

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Die fachgerechte Sanierung eines Schimmelpilzschadens .....</b>	13
1.1	Stand der Technik .....	15
1.2	Allgemein anerkannte Regel der Technik .....	15
1.3	Richtlinien, Leitfäden .....	16
1.3.1	Leitfaden LGA 1 „Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement“ .....	17
1.3.2	Leitfaden UBA 1 „Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen“ .....	18
1.3.3	Leitfaden LGA 2 „Handlungsempfehlung für die Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Innenräumen“ .....	19
1.3.4	Leitfaden UBA 2 „Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen“ .....	20
1.3.5	BGI 858 „Handlungsanleitung Gesundheitsgefährdungen durch biologische Arbeitsstoffe bei der Gebäudesanierung“ .....	20
1.4	Übersicht über maßgebliche Gesetze, Vorschriften, Richtlinien und Leitfäden .....	22
1.4.1	Gesetze und Vorschriften .....	22
1.4.2	Für die Sanierung maßgebliche Richtlinien und Leitfäden .....	24
<b>2</b>	<b>Biologische Grundlagen .....</b>	27
2.1	Begriffe .....	27
2.2	Namensgebung und Bezeichnung von Mikroorganismen .....	28
2.3	Morphologie, Keimung, Wachstum und Vermehrung .....	29
2.3.1	Schimmelpilze .....	31
2.3.2	Bakterien .....	33
2.3.3	Flugfähigkeit und Lebensdauer von Sporen .....	34
2.3.4	Nahrungsaufnahme und Stoffwechsel .....	36
2.4	Für Keimung und Wachstum relevante Parameter .....	37
2.4.1	Temperatur .....	39
2.4.2	pH-Wert .....	40
2.4.3	Nährstoffe .....	40
2.4.4	Feuchtigkeit .....	41
2.5	Gesundheitlich relevante mikrobielle Stoffe .....	43
2.5.1	Mikrobielle Toxine .....	43
2.5.2	Weitere gesundheitlich relevante Stoffe .....	45

2.6	Bei Feuchtigkeitsschäden wachsende Mikroorganismen.....	45
2.6.1	Schimmelpilze .....	45
2.6.2	Hefen.....	48
2.6.3	Bakterien .....	48
2.6.4	Sonstige Mikroorganismen .....	51
<b>3</b>	<b>Bauliche und bauphysikalische Grundlagen.....</b>	<b>55</b>
3.1	Begriffe .....	55
3.2	Feuchtigkeit .....	57
3.2.1	Relative Luftfeuchtigkeit .....	58
3.2.2	Absolute Luftfeuchtigkeit und Taupunkttemperatur .....	59
3.2.3	Einfluss der Temperatur auf die Luftfeuchtigkeit .....	62
3.2.4	Materialfeuchte.....	64
3.2.5	Wechselwirkung zwischen Luftfeuchtigkeit und Materialfeuchte	65
3.2.6	Einfluss der Materialfeuchte auf die Entstehung von Schimmelpilzschäden .....	67
3.2.7	Feuchtigkeitshaushalt in Gebäuden .....	68
3.2.8	Neubau-Restfeuchte.....	73
3.3	Temperatur .....	74
3.3.1	Gebäude- und Raumbeheizung .....	74
3.3.2	Wärmebrücken.....	76
3.3.3	Raumseitige Wärmedämmung.....	79
3.4	Sekundäre Schäden .....	80
<b>4</b>	<b>Schadensmerkmale .....</b>	<b>81</b>
4.1	Optische Hinweise auf mikrobielle Schäden.....	82
4.1.1	Schimmelflecken .....	82
4.1.2	Feuchteflecken .....	86
4.1.3	Salzausblühungen .....	88
4.1.4	Materialschäden.....	88
4.1.5	Mit Feuchtigkeitsschäden assoziierte Tierchen.....	90
4.2	Geruchliche Indikation .....	94
4.3	Gesundheitliche Symptome .....	97
4.4	Abgrenzung zu anderen Schadensarten .....	97
<b>5</b>	<b>Untersuchungen, Messungen, Analysen .....</b>	<b>101</b>
5.1	Inspektion, Befragung, Auswertung von Unterlagen .....	101
5.2	Feuchtigkeit in Bauteilen/Messung der Materialfeuchte .....	104
5.2.1	Orientierende, qualitative bis halbquantitative Verfahren .....	106
5.2.1.1	Leitfähigkeits- oder Widerstandsmessung .....	106
5.2.1.2	Kapazitive Messung, Hochfrequenzmethode (HF-Methode) ..	108
5.2.1.3	Messung mittels Mikrowellen.....	109
5.2.1.4	Neutronensonde.....	110
5.2.2	Quantitative Verfahren .....	111
5.2.2.1	Calciumcarbidmethode.....	111

5.2.2.2	Gravimetrische Methode (Darrprobe).....	112
5.2.2.3	Messung der Ausgleichsfeuchte als Kennzeichen der Wasseraktivität.....	113
5.3	Messung der Luftfeuchte und anderer Raumklimaparameter ..	117
5.3.1	Kurzzeit- bzw. Einzelmessungen .....	117
5.3.2	Langzeitmessungen .....	118
5.3.3	Raumklima-Echtzeitmessungen.....	120
5.4	Bauteilthermogramme .....	121
5.4.1	Thermografie .....	121
5.4.2	Punktmessung .....	122
5.4.3	Langzeitthermogramm .....	124
5.5	Dichtheit von Gebäuden .....	124
5.5.1	Dichtheit gegen Niederschlag und Feuchtigkeit .....	124
5.5.2	Luftdichtheit.....	125
5.6	Dichtheit wasserführender Leitungen (Leckageortung) .....	126
5.7	Salzgehalt .....	127
5.8	Mikrobiologische Analysen.....	129
5.8.1	Abklatschproben .....	130
5.8.2	Analyse von Materialproben mit Suspension .....	132
5.8.3	Mikroskopische Materialanalyse, Folienkontaktproben .....	139
5.9	Mikrobielle Methoden zur Überwachung und Endkontrolle von Sanierungsmaßnahmen .....	140
5.10	Probenahme .....	141
5.11	Schimmelpilz-Spürhund .....	146
<b>6</b>	<b>Ursachen.....</b>	<b>147</b>
6.1	Klassifizierung nach der Feuchtigkeitsquelle .....	148
6.1.1	Ursachen-Kategorie A: Feuchtigkeit oder Wasser von außen ..	148
6.1.2	Feuchtigkeit oder Wasser wird im Gebäude freigesetzt .....	160
6.1.3	Feuchtigkeitsschäden ohne relevante Feuchtigkeitsquellen....	167
6.2	Baulich oder durch Nutzung bedingte Ursachen .....	170
<b>7</b>	<b>Beurteilung von Schäden.....</b>	<b>173</b>
7.1	Ziele der Beurteilung.....	173
7.2	Optische Schäden.....	174
7.3	Materialschädigung mit Funktionsbeeinträchtigung.....	176
7.4	Geruchsbelastung .....	176
7.5	Gesundheitliche Aspekte.....	177
7.6	Dringlichkeit der Maßnahmen – Sofortmaßnahmen.....	183
7.6.1	Aspekt S1: Exposition .....	185
7.6.2	Aspekt S2: Sanierungsaufwand.....	185

7.6.3	Aspekt S3: Risikogruppen . . . . .	186
7.6.4	Aspekt S4: Gesundheitliche Symptome . . . . .	187
7.7	Erforderlicher Sanierungsumfang . . . . .	189
7.7.1	Aspekt U1: Sichtbarer mikrobieller Befall auf Oberflächen . . . . .	191
7.7.2	Aspekt U2: Sanierungsaufwand . . . . .	191
7.7.3	Aspekt U3: Materialanalysen . . . . .	192
7.7.4	Aspekt U4: Technische und wirtschaftliche Kriterien . . . . .	192
7.8	Maßnahmen zum Umgebungs- und zum Arbeitsschutz . . . . .	193
7.9	Schadensbeurteilung in Ausnahmesituationen . . . . .	194
7.9.1	Schäden durch Abwasser/Oberflächenwasser . . . . .	194
7.9.2	Sanierungskosten größer als der Wert des Objektes . . . . .	194
7.9.3	Denkmalschutz, Baugenehmigungen . . . . .	195
7.9.4	Die Sanierung ist aus technischen Gründen schwierig . . . . .	196
7.9.5	Der Schaden bezieht sich primär auf mobile Gegenstände . . . . .	196
<b>8</b>	<b>Planung und Vorbereitung der Sanierung . . . . .</b>	199
8.1	Planung . . . . .	199
8.1.1	Festlegen der Sanierungsziele . . . . .	200
8.1.2	Erforderliche Schritte zur Erreichung der Sanierungsziele . . . . .	202
8.1.3	Erstellen der Gefährdungsbeurteilung . . . . .	202
8.1.4	Planung der Umgebungsschutzmaßnahmen . . . . .	203
8.1.5	Baustellenplan, Messplan, Zeitplan . . . . .	204
8.2	Vorbereitende Arbeiten . . . . .	204
8.3	Leitung und Aufsicht der Arbeiten . . . . .	205
<b>9</b>	<b>Sanierung . . . . .</b>	207
9.1	Kleinschadensanierung . . . . .	207
9.2	Sofortmaßnahmen . . . . .	209
9.2.1	Abschottung der Befallsbereiche/Räume . . . . .	209
9.2.2	Desinfektion . . . . .	210
9.2.3	Aufstellen von Luftreinigern . . . . .	210
9.2.4	Unterdruck erzeugen . . . . .	210
9.3	Umgebungsschutz während der Sanierung . . . . .	211
9.3.1	Freisetzung von Staub während der Sanierung vermindern/verhindern . . . . .	212
9.3.2	Verschleppung verhindern . . . . .	212
9.3.3	Reinigung nach erfolgtem Rückbau . . . . .	213
9.3.4	Klima- und Belüftungsanlagen . . . . .	213
9.3.5	Abdeckmaßnahmen . . . . .	214
9.3.6	Ablüften und Filtern von Stäuben . . . . .	214
9.4	Arbeitsschutzmaßnahmen . . . . .	214
9.4.1	Gesetzliche Grundlagen . . . . .	214
9.4.2	Verordnungen und zugehörige technische Regeln . . . . .	217
9.4.2.1	Biostoffverordnung . . . . .	217
9.4.2.2	Gefahrstoffverordnung . . . . .	219

9.4.3	Gefährdungsbeurteilung nach BGI 858 .....	222
9.4.4	Gefährdungsklassen und Maßnahmen .....	226
9.4.5	Persönliche Schutzausrüstung (PSA).....	228
9.4.5.1	Handschutz.....	228
9.4.5.2	Augenschutz.....	229
9.4.5.3	Schutzkleidung.....	229
9.4.5.4	Atemschutz.....	230
9.4.6	Hygiene- und Hautschutzplan .....	235
9.4.7	Einsatz chemischer Stoffe .....	236
9.4.7.1	Explosionsgefahr .....	236
9.4.7.2	Ozon und Singulett-Sauerstoff .....	236
9.4.7.3	Atemschutz bei Verwendung von Desinfektionsmitteln.....	237
9.4.8	Maßnahmen beim Einsatz von Brennern zum Abflämmen. ....	237
9.5	Entfernen befallener Bausubstanz .....	239
9.6	Reinigung/Dekontamination .....	260
9.6.1	Raumreinigung/Feinreinigung nach Materialausbau.....	261
9.6.1.1	Feuchtes Abwischen.....	261
9.6.1.2	Absaugen .....	262
9.6.1.3	Reinigung mit Hochdruckreiniger.....	262
9.6.1.4	Abflämmen.....	262
9.6.1.5	Spezialreinigung durch Fachfirmen.....	264
9.6.2	Sanierung/Reinigung fester Einbauten und von Inventar .....	264
9.6.2.1	Glas, Hartkunststoff, Keramik, Metall, Porzellan .....	265
9.6.2.2	Holzwerkstoffplatten, Presspanplatten.....	266
9.6.2.3	Vollholz.....	267
9.6.2.4	Textilien .....	268
9.6.2.5	Leder .....	269
9.6.2.6	Schaumstoffe, Polster, Matratzen .....	270
9.6.2.7	Papier, Pappe .....	271
9.6.2.8	Armaturen, Abflüsse .....	272
9.6.2.9	Abwasserrohre/Siphons.....	273
9.6.2.10	Bilder .....	274
9.6.2.11	Blumentöpfe .....	275
9.6.2.12	Elektrogeräte .....	276
9.6.2.13	Fensterrahmen .....	277
9.6.2.14	Heizkörper .....	278
9.6.2.15	Plüschtiere, Puppen .....	279
9.6.2.16	Raumbefeuchter, Zimmerspringbrunnen .....	279
9.6.2.17	Rollläden .....	280
9.6.2.18	Spülkästen .....	281
9.6.2.19	Teppiche .....	281
9.6.2.20	Ventilatoren und Dunstabzugshauben.....	281
9.7	Trocknung .....	282
9.7.1	Wann sollte getrocknet werden?.....	283
9.7.2	Wände .....	284
9.7.3	Dächer.....	285
9.7.4	Fußböden .....	285

<b>9.8</b>	Einsatz von Chemikalien – Desinfektion . . . . .	286
9.8.1	Begriff der Desinfektion . . . . .	286
9.8.2	Desinfektionsmittel bei der Sanierung von Schimmelpilzschäden . . . . .	288
9.8.3	Desinfektionsverfahren und Einflussfaktoren . . . . .	289
9.8.4	Prüfung von Desinfektionsmitteln . . . . .	291
9.8.5	Aktuelle Praxis bei der Sanierung von Schimmelpilzschäden . . . . .	292
<b>9.9</b>	Geruchsbesetzung . . . . .	294
<b>9.10</b>	Abwasserschäden . . . . .	295
<b>9.11</b>	Geräte . . . . .	295
9.11.1	Fräse . . . . .	295
9.11.2	Heizer . . . . .	296
9.11.3	Luftreiniger/Umluftgeräte . . . . .	297
9.11.4	Sauger . . . . .	298
9.11.5	Staubschutzwände/Schleusen . . . . .	299
9.11.6	Schneidgeräte . . . . .	302
9.11.7	Trocknungsgeräte . . . . .	303
9.11.8	Unterdruckgeräte . . . . .	305
9.11.9	Ventilatoren/Gebläse . . . . .	305
9.11.10	Vernebler (Fogger) . . . . .	306
<b>9.12</b>	Spezielle Verfahren . . . . .	306
9.12.1	Sprühextraktion . . . . .	306
9.12.2	D-MIR®-Verfahren . . . . .	307
9.12.3	Einbau diffusionsoffener Estrichfugensysteme . . . . .	308
<b>10</b>	<b>Qualitätskontrolle und Abnahme . . . . .</b>	311
10.1	Methoden zur Erfolgskontrolle . . . . .	312
10.2	Materialentfernung . . . . .	314
10.3	Feinreinigung . . . . .	315
10.3.1	Staubprobenanalysen . . . . .	316
10.3.2	Luftkeimmessungen . . . . .	316
10.3.3	Luftpartikelmessungen . . . . .	318
10.3.4	MVOC-Messungen . . . . .	318
10.3.5	Materialprobenanalysen . . . . .	319
10.3.6	Analyse von Abklastschproben . . . . .	319
10.3.7	Analyse von Folienkontaktproben . . . . .	319
10.4	Trocknung . . . . .	319
10.5	Übersicht der Methoden und ihrer Bewertung . . . . .	319
10.6	Bewertung der Ergebnisse . . . . .	321
<b>11</b>	<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	323
<b>12</b>	<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	327