

Inhalt

Vorwort	5
1 Einleitung	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
2 Gesundheitsrisiko Schimmelpilze	39
2.1 Gesundheitsgefahren	39
2.2 Aufnahmepfade	44
2.3 Risikobewertung	45
3 Schimmelpilze in Gebäuden	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	Innendämmssysteme	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 Altbaumodernisierung	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
4	Vorgehensweise bei Symptomen eines Schimmelpilzbefalls	187
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

5	Bauphysikalische Untersuchungsmethoden	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

6	Bauphysikalische Berechnungen	229
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 Raumluftfeuchte	262
6.4.1	Regelung	262
6.4.2	Typische Raumluftfeuchtwerte	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

7	Untersuchung und Bewertung von mikrobiellen Schäden	331
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
8	Sanierung	365
8.1	Leitfäden zur Beurteilung und Beseitigung von Schimmel- pilzbefall	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 Schutzmaß- nahmen	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
9	Rechtslage bei Schimmelpilzschäden	425
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	Quotierung der Verantwortlichkeit	483
9.2.12	Formulierung von Beweisbeschlüssen in Schimmelpilzverfahren	490
9.3	Schimmelpilzschäden im Werkvertragsrecht	493
9.4	Schimmelpilzschäden im Kaufrecht	495
10	Schimmelpilzähnliche Schadensbilder	507
10.1	Ausblühungen	507
10.2	Verschmutzungen	508
10.3	Belastungen mit chemischen Stoffen infolge von Durchfeuchtungen	508
10.4	Sogenannte Stockflecken bzw. Spakbildung	509
10.5	Sogenannter Schwarzschwamm	509

11	Anhang	.....	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