


Heft 63 | 2010



Sommerlicher  
Wärmeschutz



Vakuum-Dämmung



Werte-Wandel

# wksb

*Zeitschrift für Wärmeschutz · Kälteschutz · Schallschutz · Brandschutz*



**Projekt: Einfamilienhaus MuUGN, SoHo Architektur Memmingen**  
**Ausgezeichnet mit dem ISOVER EnergieEffizienzAward 2009 (siehe Bericht auf S. 16)**



Bild: SAINT-GOBAIN ISOVER G+H AG

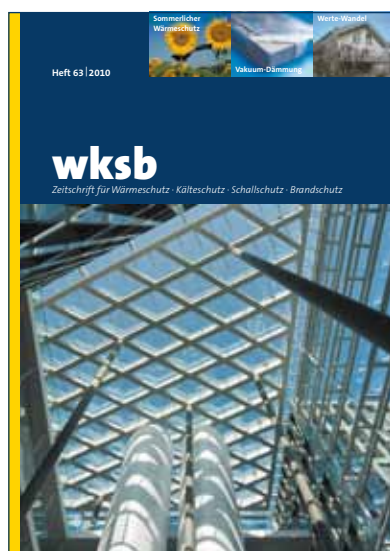
**wksb** 63 | 55. Jahrgang | Mai 2010

Zeitschrift für Wärmeschutz · Kälteschutz · Schallschutz · Brandschutz

## Rubriken

- 5 EDITORIAL
- 16 WETTBEWERBE
- 38 INNOVATIVE SYSTEMLÖSUNGEN
- 46 SOFTWARE
- 48 LESERFORUM
- 49 LITERATUR TIPPS
- 50 INTERESSANTE TERMINE
- 52 AUS- UND WEITERBILDUNG
- 53 VORSCHAU
- 54 IMPRESSUM

- 6 **Sommerlicher Wärmeschutz - Mineralwolle, Schaumkunststoffe oder Holzfaser?**  
*Dr. Martin H. Spitzner*
- 11 **Vakuum-Isolations-Paneele (VIP)**  
*Dr. Ulrich Meier*
- 17 **Überarbeitete Energieeffizienzrichtlinie (EPBD) der EU wurde verabschiedet**
- 18 **Neue harmonisierte europäische Norm für Mineralwolle für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen**  
*Dr. Christian Ehm*
- 22 **Werte-Wandel  
Modernisierung eines 50er-Jahre-Hauses**
- 25 **Berücksichtigung der Wasserdampfkongvektion bei der Feuchteschutzbeurteilung von Holzkonstruktionen**  
*Dr.-Ing. Hartwig M. Künzel, Daniel Zirkelbach, Beate Schafaczek*
- 34 **Historischer Wärmeschutz von Steildächern**  
*Werner Eicke-Hennig*
- 38 **In die Zukunft investieren**  
*Wolfgang Böttcher*
- 43 **Mit dem ENERGIESPARNETZWERK erfolgreich modernisieren**  
*Stephan Dörr*



Projekt: Hauptgebäude der VHV Gruppe  
Bild: SAINT-GOBAIN Deutsche Glas GmbH  
Fotograf: Christoph Seelbach

# ISOVER ENERGIE- EFFIZIENZ AWARDS 2011

# JETZT BEWERBEN

Gesucht: die besten energieeffizienten Gebäude in Europa.  
Für weitere Informationen kontaktieren Sie bitte **ISOVER Dialog**  
unter Telefon: 0621/501 200 oder per E-Mail: [dialog@isover.de](mailto:dialog@isover.de)



ISOVER ENERGIEEFFIZIENZ  
Best of Awards 2011

**ISOVER**  
So wird gedämmt

Eine Marke von Saint-Gobain

## Liebe Leserinnen und Leser,

nun liegt Sie vor Ihnen, die neue Ausgabe der wksb. Es ist Ihnen sicherlich nicht entgangen, dass wir die Optik unserer Fachzeitschrift komplett überarbeitet haben. Nach mehr als 25 Jahren, in denen die wksb mit interessanten Fachartikeln von renommierten Autoren Ihre Aufmerksamkeit erhielt, ist es nun höchste Zeit, sich den aktuellen Bedürfnissen unserer Leser in einem sich rasch wandelnden Markt mit vielfältigen Informationen anzupassen. Modernes Erscheinungsbild, neue Struktur mit Themenrubriken und zusätzliche Informationen aus dem Markt von Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutz bestimmen das neue Layout.

Dabei wollen wir auf die kompetenten Fachautoren keineswegs verzichten, sondern diesen ein neues interessantes Umfeld für ihre Fachthemen bieten. Hierzu gehören auch innovative Systemlösungen und Veranstaltungshinweise, vorrangig im Zusammenhang mit den jeweiligen Themen im Heft. In den Rubriken **Innovative Systemlösungen** und **Interessante Termine** werden Sie diese neuen Informationen ab sofort finden.

Das **Titelthema** dieser Ausgabe ist **Sommerlicher Wärmeschutz**. Ein Thema, das in den nächsten Monaten sicherlich wieder heiß diskutiert werden wird. Leider teilweise bauphysikalisch nicht korrekt. Wir wollen mit dem Beitrag von Dr. Martin Spitzner Sicherheit in der Argumentation für die richtige Lösung bieten. Auch innovative Vakuum-Dämmsysteme beschäftigen uns in der Rubrik **Innovationen**. Insbesondere für Modernisierungen sind oft nur extrem dünne Dämmschichten umsetzbar. Vakuum-Paneele sind eine gute, ergänzende Systemlösung für solche Anwendungsfälle.

Bislang haben wir vollständig auf Werbung in der wksb verzichtet. Jetzt finden Sie erstmals Werbeanzeigen in diesem Heft. Wir wollen diese behutsam dosiert und ebenfalls nur Produkte oder Dienstleistungen betreffend, die im Zusammenhang mit den Fachthemen im Heft stehen, ab sofort zulassen. Dies hat den Vorteil, dass wir trotz steigender Produktionskosten den Bezugspreis der wksb konstant halten können. Und davon profitieren letztendlich Sie als Leser.

Der langjährige Leiter der wksb-Redaktion, Dr. Jürgen Royar, hat seinen wohlverdienten Ruhestand angetreten.

Seit 1981 zeichnete er für die Inhalte der wksb verantwortlich und konnte seine zahlreichen Kontakte zu Hochschulen, Instituten, Verbänden und freien Autoren für die thematische Anreicherung unserer Fachzeitschrift nutzen. Seinem Engagement ist es in nicht unerheblichem Maße zu verdanken, dass die wksb heute noch existiert. Ich möchte daher Dr. Jürgen Royar für seine langjährige Redaktionsarbeit recht herzlich danken und ihm für seinen neuen Lebensabschnitt alles Gute wünschen.

Gleichzeitig wünsche ich dem neuen Redaktionsteam unter Leitung von Alexander Geißels viel Erfolg mit den nächsten Ausgaben der wksb.

Das Redaktionsteam hat sich das Ziel gesetzt, sich auf Ihr in den letzten Jahren geänderte Informations- und Leseverhalten einzustellen. Ich denke, das ist mit dieser Ausgabe der wksb sehr gut gelungen. Doch Ihr Urteil ist uns wichtig. Schreiben Sie der Redaktion Ihre Meinung und Ideen für weitere Verbesserungen. Die Rubrik **Leserforum** ermöglicht unseren Leserinnen und Lesern regelmäßig Meinungsäußerungen zu Inhalten und Gestaltung. Wir sind sehr gespannt auf Ihr Urteil.



Ihr Michael Wörtler

Herausgeber und Vorstandsvorsitzender  
der SAINT-GOBAIN ISOVER G+H AG

# Sommerlicher Wärmeschutz - Mineralwolle, Schaumkunststoffe oder Holzfaser?

*Dr. Martin H. Spitzner\**

*Herrn Dr. Walter F. Cammerer zum 90. Geburtstag gewidmet*

## Einleitung

Der sommerliche Wärmeschutz ist ein zentrales Thema im Zusammenhang mit der Energieeinsparung und der thermischen Behaglichkeit im Sommer. Der winterliche Wärmeschutz ist in der technischen Regelsetzung, der Planungspraxis und im Bewusstsein der Baubeteiligten gut verankert. Hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes besteht Aufklärungsbedarf, sowohl bei Gebäudeeigentümern und Gebäudenutzern als auch bei Planern.

Die Frage des sommerlichen Wärmeschutzes betrifft beileibe nicht nur großzügig verglaste Bürotrakte oder andere Nichtwohngebäude, sondern ist in zunehmendem Maße auch im privaten Wohnbereich von Interesse. Dies liegt am gestiegenen Komfortbedürfnis. Die Bewohner und Nutzer eines Gebäudes sind heute zunehmend weniger bereit, im Sommer hohe Raumtemperaturen in Kauf zu nehmen, bzw. haben engere Anforderungen an den gewünschten Innentemperaturbereich. Dementsprechend werden im Wohnbereich und in Ladengeschäften vermehrt Klimageräte eingesetzt, häufig mobile Geräte aus dem Baumarkt als einfache Nachrüstlösung. Die Folge ist ein hoher elektrischer Energiebedarf. Deswegen muss bereits in der Planung eines Gebäudes die sommerliche thermische Behaglichkeit angemessen berücksichtigt werden, um von vorneherein mit baulichen Maßnahmen und Verschattungseinrichtungen eine spätere Klimatisierung möglichst überflüssig zu machen, oder zumindest soweit wie möglich zu begrenzen. Die Kühlenergieeinsparung und die Sicherung der Behaglichkeit durch sommerlichen Wärmeschutz sind wichtige Planungsaufgaben, deren Erfüllung über den einfachen Nachweis der Einhaltung der Mindestanforderung aus DIN 4108-2 bzw. der EnEV hinausgehen kann. Vor allem bei Bürogebäuden und großzügig verglasten Objekten sind Simulationen zur sommerlichen Raumtemperatur und zum Kühlenergiebedarf sinnvoll.

## Problemstellung: Sommerliches Raumklima im Dachgeschoss

Um auch während der warmen Jahreszeit das Raumklima behaglich „kühl“ zu halten, müssen die Wärmezufuhr von außen und der Wärmegewinn im Raum möglichst gering gehalten werden. Außerdem muss im Raum Wärme tags-

über gepuffert und nachts möglichst gut nach außen abgeführt werden können, damit auch am nächsten Tag ausreichend Wärmespeichervermögen zur Verfügung steht. In diesem Zusammenhang wird oft die Frage diskutiert, welchen Einfluss die Bauweise und - vor allem im Einfamilienhausbereich viel beachtet - die Dämmstoffwahl auf das sommerliche Temperaturverhalten im Raum haben. Dieser Frage wird im Folgenden nachgegangen, mittels dynamischer Gebäudesimulationen. Sie bieten im Gegensatz zu Messungen an echten Gebäuden den Vorteil, dass alle Einflussparameter bekannt und für alle untersuchten Varianten identisch sind, außer dem Parameter, dessen Auswirkung gerade analysiert wird und der dafür variiert wird. Über die Ergebnisse solcher Simulationen wurde vom Autor bereits verschiedentlich berichtet, siehe [1] [2] [3].

Als messtechnische Alternative zur Simulation bieten sich Messungen an unbewohnten Versuchshäuschen an, deren Temperaturen und Betriebsparameter genau erfasst bzw. gesteuert werden können. Hauser et. al. [4] beschreiben eine solche Untersuchung, die in etwa zeitgleich zu den hier dargestellten Berechnungen eine ähnliche Fragestellung zum Inhalt hatte. Es wurden zwei unterschiedlich gedämmte, aber ansonsten identische Dachzimmer untersucht. Die dortigen Messergebnisse und die hiesigen Berechnungsergebnisse bestätigen sich.

## Untersuchungsobjekt: Dachzimmer im Einfamilienhaus

Betrachtet wird hier - als häufiger, „schwieriger“ Fall im Einfamilienhaus - ein 15 m<sup>2</sup> großer Aufenthaltsraum im ausgebauten Dachgeschoss. Der Raum hat eine nach Süden orientierte, geneigte Dachfläche, die mit einem 1 m<sup>2</sup> großen Wohnraum-Dachflächenfenster versehen ist; weitere Fenster sind nicht vorhanden. Das Dachflächenfenster ist mit einem außenliegenden Rollladen versehen, der im Sommer tagsüber von 9:00 bis 18:00 Uhr geschlossen ist. Eine der Seitenwände des Raumes ist eine Außenwand; die andere Seitenwand und die Rückwand des Raumes grenzen an benachbarte Innenräume. Da es sich um ein Wohngebäude handelt, kann in den trockenen Sommernächten der betrachteten Woche gut bei weit geöffnetem Fenster mit kühler Außenluft gelüftet werden (angesetzter rechnerischer Luftwechsel nachts: 5/h). Tagsüber ist das Fenster geschlossen.

\* Dr. Martin H. Spitzner, Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. München

Es wird der Einfluss von verschiedenen Dachvarianten mit annähernd gleichem Wärmedurchgangskoeffizient, aber verschiedenen Dämmstoffen auf die empfundene Raumtemperatur in diesem Aufenthaltsraum untersucht. Behandelt werden sowohl ein Gebäude in Massivbauweise als auch ein gleicher Raum in einem Gebäude in Leichtbauweise. In der Massivbauvariante werden zusätzlich zwei unsanierte Dachausführungen mit schlechtem Wärmeschutz untersucht, wie sie bei Bestandsimmobilien häufig anzutreffen sind. Die Ergebnisse von Simulationsrechnungen sind aufgrund notwendiger Vereinfachungen bei der Modellerstellung für den Relativvergleich verschiedener Varianten untereinander uneingeschränkt, aber für absolute Aussagen eingeschränkt einsetzbar.

## Untersuchungsvarianten

Im einzelnen werden betrachtet:

- Bauweisen: Gebäude in Massivbauweise (massive Außen- und Innenwände, Betondecke mit Zementestrich und Teppichbelag, konventionelles Dach in Holzbauweise); Gebäude in Leichtbauweise (Außen- und Innenwände in Holzständerbauweise, Holzbalkendecken mit Trockenestrich; für die Dämmung der Bauteile wird jeweils der gleiche Dämmstoff verwendet wie im Dach), (die U-Werte der genannten Bauteile unterscheiden sich zwischen den beiden Bauweisen nicht),
- Dachvarianten: Zwischensparrendämmung, Aufsparrendämmung,
- Dämmstandards: 2 x Altbau (Dämmung aus 30 mm Holzwolle-Leichtbauplatte, verputzt, unter den Sparren, Wärmedurchgangskoeffizient des Daches ca.  $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ; Zwischensparrendämmung aus 80 mm Wolle, Wärmedurchgangskoeffizient des Daches ca.  $0,43 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ), 5 x Neubau (jeweils mit einem Wärmedurchgangskoeffizient der Dachfläche von etwa  $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ),
- Dämmstoffe: Glaswolle, Steinwolle, Holzfaser, Zellulosefasern, PUR-Hartschaumstoff (Neubauvarianten); Holzwolle-Leichtbauplatten und Mineralwolle-Randleistenmatten (Altbauvarianten),
- Nachtlüftung: Nachtluftwechsel 5/h (weit geöffnetes Fenster); verminderter Nachtluftwechsel 3/h (einen Spalt weit geöffnetes Fenster); Tagsüber ist bei beiden Varianten das Fenster geschlossen.

## Beurteilungsgrößen

Für einen gegebenen „Soll-Grenzwert“ der empfundenen Raumtemperatur kann das sommerliche Temperaturverhalten anhand folgender Berechnungsergebnisse beurteilt werden [5]:

- Maximal während des Jahres erreichte, empfundene Raumtemperatur,
- Tagesgang der empfundenen Raumtemperatur z. B. während einer heißen Sommerwoche,

- Überschreitungsdauer sowie Anzahl der Tage pro Jahr, an denen die empfundene Raumtemperatur den „Soll-Grenzwert“ überschreitet,
- maximale Überschreitung des „Soll-Grenzwerts“ durch die empfundene Raumtemperatur im Jahresverlauf,
- Übertemperaturgradstunden relativ zum „Soll-Grenzwert“, d. h. die Aufsummierung der Produkte aus Überschreitungshöhe und Überschreitungsdauer, für den Jahresverlauf. Dabei werden nur positive Differenzen zwischen der aktuellen Temperatur und dem „Soll-Grenzwert“ berücksichtigt.

Im Rahmen dieses Berichts erfolgt die Diskussion und Wertung der Ergebnisse anhand des Tagesverlaufs der empfundenen Raumtemperatur während der heißesten Sommerwoche für den betrachteten Gebäudestandort. Die empfundene (Raum-)Temperatur ist das Mittel aus der Lufttemperatur und dem flächenanteiligen Mittel der Innenoberflächentemperatur aller an den Raum umschließenden Bauteile. Sie beschreibt besser als die Lufttemperatur alleine die Temperaturempfindung im Raum. Die Außenlufttemperatur ist ebenfalls in die Diagramme eingetragen.

Für die empfundene Raumtemperatur wird häufig ein „Soll-Grenzwert“ von z. B.  $26^\circ\text{C}$  vorgegeben, dessen Überschreitung als thermisch nicht mehr angenehm betrachtet wird. In den technischen Regelwerken (Arbeitsstättenrichtlinien, Normen) und in Gerichtsurteilen wird eine unterschiedliche zulässige Überschreitungsdauer dieses Grenzwerts festgelegt, weshalb der Wert hier als „Soll-Grenzwert“ bezeichnet wird. Dieser „Soll-Grenzwert“ ist aufgrund der Gewöhnung des Menschen an das übliche Temperaturniveau der betrachteten Region anzupassen.

## Temperaturamplitudenverhältnis und Phasenverschiebung

Das instationäre Temperaturverhalten eines Bauteils wird von der Wärmespeicherfähigkeit der beteiligten Baustoffe, deren Wärmeleitfähigkeiten und der Dicke der jeweiligen Schichten bestimmt. Es kann durch die Größen Temperaturamplitudenverhältnis (TAV), Temperaturamplituden-dämpfung (TAD; Kehrwert von TAV) und Phasenverschiebung ( $\varphi$ ) charakterisiert werden. Dabei gilt:

- TAV und  $\varphi$  beziehen sich bei Holzbauteilen ausschließlich auf den Gefachbereich; der Einfluß der Balkenbereiche wird in TAV und  $\varphi$  vernachlässigt,
- um TAV und  $\varphi$  berechnen zu können, werden Randbedingungen gewählt, die nicht auf die Wirklichkeit zu treffen:
  - Die Temperaturwelle wird auf die Außenseite aufgeprägt, d. h. ohne äußeren Wärmeübergangswiderstand eingekoppelt. An der Außenseite findet keine Wärmeabgabe an die Außenluft statt (adiabat). Die Periodendauer beträgt 24 Stunden,
  - auch an der Innenseite wird unterstellt, dass keine Wärmeabgabe erfolgt (adiabater Abschluss), d. h. alle innen ankommende Wärme wird für die Erwär-

- mung der innenoberflächennahen Bauteilschicht verwendet,
    - o die angenommene Schwankung der außenseitigen Oberflächentemperatur ist sinusförmig mit einer Periodendauer von 24 Stunden,
  - als Amplitude wird die Schwingungsweite der Temperatur bezeichnet, d. h. der Ausschlag nach oben oder unten um ihren Mittelwert,
  - das Temperaturamplitudenverhältnis ist das Verhältnis zwischen Höchstwert der Amplitude der außenseitig aufgeprägten Temperatur und dem Höchstwert der Temperaturschwankung um den Mittelwert auf der Innenseite. TAV und sein Kehrwert, die Temperaturamplitudendämpfung, kennzeichnen die Dämpfung der Temperaturwelle durch das Bauteil aber eben nur unter den o. g. Randbedingungen,
  - außer der Dämpfung der aufgeprägten Temperaturwelle ergibt sich auch eine Zeitverschiebung der Temperaturmaxima zwischen außen und innen, die Phasenverschiebung. Dies ist die Zeit, um welche der Temperaturhöchstwert innen später eintritt als der Temperaturhöchstwert außen.

Somit beschreiben TAV und  $\phi$  den theoretischen, zeitlichen Zusammenhang zwischen der Oberflächentemperatur der Außen- und Innenseite des Bauteils unter unrealistischen Randbedingungen. TAV und  $\phi$  charakterisieren NICHT die auf der Raumseite abgegebene Energiemenge oder ein Verhältnis zwischen der Lufttemperatur (bzw. der vom Nutzer empfundenen Temperatur) auf der Raumseite zur Außen(luft)temperatur. Das Temperaturamplitudenverhältnis kann im tatsächlichen Gebäude nicht nachgemessen werden, da die tatsächliche Innenoberflächentemperatur nicht die ist, die in TAV eingerechnet wird.

TAV und  $\phi$  beziehen sich ausschließlich auf ein Bauteil und berücksichtigen in keiner Weise den Einfluss des restlichen Gebäudes, des Nutzerverhaltens etc. Für das Behaglichkeitsempfinden einer Person in einem Gebäude sind aber nicht in erster Linie abstrakte Größen von Bedeutung, sondern der Unterschied zwischen Außenluft- und Raumtemperatur und der Tagesgang beider Größen relativ zueinander, wie sie sich in der Beeinflussung durch das Gebäude und das Nutzerverhalten „tatsächlich“ ergeben. Bei gut gedämmten Gebäuden ist der Beitrag der opaken Bauteilflächen zum sommerlichen Gesamtwärmeeintrag in den Raum im Vergleich zu den anderen Wärmequellen (Sonneneinstrahlung durch Fenster, Wärmeeintrag durch Personen, Geräte, Beleuchtung, Lüftung, ...) sehr klein. Unterschiede im TAV und  $\phi$  zwischen verschiedenen Bauteilen sind damit für die sommerliche Behaglichkeit im Raum in Gebäuden in Massivbauweise unerheblich und bei Gebäuden in Leichtbauweise von untergeordneter Wichtigkeit.

### Gebäude in Massivbauweise

Deutlich erkennbar (Bild 1) ist die Zunahme der Temperatur im Dachzimmer im Lauf der heißen, sonnenreichen

Woche. Die Altbautsituation mit 30 mm Holzwolle-Leichtbauplatten führt erwartungsgemäß zu einer unangenehm hohen Raumtemperatur, vor allem in den Abend- und Nachtstunden. Dies dürfte bei den meisten von uns gut mit eigenen Erfahrungen aus vergleichbar „gedämmten“ Altbauten korrelieren. Grund ist der sehr hohe Transmissionswärmeeintrag durch die schlecht gedämmte Dachfläche mit ihrem U-Wert von ca. 1,5 W/(m<sup>2</sup>K)). Die etwas jüngere Altbautsituation mit immerhin 80 mm Mineralwolle-Randleistenmatte zeigt zwar niedrigere Raumtemperaturen, entspricht aber mit ihrem U-Wert von etwa 0,43 W/(m<sup>2</sup>K) sowohl bei der sommerlichen Raumtemperatur als auch beim winterlichen Wärmeschutz in keiner Weise den heutigen Ansprüchen. Bei den Linien für die anderen fünf Varianten fällt auf, dass die Raumtemperaturen so nahe beieinander liegen, dass sie im Diagramm nicht mehr unterschieden werden können.

Deshalb zeigt Bild 2 eine Ausschnittvergrößerung für den heißesten Tag der Woche (der 5. Tag). Die beiden höchsten Raumtemperaturlinien gehören zu den beiden Altbau-dächern. Die Tageshöchsttemperatur nimmt mit niedriger (besser) werdendem U-Wert der Dachfläche ab; die Aufsparrendämmungen liegen geringfügig unter den Zwischensparrendämmungen. Der Temperaturunterschied zwischen den Neubau-Varianten ändert sich über den Tagesverlauf: Abends und nachts fallen die Linien nahezu zusammen, tagsüber beträgt der Unterschied höchstens etwa 0,6 K. Und das, obwohl die betrachteten Dachflächen eine weite Spanne bei den instationären Bauteileigenschaften TAV (Temperaturamplitudenverhältnis), TAD (Temperaturamplitudendämpfung) und  $\phi$  (Phasenverschiebung) abdecken: Die TAV-Werte liegen hier zwischen 0,26 und 0,11 (was TAD-Werten zwischen 3,8 und 9,5 entspricht), die Phasenverschiebungen reichen von 5:40 h bis 10:30 h. TAV bzw. TAD und  $\phi$  werden sonst gerne als angebliche Indizien für große zu erwartende Unterschiede beim sommerlichen Wärmeschutz bemüht.

Gründe für die tatsächlich sehr geringe Auswirkung der TAV- bzw. TAD- und  $\phi$ -Werte, der Position der Dämmebene im Dach und der Dämmstoffwahl sind:

- Der gute Dämmstandard der Dachfläche („wenn ohnehin nur noch ein sehr geringer Transmissionswärmestrom auf der Raumseite der Dachfläche ankommt, spielt es keine Rolle mehr, wann er innen ankommt“) und
- die große Wärmespeicherfähigkeit des massiven Baukörpers (die Wärmespeicherung in den raumseitigen Dachsichten und der Dachdämmung ist unbedeutend klein im Vergleich zu der Wärmespeicherung in den massiven Bauteilen).

Ein Unterschied von 0,6 K in der Raumtemperatur wird von den Bewohnern nicht wahrgenommen.

Fazit für Gebäude in Massivbauweise: Dämmstoffwahl, Lage der Dämmschicht im Dach und die instationären Bauteileigenschaften der Dachflächen sind (bei gleichem



U-Wert!) in Gebäuden in Massivbauweise praktisch unerheblich für die sommerliche thermische Behaglichkeit.

### Gebäude in Leichtbauweise

Verschiedene Ergebnisse werden in Bild 3 gegenübergestellt (hier gleich für den wärmsten, den 5. Tag derselben Woche wie zuvor).

Die beiden oberen Linien („a“ und „b“) zeigen die Raumtemperaturen bei zwei der Dachvarianten, wenn das Fenster nachts zur Lüftung nur einen Spalt weit geöffnet wird. Sie dienen dem Vergleich mit den Varianten „c“ bis „g“, bei denen das Fenster nachts weit geöffnet ist. Dementsprechend fehlt bei „a“ und „b“ bei allen Nächten ein Teil der nächtlichen Wärmeabfuhr durch die kühlere Außenluft; das Dachzimmer kommt von den warmen Tagen vorher bereits deutlich wärmer in den 5. Tag als bei den Varianten „c“ bis „g“ mit der besseren Nachtlüftung. Dementsprechend empfiehlt es sich, das Abkühlpotenzial der Nachtlüftung immer möglichst gut auszunutzen, sofern das Wetter in der Nacht es zulässt, um für einen erneuten heißen Tag ausreichend Wärmespeichervermögen im Raum zur Verfügung zu haben. Die bessere Nachtlüftung hat hier einen größeren Einfluss auf die Raumtemperatur als die Dämmstoffwahl!

Die fünf Dachvarianten „c“ bis „g“ zeigen, wie vorher im Gebäude in Massivbauweise, in den Nacht- und frühen Morgenstunden sehr ähnliche Werte für die empfundene Raumtemperatur. Im weiteren Tagesverlauf ergeben sich veränderliche Temperaturunterschiede bis zu einer maximalen Spreizung um etwa 1,5 K zwischen allen untersuchten Varianten. Dabei betragen die Unterschiede zwischen den Dachvarianten mit Zwischensparrendämmung („c“, „d“ und „e“) untereinander nur bis zu etwa 1 K; die beiden aufsparrendedämmten Dächer („f“ und „g“) liegen um bis zu etwa 0,5 K darunter. Die Temperaturunterschiede zwischen den beiden Aufsparrendämmungen untereinander sind wiederum praktisch vernachlässigbar.

Gebäude in Leichtbauweise mit zusätzlicher Beplankung auf der Innenseite: Der Vergleich der Varianten „c“ und „e“ mit Glaswolle-Wärmedämmung zeigt, wie durch eine zusätzliche Beplankung der Wände mit mittelschwerer Spanplatte (hier: 16 mm; Rohdichte 600 kg/m<sup>3</sup>) bei die Spitzentemperatur an diesem wärmsten Tag um etwa 1 K erniedrigt werden kann. Im allgemeinen wird das Wärmespeichervermögen eines Raumes überwiegend von den obersten Zentimetern der Raumumschließungsflächen bestimmt; hier stellt die Beplankung dem Raum effektiv zusätzliche Speichermasse zur Verfügung. Durch diese kostengünstige Maßnahme kommt die empfundene Raumtemperatur im unteren Bereich der ermittelten Spanne zu liegen!

Fazit für Gebäude in Leichtbauweise: Für den Leichtbau lässt sich festhalten, dass die Dämmstoffwahl generell einen etwas höheren Einfluss auf das sommerliche Temperaturverhalten hat als im Massivbau, mit Unterschieden

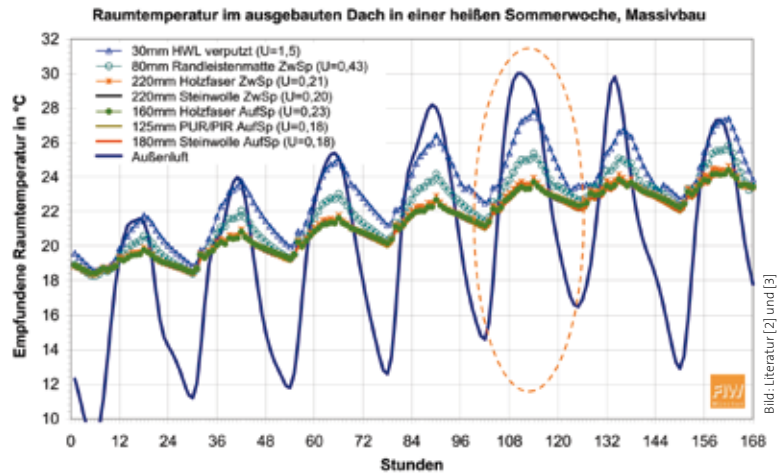


Bild 1

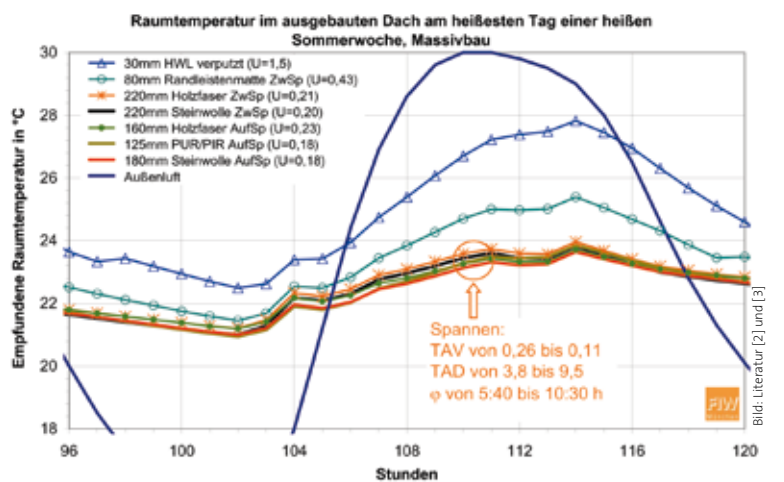


Bild 2

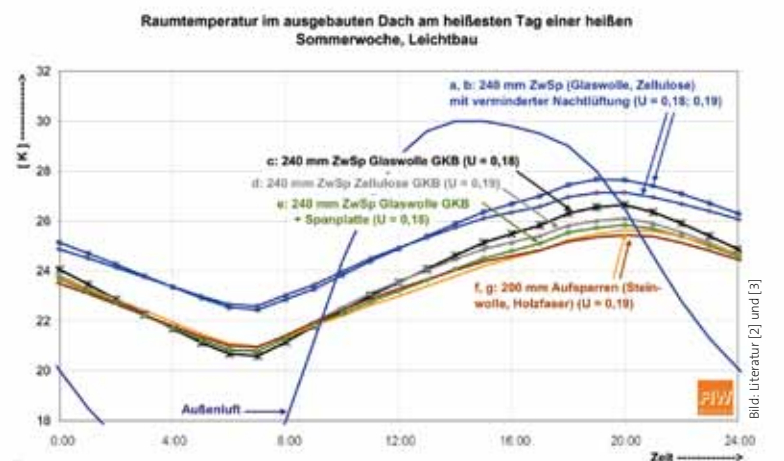


Bild 3

zwischen den Dachvarianten von bis zu etwa 1 bis 1,5 K in der Spitzen-Raumtemperatur. Allerdings lässt sich schon durch Maßnahmen wie eine stärkere Nachtlüftung oder eine zusätzliche Bepflanzung die Raumtemperatur in einer Größenordnung vermindern, wie es der ermittelten Temperaturdifferenz zwischen den betrachteten Dach- bzw. Dämmstoffvarianten entspricht.

### Zusammenfassung

Für den Nutzer eines Raumes ist nicht das Verhalten eines einzelnen Bauteils von Interesse, sondern die Temperatur, die er im Innenraum am eigenen Leibe erfährt. Sie ergibt sich aus dem thermischen Verhalten des gesamten Raumes inklusive aller Bauteile, der solaren Zustrahlung, den Wärmeein- und -austrägen und dem Nutzerverhalten. Es ist nicht möglich, nur vom thermischen Verhalten eines einzelnen Bauteils auf die thermische Behaglichkeit im Raum im Sommer zu schließen.

Vergleicht man verschiedene Dachaufbauten unter realistischen Bedingungen im Gebäude, zeigt sich, dass - bei gleicher Dämmwirkung aller Bauteile - die Dämmstoffwahl im Massivbau praktisch unbedeutend und im Leichtbau von untergeordneter Bedeutung für die sommerliche Raumtemperatur ist. An anderer Stelle durchgeführte Messungen an ansonsten gleichartigen, aber mit unterschiedlichen Dämmstoffen gedämmten Versuchshäusern führen zu ähnlichen Aussagen [4].

Wichtige Einflussgrößen auf die Raumtemperatur sind die Nachtlüftung, die Wärmespeicherfähigkeit der raumnahen Baustoffschichten, die inneren Lasten im Raum und der Wärmeschutz der Außenbauteile. Bestimmend aber für die Raumtemperatur im Sommer ist die direkte Sonneneinstrahlung in den Raum. Sie wird von der Größe der Fensterflächen, der Nutzung von Sonnenschutzvorrichtungen

gen und zu einem gewissen Grad auch von der Ausrichtung und Konzeption des Gebäudes beeinflusst. Um im Sommer behagliche Raumtemperaturen sicherzustellen, sollten die Fensterflächen nicht zu groß sein (in Relation zum verfügbaren Wärmespeichervermögen des Raumes) und die Sonnenschutzvorrichtungen möglichst außenliegend sein.

### Literatur

- [1] Spitzner M. H.: Sollten für den sommerlichen Wärmeschutz spezielle Dämmstoffe verwendet werden? In: Koenigsdorff R., van Treeck C. (Hrsg.): BauSIM2006, Tagungsband "Energieeffizienz von Gebäuden und Behaglichkeit in Räumen", Erste deutsch-österreichische IBPSA Konferenz, 9.-11. Oktober 2006, München.
- [2] Spitzner M. H.: Sommerlicher Wärmeschutz - Kühler Kopf unter heißem Dach. DIB Special Dämmtechnik 2, Sonderbeilage zum Deutschen Ingenieurblatt (2007), Heft 12, S. 9-12.
- [3] Spitzner M. H.: Im Winter warm, im Sommer heiß? Winterlicher und sommerlicher Wärmeschutz. In: Tagungsband 40. Fortbildungskurs 2008 der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung, 28.-29.10.2008, Weinfelden, S. 59-66.
- [4] Hauser G., Hinrichs J. P., Holm A.: Zwischen den Sparren - Mineralwolle oder Holzfaser? Isoliertechnik (36) 2009, Heft 5, S. 44-47.
- [5] Hauser G., Otto F.: Holzspäne: Dämmstoff mit hoher Wärmespeicherfähigkeit für den sommerlichen Wärmeschutz. Bauen mit Holz (101) 1999, Heft 8, S. 34-40.