

# Forschungsergebnisse als Basis lösungsorientierter Anwendung in der Bauteilaktivierung

Mit der Entwicklung hoch wärmegeämmter Gebäudehüllen und dem geforderten Trend zu Niedrigenergie- und Passivhausbauweisen haben sich auch die Anwendungsmöglichkeiten der thermischen Bauteilaktivierung erweitert.

Diese Methode zur Temperierung von Räumen hatte sich vorerst in Gebäuden mit hohen Innenwärmern und entsprechendem Kühlbedarf durchgesetzt.

In den letzten Jahren wird die thermische Bauteilaktivierung in zunehmendem Maße auch in Gebäuden von unterschiedlichsten Größen und mannigfaltigen Nutzungen umgesetzt.

Da es sich bei der Bauteilaktivierung um eine Flächenheizung und/oder -kühlung mit üblicherweise sehr großen wärmeabgebenden bzw. wärmeaufnehmenden Flächen handelt, können bereits mit einer relativ kleinen Differenz zwischen der Temperatur des zu klimatisierenden Raums und der Temperatur des Heiz- bzw. Kühlmittels große Heiz- bzw. Kühlleistungen erbracht werden. Dies sichert zum einen hohe thermische Behaglichkeit im Raum. Zum anderen liegen die erforderlichen Heizmitteltemperaturen in Bereichen, die die Bauteilaktivierung für die Verwendung erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung prädestiniert erscheinen lassen.

## Fragestellung

Der Abstimmung des Heizungs- und Kühlsystems auf die thermische Qualität der Gebäudehülle kommt bei Niedrigenergie- und Passivhäusern besonders große Bedeutung zu. Um diese Abstimmung in ausreichender Genauigkeit durchführen zu können, ist es notwendig, die thermischen Eigenschaften des wärmeabgebenden Systems genau zu kennen. Für die Bauteilaktivierung ist diese notwendige Voraussetzung derzeit nicht in ausreichendem Maße gegeben. Um diese unbefriedigende Situation zu verbessern, sind im Zuge eines Forschungsauftrags der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie die grundlegenden Kenntnisse über das Ver-

halten von thermisch aktivierten Zwischendecken zu vertiefen und Unterlagen für fundierte Auslegungsrechnungen auszuarbeiten.

## Vorgangsweise

Bei der Wärmeabgabe bzw. Wärmeaufnahme thermisch aktivierter Decken handelt es sich um Wärmetauscher-effekte, die einer dreidimensionalen, zeitabhängigen Beschreibung bedürfen. Neben Art und Lage des Rohrregisters werden sicherlich auch die Dicke der Stahlbetondecke, die Art und Lage der Bewehrung und der Schichtaufbau des Fußbodens das thermische Verhalten der Zwischendecke beeinflussen. Um klare Ergebnisse zu erhalten, muss in einem ersten Schritt die sehr komplexe Aufgabenstellung gezielt vereinfacht werden.

Aufgrund von Voruntersuchungen zeigt sich, dass der Einfluss der Bewehrung auf das thermische Verhalten der Zwischendecke nicht stark ausgeprägt ist und die Beschreibung der Stahlbetondecke in Form einer fiktiven, homogenen Schicht zulässig ist. Werden zudem die Vorgänge an den Rändern der Rohrregister in ihrer Auswirkung auf die gesamte Wärmeabgabe bzw. -aufnahme der Register vernachlässigt, so kann das thermische Verhalten der aktivierten Zwischendecke durch zweidimensionale, zeitabhängige Berechnungen für einen Vertikalschnitt durch die Decke rechnerisch erfasst werden. Aus Symmetriegründen reicht es zudem aus, nur ein einziges Rohr des Registers zu modellieren.

Die Abhängigkeit des thermischen Verhaltens der Zwischendecke vom Achsabstand der Rohre des Registers ist von vorrangigem Interesse. Neben diesem Parameter interessieren zudem die Auswirkung verschiedener

Rohrdurchmesser, der Lage der Rohrregister in der Stahlbetondecke, des Fußbodenaufbaus, etwaiger Putzschichten an der Deckenunterseite, etc. Hier soll exemplarisch nur auf die Lage des Rohrregisters und die Achsabstände der Rohre im Register eingegangen werden.

## Ergebnisse

Wird vorerst davon ausgegangen, dass sowohl die Lufttemperatur im zu temperierenden Raum als auch die Temperatur des Heiz- bzw. Kühlmittels konstant sind, so führt bereits eine zeitunabhängige Berechnung unmittelbar hin zur flächenbezogenen Wärmeabgabe- bzw. Wärmeaufnahmeleistung des Registers. Abb. 1 zeigt die errechnete Temperaturverteilung und die Wärmestromlinien für drei verschiedene Lagen des Rohrregisters.

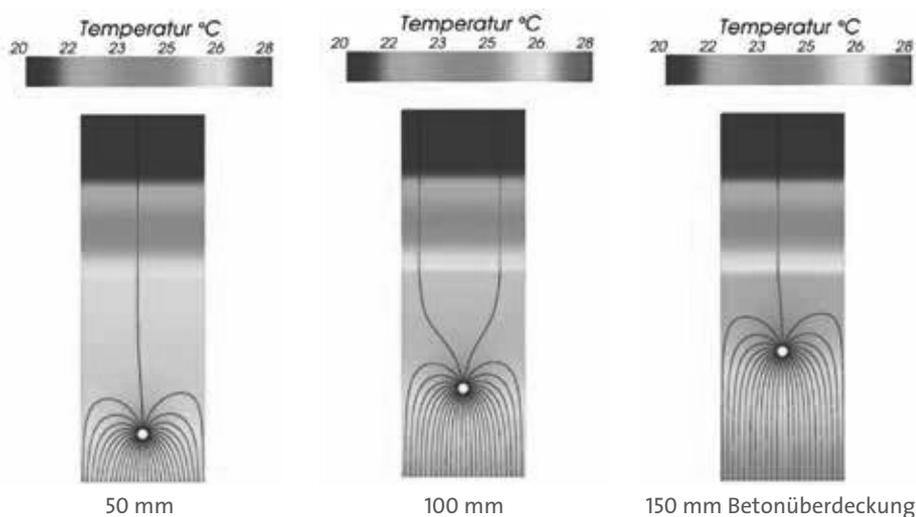


Abb. 1: Berechnete Temperaturverteilungen und Wärmestromlinien für drei verschiedene Lagen des Rohrregisters; Heizmitteltemperatur: 28°C; Raumlufttemperatur: 20°C Wärmestrom zwischen je 2 Stromlinien: 0,2 Wm<sup>-1</sup>

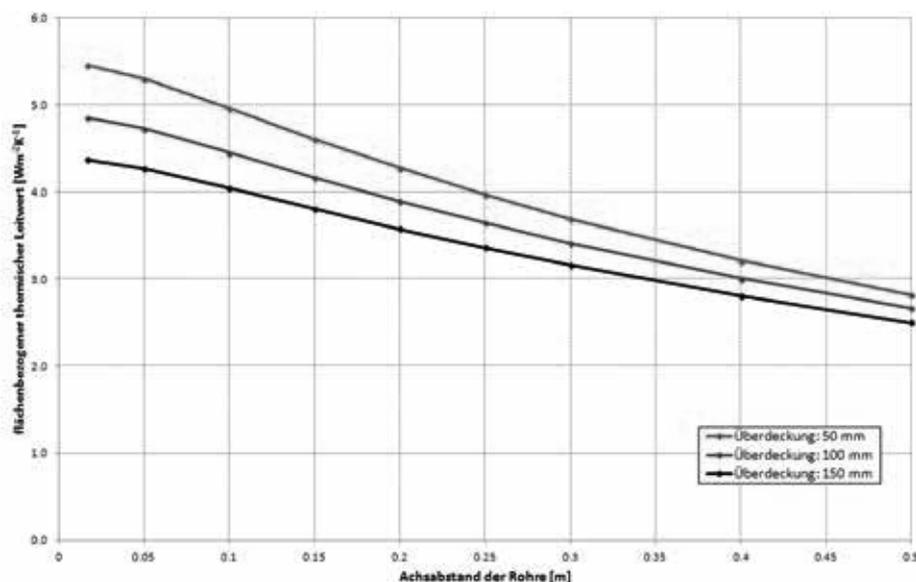


Abb. 2: Abhängigkeit des flächenbezogenen thermischen Leitwerts  $\lambda$  von der Lage des Rohrregisters in der Decke

Wird auch die Breite des Berechnungsausschnitts – und damit der angenommene Achsabstand der Rohre des Registers – variiert, so ergibt sich als erstes, wichtiges Ergebnis die Abhängigkeit des flächenbezogenen, thermischen Leitwerts zwischen Rohrregister und zu temperierendem Raum von der Lage des Registers und dem Rohrabstand. Abb. 2. zeigt das Ergebnis für den Winterfall, also die Beheizung des Raums.

Die Multiplikation des in Abb. 2 dargestellten flächenbezogenen, thermischen Leitwerts mit der Differenz aus der Temperatur des Heizmittels und der Solltemperatur des beheizten Raumes ergibt unmittelbar die gesuchte flächenbezogene Heizleistung.

Es zeigt sich, dass sich die Abhängigkeit des flächenbezogenen thermischen Leitwerts  $\lambda$  vom Achsabstand der Rohre  $d$  sehr gut mittels eines Polynoms 2. Grades, also durch eine Funktion der Bauart  $\lambda = a \cdot d^2 + b \cdot d + c$  approximieren lässt. Tab. 1 zeigt die Regressionskoeffizienten für die in Abb. 2 gezeigten Verläufe.

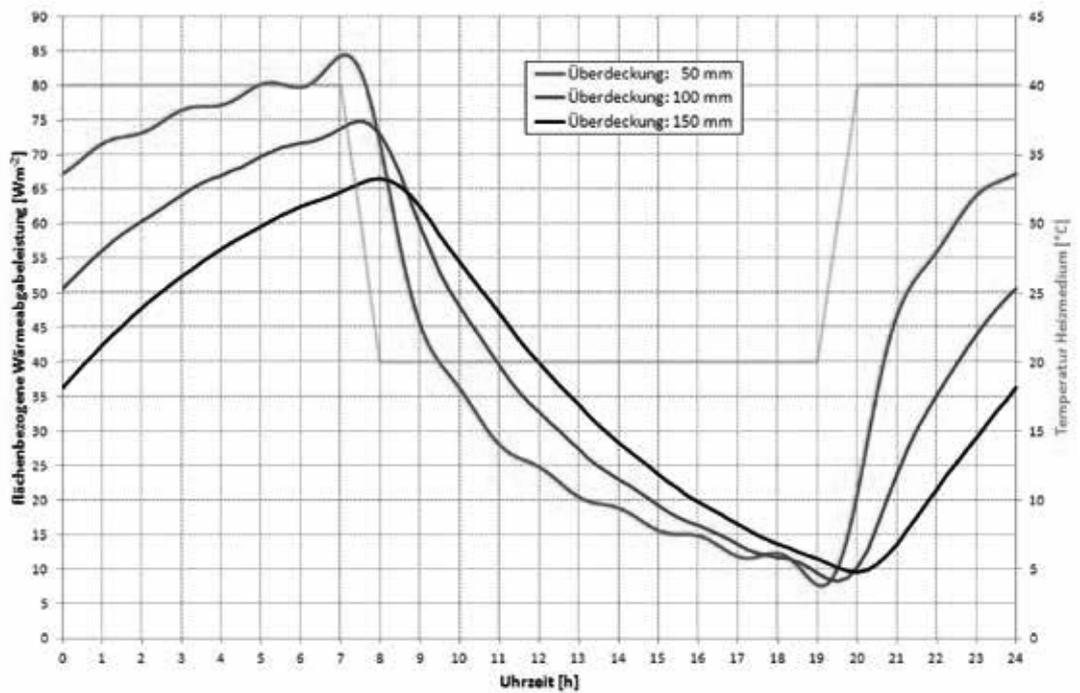


Abb. 3: Flächenbezogene Wärmeabgabeleistung für verschiedene Positionen des Rohrregisters; Rohr 17 x 2,0; Achsabstand 150 mm

Überdeckung	a [ $\text{Wm}^{-4}\text{K}^{-1}$ ]	b [ $\text{Wm}^{-3}\text{K}^{-1}$ ]	c [ $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ ]
50 mm	4,5267	-8,0363	5,7018
100 mm	3,3653	-6,4566	5,0526
150 mm	2,4664	-5,3223	4,5380

Tab. 1: Regressionskoeffizienten zur Berechnung des flächenbezogenen thermischen Leitwerts  $\Lambda$

Mit Kenntnis der Regressionskoeffizienten  $a$ ,  $b$  und  $c$  kann im Zuge von Auslegungsberechnungen zum einen bei vorgegebenem Rohrabstand und vorgegebener Registerlage sofort auf die benötigte Heizfläche rückgerechnet werden. Zum anderen kann natürlich auch die Heizfläche vorgegeben und der erforderliche Rohrabstand rechnerisch ermittelt werden.

Die bisher diskutierten Ergebnisse beruhen auf zeitunabhängigen Berechnungen; die Wärmespeicherfähigkeit der Zwischendecke spielt in diesem Fall keine Rolle. Um den Einfluss der Wärmespeicherfähigkeit zu untersuchen, bedarf es zeitlich variierender Vorgaben für die anzusetzenden Temperaturen. Die Lufttemperaturen in den Räumen werden mit  $20^\circ\text{C}$  konstant belassen. Der Heizmitteltemperatur hingegen wird ein Tagesgang aufgeprägt ( $40^\circ\text{C}$  zwischen 20 Uhr und 7 Uhr früh;  $20^\circ\text{C}$  zwischen 8 und 19 Uhr – siehe Abb. 3). Die Berechnung der sich unter diesen Bedingungen einstellenden flächenbezogenen Wärmeabgabeleistung erfolgt periodisch eingeschwungen mit einem Tag als Periodenlänge.

Abb. 3 zeigt die errechnete flächenbezogene Wärmeabgabeleistung der thermisch aktivierten Zwischendecke in Abhängigkeit von der Position des Rohrregisters.

Es zeigt sich deutlich, dass die Position des Rohrregisters nicht nur die Höhe der Wärmeabgabeleistung, sondern auch die Trägheit der Flächenheizung beeinflusst. Wie zu erwarten, reagiert die Variante mit geringster Betonüberdeckung am raschesten auf die Absenkung der Heizmitteltemperatur. Durch die verschiedenen Auskühlcharakteristiken liegt zum Zeitpunkt der Wiederaufheizung des Heizmittels um 19 Uhr die flächenbezogene Wärmeabgabeleistung allerdings für alle drei Varianten im Bereich von  $10 \text{ Wm}^{-2}$ .

## Conclusio

Zweidimensionale, zeitabhängige Berechnungen führen zu physikalisch fundierten Aussagen über das Verhalten von thermisch aktivierten Zwischendecken. Diese Ergebnisse können nutzbringend im Zuge von Auslegungsberechnungen für die Bauteilaktivierung verwendet werden und erhöhen die Planungssicherheit.