

Christian Schießl, Daniel Zirkelbach,
Hartwig M. Künzel

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-00
info@ibp.fraunhofer.de

Standort Holzkirchen
Fraunhoferstraße 10, 83626 Valley
Telefon +49 8024 643-0

www.ibp.fraunhofer.de

Das Vorhaben wurde gefördert vom
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
(BMWi) – (Az: 0329663M).

Literatur

- [1] Zirkelbach, D. et al.: Energieoptimiertes Bauen: Klima- und Oberflächenübergangsbedingungen für die hygrothermische Bauteilsimulation. IBP-Bericht HTB-2016.
- [2] DIN 4108-02:2013-02 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, Beuth Verlag, Juli 2013.
- [3] DIN EN ISO 10211:2007 Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen, Beuth Verlag, April 2008.
- [4] DIN EN 13789:2008-04 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Spezifischer Transmissions- und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren, Beuth Verlag, April 2004.
- [5] EN 15026:2007 Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation, Beuth Verlag, Juli 2007.

NEBENRAUM-KLIMAMODELL FÜR UNBEHEIZTE DACHRÄUME RAUMKLIMAMESSUNGEN UND MODELLENTWICKLUNG

EINLEITUNG

Im Zuge von Neubauplanung und energetischer Sanierung bestehender Gebäude sind Bauteile bezüglich ihres hygrothermischen Verhaltens zu beurteilen. Hierzu ist eine möglichst präzise Definition der Randbedingungen erforderlich. Dabei grenzen einzelne Bauteile auch an unbeheizte Nebenräume, deren raumklimatische Verhältnisse unbekannt sind. Um das hygrothermische Verhalten dieser Räume zu bestimmen, wurden im Rahmen eines Forschungsprojekts verschiedene Rechenmodelle entwickelt, deren Ergebnisse detailliert in [1] enthalten sind. Nachfolgend wird hieraus ein auf Messdaten basierendes Modell für unbeheizte Dachräume vorgestellt.

UNBEHEIZTE DACHRÄUME

Bei den hier untersuchten Dachräumen, – durch geneigte Dächer gebildet – handelt es sich um unbeheizte Nebenräume, die teilweise an die thermische Hülle angrenzen und deren übrige Bauteile mit der Außenumgebung in Wechselwirkung stehen. Die Außenbauteil-Aufbauten bestehen meist aus einer Holzkonstruktion mit Eindeckung und weisen einen sehr unterschiedlichen Grad an Dämmniveau und Luftdichtheit auf. Der Einfluss der Trennbauteile zwischen beheizten Bereichen und unbeheiztem Nebenraum erwies sich als untergeordnet.

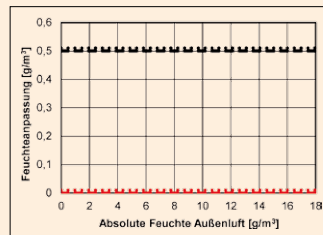
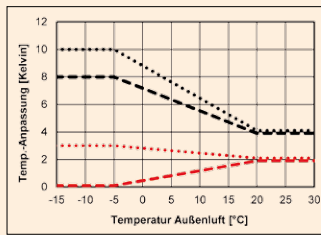
Eine hygrothermische Bemessung sowohl von Dachaußenbauteilen als auch von Trennbauteilen zum beheizten Bereich setzt voraus, dass Klimarandbedingungen für innen und außen vorliegen, also jeweils auch für den unbeheizten Nebenraum. In Normen/Richtlinien sind allenfalls thermische Modelle zu finden [2–4]. Als Basis der Modellentwicklung wurden also zunächst umfangreiche Messungen durchgeführt.

RAUMKLIMAMESSUNGEN

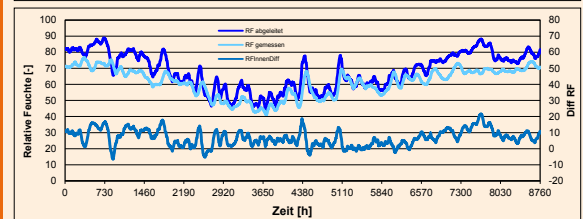
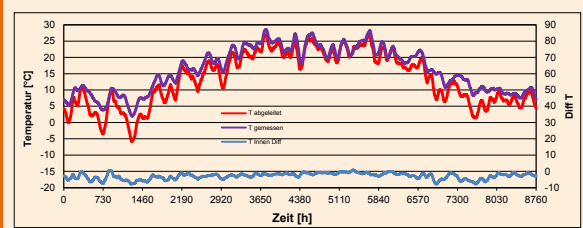
Es wurde eine möglichst große Bandbreite unterschiedlicher Dachräume in Bezug auf Größe, Geometrie, Dachausrichtung, Art des Dachaufbaus, Belüftung etc. angestrebt. Die Messungen erfassen einen Zeitraum von bis zu zwei Jahren, um das hygrothermische Verhalten der Dachräume möglichst unter allen Witterungsbedingungen zu berücksichtigen. Aufgrund der leichten Bauteile reagieren Dachräume verhältnismäßig spontan. Die Messungen wurden auf der Basis stündlicher Werte für Temperatur und relative Feuchte mittels hierfür üblichen Datenloggern aufgezeichnet.

Da nach Auswertung der Messergebnisse feststellbar war, dass die Art des Dachaufbaus den maßgeblichen Einfluss auf das sich einstellende Nebenraumklima darstellt, wurde abhängig von der Ausführungsqualität eine geeignete Klassifizierung vorgenommen.

Steildach-aufbau	Dachraum-klasse	+ K	+K	+ c
		-5°C	+20°C	g/m ³
A) gedämmt, luftdicht	Klasse A1 - - - - -	+10	+4	0
	Klasse A2 - - - - -	+8	+4	0
B) ungedämmt, luftundicht	Klasse B1 - - - - -	+3	+2	0,5
	Klasse B2 - - - - -	0	+2	0,5



1



2

Dabei sind Luftdichtheit und Dämmqualität die zu berücksichtigenden Einflussgrößen:

- Klasse A1: mit Schalung, Unterspannbahn, Dampfbremse, hoher Dämmqualität (rund 10 cm WD), U-Wert $\leq 0,7$; winddicht
- Klasse A2: mit Schalung, Unterspannbahn, mäßiger Dämmqualität (rund 4 cm WD), U-Wert zwischen $0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $2,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, mäßig winddicht
- Klasse B1: mit Schalung, und ggf. Unterdeckung, ungedämmt, (U-Wert $> 2,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, mäßig winddicht
- Klasse B2: nur Eindeckung, Lüfterziegel, ungedämmt, (U-Wert $> 2,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, nicht winddicht

Mit jüngerem Baualter und steigender Ausführungsqualität nehmen im Regelfall sowohl Luftdichtheit als auch Dämmqualität im nicht ausgebauten Dachraum zu. Damit weicht das Nebenraumklima zunehmend von den Außenbedingungen ab. Eine Dämmung der Außenbauteile bewirkt bei tiefen Außentemperaturen, dass sich der Dachraum gegenüber einem rein ziegelgedeckten Dach deutlich geringer abkühlt, die Abweichung von der Außentemperatur also deutlich zunimmt. Bei hohen Außentemperaturen ist ein Temperaturanstieg aller Dachräume zu verzeichnen. Die Auswirkungen der Ausführungsqualität auf diesen Anstieg, d. h. die Temperaturänderung der Klassen untereinander, bleibt jedoch geringer als im Winter. Mit steigender Temperatur fällt die relative Luftfeuchte. Signifikante Änderungen der absoluten Raumluftfeuchte waren nur teilweise feststellbar. Nur bei undichten, ungedämmten Konstruktionen wurde ein leicht erhöhter Absolutfeuchtegehalt verzeichnet. Die Zunahme der Absolutfeuchtegehalte dieser Dachraumklasse ist mitunter auf nächtliche Tauwasserbildung zurückzuführen.

ANSATZ

Viele Raumklimamodelle, die sich für die hygrothermische Bemessung bereits bewährt haben, ermitteln Innenraumlufttemperatur und -feuchte in Abhängigkeit vom Außenklima. Für ortsabhängige Untersuchungen können mittels geeigneter Klimadatensätze, die in der Regel stündliche Werte aufweisen, Simulationsrechnungen vorgenommen werden. Als Beispiel kann man das Modell aus Anhang C der EN 15026 heranziehen [5].

Analog zu diesem Modell wird auch bei dem vorgestellten Nebenraumklimamodell für unbeheizte Dachräume eine Ableitung aus dem Außenklima vorgenommen (Bild 2). Das Temperaturniveau wird unter -5°C und über 20°C in Abhängigkeit von der Dachraumklasse konstant angenommen. Zwischen -5°C und 20°C erfolgt eine Temperaturanpassung nach linearem Zusammenhang.

Beispielsweise wird für die Klasse B1 unter -5°C eine Temperaturerhöhung von $+3\text{K}$ vorgenommen. Ab 20°C beträgt die Anpassung wie bei der Klasse B2 $+2\text{K}$. Die Anpassung der übrigen Klassen erfolgt gemäß Bild 1.

Die betrachteten Dachräume wiesen aufgrund der fehlenden Nutzung keine zusätzlichen Feuchtelasten auf. Liegt ein genutzter Dachraum z. B. zum Wäschetrocknen vor, ist dies gesondert zu berücksichtigen. Eine Zunahme der Absolutfeuchtegehalte wurde in nur geringem Umfang festgestellt. Für mäßig und gut gedämmte Dächer der Dachraumklassen A1 und A2 ist keine Anpassung der Feuchtegehalte vorzunehmen. Bei kaum und gar nicht gedämmten Dächern, welche zudem eine hohe Luftdichtheit aufweisen, wurde die messtechnisch festgestellte geringfügige Feuchtezunahme mit einem konstanten Zuschlag von $0,5 \text{ g/m}^3$ berücksichtigt.

VALIDIERUNG

Das Modell wurde für jede Dachraumklasse sowohl hinsichtlich der Temperatur als auch der Feuchte validiert, hier dargestellt am Beispiel eines Daches der Klasse B2 (Bild 2). Die beste Übereinstimmung von Messung und Modell ergibt sich bei einer Dämpfung der stark schwankenden stündlichen Werte des Außenklimas durch eine Ableitung auf Basis des gleitenden Viertagesmittels.

Eine weitere Validierung des Modells erfolgte anhand von Bauteilsimulationen mit WUFI®. Dabei wurde eine typische, mitunter kritische Konstruktion von nachträglich gedämmter oberster Geschossdecke und Holzwerkstoffbelag untersucht. Die Ergebnisse bei Verwendung von gemessenem und modelliertem Nebenraumklima zeigten eine gute Übereinstimmung.

FAZIT

Die Validierungen zeigten, dass das Nebenraumklima für hygrothermische Bemessungszwecke durch die Anpassung des Außenklimas mit dem vorgestellten Modell hinlänglich genau abgebildet wird. Zum einen ergibt sich aus den Zeitverläufen der Temperaturen und absoluten Feuchten im Raum eine gute Übereinstimmung mit den Messwerten und zum anderen führt das Modell bei den simulierten Bauteilen zu knapp auf der sicheren Seite liegenden Feuchteverhältnissen in der Konstruktion. Die Implementierung des Modells in die hygrothermische Simulationssoftware WUFI® ist derzeit in Bearbeitung.

1 *Temperatur- und Feuchtemodell für den unbeheizten Dachraum:*

Temperatur- und Feuchteanpassung der Außentemperatur.

2 *Validierung:*

Vergleich von Temperatur- und Feuchteanpassung der Dachraumklasse B1 mit Messdaten (Dachraum Oschatz).