Inhalt

1 Die fachgerechte Sanierung eines Schimmelpilzschadens 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

2 Biologische Grundlagen 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

3 Bauliche und bauphysikalische Grundlagen 55

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

4 Schadensmerkmale 81

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

5 Untersuchungen, Messungen, Analysen 101

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

6 Ursachen 147

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

7 Beurteilung von Schäden 173

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

8 Planung und Vorbereitung der Sanierung 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

9 Sanierung 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, Pressspanplatten 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

9.8 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

9.9 Geruchsbeseitigung 294

9.10 Abwasserschäden 295

9.11 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

9.12 Spezielle Verfahren 306
9.12.1 Sprühextraktion 306
9.12.2 D-MIR®-Verfahren 307
9.12.3 Einbau diffusionsoffener Estrichfugensysteme 308

10 Qualitätskontrolle und Abnahme 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 Abklatschproben 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

11 Literaturverzeichnis 323

12 Stichwortverzeichnis 327