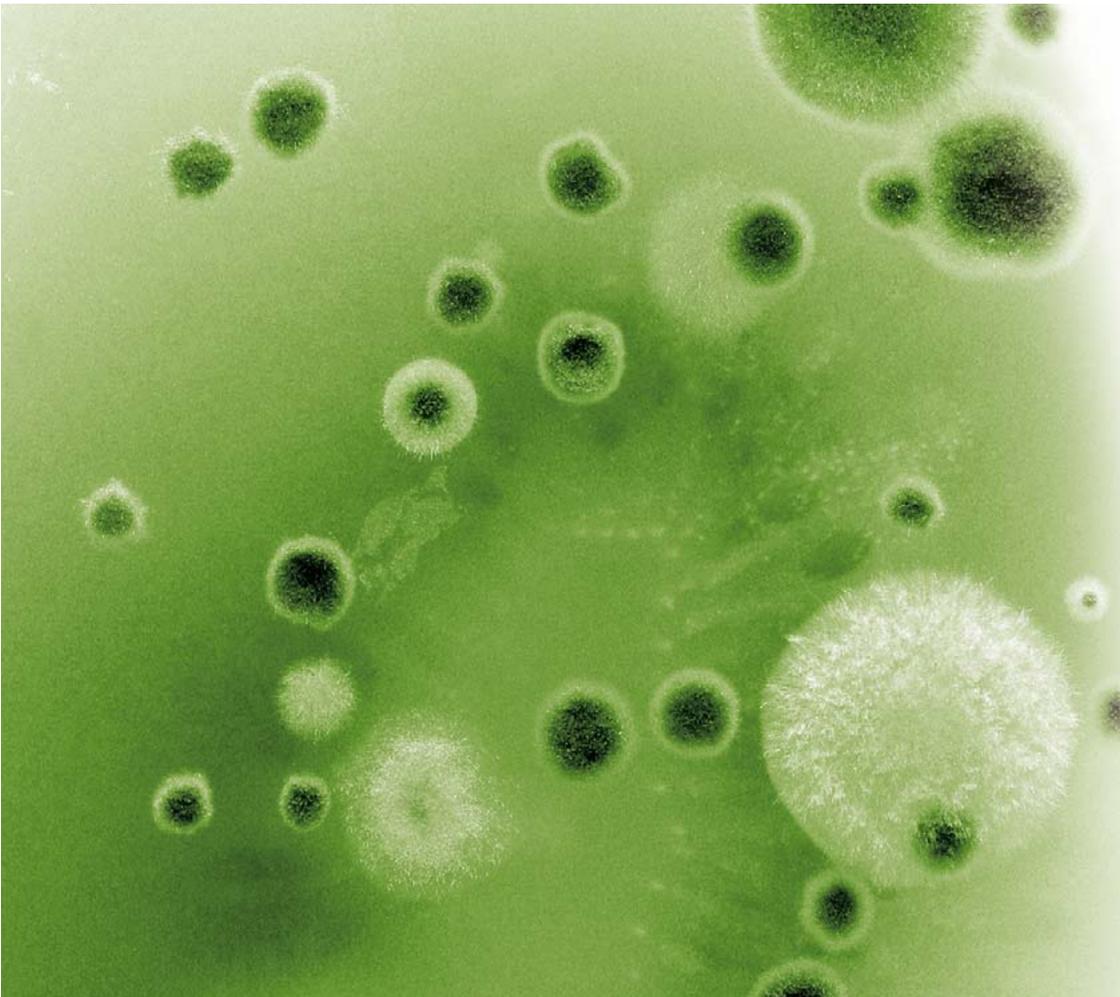
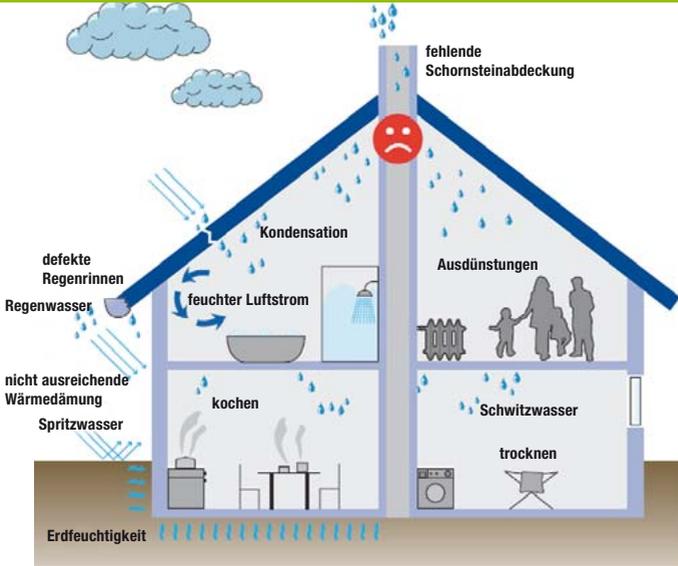


# Schimmelpilze in Innenräumen

Gründe kennen – Ursachen vermeiden





Viele Faktoren können Feuchteschäden verursachen.

## Erhöhte Feuchtigkeit und Ursachen

Der Ausdruck *Feuchtigkeit* kennzeichnet die Anwesenheit von Wasser in einer Substanz oder einem Gas. Befindet sich die Feuchtigkeit an der Oberfläche eines Stoffes, so spricht man von *Nässe*, *Kondensat* oder *Adsorption*. *Gasförmige Feuchtigkeit* wird im Allgemeinen als *Luftfeuchtigkeit* und im Verbund mit flüssigem Wasser als *Dunst*, *Nebel* oder *Nassdampf* bezeichnet. In Gebäuden kann sich Feuchtigkeit an unterschiedlichen Stellen und aus unterschiedlichen Gründen bilden und am oder im Bauteil zur Schimmelbildung führen. Ein unbewohntes, dichtes Haus ist trocken. Feuchtigkeit dringt immer nur dann ein, wenn die Gebäudehülle undicht ist oder im Haus selbst Feuchtigkeit erzeugt wird.

Die Ursachen von Feuchtigkeit lassen sich in zwei wesentliche Gruppen einteilen:

1. Konstruktive Ursachen
2. Nutzerbedingte Ursachen

Häufig liegt die Ursache in einer Kombination dieser beiden Faktoren.

Bei konstruktiven Ursachen handelt es sich um Gebäudeschwachstellen, die aufgrund von mangelnder Ausführung bzw. Planung (z. B. fehlende Drainage) oder in Form von Verschleiß (z. B. Rohrbruch) einen Feuchtigkeitseinfall im oder am Gebäude ermöglichen.

Nutzerbedingte Ursachen basieren auf einem bewussten oder unbewussten Fehlverhalten des Raumnutzers. Dazu gehören unter anderem das Lüftungsverhalten und die Art der Möblierung.

In folgender Auflistung sind die häufigsten Ursachen für Feuchtigkeit und deren Entstehung dargestellt.

### 1 Konstruktive Ursachen

#### 1.1 Unzureichender Wärmeschutz der Außenwände

In allen Wohnräumen sollten die Temperaturen nirgends unter ca. 16 °C sinken, damit keine Feuchte kondensieren kann. Gelingt es trotz Heizung nicht, diese Temperatur zu halten, ist die Wand schlecht gedämmt. Wandbildner oder Baustoffe, die in Abhängigkeit von ihrer Stärke eine hohe Wärmeleitfähigkeit bzw. einen hohen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) aufweisen, bewirken in kalten Jahreszeiten bei hohen Temperaturdifferenzen zwischen Innen- und Außenluft einen erhöhten Wärmedurchgang. So können die Wände bei kalten Außentemperaturen, trotz hohem Heizaufwand im Innenbereich, die Wärme nicht speichern und geben sie nach außen ab. Dies hat zur Folge, dass die Oberfläche in diesen Bereichen eine deutlich geringere Temperatur aufweist als die der Raumluft. Bedingt durch die Temperaturunterschiede

zwischen der Baustoffoberfläche und der Raumluft kann es zu erhöhter Luftfeuchtigkeit (> 80 %) an der Wandoberfläche kommen. Im Extremfall wird es innerhalb der betroffenen Stellen zum Kondenswasseranfall kommen. Dies wiederum bildet die Grundlage für Schimmelpilzwachstum. In solchen Fällen kann die Schimmelpilzbildung u. a. durch das Anbringen einer ausreichend dimensionierten Wärmedämmung verhindert werden.

## 1.2 Wärmebrücken

Einer der Gründe für die Anreicherung von Tauwasser an Außenwänden können Wärmebrücken sein. Dabei handelt es sich um Bereiche von Außenbauteilen, die einen geringeren Wärmedurchgangswiderstand aufweisen als die restliche Wandoberfläche.

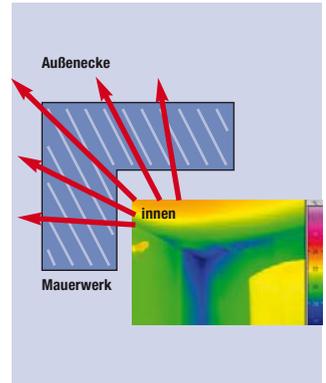
Hierbei kann es aufgrund von Temperaturdifferenzen zwischen Raumluft und Objekttemperatur zu Tauwasserbildung kommen. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen konstruktiven und geometrischen Wärmebrücken:

### • Konstruktive Wärmebrücken

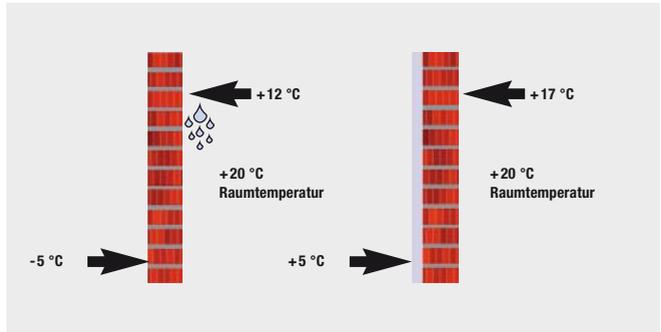
sind Bereiche bei Außenbauteilen, die einen geringeren Wärmedurchgangswiderstand aufweisen als angrenzende Bereiche. So verhält es sich zum Beispiel bei Betondecken, die in das Mauerwerk der Außenwand eingebaut sind. Hier erfolgt eine höhere Wärmeabgabe im Bereich der Decke bzw. des Fußbodens.

### • Geometrische Wärmebrücken

sind z. B. Außenecken, Vorsprünge in der Fassade und bei Flachdächern. Hier ist einer kleinen Innenoberfläche eine große wärmeabgebende äußere Oberfläche gegenübergestellt. Dass über diese relativ kleine Fläche viel Wärmeenergie zur kalten Außenluft transportiert wird, führt dazu, dass Wärmebrücken an der inneren Oberfläche eine wesentlich geringere Temperatur aufweisen als die angrenzenden Bauteile. Somit kann sich an der Bauteiloberfläche Tauwasser (Kondenswasser) bilden. Hinzu kommt, dass die



Geometrische Wärmebrücken führen häufig zu Schimmelbildung im Eckbereich.



Unzureichender Wärmeschutz trägt zur Schimmelbildung bei.

Luftzirkulation im Eckbereich eingeschränkt ist. Dies hat zur Folge, dass die Oberfläche in diesem Eckbereich eine geringere Temperatur aufweist als die restliche Wandoberfläche. Warme Raumluft, die in diesem Bereich abkühlt, kondensiert an der Oberfläche.

In der Praxis trifft man oft auf Kombinationen aus konstruktiven und geometrischen Wärmebrücken, wie z. B. bei auskragenden Balkonplatten.

## 1.3 Neubaufeuchte

Baustoffe, die beim Errichten eines Gebäudes verwendet wurden, bringen erhebliche Mengen an Wasser in den Bau. Ob Estrich, Mörtel oder Beton, all diese Baustoffe werden mit Wasser angemischt und verbaut. Die Abgabe der Feuchtigkeit erfolgt dann

über die Ausdunstung und kann in Abhängigkeit von Heizverhalten und Diffusionsdichte der Konstruktion bis zu drei Jahre und mehr andauern. So kommt es zu einer Doppelbelastung. Zum einen, die Feuchtigkeit, die die Bewohner täglich erzeugen (Kochen, Duschen, Wäschetrocknen etc.) und zum anderen die verbaute Feuchtigkeit, die nur allmählich, je nach Aufnahmefähigkeit der Luft und Verdunstungsfähigkeit der Oberflächen, herausgelüftet werden kann. Mit dem Einsetzen der Heizperiode kommt dann für viele die Konfrontation mit hoher Luftfeuchtigkeit, beschlagenen Scheiben, feuchten Ecken und schließlich Schimmel.

Während der Winterzeit kann allerdings eine äußerst wirksame Entfeuchtung des Gebäudes vorgenommen werden, vorausgesetzt man kennt die Regeln der Physik und des wirksamen Lüftens.



Gerade Neubaufeuchte kann in den ersten Jahren nach Bezug dem Schimmel die notwendige Lebensgrundlage liefern.

## 1.4 Fehlende oder defekte Luftdichtung

Viele Bauschäden sind auf eine undichte Gebäudehülle zurückzuführen. Mängel in der Luftdichtung durch z. B. fehlende oder mangelhafte Verklebungen von Dampfbremsschichten oder undichte Fugen führen, bedingt durch einen erhöhten Luftaustausch, nicht nur zu einem höheren Energieverbrauch, sondern auch zu einem Tauwasseranfall an Baustoffoberflächen. Die durch Leckagen entweichende warme Luft führt eine große Menge Feuchtigkeit mit sich, die auf dem Weg nach draußen an der abgekühlten angrenzenden Baustoffoberfläche kondensiert. Die Oberfläche durchnässt mit der Zeit und bildet einen Nährboden für Mikroorganismen. Leckagen können bei einer Wetterlage mit niedrigen Temperaturen häufig durch Infrarotthermographie lokalisiert und im günstigsten Fall durch geeignete Maßnahmen abgedichtet werden.

## 1.5 Fehlende oder defekte Abdichtungen

Ein Gebäude ist im erdberührenden Bereich permanenter Feuchtigkeitsbelastung durch Bodenfeuchtigkeit und aufsteigendes Sicker- oder Grundwasser ausgesetzt. Sind die Gebäudemauern nicht sorgfältig abgedichtet oder ist die verfügbare Ab-

dichtung defekt, so kann das Wasser ungehindert in das Mauerwerk eindringen und dort große Schäden verursachen. Eine der schädigenden Auswirkungen des Wassers hat ihre Ursache in der Kapillarität der Baustoffe. Durch die kapillare Saugwirkung kann ein Baustoff das Wasser mehrere Meter weit in das Gebäudeinnere transportieren und innerhalb der Räume verteilen. Aufsteigen kann Feuchtigkeit im Mauerwerk allerdings nur dann, wenn die Baustoffe porös vernetzt sind, wie z. B. Ziegel.

Dies ist jedoch bei fast allen Baustoffen der Fall. So kann ein einfacher Ziegel bis zu 30 Prozent seines Eigengewichtes an Wasser aufnehmen. Die Ursache der Feuchtigkeitszufuhr muss hier durch einen Fachmann ermittelt werden, so dass ursachengerecht saniert werden kann.

## 1.6 Pressfeuchtigkeit

Durch Rohrleitungsbrüche oder verstopfte Drainagerohre, Dachrinnen etc. wird das Wasser nach und nach in das Mauerwerk gepresst. Die Feuchtigkeit breitet sich durch die kapillare Wirkung innerhalb der Mauer und Bodenplatte aus und stellt ein akutes Risiko der Schimmelpilzbildung dar. Hier sollte die undichte Stelle so schnell wie möglich lokalisiert und fachmännisch abgedichtet werden.

## HINTERGRUND INFO

Im Durchschnitt werden bei einem Massivbau bis zu 90 Liter Wasser pro Quadratmeter Wohnfläche in der Neubauerstellung eingebracht.

## 1.7 Hangwasser

Steht ein Gebäude an einem Hang und verfügt über keine wasserableitenden Vorrichtungen, so kann sich bei größeren Niederschlägen das herabfließende Regenwasser an der Hausmauer stauen und in das Mauerwerk eindringen. Bei der Planung solcher Gebäude sind wasserableitende Systeme zu berücksichtigen.

## 1.8 Ungedämmte Kaltwasserleitungen

Ungedämmte Kaltwasserleitungen findet man in der Regel in alten Gebäuden. Früher wurden die Wasserleitungen ohne weitere dämmende Maßnahmen überputzt oder zugebaut. Dies hatte zur Folge, dass die überliegende Putzschicht im Gegensatz zu der restlichen Putzfläche stark abkühlte. Durch den hohen Temperaturunterschied zwischen der kalten Putzfläche und der Raumluft entsteht Kondenswasser, das sich innerhalb des Putzgefüges und an der Putzoberfläche verteilt und anreichert. Wird das anfallende Wasser nicht durch Abtrocknen abgeführt, so kann es innerhalb der betroffenen Stellen zur Schimmelpilzbildung kommen. Bei moderneren Gebäuden ist diese Gefahr nicht gegeben, da die Rohrleitungen während der Einbauphase mit dämmenden Werkstoffen versehen wer-



Der Verzicht auf eine wasserabweisende Fassadenbeschichtung kann ursächlich für Schimmel im Innenbereich sein.

den. Sind die Leitungen jedoch alt, nicht gedämmt und fördern die Kondenswasserbildung, so besteht die Möglichkeit einer nachträglichen Isolierung der Leitung. Hierbei ist allerdings das Freilegen der Rohre notwendig.

### 1.9 Niederschlagsfeuchte

Bei einem mangelnden oder fehlenden Oberflächenschutz der Fassade kann die Niederschlagsfeuchte ungehindert in das Mauerwerksgefüge eindringen. Dies geschieht insbesondere bei starkem Schlagregen an der Wetterseite der Fassade. Nimmt das Mauerwerk über einen längeren Zeitraum mehr Feuchtigkeit auf, als abgegeben werden kann, so kann dies zu zahlreichen Schäden führen. Dabei kann die Feuchtigkeit das Mauerwerk durch die Kapillare der Baustoffe durchdringen und sich an den Innenwänden ausbreiten. Selbst wenn das Wasser die Innenräume nie erreicht, erhöht eine feuchte Fassade grundsätzlich die Gefahr der Schimmelpilzbildung. Dringt Wasser ins Mauerwerk ein, sinkt die Wärmedämm- und Speicherfähigkeit der Fassade. Bedingt dadurch entsteht ein unzureichender Wärmeschutz der Außenwände, was zu erhöhter Luftfeuchtigkeit und/oder Kondenswasseranfall an der Innenwandoberfläche führen kann. Um das Mauerwerksgefüge vor Niederschlägen zu schützen, muss ein geeignetes Ober-

flächenschutzsystem angebracht werden. Hierbei kann bereits ein Fassadenanstrich ausreichenden Schutz bieten. Im Idealfall sollten dazu Fassadenfarben eingesetzt werden, die über einen geringen w-Wert verfügen. Zusätzlich können konstruktive Maßnahmen, wie Verlängerung des Dachüberstandes, Abhilfe schaffen. Selbst bei einem ausreichenden Wasserschutz der Fassade kann Feuchtigkeit durch unterschiedliche Schwachstellen wie Risse oder undichte Fugen und Anschlüsse in das Mauerwerk eindringen. Diese Schwachstellen müssen sorgfältig abgedichtet bzw. beseitigt werden.

### 1.10 Hygroskopische Feuchte durch Bausalze

Sind im Mauerwerk Bausalze in einer erhöhten Konzentration vorhanden, wie es oft in Kellerräumen älterer Gebäude der Fall ist, so können diese, wie die meisten Salze, hygroskopisch reagieren. Hygroskopie bezeichnet die Eigenschaft, Feuchtigkeit aus der Umgebung zu binden und einzulagern. Dieses Verhalten kann dazu führen, dass sich Feuchtigkeit aus der Raumluft im Mauerwerk anreichert und zahlreiche Schäden verursacht. Zur Sanierungsplanung sind Kenntnisse über Höhe und Art der Salzbelastung nötig. Je nach Schadenssituation kann ein Sanierputz, der eine hohe Salzspeicherfähigkeit

aufweist, als flankierende oder einzelne Maßnahme gemäß WTA-Merkblatt „Sanierputz“ eingesetzt werden. Eine technische Beratung wird in diesem Fall dringend empfohlen.

### 1.11 Tauwasseranfall bei Innendämmung

Eine Innendämmung führt bei niedrigen Außentemperaturen zur Absenkung der Temperatur von Außenwänden. Hierdurch kann die Temperatur hinter dem Dämmstoff unter den Taupunkt der Raumluft sinken. Wasserdampfdiffusion oder Luftkonvektion aus dem Wohnraum führen dann zu einer Feuchteerhöhung und im schlimmsten Fall zur Schimmelpilzbildung in diesem Bereich.

Das Gefährliche daran ist, dass der Schimmelpilz häufig nicht bemerkt wird, da er sich hinter der Dämmschicht ausbreitet und lediglich seine Sporen in die Raumluft abgibt. Um Luftkonvektion zu verhindern, muss der gesamte Wandaufbau luftdicht ausgeführt werden. Hohlräume z. B. zwischen Innendämmung und Außenwand sind stets zu vermeiden. Zusätzlich muss die Auswahl der Wärmedämmung sowie des gesamten Konstruktionsaufbaus dem hydrothermischen Verhalten des Bauwerks angepasst werden. Entsprechende Fachberater sollten hinzugezogen werden.



### Die häufigsten Ursachen für Leitungswasserschäden können sein:

- Rohrbruch
- Schadhafte Geschirrspül-/Waschmaschinen und deren Zu- und Ableitungen
- Schadhafte Dichtungen, Ventile, Verschraubungen
- Offenlassen von Hähnen, Ventilen
- Frostschäden



Die Folge eines ständig gekippten Fensters.

Bei Wasserschäden handelt es sich in der Regel um Havarie. Dies ist nicht immer konstruktiv bedingt.

### 2.3 Unzureichende Lüftung

Alle Innenräume, die von Menschen genutzt werden, müssen auch zur Vermeidung von hoher Raumluftfeuchtigkeit ausreichend gelüftet werden. Dazu ist es erforderlich, dass die vorhandenen Fenster zu Lüftungszwecken geöffnet werden können. Der notwendige Luftaustausch ist von der Raumgröße und vor allem von der Belegungsichte abhängig. Somit kann hier kein allgemeingültiger Wert angegeben werden. Zur Feuchteabfuhr ist gegebenenfalls durch eine tägliche Fensterlüftung eine mittlere Luftwechselrate von mind. 0,5–1,0 h<sup>-1</sup> sinnvoll, wobei die Lüftung möglichst über den Tag verteilt erfolgen sollte.

Wird über einen längeren Zeitraum kein Luftaustausch vorgenommen, so kann sich die Raumluftfeuchtigkeit kontinuierlich erhöhen und zu einem erhöhten Risiko von Schimmelpilzwachstum in Bereichen von Wand-, Decken- und Bodenoberfläche führen. In schlecht gelüfteten Räumen wird vor allem über Wärmebrücken der Kondenswasseranfall schneller erfolgen.

### Zusätzliche Maßnahmen zur Erhöhung der Außenlufttrate können sein:

- Einbau dezentraler bzw. zentraler Abluftanlagen bzw. -geräte oder Abluft- sowie Zuluftgeräte bzw. -anlagen mit geeigneten Nachströmungsmöglichkeiten für die Außenluft.
- Eine ausreichende Nachlaufzeit der Ventilatoren in innen liegenden Räumen ist mit geeigneten Mitteln sicherzustellen. (Bei Sanierungsmaßnahmen sollte besonders darauf geachtet werden, daß Zuluftöffnungen vorhanden sind.)

### 2.4 Unzureichendes Heizen

Schlafzimmer und auch selten bewohnte Räume (wie Gästezimmer) dürfen, wenn sie nicht separat gelüftet werden, nicht ganz auskühlen. Sie sollten nicht bzw. möglichst wenig indirekt über andere Räume mit beheizt werden, da sonst durch die einströmende warme Luft auch Feuchte einströmt, die sich an kalten Oberflächen niederschlägt. Empfehlenswert ist ein gleichmäßiges Heizen aller Räume. Eine höhere Zimmertemperatur sorgt für niedrigere Raumluftfeuchten und höhere Oberflächentemperaturen. Eine Anhebung der Raumtemperatur kann deshalb sehr wirkungsvoll Schimmelpilzwachstum vermeiden helfen.

### 2.5 Zu hohe Raumluftfeuchtigkeit

Die Bewohner eines Hauses sind rege an der Feuchtigkeitsproduktion ihrer Umgebung beteiligt. Durch viele der alltäglichen Aktivitäten, die in einem Haushalt verrichtet werden, wird Feuchtigkeit an die Raumluft abgegeben. Dabei kann bei un-

zureichender Lüftung die relative Luftfeuchtigkeit die kritische Grenze von 80 Prozent bei weitem übersteigen.

### Die folgende Übersicht zeigt beispielhaft, wie viel Wasser in einem durchschnittlichen Haushalt erzeugt und an die Raumluft abgegeben wird:

**Duschen:** ca. 1,5 Liter pro Person

**Wannenbad:** ca. 1,0 Liter pro Person

**Wäschetrocknen:**

1,0–1,5 Liter (4,5 kg geschleudert)

**Kochen:** 0,4–0,8 Liter pro Mahlzeit

**Zimmerpflanzen:** 0,5–1,0 Liter pro Tag

**Freie Wasseroberflächen:**

0,9–1,2 Liter pro Quadratmeter und Tag

**Mensch (Schlafphase):**

ca. 1,0 Liter pro Person

**Mensch (Atmung):** ca. 0,1 Liter pro Stunde



Um die Feuchtigkeit aus der Raumluft wieder abzuführen, bedarf es einer regelmäßigen Lüftung. In feuchtegefährdeten Wohnungen sollte zusätzlich auf unnötige Feuchtquellen wie z. B. Springbrunnen oder Zimmerpflanzen mit starkem Durst verzichtet werden.

### 2.6 Lüftung der Kellerräume

Kellerräume und nicht gedämmte Souterrainwohnungen sollten in der warmen Jahreszeit tagsüber nicht gelüftet werden. Hierbei besteht das Risiko, dass die einströmende warme und feuchte Luft sich an den kühlen Oberflächen der Kellerwände ausbreitet und kondensiert. Um die Gefahr der Kondenswasserbildung zu minimieren, ist es sinnvoll, die betroffenen Räume frühmorgens oder in der Nacht mit kalter Außenluft zu lüften.



## Richtiges Lüften und Heizen

*Zu vorbeugenden Maßnahmen gegen Schimmelpilzbefall gehört unter anderem richtiges Lüften und Heizen. Es gilt mittlerweile als sicher, dass das Heizungs- und Lüftungsverhalten einen bedeutenden Einfluss auf die Entstehung von Schimmelpilz hat.*

Die Bewohner eines Hauses sind ständig an der Feuchtigkeitsproduktion und somit an der Erhöhung der Luftfeuchtigkeit innerhalb ihrer Umgebung beteiligt. Wie in der Tabelle 1 aufgeführt, wird durch viele der alltäglichen Aktivitäten, die im Haushalt verrichtet werden, Feuchtigkeit bewusst oder unbewusst erzeugt und an die Raumluft abgegeben. Wird die feuchte und verbrauchte Luft nicht regelmäßig durch kältere Frischluft mit geringem Wasserdampfgehalt ausgetauscht, so kann es zur Entstehung von Schimmelpilz innerhalb der Räumlichkeiten kommen. Die Möglichkeit, durch Lüftung Feuchtigkeit aus dem Raum zu entfernen, beruht darauf, dass Luft, abhängig von der Temperatur, unterschiedliche Mengen Wasserdampf aufnehmen kann. In der Tabelle 2 ist dies beispielhaft für einige Temperaturen dargestellt.

**Tabelle 1**

Aktivitäten	Wasserabgabe an die Luft
Duschen	ca. 1,5 Liter pro Person
Wannenbad	ca. 1,0 Liter pro Person
Wäschetrocknen	1,0–1,5 Liter
Kochen	0,4–0,8 Liter pro Mahlzeit
Zimmerpflanzen	0,5–1,0 Liter pro Tag
Freie Wasseroberflächen	0,9–1,2 Liter pro m <sup>3</sup> und Tag
Mensch (Schlafphase)	ca. 1,0 Liter pro Person
Mensch (Atemung)	ca. 0,1 Liter pro Stunde

**Die Oberflächenfeuchte an Außenwänden ist abhängig von der Belegungszahl, der Wohnungsgröße und der Raumtemperatur.**

**Tabelle 2**

Raumlufttemperatur	Relative Feuchte in %			
°C	40	60	80	100
– 5	1,2	1,8	2,4	3,0
0	2,0	3,0	4,0	5,0
+ 5	2,8	4,2	5,6	7,0
+ 10	3,8	5,7	7,6	9,5
+ 15	5,2	7,8	10,4	13,0
+ 20	7,0	10,5	14,0	17,5

**Wassergehalt in g/m<sup>3</sup> trockener Luft (gerundete Werte)**

Wie man aus der Tabelle erkennen kann, nimmt der maximal mögliche Wassergehalt mit der Temperatur stark zu. Warme Luft enthält bei gleicher relativer Feuchte viel mehr Wasser als kalte Luft. Demnach enthält kalte Außenluft im Winter wenig Wasser, auch wenn ihre relative Feuchte hoch ist. Kalte Außenluft, die beim Lüften in den Innenraum gelangt, nimmt beim Erwärmen Feuchtigkeit auf, die mit der erwärmten Luft wieder nach außen abgeführt wird.

Bei kalter Außenluft kann im Innenraum – selbst bei Regenwetter – durch Lüftung eine Austrocknung erzielt werden. Je kälter die Luft ist, desto mehr Wasser kann sie beim Erwärmen aufnehmen. Daher kann im Winter durch Lüften mit kalter Außenluft mehr Feuchtigkeit aus einem Raum entfernt werden als im Sommer. Luft ist also in der Lage, mehr Wasser aufzunehmen, wenn sie erwärmt wird. Dies kann ausgenutzt werden, um Feuchtigkeit durch Luftaustausch aus einem Raum abzuführen. Wird zum Beispiel wasserdampfgesättigte (100 % rel. Luftfeuchtigkeit) Außenluft mit einer Temperatur von +5 °C in einer erwärmten Temperatur von +20 °C und einer relativen Feuchte von 60 % wieder hinausbefördert, dann werden je m<sup>3</sup> Luft 10,5 – 7,0 = 3,5 g Wasser (siehe Tab. 1) nach außen transportiert. Hier besteht die Möglichkeit, durch intelligentes Lüften der Raumluft überflüssige Feuchtigkeit effizient zu entziehen.

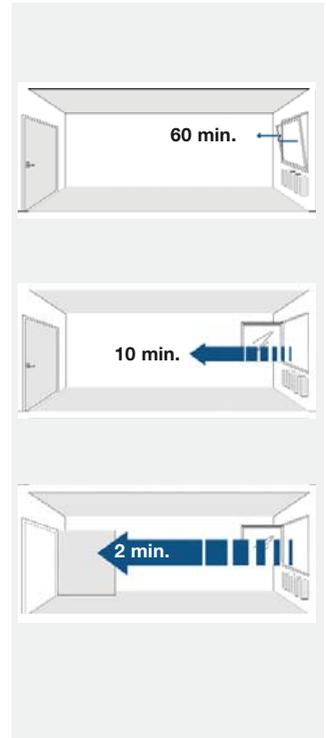
In früheren Jahren waren einfache Türen und Holzfenster in den Häusern verbaut. Diese Bauelemente waren oft undicht und ließen eine hohe Luftwechselrate innerhalb der Räumlichkeiten zu. Diese Form von Luftwechsel wird als Fugenlüftung bezeichnet. Dabei dienen undichte Fenster und Türen sowie Spalten, Löcher und Risse im Baukörper als Austauschöffnung einer aufgrund von Druck- und/oder Temperaturunterschieden ausgelösten Strömung zwischen innen und außen. Durch dieses Phänomen wurde in undichten Gebäuden die feuchte und verbrauchte Raumluft permanent durch frische, kältere Außenluft ausgetauscht. Somit war eine permanente Lüftung gewährleistet. Fu-

genlüftung hat allerdings viele Nachteile. Sie ist in vielen Fällen verantwortlich für Zugluft, schlechten Schallschutz und unkontrollierbare Wärmeverluste. Der unkontrollierte Lüftungseffekt kann im Winter dazu führen, dass warme, feuchte Raumluft durch Öffnungen von innen nach außen durchströmt und sich dabei abkühlt. An der kalten Außenoberfläche fällt Tauwasser aus und befeuchtet den Baustoff, so dass Schimmelpilze wachsen können.

Bei heutigem Baustandard muss eine Dichtigkeit der Gebäudehülle aus Energiespargründen gewährleistet sein. Die Standards dafür sind unter anderem in der EnEV und in der DIN EN 12 207-1 festgelegt. Demnach ist eine hohe Luftwechselrate modernerer Gebäude durch die Fugenlüftung nicht mehr gewährleistet; gleichzeitig reduziert sich der Luftaustausch zwischen Innenräumen und Außenluft dramatisch. Infolgedessen kann die relative Luftfeuchtigkeit der Innenräume ansteigen, was in vielen Fällen zur Bildung von Schimmelpilzen und Feuchteschäden führt. Nicht zuletzt dadurch ist aus hygienischer Sicht ein Luftwechsel innerhalb von Räumen zwingend erforderlich. Durch welche Art und Mittel der erforderliche Luftwechsel gewährleistet wird, spielt keine Rolle: Im Zusammenhang mit Schimmel ist es nur wichtig, dass die feuchte Luft regelmäßig durch ausreichende Mengen trockener Luft ersetzt wird. Dabei wird ein Luftwechsel von mindestens 0,5–1,0 h<sup>-1</sup> bei normaler Wohnraumnutzung für sinnvoll erachtet. Das heißt, dass die Raumluft durchschnittlich 0,5- bis 1-mal pro Stunde ausgetauscht werden sollte. Es gibt jedoch bis heute keine verbindliche Festlegung von Mindestluftwechselstandards.

### Stoß- und Querlüftung

Sind im Gebäude keine mechanischen Lüftungsanlagen installiert, die für einen regelmäßigen und ausreichenden Luftaustausch sorgen, so ist das richtige Lüftungsverhalten der Raumnutzer von entscheidender Bedeutung. Die intelligenteste Art zu lüften ist die sogenannte Stoßlü-



Stoßlüftung hat die größte Effizienz.

– bei weit geöffnetem Fenster und möglichst auch mit Durchzug von einem Fenster zum anderen quer durch die ganze Wohnung. Das Thermostatventil sollte natürlich zuvor heruntergeregelt werden, damit nicht unnötig Wärme verloren geht. In der kalten Jahreszeit reichen ca. fünf Minuten für den Luftaustausch, im Hochsommer sollten es eher 25 Minuten sein. Je kälter die Außentemperatur, desto kürzer kann die Lüftungszeit sein. Dabei sollte die Stoßlüftung bei kalten Außentemperaturen nicht zu lange dauern. Es ist wichtig zu vermeiden, dass Möbel und Wände abkühlen. Hierbei wäre eine schnelle Erwärmung der Raumluft nicht mehr gewährleistet. In Tabelle 3 (siehe S. 10.) ist eine Faustregel für die Lüftungszeit im Laufe eines Jahres dargestellt. Die unterschiedlichen Zeiten hängen davon ab, wie hoch die Luftfeuchtigkeit in der Außenluft ist. Wie oft eine Stoß-

lüftung am Tag durchgeführt werden soll, lässt sich allerdings pauschal schwer sagen: Dazu sind die individuellen Bedingungen wie Größe der Fenster, Lage der Wohnung usw. zu unterschiedlich. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, vorhandene Luftfeuchtigkeit mit Hilfe eines Hygrometers zu kontrollieren. Wird ein zu hoher Wert angezeigt, ist dies ein deutliches Indiz dafür, dass gelüftet werden sollte. Der optimale Wert behaglicher und bauschadensfreier Raumluftfeuchte liegt bei 35 % bis 60 % relativer Luftfeuchte. Aufgrund von Erfahrungswerten sollte ein Raum mindestens 3- bis 4-mal täglich durch Stoßlüftung gelüftet werden. Dabei sollte die Lüftung in möglichst großen und gleichmäßigen Abständen durchgeführt werden, nach Möglichkeit im 6-stündigen Intervall. Bei Bedarf, zum Beispiel nach dem Duschen oder Kochen, sollte das Fenster zusätzlich geöffnet werden, um viel Wasserdampf sofort zu entfernen, bevor er sich irgendwo niederschlägt. Gezieltes Lüften größerer Wasserdampfmengen kann dabei durch das mehrmalige Kurzlüften der betroffenen Räume erfolgen. Die trockene Außenluft wird durch kurzes Stoßlüften dem Raum zugeführt und erwärmt, dadurch kann die Luft Feuchtigkeit aufnehmen. Ist die erwärmte Raumluft mit Feuchtigkeit gesättigt, so wird sie wiederum im erneuten Stoßlüften durch frische Luft ausgetauscht. Dieser Vorgang kann so lange erfolgen, bis die überflüssige Feuchtigkeit dem Raum entzogen wurde. Die Türen sollten während dieser Vorgänge möglichst geschlossen bleiben, damit sich der Wasserdampf nicht in der gesamten Wohnung ausbreiten kann.

## Lüftung durch Kippstellung der Fenster

Der Raumnutzer sollte das Stoßlüften in seinem Tagesablauf fest integrieren. Soweit es seine Anwesenheit ermöglicht, sollte das Lüften morgens nach dem Aufstehen, mittags nach dem Essen, nachmittags zur Kaffezeit und abends vor dem Zubettgehen erfolgen. In der Praxis lässt sich ein solches Lüftungsverhalten nur sehr schwer realisieren. Nicht zuletzt dadurch ist die Dauerlüftung durch Kippstellung der Fenster eine beliebte Art zu lüften. Dauerlüften ist allerdings wenig effizient und wenn überhaupt nur in der warmen Jahreszeit zu empfehlen. In der kalten Jahreszeit führt die Kippstellung zu einem Auskühlen der Außenwände. Während die Frischluft in einige Wohnbereiche kaum vordringt, kühlen Wand-, Boden- und Deckenflächen in Fensternähe bedenkllich aus. An kühlen Wänden kann sich Kondensfeuchte bilden, die auf Dauer zu Schimmelbildung führen kann. Zudem geht zu viel Heizenergie verloren. Im Winter sollte also auf das Lüften in Kippstellung generell verzichtet werden.

## Lüftung der Kellerräume

Bei der Lüftung von Kellerräumen und nicht gedämmten Souterrainwohnungen sollte darauf geachtet werden, dass in der warmen Jahreszeit tagsüber nicht gelüftet wird. Wenn an schwülen Sommertagen tagsüber das Fenster eines kühlen Kellers geöffnet bleibt, so besteht das Risiko, dass die einströmende warme und feuchte Luft sich an den kühlen Oberflächen der Kellerwände ausbreitet und kondensiert. Um die Gefahr der Kondenswasserbildung zu minimieren, ist es sinnvoll, die betroffenen Räume frühmorgens oder in der Nacht mit kalter Außenluft zu lüften.

## Mechanische Lüftungsanlagen

Neben der klassischen Lüftungsmethode durch Öffnen der Fenster und Türen gewinnen zentrale Lüftungs-, Klimaanlage und spezielle Erdwärmetauscher immer mehr an Bedeutung. Dabei handelt es sich um mechanische Lüftungsanlagen,

die insbesondere bei Niedrigenergie- oder Passivhäusern zum Einsatz kommen. Die mechanische Lüftung mittels Abluftanlagen funktioniert durch Absaugen der belasteten und verbrauchten Luft aus den klassischen Ablufträumen wie Küche, Bad und WC – also überall dort, wo sich am häufigsten Feuchtigkeit und Gerüche bilden. Diese Raumluft wird über Kanäle durch Ventilatoren nach draußen befördert. Die frische Luft strömt durch Öffnungen in den Wohnraum, verteilt sich dort und kann anschließend wieder als Abluft abgeführt werden. Der Nachteil einfacher Lüftungsanlagen liegt darin, dass Wärme aus dem Rauminneren entweicht und dadurch höhere Heizkosten entstehen. Optimiert werden die Lüftungsanlagen in diesem Zusammenhang durch den Einsatz von Wärmetauschern, die eine Wärmerückgewinnung ermöglichen. Durch eine derartige Anlage kann eine Reduzierung der Lüftungswärmeverluste gegenüber einer reinen Abluftanlage erzielt werden. Beim Zu- und Abluftsystem mit einem Wärmetauscher strömt Frischluft nicht direkt von außen in die Räume. Zuvor wird über das Lüftungsgerät aus der Abluft die Wärme zurückgewonnen und der Zuluft zugeführt. Frische und vorgewärmte Luft gelangt dann über Zuluftventile direkt in den Wohn- und Schlafbereich. Der Vorteil von raumlufttechnischen Anlagen besteht in dem garantierten Mindestluftaustausch, unabhängig von der Witterung und dem Lüftungsverhalten des Raumnutzers. Können wegen Abwesenheit der Bewohner die Fenster einer Wohnung nicht mehrmals täglich geöffnet werden, so sorgen die Anlagen für ausreichenden Austausch der Raumluft.

## Gefahren durch mechanische Lüftungsanlagen

Mechanische Lüftungsanlagen können bei fehlerhafter Konstruktion und ungenügender Wartung leicht zu gefährlichen Sporenschleudern werden und damit zum einen das Gesundheitsrisiko der Gebäudenutzer erhöhen. Zum anderen steigt durch erhöhte Sporenkonzentration das Risiko der Schimmelpilzbildung inner-

**Tabelle 3**

Dauer der Lüftung	Monate
5 Minuten	Dezember, Januar, Februar
10 Minuten	März, November
15 Minuten	April, Mai, September, Oktober
25 Minuten	Juni, Juli, August

halb der Räumlichkeiten. Bei Klimaanlage kann die unsachgemäße Verlegung des Kondensatschlauchs, durch den eine Menge Wasser laufen kann, ein ausgeprägtes Schimmelpilzproblem verursachen. Eine Gefahrenquelle stellen darüber hinaus die Filter der Geräte dar. Werden Filter nicht regelmäßig ausgetauscht bzw. gereinigt, ist mikrobielle Verkeimung und Schimmelbefall nur eine Frage der Zeit.

Als Fazit lässt sich sagen, dass mechanische Lüftungsanlagen eine gute Alternative zum klassischen Lüften darstellen. Sie ermöglichen den erforderlichen Luftaustausch in Unabhängigkeit vom Lüftungsverhalten des Raumnutzers. Voraussetzungen sind der fachgerechte Einbau und eine regelmäßige Wartung der Anlagen.

### Richtiges Heizen

Das richtige Heizen hat einen großen Einfluss auf die Entstehung von Feuchtigkeit und die damit verbundene Schimmelpilzbildung in Innenräumen. Zum einen kann die erwärmte Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen, zum anderen wird die Gefahr von Kondenswasserbildung an warmen Außenwänden minimiert.

Um viel Feuchtigkeit aus der Wohnung zu befördern, muss die Luft ausreichend warm sein. Nur dann ist sie in der Lage, größere Mengen an Wasser aufzunehmen. Solange beim Lüften die einströmende kalte Luft nicht erwärmt wird, hat sie kein Potenzial, Feuchtigkeit aufzunehmen. Empfehlenswert sind Raumtemperaturen um 20 °C, in Bad und Wohnzimmer etwas mehr und im Schlafzimmer etwas weniger. Wichtig ist dabei, dass alle Räume ausreichend und vor allem kontinuierlich geheizt werden. In allen Räumen sollte die Heizung schwach eingeschaltet ständig im Betrieb sein. Diese Vorgehensweise ist deutlich effektiver als die Unart vieler Raumnutzer, erst nach Feierabend kräftig die Zentralheizung aufzudrehen und vor dem Zubettgehen wieder herunterzuregeln. Hierdurch kann die Raumluft zwar für eine gewisse Zeit auf erträgliche Temperaturen erwärmt werden, die Wand-, Boden-, und Decken-

flächen, die während des Tages und der Nacht auskühlen, bleiben jedoch zu kalt und erhöhen somit die Gefahr der Bildung von Kondensfeuchte. Zusätzlich werden, durch das beschriebene Heizverhalten, das Behaglichkeitsklima der Räume negativ beeinflusst und die Heizkosten erhöht.

Kühle Räume sollten nicht mit der Luft wärmerer Räume beheizt werden, wie das oft in Schlafzimmern oder Gästezimmern der Fall ist, dadurch gelangt nicht nur Wärme, sondern auch Feuchte in den kühlen Raum. Die relative Luftfeuchtigkeit steigt und erleichtert das Wachstum von Schimmelpilz. Der Temperaturunterschied zwischen benachbarten Räumen sollte nicht zu hoch sein. Kühle Räume sollten also auch mit dem Heizkörper temperiert werden. Dabei ist es generell wichtig, dass die Wärmeabgabe der Heizkörper nicht durch Verkleidungen, Vorhänge oder Gardinen behindert wird. So kann die Wärme nicht im vollen Umfang an die Raumluft abgegeben werden. Die gewünschte Temperatur kann somit in ungünstigen Fällen nicht erreicht werden.

Nicht nur das richtige Heizverhalten kann für schimmelfreie Räume entscheidend sein, auch das eingesetzte Heizverfahren kann den Feuchtigkeitsanfall und damit den Schimmelbefall beeinflussen. Es gibt zurzeit unterschiedliche Arten von Heizungen bzw. Heizsystemen. Die am häufigsten eingesetzte Heizmethode erfolgt durch Heizkörper oder Nachtspeicher und basiert auf Wärmekonvektion. Dabei strömt die Luft an der erwärmten Heizkörperoberfläche vorbei, nimmt die Wärmeenergie auf und gibt diese an kalten Stellen wieder ab. Konvektion wird also durch eine Strömung hervorgerufen, die Teilchen befördert. Der Teilchentransport erfolgt durch die Auswirkung der räumlichen Temperaturunterschiede.

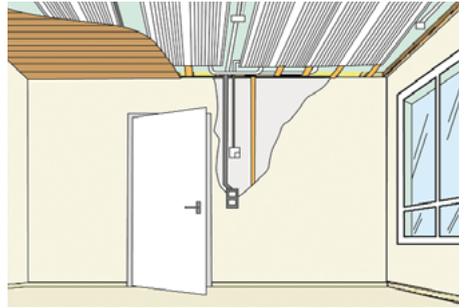
Das heißt, dass die Luft infolge der durch Temperaturänderungen hervorgerufenen Dichtenunterschiede sich im Raum bewegen kann. Die Raumluft wird erwärmt, dehnt sich dabei aus und steigt nach oben. Dort angelangt kühlt sie sich ab, zieht sich dabei wieder zusammen und sinkt ab, um

unten erneut erwärmt zu werden. Bedingt durch diesen Wärmetransport, strömt die erwärmte Luft an den Wänden und an anderen Gegenständen vorbei und gibt ihre Energie bzw. Wärme dort ab. Voraussetzung für die Wärmeübertragung durch Konvektion ist, dass die Oberflächen von erwärmter Luft erfasst werden. Oft ist es jedoch der Fall, dass die zirkulierende Luft, aufgrund der Bauwerksgeometrie, nicht alle Oberflächen der Räume erreicht. Dies ist häufig in Eckbereichen der Fall. Somit bleiben die betroffenen Flächen kalt und neigen dadurch zur Bildung von Kondensfeuchte.

Die Wärme kann nicht nur durch Konvektion, sondern auch durch Strahlung übertragen werden. Bei der Strahlungsheizung wird die Wärmeenergie durch Wärmestrahlung direkt übertragen. Hierbei ist also kein Stoff als Träger erforderlich. Körper können aufgrund ihrer Eigenfrequenz elektromagnetische Wellen aussenden, die als Wärmestrahlung (Temperaturstrahlung) in Erscheinung treten. Die Strahlungsenergie, die auf Oberflächen auftritt, wird von diesen absorbiert und in Wärme umgewandelt. Das heißt, die Wärme entsteht erst dann, wenn die Strahlung von einer Oberfläche aufgenommen wird.

Die Raumluft wird durch die Strahlung direkt nicht aufgeheizt. Mit diesem Prinzip lassen sich Oberflächen, auch in entlegenen Eckbereichen unabhängig von der Konvektion erwärmen.

Dabei ist jedoch zu bedenken, dass Wandbereiche beispielsweise hinter einem Schrank keinen Einfluss durch die Strahlung erfahren. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Oberflächenemperatur in den Ecken durch die Wärmestrahlung um bis zu 4 K höher sein kann als durch die reine Wärmekonvektion. Dies wirkt sich entscheidend auf die Oberflächenfeuchte aus. Der Übergang von der Strahlungsheizung zur Konvektionsheizung ist fließend, da eine Strahlungsheizung über die warmen Bauteile auch die Luft erwärmt und eine Konvektionsheizung auch Wärmestrahlung abgibt. Wärmestrahlung kann



Verschiedene Heizungsvarianten beeinflussen auf ihre Weise das Raumklima.

durch unterschiedliche Heizmethoden erzeugt werden, dazu gehören unter anderem elektrische Hochtemperaturstrahler und gasbetriebene Industrieheizstrahler. Zu Strahlungsheizkörpern gehören auch Decken-, Fußboden- und Wandheizsysteme. Strahlungsheizkörper benötigen aufgrund ihres Funktionsprinzips eine wesentlich größere raumseitige Abstrahlfläche als ein Konvektorheizkörper. Sie können in raumbegrenzende Bauteile integriert sein oder als flache Bauelemente auf Wand oder Decke appliziert sein.

**Folgende Heizmethoden basieren auf Wärmestrahlung und werden am häufigsten eingesetzt:**

#### *Deckenstrahlungsheizung*

Eine Deckenstrahlungsheizung ist eine Warmwasserheizung, deren Heizrohre unter der Decke befestigt und mit Aluminium-Platten verkleidet sind. Auf diese wird die Wärme von den Rohren mittels Wärmeleitung übertragen und durch Wärmestrahlung nach unten in den Raum abgegeben. Deckenstrahlungsheizung wird hauptsächlich in hohen Räumen eingesetzt, wenn Heizkörper stören oder für diese kein Platz vorhanden ist oder wenn in großen Hallen lokale Erwärmungen notwendig sind. Deckenstrahlungsheizungen sind für Menschen in niedrigen Räumen ungeeignet, da die Erwärmung in Kopfhöhe als unangenehm empfunden wird. Die Erwärmung durch Deckenheizung basiert auf der Wärmestrahlung, die sich auf eine große Fläche verteilt.

#### *Fußbodenheizung*

Die Fußbodenheizung gehört zur Gruppe der Flächenheizungen. Ein wesentlicher Vorteil dieses Heizsystems ist die Behaglichkeit. Ein weiterer Vorteil ist die architektonische Freiheit der Raumgestaltung. Dazu kommen noch die hygienischen Aspekte einer Fußbodenheizung. Staubaufwirbelung findet kaum statt. Durch die gleichmäßige Flächenwärme werden zudem das Wachstum der Hausstaubmilbe und die Schimmelpilzbildung verhindert.

#### *Wandheizung*

Bei der Wandheizung handelt es sich ebenfalls um eine Flächenheizung. Sie sorgt für eine Erwärmung des Raumes durch Wärmeabgabe der Wände mit einem relativ hohen Strahlungsanteil. Dieses Heizsystem kann gezielt in kalte Außenwände eingebaut werden, um die Oberflächentemperatur zu erhöhen und somit den Anfall von Kondensfeuchte zu verhindern.

#### *Einzelfeuerstätten*

Eine hocheffiziente Art Strahlungswärme zu verbreiten kann durch sog. Einzelfeuerstätten erfolgen. Dabei handelt es sich um Feuerquellen, die im Raum aktiv sind, wie z. B. Kachelöfen oder Kaminöfen. Die heiße Außenoberfläche einer Einzelfeuerstätte führt infolge von Strahlungsaustausch zu höheren Temperaturen an den Wand-, Decken- und Bodenoberflächen und erzeugt ein behagliches Raumklima. Es ist unbestritten, dass durch diese Heiz-

methode die Schimmelpilzbildung stark reduziert oder sogar verhindert werden kann. Dabei spielt nicht nur die Wärmestrahlung eine wichtige Rolle. Einzelfeuerstätten benötigen infolge der Verbrennungsvorgänge Luft. Die Luftzufuhr wird teilweise direkt dem Raum entzogen.

Bedingt dadurch kann sich die Luftwechselrate um bis zu 1,0 h<sup>-1</sup> erhöhen und somit die relative Feuchte im Raum reduzieren. Dieser Effekt tritt selbstverständlich nicht auf, wenn die Feuerstätte nicht in Betrieb ist. Wichtig ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen, daß der Raum kontinuierlich warm gehalten werden sollte. Da dies bei dieser Heizmethode durch die Abwesenheit der Raumnutzer nicht immer gewährleistet werden kann, sollte eine zusätzliche Raumheizung installiert werden.

#### **Fazit**

Durch das richtige Lüftungs- und Heizverhalten kann der Raumnutzer einen entscheidenden Einfluss auf die Schimmelpilzbildung nehmen. Er kann dadurch nutzungsbedingte Ursachen der Feuchtigkeitsbildung verhindern und in bestimmten Fällen baulich bedingte Ursachen positiv beeinflussen. Eine Kombination aus richtigem Lüften und Heizen kann die Schimmelbildung in Innenräumen verhindern. Voraussetzung dafür ist das Verständnis für physikalische Einflussfaktoren und Disziplin im Bezug auf das Wohnverhalten.