

### **III/1.3 Mehrbedarf an Lüftung und Heizenergie bei vorhandener Baufeuchte**

Martin Krus, Klaus Sedlbauer, Andreas Holm, Hartwig M. Künzel

Bei der Bauwerkserstellung werden außer im Trockenbau meist große Mengen an Wasser in den Rohbau eingebracht (Baufeuchte). Um eine Vorstellung dieser Feuchtemengen zu erhalten, kann für den Massivbau von bis zu 100 l/m<sup>2</sup> Wohnfläche ausgegangen werden. Das bedeutet für ein Einfamilienhaus mit ca. 120 m<sup>2</sup> Wfl. etwa eine Tonne Baufeuchte. Die in einer Wand, Dach-, und Deckenkonstruktion enthaltene Feuchte vermindert deren Wärmedämmwirkung; deshalb ist eine rasche Austrocknung neben hygienischen auch aus energetischen Gründen wünschenswert. Untersuchungen haben gezeigt, dass der projektierte U-Wert bei dämmenden Mauersteinen, wie z.B. porosierten Hochlochziegel oder Porenbeton, oft erst nach ein bis drei Jahren erreicht wird [1]. Zum feuchtebedingten Anstieg der Transmissionswärmeverluste kommt auch eine Erhöhung der Lüftungswärmeverluste, bedingt durch die Notwendigkeit, die nach innen wandernde Baufeuchte durch zusätzlichen Luftaustausch abzuführen. Die Quantifizierung der feuchtebedingten Energieverluste erfolgt, wie anschließend dargestellt, durch Vergleichsrechnungen für ein trockenes und ein baufeuchtes Mauerwerk an einem Modellhaus. Neben dem monatlichen Heizwärmebedarf wird auch die resultierende relative Feuchte im Innenraum mithilfe des hygrothermischen Raummodells ermittelt. Für diese Berechnungen kommt das in Abschnitt III/1.0 erläuterte Raumklimamodell WUFI<sup>®</sup>-Plus zum Einsatz.

#### **Durchführung der Untersuchungen, Randbedingungen**

Den Berechnungen wurde als Modell ein 2-geschossiges Haus mit einer Höhe von 6,5 m, 250 m<sup>2</sup> Grundfläche und einem Volumen von 1625 m<sup>3</sup> zugrunde gelegt. In diesem Wohnhaus befinden sich vier Dreizimmerwohnungen mit ca. 55 m<sup>2</sup> Wohnfläche. Das Haus hat eine Länge von 20 m in Ost-Westrichtung und 12,5 m in Nord-Südrichtung. Das Gebäude besitzt keinen Keller und wird nach oben hin von einem Flachdach (Umkehrdach - Stahlbetondecke mit 180 mm Dämmung) abgeschlossen. Die Regenwasserpenetration der Dämmschicht wird nicht berücksichtigt. Die Außenwände bestehen aus einschaligem Porenbeton (36,5 cm) mit mineralischem Außenputz und Gipsinnenputz. In die Südfassade sind insgesamt 50 m<sup>2</sup>, in die restlichen drei Fassaden 20 m<sup>2</sup> Fensterfläche integriert. Die Fenster haben einen U-Wert von 1,4 W/(m<sup>2</sup>K), einen gw-Wert von 0,56 und einen Rahmenanteil von 15 %. Der Aufbau des Daches und des Bodens sowie der Innenbauteile ist Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Übersicht über den Aufbau des untersuchten Gebäudes.

Bauteil	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Aufbau
Umkehrdach	250	Kiesschüttung Dachbahn V13 200 mm Beton 15 mm Innenputz
Boden	250	60 mm Zementfließestrich 80 mm Wärmedämmung Bituminöse Schicht 160 mm Beton
Innendecke	250	60 mm Zementfließestrich 30 mm Wärmedämmung 180 mm Beton 15 mm Innenputz
Tragende Innenwand	100	15 mm Innenputz 150 mm Beton 15 mm Innenputz
Trennende Innenwand	160	20 mm Gipskartonplatte 50 mm Mineralwolle 40 mm Luftschicht 20 mm Gipskartonplatte

Als klimatische Randbedingungen werden gemessene Stundenwerte eines für Holzkirchen typischen Jahres gewählt. Die Feuchteproduktion im Gebäude wird zeitabhängig mit 0,48 kg/h (7 h bis 21 h) bzw. 0,84 kg/h (21 h bis 7 h) angesetzt. Das bedeutet eine tägliche Feuchteproduktion von etwa 5 Litern pro Wohnung. Dies entspricht einer geringen Feuchtelast, wie z.B. in Wohnungen von tagsüber Berufstätigen. Der Luftaustausch wird durch eine konstante Luftwechselzahl von 0,3 h<sup>-1</sup> vorgegeben. Die internen Wärmegewinne betragen 1,2 kW. Berechnet wird der Heizwärmebedarf eines Jahres (Beginn: 1. Januar) für eine geforderte Mindesttemperatur der Raumluft von konstant 19 °C.

Für den langfristigen Zustand (ohne Baufeuchte) wird bei allen Bauteilen zunächst von einem praktischen Feuchtegehalt über den gesamten Querschnitt ausgegangen, d.h. von einem Sorptionswassergehalt bei 80 % relativer Luftfeuchte. Im baufeuchten Zustand wird der Anfangswassergehalt in den Wänden auf 200 kg/m<sup>3</sup> (20 Vol.-%) gesetzt. Dies entspricht der Produktionsfeuchte von Porenbeton und damit in der Regel auch der Feuchte des Porenbeton-Mauerwerks zu Baubeginn. Vergleichbare Anfangswassergehalte können sich auch bei anderen Wandbildnern wie z.B. Beton oder Ziegel ergeben.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse für den monatlichen Heizwärmebedarf mit und ohne Baufeuchte sind in Bild 1 oben dargestellt. Im ausgetrockneten Zustand beträgt der jährliche Heizwärmebedarf 56 kWh/m<sup>2</sup>. Die Baufeuchte führt im ersten Jahr bei den zugrunde gelegten Randbedingungen zu einer Steigerung des Heizwärmebedarfs auf 74 kWh/m<sup>2</sup>a, was einer feuchtebedingten Erhöhung um mehr als 30 % entspricht.

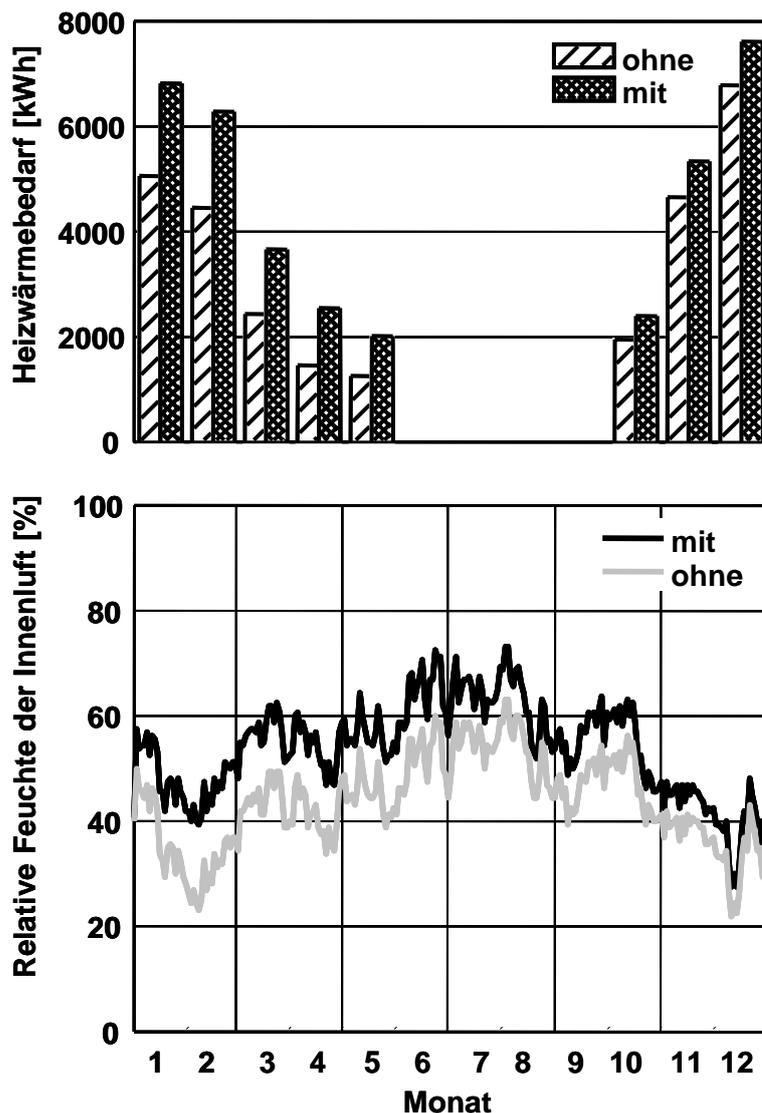


Bild 1: Auswirkung der Baufeuchte des Porenbetons auf den monatlichen Heizwärmebedarf (oben) und auf die zeitliche Entwicklung der relativen Feuchte der Raumluft (unten).

Die Baufeuchte wirkt sich aber nicht nur auf den Energieverbrauch, sondern auch auf die Raumluftqualität aus. Deshalb ist in Bild 1 unten zusätzlich der errechnete Verlauf der Raumluftfeuchte für beide Fälle abgebildet. Die baufeuchten Außenwände geben ihre Anfangsfeuchte nicht nur an die Außenluft ab, sondern in erheblichem Maße auch an den Innenraum. Dies

zeigt sich deutlich, wenn man die berechneten relativen Feuchten im Raum miteinander vergleicht. Bei dem gewählten Luftwechsel von konstant  $0,3 \text{ h}^{-1}$  liegt während der ersten Monate die Raumlufftfeuchte mit Baufeuchte im Durchschnitt um etwa 15 bis 20 % relative Feuchte höher als im ausgetrockneten Zustand. Dies erhöht natürlich ganz maßgeblich das Schimmelpilzrisiko, sofern nicht durch eine erhöhte Lüftung gegengesteuert wird. Erst am Ende des Beobachtungszeitraumes sind die Feuchteinträge in das Gebäude soweit zurückgegangen bzw. laufen so langsam ab, dass sich die beiden errechneten Verläufe annähern. Schon aus hygienischen Gründen ist es sinnvoll, den Luftwechsel zu erhöhen, um zumindest die Feuchtespitzen abzubauen.

Die Berechnungen zeigen auch den Einfluss der Luftwechselrate (Bild 2). Diese wurde dabei, ausgehend von den in der Norm angenommenen  $0,5 \text{ h}^{-1}$  bis auf einen äußerst niedrigen Luftwechselwert von  $0,1 \text{ h}^{-1}$  herabgesetzt, der aufgrund der dichten Fenster und dem übertriebenen Energiesparwillen oder häufiger Abwesenheit mancher Bewohner in einigen Fällen zumindest zeitweise realistisch sein dürfte.

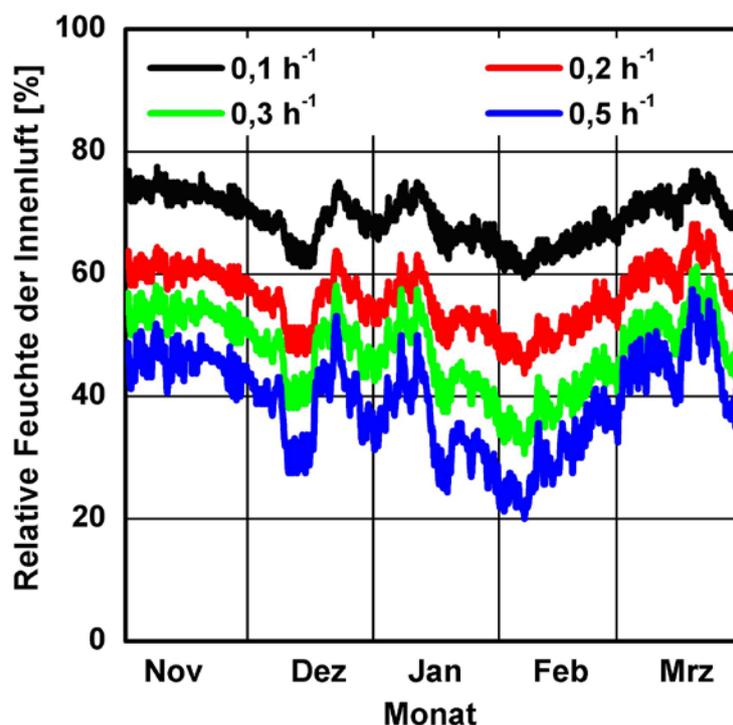


Bild 2: Mit dem hygrothermischen Raummodell ermittelte Zeitverläufe der Raumlufftfeuchte mit Baufeuchte für verschiedene Luftwechselraten.

Die in Bild 2 dargestellten Verläufe der Raumlufftfeuchte dienen als Eingangsgröße für die Bewertung des Schimmelpilzrisikos mit dem Isoplethenmodell (s. III/1.0). Zur Berechnung der Temperaturen an den Innenoberflächen von Außenwänden hinter Schränken oder Gardinen werden die in Beitrag III/1.1 dargestellten Wärmeübergangswiderstände in den Ecken und für die Möblierung verwendet. Die Ergebnisse für die erste Heizperiode beruhen darauf, dass der Bezug der Wohnung einen Monat nach Baufertigstellung stattfindet.

Bild 3 zeigt die auf die beschriebene Weise ermittelten Ergebnisse für unterschiedliche Luftwechselraten. Trotz Baufeuchte wird weder bei einem Luftwechsel von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  noch bei einem verringerten Luftwechsel von  $0,3 \text{ h}^{-1}$  ein Schimmelpilzwachstum prognostiziert (beide Fälle nicht dargestellt). Wird die Luftwechselrate dagegen auf  $0,2 \text{ h}^{-1}$  reduziert (Bild 3 links), kommt es in der Ecke hinter dem Schrank rasch zur vollständigen Auskeimung. Während in der freien Wanddecke nur ein geringfügiges Myzelwachstum zu erwarten ist, wird in der Ecke hinter dem Schrank ein deutliches Wachstum berechnet. Wird der Luftwechsel weiter reduziert ( $n = 0,1 \text{ h}^{-1}$ ), kommt es in der Ecke in kürzester Zeit zur Auskeimung, gefolgt von starkem Myzelwachstum (Bild 3 rechts). In diesem Fall ist sogar auf der ungestörten Wand mit Schimmelbildung zu rechnen.

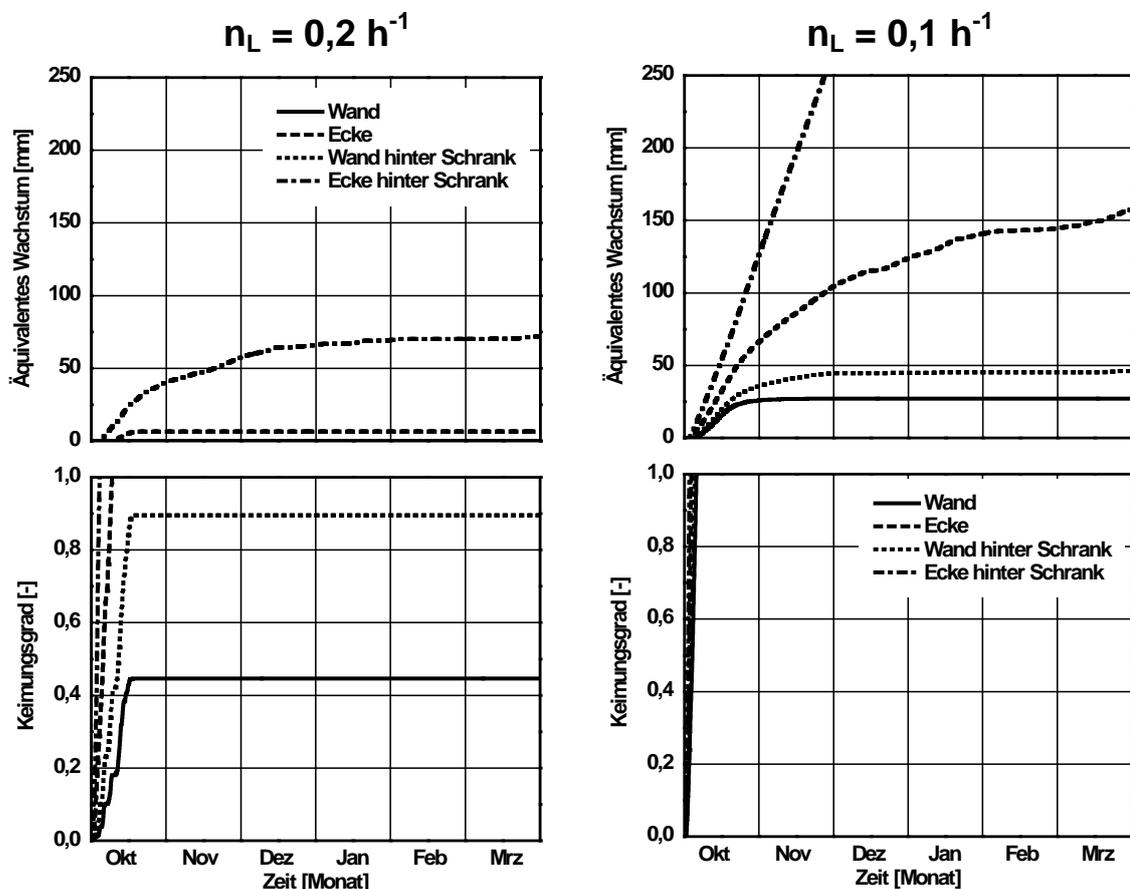


Bild 3: Mit dem Isoplethenmodell ermittelte Zeitverläufe von Keimung (Bild unten) und Wachstum der Spore (Bild oben) für verschiedene Stellen an der Wand (freie Wand und Wanddecke und hinter einem Schrank und dortige Ecke) bei einer geringen Luftwechselrate von  $0,2 \text{ h}^{-1}$  (links) und von  $0,1 \text{ h}^{-1}$  (rechts).

Im Folgenden wird der Einfluss eines gesteigerten Grundluftwechsels auf die Reduzierung der Raumluftfeuchte sowie die damit verbundene Erhöhung des Lüftungswärmebedarfs dargestellt (siehe auch [3]). In Tabelle 2 ist der

resultierende Heizwärmebedarf im baufeuchten Zustand für drei verschiedene Luftwechselraten (0,3, 0,6 und 0,9 h<sup>-1</sup>) angegeben. Die sich einstellende relative Luftfeuchte im Gebäude zeigt Bild 4. Die erhöhte Feuchtebelastung im Raum durch die anfängliche Baufeuchte während der ersten Monate kann durch den etwas höheren Grundluftwechsel von 0,6 h<sup>-1</sup> vor allem in den Wintermonaten spürbar reduziert werden. Dies führt aber zu einem Anstieg des Heizwärmebedarfs auf 110 kWh/m<sup>2</sup>a und damit zu einer Verdoppelung im Vergleich zum ausgetrockneten Zustand mit einem zur Schimmelpilzvermeidung sicher ausreichenden Luftwechsel von 0,3 h<sup>-1</sup>. Eine weitere Erhöhung des Luftwechsels auf 0,9 h<sup>-1</sup> reduziert die Raumluffteuchte dagegen nur in den ersten zwei Monaten merklich. Der errechnete Heizwärmebedarf steigt weiter an.

Tabelle 2: Errechneter Heizwärmebedarf bei unterschiedlichen Luftwechselraten im baufeuchten Zustand.

Luftwechsel [h <sup>-1</sup> ]	Heizwärmebedarf [kWh/m <sup>2</sup> a]
0,3	74 (56*)
0,6	110
0,9	145

\*) zum Vergleich: normal trocken

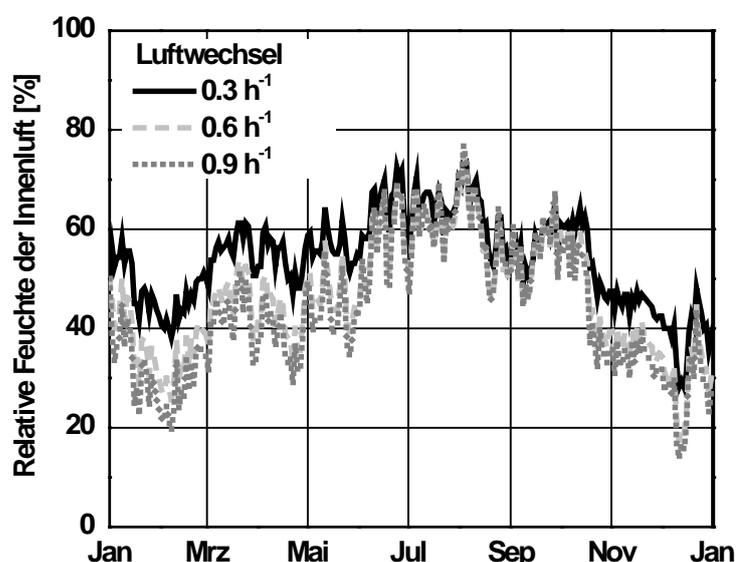


Bild 4: Monatlicher Verlauf der Raumluffteuchte bei unterschiedlichen Lüftungsbedingungen ausgehend vom baufeuchten Zustand des Gebäudes.

## Zusammenfassung, Beurteilung und Folgerungen

Am Beispiel eines Wohngebäudes mit Außenwänden aus fabrikfrischen Porenbetonsteinen wird mit WUFI-Simulationsrechnungen die Bauaustrocknung ermittelt sowie der feuchtebedingte Heiz-Mehraufwand erfasst und

die Möglichkeit des Auftretens von Schimmelpilzbildung abgeschätzt. Die Ergebnisse sind als ungünstiger Fall von Baufeuchte zu bewerten; bei anderen Wandbildern – insbesondere bei Mauerwerk aus gebrannten Steinen - ist mit deutlich geringeren Werten der Anfangsfeuchte zu rechnen.

Die Ergebnisse zeigen, dass im ersten Jahr in Neubauwohnungen mit einem etwas erhöhten Luftwechsel – nämlich im Mittel  $0,6 \text{ h}^{-1}$  statt eines mit  $0,3 \text{ h}^{-1}$  angenommenen Durchschnittswertes – die Baufeuchte ausreichend abgeführt werden kann. Bei stärkerer Belüftung ist nur in den ersten Monaten mit einem besseren Trocknungseffekt zu rechnen, jedoch steigt der Heizwärmebedarf. Bei der heute geforderten und üblichen Wärmedämmung von Außenwänden ist auch bei erhöhter Baufeuchte im ersten Jahr, unter durchschnittlichen Wohnbedingungen nicht mit Schimmelpilzbildung an Außenwänden zu rechnen. Erst bei unüblichen Wohnverhältnissen (mittlerer Luftwechsel bei  $0,2 \text{ h}^{-1}$  und hoher Anfangsfeuchte kann Schimmel in Neubauten auftreten. Fazit: In Neubauwohnungen heutiger Dämmstandards soll verstärkt aber nicht übermäßig gelüftet werden. Eine erhöhte Gefahr der Schimmelpilzbildung besteht aber bei normalen Verhältnissen nicht.

### **Literatur**

- [1] Erhorn, H. et al.: Niedrigenergiehäuser. Veröffentlichung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, Stuttgart, 1994.
- [2] Sedlbauer, K.: Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen. Dissertation Universität Stuttgart (2001).
- [3] Sedlbauer, K.; Holm A.; Künzel, H.M.: Hygrothermisches Raummodell zur Berechnung der instationären Feuchte- und Temperaturverhältnisse in Wohnungen. Tagungsbeitrag zur ENSAN-Veranstaltung Rückblick, Querschnitte, Ausblicke des BMBF. 3 - 4. Juli 2002, Stuttgart, S. 37 - 56.