

# IBP-Mitteilung

422

29 (2002) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

K. Sedlbauer, W. Zillig, A. Holm

## Schimmelpilzbildung und Lüftung

### Einleitung

Im Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) wurde ein hygrothermisches Raummodell [1] sowie eine Vorhersagemethode für Schimmelpilze [2] entwickelt. Im Folgenden wird anhand eines Beispiels gezeigt, wie mit Hilfe der hygrothermischen Raumanalyse das feuchtetechnische Verhalten eines Gebäudes ermittelt werden kann und welche Konsequenzen daraus, vor allem für die Bewertung einer möglichen Schimmelpilzbildung, zu ziehen sind [3].

### Beurteilung unterschiedlicher Einflussgrößen für Schimmelpilzbildung

Im Folgenden werden Berechnungen mithilfe des feuchtetechnischen Raummodells sowie des Isoplethenmodells durchgeführt. Ziel ist einzelne Lüftungstechnische Einflussgrößen in Bezug auf Schimmelpilzbildung zu bewerten. Tabelle 1 zeigt dazu die Parametervariationen. Insgesamt sind

die Luftwechselzahl, die Feuchtelast, der  $s_d$ -Wert der inneren Oberflächen, der Wärmedurchgangskoeffizient der Wand sowie die äußeren und inneren Klimarandbedingungen und die maximale Heizlast variiert worden. Den Berechnungen liegt ein 10 m x 10 m x 2,6 m großes Gebäude mit adiabatisch getrenntem Fußboden und Decke sowie fensterlosen Außenwandkonstruktionen aus 10 mm Außenputz, 30 cm Porenbeton der Wärmeleitfähigkeit von 0,1 W/(m K) und 15 mm Gipsinnenputz zugrunde. Das Außenklima wird als konstant angenommen. Als Startbedingungen für die Berechnungen wird eine Ausgleichsfeuchte aller Bauteile bei 80 % Umgebungsfeuchte angenommen. Die Rechnungsläufe werden so lange fortgesetzt, bis der eingeschwungene Zustand erreicht ist. Die Ergebnisse dieser Berechnungen – Stundenwerte der Temperatur und der relativen Feuchte im Wohnraum – sind als Randbedingungen für die Berechnung der hygrothermischen Situation an der

Tabelle 1: Angabe der unterschiedlichen Fälle für die Parameterberechnungen sowie Zusammenstellung der Berechnungsergebnisse.

Fall	Luftwechsel [ 1/h ]	Feuchteproduktion <sup>4)</sup> [ kg/m³h ]	$s_d$ -Wert <sup>1)</sup> [ m ]	U-Wert [ W/m²K ]	Außenlufttemp. [ °C ]	Temp. Innenraum [ °C ]	Rel. Feuchte im Raum		Rel. Feuchte Oberfläche Einbauschränk		Rel. Feuchte Oberfläche Schränk <sup>2)</sup>		Schimmelpilzbildung bei Substratgruppe	
							max.	mittel	max.	mittel	max.	mittel	I	II
							[ % ]	[ % ]	[ % ]	[ % ]	[ % ]	[ % ]		
1	0,5	12	0	0,3	-5	20	79	37	75	65	59	49	--	--
2	0,2						12	66	100	100	97	86	Schränk	Schränk
3	0,8						38	29	61	51	47	38	--	--
4	0,5	6	100	0,6	-15	16	27	27	41	47	36	35	--	--
5		3					22	22	38	38	29	29	--	--
6		55					37	95	65	72	49	--	--	
7	0,5	12	0	0,3	-5	20	48	37	100	100	76	63	Einbauschränk	Einbauschränk
8							39	29	77	62	54	42	Einbauschränk <sup>3)</sup>	Einbauschränk
9							60	47	86	76	70	60	--	--

<sup>1)</sup>  $s_d$ -Wert der raumseitigen Oberfläche  
<sup>2)</sup> freistehender Schränk  
<sup>3)</sup> Schimmelpilzbildung bereits bei Annahme eines Wärmeübergangswiderstands von 0,7 m²K/W  
<sup>4)</sup> Erhöhte Werte im Zeitraum von 6.00 bis 10.00 Uhr sowie 18.00 bis 20.00 Uhr

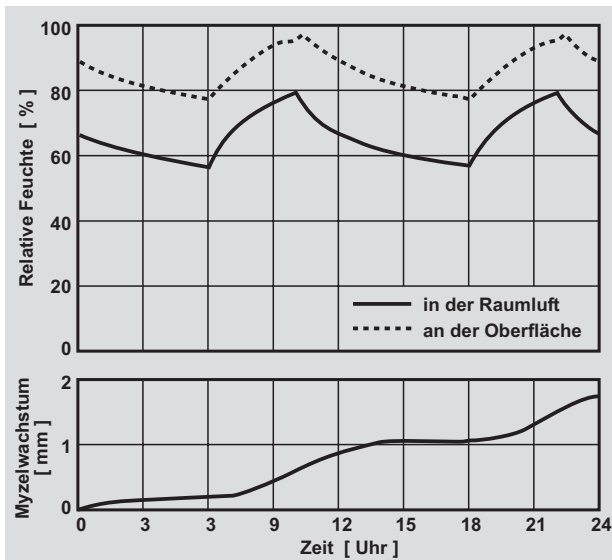


Bild 1: Mit dem hygrothermischen Raummodell berechnete Zeitverläufe der relativen Feuchte in der Raumluft sowie an der Oberfläche hinter einem Einbauschränk (Bild oben) für die Randbedingungen des in Tabelle 1 beschriebenen Falles 2 sowie des Myzelwachstums mithilfe des Isoplethenmodells (Bild unten) an dieser Stelle.

Außenwand in der Ecke, hinter einem Schrank sowie als Extremfall in der Ecke hinter einem Schrank mit dem Rechenverfahren WUFI eingesetzt worden. Zur Berechnung der Temperaturen an den Innenoberflächen von Außenwänden hinter Schränken oder Gardinen werden folgende Wärmeübergangswiderstände verwendet:

Einbauschränke:	$R_{si} = 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$
Freistehende Schränke:	$R_{si} = 0,5 \text{ m}^2\text{K/W}$
Gardinen:	$R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ungestörte Wandoberfläche:	$R_{si} = 0,2 \text{ m}^2\text{K/W}$

Die Bewertung der Schimmelpilzbildung erfolgt mithilfe der Isoplethensysteme aus [2].

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse in Bezug auf die sich im Raum sowie an der Oberfläche hinter einem Einbauschränk bzw. einem freistehenden Schrank maximal sowie im Mittel einstellende relative Feuchte zeigt wiederum Tabelle 1. Ferner ist dort angegeben, ob sich Schimmelpilze auf einem Baustoff der Substratgruppen I bzw. II bilden können. Generell erkennt man die gegenüber der Raumluft erhöhte Feuchte an der Oberfläche hinter den Schränken, wobei aufgrund des höheren Wärmeübergangswiderstands sich vor allem hinter einem Einbauschränk die höchsten Werte ergeben. Die maximalen relativen Feuchten liegen dort in den Fällen 2 und 7 bei 100 %; es tritt also Tauwasser auf. Diese Tauwasser- und Schimmelpilzbildung resultiert als Folge des mit  $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  in Fall 7 gegenüber der Grundvariante (Fall 1) erhöhten Wärmeübergangskoeffizienten. Bild 1 zeigt die mit dem hygrothermischen Raummodell berechneten Zeitverläufe der relativen Feuchte in der Raumluft sowie an der Oberfläche hinter einem Einbauschränk (Bild oben) sowie des sich an einem Tag ergebenden Myzelwachstums mithilfe des Isoplethenmodells (Bild unten). Als Randbedingungen werden die in Tabelle 1 beschriebenen Angaben

des Falles 2 beispielhaft verwendet. Man erkennt in Bild 1 die sich mit der erhöhten Feuchteproduktion ab 6.00 Uhr bzw. 18.00 Uhr einstellenden Zunahme der relativen Feuchte im Raum sowie an der Oberfläche. Man erreicht ferner, dass sich im Laufe des Tages einige mm Pilzmyzel entwickeln können. Dies liegt an der dem Fall 2 zugrunde gelegten geringen Luftwechselzahl von  $n = 0,2 \text{ h}^{-1}$ . Bei einer Erhöhung auf  $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$  (Fall 1) kann Schimmelpilzbildung ausgeschlossen werden. Die maximale relative Feuchte liegt bei dieser Variante selbst hinter einem Einbauschränk nur bei 75 % und kann durch einen auf  $0,8 \text{ h}^{-1}$  erhöhten Luftwechsel (Fall 3) sogar auf 61 % gesenkt werden. Daran erkennt man die hervorragende Wirksamkeit der Lüftung.

Eine Reduzierung der Feuchteproduktion von  $12 \text{ kg}/(\text{m}^3\text{h})$  in der Grundvariante auf  $6 \text{ kg}/(\text{m}^3\text{h})$  im Fall 4 bzw.  $3 \text{ kg}/(\text{m}^3\text{h})$  im Fall 5 lässt die mittlere relative Feuchte im Raum von 37 % auf 27 % bzw. 22 % absinken. Dies wiederum belegt den starken Einfluss der Feuchteproduktion auf die sich einstellenden Feuchten im Raum und an den Oberflächen. Die Ursache für das sich einstellende Myzelwachstum in Fall 6 liegt in der diffusionsdichten Oberfläche. Durch Annahme eines  $s_d$ -Werts von 100 m an der Innenseite der Außenwand kann keine Zwischenspeicherung der Feuchte in der Putzschicht erfolgen. Dadurch steigt kurzzeitig die relative Feuchte im Raum und vor allem an der Oberfläche an. Schimmelpilzbildung ist die Folge. Dies erkennt man auch an der relativ großen Differenz zwischen der mittleren und maximalen relativen Feuchte im Raum sowie an der Oberflächen (Fall 6).

Eine niedrigere Außenlufttemperatur von  $-15 \text{ }^\circ\text{C}$  (Fall 8) im Vergleich zur Grundvariante mit  $-5 \text{ }^\circ\text{C}$  führt im Raum zu niedrigeren Feuchten infolge des größeren Feuchteaufnahmevermögens der Außenluft, dessen relative Feuchte in beiden Fällen mit 80 % angenommen wurde. Allerdings liegt, aufgrund der bei tieferen Außenlufttemperaturen erhöhten Transmissionswärmeverluste, hinter dem Einbauschränk die maximale Feuchte an der Oberfläche höher gegenüber der Grundvariante. Die Annahme einer auf  $16 \text{ }^\circ\text{C}$  reduzierten Raumlufttemperatur führt zwar zu höheren Feuchten im Raum und an den Wandoberflächen, allerdings bei etwas niedrigeren Temperaturen. Gemäß den Wachstumsvoraussetzungen wären aber bei kleineren Temperaturen auch höhere Feuchten zum Schimmelpilzbildung erforderlich. Dies bedeutet, dass sich die beiden Effekte gegenseitig aufheben. Eine Reduzierung der Heizleistung von 5 KW auf 2 KW führt bei den verwendeten Randbedingungen zu keinen Änderungen der Feuchte- und Schimmelpilzsituation.

## Literatur

- [1] 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.
- [2] Sedlbauer, K.: Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen. Dissertation Universität Stuttgart (2001).
- [3] Sedlbauer, K.; Holm A.; Künzel, H.M.: Neuartiges feuchtetechnisches Raummodell zur Bewertung von Lüftungsstrategien. Eingereicht bei der Zeitschrift Arconis. Erscheint demnächst.
- [4] Künzel, H.M.: Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. Diss. Universität Stuttgart. (1994).