



8.2013
August

ISSN 0944-5749
12,80 €

mikado

Unternehmermagazin für Holzbau und Ausbau



Wohngesundheit
Holz tut gut



Fenster, Türen, Tore
Schutz mal drei



Energieeffizienz
Wissen ist Markt



Komfort und Technik

Holz macht Lust auf mehr

Organ von



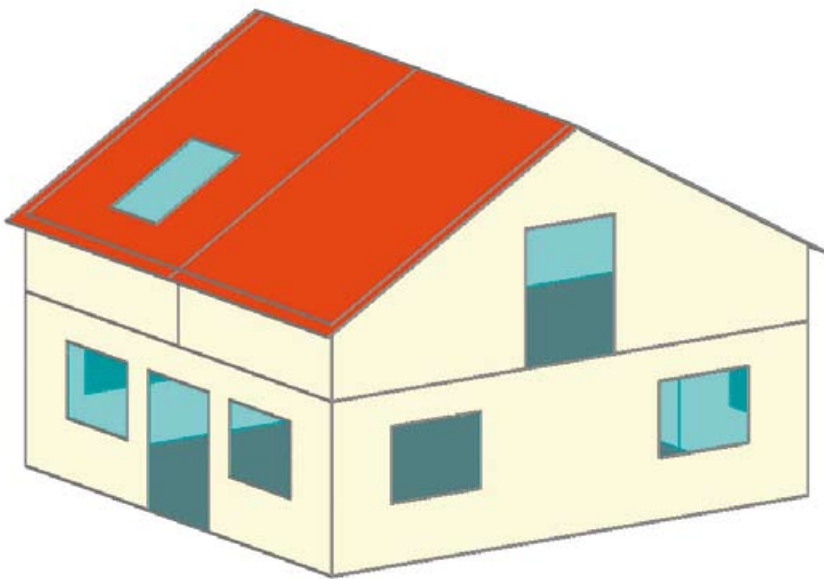
HOLZBAU
DEUTSCHLAND
BUND DEUTSCHER
ZIMMERMEISTER

Europäische
Vereinigung des Holzbaus

Hitzeschutz

Was im Sommer wirklich zählt

► Der sommerliche Wärmeschutz gewinnt immer mehr an Bedeutung. Auch die Energieeinsparverordnung (EnEV) fordert einen Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes, wenn ein bestimmter Fensterflächenanteil überschritten wird.



◀ Bild 1: Einfamilienhaus mit zu untersuchendem Dachgeschossraum (im Bild hinten), Ansicht Süd

Deutschland heizt durchschnittlich acht bis neun Monate im Jahr. Deshalb steht oft der winterliche Wärmeschutz eines Gebäudes im Mittelpunkt von Planung und Berechnung. Dabei weisen viele moderne Gebäude einen hohen Anteil an Glasflächen auf, der vor allem während der Sommermonate zu starken Wärmeeinträgen in die Gebäude führt.

EnEV fordert Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes

Die Nachweisführung zum sommerlichen Wärmeschutz war in der Vergangenheit wenigen Fachleuten und Fachplanern vorbehalten. In der Praxis, z.B. bei der Sanierung von Dächern, tragen jedoch die Ausführenden die Verantwortung für eine fachgerechte Planung, wenn kein Architekt oder Fachplaner beteiligt ist.

Was vielen Holzbau- oder Dachdeckerunternehmen nicht bewusst ist: Die EnEV fordert einen verbindlichen

Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes, wenn ein bestimmter Fensterflächenanteil überschritten wird. Der Nachweis wird mit der im Februar 2013 erschienenen neuen Fassung der DIN 4108-2 geführt (DIN 4108-2: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz). Welche Faktoren für den verbindlichen Nachweis eine Rolle spielen, zeigt das exemplarische Beispiel einer sanierten Dachkonstruktion mit Polyurethan-Aufsparrendämmung.

Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes

In der Vergangenheit erfolgte die Bewertung des sommerlichen Wärmeschutzes nur bauteilbezogen. Die Meinung, dass die Raumtemperatur im Sommer allein über bauteilbezogene Kenngrößen (Temperaturamplitudenverhältnis TAV und Phasenverschiebung φ) der Außenwände und

Dächer geregelt werden könne, war bzw. ist noch weit verbreitet. Mittlerweile können über Onlinerechner im Internet Bauteile eingegeben und die zugehörigen TAV abgefragt werden. Damit verbunden ist jedoch häufig ein Missbrauch, da diese Kenngrößen überbewertet und so irreführende Aussagen getroffen werden.

Die bauteilbezogene Bewertung vernachlässigt die wesentlichen maßgeblichen Einflüsse auf die Raumtemperatur im Sommer. Zu nennen sind z. B. die Abmessungen des Raumes, Art, Größe und Ausrichtung der Fenster mit der Wirksamkeit ihrer Sonnenschutzvorrichtung, die Wärmespeicherfähigkeit insbesondere der raumumschließenden Bauteile, die Lüftung der Räume (vor allem auch nachts), die internen Wärmegewinne sowie die Anforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) der Gebäudehülle.

Die Auswirkung aller wichtigen Einflussgrößen auf das sommerliche Wärmeverhalten kann schon seit den 1970er-Jahren durch dynamische Simulationsprogramme genauestens vorhergesagt werden (z. B. Hauser 1978, Hauser 1980). Seit mehreren Jahren stellt die DIN 4108-2 ein Nachweisverfahren über Sonneneintragskennwerte zur Verfügung. Alternativ dürfen auch dynamische Simulationswerkzeuge für den Nachweis des sommerlichen Temperaturverhaltens in Räumen unter definierten Randbedingungen eingesetzt werden. Hierfür stehen praxisnahe Programme (z. B. Lengsfeld 2007) zur Verfügung. Die Beurteilung des sommerlichen Wärmeschutzes erfolgt über die Behaglichkeit im Raum. Herangezogen werden hierzu meist die

operative Temperatur, d. h. die empfundene Raumtemperatur, und die Übertemperaturgradstunden, also die Anzahl der Stunden oberhalb einer bestimmten, in DIN 4108-2 festgelegten Temperaturgrenze.

Beispiel: Energetische Sanierung eines Steildaches

Zur Veranschaulichung wird exemplarisch an zu sanierenden Dachkonstruktionen mit Polyurethan-Aufsparrendämmung gezeigt, wie der EnEV-Nachweis nach DIN 4108-2 Abschnitt 8.4 (Thermische Simulation) geführt werden kann. Hierzu wird mit dem Programm „WUFI Plus“ ein Referenzraum im Dachgeschoss eines Einfamilienhauses unter realistischen Randbedingungen berechnet.

Bild 1 zeigt das 3D-Modell des Gebäudes. Beurteilt wird das sommerliche Verhalten des nach Süden orientierten Dachgeschossraumes ohne Klimatisierung vor und nach einer Sanierung. Bild 2 zeigt die Dachkonstruktion vor der Sanierung. In Bild 3 und Bild 4 sind die beiden Sanierungslösungen von außen dargestellt. Im ersten Fall wird die Aufsparrendämmung mit 80 mm beidseitig kaschierten Polyurethan-Platten realisiert. Der Dachaufbau hält mit einem U-Wert von 0,23 W/(m²K) die Anforderungen der EnEV für die Erneuerung von Bauteilen ein. Im anderen Fall handelt es sich um einen Sichtdachstuhl mit einer 160 mm dicken Aufsparrendämmung aus beidseitig kaschierten Polyurethan-Dämmelementen. Der U-Wert erfüllt die technische Mindestanforderung der KfW an die Dämmung von Steildächern

von 0,14 W/(m²K). TAV und ϕ wurden mithilfe von „u-wert.net“ ermittelt.

Sämtliche Randbedingungen entsprechen der DIN 4108-2:2013-02. Untersucht werden die Dachkonstruktionen an drei Standorten, die die Sommerklimaregionen A (Rostock-Warnemünde), B (Potsdam) und C (Mannheim) repräsentieren. Für das Dachflächenfenster ist ein außen liegender Sonnenschutz vorgesehen.

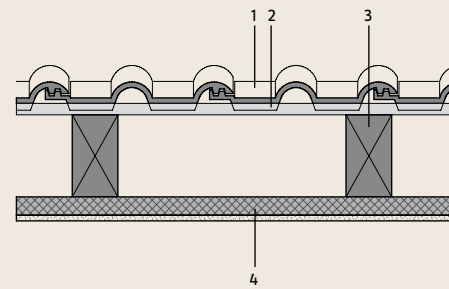
Für die drei Standorte werden die sich einstellenden operativen Temperaturen in der jeweils heißesten Woche sowie die gesamten Übertemperaturgradstunden ausgewertet. Der zulässige Anforderungswert an die Übertemperaturgradstunden beträgt für Wohngebäude 1200 K·h/a. Der Bezugswert der operativen Innentemperatur ist gestaffelt, um die Adaption des Bewohners an die äußeren klimatischen Verhältnisse der jeweiligen Sommerklimaregion zu berücksichtigen. Der Bezugswert $\theta_{b,op}$ beträgt 25 °C für die Klimaregion A, 26 °C für Klimaregion B und 27 °C für Klimaregion C.

Der Einfluss eines 1,60 × 1,14 m großen, nach Süden orientierten Dachflächenfensters auf die operativen Temperaturen im betrachteten Dachraum ist erheblich:

Bild 5a zeigt den Einfluss für die erste Sanierungsvariante (Sanierung von außen mit Polyurethan-Aufsparrendämmung, Verbleib der inneren Bekleidung). Ist kein Dachfenster vorhanden, beträgt die Maximaltemperatur im Dachraum 26,4 °C. Mit Dachfenster liegt sie trotz Sonnenschutzes bereits bei 28,4 °C. Ohne oder ohne wirksamen Sonnenschutz (z. B. mit innen liegenden Jalousien)

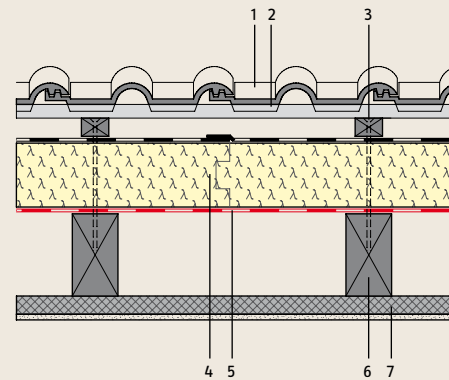
Tabelle 1: Bezugswerte nach DIN 4108-2:2013-02		
Sommerklimaregion	Bezugswert $\theta_{b,op}$ der Innentemperatur °C	Anforderungswert Übertemperaturgradstunden K·h/a Wohngebäude
A (z. B. Rostock-Warnemünde)	25	1200
B (z. B. Potsdam)	26	
C (z. B. Mannheim)	27	

► Bild 2: Dachkonstruktion vor der Sanierung: U = 1,17 W/(m²K) (gerechnet mit ruhender Luftschicht; TAD = 1,7; TAV = 0,58; ϕ = 4,2 h)



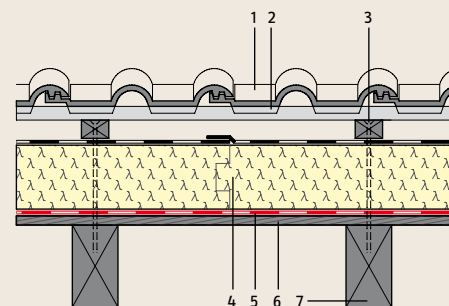
Ungedämmtes Dach mit raumseitiger Bekleidung
1 Dachdeckung
2 Dachlatte
3 Sparren
4 Raumseitige Bekleidung mit geringer Dämmwirkung

► Bild 3: Sanierungsvariante 1: Verbleib der inneren Bekleidung: U = 0,23 W/(m²K); TAD = 13,2; TAV = 0,08; ϕ = 7,3 h



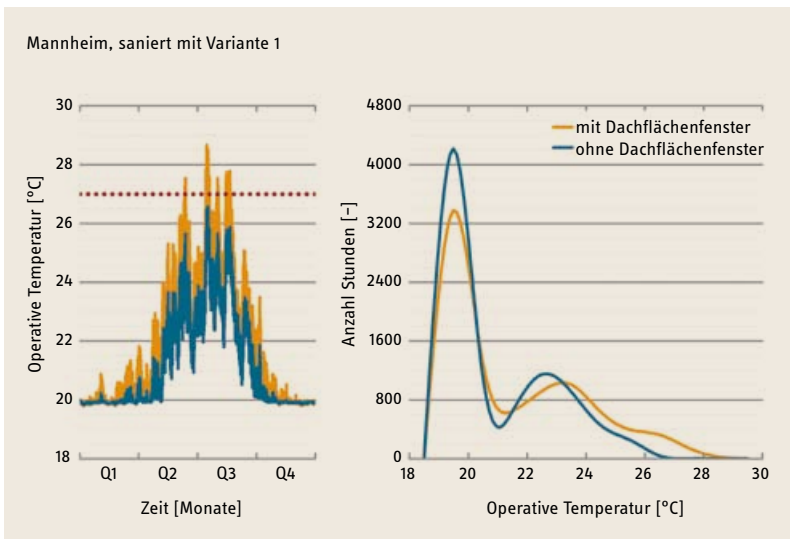
Polyurethan-Dämmung auf den Sparren mit raumseitiger Bekleidung
1 Dachdeckung
2 Dachlatte
3 Konterlatte
4 Polyurethan-Wärmedämmelement mit integrierter wasserführender Deckschicht
5 Luftdichtheitsschicht/Dampfbremse
6 Sparren
7 Raumseitige Bekleidung mit geringer Dämmwirkung

► Bild 4: Sanierungsvariante 2: Sichtsparren: U = 0,14 W/(m²K); TAD = 6,4; TAV = 0,16; ϕ = 7,5 h



◄ Bezugswerte der operativen Innentemperatur und Anforderungswert der Übertemperaturgradstunden

1 Dachdeckung
2 Dachlatte
3 Konterlatte
4 Polyurethan-Wärmedämmelement mit integrierter wasserführender Deckschicht
5 Luftdichtheitsschicht/Dampfbremse
6 Holzschalung
7 Sparren



◀ Bild 5: Einfluss eines Dachflächenfensters auf die sich einstellende Temperatur im Dachraum

QUELLE: FHW MÜNCHEN 2012

stellen sich noch höhere Temperaturen ein.

Der Einfluss zeigt sich auch deutlich bei der Betrachtung der Anzahl der Stunden, für die ein bestimmtes Temperaturniveau bei der operativen Innentemperatur erreicht wird (Bild 5b). Hier werden Klassen der Klassenbreite 1 K (= 1 °C) gebildet und die Ergebnisse der Simulation innerhalb eines jeden Stundenschrittes untersucht, ob die operative Temperatur innerhalb festgelegter Grenzen liegt. Die Zeitdauer innerhalb dieser Grenzen wird aufsummiert. Innentemperaturen zwischen 19 °C und 21 °C treten im Dachraum ohne Fenster mit über 4200 h pro Jahr deutlich häufiger auf als beim sonst identischen Dachraum mit Fenster (3000 h pro

Jahr). Für die höheren Temperaturklassen ist es naturgemäß umgekehrt: Hier ist die Anzahl der Stunden für den Dachgeschossraum mit Dachflächenfenstern deutlich größer.

Einfluss Dachflächenfenster

Deutlich wird, dass es in einem Dachgeschossraum mit Dachflächenfenster erheblich wärmer wird und auch länger warm bleibt als in einem Raum ohne Dachfenster. Die Übertemperaturgradstunden für Mannheim betragen mit Dachflächenfenster 88 K·h/a, ohne Dachflächenfenster wird die Grenztemperatur nicht überschritten.

Bild 6a bezieht sich auf die Klimaregion C (Standort Mannheim) und

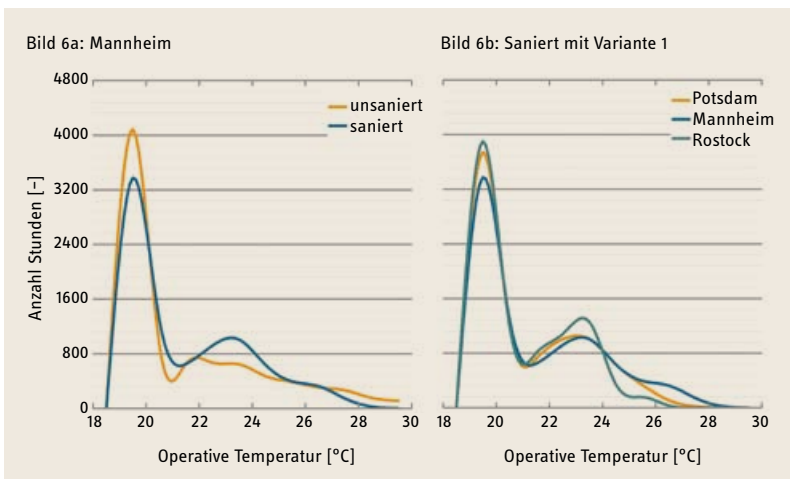
zeigt das Temperaturverhalten eines Dachraumes vor und nach der Sanierung (Sanierungsvariante 1). Der Bezugswert für die operative Innentemperatur liegt bei 27 °C. Es ist die Anzahl der Stunden aufsummiert, während der die operative Temperatur innerhalb der 1-K-Temperaturklassen liegt. Die meiste Zeit herrscht im Sommer ohne aktive Beheizung eine Raumtemperatur zwischen 22 °C und 24 °C. Für den Temperaturbereich über 27 °C zeigt sich deutlich der dämpfende Einfluss der Sanierung auf die Temperatur im Raum. Im sanierten Dachraum treten empfundene Raumtemperaturen über 28 °C kaum noch auf.

Bild 6b betrachtet alle drei Klimaregionen. Auch hier zeigt sich, dass die empfundene Raumtemperatur vorwiegend im Bereich von 21 °C bis 24 °C liegt.

Einfluss der Sanierung

In keiner Klimaregion wird der Übertemperaturgradstunden-Anforderungswert überschritten. Im Gegenteil: Durch die Sanierung nimmt die Anzahl der Übertemperaturgradstunden ab. Für die drei Klimaregionen werden die jeweils vier heißesten August-Tage im Dachraum mit Fenster und wirksamem Sonnenschutz ausgewertet. Hier zeigt sich in allen Fällen, dass die operativen Temperaturen im unsanierten Dachraum deutlich dem Verlauf der Außentemperatur folgen und in einigen Fällen diese sogar überschreiten.

In allen Klimaregionen stellen sich operative Temperaturen bis zu 30 °C und darüber ein. Durch die Sanierung der Konstruktion wird es im Dachraum deutlich angenehmer: die empfundene Raumtemperatur bleibt in Klimaregion A (Rostock) ca. 2 bis 4 K unter der Außenlufttemperatur und erreicht am vierten Tag ein Maximum von 27 °C. Für die Klimaregion B (Potsdam) bleibt die Temperatur im sanierten Dachraum an den ersten beiden heißen Tagen sogar 7 bis 8 K unter der Außenlufttemperatur. Maximal werden hier Raumtemperaturen von etwas mehr als 27 °C erreicht.



◀ Bild 6: Anzahl der Stunden mit bestimmter operativer Raumtemperatur in einem Dachraum mit Fenster mit und ohne Sanierung in Mannheim und für sanierten Dachraum in den drei Klimaregionen nach DIN 4108-2

QUELLE: FHW MÜNCHEN 2012

Für die wärmste Klimaregion C (Mannheim) bleibt es im sanierten Fall auch bei Außentemperaturen bis zu 35 °C im Gebäude mit 27 °C bis 28 °C deutlich angenehmer. Der Vergleich der heißesten Tage der drei Klimaregionen zeigt kaum Unterschiede für die beiden Sanierungsvarianten 1 und 2.

Winterlicher Wärmeschutz zahlt sich auch im Sommer aus

Deutlich sichtbar ist jedoch der Einfluss der Sanierung an sich: Winterlicher Wärmeschutz zahlt sich auch im Sommer aus. Die Überhitzung eines Dachraumes wird durch Dämmung deutlich reduziert.

Die Nachtlüftung wird mit den in DIN 4108-2 angegebenen Lüftungsraten berücksichtigt. Trotzdem kommt es auch bei starkem nächtlichen Temperaturabfall nur zu einer verzögerten Abkühlung der Räume.

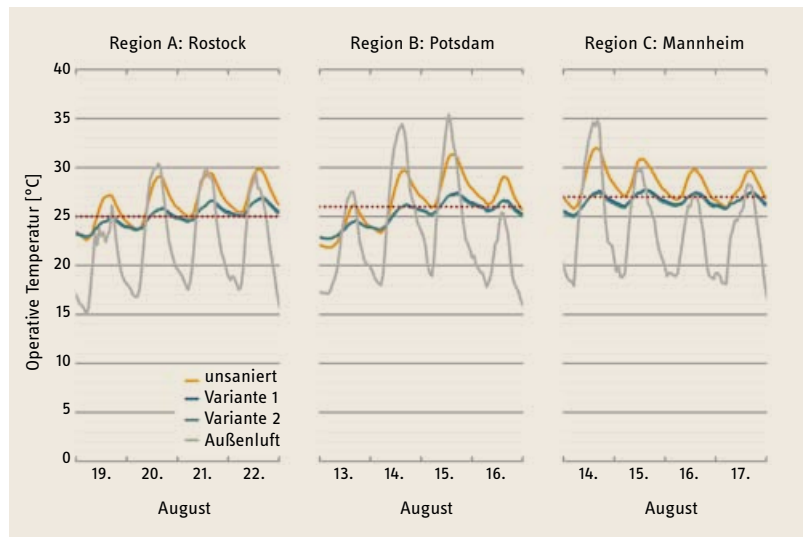
Bild 8 stellt die Übertemperaturgradstunden für die Standorte in den drei Klimaregionen dar. Grenztemperaturen sind 25 °C für Klimaregion A, 26 °C für Klimaregion B und 27 °C für Klimaregion C. Die Sanierungsmaßnahmen reduzieren die Anzahl der Übertemperaturgradstunden annähernd auf null. Die Unterschiede der beiden Sanierungsmaßnahmen sind vernachlässigbar.

Behaglich muss es sein

Entscheidend für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes ist das Behaglichkeitsempfinden des Menschen im Raum. Die Behaglichkeit in Dachräumen im Sommer hängt von verschiedenen Einflussgrößen ab. Rein bauteilbezogene Kenngrößen wie Temperaturamplitudenverhältnis bzw. -dämpfung und Phasenverschiebung sind keine geeigneten Parameter, um das tatsächliche Temperaturverhalten in einem Raum bei sommerlicher Überhitzung zu beschreiben.

Die Sanierungsvariante 2 ist nach „u-wert.net“ eine eher ungünstige Konstruktion. Die Sanierungsvariante 1 hat laut u-wert.net einen guten Hitzeschutz. In der dynamischen

► Bild 7: Errechnete operative Raumtemperatur im Vergleich zur Außenlufttemperatur an den vier aufeinanderfolgenden heißesten Tagen. Die gepunkteten Linien zeigen die Grenztemperaturen der jeweiligen Klimaregion



Simulation sind beide Varianten jedoch annähernd identisch: Beide zeigen einen sehr guten sommerlichen Wärmeschutz. Die entscheidenden Parameter für die Berechnung des sommerlichen Wärmeschutzes sind der Standort, die Anzahl, Größe und Ausrichtung der Fenster bzw. deren Verschattungssystem, der Zeitraum, die Dauer und Art der Belüftung sowie die vorhandene wirksame Wärmespeicherfähigkeit der den Raum umschließenden Bauteile und nicht zuletzt der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) der Außenbauteile. Je besser der U-Wert, umso geringer die Wärmemenge, die über die Dachkonstruktion in den Innenraum gelangt. Ein gut gedämmtes Dach spart zu jeder Jahreszeit Energie.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass im Falle des schlecht gedämmten Daches der winterliche wie sommerliche Wärmeschutz unzureichend ist. Bei fachgerechter Sanierung entsprechend der EnEV wird auch im Sommer die Behaglichkeit im ausgebauten Dachraum signifikant verbessert. Die Ursache hierfür ist darin zu sehen, dass aufgrund des erhöhten Wärmedurchlasswiderstandes der Dachkonstruktion der sommerliche Wärmestrom von außen nach innen kleiner und der Einfluss der Außentemperatur über das opake Bauteil geringer wird.

Andreas Holm,
Christoph Sprengard und Holger Simon,
Forschungsinstitut für
Wärmeschutz e.V. München (FIW München) ■

► Bild 8: Anzahl der Übertemperaturgradstunden mit und ohne Sanierung für die drei Klimaregionen nach DIN 4108-2

