XIA intelligente architektur

01-03/14 Zeitschrift für Architektur und Technik

Massimiliano und Doriana Fuksas

Gerber Architekten

Hascher Jehle Architektur

architects collective

Arup

AUSGABE 86
Januar - März 2014
D EUR 12,50
A EUR 13,70
L EUR 13,80
CH sfr 24,50
4 195135 012205 01

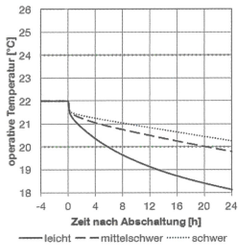

Abb. 1

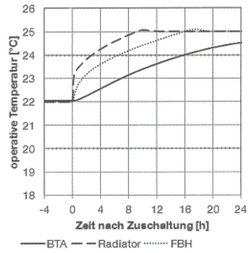

Abb. 2

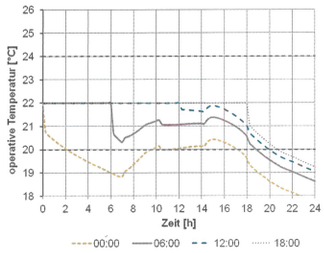

Abb. 3

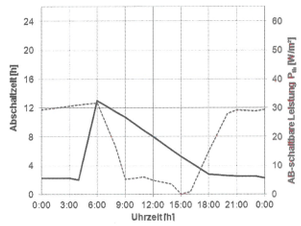

Abb. 4

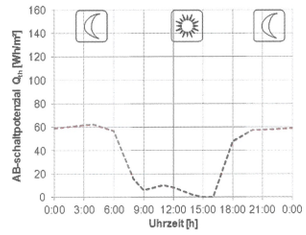

Abb. 5

Energie-Infrastruktur: Speicher- und Lastmanagementpotenziale in Gebäuden

Die angesagte Energiewende in Deutschland hin zu einer volatilen regenerativen Energieversorgung lässt in den kommenden Jahren einen Paradigmenwechsel vom gegenwärtigen Prinzip der verbrauchsorientierten Erzeugung hin zum erzeugungsorientierten Verbrauch erwarten. Ein solcher Wandel erfordert eine neue Energie-Infrastruktur, in der bisher passive Verbraucher, wie zum Beispiel technische Anlagen von Gebäuden, aktive Teilnehmer im „Smart Grid" werden. Dies ist durch eine gezielte Steuerung des Stromverbrauchs durch zeitliche Verschiebung von elektrischen Lasten, dem sogenannten Lastmanagement, möglich.

Im Rahmen eines aktuell laufenden Forschungsvorhabens am Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik der Technischen Universität München wird untersucht, welche Gebäudetypen und Anlagentechniken für Lastmanagementzwecke geeignet sind. Die zeitliche Verschiebung des Betriebs gebäudetechnischer Systeme geschieht dabei unter der Randbedingung, dass in den Räumen die Kriterien der thermischen Behaglichkeit stets erfüllt werden. Gekoppelte Gebäude- und Anlagensimulationen liefern neue Erkenntnisse über die Speicherpotenziale in der Bausubstanz und Lastmanagementpotenziale der technischen Gebäudeausrüstung. Anhand der Ergebnisse wird deutlich, welche Gebäudetypen mit welchen Heiz- und Kühlsystemen sinnvoll an einem Lastmanagement teilnehmen können.

Untersuchungsmethodik

Das bewertete Speicher- und Lastmanagementpotenzial ist im Rahmen dieses Forschungsvorhabens unmittelbar an die operative Raumtemperatur geknüpft. Diese kann sich innerhalb definierter Temperaturgrenzwerte verändern, ohne dass die thermische Behaglichkeit beeinträchtigt wird. In der Heizperiode ist ein Behaglichkeitsband von 20–24 °C, im Kühlfall von 22–26 °C festgelegt.
Basis der Untersuchungen sind thermische Gebäudesimulationen mit der Simulationssoftware IDA ICE [EQUA Solutions AG]. Um die Vielzahl an unterschiedlichen Gebäudetypen und Anlagentechniken zu begrenzen, wird zunächst eine Vorklassifizierung vorgenommen. Hierbei werden repräsentative Gebäude aus den Sektoren Wohnen, Büro und Einzelhandel hinsichtlich baulicher und anlagentechnischer Eigenschaften definiert.

Sensitivitätsanalyse

In einem ersten Schritt wird eine stationäre Sensitivitätsanalyse anhand eines definierten Modellraumes durchgeführt. Dabei werden verschiedene Parameter wie Dämmstandard, Lüftung, Bauweise und interne Wärmelasten unabhängig voneinander variiert, um deren Einfluss auf das Speicherpotenzial zu quantifizieren. Für den Winterfall erfolgt eine Vorkonditionierung des Modellraumes auf eine operative Temperatur von 22 °C. Dies entspricht dem Mittelwert des zuvor definierten Behaglichkeitsbandes, sodass nach Abschalten der Heizung die Temperatur sinken bzw. durch Zuschalten von Heizleistung steigen kann.
In Abbildung 1 ist das Auskühlverhalten des Modellraumes in Abhängigkeit von der Bauweise dargestellt. Die untere Temperaturgrenze beträgt 20 °C, die Außenlufttemperatur liegt bei konstant 0 °C. Es zeigt sich, dass sich die mögliche Abschaltdauer bei einer schweren Bauweise gegenüber einer leichten Bauweise mehr als vervierfacht.
In Abbildung 2 wird beispielhaft das Zuschaltverhalten der mittelschweren Bauweise in Abhängigkeit der Wärmeübergabesysteme Bauteilaktivierung, Radiatorheizung sowie Fußbodenheizung dargestellt. Die maximal mögliche Zuschaltdauer, bis der obere Temperaturgrenzwert von 24 °C erreicht wird, ist bei Verwendung einer trägen Bauteilaktivierung etwa siebenmal so lang wie bei einer Radiatorheizung, welche schneller reagiert und zunächst die Raumluft erhitzt.

Gebäudespezifische Simulation

In weiterführenden Simulationen wird das instationäre Lastmanagementpotenzial der beschriebenen Gebäudetypologien und deren jeweiligen Nutzungsprofilen ermittelt. Hierbei wird das Ab- beziehungsweise Zuschalten des Wärme- und Kälteübergabesystems mit ausgewählten Wetterdaten eines Testreferenzjahres zu unterschiedlichen Tageszeitpunkten analysiert. Die Simulation mit instationären Randbedingungen liefert Aussagen über das zeitabhängige Lastmanagementpotenzial der Gebäudetypologien und gibt damit Antwort auf die Frage: Wann kann wie viel Leistung für wie lange ab- beziehungsweise zugeschaltet werden, um das Stromnetz zu entlasten.
Beispielhaft wird der Fall des Abschaltens der Heizung an einem sehr kalten Wintertag anhand der Gebäudetypologie eines Büro-Neubaus dargestellt. Das Gebäudemodell entspricht einem repräsentativen Zweipersonenbüro von 20 m² Grundfläche mit einer Außenwand und wird mittels Radiator, Luftkühlung und mechanischer Lüftung mit Wärmerückgewinnung konditioniert. Die Gebäudehülle entspricht dem EnEV 2009-Standard.Für diese Randbedingungen ist in Abbildung 3 der Verlauf der operativen Raumtemperatur nach Abschalten der Heizung zu unterschiedlichen Zeitpunkten dargestellt. Hier wird der Einfluss der Nutzungszeit und der daraus resultierenden internen Wärmelasten eines Büroraumes deutlich. Bei einer Abschaltung der Heizung um Mitternacht fällt die Temperatur bereits nach etwas mehr als 2 Stunden unter die Behaglichkeitsgrenze von 20 °C. Ab 7 Uhr führen interne Wärmelasten von Personen und elektrischen Geräten sowie Wärmegewinne durch solare Einstrahlung dazu, dass die Auskühlung des Raumes gebremst wird und die operative Temperatur zwischenzeitlich sogar steigt. Daher wird bei einer Heizungsabschaltung um 6 Uhr das thermische Behaglichkeitsband erst nach circa13 Stunden, um 19 Uhr verlassen.
Die maximalen Abschaltdauern zur jeweiligen Tageszeit sind in Abbildung 4 mit einer durchgängigen schwarzen Linie abgebildet. Im gleichen Diagramm wird in rot die spezifische Heizleistung dargestellt, die benötigt wird, um zu jedem Zeitpunkt die Komforttemperatur von 22 °C des eingeschwungenen Zustands halten zu können.
Mit dem gewählten Simulationsansatz kann für ausgewählte Wetterdaten die tageszeitabhängige abschaltbare Leistung und die mögliche Abschaltdauer ermittelt werden. Das Lastmanagementpotenzial, das zu einer Uhrzeit maximal möglich wäre, wird durch Integration der Leistung über die längst mögliche Abschaltdauer zu diesem Zeitpunkt berechnet. Im betrachteten Fall der Abschaltung um 6 Uhr ergibt die Integration der abschaltbaren Heizleistung über die folgenden 13 Stunden ein maximal nutzbares thermisches Potenzial von etwa 125 Wh/m². Gerade die untersuchten Gebäudetypen mit Neubaustandard ermöglichen aufgrund hoher Dämmeigenschaften eine sehr lange Abschaltung des Heizsystems, sodass Abschaltdauern von über 24 Stun-

Von
Dipl.-Ing. Jakob Schneegans und Dipl.-Wirt.-Ing. Klaus Klimke

Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik
Prof. Dipl.-Ing. Thomas Auer
Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München
T +49 89 289-22476
F +49 89 289-23851
jakob.schneegans@lrz.tum.de
www.bk.ar.tum.de

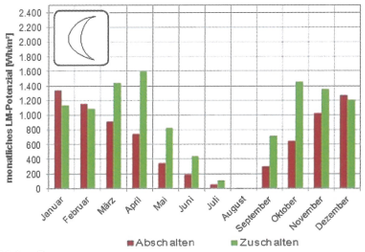

Abb. 6

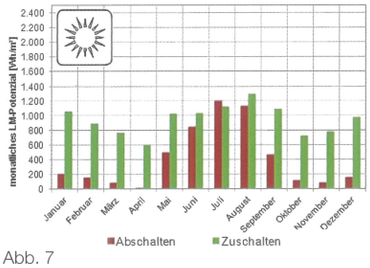

Abb. 7

den an kühlen und gemäßigten Tagen möglich sind. Da für eine Integration der volatilen regenerativen Energieerzeugung schon eine kurzzeitige Regelleistung zur Entlastung der Stromnetze relevant ist, wird in der Studie vor allem ein kurzzeitiges Lastmanagementpotenzial, das auf 2 Stunden begrenzt ist, betrachtet. Bei dem oben beschriebenen Büro-Modell beträgt das Kurzzeitpotenzial um 6 Uhr etwa 55 Wh/m². Der tageszeitabhängige Verlauf dieses Abschaltpotenzials ist in Abbildung 5 dargestellt. Für eine bessere Vergleichbarkeit der Gebäudetypologien wird der Detaillierungsgrad der tageszeitabhängigen Untersuchung von einer stündlichen Auflösung auf eine Tag-Nacht-Unterscheidung reduziert. Das durchschnittliche Abschaltpotenzial liegt in der Nacht bei 60 Wh/m² und tagsüber bei etwa 10 Wh/m². Jede Gebäudetypologie wird mit ausgewählten Außentemperatur- und Strahlungsdaten simuliert, die repräsentativ den Wetterverlauf eines Jahres abbilden. Dies ermöglicht eine Abschätzung des Lastmanagementpotenzials in den einzelnen Monaten und damit eine jahreszeitliche Betrachtung.

Für das Beispielgebäude Büro-Neubau zeigt sich in Abbildung 6 ein hohes Abschaltpotenzial in der Nacht, das während der Wintermonate am höchsten ist, in der Übergangszeit abnimmt und im Sommer vernachlässigbar gering ist. Dieses Ergebnis lässt sich damit erklären, dass im Winter die Heizung in sehr kalten Nächten Leistungsspitzen aufweist, und damit eine hohe kurzfristig abschaltbare Leistung bietet. Im Gegensatz dazu wird im Sommer die Kühlung während den Nachtstunden meist nicht betrieben, daher steht nachts auch keine abschaltbare Leistung zur Verfügung. In den Übergangsmonaten laufen die Heizsysteme mit reduzierter Leistung, sodass hier die höchsten Zuschaltpotenziale bestehen. Bei der Betrachtung der Tagesstunden von 8 bis 20 Uhr in Abbildung 7 fallen vor allem die niedrigen Abschaltpotenziale in den Übergangs- und Wintermonaten auf. Diese sind mit der niedrigen abschaltbaren Heizleistung während der Nutzungszeit zu erklären, da interne Wärmelasten annähernd ausreichen, um eine Abkühlung des Raumes zu verhindern. Wie in Abbildung 5 gezeigt wurde, beträgt die benötigte Heizleistung an einem sehr kalten Wintertag zwischen 9 und 17 Uhr weniger als 10 W/m². Während den Sommermonaten besteht tagsüber sowohl ein hohes Zu- als auch Abschaltpotenzial des Kühlsystems. Damit kann hier die grundsätzliche Eignung von Bürogebäuden aufgezeigt werden, die fluktuierende Stromerzeugung von Fotovoltaik auszugleichen und sowohl mit positiver als auch negativer Regelleistung das Stromnetz zu stabilisieren.

Ausblick

Der Endbericht der Studie „Lastverhalten von Gebäuden unter Berücksichtigung unterschiedlicher Bauweisen und technischer Systeme“ wird im zweiten Quartal 2014 veröffentlicht. Neben weiteren Analysen wird ein Gebäudekatalog entwickelt, in dem die untersuchten Gebäudetypologien übersichtlich miteinander verglichen und deren Eignung für Lastmanagement unter gewählten Wetterbedingungen aufgezeigt werden. Abschließend wird auf Basis des Flächenbestands in Deutschland das Potenzial abgeschätzt, inwieweit der Gebäudebestand zur Integration von fluktuierender regenerativer Energieerzeugung beitragen kann.

Abbildungen

Abb. 1: Simulationen zur maximal möglichen Abschaltdauer in Abhängigkeit der Bauweise
Abb. 2: Simulationen zur maximal möglichen Zuschaltdauer in Abhängigkeit des Wärmeübergabesystems
Abb. 3: Verlauf der operativen Raumtemperatur nach Abschalten der Heizung zu unterschiedlichen Zeitpunkten. (Gebäudetypologie Büro Neubau; sehr kalter Wintertag)
Abb. 4: Tageszeitabhängige Abschaltdauer und abschaltbare Leistung (Gebäudetypologie Büro Neubau; sehr kalter Wintertag)
Abb. 5: Kurzzeitiges Potenzial bei einer Abschaltdauer von maximal 2 Stunden. (Gebäudetypologie Büro Neubau; sehr kalter Wintertag)
Abb. 6: Jahresverlauf des Lastmanagementpotenzials während Nachtstunden (Gebäudetypologie Büro Neubau; sehr kalter Wintertag)
Abb. 7: Jahresverlauf des Lastmanagementpotenzials tagsüber (Gebäudetypologie Büro Neubau; sehr kalter Wintertag)

ClimaDesign e.V.

Technische Universität München
Arcisstraße 21, 80333 München
Vorstand: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Gerhard Hausladen,
Prof. Dipl.-Ing. Architekt Hermann Kaufmann,
Dr.-Ing. Petra Liedl
Geschäftsstelle/Geschäftsführung:
Dipl.-Ing. Univ. Katrin Rohr
T +49 (0)89 289-22875 (Sekretariat)
F +49 (0)89 289-23851
E mail@climadesign.org
www.climadesignverein.org

ENERGIEEFFIZIENZ

- höchste Effizienzklasse als **phA advanced component**
- herausragende Luftdichtheit und Wärmedämmung
- großzügiger Tageslichteinfall
- Top-Variante mit 4-fach-Verglasung für Klimaregion „kalt“

KOMFORT

- hoher Schallschutz
- steuerbarer Sonnenschutz

DESIGN

- filigrane und saubere Ansicht
- viele individuelle Farbgebungen

Lichtkuppeln · Lichtbänder · Glasdachkonstruktionen
RWA-Steuerungstechnik · Gebäudeautomationen

LAMILUX Heinrich Strunz GmbH
Postfach 15 40 · 95105 Rehau
Tel.: 0 92 83/5 95-0 · Fax: 0 92 83/5 95-2 90
information@lamilux.de · www.lamilux.de