

ZUSAMMENFASSUNG

STUDIENARBEIT

Forschungsprojekt 2

„Simulationsbasierte Untersuchung eines PV betriebenen Kältesystems mit PCM Speicher“

Michael Schild

651225

15.10.15

KURZFASSUNG

Innovative und nachhaltige Systemlösungen im gebäudetechnischen Bereich versprechen eine Verbesserung der Anlageneffizienz und leisten dabei einen Beitrag zur Schonung wertvoller Ressourcen. Die Anwendung zur Strahlungskühlung mit Hilfe des nächtlichen Himmels und die Verschiebung des Rückkühlprozesses in energetisch günstigere Zeiträume, sind Bestandteile eines umfangreichen Sanierungskonzepts der Hochschule für Technik. Das Systemverhalten und die Möglichkeiten der Systemimplementierung dieser Art sind weitgehend unerforscht, was sich durch einen Mangel an Informationen und Erfahrungen bemerkbar macht. Daher werden in dieser Arbeit das Betriebsverhalten sowie das energetische, ökologische und ökonomische Potenzial eines solar betriebenen Kältesystems mit PCM Speicher aufgedeckt. Zur Klärung einer optimalen Systemdimensionierung wird eine Parameterstudie in der Simulationsumgebung TRNSYS durchgeführt, die den Einfluss unterschiedlicher Regelstrategien und variabler Massenströme untersucht. Die Simulationsberechnungen weisen die Machbarkeit solcher Systeme nach. Eine optimale Systemdimensionierung kann gegeben werden, erfordern jedoch eine Anpassung des Regelverhaltens an äußere Einflüsse und Gebäudelasten. Durch einen geringeren Hilfsstrombedarf erhöht sich die Effizienz, damit liegt das Potential von Primärenergieeinsparungen im Vergleich zu einem statisch berechneten Referenzsystem im Bereich von 10 – 20%. Mit etwa 10 Tonnen CO₂-Einsparungen kann zudem ein signifikanter Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden.

Schlagworte: Solare Kühlung, TRNSYS, PCM-Speicher, Strahlungskühlung

ZIELE

Anwendung und Optimierung

Die TEA untersucht die Erzeugung und Übermittlung der Energie, die zum Gebäudebetrieb benötigt wird. Dabei wird zudem die regelungstechnische Konfiguration untersucht welche in der zu realisierenden Anlage zur Verwendung kommen soll. Die energetisch, ökologisch und ökonomisch besten Regelungsstrategien werden als Dimensionierungsempfehlung beschrieben.

In diesem Zusammenhang untersuchte Regelstrategien sind:

- Kältemaschinenbetrieb mittels solarer Einstrahlung
- Einsatz eines Latenten Wärmespeichers
- Freie Kühlung für die Baukernaktivierung

Energetische Auswertung

Mit Hilfe der Simulationsergebnisse wird eine Quantifizierung der durch die Optimierung zu erwarteten Energie-Einsparungen durchgeführt. Hierfür werden für festgelegte Bilanzierungsräume die Auswirkungen variabler Systemparameter untersucht und gegenüber gestellt. Durch die unmittelbare Einbindung des

Projektes in die Lehre wird neben einem breiten Wissenstransfer insbesondere auch die Fähigkeit zur Zusammenarbeit in einem interdisziplinären Team vermittelt.

Die zu erarbeitenden Ziele sind:

- Dimensionierungs- und Planungsgrundlagen der regenerativen Systemkomponenten
- Systemmodellierung des Energiesystems in der Simulationsumgebung TRNSYS
- Auslegung des Gesamtanlagenbetriebes für die Erzielung hoher regenerativer Anteile

METHODIK

Als Einführung in das umfangreiche Themengebiet werden in Kapitel 2 die technologischen und physikalischen Grundlagen der untersuchten Anlagenbestandteile wie auch das Simulationswerkzeug beschrieben.

Kapitel 3 umfasst die Dokumentation der Vorgehensweise, Dimensionierung und Auslegung der untersuchten technischen Anlagen und Eingaben in TRNSYS Types. Zuerst wird das Hydraulikschema der Anlage beschrieben. Darauf aufbauend werden die zu dem jeweiligen Hydraulikschema benötigten technischen Komponenten, wie auch die Parametrierung von TRNSYS-Types erläutert.

Zur Abschätzung von Regelungsparametern, wie beispielsweise Regenerationszeitraum des PCM-Speichers, werden vielfältige Studien durchgeführt, die in Kapitel 4 beschrieben werden. Mit den gewonnenen Erkenntnissen werden schließlich Parameterstudien mit variierenden Massenströmen und Temperaturvariationen des latenten Wärmespeichers durchgeführt, um eine optimale Systemkonfiguration zu bestimmen. Fallabhängig werden einzelne Regelstrategien detaillierter untersucht und ausgewertet.

In einem letzten Kapitel wird ein Fazit sowie eine kritische Betrachtung zur vorliegenden Arbeit gegeben und, auf diese Arbeit aufbauend, weitere Forschungsnotwendigkeiten für die spätere Anwendung aufgezeigt.

ERKENNTNISSE

PV-T-Kollektoren zur Bauteilkühlung

Für das untersuchte System konnte eine sinnvolle Implementierung zur Betonkernaktivierung nachgewiesen werden. Besonders in Zeiträumen in denen nicht genügend PV-Strom zum Betreiben der Kältemaschine zur Verfügung steht, kann das System die bestehende Kälteanlage nachweislich unterstützen. Die Ergebnisse zeigen, dass das Potential von PV-T-Kollektoren zur Kühlung eines Gebäudes stark abhängig von äußeren Einflüssen und den Gebäudelasten ist. Für die Simulation wurde ein konstanter Kühlbedarf mit Systemtemperaturen von 14/9°C im Winter und 22/18°C im Sommer verwendet. Eine dynamische Kältebedarfsberechnung wurde aufgrund der gleichbleibenden Kältelast des Rechenzentrums nicht durchgeführt. Jedoch zeigt sich durch die Variation der Massenströme, dass eine Anpassung an das gegebene Kühlpotenzial der nächtlichen Strahlungskühlung, zu einer Verbesserung der Systemleistung führen kann.

Zudem zeigt die Simulation die Möglichkeit auf, die Freikühlung auch tagsüber in den Winter- bzw. Übergangsmonaten, durch Nutzung der Umgebungstemperatur effizient betreiben zu können.

PV-T-Kollektoren als Rückkühler in Verbindung eines latenten Wärmespeichers

Im Mittelpunkt der Simulationsbetrachtung stand die kombinierte Nutzung der PV-T-Kollektoren mit einem PCM-Speicher als Wärmesenke. Dabei zeigte sich, dass das innovative Kühlkonzept einen großen Beitrag zur Unterstützung des vorhandenen Kältesystems leisten kann. Über das Jahr liegt die Kühlleistung des Kältemaschinen-PCM-Systems bei 14 MWh. Durch dessen Einsatz ist es möglich, die Laufzeiten der vorhandenen, Kompressionskältemaschinen zu reduzieren bzw. diese ganz abzuschalten oder als Redundanz Verwendung zu finden.

Um das Potenzial des PCM-Speichers vollständig nutzen zu können, ist eine vollständige Be- und Entladung nötig. Durch die Simulation wird gezeigt, dass die Systemdimensionierung dies gewährleisten kann, jedoch Anpassungen im Regelverhalten benötigt.

Die Variationen der Massenströme im PCM-Kollektorkreis, machen deutlich welcher Zusammenhang zwischen dem Kühlpotenzial der nächtlichen Strahlung, dem Regenerationsverhalten des verwendeten Salzhydrates und einem effizienten Betreiben der Pumpen besteht. Eine geregelte Pumpenleistung, angepasst an Beladungszustand und verfügbaren Kühlpotenzial wird für den späteren Anlagenbetrieb empfohlen. Durch eine Wetter- und Speicherüberwachung, sowie dynamischer Regelung kann der Zeitraum für die Regeneration des Speichers über einen längeren Zeitraum im *Low-Flow*-Betrieb ausgedehnt werden.