



Kurzbeschreibung Bachelor-/Master-Thesis

„Simulation und Potentialanalyse des Einsatzes von Phasenwechselmaterialien im Temperaturbereich von 0 °C bis 20 °C in einem Niedertemperatur-Speicher“

Johannes Klein, Regenerative und Effiziente Energiesysteme, Juli 2015

betreuender Professor: Prof. Dr. Christoph Menke

Firma: IZES gGmbH

Aufgabenstellung:

Die Forschungsgruppe für angewandte Solartechnik der IZES gGmbH untersucht derzeit verschiedene Konzepte für optimierte Solar-Wärmepumpenkombinationen. Ziel ist vor allem eine nennenswerte Effizienzsteigerung der Systeme durch die Realisierung optimierter Betriebsbedingungen für die Wärmepumpe. Bereits realisierte Konzepte setzen vorwiegend auf eine parallele Einbindung der Solarthermie in ein konventionelles Wärmepumpensystem oder die Nutzung eines Eisspeichers als Wärmequelle der Wärmepumpe. Ein weiterer Ansatz, den auch das IZES-Institut verfolgt, ist der Einsatz eines quellseitigen Niedertemperatur-Speichers mit Phasenwechselmaterial als Wärmequelle der Wärmepumpe. Phasenwechselmaterialien sind Stoffe, die ihren Aggregatzustand, meist von fest nach flüssig (Beladung) beziehungsweise von flüssig nach fest (Entladung) ändern, wodurch in einem sehr kleinen Temperaturbereich eine große Wärmemenge in Form von latenter Wärme gespeichert werden kann.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit werden erste Voruntersuchungen zur Systemkombination "solargestützte Wärmepumpe mit quellseitigem Latentwärmespeicher" durchgeführt. Dabei liegt der Fokus primär auf der Systemkomponente quellseitiger Latentwärmespeicher.

Neben einer ersten Materialauswahl und der Auswahl eines geeigneten Simulationsmodells für den Latentwärmespeicher folgt in einem weiteren Schritt die Parametrisierung des Simulationsmodells. Dazu werden zunächst Stoffdaten geeigneter Phasenwechselmaterialien für das Simulationsmodell modelliert. Anschließend werden erste Testfunktionen des Speichers in der Simulationsumgebung TRNSYS durchgeführt sowie Be- und Entladevorgänge für die zuvor modellierten Phasenwechselmaterialien simuliert und die Ergebnisse durch Berechnungen und Vergleichssimulationen auf Plausibilität geprüft.

Wesentliche Ergebnisse und Fazit:

Nach umfangreicher Recherche konnten mehrere Phasenwechselmaterialien im Temperaturbereich zwischen 0 °C und 20 °C, welche sich grundsätzlich für den Einsatz in einem quellseitigen Latentwärmespeichers innerhalb eines solaren Wärmepumpensystems eignen, ermittelt werden. Anschließend wurde ein geeignetes Simulationsmodell für die Simulation des Latentwärmespeichers bestimmt. Zur Beurteilung der einzelnen Simulationsmodelle wurden Ansätze bezüglich der Simulation des Phasenwechsels, Rechenmodelle zur Beschreibung des thermischen Verhaltens der Speicher, Rechenzeit der Modelle, PCM-Speicher-Systeme und vorhandene experimentelle Validierungen überprüft und miteinander verglichen. Als ein geeignetes Simulationsmodell stellte sich der Type 840 in TRNSYS heraus. Type 840 wurde am Institut für Wärmetechnik an der TU Graz im Rahmen des europäischen Projektes PAMELA, des IEA Task 32 und einem nationalen Forschungsprojekt entwickelt. Mit diesem Type können Warmwasserspeicher mit integrierten PCM-Modulen unterschiedlicher Geometrien oder Speicher, die vollständig mit einem PCM-Slurry befüllt sind, simuliert werden. Anschließend folgte die Parametrisierung des ausgewählten Simulationsmodells. Hierbei spielte vor allem das Laden der Stoffdaten der zuvor recherchierten Phasenwechselmaterialien eine wesentliche Rolle. Denn bevor eine Simulation oder grundlegende Berechnung des Latentwärmespeichers durchgeführt werden kann, müssen die thermophysikalischen Eigenschaften des Phasenwechselmaterials bestimmt worden sein. Daher sind die Eigenschaften der Phasenwechselmaterialien eine wichtige Eingangsgröße für das Simulationsmodell. Nach Ermittlung oder Berechnung der Stoffdaten folgten erste Belade- und Entladesimulationen des Speichers. Stationäre Berechnungen zur eingespeicherten Wärmemenge sowie Berechnungen zur Be- und Entladeleistung des Speichers zeigten gute Übereinstimmungen mit den Simulationsergebnissen.

Während der Simulationen wurde festgestellt, dass das Simulationsmodell die Simulation von Latentwärmespeichern mit Eintrittstemperaturen unterhalb von 0 °C nicht ermöglicht. In einem letzten Schritt wurde daher ein Modell entwickelt, welches diese Anwendungsgrenze des Types 840 umgehen soll. Anschließend wurde das Modell mit ausgewählten Referenzsimulationen verglichen um Information über die Genauigkeit der Simulationsergebnisse zu erhalten. Die Ergebnisse des sogenannten Equation-Modells zeigten gute Übereinstimmungen hinsichtlich der Temperaturverläufe im Latentwärmespeicher. In gleicherweise wischen die Energieverläufe des Phasenwechselmaterials bei Be- und Entladung in einem sehr kleinen akzeptablen Bereich voneinander ab.

In einem nächsten Schritt können nun Voruntersuchungen des Gesamtsystems bestehend aus Gebäude, Gebäudebeheizung (Wärmeübergabe), Wärmepumpe, Solarthermie-Anlage, Latentwärmespeicher und Regelungstechnik im Rahmen von Simulationsstudien durchgeführt werden.