



Nicht nur ein Problem alter Häuser:

Feuchte Luft – nasse Wände –

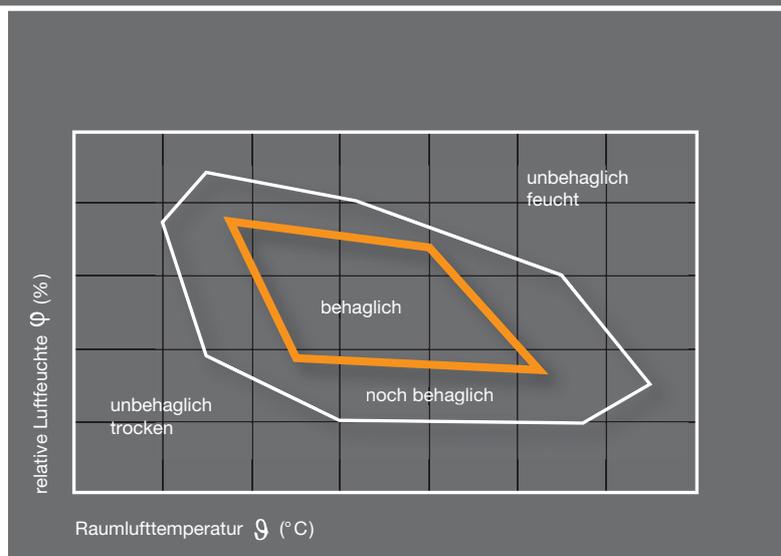
# schwarzer Schimmel

Im häuslichen Bereich vorhandene Feuchtigkeit fällt oftmals erst auf, wenn die Bausubstanz geschädigt ist oder sich gefährliche Schimmelpilze bilden. Neben verschiedenen Feuchtigkeitsquellen und durch sie verursachte Schäden sind Möglichkeiten erläutert, sie zu beheben.

Gleichgültig ob gemietet, gekauft oder „selbst gebaut“ bildet die eigene Wohnung oder das eigene Haus für die meisten Menschen einen zentralen Lebensmittelpunkt. Hier will man sich wohlfühlen und dazu muss eine behagliche Atmosphäre herrschen. Dies gilt nicht nur im übertragenen Sinne für die Einrichtung und Ausstattung der Wohnung, sondern bedeutet, dass tatsächlich auch das Innenraumklima angenehm und behaglich sein soll. Es gibt zwar gewisse Vorlieben – der eine mag es lieber warm, der andere bevorzugt frischere Temperaturen –, sehr groß sind die Abweichungen im Allgemeinen aber nicht.

Das Empfinden für die richtige Raumtemperatur ist meist gut entwickelt. Sehr viel weniger ausgeprägt ist das Empfinden für die richtige Luftfeuchtigkeit. Sie findet entsprechend weniger Beachtung und so werden hier nur sehr hohe oder extrem niedrige Feuchtwerte als unangenehm empfunden (**Grafik 1**). Die großen Schwankungen der relativen Luftfeuchtigkeit, die sich im Tagesverlauf und im Laufe eines Jahres durch den Wetterwechsel abspielen, werden in der Regel gar nicht bewusst wahrgenommen.

Kommt es aber in Innenräumen dauerhaft oder in regelmäßigen Abständen zu überhöhter Feuchtigkeit, kann dies zu Schäden an der Bausubstanz und zu hygienischen oder gesundheitlichen Gefahren, z.B. durch die Bildung von Schimmelpilzen, führen. Dabei treten die Schäden im Allgemeinen nicht gut sichtbar auf großen, freien Flächen auf, sondern bilden sich lokal an besonders anfälligen Stellen, die zudem häufig noch gut versteckt sind. So werden Schimmelschäden immer wieder erst nach Monaten oder gar Jahren entdeckt, wenn sie schon einen erheblichen Umfang angenommen haben (**Bild 1**).



**Grafik 1** | Zusammenhang zwischen der relativen Luftfeuchtigkeit und der Raumtemperatur für das Behaglichkeitsempfinden (Quelle: H. Arndt, „Wärme- und Feuchteschutz in der Praxis“).

**Bild 1** | Auch Schimmelpilze können schön sein. Es kommt nur auf die Sichtweise an. Hier eine Aufnahme mit dem Rasterelektronenmikroskop (Aspergillus species).

Die Ursachen für solche Feuchtigkeits- und Schimmelschäden sind vielfältig. Entsprechend unterschiedlich sind auch die erforderlichen Maßnahmen zur Schadenbeseitigung. Gemeinsam ist ihnen aber, dass sie nur erfolgreich sein können, wenn die Feuchtigkeitsquelle sicher identifiziert und dauerhaft ausgeschaltet werden kann. Der Feuchteschaden muss vollständig austrocknen können. Sind die Baustoffe aber schon stark geschädigt oder von Schimmelpilzen befallen, müssen sie meist ausgetauscht werden, was zu einem erheblichen zusätzlichen Aufwand führen kann.



### Nutzungsbedingte Feuchtigkeitsquellen

In Häusern und Wohnungen kann Feuchtigkeit auftreten, die durch die Nutzung bedingt ist. Nachfolgend sind die hauptsächlichen Feuchtigkeitsquellen beschrieben:

#### Fehler beim Lüften und Heizen

Eine wesentliche Gruppe von Schimmelschäden entsteht durch „falsche Betriebsbedingungen“ des Gebäudes. Hierfür ist oft ein Verhalten der Bewohner verantwortlich, das den Anforderungen des Gebäudes nicht angepasst ist. In erster Linie sind Fehler beim Lüften und Heizen zu nennen (**Bild 2**). Um scheinbar Energie und damit auch Geld zu sparen, wird die warme Luft möglichst lange im Gebäude festgehalten. Das damit auch die Feuchtigkeit in den Räumen verbleibt, wird nicht bedacht.



**Bild 2** | Die massive Kondenswasserbildung an einem Fenster durch mangelhafte Lüftung

Zudem kommt es gerade bei älteren Häusern vor, dass sich durch Modernisierungsmaßnahmen die baulichen Bedingungen gravierend ändern können. Das über Jahrzehnte praktizierte und erfolgreiche Heiz- und Lüftungsverhalten kann dann auf einmal nicht mehr ausreichend sein, um ein Schimmelpilzwachstum zu vermeiden.

#### Der Mensch als Feuchtigkeitsquelle

In bewohnten Räumen wird grundsätzlich schon eine beachtliche Menge Feuchtigkeit allein durch die Bewohner und ihre Aktivitäten freigesetzt. Augenfällig ist dies beim Duschen, Kochen und beim Wäschewaschen, Trocknen oder Bügeln. Hinzu kommt die Feuchtigkeitsabgabe durch verdunstendes Wischwasser und durch Zimmerpflanzen. Befindet sich ein offenes Aquarium in der Wohnung, werden pro Quadratmeter Wasseroberfläche und Stunde ca. 40 g Wasser freigesetzt und gelangen in die Raumluft.

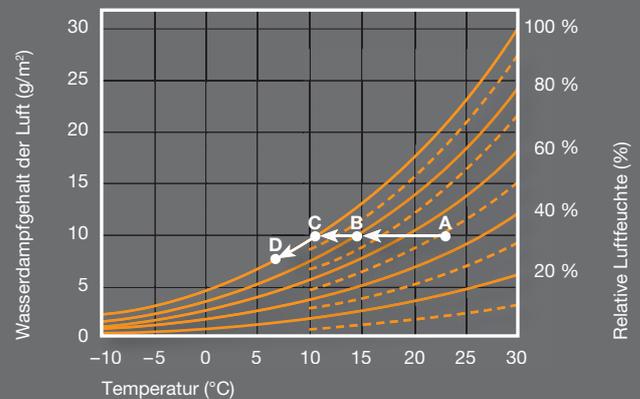
Doch auch schon allein der Aufenthalt von Menschen in den Wohnräumen bedeutet eine Abgabe von Feuchtigkeit. Eine ruhende oder schlafende Person gibt durch die Atemluft und über ihre Körperoberfläche eine Wassermenge von ca. 30 g pro Stunde in die Raumluft ab. Mit steigender Aktivität kann diese Menge auf das Zwei- bis Dreifache ansteigen.

Insgesamt kann somit bei einem 3-Personen-Haushalt pro Tag eine Wassermenge von bis zu 12 Litern zusammenkommen, die von der Raumluft aufgenommen wird und für einen Anstieg der Luftfeuchtigkeit sorgt.

#### „Absolute“ und „relative“ Luftfeuchtigkeit

Zur Beurteilung der oben genannten Werte muss zwischen der „absoluten“ und der „relativen“ Luftfeuchtigkeit unterschieden werden.

Die absolute Luftfeuchtigkeit gibt die Wassermenge in Gramm an, die als Wasserdampf in einem Kubikmeter Luft enthalten ist. Dieser Wert ist von der Lufttemperatur unabhängig. Die maximal mögliche Wassermenge, die von der Luft aufgenommen werden kann, ist allerdings begrenzt und hängt stark von der jeweiligen Temperatur im Raum ab. Je wärmer die Raumluft ist, desto mehr



**Grafik 2** | Bei gleichbleibendem Wasserdampfgehalt in der Luft ändert sich die relative Luftfeuchtigkeit mit der Temperatur (Quelle: Umweltbundesamt 2005).

Feuchtigkeit kann sie aufnehmen. Ist der maximale Wert erreicht, ist die Luft an Wasserdampf gesättigt. Dieser Punkt wird als Taupunkt bezeichnet. Wird weitere Feuchtigkeit im Raum freigesetzt, kommt es zur Kondens- oder Tauwasserbildung. Der Wert der relativen Luftfeuchtigkeit bezieht sich auf diesen Taupunkt und ist daher ebenfalls temperaturabhängig. Er gibt an, welcher prozentuale Anteil der maximalen Wasseraufnahme bereits erreicht ist (**Grafik 2**).

Üblicherweise liegt in Wohnräumen die relative Luftfeuchtigkeit in einem Bereich zwischen 40 % und 65 %. Sie lässt sich in einfacher Weise mit einem Hygrometer kontrollieren. Kurzfristig können diese Werte auch deutlich überschritten werden. Es sollte aber vermieden werden, dass die relative Luftfeuchtigkeit den oberen Wert von 65 % dauerhaft oder für längere Zeit überschreitet. Kühlt nämlich die Raumluft ab, steigt allein durch die Temperaturabnahme die relative Luftfeuchtigkeit an, ohne dass weitere Feuchtigkeit freigesetzt werden muss. Entsprechend der Darstellung in Grafik 2 steigt die relative Luftfeuchtigkeit im Punkt A von 50 % bei 23 °C durch die Temperaturabsenkung über 80 % im Punkt B auf 100 % im Punkt C bei einer Temperatur von ca. 12 °C. Damit ist der Taupunkt erreicht. Es kommt zur Kondenswasserbildung an den Oberflächen und zum Risiko einer Schimmelpilzbildung. Bei einer weiteren Abkühlung folgt der Taupunkt der Sättigungskurve in Richtung D und es tritt weiteres Kondenswasser auf. ▶



Zu bedenken ist in diesem Zusammenhang, dass die Lufttemperatur in der Nähe einer kalten Oberfläche bereits niedriger ist als in der Raummitte. Es kann daher auch schon stellenweise zur Tropfenbildung kommen, wenn die mittlere relative Luftfeuchtigkeit im Raum noch unkritisch erscheint.

Das folgende Rechenbeispiel dokumentiert, welchen Einfluss z. B. das Bügeln in einem abgeschlossenen Raum auf die relative Luftfeuchtigkeit haben kann:

Der Wassertank eines Bügeleisens fasst ca. 300 ml Wasser. Vor dem Bügeln liege die relative Luftfeuchtigkeit im Raum bei 50 % und die Temperatur betrage 20 °C. Dies entspricht einem Wassergehalt von 8,8 g/m<sup>3</sup>. Bei einem Luftvolumen von 40 m<sup>3</sup> beträgt die gesamte Wassermenge in der Luft demnach 352 g. Wird beim Bügeln ohne zu lüften der Wasserinhalt des Tanks „verbraucht“, gelangen damit zusätzlich 300 g Wasser in die Luft, sodass die gesamte Wassermenge im Raum auf 652 g in 40 m<sup>3</sup> Luft ansteigt. Der Wassergehalt beträgt also nach dem Bügeln 16,3 g/m<sup>3</sup>, was einer relativen Luftfeuchtigkeit von ca. 93 % entspricht.

### Wie verlässt die Feuchtigkeit den Innenraum?

Um die im Gebäude freigesetzte Wassermenge wieder los zu werden, muss die feuchte, warme Luft nach außen transportiert und gegen trockenere Luft ausgetauscht werden. Dies geschieht in aller Regel durch das regelmäßige Lüften über die Fenster. Ein Maß für die Effektivität des Lüftens ist die Zahl der erreichten Luftwechsel pro Stunde. Sie liegt bei einem gekippten Fenster zwischen einem 0,3-fachen und einem 4-fachen Luftwechsel pro Stunde. Bei einem vollständig geöffneten Fenster ist die Effektivität viel höher und erreicht Werte zwischen 4 und 20/h. Beeinflusst wird diese Größe z. B. von der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit. Werden Fenster an gegenüberliegenden Seiten geöffnet, begünstigt dies zusätzlich den Luftaustausch. Welche Luftwechselrate tatsächlich erforderlich ist, hängt wesentlich von der Raumbelastung und der Raumnutzung ab. Es gibt daher bis heute keine verbindliche Festlegung eines Mindestluftwechselstandards. Nach der DIN 1946-6 wird zur Vermeidung bauphysikalischer Schäden wie z. B. Schimmelbefall eine Luftwechselzahl von 0,5/h empfohlen. Dieser Wert wird auch bei einer dauerhaften Kippstellung des Fensters erreicht. Allerdings besteht dabei die Gefahr einer starken Auskühlung im Bereich der Fensterlaibung, wodurch eine Schimmelbildung wieder gefördert wird. Besser ist es daher, den Luftwechsel mehrmals täglich durch eine regelmäßige Stoßlüftung von fünf bis zehn Minuten Dauer sicherzustellen.

Der Austausch der feuchten Raumluft gegen trockenere Außenluft ist im Winterhalbjahr, wenn die Außentemperaturen niedriger sind als im Innenraum, kein Problem. Wie die folgende Beispielrechnung zeigt, kann die Raumluft durch das Lüften sogar an einem regnerischen Novembertag deutlich trockener werden:

In der Wohnung betrage die Raumtemperatur 20 °C und die relative Luftfeuchtigkeit 60 %. Dies entspricht einer Wassermenge von 10,44 g/m<sup>3</sup> in der Innenraumluft. Draußen sei es nass und kalt. Die Luft sei mit Wasserdampf gesättigt – die relative Luftfeuchtigkeit betrage 100 % und die Temperatur nur 5 °C. Dies entspräche einem Wassergehalt von 6,6 g/m<sup>3</sup>.

Beim Lüften wird die warme Raumluft gegen die 5 °C kalte Außenluft ausgetauscht und diese durch die Heizung wieder auf 20 °C erwärmt. Neue Feuchtigkeit kommt beim Erwärmen nicht hinzu, sodass der Wassergehalt weiterhin 6,6 g/m<sup>3</sup> Luft beträgt. Dies entspricht bei 20 °C einer relativen Luftfeuchtigkeit von nur noch ca. 40 %. Gegenüber dem Zustand vor dem Lüften hat sich also die relative Luftfeuchtigkeit deutlich verringert.

**Eine umgekehrte Situation kann sich im Sommer bei hohen Außentemperaturen einstellen:** Wird z. B. ein kühler Kellerraum mit einer Temperatur von 10 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60 % gelüftet, kann dies zu einem erheblichen Feuchtigkeitsanstieg führen. Der Wassergehalt unter den genannten Bedingungen beträgt ca. 5,5 g/m<sup>3</sup>. Bei einer Außentemperatur von 20 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 80 % hätte die Außenluft einen Wassergehalt von 13,5 g/m<sup>3</sup>. Wird durch das Lüften des Kellerraums diese Luft ausgetauscht und anschließend auf 10 °C abgekühlt, steigt die relative Luftfeuchtigkeit im Keller bis zum Taupunkt (100 % rel. Feuchte). Er entspricht bei 10 °C einem Wassergehalt von 9,25 g/m<sup>3</sup>. Die abgekühlte Luft ist damit übersättigt und es kommt unweigerlich zur Kondenswasserbildung. Die Oberflächen werden feucht und es können sich schon nach kurzer Zeit Schimmelpilze bilden.

Grundsätzlich sollte daher das Lüften im Sommer möglichst in den frühen Morgenstunden oder den späten Abendstunden erfolgen, wenn die Außentemperaturen niedriger sind.

### Wärmebrücken als weitere Feuchtigkeitsquellen

Auch wenn stets auf einen ausreichenden Luftaustausch geachtet wird, kann es aufgrund baulicher Bedingungen oder planerischer Mängel in begrenzten Bereichen zur Schimmelbildung kommen. Häufig ist dies in den Außenwandecken oder an den Fensterlaibungen der Fall (**Bild 3**). Diese Bereiche stellen geometrische Wärmebrücken dar und sind nur bedingt zu vermeiden. In einer Raumecke verliert die Raumluft verstärkt an Wärmeenergie.



**Bild 3** | Der starke Wärmeverlust am Fenstersturz führt zur Kondenswasserbildung und zum Schimmelbefall.



Ursache hierfür ist die vergrößerte Wand- und Deckenoberfläche, mit der die Luft im Kontakt steht. Im Vergleich zu einer ebenen Wandfläche wird hier die Wärme besonders stark nach außen abgeleitet. Im Bereich einer Fensterlaibung führt die verringerte Wanddicke ebenfalls zu einem verstärkten Wärmeverlust in der kalten Jahreszeit.

Die geometrischen Wärmebrücken sind auch bei guter Planung nicht ganz zu verhindern. Planungsmängel und eine fehlerhafte Bauausführung können aber zu zusätzlichen Wärmebrücken führen. Werden z.B. Stahlträger eingesetzt, die thermisch nicht ausreichend vom Mauerwerk getrennt sind, kommt es durch die sehr viel höhere Wärmeleitfähigkeit des Trägers lokal zum Wärmeverlust. Dadurch sinkt die Temperatur an der Oberfläche gegenüber den übrigen Wandflächen ab. Die im Kontakt stehende Raumluft kühlt lokal ab und die relative Luftfeuchtigkeit steigt an der Wärmebrücke an.

**Wichtig:  
Gute Planung  
und richtiges  
Lüften!**

In früheren Zeiten stellten einfachverglaste Fenster typische Wärmebrücken dar. An den Scheiben kam es dort bei einer Unterschreitung des Taupunktes unmittelbar zur gut sichtbaren Kondenswasserbildung. Beschlagene Fenster waren ein eindeutiges Signal dafür, dass der Raum gelüftet werden musste. Moderne Fenster sind aber wesentlich besser isoliert, sodass sie nicht mehr automatisch die kältesten Oberflächen im Raum darstellen. An einer Wandoberfläche ist der Wandputz oder die Tapete im Allgemeinen in der Lage, die Feuchtigkeit aufzunehmen, ohne dass diese unmittelbar durch Tropfenbildung sichtbar wird. Das Warnsignal „Achtung Lüften!“ bleibt aus, ein Schimmelpilzwachstum ist aber bereits ermöglicht.

Ein gutes Werkzeug zum Aufspüren von Wärmeverlusten ist die Thermografie. Sie verrät, wo sich im Gebäude die Wärmelecks befinden. Da sich die Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffs auch mit seiner Feuchtigkeit gravierend verändert, können auch bestehende Durchfeuchtungen, z. B. nach Rohrleckagen oder an undichten Fassaden, thermografisch erkannt werden. Dies gelingt besonders gut in der kalten Jahreszeit. Bei einer Außenaufnahme zeichnet sich der durchfeuchtete Bereich durch eine erhöhte Temperatur ab, an der Innenseite führt die Durchfeuchtung zu einer deutlichen Abkühlung (**Bild 4, 5**). Die Interpretation thermografischer Aufnahmen ist nicht immer leicht und eindeutig. Zur Bewertung einer Schadensituation sollten daher die Ergebnisse von Recherchen und weiteren Untersuchungen vor Ort mit einbezogen werden.

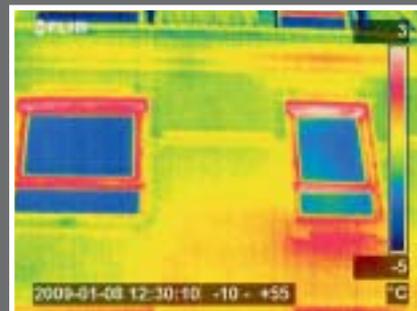
### Schäden an den Installationen

Moderne Gebäude sind von einer großen Zahl Wasser führender Leitungen durchzogen. Die Leitungssysteme für Trinkwasser, Abwasser und Heizung sind zumeist verdeckt installiert und versorgen jeden gewünschten Punkt des Hauses. Ein Wohnkomfort, der allgemein schon als selbstverständlich angenommen wird. Kommt es aber an einer solchen Leitung zur Leckage, ist es vorbei mit dem Komfort. Neben Bruch- und Korrosionsschäden sind hier als Schadenursache vor allem Verbindungsmängel zu nennen. Sie entstehen z.B. bei einer fehlerhaften Installation oder durch die

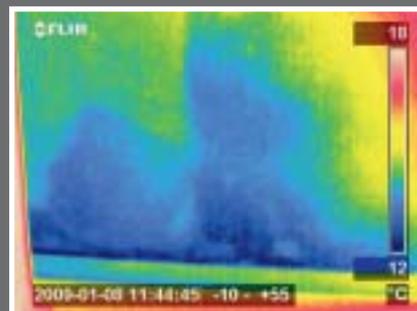
Verwendung von Bauteilen minderer Qualität. Schon sehr kleine Leckagen an Rohrleitungen können über die Zeit zu großen Schäden führen, wenn sie nicht sofort erkannt und behoben werden. An einer unerkannten Leckage von nur 0,5 mm Durchmesser treten bei einem Leitungsdruck von z.B. 4 bar pro Stunde ca. 11,9l aus. In einer Woche summiert sich das auf ca. 2 m<sup>3</sup> Wasser, die sich z.B. im Fußbodenaufbau verteilen und an den Wänden hochziehen.

### Schäden am Gebäude

Auch am Gebäude selbst können Schäden z. B. am Dach, an der Fassade oder an der Abdichtung des Kellergeschosses große Probleme bereiten. Die Ursachen für solche Schäden können schon beim Bau des Gebäudes durch mangelhafte Sorgfalt gelegt werden. Oft kommt es zu handwerklichen Fehlern, die sich erst bemerkbar machen, wenn sich nach einiger Zeit feuchte Stellen und Schimmelpilze im Haus bilden.



**Bild 4, 5** | Beide Heizkörper unter den Fenstern sind an. Auf der rechten Seite führt eine Durchfeuchtung der Wand zum deutlichen Wärmeverlust.



An der Innenseite zeichnet sich die Durchfeuchtung durch niedrigere Temperaturen ab.

Betroffen sind hier besonders auch Neubauten oder Gebäude nach umfangreichen Modernisierungen, die die Energiebilanz der Häuser verbessern sollten. Dies ist besonders ärgerlich, wenn bei der anschließenden Sanierung des Schadens große Teile der noch neuwertigen Baustoffe zerstört und ausgetauscht werden müssen. Sehr häufig sind z.B. die Oberbeläge von Fußböden durch die Durchfeuchtung gar nicht selbst beeinträchtigt, müssen aber für die Trocknung aufgenommen oder zumindest durchbohrt werden. Ein Austausch von Dämmschichten bei höherer Keimbelastung ist ohne einen weitgehenden Rückbau nicht möglich. ▶

### Schäden und mögliche Auswirkungen

Ein besonderer Schwachpunkt sind die Abdichtungen von erdberührten Bauteilen und die Durchführungen von Leitungen aus dem Außenbereich ins Gebäude. Ein ärgerliches Beispiel hierfür zeigte sich an einer ganzen Siedlung neu errichteter Reihenhäuser. Dort waren fast an allen Häusern die elektrischen Durchführungen im Sockelbereich unzureichend ausgeführt worden, sodass das anstehende Regenwasser in allen Gebäuden in den Fußbodenaufbau eindringen konnte (**Bild 6, 7**). Da im Flur und in der angrenzenden Küche die Fußböden verfliesen waren, zeigte sich der Feuchteschaden erst durch das Schimmelpilzwachstum an den in Leichtbauweise errichteten Zwischenwänden (**Bild 8**). Die Reihenhäuser waren zu diesem Zeitpunkt fast alle schon bezogen, sodass die Sanierung erhebliche Unannehmlichkeiten für die neuen Hausbesitzer mit sich brachte.

Aber nicht nur im Wohnbereich, auch an der Arbeitsstätte kann ein unerkannter Feuchteschaden zu erheblichen Problemen führen. So klagten die Mitarbeiter in einem neu errichteten Bahn-Terminal bereits wenige Monate nach der Inbetriebnahme über verstärkte gesundheitliche Probleme. Dabei waren die Beschwerden wenig charakteristisch: Kopfschmerzen, Müdigkeit, Konzentrationsstörungen und Reizungen der Augen und Schleimhäute.

Nähere Untersuchungen ergaben, dass auch hier durch mangelnde Abdichtung des Baukörpers Feuchtigkeit in die Fußböden und Wände eingedrungen war und zu einer Belastung durch Schimmelpilze geführt hatte (**Bild 9**). Die erforderlichen Rückbau- und Sanierungsarbeiten erforderten nicht nur einen hohen Kostenaufwand, auch organisatorisch musste Erhebliches geleistet werden, um den Betrieb des Terminals aufrechterhalten zu können. ■

Dr. Axel Althaus  
Industrie- und Handelskammer zu Kiel  
öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger  
für Schimmelpilz- und mikrobiologische  
Feuchteschäden; Ursachenermittlung,  
Beurteilung und Sanierungskonzepte



**Bild 6, 7** | Das am Gebäude anstehende Wasser konnte nicht abfließen. Durch unzureichende Abdichtung der Durchführungen drang die Feuchtigkeit ins Gebäude ein.



**Bild 8** | Die Durchfeuchtung im Fußboden zeigte sich erst durch einen Schimmelpilzbefall an den Leichtbauwänden.



**Bild 9** | Nach dem Rückbau des Fußbodenaufbaus wird der massive Wassereintrich ins Terminalgebäude deutlich.

#### Literatur:

- 1 | „Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen“ Innenraumlufthygienekommission des Umweltbundesamtes, Berlin, 2002.
- 2 | „Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen“ („Schimmelpilzsanierungs-Leitfaden“), Innenraumlufthygienekommission des Umweltbundesamtes, Dessau, 2005.
- 3 | Empfehlung des Robert Koch-Instituts, „Schimmelpilzbelastung in Innenräumen – Befunderhebung, gesundheitliche Bewertung und Maßnahmen“, Bundesgesundheitsblatt 10/2007.
- 4 | „Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement“, Arbeitskreis „Qualitätssicherung – Schimmelpilze in Innenräumen“ am Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg 12/2001.
- 5 | „Handlungsempfehlung für die Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Innenräumen“, Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg 02/2004.
- 6 | DIN 1946-6, Raumlufttechnik – Lüften von Wohnungen, 09/1994.
- 7 | „Gutes Wohnklima, Feuchtigkeit – Lüften – Dämmen“, Umweltberatung der Bezirksämter, Hamburg.
- 8 | Arndt, Horst: Wärme- und Feuchteschutz in der Praxis, 2. Aufl., Verlag Bauwesen Berlin, 2002.