

Schadenfreies Bauen

Herausgegeben von Günter Zimmermann

Band 11

Schäden an Außenmauerwerk aus Naturstein

Von

Dipl.-Geol. Martin Sauder

Dr. rer. nat. Renate Schloenbach

Mit 95 Abbildungen und 31 Tabellen

Inhaltsverzeichnis

Einleitung		17
1	Grundlagen	19
1.1	Naturstein	
1.2	Übersicht über Außenmauerwerk	20
1.2.1	Aufbau von Außenmauerwerk	21
1.2.2	Steinbearbeitung	24
1.3	Schadensaufnahme	25
1.3.1	Quellenstudium	26
1.3.2	Schadensaufnahme am Objekt	27
1.3.2.1	Kartierung	27
1.3.2.2	Schurfaufnahme	30
1.3.2.3	Zerstörungsfreie Erkundung	30
1.3.2.4	Erkundung des Mauerwerksaufbaus	34
1.3.2.5	Begleitende Untersuchung	34
1.3.2.6	Photographische, zeichnerische und textliche Aufnahme	35
1.4	Probenahme	36
1.4.1	Bohrungen	36
1.4.2	Weitere Materialproben	37
1.5	Untersuchungsverfahren	37
1.5.1	Allgemeine Gesteinskenndaten zur Klassifikation	40

1.5.2	Allgemeine physikalische Eigenschaften	42
1.5.2.1	Druckfestigkeit	42
1.5.2.2	Haftzugfestigkeit	42
1.5.2.3	Biegezugfestigkeit	43
1.5.2.4	Spaltzugfestigkeit	44
1.5.2.5	Abriebfestigkeit	45
1.5.2.6	Elastizitätsmodul	45
1.5.2.7	Ausbruch am Ankerdornloch	46
1.5.2.8	Thermische und hygrysche Längenänderung	47
1.5.2.9	Frost-Tau-Wechsel	48
1.5.2.10	Kristallisationsversuche	50
1.5.2.10.1	Kristallisationsversuch mit Natriumsulfat	50
1.5.2.10.2	Salzsprengtest	51
1.5.2.11	Verwitterungsbeständigkeit	52
1.5.2.12	Bestimmung der Dichte	52
1.5.3	Feuchtigkeitsbestimmung	55
1.5.3.1	Feuchtigkeitsgehalt	56
1.5.3.1.1	Darr-Methode	56
1.5.3.1.2	Messung von elektrischer Leitfähigkeit bzw. Widerstand	56
1.5.3.1.3	Calciumcarbid-Methode (CM-Verfahren)	57
1.5.3.1.4	Neutronen-Bremsverfahren	57
1.5.3.1.5	Karsten'sches Prüfröhrchen	57
1.5.3.2	Maximale Wasseraufnahme	58
1.5.3.3	Durchfeuchtungsgrad	59
1.5.3.4	Kapillare Wasseraufnahme	59
1.5.3.5	Hygroskopische Wasseraufnahme	60
1.5.3.6	Kondenswasser	61
1.5.3.7	Wärmeschutzberechnung	65
1.5.3.8	Wasserdampfdiffusion	67
1.5.4	Salzanalysen	68
1.5.4.1	Qualitative Salzbestimmung	69
1.5.4.1.1	Teststäbchen	69
1.5.4.1.2	Röntgenographische Phasenanalyse	69

1.5.4.1.3	Rasterelektronenmikroskopie (REM)	70
1.5.4.2	Quantitative Salzbestimmung	70
1.5.4.2.1	Atomabsorptionsspektroskopie (AAS)	70
1.5.4.2.2	Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)	70
1.5.4.2.3	ICP-Verfahren (Inductively Coupled Plasma)	71
1.5.5	Mikrobiologische Untersuchungen	71
1.5.6	Konservierungsversuche	72
1.5.6.1	Festigung	72
1.5.6.2	Hydrophobierung	73
1.5.7	Mörteluntersuchungen	73
1.5.7.1	Bindemittel	74
1.5.7.2	Zuschlag	76
1.5.7.3	Bindemittel/Zuschlag-Verhältnis	77
1.5.7.4	Sonstige Untersuchungen	77
1.5.8	Anstrichuntersuchungen	78
1.6	Sanierungsmethoden	79
1.6.1	Reinigung	79
1.6.2	Beseitigung von und Schutz vor Bewuchs	82
1.6.3	Farbentfernung	84
1.6.4	Steinaustausch	84
1.6.4.1	Ganze Quader oder Werkstücke	86
1.6.4.2	Platten	86
1.6.4.3	Vierungen	87
1.6.5	Steinergänzung	87
1.6.5.1	Restauriermörtel	87
1.6.5.2	Abformen	89
1.6.6	Verfugung	90
1.6.7	Verankerung	94

1.6.8	Trockenlegung	97
1.6.8.1	Horizontalisolierung	97
1.6.8.2	Vertikalisolierung	101
1.6.8.3	Innenabdichtung	103
1.6.8.4	Dränung	103
1.6.9	Entsalzung	105
1.6.10	Festigung	107
1.6.11	Hydrophobierung	111
1.6.12	Putz und Schlämme	113
1.6.12.1	Verarbeitung	113
1.6.12.2	Sanierputz	116
1.6.12.3	Festigung	118
1.6.12.4	Fixieren gelöster Putzflächen	118
1.6.13	Anstrich	119
1.6.14	Korrosionsschutz	121
1.6.15	Rißbehandlung	123
1.6.16	Statische Sicherung des Mauerwerks	124
1.6.16.1	Verpressen	125
1.6.16.2	Vernadelung	125
1.6.16.3	Verankerung	126
1.6.17	Metallabdeckung	126
1.6.18	Wärmedämmung	129
1.6.18.1	Außendämmung	129
1.6.18.2	Kerndämmung	132
1.6.18.3	Innendämmung	133
2	Schadensarten	135
2.1	Schäden an Naturstein	135

2.1.1	Bewuchs	135
2.1.2	Ablagerung von Taubenkot	138
2.1.3	Krustenbildung	142
2.1.4	Salzbildung	135
2.1.4.1	Schadensursache: aufsteigende Feuchtigkeit	147
2.1.4.2	Schadensursache: seitlich eindringende Feuchtigkeit	151
2.1.4.3	Schadensursache: Nutzung	153
2.1.4.4	Schadensursache: Tausalz	154
2.1.4.5	Schadensursache: Materialreaktion	155
2.1.5	Verfärbung	156
2.1.5.1	Schadensursache: handwerkliche Mängel beim Aufbringen von Konservierungsmitteln	156
2.1.5.2	Schadensursache: Durchfeuchtung	158
2.1.5.3	Schadensursache: Mobilisation von Mineralen	159
2.1.6	Schimmelbildung und/oder Feuchtflecken	162
2.1.6.1	Schadensursache: Kondensation	162
2.1.6.2	Schadensursache: konstruktiv	163
2.1.6.3	Schadensursache: hygroskopische Feuchtigkeit und Hydratation	164
2.1.7	Absanden	165
2.1.7.1	Schadensursache: Wasser	166
2.1.7.2	Schadensursache: Versalzung	167
2.1.7.3	Schadensursache: Behinderung der Wasserdampfdiffusion	168
2.1.7.4	Schadensursache: Winderosion	169
2.1.8	Reliefbildung	169
2.1.9	Schuppen	171
2.1.9.1	Schadensursache: Ablösung von Schalen	172
2.1.9.2	Schadensursache: Versalzung	173
2.1.10	Flächige Schalen	173
2.1.10.1	Schadensursache: salzinduzierte Volumenveränderung	174

2.1.10.2	Schadensursache: Frostsprengung	176
2.1.10.3	Schadensursache: Verdichtung der Oberfläche durch Festigung oder filmbildende Beschichtung	177
2.1.10.4	Schadensursache: Hinterwanderung von Hydrophobierungen mit Feuchtigkeit	179
2.1.10.5	Schadensursache: hygri sche Dehnung	180
2.1.10.6	Schadensursache: thermische Dehnung	182
2.1.10.7	Schadensursache: Steinbearbeitung	183
2.1.11	Kantenparallele Schalen	184
2.1.11.1	Schadensursache: hygri sche und thermische Längenänderung	185
2.1.11.2	Schadensursache: Bauwerksbewegungen	186
2.1.12	Aufblättern	187
2.1.13	Bröckeln	187
2.1.13.1	Schadensursache: Überlagerung mehrerer Schalen- und/oder Ri ßsysteme	188
2.1.13.2	Schadensursache: konstruktiv	189
2.1.14	Ausbruch	189
2.1.14.1	Schadensursache: mechanisch	190
2.1.14.2	Schadensursache: Kriegsschäden	190
2.1.15	Rostsprengung	191
2.1.16	Schichtparallele Risse	192
2.1.17	Steindurchschlagende Risse	193
2.1.17.1	Schadensursache: konstruktiv	193
2.1.17.2	Schadensursache: Treibmineralbildung	195
2.1.17.3	Schadensursache: Brand	196
2.1.18	Verformung von Mauerwerk	196
2.1.19	Hohlräume in Mauerwerk	197
2.1.20	Mangelhafter Austausch geschädigter Quader	198
2.1.21	Falsch eingesetzte Vierungen oder Platten	199
2.1.22	Fehlerhafte Restauriermörtelergänzungen	201

2.2	Schäden an Fugen	203
2.2.1	Mörtelrisse	203
2.2.1.1	Schadensursache: materialspezifisch	203
2.2.1.2	Schadensursache: handwerkliche Mängel	206
2.2.1.3	Schadensursache: konstruktiv	207
2.2.2	Absanden	207
2.2.2.1	Schadensursache: materialspezifisch	207
2.2.2.2	Schadensursache: handwerkliche Mängel	208
2.2.2.3	Schadensursache: Versalzung	209
2.2.2.4	Schadensursache: Feuchtigkeit	209
2.2.3	Rahmenartig vorstehender Fugenmörtel	210
2.2.4	Fehlstellen	210
2.2.5	Verformung von Fugenmaterial	211
2.3	Schäden an Putz und Schlämme	212
2.3.1	Ablösung	213
2.3.1.1	Schadensursache: handwerkliche Mängel	213
2.3.1.2	Schadensursache: materialspezifisch	214
2.3.1.3	Schadensursache: Feuchtigkeit	215
2.3.1.4	Schadensursache: Rostsprengung	216
2.3.2	Absanden	217
2.3.2.1	Schadensursache: Feuchtigkeit	217
2.3.2.2	Schadensursache: Salzbildung	217
2.3.2.3	Schadensursache: materialspezifisch	219
2.3.2.4	Schadensursache: Frost	220
2.3.3	Schwindrisse	221
2.3.4	Putzdurchschlagende Risse	222
2.3.4.1	Schadensursache: thermische Spannung	223
2.3.4.2	Schadensursache: mangelhafter Untergrund	224
2.3.4.3	Schadensursache: konstruktiv	225

2.3.5	Verfärbung	225
2.3.5.1	Schadensursache: Durchfeuchtung	225
2.3.5.2	Schadensursache: materialspezifisch	227
2.3.5.3	Schadensursache: Verunreinigung	228
2.4	Schäden an Anstrichen	229
2.4.1	Ablösung	229
2.4.1.1	Schadensursache: materialspezifisch	229
2.4.1.2	Schadensursache: handwerkliche Mängel	229
2.4.1.3	Schadensursache: Feuchtigkeit	231
2.4.1.4	Schadensursache: schadhafter Untergrund	232
2.4.1.5	Schadensursache: Salzbildung	232
2.4.2	Risse	233
2.4.2.1	Schadensursache: Risse im Untergrund	233
2.4.2.2	Schadensursache: thermische Längenänderung	233
2.4.2.3	Schadensursache: hygri-sche Längenänderung	234
2.4.3	Verfärbung	234
2.4.3.1	Schadensursache: Mobilisation von Mineralen	234
2.4.3.2	Schadensursache: handwerkliche Mängel	235
2.4.3.3	Schadensursache: materialspezifisch	236
2.4.3.4	Schadensursache: Feuchtigkeit	236
2.4.4	Abkreiden	237
2.4.5	Bewuchs	238
2.4.6	Salzausblühung	238
2.5	Schäden an Bauteilen	239
2.5.1	Sockel	239
2.5.2	Tür	240
2.5.3	Treppe	242
2.5.4	Fenster	243

2.5.5	Balkon	245
2.5.6	Dach	248
2.5.7	Vorgehängte Fassade bzw. Schale	250
2.5.8	Brückenbauwerke	253
2.5.9	Tunnel	254
3	Anhang	257
3.1	Normen und Richtlinien	257
3.2	Literaturverzeichnis	260
3.3	Register	271