

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)



Rudolf Müller

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, Schwarzsiegel	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	Expositionsweg	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: Außenwandecke	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