

# Dispersions-Silikatsysteme

Grundlagen – Formulierungen – Problemlösungen

Dipl.-Ing. Wolfgang Schultze

Dr. Dipl.-Chem. Jean-Pierre Deppen  
Günther Gettwert  
Manfred Güntert  
Dipl.-Ing. Wernfried Heilen  
Dr. Rudolf Hüster  
Dipl.-Ing. Werner Lohmann  
Horst Rusam

Dr. rer. nat. Walter Schermann  
Uwe Thies  
Dipl.-Ing. Oliver Wagner  
Richard Werle  
Dipl.-Ing. Johannes Wetzel  
Dipl.-Ing. Günter Wieghaus  
Dr. Günther Wiesgickel

Mit 395 Bildern, 58 Tabellen und 200 Literaturstellen



Kontakt & Studium  
Band 473

Herausgeber:  
Prof. Dr.-Ing. Wilfried J. Bartz  
Technische Akademie Esslingen  
Weiterbildungszentrum  
DI Elmar Wippler  
expert verlag

expert  verlag

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Anstriche am Bauwerk</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Schäden durch Feuchtigkeit im Mauerwerk und ihre Beseitigung</b>	<b>16</b>
3.1	Einleitung	16
3.2	Bauschaden	16
3.2.1	Physikalische Zerstörungsprozesse	17
3.2.2	Chemische Zerstörungsprozesse	17
3.2.3	Biologische Zerstörungsprozesse	18
3.2.4	Reduzierung der Wärmedämmung	20
3.3	Porosität von Baustoffen	20
3.4	Mechanismen der Wasseraufnahme	22
3.4.1	Kapillare Wasseraufnahme	22
3.4.1.1	Sauggeschwindigkeit	23
3.4.1.2	Maximale Steighöhe	24
3.4.1.3	Wasseraufnahmekoeffizient	24
3.4.1.4	Wassertransporte im elektrischen Feld	25
3.4.1.5	Elektrolytischer Wassertransport	27
3.4.2	Aufnahme von Druckwasser	27
3.4.3	Aufnahme von atmosphärischer Feuchtigkeit	28
3.4.3.1	Relative Luftfeuchtigkeit	28
3.4.3.2	Wasseraufnahme durch Wasserdampfkondensation	28
3.4.3.3	Wasseraufnahme durch Wasserdampfabsorption	29
3.4.3.4	Hygroskopische Feuchtigkeitsaufnahme	30
3.5	Gasdiffusion	32
3.5.1	Wasserdampfdiffusion	32
3.5.2	Fassadenschutztheorie nach Künzel	34
3.6	Schadstoffe und Schadstoffaufnahme	35
3.6.1	Bauschädliche Stoffe	36
3.6.1.1	Gasförmige Schadstoffe	36
3.6.1.2	Salze als Schadstoffe	37
3.7	Schädigende Wirkung der Salze	39
3.7.1	Hygroskopie	39

3.7.2	Kristallisationsdruck	39
3.7.3	Hydratationsdruck	40
3.8	Diagnostik	41
3.8.1	Teilaufgaben der Bauwerksdiagnostik	41
3.8.2	Bestandsaufnahme	42
3.8.2.1	Visuelle Methoden	43
3.8.2.2	Analyse und Materialprüfung	43
3.9	Prüfmethodik	44
3.9.1	Feuchtemessungen	44
3.9.1.1	Ermittelbare Kenngrößen	44
3.9.1.2	Gesamtfeuchtigkeit/Direkte Methoden	45
3.9.1.3	Gesamtfeuchtigkeit/Indirekte Methode	45
3.9.1.4	hyroskopische Feuchteaufnahme	45
3.9.1.5	Kondenswasserbildung	46
3.9.1.6	Kapillare Wasseraufnahme	47
3.9.1.7	Gesamtwasseraufnahme	47
3.9.2	Schadssalzanalyse	47
3.10	Maßnahmen zur Trocknung von feuchten Mauerwerken	48
3.11	Verfahren gegen aufsteigende Feuchte	48
3.11.1	Mechanische Verfahren	49
3.11.2	Injektionsverfahren	51
3.11.2.1	Injektionsmittel	52
3.11.2.2	Injektionsverfahren	55
3.11.3	Elektrophysikalische Verfahren	58
3.12	Flächenabdichtung	58
3.13	Chemische Salzabdichtung	61
3.14	Sanierputzsysteme	63
3.15	Anstriche auf Sanierputz	68
3.16	Sanierungsbeispiele	68
3.16.1	Aussenabdichtung	68
3.16.2	Innenabdichtung	68
3.16.3	Innenabdichtung gegen hyroskopische Feuchte	71
3.16.4	Natursteinmauerwerk	73
3.16.5	Salzbelastete Fassade	73
<b>4</b>	<b>Allgemeines, Struktur und Eigenschaften</b>	<b>76</b>
4.1	Einleitung	77
4.2	Geschichtliche Entwicklung	78
4.2.1	- der Alkalisilikate	78
4.2.2	- der Silikatfarben	79
4.3	Definition	80
4.3.1	Glas - Wasserglas - Vergleich	81
4.4	Herstell-Verfahren	81
4.4.1	Technische "Stückengläser"	83

4.5	Zustandsdiagramme von	83
4.5.1	- Natriumsilikat	84
4.5.2	- Kaliumsilikat	85
4.5.3	- Lithiumsilikat	87
4.5.4	- SiO <sub>2</sub>	88
4.5.5	Löslichkeit der Alkalisilikat-Gläser	88
4.6	Alkalisilikat- Strukturen	92
4.6.1	Feste Silikate	92
4.6.1.1	Silikat-Gläser	92
4.6.1.2	Feste Alkalisilikate	94
4.6.2	Definierte kristalline Alkalisilikate	95
4.6.3	Pulverförmige amorphe Alkalisilikate	95
4.6.4	Alkalisilikat-Lösungen	97
4.6.5	Basizität von Alkalisilikat-Lösungen	100
4.6.6	Stabilität von hochalkalischen Alkalisilikat-Lösungen	100
4.6.7	Kolloidchemische Eigenschaften von Alkalisilikat-Lösungen	101
4.6.8	Polymerisation von Kieselsäure und Untersuchung in wäßriger Lösung	102
4.6.9	Silikat-Struktur in Alkalisilikat-Lösungen	107
4.7	Methoden zur Strukturaufklärung	113
4.7.1	Adsorption von Pinacyanolchlorid	113
4.7.2	Molybdätmethode	113
4.7.3	<sup>29</sup> Si-NMR-Spektroskopie	118
4.7.4	Trimethylsilylierungsmethode	129
4.8	Physikalische und chemische Eigenschaften von Alkalisilikaten	130
4.8.1	Viskosität von Alkalisilikat-Lösungen	132
4.8.1.1	Viskosität von Natriumsilikat-Lösungen	133
4.8.1.2	Viskosität von Kaliumsilikat-Lösungen	136
4.8.1.3	Viskosität von Lithiumsilikat-Lösungen	138
4.8.2	Elektrolyteinfluß auf die Viskosität von Alkalisilikat-Lösungen	139
4.8.3	Modul in Alkalisilikat-Lösungen	141
4.8.4	Dichte von Alkalisilikat-Lösungen	141
4.8.5	pH-Wert in Alkalisilikat-Lösungen	144
4.8.6	Erweichungsbereiche von Alkalisilikaten	147
4.8.7	Reaktionen von Alkalisilikat-Lösungen mit - Säuren, - Basen, - Salzen, - amphoteren Metallen	147
4.8.8	Trocknung von Alkalisilikat-Filmen	148
4.8.9	Ausfrieren von Alkalisilikat-Lösungen	153
4.8.10	Spezifische Wärme, Wärmeleitfähigkeit	153
4.8.11	Chemische Beständigkeit von Alkalisilikaten	154
4.8.12	Zusammenfassung der Eigenschaften	157

## **Anwendung und Einsatzgebiete**

4.9	Anwendung und Einsatzgebiet	160
4.9.1	in der Industrie	161
4.9.2	als Binde- und Klebemittel	161
4.9.3	in Beschichtungs-Systemen	163
4.9.3.1	geeignete Qualitäten	163
4.9.3.2	Stabilisierung	168
4.9.4	Einflußfaktoren auf die Viskosität und Lagerstabilität von Dispersions-Silikat-Beschichtungs-Systemen	169
4.9.4.1	Vergleich von stabilisierten zu nicht stabilisierten Kaliumsilikat-Bindemitteln	169
4.9.4.2	Einfluß von Stabilisatoren	173
4.9.4.3	Einfluß von Viskositätsreglern	173
4.9.4.4	Einfluß von Verdickungsmitteln	181
4.9.4.5	Einfluß von Dispergiermitteln	183
4.9.4.6	Einfluß von Füllstoffen	190
4.9.4.7	Einfluß von Hydrophobierungsmitteln	191
4.9.5	Silikat-Bindemittel in Rahmenrezepturen	195
4.9.6	Auswirkung der Bindemittel-Anteile	195
4.9.6.1	Auswirkung des Alkalisilikat-Anteiles	195
4.9.6.2	Auswirkung des Dispersions-Anteiles	201
4.9.7	Bestimmung des organischen Anteiles	201
4.9.8	Wasseraufnahme und Wasserdampfdurchlässigkeit von Dispersions-Silikatfarben-Beschichtungen	210
4.9.9	Arbeitstechnische Besonderheiten, Eigenschaften applizierter Silikatbeschichtungen, Auswirkungen von Fluatierung und Grundierung	212
4.9.10	Einfluß der Substrate und weitere Einflußfaktoren	213
4.9.11	Schadensursachen und Schadensauswirkungen	215

## **Verordnungen und analytische Bestimmung**

4.10	Umgang mit Alkalisilikaten	216
4.10.1	Kennzeichnung von Alkalisilikat-Lösungen und -Hydrate	216
4.10.2	Kennzeichnung von Dispersions-Silikat-Beschichtungs-Systemen	216
4.11	Verordnungen	219
4.11.1	- Alkalisilikat-Lösungen im Abwasser	219
4.11.2	- Toxikologie und LD <sub>50</sub> - Werte	219
4.12	Analytische Bestimmung der Alkalisilikate	221
4.13	Literaturnachweis	222
	Richtrezepturen	226

<b>5</b>	<b>Polymerdispersionen als Bindemittel in Silikatsystemen</b>	<b>233</b>
5.1	Einleitung	233
5.2	Polymerdispersionen in Dispersions-Silikat-Systemen	233
5.2.1	Begriffsbestimmung	233
5.2.2	Aufbau und Unterschiede	234
5.2.3	Verfilmung	236
5.2.4	Einsatzzweck	237
5.2.5	Verseifungsbeständigkeit	238
5.2.6	Wasseraufnahme	240
5.2.7	Wechselwirkungen Dispersion-Wasserglas	243
5.2.8	Forderungen an eine optimale Dispersion	247
5.3	Das Dispersions-Silikat-System	249
5.3.1	Aufbau	249
5.3.2	Anteil Polymerdispersion	249
5.3.3	Reihenfolge Komponenten	259
5.3.4	Dispersions-Silikat-Putze	259
<b>6</b>	<b>Teil 1: Dispersions-Silikatfarben</b>	<b>262</b>
6.1	Einleitung	263
6.2	Experimentelles	265
6.3	Ergebnisse	269
6.3.1	Titandioxidpigmente	269
6.3.1.1	Lagerstabilität	269
6.3.1.2	Optische Eigenschaften	271
6.3.1.3	Wetterbeständigkeit	273
6.3.2	Eisenoxidpigmente	279
6.3.2.1	Lagerstabilität	279
6.3.2.2	Optische Eigenschaften	283
6.3.2.3	Wetterbeständigkeit	287
6.3.3	Chromoxid- und oxidische Mischphasenpigmente	291
6.3.4	Pigment + Füllstoff / Bindemittel-Verhältnis	294
6.3.5	Pigment/Füllstoff-Verhältnis	298
6.4	Zusammenfassung	302
	<b>Teil 2: Dispersions-Silikatputze</b>	<b>304</b>
6.5	Einleitung	304
6.6	Experimentelles	305
6.7	Ergebnisse	306
6.7.1	Titandioxidpigmente	306
6.7.1.1	Pigmentauswahl und Eigenfarbe der Füllstoffe	306
6.7.1.2	Pigmentierungshöhe und Eigenfarbe der Füllstoffe	308

6.7.2	Eisenoxid-, Chromoxid- und oxidische Mischphasenpigmente	310
6.7.2.1	Pigmentauswahl und Eigenfarbe der Füllstoffe	310
6.7.2.2	Pigmentierungshöhe und Eigenfarbe der Füllstoffe	312
6.7.3	Pigmentverarbeitung	317
6.7.4	Pigment + Füllstoff / Bindemittel-Verhältnis	317
6.8	Zusammenfassung	320

## **7 Geeignete Füllstoffe für Dispersions-Silikat-Systeme 323**

7.1	Einleitung	324
7.1.1	Füllstoffe Definition DIN und ISO	324
7.2	Füllstoffeigenschaften und ihr Einfluß auf Beschichtungen	325
7.3	Einteilung und Beschreibung der Füllstoffe	325
7.3.1	Nach chemischen Merkmalen	325
7.3.1.1	Carbonate	325
7.3.1.1.1	Kreide	325
7.3.1.1.2	Calcite (Kalkstein - Marmormehle)	328
7.3.1.1.3	Gefälltes Calciumcarbonat	330
7.3.1.1.4	Dolomit	331
7.3.1.2	Sulfate	331
7.3.1.2.1	Natürliches Bariumsulfat (Schwerspat)	331
7.3.1.2.2	Gefälltes Bariumsulfat (Blanc fixe)	332
7.3.1.3	Schichtsilikate	333
7.3.1.3.1	Talkum und Talk-Chlorit-Verwachsungen	333
7.3.1.3.2	Glimmer	337
7.3.1.3.3	Kaolin - China Clay	339
7.3.1.3.4	Calcinierter Kaolin	341
7.3.1.4	Schichtsilikat-Verwachsungen	341
7.3.1.5	Oxide	342
7.3.1.5.1	Quarzmehl	342
7.3.1.5.2	Cristobalit	343
7.3.1.6	Faserfüllstoffe	343
7.3.1.7	Organische Füllstoffe	344
7.3.2.	Nach strukturellen Merkmalen	344
7.3.2.1	Plättchenförmige Füllstoffe	344
7.3.2.2	Nadelförmige (fasrige) Füllstoffe	345
7.3.2.3	Nodulare (sphärische) Füllstoffe	345
7.3.2.4	Oberflächenbehandelte Füllstoffe	345
7.4	Anforderungen an einen Füllstoff zur Herstellung von Dispersions-Silikat-Systemen	346

7.4.1	Betrachtung der Eigenschaften der für die Herstellung von Dispersions-Silikat-Beschichtungen gebräuchliche Füllstoffe	346
7.4.1.1	Calcit	347
7.4.1.2	Dolomit	347
7.4.1.3	Bariumsulfat (Schwerspat)	347
7.4.1.4	Gefälltes Bariumsulfat (Blanc fixe)	347
7.4.1.5	Talkum	348
7.4.1.6	Glimmer	348
7.4.1.7	Kaolin - China Clay	348
7.4.1.8	Calcinierter Kaolin	348
7.4.1.9	Quarzmehl	348
7.4.1.10	Cristobalit	348
7.5	Einsatz der ausgewählten Füllstoffe im Hinblick auf die „optimale Packungsdichte“	348
7.5.1	Bedeutung der Packungsdichte und Ermittlung der optimalen Packungsdichte	349
7.5.2	Über die Viskosität	353
7.5.3	Über die Reißanfälligkeit	355
7.6	Zusammenhang zwischen optimaler Packungsdichte und KPVK	359
7.7	Dispersions-Silikat-Putz	359
7.7.1	Dispersions-Silikat-Trockenputz	361
7.8	Füllstoffe für bunte Dispersions-Silikat-Farben	361
7.8.1	Verwendung von oberflächenbehandelten Füllstoffen	362
7.8.2	Langzeitwitterungsergebnis einer roten Dispersions-Silikat-Farbe mit unterschiedlicher Füllstoffzusammensetzung	363
7.8.2.1	Vergleich der Langzeitwitterung mit dem Q-UV-Kurztest	363
7.8.3	Einfluß der Teilchenfeinheit	363
7.8.4	Einfluß des Chemismus	363
7.9	Kritische Anmerkung zu den Prüfmethoden auf Kreidungsverhalten	372
7.10	Reaktion verschiedener Füllstoffe mit Alkali-Silikat-Lösung	373
7.11	Formulierungsvorschläge für Dispersions-Silikat-Farben	374
<b>8</b>	<b>Dispergier- und Netzmittel in Silikatsystemen</b>	<b>378</b>
8.1	Definitionen	379
8.1.1	Grundbegriffe	379
8.1.2	Dispergiermittel / Netzmittel	379
8.1.3	Isoelektrischer Punkt	382
8.1.4	Zetapotential	383
8.1.4.1	Grundlagen	383



8.1.4.2	Bestimmung mit dem EKA	384
8.1.4.3	Messprinzip	384
8.1.4.4	Aussagen und Anwendungsgebiete	385
8.1.5	HLB-Wert	388
8.2	Wirkungsweise der Dispergiermittel	389
8.2.1	Qualitätskontrolle durch Tests	389
8.2.2	Mahlgutformulierungen	390
8.2.3	Erstellen einer Dispergiermittel-Bedarfskurve	390
8.3	Einsatzweise der Dispergiermittel	391
8.3.1	Theorie der Verflüssigung von Füllstoffen und Pigmenten	391
8.3.2	Dispergiermittel für die Herstellung von Suspensionen und Dispersions-Silikatfarbe	392
8.4	Rheologische Begriffe	396
8.4.1	Allgemein	396
8.4.2	Newtonsche Systeme	396
8.4.3	Nicht-Newtonsche Systeme	401
8.4.3.1	Strukturviskoses Verhalten	401
8.4.3.2	Dilatantes Fließverhalten	403
8.4.3.3	Plastisches Fließverhalten	404
8.4.3.4	Thixotropes Fließverhalten	404
8.4.3.5	Rheopexes Fließverhalten	405
8.4.4	Rheologische Modelle	405
8.4.5	Viskositätsmeßgeräte	406
8.5	Rub-out-Effekt	406
<b>9</b>	<b>Einfluß der Celluloseether in Silikatsystemen</b>	<b>408</b>
9.1	Einleitung und Problemstellung	409
9.2	Experimentelles	409
9.3	Ergebnisse und Diskussion	409
9.3.1	Celluloseether	410
9.3.2	Xanthan	414
9.3.3	Celluloseether und Xanthan in wässriger Lösung/Synergismen	415
9.3.4	Celluloseether und Xanthan in Silikatfarben	418
9.3.4.1	Farbenkonsistenz in Relation zum Molekulargewicht der Celluloseether	419
9.3.4.2	Gleitscherung und scheinbare Kohäsion, spezifische Phänomene bei Dispersions-Silikatfarben	420
9.3.4.3	Verdickungseffekte bei Herstellung und Lagerung	426
9.3.4.4	Farbenspritztest mit Dispersions-Silikatfarben	430
9.4	Resumé	435

<b>10</b>	<b>Rheologische Einstellung von Silikatfarben mit nichtionogenen PUR-Verdickungsmitteln</b>	<b>439</b>
10.1	Einleitung	439
10.1.1	Was versteht man unter rheologischen Hilfsmitteln?	439
10.1.2	Verarbeitungstechniken	439
10.1.3	Einfluß auf die Stabilität der Anstrichsysteme	440
10.2	Aufbau und Wirkungsweise des Verdickers	440
10.2.1	Lieferformen der PUR-Verdicker	440
10.2.2	Physikalisch-chemische Aspekte	442
10.2.3	Rheologisches Verhalten von PUR-Verdickern	447
10.3	Einarbeitung von PUR-Verdickern	448
10.3.1	Einarbeitung in das Dispergiertgut	448
10.3.2	Einbringen in die Fertigfarbe	448
10.3.3	Konfektionierung des Verdickers	448
10.4	Beispiel der Anwendung von PUR-Verdickern: Steuerung der Viskosität von Dispersions-Silikatfarben und Silikatfarben	448
10.4.1	Versuchsbedingungen und Definitionen	448
10.4.2	Diskussion der Ergebnisse	454
10.5	Zusammenfassung	458
<b>11</b>	<b>Wege zur Reduzierung der Wasseraufnahme von Dispersions-Silikatfarben</b>	<b>459</b>
11.1	Einleitung	459
11.2.	Messtechnik	460
11.2.1	Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit	460
11.2.1.1	Vergleich der Wet - Cup -/Dry - Cup - Methoden zur Bestimmung der Wasserdampfdiffusion	461
11.2.2	Messung der kapillaren Wasseraufnahme	462
11.3	Chemie der Hydrophobiermittel	464
11.3.1	Was ist Hydrophobie ?	465
11.3.2	Organische Verbindungen	467
11.3.3	Siliziumorganische Verbindungen (Silicone)	467
11.4	Interne und externe Hydrophobierung	469
11.4.1	Experimentelles	471
11.4.2	Diskussion der Messergebnisse	474
11.5	Zusammenfassung und Ausblick	474
<b>12</b>	<b>Cellulosefasern in Dispersions-Silikatsystemen</b>	<b>477</b>
12.1	Übersicht bauchemischer Produkte mit Cellulosefasern	477
12.2	Was ist Cellulose?	478

12.3	Herstellung von Cellulosefasern	480
12.4	Physikalische Eigenschaften von Cellulosefasern	481
12.5	Wirkungsweise von Cellulosefasern	482
12.6	Einarbeitung, Vorteile und Einsatzmenge	484
12.7	Cellulosefasern in Dispersions-Silikatfarben	485
12.8	Cellulosefasern in Dispersions-Silikatputzen	485

### **13 Einfluß der Entschäumer- und Entlüfterformulierung auf die Wirkung in wäßrigen Lacksystemen 486**

13.1	Schaumarten	487
13.1.1	Kugelschaum	487
13.1.2	Polyederschaum	489
13.2	Ursache für den Schaum	490
13.3	Physikalisch-chemische Einflußgrößen	491
13.3.1	Auftrieb	491
13.3.2	Viskosität	492
13.3.3	Oberflächensperrschicht	492
13.3.4	Benard'sche Zellen	493
13.3.5	Elektrostatische Stabilisierung	494
13.4	Aufbau von Entschäumern und Entlüftern	494
13.5	Chemie der Wirkstoffe	496
13.6	Wirkungsweise von Entschäumern/Entlüftern	498
13.6.1	Spreitung durch Unverträglichkeit	498
13.6.2	Tensidadsorption	500
13.6.3	Entnetzung	500
13.7	Nebenwirkungen der eingesetzten Inhaltsstoffe	500
13.8	Testmethoden	502
13.9	Einsatzgebiete	505
13.10	Zusammenfassung	507

### **14 Anwendung von Dispersions-Silikat-Farben und -Putzen 511**

14.1	Ästhetische Eigenschaften	512
14.1.1	Dispersions-Silikat-Farben	512
14.1.2	Dispersions-Silikat-Putze	512
14.1.3	Farbtonauswahl/Farbtonstabilität	517
14.1.4	Fleckenbildung	518
14.1.5	Ausblühneigung	518
14.1.6	Freibewitterungsverhalten, Kreidung, Verschmutzungsresistenz	518
14.1.7	Algen-/Pilzresistenz	518

14.1.8	Ästhetische Eigenschaften im Vergleich zu andern Bindemittelsystemen	519
14.2	Physikalische Eigenschaften	519
14.2.1	Fassadenfarben und Fassadenputze mit verschiedenen Bindemittelsystemen im objektiven Vergleich	519
14.2.2	Porosität	
	Betrachtung im Rasterelektronenmikroskop (REM)	520
14.3	Anwendungstechnische Eigenschaften	526
14.3.1	Verarbeitung	526
14.3.2	Untergründe, Untergrundvorbehandlung	526
14.3.3	Einsatzgebiete	527
14.3.4	Praxisobjekte in der Bewährung	527
14.4	Ökologische und physiologische Eigenschaften	530
14.4.1	Topfkonservierung	530
14.4.2	Lösemittel als Filmbildehilfsmittel	530
14.4.3	Brandverhalten	531
14.4.4	Produkt- und Gebindeentsorgung	534
14.4.5	Kennzeichnung nach Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)	534
14.4.6	Schlußbetrachtung	535
<b>15</b>	<b>Prüfmethoden zur Anwendung von Dispersions-Silikatsystemen</b>	<b>537</b>
15.1	Einleitung	537
15.2	Unbeschichtete, mineralische Untergründe	539
15.3	Untergründe mit Altanstrichen	542
<b>16</b>	<b>Mikrobielle Materialzerstörung</b>	<b>543</b>
16.1	Einleitung	543
16.2	Exemplarische Schadensbilder	543
16.3	Mikrobielle Materialzerstörung - Verursacher, Mechanismen, Promotoren	545
16.4	Gegenmaßnahmen	558
16.5	Zusammenfassung	562
16.6	Literaturnachweis	562
<b>17</b>	<b>Anhang</b>	<b>565</b>