

29 (2002) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

A. Holm, K. Sedlbauer, J. Radon, H.M. Künzel

Einfluß der Baufeuchte auf das hygrothermische Verhalten von Gebäuden

Problemstellung

Wie stark muss beim Erstbezug eines Hauses gelüftet werden? Reicht täglich mehrmaliges Stosslüften zur Beseitigung der Baufeuchte? Sind feuchteundurchlässige Fliesen oder wasserdampfsorbierende Putzoberflächen im Badezimmer günstiger? Warum kann ein Einbau neuer Fenster bei Altbauwohnungen Schimmelpilzwachstum zur Folge haben? Wie muss ein energetisch optimiertes Oberflächen-Temperiersystem in historischen Gebäuden ausgelegt sein? Solche und ähnliche Fragestellungen sind nur durch eine genaue Betrachtung der hygrothermischen Wechselwirkungen zwischen den äußeren Klimabedingungen und dem Raum mit seinen Bauteilen und Inneneinrichtungen, zu beantworten.

Eine rechnerische Analyse der hygrothermischen Verhältnisse in Räumen kann realistische Ergebnisse liefern, wenn die wesentlichen instationären Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Neben der energetischen Raumbilanzierung ist eine Verknüpfung mit den feuchtetechnischen Prozessen in den Umschließungsflächen für die o.g. Fragestellungen erforderlich. Die in der Literatur bekannten Berechnungsmodelle enthalten bisher jedoch nur relativ vereinfachte Ansätze zum Feuchteverhalten, wie in [1] beschrieben wird. Die kombinierten Effekte der instationären Sorptions-, Diffusions und Kapillarleitungsvorgänge in den Umschließungsflächen werden nicht oder nur unvollständig berücksichtigt. Letztere spielen insbesondere während der Austrocknungsphase

von Bauteilen eine große Rolle. Baufeuchte bzw. durch Niederschlag oder Grundwasser erhöhte Materialfeuchte führen zu vermehrten Transmissions- und Latentwärmeverlusten und zu einer Steigerung der erforderlichen Lüftungsrate mit entsprechend erhöhten Lüftungswärmeverlusten. Die feuchtebedingten Wärmeverluste haben nicht nur höhere Kosten, sondern gelegentlich auch eine Beeinträchtigung der Behaglichkeit zur Folge, wenn der zusätzliche Wärme- bzw. Lüftungsbedarf bei der Auslegung von Heizung und RLT-Anlage nicht berücksichtigt wurde. Darüber hinaus erscheint es aufgrund der Schimmelpilzbildung [2] in Wohnräumen wesentlich, konkrete Lüftungsanforderungen in Abhängigkeiten von den instationären Feuchtelasten zu definieren.

Neues hygrothermisches Raummodell

Mit Hilfe des Rechenmodells WUFI+ 1.0 [3], das eine Verknüpfung von energetischer Gebäude- und hygrothermischer Bauteilberechnung beinhaltet, ist eine Quantifizierung der Temperatur- und Feuchteverhältnisse sowohl im Gebäude als auch in seinen Umschließungsflächen möglich. In Abhängigkeit vom Außenklima und den Heizungs- und Lüftungsgegebenheiten sind die hygrothermischen Bedingungen im Raum und an den Innenoberflächen genauso bestimmbar wie die Wärmeverluste durch Transmission, Verdunstung und Lüftung. Aufgrund der Annahme eines „perfekten“ Luftaustausches innerhalb des Gebäudes (ideale Durchmischung) wird ein Einzonenmodell zu Grunde gelegt. In [1] erfolgt eine Erläuterung der theoretischen Ableitung des Rechenmodells sowie Hinweise zu dessen Validierung.

Zur energetischen Verifizierung wurden anhand eines typischen Anwendungsbeispiels die Ergebnisse von WUFI+ 1.0 [3] mit denen des Gebäudeberechnungsprogramms TRNSYS [4] verglichen. Dabei wird das thermische Verhalten eines zweistöckigen Wohnhauses berechnet und der mit den beiden Programmen ermittelte monatliche Heizwärmebedarf verglichen. Die zeitliche Tendenz wird von WUFI+ 1.0 richtig wieder gegeben [1], der errechnete jährliche Heizwärmebedarf liegt etwa 2 % unter den Ergebnissen von TRNSYS [7]. Diese geringe Abweichung dürfte im Rahmen der Rechengenauigkeit solcher Programmsysteme liegen. Somit sind die Voraussetzungen gegeben, erste Berechnungen durchzuführen. Im folgenden wird ein typisches Beispiel, nämlich die Ermittlung des Einflusses der Baufeuchte auf den Heizenergieverbrauch und die relative Feuchte im Raum gezeigt.

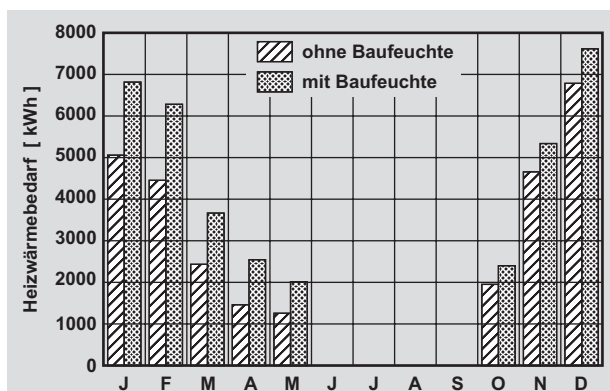


Bild 1: Monatlicher Heizwärmebedarf eines Raumes mit Baufeuchte bzw. ohne (d.h. im ausgetrockneten Zustand der Außenwände).

Einfluss der Baufeuchte auf den Heizenergieverbrauch

Die in einer Wandkonstruktion enthaltene Feuchte vermindert deren Wärmedämmwirkung; deshalb ist eine rasche Trocknung neben hygienischen (z.B. Schimmelpilzrisiko [2]) auch aus energetischen Gründen wünschenswert. Untersuchungen haben gezeigt, dass der projektierte U-Wert bei dämmenden Mauersteinen erst nach zwei bis drei Jahren erreicht wird [5]. Zum feuchtebedingten Anstieg der Transmissionswärmeverluste kommt allerdings auch eine Erhöhung der Lüftungswärmeverluste, bedingt durch die Notwendigkeit, die nach innen wandernde Baufeuchte durch zusätzlichen Luftaustausch abzuführen. Die Quantifizierung der feuchtebedingten Energieverluste erfolgt durch Vergleichsrechnungen für ein trockenes und ein baufeuchtes Mauerwerk. Dazu wird bei dem in [1] beschriebenen Anwendungsbeispiel der Anfangswassergehalt in den Leichtbeton-Wänden auf 200 kg/m^3 gesetzt; dies entspricht der Produktionsfeuchte leichter Porenbetonsteine und damit in der Regel auch der anfänglichen Baufeuchte solcher Konstruktionen. Neben dem monatlichen Heizwärmebedarf wird auch die resultierende relative Feuchte im Innenraum mittels WUFI+ 1.0 [3] ermittelt.

Die Ergebnisse für den monatlichen Heizwärmebedarf mit und ohne Baufeuchte sind in Bild 1 dargestellt. Die Baufeuchte führt im ersten Jahr bei den zugrunde gelegten Randbedingungen zu einer Erhöhung des Heizwärmebedarfs von 56 auf $74 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, was etwa 30 % des gesamten jährlichen Heizwärmebedarfs im ausgetrockneten Zustand entspricht. Die zu erwartende Dämmwirkung wird, wie die Berechnungen gezeigt haben, in diesem Fall erst nach 3 Jahren voll erreicht. Die Baufeuchte wirkt sich aber nicht nur auf den Energieverbrauch, sondern auch auf die Raumluftqualität aus. Deshalb ist in Bild 2 zusätzlich der errechnete Verlauf der Innenluftfeuchte für beide Fälle abgebildet. Die baufeuchten Mauersteine geben ihre Anfangsfeuchte nicht

nur an die Außenluft ab, sondern auch in erheblichem Maße an den Innenraum. Dies zeigt sich deutlich, wenn man die errechneten relativen Feuchten im Innenraum miteinander vergleicht. Bei einem zugrunde gelegten konstanten Luftwechsel von 0.3 h^{-1} liegt während der ersten Monate die relative Luftfeuchte im Innenraum im Fall „mit Baufeuchte“ im Durchschnitt etwa 15 bis 20 % über dem errechneten Fall „ohne Baufeuchte“. Erst am Ende des Beobachtungszeitraumes sind die Feuchteinträge über die Außenwände in den Innenraum soweit zurückgegangen bzw. laufen so langsam ab, dass sich die beiden errechneten Verläufe langsam annähern. Aus hygienischen Gründen wird es sinnvoll sein, den Luftwechsel zu erhöhen, um diese Feuchtespitzen auszugleichen

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Das neue, auf Basis eines bereits vielfach verifizierten Bauteilberechnungsmoduls [6] entwickelte Programm zur Ermittlung des hygrothermischen Verhaltens von Räumen dient, wie exemplarisch gezeigt, u.a. als Basis für rechnerische Untersuchungen des Einflusses der Baufeuchte auf den jährlichen Heizenergiebedarf. Das hier vorgestellte Programm ist der Anfang einer neuen Entwicklung. Der experimentelle Nachweis wird durch zur Zeit laufende Untersuchungen im Freigelände der Fraunhofer-Instituts für Bauphysik geführt. Die Frage nach der geeigneten Lüftungsstrategie soll im Rahmen von weiteren Untersuchungen beantwortet werden. Dazu gehören die Feuchtepufferwirkung der Umschließungsflächen bei Änderungen der Feuchtebelastung im Raum und die Feuchtesorption bzw. -desorption bei Änderungen der Raumlufttemperatur genauso wie die Analyse eines hinsichtlich der Reduzierung der Schimmelpilzgefahr optimierten Lüftungsverhaltens.

Literatur

- [1] Holm, A.; Radon, J.; Künzel, H.M.; Sedlbauer, K.: Berechnung des hygrothermischen Verhaltens von Räumen. Erscheint demnächst.
- [2] Sedlbauer, K.: Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen. Dissertation Universität Stuttgart (2001).
- [3] Holm, A.; Künzel, H.M. und Radon, J.: WUFI+ 1.0. Rechenprogramm zur instationären Berechnung des Wärme- und Feuchteverhaltens von Räumen, Holzkirchen (2002).
- [4] Trnsys: <http://sel.me.wisc.edu/trnsys>.
- [5] Krus, M. und Künzel, H.M.: Berechnung des Feuchtehaushaltes von Porenbetonbauteilen. Gesundheits-Ingenieur 117(1996), H. 3, S. 134-139
- [6] Künzel, H.M.: Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. Dissertation Universität Stuttgart 1994.

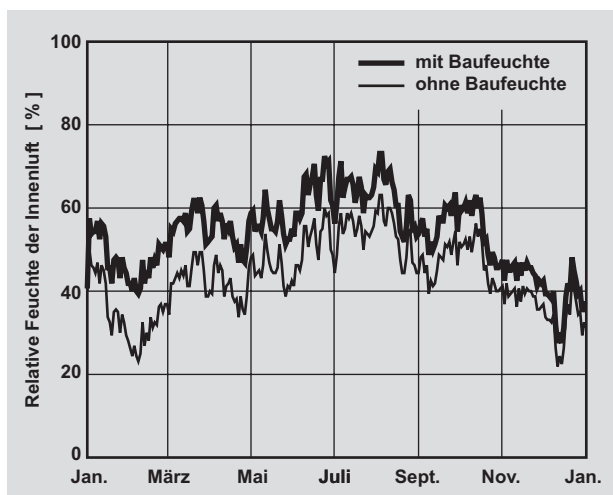


Bild 2: Zeitlicher Verlauf der relativen Feuchte der Innenluft des untersuchten Raumes in Abhängigkeit von der Baufeuchte.

Die Untersuchungen wurden mit finanziellen Mitteln des Bundeswirtschafts-Ministeriums gefördert.



Fraunhofer
Institut
Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK (IBP)

Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis
D-70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/9 70-00
D-83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0