

# Inhalt

<b>Vorwort</b>	5
<b>1 Einleitung</b>	15
1.1 Schimmelpilze in der Umgebung des Menschen	16
1.2 Nutzung von Schimmelpilzen	25
1.3 Wachstum und Stoffwechsel von Schimmelpilzen	28
1.3.1 Wachstum	28
1.3.1.1 Lebenszyklus	28
1.3.1.2 Wachstumsphasen	29
1.3.1.3 Flugfähigkeit der Sporen	30
1.3.1.4 Wachstumsbedingungen	32
1.3.2 Stoffwechsel	38
<b>2 Gesundheitsrisiko Schimmelpilze</b>	39
2.1 Gesundheitsgefahren	39
2.2 Aufnahmepfade	44
2.3 Risikobewertung	45
<b>3 Schimmelpilze in Gebäuden</b>	51
3.1 Feuchte in Gebäuden	53
3.1.1 Durchfeuchtungen	55
3.1.2 Hygrothermische Ursachen für Feuchte in Gebäuden	57
3.2 Schäden an Gebäuden durch mikrobiellen Befall	62
3.3 Ursachenkategorien der Schimmelpilzentstehung	64
3.3.1 Ursache HN1: überhöhter Feuchteanfall	66
3.3.1.1 Symptome	66
3.3.1.2 Feuchtequellen	70
3.3.2 Ursache HN2: falsches Lüftungsverhalten	72
3.3.2.1 Begriffe und Regelungen zum Lüftungsverhalten	75
3.3.2.2 Ursachenvariante permanente Kipplüftung	81
3.3.3 Ursache HN3: unzureichende Beheizung	85
3.3.4 Ursache HN4: Mobiliar und Vorhänge vor Außenwänden	89
3.3.5 Ursache HN5: Abdeckung der Heizkörper durch Mobiliar und Inventar	94
3.3.6 Ursache HN6: vom Nutzer verursachte Havarien	94
3.3.7 Ursache HF1: Funktionsstörungen an Einzelraumlüftern	100
3.3.8 Ursache HF2: Funktionsstörungen an Heizungen	102

3.3.9	Ursache HK1: raumseitige Wärmedämmung von Außenwänden .....	103
3.3.9.1	Bauphysikalische Bewertung von nachträglichen Wärmedämmungen .....	103
3.3.9.2	Innendämmsysteme .....	107
3.3.9.3	Thermo- und Korktapeten .....	109
3.3.9.4	Vorsatzschalen vor Außenwänden .....	112
3.3.10	Ursache HK2: geringe Wärmedämmung von Außenwänden ..	115
3.3.11	Ursache HK3: geometrische Wärmebrücken .....	118
3.3.12	Ursache HK4: Behinderung des Warmluftzirkulationsstroms	122
3.3.13	Ursache HK5: Einbau neuer Fenster bei der Altbau-modernisierung .....	126
3.3.14	Ursache HK6: konstruktionsbedingte Wärmebrücken .....	131
3.3.14.1	Raumseitige Oberflächentemperaturen im Bereich von Wärmebrücken .....	132
3.3.14.2	Ursachen von Wärmebrücken .....	134
3.3.15	Ursache HK7: unterdimensionierte Lüftungsmöglichkeiten ..	138
3.3.16	Ursache HK8: Anfangsfeuchte im Neubau .....	146
3.3.16.1	Begriffsdefinitionen .....	147
3.3.16.2	Regelung des Feuchtegehalts im Bauteilquerschnitt .....	150
3.3.16.3	Ursachen von Anfangsfeuchte im Neubau .....	151
3.3.17	Ursache D1: horizontale Durchfeuchtung von Außenwänden	163
3.3.17.1	Folgen .....	164
3.3.17.2	Ursachen .....	165
3.3.18	Ursache D2: vertikal aufsteigende Feuchte in Wänden .....	168
3.3.19	Ursache D3: Leitungswasserschäden .....	172
3.3.19.1	Regelung und Nachweis .....	172
3.3.19.2	Ursachen .....	175
3.3.20	Ursache D4: Dachleckagen .....	179
3.3.20.1	Ursachen .....	180
3.3.21	Ursache D5: Naturereignisse .....	185
<b>4</b>	<b>Vorgehensweise bei Symptomen eines Schimmelpilzbefalls .....</b>	<b>187</b>
4.1	Mess- und Analyseplanung .....	187
4.2	Verdacht auf Befall oder sichtbare Symptome .....	187
4.3	Einschalten von Sonderfachleuten .....	190
4.4	Befragung/Gebäudeanamnese .....	191
4.5	Inspektion .....	192
4.6	Schadenskataster .....	194

---

<b>5</b>	<b>Bauphysikalische Untersuchungsmethoden</b>	197
5.1	Feuchtebestimmung von Stoffen und Bauteilen	197
5.1.1	Elektronische Feuchtemessung nach dem Widerstandsmessprinzip	197
5.1.2	Elektronische Feuchtemessung nach dem Hochfrequenzverfahren (kapazitive Messung)	200
5.1.3	Elektronische Feuchtemessung nach dem Mikrowellenverfahren	202
5.1.4	Elektronische Klimamessung der Ausgleichsfeuchte	202
5.1.5	Feuchtemessung nach dem CM-Verfahren	203
5.1.6	Gravimetrische Feuchtemessung (Darrprobe)	204
5.1.7	Feuchtemessung mit der Neutronensonde	208
5.2	Instationäre Wärme- und Feuchtebestimmung mittels Computerprogrammen	209
5.3	Kohlendioxidmessung	210
5.4	Bestimmung der Luftdichtheit mittels Blower-Door-Prüfverfahren	211
5.5	Bestimmung der Oberflächentemperatur	213
5.5.1	Messung der Oberflächentemperatur mit Messfühlern	213
5.5.2	Messung der Oberflächentemperatur mit Infrarotthermografie	214
5.5.3	Messung der Oberflächentemperatur mit Gebäudethermografie	215
5.6	Bestimmung des Luftvolumenstroms von Lüftungsanlagen	216
5.7	Bestimmung des Wassereindringens in Fassaden mit Karstenschen Prüfröhrchen	216
5.8	Stationäre Klimamessung (relative Luftfeuchte und -temperatur)	218
5.9	Instationäre Klimamessung (Klimadatenlogger)	218
5.10	Druckprüfungen bei wasserführenden Installationsleitungen	221
5.10.1	Druckprüfung in Trinkwasserleitungen	221
5.10.2	Druckprüfung in Heizanlagen und zentralen Wassererwärmungsanlagen	221
5.10.3	Druckprüfung in Abwasserleitungen	222
5.10.4	Leckageortung mit dem Tonfrequenzverfahren	222
5.11	Salzgehaltbestimmung	224

<b>6</b>	<b>Bauphysikalische Berechnungen</b>	<b>229</b>
6.1	Taupunktbestimmung nach dem Glaser-Verfahren	229
6.1.1	Regelung	229
6.1.2	Definitionen	232
6.1.3	Bauteilspezifische Untersuchung der stationären Verhältnisse	234
6.1.4	Eignung für den feuchteschutztechnischen Nachweis bei Innendämmungen	239
6.2	Bestimmung des Wärmedurchgangs durch ein Bauteil	241
6.2.1	Definitionen und allgemeine Formeln	241
6.2.2	Außenwände	241
6.2.3	Fenster und Türen	244
6.3	Bestimmung des Einflusses von Wärmebrücken	249
6.3.1	Definitionen	249
6.3.2	Regelung	250
6.3.3	Materialkennwerte verschiedener Bauteilschichten	256
6.3.4	Ermittlung der kritischen Oberflächenfeuchte von Bauteilen	261
6.4	Bestimmung des Einflusses der relativen Raumluftheuchte	262
6.4.1	Regelung	262
6.4.2	Typische Raumluftheuchtwerte	265
6.4.3	Einfluss der Luftwechselrate	266
6.4.4	Einfluss der raumseitigen Bauteiloberflächen-Temperaturen	268
6.4.5	Rechnerischer Nachweis hygrothermischer Schäden an raumseitigen Bauteiloberflächen	272
6.4.6	Feuchteaufnahme von Bauteiloberflächen	275
6.4.7	Feuchteaufnahme von Fassadenbeschichtungen	276
6.4.8	Einfluss der Neubaufeuchte in Dächern	283
6.4.9	Einfluss von Durchfeuchtung auf die Wärmedämmung von Flachdächern	286
6.5	Erstellung einer Feuchtebilanz	288
6.6	Bestimmung des Luftwechsels	290
6.6.1	Bestimmung des Luftwechsels bei Initiativlüftung	290
6.6.1.1	Wohnraum	290
6.6.1.2	Kellerraum in Weißer Wanne	295
6.6.2	Bestimmung des Luftwechsels bei Schachtlüftung	303
6.7	Beurteilung der Wärmedämmung bestehender Gebäude	304
6.8	Nachträgliche Analyse des Heizverhaltens	307
6.8.1	Gebäudespezifische Analyse	310
6.8.2	Wohnungsspezifische Analyse	310
6.8.3	Raumspezifische Analyse	321
6.8.4	Bestimmung der Gradtagzahl und der Heizgradtage	323
6.9	Behaglichkeitsklima in Gebäuden	328

<b>7</b>	<b>Untersuchung und Bewertung von mikrobiellen Schäden</b>	<b>331</b>
7.1	Abklatschproben	331
7.1.1	Durchführung	331
7.1.2	Bewertung	332
7.2	Materialanalysen	333
7.2.1	Probenahme	333
7.2.2	Analyse und Bewertung	333
7.3	Schimmelpilzspürhund	343
7.4	MVOC-Luftmessungen	343
7.4.1	Probenahme	344
7.4.2	Bewertung	346
7.5	Luftkeimmessungen	348
7.5.1	Luftkeimsammler	348
7.5.1.1	Durchführung der Untersuchung	348
7.5.1.2	Bewertung	349
7.5.2	Gesamtpartikelsammler	357
7.5.2.1	Durchführung der Untersuchung	357
7.5.2.2	Bewertung	358
<b>8</b>	<b>Sanierung</b>	<b>365</b>
8.1	Leitfäden zur Beurteilung und Beseitigung von Schimmelpilzbefall	365
8.2	Ablauf der fachgerechten Beseitigung eines mikrobiellen Befalls	370
8.2.1	Schritt 1: Schadensfeststellung	373
8.2.2	Schritt 2: Sofortmaßnahmen zum Umgebungsschutz	379
8.2.3	Schritt 3: Sanierungszielfestlegung	379
8.2.4	Schritt 4: Gefährdungsermittlung und -beurteilung	381
8.2.5	Schritt 5: Ursachenfeststellung	383
8.2.6	Schritt 6: Sanierungsplanung	384
8.2.7	Schritt 7: Arbeits- und Betriebsanweisung	384
8.2.8	Schritt 8: Allgemeine Schutz- und Hygienemaßnahmen	385
8.2.9	Schritt 9: Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen	385
8.2.9.1	Regelung	385
8.2.9.2	Arbeits- und Umgebungsschutz	389
8.2.9.3	Kennzeichnung des Sanierungsbereichs	392
8.2.9.4	Persönliche Schutzausrüstung	392
8.2.10	Schritt 10: Ursachenbeseitigung	396
8.2.11	Schritt 11: Schimmelpilzsanierung	396
8.2.11.1	Unterschiedliche Verfahren in der Schimmelpilzsanierung	396
8.2.11.2	Regelung der Schimmelpilzsanierung von Inventar, Baustoffen und Bauprodukten	398

8.2.11.3	Behandlung von Inventar .....	401
8.2.11.4	Behandlung von Baustoffen .....	402
8.2.12	Schritt 12: Technische Bauteiltrocknung .....	416
8.2.12.1	Indirekte Bauteiltrocknung .....	416
8.2.12.2	Direkte Bauteiltrocknung .....	417
8.2.13	Schritt 13: Desinfektion porenfreier Oberflächen .....	418
8.2.14	Schritte 14 und 17: Abnahme der Leistungen und Erfolgskontrolle .....	419
8.3	Maßnahmen zur Prävention .....	420
8.3.1	Regelung .....	420
8.3.2	Technische Möglichkeiten der Prävention bei Neubauten und im Bestand .....	421
<b>9</b>	<b>Rechtslage bei Schimmelpilzschäden .....</b>	<b>425</b>
9.1	Recht der Schuldverhältnisse .....	425
9.2	Schimmelpilzschäden im Mietrecht .....	426
9.2.1	BGB-Regelungen zum Mietvertrag .....	426
9.2.2	Beurteilung der Gesundheitsgefährdung .....	429
9.2.3	Beweislast für den Mangel an einer Mietsache .....	445
9.2.4	Umfang und Angemessenheit von Mietminderungen .....	448
9.2.5	Trennung von Sachfragen und Rechtsfragen .....	459
9.2.6	Obhutspflicht der Mieter .....	460
9.2.7	Anerkannte Regeln der Technik bei Gebäudeerrichtung ....	473
9.2.8	Neubaufeuchte als Mangel an der Mietsache .....	477
9.2.9	Austausch von Fenstern im Bestand als Ursache eines Mangels an der Mietsache .....	478
9.2.10	Durchfeuchtungsschäden als Mangel an der Mietsache ....	481
9.2.11	Quotelung der Verantwortlichkeit .....	483
9.2.12	Formulierung von Beweisbeschlüssen in Schimmelpilz- verfahren .....	490
9.3	Schimmelpilzschäden im Werkvertragsrecht .....	493
9.4	Schimmelpilzschäden im Kaufrecht .....	495
<b>10</b>	<b>Schimmelpilzähnliche Schadensbilder .....</b>	<b>507</b>
10.1	Ausblühungen .....	507
10.2	Verschmutzungen .....	508
10.3	Belastungen mit chemischen Stoffen infolge von Durch- feuchtungen .....	508
10.4	Sogenannte Stockflecken bzw. Spakbildung .....	509
10.5	Sogenannter Schwarzsimmel .....	509

---

<b>11</b>	<b>Anhang</b> .....	511
11.1	Abkürzungsverzeichnis .....	511
11.2	Physikalische Größen .....	513
11.3	Griechisches Alphabet .....	517
11.4	Normen, Rechtsvorschriften und Literatur .....	518
11.4.1	Normen .....	518
11.4.2	Rechtsvorschriften .....	519
11.4.3	Literatur .....	520
11.5	Stichwortverzeichnis .....	525
	Der Autor .....	527