

## 45 (2018) NEUE FORSCHUNGSERGEBNISSE, KURZ GEFASST

Eleonora Marra, 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](http://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-021/2016. Holzkirchen, 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] EN ISO 14683 Wärmebrücken im Hochbau – Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient – Vereinfachte Verfahren und Anhaltswerte, Beuth Verlag, April 2007.
- [5] EN 15026:2007 Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelemente – Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation, Beuth Verlag, Juli 2007.

## NEBENRAUM-KLIMAMODELL FÜR UNBEHEIZTE KELLERRÄUME RAUMKLIMAMESSUNGEN UND MODELLENTWICKLUNG

### EINLEITUNG

Im Zuge einer hygrothermischen bzw. energetischen Sanierung bestehender Gebäude und Bauteile ist für deren Bemessung eine präzise Definition der Randbedingungen erforderlich. Meist grenzen einige Bauteile an unbeheizte Nebenräume, deren Klimazustand unbekannt ist. Um die hygrothermischen Bedingungen dieser Räume zu bestimmen, wurden verschiedene Rechenmodelle im Rahmen eines Forschungsprojekts entwickelt, dessen Ergebnisse in [1] detailliert enthalten sind. Nachfolgend wird ein auf Messdaten basierendes Modell für Kellerräume vorgestellt.

### UNBEHEIZTE KELLERRÄUME

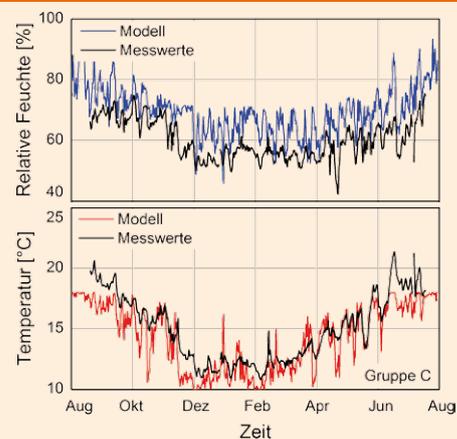
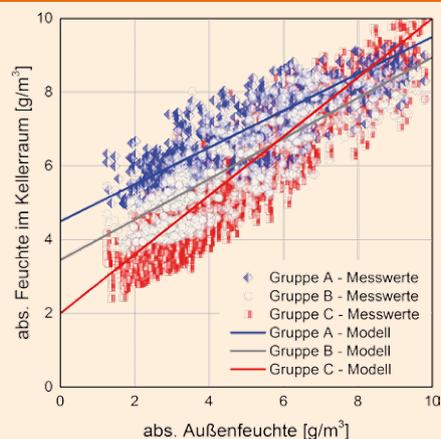
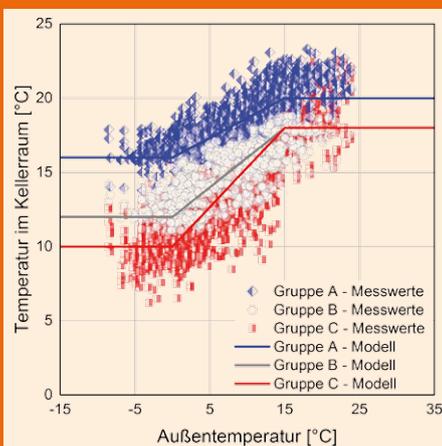
Bei den untersuchten Kellern handelt es sich um unbeheizte Nebenräume, deren Außenwände meist aus Stahlbeton oder Mauerwerk bestehen und keine oder nur eine geringe Wärmedämmung aufweisen. Dementsprechend werden die hygrothermischen Bedingungen in den Kellerräumen maßgeblich durch das Außenklima bzw. durch Temperatur und Speichermasse des Erdreichs bestimmt. Eine hygrothermische Bemessung der Kellerbauteile ist bisher nur schwer möglich, da die Raumklimaverhältnisse meist unbekannt sind und sich in Normen/Richtlinien allenfalls pauschale thermische Angaben finden [2-4].

### RAUMKLIMAMESSUNGEN

Die Klimamessungen erfassen einen Zeitraum von etwa zwei Jahren, was eine genaue Analyse der Daten in den kritischen Jahreszeiten ermöglicht. Für die Entwicklung des Modells wurden in 15 Kellerräumen stündliche Werte für Temperatur und relative Luftfeuchte aufgezeichnet. Parallel dazu werden die Messdaten der IBP-Wetterstation in Holzkirchen als Referenz für Außentemperatur und -luftfeuchte herangezogen. Zur Auswertung werden im Folgenden analog zu anderen Raumklimamodellen, z. B. aus [5], die gleitenden Tagesmittelwerte verwendet, da die Räume eher träge reagieren und kurzfristige Schwankungen für die Bauteilbeurteilung nur von geringer Relevanz sind.

Die Anzahl der Messräume deckt eine große Bandbreite in Bezug auf Volumen, Geometrie, Konstruktionstypen, angrenzende Klimata, Belüftung und Nutzung ab. Dabei wird die in unbeheizten Kellerräumen typischerweise vorkommende Nutzung wie Lager oder Vorratskeller, aber auch Waschküche und Trockenraum mit evtl. erhöhten Feuchtelasten berücksichtigt.

Da das Dämmniveau der Kellerwände einen der stärksten Einflussfaktoren darstellt, werden die Varianten, abhängig vom U-Wert  $[W/m^2K]$ , zur Auswertung in drei Gruppen eingeteilt:



## 1 a – c

- Gruppe A: gut gedämmt, U-Wert  $\leq 0.4$
- Gruppe B: mäßig ged.,  $0.4 < \text{U-Wert} < 0.7$
- Gruppe C: nicht gedämmt, U-Wert  $\geq 0.7$

Bei gut gedämmten Konstruktionen wird aufgrund der dabei meist vorhandenen dichteren Fenster die Belüftung reduziert, was eine höhere Temperatur und Feuchtelast im Raum zur Folge hat.

### ANSATZ

Zunächst erscheint es naheliegend, bereits verfügbare Raumklimamodelle für die Kellernutzung zu modifizieren. Dazu wird z. B. der Ansatz nach EN 15026 herangezogen [5], der Raumlufttemperatur und -feuchte in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur beschreibt. Ähnlich wie beim Wohnraumklimamodell nach Norm können auch im Keller Außentemperaturbereiche identifiziert werden, bei denen sich das Raumklima ändert und solche, bei denen kaum Änderungen feststellbar sind. Während bei steigenden Außenlufttemperaturen zwischen etwa  $0^\circ\text{C}$  und  $15^\circ\text{C}$  auch ein Anstieg der Lufttemperatur im Keller zu beobachten ist, bleibt diese bei höheren bzw. niedrigeren Außenluftwerten annähernd konstant (Bild 1a, Diagramm 1). Die gemessenen Temperaturen in den verschiedenen Kellertypen liegen dabei zwischen  $10^\circ\text{C}$  und  $16^\circ\text{C}$ , wenn die Außentemperatur unter  $0^\circ\text{C}$  liegt. Im Bereich über  $15^\circ\text{C}$  wurden Werte zwischen  $18^\circ\text{C}$  und  $20^\circ\text{C}$  gemessen, welche aufgrund der fehlenden Sonneneinstrahlung, der niedrigen Erdoberflächentemperatur und dessen großer thermischer Masse meist niedriger liegen als die Außenlufttemperatur. Durch die gute Dämmung ist bei Kellerräumen der Gruppe A (blaue Kurve) auch bei tiefen Außentemperaturen nur eine mäßige Abkühlung auf minimal etwa  $16^\circ\text{C}$  zu beobachten. Auch im Sommer ergeben sich hier mit bis zu  $23^\circ\text{C}$  die höchsten Temperaturen. Umgekehrt verhält es sich in den nicht gedämmten Kellerräumen der Gruppe C

(rote Kurve). Hier wurden im Winter die tiefsten Werte von  $10^\circ\text{C}$  gemessen, während sie sich in einzelnen Fällen im Sommer tagsüber zwar fast genauso stark erwärmen, in der Nacht aber schneller wieder abkühlen.

Für den Wohnraum wird nach Norm die relative Luftfeuchte ebenfalls aus der Außenlufttemperatur abgeleitet. Dieser Ansatz erweist sich für die Kellerräume auf Grund der stärker schwankenden Raumtemperaturen und damit auch relativen Feuchten als nicht geeignet: Die Abweichungen zwischen Messungen und Modell bleiben bei allen in Anlehnung an die Norm gewählten Ansätzen zu groß.

Als deutlich besser geeignet stellt sich dagegen der Zusammenhang zwischen der absoluten Luftfeuchte in Keller und Außenluft heraus. Dieser lässt sich vergleichsweise einfach über die in Bild 1b, Diagramm 2 dargestellte lineare Beziehung bei recht guter Übereinstimmung und nur geringer Streuung beschreiben. Die absolute Kellerraumluftfeuchte weist im Winter mit ca. 3 bis  $6\text{ g/m}^3$  die niedrigsten Werte auf. Zu dieser Zeit sind auch die größten Abweichungen zwischen den verschiedenen Gruppen zu beobachten. Bei  $2\text{ g/m}^3$  absoluter Luftfeuchte außen ist innen bei Gruppe A (blaue Kurve) eine zusätzliche Feuchtelast von  $3.5\text{ g/m}^3$  zu beobachten, bei Gruppe B (grau) sind es  $2.5\text{ g/m}^3$  und bei Gruppe C (rot)  $1.5\text{ g/m}^3$ . Die Unterschiede zwischen außen und innen nehmen mit steigender absoluter Feuchte bzw. Außentemperatur ab, bis sie sich im Sommer bei ca.  $9\text{ g/m}^3$  weitgehend angeglichen haben.

Wie erwähnt, waren für zwei Trockenräume für Wäsche größere Feuchtelasten erwartet worden; die Messungen haben aber in beiden Fällen gezeigt, dass die Feuchtegehalte gegenüber den übrigen Räumen

nicht erhöht waren – bei adäquater Belüftung scheint also keine gesonderte Behandlung erforderlich.

### VALIDIERUNG

Abschließend wurde das Modell für jede Kellergruppe bezüglich der Temperatur- und Feuchteverhältnisse validiert. Exemplarisch ist der Vergleich für einen Raum der Gruppe C dargestellt (Bild 1c, Diagramme 3,4). Eine weitere Validierung des Modells erfolgte anhand von Bauteilberechnungen mit WUFI® Pro (ohne Abbildung) – also der Anwendung, für die das Rechenmodell erstellt wurde. Eine detaillierte Beschreibung der umfangreichen Validierungen ist in [1] enthalten.

### FAZIT

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Kellerraummodell das gemessene Raumklima für Bemessungszwecke in zufriedenstellend guter Genauigkeit wiedergibt. Bei den simulierten Konstruktionen ergeben sich gegenüber den Messdaten leicht auf der sicheren Seite liegende Feuchteverhältnisse, so dass das Modell für die hygrothermische Bemessung von Kellerbauteilen geeignet erscheint. Derzeit erfolgt eine Implementierung der Nebenraumklimamodelle in die hygrothermische Simulationssoftware WUFI®.

1 a – c Modellansatz und Validierung  
 Diagramm 1 – Temperaturmodell: Nebenraumtemperatur in Abhängigkeit von der Außentemperatur.  
 Diagramm 2 – Feuchtemodell: absolute Feuchte im Nebenraum, abhängig von der abs. Außenfeuchte.  
 Diagramme 3,4 – Validierung: Vergleich gemessener und abgeleiteter Werte am Beispiel eines Kellers der Gruppe C.