementierung von Realeffekten, drei Varianten des Basismodells erstellt.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass aus der Berücksichtigung von Wärmeverlusten keine signifikante Beeinträchtigung des Speicherbetriebs hervorgeht und somit die vorgesehene Isolation der Speicher ausreichend ist. Werden weiter Porositätsschwankungen im Wandbereich berücksichtigt, resultiert daraus eine geringfügige und somit akzeptable Verschlechterung der Leistungsfähigkeit des Speichers. Ein anderes Bild ergibt sich bei der Berücksichtigung von Setzungsvorgängen, die zu der Bildung eines Spaltes führen. Dieser Bypass beeinflusst die Leistungsfähigkeit des Speichers in nicht akzeptabler Weise. Somit werden für einen effizienten Betrieb des Speichers konstruktive Maßnahmen zur Vermeidung des Bypasseffektes erforderlich.

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG	I
INHALTSVERZEICHNIS	II
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	V
NOMENKLATUR	VI
1 EINLEITUNG	1
1.1 Einführung	1
1.2 Hintergrund und Themenstellung.....	3
2 THEORETISCHE GRUNDLAGEN	5
2.1 Schüttungen.....	5
2.1.1 Porosität.....	5
2.1.2 Porosität räumlich begrenzter Kugelschüttungen	5
2.1.3 Setzung einer monodispersen Kugelschüttung	7
2.1.4 Wärmeübergang Schüttungen.....	7
2.1.5 Druckverlust einer Schüttung	9
2.2 Strömungssimulation	10
2.2.1 Erhaltungsgleichungen	10
2.2.2 Diskretisierung	11
2.2.3 Gittertypen.....	12
2.2.4 Netzverdichtung am Festkörpertrand.....	12
2.2.5 Reynolds-gemittelte Navier-Stokes-Gleichungen.....	13
2.2.6 SST k- ω -Modell.....	14
2.2.7 Poröses Modell CFX	15
2.2.8 Realgasmodell	17
3 SIMULATION	21
3.1 Speichergestalt	21
3.2 Speichervarianten	22
3.2.1 Basismodell „Ideal“	23
3.2.2 Speichervariante „Verluste“	23
3.2.3 Speichervariante „Porositätsverteilung“	23
3.2.4 Speichervariante „Setzungen“	23
3.3 Gitterunabhängigkeit	24

4	SIMULATIONSERGEBNISSE UND AUSWERTUNG	25
4.1	Charakteristische Kenngrößen.....	26
4.1.1	Speichernutzungsgrad.....	26
4.1.2	Ungleichförmigkeitsgrad.....	27
4.1.3	Strömungsungleichförmigkeitsgrad.....	28
4.2	Untersuchungsergebnisse des idealen Basismodells.....	29
4.3	Untersuchungsergebnisse der verlustbehafteten Speichervariante	31
4.4	Untersuchungsergebnisse der Speichervariante Porositätsverteilung.....	34
4.5	Untersuchungsergebnisse der Speichervariante Setzung	39
4.6	Gegenüberstellung der Ergebnisse	44
5	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	46
6	LITERATURVERZEICHNIS	48
7	ANHANG.....	50
7.1	Expressions.....	50