



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Auslegung des Wärmeübertragers für das CellFlux Wärmespeichersystem

Studienarbeit

von

Anton Hoffmann

Matr.-Nr.: 232352

Vorgelegt im
Oktober 2011

An der
Technischen Universität Berlin

Bearbeitet am
Institut für Technische Thermodynamik des DLR
(Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.)

Betreuer am DLR: Dipl.-Ing. Christian Odenthal

Betreuer an der TU Berlin: Dipl.-Ing. Christian Fleßner

Hiermit erkläre Ich, vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt zu haben. Es wurden keine Hilfsmittel, Quellen und Abbildungen verwendet, außer den in der Arbeit deklarierten. Diese sind im Literaturverzeichnis vollständig aufgeführt.

Stuttgart, den 30.09.2011

Kurzfassung der Arbeit

Im Rahmen des von EON geförderten Forschungsprojektes „CellFlux“ wird am DLR in Stuttgart ein neuartiges Wärmespeichersystem für die Anwendung in solarthermischen Kraftwerken entwickelt.

Ein Feststoffspeichermaterial soll dabei per Direktkontakt mit dem Zwischenwärmeträgermedium Luft beaufschlagt werden. Die Wärmeübertragung zwischen dem Primärwärmeträgermedium, z.B. Thermoöl und der Luft soll durch einen Rippenrohr-Wärmeübertrager gewährleistet werden.

In dieser Arbeit soll ein Berechnungstool in MatLab programmiert werden, welches die Betriebscharakteristik, zu erwartende Druckverluste sowie den Materialbedarf des Wärmeübertragers in Abhängigkeit der gewählten Geometrieparameter berechnet.

In einem weiteren Schritt sollen Parameterstudien durchgeführt werden, um günstige Wärmeübertragerkonfigurationen zu ermitteln und daraus Richtlinien für das Design herauszuarbeiten.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung der Arbeit	II
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungs- und Symbolverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung.....	1
1.1 Entwicklung kosteneffizienter Wärmespeicher für CSP	1
1.2 Zielsetzung	2
2 Stand der Technik.....	3
2.1 Wärmespeicher.....	3
2.1.1 Bedeutung thermischer Wärmespeicher für CSP.....	3
2.1.2 Klassifizierung von Wärmespeichern	4
2.2 Überblick zum CellFlux-Projekt	8
2.3 Stand der Technik von Rippenrohrwärmeübertragern	13
3 Theoretische Grundlagen.....	17
3.1 Grundlagen des Wärmeübergangs	17
3.2 Flächen- und Geometrieberechnung	18
3.2.1 Gasseitige Geometrie	19
3.2.2 Geometrie der Rohrseite	22
3.3 Thermodynamische Berechnungen.....	24
3.3.1 Ermittlung der Austrittstemperaturen mit der P-NTU Methode	24
3.3.2 Berechnung der Stoffdaten.....	27
3.3.3 Wärmedurchgang innerhalb des Rohres R_{fl}	28
3.3.4 Wärmeleitwiderstand der Rohrwand R_w	29
3.3.5 Luftseitiger Wärmedurchgangswiderstand R_g	30
3.3.6 Rippenwirkungsgrad	38
3.3.7 Oberflächenwirkungsgrad	45
3.3.8 Nebeneffekte	46

0 Kurzfassung der Arbeit

3.4	Druckverlust	49
3.5	Gewicht	53
4	Implementierung	54
5	Vorgehensweise	56
6	Parameterstudien	58
6.1	Referenzszenario	58
6.2	Rippengeometrie	59
6.2.1	Rippenhöhe, Rippenbreite & Rippenabstand.....	59
6.2.2	Geometrische Grenzbereiche der Korrelationen.....	62
6.3	Rohrgeometrie.....	64
6.4	Rippengeometrie und Rohrdurchmesser	65
6.5	Rohrabstände X_t und X_l	68
6.5.1	Einfluss des Längsabstandes X_l	70
6.5.2	Kombination unterschiedlicher Rohrabstände in Quer- und Längsrichtung	71
6.5.3	Versetzte und fluchtende Rohranordnung.....	72
6.6	Erhöhte Temperaturdifferenz	74
6.6.1	Rohrlänge	75
7	Zusammenfassung.....	78
Anhang 80		
Literatur		89