



Berliner Bogen – Unter dem 140 m langen gläsernen Bogendach des innovativen Gebäudes befinden sich sechs gebäudehohe Wintergärten sowie 30 000 m² Bürofläche, die mithilfe von Betonkernaktivierung gekühlt werden.

Kühlen und Heizen mit Betonkernaktivierung

Teil 1: Funktionsweise, Bauliche Anforderungen und aktuelle Entwicklungen

Jörg Stette und Dipl.-Phys. Sven Petersen*

Thermische Bauteilaktivierungssysteme zur ganzjährigen Temperierung von Gebäuden sind heute oftmals fester Bestandteil energieeffizienter Gebäudekonzepte. Das Kühlen und Heizen von Büro- und Verwaltungsgebäuden mit Umweltenergie aus dem Erdreich, dem Grundwasser und der Außenluft ist dabei energetisch und wirtschaftlich von besonderem Interesse. Unsere dreiteilige Artikelserie beschäftigt sich deshalb umfassend mit den Planungsaspekten zur Dimensionierung und Ausführung sowie den möglichen Energieeinsparpotenzialen einer Betonkernaktivierung. Im ersten Teil soll zunächst der Fokus auf die grundlegende Funktionsweise sowie die Baulichen Anforderungen gelegt werden. Darüber hinaus werden aktuelle Entwicklungen im Bereich der Bauteilaktivierung aufgezeigt.

Einhergehend mit der EnEV kam es in den vergangenen Jahren zu einer erheblichen Verbesserung der Wärmedämmstandards von Gebäuden. Das Resultat: Ein positiv spürbarer, deutlich geringerer Jahresheizenergiebedarf. Jedoch sind durch

die gesunkene Wärmetransmission durch die Fassade, speziell in Büro- und Verwaltungsgebäuden, auch nachteilige Effekte in der warmen Jahreszeit feststellbar. Durch die bessere Wärmedämmung ist die nächtliche Entspeicherung eines im Sommer aufgeheizten Gebäudes vermindert. Zusammen mit den inneren Wärmelasten und den gestiegenen Komfortansprüchen der Nutzer ergibt sich teilweise sogar in den kalten

Wintermonaten und auch in der Übergangszeit ein Kühlbedarf für diese Räume. Insofern kommt in Büro- und Verwaltungsgebäuden dem Kühlfall eine immer größere Bedeutung zu.

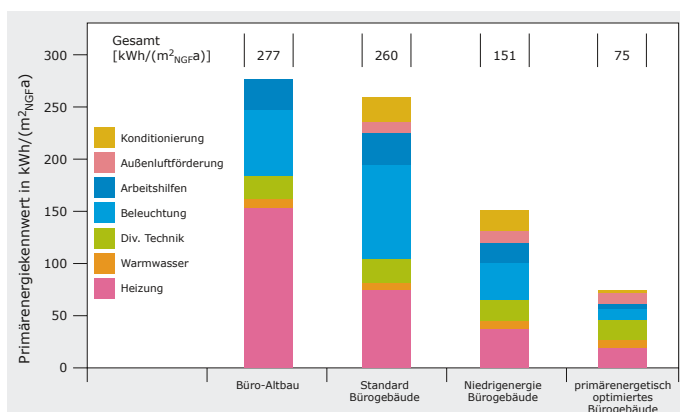
Daher sind heute energieoptimierte Gebäude gefragt, die einen vergleichsweise geringen Heiz- und Kühlbedarf haben. Sorgfältig aufeinander abgestimmte Maßnahmen wie ein sehr guter Wärme- und Sonnenschutz,

ausreichende thermische Gebäudespeicherkapazität, eine luftdichte Gebäudehülle in Verbindung mit einer Grundlüftung, die den hygienisch notwendigen Luftwechsel ermöglicht sowie einer Wärmerückgewinnung machen ökologisch nachhaltige Gebäudekonzepte erst möglich.

Bauteilaktivierung bindet Umweltenergien mit ein

Da Kühlkonzepte mit ausschließlich freier oder mechanischer Nachtlüftung bei längeren Warmwetterperioden wie in den Jahren 2003 und 2006 häufig nicht ausreichen, werden innovative Systeme benötigt, die eine Nutzung regenerativer Energien ermöglichen. Als besonders wirkungsvoll empfiehlt sich der Einsatz thermisch aktivierter Bauteile (TABS). Hierbei werden wasserführende Rohrsysteme zur ganzjährigen Temperierung von Gebäuden großflächig in Massivbauteile (Betondecken) mit hoher Wärmespeicherkapazität integriert. Werden diese bauteilintegrierten Rohrregister direkt mit Kaltwasser (Vor- und Rücklauf-

*) Jörg Stette, Application Engineer, Uponor GmbH, und Dipl.-Phys. Sven Petersen, Referenten der Uponor Academy



■ Primärenergiekennwerte von Bürogebäuden im Vergleich.

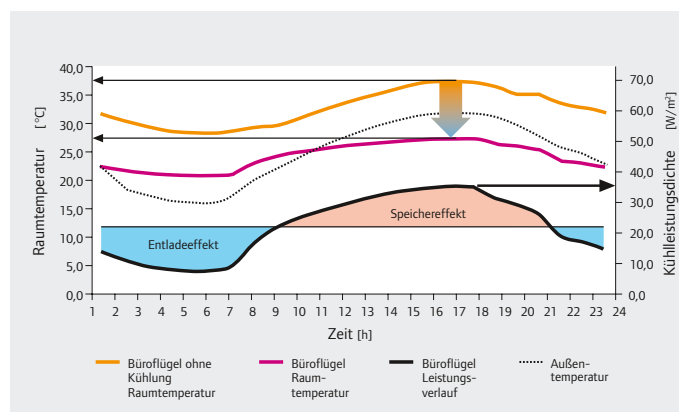
temperatur, 16°C und 20°C) aus dem Erdreich oder über einen Kühlturm aus der Umgebungsluft versorgt, muss lediglich die Energie zur Verteilung der Kühlenergie, jedoch nicht für deren Erzeugung aufgewendet werden. Der Heizwärmebedarf kann mittels Wärmepumpe ebenfalls zum Teil mit Umweltenergie gedeckt werden. Da bei dem Einsatz eines Kühlturmes das Angebot (niedrige Außenlufttemperatur in der Nacht) und die Nachfrage (Kühlbedarf bei Tag) zeitlich versetzt sind, kommt der thermischen Bauteilaktivierung aufgrund der Speichereigenschaft und somit der Möglichkeit der zeitlichen Verschiebung eine besondere Bedeutung zu. Durch die aktivierte speicherwirksame Bauwerksmasse wird eine Dämpfung der Raumtemperatur im Tagesverlauf erreicht. Diesen Effekt kann man auch bei älteren Gebäuden (Kirchen, Burgen usw.) feststellen, die mit sehr dicken Außenmauern ohne Innenverkleidung errichtet wurden. In diesen Gebäuden bleibt es aufgrund der großen Speichermasse innen selbst bei hohen Außentemperaturen stets angenehm kühl. Aufgrund der großen wärmeübertragenden Flächen ermöglicht die Bauteilaktivierung bei bereits ge-

ringen Über- bzw. Untertemperaturen nennenswerte Heiz- bzw. Kühlleistungen. Die Wärmezufuhr erfolgt unter dem ständigen Wechsel zwischen Be- und Entladen der aktivierten Geschossdecken im nachfolgend dargestellten Zyklus:

Thermische Beladung:

Die Geschossdecken werden mit Wärme oder Kälteenergie beladen, indem warmes oder kaltes Wasser durch die im Bauteil integrierten Rohrregister zirkuliert. Der Wasserstrom gibt bei der Durchströmung des Rohrsystems je nach Wassertemperatur Heiz- oder Kühlleistung an die Decke ab und erwärmt oder kühlt diese. Der Vorgang kann durch Variation von Vorlauftemperatur, Massenstrom und Ladezeit aktiv gesteuert werden. Aufgrund der Trägheit des Systems besteht die besondere Herausforderung darin, ausreichend Wärme- bzw. Kälteenergie für die am folgenden Tag zu erwartenden thermischen Lasten im Bauteil einzulagern. Da der benötigte Wärme- bzw. Kältebedarf eines Raumes jedoch nicht immer exakt vor-

■ Weltweit größtes Gebäude nach Passivhaus-Konzept – Das Bürogebäude „Energion“ in Ulm bindet über Betonkernaktivierung Regenerative Energien aus Erdsonden zur Kühlung mit ein.



■ Vergleich der Raumtemperaturen nach einer 14-tägigen Schönwetterperiode in Gebäuden mit Betonkernaktivierung und ohne Raumkühlung.

hersehbar ist, kommt es systembedingt zu Ladereserven und damit zu einem erhöhten Energieeinsatz.

Speicherung:

Wie jeder thermische Speicher überbrückt auch die aktivierte Decke die zeitliche Differenz zwischen Energieangebot und Energiebedarf und bewirkt so eine teilweise Verschiebung der thermischen Lasten in die Nachtstunden. Überschüssige Wärme, hervorgerufen durch solare Einstrahlung (externe Lasten) und Personen- und Geräteabwärme (innere Lasten), wird in der Decke zwischengespeichert und bewirkt einen Anstieg der mittleren Bauteiltemperatur. Mit diesem Temperaturanstieg erfolgt parallel der Anstieg der operativen Raumtemperatur, die jedoch durch die Speichermassen stark gedämpft wird.

Thermische Entladung:

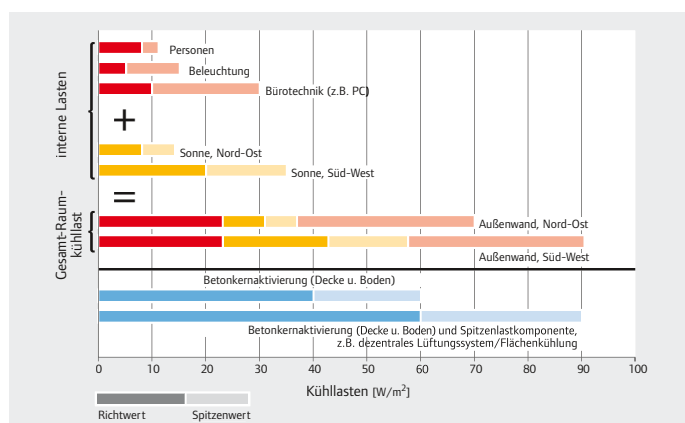
Die Raumkonditionierung erfolgt bei der thermischen

Bauteilaktivierung durch zwei parallel ablaufende Wärmetransportmechanismen. Die in den Geschossdecken eingelagerte Wärme oder Kälte wird zu großen Teilen über Strahlung (etwa 60% im Kühlfall und etwa 90% im Heizfall) und entsprechend anteilig über Konvektion an den Raum abgegeben. Wegen der großen Systemträgheit ist eine raumbezogene, schnelle Temperaturregelung nicht möglich. Die Entladung findet somit passiv, ohne direkte Einflussmöglichkeit des Raumnutzers statt.

Bauarten thermisch aktivierter Bauteile

Je nach Nutzungsart (z.B. Wohngebäude, Bürogebäude), Gebäudeart (z.B. Altbau, Neubau) hat sich eine Vielzahl unterschiedlicher Bauformen der thermischen Bauteilaktivierungssysteme entwickelt. Wasserführende Rohrsysteme, welche großflächig in die Gebäudebauteile integriert werden, haben sich weitgehend durchge-





■ Abdeckung der Kühllasten mithilfe der Betonkernaktivierung.

setzt. Luftführende Systeme, welche neben der Bauteiltemperierung zusätzlich die Frischluftzufuhr übernehmen, finden in der Praxis selten Anwendung. Es finden sich – je nach Anwendung – die unterschiedlichsten Bezeichnungen für die thermische Bauteilaktivierung. Vor allem die Begriffe Betonkernaktivierung, thermoaktive Decken, Bauteilkühlung bzw. Bauteilheizung, Fußbodenheiz- und Kühlsystem sowie Aktiv- und Passivspeichersysteme werden häufig angewendet. Jede dieser Bezeichnungen hat entsprechend der Anwendung seine Richtigkeit. Der Begriff der thermischen Bauteilaktivierung wird jedoch in erster Linie mit der klassischen Betonkernaktivierung in Verbindung gebracht. Bei dieser Anwendung werden die Rohrregister in die Mitte der Betondecke eingebracht. Ziel ist es, die maximale Wärmespeicherkapazität der Betondecke zu nutzen und somit im sommerlichen Kühlbetrieb ein Maximum an Kälteenergie in den Nachtstunden einzuspeisen, die dann im Tages-

verlauf entnommen werden kann. Bei günstigen Gebäudekonzepten ist diese Ausführungsvariante als alleiniges Kühlsystem einsetzbar. Für den winterlichen Heizbetrieb ist aufgrund der systembedingten Trägheit in der Regel ein zusätzliches regelfähiges Heizsystem notwendig.

Mehr Leistung durch oberflächennahe Anordnung

Eine relativ neue Systemvariante und eine Weiterentwicklung der klassischen Betonkernaktivierung ist die oberflächennahe Bauteilaktivierung. Ziel ist es, ebenfalls die Wärmespeicherkapazität der Betondecke zu nutzen, zudem jedoch die maximale Heiz- bzw. Kühlleistung zu erhöhen. Durch die oberflächennahe Anordnung stellt sich neben der Leistungserhöhung auch eine verbesserte Regelfähigkeit ein, sodass der alleinige Einsatz des Systems auch im winterlichen Heizfall möglich ist. Die Fußboden-temperierung ist sicherlich die bekannteste Art der ther-

mischen Bauteilaktivierung. Wurde sie früher in erster Linie zur Beheizung von Gebäuden eingesetzt, wird sie heute vielfach auch zur Kühlung genutzt. Gegenüber den in Betondecken integrierten Systemen verfügt die Fußboden-temperierung mit einer Estrichstärke von etwa 60 mm über eine relativ geringe Wärmespeicherkapazität. Insbesondere zur Beheizung von Wohngebäuden ist dieses auch gewünscht, um somit eine individuelle Raumtemperaturregelung realisieren zu können. Eine weitere interessante Variante zur thermischen Bauteilaktivierung, insbesondere für den Bereich der Gebäudesanierung, sind Systeme, die unterhalb der Betondecke eingeputzt werden. Aufgrund der direkten Kopplung an die Massivdecke können hier ebenfalls große Teile des Speicherpotenzials genutzt werden. Des Weiteren verfügt die Deckentemperierung über ein erhebliches Heiz- bzw. Kühlleistungspotenzial und ist aufgrund der oberflächennahen Anordnung ebenfalls als alleiniges Heiz- und Kühlsystem geeignet.

Optimales Energiekonzept durch integrale Planung

Bei konventionell geplanten Gebäuden stehen zu Beginn üblicherweise der architektonische Entwurf und die Ausstattungswünsche des Bauherrn. Anschließend folgt die Dimensionierung der Haustechnik nach den gegebenen architektonischen Randbedingungen, Wünschen und Richtlinien. Im ungünstigen Fall müssen Schwächen in der Fassade mit

teurer Haustechnik kompensiert werden, um thermisch behagliche Arbeitsräume zur Verfügung stellen zu können. Integral geplante Gebäudekonzepte suchen hier nach anderen Lösungsansätzen. Neben den ansprechenden architektonischen Gesichtspunkten müssen in modernen Bürogebäuden innovative Energiekonzepte realisiert werden, in denen die bauphysikalischen und haustechnischen Komponenten optimal aufeinander abgestimmt sind. Bei Bürogebäuden steht weiterhin in der Regel eine hohe Arbeitsplatzqualität im Vordergrund. Die Qualität des Gebäudes kann aus Sicht der dort Arbeitenden motivierend wirken und somit ein Vorbild für das angestrebte Qualitätsniveau der Arbeitsergebnisse darstellen. Mithilfe von thermischen Gebäudesimulationen, Verschattungs- und Tageslichtberechnungen können bereits in der Planungsphase integrale Energiekonzepte erstellt werden, die auch ohne aufwendige Technik thermisch und tageslichttechnisch gehobenen Ansprüchen entsprechen. Ziel ist es, neben dem maximalen thermischen Komfort und der optimalen Tageslichtnutzung die Minimierung des CO₂-Ausstoßes und des Primärenergiebedarfes zu erreichen sowie die Nutzung regenerativer Energien zu fördern. Bürogebäude wie das Balanced Office Building (BOB) in Aachen mit einer Nettogrundfläche von 2150 m² oder das Bürogebäude Energon in Ulm – mit knapp 7000 m² Nettogrundfläche das weltweit größte Gebäude nach Passivhauskonzept – zeigen, dass bei konsequenter Gebäudeplanung zukunfts-sichere und energiesparende Bürogebäude möglich sind. Bei beiden Gebäuden konnte u. a. durch den Einsatz der thermischen Bauteilaktivierung und Nutzung von regenerativer Energie mittels Erd-



■ Die werkseitig von Uponor in Modulbauweise gelieferte Betonkernaktivierung „Contec“ wird über verpresste Verteil- und Sammelleitungen nach dem Tichelmanprinzip angeschlossen.

■ **Tabelle 1: Optimierung von Wärmeschutz, Sonnenschutz und Lichtdurchlässigkeit.**

Fenstertyp	Wärmedurchgangskoeffizient k (W/m ² · K)	Gesamtenergiedurchlässigkeitsgrad g (%)	Lichtdurchlässigkeit (%)
A	1,3	62	77
B	1,1	62	77
C	0,7	48	66
D	1,3	16	22

sonden der Primärenergieverbrauch unter 100 kWh/(m² a) gesenkt werden.

Bauliche Anforderungen

Sollen Gebäude ausschließlich mit einer Betonkernaktivierung beheizt und gekühlt werden, dann müssen Architektur und Gebäudetechnik bestimmten Anforderungen entsprechen. Aufgrund der großen thermischen Masse und der damit verbundenen Trägheit des Systems sollten nur geringe Temperaturdifferenzen zwischen Heiz- bzw. Kühlmedium und der Raumtemperatur überbrückt werden. Üblicherweise bewegen sich die Oberflächentemperaturen der thermisch aktivierten Flächen zwischen 21°C und 25°C. Die daraus resultierende Gesamtleistung des Bauteils beträgt bei gängigen Deckenkonstruktionen in der Regel im Kühlfall bis zu 50 W/m² und im Heizfall bis zu 30 W/m². Durch geeignete bauphysikalische und nutzerseitige Maßnahmen sind die Heiz- bzw. Kühllasten auf die genannten Grenzwerte des Leistungsvermögens der Betonkernaktivierung wie folgt anzugleichen:

1. Begrenzung der Heizlasten:

Der Wärmeschutz der Gebäudehülle muss zunächst den Mindestforderungen der Energieeinsparverordnung EnEV 2007 entsprechen. Ein verbesserter Wärmeschutz, insbesondere bei Glasfassaden, ist sinnvoll. Hinsichtlich der Fensterauswahl unter dem Aspekt der Raumkühlung und -heizung ist zwischen Wärmeschutz, Sonnenschutz und Lichtdurchlässigkeit zu optimieren. Eine weitere Reduktion des Heizwärmebedarfs ist mit Lüftungssystemen mit Wärmerückgewinnung aus der Abluft zu erzielen. Eine ausgesprochen sorgfältige Planung ist für Räume mit erhöhten Transmissionswärmeverlusten im Dach- und Erdgeschoss sowie Eckräumen notwendig, speziell wenn die Fassade große Glasflächen aufweist.

2. Begrenzung der Kühllasten:

Direkte Sonneneinstrahlung und Diffusstrahlung bergen das größte Kühllastpotenzial. Die wichtigste Voraussetzung zum Schutz vor sommerlicher Überhitzung sind maßvolle Fensterflächenanteile und eine gute Verschattung. Allerdings besteht ein Zielkonflikt mit der

erwünschten passiven Solarenergienutzung im Winter sowie mit der maximalen Tageslichtnutzung. Dieser kann nur durch einen wirkungsvollen außen liegenden Sonnenschutz gelöst werden. Ebenfalls sind innere Kühllasten – hervorgerufen durch Personen, Beleuchtung, EDV- und Bürogeräte – zu minimieren. Während die durch Personen entstandene Kühllast kaum zu begrenzen ist, können eine bedarfsgerechte Kunstlichtsteuerung sowie energiesparende Leuchtmittel und Bürogeräte die internen Lasten weiter reduzieren.

3. Geschossdecken in Massivbauweise:

Für die optimale Nutzung der Betonkernaktivierung zur Beheizung und Kühlung von Gebäuden, müssen in den aktivierten Bauteilen möglichst viel Wärme und Kälte gespeichert werden. Dieser Forderung entsprechen lediglich massive Geschossdecken (Betondecken) mit einer guten

Wärmeleitfähigkeit und einer hohen Wärmespeicherkapazität.

4. Freie Deckenoberfläche:

Voraussetzung für eine ungestörte Wärmeübertragung zwischen Geschossdecke und Raum ist eine freie, unverklebte Deckenoberfläche. Abgehängte Decken oder Akustikputze mit stark dämmender Wirkung mindern sowohl den Strahlungswärmeaustausch, als auch die Wärmeübertragung durch Konvektion deutlich. Eine Kombination mit diesen Elementen und einer Betonkernaktivierung ist nicht zu empfehlen. Hierbei ist zu beachten, dass akustisch notwendige Maßnahmen, die sich in der Regel durch abgehängte Deckensysteme ergeben, durch geeignete schallabsorbierende Flächen umgesetzt werden.

Im zweiten Teil dieser Artikelserie geht es um das Energieeinsparpotenzial und die Wirtschaftlichkeit von thermisch aktivierten Bauteilen. Der dritte und letzte Teil befasst sich dann mit der Dimensionierung und der konstruktiven Ausführung einer Betonkernaktivierung. ■

Bilder: Uponor GmbH, Hassfurt

© Internetinformationen:
www.uponor.de

■ **Tabelle 2: Abminderungsfaktor für Verschattung.**

Verschattungseinrichtung	Abminderungsfaktor für Verschattung Z_{kor}
Ohne	1,00
Blendschutz (Nordfenster)	0,60 ... 0,90
Außenliegender Sonnenschutz	0,15 ... 0,25

Praxishandbuch der technischen Gebäudeausrüstung



Heizen und Kühlen mit Betonkernaktivierung ist nur eines der Themen aus dem neuen Uponor Praxishandbuch. Das umfassende Fachkompendium für Fachplaner, ausführende Unternehmen und Architekten ist für die tägliche Nutzung des dort präsentierten Fachwissens konzipiert. Die Autoren aus den verschiedenen Bereichen der TGA stellten den Praxisbezug bei der Vermittlung von technischem Wissen zur Verteilung von Wärme- und Kühlenergie sowie zu allen Arten von Installationssystemen in

den Fokus. Weitere Informationen zum Praxishandbuch, der Bestellung sowie einem aktuellen Weblog zu den im Buch behandelten Themen gibt es auf der Internetseite von Uponor.