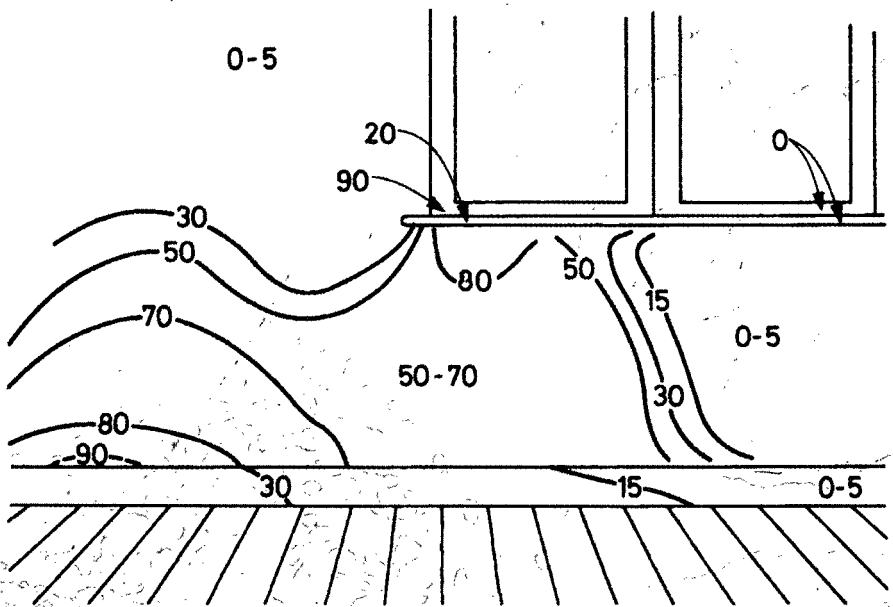


Frank Frössel

Schimmelpilze

und andere Innenraumbelastungen



Fraunhofer IRB Verlag

Inhaltsverzeichnis

■ 1 Einleitung · 19

- 1.1 Geschichtlicher Überblick · 23
- 1.2 Geschichte der Mikrobiologie · 32
- 1.3 Die Welt der Mikroorganismen · 35
 - 1.3.1 Einfluss von Mikroorganismen auf Natur und Mensch · 37
 - 1.3.1.1 Der Biomasse-Kreislauf · 37
 - 1.3.1.2 Wachstum und Vermehrung der Mikroorganismen · 39
 - 1.3.1.3 Mikrobielle Besiedelung des Menschen · 41
 - 1.3.1.4 Mikroorganismen als Krankheitserreger · 43
 - 1.3.2 Infektionskrankheiten des Menschen · 45
 - 1.3.2.1 Viren · 47
 - 1.3.2.2 Pilzinfektionen · 48
- 1.4 Das Reich der Pilze · 49
 - 1.4.1 Allgemeine Ökologie · 49
 - 1.4.1.1 Einleitung · 49
 - 1.4.1.2 Taxonomische Merkmale und Systematik · 56
 - 1.4.1.3 Wachstum und Fortpflanzung · 58
 - 1.4.1.4 Aufbau und Struktur · 62
 - 1.4.1.5 Zusammenfassung · 63
 - 1.4.2 Grundlagen für das Schimmelpilzwachstum · 71
 - 1.4.3 Wachstumsphasen der Schimmelpilze · 74

□ 2 Erscheinungsbild von Schimmelpilzen · 77

- 2.1 Wachstumsbedingungen für Schimmelpilze · 78
 - 2.1.1 Einleitung · 78
 - 2.1.2 Wassergehalt, Feuchtigkeit und Nährstoffe · 84
 - 2.1.3 Jahreszeitliche Einflüsse · 87

- 2.1.4 Temperaturansprüche und sonstige physikalische Wachstumsfaktoren · 87
- 2.1.5 Nährboden · 88
- 2.1.6 Schimmelpilze · 91
- 2.2 Schimmelpilze an und in Holzkonstruktionen und -bauteilen · 95
 - 2.2.1 Einleitung · 95
 - 2.2.2 Vorkommen von Schimmelpilzen in Holz · 95
 - 2.2.3 Ursachen für Holzfeuchte · 97
 - 2.2.4 Innenausbau mit Gipskartonplatten · 100
 - 2.2.5 Planung und Ausschreibung · 102
- 2.3 Schimmelpilze in Feuchträumen · 105
 - 2.3.1 Einleitung · 105
 - 2.3.2 Öffentliche Nassräume · 106
 - 2.3.3 Privat genutzte Nassräume · 109
- 2.4 Schimmelpilze in Lebensmittelbetrieben · 111
- 2.5 Fogging - oder das Phänomen schwarzer Wohnungen · 112

■ 3 Ursachen für das Schimmelpilzwachstum · 121

- 3.1 Einleitung · 122
- 3.2 Bauphysikalische Grundlagen · 129
- 3.3 Kondensation und Tauwasserbildung · 134
- 3.4 Wärmebrücken · 139
- 3.5 Nachträgliche Wärmedämmung · 147
- 3.6 Feuchtigkeitsbelastung von außen · 149
- 3.7 Feuchtigkeitsbelastung durch kapillar aufsteigende Feuchtigkeit · 154
- 3.8 Hygroskopische Feuchtigkeitsbelastung durch Salze · 158
- 3.9 Feuchtigkeitsbelastung durch sporadische Wasserschäden · 160

■ 3.10 Feuchtigkeitsbelastung von innen
• 162

■ 3.11 Zusammenfassung • 165

■ 4 Holzverfärbende und -zerstörende Pilze • 169

■ 4.1 Einleitung • 170

■ 4.2 Holzverfärbende Pilze • 174

■ 4.3 Holzzerstörende Pilze • 175

■ 4.4 Gesundheitsgefährdung durch den Echten Hausschwamm und andere holzzerstörende Pilze • 185

■ 4.5 Probeentnahme • 186

■ 4.6 Erfassung und Bewertung von Hausschwambefällen • 186

■ 4.7 Holzzerstörende Insekten und Lästlinge im Haus • 188

■ 4.8 Einsatz von und Umgang mit Holzschutzmitteln • 191

■ 4.9 Gesundheitliche Belastung durch Sanierungen mit Holzschutzmitteln • 195

4.9.1 Einleitung • 195

4.9.2 Permethrin • 199

4.9.3 Pentachlorphenol • 200

4.9.4 Lindan • 201

4.9.5 Dichlofluanid • 202

4.9.6 Chlorthalonil • 202

4.9.7 Endosulfan • 202

4.9.8 Tebuconazol • 203

4.9.9 Cypermethrin • 203

4.9.10 Dichlordiphenyltrichlorethan • 203

4.9.11 Diazinon • 204

■ 4.10 Verarbeitung und Belastungskontrolle • 204

□ 5 Gesundheitliche Auswirkungen • 207

□ 5.1 Einflussfaktoren in Innenräumen • 208

5.1.1 Einleitung • 208

5.1.2 Innenraumemissionen • 210

5.1.3 Regelungen, Grenz- und Richtwerte • 211

5.1.4 Flüchtige organische Stoffe • 220

□ 5.2 Umweltmedizin • 224

□ 5.3 Mikrobielle Luftverunreinigungen • 227

5.3.1 Einleitung • 227

5.3.2 Allergien • 230

5.3.2.1 Einleitung • 230

5.3.2.2 Allergien – pathogene Reaktionen des Immunsystems • 233

5.3.2.3 Allergene in Innenräumen • 234

5.3.2.4 Klassifizierung der Allergietypen • 235

5.2.4.5 Carry-over-effect • 246

5.3.3 Milben • 247

5.3.3.1 Allgemeines • 247

5.3.3.2 Vorkommen • 248

5.3.3.3 Taxonomie und Morphologie • 250

5.3.3.4 Gesundheitliche Gefährdungen • 253

5.3.4 Haustiere als Allergiequelle • 253

□ 5.4 Gesundheitsgefahren durch Schimmelpilze • 254

5.4.1 Einleitung • 254

5.4.2 Mykotoxine • 263

5.4.3 MVOC (Microbially Volatile Organic Compounds) • 269

5.4.4 Weitere schimmelpilzbedingte Krankheitsbilder • 270

□ 5.5 Sonstige Innenraumbelastungen und Umweltkrankheiten • 272

5.5.1 Vorwort • 272

5.5.2 Chronisches Müdigkeitssyndrom • 274

5.5.3 Multiple Chemikalien-Sensibilität • 275

5.5.4 Zusammenfassung • 278

■ 6 Messung und Bewertung von Innenraumbelastungen und Schimmelpilzbefall • 281

■ 6.1 Vorwort • 282

- 6.2 Einleitung • 283
 - 6.3 Untersuchungskonzept • 287
 - 6.3.1 Einleitung • 287
 - 6.3.2 Untersuchungsplanung • 289
 - 6.3.3 Gebäudeanamnese • 291
 - 6.4 Bauphysikalische Messungen • 296
 - 6.4.1 Einleitung • 296
 - 6.4.2 Feuchtigkeitsmessungen • 299
 - 6.4.3 Nachweismethoden der Luftdichtheit • 306
 - 6.4.3.1 Einleitung • 306
 - 6.4.3.2 Luftdichtheit und Wohnungslüftung • 307
 - 6.4.3.3 Blower-Door-Verfahren • 308
 - 6.4.3.4 Leckagenachweis durch Infrarot-Thermographie • 312
 - 6.5 Untersuchung chemischer und mikrobieller (biogener) Belastungen • 316
 - 6.5.1 Biomonitoring - Bedeutung und Einsatz in der Umweltmedizin • 316
 - 6.5.1.1 Einleitung • 316
 - 6.5.1.2 Erstellung eines umweltmedizinisch-toxikologischen Befundes • 317
 - 6.5.2 Raumluft- und Materialprobenahme • 318
 - 6.5.3 Probenahme von Hausstaub • 320
 - 6.5.4 Probenahme von Hefen und Bakterien • 321
 - 6.5.5 Nachweismethoden für Schimmelpilze • 323
 - 6.5.5.1 Einleitung • 323
 - 6.5.5.2 Kultivierungsmethoden • 325
 - 6.5.5.3 Mikroskopischer Nachweis • 327
 - 6.5.5.4 Raumluftprobenahme und -analyse • 330
 - 6.5.5.5 Staubprobenahme und -analyse • 335
 - 6.5.5.6 Direkte Kultivierung • 336
 - 6.5.5.7 Bestimmung der Gesamt-KBE • 338
 - 6.5.5.8 Luftpartikelsammlung • 340
 - 6.5.6 Indikatororganismen aus baulicher Sicht • 341
 - 6.5.7 Nachweis mikrobiell flüchtiger organischer Stoffwechselprodukte (MVOC) • 343
 - 6.6 Beurteilung von Schimmelpilzen im Innenraum aus hygienischer Sicht • 348
 - 6.6.1 Einleitung • 348
 - 6.6.2 Bewertung von Luftproben – Gesamtsporenzahl • 351
 - 6.6.3 Bewertung von Staubproben • 353
 - 6.7 Qualitätssicherung im Bereich biogener Innenraumbelastungen • 356
-
- **7 Sanierung von und Vorbeugung vor Schimmelpilzbefall • 359**
 - 7.1 Einleitung • 360
 - 7.2 Durchführung der Sanierungsmaßnahme • 364
 - 7.2.1 Beseitigung der Primärursachen • 364
 - 7.2.1.1 Nachträgliche Wärmedämmung • 364
 - 7.2.1.2 Nachträgliche Horizontalabdichtung • 366
 - 7.2.1.3 Nachträgliche Vertikalabdichtung • 368
 - 7.2.1.4 Mängel in der Abdichtung • 369
 - 7.2.2 Sporadische Wasserschäden und deren Sanierung • 369
 - 7.2.2.1 Einleitung • 369
 - 7.2.2.2 Schadensprozesse • 372
 - 7.2.2.3 Ablauf einer Wasserschadensanierung • 376
 - 7.2.2.4 Durchführung der technischen Bautrocknung • 377
 - 7.2.2.5 Trocknungsarten und Installationsmethoden • 377
 - 7.2.2.6 Konventionelle Trocknungsverfahren und -geräte • 378
 - 7.2.2.7 Mikrowellentrocknung • 379
 - 7.2.2.8 Vakuumtrocknung • 380
 - 7.2.2.9 Sonstiges • 380
 - 7.2.2.10 Geruchsneutralisation • 381
 - 7.2.3 Beseitigung der Sekundärursachen • 383
 - 7.2.3.1 Sanierungskonzept • 383

- 7.2.3.2 Allgemeine Vorbereitungen und flankierende Maßnahmen • 385
- 7.2.3.3 Reinigung schimmelpilzbefallener Oberflächen • 388
- 7.2.3.4 Fungizide Anstrich- und Beschichtungssysteme • 391
- 7.2.3.5 Fungizide Dichtstoffe • 392
- 7.2.3.6 Schutzmaßnahmen • 393
- 7.2.3.7 UV-Entkeimung • 394
- 7.2.4 Sonstiges • 398
- 7.2.4.1 Sanierungskontrollen • 398
- 7.2.4.2 Arbeitsschutzbestimmungen bei mikrobiologischen Messungen (Probenahmen) und Sanierungen • 398
- 7.3 Gesundheitliche Aspekte der Raumlufttechnik • 399
 - 7.3.1 Einleitung • 399
 - 7.3.2 Befindlichkeitsstörungen durch Raumlufttechnische Anlagen • 400
 - 7.3.3 Desinfektion von Raumlufttechnischen Anlagen • 401
 - 7.3.4 Wasserentkeimung • 402
- 7.4 Allergensanierung – Allergenkarenz • 403
 - 7.4.1 Einleitung • 403
 - 7.4.2 Physikalische Behandlung gegen Milben • 406
 - 7.4.3 Chemische Behandlung gegen Milben • 406
 - 7.4.4 Grenzwerte für Milbenallergene • 407
 - 7.4.5 Staubsauger • 408
- 7.5 Vorbeugung vor Schimmelpilzbefall • 409
 - 7.5.1 Allgemeines zum Wohn- und Lüftungsverhalten • 409
 - 7.5.2 Notwendigkeit der Wohnungslüftung • 409
 - 7.5.3 Kellerfeuchtigkeit durch falsches Lüften • 422
 - 7.5.4 Zwangslüftung • 424
 - 7.5.5 Fensterlose Badezimmer mit Schachtlüftung • 430
 - 7.5.6 Praktische Beispiele von Klimaaufzeichnungen • 431
 - 7.5.7 Anforderungen an die Wohnungslüftung • 437
- 8 Innenraumbelastungen und deren gesundheitliche Folgen – eine rechtliche Betrachtung • 445
 - 8.1 Einleitung • 446
 - 8.2 Zur rechtlichen Einstufung von Innenraumbelastungen – grundsätzliche Aspekte • 447
 - 8.2.1 Gewährleistung und Produkthaftung • 448
 - 8.2.2 Ansprüche des Mieters • 449
 - 8.2.3 Haftung des Arztes • 449
 - 8.2.4 Arbeitsrecht • 449
 - 8.2.5 Verwaltungsrecht • 450
 - 8.2.6 Sozialversicherungsrecht • 450
 - 8.2.7 Strafrecht • 451
 - 8.3 Produkthaftung für Innenraumbelastungen • 451
 - 8.3.1 Einleitung • 451
 - 8.3.2 Zur Haftung durch produktverursachte Gesundheitsschäden • 454
 - 8.3.3 Voraussetzungen einer Produkthaftungsklage • 455
 - 8.4 Gesetzliche Grundlagen bei der Schädlingsbekämpfung und im Holz- und Bautenschutz • 458
 - 8.5 Juristische Aspekte beim Fogging-Effekt • 459
 - 8.6 Juristische Aspekte bei der Schimmelpilzbildung • 464
 - 8.6.1 Einleitung • 464
 - 8.6.2 Mietrechtliche Grundlagen • 465
 - 8.6.3 »Nachrüstpflicht« des Vermieters? • 467
 - 8.6.4 Wer hat nun Schuld? Mieter, Vermieter oder beide? • 470
 - 8.6.5 Die fristlose Kündigung – wann ist sie möglich? • 472

- 8.6.6 Was tun im Schadensfall? Wie sollen sich Mieter und Vermieter verhalten? • 472
- 8.6.7 Gerichtsurteile • 473

▣ Anhang • 481

- ▣ A1 Lexikon verwendeter und weiterführender Fachbegriffe • 482
- ▣ A2 Untersuchungs- und Sanierungskosten • 644
- ▣ A3 Literaturverzeichnis • 648
- ▣ A4 Bildnachweis • 686
- ▣ A5 Stichwortverzeichnis • 687

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei dem Architekten und Baubiologen Herrn Karl Lassl vom gleichnamigen Büro aus Meerbusch und dem Bauingenieur und Sachverständigen Herrn Michael Obeloer von der Fa. Biomess in Korschenbroich für ihre Unterstützung beim Lektorat sowie für die Bereitstellung von umfangreichem Bild- und Textmaterial bedanken.

Des Weiteren gilt meine große Anerkennung dem Verband der Bausachverständigen Norddeutschlands (VBN) und seiner Publikation »Topthema Schimmelpilz«, mit der die Diskussion um Schimmelpilze und andere Innenraumbelastungen wieder auf eine sachliche Ebene gehoben wurde. Ferner danke ich dem Verband für die Genehmigung von Bild- und Textmaterial. Gleiches gilt für die Publikation des Institutes für Fenster-technik sowie den Fachverband für Energie-Marketing und seinen Wärmebrücken-katalog.

Speziell zum Thema Fogging gilt mein besonderer Dank Herrn Moriske, sowie zum Thema der

gesundheitlichen und medizinischen Betrachtung der Schimmelpilze dem Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, die mit dem Leitfaden eine zukunftsweisende Basis für die Diagnostik geschaffen haben.

Außerdem danke ich der Deutschen Gesellschaft für Mykologie, Herrn Dr. Franz in Paderborn, dem Sachverständigen Herrn Schmalfuß in Potsdam, den Firmen Munters in Hamburg, Viessmann, Hagos in Stuttgart, Sto in Stühlingen, Blower Door in Springe-Eldagsen, Merkel-Messtechnik, Form und Test in Riedlingen, der Umweltanalytik Holbach in Wadern, dem Pegasus-Labor sowie dem Berufsverband der Baubiologen und dem Institut für Fenstertechnik Rosenheim für Bild- und Informationsmaterial.

Abschließend möchte ich Herrn Thomas Altmann vom Fraunhofer IRB Verlag für sein Engagement und sorgfältiges Lektorat danken, ohne das auch dieses Buchprojekt nicht hätte in der vorliegenden Qualität erstellt werden können.