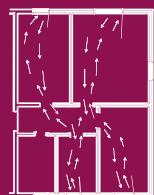
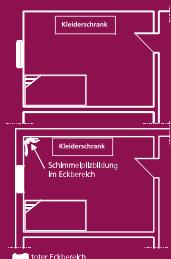


Michael Köneke

Schimmel im Haus

erkennen – vermeiden – bekämpfen

4., überarbeitete und erweiterte Auflage



Fraunhofer IRB ■ Verlag

Michael Köneke
Schimmel im Haus

*Hiermit möchte ich mich bei meinen
beiden Mitarbeitern
Falk Uebel und Frau Dipl.-Ing. Britta Stein bedanken,
ohne die dieses Buchprojekt
nicht realisiert worden wäre.*

Michael Köneke

Schimmel im Haus

erkennen – vermeiden – bekämpfen

**Risiken, Einflussfaktoren,
Messmethoden, Rechtsstreitigkeiten,
Bekämpfungsmaßnahmen von
Schimmelpilzen**

4., überarbeitete und erweiterte Auflage

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-8457-9

ISBN (E-Book): 978-3-8167-8841-6

Lektorat: Thomas Altmann

Herstellung: Tim Oliver Pohl

Umschlaggestaltung: Martin Kjer

Druck: Konrad Triltsch Print und digitale Medien GmbH, Ochsenfurt

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warennamen und Handelsnamen in diesem Werk berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen werden oder aus ihnen zitiert werden, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2013

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart

Telefon (0711) 9 70-25 00

Telefax (0711) 9 70-25 08

E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Inhaltsverzeichnis

Prolog	7
1 Risiken und Gesundheitsschäden	
durch Schimmelpilze	9
1.1 Medizinische Mykologie	9
1.2 Der Pilz, das unbekannte Wesen	10
1.3 In Wohnungen anzutreffende Pilzarten	11
1.4 Wachstumsansprüche von Schimmelpilzen in Wohnungen	13
1.5 Krank durch Schimmel	14
2 Bauphysikalische Einflussfaktoren auf das Schimmelpilzwachstum in Wohnungen	17
2.1 Luftfeuchte und Tauwasserbildung	17
2.1.1 Luftfeuchtigkeit	17
2.1.2 Mindestluftwechselzahl	18
2.1.3 Lüften	19
2.1.4 Heizen	23
2.1.5 Feuchtigkeitsbildung in Wohn- und Arbeitsräumen durch Nutzung	25
2.1.6 Tauwasserbildung auf Bauteiloberflächen	28
2.1.7 Beurteilung von Innenkondensation	30
2.1.8 Pufferung von Feuchtigkeit durch Baustoffe	33
2.2 Wärmebrücken	37
2.2.1 Allgemeines	37
2.2.2 Konstruktionsbedingte Wärmebrücke	41
2.2.3 Geometrische Wärmebrücke	42
2.2.4 Lüftungstechnisch bedingte Wärmebrücke	42
2.3 Beurteilungen von Wärmebrücken	42
2.4 Baustofffeuchte und -eigenschaften	47
3 Methoden zur Feuchtemessung	51
3.1 CM-Messmethode (Calciumcarbid-Methode)	51
3.2 Gravimetrische Messmethode (Darr-Methode)	52
3.3 Elektrische Widerstands-Messmethode	54
3.4 Zusammenfassung der Bewertungskriterien	56

4	Schimmelpilzbildungen und ihre rechtliche Würdigung	59
4.1	Urteile zu Feuchtigkeit in Wohnungen bzw. zu Schimmelpilzen in Mietobjekten	59
4.2	Beweislast	66
4.3	Gutachterliche Beurteilung von Schimmelpilzschäden	67
5	Schimmelpilze im Industriebereich	71
5.1	Vorwort	71
5.2	Ursachen	71
6	Schimmelpilzvermeidung und -bekämpfung	73
6.1	Vermeidung von Schimmelpilzschäden	73
6.1.1	Energieeinsparverordnung	73
6.1.2	Innendämmung	74
6.1.3	Außendämmung	77
6.1.4	Tangierende konstruktive Maßnahmen an Fenstern	78
6.1.5	Mechanische Lüftung	79
6.1.6	Schimmelpilzwachstum auf Fugendichtstoffen und dessen Vermeidung	79
6.2	Schimmelpilzbekämpfung	82
7	Fogging – Phänomen ›Schwarze Wohnung‹	85
7.1	Grundlagen/Allgemeines	85
7.2	Ursachen	85
7.3	Schadensbehebung	88
8	Bauphysikalisches ABC	91
	Anhang	105
	Literaturhinweise	105
	Nützliche Adressen	106
	Stichwortverzeichnis	107

Prolog

Nach nunmehr über 25 Jahren Tätigkeit als Bausachverständiger war es für mich notwendig, alle Erfahrungen und Hinweise im Bereich Schimmelpilzbildung zu bündeln und in einem Buch zusammenzufassen. Insgesamt haben sich nach dem Aktualisieren des Buches keine wesentlichen Änderungen ergeben. Der Text ist immer noch hochaktuell. Er wird durch die vielen energetischen Einflussnahmen nicht wesentlich destruktiver.

Hierbei geht es letztendlich immer um das eine: »Heizen und Lüften«, auch wenn diese Umschreibung von vielen als abgedroschen bezeichnet wird. Ein Anwalt drohte mir einmal mit dem Satz: »Wenn Sie hier an dieser Stelle wieder von Heizen und Lüften anfangen, empfehle ich meinem Mandanten sofort, die Ortsbesichtigung zu beenden.«

Am schwierigsten stellt es sich für den Bausachverständigen oder Berater dar, die theoretischen Ansätze der Lüftung in die Praxis umzusetzen. Viele Nutzer und Bewohner scheitern mit den Lüftungsempfehlungen an der Zeit (eine halbe Stunde morgens und abends reichen eben nicht aus) oder an der Komplexität der Lüftung an sich. Das Einsetzen von Hygrometern oder das Stoßlüften haben die meisten Nutzer eben noch nicht verinnerlicht.

Vielfältige Randbedingungen haben inzwischen die Beurteilung von Schimmelschäden erschwert. Nicht nur die Nährböden für Schimmelpilze haben sich verbessert (Tapekenkleister, Raufasertapeten), sondern auch die Wohnungen werden immer besser ausgenutzt. Außenwandflächen werden immer weiter verstellt. Die Möbelindustrie baut inzwischen nur noch Kleiderschränke ohne Beine. Betten werden fast nur noch mit Bettkästen versehen und verbleibende Lücken werden sinnvoll mit Bügelbrettern verschlossen.

Vor diesem Hintergrund stellt sich dann nicht nur die rechtliche Betrachtung sondern auch die soziologische. Anzuführen ist die in den letzten Jahren immer wieder ansteigende Miete von Wohnraum und die damit verbundene bessere

Auslastung. Das heißt, Zweizimmerwohnungen werden in einigen Wohngebieten bereits von vier Personen bewohnt.

1 Risiken und Gesundheitsschäden durch Schimmelpilze

1.1 Medizinische Mykologie

Wenn heute über bauphysikalische Probleme, vor allem in Wohnungen, gesprochen und vielfach auch kontrovers diskutiert wird, treten medizinische Aspekte immer mehr in den Vordergrund. Meist beklagen sich Wohnungsutzer nicht nur über verschimmelte Tapeten oder Kleidungsstücke, sondern lassen sich beim Hausarzt krankschreiben. Sie beklagen sich über Allergien oder allgemeines Unwohlsein, Abgeschlafftheit oder Müdigkeit.

Schimmelpilze treten seit Jahrzehnten in den unterschiedlichsten Bereichen auf und weisen sehr verschiedene Wirkungen auf den Menschen auf. Hier muss unterschieden werden, ob es sich um nützliche oder schädliche, um unbedeutende oder bedeutende Aktivitäten handelt.

Bekannt sind 120.000 verschiedene Arten von Schimmelpilzen, die zum großen Teil eine sehr hohe Anpassungsfähigkeit an Temperaturen aufweisen. Seit langem werden Schimmelpilze zur Herstellung von Nahrungsmitteln für Gärungsprozesse, wie etwa bei Käse, Brot und Alkohol, benutzt, wo sie kontrolliert einsetzbar sind. Auch im biologischen Gartenbau, bei der Müllverbrennung und im medizinischen Bereich werden Schimmelpilze verwendet.

120.000 bekannte Schimmelpilzarten

Nützlicher Einsatz von Schimmelpilzen

Da die einzelnen Schimmelpilzarten mit dem bloßen Auge nicht zu unterscheiden sind, wird immer eine aufwändige, kostenintensive Untersuchung im Labor notwendig, um die Einstufung des Befalls in eine gefährliche oder ungefährliche Art zu ermöglichen. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, jede auftretende Schimmelpilzart zunächst als gesundheitsschädlich zu betrachten und angemessene Vorsichtsmaßnahmen zu treffen.

Doch gerade beim heutigen medizinischen Fortschritt wird ein Wissen gebiet völlig vernachlässigt. Die Rede ist von der »Mykologie«, der Lehre von den Pilzen. Schon 1835 wurde von der krankmachenden Wirkung von Pilzen berichtet. Vorrangig können die Krankheiten in drei Oberbegriffe eingefasst werden:

- Allergien (Mykoallergosen)
- Infektionskrankheiten (Mykosen)
- Vergiftungen (Mykotoxikosen).

Symptomatisch ist, dass in Deutschland kein Lehrstuhl für medizinische Pilzkunde existiert, und auch sonst kommt die medizinische Mykologie in der Ausbildung der Ärzte nur wenig vor.

1.2 Der Pilz, das unbekannte Wesen

Biologisch gesehen gehören Schimmelpilze zu den Pflanzen. Artverwandt sind z. B. Mikroben oder Algen. Der Pilz besteht zu einem Großteil aus unsichtbaren Geflechten (Myzele). Manchmal wächst aus diesen Myzelen sogar ein Fruchtkörper heraus wie z. B. bei einem Echten Hausschwamm oder aber einem Champignon.

100 Pilzarten können
im menschlichen
Körper wachsen

Insgesamt, so schätzt man, gibt es ca. 120.000 Arten von Pilzen, wobei ca. 60.000 erforscht sind. Man schätzt, dass etwa 100 Pilzarten im menschlichen Organismus wachsen und dort ihr Unwesen treiben können.

Pilze sind
anpassungsfähig

Der Pilz wird allerdings erst dann schädlich, wenn er in der Lage ist, im menschlichen Organismus dauerhaft zu leben und sich von ihm ernähren zu können. Pilze sind im Körper sehr anpassungsfähig. Sie können z. B. bei Nahrungsproblemen auch das Blut »anzapfen« und den Blutzucker herausfiltern. Eine andere Variante ist das chemische Aufspalten von Immunglobulinen vom Typ A. Damit werden Abwehrkräfte z. B. im Darmtrakt blockiert.

Mykologen teilen die Pilze in drei Gruppen ein:

- Hefen
- Schimmelpilze
- Dermatophyten.

1.3 In Wohnungen anzutreffende Pilzarten

Schimmelpilze gehören zu den wichtigen Innenraumallergenen und sind in zunehmendem Maße im Wohnbereich anzutreffen. Ihre Sporen werden meist über die Luft transportiert und sind deshalb überall vorhanden. Schimmelpilze sind sehr anpassungsfähig und finden schon bei geringer Feuchtigkeit in bewohnten Gebäuden ausreichende Lebensbedingungen.

Schimmelpilze sind Allergene

Die Entwicklung der Schimmelpilze verläuft in zwei Phasen. In der ersten Entwicklungsphase, der Wachstums- oder vegetativen Phase, bildet der Pilz unmittelbar nach der Keimung der Sporen ein der Ernährung dienendes Myzel, das mehr oder weniger lange Zeit im Substrat verborgen wächst.

Entwicklung in zwei Phasen:
Erste Phase: Wachstums- oder vegetative Phase

In der zweiten Entwicklungsphase, der Vermehrungsphase, bildet der Schimmelpilz oft innerhalb von wenigen Stunden ein gut sichtbares rasenartiges Myzel, das der Vermehrung dient. Es überzieht die Oberfläche des Substrates flauig, watteartig, wollig oder fädig, bei Hausschimmel meist mit dunkler Färbung, seltener weiß oder farbig schimmernd.

Zweite Phase: Vermehrungsphase

Durch die Absonderung von Stoffwechselprodukten entsteht oft ein unangenehmer Modergeruch, der sich auch durch Lüften nicht vertreiben lässt.

Modergeruch

Im Hausschimmel sind häufig folgende Schimmelpilzgattungen mit insgesamt über 30 Arten vertreten: Cladosporium, Penicillium, Aspergillus, Aurebasidium und Alternaria. Außerdem findet man in den Mischkulturen auch Stemphylium-, Botrytis-, Sporothrix-, Fusarium-, Mucorarten sowie Pyronema domesticum u. a.

Über 30 Arten von Hausschimmel

Die meisten imperfekten Hausschimmelpilze gehören zur Formklasse Hyphomycetes oder Fadenpilze (griech. *hyphe* = Faden + *mykes* = Pilz) und zur Formordnung Moniliales (lat. *monile* = Perlenschnur). In dieser Ordnung sind zwei Familien von besonderer Bedeutung: Monilaceae und Demataceae. Die Formfamilie Moniliaceae ist für Formen mit meist farblosen oder blass gefärbten Hyphen und Konidien, z. B. *Aspergillus* und *Penicillium* von Bedeutung. Die Färbung hängt von der Pilzart und dem Nährboden ab, auf dem der Pilz wächst. Die Formfamilie Demataceae, die so genannten Schwärzepilze, beinhaltet Formen mit meist dunkel mit Melanin gefärbten Hyphen oder Konidien, z. B. *Cladosporium*, *Aureobasidium* und *Stemphylium*.

**Formgattung
*Aspergillus***

Gießkannenschimmel

Stellvertretend für die Vielzahl der Hausschimmelpilze soll hier die Formgattung *Aspergillus* mit einigen Arten kurz dargestellt werden. Die Formgattung *Aspergillus* oder Gießkannenschimmel (lat. *aspergillum* = Gefäß zum Sprengen, Wedel) ist weltweit mit über 200 Arten verbreitet. Der Name ›Gießkannenschimmel‹ stammt von der Form der Konidienträger. Diese sehen unter dem Mikroskop dem Brausekopf einer Gießkanne oder einem Staubwedel sehr ähnlich.

Die *Aspergillus*-arten wachsen bei einiger Feuchtigkeit auf allem, von Erdbeermarmelade bis Schuhleder. Sehr häufig findet man im Hausschimmel *Aspergillus versicolor*, häufig die *Aspergillus*-arten *repens*, *restrictus*, *amstelodami* und *candidus*, relativ selten die *Aspergillus*-arten *niger*, *fumigatus*, *ustus*, *ruber*, *ochraceus* und *flavus*.

Der *Aspergillus fumigatus* gefährdet besonders Arbeiter in Nahrungsmittelbetrieben wie Käsereien, Bäckereien oder Brauereien, aber auch Gärtner, Landwirte und Angestellte der Holzwirtschaft.

Der selten auftretende ›schwarze Schimmel‹ (*Aspergillus niger*) produziert zur Fortpflanzung reichlich Sporen, die auch ungünstige Bedingungen überdauern. Auch nach vielen Jahren wächst aus ihnen wieder ein neuer Pilz. Geraten diese Sporen beim Einatmen in die Lunge, können sie Infektionen und schwere, z. T. tödliche Krankheiten her-

vorrufen. Ein bekanntes Beispiel ist der Fluch des Pharao Tutanchamun. Bei der Entdeckung seines Grabs starben 27 Menschen, die die Pyramide betraten, an einer geheimnisvollen Lungenkrankheit. Heute weiß man, dass sie sich beim Betreten der Grabkammer mit immensen Sporenenmengen eines Schimmelpilzes infiziert haben müssen, der sich in die Lunge einnistet und sie zerstört. Forschungen weisen darauf hin, dass die alten Ägypter Schimmelpilze ganz bewusst als biologische Waffen eingesetzt haben.

Der Fluch des Pharao

Schimmelpilze als biologische Waffe

1.4 Wachstumsansprüche von Schimmelpilzen in Wohnungen

Nährstoffe

Die Nährstoffe der in Wohnungen üblicherweise vorkommenden Schimmelpilze befinden sich meist in lebenden, synthetischen oder toten organischen Untergründen.

Minimale Ansprüche an Nahrung

Die Ansprüche an die Nahrung sind meist so minimal, dass bereits geringe Verschmutzungen oder Rauch in Wohnräumen für das Überleben ausreichen. Der beste Nährstoff befindet sich jedoch in Raufasertapeten oder in Dispersionsfarben. Aus diesem Grund werden die Pilze auch als „kohlenstoffheterotroph“ eingestuft, da ihr Wachstum von einer organischen Kohlenstoffquelle abhängig ist.

Maßgebliche Beeinflussung durch Feuchtigkeit, Temperatur und pH-Wert

Das Wachstum wird allerdings maßgeblich von der Feuchtigkeit, der Temperatur und dem pH-Wert beeinflusst, wobei an dieser Stelle anzufügen ist, dass bereits 80% relative Luftfeuchte zum Wachstum ausreichen.

Temperatur

Im Wesentlichen sind die Wachstumsperioden an bestimmte Temperaturen gekoppelt. Hierbei liegt die Temperatur für optimales Wachstum bei etwa 25°C. Die Mindesttemperatur liegt bei etwa 0°, wobei ein Wachstum über 45° kaum möglich ist.

1.5 Krank durch Schimmel

Schimmelpilze
erzeugen Gifte

Es soll an dieser Stelle deutlich gemacht werden, dass Krankheiten, die durch Schimmelpilze verursacht werden, nicht vernachlässigt werden dürfen. Inzwischen ist sicher, dass einige Schimmelpilze Gifte erzeugen, die schon in geringfügiger Konzentration dem Menschen schaden können. Hierbei ist das Mutterkorn genauso anzusprechen wie das Aflatoxin. In der Regel können Mykotoxine Krebs erzeugend sein.

Aufnahme über die
Atemwege und den
Magen-Darm-Trakt

In erster Linie nehmen wir Schimmelpilze über die Atemwege und den Magen-Darm-Trakt auf. Im Übrigen ist die Oberflächenbesiedlung z.B. der Haut durch Schimmelpilze relativ normal. Harmlose Beeinträchtigungen des Menschen sind hierbei Infektionen wie z.B. Fuß- oder Hautpilze, Erkrankungen der Nägel oder der Atemwege.

Stärkere Beeinträchtigungen lassen sich jedoch bei HIV-infizierten, zuckerkranken oder schwer alkoholkranken Patienten finden. Wenn das Immunsystem gestört ist, wird der Schimmelpilz zu größeren Schäden führen.

In Hamburg führte einmal eine falsch angeschlossene Be- und Entlüftungsanlage im Operationssaal zu Todesfällen nach Operationen. Hier wurden Schimmelpilze aus dem Humusboden vor dem Gebäude über die Belüftungsanlage direkt in den OP geführt.

Allergien

Eine weitere Risikogruppe sind Allergiker. Nach neuesten Schätzungen sind mindestens 10–25 % der Bevölkerung allergisch veranlagt. Inwieweit diese Allergien tatsächlich zu Erkrankungen aufgrund von Schimmelpilzen führen, kann nicht eindeutig genug belegt werden. Hierbei sei erwähnt, dass ein Teil der untersuchenden Ärzte Schimmelpilzallergien ein wenig und teilweise sogar gar nicht beachten bzw. diese sogar verharmlosen.

Wenn der Kontakt zwischen dem Menschen und einem Allergen hergestellt ist, wird der Organismus sensibilisiert. Anschließend reagiert der Körper bei einem weiteren Kontakt mit dem Allergen mit entsprechenden Krankheits-

symptomen. Die Krankheitsbilder können dann Niesreiz, Fließschnupfen, Husten, Asthma bronchiale sowie Magen-Darm-Störungen usw. sein.

Eine Therapie ist nur über Hauttests und damit zusammenhängende Provokationsverfahren möglich. Nur durch möglichst große Testspektren lassen sich größere Sensibilisierungen gegen Schimmelpilze aufdecken. Schimmelpilze können auch durch spezielle Ernährungsumstellung be-

Therapie durch Provokationsverfahren und Ernährungsumstellung



Abb. 1.1:
Massive Schimmelpilzbildung in Wohnungs-
bereich

kämpft werden. Die erfolgreichste Therapie ist jedoch das Vermeiden des Allergens. Insofern sollte für eine möglichst schimmelpilzfreie Wohnung gesorgt werden.

Pflanzen als Feuchtigkeitsherd

Offene Sporen in Blumenerde

25 % der Bevölkerung reagieren allergisch

In diesem Zusammenhang ist erwähnenswert, dass bei der Beurteilung von Wohnungen in Zusammenhang mit der Frage »Wer ist an den Schimmelbildungen Schuld?« immer auch Pflanzen als Feuchtigkeitsherd herangezogen werden. Nach meiner Auffassung ist jedoch nicht allein die Feuchtebelastung der Pflanzen kritisch zu sehen, sondern vielmehr die offenen Flächen der Blumen- oder Pflanzenerde. Hier liegen in vielen Wohnungen mehrere Millionen Schimmelsporen offen. Ein probates Mittel diesen Zustand zu ändern, hat sich mit der Umpflanzung in Pflanz-Granulat ergeben. Hierbei wird die Humusbodenbelastung erheblich reduziert.

Zusammenfassend sei noch einmal festzustellen, dass Schimmelpilze in den letzten Jahren vermehrt vorkommen. Bis zu 25 % der Bevölkerung können inzwischen auf Schimmelpilze allergisch reagieren. Besonders Personen mit Abwehrschwächen, auch ältere Leute und Kleinkinder, sind hierbei extrem gefährdet. Insofern sollte gerade in Innenräumen die Bildung von Schimmelpilzen ohne den Einsatz von pilztötenden Mitteln verhindert werden.

2 Bauphysikalische Einflussfaktoren auf das Schimmelpilzwachstum in Wohnungen

2.1 Luftfeuchte und Tauwasserbildung

2.1.1 Luftfeuchtigkeit

Luftfeuchtigkeit bezeichnet die Menge des in der Luft enthaltenen Wasserdampfs. Eine wesentliche Rolle für die Luftfeuchtigkeit in Wohnungen spielen die natürlichen Vorgänge in der Natur. Besonders in den Sommermonaten kann man vor einem Gewitter häufig einen Anstieg der Luftfeuchtigkeit beobachten; man empfindet die Luft als schwül. Das ist dadurch zu erklären, dass der Wasserdampfgehalt der Luft sehr hoch ist und die relative Luftfeuchtigkeit (das prozentuale Verhältnis von tatsächlich vorhandener zu maximal möglicher Feuchtigkeit) bis nahezu 100 % ansteigt.

Luftfeuchtigkeit =
Menge des in der
Luft enthaltenen
Wasserdampfs

Im Winter sinken die Temperaturen zwangsläufig ab und die Luft wird als trocken empfunden. Das heißt, je tiefer die Temperaturen sinken, umso geringer ist die absolute (die tatsächlich in der Luft vorhandene) Luftfeuchtigkeit. Deshalb wird kühlere Luft auch oft als trockenere Luft bezeichnet. Im Hinblick auf die Schimmelpilzproblematik lässt sich hier sagen, dass das Wachstum im Winter durch diese Feuchteverhältnisse eingeschränkt ist und sich ein Anwachsen der Schimmelpilze oft mit wieder steigernder Luftfeuchtigkeit in den Übergangsmonaten einstellt.

Vermehrtes Wachstum
in den Übergangs-
monaten

Aus gesundheitlichen Gründen sollte die relative Luftfeuchtigkeit in den Wohnräumen im Winter jedoch immer über 40 Prozent liegen. Als optimale Luftfeuchte werden Werte zwischen 45 und 50 Prozent angegeben. Sinkt statt dessen die Luftfeuchte unter 30 Prozent während der Heizperiode, führt diese Konstellation zu Reizerscheinungen in den Atemwegen oder auf der Haut und sollte daher vermieden werden.

Optimal sind 40–50 %
relative Luftfeuchtigkeit
in Wohnräumen

Die Luftfeuchtigkeit ist temperaturabhängig

Die Temperaturunterschiede zwischen den Innenräumen und dem Außenklima sind zum Teil sehr gering, und gerade hierin liegen die Schwierigkeiten der Luftfeuchtigkeitswerte. Durch eine unregelmäßige Beheizung der Innenräume kommt es zu Temperaturschwankungen und der damit verbundenen, temperaturabhängigen Luftfeuchtigkeit. Da sich die Luft schneller erwärmt als die umgebenden Baustoffe, kommt es zur Kondensation auf den kühleren Flächen, also den Baustoffen und Bauteilen, vor allem auf den Außenwandbereichen.

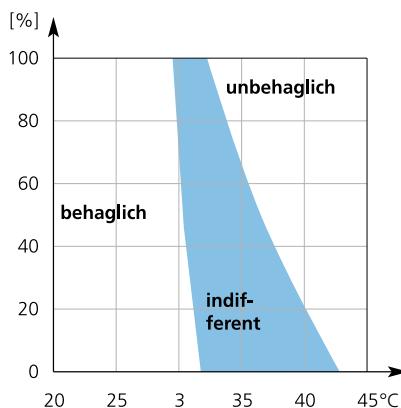


Abb. 2.1:
Behaglichkeitsfelder
für unterschiedliche
Raumlufttemperaturen und
relative Luftfeuchten [%]

2.1.2 Mindestluftwechselzahl

Austausch von verbrauchter Luft gegen Frischluft

Im Wesentlichen besteht die Aufgabe des Luftwechsels darin, verbrauchte, feuchte Luft gegen Frischluft auszutauschen. Die zugeführte kalte Außenluft kann nach der Erwärmung auf Zimmertemperatur den Wasserdampf aus der Raumluft aufnehmen. Durch Lüftung wird die Feuchtigkeit ins Freie abgegeben.

Die Luftwechselzahl gibt an, wie oft in einer Stunde die gesamte Raumluft durch Frischluft ersetzt wird

Bei einem halb offenen Fenster wird die Luft pro Stunde fünf- bis zehnmal ausgetauscht. Gekennzeichnet wird die Intensität der Raumlüftung durch die Luftwechselzahl, die angibt, wie oft in einer Stunde die gesamte Raumluft durch Frischluft ersetzt wird. Entsprechende Vergleichswerte können aus der Tab. 2.1 entnommen werden. Diese tabellari-

schen Werte können aber nur als Anhalt gesehen werden, da bei relativ hohen Außentemperaturen das Weglüften von Feuchtigkeit schwierig wird.

Tab. 2.1: Luftwechselzahlen in Abhängigkeit von der Fensterstellung

Fensterstellung	Luftwechselzahl [h^{-1}]
Fenster und Fenstertüren (gegenüberliegend)	
ganz offen	40,0
Fenster ganz offen	9,0–15,0
Fenster halb offen	5,0–10,0
Fenster gekippt (kein Rollladen)	0,8–4,0
Fenster gekippt (Rollladen zu	0,3–1,5
Fenster zu, Türen zu	0,0–0,5

Dementsprechend wird bei einer Luftwechselzahl von 4 h^{-1} die Raumluft während einer Stunde viermal gegen die Außenluft ausgetauscht. Je intensiver der Luftwechsel, also je größer die Luftwechselzahl und je niedriger die Temperatur ist, umso niedriger wird die Feuchtigkeit im Raum.

In jedem Fall sollte ein **Mindestluftwechsel von 0,5–0,8 pro Stunde (h^{-1})** vorgenommen werden. Hierbei ist nicht genau geklärt, ob Dauerlüftung eine Sicherheit gegen Schimmel pilze bietet. Daher sollte auf eine regelmäßige Stoßlüftung zurückgegriffen werden. In kritischen Fällen empfiehlt sich eine Kontrolle der relativen Luftfeuchte.

Mindestluftwechsel von 0,5–0,8 pro Stunde

Wichtig ist bei allen Lüftungsvorgängen, dass immer ein Gegendruck vorhanden ist, z. B. ein anderes offenes Fenster.

2.1.3 Lüften

Täglich muss dafür gesorgt werden, dass die Wohnräume mit Frischluft versorgt werden, da sich eine schlechte Qualität der Luft negativ auf unser Wohlbefinden auswirkt. Beeinflusst wird dies durch unterschiedliche Faktoren:

Tägliches Lüften

- die Luftfeuchtigkeit
- die Temperatur der Luft
- die Heizgewohnheiten

- die Wärmeempfindungen
- die Oberflächentemperaturen der umliegenden Baustoffe (wie z. B. bei Wänden, Fenstern oder auch Möbeln).

Entscheidend ist das Lüftungsverhalten der Bewohner

Bei heutigen Fensterkonstruktionen ist jedoch ein dosierter Luftaustausch kaum realisierbar. Der Luftaustausch und damit der Energiebedarf hängen entscheidend vom Lüftungsverhalten der Bewohner ab. Beim Lüften ist einerseits auf das Wohlbefinden des Nutzers, andererseits auf den Anreiz des Energiesparns aufmerksam zu machen.

Mechanische Be- und Entlüftung in Küche und Bad

Die Lüftung kann natürlich oder mechanisch erfolgen. Da eine schlechte Qualität der Luft auch unser Wohlbefinden negativ beeinflusst, sollte immer auf eine ausreichende Frischluftzufuhr geachtet werden, besonders bei starkem Wasserdampfanfall.

Beim Kochen ist ein Öffnen der Fenster meist unausweichlich. Durch eine mechanische Be- und Entlüftung, z. B. Ventilatoren, ist es möglich, eine fast konstante Lüftung zu gewährleisten. Besonders in so genannten Nassräumen, in denen sehr viel Feuchtigkeit produziert wird, z. B. beim Baden, Duschen und Kochen, ist eine mechanische Lüftung empfehlenswert.

Oft, aber kurz lüften

Auf jeden Fall ist diese Art von kontrollierter Lüftung sparsamer als das Lüften durch undichte Fenster und Fugen. Auch halten sich die Investitionskosten in vertretbaren Grenzen. Ein nachträglicher Einbau von so genannten Lüftungssteinen, wie sie früher in Küchen, usw. selbstverständlich waren, bietet Vorteile. Als allgemeiner Grundsatz gilt bei der natürlichen Lüftung »Oft, aber kurz lüften«.

Gezielt lüften

Ein langes Öffnen der Fenster führt nicht nur zum Austausch der Innenluft, sondern auch zum Auskühlen der Wände. Also bedarf es wiederum eines großen Heizaufwandes, um die Wände wieder auf Raumtemperatur zu bringen. Dies lässt sich durch gezielte Lüftung vermeiden. Unter gezielter Lüftung ist eine Stoßlüftung zu verstehen, bei der man die Fenster weit und nicht länger als zehn Minuten öffnet. Die Fähigkeit der Luft, Wasser aufzunehmen, ist

abhängig von der Temperatur. In Tab. 2.2 ist die Dauer der Lüftung in Abhängigkeit von der Fensterstellung angegeben, um einen Luftwechsel durchzuführen.

Tab. 2.2: Ungefähr Dauer der Lüftung in Abhängigkeit von der Fensterstellung

Fensterstellung	Ungefähr Dauer der Lüftung für Luftwechsel
gegenüberliegende Fenster und Türen vollständig geöffnet (Querlüftung)	1–5 Minuten
Fenster ganz offen	5–10 Minuten
Fenster halb offen	10–15 Minuten
Fenster gekippt und Tür ganz offen (gegenüberliegend)	15–30 Minuten
Fenster gekippt	30–60 Minuten

Ebenfalls sind die Jahreszeiten beim Lüftungsverhalten ausschlaggebend, denn im Winter sinkt in vielen Fällen die Anzahl der Lüftungen. Dabei kann der Austausch der Feuchtigkeit durch kältere Luft, also Luft mit einem niedrigeren Feuchtegehalt, als optimal bezeichnet werden. Beim Luftaustausch ist sehr kalte, trockene Luft in der Lage, bei Erwärmung auf Raumtemperatur große Mengen Wasserdampf aufzunehmen und durch Lüftung an die Außenluft abzugeben.

Auswirkung der Jahreszeiten

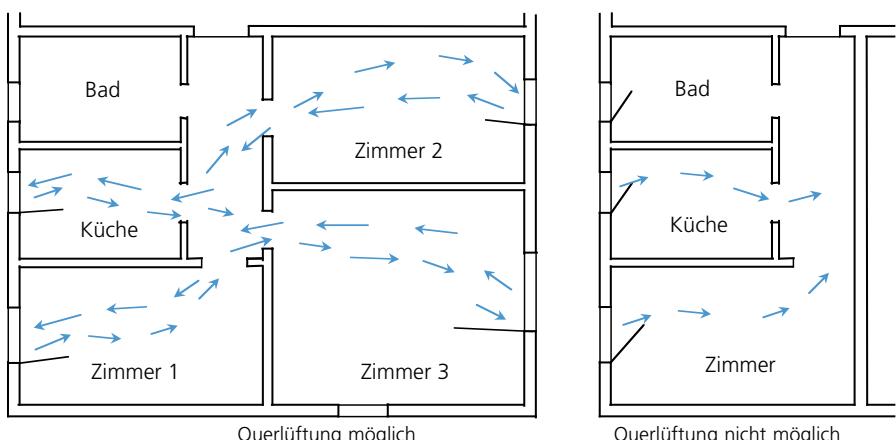


Abb. 2.2: Möglichkeit der Querlüftung in Wohnungen

In der Praxis zeigt sich, dass das Wachstum von Schimmel-
pilzen in vielen Fällen im Winter unterbrochen wird. Durch
relativ strenge Winter kühlen die Wände zwar mehr aus,
aber die Aufnahme und die Abgabe der Feuchtigkeit durch
die kalte, trockene Luft ist größer als die zunehmende Nei-
gung zur Kondensation von Feuchtigkeit.

Gesteigertes Schimmel-
pilzwachstum in
Frühjahr und Herbst

Im Gegensatz zum Winter kommt es in den Übergangszei-
ten wie Herbst und Frühjahr meist zu einem gesteigerten
Wachstum der Schimmelpilze. Da die Innen- und Au-
ßenTemperaturen nur geringfügig voneinander abweichen,
kann sich die Frischluft nur minimal erwärmen, also nur
eine kleine Menge Wasserdampf aufnehmen.

Morgens und abends
lüften

Deshalb sollte das Lüftungsverhalten in den Übergangszei-
ten gesteigert werden. Um eine effektive Be- und Entlüftung
zum Feuchteausstausch zu erzielen, sollte nach Möglichkeit
am frühen Morgen oder spät abends gelüftet werden, wenn
die Luft kühler ist und weniger Wasserdampf enthält. Die
Öffnung der Fenster und damit die Luftwechselraten hängen
auch von der Größe der Räume ab. Ein Kippen der Fenster
bringt meist keinen ausreichenden Luftaustausch.



Abb. 2.3:
Schimmelpilz-
bildung,
hervorgerufen
durch ungenügen-
de Lüftung

2.1.4 Heizen

Der jährliche Energiebedarf für die Beheizung eines Gebäudes wird im Allgemeinen von folgenden Kriterien beeinflusst:

Einflusskriterien

- der Lage und Orientierung des Gebäudes
- der Wärmedämmung der einzelnen Bauteile
- der Ausführung, Richtung und Größe der Fenster
- der Art der Wärmeerzeugung und des Heizsystems
- dem Nutzerverhalten.

Je besser ein Gebäude in energetischer Hinsicht gebaut ist, umso stärker kann der Energieverbrauch vom Nutzer beeinflusst werden. Besonders in der Praxis zeigt sich, dass gerade nach dem Einbau neuer Fenster Heizungs- und Lüftungsprobleme auftauchen. Dies wird einerseits durch die besonders luftdicht schließenden Fenster und Türen (Schallschutzfenster, doppelte Gummilippendichtung), andererseits durch die Lüftungsgewohnheiten der Bewohner forciert.

Probleme nach dem Einbau neuer Fenster

Anstelle der weit geöffneten Fenster treten heutzutage die kippbaren Fensterflügel. Das heißt, es findet keine intensive Lüftung durch weit geöffnete Fenster, sondern eine Dauерlüftung durch Kippfenster bei größtenteils abgestellter Heizung statt.

Ein Abstellen der Heizung ist gerade immer wieder bei berufstätigen Personen zu beobachten, die hierdurch tagsüber Energie sparen wollen. Dies wiederum hat zur Folge, dass ein Auskühlen der Außenwände unumgänglich ist und es eines höheren Heizaufwandes bedarf, um die Innenräume samt Außenwände auf die gewünschte Temperatur zu erwärmen. Das Aufheizen feuchter Luft ist erheblich energieaufwändiger als das Beheizen einer ausgewogenen Atmosphäre mit normaler Luftfeuchtigkeit. Eine bessere Lösung stellt das Absenken der Temperatur um höchstens 3° dar. Eine konstante Temperatur von z. B. 18–19° über den Tag ist anzustreben. (Thermostatstellung II–III)

Höherer Heizaufwand durch ausgekühlte Wände

Besser ist hier der Einbau von digitalen steuerbaren Thermostatventilen. Weiterhin führt das Nichtabstellen der

Abhilfe durch Thermostatventile

Heizung zu verbesserten Wohnverhältnissen. Interessanterweise hat sich aus diesen Überlegungen über viele Jahre folgender Trend gezeigt:

Wohnungen mit Schimmelpilzbefall haben höhere Heizkosten

In Wohnungen mit Schimmelpilzbefall sind die Heizkosten erheblich höher als in normal beheizten Wohnungen. Diese Aussage wird schnell durch eine Überprüfung von Heizkostenabrechnungen bestätigt.

Faktoren zum Energie sparenden und hygienischen Heizen

Durch gezieltes Lüften und Heizen zeigt sich also, dass Heizkosten gespart werden. Deshalb soll nachfolgend auf ein paar wichtige Faktoren zum Energie sparenden und hygienischen Heizen hingewiesen werden:

- Es sind auch solche Räume zu heizen, die nicht ständig genutzt werden.
- Die Innentemperatur von Außenwänden sollte $+16^{\circ}\text{C}$ nicht unterschreiten.
- Die Türen von wenig geheizten Räumen sind gegenüber geheizten Zimmern geschlossen zu halten, da aus dem beheizten Bereich Wasserdampf in den ungeheizten Raum eindringen und sich auf den relativ kalten Oberflächen der Außenbauteile niederschlagen kann.



Abb. 2.4:
Schimmelpilzbildungen aufgrund ungenügender Beheizung/Lüftung

- Je nach der Nutzung der Räume sollte eine Stoßlüftung pro Tag bis zu viermal, bei Bedarf auch öfter, wiederholt werden.
- Heizkörper mit konventionellen Ventilen sind während des Lüftens geschlossen zu halten.
- In ‚Nassräumen‘ wie Bad, Kinderzimmer, Schlafzimmer sind Hygrometer aufzuhängen.
- Bei Thermostatventilen kann während des Lüftens ein Tuch über den Fühler gelegt werden.
- Die beim Duschen entstehende übersättigte Luft sollte mehrmals an die Außenluft abgeführt werden.

Sparen durch gezieltes Heizen und Lüften

2.1.5 Feuchtigkeitsbildung in Wohn- und Arbeitsräumen durch Nutzung

In Wohn- und Arbeitsräumen wird von den jeweiligen Personen ständig Wasserdampf produziert. Dieser Wasserdampf fällt teilweise durch die Atemluft der anwesenden Nutzer, aber auch durch Verdunstungen beim Kochen, Baden, Blumengießen usw. an. In Tab. 2.3 sind die Wasserdampfabgaben in Wohnungen von Pflanzen, von Menschen sowie bei Trocknungsvorgängen und in Nassräumen angegeben.

ständige Wasserdampfproduktion durch Menschen

Tab. 2.3: Abgabe von Feuchtigkeit in Wohnungen

Topfpflanzen	Efeu mittelgroßer Gummibaum	7–15 g/Stunde 10–20 g/Stunde
Trocknende Wäsche (4,5 kg-Trommel)	geschleudert tropfnass	50–200 g/Stunde 100–500 g/Stunde
Bad	Wannenbad Duschbad	1100 g/Stunde 1700 g/Stunde
Küche	Kurzzeitgericht Langzeitgericht Braten	400–500 g/Stunde Kochzeit 450–900 g/Stunde Kochzeit ca. 600 g/Stunde Garzeit
Waschen	Geschirrspülmaschine Waschmaschine	ca. 200 g/Spülgang 200–350 g/Waschgang
Mensch	Schlafen Haushaltarbeit anstrengende Tätigkeit	40–50 g/Stunde ca. 90 g/Stunde ca. 175 g/Stunde

Feuchtigkeitsabgabe durch Pflanzen

Topfpflanzen benötigen zum Wachstum nur geringe Mengen Wasser, und der überschüssige Gießwasseranteil der einzelnen Pflanzen verdunstet. Dabei geben größere, dickblättrige Pflanzen mehr Feuchtigkeit an ihre Umgebung ab. Sind in einer Wohnung mehrere Pflanzen vorhanden, können sich die Verdunstungsmengen auf höhere Beträge aufsummieren und es kann in Extremfällen zu Schäden kommen.

Wasserdampfbildung durch Wäschetrocknen

Ebenfalls wird die Wasserdampfbildung beim **Trocknen der Wäsche** in Wohnräumen gesteigert. Deshalb ist eine Trocknung außerhalb dieser Räume empfehlenswert. Wenn auf Trocknen der Wäsche in der Wohnung nicht verzichtet werden kann, ist die Anzahl der Lüftungsintervalle erheblich zu erhöhen. Auch auf **zusätzliche Verdunstungsgäße**, wie z. B. an den Heizkörper angehängte Behälter oder Zimmerzierbrunnen, sollte verzichtet werden, da diese ein zusätzliches Schimmelpilzwachstum fördern.

Ausreichender Luftaustausch beim Kochen

Es ist falsch anzunehmen, dass der Wasserdampf beim **Kochen** durch Umluft-Abzugshauben über dem Herd abgeführt wird. Diese haben lediglich die Aufgabe, die Fettrückstände zu filtern. Anschließend wird der Wasserdampf wieder an die umliegende Raumluft abgegeben. Also muss auch hier für einen ausreichenden Luftaustausch gesorgt werden.

Gestiegene Ansprüche an Hygiene

Die ständig gestiegenen Ansprüche an die Körperhygiene, wie **Baden** und **Duschen**, tragen zusätzlich zur Feuchtebelastung der Wohnräume durch eine überdurchschnittliche Wasserdampfentwicklung bei.

Beim Einlass des Badewassers wurde beobachtet, dass die Wasserdampfbildung niedriger ausfällt, wenn zunächst kühleres Wasser eingelassen wird und anschließend heißes Wasser zuläuft. Da beim Duschen sehr viel Wasserdampf entsteht, muss für einen sofortigen Abzug gesorgt werden.

Häufige Schäden in Schlaf- und Kinderzimmern

Erfahrungen mit der Schadenshäufigkeit von Schimmelbildungen haben gezeigt, dass diese hauptsächlich in **Schlaf- und Kinderzimmern** auftreten. Da in den Schlafräumen selten geheizt wird, also die Außenwände auskühlen und auch keine Bewegungsabläufe stattfinden, bildet sich häu-

fig Kondensat. Allein nachts entsteht in Schlafzimmern pro Person etwa ein halber Liter Feuchtigkeit, hervorgerufen durch die Atmung (je nach Körpergröße).

Produktion von 0,5 Ltr. Feuchtigkeit in der Nacht

Der Sättigungsgehalt der Luft ist ebenfalls von der Temperatur abhängig. Um einen Luftfeuchtigkeitsgehalt von 100% zu verhindern, muss immer ein Teil der Wasserdampfmenge der Raumluft entzogen werden. Im Allgemeinen wird durch Lüften die Raumluft durch die Außenluft ersetzt. Besonders im Winter ist darauf zu achten, die Raumluft häufiger durch Frischluft zu ersetzen, da bei den vorhandenen Lufttemperaturen der Wasserdampfgehalt wesentlich geringer ist, als der Wasserdampfgehalt der Innenluft des geheizten Gebäudes. Dies ist auch der Fall, wenn die relative Luftfeuchtigkeit im Freien bei 90% oder mehr liegt.

Sättigungsgehalt in der Luft

Tab. 2.4: Maximaler Wasserdampfgehalt in Gramm pro Kubikmeter Luft bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100 %

Lufttemperatur	maximale Wasserdampfmenge [g/m ³]
+25 °C	23,0
+20 °C	17,3
+15 °C	12,8
+10 °C	9,4
+ 5 °C	6,8
± 0 °C	4,8
- 5 °C	3,2
-10 °C	2,2
-15 °C	1,4
-20 °C	0,9

Beispiel

Bei einer Außentemperatur von -10°C enthält Luft bei 100% relativer Feuchtigkeit $2,2 \text{ g/m}^3$ Wasserdampf je m^3 Luft. Dagegen kann die auf +20°C erwärmte Raumluft in einer beheizten Wohnung bis zu $17,3 \text{ g/m}^3$ Wasserdampf aufnehmen. Das heißt, wenn eine relative Feuchte von 50% herrscht, können immer noch $8,65 \text{ g/m}^3$ Wasserdampf je m^3 Luft aufgenommen werden. Tauscht man nun beim Lüften 1 m^3 der beheizten Raumluft gegen 1 m^3 Außenluft aus, dann wird der Luft hierdurch ein Wasserdampfanteil von $8,65 - 2,2 = 6,45 \text{ g/m}^3$ entzogen.

Dieses Beispiel zeigt auf, dass durch ausreichende Lüftung der Raumluft der Wasserdampfanteil entzogen und die Raumluftfeuchte gesenkt werden kann.

2.1.6 Tauwasserbildung auf Bauteiloberflächen

Wenn eine relative Luftfeuchtigkeit von 100% vorhanden ist, bedeutet dies, dass die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt ist.

Sättigungsgrenze = Taupunkt

Wird diese Sättigungsgrenze, bzw. der maximale Feuchtegehalt überschritten, ist der Taupunkt erreicht.

Tab. 2.5: Bildung von Tauwasser in Abhängigkeit von der Temperatur

Lufttemperatur	Wassergehalt in 1 m ³ Luft bei einer relativen Luftfeuchte von:			
	40 %	60 %	80 %	100 %
- 5°C	1,2g	1,8g	2,4g	3,0g
± 0°C	2,0g	3,0g	4,0g	5,0g
+ 5°C	2,8g	4,2g	5,6g	7,0g
+10°C	3,8g	5,7g	7,6g	9,5g
+15°C	5,2g	7,8g	10,4g	13,0g
+20°C	7,0g	10,5g	14,0g	17,0g

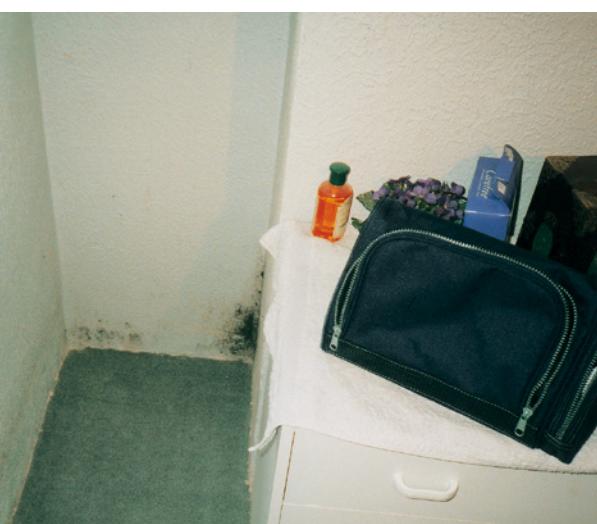


Abb. 2.5:
Schimmelbildung
im Badezimmerbereich
aufgrund hoher
Feuchtelastung

Jeder weitere Feuchtigkeitsanteil würde in der Luft ausfallen und als Dunst, Nebel oder Wassertropfen sichtbar werden. Solche Kondensationsabläufe sind immer wieder nach dem Duschen oder Baden zu beobachten.

Kondensatbildung

Auf Materialien, die aufgrund ihrer hohen Dichte als schlechte Wärmeleiter gelten, lässt sich feststellen, dass die warme, feuchte Luft sich auf den kalten Flächen, wie z. B. an Spiegeln, Wandfliesen und Fenstern, bis unter den Taupunkt abkühlt. Somit setzt der Kondensationsvorgang immer an der kältesten Stelle an, denn je kühler die Luft ist, umso weniger Wasser kann aufgenommen werden.

Kondensationsvorgang immer an der kältesten Stelle

Bei älteren Fenstern mit Einfachverglasung wird die Luft ohnehin sehr schnell abgeführt, indem ein Teil der anfallenden Wasserdampfmenge bereits auf den kalten Fensterscheiben kondensieren kann, die letztendlich restlos beschlagen sind. Oft ist dies so intensiv, dass man Handtücher auf die Fensterbank legen muss, um den Wasseranfall aufzusaugen. Diese Begebenheit wurde bei älteren Fensterbänken durch Wasserrinnen zur Aufnahme des Kondensats berücksichtigt.



Abb. 2.6:
Schimmelpilzbildung
infolge von Kondensat-
anfall im Bereich
einer Außenwand

In den letzten Jahren ist der Wasserverbrauch beim Baden, Duschen und für die Toilettenbenutzung enorm angestiegen. Zurückzuführen ist dieser Anwachs auf den gestiegenen Lebensstandard; zur Grundausstattung einer Wohnung zählt ein Bad oder eine Dusche.

Gestiegener Wasserverbrauch

Was von den Bewohnern oft unberücksichtigt bleibt, ist die Wachstumsförderung von Schimmelpilzen in diesen Bereichen durch den enormen Wasserdampfanstieg, sowie die damit verbundene Umweltbelastung.

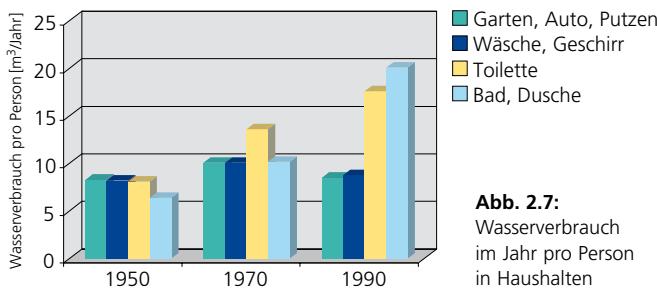


Abb. 2.7:
Wasserverbrauch
im Jahr pro Person
in Haushalten

2.1.7 Beurteilung von Innenkondensation

Aus seiner Erfahrung kann ein Gutachter ohne großartige Untersuchungen erkennen, ob Feuchtestellen aus Innenkondensat oder von durchschlagender Regenfeuchtigkeit herrühren.

Beschlagene Fenster als Zeichen für fehlerhaftes Nutzerverhalten

Ein untrügliches Merkmal für die Innenkondensat-Belastung ist das Beschlagen isolierverglaster Fenster. Die Rechtsprechung geht davon aus, dass ein mit Innenkondensat beschlagenes Fenster einen eindeutigen Beweis dafür liefert, dass hier keine Schwäche der Bausubstanz vorliegt, sondern ausschließlich eine Belastung aus dem mangelhaften Verhalten der Bewohner. **Eine Ausnahme ist hier ein Mangel in der Fensterkonstruktion.**

Tauwasserausfall ist nicht immer mit Schimmelpilzwachstum gleichzusetzen

Trotzdem ist ein Ausfall von Tauwasser nicht gleichzusetzen mit Schimmelpilzwachstum. Hier spielen viele Kriterien eine Rolle. Wenn sich z. B. in einem Schlafzimmer hinter

dem Kopfteil eines Bettes Schimmelpilz konzentriert, so liegt optisch nachweisbar kein Mangel der Bausubstanz vor, denn Feuchtigkeit von außen sammelt sich nur selten hinter Kopfteilen von Betten oder anderen Einrichtungsgegenständen.

Ähnliche Schadensfälle sind häufig auch in Küchen vorzufinden. Im Gegensatz zu früheren Zeiten sind die Küchen heutzutage umfangreicher möbliert, da die Entwicklung der Möbelindustrie von einzelnen Einrichtungsgegenständen zu ganzen Einbauelementen gewechselt hat. Auf die in früheren Jahren grundsätzlich eingebauten Lüftungssteine, die für eine Belüftung der Küchen sorgten, wird heute üblicherweise verzichtet. Hierdurch ist häufig ein Schimmelpilzwachstum zwischen den Rückseiten der Einbauschränke und den Innenputz-Oberflächen vorprogrammiert, das durch unzureichende Belüftung und hohe Luftfeuchtigkeit auftritt. Forciert wird der Schimmelpilzbefall noch durch die ganzheitlich geschlossenen Fußleistenbereiche der Einbaumöbel, wodurch die Luftzirkulation unterbrochen bzw. erschwert wird.

Schimmelpilzwachstum auf der Rückseite von Einbauschränken

Um solche Schadenssymptome zu vermeiden, muss eine ausreichende und gleichmäßige Belüftung der Außenwände gewährleistet sein, d.h. alle Wandflächen müssen von der warmen trockenen Innenluft erreichbar sein. Durch vollgestellte Räume kann die Belüftung und Erwärmung der Räume erheblich beeinträchtigt werden. Hiervon sind besonders Wände zu unbeheizten Räumen betroffen (z.B. Kellerräume, Trennwände zu Treppenhäusern, usw.).

Ausreichende und gleichmäßige Belüftung der Außenwände

Um diese Schadenssymptome zu vermeiden, ist bei der Möblierung von Räumen auf das sinnvolle Stellen der Möbel zu achten. Es muss aber auch kritisch diskutiert werden, dass aufgrund der Wohnraumnutzung, der Belegung und der inzwischen angeschafften Bekleidung, Wohnungen häufig überbelegt sind. Jeder vorhandene Stellplatz wird nachhaltig ausgenutzt. Verdeutlicht wird das an dem Beispiel einer typischen 4m breiten Stellwand (Außenwand) an der ein 3,50m breiter Kleiderschrank gestellt wird. Der verbleibende 50cm breite Stellplatz wird dann sinnvol-

Sinnvolles Stellen der Möbel

lerweise mit einem Bügelbrett hochkant genutzt. Eine Belüftung und Beheizung der Außenwand ist somit nicht mehr möglich.

Die Strömung der Raumluft spielt zwar im Gegensatz zu den Wärmebrücken eine untergeordnete Rolle, trotzdem können aber durch beträchtliche Strömungsbehinderungen, etwa durch das Aufstellen von Möbeln, erhöhte Dampf kondensationen entstehen.

Diese Kondensatbildung wirken sich vergleichbar mit den anschließend beschriebenen Wärmebrücken aus. Bei einer sehr ungünstigen Verstellung des Wohnraumes mit Möbeln besteht die Möglichkeit, dass die Bildung von Kondensat sogar überwiegt.

Im Nachfolgenden wird eine Möglichkeit zur Möblierung eines besonders belasteten Raumes aufgezeigt.

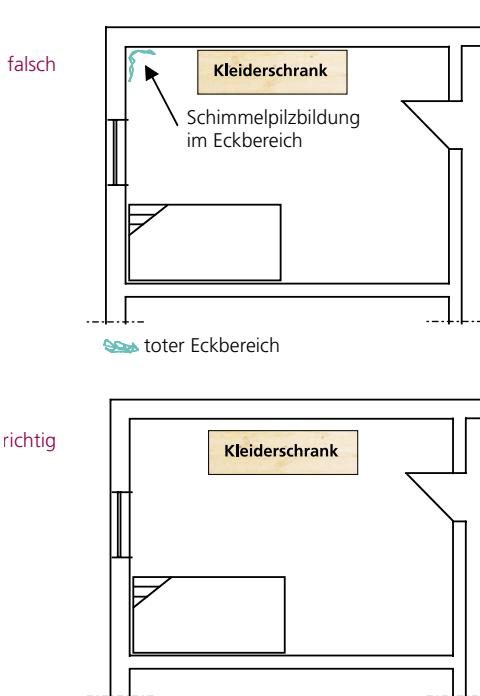


Abb. 2.8:
Möblierung eines
belasteten Raumes

2.1.8 Pufferung von Feuchtigkeit durch Baustoffe

Der Einfluss des Lüftungsverhaltens – zusammenhängend mit dem Abführen von feuchter Luft – auf die Bildung von Schimmel ist in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben worden. Doch die Auswirkung der Beschaffenheit von Bauteiloberflächen und der damit zusammenhängenden Feuchtigkeitspufferung ist – auch unter Fachleuten – nur wenig bekannt. (Adsorption)

Baustoffe haben jeweils charakteristische Eigenschaften bezüglich ihrer Fähigkeit, Feuchtigkeit aufzunehmen. Dies hat entscheidende Auswirkungen auf das Raumklima und das Abführen von Feuchtigkeit aus Räumen.

Wasseraufnahme von Materialien

Konkret bedeutet das, dass diffusionsoffene Oberflächen wie geputzte Wandoberflächen sowie Teppiche aus Naturfasern über eine beträchtliche Fähigkeit verfügen, Feuchtigkeit aufzunehmen. Versiegelte Oberflächen hingegen wie z.B. Laminat-/Parkett- und PVC-Böden, mit Latexfarben gestrichene Wände und kunststoffbeschichtete Verkleidungen verfügen weniger, teilweise über keine Möglichkeit, Feuchtigkeit aufzunehmen.

Im Raum entstehende Feuchtigkeit wird also nicht nur durch die Erwärmung der Raumluft und der damit steigen-

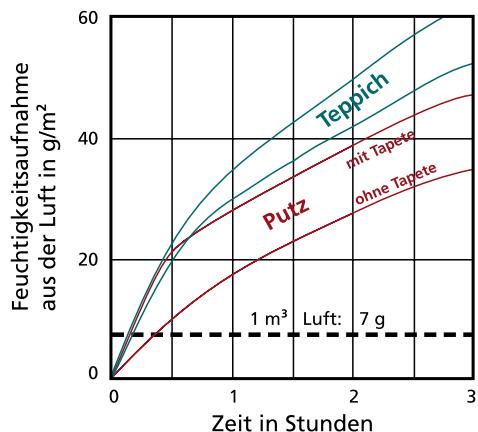


Abb. 2.9:
Feuchteaufnahmeverhalten verschiedener Materialien

den relativen Luftfeuchtigkeit aufgenommen und durch Lüften abgeführt, sondern auch die Bauteile tragen durch ihre Absorption (Aufnahme von Feuchtigkeit) vorübergehend zur Senkung der im Raum befindlichen Feuchtigkeit bei.

Beispiel

Am Beispiel eines Raumes mit 15 m^2 Grundfläche und einer lichten Raumhöhe von $2,50\text{ m}$ soll die Aufnahme von Feuchtigkeit verdeutlicht werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Boden mit einem Teppich ausgelegt ist, die Wände tapiziert sind und die Decke verputzt ist. Gemäß der dargestellten Feuchteaufnahmefähigkeit im unten stehenden Diagramm ergeben sich für die Innenraumluft und die Oberflächen folgende mittlere Feuchteaufnahmen innerhalb von 30 min .

Tab. 2.6: Feuchteaufnahme – Durchschnittswerte

Feuchteaufnahme der Raumluft		$37,5\text{ m}^2 \times 7\text{ g/m}^3$	=	$262,5\text{ g}$
Feuchteaufnahme diffusionsoffener Oberflächen	Teppich Wände tapiziert (abzgl. 10 m^2 Fensterfläche)	$15\text{ m}^2 \times 20\text{ g/m}^2$	=	$300,0\text{ g}$
	Decke verputzt	$30\text{ m}^2 \times 15\text{ g/m}^2$	=	$450,0\text{ g}$
		$15\text{ m}^2 \times 10\text{ g/m}^2$	=	$150,0\text{ g}$
		Σ	=	$900,0\text{ g}$
Feuchteaufnahme geschlossenporiger Oberflächen	Laminat Wände mit Vinyltapete (abzgl. 10 m^2 Fensterfläche)	$15\text{ m}^2 \times 4\text{ g/m}^2$	=	$60,0\text{ g}$
	Decke mit Latexfarbe gestrichen	$30\text{ m}^2 \times 8\text{ g/m}^2$	=	$240,0\text{ g}$
		$15\text{ m}^2 \times 6\text{ g/m}^2$	=	$90,0\text{ g}$
		Σ	=	$390,0\text{ g}$

Das Beispiel zeigt, dass die diffusionsoffenen Bauteiloberflächen in der gleichen Zeit ein Vielfaches mehr an Feuchtigkeit aufnehmen können als die Raumluft an sich, die für den Abtransport der Feuchtigkeit verantwortlich ist.

Analog zu den diffusionsoffenen Bauteiloberflächen zeigt das Beispiel der geschlossenporigen, dass ein weit geringeres (Zwischen)Speichervermögen besteht.

Dadurch erklärt sich die Begrifflichkeit der Pufferung. Die offenporigen Bauteiloberflächen dienen als Zwischenspeicher für überschüssige Feuchtigkeit. Das Wissen über diesen Umstand ist entscheidend für das richtige Lüftungsverhalten. Man muss ein Bewusstsein dafür entwickeln, dass es nicht ausreichend ist, die ›feuchte‹ warme Innenluft durch die ›trockene‹ kalte Frischluft zu ersetzen, sondern man muss auch verinnerlichen, dass die in den Baustoffen zwischengespeicherte Feuchtigkeit Zeit versetzt ebenfalls abgeführt werden muss.

Der Umstand der Zwischenpufferung darf nicht fehlinterpretiert und als negative Eigenschaft der diffusionoffenen Bauteiloberflächen angesehen werden. Ganz im Gegenteil: Die Fähigkeit, Feuchtigkeit zu absorbieren verhindert, dass Feuchtigkeit an den typischen Stellen (Raumecken, Wärmebrücken) kondensiert und die Schimmelpilzbildung fördert.

Die Erfahrung der letzten Jahre hat gezeigt, dass der Befall von Schimmelpilz immer häufiger mit der Verwendung geschlossenporiger Bauteiloberflächen in Zusammenhang zu bringen ist. Das heißt, die Verbindung eines nicht ausgeprägten und sinnvollen Lüftungsverhaltens und der Ausstattung einer Wohnung z.B. mit Laminatboden und Vinyltapeten ist als Schimmelpilz fördernd einzustufen.

Wie in vorangegangenen Kapiteln beschrieben, ist der Mensch an sich und durch seine Handlungen (Kochen, Duschen, ...) für den größten Teil der Feuchtigkeitsproduktion in einer Wohnung verantwortlich.

Feuchtigkeit ohne
Dampfentwicklung

Daher stößt die empfohlene Anzahl der Stoßlüftungen bei den Nutzern häufig auf Unverständnis. Nicht nur, dass es für Berufstätige schon gar nicht möglich ist, während der Arbeitszeit für eine Stoßlüftung in der Wohnung zu sorgen, um die empfohlene Luftwechselzahl einzuhalten, sondern bezogen auf den vorhergehenden Satz wird argumentiert, dass ja niemand in der Wohnung gewesen sei, der Feuchtigkeit produziert habe. Doch dazu muss erklärt werden, dass durch die Desorption (Feuchteabgabe) der vorhandenen

Baustoffe stetig ein Ausgleich zwischen den Baustoffen und der Raumluft stattfindet.

Richtiges Lüften

Zusammenfassend lässt sich bezüglich eines korrekten Lüftungsverhaltens sagen, dass die Spitzenbelastungen der Innenluft mit Feuchtigkeit zum überwiegenden Teil immer direkt während ihres Entstehens abgelüftet werden sollten. Dadurch wird eine nennenswerte Auffeuchtung der vorhandenen Baustoffe verhindert bzw. der Tauwasserbildung bedingt durch hohe relative Luftfeuchten begegnet.

Geringe Dauerbelastungen – wie z. B. durch die beschriebene Desorption – sollten zu einem bestimmten Teil über eine permanente Grundlüftung konstant abgebaut werden. Dies kann durch eine natürliche Belüftung über Fensterfugen oder eine Spaltlüftung am Fenster geschehen, immer häufiger – bedingt durch immer dichter werdende Fenster und Gebäudehüllen – ist eine Zwangslüftung zu empfehlen.



Abb. 2.10:
Schimmelpilzbildung hinter einer Kommode

2.2 Wärmebrücken

2.2.1 Allgemeines

Allgemein sind Wärmebrücken örtlich begrenzte Stellen in Außenbauteilen, die im Gegensatz zu den angrenzenden Bauteilbereichen eine höhere Wärmestromdichte bzw. einen höheren Wärmefluss aufweisen. Somit tritt nicht nur ein erhöhter Wärmeverlust ein, sondern die Oberflächentemperaturen in dem betreffenden Bereich des Bauteiles verringern sich. Dementsprechend sind für die Praxis zwei unterschiedliche Kenngrößen von Bedeutung:

Kältebrücken/
Wärmebrücken

- zusätzliche Wärmeverluste
- verringerte Oberflächentemperaturen.

Wärmebrücken werden immer als Schwachstellen in der Baukonstruktion bezeichnet. Entscheidend bei der Wärmebrücke ist aber nicht der Verlust von Wärme, sondern die Möglichkeit zur Bildung von Tauwasser, das bei einem starken Absinken der Oberflächentemperatur unter die Taupunkttemperatur entstehen kann. Daher werden die durch Tauwasserbildung gefährdeten Bereiche innerhalb eines Raumes auch oft als ‚Kältebrücken‘ bezeichnet, da der auftretende Wärmeverlust als Kältezufluhr empfunden wird. Diese Aussage ist physikalisch gesehen nicht einwandfrei, da bei einer Wärmebrücke Energie in Form von Wärme abwandert.

Tauwasserbildung

Meistens rufen weniger ausgeprägte Wärmebrücken gar keine Tauwasserschäden hervor, da in solchen Fällen die Oberflächentemperatur nicht stärker als die Taupunkttemperatur absinkt. Erkennbar werden diese Wärmebrücken nur durch verstärkte Staubablagerungen, da aufgrund der niedrigen Oberflächentemperatur die relative Feuchte der angrenzenden Luft im Bereich der Schicht zwischen Bauteiloberfläche und Luft ansteigt.

Verstärkte Staub-
ablagerungen

Somit entsteht zwischen den Staubteilchen und den Wasserdampfteilchen eine elektrische Wechselbeziehung; die Teilchen ziehen sich gegenseitig an. Im Laufe der Zeit verfärbt

sich die Oberfläche dieser Wärmebrückebereiche dunkel und die Verfärbung bildet sich teilweise wolkenartig aus. Bei diesen Verfärbungen kann man aber nicht von einem Baumangel, sondern ausschließlich von einem ›Schönheitsmangel‹ sprechen, der nur im größeren Umfang auffällig wird, wenn die zeitlich vorgeschriebenen Schönheitsreparaturen nicht eingehalten werden. Vorwiegend treten diese Erscheinungsbilder in Außenwanddeckbereichen und in Zusammenschnitten von Außenwänden und Decken, usw. auf.

Interessanterweise trifft man diese Verfärbungen vorwiegend bei PU-Tapeten (aufgeschäumten Tapeten) an; Raufasertapeten sind seltener betroffen. Des Weiteren sind diese Erscheinungsmerkmale auch auf einfachen Kunststoff-Dispersionssanstrichen zu finden. Hiervon sind vermehrt noch nicht tapezierte Wände in Neubauten gekennzeichnet.

Nachfolgend soll ein Fallbeispiel aus der Praxis die oben erläuterten Aussagen verdeutlichen:

Bei der Errichtung eines Gebäudes wurden Gasbetonblöcke (mit einer hohen Wärmedämmung) verarbeitet. Beim Vermauern hat der Bauunternehmer aber die Vorschrift, einen Spezialmörtel (wärmegedämmmt) als hauchdünne Schicht zu verwenden, missachtet und wie gewöhnlich mit einem normalen Kalkmörtel mit ›ausreichend dickem‹ Mörtelbett gearbeitet.

Nach dem Einzug ließ sich schon im ersten Winter das gesamte Fugennetz, bzw. der Mauerwerksverband auf der betroffenen Außenwand erkennen. Auch hier spricht man von einer Wärmebrücke, bei der sich durch die Anziehung von Staubteilchen dieses Fugenmuster abgezeichnet hat. Sobald in diesem Fall ein neuer Dämmputz aufgetragen oder eine Isoliertapete aufgeklebt wurde, verschwand das Erscheinungsbild und es kam auch zu keiner Neubildung.

Entscheidend ist
das Heiz- und
Lüftungsverhalten

Einen entscheidenden Einfluss spielen aber auch hier wieder das Heiz- und Lüftungsverhalten der Bewohner, die während der Wintermonate mit tiefen Außentemperaturen mit Vorliebe bei geschlossenen (isolierverglasten)

Fenstern schlafen und dazu durch ein Abstellen der Heizung während der Nacht oder tagsüber den Abkühlvorgang forcieren.

Durch diese Konstellation ist ein Auskühlen der Außenwandecken, der Wand- und Decken-Zusammenschnitte sowie der Laibungs- und Fußleistenbereiche, bevorzugt an den Außenwänden, vorprogrammiert.

Hiervon sind immer die kältesten Bereiche einer Wand betroffen. Häufig werden die Räume bei Anwesenheit intensiv geheizt, um ein angenehmes Wohnklima zu schaffen. Trotzdem werden die Außenwände nicht vollständig durchwärmst und beim erneuten Abstellen der Heizung kühlen die Außenwände umso schneller aus.

Betroffen sind immer die kältesten Bereiche der Wand

Bedingt durch die somit auftretende Kondensation an den kältesten Wandbereichen wird der Staubfluss in die gleiche Richtung geleitet. Wird nun weiterhin nur zeitweise geheizt, stellen sich Kondensations- und Staubströme in diesen Bereichen ein. Schon nach wenigen Wochen werden oberhalb der Heizkörper starke Verschmutzungsstreifen sichtbar.



Abb. 2.11:
Verfärbungen im Bereich einer Wärmebrücke

Unterschiedliche Oberflächentemperaturen

Hier muss weiterhin erwähnt werden, dass in einem Wohnraum die Oberflächentemperaturen zwischen einer Außenwand und einer Außenwandecke variieren. Früher stellten die einfach verglasten Fensterscheiben in einem Wohnraum den kältesten Punkt mit deutlich niedrigen Oberflächentemperaturen dar. An den Scheiben konnten sich somit enorme Tauwassermengen aus der Raumluft niederschlagen.

Durch den heute üblichen Einbau von isolierverglasten Fenstern stellen die Fensterscheiben nicht mehr den kältesten Punkt im Wohnraum dar. Der kälteste Punkt verlagert sich somit häufig zur Außenwandecke und es kommt dort zur Kondensatbildung. Dieser Sachverhalt ist prekär, da die Feuchtigkeit im Außenwandeckbereich nicht einfach entfernt werden kann und somit einen geeigneten Nährboden für Schimmelpilzwachstum darstellt. Das nachfolgende Beispiel soll diese Gegebenheit verdeutlichen:

Bei einer Innentemperatur von 20°C und einer Außentemperatur von -1,0°C ergibt sich auf der innenliegenden einfach verglasten Glasscheibe (U-Wert 5,8 W/(m²K)) eine Oberflächentemperatur von -2,6°C. Im Gegensatz hierzu beträgt die Oberflächentemperatur der innenliegenden Scheibe eines isolierverglasten Fensters (U-Wert 3,2 W/(m²K)) schon 7,5°C und die Temperatur steigt bei einem Wärmeschutzglas auf 15,3°C an. Sinkt nun die Raumtemperatur bei einer relativ hohen Luftfeuchtigkeit ab, sind die Außenwandecken vermehrt durch Kondensatbildungen gefährdet. In Tab. 2.7 sind die Temperaturunterschiede zwischen einer Außenwand und einer Außenwandecke aufgelistet.

Tab. 2.7: Temperaturunterschiede zwischen Außenwand und Außenwandeckbereich

	Außenwand	Außenwandecke
Wand d = 24 cm	13,8°C	6,2°C
Wand d = 36 cm	15,3°C	8,9°C
Wand d = 49 cm	16,3°C	10,7°C
Wand d = 24 cm + 4 cm Wärmedämmung	17,6°C	13,7°C
Wand d = 24 cm + 10 cm Wärmedämmung	18,2°C	15,3°C

Unterschieden wird zwischen drei verschiedenen Arten von Wärmebrücken:

1. die konstruktionsbedingte Wärmebrücke
2. die geometrische Wärmebrücke
3. die lüftungstechnisch bedingte Wärmebrücke.

2.2.2 Konstruktionsbedingte Wärmebrücke

Kommt es zwischen Bauteilen zu einer gewissen Temperaturdifferenz, so fließt die Luft immer von der wärmeren zur kälteren Seite. Dies tritt besonders dann auf, wenn die Baustoffe unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten aufweisen. Leitet ein bestimmter Baustoff, wie z. B. Beton, Wärme besser nach außen als umliegende Bauteile, so spricht man von einer **konstruktionsbedingten Wärmebrücke** (Abb. 2.12).

Konstruktionsbedingte Wärmebrücke



Abb. 2.12:
Konstruktionsbedingte Wärmebrücke im Bereich eines Unterzuges

2.2.3 Geometrische Wärmebrücke

Geometrische Wärmebrücke

Von einer geometrischen Wärmebrücke spricht man, wenn die Temperatur einer Außenwandecke niedriger als die der umliegenden Wand ist. Typische Beispiele sind Kragplatten, Überzüge, Außenecken, usw.



Abb. 2.13: Geometrisch bedingte Wärmebrücke in einer Außenwandecke

2.2.4 Lüftungstechnisch bedingte Wärmebrücke

Lüftungstechnisch bedingte Wärmebrücke

Bei lüftungstechnisch bedingten Wärmebrücken werden bestimmte Bereiche einer Innenwand schlecht oder überhaupt nicht belüftet. Aufgrund dieser Tatsache kühlen diese Bereiche in den Wintermonaten auch stärker ab als andere Wandbauteile.

2.3 Beurteilungen von Wärmebrücken

Es werden häufig gerichtliche Auseinandersetzungen über die Entstehung und die Frage der Verantwortlichkeit der Feuchteschäden in Wohnungen geführt. Die Schäden können aber wesentlich verschiedene Ursachen haben, die sich in vielen Fällen auch überlagern. Somit fällt es den Sachverständigen zu, diese Problematik wie folgt richtig einzuordnen:

- Die anerkannten Regeln der Bautechnik¹ müssen berücksichtigt werden.
- Die wärmetechnischen Kenndaten der eingebauten Materialien und des ausgeführten Wärmeschutzes von Detailpunkten müssen ermittelt werden.
- Informationen über zurückliegende Raum- und Klimaverhältnisse und damit über Heiz- und Lüftungsgewohnheiten der Bewohner müssen eingeholt werden.

Häufig wird die Frage gestellt, ob es sich beim Auftreten von Schimmelpilzen und Feuchtestellen in Wärmebrückenbereichen um einen Baumangel handelt. Leider lassen sich Wärmebrücken oftmals nicht vollständig vermeiden. Sie treten in jedem Haus auf, führen aber nicht in jedem zu Schimmelpilzen und Feuchtestellen. Vor allem bei Altbauten sind Wärmebrücken zumeist konstruktiv gegeben und nicht automatisch als Planungsfehler anzusehen. Bei der Planung von Neubauten und auch bei Sanierungsmaßnahmen sind Wärmebrücken nach dem heutigen Stand der Technik zu minimieren.

Wärmebrücken sind nicht vollständig vermeidbar

Die Grundlage zur Bildung von Schimmelpilzen ist eine ausreichend große Bauteiloberfläche mit einem hohen Feuchtegehalt, was auf verschiedene Möglichkeiten zurückzuführen ist:

Wärmebrücken sind in der Regel keine Planungsfehler

- Einwirkung der Feuchtigkeit von außen durch das Auftreten einer starken Schlagregenbeanspruchung auf das Mauerwerk, oder technisch nicht einwandfrei ausgeführte Detailpunkte
- Ausfall von Tauwasser auf der Bauteiloberfläche durch hohe Luftfeuchten
- Ausfall von Tauwasser im Bauteilquerschnitt, der zur Verringerung des Wärmedämmwertes führen kann.

1 Hierbei handelt es sich um die technischen Regel für den Entwurf sowie die Ausführung baulicher Anlagen, die in der Wissenschaft richtig erkannt sind und feststehen, sowie in dem Kreise der für die Anwendung der betreffenden Regeln maßgeblichen, nach dem neuesten Erkenntnisstand vorgebildeten, Techniker durchweg bekannt und aufgrund fortdauernder praktischer Erfahrungen als richtig und notwendig anerkannt sind.

Räumliche Verteilung der Schäden

Bei der Bewertung der Schadensbilder ist zunächst einmal die räumliche Verteilung der Schäden zu berücksichtigen. Treten Feuchteschäden nur an einer Seite des Raumes auf (vorrangig Südwest bis Nordwest), kann von einer äußeren Schlagregenbeanspruchung der Wetterseite ausgegangen werden, insbesondere, wenn die Schäden verteilt über die Regelquerschnitte erscheinen. Aufgrund dieser Erkenntnis sollte das Mauerwerk auf seine Schlagregendichtigkeit überprüft werden.

Bei einer Verteilung der Schäden auf alle Raumseiten müssen andere Kriterien berücksichtigt werden. Auch spielt der Zeitpunkt des Auftretens von Schäden eine wesentliche Rolle. Hier nach kann unterschieden werden, ob die Schäden nur in den Übergangszeiten und im Winter, oder nach der Fertigstellung bzw. dem Bezug eines Hauses aufgetreten sind. Ein Zusammenhang kann auch mit starken Regenfällen, unabhängig von der Jahreszeit, bestehen. In Tab. 2.8 sind die am häufigsten ermittelten Einflussfaktoren von Feuchteschäden aufgelistet.

Einflussfaktoren von Feuchteschäden

Rückschlüsse aus dem Schadensbild

Eindeutige Schlüsse lassen sich ebenfalls aus dem Schadensbild der Schimmelpilz- oder Feuchtestellen ziehen. Treten neben einzelnen Schimmelpilzflecken scharf begrenzte Feuchtigkeitskränze (wolkenartige Felder von Handtellergröße mit einem Durchmesser von ca. 20 cm) mit gelblich-braunen Rändern und/oder Ausblühungen auf, kann davon ausgegangen werden, dass in diesen Bereichen Feuchtigkeit

Tab. 2.8: Häufigkeit der ermittelten Einflussfaktoren von Feuchteschäden

Einflussfaktoren für Feuchteschäden		Häufigkeit [%]
Nutzer	hohe Luftfeuchte (Schimmelpilzbefall)	31
Bauwerk	Aufsteigende Feuchtigkeit	9
	Wärmebrücken	18
	Attika	21
	Sonstiges	5
Schutz vor Regen	Risse (klein)	37
	Risse (groß)	15

durch Schlagregen, wie z. B. bei schadhaften Fugennetzen, brandrissigen Steinen oder schlecht verschlossenen Gerüstlöchern, aufsteigende Feuchtigkeit aus dem Boden oder nichtdrückendes Wasser, wie z. B. Sicker- oder Brauchwasser, und Undichtigkeiten an Detailpunkten als Schadensursache maßgebend sind.

Ebenfalls bleibt festzustellen, dass diese Erscheinungsbilder nicht ‚wandern‘, sondern sich konstant auf die Schwachstellen beschränken, wobei es sich dann aber nicht um die typischen Wärmebrückebereiche wie Außenwandecken, Fußleistenbereiche usw. handelt. Bei diesen so genannten Durchfeuchtungen lassen sich oft Zerstörungen der Oberflächen in Form von Tapeten-, Farb- und Putzablösungen beobachten.

Tapeten-, Farb- und Putzablösungen

Die Ablösungen lassen sich dadurch erklären, dass Wasser im flüssigen Zustand durch einen Bauteilquerschnitt hindurch transportiert wird. Dabei werden häufig lösliche Salze in den Bauteilschichten gelöst und zur inneren Oberfläche befördert. Hier werden sie beim Verdunsten des Wassers wieder als Salze ausgeschieden. Bei diesem Vorgang kommt es zu einem Kristallisierungsdruck, der in vielen Fällen Farb- und Putzablösungen zur Folge hat.

Handelt es sich bei dem Putz um einen üblichen Kalksandputz, ist das Zerstörungsbild klar; wogegen sich bei einem Gipsputz ganz erheblich aufblähende Bereiche mit wattenartigem Aussehen an den Rändern zeigen. Die Salzablösungen können sich auch unter Tapeten entwickeln und sind so nicht auf der Oberfläche sichtbar.

Trotzdem tritt häufig eine Verfärbung der Tapeten (auch bei Textiltapeten) auf. Ein typisches Unterscheidungsmerkmal zwischen Innenkondensation und Durchfeuchtungen von außen ist, dass sich bei Innenbelastungen durch Kondensat die Tapeten von der Wand ablösen; bei Durchfeuchtungen ist das nur selten der Fall.

Verfärbung von Tapeten

Die oben genannten Schäden sind alle auf ein Einwirken von Außen, bzw. aus dem Bauteilquerschnitt zurückzuführen, bei dem sich die sichtbaren, bzw. unsichtbaren Schäden

Ausblühungen bei Feuchtigkeitseinwirkungen

auf der Innenseite bemerkbar machen. Deshalb kann beim Auftreten von Ausblühungen davon ausgegangen werden, dass es sich hier um Feuchtigkeitseinwirkungen handelt. Ebenfalls lassen sich diese Schäden sehr schnell mit den im nächsten Abschnitt beschriebenen Messmethoden belegen, da gerade nach besonders starken Regenfällen der Bauteilquerschnitt immer von innen nach außen nasser wird.

Bei Kondensateinwirkungen ist dieser Prozess immer entgegengesetzt; der Bauteilquerschnitt wird also nach außen hin immer trockener. Ausblühungen können z. B. nicht durch den Ausfall von Oberflächentauwasser aus der Raumluft entstehen. In dem Fall, dass ein Tauwasserausfall relevant ist, tritt die Ursache, bzw. die Wirkung auf der Innenseite des Bauteils auf. Daher ist ein Lösen von Salzen aus dem Bauteilquerschnitt und ein Ausscheiden auf der Innenoberfläche nicht gegeben.



Abb. 2.14:
Mauerwerksschädigungen durch von außen eindringendes Wasser

2.4 Baustofffeuchte und -eigenschaften

Die jeweiligen Baustoffe können Wasser aus der angrenzenden Luft durch Absorption, Adsorption sowie durch Kapillarkondensation aufnehmen. Der Oberbegriff der Wasseraufnahme wird als **Absorption** bezeichnet. Im Gegensatz hierzu wird die Wasserabgabe eines Baustoffes als **Desorption** gekennzeichnet.

Absorption, Adsorption, Kapillarkondensation

Desorption

Unter üblichen Klimabedingungen besitzen Baustoffe immer einen gewissen Anteil an Feuchtigkeit, da sie an der ‚feuchten‘ Luft angrenzen. Je mehr die relative Feuchte der umgebenden Luft ansteigt, umso mehr Wasser ist in einem bestimmten Baustoff vorhanden, da dieser solange Wasser aus der Luft aufnimmt, bis er sich den Klimaverhältnissen der Luft angepasst hat.

Das Gleichgewicht des neuen Feuchtwertes im Baustoff sowie in der Luft wird auch als Gleichgewichtsfeuchte bezeichnet. Sehr oft ist ein zusätzlicher Anstieg des Wassergehaltes bei neu errichteten Gebäuden zu beobachten. Dies ist damit zu begründen, dass die verschiedenen Baumaterialien bei der Herstellung, bzw. bei der Verarbeitung schon eine gewisse Eigenfeuchte aufweisen, oder Feuchtigkeit aus der Luft beim Einbau aufnehmen.

Gleichgewichtsfeuchte

Im Allgemeinen stellt sich bei normaler Nutzung der Gebäude nach längeren Austrocknungszeiten ein Feuchtezustand ein, der als ‚praktischer Wassergehalt‘ der Baustoffe beschrieben wird. Definiert wird dieser Wert dadurch, dass er bei Untersuchungen in ausgetrockneten Bauten in 90% der Fälle nicht überschritten wird.

Praktischer Wassergehalt

Einerseits stellt der praktische Wassergehalt einen Vergleichswert zur Bewertung des Wassergehaltes der Baustoffe bewohnter Gebäude dar, andererseits dient er zur Festlegung des Rechenwertes der Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen.

Da sich der praktische Feuchtegehalt nur aus Baustoffproben bewohnter Gebäude ermitteln lässt, ist dieses Verfahren äußerst kompliziert und nur mit Unannehmlichkeiten für

Bezugsfeuchtegehalt

die Bewohner der betroffenen Wohnungen durchzuführen. Aus diesem Grund wurde durch Laborversuche ein Bezugsfeuchtegehalt bestimmt, der als Gleichgewichtsfeuchte bei einer relativen Feuchte von 80% und einer Lufttemperatur von 23°C ermittelt wurde.

Bei einer auftretenden Wärmebrücke stellt sich immer eine erhöhte Wärmestromdichte ein und es besteht durch die herabgesetzte Temperatur der Innenoberfläche eine erhöhte Gefahr der Tau- und Kondenswasserbildung. Sinkt die Innenoberflächentemperatur von einem Außenbauteil bis unter die Temperatur des Taupunktes ab, so kommt es in diesen Bereichen zu Tauwasserbildung. Um dieses zu vermeiden, wird für typische Bauteile ein bestimmter U-Wert erforderlich, der nicht überschritten werden darf.

Wärmedurchgangskoeffizient – U-Wert

Der Wärmedurchgangskoeffizient von Baustoffen (in der Energieeinsparverordnung als U-Wert bezeichnet) gibt die (Verlust-)Energie in Ws (Wh) an, die je Sekunde (Stunde) durch einen Quadratmeter Fläche einer Konstruktion hindurchgeht, wenn auf beiden Seiten der Konstruktion ein Temperaturunterschied der Luft von 1°C (1K) herrscht.

Hieraus wird abgeleitet, dass bei niedrigen Oberflächentemperaturen ein großer U-Wert vorhanden ist; Baustoffe mit einem kleinen U-Wert besitzen demnach eine große Dämmwirkung.

Beschaffenheit von Materialien

Da überwiegend im Wohnungsbau eine Vielzahl von Baustoffen zum Einsatz kommt, spielt natürlich auch die Beschaffenheit der Materialien selbst eine wesentliche Rolle

Tab. 2.9: Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten einzelner Außenbauteile

Bauteil	U-Wert nach EnEV [W/m ² ·K]
Außenwände	$U_{AW} \leq 0,35/0,45$
Außen liegende Fenster	$U_W \leq 1,70$
Decken	$U_D \leq 0,25/0,30$
Kellerdecken	$U_G \leq 0,40/0,50$

für die Klimaverhältnisse in Wohnräumen. Hier sind u.a. die Porösität, die Dichte sowie die Oberfläche eines Baustoffes zu berücksichtigen. Jeder Baustoff besitzt eine so genannte Wasserdampfdiffusionsdurchlässigkeit. Infolge des Luftdruckes, der sich einerseits aus dem atmosphärischen Druck und andererseits aus dem Druck der Wasserdampf aufnahme zusammensetzt, entsteht durch die Temperaturunterschiede zwischen der Raumluft und der Außenluft ein so genannter Dampfdruckausgleich.

Wasserdampfdiffusionsdurchlässigkeit

Da die Agglomeration von Wasserdampf sehr viel Raum im Molekülgebilde der Luft in Anspruch nimmt, erhöht sich automatisch der Druck der Luftmasse. Besonders warme Luft kann relativ viel Wasserdampf aufnehmen und besitzt somit einen höheren Luftdruck. Der Dampfdruckausgleich, der auch als Wasserdampf-Partialdruck bezeichnet wird, bewirkt bevorzugt in der kalten Jahreszeit eine Wasserdampf abwanderung durch den Baustoff von innen nach außen.

Warme Luft kann viel Dampf aufnehmen

Dampfdruckausgleich, Partialdruck

Die vorhandene Luftfeuchtigkeit, die auf diesem Wege an die Außenluft transportiert wird, ist jedoch minimal. Der größere Teil der Luftfeuchtigkeit, also ungefähr 98 Prozent, wird tatsächlich durch die Lüftung über die Fenster abgeführt. Die direkte Luftströmung durch die Bauteile hindurch wird auch als Konvektion bezeichnet.

Konvektion

Da besonders in unserer heutigen Zeit die Heizenergie eine wichtige Rolle spielt und immer mehr die Bauweise von Niedrigenergiehäusern in den Vordergrund tritt, sollte eine Konvektion möglichst vermieden werden. Definiert wird der Wasserdampfdiffusionswiderstand von Baustoffen durch die Dampfdiffusionszahl.

3 Methoden zur Feuchtemessung

Im Folgenden werden bauphysikalische Messmethoden zur Feuchtebestimmung und Schadensbeurteilung von Bauteilen aufgeführt, die sich in Deutschland bewährt haben.

3.1 CM-Messmethode (Calciumcarbid-Methode)

Die CM-Methode hat sich seit fast 40 Jahren bewährt, wobei als kritisch die Beschränkung des Anwendungsbereiches auf mineralische Baustoffe anzusehen ist. Demnach können mit diesem Messverfahren nur Mörtel überprüft werden, wie sie für Estrichbereiche oder Wandputze, für Deckenputze oder übrige, mitbetroffene Baustoffe, wie z. B. Beton, Fugenmörtel und Mauerwerk verwendet werden.

Beschränkung auf mineralische Baustoffe

Nach Auffassung der Hersteller arbeitet die CM-Messmethode mit einer 95 %-igen Sicherheit bei allen vorerwähnten Baustoffen. Der Aufwand, der vor Ort betrieben werden muss, ist jedoch erheblich. Hier wird von dem zu prüfenden Baustoff eine gewisse Menge entnommen und im Anschluss mit einem Mörser zu Pulver zerrieben. Eine bestimmte Menge des Pulvers wird abgewogen und in einen verschließbaren Stahlzylinder mit aufsetzbarem Manometer gefüllt. In dem Messzylinder sind zusätzlich Stahlkugeln enthalten.

95%ige Sicherheit

Großer Aufwand

Anschließend wird eine auf die Gewichtsmenge bezogene, verschlossene Ampulle mit pulverisiertem Calciumcarbid in die Druckflasche gegeben. Die Flasche wird verschlossen. Durch kräftiges Schütteln wird die Ampulle von den Kugeln zerschlagen und aus der Reaktion des Carbids und der vorhandenen Feuchtigkeit im Mörtel entwickelt sich ein gewisser Druck. Aus einer Tabelle lässt sich der gesuchte Feuchtigkeitsgehalt ablesen. Bei den verschiedensten Bau-

stoffen ergeben sich unterschiedliche Drücke und somit unterschiedliche Aussagen über die effektiv vorgefundene Feuchtigkeit.

Effektive Feuchtigkeitswerte

Vom unpraktischen Ablauf einmal abgesehen, ist das Verfahren schon deshalb einwandfrei, weil es vor den Beteiligten durchgeführt werden kann und diese sich vor Ort über die effektiven Feuchtigkeitswerte informieren können. Nachteilig aufzuführen sind Bereiche, wie z.B. Putze, die aus zwei Putzlagen bestehen und unter denen bereits Schimmelpilze auftreten. Ist die äußere Feinschicht des Putzes besonders wasserführend und die innere weniger, lässt sich nur ein Wert ermitteln.

Es können also keine exakten Unterschiede zwischen den beiden Putzschichten getroffen werden. Bei einer kleinen Probemenge vom Mauerwerk, z.B. Kalksandstein, an der noch Putzmörtel haftet, kommt es ebenfalls zu unterschiedlichen Messresultaten. Diese Resultate sind zwar für den interpretierenden Fachmann von sekundärer Bedeutung, können aber bei dem Gesamturteil eines Wandquerschnitts problematisch werden.

Nachdem diese nachteiligen Ursachen erkannt wurden, hat man ein Messverfahren entwickelt, das diese feinen Unterschiede überwindet, die gravimetrische Messmethode.

3.2 Gravimetrische Messmethode (Darr-Methode)

Genaue Trennung von einzelnen Schichten

Zunächst besteht der Vorteil dieser Messmethode darin, dass jede einzelne Schicht, also Feinputz, Grobputz und dahinter liegendes Mauerwerk, ziemlich genau voneinander getrennt werden kann.

Um den Feuchtigkeitsgehalt eines Materials zu messen, wird ein entnommenes Probestück umgehend in einzelne luftdichte Dosen oder Plastikbeutel gefüllt. In einem Labor werden die Proben gewichtsmäßig genau erfasst. Danach

trocknen diese über einen bestimmten Zeitraum bis zur Gewichtskonstanz aus und werden im Anschluss gewogen.

Aus dieser Gewichtsdifferenz wird der ursprüngliche Feuchtigkeitsgehalt nach der folgenden Formel ermittelt:

$$f = \frac{G_t - G_i}{G_i} \times 100 \text{ (Gew.-%)}$$

G_f = Gewicht der Probe nach der Entnahme

G_t = Gewicht der Probe nach dem Trocknen

G_i = Trockengewicht der Probe

Der ursprüngliche Feuchtigkeitsgehalt wird in Gewichtsprozenten angegeben.

Obwohl dieses Verfahren in Hinsicht auf die Genauigkeit als optimal zu bewerten ist, muss als nachteilig der große Arbeitsaufwand erwähnt werden. Hierbei muss von der betroffenen Wohnung eine enorme Putzfläche zerstört werden, was sich bei Feuchtigkeitsuntersuchungen von einem Außenmauerwerk natürlich noch nachhaltiger auswirkt. Aus diesem Grund sollte man bei einfachen Feuchteerscheinungen mit Schimmelpilzbildungen von dieser Maßnahme absehen, da sie technisch und wirtschaftlich kaum vertretbar ist.

Optimale Genauigkeit,
hohe Sicherheit, großer
Arbeitsaufwand

Ebenfalls muss hier berücksichtigt werden, dass die Baustoffe mit einem Spezialgerät vor Ort entnommen werden und dass anschließend jede Probe einzeln, z. B. Mauerwerk, Grobputz und Feinputz, getrennt verpackt und im Labor für die umständliche Trocknung gelagert werden muss. Die Probe wird getrennt verpackt, um ein Zusammenwirken der Feuchtigkeit aus dem vorderen Putzbereich und der Feuchtigkeit aus dem Mauerwerk zu vermeiden. Auch können Fehlerquellen beim Messen und Wiegen nicht ausgeschlossen werden.

Aufgrund des äußerst großen Aufwandes und der Schwachstellen bei der Laborüberwachung ist diese Methode kaum

zu empfehlen. Im Laufe der Zeit wurde sie durch bessere Verfahren ersetzt.

3.3 Elektrische Widerstands-Messmethode

Elegante, weltweit verbreitete Messtechnik

Die elektrische Widerstands-Messmethode zählt bei der Beurteilung von Schimmelpilzbefall und Feuchtstellen zu den elegantesten und weltweit verbreitetsten Messtechniken. Ursprünglich entstand diese Methode aus der Holz-Messtechnik und wird im mobilen Bereich für die Ermittlung der vorhandenen Materialfeuchte an allen Baustoffen bevorzugt.

Das Verfahren beruht auf der physikalisch begründeten Tatsache, dass sich der elektrische Widerstand, je nach vorliegender Feuchtigkeit, in fast allen Feststoffen stark verändert. Tatsächlich wird bei diesem Messverfahren der elektrische Widerstand eines bestimmten Materials gemessen und direkt oder umgerechnet in Feuchtigkeitsprozente (Gewichtsprozente) vom Messgerät angezeigt. Die Messwerte können im niedrigen Messbereich mit einer beträchtlichen Genauigkeit ermittelt werden, da sich der elektrische Widerstand bei geringfügiger Feuchtigkeit erhöht.

Optimal in gering salzbelasteten Bereichen

Als nachteilig ist das Messergebnis im oberen Feuchtigkeitsbereich, wie z.B. bei Holz über 60 % Atro, zu erwähnen, da die Messwerte wesentlich ungenauer werden, was auf den kleineren Widerstand bei zunehmender Materialfeuchte zurückzuführen ist. In gering salzbelasteten Wohnbereichen ist die Widerstands-Messung als optimal anzusehen, wobei in Bereichen mit einer höheren Salzbelastung eher vorsichtig mit den ermittelten Messwerten umgegangen werden soll.

Die beschriebenen Veränderungen des elektrischen Widerstandes werden aber nicht nur von der Materialfeuchte und der chemischen Zusammensetzung des Materials beeinflusst, sondern sind auch von der Temperatur abhängig. Im gewissen Maße wirkt sich hier auch die Materialdichte aus.

Um diese unterschiedlichen Einflüsse zu berücksichtigen, sind die modernen Feuchtigkeitsmessgeräte für die elektrische Widerstandsmessung mit verschiedenen Varianten, Einstellungen und Temperaturkompensationen ausgerüstet. Von den führenden Geräteherstellern werden gewöhnlich Umrechnungstabellen mitgeliefert, die bei der Anwendung des jeweiligen Gerätes die sofortige Ermittlung der abgelesenen Skalenwerte (Digitalwerte) in effektive Feuchtigkeitsprozente (Gewichtsprozente), die je nach dem Werkstoff variieren, ermöglichen.

Gelegentlich sind auf dem Markt Gerätetypen zu finden, die nur mit einer Farbskala, Leuchtdiodenanzeigen oder Ähnlichem ausgerüstet sind. Wegen ihrer Ungenauigkeit sind diese Geräte für den vorerwähnten Anwendungsbereich aber nur bedingt empfehlenswert. Auch sollte darauf verwiesen werden, dass mit diesen Geräten Ergebnisse von ungenügend geschulten Fachleuten oder verantwortungslosen Gutachtern in die gewünschte Richtung manipuliert werden können.

Die üblicherweise verwendeten Geräte zur Messung des elektrischen Widerstandes verfügen über Einzelelektroden. In die auf Feuchtigkeit zu untersuchende Wand werden die Einzelelektroden in einem gewissen Abstand voneinander, oder zwei Elektroden in einem Schlaggerät parallel, eingeschlagen. Die Elektroden bestehen aus verschiedenen langen Stahlnadeln, die Feuchtigkeit kontaktmäßig messen und den Wert auf der Skala anzeigen.

Nachteilig zu erwähnen sind Geräte mit unisolierten Messelektroden, da diese die Ergebnisse der einzelnen Schichten nicht unterscheiden und ungenaue Werte angeben. Bei der Messung eines Wärmebrückebereiches in einem Wandquerschnitt, auf dem sich z. B. feuchte oder teilweise nasse Tapeten befinden und der darunter liegende Gips- oder Kalkputz nahezu trocken ist, setzen die unisolierten Messnadeln gleich den Messwert von den Tapeten um. Das heißt, es wird ein vergleichsweise hoher Wert auf der Skala angegeben.

Oft erscheint dieser Messwert im Gutachten als Effektivfeuchtigkeitswert und wird somit von den betreffenden An-

wählen und Richtern übernommen. Das Ergebnis entspricht aber nicht dem tatsächlichen Messwert und ist als falsch zu interpretieren. Um richtige Messergebnisse zu erzielen, sollte man mit der Tapete beginnen und diese Werte vorerst notieren. Anschließend entfernt man die Tapete und misst den darunter liegenden Putz. Hier werden aber nur korrekte Werte bis in einer Messtiefe von 4 cm ermittelt. Bei den darüber hinaus liegenden Messtiefen werden ebenfalls falsche Werte ermittelt.

Aufgrund dieser Tatsache wurden Messgeräte mit isolierten Elektroden hergestellt, die den wahren Feuchtigkeitswert wiedergeben. Da die Widerstands-Messung im Baustoff direkt an der Spitze der Elektroden vorgenommen wird, kann das Ergebnis durch einwirkende Feuchtigkeit aus den Bohrwänden nicht verfälscht werden. Trotzdem dürfen die auf der Skala erscheinenden Werte nicht im Gutachten dargestellt werden, da der effektive Feuchtigkeitswert erst anhand von Umrechnungstabellen ermittelt werden muss.

Bei der Ermittlung von Feuchtigkeiten ist nicht nur der umgerechnete Skalenwert der Widerstands-Messung von großer Bedeutung. Auch der Wert der relativen Luftfeuchtigkeit im Messraum spielt ebenfalls in die Bewertung mit ein und sollte parallel ermittelt und im Gutachten dargelegt werden. Aufschlüsse über die Ursachen der Feuchtigkeit, bzw. der Schimmelpilzbildung können auch durch Temperaturmessungen in der Raummitte, sowie der Innen- und Außenwand in einer Höhe von ca. 2 m und im Fußleistenbereich entnommen werden.

3.4 Zusammenfassung der Bewertungskriterien

Nach den Erläuterungen der unterschiedlichen Messmethoden können folgende Bewertungskriterien zusammengefasst werden:

Zwischen der **CM-Messmethode** und der **Widerstands-Messmethode** lassen sich anhand der Ergebnisse vergleichen. Durch langjährige Erfahrungen wurde festgestellt, dass die an gleichen Stellen ermittelten Feuchtigkeitswerte nur geringfügig voneinander abweichen.

Die **gravimetrische Messmethode** zeichnet sich zwar durch die hohe Genauigkeit der Messwerte aus, stellt aber gleichzeitig einen enormen Arbeitsaufwand, durch die getrennt verpackten Proben, sowie sofortige Messungen, dar. Dazu muss erwähnt werden, dass die Messergebnisse nur eine relative Genauigkeit aufweisen, da unterschiedliche Faktoren die Resultate beeinflussen. Genügend genaue Ergebnisse für Gutachten bei Feuchtestellen und Schimmelpilzen liefert die **Widerstands-Messmethode**.

Bei der Verwendung von isolierten Elektroden kann ein nahezu absoluter Feuchtigkeitswert, von der nassen Tapete bis 36 cm tief im Mauerwerk, ermittelt werden. Hierdurch kann eine sofortige Aussage gemacht werden, ob die Feuchtigkeit aus dem Mauerwerk oder aus dem Innenraum kommt.

Keine der anderen hier erwähnten Messmethoden kann eine solche Genauigkeit als logische Schlussfolgerung mit einem wirtschaftlichen Aufwand ermöglichen. Die elektrische **Widerstands-Messmethode** arbeitet mit einer **95 %-igen Genauigkeit**.

Widerstandsmessungen mit Elektroden, die im Bereich von 5 cm als Tiefenmessgeräte propagiert werden, sind abzulehnen. Die elektrische Widerstandsmessung in salzverseuchtem Untergrund sollte nur oberflächlich als Trendmessgerät mit entsprechender Erfahrung eingesetzt werden.

Zum Schluss kann festgehalten werden, dass keines dieser beschriebenen Messverfahren gegenüber den Vergleichsverfahren nur Vorteile aufweist. In Theorie und labormäßiger Praxis gilt die **Darr-Methode** als exakte. Ebenfalls hat sich die **CM-Messmethode** seit Jahrzehnten bei vielen Baustoffen durchgesetzt und liefert dem Gutachter bei Schimmelpilz- und Feuchtebildungen genaue Werte.

Trendmessung

Die eleganteste Messmethode ist jedoch die Widerstands-Messmethode, da der Feuchtigkeitsverlauf in einer Wand exakt ermittelt werden kann (Ob die Werte mit einer 100 %-igen oder 95 %-igen Genauigkeit angegeben werden, spielt für die Interpretation nur eine untergeordnete Rolle.). Dennoch ist diese Methode als Trendmessung zu betrachten und spielt in der gerichtsgutachterlichen Tätigkeit nur eine untergeordnete Rolle.

4 Schimmelpilzbildungen und ihre rechtliche Würdigung

4.1 Urteile zu Feuchtigkeit in Wohnungen bzw. zu Schimmelpilzen in Mietobjekten

Leider kommt es im Zusammenhang mit Schimmelpilzschäden in Wohnräumen recht häufig zu strittigen Auseinandersetzungen zwischen Mieter und Vermieter. Die nachfolgenden Gerichtsentscheidungen sollen Anhaltspunkte für die Bewertung liefern. Die Urteile sind für andere Gerichte nicht rechtsverbindlich und haben deshalb zunächst bei-spielhaften Charakter. Im Einzelfall ist eine genaue Analyse des Sachverhalts notwendig.

Dies wird besonders an den unterschiedlichen Beurteilungen ähnlicher Fälle deutlich. Gemäß den Landesgerichten Köln (WM 90, 547) und Berlin (MM 89, 154; MM 82, 290) schließt die Einhaltung der DIN-Vorschriften nicht immer aus, dass Feuchtigkeitsschäden auf Baumängeln beruhen. Anderer Ansicht ist das LG München (WM 88, 352).

Unterschiedliche Beurteilungen

Weiterhin bestehen teilweise Abweichungen zwischen Rechtsprechung und erwiesenen bauphysikalischen Erkenntnissen. So hielten es die Landesgerichte Berlin (MM 87, 290), München (WM 85, 26) und Hamburg (WM 85, 21) für unzumutbar, große Möbelstücke 10 cm oder mehr von der Wand abzurücken bzw. vor Außenwände gar keine Möbel zu stellen. Bauphysikalisch ist es jedoch erwiesen, dass Wände, vor die Möbel mit einem geringeren Abstand als 15 cm gestellt werden, weder ausreichend erwärmt noch ausreichend belüftet werden können.

Abweichungen zwischen Rechtsprechung und bauphysikalischen Erkenntnissen

Feuchte Wände und Schimmelflecke sind immer Mängel der Miet-sache.

(OLG Celle RE WM 85, 9; LG Hannover WM 82, 130)

Oft liegt eine Kombination von Baumangel und eines Fehlverhaltens des Mieters vor. Dann verringert das Fehlverhalten des Mieters seinen Anspruch auf Mietminderung.

(LG Lübeck WM 90, 202; LG Stade WM 85, 23; BayObLG WM 89, 657)

Wenn die Hauptursache ein Baumangel ist, verringert das Fehlverhalten des Mieters den Anspruch auf Mietminderung nur dann, wenn der Vermieter ihn konkret darauf hingewiesen hat, dass er sein Wohnverhalten umstellen muß.

(LG Lübeck WM 90, 202)

Der Vermieter kann sich beim Auftreten von Feuchtigkeitsschäden nicht darauf berufen, alle Normen wären eingehalten worden, wenn durch Isolationsmängel Wärmebrücken vorhanden sind.

(LG Flensburg WM 91, 582 und 88, 354)

Es reicht nicht aus, wenn der Vermieter darauf hinweist, das Haus sei nach den seinerzeit gültigen DIN Normen wärmegedämmt, also mangelfrei; deshalb stehe fest, dass der Mieter die Schuld trage und zu wenig lüfte oder in der Wohnung wasche oder zu viel Pflanzen oder Tiere halte.

(OLG Celle RE WM 85, 9; LG Köln WM 90, 547)

Der Mieter muss ausreichend lüften und dabei Besonderheiten der Wohnung beachten. Bei alten Fenstern, die ohnehin nicht dicht schließen, muss er z. B. weniger lüften als bei neuen Doppelfenstern mit Gummidichtung, die einen fast hermetischen Außenabschluss bilden.

(LG Hannover WM 85, 22)

Der Vermieter ist verpflichtet, den Mieter darauf hinzuweisen, dass er sein Lüftungsverhalten ändern muss, wenn neue Fenster eingebaut wurden.

(LG Lübeck WM 90, 202)

Treten in einem Bad Feuchtigkeitsschäden und Schimmelpilzbildungen auf, und können die Ursachen nicht im fehlerhaften Lüftungsverhalten des Mieters liegen. Weil das Bad lediglich über eine Innenlüftung/Zwangsentlüftung verfügt, liegt ein Mangel vor. Der Vermieter muss das Bad so herrichten, dass der Mieter duschen kann,

ohne dass sich Schimmelpilz an den Wänden bildet.
(LG Bochum WM 92, 431)

Das Auftreten von Schimmel ist die typische Folge von Kondenswasserbildung und daher aufgrund bauphysikalischer Gesetze der erste Anschein dafür, dass ein fehlerhaftes Heizungs- und Lüftungsverhalten ursächlich ist.

(LG München, WM 1988, 352)

Ein erster Anschein für die Verantwortlichkeit des Mieters ist ebenfalls gegeben, wenn in einer vormals mangelfreien Wohnung Feuchtigkeitsschäden erstmals auftreten, nachdem der betreffende Mieter die Wohnung bezogen hat.

(LG Lüneburg ZMR 1985, 127)

Es ist dem Mieter nicht zuzumuten, auf das Aufstellen von Möbeln an Außenwänden zu verzichten, wenn er einen Wandabstand von wenigen Zentimetern einhält.

(LG Berlin GE 88, 1111)

Zur Gebrauchstauglichkeit eines Wohnraums zählt, dass er in üblicher Art und mit handelsüblichen Möbeln eingerichtet werden kann.²
(LG HH, Urteil vom 10.04.19984 – 16 S 211/83)

Der Mieter macht sich schadensersatzpflichtig, wenn er die ihm mietvertraglich obliegende Obhutspflicht dadurch verletzt hat, dass sich in seiner Wohnung Feuchtigkeitsschäden (Schimmelpilzbefall) gebildet haben, die durch ausreichendes Lüften hätten verhindert werden können und die Notwendigkeit zu lüften auch für den nicht sachverständigen Nutzer spürbar war (hier: stickige verbrauchte Raumluft).

(LG Berlin, Urteil vom 08.11.1984 – 61 S 19/84)

Hat der Mieter einen Wohnungsmangel bewiesen oder ist ein solcher unstreitig, muss der Vermieter beweisen, dass der Mangel vom Mieter verschuldet ist, sodass eine Minderung ausgeschlossen wäre.
(LG Darmstadt, Urteil vom 04.04.1984 – 7 S 397/83)

2 Ließe sich die Schimmelpilzbildung nur vermeiden, indem die Beklagte den Schrank entweder gar nicht an die Außenwand oder stets erheblich abgerückt hiervon aufstellt, so wäre das Zimmer nicht uneingeschränkt gebrauchstauglich.

Der Beweis des ersten Anscheins bei Feuchtigkeitsschäden in einer Mietwohnung spricht dafür, dass diese ihre Ursache in der mangelhaften Bausubstanz der vermieteten Wohnung haben und daher von dem Vermieter zu vertreten sind.

(AG Melsungen, Urteil vom 11.01.1983 – 1 C 64/82)

Treten nach dem Einbau von Isolierverglasungen in einem Gebäude neueren Baujahrs Feuchtigkeitsschäden in der Wohnung auf, muss sich der Mieter dahin entlasten, dass er ausreichend geheizt und gelüftet hat. Auf die Notwendigkeit geänderten Verhaltens muss ihn der Vermieter hinweisen.

(AG Hannover, Urteil vom 09.11.1983 – 11 S 292/83)

Ist die Hauptursache für Feuchtigkeitsschäden in der Beschaffenheit des Bauwerks zu finden, trifft den Mieter ein Mitverschulden nur dann, wenn ihm mitgeteilt wurde, dass er sein Wohnverhalten nach den baulichen Verhältnissen des Hauses richten müsste.

(LG Stade, Urteil vom 21.06.1983 – 3 S 22/83)

Der Vermieter trägt die Beweislast dafür, dass der Mieter nach Einbau von Doppelfenstern auftretende Feuchtigkeitsschäden verursacht hat.

(AG Bremerhaven, Urteil vom 09.02.1983 – 53 C 208/82)

Der Vermieter ist dafür beweispflichtig, dass in Wohnräumen auftretende Feuchtigkeit auf schuldhafte Vertragsverletzung des Mieters zurückzuführen ist.

(AG Köln, Urteil vom 19.09.1983 – 213 C 184/81)

Ein dem Mieter nach Einbau von Isolierfenstern zumutbares verstärktes Heizen und Lüften setzt voraus, dass der Vermieter sicherstellt, dass sich eine mangelnde Wärmeisolierung des Hauses nicht bereits nachteilig auswirkt.

(LG Köln, Urteil vom 14.07.1983 – 6 S 471/82)

Die Haftung des Mieters für Feuchtigkeitsschäden wegen mangelhafter Belüftung der Wohnung setzt voraus, dass der Mieter die Notwendigkeit einer verstärkten Belüftung erkennen konnte. Hieran kann es fehlen, wenn der Schaden nicht nur auf mangelhafte Belüftung, sondern auch auf andere Einflüsse zurückzuführen ist (hier: übermäßige Feuchtigkeitsdiffusion infolge eines extremen Tempera-

turabfalls im Januar 1979).

(LG Mannheim, Urteil vom 11.11.1981 – 4 S 103/80)

Lässt sich nicht mit Sicherheit feststellen, ob Feuchtigkeitsschäden in der Wohnung auf deren Beschaffenheit oder auf das Verhalten des Mieters zurückzuführen sind, ist der Vermieter den Beweis schuldig geblieben, dass der Mieter den Mietzins zu Unrecht minderte.

(LG Augsburg, Urteil vom 17.03.1982 – 7 S 467/81)

Ein Mitverschulden des Mieters für Feuchtigkeitsschäden in der Wohnung ist nicht bewiesen, wenn der Mieter nur durch unzumutbares Verhalten das Entstehen des Mangels hätte lindern können.

(AG Bochum, Urteil vom 24.03.1983 – 63 C 265/82)

Ist die Erst- und Hauptursache der Wohnungsfeuchtigkeit die mangelfahe Bauweise des Hauses, kann vom Mieter nicht verlangt werden, dass er ständig die Fenster weit geöffnet hält, um Minderung geltend machen zu können.

(LG München I, Urteil vom 20.10.1982 – 15 S 8971/82)

Lassen sich Feuchtigkeitsschäden in der Wohnung nur dadurch verhindern, dass der Mieter die Räume auf 22 °C beheizt, ist ein Mangel der Mietsache gegeben. Mangels vertraglicher Vereinbarung ist der Mieter nur zur Beheizung im Rahmen des allgemeinen Üblichen verpflichtet (ca. 18 bis 20 °C).

(LG Braunschweig, Urteil vom 11.01.1983 – 6 S 241/81)

Bauseitsbedingt erhöhte Formaldehydkonzentrationen der Raumluft und Schimmelpilzbefall der Wohnung berechtigen den Mieter zur fristlosen Kündigung des Mietvertrages.³

(LG München I, Urteil vom 26.09.1990 – 31 S 20 071/89)

³ Die Kammer hält daran fest, daß der Mieter berechtigt ist, die gemieteten Räume ausschließlich nach seinem Geschmack und Ermessen zu möblieren, solange die vom Mieter gewählten Standorte nicht als völlig unüblich angesehen werden müssen. Insbesondere unter dem Gesichtspunkt des Lüftungsverhaltens und des Luftaustausches lassen sich Einschränkungen der genannten Mieterbefugnisse nicht rechtfertigen. Der Mieter ist insbesondere nicht verpflichtet, bauphysikalische Fehler der angemieteten Räume durch Abstriche von der allgemein üblichen Möblierung auszugleichen.

Eine fristlose Kündigung ist immer dann möglich, wenn die Wohnung so beschaffen ist, dass die Benutzung zu einer erheblichen Gefährdung der Gesundheit führen kann. Schimmelpilze, die sich in erheblichem Umfang an den Wänden befinden, berechtigen den Mieter zur fristlosen Kündigung.

(AG Flensburg, Urteil vom 02.02.1996 – 63 C 246/95)

Feuchtigkeitsschäden nach Fenstermodernisierung im Altbau berechtigen den Mieter zur fristlosen Kündigung und zur Beanspruchung von Ersatz des Kündigungsschadens.⁴

(LG Düsseldorf, Urteil vom 08.10.1991 – 24 S 82/91)

Nach einer Fenstermodernisierung muss der Vermieter den Mieter sachgerecht auf das Wohnverhalten unter geänderten Raumklima hinweisen.

(AG Neuss, Urteil vom 18.03.1994 – 36 C 593/93)

Ist die Mietwohnung mit Thermotapeten ausgestattet und bilden sich bei gewöhnlichen Heiz- und Lüftungsgewohnheiten des Mieters Feuchtigkeitsschäden, so ist die Mängelursache bauwerksbedingt.

(AG Düren, Urteil vom 01.03.1990 3 C 450/89)

(LG Aachen, Urteil vom 12.07.1990 – 2 S 114/90)

Feuchtigkeitsschäden können nach Auffassung einiger Gerichte auch durch die falsche Tapete hervorgerufen bzw. begünstigt werden; im Bad Raufasertapete (LG Hamburg, WM 91, 29) oder in der ganzen Wohnung Thermotapeten. (LG Aachen WM 91, 89)

Es ist grundsätzlich Sache des Vermieters, beim Einbau neuer Fenster die nötigen Vorkehrungen gegen Feuchtigkeit zu treffen.

(AG Dortmund WM 85, 24)

Es gehört zu dem Risikobereich des Vermieters, wenn beim Auswechseln alter gegen neue Fenster der Taupunkt in den schlecht isolierten Außenwandbereich verlagert wird.

(LG Oldenburg – 1 S 959/85; AG Neuss WM 87, 214)

4 Es kann dem Mieter nicht zugemutet werden, täglich mehrmals Stoßlüftungen durchzuführen und in sämtlichen Räumen, also auch in den Schlafzimmern, die Raumtemperatur nicht unter 19 Grad absinken zu lassen.

Es gehört zum Risikobereich des Vermieters, wenn Feuchtigkeitsschäden auftreten, weil die alten Bauteile (geringere Wärmedämmung) und die neuen Bauteile (dichte Fenster) nicht mehr zusammenpassen.

(LG Lübeck WM 90, 202, das hier von Teilsanierung spricht)

Baumängel müssen nicht durch übermäßiges Lüften ausgeglichen werden.

(LG Braunschweig WM 98, 250)

Der Mieter ist nicht verpflichtet, nachts das Schlafzimmer zu heizen.

(LG Düsseldorf DWW 92, 243)

Bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen kann es notwendig sein, die erhöhte Luftfeuchtigkeit durch verstärktes Lüften auszugleichen.

(LG Hamburg WM 90, 290)

Der Vermieter muss konkret beweisen, dass kein Baumangel vorhanden ist, dass der Zustand von Fenstern, Türen und Heizung ohne Einfluss auf die Mängel ist. Gelingt ihm dieser Beweis, kann sich der Mieter entlasten, indem er beweist, dass er die Feuchtigkeitsschäden nicht zu vertreten hat. Hierbei muß der Mieter darlegen, wie er geheizt und gelüftet hat und dass die vorhandene Möblierung keinen Einfluss auf die Mängel hat.

(LG Berlin GE 95, 761)

Feuchte Wände und Schimmelpilze in der Wohnung geben den Mietern das Recht, die Miete um 20 Prozent zu kürzen.

(AG Köln 99, 222 C 371)

Der Vermieter muss dafür sorgen, dass es in der Wohnung mäßig warm ist. Die Heizungsanlage muss so gut funktionieren und eingestellt sein, dass die Räume in der kalten Jahreszeit tagsüber auf 20 bis 22 Grad beheizt werden können.

(OVG Berlin, Urteil vom 22.12.2001 – WM 81, 68)

Selbst, wenn ein Gutachten einen Luftwechsel alle zwei Stunden bauphysikalisch empfiehlt, muss ein Mieter nicht in der Zeit seiner Abwesenheit alle zwei Stunden in der Wohnung einen totalen

Durchzug veranstalten. Der Bewohner mietet keine bauphysikalische Versuchseinrichtung.

(AG Neukölln 9 C 680/88)

Ist strittig, ob Baumängel oder falsches Mieterverhalten Ursache für die Schimmelpilzbildung ist, muss der Vermieter beweisen, dass die Ursache aus dem Mieterbereich kommt.

(BGH, XII ZR 272/97)

Bei großflächigem Schimmelbefall in Wohnräumen ist grundsätzlich von einer Gesundheitsgefährdung auszugehen, die den Mieter zur fristlosen Kündigung nach § 544 BGB berechtigt.

(AG Neukölln, Urteil vom 5.10.00 – 6 C 586/99)

4.2 Beweislast

Baumangel oder Nutzerfehlverhalten?

Bei allen Urteilen wird die Diskrepanz zwischen den Parteien deutlich. Hierbei tritt in der Regel immer die Kernfrage auf: Ist hier von einem Baumangel zu sprechen oder ist ein Nutzerfehlverhalten anzunehmen?

Beweislastverteilung

In diesem Zusammenhang ist die Beweislastverteilung anzusprechen. Für sie gelten die Grundsätze des Rechtsentscheids des OLG Karlsruhe vom 9.8.1984 (ZMR 1984, 417).

Die Beweislast liegt zunächst beim Vermieter

Danach muss zunächst der Vermieter beweisen, dass die Schadensursache in dem der unmittelbaren Einflussnahme, Herrschaft und Obhut des Mieters unterliegenden Bereich gesetzt worden ist. Dazu muss er die Möglichkeit einer aus seinem Verantwortungs- und Pflichtenkreis oder demjenigen eines anderen Mieters desselben Hauses herrührenden Schadensursache ausräumen. Dies bedeutet, dass dem Vermieter die Beweislast dafür obliegt, dass die Bausubstanz keine Ursachen für den Eintritt von Feuchtigkeit setzt. Hat der Vermieter diesen Beweis erbracht, obliegt es dem Mieter, sich hinsichtlich Verursachung und Verschuldung zu entlasten.

Die Frage inwieweit eine nachträgliche Dämmung der Fassade angebracht werden muss, wenn innen Schimmelpilzbildung auftritt, kann insofern beantwortet werden: dass der Mieter keinen Anspruch

gegen den Vermieter auf Durchführung umfangreicher Dämmmaßnahmen hat, wenn die Möglichkeit besteht, Schwitzwasserbildung durch verstärktes Heizen und Lüften zu verhindern.

(LG München I, WM 1988, 352)

Insgesamt ist also festzustellen, dass der Mieter verpflichtet ist, die Entstehung von Schimmelpilzbildung durch Heizen und Lüften zu verhindern, wenn das Gebäude insgesamt bauartbedingt zur Entstehung von Schimmelpilzbildung neigt.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass der Anspruch an die Sachverständigenaussagen nicht geringer wird. Der Sachverständige hat in seinen Gutachten alle Einflussfaktoren für Schimmelpilzbildung zu untersuchen. Hierbei ist auch zu konstatieren, ob eine kritische Prüfung von der Beantwortung im Sinne der Beweisfrage zulässig ist.

In jedem Fall lohnt es für beide Seiten, ein Sachverständigen-gutachten noch einmal von einem anderen Sachverständigen prüfen zu lassen.

4.3 Gutachterliche Beurteilung von Schimmelpilzschäden

Sind Mieter und Vermieter oder Eigentümer und Bauträger unterschiedlicher Auffassung über die Ursache eines Feuchteschadens (z.B. Schimmelpilzbefall), bestellt eine der Parteien einen Gutachter. Die gegnerische Seite kann dieses Gutachten als parteiisch ablehnen und ein zweites Gutachten in Auftrag geben. Sinnvoller ist es, wenn sich die Parteien einen gemeinsamen Gutachter aussuchen, der von beiden akzeptiert wird.

Es werden vornehmlich zwei Arten von gutachterlichen Stellungnahmen unterschieden: Privatgutachten und Gerichtsgutachten.

Privatgutachten und
Gerichtsgutachten

Bei einem Schimmelpilzgutachten als Privatgutachten wird ein Werkvertrag gemäß §§ 631 ff. BGB zwischen Auftragge-

Kosten ber und Sachverständigem abgeschlossen. Kosten für ein Privatgutachten liegen bei ca. 500–750 €.

Ein Gerichtsgutachten ziehen Gerichte und Staatsanwaltschaften nach Maßgabe der zugrundeliegenden prozessrechtlichen und öffentlich-rechtlichen Vorschriften heran. Dieses erfolgt am häufigsten in Zivilprozessen. Die Kosten für ein Schimmelpilzgutachten als Gerichtsgutachten im selbstständigen Beweisverfahren betragen mindestens 1.500–2.000 €.

Mindestanforderungen an Gutachten An Gutachten über »Schäden an Gebäuden« sind nach Bayerlein (Praxishandbuch Sachverständigenrecht; C.H. Beck'sche Buchdruckerei, Nördlingen, 1990) die folgenden Mindestanforderungen zu stellen:

Allgemeine Angaben

1. Auftraggeber, Datum der Auftragserteilung; bei Gerichtsaufträgen: Angabe der Parteien und des Aktenzeichens
2. Inhalt des Auftrages und Zweck des Gutachtens; bei Gerichtsaufträgen: Wiedergabe des Beweisbeschlusses
3. Verwendete Arbeitsunterlagen, wie z.B. Akten, Pläne, Ortsbesichtigung, Untersuchungen Fotografien usw.

Schadensfeststellung

1. Kurze zusammenfassende Darstellung des Bauwerkes und seines Zustandes* sowie von Bauzeit*, Planung*, ausführender Firma* und dgl.
2. Genaue, erschöpfende Beschreibung des Schadensbildes mit der Angabe, ob die Beschreibung auf eigenen Feststellungen beruht oder nach Angabe der Beteiligten erfolgt ist.
3. Berücksichtigung der allgemeinen und besonderen Versicherungsbedingungen, wenn und soweit diese für die Feststellungen des Sachverständigen von Bedeutung sind.

Untersuchungen und Ursachenermittlung

1. Untersuchungen und Ermittlungen, ggf. eigene Laboruntersuchungen, Auswertung von Laboruntersuchungen Dritter, Messungen und dgl.

2. Ursachen des Schadens, Auswertung der getroffenen Feststellungen

Behebung des Schadens und deren Kosten

Vorbehaltlich des Auftrags bzw. Beweisbeschlusses sind Ausführungen zu den Möglichkeiten der Schadensbehebung und der dadurch entstehenden Kosten sowie zu einer ggf. verbleibenden Wertminderung zu machen.

Zusammenfassung

Ergebnis des Gutachtens und Beantwortung der gestellten Fragen. Bei Gerichtsgutachten: kurze Beantwortung der Fragen des Beweisschlusses mit eindeutigen Formulierungen.

Bei den mit * gekennzeichneten Punkten hat der öffentlich bestellte Sachverständige pflichtgemäß zu prüfen, ob und ggf. in welchem Umfang Angaben, insbesondere aufgrund des Auftrags, des Zwecks des Gutachtens oder sonstiger besonderer Umstände erforderlich bzw. (unter vertretbarem Aufwand) möglich sind.

Technische Anforderungen an ein 'Schimmelpilz-gutachten'

Das Gutachten sollte folgende Mindestanforderungen erfüllen:

- Temperaturmessungen Innen und Außen
- Temperaturmessungen am Fensterfalz, in den befallenen Bereichen, am Heizkörper, an den Innenwänden
- Ein Temperaturprofil im Wandbereich einschließlich Außenwandecke
- Feuchtemessungen im Wandquerschnitt mit Tiefensonden in verschiedenen Tiefen z. B. 1 cm bis 35 cm
- Bei Verblendmauerwerk zur Abgrenzung auch Messungen der Wassereindringtiefe mit dem Carsten'schen Röhrchen
- Langzeitmessungen mit Datenloggern zur Messung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit.

5 Schimmelpilze im Industriebereich

5.1 Vorwort

Schimmelpilze spielen in der Industrie vor allem in Lebensmittel-Betrieben eine bedeutende Rolle. Schimmel pilzwachstum an Wänden und Decken in Produktions- und Lagerräumen stellen in der Lebensmittelindustrie eine nicht zu unterschätzende Infektionsquelle dar. Aus diesem Grunde spielt die Desinfektion hier eine besonders große Rolle.

Schimmelpilze als Infektionsquelle

5.2 Ursachen

Eine wesentliche Grundlage der Schimmelpilzbildungen in Industriebereichen stellt die mangelhafte Lüftung in älteren Bäckereien und Handwerksbetrieben sowie aber auch in moderneren Industriebereichen dar. Hierdurch wird die ständige Frischluftzufuhr sowie die Luftbewegung im Bereich der betroffenen Stellen unterbrochen und ein Anwachsen der Schimmelpilze forciert. Da heutzutage aber ein Großteil der Betriebe klimatisiert ist, kann diese Ursache als untergeordnet eingestuft werden.

Hauptursache in älteren Betrieben ist mangelhafte Lüftung

Weitere Einflussfaktoren ergeben sich aus den Nährstofflösungen, die bei der Lebensmittelproduktion anfallen. Zumal die unterschiedlichen Produkte, wie z. B. Mehl, Fleisch, usw. einen hohen Anteil an Eiweißstoffen besitzen, bilden diese einen geeigneten Nährboden zum Wachstum für Schimmelpilze.

Geeignete Nährböden

Da besonders in Bäckereien hohe Temperaturen und dadurch verbunden ein enormer Anfall von Kondensfeuchte vorherrschen, sind auch hier, im Zusammenhang mit den vorgenannten Ursachen, geeignete Bedingungen zur Schimmelpilzbildung gegeben. Natürlich muss auch in anderen Lebensmittelbereichen mit diesen Gefahren gerechnet wer-

Kondensat durch hohe Innenraumtemperaturen

Vorbeugen durch Klimaanlagen

den, wenn die vorerwähnten Ursachen zusammentreffen. Trotzdem kann dem Schimmelpilzbefall vorgebeugt werden, wenn ausreichende Maßnahmen z. B. durch Klimaanlagen, in die Wege geleitet werden. Durch diese Maßnahmen kann die relative Luftfeuchte reduziert und eine gemäßigte Temperatur hergestellt werden.

Raufasertapeten als Nährboden

Heutzutage werden überwiegend Baustoffe verwendet, die ein Schimmelpilzwachstum intensivieren. Zu erwähnen sind hier die allseits beliebten Raufasertapeten, die nur mit einem Anstrich versehen sind. Da die Raufasertapeten einen hohen Anteil an Lignin, Zucker und Eiweiß besitzen und die Dispersionsfarben mit einem Quellmittel auf Zuckerbasis hergestellt werden, bilden diese meistens einen geeigneten Nährboden zum Wachstum für Schimmelpilze. Hiervon sind oftmals die nicht verfliesten Bereiche von Badeanstalten betroffen.

Erhöhte Wasseraufnahme durch PVAC-Zusätze

Eine weitere Kohlenstoffquelle für den Schimmelpilz bieten so genannte Zusätze von Polyvinylacetat (PVAC). Empirisch werden Putzmörtel und Kunststoffputze, die einen Polyvinylacetatanteil aufweisen, verstärkt und häufiger von Schimmelpilzen besiedelt, da hier bedingt durch das Acetat eine erhöhte Wasseraufnahme stattfindet und somit der pH-Wert in einen positiven Bereich für Schimmelpilzbewuchs absinkt.

Phosphate begünstigen Pilzwachstum

Auch fördern Oberflächenspanner von Reinigungsmitteln (Tensiden) sowie Reinigungsmittel mit leichten Zusätzen von Phosphorsäure Schimmelpilzwachstum. Bei diesen spezifischen Reinigungsmitteln werden Phosphate freigesetzt, die ganz offenkundig vielen Pilzarten das Wachstum ermöglichen. Besonders begünstigt scheinen hier die bodenbewohnenden Pilzgattungen, wie *Trichoderma* und *Aspergillus niger* zu sein. Aber auch Pilzgattungen, wie *Alternaria* und *Mucor* sind auf diesen Böden anzutreffen.

Bei diesen Pilzen handelt es sich bekanntlich um kohlenstoffheterotrophe Organismen, die sich auf zahlreichen organischen Substanzen ansiedeln können.

6 Schimmelpilzvermeidung und -bekämpfung

6.1 Vermeidung von Schimmelpilzschäden

6.1.1 Energieeinsparverordnung

Am 1. Oktober 2007 ist die Energieeinsparverordnung (EnEV) in Kraft getreten, diese wurde im Jahr 2009 geändert. Im Jahre 2013 soll es wieder eine Ergänzung und Neuerung geben. Grundsätzlich stellt sie Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz beheizter Gebäude. Die Nachweise der Energieeinsparverordnung basieren auf der europäischen Norm DIN EN 882 »Wärmotechnisches Verhalten von Gebäuden«. Nationales Umsetzungsdokument für Deutschland ist die DIN 4108 »Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden«.

Energieeinsparverordnung (EnEV)

In der Energieeinsparverordnung werden Ansprüche an den Jahres-Primärenergiebedarf sowie an den spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust gestellt. Neue Gebäude sind nach den gestellten Anforderungen zu entwerfen.

Gebäude älterer Bauart müssen nicht grundsätzlich den Anforderungen der gültigen Wärmeschutzverordnung entsprechen. Für sie gilt die jeweilige Verordnung zur Zeit der Errichtung des Gebäudes.

Wärmeschutz in der Altbauanierung

Werden jedoch Außenbauteile bestehender Gebäude erneuert, ist auch hier die Energieeinsparverordnung anzuwenden. Bei Änderungen dürfen die in der EnEV festgelegten U-Werte der betroffenen Bauteile nicht überschritten werden. Allerdings dürfen Konfliktbereiche wie Fensteranschlüsse gesondert betrachtet und entschieden werden.

Zudem sind in der DIN 4108-2:2001-03 Maßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung geregelt. Zu diesem

DIN 4108

Zweck wird die Differenz aus raumseitiger Oberflächentemperatur und Außenlufttemperatur ins Verhältnis zu der Differenz aus Innenlufttemperatur und Außenlufttemperatur gesetzt. Bei den in der DIN vorgegebenen Randbedingungen (Innenlufttemperatur = 20°C, relative Luftfeuchte innen = 50%, Außenlufttemperatur = -5°C) muss die Temperatur auf der raumseitigen Oberfläche des Bauteils $\geq 12,6^{\circ}\text{C}$ betragen. Eine gleichmäßige Beheizung und ausreichende Belüftung sowie eine weitgehend ungehinderte Luftzirkulation an den Außenwandoberflächen werden hierbei vorausgesetzt.

Fenster sind von dieser Vorgabe ausgenommen. Wurden die Details nach DIN 4108 Beiblatt 2 erstellt, muss der Temperaturfaktor nicht nachgewiesen werden. Dies ist bei Altbauten jedoch nahezu auszuschließen.

Nach der DIN 4108-2 ist Tauwasserbildung vorübergehend und in kleinen Mengen an Fenstern sowie Pfosten-Riegel-Konstruktionen zulässig, falls die Oberfläche die Feuchtigkeit nicht absorbiert und entsprechende Vorkehrungen zur Vermeidung eines Kontaktes mit angrenzenden empfindlichen Materialien getroffen werden. Nach den anerkannten Regeln der Technik muss heute beim Austausch aller Fenster ein Lüftungskonzept erstellt werden, in dem auch die Zwangslüftung, Problembereiche oder mechanische Belüftungsanlagen diskutiert werden. Geregelt wird diese Problematik in der DIN 1946-6.

6.1.2 Innendämmung

Bauphysikalische und praxisgerechte Informationen

Wenn heute über Innendämmung gesprochen wird, dann meistens polemisch und vielfach ohne praktische Erfahrungswerte. Für die einen ist es die praxisgerechte Lösung, eine aufwändige Außendämmung zu vermeiden, die anderen schlagen die Hände über dem Kopf zusammen und sprechen von Taupunktverlagerung.

Vor- und Nachteile der
Innendämmung

Wird also heute von Innendämmungen gesprochen, dann sollen es meist Wandkonstruktionen sein, die entweder aus

denkmalpflegerischer Sicht außen nur schwer durchführbar oder als Maßnahme in einzelnen Wohnungen sinnvoll einzusetzen sind. Die Innendämmung ist in bauphysikalischer Hinsicht jedoch nicht als völlig harmlos anzusehen. Nachfolgend finden sich nun einige Vor- und Nachteile der handwerklichen Ausführung:

- (+) Die Bauausführung ist in kurzer Zeit durchführbar.
- (+) Der gedämmte Raum ist schnell aufheizbar.
- (+) Die Arbeit ist bezogen auf die Problematik kostengünstig herstellbar.
- (-) Die einzusetzenden Dämmmaterialien lassen sich nur schwer passgenau verarbeiten.
- (-) Die Nutzfläche wird unter Umständen reduziert.

Probleme treten jedoch nicht nur bei der Planung, sondern auch beim Verarbeiten selbst auf. Hierzu sind einige wichtige Gedanken anzuführen. Wichtig ist es, dass auch Fensterlaibungen bei der Einbindung von innen angebrachter Dämmschichten berücksichtigt werden. Das Gleiche gilt auch für in Außenwände einbindende Bauteile (Innenwände, Betondecken). Hier kommt es zu einer Temperaturabsenkung im Übergang vom gedämmtem zum ungedämmten Bereich im Sinne der vorher beschriebenen Wärmebrücken. Dies führt vor allem bei Taupunktunterschreitungen zu Feuchteanfall und schließlich zu Schimmelpilzbildungen.

Sorgfältige Verarbeitung

Ähnliche Merkmale sind im Prinzip auch bei Ausführungs mängeln anzutreffen, die dann ganz besonders stark ins Auge fallen. Vor allem Lücken in der Innendämmung sind hier besonders anzusprechen. Auch Befestigungen können sich nachteilig auswirken.

Als Innendämmkonstruktion haben sich folgende Lösungen bewährt:

- Verbundplatten mit Fermacell und Dämmstoff
- Kalziumsilikatplatten.

Bei allen Innendämm-Maßnahmen ist somit nicht nur besonders sorgfältig zu planen, sondern vor allem auch sorgfältig auszuführen. Es heißt also nicht nur einfach

Innendämmung
sorgfältig planen und
ausführen

Außenwände von innen zu verkleiden, sondern auch Laibungsbereiche, Decken und Innenwände sinnvoll in diese Maßnahme einzubeziehen. Einige Ausführungsdetails sind nachfolgend kurz beschrieben bzw. skizziert. In diesem Zusammenhang sind auch tangierende Maßnahmen zu berücksichtigen. Dazu soll eine Kostenübersicht über geeignete Innendämm-Maßnahmen aufgezeigt werden. Die angegebenen Kosten beruhen auf Erfahrungswerten und sind nur als Richtgrößen gedacht:

Beispiel

Dämmung im Bereich einer Außeneckwand mit einer Vorsatzschale, bestehend aus Holzlattung, Dämmung, Dampfsperre und Gipskartonplatten

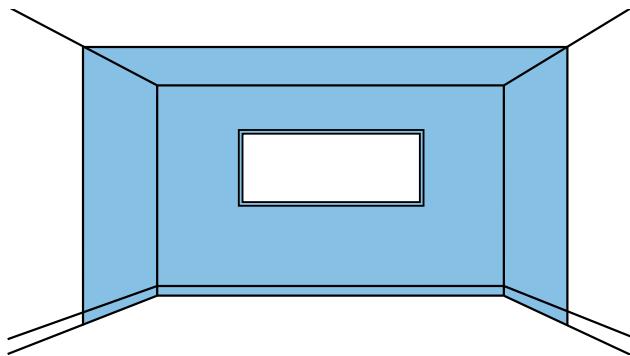


Abb. 6.1: Gedämmter Bereich

Bei dieser Anordnung der Innendämmung ist ein besonderes Augenmerk auf die Laibungsbereiche zu werfen.

Anfallende Kosten für ca. 10 m²:

Holzlattung anbringen	$10 \text{ m}^2 \times 25 \text{ €/m}^2$	=	250 €
Dämmung verlegen	$10 \text{ m}^2 \times 40 \text{ €/m}^2$	=	400 €
Dampfsperre	$10 \text{ m}^2 \times 14 \text{ €/m}^2$	=	140 €
Gipskartonplatten anbringen	$10 \text{ m}^2 \times 40 \text{ €/m}^2$	=	400 €
Raufasertapete	$10 \text{ m}^2 \times 15 \text{ €/m}^2$	=	150 €
Anstrich	$10 \text{ m}^2 \times 28 \text{ €/m}^2$	=	120 €

Summe

1.460 €

Die häufig bei Innendämmungen auftretenden Probleme bezüglich Tauwasser im Inneren der Konstruktion, Austrocknung von Schlagregenbeanspruchungen und Bildung von Wärmebrücken im Bereich einbindender Decken und Trennwände lassen sich mit kapillarleitfähigen Dämmstoffen, wie z. B. Kalziumsilikatplatten, überwinden. Kapillarleitfähige Baustoffe sind in der Lage, Kondenswasser über kapillare Saugprozesse an die innere Oberfläche zu transportieren, wo es leicht und schnell verdunsten kann. Eine Innendämmung aus Kalziumsilikatplatten ist ohne Dampfsperren möglich und eine geeignete Maßnahme für die Innendämmung erhaltenswerter Fassaden. Für einen rechnerischen Nachweis der bei dieser Konstruktion anfallenden Tauwassermenge ist das heutzutage verbreitete Glaser-Verfahren ungeeignet. Hierfür muss auf das vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik entwickelte komplexere WUFI-Programm zurückgegriffen werden.

Kalziumsilikatplatten
als kapillarleitfähiger
Dämmstoff

Das Verarbeiten von Kalziumsilikatplatten erfordert ein hohes Maß an handwerklicher Qualität. Die Verarbeitung sollte nur von hochqualifizierten Fachleuten durchgeführt werden. Hier sollte vor einer Beauftragung eines Handwerkers eine Referenzliste nachgefragt werden.

6.1.3 Außendämmung

In der Regel sind Wärmedämmmaßnahmen an der Außenfassade unproblematischer als das Anbringen einer Innendämmung. Trotzdem ist hier anzumerken, dass eine Außendämmung unter Umständen das Erscheinungsbild wesentlich verändern kann.

Außendämmung in der
Regel unproblematisch

Die kennzeichnenden Punkte für einen unzureichenden Wärmeschutz der Außenwand sind niedrige Oberflächentemperaturen auf der Wandinnenseite des Wohnraumes und ein daraus resultierender erhöhter Energieverbrauch. Oftmals treten bei diesen Merkmalen in den charakteristischen Bereichen der Wandinnenseiten Verfärbungen und Schimmelpilzerscheinungen auf.

Bei diesen kennzeichnenden Stellen handelt es sich überwiegend um die in Kapitel 2 beschriebenen ‚geometrischen Wärmebrücken‘. Treten diese Wärmebücken nur in einzelnen Bereichen, z. B. Außenecke, Fenstersturz usw. auf, bieten sich hier als Sanierungsmaßnahme Innendämmarbeiten an. Kommt es aber zu einer Häufung der Schadensfälle im Außenwandbereich, werden hier umfangreichere Maßnahmen notwendig.

Verbesserung des Wärmeschutzes

Durch eine nachträgliche Dämmung einer Fassadenaußenwand, erzielt man gleichzeitig eine Verbesserung des Wärmeschutzes. Diese nachträglichen Dämmarbeiten sind durch folgende Maßnahmen zu erzielen:

- Wärmedämmverbundsystem
- hinterlüftete Bekleidung
- Verblendvorsatzschalen
- Dämmputze.

Natürlich treten bei dieser Sanierungsmaßnahme neben denkmalpflegerischen und gestalterischen Überlegungen auch wirtschaftliche Aspekte auf. Trotzdem spielt die gestalterische Betrachtungsweise, also das Erscheinungsbild der zu sanierenden Fassadenfläche, überwiegend die größte Rolle bei der Ausführung der Sanierungsmaßnahme.

6.1.4 Tangierende konstruktive Maßnahmen an Fenstern

Einbau von Fensterfeststellern

Hier werden einige Hilfsmittel beschrieben, die dem Nutzer einer Wohnung helfen, unterstützend in das normale Innenraumklima einzugreifen. Erwähnenswert ist hierbei, dass die Fensterindustrie Beschläge anbietet, die von vornherein eine Lüftungsstellung des Fensters erlauben. Hierbei wird das Fenster ca. 2–3 mm aus dem Rahmen herausgehoben, um somit eine konstante Lüftung über den Tag zu erlauben, ohne dabei umliegende Bauteile wesentlich auszukühlen oder einen starken Wärmeverlust zu verursachen. Natürlich sind ähnliche Beschläge auch nachträglich im Baumarkt zu erwerben. Sie nennen sich dann Fensterfester und kosten ca. 7,50 €.

6.1.5 Mechanische Lüftung

Eine mechanische Lüftung ist immer eine künstliche z.B. durch Motorantrieb gesteuerte Be- und Entlüftung.

Sie ist immer sinnvoll, wenn Räume durch Ihren Grundriss Problembereiche aufweisen, das heißt, bestimmte Ecken und Winkel nicht ausreichend durch natürliche Belüftung erreichbar sind. In diesem Fall sind entsprechend zu dimensionierende Geräte in Durchbrüche oder Fensteröffnungen einzubauen. Hierbei gibt es schon Geräte, die an Luftfeuchtigkeit und Temperatur gekoppelt sind.

Künstlich gesteuerte Be- und Entlüftung

Bei dieser Lüftung geschieht die Abführung und ggf. auch die Zuführung der Luft sowohl hinsichtlich der Menge als auch der Luftverteilung und Luftführung unter definierten Bedingungen. Die Lüftung kann so ausgeführt sein, dass sie für die ganze Wohnung bestimmt ist, sie kann aber auch nur für einen bestimmten Raum ausgelegt sein. Der Transport der Luft erfolgt mittels Ventilatoren. Nachträglicher Einbau inkl. Gerät mit Hygrostat ca. 1.000€.

6.1.6 Schimmelpilzwachstum auf Fugendichtstoffen und dessen Vermeidung

Im Baugewerbe wird vielfach auf den Einbau von Siliconprodukten zurückgegriffen. Bevorzugt kommen Siliconfugen in Sanitärräumen von Wohnungen zum Einsatz. Doch gerade in den letzten Jahren ist ein gesteigerter Schimmelbefall auf Fugendichtstoffen beobachtet worden. Als Hauptursache für den Anstieg des Schimmelbefalls können die veränderten Lebensgewohnheiten der Wohnungsnutzer gelten. Andererseits sind mangelhafte Lüftungsmöglichkeiten auch ein Indiz für Schimmelbefall.

Siliconfugen in Sanitärräumen

Damit ein Schimmelbefall auf Fugendichtstoffen ermöglicht wird, müssen gewisse Randbedingungen in Bezug auf die Wachstumsbedingungen erfüllt sein. Diese Randbedingungen können wie folgt gegliedert werden:

Voraussetzungen für Schimmel auf Fugendichtstoffen

- Die Wachstumsgrenze liegt bei den meisten Hausschimmelpilzen bei 80–85 Prozent relativer Luftfeuchte, wobei ihr Optimum eher zu Werten von 90–98 Prozent tendiert.
- Die optimale Temperatur für das Myzelwachstum befindet sich zwischen 20–45 °C. Als Minimaltemperatur kann hier ca. 0 °C angegeben werden.
- Meist reicht dem Schimmel schon der Hausstaub in den Wohnräumen zum Wachstum.
- Licht ist für ein Wachstum des Schimmels nicht erforderlich.
- Schimmelpilze stellen nur einen geringfügigen Bedarf an den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre.
- Bevorzugt werden pH-Werte von 4,5–6,5, was einem leicht sauren Milieu entspricht. Einige Schimmelpilzarten wachsen jedoch noch bei pH-Werten von 2 bzw. 8–9.

Duschgel und
Shampoo als Nährboden
für Schimmelpilze

Die vorgenannten Randbedingungen sind vorrangig in Badezimmern von Wohnungen anzutreffen und schaffen somit optimale Wachstumsbedingungen für Schimmelpilze. Einerseits bieten hier Duschgele, Shampoos, Hausstaub, usw. einen idealen Nährboden für Schimmel. Andererseits weisen die meisten Fugendichtstoffe einen günstigen pH-Wert auf. Zum größten Teil liegen diese im sauren oder neutralen Bereich. Der Befall von Fugendichtstoffen kann über zwei verschiedene Arten erfolgen, über den Primärbefall und den Sekundärbefall.

Primärbefall und
Sekundärbefall

Die Pilzspore muss für ihre Entwicklung einen geeigneten Nährboden vorfinden. Da diese Bedingung bei Dichtstoffen jedoch nur bedingt gegeben ist, schimmelt nicht der Fugendichtstoff, sondern die Schmutzschicht auf der Oberfläche. Diesen Vorgang bezeichnet man auch als Primärbefall. Der Sekundärbefall kann nur in Folge eines Primärbefalls auftreten. Das heißt, dass das beim Primärbefall ausgebildete Pilzmyzel den Fugendichtstoff nun biochemisch verwertbar machen bzw. zersetzen kann, damit er als eigentlicher Nährstoffboden für den Schimmelpilz dient.

Vielfach wurde bei Fugendichtstoffen diskutiert, welche Bekämpfungsmaßnahmen am effektivsten sind bzw. die geringste Gefährdung der Gesundheit darstellen.

Um einen Befall von Schimmelpilzen auf Fugendichtstoffen zu verhindern, werden den Materialien häufig Fungizide bzw. Pestizide beigefügt. Diese fungiziden Zusätze gasen jedoch über Jahre hinweg aus bzw. werden nach einiger Zeit ausgewaschen, sodass hier ein Befall unter keinen Umständen verhindert bzw. nur im geringen Maße gehemmt werden kann. Ferner ist hierbei ein toxikologisches Risiko nicht auszuschließen.

Fungizide Zusätze
hemmen nur für
kurze Zeit

Untersuchungen haben ergeben, dass das Schimmelpilzwachstum hauptsächlich auf das Fugenalter zurückzuführen ist. Die Ergebnisse zeigten eindeutig einen gesteigerten Schimmelbefall bei gealterten Fugenstoffen. Das Wachstum auf frisch verarbeiteten Fugenstoffen war eher gehemmt. Weiterhin ist für einen Schimmelbefall der Grad der Verschmutzung der Fugen verantwortlich.

Gesteigerter Befall bei
älteren Fugen

Zur Vermeidung von Schimmelbefall ist es ratsam, die Luftfeuchtigkeit in den betroffenen Räumen durch ausreichende Lüftung zu reduzieren. Weiterhin sollten die Fugen nach dem Baden/Duschen mit klarem Wasser abgespült und mit einem Tuch getrocknet werden.

Verschmutzungsgrad

Ausreichende Lüftung



Abb. 6.2:
Schimmelpilzbildung auf
Fugendichtungen im
Badezimmerbereich

Ist bereits Schimmelbefall vorhanden, sollten die betroffenen Bereiche dreimal in einem Abstand von ca. 30 Minuten mit Salicyl- und Brennspiritus bekämpft werden, wobei der Brennspiritus für die fungizide Wirkung verantwortlich ist.

6.2 Schimmelpilzbekämpfung

Die Beseitigung von Schimmelpilzschäden ist nur dann dauerhaft möglich, wenn geeignete Maßnahmen getroffen werden. Das Entfernen des Pilzes allein reicht dabei nicht aus.

Gründliche Reinigung der Schimmelbereiche

Die Schimmelbereiche müssen zunächst gründlich gereinigt werden. Dabei wird die alte Tapete mit einem Sicherheitsabstand von ca. 50 cm abgenommen und der Untergrund gereinigt bzw. desinfiziert. Dieser Vorgang ist deshalb wichtig, weil Schimmelsporen überleben könnten und bei geeigneten Lebensverhältnissen wieder wachsen.

Chemische Mittel sind oft gesundheitsgefährdend

Im Handel vielfach angebotene chemische Mittel sind zwar teilweise hochwirksam, jedoch wegen möglicher Gesundheitsgefährdung nicht empfehlenswert. Weitgehend ungefährlich sind alkoholhaltige Reinigungsmittel, 70 % Alkohol oder eine Sodalösung. Diese Mittel helfen häufig im Anfangsstadium oder auch vorbeugend. Im fortgeschrittenen Stadium kann auch eine Salmiakverdünnung verwendet werden. Bei bereits länger vorhandenem Befall sollte die Durchführung der Sanierungsmaßnahmen einem erfahrenen Fachbetrieb überlassen werden.

Fungizider Materialschutz

Falls weiter mit Feuchtigkeit zu rechnen ist, sollten für die Erneuerung der befallenen Stellen anorganische Materialien wie z. B. Kalkputz, Kalk- und Mineralfarbenanstriche verwendet werden.

Nach der Reinigung kann ein fungizider Materialschutz durchgeführt werden. Hierbei werden die aufzutragenden Materialien wie Putz, Farbe, Kleister und Tapete mit einem fungiziden Wirkstoff versehen, der erneutes oberflächliches Pilzwachstum verhindert.

Auch die notwendigen Malerarbeiten sollten nur von erfahrenen Fachfirmen in Abstimmung mit dem Verwalter oder Eigentümer der Wohnung vorgenommen werden.

Da selbst bei Verwendung schärfster Mittel die zugefügten Substanzen diffundieren und somit nach einiger Zeit wirkungslos werden, ist eine Dauerwirkung gegen den Schimmelpilz von den Beseitigungsmaßnahmen allein nicht zu erzielen. Vielmehr ist das Vermeiden von feuchten Bauteilen in der Wohnung das wichtigste Element bei der Bekämpfung von Schimmelpilzbildung.

Vorbeugend oder hemmend können jedoch regelmäßige hygienische Maßnahmen sein. Untersuchungen zufolge werden verstaubte und verschmutzte Oberflächen schneller besiedelt. Der geringste Befall von Schimmelpilzen sollte sofort entfernt und die betroffenen Stellen regelmäßig auf neue Vorkommen kontrolliert und gereinigt werden.

Vorbeugende Maßnahmen

Die Lebensweise der Schimmelpilze ist um einiges komplizierter, als dass sie einfach von der Wand »gewischt« werden könnten. Erst wenn dem Pilz seine Lebensgrundlagen entzogen werden, kann man sich auf Dauer von dem unliebsamen Mitbewohner trennen.

7 Fogging – Phänomen ›Schwarze Wohnung‹

7.1 Grundlagen/Allgemeines

Das Phänomen der ›Schwarzen Wohnung‹ – auch als ›Fogging-Effekt‹, gelegentlich auch als ›Klebefilm-Effekt‹ bezeichnet – ist eine seit Mitte der neunziger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts immer häufiger auftretende Erscheinung, deren genaue Ursächlichkeit den Fachleuten bis heute in ihren Details Rätsel aufgibt.

Das Phänomen äußert sich durch schwarze Staubablagerungen in Wohnungen.

Wände, Decken, Fensterrahmen und Einrichtungsgegenstände sind zumeist binnen weniger Wochen – manchmal auch binnen weniger Tage – mit einem rußähnlichen Schmierfilm überzogen. Hauptsächlich tritt die Verschmutzung oberhalb von Heizkörpern, an Gardinen und Vorhängen, auf Kunststoffoberflächen, an oder über elektrischen Geräten und auf der Innenseite von Außenwänden auf. Grundsätzlich kann sie aber überall auftreten. Die Verschmutzung beschränkt sich meist nicht nur auf einen Raum, sondern tritt meist in allen Räumen einer Wohnung auf – zumindest in einem Wohnbereich bzw. auf einer Etage.

Ölig-schmieriger Film

Diese Erscheinung ist losgelöst von den bekannten Verschmutzungen von Wänden und Decken durch offene Feuerstellen, Öllämpchen oder Kerzen zu sehen.

7.2 Ursachen

Durch die Auswertung vieler Hintergrundinformationen von Mietern oder Eigentümern betroffener Wohnungen konnte im Laufe der letzten Jahre die Entstehungsursache der ›Schwarzen Wohnung‹ zumindest eingegrenzt werden.

Es ist auffällig, dass das Phänomen immer in frisch renovierten Wohnungen oder nach dem Erstbezug einer Wohnung aufgetreten ist. Des Weiteren erscheinen die Ablagerungen meist in der Heizperiode.

Der Zusammenhang mit den Renovierungsarbeiten lässt darauf schließen, dass die Hauptgründe der Entstehung mit den Arbeiten bzw. mit den dabei verwendeten Stoffen in Verbindung zu bringen sind.

Schwerflüchtige organische Verbindungen

Als ausschlaggebend für die schmierigen Ablagerungen werden so genannte ›schwerflüchtige organische Verbindungen‹ (SVOC) angesehen. Diese Stoffe werden von den Herstellern von Renovierungs- und Baustoffen sowie von Einrichtungsgegenständen als Ersatz für ›flüchtige organische Verbindungen‹ (VOC) als Lösungsmittel und Additive eingesetzt. Grund für diese Entwicklung ist, dass die SVOC meist nicht zu riechen und in der Regel weniger gesundheitsbedenklich sind, und sie müssen – was wohl als entscheidender Grund anzuführen ist – nicht als Lösemittel deklariert werden. Somit dürfen die SVOC beinhaltenden Produkte mit der Eigenschaft ›lösemittelfrei‹ beworben und verkauft werden dürfen.



Abb. 7.1:
Fogging-Effekt
in einer Wohnung

Die schwerflüchtigen organischen Verbindungen können in verschiedensten Produkten enthalten sein:

- Farben und Lacke (auch in als »lösemittelfrei« bezeichneten Farben)
- Lamine
- PVC-Bodenbeläge
- Fußbodenkleber
- Vinyltapeten
- Kunststoff-Dekorplatten und
- Holzimitat-Paneele.

Wie der Name bereits zum Ausdruck bringt, haben die schwerflüchtigen organischen Verbindungen im Gegensatz zu den flüchtigen die Eigenschaft, erheblich langsamer in die Raumluft auszusagen. Konkret heißt das, dass z. B. durch im Sommer eingebauchte, SVOC enthaltende Stoffe in der darauf folgenden Heizperiode – in der meist auch weniger gelüftet wird – ausgasen, dadurch die Konzentration in der Raumluft ansteigt und im Zusammenwirken mit anderen Faktoren zu den Schwarzstaubablagerungen führen kann.

Erscheinen während der Heizperiode

Unter besonderen Umständen können sich die schwerflüchtigen organischen Verbindungen auch mit den in der Raumluft enthaltenen Schwebstaubpartikeln verbinden und sich zu größeren Teilchen verbinden, die sich dann an bereits oben erwähnten Stellen durch Vorbeiströmen als ölig-schmieriger Belag absetzen.

Ein weiterer Umstand, der anscheinend zur Bildung der schmierigen Ablagerungen beiträgt, ist, dass durch die Energieeinsparverordnung (ehemals Wärmeschutzverordnung) Gebäude immer dichter werden, da die Außenhülle immer besser gedämmt und immer luftdichter gestaltet wird.

Es wird vermutet, dass ein Zusammenhang zwischen den immer dichter werdenden Gebäuden und dem Phänomen der »Schwarzen Wohnung« existiert. Der in den luftdichten Wohnungen geringe Luftaustausch, der häufig auch nicht vom Nutzer einer Wohnung durch häufiges Stoßlüften realisiert wird bzw. realisiert werden kann, ist in einem Zusam-

Fogging und Wärmeschutz

menwirken mit den an die Raumluft abgegebenen schwerflüchtigen organischen Verbindungen zu sehen und kann zum Entstehen des beschriebenen Phänomens beitragen.

Das Umweltbundesamt hat in einer Broschüre (»Attacke des Schwarzen Staubes«) die wichtigsten Einflussfaktoren für ›Schwarze Wohnungen‹ zusammengestellt. Es ist darauf hinzuweisen, dass nicht alle Faktoren gleichzeitig auftreten müssen.

- ***Renovierungseinflüsse***

Einträge schwerflüchtiger organischer Verbindungen über ›Fogging‹ und/oder ›Klebefilm-Effekte‹.

- ***Bauliche Gegebenheiten***

Wärmebrücken, ›kalte‹ Wandflächen, ungünstige strömungstechnische Einflüsse, intensive Abdichtung der Gebäudehülle und damit Verringerung des natürlichen Luftaustauschs.

- ***Raumausstattung***

Materialien, die zusätzlich Weichmacher abgeben, wie PVC-haltige Dekorplatten, Weichmacher enthaltende Möbel usw.

- ***Raumnutzung***

Freisetzung schwerflüchtiger organischer Verbindungen durch Gebrauch von Öllämpchen und/oder rußenden Kerzen in Verbindung mit nur periodischem Heizen, unzureichendem Lüften (bei ›luftdichten‹ Gebäuden von Bedeutung) und/oder erhöhten Staubkonzentrationen in der Raumluft.

- ***Raumklimatische- und Witterungseinflüsse***

Zu geringe Luftfeuchtigkeit, erhöhte Elektrostatik der Luft.

7.3 Schadensbehebung

Die Beseitigung der entstandenen Verschmutzungen ist von ihrer Intensität, der Dauer ihres Bestandes und der Art des Untergrundes abhängig.

Bevor man allerdings mit der Beseitigung der Verschmutzungen beginnt, sollte man durch die Stellungnahme eines Experten und die Untersuchung der Ablagerungen den Ursachen auf den Grund gehen.

Untersuchung der Verschmutzung

Bei frühzeitigem Erkennen der einsetzenden Ablagerungen besteht bei geeigneten Untergründen die Möglichkeit, durch das Abwaschen mit einer Seifenlauge die Verschmutzung zu beseitigen bzw. einzudämmen.

Ein einfaches Überstreichen der Ablagerungen ist häufig nicht ausreichend, da entweder die Farbe auf der ölig-schmierigen Oberfläche nicht haftet oder die Verschmutzung mit dem Abtrocknen der aufgetragenen Farbe wieder durchschlägt. Das heißt, bevor man die Verschmutzung überstreicht, sollte ebenfalls eine Reinigung mit Hilfe einer leichten Seifenlauge vorgenommen werden.

Überstreichen nicht möglich

Bei verschmutzten Tapeten führt meist kein Weg daran vorbei, diese zu entfernen und anschließend neu zu kleben. Art und Umfang der – meist erneuten Renovierung – ist abhängig von der Intensität der aufgetretenen Verschmutzung.

Entscheidend bei einer erneuten Renovierung ist es, darauf zu achten, dass ausschließlich Stoffe verwendet werden, die als löse- und weichmacherfrei deklariert sind.

Um ein erneutes Auftreten der Ablagerungen zu verhindern, ist in Einzelfällen auch schon eine Änderung des Heizverhaltens ausreichend – weg vom periodischen Heizen, hin zu kontinuierlichem Heizen.

Vermeidung durch Änderung des Heizverhaltens

Größere bauliche Maßnahmen, z.B. zum Beseitigen von Wärmebrücken, sollten erst erwogen werden, wenn die Möglichkeiten einfacher Renovierungsschritte wie Verwendung von löse- und weichmacherfreien Farben, intensives Lüften nach dem Renovieren und innerhalb der auf die Renovierung folgenden Heizperiode und die Vermeidung von rußenden Kerzen ausgeschöpft wurden.

8 Bauphysikalisches ABC

Nachfolgend werden die wichtigsten Schlagwörter aus dem Bereich der Bauphysik kurz erläutert.

A

Abdichtungen

Jedes Bauwerk muss gegen Bodenfeuchtigkeit, aufsteigende oder seitlich eindringende Bodenfeuchtigkeit sowie atmosphärische Niederschläge geschützt werden, um größere Schäden am Bauteil durch eindringendes Wasser zu vermeiden. Zum Schutz gegen Bodenfeuchtigkeit sind nach DIN 18195, Teil 1–10 Bitumen-, Kunststoff- oder Dichtungsbahnen, sowie mehrlagige Deckaufstrichmittel geeignet. Im Gegensatz zur alten Norm dürfen Abdichtungen auf der Basis mineralischer Bindemittel nicht mehr verwendet werden. Bei allen Abdichtungen ist zu beachten, dass sie dort, wo Wasserdampf austreten kann, als Dampfsperren wirken können.

Absorption

Siehe Sorption.

Anstriche

Bei Außenseiten soll der Anstrich vor der Einwirkung von Feuchtigkeit schützen und gleichzeitig eine gute Diffusionsfähigkeit gewährleisten, damit Baustoffe oder Bauteile ohne Probleme austrocknen können. Bei Innenseiten ist die Aufnahme- und Abluftfähigkeit für Feuchtigkeit als Ausgleich der Raumfeuchte wichtig. Daher sollten dampfdichte Anstriche innen oder außen unbedingt vermieden werden.

Außenwände

Außenwände sollen dem Benutzer einen ausreichenden Schutz vor Witterungseinflüssen geben, sowie im Sommer,

bzw. Winter optimale hygienische und klimatische Verhältnisse sicherstellen. Die Grundanforderungen an die Konstruktion und den Wärmeschutz von Außenwänden sind in der DIN 1053 und DIN 4108 geregelt.

D

Dämmstoffe

Als Dämmstoffe bezeichnet man Stoffe, die aufgrund ihrer Dichte oder vorwiegend porösen Struktur schlechte Wärmeleiter sind und so besonders gute Isoliereigenschaften gegen Wärme aufzeigen. Alle im Baubereich angewandten Wärmedämmstoffe zeichnen sich durch ihr geringes Gewicht aus. Der Dämmwert eines Baustoffes wird als Wärmeleitzahl λ angegeben.

In wieweit ein Dämmstoff auch funktionsfähig ist, hängt von vielen Faktoren ab, z. B. wie viel Luft in einem Baustoff vorhanden ist und ob er Feuchtigkeit aufnehmen kann, da ein feuchter Dämmstoff seine Wirkung verliert.

Dampfleitzahl

Im Wesentlichen entspricht die Dampfleitzahl den Merkmalen der Wärmeleitzahl. Sie gibt an, wie viel Wasserdampf in Kilogramm pro Stunde und Quadratmeter bei einer Wanddicke von 1 mm durch den betreffenden Baustoff transportiert wird (siehe hierzu auch Diffusionswiderstandsfaktor).

Dampfsperre

Dampfsperren sind dichte Bahnens aus Metall- oder Kunststoff-Folie, die auf der Konstruktion aufgebracht werden, um Tauwasserbildung zu verhindern. Um einen Tauwasserausfall, der sich durch Kondensation der Nutzungsfeuchte im Innenraum bildet, auszuschließen, müssen Dampfsperren immer an der Warmseite des betreffenden Bauteils angebracht werden.

Der Taupunkt muss also über der Dampfsperre liegen. Die diversen Stoffe zur Herstellung einer Dampfsperre werden mit einem so genannten Wasserdampfdiffusionswiderstand gekennzeichnet, um die Wirksamkeit der Dampfsperre ein-

ordnen zu können. Dieser Diffusionswiderstand kann aus Tabellen entnommen werden.

Desorption

Siehe Sorption.

Dichte

Spezifisches Gewicht, Masse der Raumeinheit eines Stoffes, gemessen in kg/m³.

Diffusion

Ausbreitung von Gasen und Flüssigkeiten durch Wände und Dachdecken, insbesondere Wasserdampfdiffusion.

Diffusionswiderstandsfaktor

Hier wird der Vergleichswert angegeben, um wie viel der Diffusionswiderstand gegen Wasserdampf in einer Baustoffschicht größer ist, als in einer Luftsicht gleicher Dicke.

F

Fenster

Gemäß DIN 4108 ist für alle deutschen Klimazonen der Einbau von isolierverglasten Fenstern vorgesehen. Dies gilt auch für nachträglich einzubauende Fenster in Altbauten. Angestrebt wird heute ein U-Wert von unter 1,1.

Feuchtigkeitsgehalt

Der Feuchtigkeitsgehalt von Baustoffen (anorganischen Stoffen wie etwa Ziegel oder Beton) liegt bei einer angenommenen relativen Luftfeuchte von 60–70 % bei 0,1 bis maximal 0,7 Gewichtsprozenten. Bei den gebräuchlichsten organischen Baustoffen (z. B. Holz) liegt er bei rund 2,0–20,0 Gewichtsprozenten. Hierbei sind Dämmstoffe eingeschlossen.

Feuchtigkeitsmessung

Im Allgemeinen werden heutzutage für die Messung von Feuchtigkeit in Baustoffen drei Möglichkeiten zur Verfü-

gung gestellt, die vorher bereits ausführlich beschrieben wurden:

- Das CM-Gerät (im Zusammenwirken mit Carbid) misst relativ genau.
- Die elektrische Widerstandsmessung setzt sich immer mehr durch, da die Feuchtigkeitsbestimmung ziemlich exakt und beschädigungsfrei in Baustoffen durchgeführt werden kann. Bei der Auswertung der Feuchtigkeit von Schimmelpilzen werden hohe Sicherheitswerte gewährleistet. Dazu ist diese sehr einfach und schnell.
- Die **gravimetrische Messmethode (Darr-Methode)** liefert eigentlich nur im Labor einwandfreie Werte. Da die Messung vor Ort in bewohnten Häusern aber nur mit einer extremen Zerstörung von Putz und Mauerwerk und dementsprechend mit einer starken Lärmbelästigung durchführbar ist, sollte hiervon abgesehen werden.

Feuchtigkeitsschäden

Im Grunde treten Schäden durch Feuchtigkeitseinwirkungen bei fehlenden Horizontalisolierungen oder bei durchschlagender Feuchtigkeit in Form von wolkenartigen Flächen in unterschiedlicher Größe auf. Auch zeichnen sich diese Schäden fast immer mit gelblich-braunen Rändern ab. Im Gegensatz dazu bilden Feuchtestellen aus Innen kondensationen niemals solche Ränder mit anschließenden Putzschäden.

Feuchtigkeitsschutz (an Außenwänden)

Im Allgemeinen ist ein Feuchtigkeitsschutz bei Schwachstellen in einem Baukörper, z. B. durch Schäden am Fugennetz, erforderlich. In diesem Fall wäre neben einer eventuell vorherigen Fugenbearbeitung eine Siloxan-Imprägnierung sinnvoll (siehe hierzu auch Abdichtungen und Dampfsperren).

Fruchtkörper

Der Fruchtkörper stellt das Endprodukt eines Pilzgewächses dar. Anschaulich handelt es sich bei im häuslichen Bereich vorkommenden Pilzen um einen filzigen, flächigen Belag mit einer grünlichen, bläulichen, rötlichen sowie grauen, braunen bis schwarzen Farbschattierung.

Fungizide

Unter Fungiziden versteht man pilztötende Substanzen.

G

Gleichgewichtsfeuchte

Der Wassergehalt eines Baustoffes ändert sich mit der relativen Feuchte der umgebenden Luft. Je mehr Wasserdampf die Luft enthält, umso feuchter wird sie. Demnach nimmt ein bestimmter Baustoff Wasser aus der feuchteren Luft auf, bis er sich den neuen Klimaverhältnissen angepasst und sich im Baustoff ein neuer Feuchtegehalt eingestellt hat. Dieser zugehörige Feuchtegehalt wird als Gleichgewichtsfeuchte bezeichnet.

H

Heizkosten

Die Heizkosten einer Wohnung sind einerseits abhängig von der Bausubstanz, andererseits ebenso vom Heiz-, Lüftungs- und Wohnverhalten. Bei einer normengemäßen Bausubstanz ergeben sich normale Heizkosten, indem die Räume ständig mit einer Mindestwärme versorgt werden; angepasst an das erwünschte Wohlbehagen der Bewohner. Um eine Heizkostensenkung zu erzielen, bietet sich das Abschalten der Heizung als schlechteste Lösung an. Im Vergleich wurden Heizkosten über längere Zeiträume kontrolliert und es hat sich immer wieder herausgestellt, dass Bewohner mit Feuchtestellen und Schimmelpilzen höhere Heizkosten zu tragen haben, als Bewohner mit richtigem Heiz- und Lüftungsverhalten. Eine feuchtigkeitsgesättigte Luft ist schlechter zu erwärmen (Cammerer).

Hydrophobierung (von Verblendschalen/Mauerwerk)

Hydrophobierung ist die nachträgliche Abdichtung von einem Verblendmauerwerk, Putz und Beton mit z. B. Siloxanimprägnierungen. Die Imprägnierung dient dazu, die Fassade der Außenwände Wasser abweisend zu machen,

also ein Eindringen von Regenwasser in die Wand zu verhindern und Bauschäden und Durchfeuchtungen vorzubeugen.

Hygrometer

Hygrometer sind Messgeräte, die für Feuchtigkeitsmessungen der relativen Luftfeuchte in Wohnungen angewandt werden. Dabei haben sich die so genannten Haarhygrometer gut bewährt. Für Ad-hoc-Messungen oder zur Erlangung exakter Werte stellt die Industrie interessante und bewährte Geräte zur Verfügung. Die Geräte kosten im Internet 12–20 Euro.

Hygrokopizität

Man versteht darunter die Eigenschaft von Salzen, Feuchtigkeit in mehr oder weniger großer Menge zu binden. So wird, je nach der vorhandenen relativen Luftfeuchtigkeit, Feuchtigkeit aus der umgebenden Atmosphäre aufgenommen und die Durchfeuchtung eines ohnehin schon geschädigten und nassen Bauteils noch verstärkt.

I

Imprägnierung (von Gebäuden)

Siehe Hydrophobierung.

K

Kältebrücke

Wärmebrücken werden oft als Kältebrücken bezeichnet und der auftretende Wärmeverlust als Kältezufluhr dargestellt. Da bei diesem Vorgang Energie in Form von Wärme von einem höheren zu einem niedrigeren Energieniveau transportiert wird, ist diese Aussage nicht einwandfrei.

Kapillarwirkung

Saugfähigkeit von Baustoffen, die eine gewisse Porösität besitzen. Sie beruht auf einer Oberflächenspannung, z.B. des Wassers, das in engen Hohlräumen, wie Spalten, Poren usw. bis zu einem gewissen Ausmaß auch entgegen der Schwerkraft emporsteigen kann.

kraft wandern kann. Eine große Rolle spielt dieser Vorgang bei der Austrocknung und Durchfeuchtung von Wänden und Dachdecken. Hierdurch kann die Wärmedämmung und Haltbarkeit der Bauteile enorm beeinträchtigt werden.

Kellerdecken

Wenn Fußböden in Wohnungen einschließlich der tragenden Unterkonstruktionen über ungeheizten Räumen liegen, muss nach DIN 4108 eine größere Wärmedämmung als bei normalen Trenndecken herausgebildet werden. Üblicherweise sollte die Dämmschicht in der Fußbodenkonstruktion liegen. Nachträgliche Dämmungen haben sich oft als unzulänglich erwiesen.

Kelvin

1 Kelvin (1K) ist die Einheit der Temperaturskala, deren Nullpunkt der absolute Nullpunkt (-273 °C) ist. Unter Kelvin versteht man auch die SI-Einheit (System International) für eine Temperaturdifferenz (siehe auch unter Temperatur).

Kondensation

Kondensation ist eine Verdichtung von Gasen oder Dämpfen zu Flüssigkeiten durch Abkühlung oder Druck. Liegt der so genannte Taupunkt eines Daches unter der Dampfsperre, bildet sich an dieser Stelle Kondensat und es kommt zu Schäden im Dachaufbau.

Kondenswasserfreie Oberflächen

Hierunter ist die Forderung zu verstehen, dass die Einhaltung bestimmter Wand-, Decken- und Fußbodentemperaturen durch ausreichende Wärmedämmung und Beheizung der betreffenden Räume gewährleistet ist.

L

Luftfeuchtigkeit

Luftfeuchtigkeit ist der in der Luft enthaltene Wasserdampf. Die Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasserdampf nimmt mit steigender Temperatur zu. Es gibt zwei Möglichkeiten die Luftfeuchtigkeit anzugeben:

- ***relative Luftfeuchtigkeit***

Die relative Luftfeuchtigkeit gibt das Verhältnis von tatsächlich vorhandener Feuchtigkeit zu maximal möglicher Luftfeuchtigkeit an. Diese Luftfeuchtigkeit ist auch von der Temperatur abhängig. Sie wird in Prozent angegeben.

- ***absolute Luftfeuchtigkeit***

Unter absoluter Luftfeuchtigkeit versteht man die tatsächlich in der Luft vorhandene Feuchtigkeit in Gramm (g) pro Kubikmeter (m^3).

Luftwechselzahl

Die Luftwechselzahl kennzeichnet die Intensität der Raumlüftung. Sie gibt an, wie oft während einer Stunde das Luftvolumen des Raumes gegen Außenluft ausgetauscht wird. Bei einer Luftwechselzahl von $L = 2 \text{ h}^{-1}$ (bzw. 2/h, 2 pro Stunde) wird folglich die Raumluft während einer Stunde zweimal durch die Außenluft erneuert.

M

Mindestwärmeschutz

Verbindlich festgelegte Mindestwerte für Decken, Wände, Dächer usw. und Räume zum dauernden Aufenthalt von Menschen. Mindestwärmeschutz (nach DIN 4108) sollte nicht nur knapp eingehalten, sondern möglichst weit überschritten werden. Verbesserungen bis zu 100% sind durchaus realistisch und wirtschaftlich.

Mykotoxikosen

Vergiftungskrankheiten, die durch Schimmelpilze auftreten.

Myzel

Hierunter ist ein Bestandteil des Schimmelpilzes, ein gewebartiges Geflecht, zu verstehen.

P

Praktischer Wassergehalt

Baustoffe enthalten bei üblichen Klimaverhältnissen eine

von der Umgebung abhängige Wassermenge. Baustoffe sind also nie ganz trocken. Durch natürliche Austrocknung stellt sich in Gebäuden mit üblicher Nutzung nach längerer Zeit in den Materialien der Bauteile ein Feuchtezustand ein, der als praktischer Wassergehalt der Baustoffe bezeichnet wird.

R

Raumluftfeuchte

Der anfallende Wasserdampf, der durch Atemluft der anwesenden Personen, Gießwasser bei Topfpflanzen, sowie beim Kochen, Baden, Duschen und dergleichen, produziert wird. Um eine zu hohe Luftfeuchtigkeit zu vermeiden, wird in der Regel durch Lüften ein Teil der Raumluft durch Außenluft ersetzt.

S

Sorption

Baustoffe nehmen Wasser aus der angrenzenden Luft durch Absorption, Adsorption sowie durch Kapillarkondensation auf. Der Sammelbegriff der Wasseraufnahme wird als Sorption bezeichnet. Die Abgabe von Wasser an die umgebende Luft nennt man Desorption.

Sperrsicht (untere)

Die Anordnung der unteren Sperrsicht in Mauerwerk gemäß DIN 1053 ist heute fast Ausführungsregel. Ebenfalls über Fenster- und Türstürzen ist eine im Gefälle nach außen verlegte Sperrsicht anzubringen.

Spezifische Wärmekapazität

Gespeicherte oder zu speichernde Wärmemenge, um 1 Kilogramm eines bestimmten Materials um 1 Kelvin zu erwärmen.

Sporen

Sporen sind die Samen der Schimmelpilze, auch kleinste Mikroorganismen, die sich wie Staubteilchen in unserer

Atemluft befinden. Mit dem bloßen Auge sind die Sporen nicht sichtbar.

T

Taupunkt

Weil die Sättigungsmenge der Luft bei niedrigen Temperaturen kleiner wird, kann die Luft, die nicht Wasserdampf gesättigt ist, durch Abkühlen gesättigt werden. Bei einem weiteren Absenken der Temperatur wird der überschüssige Wasserdampf ausgeschieden. Die Temperatur, bei der die Sättigung erreicht wird und wo die Ausscheidung des Dampfes als kleine Tröpfchen beginnt, heißt Taupunkt.

Tauwasser

Feuchtigkeit, die sich bei Erreichen des Taupunktes infolge Abkühlung z.B. an benachbarten kälteren Flächen niederschlägt. Bevorzugte Bereiche sind hier Fensterlaibungen, Stürze und Außenwandecken. Tauwasser kann auch innerhalb von Konstruktionen auftreten, wo es ebenfalls zu Bauschäden führen kann (Blasen, Eisbildung, Überdruck). Es kann zu einer enormen Minderung der Wärmedämmung kommen, insbesondere auch dann, wenn die betreffende Wand aus verschiedenen, unzweckmäßig hintereinander angeordneten Schichten besteht, das heißt Dass der Dampfdiffusionswiderstand nach außen nicht ab-, sondern zunimmt.

Tauwassermasse

Die während der Tauperiode anfallende Tauwassermasse wird in der so genannten Verdunstungsperiode vollständig oder auch nur teilweise wieder aus dem Baukörper hinausdiffundiert. Ist die Verdunstungsmenge größer als die Tauwassermasse, dann gilt ein Bauteil als unbedenklich gegen Tauwasserausfall.

Temperatur

Wärmezustand eines Stoffes, gemessen in Grad Celsius. Von der Temperatur nach der Celsius-Skala ist insbesondere die Kelvin-Skala zu unterscheiden. Die tiefste denkbare Temperatur überhaupt ist $-273,16^{\circ}\text{C}$, also der absolute Nullpunkt.

Transmissionswärme

Wärmedurchgang durch Konstruktionsteile eines Gebäudes.

U

Unterspannbahn

Wasser- und winddichte Folie (Metall- oder Kunststoff-Folie) zwischen der Dachdeckung und der darunter liegenden Konstruktion. Die Unterspannbahn wirkt somit als Dampfsperre und schützt die Unterkonstruktion vor Tauwasser, welches sich sonst schädigend auf die Schichten des Daches auswirken kann.

U-Wert

Siehe Wärmedurchgangskoeffizient.

W

Wärme

Wärme ist eine Energieform, die aus mechanischer Energie erzeugt oder in solche umgewandelt wird. Nach dem Grundsatz der Erhaltung von Energie kann Wärme weder entstehen noch verschwinden, ohne dass eine gleich große Menge anderer Energie gleichzeitig verschwindet oder entsteht. Wärme kann niemals von selbst von einem Körper niedrigerer Temperatur auf einen Körper höherer Temperatur übergehen.

Wärmeausbreitung

Die Wärme breitet sich aus durch:

- die Wärmeströmung oder -konvektion, bei der eine Stoffmenge mit ihrem Wärmeinhalt von einer Stelle an eine andere strömt. Hier kann es sich nur um Gase oder Flüssigkeiten handeln.
- die Wärmeleitung, bei der die Wärme von Teilchen übertragen wird, ohne dass diese ihren Ort dabei wesentlich verändern. Die abgegebene Wärmeenergie wird auch als Transmissionswärme bezeichnet.

- die Wärmestrahlung ist ähnlich wie die Lichtstrahlung, ohne dass irgendein Stoff die Vermittlung übernehmen muss. Die Abstrahlung geht immer von dem Körper mit der höheren Wärme aus.

Wärmebrücke

Einzelne, örtlich begrenzte Stellen in Wänden und Decken, die eine geringere Wärmedämmung aufweisen. Dadurch sinken an den Wärmebrückenstellen gegenüber benachbarten Bereichen die Oberflächentemperaturen ab und es kann dort, zumal bei überhöhten Raumfeuchten – bei schlechter Beheizung und Belüftung des Raumes – zur Oberflächenkondensation kommen.

Bei Außenwänden, Wohnungstrennwänden und Treppenhauswänden sind Wärmebrücken nach DIN 4108 unzulässig. Diese Forderung besagt, dass in den genannten Wänden befindliche Stahlbetonteile, wie z.B. Stürze, Stützen usw. eine ausreichende zusätzliche Wärmeisolierung erhalten müssen. Bei den übrigen Raumbegrenzungen sind Wärmebrücken zu einem gewissen Grad zulässig.

Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)

Der Wärmedurchgangskoeffizient kennzeichnet die Wärmemenge, die in einer Sekunde durch einen Quadratmeter einer Bauteilfläche mit bekannter Dicke im Dauerzustand der Beheizung durchgeht, wenn der Temperaturunterschied zwischen der Luft auf beiden Seiten dieser Wand 1 K (Kelvin) beträgt. Im Gegensatz zur Wärmedurchlasszahl Λ berücksichtigt die Wärmedurchgangszahl die beiden Wärmeübergangswiderstände an der Außenseite ($1/\alpha_a$) und an der Innenseite ($1/\alpha_i$). Angegeben wird die Wärmedurchgangszahl in $W/(m^2 \times K)$.

Wärmedurchlasswiderstand

Bezeichnet wird der Wärmedurchlasswiderstand auch als Wärmedämmzahl Λ , der in $m^2 \times K/W$ gemessen wird und der Kehrwert des Wärmedurchgangs ist.

Wärmeleitzahl

Die Wärmeleitzahl λ ist ein Maß für den Dämmwert eines Baustoffes. Je kleiner die Wärmeleitzahl ist, desto besser ist das Dämmvermögen eines Stoffes.

Wärmeschutz (baulicher)

Maßnahmen zur Erhaltung bestimmter klimatischer Verhältnisse innerhalb von Gebäuden, vor allem zur Vermeidung unhygienischer Wohnverhältnisse und unnötiger Wärmeverluste.

Wärmeübergangswiderstand

Der Wärmeübergangswiderstand ($1/\alpha$) wird auch als Kehrwert der Wärmeübergangszahl (α) bezeichnet. Für die Wärmeübergangswiderstände sieht die DIN 4108 Erfahrungswerte vor.

Wasserdampf

In der Luft gebundene Menge Wasser in gasförmigem Zustand (unsichtbar) in Gramm pro Kubikmeter (g/m^3). Wasserdampf ist immer in wechselnden Mengen in der Luft vorhanden und hat das Bestreben, sich überall gleichmäßig zu verteilen, sodass der Druck überall gleich groß ist.

Wasserdampfkonzentration

Die Wasserdampfkonzentration ist der tatsächliche Wasserdampfgehalt der Luft, auch absolute Luftfeuchte genannt. Angegeben in Gramm pro Kubikmeter (g/m^3).

Anhang

Literaturhinweise

Schmiedtke, D. (Hrsg.); Bieberstein, H.: Schimmelpilz in Wohnräumen – was tun? 3., überarb. Aufl. Stuttgart: Alpha und Omega Verlag 1995

Deutscher Mieterbund (Hrsg.): Wohnungsmängel und Mietminderung. Planegg: WRS Verlag Wirtschaft, Recht und Steuern GmbH & Co., 1999

Guzek, G.; Lange, E.: Pilze im Körper – Krank ohne Grund? 4. Aufl. München: Südwest Verlag, 1994

Zimmermann, G. (Hrsg.); Jenisch, R.: Tauwasserschäden. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag 1996. (Schadenfreies Bauen; 16)

Keller, R. (Hrsg.): Biogene Luftschadstoffe in Wohn- und Aufenthaltsräumen. Lübeck: 1997. (Schriftenreihe des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der Medizinischen Universität zu Lübeck; 1/1997)

Keller, R. (Hrsg.): Gesundheitliche Gefahren durch biogene Luftschadstoffe. Lübeck: 1998. (Schriftenreihe des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der Medizinischen Universität zu Lübeck; 2/1998)

Aachener Institut für Bauschadensforschung und Angewandte Bauphysik (Hrsg.): Aachener Bausachverständigentage 1992. Wärmeschutz, Wärmebrücken, Schimmelpilz. Rechtsfragen für Praktiker. Wiesbaden: Bauverlag 1992

Verbraucher-Zentrale Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Feuchtigkeit und Schimmelbildung in Wohnräumen. Selbstverlag: 1997

Verordnung über den energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom Juli 2007 (BGBl I S. 1519) (Inkrafttreten der letzten Änderung 1. Oktober 2009)

Umweltbundesamt (Hrsg.): Attacke des schwarzen Staubes. Broschüre, Berlin 2004. www.umweltbundesamt.de/publikationen

Nützliche Adressen

Servicenetz Gesundheit Hamburg GmbH
Börnestraße 1
22089 Hamburg
Telefon: 0800 / 50 19 721
Internet: www.servicenetz-hamburg.de

Eurofins GfA GmbH
Stenzelring 14 b
21107 Hamburg
Telefon: 040 / 69 70 96 - 39
Fax: 040 / 69 70 96 - 99

Wartig Chemieberatung Nord GmbH
Friesenweg 4
22763 Hamburg
Telefon: 040 / 88 18 03 - 0
Fax: 040 / 88 18 03 - 77
Internet: www.wartig-nord.de

Verbraucherzentrale Bundesverband e. V. – vzbv
Markgrafenstraße 66
10969 Berlin
Telefon: 030 / 25 800 - 0
Internet: www.vzbv.de

Stichwortverzeichnis

A

- Abdichtung 91, 94
- absolute Luftfeuchtigkeit 17, 57, 98, 103
- Absorption. 34, 47, 99
- Allergie 10, 14
- Anstrich 38, 72, 76, 82, 91
- Ausblühung 44 ff.
- Außendämmung 74, 77
- Außenwand 18, 23 f., 26, 29, 31 f., 38 ff., 45, 48, 56, 59, 61, 64, 69, 74 ff., 85, 91 f., 94 f., 100, 102

B

- baulicher Wärmeschutz 73, 103
- Baustofffeuchte 47
- Beurteilung von Wärmebrücken . . 42
- Beweislast 62, 66 f.
- Beweislastverteilung 66

C

- CM-Messmethode 51, 57 f., 94

D

- Dämmstoff. 75, 77, 92 f.
- Dämmwirkung 48
- Dampfleitzahl. 92
- Dampfsperre. 76 f., 92 f., 94, 97, 101
- Darr-Methode 52, 57, 94
- Desorption. 35 f., 47, 99
- Dichte 29, 49, 92 f.
- Diffusion. 49 f., 62, 91 ff., 100
- Diffusionswiderstandsfaktor 92 f.

E	
elektrische Widerstands-Messmethode	54f., 57f., 94
F	
Fenster	18ff., 29f., 39ff., 49, 60, 62ff., 74, 78ff., 93, 100f.
Feuchtemessung	51, 69
Feuchteschaden	42ff., 46f., 67
Feuchtigkeitsbildung	25
Feuchtigkeitsgehalt	27, 51f., 93
Feuchtigkeitsschaden	59ff., 94
Feuchtigkeitsschutz	94
Fruchtkörper	10, 94
Fungizid	82f., 95
G	
geometrische Wärmebrücke	41f., 77
Gleichgewichtsfeuchte	47f., 95
gravimetrische Messmethode.	52ff., 57, 94
H	
Haftung	62
Heizen	23ff., 49, 62, 65, 67, 88f.
Heizkosten.	24, 95
Horizontalisolierung	94
Hydrophobierung	95
Hygrometer	25, 96
Hygroskopizität	96
I	
Imprägnierung	94ff.
Innendämmung	74ff.
Innenkondensation	30, 45, 94
Isolierung	62, 94, 102
Isolierverglasung	30, 38ff., 62, 93

K

Kapillarwirkung 96
 Kondensation 18, 22, 29f., 32, 39,
 45f., 92, 97, 99, 102
 konstruktionsbedingte
 Wärmebrücke 41 ff.
 Krankheit 10, 12 ff., 98
 Krankheitssymptom. 14

L

Lüften 11, 19f., 24f., 27, 34,
 36, 60 ff., 65f., 88f.,
 99
 Luftfeuchtigkeit 17 ff., 23, 27f., 40,
 49, 65, 69, 79, 81, 88,
 97 ff.
 lüftungstechnisch bedingte
 Wärmebrücke 41, 42
 Lüftungsverhalten. 20 ff., 33, 35, 38,
 60f., 95
 Luftwechsel 18 ff., 65
 Luftwechselzahl 18f., 35, 98

M

mangelnde Belüftung 31f., 62, 79, 102
 mechanische Lüftung 20, 79
 Messmethode 46, 51f., 54, 56 ff., 94
 Mindestluftwechselzahl. 18f.
 Mindestwärmeschutz 98
 Möblierung 31f., 65
 Mykologie 9f.
 Mykotoxikose 10, 14, 98
 Myzel. 10f., 80f., 98

N

Nährboden. 12, 40, 71f., 80f.
 natürliche Lüftung 20, 36, 79
 Nutzerfehlverhalten 66

O

Oberflächentemperatur	20, 37f., 40f., 48f., 77, 102
---------------------------------	-------------------------------

P

Phosphat	72
pH-Wert	13, 80
praktischer Wassergehalt	47, 98f.

R

Raumluftfeuchte	28, 99
relative Luftfeuchtigkeit	13, 17ff., 27f., 34, 36f., 47f., 56, 72, 74, 80, 93, 95ff.
Risikogruppe	14

S

Salz	45f., 96
Sanierung	65, 78f., 82
Schadensbild	44, 68
Schimmelpilzart	9, 80
Schimmelpilzbekämpfung	82
Schlagregenbeanspruchung	43f., 77
Schlagregendichtigkeit	44
Sorption	99
Sperrsicht	99
spezifische Wärmekapazität	99
Spore	11ff., 16, 82, 99
Stoßlüftung	19f., 25, 35, 64

T

Taupunkt	28f., 37, 48, 64, 74f., 92, 97, 100
Tauwasserbildung	17, 28, 36f., 48, 92
Temperatur	9, 13, 17ff., 27f., 37ff., 40ff., 48f., 54ff., 62, 65, 69, 71f., 74f., 79ff., 97f., 100ff.

Thermotapete	64
Transmissionswärme	73, 101f.

U

Unterspannbahn	101
Urteile	59 ff.
U-Wert	40, 48, 73, 93, 101f.

W

Wachstumsanspruch	13
Wärmebrücke	32, 35, 37 ff., 48, 55, 60, 75 ff., 88, 89, 96, 102
Wärmedämmzahl	102
Wärmedurchgangszahl	102
Wärmedurchlasswiderstand	102
Wärmedurchlasszahl	102
Wärmekonvektion	49, 101
Wärmeleitfähigkeit	41, 47
Wärmeleitzahl	92, 103
Wärmeschutz	40, 43, 73, 77 f., 92, 98, 103
Wärmeschutzverordnung	73, 87
Wärmestrahlung	102
Wärmeströmung	101
Wärmeübergangswiderstand	103
Wärmeübergangszahl	103
Wärmeverlust	37, 78, 96, 103
Wasserdampf	17 f., 20 ff., 24 ff., 37, 91 ff., 95, 97, 99 ff., 103
Wasserdampfdiffusion	49, 93
Wasserdampfdiffusionswiderstand	49, 92
Wasserdampfgehalt	17, 27, 103
Wasserdampfkonzentration	103
Wassergehalt	28, 47 ff., 95, 98 f.
Wasserverbrauch	30

Schimmel im Haus

erkennen – vermeiden – bekämpfen

4., überarbeitete und erweiterte Auflage

Geht es wirklich immer nur um »Heizen und Lüften«? Ja und nein. Das Buch, jetzt in der vierten, überarbeiteten und erweiterten Auflage, gibt einen anschaulichen, leicht verständlichen Überblick über die gesamte Problematik der Schimmelbildung in Wohnungen und Gebäuden. Prägnant und sachlich beschreibt der Autor mögliche Risiken und gesundheitliche Auswirkungen der Schimmelbildung. Er erläutert die maßgeblichen bauphysikalischen Einflussfaktoren, die zur Schimmelbildung führen sowie geeignete Messmethoden zur Untersuchung des Feuchtehaushalts und gibt Hinweise zur Bekämpfung und Vermeidung von Schimmel. Mit Auszügen aus Gerichtsurteilen macht er deutlich, wie dieses brisante Thema in der Rechtsprechung behandelt wird, zeigt wo im Einzelfall die Beweislast liegt und wie Schimmelschäden gutachterlich beurteilt werden. Ein kleines ABC der bauphysikalischen Grundbegriffe vervollständigt das Buch und macht es zum unverzichtbaren Ratgeber für Bauherren, Mieter, Vermieter und Wohnungsunternehmer, aber auch zum informativen Leitfaden für den Sachverständigen.

Der Autor:

Dipl.-Ing. Michael Köneke:

Studium des Bauingenieurwesens; seit 1986 als Bausachverständiger und beratender Ingenieur für Bauphysik tätig; Inhaber des Ingenieurbüros für Bauwerkserhaltung Köneke in Hamburg.

ISBN 978-3-8167-8457-9



9 783816 784579