

# **Experimentelle Studie über den Wärmedurchgang durch eine hohtemperaturbeständige Salzmischung in ebenen Spalten zur Anwendung in Latentwärmespeichern**

von

**Christina Schmitt**

Bachelorarbeit im Studiengang Energiesystemtechnik  
vorgelegt dem Fachbereich Maschinenbau und Energietechnik  
der Technischen Hochschule Mittelhessen

Erstprüfer: Professor Dr.-Ing. Boris Kruppa

Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Harald Pointner

Gießen, Februar 2014

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Arbeit von mir selbstständig durchgeführt und ausgearbeitet worden ist. Es wurde lediglich auf die angegebene Literatur Bezug genommen.

Ich versichere weiterhin, dass diese Arbeit noch keinem anderen Prüfungsgremium vorgelegen hat.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

Institut für Technische Thermodynamik



DLR e. V. Institut für Technische Thermodynamik/TPT  
Stuttgart, Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart

Ihr Zeichen  
Ihr Schreiben  
Unser Zeichen

Technische Hochschule Mittelhessen (THM)  
Wiesenstrasse 14  
35390 Gießen

Ihr Gesprächspartner Dipl.-Ing. Harald Pointner

Telefon - 0711-6862-8107

Telefax - 0711-6862-747

E-Mail [harald.pointner@dlr.de](mailto:harald.pointner@dlr.de)

16.10.2013

Bachelorarbeit von Frau Christina Schmitt:

**„Experimentelle Studie über den Wärmedurchgang durch eine  
hochtemperaturbeständige Salzmischung in ebenen Spalten zur Anwendung in  
Latentwärmespeichern“**

Betreuer: Dipl.-Ing. Harald Pointner

Hintergrund:

Die meisten erneuerbaren Energien stehen nicht dauerhaft und konstant zur Verfügung, sondern unterliegen natürlicher und nicht direkt beeinflussbarer Fluktuation. Um eine zuverlässige Stromversorgung mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien im Strommix sicherzustellen, können Speicher zur Glättung der Stromerzeugung eingesetzt werden. Hierbei bieten sich insbesondere thermische Speicher an, die auch großtechnisch eingesetzt werden können. In Kombination mit solarthermischen Kraftwerken kann in Regionen mit hoher Sonneneinstrahlung grundlastfähige regenerative Elektrizität produziert werden. Den Stand der Technik stellen hierbei sensible 2-Tank Flüssigsalzspeicher in Parabolrinnenkraftwerken mit Thermoöl als Wärmeträgermedium dar. Durch den Einsatz von Thermoöl ist aus Gründen der thermischen Beständigkeit die Maximaltemperatur limitiert. Wird als Wärmeträger auf Thermoöl verzichtet und anstelle dessen ein Wasser-Dampf-System genutzt, können deutlich höhere Temperaturen erreicht werden. Dies führt zu Wirkungsgradsteigerungen des Kraftwerks. Bei derartigen sogenannten direktverdampfenden solarthermischen Kraftwerken können zur Speicherung der thermischen Energie aufgrund der im Prozess beteiligten isothermen Prozesse

(Verdampfung/Kondensation) Latentwärmespeicher effizient eingesetzt werden. Bei diesem Speichertyp wird Wärme durch den Phasenwechsel des Speichermaterials ein- bzw. ausgespeichert. Auch dieser Prozess findet bei einer konstanten Temperatur statt, weshalb zur Speicherung der Wärme insgesamt nur sehr geringe Temperaturdifferenzen zwischen Wärmeträgerfluid und Speichermaterial auftreten. Dies lässt hohe Wirkungsgrade erwarten. Latentwärmespeicher weisen jedoch ein konzeptionelles Problem auf: Besonders beim Entladen des Speichers kann die thermische Leistung aufgrund des am Wärmeübertrager erstarrenden Speichermaterials nicht konstant gehalten werden. Die sich an den Rohren anlagernde und mit der Zeit wachsende Schicht aus erstarrtem Speichermaterial unterdrückt Konvektionsprozesse, so dass Wärme nur durch Wärmeleitung übertragen werden kann. Dies hat aufgrund der niedrigen Wärmeleitfähigkeiten der Phasenwechselmaterialien (PCM) auf Nitratbasis eine deutliche Verschlechterung des Wärmeübergangs und damit den Abfall der thermischen Leistung des Speichers zur Folge.

Das neuartige Latentwärmespeicher-Konzept „PCMflux“ umgeht die Problematik der abfallenden Leistung durch bewegliches Speichermaterial. Hierbei wird das PCM in Behältern gekapselt und kontinuierlich am Wärmetauscher vorbeigeführt. Auf diese Weise wird das Speichermaterial, das den Phasenwechsel bereits vollzogen hat, vom Wärmeübertrager weggeschoben. Dadurch wird das Anbacken des erstarrten Speichermaterials an den Rohren des Wärmeübertragers verhindert. Um eine möglichst gute thermische Leitfähigkeit zwischen dem Speichermaterial und dem Wärmeübertrager zu gewährleisten, werden die Komponenten durch einen Fluidfilm kontaktiert. Als Fluid wird aus prozesstechnischen Gründen auf eine weitere Salzmischung zurückgegriffen, die einen deutlich geringeren Schmelzpunkt als das Speichermaterial selbst aufweist und somit stets im flüssigen Aggregatzustand vorliegt. Die theoretische Betrachtung des PCMflux Konzept ist bereits weit vorangeschritten. Als kritischer Parameter wird der Wärmedurchgang durch die Fluidschicht angesehen und soll deshalb anhand eines Versuchstandes untersucht werden.

### Aufgaben:

Frau Christina Schmitt soll zunächst eine eingehende Literaturrecherche über das Thema „Wärmeübergang in ebenen Spalten“ durchführen. Der Aufbau des entsprechenden Teststandes zur Untersuchung des Sachverhalts und dessen Inbetriebnahme stellen einen weiteren Schwerpunkt der Arbeit dar. Anhand des Versuchsaufbaus soll anschließend der Wärmeübergang über die weiter oben beschriebene Fluidschicht in Abhängigkeit von deren Schichtdicke untersucht und bewertet werden.

---

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis .....	VII
Nomenklatur .....	IX
1 Einleitung.....	1
2 Stand der Technik .....	3
2.1 Latentwärmespeicher .....	3
2.2 Wärmeübergang in ebenen Spalten.....	6
3 Zielsetzung und Ansatz.....	9
4 Theoretische Grundlagen.....	11
4.1 Wärmeübertragung.....	11
4.2 Wärmedurchgang .....	14
4.3 Phasenwechsel.....	20
5 Versuchsaufbau und Inbetriebnahme.....	21
5.1 Aluminiumwannen.....	22
5.2 Salzmischungen.....	24
5.3 Messgeräte.....	26
5.4 Inbetriebnahme.....	28
6 Versuchsdurchführung.....	30
7 Auswertung der Versuchsergebnisse .....	32
8 Fehlerbetrachtung und Diskussion.....	48
9 Zusammenfassung und Ausblick .....	55
Literaturverzeichnis .....	57
Anhang.....	60