

SIMULATIONSBASIERTE SPEICHEROPTIMIERUNG FÜR DIE THERMISCHE LASTVERSCHIEBUNG IN GEBÄUDEN ALS TEIL VIRTUELLER KRAFTWERKE

M.Eng. Tobias Stuhlenmiller, Prof. Dr.-Ing. Roland Koenigsdorff
 Institut für Gebäude- und Energiesysteme
 Hochschule Biberach

Karlstraße 11, 88400 Biberach an der Riss
stuhlenmiller@fh-biberach.de, koenigsdorff@fh-biberach.de

KURZFASSUNG

Der vorliegende Beitrag stellt einen simulationsbasierten Ansatz vor, mit dessen Hilfe aktive thermische Speicher in Gebäuden unter Berücksichtigung betriebstechnischer, energiewirtschaftlicher und ökologischer Aspekte als Teil virtueller Kraftwerke optimiert dimensioniert werden können. Grundlegend ist dabei die Überlegung, technische Speicher im Gebäudebetrieb gezielt für die thermische Lastverschiebung zur Bereitstellung von Regelenergie für das öffentliche Stromnetz zu nutzen und damit z. B. Erlöse für den Gebäudebetreiber am Markt für Regelenergie zu generieren. Im simulationsbasierten Ansatz wird dazu exemplarisch eine existierende Kältebereitstellung in der Simulationsumgebung TRNSYS nachgebildet und mit dem generischen Optimierungsprogramm GenOpt gekoppelt. Eine erste Anwendung dieser simulationstechnischen Speicheroptimierung ist es, diejenige Speichergröße zu ermitteln, die unter gegebenen Kosten- und Erlöskurven den wirtschaftlichsten Betrieb der Kältebereitstellung ermöglicht.

ABSTRACT

This paper presents a simulation-based approach for finding an optimum design of active thermal storages in buildings considering operational, energy-economical and ecological aspects. The basic idea is to use thermal storages for shifting building energy loads in order to supply control energy to the public grid, thus e. g. generating revenues to the building operator by participating at the control energy market. In the simulation, an existing cooling plant

is modeled with the simulation tool TRNSYS and linked to the generic optimization program GenOpt. The aim of the first simulation study carried out is to determine the optimal storage tank size which, under the given cost and prize structures, yields the minimum operational costs for delivering cooling energy.

EINLEITUNG

Ein wichtiger Aspekt der zukünftig verstärkt dezentral strukturierten Energieversorgung ist die Art und Menge der notwendigen und verfügbaren Regelenergie im Netzverbund. Das Konzept der „virtuellen Kraftwerke“ verfolgt den Ansatz, kleinere dezentrale Erzeugungseinheiten informations- und netztechnisch miteinander zu verknüpfen, damit zu größeren, steuerbaren Energieversorgungseinheiten zusammen zu schalten und so Regelenergie im Netzverbund bereit zu stellen. Zusätzlich zu diesem erzeugerorientierten Konzept sind auch Ansätze denkbar, bei denen nicht die Erzeugung, sondern der Energiebedarf und dessen Beeinflussung bzw. Verschiebung als energietechnische und wirtschaftliche Stellgröße für einen erweiterten Teil virtueller Kraftwerke dient. Durch zeitliche Verschiebung der Einschaltzeit von Stromverbrauchern kann z. B. negative Regelenergie bereitgestellt werden. In Verbindung mit einer Kraft-Wärme- gekoppelten Erzeugung lässt sich auch die Erzeugung positiver Regelenergie ökonomisch und ökologisch optimieren.

FORSCHUNGSVORHABEN VIENNA

Im Rahmen des Forschungs- und Demonstrationsvorhabens VIENNA (Virtual Energy Negawatt Application) untersucht das Institut für Gebäude und Energiesysteme (IGE) an der Hochschule Biberach u. a. die Fragestellung, inwieweit der Energiebedarf von Gebäuden zeitlich variiert werden kann, um einen Beitrag zur Bereitstellung von Regelenergie leisten zu können. Der Fokus richtet sich dabei vorrangig auf thermische Lasten von Gebäuden in Verbindung mit dem Speicherpotenzial aktiver und passiver thermischer Speicher und einer Anlagentechnik, bei der Wärme und Strom gekoppelt auftreten. Neben theoretischen Untersuchungen umfassen die Arbeiten ein umfangreiches Monitoring des Gebäudes der Fakultät Pharmazeutische Biotechnologie (PBT) an der Hochschule Biberach. Das Gebäude PBT enthält einen Nutzungsmix aus Labors, Büros und Seminarräumen und ist damit nicht nur für Hochschulgebäude, sondern auch für Liegenschaften anderer Bereiche und Branchen repräsentativ (Abb. 1).



Abb.1: Gebäude PBT, Südost-Fassade

Das Monitoring des Gebäudes PBT basiert vorrangig auf den vorhandenen Datenpunkten der bauseits installierten Mess-, Steuer- und Regelungstechnik. Die Daten werden von der Gebäudeleittechnik der wissenschaftlichen Auswertung kontinuierlich zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus ist ein zusätzliches Messsystem installiert, um die Energieverteilung im Gebäude differenziert erfassen zu können. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden beide Datenquellen verwendet.

SIMULATION

Der Simulationsansatz beschreibt die Kältebereitstellung des Gebäudes PBT. Neben der gewöhnlichen Kältebereitstellung für Lüftung und Raumkühlung versorgt die installierte Anlagentechnik das Gebäude auch mit Prozesskälte. Die Kältebereitstellung vor Ort setzt sich aus einer mehrstufigen, elektrischen Kompressionskältemaschine in Kombination mit einer an die zentrale Raumluftechnik gekoppelten Kälterückgewinnung inklusive adiabater Abluftbefeuchtung zusammen. Als Besonderheit ist der Kondensator der Kältemaschine in der zentralen raumluftechnischen Anlage fortluftseitig integriert. Ergänzt wird das System um die Möglichkeit der Freien Kühlung. Kälteerzeugung und Kälteverbraucher werden mittels eines sensiblen Kaltwasserspeichers voneinander entkoppelt. Der Kaltwasserspeicher ist derzeit entsprechend einer konventionellen Dimensionierung auf die Mindestlaufzeit der Kältemaschine ausgelegt (Abb. 2).

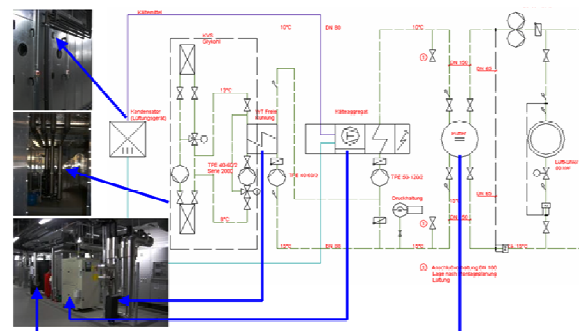


Abb.2: Kältebereitstellung am Gebäude PBT

Die Modellbildung der Kältebereitstellung erfolgt innerhalb der Simulationsumgebung TRNSYS. Die Kältemaschine wird als Kennlinienmodell auf der Basis der technischen Angaben des Herstellers modelliert (Blue Box Group, 2006). Der Kaltwasserspeicher wird vom TYPE 60c abgebildet. Zur Simulation werden gemessene Lastgänge der Verbraucher und reale Betriebsdaten der Kältemaschine herangezogen.

Die potenziellen Erlöse für Regelenergie entsprechen den Ausschreibungsergebnissen für Minutenreserveleistung der öffentlichen Ausschreibungsplattform für Regelleistung und sind als Viertelstundenwerte verfügbar (Vattenfall Europe Information Services, 2008). Die Investitionskosten für den optimierten Kaltwasserspeicher entsprechen einer speichervolumenspezifischen Investitionskostenkurve auf Basis der aktuellen Preisliste des am Neubau PBT eingesetzten Fabrikats (Behältertechnik Dettenhausen, 2008). Alle realen Messwerte werden als externe Datenquellen in die Simulation mit einbezogen.

OPTIMIERUNG

Im Rahmen einer ersten Potenzialanalyse wurde mit Hilfe eines vereinfachten Modells der mögliche Beitrag der realisierten Kältebereitstellung am Gebäude PBT zur Lastverschiebung und damit zur Bereitstellung von Regelenergie, auf der Basis realer Betriebsdaten exemplarisch anhand zweier unterschiedlicher Lastfälle (Übergangs- und Sommerbetrieb) untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass der konventionell dimensionierte Kaltwasserspeicher insbesondere im Sommerbetrieb für lastverschiebungsrelevante Zwecke nur bedingt geeignet ist und eine Variation des Speichervolumens sinnvoll erscheint (Stuhlenmiller et al., 2008).

Die simulationsbasierte Optimierung des Speichervolumens erfolgt in den laufenden Untersuchungen mit dem generischen Optimierungsprogramm GenOpt, das über TRNOPT mit der Simulation gekoppelt wird. Ein erstes Ziel der gekoppelten Simulation ist es, diejenige Speichergröße zu ermitteln, die unter gegebenen Kosten- und Erlöskurven den wirtschaftlichsten Betrieb der Kältebereitstellung ermöglicht. Die zugehörige Zielfunktion ist demnach eine Funktion die alle Betriebskosten zur Kältebereitstellung inklusive der Erlöse, die am Markt für Regelenergie durch Lastverschiebung potenziell generiert werden können, beinhaltet.

ZUSAMMENFASSUNG

Die energiewirtschaftlichen Voraussetzungen um aktive, thermische Speicher der Gebäudebewirtschaftung in virtuelle Kraftwerke auf breiter Ebene zu integrieren sind vielfältig und wurden in der vorliegenden Arbeit als gegeben betrachtet. Vor diesem Hintergrund ermöglicht es der vorgestellte Ansatz, den potenziellen Beitrag aktiver, thermischer Speicher der Gebäudebewirtschaftung zur Bereitstellung von Regelenergie im virtuellen Kraftwerksverbund signifikant zu steigern. Die laufenden Untersuchungen zeigen, dass die exemplarisch analysierte Kältebereitstellung durch die simulationsbasierte Speicheroptimierung grundsätzlich wirtschaftlicher betrieben werden kann. Die Fragestellung inwieweit der dadurch entstandene ökonomische Vorteil auch primärenergetisch positiv bewertet werden kann, ist noch unbeantwortet und wird in der Fortführung der Arbeiten näher untersucht.

DANKSAGUNG

Die Autoren danken dem Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg für die Förderung des Vorhabens im Rahmen der Zukunftsoffensive III.

LITERATUR

- Behältertechnik Dettenhausen, 2008
 Produktbeschreibung und Preisliste
 Wärme- und Kältespeicher Typ PUS
- Blue Box Group, 2006.
 Herstellerkatalog Sigma 2002, Code
 102130A34, Ausgabe 03.2006
- Stuhlenmiller, T., Koenigsdorff, R. 2008.
 Preliminary study on thermal load
 shift in buildings as a contribution to
 virtual power plants, International
 Renewable Energy Storage Confer-
 ence, Bonn.
- Vattenfall Europe Information Services,
 2008, www.regelleistung.net, letzte
 Einsichtnahme am 07.08.2007