

Gunter Hankammer • Wolfgang Lorenz
Schimmelpilze und Bakterien in Gebäuden

Schimmelpilze und Bakterien in Gebäuden

Erkennen und Beurteilen
von Symptomen und Ursachen

mit 444 Abbildungen und 68 Tabellen

2., aktualisierte und erweiterte Auflage

Gunter Hankammer

Dipl.-Ing., öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schäden an Gebäuden sowie Schimmelpilze und andere Innenraumschadstoffe (Handelskammer Hamburg), öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Sachfragen der Honorierung von Architektenleistungen gem. HOAI (Hamburgische Architektenkammer)

Wolfgang Lorenz

Dr.-Ing., Inhaber des Instituts für Innenraumdiagnostik, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schadstoffe an und in Gebäuden, insbesondere Schimmelpilze und Bakterien (Baukammer Berlin), stellvertretender Vorstandsvorsitzender im Bundesverband Schimmelpilzsanierung e. V. (BSS)



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

2., aktualisierte und erweiterte Auflage 2007

© Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln 2007

Alle Rechte vorbehalten

Das Werk einschließlich seiner Bestandteile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme.

Maßgebend für das Anwenden von Regelwerken, Richtlinien, Merkblättern, Hinweisen, Verordnungen usw. ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der jeweiligen herausgebenden Institution erhältlich ist. Zitate aus Normen, Merkblättern usw. wurden, unabhängig von ihrem Ausgabedatum, in neuer deutscher Rechtschreibung abgedruckt.

Das vorliegende Werk wurde mit größter Sorgfalt erstellt. Verlag und Autoren können dennoch für die inhaltliche und technische Fehlerfreiheit, Aktualität und Vollständigkeit des Werkes keine Haftung übernehmen.

Wir freuen uns, Ihre Meinung über dieses Fachbuch zu erfahren. Bitte teilen Sie uns Ihre Anregungen, Hinweise oder Fragen per E-Mail: fachmedien.bau@rudolf-mueller.de oder Telefax: 0221 5497-140 mit.

Lektorat: Petra Sander, Köln

Umschlaggestaltung: Pizzicato Design-Agentur, Köln

Satz: Hackethal Producing, Asbach

Druck und Bindearbeiten: Freiburger Graphische Betriebe, Freiburg

Printed in Germany

ISBN 978-3-481-02330-0

Vorwort zur 2. Auflage

Mit der 2. Auflage wird 3 Jahre nach dem Erscheinen der 1. Auflage auf die neuen offiziellen Leitfäden zum Thema Schimmelpilz reagiert und deren Inhalte wurden bei der Überarbeitung entsprechend berücksichtigt. Auch die von den beiden Autoren initiierte Gründung des Bundesverbands Schimmelpilzsanierung e. V. (BSS) hat durch den regelmäßigen Austausch mit zahlreichen Experten Einfluss auf sinnvolle inhaltliche Ergänzungen gehabt. Gemeinsam mit dem Fachbuch „Sanierung von Feuchte- und Schimmelpilzschäden“ (Lorenz/Hankammer/Lassl, 2005) dient das Werk inzwischen als Lehrbuch für die Ausbildung von Fachkräften im BSS und als Leitfaden für Planer und Koordinatoren in der Schimmelpilzsanierung. Auch Erfahrungen der bisher durchgeführten Schulungen im BSS brachten neue Impulse für den Inhalt der 2. Auflage. Zahlreiche neue Praxisfälle und inzwischen ergangene Gerichtsurteile runden das Werk weiter ab.

Hamburg, im August 2007

Gunter Hankammer

Vorwort zur 1. Auflage

„Bauen ist der Kampf des Menschen gegen das Wasser“ lautet die schlichte Beschreibung eines sehr komplexen Themas. Mit fortschreitenden Technologien sind wir mehr und mehr in der Lage, wasser- und luftdichte Gebäude zu produzieren. Gleichwohl zeigt ein stetig steigendes Aufkommen von Schimmelpilzfällen, dass weiterhin Handlungsbedarf besteht. Tatsächlich tritt zunehmend ein zeitgenössisches Problem in den Vordergrund: der Schutz des Objekts vor Feuchtigkeit, die im Gebäude selbst entsteht.

Eine pauschale Schnelldiagnostik lässt sich in der Regel für die Ursache mikrobiologischer Schäden nicht seriös treffen. Die gutachterliche Praxis zeigt vielmehr, dass die Gründe für eine Schimmelpilzbildung auch sehr vielschichtig sein können. In der Konsequenz muss daher jeder erkannte mikrobielle Befall auf seine individuelle Verursachung hin gründlich untersucht werden. Dieses Buch soll allen denen als Leitfaden dienen, die mit der Beurteilung von mikrobiellen Schäden an Gebäuden in der Praxis befasst sind. Mit der Hilfe einer systematischen Kategorisierung lassen sich die bei der örtlichen Besichtigung gewonnenen Inspektionsergebnisse analytisch auswerten, so dass in der überwiegenden Anzahl der typischen Fälle eine sichere Beurteilung aller Umstände gelingen wird.

Dr.-Ing. Wolfgang Lorenz konnte als Koautor gewonnen werden, um in den Kapiteln 2, 3, 7, 10.2 und in Teilen 10.3 sehr ausführlich den aktuellen Stand hinsichtlich der mikrobiologischen Grundlagen, der medizinischen Risiken und der Innenraumdiagnostik zu erläutern. Gleichzeitig beschreibt er die aktuell zunehmende Bedeutung der Untersuchung von Bakterien.

Für Hinweise unter der E-Mail-Adresse gunter@hankammer.de bin ich dankbar.

Hamburg, im August 2003

Gunter Hankammer

Geleitwort

Im Umweltbundesamt sind die Anfragen und Mitteilungen über mikrobiellen Befall in Gebäuden ein Dauerthema.

Schimmelpilze und Bakterien in Gebäuden stellen nicht erst seit heute ein hygienisches Problem dar. Unklar bleibt, ob die Zahl der Schimmelpilzfälle in deutschen Wohnhaushalten in den letzten Jahren tatsächlich zugenommen hat – vorliegende Zahlen, wonach z. B. jeder fünfte oder gar dritte Haushalt von Schimmelpilzen betroffen sei, beruhen zumeist auf Einzelstudien und sollten daher mit Vorsicht betrachtet werden – oder ob es aufgrund einer zunehmenden „Sensibilisierung“ der Bevölkerung gegenüber Umweltproblemen – so auch gegenüber dem Auftreten von Schimmelpilzen und Bakterien in Innenräumen – zu einer Zunahme der Beschwerden kommt.

Nach wie vor bestehen methodische Probleme sowohl bei der einheitlichen Erfassung als auch bei der Bewertung von Schimmelpilzen. Die Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes hat 2002 einen „Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen“ erarbeitet, der bis heute gültig ist. Damit ist es gelungen, zum ersten Mal bundesweit einheitliche Empfehlungen für das Erfassen, insbesondere aber für die hygienische Bewertung von Schimmelpilzschäden in Innenräumen vorzulegen. Die Empfehlung im Leitfaden erfolgte in Abstimmung mit ähnlichen Aussagen auf Länderebene. Der vollständige Text des Schimmelpilz-Leitfadens ist im Internet über die Homepage des Umweltbundesamtes (www.umweltbundesamt.de) abrufbar.

Der o. a. Leitfaden konzentriert sich auf Schimmelpilzwachstum in Gebäuden. Der Bereich der bakteriellen Kontaminationen wurde vorerst ausgeklammert. Es gibt jedoch Hinweise, dass auch durch vermehrtes bakterielles Wachstum Gesundheitsrisiken für die Bewohner entstehen können, beispielsweise durch Stoffwechselprodukte fadenförmiger Bakterien (Actinomyceten).

Strittig blieb auch nach Erscheinen des Schimmelpilz-Leitfadens, wie Gebäude mit mikrobiellem Befall hygienisch sicher, dabei aber praktisch durchführbar und kostengünstig saniert werden können. Zwar gibt der UBA-Leitfaden hierzu generelle Empfehlungen. Es blieben dennoch einige Fragen offen, so dass das Umweltbundesamt Ende 2005 einen „Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelwachstum in Innenräumen – Schimmelpilz-Sanierungsleitfaden“ veröffentlichte, der sich speziell mit der Frage der Sanierung von Schimmelbefall auseinandersetzt. Der Leitfaden ist ebenfalls kostenlos unter www.umweltbundesamt.de abrufbar.

Es ist unterstützenswert, wenn im vorliegenden Handbuch die Sichtweise und Erfahrung des Baufachmanns bei der Entstehung, Beurteilung und Behebung von mikrobiellen Schäden in Gebäuden mit der des Innenraumhygienikers in Einklang gebracht werden soll. Die Autoren haben hierfür eine Menge Grundlagenwissen zusammengetragen und mögliche Lösungsansätze aus der Sichtweise des Hygienikers und des Baufachmanns beschrieben. Der Praxisbezug steht dabei im Vordergrund. Auch die rechtlichen Aspekte kommen nicht zu kurz. Die jetzt veröffentlichte 2. Auflage zeigt, wie groß das Interesse bei Fachleuten verschiedener Disziplinen hieran ist.

Ich wünsche den Autoren weiterhin viel Erfolg bei der Verbreitung ihres Werkes.

Dr.-Ing. Heinz-Jörn Moriske
Direktor und Professor im Umweltbundesamt Berlin

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	13
1.1	Schimmelpilz- und Bakterienvorkommen in der Umgebung des Menschen	14
1.2	Nutzen von Schimmelpilzen und Bakterien	23
1.2.1	Schimmelpilze und Bakterien in der Nahrungsmittelproduktion	23
1.2.2	Schimmelpilze und Bakterien in der Arzneimittelproduktion	25
1.3	Begriffsklärung: Stockflecken, Spakbildung, Schwarzsimmel	26
2	Schimmelpilze und Bakterien – mikrobiologische Grundlagen	27
2.1	Mikrobielles Wachstum	30
2.2	Metabolismus – Bildung mikrobieller Stoffwechselprodukte	32
2.3	Mikrobielle Toxine	34
2.4	Wachstumsbedingungen von Mikroorganismen	35
2.5	Arten wachsender Mikroorganismen	40
2.6	Bakterien	43
2.7	Folgen des Befalls durch Mikroorganismen	44
3	Gesundheitsrisiko Schimmelpilze und Bakterien	47
3.1	Gesundheitliche Gefährdung durch Mikroorganismen	47
3.1.1	In vivo wachsende Mikroorganismen – Infektionen	49
3.1.2	Mikrobielle Toxine und Intoxikationen	51
3.1.3	Mikrobielle Allergene und Allergien	54
3.2	Mikrobielle Stoffe mit Wirkung auf das Immunsystem	56
3.3	Expositionswege	59
3.4	Abschätzung der gesundheitlichen Gefährdung – Grenzwerte, Richtwerte	59
3.5	Ergebnisse einer Feldstudie	63
4	Schimmelpilze und Bakterien in Gebäuden	67
4.1	Feuchtigkeit in Gebäuden	67
4.1.1	Durchfeuchtung von Bauteilen	70
4.1.2	Hygrothermisch bedingte Feuchtigkeit	71

4.2	Schäden an Gebäuden durch Schimmelpilze und Bakterien	89
4.3	Schadensbilder bei Schimmelpilzbefall in Räumen	90
4.3.1	Symptom-Typ A: Fensterleibung	91
4.3.2	Symptom-Typ B: Fenstersturz	93
4.3.3	Symptom-Typ C: Dachdecken-Wand-Anschluss	93
4.3.4	Symptom-Typ D: Außenwand über Fußleiste	95
4.3.5	Symptom-Typ E: Außenwand, Dachschräge und Dachdecke, Spots	97
4.3.6	Symptom-Typ F: Außenwanddecke	98
4.3.7	Symptom-Typ G: Badezimmer – Außenwand	99
4.3.8	Symptom-Typ H: Innenwand über Fußleiste, Fußleistenrückseite	100
4.3.9	Symptom-Typ I: Fenster, Flügeldichtung	101
4.3.10	Symptom-Typ J: Fenster, Glasleisten und Rahmen	102
4.3.11	Symptom-Typ K: Dachflächenfenster	102
4.3.12	Symptom-Typ L: Verdeckter Befall	104
4.3.13	Symptom-Typ M: Augenscheinlich nicht erkennbarer Befall	110
4.3.14	Symptom-Typ N: Kelleraußenwände	110
4.3.15	Symptom-Typ O: Silikondichtungen	112
4.4	Ursachenarten der Schimmelpilzentstehung	113
4.4.1	Ursache 1: Überhöhte Feuchtigkeitsproduktion	117
4.4.2	Ursache 2: Falsches Lüftungsverhalten	126
4.4.3	Ursache 3: Permanente „Kipp“-Lüftung	143
4.4.4	Ursache 4: Unzureichende Beheizung	144
4.4.5	Ursache 5: Mobiliar und Vorhänge vor Außenwänden	150
4.4.6	Ursache 6: Funktionsstörungen an Einzelraumlüftern	154
4.4.7	Ursache 7: Raumseitige Wärmedämmungen	156
4.4.8	Ursache 8: Geringe Wärmedämmung von Außenwänden	161
4.4.9	Ursache 9: Geometrische Wärmebrücken	164
4.4.10	Ursache 10: Behinderung des Warmluft-Zirkulationsstroms	167
4.4.11	Ursache 11: Fenstereinbau bei der Altbaumodernisierung	171
4.4.12	Ursache 12: Einbaufehler bei Dachflächenfenstern	174
4.4.13	Ursache 13: Konstruktive Wärmebrücken	179
4.4.14	Ursache 14: Lüftungsmöglichkeit unterdimensioniert	185
4.4.15	Ursache 15: Anfangsfeuchte im Neubau	190
4.4.16	Ursache 16: Horizontale Durchfeuchtungen von Außenwänden	210
4.4.17	Ursache 17: Vertikal aufsteigende Feuchtigkeit in Außenwänden	214
4.4.18	Ursache 18: Rohrleitungsschäden, Überflutungen	218
4.4.19	Ursache 19: Einbaufehler bei Dusch- und Badewannen	225
4.4.20	Ursache 20: Durchfeuchtungen von Schornsteinzügen	226
4.4.21	Ursache 21: Dachleckagen	228
5	Vorgehensweise bei Symptomen eines mikrobiellen Befalls	235
5.1	Mess- und Analyseplanung	235
5.2	Verdacht auf Befall ohne sichtbare Symptome	235
5.3	Einschaltung von Sonderfachleuten	238
5.4	Befragung/Gebäudeanamnese	239
5.5	Inspektion	240

5.6	Schadenskataster	242
5.7	Heizenergieverbrauchsanalyse	243
5.7.1	Gebäudespezifische Analyse	243
5.7.2	Wohnungsspezifische Analyse	246
5.7.3	Raumspezifische Analyse	256
6	Bauphysikalische Untersuchungsmethoden	259
6.1	Feuchtigkeitsbestimmung von Stoffen und Bauteilen	259
6.1.1	Elektronische Feuchtigkeitsmessung: Widerstandsmessprinzip	259
6.1.2	Kapazitive Feuchtigkeitsmessung (sog. Hochfrequenzverfahren)	260
6.1.3	Elektronische Feuchtigkeitsmessung: Mikrowellen-Verfahren	261
6.1.4	Elektronische Klimamessung: Ausgleichsfeuchte	262
6.1.5	CM-Verfahren	264
6.1.6	Darr-Methode/gravimetrische Feuchtigkeitsbestimmung	265
6.1.7	Neutronensonde	268
6.2	Taupunktbestimmung nach dem Glaser-Verfahren	269
6.3	Ermittlung der kritischen Oberflächenfeuchte von Bauteilen	272
6.4	WUFI und ESTHER	273
6.5	CO ₂ -Messung	274
6.6	„Blower-Door“-Prüfverfahren	275
6.7	Oberflächentemperaturmessung	278
6.7.1	Oberflächentemperaturmessung mit Messfühlern	278
6.7.2	Infrarot-Thermografie	278
6.7.3	Oberflächentemperaturmessung über Gebäude-Thermografie	280
6.8	Messung des Luftvolumenstroms von Lüftungsanlagen	281
6.9	Wassereindringprüfung mit dem Karsten'schen Prüfröhrchen	281
6.10	Stationäre Klimamessung: relative Luftfeuchtigkeit und -temperatur	285
6.11	Instationäre Klimamessung (Klimadatenlogger)	285
6.12	Druckprüfungen bei Wasser führenden Installationsleitungen	287
6.13	Leckageortung und Leitungssuche mit dem Tonfrequenzverfahren	289
6.14	Salzgehaltbestimmung	290
7	Untersuchung von mikrobiellen Schäden	291
7.1	Allgemeine Anmerkungen	291
7.2	Untersuchungsmethoden	293
7.3	Materialanalysen	296
7.3.1	Probenahme	297
7.3.2	Anzüchtung	298
7.3.3	Bewertung	300

7.4	Schimmelpilz-Spürhund	301
7.5	MVOC-Luftmessungen	303
7.5.1	Probenahme und mögliche Störquellen	304
7.5.2	MVOC-Analyse	307
7.5.3	Bewertung	308
7.6	Luftkeimmessungen	310
7.6.1	Probenahme	311
7.6.2	Laboranalyse	313
7.6.3	Bewertung	313
7.7	Luftanalyse auf Gesamtzellzahl bzw. luftgetragene Partikel	315
7.7.1	Probenahme	316
7.7.2	Analyse	316
7.7.3	Bewertung	316
7.8	Staubanalysen mittels Kultivierung	318
7.8.1	Probenahme	318
7.8.2	Analyse	319
7.8.3	Bewertung	319
7.9	Toxizitätstest und Toxinanalysen	321
8	Sanierung und Prävention	323
8.1	Leitfäden zur Beurteilung und Beseitigung von Schimmelpilzbefall	323
8.2	Ablauf der fachgerechten Beseitigung eines mikrobiellen Befalls	326
8.3	Untersuchungskosten	328
8.4	Ursachenbeseitigung	328
8.4.1	Nachträgliche äußere Abdichtungsverfahren	329
8.4.2	Nachträgliche Abdichtungen bei kapillar aufsteigender Feuchtigkeit	335
8.4.3	Sanierputz	339
8.4.4	Fassadenbeschichtungen	340
8.4.5	Sanierung von Sichtmauerwerksflächen, Verblendmauerwerk	346
8.4.6	Dränage	351
8.5	Symptombeseitigung	354
8.5.1	Schadensfeststellung	354
8.5.2	Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	354
8.5.3	Arbeits- und Umgebungsschutz	357
8.5.4	Unterschiedliche Maßnahmen bei der Schimmelpilzsanierung	358
8.5.4.1	Isolation	358
8.5.4.2	Desinfektion	360
8.5.4.3	Dekontamination	361
8.6	Möglichkeiten technischer Trocknung	366
8.6.1	Indirekte Bauteiltrocknung	366
8.6.2	Direkte Bauteiltrocknung	367
8.7	Abnahme der Leistungen und Erfolgskontrolle	368

8.8	Sanierungskosten	368
8.9	Maßnahmen zur Prävention – technische Möglichkeiten bei Neubauten und im Bestand	374
9	Rechtslage bei Schimmelpilzschäden	379
9.1	Recht der Schuldverhältnisse	379
9.2	Schimmelpilzschäden im Mietrecht	380
9.2.1	BGB-Regelungen zum Mietvertrag	380
9.2.2	Gesundheitsgefährdung	382
9.2.3	Beweislast für den Mangel an einer Mietsache	392
9.2.4	Umfang und Angemessenheit von Mietminderungen	396
9.2.5	Formulierung von Beweisbeschlüssen in Schimmelpilzverfahren	408
9.3	Schimmelpilzschäden im Werkvertragsrecht	411
9.4	Schimmelpilzschäden im Kaufrecht	412
10	Schimmelpilzähnliche Schadensbilder	415
10.1	Ausblühungen	415
10.2	Belastungen mit chemischen Stoffen infolge von Durchfeuchtungen	416
10.3	Fogging-Effekt oder „schwarze Wohnungen“	418
11	Stellung der verschiedenen Mikroorganismen im Ordnungssystem und Vorkommen in und an Gebäuden	425
11.1	Definition	425
11.2	Schimmelpilze	426
11.3	Algen	426
11.4	Flechten	429
11.5	Hefen	430
11.6	Bakterien	431
11.7	Schwämme	432
11.8	Hutpilze	437
11.9	Bläuepilze	437
12	Anhang	439
	Abkürzungsverzeichnis	439
	Übersicht über durch Normenfortschreibung geänderte physikalische Größen ..	442
	Literaturverzeichnis	444
	Stichwortverzeichnis	450
	Danksagung	455
	Der Autor/der Koautor	456

allerdings eine mögliche abdichtende Wirkung von hartnäckigen Biofilmen z. B. auf Verblendmauerwerksfassaden. Die Beseitigung des Biofilms und anderer kapillarbeeinflussender Ablagerungen bei Fassadenreinigungen kann allerdings dazu führen, dass sich die Wasseraufnahmefähigkeit von Verblendsteinen und Fugenmörtel derartig drastisch erhöht, dass anschließend eine Hydrophobierung erforderlich wird.

4.3 Schadensbilder bei Schimmelpilzbefall in Räumen

Schimmelpilzsporen einiger Arten sind „ubiquitär“, sie sind praktisch ständig in der Umgebungsluft vorhanden. Aber erst die Vakanz der oben näher beschriebenen Lebensbedingungen erlaubt es ihnen, sich aktiv an Bauteiloberflächen anzusiedeln. Die Inkubationszeit, in der sich ein Schimmelpilzwachstum auf einer geeigneten Unterlage einstellt, beträgt unter „günstigen“ Voraussetzungen nur Stunden. Für die Beurteilung der individuellen Verursachung eines erkannten Befalls sind umfassende Kenntnisse der Gebäudevorgeschichte und des individuellen Nutzerverhaltens notwendig. In bauphysikalischer und schadensanalytischer Hinsicht von besonderer Bedeutung sind dabei insbesondere die Außenbauteile.

Die Komplexität des Themas erfordert die systematische Bildung von Kategorien für Symptome und Ursachen, um eine sichere schadensspezifische Beurteilung vornehmen zu können. Sofern eine finale und verbindliche Beurteilung der Ursachen für einen konkreten Schimmelpilzbefall erforderlich ist, sollte dies einem spezialisierten Fachmann vorbehalten bleiben. Dieser wird unter sorgfältiger Berücksichtigung aller innen- und äußeren Einflussfaktoren eigene Messungen am Objekt vornehmen und sich einen situativen Gesamteindruck verschaffen. Sofern notwendig, wird er ergänzende Laborbefunde hinzuziehen, um dann anhand der getroffenen Auswertungen eine abschließende Beurteilung vornehmen zu können.

Eine mögliche Überschneidung mehrerer unterschiedlicher Ursachen muss ebenso in Betracht gezogen werden wie eine Ursachenverkettung in zeitlicher Abfolge. So führt z. B. eine gravierende Bauteildurchfeuchtung zunächst zu unmittelbaren Primärsymptomen an der betreffenden Stelle, aber immer auch zu einem unvermeidbaren und daher unverschuldeten Anstieg der relativen Raumluftfeuchtigkeit innerhalb von Mietwohnungen. Die verfügbaren Möglichkeiten, diesen Durchfeuchtungserscheinungen wirksam durch Lüftung entgegenzuwirken, sind beschränkt. In der Folge entstehen Sekundärsymptome mit typischen Erscheinungsbildern von überhöhter Raumluftfeuchtigkeit. Pauschale Schimmelpilz-Beurteilungen sind daher stets fehl am Platze. Es lassen sich jedoch die typischen Primärsymptome in einen Kausalzusammenhang bringen mit einer statistischen Ursachenhäufigkeit.

Im Folgenden werden die verschiedenen Symptom-Kategorien vorgestellt. Anschließend erfolgt die Darstellung typischer Ursachen in Kapitel 4.4. Die Verknüpfungen von Ursache und Wirkung sind in Matrixform in Abb. 4.83 dargestellt.

- Symptom-Typ A: Fensterleibung
- Symptom-Typ B: Fenstersturz
- Symptom-Typ C: Dachdecken-Wand-Anschluss
- Symptom-Typ D: Außenwand über Fußleiste
- Symptom-Typ E: Außenwand, Dachschräge und Dachdecke, Spots



Abb. 4.10 und 4.11: Dominante Schimmelpilzrasenbildung im unteren Leibungsdreieck und neben dem Heizkörper sind Indiz für einen Tauwasserausfall aufgrund zu geringer Beheizung.

- Symptom-Typ F: Außenwanddecke
- Symptom-Typ G: Badezimmer – Außenwand
- Symptom-Typ H: Innenwand über Fußleiste, Fußleistenrückseite
- Symptom-Typ I: Fenster, Flügeldichtung
- Symptom-Typ J: Fenster, Glasleisten und Rahmen
- Symptom-Typ K: Dachflächenfenster
- Symptom-Typ L: Verdeckter Befall
- Symptom-Typ M: Augenscheinlich nicht erkennbarer Befall
- Symptom-Typ N: Kelleraußenwände
- Symptom-Typ O: Silikondichtungen

Die Hauptkategorien der Symptome sind hinsichtlich ihres differenten Auftretens untergliedert worden.

4.3.1 Symptom-Typ A: Fensterleibung

a) Schwerpunkt über Fensterbank

Der Anschlussbereich der Fensterleibungen an den Fensterblendrahmen ist beidseitig symmetrisch mit Schimmelpilzrasen befallen. Die Erscheinung ist unmittelbar oberhalb der Fensterbank dreieckförmig aufgeweitet.

Ursachen: Tauwasserausfall aufgrund unzureichender Oberflächentemperatur im Hinblick auf die relative Raumluftfeuchtigkeit, eventuell unzureichende Beheizung und Belüftung, Wärmebrücke, ggf. auch Undichtheiten des äußeren Fensterbankanschlusses an den Leibungsputz, Kontergefälle der Fensterbank



Abb. 4.12: Schimmelpilzdreieck an der Leibung oberhalb der Fensterbank



Abb. 4.13: Schimmelpilzrasen am unteren Ende der Fensterleibung



Abb. 4.14 bis 4.16: Linear scharfkantiger Befall, umlaufend entlang des Blendrahmens: Wärmebrücke in der Konstruktionsfuge des Fensteranschlusses

b) Linear umlaufend

Die Schimmelpilzbildung tritt an der Fensterleibung linear umlaufend auf, unmittelbar entlang des Fensterblendrahmens auf einer Breite von 3–5 cm.

Ursachen: Umlaufende Wärmebrücke im Blendrahmen-Anschlussbereich; das Fenster sitzt z. B. nicht in der Dämmebene, sondern in der Luftschichtebene; die umlaufende Konstruktionsfuge ist nicht mit Dämmstoff verfüllt oder wird von Kaltluft umspült, die Wärmedämmebene ist durch Anschlag oder Abmauerung unterbrochen.

c) Schwerpunkt unter Fenstersturz

Auf den Leibungsflächen entwickelt sich flächiger Befall, nach oben hin mit zunehmender Ausdehnung, im Sturzbereich übergehend in eine flächige rasenartige Ausdehnung.

Ursache: anhaltende Fensterlüftung auf „Kipp“-Stellung, hierdurch Auskühlung des Betonsturzes unterhalb der Taupunkttemperatur

4.3.2 Symptom-Typ B: Fenstersturz

a) Flächig verteilt

Im Bereich der Sturzuntersicht ist eine flächige Ausbreitung zu beobachten, die in eine vertikale Rasenbildung an der Sturz-Stirnseite übergeht.

Ursachen: Wärmebrücke im Fenstersturzbereich, anhaltende Lüftung in „Kipp“-Stellung, dadurch Untertemperierung des Betonsturzes und nachfolgender Tauwasseranfall

b) Schwerpunkt am Fensteranschluss

Eine flächige Ausbreitung an der Sturzuntersicht mit zunehmender Intensität im unmittelbaren Anschlussbereich zu den Fensterblendrahmen ist zu beobachten.

Ursachen: Wärmebrücke im Blendrahmen-Anschlussbereich, Fenster sitzt nicht in der Wärmedämmebene, sondern in der Luftschichtebene, fehlende Z-Folie oberhalb des Fenstersturzbereiches, unzureichend gedämmter Rollladenkasten

4.3.3 Symptom-Typ C: Dachdecken-Wand-Anschluss

a) Linear durchlaufend, rasenbildend

Der Befall dehnt sich im Ichselbereich (Wand-Decken-Anschluss) linear aus und erstreckt sich über die gesamte Außenwandbreite.

Ursachen: geometrische Wärmebrücke, mangelhaftes Heiz- und Lüftungsverhalten

b) Punktuell beliebig, Schattenflecken, Wasserränder

Es ist eine punktuelle Konzentration mit Schattenflecken an beliebiger Stelle festzustellen.

Ursachen: Dachleckagen im Traufbereich, defekte oder verstopfte Regenrinnen, Unterspannung entwässert nicht über das Nackenblech in die Rinne, sondern willkürlich.



Abb. 4.177 und 4.178: Der Anschluss der Unterspannbahn an das Dachflächenfenster ist nicht regensicher hergestellt.

Indikator für eine zu hohe Luftfeuchtigkeit (beschlagene Fenster) ist weggefallen, weil die Fenster besser isoliert sind als die Außenwände. (...) Der Mangel an der Mietsache liegt damit in dem in sich nicht stimmigen Baukörper begründet, der durch den nachträglichen Einbau der Isolierglasfenster geschaffen worden ist. Denn dadurch hat sich das Gesamtgefüge dahin gehend verändert, dass nunmehr die Außenwände die schlechteste Wärmeisolierung aufweisen. (...) Zum anderen ist für die Entscheidung davon auszugehen, dass ihnen [den Mietern] von der Beklagten [Vermieterin] bzw. von den mit dem Einbau der Fenster befassten Handwerkern nicht mitgeteilt worden ist, dass sie die Räume täglich mindestens dreimal durch Stoßlüften zu be- und entlüften hätten.“

Übergroße Fensternischen

Bei planungsseitig übergroß dimensionierten Nischentiefen von Fenstern tritt der gleiche Effekt ein wie bei der Abdeckung von Heizkörpern. Auch hier kann die zirkulierende Raumluft nicht über alle Bauteiloberflächen hinwegstreichen. Besonders betroffen ist der Bereich der Fensterleibungen oberhalb der Fensterbank im unmittelbaren Fensterblendrahmen-Anschlussbereich. Auch hier kommt es zu einer Anreicherung der relativen Luftfeuchtigkeit bis hin zum Tauwasserausfall an der Bauteiloberfläche, insbesondere an den Fensterblendrahmen, den Fensterflügelrahmen und der Verglasung im unteren Drittel.

4.4.12 Ursache 12: Einbaufehler bei Dachflächenfenstern

Sowohl die Neubau-Montage von Dachflächenfenstern als auch deren Nachrüstung in bestehende Dachflächen birgt ein vielfältiges Fehlerrisiko. An Planung und Ausführung derartiger Maßnahmen sind daher hohe Anforderungen gestellt.

Anschluss der Unterspannbahn an Dachflächenfenster

Allgemein ist festzuhalten, dass Öffnungen möglichst klein zu halten sind. Oberhalb von durchdringenden Öffnungen sind durch umgeschlagene Ergänzungsfolien sog. „Folienrinnen“ auszubilden. Die Folienausschnitte sind hierfür entsprechend großzügig

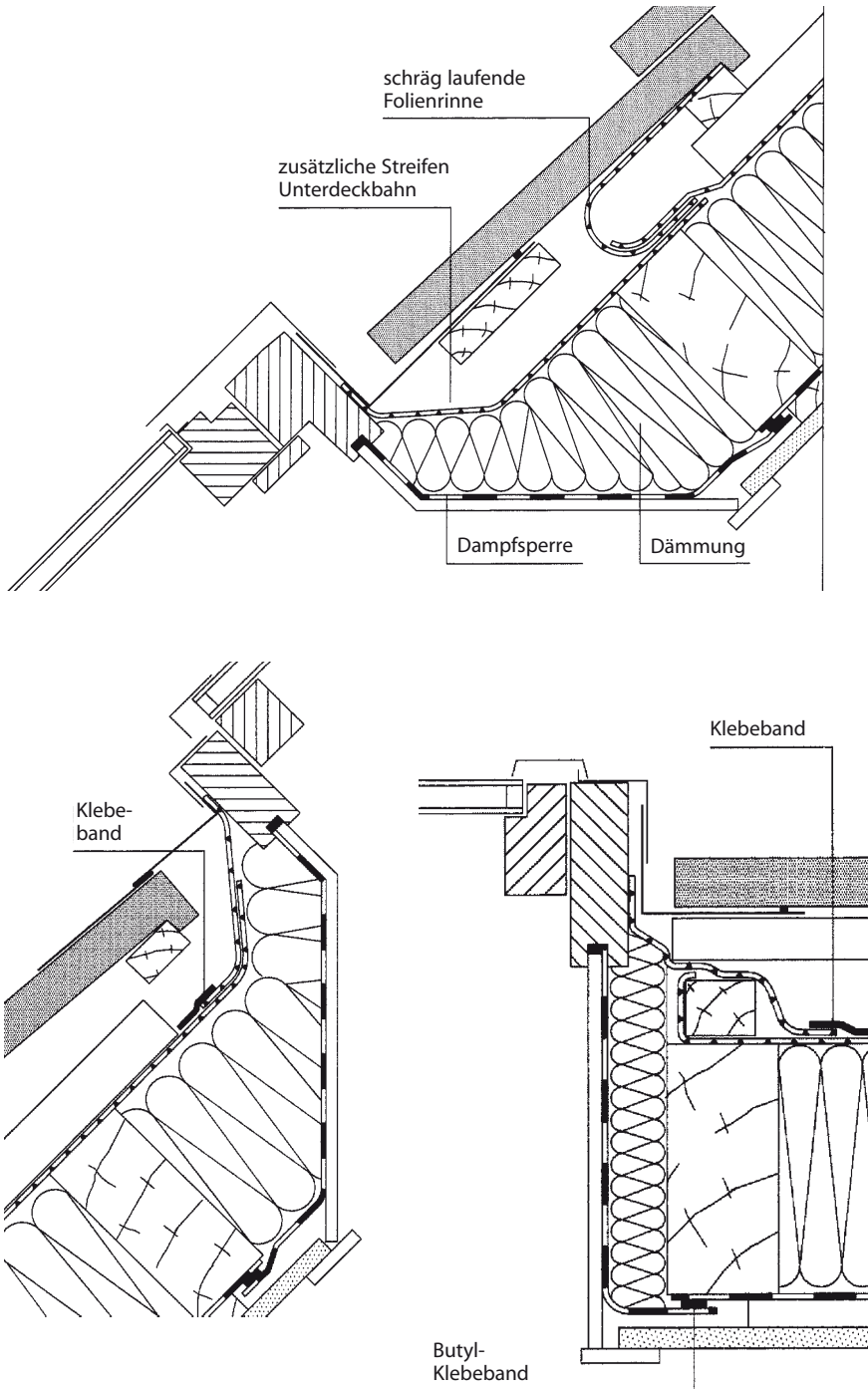


Abb. 4.179: Anschluss von Dachflächenfenstern mit separatem Eindeckrahmen an eine Unterdeckbahn in einem Dach mit Zwischensparrendämmung mit Führung der Bahnen unter die Dachlatten (Quelle: ZVDH, 2003)

auszuschneiden. Prinzipiell gelten für die Ausführung von Anschlüssen die jeweiligen Hersteller-Vorschriften.

Der Hersteller Dörken macht zur Anarbeitung der Unterspannbahn an Dachflächenfenster beispielsweise folgende Angaben:

„Für den Einbau von Wohnraumdachfenstern ist die DELTA-FOL SPF zunächst lt. Zeichnung einzuschneiden. Oberhalb des Dachflächenfensters ist eine Folienrinne auszuführen. Den Dachrahmen mit den vorher angebrachten Montagewinkeln auf der Konterlatte befestigen und die 4 seitlichen Folienlaschen am Blendrahmen hochführen und antackern.“

In dem Merkblatt „Einbauteile bei Dachdeckungen“ (ZVDH, 2003) werden folgende Angaben gemacht:

„3.2 Dachflächenfenster (...)

3.2.4 Anschluss an die Wärmedämmung

(1) Wärmedämmungen müssen an das Dachflächenfenster dicht gestoßen verlegt werden, damit keine schädlichen Wärmebrücken entstehen.

(2) Die Wärmedämmung muss an jeder Stelle so bemessen sein, dass der Mindestwärmeschutz an jeder Stelle erreicht wird. Dies bedeutet bei Wärmedämmung zwischen den Sparren, dass die Aussparung entsprechend größer hergestellt werden muss. Die Ausführung muss handwerklich oder mit vorgefertigten Dämmrahmen erfolgen.

3.2.5 Anschluss an eine Unterspannung (...)

(4) Firstseitig des Dachflächenfensters muss eine schräg verlaufende Rinne hergestellt werden, die eventuell auf der Unterspannung über dem Fenster herablaufende Feuchtigkeit am Fenster vorbei in ein benachbartes Sparrenfeld leitet. Die Rinne kann aus dem Werkstoff der Unterspannung, aus Metall oder einem anderen geeigneten Werkstoff hergestellt werden.“

Anschluss der Wärmedämmebene an die Einbauzarge

Durch die seitlichen Befestigungswinkel wird bei der Montage auf der Konterlattung die Höhenlage des Dachflächenfensters festgelegt. Der Zargenrahmen liegt dabei ca. 4 cm oberhalb der Dämmstoffoberseite. Bei einer umlaufenden Differenzhöhe von 4 cm entsteht durch das Dämmungsdefizit an der inneren Gipskarton-Auskleidung eine Wärmebrücke. Die Wärmedämmebene muss deshalb senkrecht an den Zargenrahmen herangeführt werden. Insbesondere in den Eckbereichen liegt jedoch in der Praxis der Dämmstoff oft in unzureichender Stärke vor.

Nach den Fachregeln und den Hersteller-Empfehlungen müssen ferner für den ordnungsgemäßen Einbau von Dachflächenfenstern seitliche Freiräume zwischen Sparrenflanken und Gipskarton-Leibungsverkleidung verbleiben, damit hier ca. 40 mm Dämmstoff eingebracht werden kann. Fehlt der Dämmstoff, kann die Kaltluft ungehindert durch den entstandenen Hohlraum zirkulieren und eine empfindliche Auskühlung der Gipskartonplatten verursachen. Raumseitig entstehen lokale Oberflächentemperaturen in der Größenordnung von 3–7 °C und damit zwangsläufig Tauwasserausfall.



Abb. 4.180: Die Holzfensterzarge liegt 40 mm oberhalb der Dämmstoffebene; im Eckbereich liegt die Gipskarton-Leibungsverkleidung gegenüber dem Außenklima ungeschützt frei.



Abb. 4.181: Ungenügender Zwischenraum zwischen benachbartem Sparren und der Gipskarton-Leibungsverkleidung; der erforderliche Dämmstoff fehlt hier völlig.

In Abb. 4.181 kann Kaltluft ungehindert entlang der Sparrenflanke zirkulieren und kühlt die Gipskarton-Leibung von der Rückseite her aus. Im Eckbereich der Öffnung ist am Lichteinfall erkennbar, dass hier die Dämmung fehlt.

Einbau waagerechter Fensterbänke

Infolge der Abdeckung durch waagerechte Fensterbänke wird die zirkulierende Warmluft innerhalb des Raumes daran gehindert, die raumseitige Scheibenoberfläche in ihrer gesamten flächigen Ausdehnung zu bestreichen. Insbesondere das untere Drittel der Fensterverglasung liegt im Zirkulationsschatten.

Hierdurch stellt sich in den Wintermonaten am unteren Ende der Verglasung regelmäßig eine tauwasserträchtige Oberflächentemperatur auf der Raumseite ein. Es kommt zum Tauwasserausfall. Das Kondensat läuft auf der Unterseite der schräg geneigten Verglasung nach unten hin ab, trifft dort auf die waagerechte Lippendichtung zwischen Verglasung und Flügelrahmen und staut sich hier zunächst auf. Das Wasser läuft dann von hier aus über die inneren Flügelrahmenecken nach unten hin ab. Dabei werden weiterhin die senkrechten Eckverbindungsstöße des Flügelrahmens von Feuchtigkeit beansprucht.

Die Folgen dieses Vorgangs sind schwarze Schimmelpilzerscheinungen oder die Bildung von Bläuepilzen im Bereich der unteren Flügelrahmenecken. Ferner entstehen aufklaffende Verbindungsstöße zwischen den seitlichen Flügelrahmenprofilen und dem unteren Flügelrahmenriegel. Über diese klaffenden Fugen gelangt abtropfendes Tauwasser sodann auch in den äußeren, geneigten Blendrahmenfalzbereich und kann sich dort aufstauen.

Auf waagerechte Fensterbänke unterhalb von geneigten Dachflächenfenstern sollte daher generell verzichtet werden. In den neueren Hersteller-Detailangaben finden sich in der Regel zeichnerische Darstellungen mit einer senkrechten unteren Verkleidung anstelle einer Fensterbank. Auf diese Weise wird der Warmluftstrom eines unterhalb des Fensters positionierten Heizkörpers optimal am Fenster entlang geführt.



Abb. 4.182: Ablösung der Lasurbeschichtung ein Jahr nach der Überholung; Schimmelpilzsaum entlang des unteren Scheibenrandes infolge Überbeanspruchung durch Scheibenkondensat

Die senkrechte untere Verkleidung hat jedoch den Nachteil, dass sich die Dämmung in der Dachschräge zur Einbauzarge hin verjüngt, wie es in Abb. 4.179 zeichnerisch dargestellt ist. Gleichzeitig wird gerade dort die Forderung nach einer Mindestdämmstärke definiert (siehe ZVDH, 2003, Abschnitt 3.2.4).

Der Wärmedurchgang im Anschlussbereich des Fensters muss daher daraufhin geprüft werden, ob der nach DIN 4108-2, Abschnitt 6.2, kritische Mindestwert der raumseitigen Oberflächentemperatur von $\theta_{si} \geq 12,6 \text{ °C}$ im Bereich der Dämmungsverjüngung noch erreicht wird.

Im Ausnahmefall kann auf ein herstellereitiges Anschlussset für die Warmluftführung ausgewichen werden. Hierbei wird die vom Heizkörper aufsteigende Warmluft unter der Fensterbank hindurch und durch ein Lüftungsgitter bis an die Scheibenoberfläche herangeleitet.

Fehlende Heizkörper unterhalb der Dachflächenfenster

Für die optimale Wirksamkeit thermischer Luftzirkulation ist die geeignete Heizkörperposition unmittelbar unterhalb des Dachflächenfensters wichtig. Von dort aus kann die Unterseite der Verglasung gut temperiert werden. Sofern die Heizkörper an anderer Stelle im Dachraum installiert sind, besteht in hohem Maße das Risiko einer späteren Unterbrechung des Warmluftstromes durch Mobiliar.

Dachflächenfenster aus Holz in Nassräumen

Während der Nutzung der Nassräume entsteht durch an der Scheibe ablaufendes Kondensat eine Feuchtebeanspruchung an den Blend- und Flügelrahmen aus Holz, die zu einer Unterwanderung und Ablösung der transparenten Beschichtung führt.

Aufstauendes Kondensat am unteren Scheibenende im schräg geneigten Glasfalzbereich kann den transparenten Beschichtungsstoff vom freien Rand her unterwandern und vom Untergrund ablösen.

Als fehlerhaft muss daher der Einbau eines Naturholzfensters ohne Kondensatablauf- rinne im Nassbereich eines Badezimmers bezeichnet werden. Hier muss stattdessen ein kunststoffummanteltes Holzfenster mit Kondensatablauf- rinne und Entwässerung nach außen gewählt werden.

Nach den Einbau-Empfehlungen der Hersteller sollten in Nassräumen grundsätzlich kunststoffummantelte Fenster eingesetzt werden, bei denen am unteren Ende des Flügelrahmens eine Wasserablauftrinne für Kondensat integriert ist und bei denen ein entsprechender Kondensatabfluss entweder nach außen oder zum Raum hin unschädlich stattfinden kann.

Hierzu heißt es z. B. in der Produktbeschreibung eines kunststoffummantelten Fensters:

„In jedem Haus gibt es Räume, in denen in verstärktem Maß Feuchtigkeit anfällt. Die gilt insbesondere für Küche, Bad und WC. (...)

In diesen Räumen sollten Fenster vor allem 3 Eigenschaften haben:

1. *Sie sollten unempfindlich gegen Feuchtigkeit sein.*
2. *Sie sollten das an der Scheibe entstehende Schwitzwasser auffangen und nach außen ableiten, damit es nicht auf die Fensterbank läuft.*
3. *Sie sollten wirkungsvolle Lüftungsmöglichkeiten bieten, damit überschüssige Feuchtigkeit nach außen kann.“*

Diese Empfehlung ist jedoch nicht hinreichend bindend. Tatsächlich sind Naturholz-Dachflächenfenster insbesondere in Nassräumen häufig nachhaltig problembehaftet. Hier setzt die Hinweispflicht der Planer und Verarbeiter an. Herstellerseitig sollte künftig eine klare Verarbeitungsregel herausgegeben werden, die den Einsatz von Naturholzfenstern in Nassräumen grundsätzlich ausschließt.

4.4.13 Ursache 13: Konstruktive Wärmebrücken

Die warme Innenraumluft ist in der Lage, einen höheren Anteil an Wasserdampf physikalisch zu binden als die kühle Außenluft in der Winterperiode. Gleichzeitig wirken Bauteile, die nicht thermisch getrennt sind, in dieser Periode als Wärmebrücken. In solchen Bauteilen entsteht von innen nach außen ein konstantes Temperaturgefälle.

Führt dieses dazu, dass auf der Innenseite eine Oberflächentemperatur von weniger als 12,6 °C entsteht, bildet sich an dieser Stelle (in Abhängigkeit von der im Raum tatsächlich vorhandenen relativen Luftfeuchtigkeit) eine erhöhte relative Luftfeuchtigkeit bis hin zum Ausfall von Tauwasser mit der Folge von Schimmelpilzbildung.

Konstruktive Wärmebrücken können sein:

- **Massivbauteile:** massive Bauteile mit hoher Wärmeleitfähigkeit, welche die Wärmedämmschichten ungeplant durchstoßen;
- **Bauteilanschlüsse:** fehlerhaft geplante Bauteilanschlüsse, bei denen massive Bauteile mit hoher Wärmeleitfähigkeit keine ausreichende Trennung zwischen innen und außen gewährleisten;
- **Durchfeuchtungen/thermodynamische Wärmebrücken:** Durchfeuchtungen der Wärmedämmschicht oder der Außenwandbauteile im Zusammenwirken mit entstehender Verdunstungskälte an den Bauteiloberflächen, durch die gleichzeitig infolge der Feuchtigkeit die Wärmeleitfähigkeit verbessert und damit die Wärmedämmwirkung vermindert wird;
- **Hinterspülung von Wärmedämmschichten im Dachbereich durch Kaltluft:** Bei belüfteten Dächern kann die fehlerhafte Anordnung der Wärmedämmung dazu führen, dass Kaltluft durch die Anschluss- und Stoßfugen der Wärmedämmung hindurch auf deren Warmseite gerät. Auf diese Weise wird die wärmedämmende Schicht „unter- oder hinterspült“. Die auf der Innenseite der Wärmedämmung liegenden, oft in Leichtbauweise erstellten Bauteile kühlen dann unzulässig stark ab.

Treten Verfärbungen auf Baumaterialien oder Inventar auf und ist nicht sicher erkennbar, ob es sich um einen mikrobiellen Befall handelt oder nicht, dann ist es meist die beste Methode, ein Stück des Materials, z. B. ein Stück Tapete, zu entnehmen und ins Labor zu schicken. Ist es nicht möglich, Material zu entnehmen, kann auch mittels einer Folienkontaktprobe bzw. eines transparenten Klebestreifens von der Oberfläche Material entnommen und dem Labor zur mikroskopischen Analyse zugeschickt werden. Auf diese Weise können neben den Sporen auch die Wachstumsstrukturen (= Myzel, Hyphenstücke) identifiziert werden.

7.3.1 Probenahme

Wo man welche Materialprobe entnimmt, sollte sich danach richten, auf welche Frage das Ergebnis der Untersuchung eine Antwort geben soll.

- Wenn ein eindeutig erkennbarer Schimmelpilzbefall vorhanden ist, kann es sein, dass die Arten ermittelt werden sollen.
- Ist auf einer Wand ein sichtbarer mikrobieller Befall vorhanden, kann sich die Frage stellen, ob auch in tieferen Schichten ein Befall vorliegt.
- Wenn kein sichtbarer Befall vorhanden ist, kann der Verdacht bestehen, dass ein mikrobieller Befall vorliegt, z. B. weil das Material feucht ist oder Flecken unklarer Herkunft ausweist oder weil der **Schimmelpilz-Spürhund** den Bereich markierte.
- Wenn ein Befall festgestellt wurde, kann Klärungsbedarf bestehen, wie weit sich der Befall in der Fläche ausgedehnt hat.

Bei der Probenahme muss sorgfältig beachtet werden, das Probenmaterial nicht durch verschmutztes Werkzeug zu kontaminieren und auch den Kontakt mit den Fingern so weit möglich zu vermeiden. Das Probenahmewerkzeug muss vor und nach jeder Probenahme gereinigt werden. Die Probe sollte möglichst sofort in sauberem Material dicht verpackt werden. Die Probe sollte umgehend in das Labor gebracht werden. Ist es erforderlich die Proben zu lagern, dann können sie einige Tage im Kühlschrank gelagert werden (spezieller Proben-Kühlschrank, nicht zusammen mit Lebensmitteln!), aber nicht länger als 14 Tage. Für längere Lagerzeiten müssen die Proben eingefroren werden.

Ebenfalls beachtet werden muss bei der Probenahme, dass Mikroorganismen sehr gut bei Feuchtigkeitswerten an Materialoberflächen zwischen 80 und 98 % wachsen. Es ist für das Wachstum nicht erforderlich, dass das Material erkennbar nass ist, d. h., dass 100 % Feuchtigkeit bzw. freies Wasser vorliegt. In sehr nassem Material werden sogar seltener Mikroorganismen nachgewiesen als in Materialien, die „nur“ messbar feucht, aber nicht fühlbar nass sind.

Es ist bei Schäden deshalb meist besser, Material dort zu entnehmen, wo kein freies Wasser auftritt, sondern „nur“ noch hohe Feuchtigkeit messbar ist, z. B. am Rande eines massiven Feuchtigkeitsschadens.

Unter 80 % relativer Feuchtigkeit auf Materialoberflächen ist nicht sichergestellt, dass keine Mikroorganismen wachsen. Einige Pilze können auch bei Werten bis zu 70 % relativer Feuchtigkeit wachsen, wobei die meisten etwas höhere Werte für die Keimung benötigen als zum Wachsen. Für *Aspergillus niger* wird z. B. im LGA 1 angegeben, dass dieser Pilz zur Keimung eine Feuchtigkeit von 84 % benötigt, zum Wachsen allerdings nur von 77 %.

Bei der Probenahme ist auf **Arbeitsschutzmaßnahmen** zu achten (siehe Lorenz/Hankammer/Lassl, 2005). Das Öffnen einer Wandverkleidung kann dazu führen, dass schlagartig sehr große Mengen an Keimen und anderen mikrobiellen Partikeln freigesetzt werden, die in manchen Fällen mit Toxinen behaftet sind und die der Probenehmer sofort einatmet. Man sollte bei der Materialprobenahme deshalb zumindest eine geeignete Atemschutzmaske tragen (Filterklasse P2, besser P3).

Das Probenmaterial kann unmittelbar im Lichtmikroskop auf Mikroorganismen untersucht werden. Nicht alle Arten können bei dieser Methode erkannt und bestimmt werden. Man hat jedoch die Chance, auch abgestorbene Mikroorganismen zu erkennen, die bei der Anzüchtung auf Nährböden nicht anwachsen.

Man kann aber auch einen Klebestreifen auf die Oberfläche des zu untersuchenden Materials aufdrücken und anschließend die am Kleber hängen gebliebenen mikrobiellen Strukturen im Mikroskop auswerten.

Um die mikrobiellen Strukturen besser sichtbar zu machen, werden diese meist mit Lactophenolblaulösung eingefärbt.

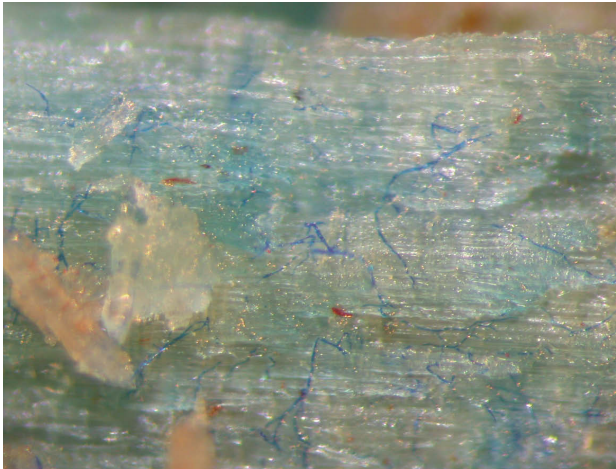


Abb. 7.1: Myzel auf Holzspan (Quelle: Umweltmykologie, Dr. Dill und Dr. Trautmann GbR, Berlin)

7.3.2 Anzüchtung

Zur Anzüchtung müssen die mikrobiellen Sporen auf Nährböden aufgebracht werden. Dies kann durch Andrücken des Nährbodens auf die Probenoberfläche erfolgen. Hierbei bleiben die auf der Oberfläche der Proben vorhandenen losen Partikel auf dem Nährboden haften.

Soll stückiges Material untersucht werden oder auch tiefere Schichten des Materials, dann wird das Probenmaterial homogenisiert und mit einem geeigneten Lösemittel werden die mikrobiellen Partikel ausgewaschen. Die Suspension muss so verdünnt werden, dass mindestens 10, besser 20, höchstens 100 KBE pro Nährboden anwachsen und auszuzählen sind.

Zur Kultivierung sollten 2 verschiedene Nährböden für Schimmelpilze und ein Nährboden für Bakterien eingesetzt werden. Bewährt hat sich die Kombination Malzextraktagar, DG-18-Agar für Pilze und CASO-Agar für Bakterien und Anzüchtung bei 24 °C

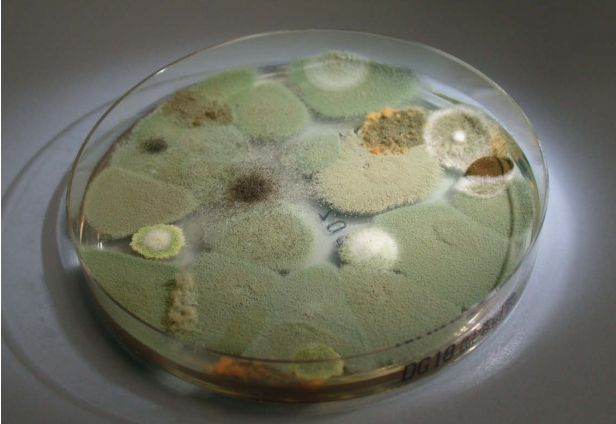


Abb. 7.2: Pilzkulturen, gewachsen auf DG-18-Nährboden (Quelle: Umweltmykologie, Dr. Dill und Dr. Trautmann GbR, Berlin)



Abb. 7.3: *Pseudonocardia* sp., Wachstum auf 4 unterschiedlichen Nährböden (Quelle: Dr. Ingrid Groth, Hans-Knöll-Institut, Jena)

über mehrere Tage (bis zu 14 Tage für bestimmte Actinomyceten). Bei bestimmten Aufgabenstellungen kann auch eine Anzüchtung bei 37 °C sinnvoll sein, z. B. wenn speziell nach fakultativ pathogenen Keimen gesucht wird.

Im Bereich von Feuchtigkeitsschäden wachsende Mikroorganismen entwickeln sich teilweise relativ langsam und bilden erst nach einer Inkubationszeit von bis zu 2 Wochen Kolonien. Deshalb darf die Auswertung nicht zu früh abgebrochen werden, sondern nach 10–14 Tagen sollten nochmals die Nährböden angeschaut werden, ob sich zusätzlich weitere Kolonien gebildet haben.

Sobald sich mikrobielle Kolonien mit typischen morphologischen Wachstumsformen gebildet haben, werden diese gezählt und mikroskopisch untersucht, um die jeweilige Art festzustellen. Schließlich wird die Anzahl der Kolonien auf 1 g Probenmaterial oder 1 cm² Probenfläche hochgerechnet.

Tabelle 7.3: Ergebnis einer Materialanalyse auf KBE, Putz von einer Innenwand eines Badezimmers (Analyse durch Umweltmykologie, Berlin)

Untersuchungsparameter	Pilze/Bakterien	KBE/g
DG-18-Agar, 24 °C	<i>Aspergillus sydowii</i>	800
	<i>Aspergillus versicolor</i>	9.600
	<i>Cladosporium sp.</i>	80
	<i>Penicillium sp.</i>	80
	sterile Kolonien	160.000
	Summe	170.560
Malzextraktagar, 24 °C	<i>Acremonium sp.</i>	560.000
	<i>Penicillium spp.</i>	240
	<i>Phialophora sp.</i>	240.000
	Summe	800.240
CASO-Agar, 24 °C	Actinomyceten (Typ <i>Pseudonocardia</i>)	2.700.000
	nicht identifizierte Bakterien	24.000.000
	Summe	26.700.000

7.3.3 Bewertung

Die Bewertungsmaßstäbe für Materialanalysen sind von verschiedenen Parametern abhängig und sollten deshalb auf Basis der Empfehlungen des analysierenden Labors erfolgen.

Es sollte stets berücksichtigt werden, ob auffällige Mengen und auffällige Arten nachgewiesen wurden (Lorenz/Hankammer/Lassl, 2005).

Werden in Materialien hohe Mengen an Mikroorganismen nachgewiesen, dann ist von einem primären Befall, d. h. von einer Besiedlung des Materials, auszugehen.

Treten Arten auf, die aus gesundheitlicher Sicht besonders kritisch zu sehen sind, wie z. B. fakultativ pathogene Arten (*Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Nocardia spp.*, *Nocardiopsis spp.*, *Mycobacterium spp.*) oder potenzielle Toxinbildner (siehe Kapitel 2), sind diese auch dann zu berücksichtigen, wenn die Mengen nicht hoch sind. So ist der Nachweis von 50.000 koloniebildenden Einheiten (KBE) *Cladosporium sp.* in 1 g Probenmaterial unkritischer zu sehen als der Nachweis von 5.000 KBE *Stachybotrys chartarum* oder *Aspergillus fumigatus*.

Werden Arten gefunden, die allgemein auch im Hausstaub und in der Außenluft auftreten, dann kann es sein, dass es sich um eine Kontamination handelt. Dies ist insbesondere bei Abklatschproben zu berücksichtigen.

Werden Mikroorganismen in nur leicht erhöhten Mengen nachgewiesen, die jedoch in der Hauptsache bei Feuchtigkeitsschäden in Innenräumen auftreten, sog. **Indikatororganismen** für Feuchtigkeitsschäden, wie z. B. Actinomyceten, *Bacillus*-Bakterien oder bestimmte Pilze, wie *Acremonium spp.*, *Aspergillus restrictus*, *Aspergillus versicolor*, *Chaetomium spp.*, *Phialophora spp.*, *Scopulariopsis spp.*, *Stachybotrys chartarum*, *Tritirachium (Engyodontium) album*, *Trichoderma spp.* (Pilze als Feuchtigkeitsindikatoren,

siehe LGA 1), dann kann es sein, dass die Probenahmestelle am Rande eines größeren Schadens liegt.

Sollten mittels Kultivierung im Probenmaterial keine auffälligen Mengen oder auffällige Arten nachweisbar sein, dann ist es möglich, dass die vorhandenen Mikroorganismen abgestorben sind oder unter Laborbedingungen nicht wachsen. Da aber auch **abgestorbene Mikroorganismen** zu einer Geruchsbelastung und zu gesundheitlichen Problemen führen können, sollte, wenn die Kultivierung einen negativen Befund ergab, gleichzeitig aber aus anderen Gründen ein mikrobieller Befall zu vermuten ist, zusätzlich eine mikroskopische Analyse durchgeführt werden. Bei diesen Analysen sind zwar die Arten nur grob ermittelbar, aber es kann festgestellt werden, ob Myzel vorhanden ist, was ein Beleg für eine mikrobielle Besiedlung wäre.

Es ist bei der mikroskopischen Analyse ohne Kultivierung nur sehr eingeschränkt möglich, die Arten zu differenzieren, da die Differenzierung meist anhand der Sporenträger erfolgt, diese aber in der Regel nur bei der Kultivierung gut ausgebildet und erkennbar sind und Sporen unterschiedlicher Arten oft ein ähnliches Aussehen haben. Die Auswertung und Bewertung sind entsprechend schwierig und erfordern einen erfahrenen Mikrobiologen.

Mit Materialanalysen wird meist nur eine relativ kleine Stelle untersucht. Es kann sehr leicht zu Minderbefunden kommen, wenn eine falsche Stelle zur Probenahme ausgewählt oder das falsche Material entnommen wurde.

7.4 Schimmelpilz-Spürhund

Eine der effektivsten Methoden, um versteckte Schäden zu lokalisieren, ist der Schimmelpilz-Spürhund. Genauso wie ein Drogen- oder Minen-Spürhund ist dieser Hund auf ausgewählte Geruchsstoffe trainiert und zeigt diese sehr zuverlässig an. Jeder, der Schimmelpilz-Spürhunde selbst einsetzt oder bei der Arbeit objektiv verfolgt, ist von deren außerordentlicher Leistungsfähigkeit überzeugt.

Kritiker, die in der Regel die Arbeit nicht aus der Praxis kennen, führen gegen den Spürhund folgende Argumente an: Der Hund kann nicht nach Menge und Art der Mikroorganismen unterscheiden und er arbeitet nur im Bereich bis knapp oberhalb seiner Nase.

Der Spürhund zeigt selbstverständlich nur Geruchsquellen an. Diese müssen anschließend mittels Materialanalysen untersucht werden. Aber es wurde auch nie der Anspruch erhoben, dass der Spürhund den Mikrobiologen ersetzen soll. Der Spürhund unterstützt lediglich die Arbeit des Gutachters und hilft ihm, gezielt Proben entnehmen zu können. Mit Hilfe des vierbeinigen Assistenten ist es dem Gutachter möglich, innerhalb von kurzer Zeit eine Übersicht über mögliche Quellen in großen Objekten zu bekommen. Bei der Probenahme ist allerdings insbesondere der Gutachter gefordert. Er muss in der Lage sein, die Markierungen des Spürhundes intelligent und fachmännisch zu interpretieren.

Wer behauptet, der Spürhund könne nur Quellen im Bereich der Fußböden finden und nicht im Bereich der Decken, der hat vermutlich noch nicht mit einem gut trainierten und geführten Spürhund gearbeitet. Lediglich dann, wenn im Fußbodenbereich Schäden vorliegen, können Schäden in der Decke übersehen werden, aber dies muss der Gutachter bedenken.

Auch auf eine sorgfältige Trennung von Bitumendickbeschichtung und dem Dränagesystem muss geachtet werden, da sich ansonsten einzelne Steine in das plastische Bitumendickbeschichtungsmaterial einpressen. Nicht selten finden sich im Schadensfall nach erfolgter Aufgrabung tief greifende Einschlüsse insbesondere in der Hohlkehle wieder. Die perforierte Abdichtung kann ihren bestimmungsgemäßen Zweck dann nicht mehr erfüllen.

8.4.2 Nachträgliche Abdichtungen bei kapillar aufsteigender Feuchtigkeit

Injektionsverfahren

Die reguläre Abdichtungsausführung bei der Herstellung von Gebäuden ist in der DIN 18195 geregelt. Planmäßig verhindert wird der Feuchtigkeitseintritt durch eine Horizontalsperre im Mauerwerksaufstandsbereich und eine Vertikalsperre auf der äußeren Begrenzungsfläche des Mauerwerks zum Erdreich hin. Immer dann, wenn die ursprünglich eingebaute Horizontalsperre nicht oder nicht mehr funktionsfähig ist, kommen verschiedene Verfahren der Abdichtungsertüchtigung in Betracht, die in der DIN 18195 geregelt sind oder sich nach dem WTA-Merkblatt 4-6-05/D „Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile“ (WTA, 2005) richten können.

Sämtliche Baustoffe mit offenporigem Gefüge sind zu einem Kapillartransport von Flüssigwasservorkommen fähig. In vertikaler Richtung bildet sich dabei innerhalb der Kapillarröhre infolge der Adhäsionskräfte eine Konkav-Verformung der Wasserspiegeloberfläche. Gleichzeitig sorgt die Oberflächenspannung für einen Anstieg der Pegeloberfläche und fördert somit das allmähliche Nachrücken von Flüssigwasser innerhalb der Mikro-Kapillarröhre. Diese Kapillarkräfte bewirken so lange einen Wasseranstieg, bis durch die entgegengesetzt wirkende Schwerkraft ein stationärer Gleichgewichtszustand erreicht wird. Bei Ziegel-Mauerwerk beispielsweise liegt die kapillare Steighöhe bei ca. 1,25 m.

Mauerwerk, das seitlich oder nach unten hin ungeschützt dem feuchten Milieu des Erdreiches ausgesetzt ist, kann auf diese Weise von unten her Feuchtigkeit aufnehmen und zum Wohnraum hin nach oben abgeben.

Mauerwerksinjektion als Horizontalsperre

Das Wirkungsprinzip einer Mauerwerksinjektion kann bei fachgerechter Ausführung in Massivmauerwerk aus Vollsteinen dafür sorgen, dass der kapillare Wassertransport lokal unterbunden wird. In der Regel wird dieses Verfahren eingesetzt, um das vertikale Aufsteigen von Kapillarfeuchte in Außenwänden zu verhindern. Bei dieser Anwendung wird linear horizontal eine Bohrlochkette nach vorgegebenem Raster in die Wand eingebracht. In die schräg geneigten Bohrlöcher wird unter Druck oder drucklos das Injektionsmaterial appliziert. Jeweils im unmittelbaren Umgebungsbereich jedes einzelnen Bohrlochs entsteht nach erfolgreicher Injektion eine wolkenartige Zone mit gestörter Kapillarität. Ein Flüssigwassertransport findet dann in der unmittelbaren Umgebung des Bohrlochs nicht mehr statt. Nicht injizierfähig sind dabei Mauerwerkskörper mit Hohlräumen, wie sie z. B. von den Grifföchern der 2DF-Kalksandsteine gebildet werden. Weiterhin führen Fehlstellen innerhalb des Mörtelfugennetzes dazu, dass Durchlässigkeiten verbleiben. Flankierend muss eine äußere Vertikalabdichtung auf den Außenwänden hergestellt werden.

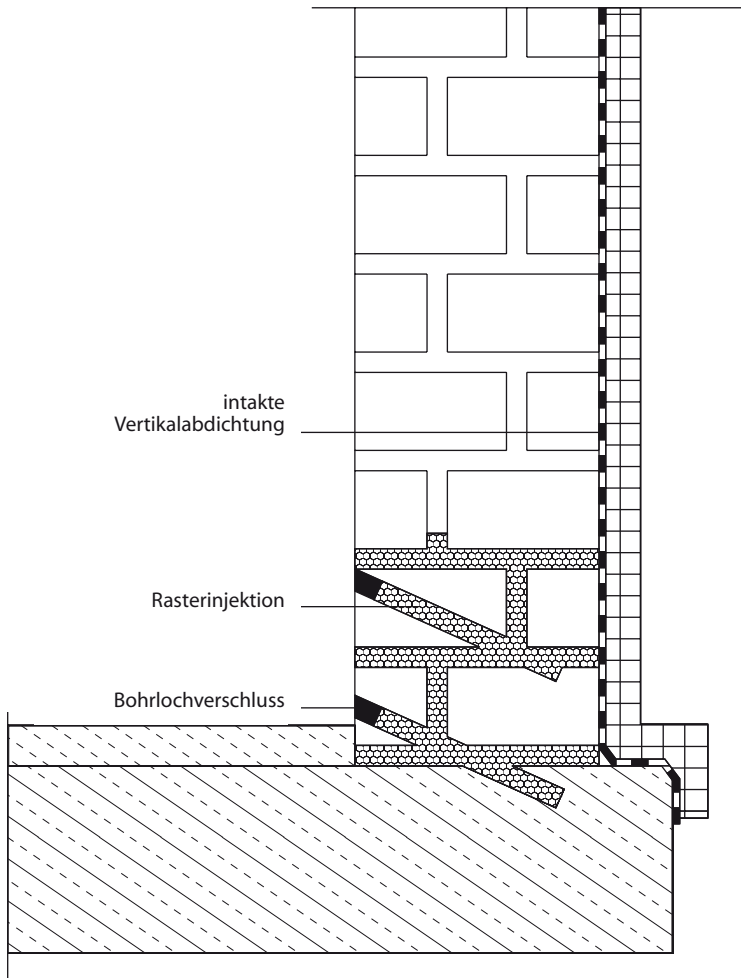


Abb. 8.20: Horizontalsperre durch Mauerwerksinjektion bei intakter Vertikalabdichtung (Prinzipiskizze)

Laut WTA-Merkblatt 4-4-96 „Mauerwerksinjektion gegen kapillare Feuchtigkeit“ (WTA, 1995) gilt gegenwärtig:

„4. Sanierungsmaßnahme

(...) Die Einsatzgebiete einer Mauerwerksinjektion liegen in Sockelhöhe oberhalb der Geländeoberkante (GOK) sowie in den Kellerinnenwänden und Kelleraußenwänden oberhalb der Druck- oder Stauwasserlinien. Sie sind nicht im Druckwasserbereich einsetzbar. Vorbohrungen sollen Aufschluss geben über die Beschaffenheit, gegebenenfalls auch Hohlräumigkeit des Mauerwerks. Der Bohrlochabstand richtet sich nach der Saugfähigkeit der Baustoffe und besonders des Mörtels. Die Bohrlochkette wird ein-, zwei- oder mehrreihig angeordnet.“

In Abb. 8.19 ist die Anordnung der Bohrlochkette als untere Abdichtungsebene dargestellt.

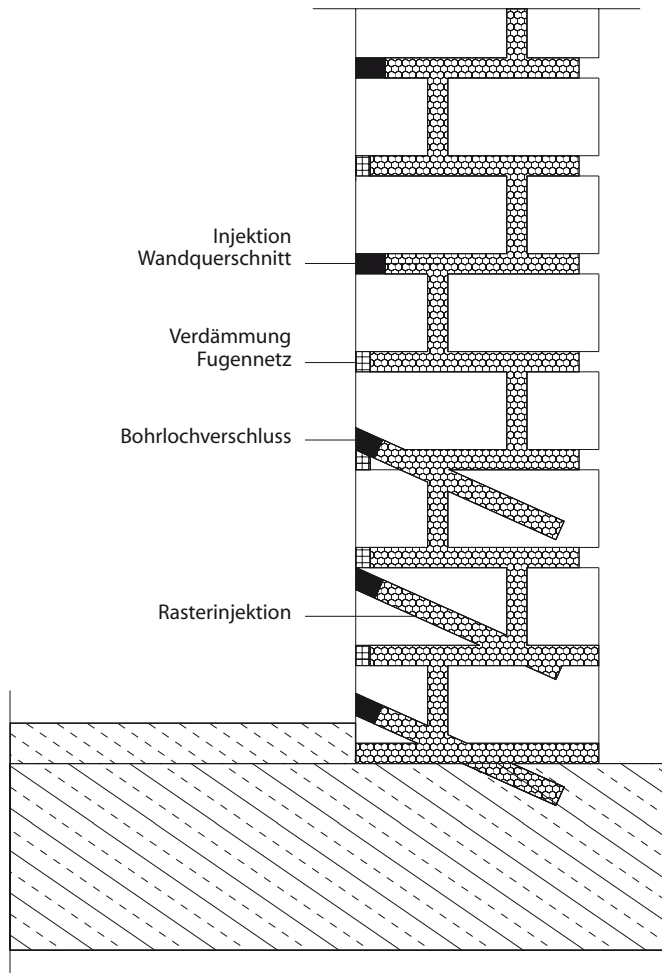


Abb. 8.21: Vertikale Flächenabdichtung erdberührter Außenwände durch Mauerwerksinjektion (Prinzipische Skizze)

Mauerwerksinjektion als vertikale Flächenabdichtung

Mit erheblich größerem Aufwand lässt sich das Verfahren der Mauerwerksinjektion auch flächendeckend als nachträgliche Außenwandabdichtung einsetzen.

In von außen unzugänglichen Bereichen von erdberührten Kelleraußenwänden kann als Sanierung von innen her eine Gelschleier-Injektion durchgeführt werden. Hierbei wird das Mauerwerk von der Injektionslanze durchbohrt und es wird das Gel auf der Außenseite der erdberührten Wand unter Druck verteilt. Es bildet sich ein die Wand berührender Schleier, der zunächst eine gelatineartige, später eine kautschukähnliche Konsistenz aufweist, die er bei konstanter Bodenfeuchtigkeit beibehält.

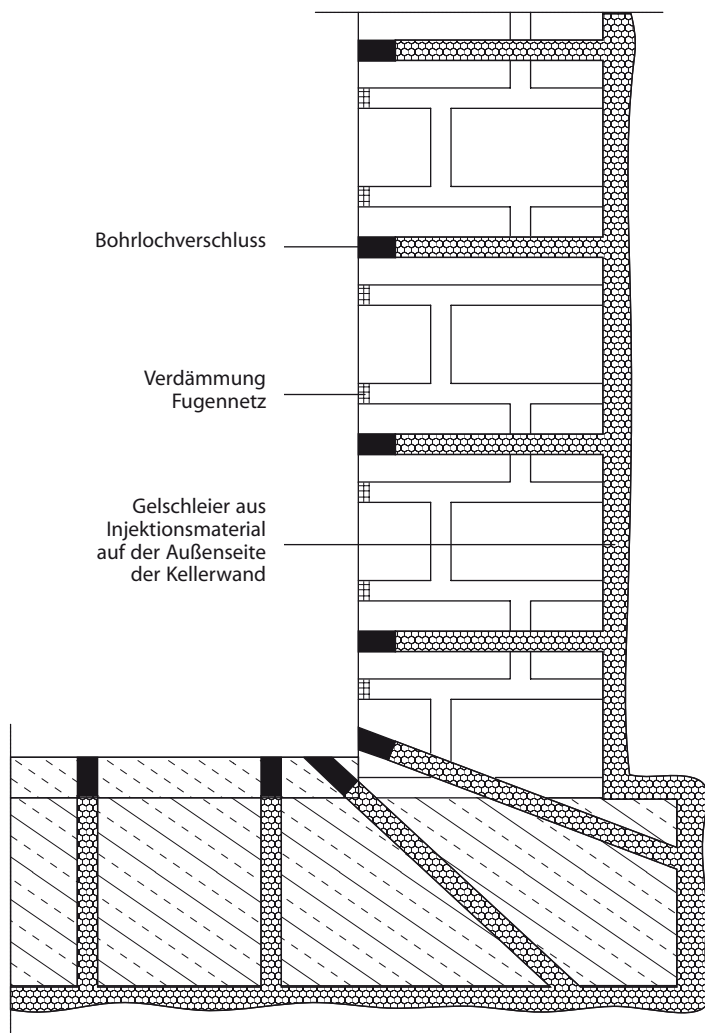


Abb. 8.22: Vertikale Flächenabdichtung erdberührter Außenwände durch Gelschleier-Injektion (Prinzipiskizze)

Mauerwerkstrennverfahren

Beim Mauerwerkstrennverfahren wird das Außenmauerwerk beidseitig freigelegt und es wird eine horizontale Sperrschicht nachträglich eingezogen. Die Ausführung des Verfahrens ist im WTA-Merkblatt 4-7-02/D „Nachträgliche Mechanische Horizontalsperre“ (WTA, 2002) beschrieben. Man unterscheidet zwischen:

- dem Auftrennen von Hand, bei dem in manueller Arbeitsweise das Mauerwerk abschnittsweise geöffnet und bereichsweise eine Abdichtungsbahn eingelegt wird,
- dem Sägeverfahren, bei dem eine Lagerfuge mit geeignetem Gerät aufgesägt wird, um anschließend Edelstahlbleche als Horizontalsperre einzubauen,

- dem Wellblech-Vibrationsverfahren, bei dem mit Hochfrequenz-Vibrationen Edelstahlwellbleche in Lagerfugen des Mauerwerks eingebracht werden; die Überlappungen einzelner Wellengänge sorgen hierbei für eine dichte Anschlussverbindung; Problemzonen bilden bei diesem Verfahren die Ecksituationen, da sich die Wellbleche jeweils nur in eine Richtung eintreiben lassen.

8.4.3 Sanierputz

Die generelle Funktionsweise von Sanierputzsystemen lässt sich wie folgt beschreiben:

Im Mauerwerk vorhandene Restfeuchtigkeit sowie nachrückende Feuchtigkeit aus dem Erdreich wird diffundiv zur Raumseite hin abgegeben, solange die klimatischen Voraussetzungen hierfür gegeben sind. Wenn der Wasserdampfdruck innerhalb des Kellerraumes relevant niedriger ist als der Wasserdampfdruck in den Kapillarporen des Mauerwerks, führt das Wasserdampfdruck-Ausgleichsbestreben dazu, dass allmählich Wasserdampf aus dem Mauerwerk heraus zur Raumluft hin abwandert.

Solange also innerhalb eines Kellerraumes durch entsprechende Initiativ-Lüftung für ein vergleichsweise niedriges Wasserdampfdruckpotenzial gesorgt wird, kann aus durchfeuchteten Wandquerschnitten mit höherem Potenzial kontinuierlich Wasserdampf abgegeben werden.

Kelleraußenwände, die an ihrer senkrechten Außenwandfläche oder an ihrer waagerechten Unterfläche Kontakt mit dem Erdreich haben, unterliegen dem Risiko einer sporadischen oder ständigen Durchfeuchtung aufgrund einer äußeren Beanspruchung durch Grundwasser, Schichtenwasser oder Sickerwasser.

Bei einer Feuchtigkeitsbeanspruchung von der unteren Aufstandsfläche her entsteht eine Kapillarsogwirkung innerhalb von durchgängigen Poren. Erst wenn das Eigengewicht der Wassersäule innerhalb einer Kapillarpore eine Gewichtskraft entwickelt, die höher ist als die Kapillarsogkraft, stellt sich in der einzelnen Kapillarpore ein Kräftegleichgewicht ein, so dass die maximal mögliche kapillare Steigfähigkeit im Baustoff erreicht wird. Für Ziegelsteinmauerwerk liegt die maximal mögliche Kapillarsteighöhe bei ca. 1,25 m.

In der Feuchtigkeitsbilanz für das Kelleraußenmauerwerk bedeutet dies: Solange die kapillar eindringende Feuchtigkeitsmenge genauso groß ist wie die Feuchtigkeitsmenge, die über Diffusionsvorgänge zum Kellerraum hin entweicht, besteht innerhalb der Feuchtigkeitsbilanz ein Gleichgewichtsverhältnis. Unter diesen Voraussetzungen bleibt die Kernfeuchtigkeit des Mauerwerks konstant.

Nur wenn die Menge der abgeführten Feuchtigkeit deutlich größer ist als die Menge der von außen eindringenden und nachströmenden Feuchtigkeit, kann allmählich eine Abtrocknung durchfeuchteter Wandflächen stattfinden. Ist die nachrückende Feuchtigkeitsmenge jedoch größer als die abgeführte Menge, kommt es zu einer Auffeuchtung des Querschnitts.

Bei der Ermittlung der Bilanzmenge der zugeführten Feuchtigkeit kommt es darauf an, welcher Wasser- oder Wasserdampfdruck auf der Außenseite der Kelleraußenwand ansteht, wie hoch das baustoffspezifische Wassereindringvermögen (unter Berücksichtigung bereits vorhandener Bauteilfeuchte) und wie groß die beanspruchte Fläche ist.

Bei der Ermittlung der Bilanzmenge für abgeführte Feuchtigkeit kommt es darauf an, wie hoch der Wasserdampfdruckpotenzial-Unterschied zwischen dem Wandquerschnitt

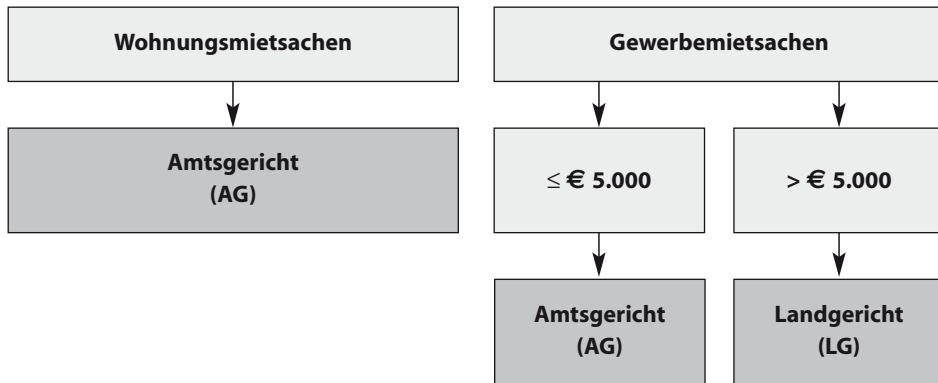


Abb. 9.5: Zuständigkeiten der Gerichte

9.2.4 Umfang und Angemessenheit von Mietminderungen

Die Mietminderung umfasst auch die Nebenkosten, wie der Bundesgerichtshof entschieden hat:

BGH, Urteil vom 6.4.2005 – XII ZR 225/03:

„Leitsatz:

Bemessungsgrundlage der Minderung nach § 536 BGB ist die Bruttomiete (Mietzins einschließlich aller Nebenkosten). Dabei ist unerheblich, ob die Nebenkosten als Pauschale oder Vorauszahlung geschuldet werden.“

Haben die vorangegangenen Untersuchungen zweifelsfrei bauliche Ursachen eines Schimmelpilzbefalls herausgestellt, steht dem Mieter nach geltender Rechtsauffassung ein angemessener Mietminderungsanspruch zu. Wenn der Mieter allerdings schuldhaft einen überhöhten Minderungsbetrag einbehält, kann der Vermieter den Mietvertrag kündigen, sofern der Einbehalt insgesamt den Betrag von 2 vollen Monatsmieten übersteigt. Die Höhe des angemessenen Minderungsanspruches wird im Zuge eines Verfahrens durch die Gerichte festgelegt. Sie lässt sich aber aufgrund von verfügbaren Grundsurteilen auf dem Vorwege anhand folgender Beispiele abschätzen:

- 0 % Haben Feuchtigkeitsschäden allein im **Einflussbereich** des **Mieters** ihre Ursache, ist eine Mietminderung ausgeschlossen, wenn es dem Mieter zuzumuten ist, durch sein Wohnverhalten der Entstehung von Feuchtigkeit entgegenzuwirken (LG Aachen, Urteil vom 31.1.1991 – 6 S 298/90).
- 0 % Der Mieter ist **nicht berechtigt, den Mietzins** wegen Schimmelpilzbildung in seiner Wohnung **zu mindern**, wenn dieser Schaden auf sein eigenes, **falsches Lüftungsverhalten** zurückzuführen ist (AG Halle, Urteil vom 8.11.1990 – 2 C 178/90, DWW 1991, 220).
- 0 % **Schimmelpilzbildung als Folge eines Tauwasserausfalls** im Schlafzimmer einer Neubauwohnung ist **aufgrund unzureichender Beheizung** durch die Bewohner entstanden. Die Heizkostenverbrauchswerte 1998 bis 2001 lagen bei 60–74 % des Mittelwertes aller Wohnungen des Gebäudes, obwohl die exponierte Lage der Wohnung einen Verbrauch erfordert hätte, der erheblich oberhalb des Durchschnitts liegen musste (AG Schwerin, Urteil vom 12.11.2002 – 14 C 1370/01).

- 1 % Ein **muffiger Geruch** nach Schimmelpilzen tritt im **Kinderzimmer** ohne sichtbaren Befall auf (AG Rostock, Urteil vom 28.11.2003 – 41 C 452/01).
- 2 % Folgen einer **Dachdurchfeuchtung** in der Wohnung sind noch sichtbar (LG Hannover, Urteil vom 15.4.1994 – 9 S 211/93, WuM 1994, 463):
„Mit dem AG Hannover ist davon auszugehen, dass zwar die Dachundichtheit behoben worden ist und nicht festgestellt werden kann, dass noch seit der geltend gemachten Mietzinsminderung Durchfeuchtungen aufgetreten sind, dass aber nach wie vor die Folgen infolge der verbliebenen Mängel entsprechend den Ausführungen in dem angefochtenen Urteil, auf die verwiesen wird, fortbestehen. Auch nach Auffassung der Kammer handelt es sich dabei zwar um eine recht geringfügige Beeinträchtigung, die aber andererseits für sich genommen schon zu einer nicht mehr nur unerheblichen Minderung der Tauglichkeit des Mietobjekts geführt hat, was eine Mietzinsminderung von 2 % rechtfertigen würde.“
- 2 % Ausgeprägter Schimmelpilzbefall in dem oberen Fach eines **Wandschranks** in der Küche (AG Hannover, Urteil vom 8.6.2005 – 520 C 13591/03)
- 2,33 % **Feuchte im Neubau-Keller** als Ursache für verschimmeltetes Mieterinventar; die Mieter haben Anspruch auf Schadensersatz für die verschimmelten Gegenstände (AG Gera, Urteil vom 29.10.2001 – 4 C 775/01).
- 3 % **Eindringen von Wasser** aufgrund undichten Daches (AG Reutlingen, Urteil vom 28.2.1990 – 8 C 1430/89, WuM 1990, 146)
- 5 % **Gelegentliches Eindringen** von Wasser durch die Decke in die Wohnung (AG Nidda, Urteil vom 15.9.1981 – 95/81, WuM 1982, 170)
- 5 % **Feuchtigkeit im Keller** nach Regenfällen (AG Düren, Urteil vom 16.12.1981-8 C 465/81, WuM 1983, 30)
- 5 % Schimmelpilzbildung im Decken- und Fußbodenwinkel des Schlafzimmers aufgrund mangelhaften Außenmauerwerks; dass **Möblierung** mitursächlich ist, ist **unerheblich**; Quote für **Mai bis September** (LG Hamburg, Urteil vom 10.4.1984 – 16 S 211/83, WuM 1985, 21).
- 5 % **Feuchtigkeit** in dem einzigen für die Wohnung zur Verfügung stehenden **Keller-raum** (AG Osnabrück, Urteil vom 11.5.1987 – 14 C 33/87)
- 5 % Messbare Feuchtigkeit an der Oberseite der **Kellersohle** und an einem Teil der Kellerwände ohne sichtbare Auswirkungen (AG Norderstedt, Urteil vom 30.7.2004 – 46 C 79/02)
- 7 % Von der Decke **herabtropfendes Kondensatwasser** im unbeheizten WC eines Neubaus (AG Nürnberg, Urteil vom 21.11.1986 – 28 C 1360/86):
„Das Herabtropfen von Kondensat stellt einen Mangel dar, da auch im WC als Feuchtraum ein Herabtropfen nicht üblich ist.“
- 8 % Schimmelpilzbildung nur in **Küche** und **Bad** einer Wohnung aufgrund einer baualtersbedingten schlechten Wärmedämmung der Außenwände mit der Folge des Tauwasserausfalls (LG Hamburg, Urteil vom 11.7.2000 – 316 S 227/99)
- 8 % **Schimmelpilzbefall** mit einem Durchmesser von 50 cm im Souterrainzimmer des Sohnes (AG Köln, Urteil vom 14.3.2005 – 206 C 161/04)

- 10 % Schimmelpilze und Stockflecken an der gesamten Außenwand eines **Abstellraums** (AG Steinfurt, Urteil vom 11.8.1977 – 3 C 230/77, WuM 1977, 256)
- 10 % Nur sehr **kleiner Feuchtigkeitsschaden** (AG Lahnstein, Urteil vom 11.10.1976 – 2 C 447/76, WuM 1977, 227)
- 10 % Schimmelpilze hinter Heizkörpern und unter Fensterbrüstungen wegen **zu geringen Wärmedurchlasswiderstandes** an den Außenwänden (AG Darmstadt, Urteil vom 17.1.1979 – 37 C 2894/78, WuM 1980, 129)
- 10 % Schimmelpilzbildung und muffiger Geruch in **Bad, Küche und Schlafzimmer**, auch wenn die Schäden durch Mieter mit beeinflusst worden sind (LG Hannover, Urteil vom 27.1.1982 – 11 S 322/81, WuM 1982, 183)
- 10 % Schimmelpilzbildung infolge einer **Wärmebrücke durch auskragende Stahlbetondecke**, gleichzeitig aber Mitverursachung durch Mieter aufgrund fehlerhaften Heiz- und Lüftungsverhaltens, weil eine vergleichbare Wohnung mit gleicher Wärmebrücke ohne Schaden geblieben ist (LG Itzehoe, Urteil vom 22.4.1982 – 1 S 24/81)
- 10 % Normale **Neubaufeuchte** (LG Hamm, WuM 1985, 259)
- 10 % Schimmelpilzbildung im Decken- und Fußbodenwinkel des Schlafzimmers aufgrund mangelhaften Außenmauerwerks; dass Möblierung mitursächlich ist, ist unerheblich; Quote für **Oktober bis April** (LG Hamburg, Urteil vom 10.4.1984 – 16 S 211/83, WuM 1985, 21):
„Die vom AG angenommene Minderungsquote von 10 % in den Monaten Oktober bis April ist nicht zu beanstanden.“
- 10 % Feuchtigkeitsmängel in einer Wohnung aufgrund von **Neubaufeuchte** (LG Lübeck, Urteil vom 8.1.1988 – 6 S 289/87)
- 10 % Die zur Mietwohnung gehörenden **Kellerräume** weisen Feuchtigkeit auf. Die Mietminderung ist aus der Miete einschließlich Nebenkostenvorauszahlung zu berechnen. (AG Bad Bramstedt, Urteil vom 20.7.1989 – 5 C 44/89, WuM 1990, 71)
- 10 % **Schimmelpilzbildung ausschließlich im Bad der Wohnung**, wobei eine unzureichende Lüftung durch die Mieter ausgeschlossen wurde, weil das Bad kein Fenster, sondern nur eine Zwangsentlüftung hat (LG Bochum, Urteil vom 8.11.1991 – 5 S 100/01)
- 10 % **Feuchtigkeitseinbrüche und Wasserschäden** bei einem Gebäude mit geringer Miete aufgrund dürftiger Bauqualität, wie sie dem DDR-Standard entsprach (KG Erfurt, Urteil vom 5.1.1993 – 1 C 352/92)
- 10 % Schimmelpilzbefall im **Arbeitszimmer** einer Wohnung (LG Köln, Urteil vom 20.8.2003 – 9 S 126/03)
- 10 % Schimmelpilzbefall im **Wohnzimmer und Kinderzimmer** aufgrund von Wärmebrücken, die nur durch eine Luftwechselrate von $0,8 \text{ h}^{-1}$ (80 % Luftwechsel/Stunde) zu vermeiden gewesen wäre (AG Bremen, Urteil vom 12.3.2004 – 7 C 150/03)
- 10 % **Kellerraum** nicht mehr nutzbar wegen Feuchtigkeitsschäden mit Schimmelpilz- und Salpeterbildung (AG Köln, Urteil vom 15.3.2005 – 223 C 6/05)

- 10 % Wassereintrich mit Schimmelpilzbildung**, bei dem 15 m² Tapete und 3 m² Putz beseitigt werden mussten, sowie Schäden am Fußboden (KG Berlin, bestätigt durch BGH, Urteil vom 6.4.2005 – XII ZR 225/03)
- 13 % Schimmelpilzbildung, die zu 65 % auf bauliche Mängel zurückzuführen ist** (LG Bonn, Urteil vom 3.12.1990 – 6 S 76/90):
- „Das Recht der Beklagten, die Miete zu mindern, folgt daraus, dass (...) die unstrittige Schimmelpilzbildung in den Mieträumen zu 65 % auf baulich bedingten Mängeln beruht: Die Stahlbetondecken im Außenwandlagerbereich sind wärme- und kondensatfeuchtebedingt nicht ausreichend ausgebildet, so dass es insbesondere im Außenwandbereich und an den dortigen Decken und Böden zu erhöhtem Wärmeverlust mit Kondensatbildung und in weiterer Folge Schimmelpilzbefall kommt. Durch diese Mängel ist der Wohnwert der Räume wesentlich beeinträchtigt, so dass eine deutliche Mietminderung gerechtfertigt ist. Bei der Quote der Mietminderung hat die Kammer sich davon leiten lassen, dass das Ausmaß der Schimmelpilzerscheinung insgesamt einen Minderwert des Mietobjektes von 20 % darstellt. Da nach den Ausführungen des Sachverständigen die Mängelerscheinung jedoch bei geändertem und den Beklagten zumutbaren Heiz- und Lüftungsverhalten zu anteiligen 35 % vermeidbar wäre, mithin nur 65 % baubedingt auf der konstruktiven Ausführung der Bausubstanz beruht und damit nur insoweit von der Klägerin zu vertreten ist, ergibt sich ein Prozentsatz von 65 % von 20 % = 13 %, um den die Beklagten den vertraglichen Mietzins mindern dürfen.“*
- 15 % Schimmelpilze in Zimmern, Küche und WC** (LG München, Urteil vom 2.10.1985 – 15 S 7066/85)
- 15 % Schimmelpilzbildung an den Außenwänden von Küche, Bad, Wohnzimmer, Schlafzimmer und Kinderzimmer, im Nachgang zum Einbau neuer Fenster** (AG Köln, Urteil vom 26.10.1998 – 213 C 266/98)
- 15 % Außenwände aller Zimmer und die Wände und Decke im Bad durchfeuchtet, darüber hinaus Schimmelpilzbildung in der Küche** (LG Berlin, Urteil vom 16.2.1999 – 64 S – 356/98)
- 15 % Schimmelpilzbefall im Bereich der Fenster von Küche und Schlafzimmer** (AG Norderstedt, Vergleich vom 6.12.2002 – 40 C 213/02)
- 16 % Schimmelpilzbefall im Bereich der Kaminwand des Schlafzimmers**; dieser Minderungssatz ergibt sich, da der Flächenanteil des Schlafzimmers an der Wohnfläche im vorliegenden Fall bei $\frac{1}{3}$ liegt und eine Nutzungseinschränkung von 50 % anerkannt wird. Somit ergibt sich eine Minderung von $\frac{1}{6}$, was 16 % entspricht (AG Mainz, Urteil vom 15.3.2002 – 88 C 340/00).
- 17 % Sämtliche Zimmer einer Wohnung sind nach dem Einbau dicht schließender Isolierverglaster Fenster stark oder weniger stark mit Schimmelpilzen befallen, weil der Vermieter den Mieter nicht hinreichend über ein zu veränderndes Lüftungsverhalten aufgeklärt hat** (LG Neubrandenburg, Urteil vom 2.4.2002 – 1 S 297/01).
- 20 % Feuchtigkeit in der Wohnung** wegen einer mangelhaften Außenisolierung (AG Köln, Urteil vom 23.5.1973 – 152 C 195/73, WuM 1974, 241)

Literaturverzeichnis

A

Abel, Ruth; Oswald, Rainer; Wilmes, Klaus: Schlagregen an Außenwänden. Aachen: Forschungsbericht des Aachener Instituts für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik GmbH, 1993

Andersson, Maria; Mikkola, Raimo; Kroppenstedt, Reiner M.: The Mitochondrial Toxin Produced by *Streptomyces griseus* Strains isolated from an Indoor Environment is Valinomycin. *Applied and Environmental Microbiology* 1998, S. 4767–4773

Arbeitsgemeinschaft Holz e. V. (ARGE Holz), Informationsgemeinschaft Parkett e. V. (INFGE Parkett) (Hrsg.): Informationsdienst Holz, Holzbau Handbuch, Reihe 6, Ausbau und Trockenausbau, Teil 4: Böden und Beläge. Düsseldorf, 2001

Arendt, Claus; Seele, Jörg: Feuchte und Salze in Gebäuden – Ursachen, Sanierung, Vorbeugung. 2. Aufl. Leinfelden-Echterdingen: Verlagsanstalt Alexander Koch, 2001

B

Bauer, Johann: Mykotoxine – Bedeutung bei Mensch und Tier. München: 36. Wissenschaftliche Tagung der Deutschsprachigen Mykologischen Gesellschaft e. V., 2002

Baumann, Ortwin; Fendt, Peter; Barth, Joachim: Kommentar zu DIN 18356, DIN 18367 und DIN 18299 Parkett- und Holzpflasterarbeiten. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 1997

Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) (Hrsg.): Berufsgenossenschaftliche Information für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – BGI 858 Gesundheitsgefährdungen durch biologische Arbeitsstoffe bei der Gebäudesanierung, Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung nach Biostoffverordnung (BiostoffV). München, 2005

Bode, Carsten; Mehrer, Antje; Lorenz, Wolfgang: Mould Damages and Culturable Airborne Particle Measurements. Beijing: Proceedings of the 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate – Indoor Air, 2005

Böge, Klaus Peter; Bauer, Anke; Alsen-Hinrichs, Carsten: Beurteilung versteckter Schimmelpilzschäden: Methodenvergleich anhand von zehn Fällen. *Zeitschrift für Umweltmedizin* 2003, S. 20–28

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS): Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe – TRBA 460 Einstufung von Pilzen in Risikogruppen. *Bundesarbeitsblatt* 2002, S. 78

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS): Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe – TRBA 211 Biologische Abfallbehandlungsanlagen: Schutzmaßnahmen. *Bundesarbeitsblatt* 2002, S. 84

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS): Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe – TRBA 466 Einstufung von Bakterien in Risikogruppen. *Bundesarbeitsblatt* 2002, S. 87

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS): Technische Regeln für Gefahrstoffe – TRGS 900 Arbeitsplatzgrenzwerte. *Bundesarbeitsblatt* 2006, S. 41

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS): Technische Regeln für Gefahrstoffe – TRGS 524 Sanierung und Arbeiten in kontaminierten Bereichen. *Bundesarbeitsblatt* 1998, S. 60

Bundesverband Schimmelpilzsanierung e. V. (BSS) (Hrsg.): Schulungsfilm: Sanierung von Feuchte- und Schimmelpilzschäden. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 2006

C

Cziesielski, Erich (Hrsg.): Bau-physik-Kalender 2003 – Sedlbauer, Klaus; Krus, Martin: Schimmelpilze in Gebäuden – Biohygrothermische Berechnungen und Gegenmaßnahmen. – Reyer, Eckhard; Schild, Kai; Völkner, Stefan: Wärmedämmstoffe und Systeme. – Hohmann, Rainer: Material-technische Tabellen. Berlin: Verlag Ernst & Sohn, 2003

D

de Hoog, G. S.; Guarro, J.; Gene, J.: Atlas of Clinical Fungi. Stuttgart: KNV Koch, Neff & Volckmar, 1996–2006

de Koe, Willem; Samson, Robert A.; van Egmond, Hans P.; Gilbert, John; Sabino, Myrna (Hrsg.): Mycotoxins and Phycotoxins in Perspective at the Turn of the Millenium – Trucksess, M. W.: Rapid Analysis (Thin Layer Chromatographic and Immunochemical Methods) for Mycotoxins in Foods and Feeds. Brazil: Proceedings of the 10th International IUPAC Symposium on Mycotoxins and Phycotoxins, 2000, S. 29 ff.

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) (Hrsg.): Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie). Berlin, 2003

Domsch, K. H.; Gams, W.; Anderson, T. H.: Compendium of soil fungi. London: Academic Press, 1980; Eching: Reprint IHW-Verlag, 1993

F

Fehrenberg, Jens P.: Energieeinsparen durch nachträgliche Außenwanddämmung bei monolithischen Außenwänden. VBN-Info, Sonderheft Wärme-Energie 2003, S. 54

Fischer, Guido: Comparison of microbiological and chemical methods for assessing the exposure to air-borne fungi in composting plants. Dissertation RWTH Aachen: Akademische Edition Umweltforschung, Bd. 10, 2000

Flannigan, Brian; Samson, Robert; Miller, J. David.: Microorganisms in Home and Indoor Work Environments. New York: Taylor & Francis Group, 2001

G

Gareis, Manfred: Cytotoxicity testing of samples originating from problem buildings. Saratoga Springs: Proceedings of the International Conference on Fungi and Bacteria in Indoor Environments, 1995

Gareis, Manfred; Göbel, E.: Aufnahme und Verbreitung von Ochratoxin A durch Milben (*Tyrophagus casei*). Detmold: 20. Mykotoxin-Workshop, 1998

Gareis, Manfred; Rotheneder, Ralf: Diagnostik von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Umweltproben mit einem biologischen Indikatorsystem auf Zellkulturbasis (MTT-Test). Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung 2003, S. 1–6

Garrity, George (Hrsg.): Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 2. Aufl. Berlin: Springer Verlag, 2005

Gesellschaft für rationelle Energieverwendung e. V. (GRE) (Hrsg.): Energieeinsparung im Gebäudebestand. 4. Aufl. Berlin, 2002

Gravesen, Suzanne; Nielsen, Peter A.; Nielsen, Kristian F.: Microfungi in Water Damaged Buildings. Kopenhagen: Danish Building Research Institut, SBI Report Nr. 282, 1997

H

Hankammer, Gunter: Abnahme von Bauleistungen – Erkennen und Beurteilen von Planungs- und Ausführungsmängeln. 3. Aufl. Köln, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 2007

Hankammer, Gunter: Das sensible Gleichgewicht des Raumklimas. Gebäude-Energieberater 2005, S. 64

Hankammer, Gunter: Luftdichtigkeit der Gebäudehülle im Konflikt mit dem erforderlichen Mindestluftwechsel, in: Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e. V. (Hrsg.): Nachweis, Bewertung, Sanierung und Qualitätssicherung von Schimmelpilzen in Innenräumen. Fürth: AnBUS Verlag e. V., 2006

Hankammer, Gunter: Porentief rein. Gebäude-Energieberater 2005, S. 43

Hankammer, Gunter: Schimmelpilzbefall in Gebäuden – Prävention und fachgerechte Beseitigung. Der Bausachverständige 2007

Hankammer, Gunter; Mentlein, Horst: Abnahme von Bauleistungen – Tiefbau. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 2006

Hansson, Peter; Stymne, Hans: VOC Diffusion and Absorption Properties of Indoor Materials – Consequences for Indoor Air Quality. Espoo: Proceedings of the 6th International Conference on Healthy Buildings, 2000

Heinz, Ehrenfried; Brasche, Sabine; Hartmann, Thomas; Richter, Wolfgang; Bischof, Wolfgang: Feuchtigkeitsschäden einschließlich Schimmelpilz-Wachstum in deutschen Wohnungen; Ergebnisse einer repräsentativen Untersuchung. Airtec 2004, S. 6–15

Hofbauer, Wolfgang Karl; Breuer, Klaus; Sedlbauer, Klaus: Algen, Flechten, Moose und Farne auf Fassaden. Bauphysik 2003, S. 383–396

I

Isenmann, Wolfgang; Tosberg, Michael: Feuchtigkeiterscheinungen und deren Folgen in bewohnten Gebäuden vor dem Hintergrund mietrechtlicher Auseinandersetzungen, in: Handbuch für Bioklima und Lüftung. Landsberg/Lech: ecomed-Verlag, 2005

K

Klaas, Helmut; Schulz, Erich: Schäden an Außenwänden aus Ziegel- und Kalksandstein-Verbundmauerwerk. Stuttgart: IRB-Verlag, 1995

Kleiber, Wolfgang; Simon, Jürgen; Weyers, Gustav: Verkehrswertermittlung von Grundstücken. 4. Aufl. Köln: Bundesanzeiger Verlag, 2002

Künzel, Helmut: Der Regenschutz von Außenwänden, in: Mauerwerk-Kalender. Berlin: Verlag Ernst & Sohn, 1986

L

Landesgesundheitsamt (LGA) Baden-Württemberg (Hrsg.): Handlungsempfehlung für die Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Innenräumen (LGA 2). Stuttgart, 2004

Landesgesundheitsamt (LGA) Baden-Württemberg (Hrsg.): Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement (LGA 1). Abgestimmtes Arbeitsergebnis des Arbeitskreises „Qualitätssicherung – Schimmelpilze in Innenräumen“. Stuttgart, 2001, überarbeitet: Dezember 2004

Lohmeyer, Gottfried: Praktische Bauphysik: Eine Einführung mit Berechnungsbeispielen. 3. Aufl. Stuttgart: B. G. Teubner-Verlag, 1995

Lorenz, Wolfgang: MVOC-Bestimmungen zur Erkennung mikrobieller Schäden in Gebäuden, in: Moriske, Heinz Jörn; Turowski, Elisabeth (Hrsg.): Handbuch für Bioklima und Raumluftthygiene. 16. Erg.-Lfg. Landsberg/Lech: ecomed-Verlag, 2005

Lorenz, Wolfgang: MVOC-Bestimmungen zur Erkennung mikrobieller Schäden in Gebäuden, in: Moriske, Heinz Jörn; Turowski, Elisabeth (Hrsg.): Handbuch für Bioklima und Raumluftthygiene. 5. Erg.-Lfg. Landsberg/Lech: ecomed-Verlag, 2001

Lorenz, Wolfgang; Guenther, Dirk; Esbach, Ramona; Richter, Heike; Keller, Reinhard: Laboratory Chamber Measurements to Simulate the Effect of Secondary MVOC Sources. Lisbon: Proceedings of the 8th International Conference on Healthy Buildings, 2006

Lorenz, Wolfgang; Hankammer, Gunter; Lassel, Karl: Sanierung von Feuchte- und Schimmelpilzschäden. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 2005

Lorenz, Wolfgang; Kroppenstedt, Reiner M.; Trautmann, Christoph; Stackebrandt, Erko; Dill, Ingrid: Actinomycetes In Building Materials. Singapur: Proceedings of the 7th International Conference on Healthy Buildings, 2003

- Lorenz, Wolfgang; Sigrist, Gerold; Otto, Hans-Henning: Feuchtigkeitsreduzierte Emissionen aus weichmacherhaltigen Werkstoffen und deren Wirkungen. Zeitschrift für Umweltmedizin 1999, Heft 1, S. 32–38
- Lorenz, Wolfgang; Trautmann, Christoph; Dill, Ingrid; Gareis, Manfred: Detection Of An Aflatoxin-Like Substance In An Office Building. Singapur: Proceedings of the 7th International Conference on Healthy Buildings, 2003
- Lorenz, Wolfgang; Trautmann, Christoph; Kroppenstedt, Reiner M.; Sigrist, Gerold; Stackebrandt, Erko; Gareis, Manfred; Dill, Ingrid; Virnich, Linda: Actinomyces in mouldy houses, the causative agent of rheumatoid symptoms? Monterey: Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate – Indoor Air, 2002
- Lutz, Peter; Jenisch, Richard; Klopfer, Heinz; Freymuth, Hanns; Krampf, Lore; Petzold, Karl: Lehrbuch der Bauphysik: Schall, Wärme, Feuchte, Licht, Brand, Klima. 3. Aufl. Stuttgart: B. G. Teubner-Verlag, 1994
- M**
- Marquardt, Helmut: Tauwasserschutz. Seminarunterlage QS. Buxtehude: Fachhochschule Nordostniedersachsen, SS 2003
- Mehrer, Antje; Lorenz, Wolfgang: Potential influences on MVOC measurements. Beijing: Proceedings of the 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate – Indoor Air, 2005
- Mehrer, Antje; Lorenz, Wolfgang; Gareis, Manfred; Trautmann, Christoph; Kroppenstedt, Reiner M.; Stackebrandt, Erko: Cytotoxicity of different actinomyces isolated from building materials. Saratoga Springs, New York: Proceedings of the 5th International Conference on Bioaerosols, Fungi, Bacteria, Mycotoxins and Human Health, 2003
- Melzer, Wolfgang: Fachinformation Schwarzverfärbung von Innenräumen („Fogging-Effekt“). Bremen: Chemisch-Technologisches Laboratorium, 2002
- Middel, M. u. a.: Bauphysik nach Maß – Wärmeschutz und Energieeinsparung, Feuchteschutz. 4. Aufl. Düsseldorf: Verlag Bau + Technik, 2003
- Moriske, Heinz- Jörn; Rudolphi, Alexander; Salthammer, Tunga; Wensing, Michael: Neue Untersuchungsergebnisse zum Phänomen Schwarze Wohnungen. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 2001, S. 387–394
- Mücke, Wolfgang; Lemmen, Christa: Schimmelpilze – Vorkommen, Gesundheitsgefahren, Schutzmaßnahmen. 2. Aufl. Landsberg/Lech: ecomed-Verlag, 2000
- P**
- Peltola, Joanna S. P.; Andersson, Maria; Kämpfer, Peter; Auling, Georg; Kroppenstedt, Reiner M.; Busse, H.-J.; Salkinoja-Salonen, Mirja; Rainey, Fred A.: Isolation of Toxigenic Nocardiosis Strains from Indoor Environments and Description of two new Nocardiosis Species, *N. exhalans* sp. nov. and *N. umidiscolae* sp. nov. Applied and Environmental Microbiology 2001, S. 4293–4304
- Pistohl, Wolfram: Handbuch der Gebäudetechnik, Planungsgrundlagen und Beispiele. Bd. 1 Sanitär/Elektro/Förderanlagen. 4. Aufl. Düsseldorf: Werner Verlag, 2002
- R**
- RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V. (Hrsg.): RAL-GZ 965 Bauausführung von Häusern in besonders energiesparender Bauweise. Berlin: Beuth Verlag, 2002
- Reinhard, Ernst; Schultz, Jörg: Pharmazeutische Biologie 1: Cytologie, Genetik, Physiologie, Viren, Bakterien, Pilze, Algen. 3. Aufl. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1986
- Reiß, Jürgen: Schimmelpilze. 2. Aufl. Berlin: Springer Verlag, 1997

- Remmert, Karl; Heller, Joseph; Spang, Horst; Bauer, Klaus; Brehm, Thomas; Schwarzmann, Erich: *Fachbuch für Parkettleger und Bodenleger*. 2. Aufl. Hamburg: SN-Verlag Michael Steinert, 1996
- Reul, Horst: *Handbuch Bautenschutz und Bausanierung*. 4. Aufl. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 2000
- Roponen, Marjut; Toivola, Mika; Ruotsalainen, Marjo; Komulainen, Hannu; Nevalainen, Aino; Hirvonen, Marija-Riitta: *Differences in Inflammatory Responses and Cytotoxicity in RWA Macrophages induced by Streptomyces anulatus Grown on different Building Materials*. Monterey: Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate – Indoor Air, 2002
- Roth, Lutz; Frank, Hanns; Kormann, Kurt: *Giftpilze – Pilzgifte*. Landsberg/Lech: ecomed-Verlag, 1990
- RWE AG (Hrsg.): *RWE Bau-Handbuch*. 13. Aufl. Frankfurt/Main: VWEW Energieverlag, 2004
- S**
- Samson, Robert; Hoekstra, Ellen S.; Frisvad, Jens C.; Filtenborg, Ole: *Introduction to Food and Airborne Fungi*. 6. Aufl. Utrecht: CBS Centraalbureau voor Schimmelcultures, an institute of the Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2001
- SANCO Beratungszentrale (Hrsg.): *Das Glasbuch*. 2. Aufl. Nördlingen: Verlag und Druckerei Steinmeier, 2004
- Schmitz, Heinz; Gerlach, Reinhard; Krings, Edgar; Dahlhaus, Ulrich J.; Meisel, Ulli: *Baukosten 2006 – Preiswerter Neubau von Ein- und Mehrfamilienhäusern/Instandsetzung/Sanierung/Modernisierung/Umnutzung*. 17. Aufl. Essen: Verlag für Wirtschaft und Verwaltung Hubert Wingen, 2006
- Stackebrandt, Erko; Rainey, F. A.; Ward-Rainey, N. L.: *Proposal for a New Classification System, Actinobacteria classics nov.* International Journal of Systematic Bacteriology 1997
- T**
- Techem AG: *Energiekennwerte*. Eschborn, 2002
- Trautmann, Christoph; Gabrio, Thomas; Dill, Ingrid; Weidner, Ursula; Baudisch, Christoph: *Hintergrundkonzentrationen von Schimmelpilzen in Hausstaub*. Bundesgesundheitsblatt 2005
- U**
- Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.): *Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen („Schimmelpilz-Sanierungsleitfaden“)* (UBA 2). Dessau, 2005
- Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.): *Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen* (UBA 1). Dessau, 2002
- V**
- Virnich, Linda; Lorenz, Wolfgang; Trautmann, Christoph; Dill, Ingrid: *MVOC in new buildings and from new materials*. Singapur: Proceedings of the 7th International Conference on Healthy Buildings, 2003
- Vuorio, Riitta; Andersson, Maria A.; Rainey, Fred A.; Kroppenstedt, Reiner M.; Kämpfer, Peter; Busse, H. J.; Viljanen, Matti; Salkinoja-Salonen, Mirja: *A new rapidly growing Mycobacterial species, Mycobacterium murale sp. nov., isolated from the indoor walls of a children's day care center*. International Journal of Systematic Bacteriology 1999
- W**
- Warscheid, Thomas: *Praxisgerechte Bewertung von mikrobiellem Befall – Schimmelpilze und Bakterien in und an Gebäuden*. VBN-Info, Sonderheft Topthema Schimmelpilz 2001, S. 95–108
- Weber, Helmut: *Abdichtung und Schutz von Gebäuden*, in: Remmers Bauchemie GmbH (Hrsg.): *Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege*. Lönningen, 1997

- Weber, Helmut: Die Putzfassade. Zeitschrift für Architektur + Baudetail 2002, S. 107
- Weidenbörner, Martin: Lebensmittel-Mykologie. Hamburg: Behr Verlag, 1998
- Weiß, Björn; Wagenführ, André; Kruse, Kordula: Beschreibung und Bestimmung von Bauholzpilzen. Leinfeld-Echterdingen: DRW-Verlag, 2000
- Weschler, Charles: Connections: Particles, Sensory Offending Filters, The „Sink“ Effect and Nasal Pungency Thresholds. Monterey: Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate – Indoor Air, 2002
- Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. (WTA) (Hrsg.): Merkblatt 4-6-05/D Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile. München, 2005
- Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. (WTA) (Hrsg.): Merkblatt 4-4-96 Mauerwerksinjektion gegen kapillare Feuchtigkeit. München, 1995
- Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. (WTA) (Hrsg.): Merkblatt 4-7-02/D Nachträgliche Mechanische Horizontalsperre. München, 2002
- WK Hamburgische Wohnungsbaukreditanstalt (Hrsg.): Merkblatt 2/2006 Förderungsgrundsätze zum Wohnungsbauprogramm 2006 für selbstgenutztes Wohneigentum in Hamburg. Hamburg, 2006
- World Health Organization (WHO): Indoor air quality: organic pollutants. EURO Reports and Studies Nr. 111. Copenhagen: WHO Reg. Office for Europe, 1989

Z

- Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH), Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik e. V. (Hrsg.): Merkblatt Einbauteile bei Dachdeckungen. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 2003

Stichwortverzeichnis

1-Octen-3-ol 57
 1-Octen-3-ol 33
 3-Methyl-1-butanol 57
 3-Methylfuran 57

A

Abdichtung 329, 382
 Abfallsortieranlagen 59
 Abklatschproben 296
 Abluftvolumenströme 130
 Abnahme 368
 Absidia 40
 Absorption 82
 Abwasser 288
 Abwasserschäden 28, 224
 acidophil 36
 Acremonium 31, 37, 40, 41
 Actinomyceten 29, 34, 40, 41
 – -Hyphen 39
 – -Zellwände 35
 Adsorptionstrocknung 367
 Aerosole 55
 Aflatoxine 51
 Aktivkohleröhrchen 307
 Algen 27, 426
 alkalophil 36
 Alkoholproduktion 33
 Allergien 47
 Allergietest 47
 allergische Reaktionen 49, 54
 Altbaumodernisierung 171
 Altenheime 51
 Alternaria 31, 37, 40, 41
 Alveolitis 56
 Andersen-Sammler 312
 Anfangsfeuchte im Neubau 190
 Anstrich 342, 346
 Anstrichstoffe 341
 Antibiotika 53
 Antibiotikaproduktion 33, 34
 antibiotisch 34
 antibiotische Stoffe 51
 Antikörper 47, 55
 Antikörperanalyse 48
 Aphanocladium 40

Arbeits- und Umgebungsschutz 357
 Arbeitsschutz 298
 Arbeitsschutzmaßnahmen 28
 Arten
 –, fakultativ pathogene 300
 –, xerophile 32
 Arzneimittelproduktion 25
 Asperentin 42
 Aspergillose 50
 Aspergillus 40, 41
 – niger 42
 – restrictus 42
 – versicolor 28, 34, 42
 Asthmaanfalle 59
 Atemschutz 60
 Atemwegserkrankungen 58
 Aureobasidium 31, 37, 40
 Ausblühungen 415
 Ausgleichsfeuchte 37, 192, 267
 Außendämmung 380
 Außenluft 42
 Außenluftstrom 117
 Außenwand 95, 97, 99, 161, 210, 214
 Außenwand-Luftdurchlässe (ALD) 117
 Außenwandabdichtung 330
 Außenwanddecke 98
 Aversin 42

B

Bacillus 29, 40, 41
 Bakterien 27, 431
 Baufeuchte 191, 200, 201
 Baumangel 164
 Bauteildurchfeuchtungen 116
 Bauteiloberflächen 75, 79
 Bauwerksabdichtung 214
 Beeinträchtigung, optische 44
 Befall
 –, mikrobiologischer 410
 –, nicht sichtbarer 38
 –, verdeckter 104
 –, versteckter 38

Befeuchterlunge 56
 Behaglichkeitsklima 88
 Beheizung 144, 164
 Beschwerden
 –, rheumatische 58, 63
 –, rheumatoide (= rheuma-
 ähnliche) 47
 Betondecke 204
 Beweisbeschluss 410
 BGI 858 60
 Biofilm 32
 Biomasse 36
 Biostoffverordnung 50, 59
 Blastobotrys 40
 Blaualgen 27
 Bläuepilze 437
 Bodenbeläge 204
 Botrytis 40
 Brevianamid 42
 Bronchitis 47
 Buchdruckerlunge 56

C

Candida 28
 CASO-Agar 298
 Chaetoglobosine 42
 Chaetomin 42
 Chaetomium 31, 37, 40, 41, 42
 Champignongeruch 33
 Chemotaxis 58
 Chlamydien 40
 Chrysosporium 40
 Citrinin 42
 Cladosporium 28, 31, 37, 40, 41
 Coombs und Gell 55
 Cut-off 312

D

Dachabläufe 230
 Dachflächenfenster 174
 Dachkonstruktionen 206
 Dachleckagen 228
 Dämmmaterial 36
 Dauerform 31, 32

Deckenhohlräume 105
 Dekontamination 358
 Dermatophagoides 54
 Dermatophyten 40
 Desinfektion 358, 360
 Desorption 82
 DG-18-Agar 298
 Diffusionswiderstand 342
 Dimethyldisulfid 57
 DIN-Norm 163
 DNA-Analysen 43
 Domäne 29
 Drainage 329, 351
 Dränageanlage 214
 Duftstoffe 34
 Durchfeuchtung 210, 231
 Durchfeuchtungsgrad 266, 267, 348

E

Echter Hausschwamm 432
 Einzelraumlüfter 154
 ELISA-Test 321
 Emissionskammern 303
 Endotoxine 30, 51
 Engyodontium 40
 Entlüftungsanlagen 188
 Entzündungen 54
 Epicoccum 40
 epidemiologische Studien 47
 Estrich 109, 204
 Eubakterien 57
 Eukaryonten 27
 Eurotium 31, 37, 40
 Exophilia 40
 Exotoxine 51, 53

F

fakultativ pathogen 48
 Farbanstrich 345
 Färbetest 30
 Farmerlunge 56
 Fassadenbeschichtung 340, 345
 Fenster 101, 102, 121, 171, 185
 –, isolierverglaste 173
 Fensterbänke 177
 Fensterleibung 91
 Fensterleibungsbereich 164

Fenstersturz 93, 143
 Fettsäuremuster 43
 Feuchtegehalte, praktische 192
 Feuchtigkeit
 –, hygrothermisch bedingte 71
 –, kapillar aufsteigende 335
 Feuchtigkeitsindikatoren 300
 Feuchtigkeitsproduktion 117, 118
 Flachdächer 230
 Flechten 429
 Flugfähigkeit 31, 63
 Fogging-Effekt 418
 Folienkontaktprobe 297
 FOV 34
 Fresszellen 56
 Fruchtkörper 32
 Fungizide 383
 Fusarium 31, 37, 40, 42
 Fußbodenheizung 417
 Fußleisten 95, 100, 108

G

Gareis 52, 55
 Gattung 28
 Gebäudeanamnese 239
 Gefährdungsbeurteilung 60
 Geosmin 33
 Geruch 33
 Geruchsbelastung 27, 58, 291
 Geruchsschwankung 33
 Gesamtpartikelkonzentration 411
 Gesundheitsgefährdung 382, 410
 giftig 34
 Gipskartonplatten 36, 362
 Glaser-Verfahren 269
 Gliotoxin 42
 Glucane 35, 57
 Gram 30
 gramnegativ 30
 grampositiv 30
 Granulozyten 57
 Grenzwerte 59, 60, 410
 Grund- oder Schichtenwasser 214
 Grundlüftung 117

H

Habitat 43
 Haltbarkeit 31
 Hauptfruchtform 29
 Hausstaub 318
 Hausstaubmilbe 54
 Hautkontakt 59
 Hautprobleme 47
 Hautreaktionen 58
 Hefen 28, 40, 41, 430
 Heiz- und Lüftungsverhalten 258
 Heizen 162
 Heizenergiebedarf 243
 Heizenergieverbrauch 248
 Heizenergieverbrauchsanalyse 243
 Heizkörper 168
 Heizkostenabrechnung 246, 250
 Heizkostenverordnung 246
 Heizkostenverteiler 148
 Heizung 288
 Hinweispflicht 173
 Histamin 55
 Hohlraumtrocknung 367
 Holz 241
 Holzbalkendecken 180, 222
 Holzeinbaufeuchte 206
 Horizontalsperre 335, 338
 Hutpilze 437
 Hydrolyse 417
 hydrophil 32
 Hydrophobieren 347
 Hydrophobierung 350
 Hygrometer 382
 hygrothermischen Effekt 411
 hyperthermophil 35
 Hyphe 30

I

Immunmediatoren 53
 immunotoxische Reaktionen 49
 Immunsystem, angeborenes 56
 Immunzellen 48
 Impaktoren 312
 Imprägniermittel 347
 Indikatororganismen 300
 Infektanfälligkeit 59

Infekte 47
 Injektionsverfahren 335
 Inkubationszeit 299
 Innendämmung 156, 381
 Innenwand 100
 Interleukin 53
 Intoxikationen 48
 Inventar 20
 Isolation 358
 Isolierverglasung 124

J

Jahres-Heizenergieverbrauch
 253

K

Käfigtierhaltung 305
 Kapillartransport 214, 335
 Kapillarwirkung 218
 Kartoffelkellergeruch 33
 Kaufrecht 412
 Kaufvertrag 412
 Kaufvertragsrecht 379
 Keimung 30
 Keller 217
 Kelleraußenwände 110, 212
 Kellerlichtschächte 219
 Kellertreppen 213
 Kipp-Lüftung 143
 Kleber 37
 Klimadatenlogger 258, 285
 Klimamessung 285
 Kohlenwasserstoffe 37
 Kolonie, sterile 32
 Kompostieranlage 59
 Kondensation 124
 Kondensationstrocknung 366
 Konvektion 213
 Kopfschmerzen 47, 58
 Korktapete 157
 Krankenhäuser 51
 Kultivierung 296
 Kündigung, fristlose 381
 Kunststoffe 37
 Kunststoffmodifizierte Bitumen-
 dickbeschichtungen (KMB)
 333

L

Laborbedingungen 34
 Lactophenolblaulösung 298, 316
 LAL-Test 321
 Landesgesundheitsamt 60
 Leckageortung 289
 Leitungssuche 289
 Leitungswasserschäden 220
 Lipopolysaccharide (LPS) 35, 53
 Löschwasserschäden 224
 Lösemittel 37
 Luftaustausch 83
 Lüften 150, 162, 222
 Luftfeuchtigkeit 80, 144, 163,
 285
 –, relative 75
 Luftleckagen 117
 Luftundichtheit 213
 Lüftung 164
 –, freie 117, 129
 –, maschinelle 130
 Lüftungsfaktor 132
 Lüftungsmöglichkeit 185
 Lüftungsverhalten 126, 137, 173,
 410
 Luftwechselrate 126
 Lymphozyten 56

M

Makrophagen 57
 Malzextraktagar 298
 Mangel 149, 162
 Materialentfernung 64
 Materialfeuchte 38
 Mauerwerksinjektion 336
 Mauerwerkstrennverfahren 338
 mesophil 35
 Metaboliten 32
 –, primäre 33
 –, sekundäre 33, 51
 Mietminderung 380, 396, 406
 Mietrecht 380
 Mietvertrag 380
 Mietvertragsrecht 379
 Mikroorganismen 27
 –, abgestorbene 298, 301
 –, aerobe 35
 Mikrowellentrocknung 367

Milben 311
 Minderung 149
 Mindestluftwechsel 131
 Mineralwolle 37, 39
 Mitverursachungsanteil 411
 Möbel 154
 –, Wandabstand der 153
 Mobiliar 150, 153
 Modergeruch 33
 Mortierella 40
 Mucor 31, 37, 40, 41
 Murein 57
 MVOC 34
 – -Hauptindikatoren 308
 – -Konzentrationen 411
 Mycetoma 50
 Mycobacterium 43, 48
 Mycolsäureester 35
 Mycophenolsäure 42
 Mykotoxine 34, 51
 Myzel 30
 –, steriles 32

N

Nährböden 32, 298, 313
 Nährstoffe 49
 Nahrungsmittelproduktion 23
 Nähstoffangebot 34
 Nasennebenhöhlenentzündungen 47
 Nassräume 178
 Nebenfruchtform 29
 Neubaufeuchte 200
 Neubauten 305
 neutrophil 36
 Niederschlagswasser 208
 Nocardia carnea 29
 Nocardiosis 43
 Nocardiose 50
 Noxen 47
 Nutzerverhalten 78

O

Oberflächentemperatur 80, 182
 Obhutbereich 222
 Ochratoxin 42
 Octanon 57
 Oxalin 42

P

Paecilomyces 40, 41
 PAMPs 56
 Paraffinöl 37
 Penicillin 25, 33
 Penicillinsäure 42
 Penicillium 28, 31, 37, 40, 41, 42
 Pentanol 57
 Persönliche Schutzausrüstung (PSA) 354
 pH-Wert 35
 Phialophora 31
 Phoma 40, 41
 Phylum 29
 Pilzhypen 39
 Polycarbonatfilter 319
 Polystyrol 109
 Poren 349
 Prävention 380
 Pressfitting-Verbindungen 223
 Prokaryonten 27
 Promicromonospora 43
 Protozoen 27
 Pseudonocardia 43
 psychrophil 35

Q

Quellen, sekundäre 303
 Quellensuche 292

R

Raucherwohnungen 305
 Räume, fensterlose 130
 Raumlufthtemperatur 80
 Raumlufttrocknung 366
 Raumnutzung 16
 Raumtemperatur 285
 Reich 29
 Resorptionsfeuchtigkeit 241
 Resorptionsthermen 241
 Restfeuchtigkeit 36
 Rezeptoren 56
 Rhizopus 40
 Ringversuche 295
 Risikogruppe 60
 Rohrinstallation 220
 Rohrleitungsschäden 218
 Rückstauklappen 288

S

Sachmangel 412
 Sanierputz 339
 Sanierungskontrolle 292
 Sanierungskosten 368
 Sanierungsleitfäden 65
 Satratoxin 34, 42, 51
 Sättigungsgehalt 80, 84
 Sättigungstabelle 84
 Sättigungswert 79
 Sauerstoffangebot 35
 Scavenger-Rezeptoren 56
 Schäden 89
 –, hygrothermische 79, 237
 Schadensbilder 90
 Schadensminderungspflicht 221
 Schimmel 28
 Schimmelgeruch 33
 Schimmelpilzbefall, hygrothermisch bedingter 76, 77
 Schimmelpilzentstehung, Ursachenarten der 113
 Schimmelpilzrisiko 77
 Schleimschicht 32
 Schmutzwasser 288
 Schornsteinzüge 226
 Schuldverhältnisse 379
 Schwämme 432
 Schwarzschimmel 26
 Schwarzverfärbung 418
 Schwebstaub 59
 Scopulariopsis 31, 37, 40, 41
 Sekundärmetaboliten 53
 Sekundärquellen 303
 Sensibilisierung 54
 Sichtmauerwerksflächen 346
 Sickerschicht 217
 Silikondichtungen 112
 Sink-Effekt 303
 Sommerkondensation 111
 Sonderfachleuten 238
 sp. 29
 Spakbildung 26
 Spanplatten 36
 Spezies 14, 28
 Spore 30
 Sporengröße 356
 Sporenproduktion 31
 Sporenträger 31, 32
 spp. 29

Spritzwasser 119
 Stachybotrys 31, 37, 40, 41, 42
 – chartarum 34
 Staubschicht 37
 Sterigmatocystin 34, 42
 Stockflecken 45
 Stoffwechsel 27, 32
 Stoffwechselprodukte 33
 Stoßlüften 172, 413
 Strahlenpilz 32
 Streptomyces 43
 Streptomyceten 33
 Streptomycin 33
 Stress 34
 Stressfaktor 35
 Stresssituation 58
 Styropor 39
 Suspension 63
 SVOC 416
 Symptome 235

T

T2-Toxin 42, 51
 Tapeten 36, 106, 362
 Tapetenkleister 36
 Taupunktbestimmung 269
 Taupunkttemperaturen 74
 Tauwasser 121, 144
 Tauwasserausfall 79, 116
 Tauwasserbildung 73, 203
 Taxonomie 425
 Tenax-Röhrchen 308
 thermische Effekte 292
 Thermometer 382
 thermophil 35
 Thermostatpate 157
 TKW (technischer Kontrollwert) 59
 TKW-Wert 311
 TNF-a 53
 Toll-like-Rezeptoren 56
 Topfpflanzen 211
 Torumolyces 40
 Toxinproduktion 34
 Trautmann 63
 TRBA 211 59, 311
 TRBA 460 50, 55
 Trichoderma 31, 37, 40, 41, 42
 Trichodermin 42

Trichothecene 42
Tritirachium 40
Trockenständer 211
Trockenzeiten 32
Trocknung 222
Typ-1-Allergie 55
Typ-2-Allergie 55
Typ-3-Allergie 56

U

Übelkeit 58
Überflutung 218
ubiquitär 42
Ulocladium 31, 37, 40, 41
Umgebungsschutzmaßnahmen
28
Umweltbundesamt 60
Unterdeckung 228
Unterspannbahn 174, 228
Unterspannung 228
Unwohlsein 58

V

Valinomycin 54
Verblendmauerwerk 346
Verdunstungsperiode 202
Vergiftung 54
Verrucosidin 42
Versandung 45
Versickerungsfähigkeit 214
Versicolorin 42

Verticillium 40, 41
vertragsmäßiger Gebrauch 162
Viren 27
VOC 34, 416
Volumenstrom 189
Vorsatzschalen 158
VVOG 416

W

Wachstum 30
Walleimia 31, 37, 40, 41, 42
Wallemiol 42
Wandoberfläche 77
Wärmebrücken 182
–, geometrische 164
–, konstruktive 179
Wärmedämmung 161, 231
–, raumseitige 156
Wärmedurchlasswiderstand 182
Wärmetransport 167
Wärmeübergangswiderstände
123, 151, 183
Warmwassererwärmung 252
Warmwasserverbrauch 246
Wasseraktivität 37, 68
Wasseraufnahme 348, 349
Wasseraufnahmekoeffizient 345
Wasserdampf 80
– -Diffusionswiderstandszahlen
343
Wasserdampfpartialdruck 86

Wasserdampfsättigungsdruck
86, 87
Wasserschaden 44
Weichmacher 37
Weiße Wanne aus WU-Beton
329, 332
Weiße Wanne 216
Werkvertrag 411
Werkvertragsrecht 379, 411
Williamsia 43
Wintergärten 140
Wirkstoffforschung 34
Wohngebrauch, normaler 163
Wohnraum Be- und Entlüftung
380

Z

Zearalenon 42
Zell-Fragmente 35
Zellfaden 30
Zellhaufen 32
Zellkulturtest 52
Zellulose 36
Zellwandbestandteile 35
Zimmerpflanzen 305
Zuluftführung 190
Zusatzheizung 381
Zytokine 56
zytotoxische Wirkung 47
Zytotoxizität 51
Zytotoxizitätstest 321