

Praxiswissen Bauwesen

**Erkennen, bewerten, sanieren**  
4. überarbeitete Auflage

TÜV Media

# Schimmelpilzschäden

Brandhorst und G. Willems



Kapitel	Thema	Seite
	<b>Vorwort</b>	<b>X</b>
<b>1</b>	<b>Schimmelpilz im Gebäude</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Die Entwicklung des Bauens in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Heutige Mindestanforderungen an die Gebäudehülle und -technik</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Gerichtliches</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Gesundheitliche Fragestellungen bei Schimmelpilz- und Feuchteschäden</b>	<b>17</b>
5.1	Was gilt als Innenraum?	17
5.2	Mögliche Beschwerden, Irritationen und Krankheitsbilder	17
5.3	Lüften und Heizen	19
5.4	Innenraum und Nutzung	20
5.5	Chloranisole	21
5.6	Zusammenfassung	22
<b>6</b>	<b>Wachstumsvoraussetzungen für Schimmelpilze in Innenräumen</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>Feuchtequellen erkennen und beseitigen</b>	<b>29</b>
7.1	Fehlerhafte Gebäudehülle	30
7.1.1	Außenputz	30
7.1.2	Fehler in der Außendämmung, untere und obere Abschlüsse	35
7.1.3	Attikaverblechung	40
7.1.4	Balkone und Balkonanschlüsse	41
7.1.5	Fenster- und Fensterbankanschlüsse	45
7.1.6	Rollladenkästen	47
7.1.7	Luftundichtigkeiten	49
7.1.8	Sonstige Wassereindringstationen	52
7.2	Innenraumfeuchten	53
7.2.1	Wasserschäden	53
7.2.2	Innenraumkondensation	56
7.2.3	Sommerkondensat	61
7.2.4	Neubaufeuchte	64
7.2.5	Zusammenfassung der Abhilfemaßnahmen zur Schimmelpilzvermeidung	66
7.2.6	Alternative Beispiele zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung im Innenbereich	67

Kapitel	Thema	Seite
<b>8</b>	<b>Anforderungen an den R-Wert der Gebäudehülle</b>	<b>69</b>
8.1	Mindestdämmung der Außenbauteile	69
8.2	Mindestanforderungen an Wärmebrücken, $f$ -Faktor	70
<b>9</b>	<b>Anforderungen an die Lüftung umbauter Räume</b>	<b>73</b>
<b>10</b>	<b>Feuchtemessungen und Baustofffeuchten</b>	<b>83</b>
<b>11</b>	<b>Trocknung und Gefahrstoffverordnung</b>	<b>89</b>
<b>12</b>	<b>Sanierung von Schimmelpilzschäden</b>	<b>91</b>
12.1	Wer soll/darf Schimmelpilze in Innenräumen sanieren?	91
12.2	Bewertung des Schadens und Vorschläge zur Sanierung	91
12.3	Planung einer Sanierung	98
12.3.1	Ermitteln der Ursache, Ursache beseitigen	98
12.3.2	Gefährdungsbeurteilungen erstellen, Festlegen der Schutzmaßnahmen nach Bio- und Gefahrstoffverordnung bzw. den Vorgaben der BG Bau	98
12.3.3	Übergangsmaßnahmen bei zeitlicher Verzögerung der Sanierung	101
12.3.4	Planen der Sanierungsschritte, Aufgaben und zeitliche Reihenfolge	102
12.3.5	Abschottung bzw. Abdeckung von zu schützenden Bereichen	103
12.3.6	Durchführen der Sanierung	103
12.3.7	Trocknungsmaßnahmen einleiten	103
12.3.8	Reinigen der bearbeiteten Bauteile	104
12.3.9	Feinreinigen des Sanierungsbereiches	104
12.3.10	Kontrollmessung	105
12.3.11	Wiederaufbau	105
12.3.12	Endabnahme	105
12.3.13	Werkzeuge und Maschinen	105
12.3.14	Persönliche Schutzausrüstung	106
12.4	Regeln zur Sanierung von Schimmelpilzschäden	107
12.4.1	Biostoffverordnung	107
12.4.2	Handlungsanleitung – Gesundheitsförderung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Gebäudesanierung	109
12.4.3	Dokumentation	110
12.4.4	Beispiele von Dokumentationen	118

Kapitel	Thema	Seite
<b>13</b>	<b>Maßnahmen zur Schimmelpilzbekämpfung</b>	<b>118</b>
13.1	Kurzfristige Maßnahmen zwischen Entdeckung und Sanierung	118
13.2	Überbrückungsmaßnahmen zur Vermeidung von erneuertem Schimmelpilzbefall vor der Bausanierung	118
<b>14</b>	<b>Arbeitshilfen; Checklisten, Programme</b>	<b>120</b>
	<b>Nachwort</b>	<b>121</b>

- Leseprobe -

Kapitel	Thema	Seite
	<b>Vorwort</b>	<b>123</b>
<b>15</b>	<b>Schimmelpilze, Hefen und Bakterien – Das erfolgreiche Trio</b>	<b>129</b>
<b>16</b>	<b>Pilze und die Wissenschaft von den Pilzen – Mykologisches</b>	<b>129</b>
16.1	Mykologie und Mykologen	129
16.2	Was sind eigentlich „Pilze“?	129
<b>17</b>	<b>Der kleine Unterschied – Pflanzen, Tiere und Pilze</b>	<b>130</b>
<b>18</b>	<b>Pilze ernähren sich vom anderen</b>	<b>131</b>
18.1	Auto- und Heterotrophie	131
18.2	Pilze sind heterotrophe Organismen	131
18.3	Zellwände und Zellbestandteile	131
18.4	Reservestoffe	132
<b>19</b>	<b>Zu Lasten oder zum Nutzen anderer – Von der Lebensweise der Pilze</b>	<b>132</b>
19.1	Parasiten	132
19.2	Hyperparasiten	132
19.3	Saprobionten	133
19.4	Perthophyten	133
19.5	Symbionten	133
<b>20</b>	<b>Fadenscheiniges – Von Myzelien und Hyphen</b>	<b>134</b>
<b>21</b>	<b>Ordnung muss sein – Systematik und Taxonomi</b>	<b>135</b>
21.1	Eine kurze Reise durch die Vergangenheit	136
21.2	Reich mit System – Pilzsystematik	138
21.3	Die Klassengesellschaft und die Verwaltung der Ordnung – Taxonomie im Reich der Pilze	142
21.3.1	Die hierarchischen Strukturen im Reich der Pilze	143
21.3.2	Zwei Namen definieren eine Art – binäre oder binominale Nomenklatur	144
21.3.3	Art, Arten und Unterarten – sp., spp. und ssp.	144
<b>22</b>	<b>Von Schläuchen und Ständern – Asco- und Basidiomyceten</b>	<b>144</b>
22.1	Ascomyceten	144
22.2	Die wichtigsten innenraumrelevanten Ascomyceten-Gattungen	145
22.3	Basidiomyceten	145
<b>23</b>	<b>Nobody is perfect – Von den Imperfekten Pilzen</b>	<b>145</b>
<b>24</b>	<b>Die Hohe Kunst der Konfusion – Taxonomen-Tango</b>	<b>146</b>

Kapitel	Thema	Seite
<b>25</b>	<b>Die Eroberung des Luftraumes – Sporen, Konidien und Hyphenbruchstücke</b>	<b>146</b>
25.1	Sporen	146
25.2	Konidien	147
25.3	Hyphenbruchstücke	147
<b>26</b>	<b>Kurz und prägnant – Eine Definition der „Pilze“</b>	<b>148</b>
<b>27</b>	<b>Die Gretchenfrage – Was sind Schimmelpilze ?</b>	<b>148</b>
27.1	Ein jeder nach seiner Art – Vorkommen, Lebensweise, Vermehrung	148
<b>28</b>	<b>Eine kleine Auswahl aus Pandoras Büchse – Steckbriefe bedeutender Schimmelpilze</b>	<b>150</b>
28.1	Der Schimmelpilz des Sommers – <i>Alternaria alternata</i>	150
28.2	Zu Besuch beim Pharao – <i>Aspergillus flavus</i>	150
28.3	Manche mögens heiß – <i>Aspergillus fumigatus</i>	151
28.4	Der kleine Schwarze – <i>Aspergillus niger</i>	151
28.5	Nicht zu unterschätzen – <i>Aspergillus versicolor</i>	151
28.6	Die schwarze Hefe – <i>Aureobasidium pullulans</i>	152
28.7	Hans-Dampf-in-allen-Gassen – <i>Cladosporium herbarum</i>	152
28.8	Die gefürchtete Spindeln – <i>Fusarium</i> spp.	152
28.9	Freund oder Feind? – <i>Penicillium chrysogenum</i> (= <i>P. notatum</i> )	152
28.10	Arsen und Spitzenhäubchen – <i>Scopulariopsis brevicaulis</i>	152
28.11	Pferdemörder und enfant terrible – <i>Stachybotrys chartarum</i>	153
28.12	Die grüne Gefahr – <i>Trichoderma viride</i>	153
<b>29</b>	<b>Kleine Tiere mit Saugrüssel – Die Hefen</b>	<b>154</b>
<b>30</b>	<b>Die lieben Kleinen – Die Bakterien</b>	<b>155</b>
<b>31</b>	<b>Aktinomyzeten – Bakterien, die Pilze spielen</b>	<b>156</b>
31.1	Familien der Actinomycetales	157
31.2	Aktinomyzeten – Wichtige Krankheitserreger	157
31.3	Aktinomyzeten als Auslöser allergischer Alveolitis	157
31.4	Aktinomyzeten als Antibiotika-Produzenten	157
<b>32</b>	<b>Simplify your Mycology – Das medizinische DHS-System</b>	<b>158</b>
<b>33</b>	<b>Mit Haut und Haar – Die Dermatophyten</b>	<b>158</b>
<b>34</b>	<b>Krank durch Schimmelpilze</b>	<b>159</b>
<b>35</b>	<b>Allergien</b>	<b>160</b>

Kapitel	Thema	Seite
<b>36</b>	<b>Mykotoxine – Aus der Giftküche der Schimmelpilze</b>	<b>161</b>
36.1	Mykotoxine in der Übersicht	161
36.2	Wirkungsweisen von Mykotoxinen	164
36.3	Mykotoxine – Produzenten und gesundheitliche Wirkungen	165
36.4	Schweizer Intermezzo – Die Reisen des Herrn H.	172
<b>37</b>	<b>Gasförmige Schimmelpilze – MVOC</b>	<b>173</b>
<b>38</b>	<b>Reizvolle Zellwandbestandteile – <math>\beta</math>-1,3-Glucane und extrazelluläre Polysaccharide</b>	<b>174</b>
<b>39</b>	<b>Beachtet und gefürchtet sollt ihr werden – Schimmelpilz-Infektionen</b>	<b>174</b>
<b>40</b>	<b>Störungen – Pilzgestank und Psyche</b>	<b>175</b>
<b>41</b>	<b>Wir sind doch ständig von Pilzen umgeben – Warum sind Pilze in Innenräumen besonders schädlich?</b>	<b>175</b>
<b>42</b>	<b>Die andere Seite der Medaille – Nützliche Eigenschaften von Schimmelpilzen</b>	<b>177</b>
<b>43</b>	<b>Schimmelpilz und Bakterienanalyse: Probenahme und Labor</b>	<b>177</b>
43.1	Aus gutem Grund – Warum Schimmelpilzuntersuchungen durchgeführt werden	177
43.2	Vertrauen ist gut ... – Vor und nach einer Sanierung	178
<b>44</b>	<b>Die richtige Wahl – Methoden zur Probenahme</b>	<b>178</b>
44.1	Nährmedien für Schimmelpilz- und Bakterien-Probenahmen	178
<b>45</b>	<b>Ab die Post – Probenversand</b>	<b>183</b>
45.1	Verpackung der Proben	183
<b>46</b>	<b>Zu guter Letzt – Allgemeine Hinweise zur Bewertung von Analyseergebnissen</b>	<b>185</b>
	<b>Literatur</b>	<b>186</b>
	<b>Autoren</b>	<b>187</b>

## Vorwort

---

Hohes Gericht, meine sehr verehrten Damen und Herren,

herzlichen Dank, dass Sie uns zu den von Ihnen geäußerten Anklagepunkten Stellung nehmen lassen. Kommen wir gleich zur Sache.

Zunächst möchten wir den Vorwurf zurückweisen, wir hätten uns fremdes Terrain angeeignet, um zersetzenden Absichten nachzugehen:

Nein, wir haben keine zersetzenden Absichten, jedenfalls nicht in Bezug auf die Organisation Ihrer Gesellschaftsform – mit der haben wir betontermaßen nichts zu tun. Wir erledigen einzig und allein unseren Auftrag, Organisches schnell und wirkungsvoll in seinen ursprünglichen Zustand zurückzuführen. Zu diesem Punkt der Anklage also ein entschiedenes „Nein“ unsererseits, denn diesbezüglich scheinen Sie *Organisatorisches* mit *Organischem* zu verwechseln.

Es wird uns unterstellt, destruktiv zu sein:

Wir weisen diese Unterstellung kategorisch zurück. Denn alles, was wir tun, ist nichts anderes, als die Dinge so umzuwandeln, dass wieder Neues entstehen kann. Und an dieser Stelle sei deutlich darauf hingewiesen: Den Vorteil hat ausschließlich *Ihre* Gattung!

Sie fragen, wie wir dazu kämen, in Ihre Wohnungen einzudringen:

Wir sind keinesfalls eingedrungen, sondern *Sie selbst* haben uns zu sich eingeladen. *Sie selbst* haben doch ideale Voraussetzungen für uns geschaffen, als da wären: hohe Feuchtigkeit, angenehme Temperaturen, und das in Verbindung mit organischem Material. Unter genau diesen Bedingungen bringen wir lediglich wieder Ordnung in den Kreislauf der Natur. Organisches, wenn es zu feucht wird, fängt an zu faulen – und dem kommen wir zuvor, indem wir rechtzeitig und endgültig die Grundbaustoffe des Lebens verstoffwechseln und abbauen. So kann zu einem späteren Zeitpunkt daraus wieder neues Leben entstehen. Wo liegt da Ihr Vorwurf begründet?

Und Sie fordern tatsächlich von uns: „... *dass wir uns fernzuhalten hätten von allem, was wir unter unsere Fittiche nehmen, weil es noch lebte.*“

Hohes Gericht, sehr verehrte Damen und Herren, das verstehen wir nicht!

In unseren DNA-Strängen steht klar geschrieben: „*Euer Leben finde statt in feuchter Umgebung mit organischem Material, das gerade stirbt, und daher führt die Einzelteile wieder zu ihrem Ursprung zurück!*“

Nur unter diesen Voraussetzungen können wir überhaupt existieren! Und wir können uns nicht vorstellen, dass Sie die gleichen Lebensbedingungen auch für Ihre Gattung beanspruchen.

Daher scheint uns die Anklage „*lebenden Menschen zur Last zu fallen*“ einfach nur absurd.

Nichts liegt uns ferner! Zugegeben: Sehr viele unserer Gattung sind aufgrund der von Ihnen zur Verfügung gestellten Lebensbedingungen in Ihren Räumen anwesend. Und ab einem gewissen Punkt unserer Populationsdichte scheinen Ihre Artgenossen Probleme mit unserer Anwesenheit zu bekommen. Das zumindest wäre eine plausible Erklärung für Ihre Vorwürfe.

## Vorwort

---

Und jetzt verlangen Sie, „*dass wir den Schauplatz unverzüglich zu verlassen hätten*“. Gut, doch wer erledigt dann unsere Aufgabe? Wir können uns nicht gegen unseren in und durch unsere Zellen festgelegten Auftrag stellen, das steht außer Zweifel.

Sie nennen uns durch und durch destruktiv:

Dieses Thema hatten wir bereits erörtert, dazu wollen wir nicht wiederholt Stellung beziehen! – Es ist doch so: *Sie* leben *Ihr* Leben in der Lebensumgebung, die *Ihrer Art* entspricht – alles andere können Sie *uns* überlassen.

Was sagen Sie da?

Ja, sind *wir* denn Menschen? *Sie* müssten doch viel besser wissen, wie *Ihre Art* zu leben wünscht und was ihr entspricht. Kriterien wie *Trockenheit, gute Durchlüftung* und dergleichen, ja, das können wir uns für *Sie* gut vorstellen. Für unseren pilzlichen Geschmack wäre *das* jedenfalls nichts – und daran wird sich auch nichts ändern ...

Kommt es zum Schimmelpilzproblem, ist der Nutzer oft nicht unbeteiligt. Nachtabsenkung in ungedämmten Gebäuden oder unzureichende Beheizung von Schlafzimmern führen zu Unterkühlung der Innenseiten der Außenwände, was eine Schimmelpilzbildung zur Folge haben kann.

In diesen Fällen ist es ratsam, auf eine Nachtabsenkung zu verzichten. Eine sinnvolle Lüftung der Räume kann ebenfalls das Problem deutlich reduzieren.

Aber eigentlich sind Schimmelpilze in Innenräumen ein unnötiges Problem. Wenn Gebäude nach heutigem Erkenntnisstand instand gehalten und saniert würden, wäre Schimmelpilzbildung nicht möglich, es sei denn, ein Wasserschaden „macht uns einen Strich durch die Rechnung“. Dass dieses Buch überhaupt gedruckt wurde und Ihnen nun vorliegt, zeigt, dass wir noch in alten Denkschemata verhaftet sind, die nachhaltiges Bauen verhindern. Wäre es anders, würde sich kein Mensch für dieses Buch interessieren.

Dieses Fachbuch für Anwender und Betroffene soll dazu dienen, sich mit dem leidigen Thema „Schimmelpilze in Innenräumen“ auseinanderzusetzen. Ziel ist es, dass nach der Sanierung eines betroffenen Raumes, einer Wohnung oder eines Gebäudes Schimmelpilz nicht wieder auftritt. Dabei spielt neben handwerklichen und baulichen Maßnahmen am Objekt auch seine Nutzung eine Rolle. Die Nutzung bzw. die Nutzer sind daher auch in die Sanierungsplanung mit einzubeziehen.

Im Downloadbereich zum Buch finden Sie weitergehende Informationen, die Sie ggf. für Ihre Arbeit benötigen.

Bonn, im Januar 2016  
Jörg Brandhorst

# 1 Schimmelpilz im Gebäude

Schimmelpilz in Innenräumen kann man als „Krankheit des Gebäudes“ betrachten. Diese wird in erster Linie durch zu viel Feuchtigkeit verursacht. Die anderen Wachstumsparameter von Schimmelpilzen werden dann erst wirksam.

Wodurch wird diese „Krankheit“ verursacht?

Zum einen entstehen Schäden z.B. durch geplatzte Leitungen, auslaufendes oder eindringendes Wasser aus Rohrleitungen usw. Diese Ursache kann behoben, das Gebäude wieder getrocknet und der Schimmel entfernt werden. Danach ist die „Krankheit“ auskuriert“.

Zum anderen stellen zu feuchte Neubauten ein Problem dar. Das Gebäude ist für die Nutzung noch zu nass. Auch hier gilt primär, das Haus zu trocknen und die Ursache damit zu beseitigen.

Schwieriger wird es, wenn die „Krankheit“ mit der Gebäudehülle und deren Funktionen in Verbindung steht. Die Gebäudehülle kann man als unsere „dritte Haut“ bezeichnen – die „erste Haut“ liegt direkt um unseren Körper und die „zweite Haut“ bilden unsere Kleider.

Haut kann man vergleichen mit der Zellmembran, der Umhüllung von Zellen. So ist unsere „erste Haut“ eine große Membran um unseren Körper. Als solche können wir auch unsere Kleidung betrachten.

Welche Aufgabe hat eine Membran, eine Umhüllung?

Das wurde im Bereich der Zellen ausgiebig erforscht. Aus den Forschungsergebnissen kann man ableiten, was analog dazu die Aufgaben der oben genannten „Membranen“ sein sollten.

Die Zellmembran ist dreischichtig aufgebaut; von außen nach innen gesehen besteht sie aus einer elektrisch polarisierten, einer unpolarisierten und wieder aus einer elektrisch polarisierten Schicht. Dieser Aufbau ist „dicht“, d. h., es kann keine Information, kein Teilchen, außer Wasser (über Diffusion), also nichts in die Zelle hinein oder aus der Zelle heraus.

Wenn das ausschließlich so wäre, könnte die Zelle ihre Aufgabe nicht übernehmen; sie hätte keinen Kontakt zur Umwelt und wäre nicht in der Lage, sich zu ernähren.

Deshalb sind in Zellmembranen Bausteine aus Proteinen eingebaut, die bestimmte Signale aufnehmen und in die Zelle hinein- oder aus der Zelle herausleiten. „Rezeptorproteine“, vergleichbar mit den Sinnesorganen der „ersten Haut“ unseres Körpers, nehmen die Umweltsignale wahr. „Effektorproteine“ sind für die Reaktion der Zelle zuständig. Funktionieren Zellmembran und/oder Membran-Proteine nicht richtig, wird die Zelle krank und stirbt.

Schauen wir uns einmal unsere „dritte Haut“, die Gebäudehülle, aus diesem Blickwinkel an. Auch die Wand, das Dach oder andere begrenzende Bauteile sind in der Regel mehrschichtig aufgebaut: die Wand mit Außenputz, Mauerwerk

## 1 Schimmelpilz im Gebäude

und Innenputz, das Dach mit Dachhaut, Dämmung und Innenverkleidung. Ähnlich wie im lebenden Organismus einer Zellmembran soll diese Hülle das Innere ausreichend schützen. Und ebenfalls wie in der Membran bedarf es zusätzlicher Elemente, die „etwas“ hinein- oder herauslassen. Diese Öffnungen sind in der Gebäudehülle hauptsächlich Fenster und Türen.

Entscheidend für die Gesundheit einer Zelle ist das Zusammenspiel zwischen Membran und Proteinen. Unter anderem wird deswegen die Membran auch „das Gehirn der Zelle“ genannt<sup>[1]</sup>.

Allegorisch übertragen auf die Gebäudehülle bedeutet das, dass das Zusammenspiel zwischen Flächen, Fugen und Öffnungen funktionieren muss und die einzelnen Bauteile sich ergänzen müssen, sowohl in Hinblick auf die Nutzung – also auf das Innere eines Gebäudes – als auch in Bezug auf das Außenklima. An dieser Stelle erkennen wir schnell, dass Lösungsversuche, die sich nur auf Symptombeseitigung richten, bei Neubau, Umbau, Sanierung, Planung und Ausführung scheitern müssen, weil es sich um komplexe Zusammenhänge handelt, für die sich auch nur komplexe Lösungen eignen. Dabei spielt die Bandbreite des Außen- wie des Innenklimas eine ausschlaggebende Rolle. Eine „verzeihende“, fehlertolerante Bauweise puffert die unterschiedlichen, physikalischen Einwirkungen (Feuchte, Wärme, Schall), ohne dabei Schaden zu nehmen.

Ist Schimmelpilz aufgrund einer gestörten Gebäudehülle im Innenraum vorhanden, so ist mit Sicherheit etwas am oben genannten Zusammenspiel nicht in Ordnung.

### Ein Beispiel:

In ein altes Haus mit einem schlecht wärmedämmenden, aber gut wärmespeichernden Mauerwerk werden neue Fenster eingebaut. Die Funktionsweise – das Zusammenspiel der ehemaligen Bauteile war aufeinander abgestimmt. Die Außenwand als tragendes und schützendes Element ist die „Membran“, die möglichst wenig unerwünschte Einflüsse (Feuchte, Wärme, Schall) durchlässt. Jedoch eine Außenwand allein dient noch nicht einer sinnvollen Nutzung. Deswegen müssen auch „Störungen“ – z.B. Fenster – eingebaut werden. Fenster lassen nicht nur Licht in den Innenraum, sondern ermöglichen auch die Luftzirkulation. Wir sehen, dass ein Kontakt mit der Außenwelt durch geplante Undichtigkeit, d.h. durch Öffnen der Fenster, überhaupt erst möglich wird. Die alten Fensterscheiben hatten einen schlechteren Dämmwert als das Mauerwerk. Deshalb fungierten sie bei zu viel Feuchtigkeit im Innenbereich zusätzlich als „Kondensattrockner“. Wasser kondensierte an der Scheibe, wurde in einer Rinne im unteren Bereich gesammelt und durch ein Röhrchen nach außen abgeleitet (Kondensatfalle).

Diese Funktionsweise des Wärmeschutzes bei gleichzeitiger Entfeuchtung wird durch die Änderung nur einer wichtigen Komponente nachhaltig gestört. Der Austausch eines alten gegen ein neues Fenster bringt andere Eigenschaften und Funktionsweisen des Fensters mit sich, aber die der Wand bleiben unverändert.

Allein die Veränderung des Bauteils „Fenster“ (Einfachverglasung gegen Wärmeschutzverglasung) kann folgende Konsequenzen haben:

<sup>[1]</sup>B.H. Lipton:  
*Intelligente Zellen,*  
KOHA-Verlag 2007

## 1 Schimmelpilz im Gebäude

- Der Lichteinfall wird verändert: d.h. weniger Licht durch größere Rahmen, eine deutlich andere Qualität des Lichtes durch Doppelverglasung (z.B. geringerer UV-Lichtanteil),
- eine wesentlich geringere Wärmestrahlung wird durchgelassen,
- Luft wird nicht mehr durch Undichtigkeiten nach außen ab- bzw. nicht mehr von außen zugeführt,
- Feuchtigkeit kondensiert nicht mehr an der Fensterscheibe, sondern an der Wärmebrücke, z.B. einer Wandecke, weil diese nun im Winterhalbjahr die kälteste Stelle bildet, und
- Schall wird deutlich besser abgeschirmt als vorher.

Man kann nun die neuen Eigenschaften des Fensters in ihren Auswirkungen mit einem defekten Effektorprotein einer Zellmembran vergleichen: Sie bewirken eine Verstopfung. Dies ist zwar zum Teil beabsichtigt, aber die Membran – die Gebäudehülle – wurde dabei nicht berücksichtigt. In Bezug auf unser Thema sind dann auch das Ergebnis und seine Auswirkungen ungewollt. Aus dieser Sicht wurden die „vermeintlichen Undichtigkeiten“ verstopft, geschlossen und funktionsunfähig gemacht.

Dauerhafte Verstopfung eines Organismus führt zwangsläufig zu Krankheit. Das betrifft eine Zelle ebenso wie eine Gebäudehülle.

Um eine funktionsfähige Änderung zu erreichen, müssen alle Teile angepasst werden, damit das notwendige Zusammenspiel auch erhalten bleiben kann. Jede Teiländerung, die den Gesamtzusammenhang unberücksichtigt lässt, ist nur Symptombehandlung und Folge eines sich begrenzenden linearen Denkens.

Es entstehen enorme Aufwändungen aufgrund falscher oder falsch verstandener Sanierungen. Lesenswert in diesem Zusammenhang ist der Endbericht des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung zum „Dialog Bauqualität“<sup>[2]</sup>.

Frederic Vester hat in seinem Buch „Die Kunst, vernetzt zu denken“<sup>[3]</sup> den Umgang mit komplexen Systemen beschrieben. „Ein komplexes System besteht aus mehreren verschiedenen Teilen, die in einer bestimmten dynamischen Ordnung zueinander stehen. In diese kann man nicht eingreifen, ohne dass sich die Beziehungen aller Teile zueinander und damit der Gesamtcharakter des Systems ändern würden. ... Die Probleme ... werden wir nicht allein durch Wissenschaft und Technik in den Griff bekommen und gegen das Risiko des Misslingens können wir uns nicht allein durch dessen Berechnung absichern.“

Es bleibt uns nun nichts anderes übrig, als Gebäudehülle, Gebäudetechnik, Umwelt und Nutzer zusammen als ein komplexes System zu betrachten. Dabei nützen uns Datenmengen nicht viel, sondern wir müssen an den entscheidenden „Schaltstellen“ suchen und deren Zusammenhänge und Zusammenwirken erkennen.

Dann sind Sanierungen auch nachhaltig und gehören nicht mehr zur negativen „Kreislaufwirtschaft“, da die Ursache der Störungen behoben ist. Dann werden die Gebäude wieder „gesund“ und können genutzt werden, ohne für die Nutzer ein Gesundheitsrisiko darzustellen.

<sup>[2]</sup> Az.: Z6-4.4-01-110,  
9/2002

<sup>[3]</sup> Frederic Vester:  
„Die Kunst, vernetzt  
zu denken“, dtv, 2002

- Leseprobe -

## 2 Die Entwicklung des Bauens in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts

Nach einer Studie der Friedrich-Schiller-Universität Jena aus dem Jahr 2003<sup>[4]</sup> sind in fast 22 % der untersuchten Wohnungen Feuchtigkeitsschäden sowie in etwas über 9 % der Wohnungen sichtbare Schimmelpilzschäden gefunden worden.

Wie hoch die Feuchte- bzw. Schimmelpilzbelastung im deutschen Wohnungsbestand tatsächlich ist, entzieht sich unserer Kenntnis. Viele Behauptungen sind bisher aufgestellt worden, ohne dass genügend Untersuchungen durchgeführt worden wären, die diese bewiesen.

Aber selbst 9 % faktisch unbewohnbarer Wohnraum ist zu viel.

60 % der Schimmelschäden, die bei dieser Untersuchung festgestellt wurden, betrafen die Außenwände, 20 % die Fensterlaibungen.

Es gilt daher zu untersuchen, warum hauptsächlich an diesen Bauteilen Schimmelpilzbildung entsteht.

Wenn man keinen offensichtlichen Mangel an der Gebäudehülle feststellen kann, müssen andere Ursachen vorliegen, die ein Pilzwachstum begünstigen.

Wie kam es zu dieser Entwicklung, was hat sich in der Art des Bauens geändert, sodass der Schimmelpilzbefall in Wohnräumen so stark zunehmen konnte?

Um diese Frage beantworten zu können, betrachten wir zunächst in einem kurzen Abriss die Entwicklung des Bauens in den letzten Jahrzehnten:

Bis zum 2. Weltkrieg gab es – je nach geografischer Lage – Einzelöfen, Kachelöfen oder Hypokaustenheizung<sup>[5]</sup>. Es wurde so geheizt, dass mittags und/oder abends zumindest die „Stube“ warm war. Dabei gab es in den Häusern oder Wohnungen die unterschiedlichsten „Wärmezonen“ – von sehr warm in Ofennähe bis völlig unbeheizt; das individuelle Wärmebedürfnis der Bewohner wurde durch Aufenthalt in entsprechenden Zonen, durch Bewegung oder Kleidung geregelt. Doppelverglasung gab es nicht, die Fenster waren mehr oder weniger undicht, ließen also eine ständige Luftzirkulation zu.

Außerdem setzte man damals Kalkfarben und Kalkputze ein, die durch ihre Alkalität pilzwidrig waren. Es gab daher vergleichsweise wenige Erkrankungen im Verhältnis zu den möglichen Gefahren durch Bakterien und Schimmelpilze.

Bis in die 80er-Jahre<sup>[6]</sup> gab es keine Anforderungen an den Wärmeschutz eines Gebäudes (außer dem Mindestwärmeschutz aus hygienischen Gründen nach DIN 4108). Je nach Lage des Hauses und der regionalen Baukultur wurde ein Wärmeschutz eingebaut – wie z. B. Heraklithplatten in Betondecken – der einen gewissen Mindestwärmeschutz sicherstellte (siehe auch DIN 4108 von 1956).

Durch die Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung wurden höhere Ansprüche an die wärmedämmende Hülle der Gebäude gestellt. Gleichzeitig wuchsen die Ansprüche der Nutzer an die Wohnräume: größer, heller, schöner, bequemer, sich selbst regulierend usw. Auch das Nutzerverhalten änderte sich mit der Zeit: Der Anteil der „Zweitverdiener“ wurde größer, die Räume wurden tagsüber weniger genutzt.

Die Gebäudehülle veränderte sich anfänglich an den Fenstern (Doppelverglasung) sowie teilweise im Dachbereich. Damit ging die Änderung der Heizung von Einzelöfen (Holz, Kohle, Öl, Gas) zur Zentralheizung mit Heizkörpern (in Heizkörpernischen) einher.

<sup>[4]</sup> Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades doctor medicinae (Dr. med.) von Frau Sabine Fleischmann aus dem Jahr 2003

<sup>[5]</sup> Warmluftheizung im geschlossenen System

<sup>[6]</sup> 1. Wärmeschutzverordnung (WschVo) von 1977

## 2 Die Entwicklung des Bauens in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts

Die Zentralheizung machte es erstmals ohne großen Aufwand möglich, die ganze Wohnung zu beheizen. Wurde es zu warm in der Wohnung, öffnete man einfach die Fenster. Dadurch konnten auch Keime, Bakterien und Viren nach außen befördert werden. Das Bewusstsein, die Temperatur über Heizkörperventile zu regeln, d.h. „Energie zu sparen“, war anfänglich noch nicht vorhanden. Feuchte Wände und Pilzbefall gab es in nennenswertem Umfang nur in schwach oder gar nicht beheizten Räumen, z.B. in unbeheizten Schlafzimmern; darum wurden in früheren Zeiten tagsüber Bettdecken auf das Fensterbrett gelegt; denn die Wärmestrahlung der Sonne trocknet die Wäsche und der UV-Anteil des Sonnenlichtes tötet Krankheitserreger ab.

Durch „Dauerheizen“ wurde die relative Luftfeuchte erheblich niedriger, als dies vorher der Fall war. Die zu trockene Luft wurde nun durch Luftbefeuchter wieder aufgefuechtet. Damit aber tauchten weitere Probleme auf: Durch warmes, stehendes Wasser wird ein Luftbefeuchter zu einer hervorragenden Bakterien- und Keim-Kultur-Anlage, die durch langsame Verdunstung Mikroorganismen an die Raumluft abgibt. Die seinerzeit verwandten „Wasserschiffe“ in den Küchenherden waren wärmer. Zumindest einmal am Tag wurden sie über 60 °C erhitzt und Keime und Bakterien zum größten Teil abgetötet.

Nach der ersten Energiekrise kamen dann Thermostatventile an die Heizkörper, die mittlere Raumlufttemperatur sank wieder beträchtlich. „Energiesparfenster“ mit Doppelverglasung, Dichtungsprofilen im Flügelrahmen und Einhandbedienung wurden eingebaut. Mit diesen Änderungen weiteten sich die Probleme mit feuchten Wänden und Pilzbefall in beträchtlichem Maße aus, übergreifend auf alle Wohnräume.

Was geschah nun durch diese Änderungen aus der Sicht der Bauphysik? Warum tauchten nun plötzlich diese Probleme auf?

Folgende (technische) Einzelmaßnahmen waren durchgeführt worden, ohne die Konsequenzen zu erkennen oder zu berücksichtigen:

- Die Strahlungsheizung (Ofen) wurde durch einen (Konvektions-)Heizkörper ersetzt,
- die „Abluftanlage“ Ofen/Schornstein wurde abgeschafft, die „undichten Fenster“, die ehemals die Zuluft gewährleisteten, wurden „verstopft“,
- die bisherige Einfachverglasung, die „Kondensatfalle“, wurde gleichzeitig mit der Fenstererneuerung abgeschafft,
- das Dämmen der obersten Decke bzw. der Dachausbau erfolgte nahezu luftdicht (Heraklith mit Putz),
- die frei stehenden Schränke wurden durch Einbaumöbel ersetzt, die, vor Außenwänden aufgebaut, eine Innendämmung bilden.

All diese Veränderungen führten zu folgenden Resultaten<sup>[7]</sup>:

1. Durch den Austausch der Öfen gegen zentrale Heizungsanlagen änderte sich die Raumlufttemperatur. Bezogen auf die gesamte Wohnung stieg sie erheblich an. Ursachen dafür waren:

<sup>[7]</sup> Betrachtungszeitraum während der Heizperiode

## 2 Die Entwicklung des Bauens in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts

- Ersetzen der Wärmestrahlung des Ofens durch „heiße Luft“ der Konvektionsheizkörper;  
**Beispiel:** Bei Sonne und Windstille wird die langwellige Sonnenstrahlung auch bei  $\pm 0^\circ\text{C}$  als angenehm warm empfunden. Um eine gleiche Behaglichkeit mit der Konvektionsheizung zu bewirken, benötigt man eine Lufttemperatur zwischen  $18^\circ\text{C}$  und  $22^\circ\text{C}$ . Das Beispiel verdeutlicht, dass Wärmestrahlung unabhängig von der Lufttemperatur ist und immer wärmt,
  - Durchheizen in der Nacht – eine „Nachtabenkung“ gab es anfänglich nur durch Drehen des Rades am Heizkörper, das aber durch Möblierung bedingt oft nur schwer erreichbar war und deswegen kaum benutzt wurde,
  - der Austausch der „zugigen und kalten Fenster“ gegen Doppelverglasung oder zumindest gegen „zugfreiere Konstruktionen“.
2. Durch den Austausch undichter Fensterkonstruktionen gegen fugendichte und wärmeschutzverglaste Fensteranlagen wurden „Entlüftungsöffnungen“ der Gebäudehülle geschlossen. Durch Zumauern des Kaminzuges und durch den nahezu dichten Ausbau der obersten Geschossdecke bzw. des Daches „verbaute“ man zusätzlich Wege der natürlichen Be- und Entlüftung. Alle vorab erwähnten Veränderungen schufen die Voraussetzungen für eine Erhöhung der Raumluftfeuchte und ihren Verbleib in der Wohnung.
  3. Durch die Veränderung der Heizung und der Raumlufttemperatur wurde die absolute Menge Wasser (als Wasserdampf) in Gramm pro Kubikmeter Luft erhöht, denn wärmere Luft nimmt mehr Feuchtigkeit auf als kühle Luft. Gleichzeitig konnte sich Feuchtigkeit nicht mehr in großen Mengen als Kondensat an den Scheiben niederschlagen.  
Schließlich wurde die „Lüftungsanlage“ abgeschaltet, die bis zu diesem Zeitpunkt die verbrauchte, warme und feuchte Luft „entsorgt“ hatte.  
Der „Abluftmotor“ Schornstein wurde zugemauert, die Zuluftöffnungen der Fensterspalten und Leichtbaufugen (Dach, Türen etc.) wurden geschlossen. Kalte Bauteile wurden nicht mehr per Wärmestrahlung aufgeheizt und kühlen daher stärker aus.
  4. Die Frischluftzufuhr bzw. der Luftaustausch wurde drastisch reduziert.  
Wärmetechnisch gesehen waren diese Maßnahmen sicherlich sinnvoll, aus hygienischer und feuchtetechnischer Sicht ergeben sich jedoch ernst zu nehmende Probleme.
  5. Neue und zusätzliche Nasszellen, Duschen und Badewannen mit jederzeit verfügbarem warmen Wasser wurden eingebaut, wodurch die Gesamtfeuchtelast weiter erhöht wurde.
  6. Früher gab es ein paar Topfpflanzen im Wohnzimmer und sonntags einen Strauß Blumen auf dem Küchentisch, heute ist eine üppige Pflanzenwelt in vielen Wohnungen Standard. Dies sind – neben Aquarien und Haustieren – nicht zu vernachlässigende, zusätzliche Feuchtelasten für Innenräume.

## 2 Die Entwicklung des Bauens in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts

---

Zusammenfassend kann man sagen, dass es vier Hauptgründe für die starke Zunahme der Luftfeuchte in Innenräumen gibt:

- a) fehlende Kondensationsmöglichkeit überhöhter Luftfeuchte,
- b) zusätzlicher Feuchteintrag,
- c) zusätzliche Nasszellen und
- d) geringere Lüftung.

Da die Kondensatfläche „Fenster“ nicht mehr vorhanden war, suchte die Feuchtigkeit „neue“ Wege – und kondensierte an den nun kältesten Flächen.

Dabei handelt es sich um

- Wärmebrücken, material- oder konstruktionsbedingt,
- schlecht gedämmte Bauteile, wie z.B. Heizkörpernischen, sofern der Heizkörper nicht genutzt wird,
- Bauteilflächen, an denen kalte Luft entlang strömen kann, z.B. Fensterlaibungen bei Kippstellung der Fenster,
- Bauteilfugen mit von innen nach außen strömender, feuchter Warmluft,
- Einbaumöbel oder Schränke ohne Hinterlüftung, die faktisch eine Innendämmung bilden.

Selbst bei relativ trockener Luft (bereits ab ca. 35 % relative Feuchte) können an diesen Schwachpunkten verstärkt Feuchtigkeitsprobleme auftreten, da sich an den kalten Wandoberflächen die relative Luftfeuchte stark erhöht.

Abhängig vom Unterschied zwischen Raumluft- und Oberflächentemperatur kann die relative Luftfeuchte an Fensterlaibungen 80 % oder mehr betragen.

Es kam, wie es kommen musste, wenn nur Einzelaspekte berücksichtigt und berechnet werden: Menschen und Gebäude wurden krank – und das gilt unverändert bis heute.

### 3 Heutige Mindestanforderungen an die Gebäudehülle und -technik

Im Juli 2003 ist die Norm 4108-2, „Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“ bautechnisch eingeführt worden.

In dieser Norm werden u. a. folgende Punkte geregelt:

- Der Wärmeschutz von Bauteilen darf durch Tauwasserbildung bzw. Niederschlagseinwirkung nicht unzulässig vermindert werden.
- Die Außenbauteile müssen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik luftdicht ausgeführt werden.
- Auf ausreichenden Luftwechsel ist aus Gründen der Hygiene, ... zu achten. Dies ist in der Regel der Fall, wenn während der Heizperiode ein ... durchschnittlicher „Luftwechsel von  $0,5\text{h}^{-1}$ “<sup>[8]</sup> bei der Planung sichergestellt wird. Hinweise: siehe DIN 1946-6 (Lüftung von Wohnungen).
- Die Mindest-R-Werte<sup>[9]</sup> (Mindestwärmedämmung) der Außenbauteile müssen sichergestellt werden. Dabei gilt z. B. für die Außenwand ein Mindest-R-Wert von  $1,2\text{ m}^2\text{K/W}$ . Dabei muss der Mindestwärmeschutz an jeder Stelle vorhanden sein. Hierzu gehören u. a. auch Nischen und Rohrkanäle.
- An den Schnittstellen zwischen Rollladenkästen und Baukörper sowie zu dem Fensterprofil ist der Temperaturfaktor  $f_{\text{Rsi}} \geq 0,7$ <sup>[10]</sup> einzuhalten.
- Für alle Konstruktionen aus sorptiven<sup>[11]</sup> Baustoffen muss an der ungünstigsten Stelle der Temperaturfaktor, der „f-Faktor“  $\geq 0,7$ , eingehalten werden.
- Eine Belüftung der Räume sowie eine weitgehend ungehinderte Luftzirkulation an den Außenwandflächen werden vorausgesetzt.
- Es wird vorausgesetzt, dass die Räume entsprechend ihrer Nutzung ausreichend beheizt und belüftet werden (im Mittel  $\geq 19^\circ\text{C}$ ).

In der Norm wird nicht festgelegt, wann sie einzuhalten ist. Bautechnisch und physikalisch ist dies jedoch spätestens dann erforderlich, wenn ein Fenster erneuert, die Luftdichtung erhöht und/oder die Heizung verändert wird, jeweils als Einzelmaßnahme oder in den verschiedenen Kombinationen. Auf jeden Fall sollten (oder müssen sogar) Wärmebrückennachweise nach DIN 4108-2 geführt werden.

Ein pauschaler Nachweis – wie er von der EnEV<sup>[12]</sup> gefordert wird – ist hier nicht ausreichend.

Nach § 535 BGB bzw. § 633 BGB ist die Funktion des Objektes, z. B. auch nach einer Fenstererneuerung, sicher zu stellen (siehe S. 14/15).

<sup>[8]</sup> Die Hälfte (0,5) des Raumluftvolumens muss einmal pro Stunde ausgetauscht werden.

<sup>[9]</sup> Definition „R-Wert“: Summe der Wärmedurchlasswiderstände aller Bauteilschichten ohne Wärmeübergangswiderstände

<sup>[10]</sup>  $f_{\text{Rsi}}$ -Faktor, s. Kap. 8.2, S. 72

<sup>[11]</sup> sorptiv = saugfähig

<sup>[12]</sup> Energie-Einsparverordnung

## 4 Gerichtliches

Aus Sicht der Autoren ist ein schimmelpilzbefallenes Objekt (Wohnung, Haus usw.) ein Mangel, der nicht zu akzeptieren ist – unabhängig davon, wer oder was die Ursache ist (s. auch S. 14/15, BGB § 535).

Ein Bundesgerichtshofurteil vom 29.6.2006 VII ZR 274/04; OLG Celle:

BGB §§ 631, 633 Abs. 3 a. F (Auszug aus [<http://lexetius.com/2006,1624/>]) dazu:

**„Eine ordnungsgemäße Mangelbeseitigung eines mit Schimmelpilz befallenen Dachstuhls liegt nicht vor, wenn dessen Holzgebälk nach Vornahme der Arbeiten weiterhin mit Schimmelpilzsporen behaftet ist. Dies gilt auch dann, wenn von diesen keine Gesundheitsgefahren für die Bewohner des Gebäudes ausgehen.**

Der Kläger ließ sich ein Einfamilienhaus bauen. Mit den Architekten- und Ingenieurleistungen beauftragte er den Beklagten 1, mit den Holzbau-, Gipskarton- und Isolierungsarbeiten die Beklagte 2. Die Beklagte 2 errichtete den Dachstuhl des Gebäudes im Herbst/Frühjahr 1998/1999. Im April 1999 stellte der Kläger Schimmelpilz an dem Holzgebälk des Dachstuhls fest ...

Nachdem der Beklagte 1 sich bereits mit Schreiben vom 20. Juli 1999 bereit erklärt hatte, die Mängel des Werkes zu beseitigen, bot er mit Schreiben vom 27. August 1999 dem Kläger die Sanierung des Dachstuhls durch die Beklagte 2 nach Maßgabe der Empfehlungen eines von ihm eingeschalteten Sachverständigen an ... Unter Bezugnahme auf ein in jenem Verfahren eingeholtes Sachverständigengutachten forderte der Kläger die Beklagten erneut zur Mangelbeseitigung durch Entfernung des Dachstuhles auf ...

Das Berufungsgericht ist der Auffassung, der Kläger habe keinen Anspruch auf Ersatz der für Abriss und Neuerrichtung des Dachstuhls geltend gemachten Kosten. Beide Beklagten hätten ein Recht, den unstreitig von Schimmel befallenen Dachstuhl nachzubessern.

Verlange der Auftraggeber eine bestimmte Art der Nachbesserung, trage er die Beweislast dafür, dass nur so der Mangel beseitigt werden könne. Diesen Beweis habe der Kläger nicht geführt.

Im Gegenteil habe sich ergeben, dass die vom Kläger veranlasste Totalsanierung nicht erforderlich gewesen sei. Für den Kläger stelle sich der Schimmelbefall wegen der für die künftigen Bewohner befürchteten Gesundheitsgefährdung als Mangel dar. Schimmelpilze besäßen Schadstoffcharakter.

Nach den vom Sachverständigen vorgeschlagenen Nachbesserungsarbeiten wäre jedoch nicht zu erwarten gewesen, dass schädliche Partikel in die im Dachgeschoss ausgebauten Wohnräume eindringen würden. Es wäre allenfalls ein Restrisiko von maximal 10 % verblieben, dass es noch zu einer Gesundheitsgefährdung hätte kommen können. Danach lasse sich nicht feststellen, dass die von den Beklagten angebotene Sanierung ungeeignet und nicht zuzumuten gewesen wäre. Zutreffend habe das Landgericht auch einen nur anteiligen Anspruch auf Kostenersatz für die bei einer eingeschränkten Sanierung angefallenen Arbeiten abgelehnt ...

## 4 Gerichtliches

*Das hält der rechtlichen Überprüfung in mehreren Punkten nicht stand. Die Ausführungen des Berufungsgerichts sind bereits im Ansatz rechtsfehlerhaft, weil es verkennt, worin der unstreitig gegebene Werkmangel besteht.*

*1. Der von der Beklagten 2 errichtete Dachstuhl war mangelhaft, weil er unstreitig vollständig von Schimmelpilz befallen war. Das vertraglich geschuldete Werk war ein Dachstuhl ohne Pilzbefall. Die Frage einer Gesundheitsgefährdung kann in diesem Zusammenhang dahinstehen, weil sie unbeachtlich ist. Der verschimmelte Dachstuhl wäre selbst dann mangelhaft gewesen, wenn von ihm keinerlei Gefahren für die Bewohner des Hauses gedroht hätten ...*

*2. b) ... Davon unabhängig ist das Berufungsurteil rechtsfehlerhaft, weil sich aus den Feststellungen des Berufungsgerichts nicht ergibt, dass das Angebot des Beklagten 1 in seinem Schreiben vom 27. August 1999 mit Bezugnahme auf sein Schreiben ... im Hinblick auf die vorgeschlagene Art und Weise der Mangelbeseitigung geeignet war, einen Annahmeverzug des Klägers zu begründen.*

*Ein Annahmeverzug setzt grundsätzlich zunächst voraus, dass die Leistung ordnungsgemäß angeboten wird. Das Angebot einer Mangelbeseitigung, die nicht den vertraglich geschuldeten Erfolg herbeiführt, ist nicht ordnungsgemäß; der Auftraggeber braucht eine solche Mangelbeseitigung grundsätzlich nicht zu akzeptieren (BGH, Urteil vom 27. März 2003 – VII ZR 443/01, BGHZ 154, 301, 304).*

***Da der Mangel in dem Schimmelpilz bestand, hätte eine ordnungsgemäße Mangelbeseitigung nur darin bestehen können, den Schimmelpilz vollständig und endgültig zu beseitigen. Ob dies mit den vom Beklagten zu 1 angebotenen Sanierungsmaßnahmen hätte erreicht werden können, erscheint als zweifelhaft und ist jedenfalls dem Berufungsurteil nicht zu entnehmen. Denn das Berufungsgericht hat sich auf die nicht ausschlaggebende Prüfung beschränkt, ob mit den angebotenen Maßnahmen eine Gesundheitsgefährdung im Großen und Ganzen abgewendet werden könne ...“***

Zu dem Thema „Gesundheitsgefahren“ in Innenräumen:

Es besteht zurzeit in Deutschland kein durchgeklagter Rechtsanspruch auf hygienisch-medizinische Grenzwerte in Innenräumen, es sei denn, dass es Grenzwerte aus dem Chemikaliengesetz oder spezielle Grenzwerte zu bestimmten Stoffen (PCB, PCP, Lindan etc.) gibt. Lediglich die Landesbauordnungen schreiben hier einiges vor. Zitat aus der

MBO<sup>[13]</sup>, § 3 Allgemeine Anforderungen:

„(1) Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden.

(2) Bauprodukte und Bauarten dürfen nur verwendet werden, wenn bei ihrer Verwendung die baulichen Anlagen bei ordnungsgemäßer Instandhaltung während einer dem Zweck entsprechenden angemessenen Zeitdauer die Anforderungen dieses Gesetzes oder aufgrund dieses Gesetzes erfüllen und gebrauchstauglich sind.

<sup>[13]</sup> Muster-Bau-Ordnung

## 4 Gerichtliches

*(3) Die von der obersten Bauaufsichtsbehörde durch öffentliche Bekanntmachung als Technische Baubestimmungen eingeführten technischen Regeln sind zu beachten. Bei der Bekanntmachung kann hinsichtlich ihres Inhalts auf die Fundstelle verwiesen werden. Von den Technischen Baubestimmungen kann abgewichen werden, wenn mit einer anderen Lösung in gleichem Maße die allgemeinen Anforderungen des Absatzes 1 erfüllt werden.“*

Diese „Grundleistungen“ im Baubereich sind nur schwer einzuklagen, dennoch bilden sie die Grundlage für alle Bauschaffenden, an denen im Sinne des Nutzers eigentlich nicht gerüttelt werden dürfte (s. auch S. 14/15, BGB §§ 535, 633).

Die aktuelle Rechtsprechung deckt diese These, (<http://lexetius.com/2007,1003>), BGH, Urteil vom 18.4.2007 – VIII ZR 182/06; LG Düsseldorf (Lexetius.com/2007, 1003):

„Die außerordentliche fristlose Kündigung eines Mietverhältnisses über Wohnraum wegen erheblicher Gesundheitsgefährdung nach § 543 Abs. 1, § 569 Abs. 1 BGB ist grundsätzlich erst zulässig, wenn der Mieter dem Vermieter zuvor gemäß § 543 Abs. 3 Satz 1 BGB eine angemessene Abhilfefrist gesetzt oder eine Abmahnung erteilt hat.

*... Die Feststellung des Berufungsgerichts, dass die Wohnung in gesundheitsgefährdender Weise mit Schimmel befallen gewesen sei, entbehrt bislang einer tragfähigen Grundlage. Das Berufungsgericht hat seine Feststellung lediglich auf drei von der Beklagten zu den Akten gegebene Lichtbilder gestützt. Auf diesen Fotografien ist nur zu erkennen, dass die Tapete an zwei Stellen in einer Breite von etwa 1–2 m und einer Höhe von etwa 30–60 cm mit – das ist unstreitig – Schimmelpilz befallen war. Das Berufungsgericht hat nicht ausgeführt, weshalb dieser Schimmelpilzbefall gesundheitsgefährdend sein sollte. Die Frage, ob Schimmelpilz in Mieträumen die Gesundheit der Bewohner gefährdet, lässt sich nicht allgemein beantworten und kann in vielen Fällen nur durch ein medizinisches Sachverständigengutachten geklärt werden ...*

*Die Beurteilung des Berufungsgerichts, das vom Gutachter ermittelte Lüftungsverhalten, bei dem sich eine Schimmelbildung hätte vermeiden lassen (bei alleiniger Nutzung durch die Beklagte bei Abwesenheit während des Tages viermaliges und bei Anwesenheit während des Tages sechsmaliges Lüften der Wohnung; bei Nutzung durch zwei Personen während des Tages fünfmaliges und bei Anwesenheit während des Tages zwölfmaliges Lüften der Wohnung) sei der Beklagten nicht zumutbar, schöpft den Inhalt des Sachverständigengutachtens nicht aus und trägt den Einwänden des Klägers gegen das Sachverständigengutachten nicht ausreichend Rechnung.*

*Das Berufungsgericht hat nicht berücksichtigt, dass der Sachverständige in seinem Gutachten mit dem ‚Lüften der Wohnung‘ lediglich das Kippen der Fenster für etwa drei bis acht Minuten gemeint hat. Das Berufungsgericht hat zudem den Einwand des Klägers, die hohe Lüftungsfrequenz ergebe sich nur daraus, dass der Gutachter seiner Berechnung eine zu hohe Feuchtigkeitsabgabe eines Menschen mit leichter körperlicher Aktivität von 120 g/h zugrunde gelegt habe, zu Unrecht als unerheblich angesehen.*

## 4 Gerichtliches

*Der Kläger hat zutreffend darauf hingewiesen, dass nach dem vom Bundesumweltamt herausgegebenen ‚Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelwachstum in Innenräumen‘ bei einem Menschen mit leichter körperlicher Aktivität lediglich eine Feuchteabgabe von 30–40 g/h anzunehmen ist. Er hat weiter vorgetragen, dass die Wohnung bei einem demnach anzusetzenden Mittelwert von 35 g/h nach der im Übrigen zutreffenden Rechnung des Sachverständigen – bei Anwesenheit einer Person während des Tages – lediglich alle 10,5 Stunden, also nur zwei Mal, und nicht sechs Mal am Tag hätte gelüftet werden müssen.*

*Das Berufungsgericht hat hierzu ausgeführt, auch bei Berücksichtigung einer Feuchtigkeitsabgabe von 35 g/h ergebe sich eine Unzumutbarkeit des zur Schimmelvermeidung erforderlichen Lüftungsverhaltens für den letzten Monat, in dem die Beklagte die Wohnung zusammen mit ihrem Lebensgefährten genutzt habe; denn auch dann hätte die Wohnung etwa alle 5,5 Stunden gelüftet werden müssen, was der Beklagten nicht zumutbar gewesen sei. Dies erscheint auch unter Berücksichtigung des Beurteilungsspielraums, der dem Tatrichter bei der Anwendung eines unbestimmten Rechtsbegriffs – wie hier des Begriffs der Zumutbarkeit – auf den konkreten Sachverhalt vorbehalten ist, nicht haltbar.*

*Entgegen der Ansicht des Berufungsgerichts ist es bei lebensnaher Betrachtung durchaus zumutbar, eine etwa 30 m<sup>2</sup> große Wohnung bei Anwesenheit von zwei Personen während des Tages insgesamt vier Mal durch Kippen der Fenster für etwa drei bis acht Minuten zu lüften. Das Berufungsgericht wird den Sachverständigen daher gegebenenfalls zu dem Einwand des Klägers anhören müssen, auch wenn der Kläger die Anhörung des Sachverständigen bislang nicht ausdrücklich beantragt hat.“*

Zudem gibt es noch den **§ 280 BGB**:

„(1) Verletzt der Schuldner eine Pflicht aus dem Schuldverhältnis, so kann der Gläubiger Ersatz des hierdurch entstehenden Schadens verlangen. Dies gilt nicht, wenn der Schuldner die Pflichtverletzung nicht zu vertreten hat.

(2) Schadensersatz wegen Verzögerung der Leistung kann der Gläubiger nur unter der zusätzlichen Voraussetzung des § 286 verlangen ...“

Sei es, wie es wolle, Schimmelpilze haben im Innenbereich nichts zu suchen – ob nun mit juristischen Urteilen oder ohne –, da sie ein unnötiges Gesundheitsrisiko darstellen – auch ohne langwierige medizinische Gutachten.

### **§ 535 BGB**

Inhalt und Hauptpflichten des Mietvertrags

(1) Durch den Mietvertrag wird der Vermieter verpflichtet, dem Mieter den Gebrauch der Mietsache während der Mietzeit zu gewähren. Der Vermieter hat die Mietsache dem Mieter in einem zum vertragsgemäßen Gebrauch geeigneten Zustand zu überlassen und sie während der Mietzeit in diesem Zustand zu erhalten. Er hat die auf der Mietsache ruhenden Lasten zu tragen.

## 4 Gerichtliches

(2) Der Mieter ist verpflichtet, dem Vermieter die vereinbarte Miete zu entrichten

### § 633 BGB

Sach- und Rechtsmangel

(1) Der Unternehmer hat dem Besteller das Werk frei von Sach- und Rechtsmängeln zu verschaffen.

(2) Das Werk ist frei von Sachmängeln, wenn es die vereinbarte Beschaffenheit hat. Soweit die Beschaffenheit nicht vereinbart ist, ist das Werk frei von Sachmängeln,

1. wenn es sich für die nach dem Vertrag vorausgesetzte, sonst
2. für die gewöhnliche Verwendung eignet und eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Besteller nach der Art des Werkes erwarten kann.

Einem Sachmangel steht es gleich, wenn der Unternehmer ein anderes als das bestellte Werk oder das Werk in zu geringer Menge herstellt.

(3) Das Werk ist frei von Rechtsmängeln, wenn Dritte in Bezug auf das Werk keine oder nur die im Vertrag übernommenen Rechte gegen den Besteller geltend machen können.

### Sonstiges zum Mietrecht:

*Mieter müssen Möbelstücke zum Schutz vor Feuchtigkeitsschäden nicht von der Wand abgerückt aufstellen (Landgericht Mannheim, Az.: 4 S 62/06).*

*Die Möblierung gehört zur Nutzung der Mietwohnung, der Mieter muss die Möbel daher nicht in einer bestimmten Weise oder Anordnung aufstellen und ist daher auch berechtigt, die Möbel direkt an den Außenwänden aufzustellen. Mietwohnungen müssten so beschaffen sein, dass sich bei einem Wandabstand von nur wenigen Zentimetern keine Feuchteschäden bilden können.*

Im vorliegenden Gerichtsfall waren Schäden im Schlafzimmer aufgetreten, auch an den Möbeln des Mieters. Der Vermieter argumentierte, daran sei der Mieter selbst schuld. Er habe die Möbel zu nah an der Außenwand aufgestellt. Den Mieter trifft in solchen Fällen aber kein Verschulden. Möbel dürften an die Außenwände gestellt werden. Es gebe außerdem keine Pflicht, z. B. Abstände von fünf bis zehn Zentimetern einzuhalten.

Das Gericht verurteilte den Vermieter nicht nur zur Beseitigung der Feuchtigkeitsschäden und zu mehr Wärmedämmung, er musste auch Schadensersatz von knapp 2000 € an den Mieter zahlen.

### § 536c BGB

Während der Mietzeit auftretende Mängel; Mängelanzeige durch den Mieter

(1) Zeigt sich im Laufe der Mietzeit ein Mangel der Mietsache oder wird eine Maßnahme zum Schutz der Mietsache gegen eine nicht vorhergesehene Gefahr

## 4 Gerichtliches

---

erforderlich, so hat der Mieter dies dem Vermieter unverzüglich anzuzeigen. Das Gleiche gilt, wenn ein Dritter sich ein Recht an der Sache anmaßt.

(2) Unterlässt der Mieter die Anzeige, so ist er dem Vermieter zum Ersatz des daraus entstehenden Schadens verpflichtet. Soweit der Vermieter infolge der Unterlassung der Anzeige nicht Abhilfe schaffen konnte, ist der Mieter nicht berechtigt,

1. die in § 536 bestimmten Rechte geltend zu machen,
2. nach § 536a Abs. 1 Schadensersatz zu verlangen oder
3. ohne Bestimmung einer angemessenen Frist zur Abhilfe nach § 543 Abs. 3 Satz 1 zu kündigen.

- Leseprobe -

## 5 Gesundheitliche Fragestellungen bei Schimmelpilz- und Feuchteschäden

### 5.1 Was gilt als Innenraum?

**5.1 Was gilt als Innenraum?** Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) definiert „Innenräume“ als Wohnungen mit Wohn-, Schlaf-, Bastel-, Sport- und Kellerräumen, Küchen und Badezimmern, außerdem Arbeitsräume in Gebäuden, die im Hinblick auf gefährliche Stoffe nicht dem Geltungsbereich der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) unterliegen wie etwa Büroräume. Innenräume in öffentlichen Gebäuden (Krankenhäuser, Schulen, Kindertagesstätten, Sporthallen, Bibliotheken, Gaststätten, Theater, Kinos und anderen öffentliche Veranstaltungsräumen) sowie das Innere von Kraftfahrzeugen und öffentlichen Verkehrsmitteln zählen ebenfalls dazu.

### 5.2 Mögliche Beschwerden, Irritationen und Krankheitsbilder

Die häufigsten Beschwerden bei Schimmelpilzen in Innenräumen sind irritative Beschwerden der Atemwege im Wohnungsbereich sowie Allergien im Arbeitsbereich.

Bei etwa 5 % der Bevölkerung ist eine Sensibilisierung gegenüber Schimmelpilzen vorhanden, Tendenz zunehmend. Eine Sensibilisierung erhöht das Risiko von allergischen Reaktionen (z. B. Rhinitis) bzw. weiteren Sensibilisierungen.

Eine Hypersensitive Pneumonitis (entzündliche Veränderung der Lunge) tritt jedoch fast ausschließlich nach wiederholter Exposition von sehr hohen Konzentrationen von Sporen ( $10^6$  bis  $10^{10}$  Sporen/ $m^3$ ) auf. Diese hohen Konzentrationen treten im Innenbereich praktisch nicht auf.

Irritative und toxische Reaktionen sind in erster Linie auf die Stoffwechselprodukte der Pilze zurückzuführen. Irritationen können bereits bei Schimmelpilzkonzentrationen von

$> 10^3$  Sporen/ $m^3$  entstehen und damit – bei entsprechend hoher Belastung – auch in Innenräumen. Zu den irritativen Reaktionen gehören z. B. unspezifische Reizungen der Schleimhäute, der Augen, der Nase und des Rachens, was in Einzelfällen auch zu entzündlichen Prozessen führen kann.

Bei sehr hohen und regelmäßigen Schimmelpilzsporen- oder Bakterienbelastungen ( $10^9$  Sporen/ $m^3$  bzw. 1–2  $\mu\text{g}/m^3$ ), die ggf. an Arbeitsplätzen vorhanden sind, kann das ODS (Organic Dust Toxic Syndrome oder Drescher-/Getreidefieber) entstehen, welches eine grippeähnliche Symptomatik aufweist.

Schwerwiegender ist jedoch die Aufnahme von Mykotoxinen (Schimmelpilzgifte) über die Nahrung.

Ein Infektionsrisiko durch eine Innenraumschimmelpilzbelastung ist gering. Menschen mit ausgeprägt abgeschwächter Immunreaktion (immunsupprimierte Patienten) können durch thermotolerante Schimmelpilze (z. B. *Asp. fumigatus*, *Asp. terreus*, *Asp. niger*, *Asp. flavus*, *Emericella nidulans*, *Fusarium sp.*, u.a.) eine Infektion bekommen. Die häufigsten Erreger sind dabei:

- *Asp. flavus* (assoziiert mit Trockenfrüchten, Kaffee, etc.)
- *Asp. fumigatus* (Müllkeim).

Folgende Berufsgruppen/Tätigkeiten können mit erhöhter Schimmelpilzbelastung rechnen:

- Kompost- und Abfallbehandlung
- Landwirtschaft
- Tierzucht (Hühner/Schweine, etc.)
- Abbrucharbeiten im Bereich von Krankenhäusern.

Gesundheitliche Beschwerden in Innenräumen werden beschrieben bei dauerhaften Belastungen von  $> 2.400$  KBE/ $m^3$ . Dabei zeigt sich

### 5.2 Mögliche Beschwerden, Irritationen und Krankheitsbilder

eine starke Assoziation zu Feuchtigkeitserscheinungen.

Eine weitere Belastungsquelle ist der in der Wohnung länger als eine Woche gelagerte Biomüll. Hierdurch entstehen u. a. Mykotoxine, Endotoxine und andere Giftstoffe.

Weitere Einflussfaktoren für die gesundheitlichen Belastungen wurden mit Hausstaubmilben (vor Allem bei Babys und Kleinkindern) sowie Tabakrauch festgestellt.

Weiter ist die Außenluftbelastung ein Faktor, der in die grundsätzliche gesundheitliche Bewertung mit einfließen muss.

Erhöhte Feuchtigkeit in Innenräumen führt i. d. R. zu einer hohen Innenraumbelastung (Schimmelpilze, Bakterien, Amöben, Milben und anderen Innenraumschadstoffe) und ist daher grundsätzlich als potentielle Gefährdung anzusehen.

Ein Feuchtigkeitsproblem (mit den entsprechenden Folgen) im Innenraum sollte daher grundsätzlich beseitigt werden.

Wegen der Innenraum- und Wandoberflächentemperaturen von 15–23°C können thermotolerante (wärmeunempfindliche) Pilze, wie *Asp. fumigatus* oder *Asp. flavus*, nicht vermehrt wachsen, es sei denn in Biotonnen, Kaffeesatz, u. a. Diese Pilze sind daher weniger mit einem Feuchteschaden in Innenräumen zu assoziieren, als eher mit dem Verhalten der Nutzer innerhalb der Wohnung.

Mesophile Pilze (mittlere Temperaturen bevorzugend), wie *Asp. versicolor*, *Asp. penicillioides*, *Asp. restrictus*, u. a. sind Indikatoren für ein Feuchteproblem im Innenbereich.

Schimmelpilze, die auch bei Körpertemperatur (32–37 °C) wachsen kön-

nen, wie *Fusarium*, *Acremonium*, *Trichoderma*, u. a. können durchaus als Infektionserreger von Bedeutung sein. Diese Pilze können bei entsprechenden Feuchten und Temperaturen auch in Innenräumen nachgewiesen werden, z. B. in Handtüchern, Staub, u. a.

Für *Penicillium* spp. gibt es derzeit sehr wenig Erkenntnis über die möglichen Quellen. Diese Pilze werden oft assoziiert mit Nahrungsmitteln (z. B. Käse), Blumenerde, Kompost oder durchfeuchteten Bereichen, wie Handtücher und feuchtnassen Tapeten.

Verschiedene Messungen, z. B. Raumluftmessungen, Klebefilmproben und Staubbmessungen von Schimmelpilzkonzentrationen in Innenräumen ergänzen sich i. d. R., so dass ein Fachmann daraus entsprechende Schlüsse (auf einen evtl. Gebäudeschaden, wie auch als Arzt auf ein gesundheitliches Risiko) ziehen kann.

Gesundheitlich relevant sind weiterhin Schimmelpilze auf oder in Nahrungsmitteln, in Handtüchern, in Wischlappen, im Hausmüll, etc. Zu beachten sind hier auch Hefen, wie z. B. *Candida albicans*, die i. d. R. immer im menschlichen Organismus zu finden sind, unter bestimmten Bedingungen aber krankheitsauslösend sein können.

Nach Hinweisen der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) für das häusliche Umfeld sollten immunsupprimierte Menschen auf Blumen im Innenbereich – vor Allem im Schlafbereich – verzichten. Mögliche Infektionen können aus den Schimmelpilzen in der Blumenerde

## 6 Wachstumsvoraussetzungen für Schimmelpilze in Innenräumen

Schimmelpilze können in Innenräumen nur dann wachsen, wenn folgende Mindestvoraussetzungen gegeben sind:

- „freies“ Wasser ab etwa 70 %, bei den meisten Arten ab 80% relativer Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche, in der Mykologie als „Substrat“ bezeichnet, technisch ausgedrückt: einen  $a_w$ -Wert  $\geq 0,7$  <sup>[14]</sup>;
- genügend Zeit zum Aussporen und dabei genügend Feuchtigkeit (s. S. 23);
- Nahrung (organisches Material);
- eine Temperatur von etwa  $-10\text{ }^\circ\text{C}$  bis über  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , optimal:  $5\text{ }^\circ\text{C}$  bis  $35\text{ }^\circ\text{C}$ ; Optimum variiert von Pilz zu Pilz und ist in Gebäuden in unseren Breitengraden immer vorhanden;
- einen pH-Wert zwischen 2 und 11; Optimum: 5–7; der nötige pH-Wert variiert von Pilz zu Pilz;
- eine sehr geringe Sauerstoffmenge: 0,14 % bis 0,25 % (der Mensch benötigt mindestens 17 %).

Nur wenn alle diese Wachstumsvoraussetzungen gegeben sind, kann Schimmelpilz überhaupt erst wachsen und ein Geflecht (Mycel) ausbilden. Wenn also in Innenräumen Schimmelpilz auf der Tapete oder hinter einer Fußleiste wächst, sind alle oben genannten Voraussetzungen erfüllt.

Das bedeutet andererseits, dass bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen entweder

- ein Baufehler oder
- ein Wasserschaden vorliegt,
- eine Möblierung, die verhindert, dass genügend Luft und Wärme an die Wandoberfläche kommen,
- die Lüftung der Wohnung nicht ausreicht, um die interne Feuchtelast nach außen abzulüften,
- eine falsche Lüftung (z.B. Fenster auf „Kipp“) durchgeführt wird oder
- eine „Nichtnutzung“ vorliegt.

Das Wachstum der Schimmelpilze ist

zum einen artenabhängig – manche Pilze wachsen schnell, andere nur langsam –, zum anderen feuchtigkeitsabhängig, was man beeinflussen kann.

Hohe Feuchten im Innenbereich bzw. auf der Oberfläche ziehen in der Regel schnelles Wachstum nach sich. Dabei „versteckt“ sich der Pilz am liebsten. Er wächst nämlich überhaupt nicht gern dort, wo Luftbewegung stattfindet, weil dadurch die Oberfläche entfeuchtet wird.

Dies ist u. a. auch ein Grund dafür, warum man unbedingt vermeiden soll, Möbel in nicht gut gedämmten Häusern oder in noch nicht trockenen Neubauten direkt an die Außenwand zu stellen.

Neben der Feuchte ist das Nahrungsangebot das zweitwichtigste Kriterium. Nur dort, wo organisches Material vorhanden ist, wird sich der Pilz auf Dauer einrichten können.

Und man kann davon ausgehen, dass organisches Material fast überall in Innenräumen vorhanden ist; Bodenbeläge, auf Essig bzw. Zitrone basierende Reinigungsmittel, Dispersionsfarben, Staub, Putz, usw. sind alle mehr oder weniger als Nahrungsquelle für Schimmelpilze geeignet.

Deutlich erkennbar wird dies z.B. in Duschen:

Auf Kacheln lagert sich Seife ab, die Schimmelpilzen als ausreichendes Nahrungsangebot dient (Abb. 1). Oder die Dusche wird regelmäßig mit essighaltigen Mitteln gereinigt, was zur Folge hat, dass der organische



(Abb. 1)

<sup>[14]</sup>  $a_w$ -Wert =  
Wasseraktivität  
siehe auch  
Kap. 8.2, S. 70

## 6 Wachstumsvoraussetzungen für Schimmelpilze in Innenräumen

Anteil des Reinigers in die Fugen „kriecht“ und gleichzeitig den pH-Wert so einstellt, dass Schimmel bis zu einem Millimeter in die für ihn normalerweise unwirtliche Fugenmasse einwachsen kann.

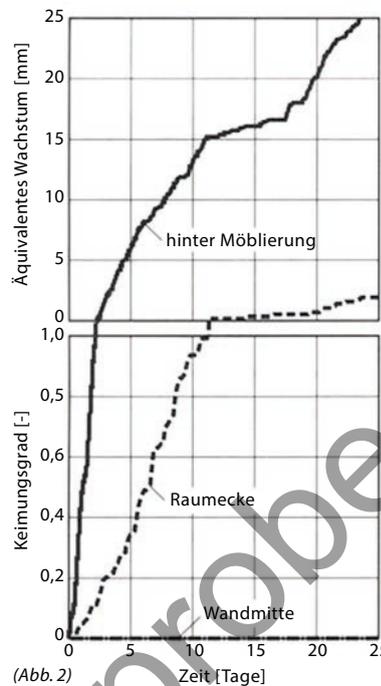
Mülleimer bieten ideale Bedingungen für optimales Schimmelpilzwachstum. Diese „Anzuchttonnen für Mikroorganismen“ sollten daher regelmäßig gereinigt und vor Wiederbefüllung getrocknet werden. Gleiches, nur deutlich reduziert, kann in Staubsaugerbeuteln geschehen.

Aus Untersuchungen der Fraunhofergesellschaft entstammt oben stehende Grafik (Abb. 2)<sup>[15]</sup>:

Das untere Quadrat zeigt die Aussporung des Pilzes.

An der ungestörten Wand wird der Pilz nicht aussporen, da nicht genügend freies Wasser zur Verfügung steht.

In der Raumecke zur Außenwand ist es kühler aufgrund einer geometrischen Wärmebrücke. An kälteren Stellen ist die relative Feuchte ( $a_w$ -Wert) höher, sodass die Voraussetzungen für eine Auskeimung vorhanden sind. Diese dauert, je nach Gattung, Feuchte und Temperatur, bis zu zwölf Tage. Hinter der Möblierung an der Außenwand ist die Feuchte noch höher, da die Innenraumtemperatur nicht bis an die Wandoberfläche gelangt.



(Abb. 2)

Ferner wird eine Luftbewegung, die Trocknungseffekte hat, weitgehend verhindert. Die Aussporung kann daher viel schneller geschehen. In weniger als drei Tagen kann nach Sporenanflug und ausreichender Feuchte bereits die Aussporung abgeschlossen sein, und das Mycel, der eigentliche Organismus, beginnt zu wachsen.

Im oberen Quadrat ist das Mycelwachstum aufgezeichnet. Auch hier zeigt sich deutlich der Zusammenhang von

Feuchte (und ggf. stehen der Luft) und Wachstumsgeschwindigkeit der Innenraumschimmelpilze. Das Nahrungsangebot wird hier als ausreichend vorausgesetzt.

Durch Abb. 3<sup>[16]</sup> werden die Zusammenhänge deutlich: Die Decke wurde mit Styropor gedämmt, die Wand- bzw. Deckenkante nicht, weil dort ein Schrank stand (Achtung! Der Pilz kann auch unter der Styropordämmung wachsen): Damit wurde die Wärmebrücke doppelt verstärkt:



(Abb. 3)

<sup>[15]</sup> Copyright: Institut für Bauphysik, Holzkirchen

<sup>[16]</sup> Foto: A. Göhring

## 7 Feuchtequellen erkennen und beseitigen

---

In Kapitel 1 wurde die Gebäudehülle mit einer Zellmembran verglichen. Die Hauptaufgabe der Gebäudehülle (Wand, Dach und andere Außenbauteile) ist es, für Schutz gegen Außeneinflüsse und für Schutz und Erhalt des Innenklimas zu sorgen.

Sie soll Wärme im Sommer aussperren und Kälte im Winter nicht hereinlassen, soll vor Lärm und anderen Außeneinflüssen schützen, darf bei Nässe kein Wasser herein- und bei Kälte keine Wärme hinauslassen, kurz – sie bildet die „dritte Haut“ für ihre Bewohner.

Wenn diese Bauteile ihre Mindestanforderungen nicht mehr erfüllen, funktionieren sie nicht mehr einwandfrei und die Gebäudehülle – die „Membran“ – ist als krank einzustufen. Dann sind die Voraussetzungen für Schimmelpilzbildung im Innenbereich gegeben.

Deswegen sollten gerade diese wichtigen Bauteile immer untersucht und vor allem instand gehalten werden.

– Leseprobe –

## 7 Feuchtequellen erkennen und beseitigen

### 7.1 Fehlerhafte Gebäudehülle

#### 7.1.1 Außenputz

Der Außenputz hat – abgesehen von seiner optischen Wirkung – auch die Aufgabe, die Außenwand vor Schlagregen zu schützen.

Der Giebel des rechten, hinteren Hauses (Abb. 8) zeigt eine Schieferfassade an der Wetterseite, die – sofern sie nicht fehlerhaft angebracht wurde – schlagregendicht ist. Solche Fassaden sind oft in regenreichen Gebieten oder an regenzugewandten Gebäudeseiten zu finden.

Die Putzfassade dieses Hauses ist in Ordnung, die Fassade neu gestrichen. Das vordere Haus dagegen lässt deutlich eine mangelhafte Putzfassade erkennen, die keinen guten Schutz gegen Schlagregen bieten kann (siehe auch DIN 4108-3, Anforderungen an Verputze).



(Abb. 9)

Wird bei einer solchen Fassade die Instandhaltung vernachlässigt, werden die Anschlüsse der Fensterbänke und Verwahrungen<sup>[20]</sup> zum

<sup>[20]</sup> Anschluss-  
abdichtungen



(Abb. 8)

Schwachpunkt. Abb. 10 veranschaulicht dies sehr deutlich.



(Abb. 10)

Aufsteigende Feuchte kommt u. a. auch durch falschen Fassadenanstrich, partielle Fehler im Außenputz oder durch fehlenden Putz (Abb. 9, 11) zustande und erhöht die Gesamtfuchte der Außenwand.

Eine Schimmelpilzsanierung kann auf Dauer nur dann Erfolg haben, wenn ein

## 7 Feuchtequellen erkennen und beseitigen

### 7.1 Fehlerhafte Gebäudehülle

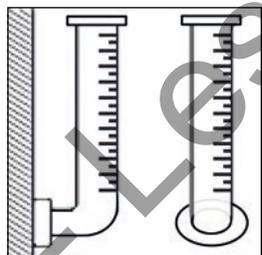


(Abb. 11)

Gebäude ausreichend gegen Schlagregen geschützt wird, d.h., wenn es eine entsprechende Fassadenausbildung (Dämmung, Putz, Anstrich) erhält.

Werden die Arbeiten korrekt ausgeführt, sorgen sie gleichzeitig für eine wirksame Schimmelpilz-Prophylaxe. Und wie gesagt: Durch sorgfältige Instandhaltung vermeidet man schwerwiegende Folgeschäden.

Die Untersuchung der Dichtigkeit der Fassade erfolgt mit dem „Karst’schen Röhrchen“<sup>[21]</sup> (Abb. 12). Dabei wird ein



(Abb. 12)

Glaskolben mit Knetgummi auf die Fassade geklebt und mit Wasser gefüllt (Abb. 13).



(Abb. 13)

Durch den zur Fassade offenen Teil des Glasröhrchens (mit definierter Größe) sind vergleichende Aussagen über deren Wasseraufnahme [w] möglich.

Es wird an mehreren Stellen der Fassade gemessen, um eine Aussage treffen zu können.

Die Überprüfung mit dem Karst’schen Röhrchen, zumindest an der Schlagregenseite, gehört zur Grundleistung im Rahmen der Überprüfung von Baustoffen, gerade bei der Schimmelpilzsanierung (s. auch DIN 4108-3<sup>[21]</sup>).

Weitere zu untersuchende Punkte: Putzrisse (Abb. 14), fehlerhafte Anschlussfugen bei Fensterbankanschlüssen bzw. zwischen Fenster und Wand (Abb. 15, 16).



(Abb. 14)



(Abb. 15)



(Abb. 16)

<sup>[21]</sup> siehe auch:  
DIN 18195, Bauwerksabdichtung,  
DIN V 18550, Putz, Putzsysteme und  
DIN 52617, Saugfähigkeit von Baustoffen

### 7.2 Innenraumfeuchten

#### 7.2.1 Wasserschäden

Rohrleitungsbrüche, geplatze Waschmaschinenschläuche und andere Schäden können zu erheblichen Durchfeuchtungen führen.

Dabei kann es neben Wasserschäden zusätzlich zu bakteriellen Belastungen und Geruchsbelästigungen kommen, wenn Fäkalien oder Abwässer mit ins Spiel kommen.

Wenn man nicht rechtzeitig reagiert, können sich Schäden immens ausweiten. Das Beispiel (Abb. 57) zeigt ein laienhaft montiertes Spülbecken, dessen Wasserablauf nicht fachgerecht installiert wurde.



(Abb. 57)

Zwar konnte der größte Teil des ablaufenden Wassers in die Kanalisation geleitet werden, ein beträchtlicher Teil jedoch floss in die darunterliegende Etage (Abb. 58).



(Abb. 58)

Die betroffene Wohnung wurde einige Wochen nicht genutzt und der Schaden blieb zunächst unentdeckt. Die durchfeuchtete Wand bot dem Schimmelpilz ideale Wachstumsbedingungen.

Ein anderes Beispiel zeigt Abb. 59<sup>[44]</sup>: Ein Leck in einer Rohrleitung wurde nicht bemerkt bzw. nicht beachtet.



(Abb. 59)

Erst nachdem der Schaden nicht mehr zu „überriechen“ war, kümmerte man sich darum.

„Nichtnutzungen“ sind ebenfalls oft für Schädigungen verantwortlich. Wer kennt nicht den muffigen Geruch eines leer stehenden Gebäudes?

Die folgenden Abbildungen (Abb. 60–63) zeigen deutlich Möglichkeiten auf, wie man Wohnungen recht schnell unbrauchbar machen kann:

Eine Mietwohnung blieb unvermietet und wurde „vergessen“.

Heißes Wasser lief etwa 9 Monate lang in eine Badewanne (Abb. 60).



(Abb. 60)

[44] Foto: A. Göhring

## 7 Feuchtequellen erkennen und beseitigen

### 7.2 Innenraumfeuchten

Abgesehen von den sinnlosen Kosten für Wasser und Abwasser entstand daraus kein Problem. (Das Geld hätte man sicherlich besser anlegen können.)



(Abb. 61)

Dazu kommt, dass die Wohnung nach Süden ausgerichtet war, der Rollladen zur Hälfte heruntergelassen (Abb. 62).



(Abb. 62)

Feuchte von innen und von außen reichlich Wärme – diese Kriterien müssen Tropenhäuser erfüllen.

Diese Kriterien erfüllte aber auch diese Wohnung.

Es fanden sich hier die besten Bedingungen für den Schimmelpilz, der sich ungestört durch den Putz bis ins Mauerwerk hineinarbeiten konnte (Abb. 63).



(Abb. 63)

In so einem Fall steht man vor der Entscheidung: Abbruch oder Sanierung?

Es gibt, wie oben schon erwähnt, eine einfache Regel, Schimmelpilzschäden bei Rohrbruch oder ähnlichen Zwischenfällen abzuwenden:

1. **schnell,**
2. **schneller und**
3. **am besten noch schneller reagieren.**

Sobald ein Wasserschaden irgendwo im Haus bemerkt wird, gilt es, diesen unverzüglich zu beseitigen.

Jeder Tag, der vergeht, ohne dass etwas unternommen wurde, kann unnötige Folgekosten verursachen.

Wenn alle Stricke reißen, ist es sinnvoller, eine Nottrocknung als Sofortmaßnahme einzuleiten, als 3–5 Tage auf Versicherungsvertreter und Handwerker zu warten.

## 7 Feuchtequellen erkennen und beseitigen

### 7.2 Innenraumfeuchten

Wasser wartet nicht und schafft mit jedem Tag, den es unkontrolliert wirken kann, beste Voraussetzungen für Schimmelpilzwachstum.

Bei der Trocknung ist von höchster Wichtigkeit, dass mit dem Unterdruckverfahren gearbeitet wird.

Eventuell vorhandene Sporen aus dem Bereich, der zu trocknen ist, können andernfalls über das ganze Objekt verteilt werden und dadurch übergreifend eine Kontaminierung aller Räume bewirken.

<b>Wasserschäden</b>	
<b>Ursache und Wirkung</b>	Rohrbruch beispielsweise setzt ein Objekt unter Wasser; reagiert man nicht sofort, kann es zu Schimmelpilzbildung zwischen „stehendem“ Wasser und dem darüberliegenden trockenen Bereich kommen
<b>Überprüfung</b>	vor, während und nach der Trocknung Feuchte-Messungen der „gefluteten“ sowie der angrenzenden Bereiche durchführen, Überprüfen des Trocknungserfolges – auch in Dämmplatten (Luft zieht zwar zwischen den steifen Platten hindurch, kann aber evtl. vorhandene Feuchtigkeit nicht aus ihnen herausholen), „Freimessung“ nach Trocknung durch Luftkeimsammlung
<b>Lösung</b>	schnell reagieren, kontaminierte Objekte entfernen und entsorgen

### 7.2 Innenraumfeuchten

#### 7.2.2 Innenraumkondensation

Wie in den Kapiteln 2 und 5 beschrieben, kondensiert Wasserdampf immer an den kältesten Stellen.

Bei sorptiven Baustoffen werden die Kapillare bei deutlich unter 100 % relativer Feuchte an der Bauteiloberfläche aktiviert, d. h. Putz oder Tapete saugen regelrecht das Wasser von der Oberfläche auf (nach Prof. Weber bereits ab ~30 % relativer Feuchte). Dadurch kommt mit der Zeit eine Auffeuchtung der Bauteile zustande. Wenn man nicht ausreichend lüftet, um Feuchtigkeit nach außen abzuführen, wenn Bauteiloberflächen über längere Zeit (ca. 5 Tage) eine 80%ige Feuchte aufweisen, kann Schimmelpilz entstehen, sofern weitere Wachstumsbedingungen ebenfalls vorhanden sind.

Verantwortlich für erhöhte Feuchte an sorptiven Flächen (Putz, Tapete etc.) sind

- eine niedrige Temperatur an der Wandoberfläche bzw. an Wärmebrücken,
- eine hohe Luftfeuchte (im Verhältnis zur Wandoberflächentemperatur zu sehen),
- das Fenster, weil es nicht mehr als Kondensattrockner fungiert, wodurch Feuchte im Innenraum nur noch über Lüftung „entsorgt“ werden kann,
- unzureichender Luftaustausch.

Jeder hat schon einmal festgestellt, dass eine Flasche, die aus dem Kühlschrank kommt, nach kurzer Zeit an ihrer Oberfläche nass wird. Sicherlich sind Undichtigkeiten der Flasche nicht der Grund dafür.

Der Grund ist die „Taupunktunterschreitung“, das bedeutet, dass die Temperatur der Flaschenoberfläche deut-

lich kühler ist als die Temperatur der Luft. Deshalb schlägt sich die Luftfeuchte aus der Raumluft zum Teil auf der Flasche nieder.

Diese Feuchtigkeit (Kondensat) kann man abtrocknen.

Auf den Wänden sehen wir dieses Kondensat nicht, weil es von dem Putz und der Tapete aufgesaugt wird. Deshalb kann man es auch nicht einfach wegwischen – wie bei der Flasche.

Es ist jedoch da ... und es wirkt. Und erst, wenn sich Schimmelpilz bildet, stellen wir fest, dass etwas nicht stimmt – und dann ist es bereits geschehen.

Genauso verhält es sich mit Krankheiten: Wenn sie festgestellt werden, sind wir bereits krank. Vorbeugung hätte das verhindern können.

Und genau hier steckt auch das Problem. Weil uns das Wissen um diese Zusammenhänge fehlt, sehen wir auch keine Notwendigkeit, über eventuelle Vorbeugemaßnahmen nachzudenken.

Der Anblick dieses Badezimmers (Abb. 64) zeigt, dass Vorbeugung notwendig gewesen wäre.

Hätte man es vorher wissen können?



(Abb. 64)

Das Fenster älterer Bauart wurde ersetzt. Durch den Einbau eines „High-tech-Fensters“ wurde das „intakte Gefüge“ zerstört. Das neue Fenster bewirkt, dass der Sturz jetzt das käl-

## 8 Anforderungen an den R-Wert der Gebäudehülle

### 8.1 Mindestdämmung der Außenbauteile

**8.1** Die eingeführte, technische Baubestimmung DIN 4108-2 von Juli 2003 fordert einen Mindestdämmwert der Außenbauteile zur Vermeidung von Innenraumkondensat durch Temperaturunterschreitung (Abb. 76) (s. auch EN ISO 13788 und EN ISO 10211).

Die Mindestdämmung von Außenbauteilen ist „spätestens“ dann erforderlich, wenn Fenster erneuert werden, denn dann entfällt die „Kondensatfalle Fensterscheibe“<sup>[50]</sup>, erhöht sich mit den neuen Fenstern die Luftdichtung und wird der Luftwechsel reduziert.

Daher müsste es selbstverständlich sein, dass bei Fenstererneuerungen Außenbauteile auf ihren Mindestdämmwert untersucht und ggf. ausreichend gedämmt werden, um für die Zukunft das Risiko von Schimmelpilzbildung zu vermeiden.

Die neue Dämmung ist nach der EnEV auszuführen, die andere Mindestdämmungen fordert als die DIN 4108-2. Die erforderlichen, objektbezogenen Maßgaben ermittelt ein Energieberater.

Der Grund für eine Mindestdämmung wurde in Kapitel 5 behandelt. Wir sprachen über die Entstehung von zu hoher Wasseraktivität ( $a_w$ -Wert) bei schlecht gedämmten Außenwänden.

Auch wenn nach DIN 4108-2 eine Mindestdämmung vorliegt, bedeutet das nicht, dass man Möbel, Vorhänge und dergleichen ohne Weiteres vor Außenwänden positionieren kann.

Schon ein Bild an einer Außenwand kann zu Schimmelpilzbildung führen, wenn der Rahmen nur dicht genug an der Tapete anliegt ...

Bauteile	R (m <sup>2</sup> K/W)
Außenwände: Wände von Aufenthaltsräumen gegen Bodenräume, Durchfahrten, offene Hausflure, Garagen, Erdreich	1,2 m <sup>2</sup> K/W
Wände zwischen fremdgenutzten Räumen, Wohnungstrennwände	0,07 m <sup>2</sup> K/W
Treppenraumwände zu kalten Treppenräumen $\geq 0^\circ\text{C} \leq 10^\circ\text{C}$	0,25 m <sup>2</sup> K/W
Treppenraumwände zu Treppenräumen $\geq 10^\circ\text{C}$	0,07 m <sup>2</sup> K/W
Wohnungstrenndecken, Decken zwischen fremden Arbeitsräumen, Decken unter Räumen zwischen gedämmten Dachschrägen und Abseitenwänden bei ausgebauten Dachräumen	0,35 m <sup>2</sup> K/W
wie vor, jedoch für Bürogebäude	0,17 m <sup>2</sup> K/W
unterer Abschluss nicht unterkellerten Aufenthaltsräume gegen Erdreich bis zu einer Raumtiefe von 5 m oder über einem nicht belüfteten Hohlraum	0,9 m <sup>2</sup> K/W
Decken und Deckenteile unter nicht ausgebauten Dachräumen, Dachschrägen, Abseiten	0,9 m <sup>2</sup> K/W
Kellerdecken, Decken gegen abgeschlossene, unbeheizte Hausflure	0,9 m <sup>2</sup> K/W
Decken gegen Außenluft nach unten	1,75 m <sup>2</sup> K/W
Decken gegen Außenluft nach oben	1,2 m <sup>2</sup> K/W

(Abb.76)

**Beispiel:** Das Mauerwerk einer Außenwand hat eine Wandstärke von 39 cm, ist mit Ziegeln aufgebaut und beidseitig verputzt<sup>[48]</sup>. Daraus ergibt sich ein R-Wert von 0,56 m<sup>2</sup>K/W<sup>[49]</sup>. Dem Mindestwert von 1,2 m<sup>2</sup>K/W nach DIN 4108-2 wird somit nicht entsprochen. Eine Innen- oder Außendämmung wird benötigt, um diesen Wert zu erreichen.

<sup>[48]</sup> 36 cm Mauerziegel plus 1,5 cm Kalkzementputz innen und außen nach DIN 105 mit 1600 kg/m<sup>3</sup>

<sup>[49]</sup> K = Kelvin  
In der Bauphysik wird Kelvin als Maßeinheit für die Temperaturdifferenz  $\Delta T$  (Temperatur) verwendet)

<sup>[50]</sup> s. auch Kap. 7.2.2

## 8 Anforderungen an den R-Wert der Gebäudehülle

### 8.2 Mindestanforderung an Wärmebrücken, $f$ -Faktor

So gesehen sollten Mietverträge entsprechende Hinweise auf die Wärmedämmung von Außenbauteilen enthalten, die bei der Möblierung einer Wohnung berücksichtigt werden könnten. Auf diese Weise beugte man unliebsamen Bau- und Gesundheitsschäden vor und man könnte sich viele Unannehmlichkeiten ersparen. Bei derzeitiger Rechtslage sprechen wir von einem Mangel, wenn nach einer Fenstererneuerung der Mindestdämmwert der Außenbauteile nach DIN 4108-2 nicht erreicht wurde (s. a. S. 15).

#### 8.2 Mindestanforderung an Wärmebrücken, $f$ -Faktor

Eine weitere Forderung der DIN 4108-2 lautet, dass der „ $f$ -Faktor“  $> 0,7$  an Wärmebrücken nicht unterschritten werden darf. Diese Maßgabe soll verhindern, dass sich Feuchte bis zu 80 % (sog. „Schimmelpilzkriterium“) an der Bauteiloberfläche bildet.

Diese Forderung ist abgeleitet von den theoretisch vorgegebenen Rahmenbedingungen der DIN 4108-2:

- Innenraumtemperatur  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Außenlufttemperatur  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Innenraumluftfeuchte 50 %
- Wärmeübergangswiderstand  $R_{si}$   $0,25\text{ m}^2\text{K/W}$ <sup>[51]</sup>

Bei  $12,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  Bauteiloberflächentemperatur innen ergibt sich eine relative Feuchte von 80 % bzw. ein  $a_w$ -Wert von 0,8. Berechnet wird dieser  $a_w$ -Wert aus dem Quotienten der möglichen, absoluten Feuchte auf/über dem Substrat bei einer bestimmten Temperatur ( $\varphi_D$ ) und der vorhandenen, absoluten Feuchte im Raum ( $\varphi_S$ ). In einer Formel ausgedrückt stellt sich der beschriebene Zusammenhang wie folgt dar:

$$a_w = \frac{\varphi_D}{\varphi_S} = \frac{\text{RGF}}{100}$$

$a_w$  = Wasseraktivität (entspricht der relativen Feuchte auf der Bauteiloberfläche bzw. auf dem Substrat)

$\varphi_D$  = Wasserdampfpartialdruck über dem Nährsubstrat bei gegebener Temperatur

$\varphi_S$  = Sättigungsdampfdruck des reinen Wassers bei gegebener Temperatur

RGF = relative Gleichgewichtsfeuchtigkeit bei gegebener Temperatur.

Weil man vor Ort meistens nicht die Rahmenbedingungen antrifft, die der Norm entsprechen, ist es sinnvoll, einen prozentualen Wert festzulegen, der angibt, bei welchen Temperaturen sich der kritische Punkt von 80 % relativer Feuchte einstellt. Damit wird zugleich die kritische Grenze markiert.

Dieser Wert wird Temperaturfaktor  $f_{Rsi}$  oder kurz „ $f$ -Faktor“ genannt. Unabhängig von der Klimasituation stellt er eine objektive und detail-spezifische Konstante dar.

Der  $f$ -Faktor kann nach DIN EN ISO 10211-2 (Wärmebrücken im Hochbau) berechnet oder am Objekt überschlägig messtechnisch erfasst werden.

„Der  $f$ -Faktor muss an der ungünstigsten Stelle die Mindestanforderung  $f > 0,7$  erfüllen. Fenster und nicht sorptive<sup>[52]</sup> Baustoffe, wie Fliesen und Kunststoffe sind davon ausgenommen“ (DIN 4108-2).

Bei Messungen vor Ort soll ein „eingeschwungener Zustand“ herrschen, d. h. es soll sich eine mittlere Temperatur über einen längeren Zeitraum, z. B. über Nacht, eingestellt haben. Die Messungen sollen dann spätestens um 9.00 Uhr abgeschlossen sein. Es darf sich auch keine Wärmequelle in

<sup>[51]</sup> Widerstand der Luft, ihre Wärme an ein Bauteil abzugeben, Einheiten in Quadratmeter  $\times$  Kelvin pro Watt

<sup>[52]</sup> Sorption = Aufnahme eines Gases oder gelösten Stoffes durch einen anderen festen oder flüssigen Stoff; lt. Duden, 24. Auflage, Mannheim 2006

# 12 Sanierung von Schimmelpilzschäden

## 12.1 Wer soll/darf Schimmelpilze in Innenräumen sanieren?

**12.1 Wer soll/darf Schimmelpilze in Innenräumen sanieren?** Welche Qualifizierung wird erwartet und vorausgesetzt?

Für die Sanierung von Schimmelpilzschäden besteht die DGUV-Information 201-028; „Handlungsanleitung – Gesundheitsgefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Gebäudesanierung“ der BG Bau.

Aus den Vorbemerkungen: *„Diese Handlungsanleitung dient als Hilfe zur Ermittlung und Beurteilung der Gefährdungen bei Gebäudesanierungsarbeiten mit Kontamination durch biologische Arbeitsstoffe. Sie dient insbesondere der Auswahl geeigneter Schutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der Biostoffverordnung (BioStoffV). Nach dieser ist der Unternehmer verpflichtet, die Gefährdungen, die von biologischen Arbeitsstoffen ausgehen, zu ermitteln und zu beurteilen und die Schutzmaßnahmen festzulegen.“*

Vor Auftragsvergabe sind folgende Punkte mit dem ausführenden Unternehmen zu klären:

- Arbeitet das Unternehmen entsprechend der „Handlungsanleitung – Gesundheitsgefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Gebäudesanierung“ der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft?
- Hat die Firma die geeigneten Gerätschaften und Abschottungsmaterialien?
- Kennt das Unternehmen die Anforderungen nach Biostoff- und Gefahrstoffverordnung?
- Nehmen die Mitarbeiter, die die Arbeiten vor Ort durchführen, an Fortbildungen zur Schimmelpilzsanierung teil?
- Werden die einschlägigen Anforderungen umgesetzt?

Referenzen sowie der Nachweis der Sachkunde zur Schimmelpilzsanierung sind weitere positive Hinweise auf die Qualität des ausführenden Betriebes. Eine Qualifizierung, wie bei Asbestsanierung, ist nicht erforderlich, jedoch die ausreichende Sachkunde zur Anwendung der einschlägigen Regelungen, z. B. der Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung.

## 12.2 Bewertung des Schadens und Vorschläge zur Sanierung

Was das Vorgehen gegen Schimmelpilze betrifft, gibt es keine eindeutigen Regeln. Manche meinen, dass man den Pilz einfach wegsprühen sollte, andere meinen, gleich das ganze Haus auf den Kopf stellen zu müssen. Wie so oft liegt die „Wahrheit“ irgendwo in der Mitte.

Ziel sollte immer die Herstellung eines hygienischen Normalzustands sein, der letztlich nutzungsabhängig ist. Schimmelpilzbefallenes Material sollte immer vollständig entfernt werden, wenn es aus gesundheitlichen Gründen erforderlich und wirtschaftlich sinnvoll und machbar ist.

Die alleinige Abtötung von Schimmelpilzen reicht nicht aus, da auch von abgetöteten Schimmelpilzen allergische und reizende Reaktionen hervorgerufen werden können. Bei einer Sanierung sind gesundheitliche Risiken für Bewohner und Sanierer durch entsprechende Schutzmaßnahmen zu vermeiden; hier greift die Bio- und Gefahrstoffverordnung, die zwingend einzuhalten sind.

Um entscheiden zu können, welche Maßnahmen eingeleitet werden sollen, wird folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

## 12 Sanierung von Schimmelpilzschäden

### 12.2 Bewertung des Schadens und Vorschläge zur Sanierung

#### 1. Die Klärung der folgenden Fragen:

Besteht überhaupt eine mikrobielle Belastung?  
Liegt eine Sekundärkontamination vor?

Es sollte vor Ort untersucht werden, ob Ablagerungen, „Fogging“-effekte, Schmutz, Salze o. ä. vorhanden sind. Material- oder Abklatschfilmproben und/oder Luftkeimsammlungen sollten erfolgen. Eine mögliche Verschleppung durch Luftbewegung wird mittels Abklatschproben erfasst. Durch geeignete Auflichtmikroskope können kleine Schäden auch direkt vor Ort detektiert werden. Staubuntersuchungen in genutzten Objekten sind wenig hilfreich, da ein Sporeneintrag durch Nutzung nicht von einer Primärkontamination zu unterscheiden ist.

Liegt neben Schimmelpilz auch eine bakterielle Belastung vor?

Bei älteren Schäden oder bei Schäden, an denen Fäkalien beteiligt sind, sollte eine entsprechende Messung auf bakterielle Belastung erfolgen (Luftkeimsammlung, Materialprobe). Das Ergebnis dieser Untersuchung ist bei der Gefährdungsbeurteilung und der Sanierung zu berücksichtigen.

Wie alt ist der Schaden, seit wann kann oder ist (zu) hohe Feuchtigkeit vorhanden?

Bei Altschäden sind im Normalfall auch tiefere Schichten betroffen, die nicht unbedingt sichtbar sind. Oft muss hier der befallene Bereich komplett entfernt werden. Eine Untersuchung der befallenen Schicht durch eine Materialprobe ist daher sinnvoll.

Welches „Substrat“ ist vorhanden, worauf wächst der Pilz?

Bei Materialien mit organischen Bestandteilen, wie Gipsputz, Gipskartonplatten, zellulosehaltigen Materialien, Papier, Pappe, Holzwerkstoffplatten, Dämmstoffen etc., ist ein Einwachsen der Schimmelpilze in den Untergrund grundsätzlich möglich. Hier muss kontrolliert werden, ob und wie tief der Schimmelpilz bereits eingewachsen ist. Aufschluss darüber kann die Befallsgröße, das Alter des Schadens sowie eine mikrobiologische Untersuchung geben.

Je älter der Schaden ist, desto mehr Zeit hatte der Pilz, einzuwachsen. Eine mikroskopische Untersuchung einer Materialprobe kann klären, ob neben Sporen auch Mycel bzw. Hyphen vorhanden sind. Meist muss das Material entfernt werden.

In rein mineralische Baustoffe wächst Schimmelpilz gewöhnlich nicht ein. Hier ist eine oberflächige Behandlung (mechanisch oder chemisch) meist ausreichend.

Stehen gesundheitliche Fragestellungen im Mittelpunkt z. B. bei Schulen, Kindergärten, Altenheimen, Krankenhäusern, allergisch

Im Normalfall sind alle befallenen Baustoffe zu entfernen, die Einrichtungsgegenstände zu reinigen, falls dies noch möglich sein sollte, oder zu entsorgen. Weitere Maßnahmen

## 12 Sanierung von Schimmelpilzschäden

### 12.2 Bewertung des Schadens und Vorschläge zur Sanierung

reagierenden Nutzern bzw. schlechtem Gesundheitszustand der Nutzer in Wohnungen etc.?

können erforderlich sein, wie z. B. die vollständige Dekontaminierung auch nicht befallener Räume etc. Bei sichtbarem Befall sind Material- oder Klebefilmproben, ansonsten Luftkeim- oder Partikelsammlungen notwendig.

Soll das Objekt verkauft werden?

Bei Verkauf sind alle Schäden dem Käufer mitzuteilen. Es ist daher zu klären, ob der Schaden von dem Verkäufer behoben werden soll oder ob der Käufer ihn übernimmt.

Wie groß ist der Schaden gemessen an den Schadenskategorien des Umweltbundesamtes (UBA, 2002):

Kategorie 1: Normalzustand bzw. geringfügiger Schaden. Keine bzw. sehr geringe Biomasse; z. B. geringe Oberflächenschäden < 20 cm.

Ist die Ursache bekannt und behoben, kann die Sanierung der Schäden durch die Eigentümer oder Bewohner gemäß den Richtlinien des Umweltbundesamtes durchgeführt werden; dabei ist auch auf die ausreichende Abtrocknung zu achten. Gegebenenfalls ist eine chemische Entfernung ausreichend.

Bei sich wiederholenden Schäden der Kategorie 1: Die Ursache muss geklärt werden!

Kategorie 2: Geringer bis mittlerer Schaden. Mittlere Biomasse; oberflächliche Ausdehnung < 0,5 m<sup>2</sup>, tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen.

Ist die Ursache bekannt und behoben, sollte die Sanierung von einem Fachmann durchgeführt werden. Meist muss der befallene Bereich mechanisch entfernt werden.

Bei sich wiederholenden Schäden der Kategorie 2: Die Ursache muss geklärt werden!

Kategorie 3: Großer Schaden, große Biomasse; große flächige Ausdehnung > 0,5 m<sup>2</sup>, auch tiefere Schichten können betroffen sein.

Wenn der Schimmelpilzbefall ausschließlich oberflächlich ist, keine kritischen Schimmelpilzarten wie *Stachybotrys chartarum*, *Aspergillus fumigatus* oder *A. flavus* vorliegen (eine Überprüfung durch ein Labor wird angeraten), der Raum nicht regelmäßig genutzt wird, von den Beseitigungsmaßnahmen keine hohen Staubbelastungen ausgehen, kann wie nach Kategorie 2 verfahren werden.

Empfehlung: Sachkundigkeit des ausführenden Betriebes sollte vorliegen. Die befallenen Stellen sowie die sie umgebenden Materialien müssen etwa 50 cm über die Befallsstelle hinaus mechanisch entfernt werden. Falls erforderlich, sollte man einen Sachverständigen einschalten.

Wird die Bausubstanz beeinträchtigt?

Bei diesem Problemkreis muss man Fachleute hinzuziehen, die die nötigen Schritte in die Wege leiten können.

### 15 Schimmelpilze, Hefen und Bakterien – Das erfolgreiche Trio

Willkommen in der Welt der Mikroorganismen! In diesem Kapitel werden wir Ihnen Schimmelpilze, Hefen und Bakterien etwas näher bringen.

Grundkenntnisse der Biologie und Lebensweise der Schimmelpilze, Hefen und Bakterien sind für den Sachverständigen ebenso wichtig, wie solide bauphysikalische Kenntnisse. Beide bilden gemeinsam die Basis für das Verständnis mikrobieller Innenraum-Kontaminationen.

Sie müssen hierzu weder Mykologe oder Mikrobiologe werden. Jedoch sollten Sie ein gewisses mykologisches Vokabular beherrschen. Darüber hinaus ist es enorm wichtig zu wissen, was im für das „unbewaffnete“ Auge verborgenen, mikroskopischen Bereich geschieht.

Denn wenn Schimmelpilze bereits makroskopisch, d. h. mit bloßem Auge sichtbar in Erscheinung treten, dann ist schon einiges passiert ...

### 16 Pilze und die Wissenschaft – Mykologisches

Wissen Sie eigentlich, wie viele Pilzarten es gibt? Schätzen Sie einmal. Mal sehen, ob Sie richtig liegen. Haben Sie es? Gut, denn jetzt folgt die Auflösung. Es gibt nach Ansicht einiger namhafter *Mykologen* (= Pilzkundler) vermutlich mehr als eine Million (!) verschiedene Pilzarten. Manche Autoren sprechen sogar von 1,5 Millionen Arten. Eine unglaublich große Zahl. Selbst wenn man dieser Vorstellung nicht folgen möchte, so gehen vorsichtigere Schätzungen immerhin von 250.000 bis 300.000 Arten aus. Eine, wie wir finden, immer noch sehr respektable Zahl. Aktuell sind ca. 120.000 Pilzarten bekannt und hiervon etwa 80.000 identifiziert und benannt. Mit anderen Worten, es warten 40.000 Pilze auf ihre Taufe, damit sie endlich einen Namen bekommen.

Lassen Sie uns zunächst einmal einen Blick auf die *Mykologie* und die *Mykologen* werfen, bevor wir uns den Pilzen und Schimmelpilzen vorsichtig nähern.

#### 16.1 Über Mykologie und Mykologen

*Mykologie* ist die Wissenschaft oder die Lehre von den Pilzen. Der Begriff leitet sich von den beiden griechischen Wörtern *mykes* (= Pilz oder Schwamm) und *logos* (= Kunde, Lehre) ab und wurde erstmals um ca. 450 v. Chr. von Euripides, einem Dichter aus Athen, erwähnt. Im 18. Jahrhundert entstand *Mykologie* als Begriff einer Teildisziplin der Naturwissenschaften. Dieses wird auf den bedeutenden Naturwissenschaftler Christian Hendrik Persoon zurückgeführt. Heute ist die *Mykologie* ein Teilgebiet der Biologie und tangiert u. a. Bereiche der Agrarwissenschaften (Phytopathologie) und der Medizin (Medizinische Mykologie).

Als *Mykologen* bezeichnen wir Spezialisten, die sich wissenschaftlich mit Pilzen beschäftigen und dementsprechend ausgebildet wurden. Dies geschieht im Rahmen einer Spezialisierung während des Studiums der Biologie, der Mikrobiologie oder der Medizin.

#### 16.2 Was sind eigentlich „Pilze“?

Wie werden „Pilze“ definiert? Was veranlasst uns dazu, die auf ca. 1.000.000 Arten geschätzten verschiedenartigen Organismen als „Pilze“ zu bezeichnen?

Bevor wir eine Definition vorstellen, wollen wir uns den Pilzen langsam annähern. Pilze treten in einer unglaublichen Formen- und Farbenvielfalt auf. Stellen Sie sich nur einmal gedanklich einen Herbstwald mit seiner unglaublichen Pilzpracht vor. Und das, was wir gemeinhin als »Pilze« bezeichnen, sind in der Regel nur die Fruchtkörper dieser erstaunlichen Organismen. Obwohl Pilze überwiegend ein Leben im Verborgenen führen, ist jeder von uns mit ihnen in Berührung gekommen. Pilze sind überall. Wir sind von Pilzen umgeben und bemerken es meist nicht. Viele von ihnen sind mikroskopisch klein. Wir atmen sogar ständig Pilzsporen ein, ohne dass wir es registrieren und ohne dass uns diese Schaden zufügen.

Komplikationen ergeben sich dann, wenn wir allergisch auf Pilze reagieren, wenn unser Immunsystem stark beeinträchtigt ist, oder wenn die Pilzpartikel oder Sporen über längere Zeit in besonders hoher Zahl auf unseren Körper einwirken und sehr toxisch sind. Richtig gefährlich wird es dann, wenn sich Pilze in unserem Körper angesiedelt haben. Glücklicherweise passiert Letzteres nicht so häufig.

Pilze können auch gigantische Ausmaße erreichen und ein hohes Alter erzielen. Wussten Sie eigentlich, dass es sich bei dem ältesten und gleichzeitig größten Organismus unseres Planeten um einen Pilz handelt? Es ist ein ca. 2.400 Jahre alter Hallimasch (*Armillaria ostoyae*) mit einer Größe von rund 880 Hektar und einem geschätzten Gewicht von ca. 600 Tonnen. Beheimatet ist dieser Mega-Organismus im US-Staat Oregon in der Nähe von Prairie City.

Bei dem vermutlich größten Pilz in Europa handelt es sich ebenfalls um einen Hallimasch. Er wurde mit einer Ausdehnung von rund 35 Hektar im Bündnerland in der Nähe vom Ofenpass im Nationalpark der Schweiz gefunden und ist angeblich mehr als 1.000 Jahre alt. Pilze sind äußerst vielfältig. Sie erhalten als Nahrungsmittel und Antibiotika-Produzenten Leben, töten durch ihre Giftstoffe, erweitern das Bewusstsein durch halluzinogene Substanzen, bringen Flugzeuge zum Absturz, helfen bei der Produktion der besten Weine der Welt, machen uns krank oder gesund, rächen Pharaonen und andere Herrscher, bringen Häuser zum Einsturz, machen Präsidenten\* ...

### 17 Der kleine Unterschied – Pflanzen, Tiere und Pilze

Pilze haben kein Blattgrün (Chlorophyll), können also nicht wie grüne Pflanzen mit Hilfe von Sonnenlicht aus Wasser und CO<sub>2</sub> Energie gewinnen. Trotzdem werden Pilze noch oft genug, auch in neueren Lexika, fälschlicherweise bei den Pflanzen eingeordnet. Ein Irrtum, der aus der traditionellen Behandlung der Pilze innerhalb der Botanik resultiert und den es zu korrigieren gilt. Tatsächlich wurden Pilze lange Zeit zu den Pflanzen gestellt.

Da ihnen neben dem fehlenden Blattgrün noch weitere wichtige Merkmale fehlen, welche Pflanzen auszeichnen, liegt es nahe, die Pilze als eine eigenständige Gruppe von Lebewesen zu betrachten. Pilze sind nach heutigen Erkenntnissen weder den Pflanzen noch den Tieren zuzuordnen. Die nachfolgende Merkmals-tabelle zeigt einige Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen Pflanzen, Tieren und Pilzen.

\* siehe Bernard Dixon (1995): *Der Pilz, der John F. Kennedy zum Präsidenten machte*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford.

**Pflanzen, Tiere und Pilze – Unterschiede und Gemeinsamkeiten**

	Pflanzen	Tiere	Pilze
Chlorophyll	ja	nein	nein
Ernährung	autotroph	heterotroph	heterotroph
Zellwand	ja	nein	ja
Zellwandbestandteile	Zellulose	–	Chitin
Reservestoffe	Stärke	Glykogen	Glykogen

(Abb. 132)

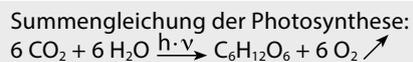
**18 Pilze ernähren sich vom anderen**

Ähnlich, wie tierische Organismen auf die Zufuhr energiereicher Substanzen angewiesen sind, benötigen Pilze ebenfalls solche Verbindungen, um daraus Energie und Stoffe zum Aufbau ihrer Strukturen zu gewinnen. Wir betrachten in diesem Abschnitt Ernährungsweise, Zellwände und Reservestoffe von Pilzen.

**18.1 Auto- und Heterotrophie**

**autotroph** (griech.) = sich selbst ernährend  
**heterotroph** (griech.) = sich vom anderen ernährend

*Auto- und Heterotrophie* bezeichnen die Ernährungsweisen von Organismen. Ein *autotropher Organismus* verwendet zum Aufbau körpereigener Substanzen nur anorganische Ausgangsstoffe. Alle grünen Pflanzen und einige Bakterien sind autotroph. Unterschieden wird Autotrophie, je nach Energiequelle, in *Phototrophie* und *Chemotrophie*. Bei der Photosynthese, einer phototrophen Ernährungsweise, gewinnen die Pflanzen mit Hilfe des Blattgrüns aus Kohlendioxid, Wasser und Sonnenlicht energiereiche, organische Verbindungen gemäß der nachfolgenden Summgleichung.



**18.2 Pilze sind heterotrophe Organismen**

Heterotrophe Organismen benötigen bereits vorhandenes organisches Material für ihre Ernährung. Sie gewinnen hieraus Energie und nutzen die aufgenommenen Substanzen zum Aufbau und Erhalt ihres Organismus. Menschen, Tiere und Pilze ernähren sich heterotroph. Sie sind auf die von autotrophen Organismen gebildeten organischen Substanzen angewiesen, ernähren sich also vom anderen (= heterotroph).

**18.3 Zellwände und Zellwandbestandteile**

Die Zellen von Bakterien, Pflanzen und Pilzen besitzen *Zellwände*, die vor allem Schutz- und Stabilisierungsfunktionen erfüllen. Tiere haben keine Zellwände.

## Literatur

- Alexopoulos, C.J., Mims, C.W. & Blackwell, M., (1996): *Introductory Mycology*. Wiley, New York, 868 pp.
- Barnett, H. L. (1960): *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. 2nd Edition. Burgess Publishing Company, Minneapolis.
- Barnett, J.A., Payne, R.W. & Yarrow, D. (2000): *Yeasts: Characteristics and Identification*, 3rd ed. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1152 pp.
- Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (Hrsg.) (2005): *Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen bei der Gebäudesanierung (BGI 858)*. München.
- Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (Hrsg.) (2005): *Sanierung von schimmelpilzbelasteten Innenräumen*. Wuppertal.
- Centraalbureau voor Schimmelcultures: *List of cultures, fungi and yeasts*. Utrecht.
- De Hoog et al (2000): *Atlas of clinical fungi*. 2nd edition. Centraalbureau voor Schimmelcultures. Utrecht.
- Domsch et al. (1993): *Compendium of soil fungi*, Volume 1 und 2. IHW-Verlag.
- Ellis, M.B. (1971): *Dematiaceous hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, 608 pp.
- Ellis, M. B. (1976): *More Dematiaceous Hyphomycetes*. CABI Publishing, CAB international.
- Ellis, M. B. & J. P. Ellis (1997): *Microfungi on Land Plants*. New enlarged Edition. The Richmond Publishing Co., Ltd.
- Flannigan, B., R. A. Samson & J. D. Miller (eds.) (2001): *Microorganisms in home and indoor work environments. Diversity, health impacts, investigation and control*. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington D. C.
- Frössel, Frank (2003): *Schimmelpilze und andere Innenraumbelastungen*. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.
- Frössel, Frank (2006): *Schimmelpilze in Wohnungen*. Baulino Verlag GmbH, Waldshut.
- Hankammer & Lorenz (2003): *Schimmelpilze und Bakterien in Gebäuden*. Rudolf Müller Verlag, Köln.
- Hankammer, Lorenz & Lassl (2005): *Sanierung von Feuchte- und Schimmelschäden*. Rudolf Müller Verlag, Köln.
- Hesseltine, C. W. & J. I. Ellis (1961): *Notes on Mucorales, especially Absidia*. *Mycologia* 53.
- Hof, H. (2003): *Mykologie für Mediziner*. Thieme Verlag, Stuttgart.
- Hof, H. & Dörries, R. (2005): *Medizinische Mikrobiologie*. 3. Auflage. Thieme Verlag, Stuttgart.
- Gams, W., Hoekstra, E.S. & Aptroot, A., (1998): *CBS Course of Mycology*, 4th ed. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn, 165 pp.
- Kiffer, E. & Morelet, M. (2000): *The Deuteromycetes. Mitosporic Fungi. Classification and Generic Keys*. Science Publishers Inc., U.S.A.
- Kirk, P.M., Cannon, P.F., David, J.C. & Stalpers, J.A. (2001): *Dictionary of the Fungi*, 9th ed. CABI Bioscience, Egham, 655 pp.
- Klich, M. A. (2002): *Identification of common Aspergillus species*. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht.
- Landesgesundheitsamt Baden Württemberg (Hrsg.) (2001): *Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement*. Stuttgart.
- Landesgesundheitsamt Baden Württemberg (Hrsg.) (2004): *Handlungsempfehlung für die Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Innenräumen*. Stuttgart.
- Morton, F.J. & Smith, G., 1963. The genera *Scopulariopsis* Bainier, *Microascus* Zukal, and *Doratomyces* Corda. *Mycol. Pap.* 86: 1–96.
- Mücke, W. & Ch. Lemmen (2004): *Schimmelpilze. Vorkommen, Gesundheitsgefahren, Schutzmaßnahmen*. 3. Auflage. Ecomed, Landsberg.
- Nelson, P. E., T. A. Tousson, W. F. Marasas (1983): *Fusarium species: An illustrated manual for identification*. Pennsylvania State Univ. Press.
- Pitt, J. I. (1979): *The genus Penicillium*. Academic Press.
- Raper, K. B. & D. I. Fennel (1977): *The Genus Aspergillus*. Williams & Wilkins Co.
- Rippon, J.W. (1988): *Medical Mycology. The Pathogenic Fungi and the Pathogenic Actinomycetes*, 3rd ed. Saunders, Philadelphia, 797 pp.
- Roth, L., Frank, H. & K. Kornmann (1990): *Giftpilze-Pilzgifte*. Nikol Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Hamburg.
- Samson, R. A. (1974): *Paecilomyces and some allied Hyphomycetes*. *Studies in Mycology*, 6. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht.
- Samson, R. A. et al. (1976): *Revision of the subsection Fasciculata of Penicillium and some allied species*. *Studies in Mycology*, 11. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht.
- Samson, R. A. (1979): *A compilation of the Aspergilli described since 1965*. *Studies in Mycology*, 18. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht.
- Samson, R. A. & J. I. Pitt (2000): *Integration of modern taxonomic methods for Penicillium and Aspergillus classification*. Harwood Academic Publishers.
- Samson, R. A. et al. (2004): *Introduction to food- and airborne fungi*. 7th edition. Ponsen & Looyen, Wageningen, Holland.
- Samson, R. A. et al. (2006): *Aspergillus in Innenräumen. Ein Farbatlas der häufigsten Arten*. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht.
- Salfelder, K. (2000): *Pilzinfektionen beim Menschen*. Omnimed, Hamburg, 364 pp.
- Schipper, M. A. A. (1978): *On certain species of Mucor with a key to all accepted species. On the Genera Rhizomucor and Parasitella*. *Studies in Mycology*, 17. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht.
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2005): *Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen – "Schimmelpilz-Sanierungsleitfaden"*. Dessau.
- Van Oorschot, C. A. N. (1980): *A revision of Chrysosporium and allied genera*. *Studies in Mycology*, 20. Centraalbureau voor Schimmelcultures. Utrecht.
- Von Arx, J. A. (1974): *The Genera of Fungi Sporulating in Pure Culture*. J. Cramer, Vaduz.

## Autoren

---

### **Jörg Brandhorst, Bonn**

*Autor Bauphysik*

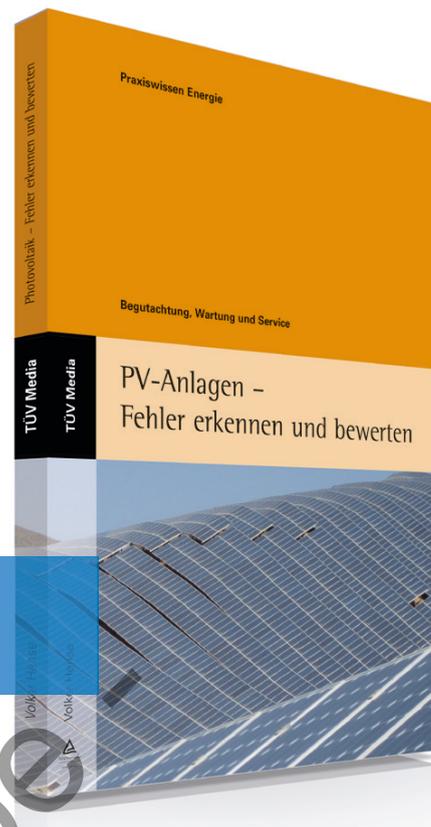
Bauphysiker und Sachverständiger für Schäden an Gebäuden und Innenraum-schadstoffe (zertifiziert nach DIN EN ISO/IEC 17024:2012), Sachverständiger für Feuchtigkeits- und Schimmelpilzschäden (PersCert TÜV TAR-Zert), Energieberater Gebäude (TAW), Fachbuchautor, Referent in den Bereichen Bauphysik, Energieeffizienz, Innenraumschadstoffe für verschiedene Akademien und Kammern.

### **Dr. Georg Willems, Amöneburg**

*Autor Mykologie*

Mykologe, Phytopathologe, Lichenologe, Baubiologe, Sachverständiger für Feuchtigkeits- und Schimmelpilzschäden (TÜV), Gründer und Inhaber des Instituts für Angewandte Mykologie und Hygiene, Spezialist für Nachweis und Identifikation von Schimmelpilzen, nationale und internationale Seminar- und Weiterbildungstätigkeiten, Herausgeber von Mycoology, Fachbuchautor, Vorstandsmitglied Sachverständige für Feuchte- und Schimmelschäden e. V., Mitglied der Expertenrunde der „Conference on Environment and Health: Indoor Pollution and Multi System Illnesses“ im Europaparlament in Strasbourg, beratendes Gremium für Europaparlamentarier.

Volker Hense  
**PV-Anlagen – Fehler erkennen und bewerten**  
Begutachtung, Wartung und Service  
2015  
A4 Softcover, 128 Seiten  
49,00 EUR  
Bestell-Nr. 91501



## Photovoltaik

### **PV-Anlagen – Fehler erkennen und bewerten**

Der Praxisleitfaden für Planung, Aufbau und Instandhaltung von Photovoltaikanlagen:

- Elektrotechnische und statische Grundlagen
- richtige Montage
- Normen und Vorschriften
- Wartung und Service

Präzise Checklisten fassen die wichtigen Punkte zusammen und geben klare Handlungsanleitungen. Rund 150 farbige Abbildungen veranschaulichen Problemstellen und Fehlerquellen.

Kostenlose Leseprobe und Bestellung unter:  
[www.tuev-media.de/pv-anlagen](http://www.tuev-media.de/pv-anlagen)

TÜV Media GmbH  
Tel. +49 221 806-3511  
Fax +49 221 806-3510  
[www.tuev-media.de](http://www.tuev-media.de)

 **TÜVRheinland**<sup>®</sup>  
Genau. Richtig.