

Günter S. Hilbert

# Sammlungsgut in Sicherheit

Beleuchtung und Lichtschutz  
Klimatisierung  
Schadstoffprävention  
Schädlingsbekämpfung  
Sicherungstechnik  
Brandschutz  
Gefahrenmanagement

## Mitverfasser

Barbara Fischer  
Klaus Fitzner  
Hans-Jürgen Harras  
Paul Schmits  
Achim Unger  
Wibke Unger

Vorbemerkung .....	X
Vorwort .....	XVII
<b>I BELEUCHTUNG UND LICHTSCHUTZ .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Lichttechnische Grundlagen .....</b>	<b>2</b>
2.1 Strahlung und Licht .....	2
2.2 Strahlungsphysikalische und lichttechnische Begriffe .....	3
2.3 Photometrisches Entfernungsgesetz .....	6
2.4 Lichtstärke .....	7
2.5 Leuchtdichte und Beleuchtungsstärke .....	7
2.6 Energiebilanz und Lichtausbeute von Lampen .....	9
<b>3 Beleuchtung und Sehleistung .....</b>	<b>10</b>
3.1 Unterschiedsempfindlichkeit und Sehschärfe .....	10
3.2 Farbwahrnehmung .....	12
3.3 Adaptation .....	12
3.4 Blendung .....	12
<b>4 Tageslicht .....</b>	<b>13</b>
4.1 Bestrahlungs- und Beleuchtungsstärken .....	13
4.2 Eigenschaften .....	15
4.3 Tageslicht im Raum .....	16
<b>5 Künstliche Lichtquellen .....</b>	<b>18</b>
5.1 Lichterzeugung .....	18
5.2 Glühlampe .....	22
5.3 Halogenglühlampe .....	25
5.4 Kaltlicht-Reflektorlampe, Glasfaserlichtleiter .....	29
5.5 Leuchtstofflampe .....	31
5.6 Halogen-Metaldampflampe .....	36
<b>6 Beleuchtungstechnik .....</b>	<b>38</b>
6.1 Lichtausbreitung .....	38
6.2 Tageslicht .....	40
6.3 Beleuchtung mit künstlichem Licht .....	42
<b>7 Beleuchtung der Ausstellungen .....</b>	<b>50</b>
7.1 Tageslicht im Museum .....	51
7.2 Künstliches Licht .....	59
7.3 Beleuchtungsstärke .....	67
7.4 „Gutes Licht“ – die Mindestbeleuchtungsstärken .....	69

<b>8</b>	<b>Geschichte des Lichtschutzes in Museen</b> .....	77
8.1	Der ‚Russell and Abney Report‘ .....	77
8.2	Der ‚Relative Damage Factor‘ D .....	78
8.3	Weitere Untersuchungen .....	79
8.4	Relative spektrale Empfindlichkeit $s(\lambda)_{dm,rel}$ .....	81
8.5	Forschungsvorhaben ‚Wirkungsfunktionen‘ .....	82
<b>9</b>	<b>Farbliche Veränderungen von beleuchtetem Sammlungsgut</b> .....	84
9.1	Photochemische Wirkungen .....	84
9.2	Beleuchtung, Farbveränderung – Kausalitätsprinzip .....	86
9.3	Schwellenbestrahlung und Schwellenbelichtung als Maßstab der Lichtempfindlichkeit .....	89
9.4	Definition der Lichtempfindlichkeit durch die Halbwertszeit .....	92
9.5	Messergebnisse, Auswertung .....	98
<b>10</b>	<b>Lichtschutz – konservatorische Maßnahmen</b> .....	100
10.1	Strahlungsverteilung $S_\lambda$ .....	101
10.2	Geeignete Lichtquellen .....	105
10.3	Transmissionsgrad, UV-Schutz .....	106
10.4	Mindest-Beleuchtungsstärke .....	109
10.5	Beleuchtungsdauer .....	110
10.6	Lichtschutzpraxis – Beispiele .....	112
<b>11</b>	<b>Thermische Wirkungen der Beleuchtung</b> .....	115
11.1	Thermische Empfindlichkeit .....	115
11.2	Beleuchtungsbedingte Trockenschäden .....	116
11.3	Energetische Belastung des Lichtstroms .....	117
11.4	Effektive thermische Belastung .....	118
11.5	Schutzmaßnahmen .....	119
<b>12</b>	<b>Messgeräte</b> .....	119
12.1	Beleuchtungsstärke .....	119
12.2	UV-Anteil .....	120
12.3	Belichtung .....	120
12.4	Oberflächentemperatur .....	121
	<b>Literatur zu Teil I</b> .....	123

<b>II</b>	<b>KLIMATISIERUNG</b> .....	127
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	127
<b>2</b>	<b>Raumklima</b> .....	129
2.1	Relative Feuchte (rF) $\varphi$ und Feuchtegehalt $x$ .....	129
2.2	Das $h,x$ -Diagramm für feuchte Luft .....	130
2.3	Zustandsänderungen der Luft .....	132
2.4	Thermodynamische Begriffe und Gesetze .....	136
<b>3</b>	<b>Mensch und Raumklima</b> .....	141
3.1	Thermische Behaglichkeit .....	141
3.2	Zugluft .....	143
3.3	Relative Feuchte (rF) .....	144
3.4	Hygienische Aspekte .....	145
<b>4</b>	<b>Objekt und Raumklima</b> .....	150
4.1	Leitlinien .....	150
4.2	Temperatur .....	151
4.3	Relative Feuchte .....	153
4.4	Andere Einflüsse .....	158
<b>5</b>	<b>Baukörper und Raumklima</b> .....	159
5.1	Einleitung .....	159
5.2	Thermisches Verhalten des Baukörpers .....	159
5.3	Transparente Außenbauteile, Fenster .....	161
5.4	Feuchteschutz und Dichtigkeit des Baukörpers .....	162
5.5	Natürlicher Luftaustausch .....	164
<b>6</b>	<b>Energiehaushalt eines Gebäudes</b> .....	168
6.1	Heizung, Heizlast .....	168
6.2	Kühllast .....	169
6.3	Energiebilanz, energiewirtschaftliche Aspekte .....	172
<b>7</b>	<b>Klimatechnik</b> .....	172
7.1	Einleitung .....	172
7.2	Funktion einer Klimaanlage .....	173
7.3	Betrieb von Klimaanlage .....	174
7.4	Systeme, Komponenten .....	175
7.5	Klimazentrale .....	177
7.6	Ventilatoren .....	183
7.7	Wärme- und Kälteversorgung .....	184
7.8	Wärmerückgewinnung .....	185

7.9	Regelungstechnik .....	186
7.10	Instandhaltung und Wartung von Klimaanlage .....	188
<b>8</b>	<b>Luftmengen, Lüftungsarten .....</b>	<b>189</b>
8.1	Zuluftmenge, Luftkanäle, Lüftungsart .....	189
8.2	Mischungslüftung .....	190
8.3	Verdrängungslüftung .....	192
8.4	Quelllüftung .....	193
<b>9</b>	<b>Klimaanlagen für Museen – Planungsgrundlagen .....</b>	<b>198</b>
9.1	Rückblick .....	198
9.2	Klimatisierte Museumsräume .....	199
9.3	Konservatorische Anforderungen an das Raumklima in Museen .....	200
9.4	Andere Anforderungen .....	205
9.5	Sollwerte – Sollwertprogramm .....	207
9.6	Kühllast – Planungsvorgaben des Museums .....	210
9.7	Lüftungsprinzip, Außenluftfrate .....	214
9.8	Ausstattung der Klimazentrale, Hinweise zur Ausführungsplanung .....	218
<b>10</b>	<b>Klimatisierung von Vitrinen .....</b>	<b>220</b>
10.1	Einfluss der Beleuchtung .....	220
10.2	Dichtigkeit und Luftaustausch .....	223
10.3	Lüftungs- und klimatechnische Behandlung, Vitrinenlufttechnik .....	224
10.4	Reinraumtechnische Behandlung von Vitrinen .....	228
<b>11</b>	<b>Raumlufttechnische Geräte .....</b>	<b>230</b>
11.1	Lüftungsgeräte .....	230
11.2	Raumklimageräte .....	231
11.3	Verdunstungs-Luftbefeuchter .....	231
11.4	Luftentfeuchter .....	233
<b>12</b>	<b>Messgeräte zur Kontrolle des Raumklimas .....</b>	<b>234</b>
12.1	Lufttemperatur .....	234
12.2	Oberflächentemperatur .....	234
12.3	Relative Feuchte .....	235
12.4	Strömungsgeschwindigkeit der Luft .....	236
12.5	Luftreinheit .....	237
12.6	Überwachung von Temperatur und relativer Feuchte .....	237
	<b>Literatur zu Teil II .....</b>	<b>240</b>

<b>III</b>	<b>SCHADSTOFFPRÄVENTION</b>	243
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	243
<b>2</b>	<b>Begriffe</b>	244
<b>3</b>	<b>Herkunft der Schadstoffe</b>	245
3.1	Exogene Quellen	245
3.2	Endogene Quellen	246
<b>4</b>	<b>Analyse der Schadstoffe und der Schäden</b>	248
4.1	Schadstoffe	248
4.2	Schäden	251
<b>5</b>	<b>Schadstoffemission durch verwendete Werkstoffe</b>	251
5.1	Holz und Holzwerkstoffe	251
5.2	Kunststoffe	253
5.3	Textilien	261
5.4	Papier und Pappe	262
5.5	Kunstleder	262
<b>6</b>	<b>Einflüsse auf die Schadstoffemission</b>	262
6.1	Einfluss der Materialstruktur	262
6.2	Sorption	263
6.3	Feuchte	263
6.4	Temperatur	264
6.5	Oxidation	264
<b>7</b>	<b>Schäden an museumstypischem Material</b>	265
7.1	Metalle	265
7.2	Pigmente	267
7.3	Glas und Email	269
7.4	Sonstige anorganische Werkstoffe	270
7.5	Textilien	271
7.6	Papier, Fotomaterial und Leder	271
7.7	Kunststoffe	272
7.8	Holz	274
7.9	Vandalismus und Brände	274
<b>8</b>	<b>Vorbeugende Maßnahmen</b>	275
8.1	Klimatische Bedingungen	275
8.2	Absorber und kontrollierte Atmosphären	275
8.3	Werkstoffe für die Präsentation und Magazinierung der Objekte	278

<b>9</b>	<b>Erste Notmaßnahmen nach Attentaten</b> .....	281
<b>10</b>	<b>Sanierung geschädigter Objekte</b> .....	282
10.1	Dekontamination von Holz .....	283
10.2	Stabilisierung von Email .....	283
10.3	Konservierung von Blei .....	283
	<b>Literatur zu Teil III</b> .....	285
<b>IV</b>	<b>SCHÄDLINGSBEKÄMPFUNG</b> .....	290
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	290
<b>2</b>	<b>Gefährdetes Material</b> .....	290
2.1	Holz .....	290
2.2	Papier .....	291
2.3	Textilien .....	291
2.4	Pergament, Leder und sonstige tierische Materialien .....	292
2.5	Kunststoffe .....	293
<b>3</b>	<b>Allgemeine Biologie der Schädlinge</b> .....	294
3.1	Insekten .....	294
3.2	Pilze .....	298
3.3	Bakterien .....	301
<b>4</b>	<b>Museumstypische Schadorganismen</b> .....	302
4.1	Insekten .....	302
4.2	Schimmelpilze .....	311
<b>5</b>	<b>Übertragungswege und Verbreitung der Schadorganismen</b> .....	316
5.1	Übertragungswege .....	316
5.2	Verbreitung .....	317
<b>6</b>	<b>Nachweis von Schadorganismen</b> .....	318
6.1	Insekten .....	318
6.2	Schimmelpilze .....	319
<b>7</b>	<b>Prophylaktische Schutzmaßnahmen</b> .....	319
<b>8</b>	<b>Offensive Schädlingsbekämpfung</b> .....	321
8.1	Insekten .....	321
8.2	Schimmelpilze .....	327
	<b>Literatur zu Teil IV</b> .....	330

<b>V</b>	<b>SICHERUNGSTECHNIK</b> .....	333
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	333
<b>2</b>	<b>Begriffe</b> .....	333
2.1	Diebstahl – Beschädigung .....	333
2.2	Tagessicherung – Nachtsicherung .....	334
2.3	Innere Sicherheit .....	335
<b>3</b>	<b>Grundlagen</b> .....	335
3.1	Ausgangssituation .....	335
3.2	Sicherungssysteme .....	336
3.3	Zeitverhalten eines Sicherungssystems .....	337
<b>4</b>	<b>Bauliche und mechanische Sicherungen</b> .....	339
4.1	Bemessung mechanischer Schutzvorrichtungen .....	339
4.2	Das Museumsgebäude als Schutzhülle .....	340
4.3	Einrichtungen zum Schutz von Exponaten .....	350
4.4	Kombination baulicher und mechanischer Sicherung mit einer Alarmanlage .....	354
<b>5</b>	<b>Automatische Alarmierung</b> .....	355
5.1	Alarmanlagen .....	355
5.2	Ereignismelder in Museen .....	357
5.3	Einbruchmelder zur Außenhaut- und zur Raumsicherung .....	358
5.4	Einbruchmelder zur Sicherung von Vitrinen .....	367
5.5	Gefährdungsmelder zur Sicherung einzelner Exponate .....	368
5.6	Diebstahlmelder .....	372
5.7	Alarmübermittlung, Übertragung von Gefahrenmeldungen .....	375
5.8	Betrieb von Alarmanlagen .....	380
<b>6</b>	<b>Bewachung – Überwachung</b> .....	387
6.1	Bewachung der Ausstellung .....	387
6.2	Video-Überwachung .....	393
6.3	Die Wachzentrale .....	394
	<b>Literatur zu Teil V</b> .....	396
<b>VI</b>	<b>BRANDSCHUTZ IN MUSEEN</b> .....	397
<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	397
<b>2</b>	<b>Der Brand</b> .....	398
2.1	Grundlagen .....	398
2.2	Begleiterscheinungen eines Brandes .....	399
2.3	Die Brandlast .....	402



<b>3</b>	<b>Brandrisiken</b> .....	402
3.1	Entstehung von Bränden .....	403
3.2	Brandausbreitung .....	405
<b>4</b>	<b>Das System des Brandschutzes</b> .....	405
4.1	Vorbeugender Brandschutz .....	406
4.2	Abwehrender Brandschutz .....	408
4.3	Betrieblicher Brandschutz .....	409
<b>5</b>	<b>Baulicher Brandschutz</b> .....	409
5.1	Die Bauordnung .....	411
5.2	Versicherungstechnische Aspekte des Brandschutzes .....	425
5.3	Aspekte des vorbeugenden Brandschutzes bei Museumsneubauten .....	426
5.4.	Baulicher Brandschutz in älteren Museumsgebäuden .....	428
<b>6</b>	<b>Anlagentechnischer Brandschutz, Brandmeldesysteme</b> ....	431
6.1	Rauch- und Wärmeabzugsanlagen .....	431
6.2	Brandmeldung per Telefon .....	432
6.3	Brandmeldeanlagen .....	433
6.4	Sicherheitsbeleuchtung .....	445
6.5	Vorkehrungen zur Brandbekämpfung .....	445
<b>7</b>	<b>Betrieblicher Brandschutz in Museen</b> .....	457
7.1	Organisatorische Maßnahmen .....	457
7.2	Vorbeugende Brandschutzmaßnahmen im Bereich der Haustechnik .....	460
7.3.	Brandschutz bei Sonderausstellungen .....	461
7.4	Brandgefahren im Museumsalltag .....	463
7.5	Brandgefahr durch Alkoholpräparate .....	463
7.6	Brandstiftung .....	464
	<b>Literatur zu Teil VI</b> .....	465
<b>VII</b>	<b>GEFAHRENMANAGEMENT</b> .....	468
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	468
<b>2</b>	<b>Gefahrenmanagementsysteme</b> .....	469
<b>3</b>	<b>Systemverknüpfungen mit Gefahrenmeldeanlagen</b> .....	473
3.1	Überfall- und Einbruchmeldeanlagen .....	473
3.2	Brandmeldeanlagen (BMA) .....	475
3.3	Fernübertragung von Gefahrenmeldungen, Alarmübertragung .....	476

<b>4</b>	<b>Systemverknüpfungen mit Überwachungs- und Kommunikationsanlagen</b> .....	481
4.1	Videobeobachtungssysteme .....	481
4.2	Telekommunikation .....	482
4.3	Zutrittskontrolle .....	482
4.4	Sprechanlagen .....	483
4.5	Wächterkontrollanlagen .....	484
4.6	Kontrolle von Pheromonfallen .....	486
4.7	Gebäudeleittechnik .....	486
4.8	Beleuchtung, Sonnenschutz .....	487
<b>5</b>	<b>Planungs- und Nutzungsparameter</b> .....	488
5.1	Schnittstellen .....	488
5.2	Bedienoberfläche .....	490
5.3	Rückfallebene .....	493
5.4	Ereignisspeicher, Auswertung .....	493
<b>6</b>	<b>Bauliche Anforderungen an Sicherheitszentralen</b> .....	494
<b>7</b>	<b>Personelles Gefahrenmanagement</b> .....	495
7.1	Aufgaben des Aufsichts- und Wachpersonals .....	495
7.2	Schulung und Training .....	496
7.3	Outsourcing als Lösung? .....	497
<b>8</b>	<b>Organisation des Gefahrenmanagements</b> .....	498
8.1	Betrieb, Wartung, Systempflege .....	498
8.2	Verbindung und Abgrenzung zur Gebäudetechnik .....	498
8.3	Gefahrenmanagement in der Ausstellung .....	499
	<b>Literatur zu Teil VII</b> .....	502
	<b>Anhang</b> .....	503
A-I-1	Mathematische Gleichungen, Formeln, Ableitungen .....	503
A-I-2	Für Museen geeignete Verglasung der Fenster .....	509
A-I-3	Auswahl gebräuchlicher UV-Filter .....	511
A-II-1	Betrieb von Klimaanlage – Befeuchtungseinrichtung – Hygienische Aspekte .....	512
A-II-2	Zur Klimatisierung von Vitrinen mit Sorptionsmaterial .....	515
A-III-1	Schadstoffadsorber und -absorber .....	517
A-III-2	Maßnahmen nach „Säureattentaten“ .....	518
A-III-3	Stabilisierung von Email .....	520
A-IV-1	Nachweismethoden für einen Schimmelpilzbefall an Sammlungsgut .....	521
A-IV-2	Nachweis luftgetragener Schimmelpilze in Innenräumen .....	523

---

A-IV-3	Behandlung von Sammlungsgut in Sauerstoffmangel-Atmosphären . . . .	524
A-IV-4	Schimmelpilzbekämpfung im Havariefall . . . . .	525
A-V-1	Sicherungstechnik für Museumsvitrinen . . . . .	527
A-VI-1	Brandschutztechnische Checkliste für Altbauten . . . . .	530
A-VI-2	Muster eines Schweißerlaubnisscheins . . . . .	532
	Sachregister . . . . .	533
	Auszug aus Javier Marías „Mein Herz so weiß“ . . . . .	547
	Kurzporträts der Autoren . . . . .	553