

Dieser Text ist entnommen aus dem Fachbuch:



Rolf Snethlage, Michael Pfanner

## **Leitfaden Steinkonservierung**

Planung von Untersuchungen und Maßnahmen zur Erhaltung von  
Denkmälern aus Naturstein

4., überarb. und erw. Aufl.

2013, 347 S., zahlr., teilw. farb. Abb., Tab., Kartoniert

Fraunhofer IRB Verlag

ISBN (Print): 978-3-8167-8633-7

ISBN (E-Book): 978-3-8167-8819-5

Für weitere Informationen, für die Durchführung von Downloads  
oder zur Buchbestellung klicken Sie bitte hier:

[Snethlage/Pfanner, Leitfaden Steinkonservierung](#)

Fraunhofer IRB Verlag  
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Postfach 800469  
70504 Stuttgart

Telefon +49(0) 7 11 / 9 70 - 25 00

Telefax +49(0) 7 11 / 9 70 - 25 08

# Inhaltsübersicht

Detaillierte Inhaltsverzeichnisse finden Sie am Anfang eines jeden Kapitels mit einer Zuordnung der Maßnahmen und Untersuchungen in die Kategorien

\*\*\* unverzichtbare \*\* meist erforderliche \* optionale Untersuchung oder Maßnahme.

1	Erste Sitzung der Projektleitung . . . . .	13
2	Objektidentifikation . . . . .	27
3	Archivarbeiten . . . . .	35
4	Mauerwerk und Statik. . . . .	39
5	Hydrogeologie. . . . .	53
6	Bestandsaufnahme . . . . .	59
7	Zweite Sitzung der Projektleitung . . . . .	95
8	Klima- und Schadstoffmessungen . . . . .	99
9	Methoden und Laboruntersuchungen zur Konservierung . . . . .	109
10	Dritte Sitzung der Projektleitung . . . . .	193
11	Bearbeitung der Musterfläche . . . . .	199
12	Vierte Sitzung der Projektleitung . . . . .	251
13	Begleitung und Ausführung der Maßnahmen . . . . .	265
14	Fünfte Sitzung der Projektleitung . . . . .	277
15	Nachkontrolle, Monitoring und Wiederbehandlung . . . . .	281
16	Sonderverfahren Acrylharzvolltränkung (AVT). . . . .	297
17	Sechste Sitzung (Abschlusssitzung) der Projektleitung . . . . .	303
	Anhang . . . . .	309

# 1 Erste Sitzung der Projektleitung \*\*\*

<b>1.1</b>	<b>Zusammensetzung und Aufgaben der Projektleitung</b>	<b>***</b>	<b>15</b>
1.1.1	Einführung		15
1.1.2	Aufgaben der Projektleitung		15
1.1.3	Mitglieder der Projektleitung		16
1.1.3.1	Vorsitzender	***	16
1.1.3.2	Ständige Mitglieder	***	17
1.1.3.3	Wechselnde Mitglieder	**	17
1.1.3.4	Koordinator	***	18
1.1.3.5	Fachbeirat	***	18
1.1.4	Konkrete Vorschläge an die Projektleitung		18
1.1.4.1	Vorbereitung und Ablauf der Sitzungen		19
1.1.4.2	Ablauf des Vorhabens	***	19
1.1.5	Projektverfolgung	**	20
1.1.5.1	Netz-, Balken- und Geschwindigkeitsplan	**	20
1.1.5.2	Überwachung mit Hilfe des Geldflusses	***	23
1.1.5.3	Sicherstellen der Finanzierung	**	23
1.1.6	Dokumentation	*	23
<b>1.2</b>	<b>Inhalt und Ergebnisse der ersten Sitzung</b>	<b>***</b>	<b>23</b>
1.2.1	Allgemeine Zielvorgaben		23
1.2.2	Kriterien der Denkmalpflege	***	24
1.2.3	Praktische Beschlüsse: Koordinator, Projektant	***	24
1.2.4	Projektierung als gesonderter Auftrag	***	25
1.2.5	Erste Aufträge und Termine	***	26

\*\*\* unverzichtbare    \*\* meist erforderliche    \* optionale Untersuchung oder Maßnahme

---

## 2 Objektidentifikation

\*\*\*

2.1	Allgemeines		29
2.2	Pläne	***	29
2.3	Orientierungssystem	***	31
2.4	Projektarchiv	***	32

\*\*\* unverzichtbare \*\* meist erforderliche \* optionale Untersuchung oder Maßnahme

---

## 3 Archivarbeiten

\*\*\*

3.1	Allgemeines		37
3.2	Bau- und Nutzungsgeschichte	***	37
3.3	Herkunft der Baumaterialien	***	37
3.4	Frühere Restaurierungen	***	37
3.5	Zusammenfassung		38

\*\*\* unverzichtbare \*\* meist erforderliche \* optionale Untersuchung oder Maßnahme

<b>4</b>	<b>Mauerwerk und Statik</b>	*	
<b>4.1</b>	<b>Allgemeines</b>		<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>Stein und Statik: einige Grundregeln</b>		<b>41</b>
4.2.1	Stein und Druck		41
4.2.2	Stein und Dübel		42
4.2.3	Stein wie Stahlbeton		43
4.2.4	Steine im Mauerverband		45
<b>4.3</b>	<b>Konstruktives und verformungsgerechtes Aufmaß und Sondierungen</b>	*	<b>46</b>
<b>4.4</b>	<b>Erfassung der Lasten</b>	*	<b>47</b>
<b>4.5</b>	<b>Baugrund</b>	*	<b>47</b>
<b>4.6</b>	<b>Mauerkrone und Mauerfuß</b>		<b>47</b>
<b>4.7</b>	<b>Hinweise auf weitere Informationen</b>		<b>50</b>
<b>4.8</b>	<b>Zusammenfassung</b>		<b>51</b>

\*\*\* unverzichtbare    \*\* meist erforderliche    \* optionale Untersuchung oder Maßnahme

# 5 Hydrogeologie

\*\*\*

5.1	Allgemeines		55
5.2	Transportpfade für das Wasser im Boden	***	55
5.3	Salze im Boden	***	56
5.4	Hydrogeologische Messungen	***	56
5.5	Ziel der hydrogeologischen Untersuchungen		58

\*\*\* unverzichtbare \*\* meist erforderliche \* optionale Untersuchung oder Maßnahme

## 6 Bestandsaufnahme

<b>6.1</b>	<b>Beschreibung der Materialien</b>	<b>***</b>	<b>61</b>
6.1.1	Allgemeines		61
6.1.2	Beschreibung der Materialien und deren Kartierung	<b>***</b>	61
6.1.3	Ziele		61
<b>6.2</b>	<b>Bauforschung</b>	<b>*</b>	<b>62</b>
6.2.1	Allgemeines		62
6.2.2	Methoden von Aufmaß und Planerstellung	<b>*</b>	64
6.2.2.1	Verformungsgerechtes Handaufmaß	<b>*</b>	64
6.2.2.2	Photogrammetrie	<b>*</b>	65
6.2.2.3	3-D-Laservermessung	<b>*</b>	65
6.2.2.4	Schnittzeichnungen	<b>*</b>	66
6.2.3	Weitere Befunde: Inschriften, Steinmetzzeichen, Oberflächenbearbeitung, Farbspuren	<b>**</b>	70
6.2.4	Ziele: Baualtersplan, Klärung der Konstruktion und Versetztechnik	<b>**</b>	70
<b>6.3</b>	<b>Zustand der Materialien</b>	<b>***</b>	<b>71</b>
6.3.1	Allgemeine Anmerkungen		71
6.3.2	Kartierung der Natursteinschäden	<b>***</b>	73
6.3.3	Kartierung der Fugenschäden	<b>***</b>	80
6.3.4	Ziel der Schadenskartierungen		81
<b>6.4</b>	<b>Untersuchungen zur Schadensdiagnose</b>	<b>***</b>	<b>82</b>
6.4.1	Allgemeines		82
6.4.2	Warum ein Probendokumentationssystem?	<b>***</b>	82
6.4.3	Welche Untersuchungen sind erforderlich?		84
6.4.4	Kennwerte des Feuchtetransports	<b>***</b>	84
6.4.5	Messung der Mauerwerksfeuchte	<b>**</b>	84
6.4.6	Salzbestimmung	<b>**</b>	85
6.4.7	Sorptionsisotherme	<b>**</b>	87
6.4.8	Festigkeitsmessungen	<b>***</b>	87
6.4.9	Schmutzkrusten	<b>**</b>	89
6.4.10	Biologische Besiedlung	<b>*</b>	90
6.4.11	Frühere Konservierungen	<b>**</b>	91
6.4.12	Ziel des Auftrags: Zweite Schadensbewertung und Maßnahmenvorschlag	<b>***</b>	91

\*\*\* unverzichtbare    \*\* meist erforderliche    \* optionale Untersuchung oder Maßnahme



---

## 7 Zweite Sitzung der Projektleitung \*\*\*

7.1	Einbindung externer Experten	**	97
7.2	Stimmen die bisherigen Vorgaben noch?	***	97
7.3	Prüfung des Finanz- und des Zeitplans	***	98

## 8 Klima- und Schadstoffmessungen \*\*

<b>8.1</b>	<b>Allgemeines</b>		<b>101</b>
<b>8.2</b>	<b>Innenraummessungen</b>	**	<b>101</b>
8.2.1	Messparameter		102
8.2.2	Anordnung der Messfühler		102
8.2.3	Wahl der Messfühler		102
8.2.4	Wiedergabe und Auswertung		102
8.2.5	Sonderfälle		103
<b>8.3</b>	<b>Messungen des Außenklimas</b>	**	<b>103</b>
<b>8.4</b>	<b>Allgemeines über Schadstoffmessungen</b>		<b>104</b>
8.4.1	Deposition		104
8.4.2	Welche Luftschadstoffe sollen gemessen werden?		106
8.4.3	Dauer, Auswertung und Darstellung der Messungen		107
8.4.4	Welche Bedeutung haben Schadstoffmessungen für die praktische Konservierung?		107

\*\*\* unverzichtbare \*\* meist erforderliche \* optionale Untersuchung oder Maßnahme

# 9 Methoden und Laboruntersuchungen zur Konservierung \*\*\*

<b>9.1</b>	<b>Reinigung</b>	<b>***</b>	<b>113</b>
9.1.1	Warum soll gereinigt werden?		113
9.1.2	Laborversuche	**	114
9.1.3	Reinigungsmethoden	***	114
9.1.4	Ziel der Untersuchungen		120
<b>9.2</b>	<b>Festigung</b>	<b>***</b>	<b>120</b>
9.2.1	Allgemeines		120
9.2.2	Festigungsmittel		120
9.2.3	Ablauf des Untersuchungsprogramms		121
9.2.4	Der Anforderungskatalog	***	122
9.2.4.1	Visuelle Eigenschaften	***	123
9.2.4.2	w-Wert, B-Wert	***	123
9.2.4.3	Eindringtiefe $s$	***	124
9.2.4.4	Hygrische Dilatation $\alpha_{hy}$	**	124
9.2.4.5	Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl $\mu$	**	125
9.2.4.6	Festigkeits- und Verformungseigenschaften	***	125
9.2.5	Ziel der Untersuchungen		134
<b>9.3</b>	<b>Fugemörtel</b>	<b>***</b>	<b>134</b>
9.3.1	Allgemeines		134
9.3.2	Bestand und Analyse der Originalmörtel	**	135
9.3.3	Anpassung der Fugemörtel	***	135
9.3.4	Bindemittel	***	136
9.3.5	Struktur und Farbe, Sande (DIN 1053 und DIN 18550)	*	139
9.3.6	Untersuchungsprogramm	***	139
9.3.6.1	Probenpräparation	***	140
9.3.6.2	Erhärtungsschwinden	***	140
9.3.6.3	w-Wert, Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl $\mu$	***	141
9.3.6.4	Thermische ( $\alpha_{th}$ ) und hygrische ( $\alpha_{hy}$ ) Dehnung	***	141
9.3.6.5	Druckfestigkeit $\beta_D$ , Haftzugfestigkeit $\beta_{HZ}$ und E-Modul	***	141
9.3.7	Problemfälle	***	142
9.3.8	Ziel der Untersuchungen und prinzipielle Hinweise		142

\*\*\* unverzichtbare    \*\* meist erforderliche    \* optionale Untersuchung oder Maßnahme

<b>9.4</b>	<b>Steinersatzstoffe</b>	<b>***</b>	<b>143</b>
9.4.1	Allgemeines		143
9.4.2	Materialien	*	144
9.4.2.1	Zement und Kalk		144
9.4.2.2	Kieselgel-gebundene Massen		145
9.4.2.3	Acrylharze		145
9.4.2.4	Epoxidharze		145
9.4.2.5	Zuschlagstoffe		145
9.4.2.6	Pigmente		146
9.4.3	Untersuchungsprogramm	***	146
9.4.3.1	Probenpräparation	***	148
9.4.3.2	Grenzbedingungen für Spannung und Verformung im Verbundsystem Naturstein – Restauriermörtel. Ein Beispiel.	***	148
9.4.4	Ziel der Untersuchungen		152
<b>9.5</b>	<b>Schlämmen und Putze auf Naturstein</b>	<b>**</b>	<b>152</b>
9.5.1	Allgemeines		152
9.5.2	Spezialputze		153
9.5.3	Befund	**	154
9.5.4	Untersuchungsprogramm	**	154
9.5.4.1	Probenpräparation	**	155
9.5.4.2	Struktur und Farbe	**	155
9.5.4.3	Bindemittel	**	156
9.5.4.4	Kriterien für die Verträglichkeit Alt – Neu	**	157
9.5.4.5	Organische Zusätze	**	157
9.5.4.6	Porenraumeigenschaften	**	158
9.5.4.7	Festigkeitsmessungen	**	158
9.5.4.8	Hinweise zur Verarbeitung	**	159
9.5.5	Schlussfolgerungen		159
<b>9.6</b>	<b>Farbanstriche auf Stein</b>	<b>**</b>	<b>160</b>
9.6.1	Allgemeines		160
9.6.2	Farbsysteme		160
9.6.3	Befund	**	161
9.6.4	Chemische Analyse	**	162
9.6.5	Untersuchungsprogramm	**	163
9.6.5.1	Probenpräparation	**	164
9.6.5.2	w-Wert, s <sub>d</sub> -Wert, Künzel-Zahl	**	166
9.6.5.3	Trocknungsverhalten	**	167
9.6.5.4	Biologische Besiedlung	*	168
9.6.5.5	Absolute Farbmessung	*	168
9.6.6	Konservierung von Polychromie	**	168
9.6.7	Probleme der Dauerhaftigkeit	**	171
9.6.8	Kriterien der Denkmalpflege		172

<b>9.7</b>	<b>Hydrophobierung</b>		<b>173</b>
9.7.1	Allgemeines		173
9.7.2	Teilhydrophobierung		175
9.7.3	Wirkungsweise einer Hydrophobierung		175
9.7.4	Selektive Wirksamkeit, Unterschiede Sandstein – Kalkstein	***	176
9.7.6	Untersuchungsprogramm	***	179
9.7.6.1	Probenpräparation	***	180
9.7.6.2	Visuelle Eigenschaften	***	180
9.7.6.3	Eindringtiefe	***	180
9.7.6.4	w-Wert, B-Wert (DIN 52617; DIN EN 1925; EN 15801)	***	182
9.7.6.5	Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl $\mu$ (DIN 52615; EN 15803)	***	183
9.7.6.6	Hygrische Längenänderung $\alpha_{hy}$	**	183
9.7.6.7	Mikrobiologische Beständigkeit	**	184
9.7.7	Ziel der Untersuchungen		184
<b>9.8</b>	<b>Natursteinaustausch</b>	***	<b>184</b>
9.8.1	Allgemeines		184
9.8.2	Auswahl der Gesteine	***	185
9.8.3	Untersuchungsmethoden	**	186
<b>9.9</b>	<b>Mikrobiologische Prüfungen</b>	*	<b>187</b>
9.9.1	Allgemeines		187
9.9.2	Prüfempfehlungen der VDI Richtlinie 3798 (Auswahl)	*	189
<b>9.10</b>	<b>Abschließende Bemerkungen zu den Laboruntersuchungen</b>		<b>190</b>
9.10.1	Finanzieller Nutzen von Laboruntersuchungen		190
9.10.2	Begrenzung der Probenanzahl		190
9.10.3	Laboruntersuchungen erhöhen die Planungssicherheit		191
9.10.4	Zeitlicher Vorlauf		191
9.10.5	Wer kann Voruntersuchungen durchführen?		192

\*\*\* unverzichtbare    \*\* meist erforderliche    \* optionale Untersuchung oder Maßnahme

---

## 10 Dritte Sitzung der Projektleitung \*\*\*

10.1	Allgemeines		195
10.2	Festlegung der Musterfläche	***	195
10.3	Bestimmung der Materialien und Applikationsmethoden	***	195
10.4	Festlegung der Auswertungsmethoden	***	196
10.5	Überprüfung des Zeit- und Kostenplans	***	196
10.6	Zusatzauftrag: Konkreter Maßnahmenplan für ersten Bauabschnitt	*	197

# 11 Bearbeitung der Musterfläche \*\*\*

<b>11.1</b>	<b>Ausführung der Musterfläche</b>	<b>***</b>	<b>201</b>
11.1.1	Allgemeines		201
11.1.1.1	Zeitlicher Rahmen		201
11.1.1.2	Dokumentation – erste Hinweise		202
11.1.2	Reinigung	***	202
11.1.3	Natursteinaustausch	***	205
11.1.4	Entsalzung	**	207
11.1.5	Festigung	***	212
11.1.6	Fuge und Fugenmörtel	***	216
11.1.6.1	Rezepte, Handwerk und Optik		216
11.1.6.2	Fuge und Statik		218
11.1.7	Steinersatzstoffe	***	221
11.1.8	Schlämmen und Putze	**	225
11.1.9	Farbanstriche	**	226
11.1.10	Hydrophobierung	***	228
11.1.11	Konstruktiver Regenschutz	**	230
11.1.12	Prophylaktischer Schutz gegen Graffiti	*	233
<b>11.2</b>	<b>Auswertung der Musterfläche</b>	<b>***</b>	<b>234</b>
11.2.1	Allgemeines		234
11.2.2	Reinigung	***	235
11.2.3	Festigung	***	238
11.2.4	Fugenmörtel	***	240
11.2.5	Steinersatzstoffe	***	241
11.2.6	Schlämmen und Putze	**	242
11.2.7	Farbanstriche auf Naturstein	**	242
11.2.8	Hydrophobierung	***	243
11.2.9	Mikrobiologische Untersuchung	*	244
<b>11.3</b>	<b>Schlussbericht über die Musterfläche</b>	<b>***</b>	<b>245</b>
11.3.1	Bericht über die durchgeführten Untersuchungen	***	245
11.3.2	Ausarbeitung eines konkreten Maßnahmenplans	***	246
11.3.3	Vorschläge für die Nachkontrolle	***	249

\*\*\* unverzichtbare \*\* meist erforderliche \* optionale Untersuchung oder Maßnahme

## 12 Vierte Sitzung der Projektleitung \*\*\*

<b>12.1</b>	<b>Allgemeines</b>		<b>253</b>
<b>12.2</b>	<b>Bewertung der Musterfläche</b>	***	<b>253</b>
<b>12.3</b>	<b>Prüfung von Finanz- und Zeitplan</b>	***	<b>254</b>
<b>12.4</b>	<b>Leistungsverzeichnis (LV)</b>	***	<b>254</b>
12.4.1	Probe- oder Musterfläche?		255
12.4.2	Produkte und Materialien		255
12.4.3	Gewährleistung		256
12.4.4	Vortexte		257
12.4.5	Leistungs- oder Funktionsanforderung?		257
12.4.6	Prüfpflicht		258
12.4.7	Mengeneinheiten		258
12.4.8	Ausgewählte Beispiele für Mengen und Flächen bei der Kalkulation		261
<b>12.5</b>	<b>Ausschreibung: VOB Teil A und B</b>	***	<b>262</b>

\*\*\* unverzichtbare \*\* meist erforderliche \* optionale Untersuchung oder Maßnahme



# 13 Begleitung und Ausführung der Maßnahmen

\*\*\*

<b>13.1</b>	<b>Begleitung der Maßnahmen</b>	<b>***</b>	<b>267</b>
13.1.1	Allgemeines		267
13.1.2	Vergabe der Aufträge: Restaurierungsfirma mit/ohne Begleitung durch Projektanten	***	267
13.1.3	Fachfirmen und mögliche Zwischenuntersuchungen	***	268
13.1.4	Hinweise zur Ausführung	***	268
13.1.5	Zeitplan	***	269
<b>13.2</b>	<b>Ausführung der Maßnahmen</b>	<b>***</b>	<b>269</b>
13.2.1	Reinigung	**	269
13.2.2	Festigung	**	270
13.2.3	Fugeninstandsetzung	**	270
13.2.4	Steinergänzung mit Steinersatzstoffen und mit Naturstein	**	271
13.2.5	Schlämmen und Putze	**	271
13.2.6	Farbanstriche auf Naturstein	**	272
13.2.7	Hydrophobierung	**	272
13.2.8	Arbeitsbericht	***	273
13.2.9	Dokumentation in HERICARE und MONUDOC	***	275

\*\*\* unverzichtbare    \*\* meist erforderliche    \* optionale Untersuchung oder Maßnahme

---

## 14 Fünfte Sitzung der Projektleitung

14.1	Abnahme der Leistungen (VOB Teil B)	***	279
14.2	Kontrolle von Kosten- und Zeitplan	***	280
14.3	Programm für die Nachuntersuchungen	**	280
14.4	Wartungsverträge	*	280

\*\*\* unverzichtbare \*\* meist erforderliche \* optionale Untersuchung oder Maßnahme

---

# 15 Nachkontrolle, Monitoring und Wiederbehandlung

\*\*

15.1	<b>Allgemeines</b>		<b>283</b>
15.2	<b>Messprogramm für die Nachuntersuchung</b>	**	<b>283</b>
15.3	<b>Auswertung für das Messprogramm/Nachkontrolle</b>	**	<b>284</b>
15.4	<b>Dokumentation der Nachkontrolle</b>	**	<b>284</b>
15.5	<b>Monitoring</b>	**	<b>285</b>
15.5.1	Systematik des Langzeitmonitoring		286
15.5.2	Untersuchungsmethoden für das Naturstein-Monitoring		286
15.6	<b>Empfehlungen für Untersuchungsschritte bei der Wiederbehandlung</b>		<b>288</b>
15.7	<b>Zeitplan für Monitoring und Wiederbehandlung</b>		<b>295</b>

\*\*\* unverzichtbare    \*\* meist erforderliche    \* optionale Untersuchung oder Maßnahme

---

## 16 Sonderverfahren Acrylharzvolltränkung (AVT) \*

16.1	Allgemeines und Entscheidungskriterien	*	299
16.2	Beschreibung der AVT		299
16.3	Begleitmaßnahmen	*	300
16.4	Risiken		300
16.5	Weitere Anmerkungen		300

\*\*\* unverzichtbare \*\* meist erforderliche \* optionale Untersuchung oder Maßnahme

---

# 17 Sechste Sitzung (Abschlusssitzung) der Projektleitung

\*\*\*

17.1	Abnahme der Leistungen	***	305
17.2	Objektarchiv	***	305
17.3	Ausblick		306

\*\*\* unverzichtbare \*\* meist erforderliche \* optionale Untersuchung oder Maßnahme

---

# Anhang

<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>311</b>
<b>Ausgewählte DIN-Normen</b>	<b>329</b>
Bereits als DIN EN-Normen vorliegende Normen	333
Als Eurocode 6 zusammengefasste vorliegende Normen (Auswahl mit jeweiligem nationalem Anhang)	338
Internationale Normen	338
Inzwischen zurückgezogene Normen	340
<b>Ausgewählte Arbeitsblätter des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege</b>	<b>341</b>
<b>Ausgewählte WTA-Merkblätter</b>	<b>342</b>
<b>Sachregister</b>	<b>344</b>

