

Exposé zum Promotionsvorhaben

Be- und Entlademanagement thermischer Speicher im Gebäude auf Basis prädiktiver Steueralgorithmen zur Maximierung des Anteils regenerativer Energien sowie zur Entlastung des öffentlichen Stromnetzes

Promotionskolleg KleE – „Kleinskalige erneuerbare Energiesysteme“

Betreut durch:

Prof Dr. Leonhard Reindl – Uni Freiburg

Prof. Elmar Bollin – Hochschule Offenburg

Erstellt von:

Martin Schmelas
Im Kapellenacker 18
79112 Freiburg
schmelasm@gmx.de

Fragestellung und Zielsetzung der Dissertation:

Der Energiebedarf eines Gebäudes, wie beispielweise die Gebäudeheizung oder die Warmwasserbereitung, ist unter anderem von äußeren Einflussfaktoren, wie der Einstrahlung, dem Wind und der Außentemperatur abhängig. Diese äußeren klimatischen Gegebenheiten bestimmen zudem den Bedarf an elektrischer Energie für die Kälteerzeugung und die Klimatisierung.

Das Angebot an erneuerbaren Energien ist ebenso von der Tages- und Jahreszeit sowie der aktuellen Wetterlage abhängig. Der stetig steigende Anteil erneuerbarer Energien, insbesondere der diskontinuierlich und auch spontan erzeugte Strom aus nicht planbaren natürlichen Quellen, stellt uns vor ein Problem. Besonders die genutzte Sonnen- und Windkraft sorgt für eine fluktuierende Einspeisung von Energie in das Stromnetz. Um Energienachfrage und Energieangebot zu entkoppeln, bedarf es elektrischer und thermischer Speicher. Die sich hierbei stellende Frage ist, welche Algorithmen benötigt werden, um diese Speicher zu be- und entladen.

Beim Lademanagement von Speichern werden in den seltensten Fällen klimarelevante Daten verwendet. Das Be- und Entladen hängt meist von den jeweiligen Ladezuständen und dem jeweiligen Bedarf ab. Wird ein Speicher fehlbeladen, kann es beispielsweise zu Überhitzungen und damit verbunden zu erhöhten Wärmeverlusten kommen oder es steht nicht genügend Energie im Speicher zur Verfügung, so dass diese Lücke mit fossilen Energieträgern gefüllt werden muss.

Es gibt zahlreiche Anbieter von Wetterdienstleistern, die Klimadaten wie solare Einstrahlung, Außentemperatur und Windgeschwindigkeit für die aktuelle Wetterlage bereitstellen. Wetterprognosen werden für ein paar Stunden bis zu mehreren Tagen angeboten. Diese Daten werden in Form von FTP-Downloads, Webservices und in Zukunft auch als Langwellenfunkdatenbank europaweit zur Verfügung stehen bzw. gestellt und können so in ein Gebäudeautomationssystem eingebunden werden.

Die Belastung des öffentlichen Stromnetzes nimmt mit dem Anteil an regenerativen Energiequellen zu. Heutige Gebäudeautomationssysteme haben nicht die Möglichkeit, den Energieverbrauch und die Energieerzeugung mit Hilfe von preis-

und anreizbasierten Signalen zu steuern. Durch ein Verbundsystem von mehreren Anlagen in unterschiedlichen Unternehmen, können intelligente Algorithmen zur Netzentlastung beitragen. Die gebündelte Leistung der Anlagen kann somit auf dem deutschen Regelleistungsmarkt oder an der European Energy Exchange (EEX) zur Verfügung gestellt werden.

Die Zielsetzung der Dissertation ist die Entwicklung von Algorithmen für das Be- und Entlademanagement eines Gebäudeautomationssystems, das thermische Speicher unter Verwendung von Wetterprognosen sowie durch Preis- und Anreizsignale von Energiemarktplätzen, intelligent be- und entlädt. Der Anteil an verfügbaren regenerativen Energiequellen soll maximiert und gleichzeitig eine Interaktion zwischen der Energieerzeugung und dem Energieverbrauch, mit dem Ziel einer Netzentlastung, hergestellt werden. Dazu sollen mehrere Anlagen mit thermischen Speichern untereinander vernetzt werden. Die Algorithmen sollen anhand eines validierten Gebäudemodells simuliert und auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft werden.

Vorarbeiten:

An der Hochschule Offenburg sind in der Forschungsgruppe net unter Leitung von Prof. Elmar Bollin verschiedene Forschungsarbeiten zur Nutzung von Wetterprognosen bei der Gebäudeheiz- und Klimatechnik durchgeführt worden. Im Rahmen des Programms Solarbau:Monitor des Bundesministeriums für Wirtschaft konnte am Beispiel eines Verwaltungsgebäudes gezeigt werden, wie mit Hilfe von Wetterprognosen und Gebäudeautomation Energieeinsparpotentiale realisiert werden können [1]. Im Rahmen des Projektes Klimazwei des Bundesministeriums für Forschung und Technologie konnte die net-Gruppe am Beispiel eines weiteren Verwaltungsgebäudes die automatisierte Einbindung von Wetterservices in den Gebäudebetrieb erfolgreich demonstrieren [2]. Beim sommerlichen Überhitzungsschutz in Schulgebäuden setzt die net-Gruppe derzeit Wetterdaten und –prognosen ein, um vorausschauend und nachhaltig die Schulräume klimatisch auf den kommenden Tag einzustellen, ohne dabei auf konventionelle Kältemaschinen zu zugreifen [3]. Und schließlich untersucht die Forschungsgruppe net im Auftrag der BBR derzeit die Nutzung von Wetterprognosen für die Heizung- und Klimatisierung von Gebäuden mit Schwerpunkt TABS [4].

Die Forschungsgruppe net ist auch seit über zehn Jahren mit der wissenschaftlich-technischen Begleitung von Solarthermischen Großanlagen im Forschungsvorhaben Solarthermie 2000plus des Bundesumweltministeriums im Südwesten Deutschlands befasst [5], [6]. Daraus konnten umfangreiche Erkenntnisse zum Betrieb und zur Effizienz solarthermischer Anlagen bezogen werden und der Fachöffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

Eigene Vorarbeiten

Im Rahmen der Bachelorthesis mit dem Thema „Entwicklung von Regelalgorithmen zur Direktentladung eines Solarspeichers“ wurde der Solarreglerteststand der Forschungsgruppe NET mit einem neuen Regler, dem Universalregler UVR1611 des Unternehmens Technische Alternative, wieder in Betrieb genommen. Das Ziel der Arbeit war die Entwicklung von Regelalgorithmen zur Direktentladung eines Solarspeichers auf Basis des Universalreglers.

Die Masterthesis mit dem Titel „Smart Buildings – die andere Seite des Smart Grids“ beschäftigt sich mit der Problematik der diskontinuierlichen und auch spontan erzeugten Energie aus erneuerbaren Energiequellen. Die Arbeit gibt eine umfassende Übersicht über Stromerzeuger, Stromverbraucher und Speicher in einem Smart Building und die damit verbundenen Möglichkeiten und Potentiale von Lastmanagement (Demand Response). Zudem werden die Themen prädiktive Gebäudeautomation, Preisinformationen vom Markt der Energie, Fördermöglichkeiten sowie Standards und Normen im Bereich des Smart Grids näher erläutert. Mit Hilfe dieser Informationen wurde ein Konzept für ein Automations-Softwaremodell für Smart Buildings erstellt.

Stand der Forschung:

In den letzten Jahren sind vermehrt wissenschaftliche Arbeiten erschienen, die moderne prädiktive Verfahren zur Optimierung des Betriebs von Gebäuden zum Thema haben. Modellprädiktive Regler, Fuzzy Algorithmen, Künstliche Neuronale Netze, sowie Optimierungsverfahren mit Zielfunktionen konnten in zahlreichen theoretischen und einigen wenigen praktischen Arbeiten mit Erfolg entwickelt und ihr Nutzen nachgewiesen werden. Die Anwendung solcher Algorithmen zur

Betriebsoptimierung erneuerbarer Energiequellen erscheint vielversprechend, ist aber bisher noch nicht im Fokus der Entwickler.

Im Rahmen mehrerer Forschungsarbeiten an der Hochschule Offenburg konnte der Nachweis erbracht werden, dass mit Hilfe prädiktiver, auf Wetterprognosen basierender Regelung und Steuerung erhebliche Energieeinsparpotentiale im Gebäudebetrieb realisiert werden können. Dabei wurde mittels einer Verknüpfung von Internetdatenbanken und Gebäudeautomation eine automatisierte Einbindung von Wetterprognosen ermöglicht. Die Prognosedaten werden auf einem ftp-Server des Wetterdatenproviders zur Verfügung gestellt und via OPC-Server in die Gebäudeautomation eingebunden. Ebenso konnte an einem weiteren Gebäude die automatisierte Einbindung von Wetterprognosen via Webservice getestet und erfolgreich realisiert werden. Im Rahmen des derzeit an der Hochschule Offenburg laufenden Forschungsvorhabens PräBV sollen auf einzelnen Regionen bezogene, über Langwellenfunk übertragene Wetterprognosen mit örtlichen Wettermessdaten korreliert und individuell angepasst werden.

Zur Teilnahme an sogenannten Demand Response (DR) Programmen gibt es preis- und anreizbasierte Steuersignale, die von Aggregatoren erzeugt werden. Durch diese DR-Programme wurde in den USA im Jahr 2010 ein Reduzierungspotential von 53 TW gemeldet. In Deutschland ist DR unter dem Begriff Lastmanagement bekannt. Die meisten Lastmanagement-Programme in Deutschland beruhen auf gesonderten Stromlieferverträgen mit der Möglichkeit, über eine Rundfunksteuerung, durch eine direkte Lastenkontrolle (direct load control), Stromverbraucher zu steuern und somit zur Netzentlastung beizutragen. Verschiedene Förderprojekte untersuchen Entwicklung von neuen, auf dem Internet basierenden Marktplätzen für Energie, da die Teilnahme am Regelleistungsmarkt und an der Strombörse für einzelne kleinere Gebäudebetreiber und -besitzer mit Hindernissen verbunden ist. Seit 2002 wird der Prozess der Automatisierung von DR-Programmen durch das Demand Response Research Center (DRRC) des Lawrence Berkeley National Laboratories (LBNL) in Kalifornien untersucht. Im Jahre 2006 wurden die ersten Feldversuche mit der vollautomatischen DR-Response Entwicklung durchgeführt [7].

Auswahlliste der wichtigsten Literatur:

- Elmar Bollin; Automation regenerativer Wärme und Kälteversorgung von Gebäuden: Komponenten, Systeme, Anlagenbeispiele; Vieweg+Teubner Verlag; 2009; ISBN: 3834803278
- John A. Duffie, William A. Beckman; Solar Engineering of Thermal Processes; John Wiley & Sons; 2006
- Arbeitskreis der Professoren für Regelungstechnik in der Versorgungstechnik; Regelungs- und Steuerungstechnik in der Versorgungstechnik; Vde-Verlag; 2010
- Hans Bach, Sigfried Baumgarth, Kurt Forsch; Regelungstechnik in der Versorgungstechnik; Müller C.F.; 2001
- Clark W. Gellings; The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response; Crc Pr Inc; 2009
- Kupzog Friederich; Frequency-Responsive Load Management in ElectricPower Grids: A Technical Concept for Demand Response in Smart Grids; Suedwestdeutscher Verlag fuer Hochschulschriften; 2009

Arbeits- und Zeitplan:

07.2011 – 12.2011

- Literatursuche und –auswertung,
- Einarbeitung in die Programme Simulink, MATLAB, TRNSFLOW und TRNSYS

01.2012 – 04.2012

- Erstellung eines konzeptionellen Modells

05.2012 – 07.2012

- Ermittlung der notwendigen Daten für das Modell

08.2012 – 09.2012

- Implementierung des Modells in ein spezielles Simulationssoftwaresystem

10.2012 – 02.2013

- Das entwickelte Modell wird validiert

03.2013 – 09.2013

- Planung und Durchführung von Simulationen

10.2013 – 02.2014

- Die aus der Simulation gewonnenen Ergebnisse werden analysiert

03.2014 – 04.2014

- Inhaltliche Überarbeitung der Dokumentation

05.2014 – 06.2014

- Fertigstellung der Promotionsarbeit

Parallel zu allen Entwicklungsphasen wird eine ausführliche Dokumentation angelegt. Regelmäßige Besprechungen und Treffen mit den Teilnehmern des Promotionskollegs gehören ebenfalls in den Arbeits- und Zeitplan.

Literaturverzeichnis

- [1] Jesus da Costa Fernandes, Thomas Feldmann, Elmar Bollin: „Energie optimiertes Bauen, Teilkonzept 3:Langzeitmonitoring des Neubauvorhabens Solar Info Center Freiburg, Phase II, Monitoring/Betrieb“; Abschlussbericht, TIB Hannover, November 2008
- [2] Thomas Feldmann; „Betriebsoptimierung von Gebäuden und Anlagen“; Proceedings des 10. Biberacher Forum Gebäudetechnik 11./12.3.2009, Wissenschaft und Praxis Band 153, ISSN 1615-4266
- [3] Jesus da Costa Fernandes, Thomas Feldmann, Elmar Bollin: „Natürliche Gebäudeklimatisierung – Potenziale für den Klimaschutz“, Beiträge aus Forschung und Technik 2009, IAF Hochschule Offenburg, Kresse & Discher Medienverlag, Offenburg, ISSN 1866-9352
- [4] Elmar Bollin: „Automation regenerativer Wärme- und Kälteversorgung für Gebäude“; BHKS-Almanach 2009, Organ des Bundesindustrieverbands Heizung-, Klima-, Sanitärtechnik /Technische Gebäudesysteme e.V., Verlag Technische Gebäudeausrüstung Consulting GmbH, Bonn 2009
- [5] Elmar Bollin, Klaus Huber, Eva Scheck, Daniel Jödicke: „Ergebnisse des Langzeitmonitorings an solarthermischen Großanlagen durch die Hochschule Offenburg in Südwestdeutschland“; PtJ- / BMU-Forschungsjahrbuch 2008 „Erneuerbare Energien“; Herausgeber FIZ Karlsruhe
- [6] Elmar Bollin, Klaus Huber, Eva Scheck, Daniel Jödicke: „Erste Ergebnisse und Betriebserfahrungen des Detailmonitorings einer solarthermischen Anlage zur Unterstützung der Kälteversorgung eines Büro- und Verwaltungsgebäudes“; Proceedings 19. Symposium Thermische Solarenergie; Bad Staffelstein; 06.–08.05.2009
- [7] Piette, M.A., D.Watson, N. Motegi, and S., Kiliccote. 2007. Automated Critical Peak Pricing Field Tests: 2006 Pilot Program Description and Results. LBNL Report 62218. Berkeley, Kalifornien : Demand Response Research Center (DRRC), 2007.