

# Neues Klima braucht das Land

Neue Möglichkeiten für Außen- und Raumklima bei der hygrothermischen Simulation

Die DIN 4108-3 verweist in Ihrer Neufassung von 2014 an vielen Stellen auf die in Anhang D als „genauere Berechnungsverfahren“ beschriebenen hygrothermischen Simulationen – und zwar nicht nur beim Verlassen des Anwendungsbereichs, sondern explizit auch in den Fällen, bei denen der Glaser-Nachweis für ein Bauteil innerhalb des Anwendungsbereichs nicht erbracht werden kann. Eine hygrothermische Simulation stellt also im Zweifel das höherwertigere und maßgeblichere Bewertungsverfahren dar, da über physikalische Modelle eine realitätsnahe Berechnung der Wärme- und Feuchteverhältnisse ermöglicht wird und fast alle baupraktisch relevanten Einflussgrößen berücksichtigt werden. Dazu zählen u. a. Regenwasseraufnahme und Flüssigtransport, Erwärmung der Oberflächen durch Sonnenstrahlung und Unterkühlung durch langwellige Abstrahlung. Eine Simulation ist natürlich nur so zuverlässig wie ihre Eingabedaten. Neben den Materialeigenschaften sind dies vor allem die Klimarandbedingungen außen und innen sowie deren Übertragung auf die Bauteiloberfläche.

## Autoren:

Daniel Zirkelbach,  
Tobias Schöner,  
Eri Tanaka,  
Christian Schiebl,  
Fraunhofer-Institut für Bauphysik,  
Holzkirchen

Im Rahmen des durch das Bundeswirtschaftsministerium geförderten Forschungsprojekts „Klimamodelle“ konnten in den vergangenen Jahren viele noch verbliebene Fragestellungen dieses Themenbereichs bearbeitet werden. Dazu zählen die Erstellung hygrothermischer Referenzjahre für Deutschland, Raumklimamodelle für unbeheizte Nebenräume wie Dachböden und Kellerräume, aber auch die effektive Übertragung der Klimaverhältnisse auf die Bauteiloberfläche z. B. durch belüftete Dacheindeckungen. Einige der teilweise noch vorläufigen Ergebnisse werden im Rahmen dieses Beitrags kurz vorgestellt.

## Neue Hygrothermische Referenzjahre

Die bisher auch für hygrothermische Bauteilsimulationen häufig eingesetzten Testreferenzjahre (TRY) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) wurden in erster Linie für thermische Simulationen anhand der Temperaturverhält-

nisse sowie der Großwetterlagen ausgewählt und zusammengestellt. Die TRY aus dem Jahr 1986 enthielten zwar auch Regendaten – für eine hygrothermische Bauteilbeurteilung waren diese aber aufgrund des zugrundeliegenden Verteilungsmodells nur sehr bedingt geeignet: Tendenziell waren die Regendauern deutlich zu lang, was bei der Simulation zu einer unrealistisch hohen Regenabsorption führt. Bei den neueren Versionen von 2004 bzw. 2011 wurde der Regen u. a. aus den zuvor genannten Gründen dann ganz weggelassen.

Die neuen vom Fraunhofer IBP entwickelten hygrothermischen Referenzjahre (FRY),

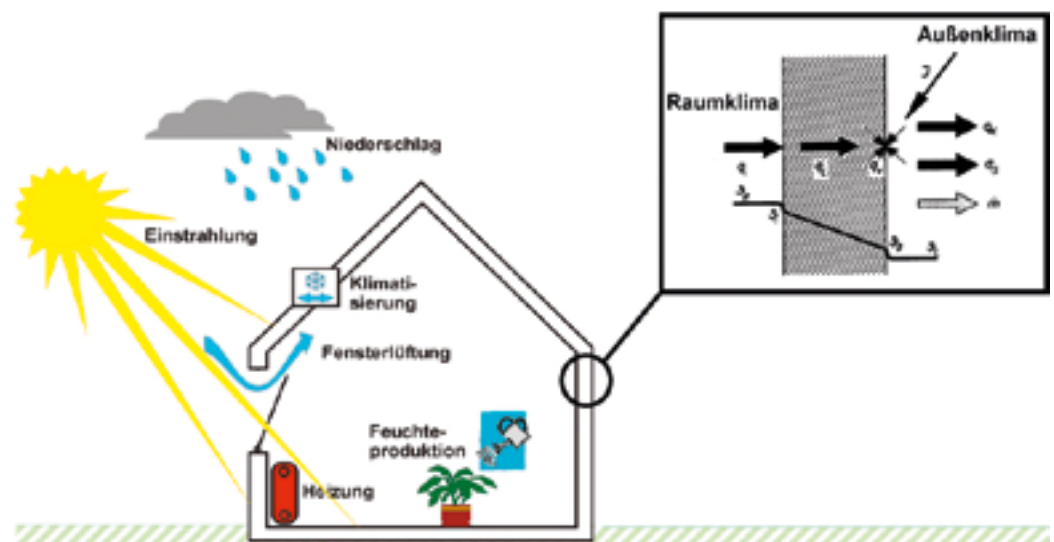
wurden daher nicht nur anhand der Temperatur sondern auch anhand des Niederschlags zusammengestellt und sichergestellt, dass die übrigen Klimaelemente innerhalb einer typischen Bandbreite liegen. Da Datensätze mit allen erforderlichen Klimaelementen erst ab dem Jahr 2003 zur Verfügung standen, liegt den Referenzjahren ein Messzeitraum von 8 Jahren von 2003 bis 2011 zugrunde. Im Vergleich zu den TRY-Datensätzen von 2004 sind die Temperaturen der FRY im Mittel um etwa 0,5 K, die jährliche Sonnenstrahlungssumme im Mittel um etwa 10% höher. Neben der Auswahl anhand statistischer Kriterien wurden die Datensätze im Vergleich zur realen Messreihe auch anhand des hygrothermischen Verhaltens feuchtetechnisch empfindlicher Bauteile abgesichert. Dabei werden alle relevanten Klimaelemente implizit berücksichtigt. Die Zoneneinteilung orientiert sich an den TRY-Regionen des DWD. Da sich einige Zonen aus hygrothermischer Sicht aber kaum unterscheiden, kann die Zahl der Regionen nach aktuellem Stand von 15 auf 11 reduziert werden.

Die normalen Feuchte-Referenzjahre ergeben bei der Simulation leicht kritischere Verhältnisse in den Bauteilen

als die reale Messreihe – Extrembedingungen werden dabei aber zwangsläufig gekappt. Ergänzend werden daher kritische kalte Jahre durch Absenkung der Temperaturverhältnisse in Anlehnung an DIN EN 15026:2007 erzeugt. Diese können in Kombination mit den normalen Jahren zur Absicherung gegenüber kurzfristigen Schadensmechanismen oder allein als extremeres Bemessungsszenario herangezogen werden.

## Ändert sich was beim Bauteil?

Die genauer berücksichtigte Schlagregenmenge und -verteilung sowie die entsprechend den Messdaten höheren Temperatur- und Strahlungswerte führen bei der Simulation zu etwas günstigeren Verhältnissen als die Berechnung mit den alten TRY. Anhand einer innen gedämmten Wand und eines Flachdachs werden die sich ergebenden Unterschiede exemplarisch anhand der klimatischen Verhältnisse des nordwestdeutschen Tieflands inklusive der Nordseeküste dargestellt. Da hier nicht die betrachteten Konstruktionen sondern die klimatischen Einflüsse im Fokus stehen, werden die Aufbauten nicht detailliert beschrieben.



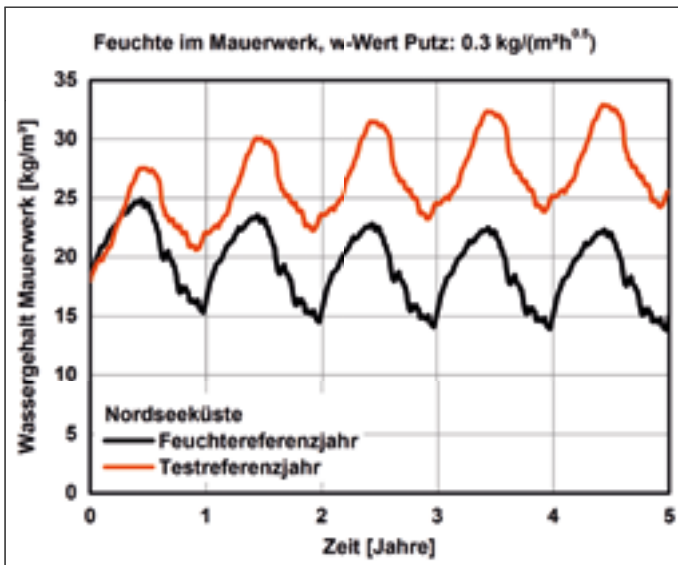
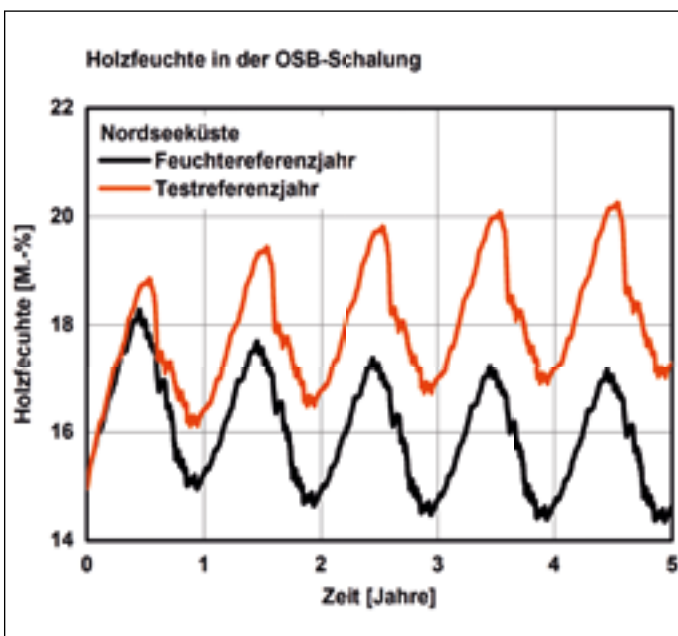


Abb. 1: Berechneter Wassergehalt in einem innendämmten Mauerwerk mit altem TRY von 1986 und neuem FRY mit realistischen Schlagregendaten

### Beispiel Innendämmung

Die Wand besteht aus verputztem Vollziegelmauerwerk mit Innendämmung aus Zellole und einer OSB-Platte, die zugleich als Dampfbremse wirkt. Ausgewertet wird hier der Wassergehalt im Mauerwerk, um den erforderlichen w-Wert für einen ausreichenden Schlagregenschutz zu ermitteln. Die zuvor erwähnte Verteilung des Regens auf zu viele Stunden (teilweise Faktor drei gegenüber den Messwerten) führt zu einer größeren aufgenommenen Niederschlagsmenge bei Simulation mit dem TRY-Datensatz. Während mit dem neuen FRY bei fast gleicher Niederschlagsmenge ein w-Wert von 0,3 kg/m<sup>2</sup>/h ausreicht, steigt mit dem

Abb. 2: Berechnete Holzfeuchte in der außenseitigen OSB-Schalung eines hellen Flachdachs – Vergleich zwischen altem Testreferenz- und neuem Feuchtereferenzjahr.



alten Datensatz der Wassergehalt kontinuierlich an (Abb. 1).

### Beispiel Flachdach

Das Flachdach hat eine graue Dachbahn auf OSB-Schalung, darunter eine Mineralfaserdämmung, eine feuchtevariable Dampfbremse und eine innenseitige Gipskartonbepunktung. Die Berechnung erfolgt mit Infiltrationsquelle gemäß DIN 68800-2: 2012. Maßgebliches Bewertungskriterium ist hier die Holzfeuchte der OSB-Schalung. Die Ergebnisse in Abb. 2 zeigen, dass diese bei dem etwas kälteren und strahlungsärmeren TRY-Jahr 2004 über die ersten Jahre bis auf knapp über 20 M.-% ansteigt; bei Verwendung des FRY-Datensatzes ergibt sich dagegen eine leichte Austrocknung auf unter 17 M.-%.

Mit den neuen FRY-Datensätzen sind künftig alle für die hygrothermische Simulation relevanten Klimaelemente basierend auf mehrjährigen Messdaten verfügbar. Der zugrunde liegende Messzeitraum von 2003 bis 2011 liegt über dem langjährigen Durchschnitt und repräsentiert die Erwärmung der letzten etwa 25 Jahre. Eine Umkehr des Temperaturanstiegs ist bislang nicht absehbar – die meisten Experten gehen eher von einer weiteren Beschleunigung aus. Für eine Bemessung kann beispielsweise in Ergänzung zum mittleren auch auf das jeweils kalte FRY bzw. auf geeignete Kombinationen aus beiden Datensätzen zurückgegriffen werden.

### Reichen regionale Klimadatensätze?

Auch mit den neuen Feuchtereferenzjahren können nicht alle relevanten Fragestellungen abgedeckt werden. Einige Klimaelemente unterscheiden sich nämlich stärker aufgrund der lokalen Exposition als aufgrund der Klimaregion. Dazu zählen Niederschlagsmengen, Wind- und Schlagregenbelastung oder auch die relative Luftfeuchte in einem Flusstal. Solche Einflussfaktoren können über Regionalklimadaten

nicht sinnvoll erfasst werden, da hierzu allein für Deutschland mehrere hundert Datensätze erforderlich wären.

Im Verlauf der Untersuchungen erschien es daher sinnvoll, auf der einen Seite die Zahl der Klimaregionen zu reduzieren aber auf der anderen Seite die innerhalb der Regionen stark variierenden Klimaelemente durch den Nutzer anpassbar zu machen. Dazu können bezüglich der Umgebungssituation die Lage in einer Stadt, auf einem Berg, im Tal oder in Gewässernähe gewählt und gewichtet werden. Ebenfalls von großer Bedeutung ist die Höhenkorrektur gegenüber der Referenzstation, die sich nicht nur auf die Temperatur, sondern auch auf die Strahlungs- und Feuchteverhältnisse auswirkt. Bei großen Höhenunterschieden können sich somit auch bei u.U. nur geringer Distanz stark veränderte Klimaverhältnisse einstellen. Bezüglich Wind- und Schlagregenbelastung sind die Exposition sowie die lokale Niederschlagsmenge maßgeblich – letztere kann z.B. der Niederschlagskarte des [Deutschen Klimaatlas] entnommen werden und innerhalb einer Klimaregion durchaus um den Faktor 2 oder mehr variieren.

Spielen die zuvor genannten Klimaelemente für das Bauteil keine wesentliche Rolle, ist evtl. keine Anpassung erforderlich. Falls sie aber kritisch werden, kann der Planer eine Einschätzung der Situation vornehmen und diese in der Simulation entsprechend berücksichtigen (vgl. Abb. 3).

### Empirische Modelle für das Klima in Dachräumen

Auch auf der Innenseite sind die Klimaverhältnisse nicht immer bekannt. Es gibt zwar viele Modelle für Wohn- oder Büroräume bzw. für vergleichbare Nutzungen – wenn es sich aber um einen unbeheizten Raum im Keller oder Dachboden handelt, sind die Annahmen oft schwierig. Diese Lücke wurde im Rahmen des Forschungsprojekts ebenfalls weitgehend geschlossen.

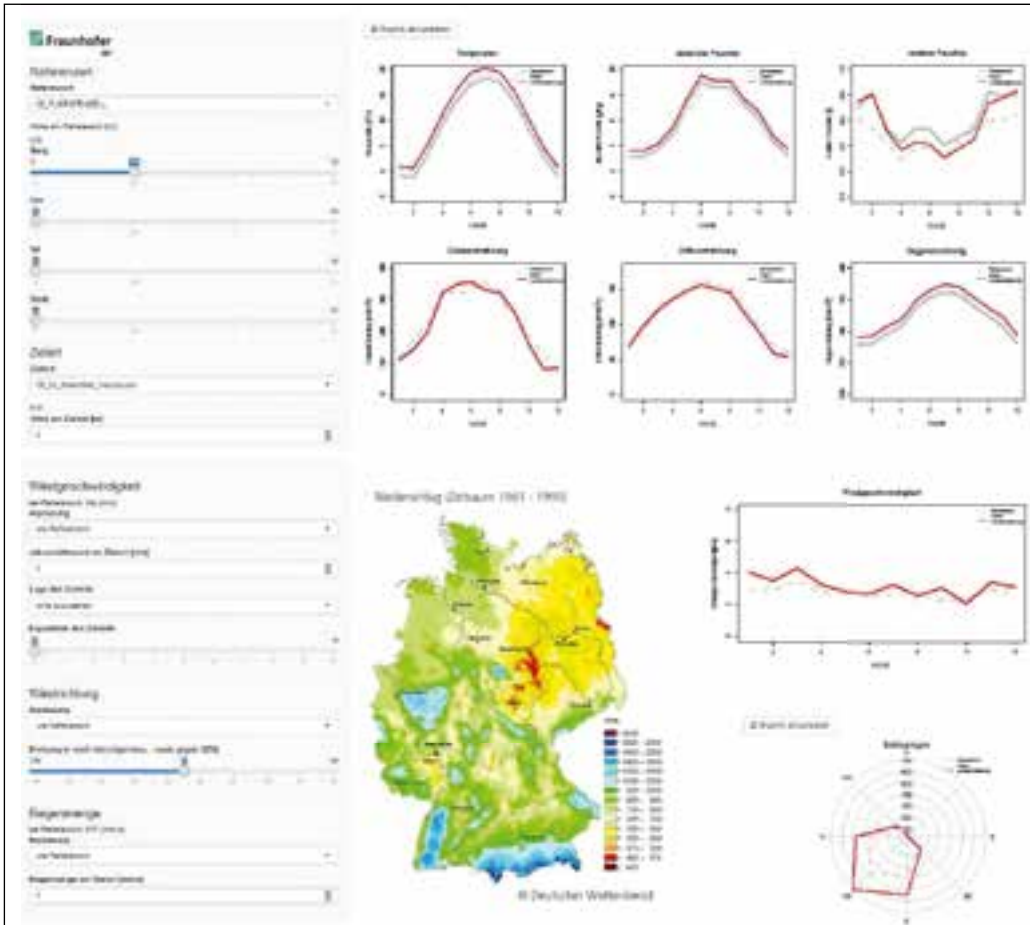


Abb. 3: Modul zur Anpassung des Klimadatensatzes auf die lokalen Verhältnisse.

Auf Basis von Messungen in Dachräumen mit unterschiedlichem Niveau bezüglich Luftdichtheit und Dämmstärke wurden Modelle entwickelt, die das Dachraumklima vereinfacht aus dem Außenklima ableiten. Die Messdaten zeigen, dass Dachräume bereits bei geringen Dämmdicken im Winter deutlich wärmer bleiben als die Außenluft – im Sommer sind die Unterschiede dagegen geringer. Bezüglich der absoluten Luftfeuchte sind lediglich bei schlecht gedämmten und kaum winddichten Dachräumen leicht höhere Werte als in der Außenluft festzustellen.

Anzeige

# AVOLA – der Spezialist für leistungsstarke Kreissägen

180 Jahre



seit 1836

Besuchen Sie uns auf dem  
INT. HOLZBAU-FORUM  
Garmisch-Partenkirchen  
07. – 09. Dez. 2016

**Baukreissäge ZB/ZBV/IC -10**  
Für härteste Belastungen am Bau



**GAMA – das modulare  
Kappsägenkonzept für  
jede Zimmerei**



7 Schnitte,  
eine  
Säge!

**VARIANT 450**  
Universelle  
Untertischkappsäge

**AVOLA MASCHINENFABRIK**  
A. Volkenborn GmbH & Co. KG  
Heiskampstraße 11  
D-45527 Hattingen  
Telefon +49 / 23 24 - 96 36-0  
Telefax +49 / 23 24 - 96 36-50  
E-mail info@avola.de  
[www.avola.de](http://www.avola.de)



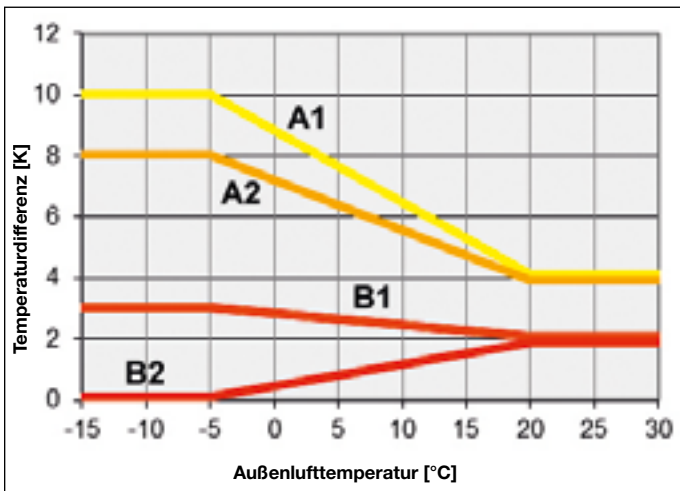
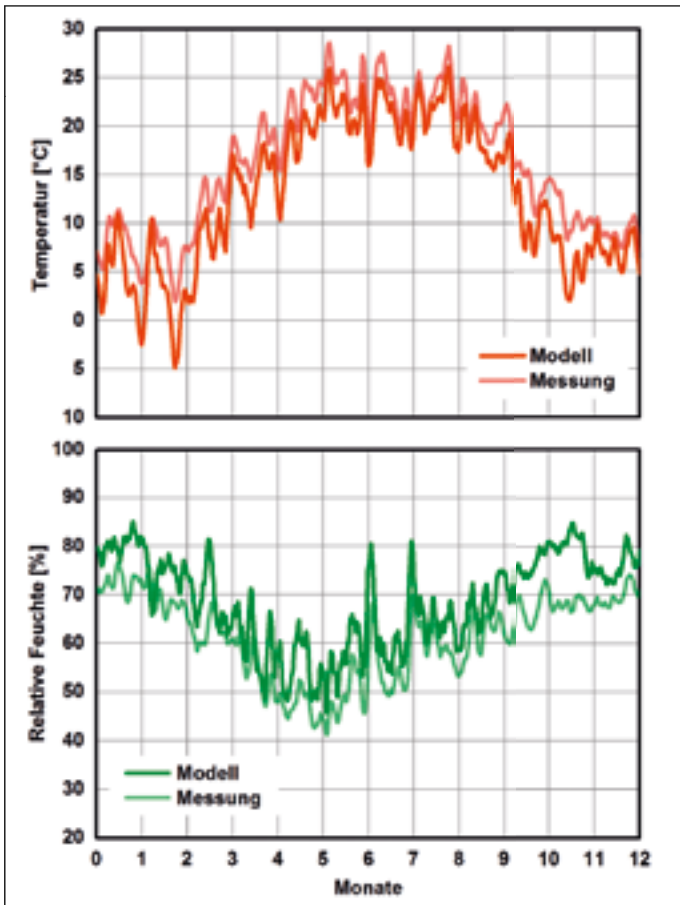


Abb. 4: Temperaturdifferenz zwischen Dachraum und Außenlufttemperatur für die vier verschiedenen Dachraumklassen

Die für vier verschiedene Dachraumklassen ermittelten Temperaturabhängigkeiten bezogen auf die 4-Tages-Mittelwerte der Außenklimabedingungen sind in Abb. 4 dargestellt. Klasse A1 steht dabei für vergleichsweise gut gedämmte ( $U\text{-Wert} < 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) und A2 für mäßig gedämmte Dachräume ( $U\text{-Wert} > 0,7$  bis etwa  $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) mit jeweils eher winddichter Ausführung (mit Schalung, Unterdeckbahn und ggf. Dampfbremse). Klasse B steht für ungedämmte Dachräume mit mäßiger Winddichtheit infolge

Abb. 5: Vergleich von gemessenem und gemäß Modell aus dem Außenklima abgeleiteten Dachraumklima (am Standort Oschatz (Sachsen) – das Modellklima bleibt kälter und feuchter und damit bauphysikalisch auf der sicheren Seite.



einer Schalung (B1) oder gut belüftet bei fehlender Schalung oder Unterdeckung (B2). Im Vergleich zu den in den Dachräumen gemessenen Klimabedingungen liegen die Modelle mit tendenziell etwas niedrigeren Temperaturen und höheren relativen Luftfeuchten jeweils auf der sicheren Seite. Abb. 5 zeigt exemplarisch die Validierung am Beispiel eines Dachraums der Klasse B1 in Oschatz.

### Kleiner Unterschied mit großer Wirkung

Auch wenn die Unterschiede zwischen dem Außen- und dem Dachraumklima z. B. bei Klasse B auf den ersten Blick nur gering erscheinen, können sie sich bezüglich der erforderlichen Maßnahmen bei der nachträglichen Dämmung z. B. des Spitzbodens gegen den Dachraum doch erheblich auswirken.

Beispielhaft wird hier eine Holzbalkendecke mit nachträglicher von oben aufgelegter Holzfaserdämmung betrachtet. Die Decke besteht aus beidseitig mit Schalung versehenen 160 mm hohen Balken mit 40 mm vorhandener Mineralfaserdämmung über der ein 120 mm hoher Lufthohlraum verbleibt (vgl. Abb. 6). Die Sanierung soll von oben erfolgen, um die raumseitigen Gipskartonplatten nicht erneuern zu müssen – der Aufbau bleibt also ohne dampfbremse und luftdichte Schicht. Auf der oberen Schalung werden 60 mm Holz-

faserdämmung sowie OSB-Platten als neuer „Fußboden“ aufgelegt. Luftinfiltration nach DIN 68800-2: 2012 wird mit dem IBP-Modell (Luftdichtheitsklasse B, Luftsäule 5 m) berücksichtigt.

Die winterliche Holzfeuchte in der OSB-Lage stellt sich dabei als die kritische Bewertungsgröße heraus. Abb. 7 zeigt den Verlauf der Holzfeuchte in Abhängigkeit vom gewählten Raumklima im Dachraum über der Zwischendecke. Werden hier vereinfachend Außenluftverhältnisse angesetzt, steigt die Holzfeuchte an und erreicht im 5. Jahr Werte über 24 M.-%. Diese Lösung erscheint nicht akzeptabel. Bereits die Verwendung des Dachraumklimamodells für Klasse B2 (lediglich mit Ziegeleindeckung) führt schon zu einer Reduktion der Holzfeuchten auf nur noch knapp über 20 M.-%. Mit Klasse B1 (Eindeckung mit Schalung) sinkt die Holzfeuchte unter 18 M.-% und liegt dann entsprechend DIN 68800-2: 2012 im zulässigen Bereich. Für die gedämmten Dachräume der Klassen A1 und A2 wird es im Dachraum wärmer und trockener, so dass die maximalen Materialfeuchten unter 14 M.-% bleiben.

Das Beispiel zeigt also, dass man bei vereinfachter Betrachtung mit Außenluftverhältnissen im Dachraum am nachträglichen Einbau einer Dampfbremse nicht vorbeizukommen scheint. Je nach Art der Eindeckung und einer evtl. zusätzlich vorhandenen Däm-

Anzeige

**Karl Limbach & Cie. GmbH & Co. KG**  
Metallwarenfabrik  
gegründet 1898

Postfach 190365  
42703 Solingen  
Fon +49 (0) 212 / 39 80  
Fax +49 (0) 212 / 39 899  
www.limbach-cie.de  
info@limbach-cie.de



## Limbach® – Muttern für den Holz- und Fertigungsbau

Bruchlast bis 90kN:



Ø60 M12 – M16 – M20

“L”-Einschlagmuttern für tragende Holzkonstruktionen sowie im Holzhaus- und Fertigungsbau.

Bruchlast bis 60kN:



Ø42 M10x25 – M12x25

“L”-Flanschmuttern für die Zwischenwandbefestigung











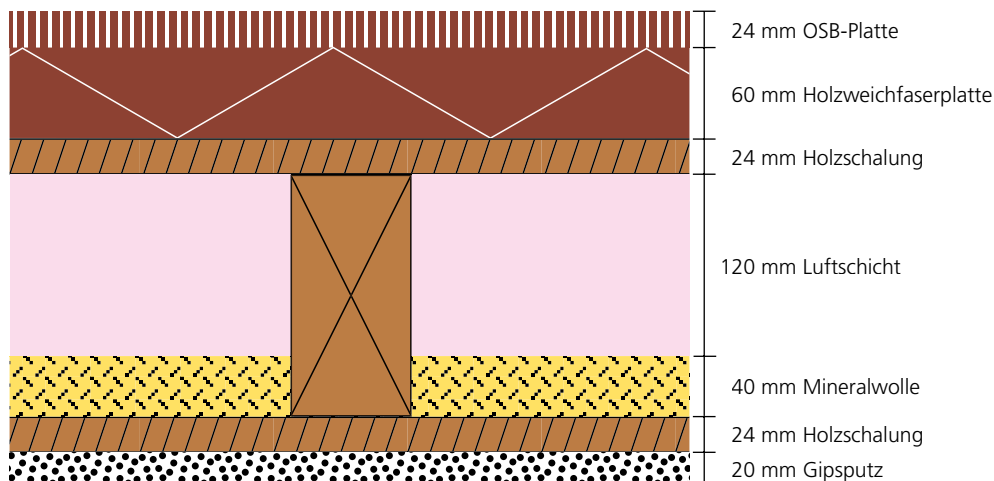


Abb. 6: Aufbau der Zwischendecke.

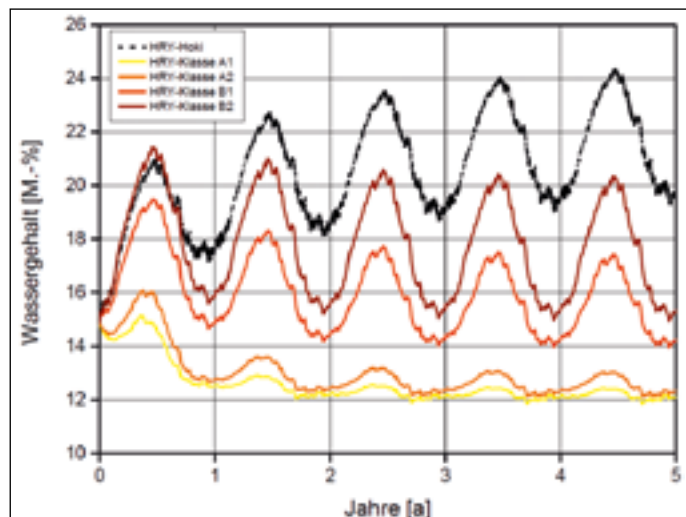
mung funktioniert der Aufbau in der Regel aber auch ohne diese aufwändige Zusatzmaßnahme.

**Zusammenfassung und Ausblick**

Die inhaltlichen Arbeiten am Klimaprojekt sind mittlerweile abgeschlossen und werden derzeit im Abschlussbericht aufbereitet. Dieser wird voraussichtlich in der zweiten Jahreshälfte verfügbar sein.

Neben den zuvor beschriebenen Inhalten wurden auch Fragestellungen zum Klima in Kriechkellern und unbeheizten Kellerräumen, zur Einwirkung des Außenklimas über belüftete Dacheindeckungen oder zu den Übergangskoeffizienten in Fensterleibungen und an geometrischen Wärmebrücken bearbeitet. Damit konnten im Rahmen des Projekts viele der noch verbliebenen Lücken bei den Klimarandbedingungen für Simulationsmodelle geschlossen werden.

Abb. 7: Holzfeuchte in der OSB-Platte über der neu eingebauten Dämmebene der obersten Geschossdecke (siehe Abb. 6) in Abhängigkeit von den im Dachraum angesetzten Klimaverhältnissen.



Die Ergebnisse werden neben dem Forschungsbericht auch über praxisorientierte Leitfäden zur Verfügung gestellt. Zusätzlich werden die neuen Modelle möglichst rasch in die hygrothermische Simulations-Software WUFI® integriert.

**Förderung**

Das Projekt „Klimamodelle“ wurde gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor. ■



**Literaturverweise**

[Deutscher Klimaatlas] Deutscher Wetterdienst DWD: Deutscher Klimaatlas. [http://www.dwd.de/DE/klimaatlas/klimaatlas\\_node.html](http://www.dwd.de/DE/klimaatlas/klimaatlas_klimaatlas_node.html)

[Testreferenzjahre] Deutscher Wetterdienst DWD: Testreferenzjahre. <http://www.dwd.de/DE/leistungen/testreferenzjahre/testreferenzjahre.html>

# Bester Schutz vor Bauschäden und Schimmel



## INTELLO® PLUS

**Hochleistungs-Dampfbremse**  
Für maximale Sicherheit, feuchtevariabler  $s_d$ -Wert 0,25 bis >25 m



## DASAPLANO

**Hochdiffusionsoffene Luftdichtungsbahn**  
Optimiert für die Dachsanierung von außen, verbindet einfache Verarbeitung mit sicherer Funktion



**Fordern Sie kostenfrei an:**



Planungshandbuch **pro clima WISSEN**  
Neu gestaltete und aktualisierte Auflage  
Fon 0 62 02 - 27 82.0  
Fax 0 62 02 - 27 82.21  
info@proclima.de

Besuchen Sie uns auf dem **INTERNATIONALEN HOLZBAU-FORUM**  
Garmisch-Partenkirchen  
07. - 09. Dez. 2016

