

DKV-Forschungsbericht Nr. 74

Paul Kohlenbach

Solar Cooling with absorption chillers: Control strategies and transient chiller performance

2006

978-3-932715-77-8



Kurzfassung

In der vorliegenden Dissertation werden neueste Erkenntnisse und Methoden zur Regelung solarer Kühltssysteme mit Absorptionskälteanlagen vorgestellt. Schwerpunkte werden dabei auf die Untersuchung von Regelungsvarianten für den solarthermischen Teil eines solchen Systems sowie die Ermittlung des transienten Übertragungsverhaltens der Absorptionskälteanlage mit den Ziel der Entwicklung einer Kaltwasserregelung gelegt. Die Arbeit kann in zwei hauptsächliche Teile aufgeteilt werden.

Im ersten Teil wird zunächst ein allgemeiner Stand der Technik zu Regelstrategien für die Systemkreise von Heiß-, Kühl- und Kaltwasser vorgestellt. Die Einbindung eines Heißwasserspeichers wird diskutiert hinsichtlich der Wahl der Speicherreferenzschicht für eine Temperaturdifferenzregelung. Weiterhin werden vertiefende Untersuchungen zu Regelstrategien des Solarkreises präsentiert. Ziel dabei ist, eine möglichst stromsparende und gleichzeitig thermisch ergiebige Regelstrategie zu finden. Zu diesem Zwecke werden drei verschiedene Varianten einer Massenstromregelung des Wärmeträgers im Solarkreis verglichen. Diese beinhalten eine Konstantmassenstromregelung sowie zwei variable Massenstromregelungen, abhängig von Temperaturdifferenz bzw. solarer Einstrahlung. Alle drei Regelvarianten werden sowohl experimentell als auch mittels TRNSYS- Simulationen getestet und verglichen. Als Vergleichsgröße wird der Quotient aus gelieferter Kälteenergie und Stromverbrauch, die sogenannte Arbeitszahl, verwendet. Im simulierten Vergleich liefert die einstrahlungsgeführte Massenstromregelung eine um 6% größere Arbeitszahl als die beiden anderen Strategien. Aus den experimentellen Ergebnissen lässt sich eine solch klare Tendenz jedoch nicht ablesen. Aufgrund eines relativ hohen Messfehlers sowie verschiedener anderer Einflüsse liegen die sich experimentell ergebenden Unterschiede zwischen den Strategien im Bereich des Fehlerbalkens. Als Konsequenz werden in dieser Arbeit Verbesserungen der experimentellen Methodik abgeleitet und diskutiert.

Im zweiten Teil der Arbeit wird die Absorptionskälteanlage als Hauptkomponente eines solaren Kühltssystemes hinsichtlich ihres thermischen Übertragungsverhaltens untersucht. Hauptziel dabei ist die Bestimmung der anlagenbedingten Abhängigkeit der Kaltwasseraustrittstemperatur von der Heißwassereintrittstemperatur, ausgedrückt durch die Übertragungsfunktion. Es werden zwei verschiedene Methoden zur Bestimmung der Übertragungsfunktion für eine Kaltwassertemperaturregelung angewendet: eine experimentelle Identifikation sowie eine theoretische Simulation. Die experimentelle Methode beinhaltet die Ermittlung der Übertragungsfunktion aus Messdaten der Kälteanlage nach einen von Ljung vorgestellten Verfahren. Dabei werden einzelne Übertragungsfunktionen für alle in die Regelung involvierten Komponenten ermittelt und in einer Gesamtübertragungsfunktion zusammengefasst. Mit dieser wurde für das vorgestellte System eine Kaltwasser-

regelung entwickelt und erfolgreich getestet. Nachteil der experimentellen Methode ist ihr eingeschränkter Anwendungsbereich durch die Festlegung auf bestimmte Parameter. Dieses Manko kann durch eine theoretische Simulation behoben werden. Im Rahmen dieser Dissertation wird ein theoretisches Mittel einer LiBr/Wasser Absorptionskälteanlage vorgestellt, welches das transiente Verhalten einer solchen Anlage abbildet. Dazu wurden Wärme- und Massenspeicher sowie zeitliche Verzögerungsglieder in die Energie- und Stoffbilanzen der Kälteanlage integriert und das Modell auf allgemeine Funktionalität und einwandfreie Wiedergabe der internen Prozesse getestet. Dabei wurde der Schwerpunkt auf korrektes dynamisches Verhalten gelegt, stationäre Übereinstimmung war nur sekundäres Ziel der Arbeit. Das Modell wurde mittels experimentellen Daten getestet und eine sehr gute dynamische Übereinstimmung zwischen Simulation und Realität festgestellt. Maximale zeitliche Verschiebungen zwischen gemessenen und simulierten Daten von 25s wurden ermittelt. Verglichen mit der Gesamtzeit zum Erreichen eines stationären Zustandes liegt diese Verschiebung in der Größenordnung von 2% und kann vernachlässigt werden. Das vorgestellte Modell bildet die 10kW Absorptionskälteanlage der Phönix SonnenWärme AG ab, kann aber problemlos an andere Kälteanlagen angepasst werden. Es kann zum einen zur Bestimmung der Übertragungsfunktion und somit zur Entwicklung von Reglern verwendet werden, bietet zum anderen aber auch die Möglichkeit, konstruktive Veränderungen an bestehenden Kälteanlagen ohne großen apparativen Aufwand zu testen. Dies gilt auch für die Neuentwicklung von Absorptionskälteanlagen. Insbesondere für transiente Simulationen von solaren Kühlsystemen bietet das entwickelte dynamische Modell eine interessante Alternative. Die stark instationäre Betriebscharakteristik von solaren Kühlsystemen kann durch die Verwendung des dynamischen Modells wesentlich besser reproduziert werden als durch die bisher verwendeten stationären Modelle.