Kühlen und heizen mit TABS und Umweltwärme

J. Pfafferott, Freiburg

Die Klimatisierung von Nichtwohngebäuden rückt im Hinblick auf Klimaschutz und steigende Energiekosten immer mehr in das Blickfeld. Effiziente Konzepte und neue Technologien werden zunehmend nachgefragt. Eine interessante Alternative zu den konventionellen Heiz- und Klimatisierungssystemen sind thermoaktive Bauteilsysteme (TABS) kombiniert mit Wärmepumpen. Sie verhelfen zu einem komfortablen Raumklima bei vergleichsweise geringem Energieverbrauch.

Foto: Fraunhofer Gesellschaft

❶ InHaus2 Duisburg
Hauptziel dieses Projektes ist die zukunftsorientierte Entwicklung und Markteinführung von neuartigen, intelligenten Raum- und Gebäudesystemen (Smart Building) zur Steigerung der Gesamtattraktivität einer Nutzimmobilie.

1 Einleitung

Gut geplant sind Wärmepumpen klimafreundlich, denn sie nutzen die Außenluft, das Erdreich oder Grundwasser als Energiequelle. Aus 25 % Arbeitsenergie gewinnen sie bis zu 75 % thermische Energie aus der Umwelt und helfen so, die Energiekosten zu senken. Voraussetzung für Einsparungen beim Heizen und Kühlen ist aber ein energieoptimiertes Gesamtkonzept aus Architektur, Bauphysik und Gebäudetechnik. Vollklimatisierung und Kältemaschinen können dann ersetzt werden, ohne dass der Arbeitsplatzkomfort darunter leidet.

2 Die Alternative heißt TABS

Immer mehr Architekten und Ingenieure beziehen neuerdings die Gebäudestruktur und die Speicherfähigkeit der Bauteile aktiv in das Energiemanagement mit ein (Bild ❶).

Autor
Dr.-Ing. *Jens Pfafferott*, Abteilung thermische Anlagen und Gebäude, Gruppe Solares Bauen, Fraunhofer ISE, Freiburg.

Thermoaktive Bauteilsysteme (TABS) heißt die Alternative, nicht nur für Neubauten, sondern auch für Sanierungen. Bei ihnen erfolgt die Kühlung über großflächige, Wasser durchflossene Systeme, die etwa an oder in der Decke angebracht sind. Wegen der großen übertragenden Fläche reicht zur Kühlung eine Vorlauftemperatur von 18 °C.
In einer mehrjährigen Monitoringkampagne in Nichtwohngebäuden aus dem Förderprogramm EnOB „Energieoptimiertes Bauen“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) untersuchten unlängst Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für solare Energiesysteme ISE die Energieeffizienz und den Raumkomfort von Heiz- und Kühlkonzepten mit TABS und Umweltenergie.

2.1 Thermoaktive Bauteilsysteme liegen im Trend

TABS sind Rohrregister, die direkt in Decken und in den Fußböden in mäander- oder spiralförmiger Rohrschlangenausführung installiert werden. Oberflächennahe Systeme werden als Kapillarrohrmatten in den Deckenputz eingebracht oder als Trockensystem in der Wand und der Decke verlegt. Als Rohrschlangen werden Kunststoffrohre oder Mehrschichtverbundrohre aus PE und Aluminium eingesetzt. Bei der Betonkerntemperierung haben die Rohre einen Durchmesser von 15 bis 20 mm. In Abständen von 100 bis 300 mm liegen die Rohre in mittlerer Höhe meist innerhalb der statisch neutralen Zone der Betondecke (Bilder ❷a und ❷b). Oberflächennahe TABS haben einen Rohrdurchmesser von 10 bis 12 mm und im Fall von Kapillarrohrmattensystemen nur 5 mm.
Mit der Abmessung der Rohrregister und der Einbaulage der TABS im Bauteil können unterschiedliche Leistungen zu unterschiedlichen Zeiten gewählt werden. Die maximale Heiz- und Kühlleistung ist weiterhin abhängig vom Volumenstrom, der Vorlauftemperatur und der Bauteil- bzw. operativen Raumtemperatur. Langzeitmessungen in Nichtwohngebäuden haben gezeigt, dass die Betonkerntemperierung maximale Kühlleistungen von 50 W/m^2 und Heizleistungen von 40 W/m^2 erreicht. Oberflächennahe Systeme können unter entsprechenden Betriebsbedingungen Kühlleistungen von bis zu 70 W/m^2 erreichen.
TABS erfreuen sich einer steigenden Nachfrage, nicht nur in Büro- und Verwaltungsgebäuden. Im Jahr 2007 wurden allein in Deutschland ca. 845 000 m^2 thermisch aktivierbare Flächen neu installiert. Knapp 60 % der Büroneubauten werden im Sommer über TABS gekühlt – und teilweise im Winter geheizt. Dabei

elektro-boxx
Erfolg ist Handwerk

Elektro-Ausschreibungen - täglich neu und aktuell
- Meisterkurse + Fortbildungen
- Jobangebote + Gesuche
- Betriebsübernahmen + Existenzgründungen
- Kleinanzeigen + Materialbörsen

Jetzt testen unter
www.elektro-boxx.de

Aufträge 2010
Aufträge 2011
Meisterkurse + Fortbildungen
Wünsche
Betriebsübern. + Existenzgründ.
www.elektro-boxx.de

teilen sich Betonkernaktivierung und Kühldecken zu etwa gleichen Teilen den Markt.

3 Heizen und Kühlen mit Umweltenergie

Die Energiebereitstellung für die TABS kann auf unterschiedliche Arten erfolgen. Besonders gut eignet sich jedoch Umweltenergie, da TABS aufgrund ihrer großen Flächen bereits mit sehr kleinen Temperaturdifferenzen zwischen Decken- und Raumtemperatur effektiv heizen oder kühlen können. Die Kühlwassertemperaturen werden auf einen Temperaturbereich von 16 bis 22 °C und die Heizwassertemperaturen auf maximal 27 bis 32 °C begrenzt.

Im Winter erhöht eine Wärmepumpe das natürlich vorhandene Temperaturniveau der Umweltenergie noch geringfügig und damit wirtschaftlich günstig. Im Sommer lässt sich das Erdreich oder das Grundwasser direkt als natürliche Wärmesenke zur Kühlung der Gebäude nutzen, sodass lediglich die Energie zur Verteilung der Kühlenergie, nicht aber zu deren Erzeugung, aufgewendet werden muss. Die geringen Temperaturdifferenzen bringen aber auch den Nachteil mit sich, dass ein verhältnismäßig hoher Volumenstrom gefördert werden muss, um eine entsprechende Wärmemenge zu transportieren.

4 Energie aus dem Erdreich

Die als Wärme im Erdboden gespeicherte Energie gewinnt als praktisch unerschöpfliche regenerative Energiequelle zunehmend an Bedeutung. Um die Wärme oder Kälte aus der Tiefe zu fördern, kommen oberflächennahe Absorber sowie tiefe Erdsonden (Bild ❸) gleichermaßen zum Einsatz. Die annähernd konstanten Temperaturen des tiefen Erdreichs bis rund 100 m eignen sich energetisch und betriebstechnisch besonders gut für die geothermische Kühlung und Heizung. Ab einer Tiefe von etwa 10 m bleibt die Temperatur im Jahresverlauf praktisch unverändert.

Die Wärme wird vorzugsweise mit Erdwärmesonden oder mit Energiepfählen aus dem tiefen Erdreich gewonnen. Erdwärmesonden sind in der Regel zwei bis drei Doppelrohre aus Kunststoff mit 32 mm Durchmesser, die in ein 30 bis 120 m tiefes Bohrloch eingelassen werden. Durch dieses System wird Wasser gepumpt, das je nach Jahreszeit im Kühlfall Wärme an das Erdreich abgibt oder im Heizfall Wärme aufnimmt. Energiepfähle sind Gründungspfähle eines Gebäudes, die bis 20 m tief in den Boden reichen und als Erdwärmesonden genutzt werden.

Das Nutzen der Erde als Speichermedium sowohl für den Heiz- als auch den Kühlbetrieb unterstützt eine schnelle Regeneration des Erdspeichers, denn im Sommer wird Wärme gespeichert und im Winter wieder entzogen. So lässt sich die Effizienz des Gesamtsystems gegenüber einer ausschließlich einseitigen Nutzung nur zum Heizen oder Kühlen steigern und eine langfristige, einseitige Temperaturänderung im Erdboden vermeiden.

5 Energie aus dem Grundwasser

Auch Grundwasser mit seiner ganzjährigen Temperatur von 8 bis 12 °C bietet als Wärmequelle oder -senke gute Bedingungen. Um seine Wärme zu nutzen, ist es erforderlich, die Bohrungen jeweils bis in die wasserführenden Schichten voranzutreiben. Tauchpumpen entnehmen den Förderbrunnen Grundwasser, das über Wärmetauscher Energie an die TABS abgibt oder von ihnen aufnimmt. Über Schluckbrunnen wird das Wasser wieder zurückgeführt. Grundwasser als Wärmequelle oder -senke ist ganzjährig ohne zeitliche Einschränkung nutzbar.

6 Strombedarf bestimmt Energieeffizienz

Der Hilfsstrombedarf bestimmt entscheidend die Energieeffizienz der Anlagen, die deshalb in erster Linie von der elektrischen Leistungsaufnahme der Primärpumpe abhängig ist. Die installierte Pumpenleistung unterscheidet sich sehr; bei den Messprojekten in einem Bereich von 25 bis 230 W_{el}/kWh_{term}. Der gemessene jährliche Energiebezug der Primärpumpen liegt zwischen 1 und 5 kWh_{el}/m^2a bezogen auf die gekühlte/beheizte Fläche.

Die korrekte hydraulische Auslegung und Installation der Anlagen ist von großer Bedeutung. Daher ist es empfehlenswert, schon in der Planungsphase der Heiz- und Kühlkonzepte Zielwerte für den Hilfsenergieaufwand und damit die Energieeffizienz festzulegen. Die installierte Pumpenleistung im Primärkreis (Bereitstellung von Umweltenergie) sollte einen Wert von 40 W_{el}/kWh_{therm} und einen Hilfsenergiebezug von 2 $kWh_{el}/m^2_{TABS} \cdot a$ nicht überschreiten. Bei den Grundwasseranlagen ist die Förderhöhe entscheidend. Der Wärmetauscher sollte daher möglichst nah am Brunnenkopf installiert werden, um die geodätische Höhe zu verringern.

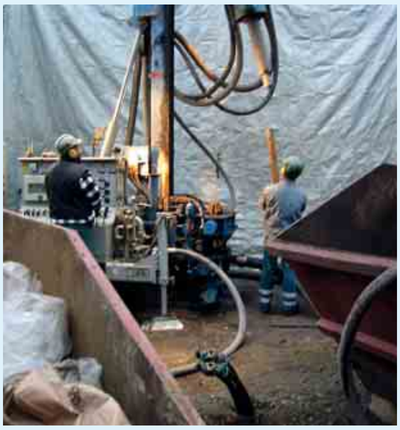
7 Wohlfühlen im Sommer wie im Winter

Kühlenergiekonzepte mit thermoaktiven Bauteilsystemen und Umweltenergie stellen für das mitteleuropäische Klima eine energieeffiziente Lösung dar, können aber aufgrund von Systemträgheiten und systembedingten Temperaturen keine stringenten Raumtemperatursollwerte analog des statischen Komfortmodells gewährleisten. Untersuchungen zeigen, dass durch Kühlung mit thermoaktiven Bauteilsystemen die geforderten Raumtemperaturen nach dem adaptiven Komfortmodell der Europäischen Komfortrichtlinien EN 15251:2007-08 unter Berücksichtigung des Nutzerverhaltens fast immer eingehalten werden können.

❷a Einbringen der Bauteilaktivierung im Freiburger Solar Info Center

❷b Das Verlegen erfolgt zwischen der unteren und oberen Bewehrung

Fotos: Solares Bauen GmbH



❸ Erdsonden für das inHaus-Zentrum

Im Vordergrund ist eine fertige Sonde zu sehen, im Hintergrund wird gerade das Loch für eine weitere Sonde gebohrt.

Foto: Fraunhofer ISE

8 End- und Primärenergiebezug

Die vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten EnOB-Monitoringkampagnen in Nichtwohngebäuden haben den End- und Primärenergiebedarf von Demonstrationsgebäuden untersucht und wichtige Ergebnisse zu Energieeffizienz und Raumkomfort von Heiz- und Kühlkonzepten mit TABS und Umweltenergie geliefert (Beispielgebäude gibt es unter www.enob.info/de/neubau/).

Die meisten Gebäude unterschreiten bzw. erreichen den durch das Förderprogramm festgelegten Zielwert für den Primärenergiebezug von 100 kWh_{prim}/m^2a für die technische Gebäudeausrüstung und Beleuchtung. Neben der Beleuchtung und Lüftung entfallen 15 bis 29 % des Gesamtprimärenergieverbrauchs der Gebäude auf das Wärme-/ bzw. Kälteverteilsystem, d. h. die Pumpen im Primärkreis (Pumpe im Förderbrunnen und Pumpe des Erdwärmesondenfeldes) und im Sekundärkreis (Hauptverteil- und Umwälzpumpen).

Bewertet man den Hilfsenergieaufwand gesondert im Primär- und Sekundärkreis, lässt sich feststellen, dass der Energieaufwand des Primärkreises der Wärmesenke/-quelle annähernd so groß ist wie für den sekundären Verteilkreis. Dies weist deutlich auf ein großes Optimierungspotential in der Auslegung und Regelung der Wärme-/Kälteverteilung der TABS-Systeme.

Die Energieeffizienz der Umweltenergiesysteme ist definiert durch die Jahresarbeitszahl (JAZ) und bestimmt sich aus dem Verhältnis von Wärme- bzw. Kälteabgabe und der dafür benötigten elektrischen Energie:

- Im Kühlfall sind Jahresarbeitszahlen zwischen 10 und 18 kWh_{therm}/kWh_{el} möglich. Wird zudem die Zuluftkonditionierung vom Betrieb der thermoaktiven Bauteilsysteme (vorrangig nachts) getrennt, kann das Erdwärmesondenfeld deutlich kleiner und damit kostengünstiger ausgelegt werden.
- Im Heizfall nutzen die Gebäude die natürlichen Wärmesenken in Kombination mit einer Wärmepumpe mit Leistungszahlen zwischen 4,0 und 5,7 kWh_{therm}/kWh_{el}. Wird in der Bewertung der Effizienz des Heizbetriebs zur elektrischen Leistungsaufnahme der Wärmepumpe auch noch der Energiebezug der Primär- und Speicherladepumpe herangezogen, ergeben sich Jahresarbeitszahlen bis 4,5 kWh_{therm}/kWh_{el}.

9 Energiekonzept ist Herausforderung

Um eine nachhaltige Energieversorgung und hohe Nutzerzufriedenheit zu gewährleisten, müssen künftig Heiz- und Kühlenergiekonzepte gleichermaßen nach dem Energiebezug, der Energieeffizienz und dem thermischen Raumkomfort bewertet werden. Ein Energiekonzept ist erst dann zufriedenstellend, wenn mit möglichst geringem Energieeinsatz und bei hoher Anlageneffizienz ein guter thermischer Raumkomfort zur Verfügung gestellt werden kann.

Diese Anforderung und gleichzeitige Herausforderung für Planer und Architekten verliert auch dann nicht an Bedeutung, wenn Gebäude als Nullenergiegebäude konzipiert werden. Denn je weniger Heiz- und Kühlenergie benötigt wird und je energieeffizienter diese Energie zur Verfügung gestellt werden kann, um einen entsprechenden thermischen Raumkomfort zu erhalten, desto weniger Primärenergie muss in der Jahresbilanz dezentral am Gebäude eingesetzt werden.

Die messtechnische Untersuchung der Gebäude über mehrere Jahre zeigt, dass mit ausreichend dimensionierten Umweltenergiesenken und -quellen Kühl- und Heizenergie mit hoher Effizienz und gutem thermischen Komfort bereitgestellt werden kann. Dennoch wird deutlich, dass die Effizienz der Systeme weiter verbessert werden muss, so zum Beispiel durch konsequente Optimierung der hydraulischen Anlagen und Anlagenkomponenten sowie durch einen optimierten Wärmepumpenbetrieb. ■

CobiNet

Unsere Neuheiten

Spleißbox TopFiber Pro

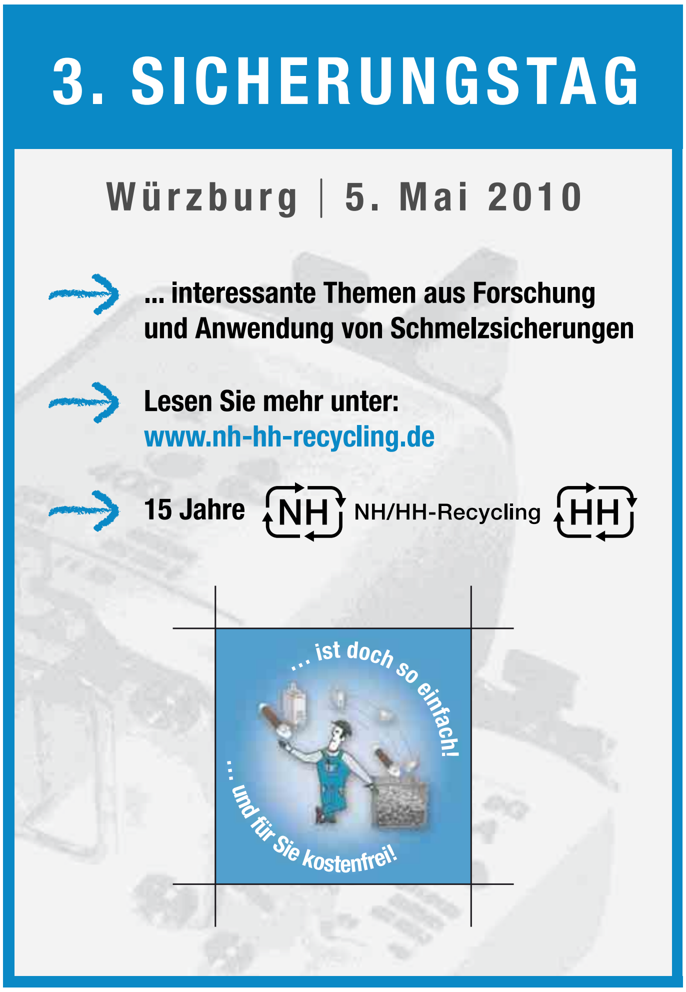
LSA-HD®-Produktfamilie

Kabelverbinder TopConnect LSA Cat. 7

Patchkabelkupplung TopConnect RJ45 Cat. 6 class E

Besuchen Sie uns auf der Light + Building Halle 8, Stand B41

CobiNet Fernmelde- und Datennetzkomponenten GmbH www.cobinet.com
Telefon +49(0)6203 49 00-0



3. SICHERUNGSTAG

Würzburg | 5. Mai 2010

... interessante Themen aus Forschung und Anwendung von Schmelzsicherungen

Lesen Sie mehr unter: www.nh-hh-recycling.de

15 Jahre NH NH/HH-Recycling HH

... ist doch so einfach!
... und für Sie kostenfrei!