



## Lüften

### Vermeidung feuchtebedingter Schäden in Wohnräumen

Gerwin Stein

Dem regelmäßigen Lüften von Räumen in Gebäuden kommen im allgemeinen zwei Funktionen zu:

- Die Abfuhr von erhöhten Raumluftfeuchten durch den Austausch der Raumluft gegen möglichst trockene Außenluft.
- Durch die Anwesenheit von Menschen in Aufenthaltsräumen steigt nicht nur die Raumluftfeuchte. Durch das Atmen kommt es auch zu einer Erhöhung der Kohlendioxidkonzentration und zu einer Reduzierung des Sauerstoffgehaltes in der Raumluft. Darüber hinaus können Geruchs- und verschiedene Schadstoffe in einem größeren Umfang auftreten. Für diesen Fall sollen durch das Lüften, insbesondere aus hygienischer Sicht, für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen wieder annähernd ideale Luftverhältnisse hergestellt werden.

Auf Grund einer Reihe von baulichen Veränderungen, die in den letzten Jahrzehnten stattgefunden haben, hat sich die Problematik erhöhter Feuchtekonzentrationen in Wohnungen mit der damit verbundenen Gefahr der Schimmelpilzbildung vergrößert. Zu den baulichen Veränderungen zählen z.B. die Umstellung von Heizsystemen, der Austausch oder der Umbau von Fenstern, die Oberflächengestaltung von Wänden, Decken und Fußböden sowie die intensivere Nutzung von Gebäuden durch Dachgeschoßausbauten.

Häufig hat sich aber auch ein ver-

ändertes bzw. falsches Nutzungsverhalten der Bewohner schadensfördernd ausgewirkt.

Erhöhte Raumluftfeuchten in Wohnungen können in vielen Fällen durch ein, auf die spezielle Situation angepasstes, bewußtes Lüften und Heizen sowie einer Reihe flankierender Maßnahmen vermieden werden.

Sind die bauphysikalischen Randbedingungen, bedingt durch die vorhandene Nutzung oder die baulichen Gegebenheiten so kritisch, daß sich durch ein bewußtes Nutzungsverhalten alleine nicht der gewünschte Erfolg einstellt, sind in machen Fällen weitergehende Schritte, wie z.B. die Ausführung von Wärmedämmmaßnahmen oder der Einbau von Lüftungsanlagen, erforderlich.

#### Feuchteaufkommen in Wohnungen

Das Feuchteaufkommen in Wohnungen wird durch eine Reihe von Feuchtequellen beeinflusst, die sich vereinfacht in zwei Hauptgruppen unterteilen lassen:

Beim Umgang mit Wasser im Haushalt, also beim Kochen, Duschen,

Wäschetrocknen usw., werden im allgemeinen die größten Mengen an Wasserdampf freigesetzt. Geschichtlich betrachtet ist dies zurückzuführen auf Entwicklungen beim Wohnkomfort seit Beginn des 20. Jahrhunderts.

Das Hineinführen von Wasserleitungen in Gebäude und die damit verbundene Installation von Zapfstellen, Toiletten, Bädern, Waschmaschinen u.a.m. hat automatisch zu einem vermehrten Wasserverbrauch und somit auch zu einer erhöhten Feuchtebelastung beigetragen. Neben dem Umgang mit flüssigem Wasser in Wohnungen wird auch durch körpereigene Verdunstung Feuchtigkeit an die Umgebung abgegeben. Dies um so mehr, je größer die Zahl der Personen und je länger die Verweildauer in Räumlichkeiten ist. In größeren Versammlungsräumen, z.B. in Kirchen, muß dieser Feuchtequelle mehr Beachtung geschenkt werden als in einem Wohngebäude.

In durchschnittlichen Haushalten werden statistisch gesehen ca. 10 – 15 Liter Wasser pro Tag an die Raumluft abgegeben (Tabelle 1).

Feuchtequelle	Menge (g/h)	Anmerkung
Atemluft (1 Person)	20 – 70	als Dauerbelastung
Kochen	bis 1500	kurzfristige Belastung
Baden, Duschen, Waschen	bis 800	kurzfristige Belastung
Wäschetrocknen	50 – 500	je nach Trocknungsgrad
Zimmerpflanze	5 – 20	je nach Art und Größe
freie Wasserfläche (pro m <sup>2</sup> )	40	als Dauerbelastung

Tabelle 1: Feuchtequellen in Wohnungen. [1]

Lufttemperatur $v_L$ [°C]	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40
Sättigungsmasse $W_s$ [g/m³]	0,88	2,14	4,84	9,39	17,29	30,36	51,14

Tabelle 2: Wasserdampfsättigungsmassen  $W_s$  der Luft in Abhängigkeit von der Lufttemperatur.

### Verflüssigung von Wasserdampf durch Kondensation

Je nach Temperatur hat die Luft die Fähigkeit eine unterschiedlich große Menge an Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf aufzunehmen, und zwar um so mehr, je höher die Lufttemperatur ist. Das Wasseraufnahmevermögen der Luft ist allerdings begrenzt. Die Höchstmenge an Wasserdampf, die von der Luft aufgenommen werden kann wird im allgemeinen als Sättigungsmasse  $W_s$  bezeichnet und in g Wasserdampf je m³ feuchter Luft ausgedrückt. In Tabelle 2 sind für verschiedene Temperaturen die Sättigungsmassen angegeben.

In der Praxis werden jedoch häufig Luftzustände vorgefunden, in denen nicht die Maximalmenge des Wasserdampfes enthalten ist, sondern nur eine Teilmenge davon. Zur einfachen Angabe dieser Teilmenge wird der Begriff der relativen Luftfeuchte  $\varphi$  verwendet.

Sie gibt das Verhältnis von tatsächlich vorhandener Dampfmasse  $W$  zu der bei der Lufttemperatur maximal möglichen Dampfsättigungsmasse  $W_s$  an.

$$\varphi = \frac{W_{\text{vorh}}}{W_s} \cdot 100\%$$

Durch das Einfließen des Wertes  $W_s$  in die Berechnung der relativen Luftfeuchtigkeit ist diese somit ebenfalls temperaturabhängig. Sie steigt an wenn die Temperatur abgesenkt wird, und sie reduziert sich, wenn die Luft erwärmt wird. Kühlt z.B. Luft von 25° C und 35% relativer Luftfeuchte auf 11° C ab, so erhöht sich die relative Luftfeuchte auf etwa 80%.

Kühlt sich die Luft noch weiter ab, dann wird bei einer Temperatur von etwa 7° C die Grenze der Aufnahme-

fähigkeit für Wasserdampf erreicht (Bild 1).

Die relative Luftfeuchtigkeit beträgt nun 100%. Bei weiterer Abkühlung tritt die Wassermenge, die nicht mehr von der Luft gebunden werden kann, vom dampfförmigen in den

flüssigen Zustand über. Die Temperatur, bei der dies stattfindet, wird als Taupunkttemperatur  $v_s$  bezeichnet. Draußen in der Natur werden solche Vorgänge beispielsweise in Form von Tau und Nebel nach starken Temperaturschwankungen wahrgenommen. Innerhalb von Wohnungen bildet sich Tauwasser bei winterlichen Klimabedingungen vorrangig auf innenseitigen Oberflächen der Gebäudehülle, wenn die Temperaturen dort deutlich niedriger sind als die Raumluft.

Da Gefahren für die Bausubstanz

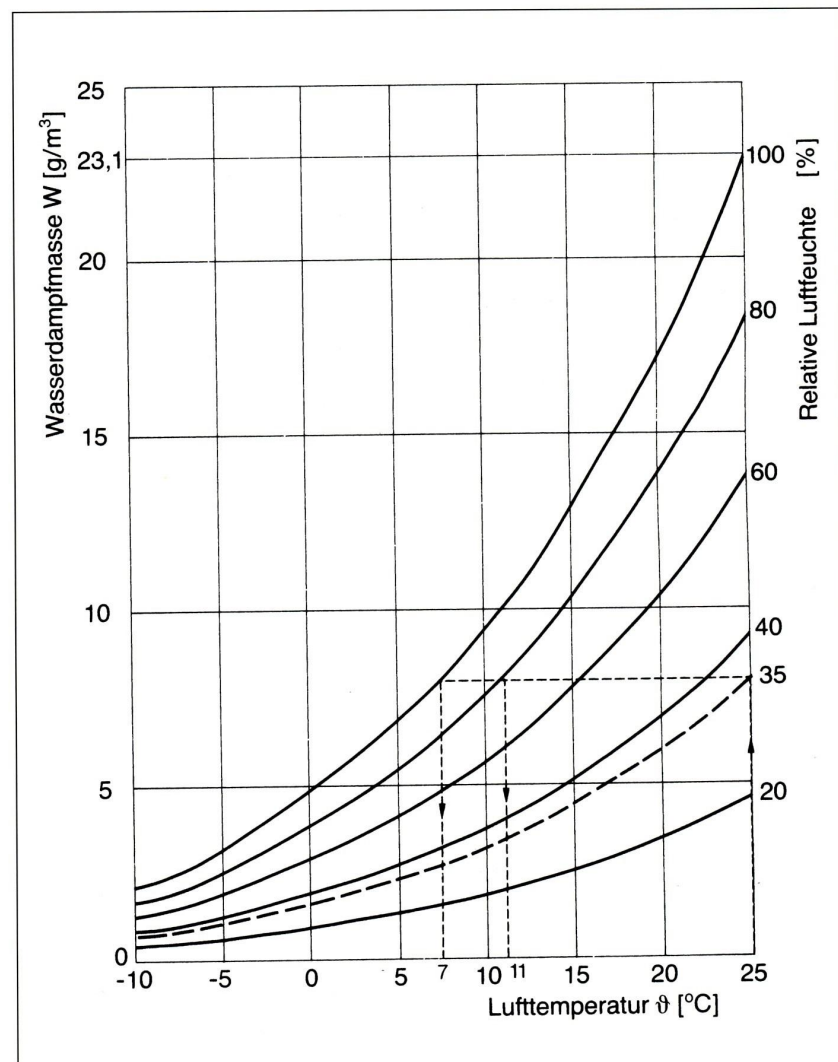


Bild 1: Erhöhung der relativen Luftfeuchte durch Abkühlen bis zum Sättigungspunkt. [2]



Schimmelpilzbildung durch Oberflächenkondensat hervorgerufen.

(Foto: ZHD, Gaul)

und die Möglichkeit der Schimmelpilzbildung in Räumen immer dann gegeben sind, wenn eine Verflüssigung des Wasserdampfes auf Wandoberflächen durch Kondensation eintritt, gilt es der Tauwasserbildung durch geeignete Maßnahmen entgegenzuwirken.

Tauwasserbildungen müssen allerdings nicht immer durch Abkühlungsvorgänge begründet sein. Ihre Ursache kann auch in einer ständigen Feuchtezufuhr, z.B. durch Wäschetrocknen oder durch eine größere Menschenansammlung, liegen.

In der Sanierungs- und Baupraxis müssen im Zusammenhang mit Oberflächenkondensat und Schimmelpilzbildung vorrangig zwei bauliche Gegebenheiten bzw. Maßnahmen genannt werden: Austausch von Fenstern und Wärmebrücken.

Im Zuge von Energieeinsparungs- und Modernisierungsmaßnahmen sind in den vergangenen Jahrzehnten in tausenden von Häusern und Wohnungen einfachverglaste Fenster gegen wärmedämmende Fenster ausgetauscht worden. Auch in Zukunft ist von weiteren baulichen Maßnahmen dieser Art auszugehen, wenn auch in gemindertem Umfang.

In zahlreichen Wohnungen traten wenige Monate nach dem Fensteraustausch, zumeist im Herbst und Winter, die ersten Schimmelpilzerscheinungen auf.

Aus bauphysikalischer Sicht haben

zwei wesentliche Veränderungen die Feuchtigkeitsprobleme in den Wohnungen hervorgerufen:

1. Gegenüber den einfachverglasten Fenstern sind modernere Fenster in der Regel mit Dichtungen zwischen Blend- und Flügelrahmen ausgestattet.

Ein kontinuierlicher „automatischer“ Luftaustausch bei geschlossenen Fenstern ist dadurch nahezu vollständig unterbunden. Die Folge ist in den meisten Fällen eine erhöhte Konzentration der Raumfeuchte.

2. Mit einem  $k$ -Wert von ca.  $5,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  stellen sich an den einfachverglasten Fenstern im allgemeinen die niedrigsten Temperaturen im Bereich der Außenwandfläche ein. Bei angenommenen  $20^\circ \text{C}$  Raumtemperatur und  $-5^\circ \text{C}$  Außentemperatur beträgt die Temperatur auf der Innenseite der Glasscheibe lediglich ca.  $1,5^\circ \text{C}$ . Das bedeutet, daß es bereits bei einer relativen Luftfeuchtigkeit im Raum von ca. 29% auf der Glasscheibe zu Kondensatbildungen kommt.

Somit wird der Raumluft über das Beschlagen der Fensterscheiben, für je-

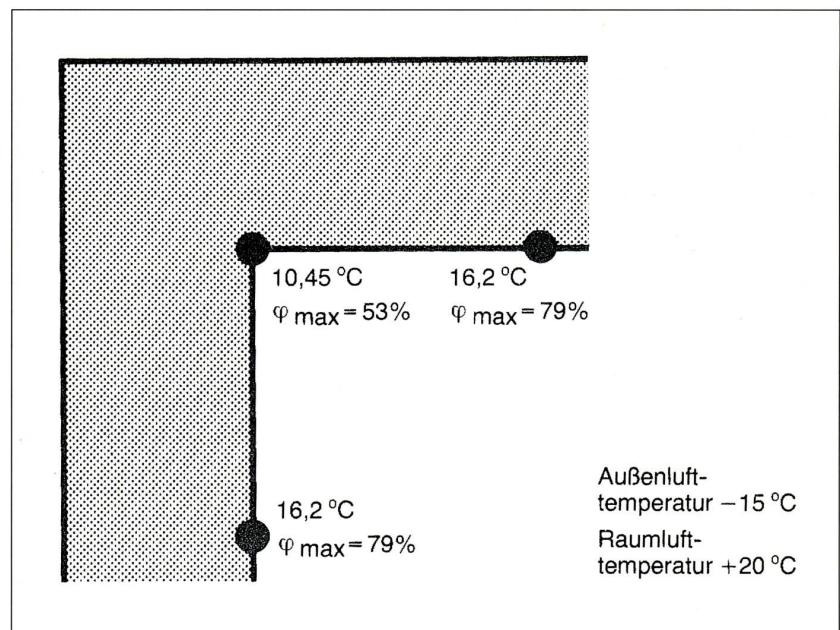


Bild 2: Oberflächentemperatur an der ebenen Wand und an der freien, nicht möblierten Raumecke.  $k$ -Wert der Wand =  $0,83 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . [2]

den erkennbar, „kontrolliert“ Feuchtigkeit entzogen. Bei früheren Fensterkonstruktionen wurde das anfallende Tauwasser in einer Rinne im Fensterbrett aufgefangen und über ein Röhrchen nach außen abgeleitet oder in selteneren Fällen in Auffangbehältern gesammelt. Aus vielen Haushalten ist zum Zwecke der Aufnahme des Tauwassers auch das Auslegen von Handtüchern auf den Fensterbänken bekannt.

Nach dem Einbau von Fenstern mit Isolierverglasungen stellt sich besonders in Altbauten mit geringen bis mäßigen k-Werten der Wände häufig die Situation ein, daß nicht mehr die Fenster sondern spezielle Wandbereiche die niedrigsten Oberflächentemperaturen aufweisen. In erster Linie sind dies Raumecken, die auch als geometrische Wärmebrücken bezeichnet werden. An diesen Stellen werden, wegen der größeren äußeren Oberfläche über die Wärme abfließen kann, gegenüber den ebenen Wandflächen noch niedrigere Temperaturen gemessen (Bild 2).

Zwangsläufig kommt es so zu einer Verlagerung der Tauwasserzonen vom Fenster hin zur Raumecke, mit der Gefahr der Schimmelpilzbildung. Gefährdet sind aber auch materialbedingte Wärmebrücken, wie z.B. Rollladenkästen, Fensterstürze oder die Unterseite von Decken im Bereich auskragender Balkonplatten.

### Technik des Lüftens

Neben dem Austausch von einfachverglasten Fenstern (ohne Dichtungen) durch moderne wärmedämmende Fenster hat sich in den letzten Jahrzehnten in vielen Wohnungen, im Rahmen von Modernisierungsmaßnahmen mit der Umstellung von Einzelofenheizung auf Zentralheizung, Lüftungstechnik noch eine weitere wesentliche Veränderung vollzogen.

Die bei der Einzelofenheizung benötigte Verbrennungsluft bewirkte in den jeweiligen Zimmern ein Nachströmen von kühler Außenluft über



*Fenster in Kippstellung bewirken keine effektive Durchlüftung von Räumen.  
(Foto: ZHD, Stein)*

Fensterfugen und sonstige Undichtigkeiten. Über den Schornsteinanschluß des Ofens wurde verbrauchte wasserdampfangericherte Luft abgeführt. Die Umstellung des Heizungssystems führte ebenfalls dazu, daß sich in Wohnungen im allgemeinen erhöhte Raumfeuchten einstellten.

Zusammenfassend läßt sich nach den bisherigen Ausführungen feststellen, daß auf der einen Seite tendenziell eine erhöhte Feuchteproduktion in Wohnungen durch eine zunehmende Zahl an Feuchtespendern stattfindet

und daß andererseits im Zuge von Maßnahmen zur Reduzierung des Heizenergieverbrauches die Gebäudehülle weitgehend luftdicht ausgeführt wird. Diese Entwicklungen erfordern, mehr als früher üblich, eine bewußte, richtige und ausreichende Lüftung unserer Wohnungen. Bei Neubauvorhaben, insbesondere solchen in Niedrigenergiehausstandard, gehören Lüftungssysteme zur obligatorischen Ausstattung.

Mittels mechanischer Abluftanlagen wird aus den Wohnungen ver-

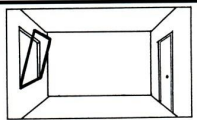
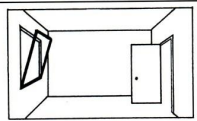
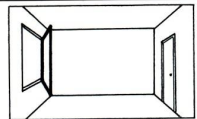
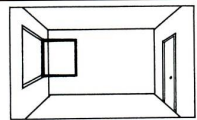
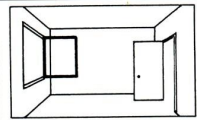
Lüftungsart, Fensterstellung		Luftwechselzahl [h <sup>-1</sup> ]	Ungefähre Dauer der Lüftung, um einen Luftwechsel zu erzielen
Fenster gekippt		1 bis 2	30 bis 60 Minuten
Fenster gekippt und gegenüberliegende Tür ganz offen		2 bis 4	15 bis 30 Minuten
Fenster halb offen		5 bis 10	6 bis 12 Minuten
Fenster ganz offen – Stoßlüftung –		9 bis 15	4 bis 8 Minuten
Fenster und gegenüberliegende Tür/Fenster ganz offen – Querlüftung –		ca. 40	1 bis 2 Minuten

Tabelle 3: Zu erwartende Luftwechselzahl und Luftwechselfdauer bei verschiedenen Fensterstellungen (gemittelte Werte aus [3] und [4]).

brauchte Luft abgesaugt und meist über das Dach abgeführt. Durch spezielle Zuluftöffnungen in der Gebäudehülle strömt Außenluft in alle Räume nach. Eine Besonderheit sind Anlagen, bei denen über einen Wärmetauscher eine Wärmerückgewinnung stattfindet. Im Gebäudebestand kommt der nachträgliche Einbau einer solchen Technik nur in geringem Umfang zur Ausführung. Wegen des umfangreichen Eingriffs in die Bausubstanz sind solche Installationen vor allen Dingen bei denkmalgeschützten Gebäuden problematisch. Für diesen Bereich können die erforderlichen Luftwechselraten nur durch regelmäßige manuelle Lüftung mittels Fenster und Türen sichergestellt werden.

Das Prinzip des Feuchteentzugs durch Lüftung beruht auf der im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Eigenschaft der Luft, mit steigender Temperatur größere Mengen an

Wasserdampf zu binden. Bei geöffnetem Fenster läßt der Temperaturunterschied zwischen Innen- und Außenluft eine „Luftwalze“ entstehen, die kältere, schwere Luft zuströmen und wärmere, leichtere Luft im oberen Fensterbereich abströmen läßt.

Bei einer Außentemperatur von 0° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 70% hat die Außenluft einen Wasserdampfgehalt von 3,39 g je m<sup>3</sup>. Wird diese Außenluft durch Lüften einem Innenraum zugeführt, und dort auf 20° C erwärmt, so bleibt die absolute Wasserdampfmenge gleich, die relative Luftfeuchtigkeit beträgt jedoch nur noch ca. 20%. Die Zufuhr von kalter Außenluft im Winter führt also zu trockener Innenluft und somit bei regelmäßiger Lüftung zu einer Abfuhr von Wohnraumfeuchte.

Zur Durchführung der Wohnraumlüftung muß eine gewisse Menge an Wärmeenergie aufgewendet wer-

den. Um die Energieverluste auf das notwendige Maß zu begrenzen, sollte die Lüftungsart möglichst effektiv sein, damit lediglich ein völliger Luftaustausch stattfindet und nicht die Raumumschließungsflächen und die Einrichtungsgegenstände unnötigerweise auskühlen. Mit Durchzug- oder Stoßlüftung kann bereits nach ca. 1,5 – 4 Minuten ein vollständiger Luftwechsel erreicht werden. Am ineffektivsten ist die Lüftung bei Fenstern in Kippstellung. Hier geht nicht nur Wärmeenergie verloren, sondern es kann bei Dauerlüftung durch das Auskühlen der Fensterlaibungen zu Tauwasserbildungen kommen.

Aus der Tabelle 3 können für unterschiedliche Lüftungsarten die sich daraus ergebende Luftwechselzahl bzw. die Luftwechselfdauer entnommen werden. Unter der Luftwechselzahl versteht man das Verhältnis des während einer Stunde ausgetauschten Luftvolumens zum Raumvolumen.

Die erforderlichen Lüftungsintervalle zur Sicherstellung einer ausreichenden Frischluftzufuhr richten sich nach dem jeweiligen Anfall von Feuchtigkeit und Gerüchen. Werden größere Wasserdampfmen gen in relativ kurzer Zeit freigesetzt, z.B. durch Duschen oder Kochen, sollte möglichst sofort gelüftet werden. Bei mittleren bis größeren Menschenansammlungen in Räumen sind halbstündliche bis zweistündliche Luftwechsel erforderlich. Bei geringer Raumbelagung bzw. Feuchtebelastung sind 3 - 4 Luftwechsel pro Tag im allgemeinen ausreichend. Ein Hygrometer bietet hier zur Beurteilung des richtigen Zeitpunktes eine gewisse Hilfestellung. Für Wohlbefinden, Gesundheit und intakte Bausubstanz gelten Raumluftfeuchten zwischen 35 und 60% als akzeptabel, ideal sind Werte um ca. 45%.

Zu hohe Feuchtigkeiten bergen nicht nur die Gefahr der Wasserdampfkondensation, sondern bewirken auch eine Behinderung der Wärmeabgabe durch Schwitzen und fördern das Wachstum der Hausstaubmilben.

Zu niedrige Feuchtigkeiten erhöhen die elektrische Aufladung von Oberflächen, fördern die Bildung und Verbreitung von Staub in der Raumluft und führen zu Austrocknungerscheinungen an den Schleimhäuten. Eine Besonderheit stellt die Belüftung von kalten Kellerräumen dar. In wärmeren Jahreszeiten kann bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit der Außenluft die Situation eintreten, daß sich die in die Kellerräume einströmende warme Luft so stark abkühlt, daß es an kalten Oberflächen zu größeren Kondensaterscheinungen kommt. Aus diesem Grund sollte im Sommer eine Dauerbelüftung von Kellerräumen vermieden, und die erforderliche Belüftung bewußt an kälteren Tagen vorgenommen werden.

#### **Ergänzende Maßnahmen zur Vermeidung von Tauwasser und Schimmelpilzbildung**

Ergänzend zur ausreichenden Be- und Entlüftung von Wohnungen zur Vermeidung von Oberflächenkondensat und Schimmelpilzbildung, können eine Reihe weiterer Maßnahmen ergriffen werden. Sie sollen insbesondere bei kritischen baulichen Gegebenheiten und Wohnsituationen helfen, Schäden zu vermeiden:

- Beim Einbau von isolierverglasten Fenstern in Gebäuden mit geringen Außenwand-Wärmedämmwerten, können Schimmelpilzbildungen im allgemeinen nur durch eine Verbesserung der Außenwanddämmung oder durch die Installation einer Abluftanlage vermieden werden.
- Verminderung des Feuchteanfalls in Wohnungen: Vermeidung von Wäschetrocknen, Reduzierung von Pflanzen, Aquarien, usw.
- Einbauschränke und sonstige raumhohe Möbelstücke, insbesondere solche mit geschlossenem Sockel sollten nicht an Außenwänden aufgestellt werden. Bei anderen Möbeln wird ein Abstand zur Wand von ca. 5 cm empfohlen.

- Raumhohe Vorhänge, Wandteppiche, großflächige Bilder u.ä. sollten nicht an Außenwänden angebracht werden.
- Größere Temperaturschwankungen innerhalb von Wohnungen sind zu vermeiden. Warme Wohnungsluft, die in nicht beheizte Räume (z.B. Schlafzimmer) strömt, kann zu Oberflächenkondensat führen.
- Türen von Räumen, in denen viel Wasserdampf freigesetzt wird, sind geschlossen zu halten. Somit kann eine Verteilung der Feuchtigkeit in der gesamten Wohnung verhindert werden.
- Gutes Sorptionsverhalten (kapillare Wasseraufnahme) der Oberflächen führt zu einem ausgeglichenen Feuchteverhalten der Raumluft und verringert die Gefahr von Kondensatanfall. Günstig zu bewerten sind nicht versiegelte Holz- und Korkflächen, Cotto, Kalk- und Gipsputze, mineralische Anstriche, Gipskarton, Textilien. Problematisch sind versiegelte Flächen durch Lackschichten, Kunststofftapeten, Fliesen.

#### **Literaturangaben:**

[1] Erhorn, H.; Weiland, T.: Wirkt sich die Wohnsituation in der Bundesrepublik Deutschland auf die Anforderungen an den Mindestluftwechsel aus? in: Bauphysik 8/1986

[2] Wärmeschutz im Hochbau – Feuchteschutz, Grundlagen und Berechnung – Hrsg.: HEA, Frankfurt 1982

[3] Künzel, H.: Richtiges Heizen und Lüften, in: WKSB, Heft 22/1987

[4] Feuchtigkeit und Schimmelpilzbildung in Wohnräumen, Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Wohnberatung e.V., 3. Auflage, Bonn 1991

#### **Weiterführende Literatur:**

Schulze Darup, Burkhard: Bauökologie, Wiesbaden und Berlin 1996

Feist, Wolfgang; Klien, Jobst: Das Niedrigenergiehaus Karlsruhe 1992

Bieberstein, Horst: Schimmel – Ein ungebeter Gast in: Das Deutsche Malerblatt 6/1996

Casselmann-Stäbler, Hans; Pohlenz, Rainer: Tauwasser und Schimmelpilz in: Deutsches Architektenblatt 12/1990

Siebel, L.: Feuchtigkeit in Wohnungen in: Deutsche Bauzeitung 9/1989

Vill, E.: Lüftungsleitfaden Petershausen 1996

Bundesarbeitskreis Altbaumerneuerung e.V. (Hg.): Richtig lüften – behaglich wohnen Informationsreihe „Altbau und Technik“

Bundesarbeitskreis Altbaumerneuerung e.V. (Hg.): Feuchtigkeit Informationsreihe „Der Modernisierungs-Berater“

#### **Zum Autor:**

Gerwin Stein, Dipl.-Ing., Berater für Denkmalpflege im Rahmen der von den hessischen Handwerkskammern am ZHD eingerichteten Beratungsstelle für Formgebung und Denkmalpflege.