

---

Michael Stahr  
Herausgeber

# Sanierung von Natursteinen

Erfassen - Sanieren - Recht

Mit 388 Bildern und 34 Tabellen

 Springer Vieweg

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Naturstein – Baustein seit Jahrhunderten</b> . . . . .	<b>1</b>
	Michael Stahr	
1.1	Historischer Abriss . . . . .	1
1.2	Definition – Einflüsse . . . . .	5
1.3	Entstehung – Arten – Eigenschaften . . . . .	6
1.3.1	Mineralien . . . . .	6
1.3.2	Gesteine . . . . .	8
1.3.2.1	Magmatische Gesteine (Magmatite) . . . . .	9
1.3.2.2	Ablagerungs- oder Sedimentgesteine . . . . .	10
1.3.2.3	Umwandlungs- oder methamorphe Gesteine (Metamorphite) . . . . .	14
1.3.3	Zusammenfassende Übersicht . . . . .	16
	Literatur . . . . .	19
<b>2</b>	<b>Schadensursache - Schadensbilder - Schadensdokumentation</b> . . . . .	<b>21</b>
	Michael Stahr	
2.1	Natursteinverwitterung . . . . .	21
2.1.1	Verwitterungsvorgänge . . . . .	21
2.1.2	Ursachen der Natursteinverwitterung . . . . .	25
2.1.2.1	Verwitterungsarten . . . . .	25
2.1.2.2	Verwitterungsschäden an historischen Bauwerken . . . . .	25
2.1.2.3	Verwitterungsformen . . . . .	29
2.2	Schadensursachen . . . . .	33
2.2.1	Erscheinungsformen . . . . .	33
2.2.2	Ursachen der Natursteinschädigung . . . . .	36
2.2.3	Auswirkungen verschiedener Schadenseinflüsse . . . . .	41
2.3	Schadensbilder . . . . .	42
2.3.1	Schadensrelevante Gesteinseigenschaften . . . . .	42
2.3.2	Physikalische Eigenschaften . . . . .	44
2.3.3	Schäden – Ursachen – Vermeidung . . . . .	46
2.3.4	Gesteinsfehler . . . . .	49

2.3.5	Verfärbungen und Ausblühungen . . . . .	52
2.3.6	Schadensbilder an der Werkstoffoberfläche . . . . .	57
2.4	Schadensdokumentation . . . . .	59
2.4.1	Bestandsaufnahme . . . . .	59
2.4.2	Arbeitsbereiche der Bestandserfassung und Bewertung . . . . .	63
2.4.3	Kulturhistorische baugeschichtliche Aufnahme . . . . .	64
2.4.4	Checklisten zur Bestandserfassung . . . . .	66
2.4.5	Bestandsaufnahmeprotokoll . . . . .	68
	Literatur . . . . .	69
<b>3</b>	<b>Gewinnung - Abbau - Bearbeitung . . . . .</b>	<b>71</b>
	Michael Stahr	
3.1	Gewinnung und Abbau . . . . .	71
3.1.1	Bedeutung und Wirkung . . . . .	71
3.1.2	Von den Anfängen bis zur Gegenwart . . . . .	71
3.1.3	Beteiligte und Einflussfaktoren . . . . .	77
3.1.4	Erschließung und Erweiterung historisch genutzter Lagerstätten . . . . .	78
3.1.5	Aufschluss und Gewinnung . . . . .	84
3.1.5.1	Einflussfaktoren . . . . .	84
3.1.5.2	Voraussetzungen . . . . .	84
3.1.5.3	Geologische Erkundungen . . . . .	85
3.1.5.4	Abbaumethoden . . . . .	87
3.1.6	Rekultivierung . . . . .	92
3.2	Bearbeitung . . . . .	94
3.2.1	Qualitätsmerkmale . . . . .	94
3.2.2	Bearbeitung der Rohblöcke . . . . .	96
3.2.3	Steinmetzmäßige Bearbeitung . . . . .	96
3.2.4	Industrielle Bearbeitung . . . . .	96
3.2.4.1	Zuschneiden . . . . .	98
3.2.4.2	Schleifen und Polieren . . . . .	103
3.2.4.3	Flammen und Strahlen . . . . .	104
3.3	Ergebnis . . . . .	105
	Literatur . . . . .	106
<b>4</b>	<b>Natursteinerhaltungsmaßnahmen . . . . .</b>	<b>109</b>
	Michael Stahr	
4.1	Planung – Analyse – Lösung . . . . .	109
4.1.1	Erfolgsfaktor – Planung . . . . .	109
4.1.2	Konstruktive Vorbereitung . . . . .	110
4.1.3	Abfolge möglicher baulicher Maßnahmen . . . . .	112
4.1.4	Ablaufplanung einer Restaurierungsmaßnahme . . . . .	115

4.1.5	Begriffe – Abgrenzung	116
4.2	Renovierung – Reinigung	117
4.2.1	Reinigungsgrundsätze	117
4.2.2	Reinigungsverfahren	118
4.2.3	Untergrundschonende Reinigung	120
4.2.4	Trockene Verfahren	121
4.2.5	Nasse Verfahren	121
4.2.6	Reinigen mit Säuren und Laugen	122
4.2.7	Entsalzen von Naturstein	124
4.2.8	Laserreinigung	125
4.3	Farbbeschichtungen auf Natursteinen	128
4.3.1	Historische und konstruktive Vorüberlegungen	128
4.3.2	Anstriche	129
4.4	Konservierungsmaßnahmen	130
4.4.1	Konstruktive Vorüberlegungen	130
4.4.2	Natursteinkonservierung	131
4.4.2.1	Auswirkungen – Aufgaben	131
4.4.2.2	Quellminderung	133
4.4.2.3	Festiger	135
4.4.2.4	Hydrophobierende Imprägnierungen	135
4.5	Handwerklich konstruktive Maßnahmen	141
4.5.1	Natursteinbearbeitung	141
4.5.2	Werkzeuge	144
4.5.3	Steinfestigung	148
4.5.3.1	Klassische Verfahren	148
4.5.3.2	Arbeitsgänge	153
4.5.3.3	Tiefenfestigung	153
4.5.3.4	Steinfestigung aus einem Material (KSE)	154
4.5.4	Steinergänzung – Steinersatz – Steinaustausch	155
4.5.4.1	Steinergänzung	155
4.5.4.2	Steinersatz	155
4.5.4.3	Steinaustausch	161
4.6	Verfugung	163
4.6.1	Konstruktive und werkstoffliche Grundsätze	163
4.6.2	Fugenausbildung	163
4.6.3	Fugenbreite	164
4.6.4	Austrocknungszeiten	164
4.6.5	Fugmörtel	165
4.7	Einhausungen	169
4.7.1	Einhausung – eine wichtige Erhaltungsmaßnahme	169
4.7.2	Arbeitsablauf einer Einhausung	174
	Literatur	177

<b>5</b>	<b>Vorbereitung und Ausführung von Natursteinarbeiten</b> . . . . .	179
	Michael Stahr	
5.1	Restauratorische Planungen . . . . .	179
5.1.1	Ziel und Aufwand . . . . .	179
5.1.2	Bereiche und Methoden restauratorischer Bauplanung . . . . .	179
5.1.2.1	Restauratorische Laboruntersuchungen . . . . .	179
5.1.2.2	Schadens- und Maßnahmenkartierung . . . . .	180
5.1.2.3	Verformungsgerechtes Aufmaß . . . . .	180
5.1.2.4	Photogrammetrie und 3D-Laserscanning . . . . .	182
5.1.2.5	Farbfassungsuntersuchungen . . . . .	183
5.1.3	Dokumentation . . . . .	183
5.2	Konservierungs- und Restaurierungskonzeption . . . . .	186
5.2.1	Maßnahmenkatalog . . . . .	186
5.2.2	Musterleistungsverzeichnis . . . . .	190
	Literatur . . . . .	190
<b>6</b>	<b>Sanierungsmaßnahmen</b> . . . . .	191
	Michael Stahr	
6.1	Sanieren mit Natursteinen . . . . .	191
6.1.1	Konstruktive Vorbemerkungen . . . . .	191
6.1.2	Steinmetzmäßige Bearbeitung . . . . .	193
6.2	Sanierung konstruktiver Bauglieder . . . . .	204
6.2.1	Natursteinmauerwerk . . . . .	204
6.2.1.1	Grundlagen des Bauens mit Naturstein . . . . .	204
6.2.1.2	Verarbeitungsregeln . . . . .	206
6.2.1.3	Arten des Natursteinmauerwerks . . . . .	210
6.2.1.4	Besonderheiten bei Konstruktion, Verarbeitung und Pflege von Natursteinmauerwerk . . . . .	216
6.2.2	Werksteine . . . . .	219
6.3	Sanierung ausgewählter Natursteinbauten . . . . .	226
6.3.1	Sanierung der Natursteinfassade . . . . .	226
6.3.1.1	Steinmetzmäßiges Vorgehen . . . . .	226
6.3.1.2	Plattenstärke und Plattenverankerung . . . . .	228
6.3.1.3	Fugengestaltung . . . . .	231
6.3.1.4	Arbeitsabläufe beim Setzen einer Natursteinplatte . . . . .	232
6.3.2	Bodenbeläge . . . . .	232
6.3.2.1	Verlegeverfahren . . . . .	232
6.3.2.2	Naturwerksteinbeläge im Innenbereich . . . . .	241
6.3.3	Treppen mit Natursteinbelägen . . . . .	246
6.3.3.1	Treppenstufen . . . . .	246
6.3.3.2	Rutschsicherheit auf Treppen . . . . .	248
6.3.3.3	Treppenkonstruktionen mit Natursteinbelägen . . . . .	250

6.3.4	Fensterbänke . . . . .	250
6.3.4.1	Vorüberlegungen zur Sanierung . . . . .	250
6.3.4.2	Sanierungsbeispiel Fensterbank . . . . .	251
6.3.5	Schmuck- und Dekorationssteine . . . . .	255
6.3.6	Pflaster- und Wegesteine . . . . .	256
6.3.6.1	Arten . . . . .	256
6.3.6.2	Anforderungen . . . . .	258
6.3.6.3	Konstruktionsprinzipien . . . . .	259
6.3.7	Begrenzungs- und Markierungssteine . . . . .	264
6.3.8	Dach- und Wandschiefer . . . . .	265
6.4	Gartengestaltung . . . . .	266
6.5	Grabdenkmale . . . . .	269
6.6	Brandschutz an Natursteinbauten . . . . .	276
	Literatur . . . . .	279
<b>7</b>	<b>Sanierungsbeispiele an ausgewählten Bauwerken . . . . .</b>	<b>281</b>
	Michael Stahr und Klaus-Michael Rohrwacher	
7.1	Historische Natursteinbauwerke . . . . .	281
7.1.1	Rathaus – Wesel/Niederrhein . . . . .	281
7.1.2	Peterskirche Leipzig . . . . .	282
7.1.3	Waldschlösschen Dresden . . . . .	285
7.1.4	Das Völkerschlachtdenkmal zu Leipzig – eine Meisterleistung der Sanierung . . . . .	289
7.1.4.1	Historische Betrachtung . . . . .	289
7.1.4.2	Naturstein und Beton – Eine außergewöhnliche Verbin- dung . . . . .	293
7.1.4.3	Beton – Stampfbeton – Eisenbeton . . . . .	294
7.1.4.4	Beton am Denkmal – Eine bautechnische Pionierleistung . . . . .	297
7.1.4.5	Granitporphyr – vorherrschender Naturbaustein am Denkmal . . . . .	301
7.1.4.6	Schadenserscheinungen – Ursachen – Folgen . . . . .	302
7.1.4.7	Die Sanierung – eine monumentale Aufgabe . . . . .	305
7.1.4.8	Sanierung der Reiterkuppel – ein ausgewähltes Sanie- rungsbeispiel . . . . .	307
7.1.5	Stiftskirche Gernrode/Harz – Heiliges Grab . . . . .	311

7.2	Moderne Natursteinbauwerke und Sanierungsmaßnahmen . . . . .	317
7.2.1	Katholischen Probsteikirche St. Trinitatis Leipzig . . . . .	317
7.2.2	Natursteinfassade – Wärmeschutztechnische Verbesserung . . . . .	318
7.2.3	Oberflächengestaltung . . . . .	320
7.2.3.1	Wärmedämmungsverbesserung durch Putz . . . . .	320
	Literatur . . . . .	323
<b>8</b>	<b>Entwicklung der Berufe – Traditionspflege . . . . .</b>	<b>325</b>
	Michael Stahr	
8.1	Begriff – Beruf – Arbeitsbedingungen . . . . .	325
8.1.1	Begriff . . . . .	325
8.1.2	Beruf . . . . .	325
8.1.3	Arbeitsbedingungen . . . . .	326
8.1.3.1	Die Anfänge 15.–19. Jahrhundert . . . . .	326
8.1.3.2	Um 2015 . . . . .	334
8.2	Historische Entwicklung . . . . .	335
8.2.1	Urgeschichte . . . . .	335
8.2.2	Ägypten . . . . .	336
8.2.3	Griechenland . . . . .	339
8.2.4	Rom . . . . .	340
8.2.5	Romanik (800–1230) . . . . .	342
8.2.6	Gotik (1135–1520) . . . . .	343
8.2.7	Renaissance (1420 bis 1570) . . . . .	345
8.2.8	Barock (1570–1730) . . . . .	346
8.2.9	Rokoko (1723–1770) . . . . .	347
8.2.10	Klassizismus (1770–1840) . . . . .	348
8.2.11	Historismus (1840–1910) . . . . .	350
8.2.12	Jugendstil (1890–1910) . . . . .	352
8.2.13	20. Jahrhundert . . . . .	352
8.2.14	Heutige Tätigkeitsfelder . . . . .	354
8.3	Berufsausbildung – Weiterbildung . . . . .	364
8.3.1	Lehrlingsausbildung . . . . .	364
8.3.2	Meisterausbildung . . . . .	369
8.3.3	Fort- und Weiterbildung . . . . .	369
	Literatur . . . . .	371
<b>9</b>	<b>Rechtliche Grundlagen . . . . .</b>	<b>373</b>
	Klaus-Peter Radermacher	
9.1	Der Bauvertrag . . . . .	377
9.1.1	Vertragsschluss . . . . .	378
9.1.2	Schweigen im kaufmännischen Rechtsverkehr . . . . .	379
9.1.3	Regelungen im Werkvertrag . . . . .	381

9.1.4	Allgemeine Geschäftsbedingungen (AGB) . . . . .	381
9.2	Die Bauabwicklung . . . . .	384
9.2.1	Untersuchungs- und Rügepflicht . . . . .	384
9.2.2	Bedenken- und Hinweispflicht . . . . .	386
9.2.3	Der Schutz der Leistung/Gefahrtragung . . . . .	389
9.2.4	Dokumentation . . . . .	391
9.3	Vergütung/Nachträge . . . . .	394
9.3.1	Vergütungsformen . . . . .	394
9.3.2	Nachträge (Mehrvergütungsansprüche) . . . . .	396
9.3.2.1	§ 2 Abs. 7 VOB/B . . . . .	397
9.3.2.2	§ 2 Abs. 5 VOB/B . . . . .	398
9.3.2.3	§ 2 Abs. 6 VOB/B . . . . .	404
9.3.2.4	§ 2 Abs. 8 VOB/B . . . . .	405
9.3.2.5	§ 2 Abs. 9 VOB/B . . . . .	406
9.3.2.6	§ 2 Abs. 3 VOB/B . . . . .	407
9.4	Behinderung bei der Leistungserbringung . . . . .	408
9.4.1	Anforderungen der Rechtsprechung an die Darlegung von Baubehinderungen und ihre Folgen . . . . .	408
9.4.2	Folgerungen für den Umgang mit Behinderungsnachverhalten . . . . .	411
9.4.3	Rechtsfolgen (Bauzeitverlängerung und Schadensersatz/Mehrvergütung/Entschädigung) . . . . .	412
9.4.4	Weitere Anspruchsgrundlagen . . . . .	413
9.4.5	Weitere behinderungsbedingte Rechtsfolgen . . . . .	414
9.5	Abnahme . . . . .	414
9.5.1	Allgemeiner Überblick . . . . .	415
9.5.2	Vorbehalte des Auftraggebers . . . . .	416
9.5.2.1	Vorbehalt der Vertragsstrafe . . . . .	416
9.5.2.2	Vorbehalte bekannter Mängel . . . . .	417
9.5.3	Beispielsfälle . . . . .	417
9.5.4	Sonderfall: Schäden/Gefahrtragung vor Abnahme . . . . .	419
9.5.5	Abnahmeformen . . . . .	421
9.5.6	Teilabnahmen . . . . .	422
9.6	Abrechnung und Zahlung . . . . .	423
9.6.1	Prüfbarkeit der Rechnung . . . . .	423
9.6.2	Abschlagszahlungen . . . . .	424
9.6.3	Schlussrechnung . . . . .	428
9.6.4	Folgen verspäteter Zahlungen . . . . .	430
9.6.5	Verjährung von Vergütungsansprüchen . . . . .	431
9.7	Mängelansprüche . . . . .	432
9.7.1	Entscheidende Schaltstelle: Abnahme . . . . .	432
9.7.2	Mangeldefinition . . . . .	433
9.7.3	Rechte des Bestellers bei Mängeln . . . . .	438



9.7.4	Unverhältnismäßigkeit der Mangelbeseitigung . . . . .	439
9.7.5	Keine sogenannten „versteckten Mängel“ . . . . .	440
9.7.6	Mangelbeseitigung nach Verjährung . . . . .	440
9.7.7	Mangelbeseitigungsaufforderung . . . . .	441
9.7.8	Unberechtigte Mängelrüge . . . . .	441
9.7.9	Ersatzvornahme . . . . .	442
9.7.10	Verjährungsfragen . . . . .	443
9.8	Sicherheiten . . . . .	445
9.8.1	Gesetzlich geregelte Sicherheiten . . . . .	446
9.8.1.1	Bauhandwerkersicherungshypothek . . . . .	446
9.8.1.2	Bauhandwerkersicherung, Sicherheit nach § 648a BGB . . . . .	447
9.8.2	Vertragliche Sicherheiten . . . . .	449
9.8.2.1	Vorauszahlungssicherheit . . . . .	449
9.8.2.2	Vertragserfüllungssicherheit . . . . .	450
9.8.2.3	Mängelanspruchssicherheit . . . . .	451
9.8.2.4	Einzahlung auf ein Sperrkonto, § 17 Abs. 6 VOB/B . . . . .	451
9.9	Bauproduktenrecht . . . . .	452
9.9.1	Bauproduktenrechtliche Grundlagen . . . . .	452
9.9.2	CE-Zeichen . . . . .	454
9.9.3	Folgerung: Pflicht zur CE-Kennzeichnung . . . . .	455
9.9.4	Verwenden von Bauprodukten nach den Landesbauordnungen – Ü-Zeichen . . . . .	455
9.9.5	Rechtsfolgen fehlender CE-Kennzeichnung/ Leistungserklärung . . . . .	457
9.9.5.1	Strafrecht/Ordnungswidrigkeiten . . . . .	457
9.9.5.2	Zivilrecht . . . . .	457
9.9.5.3	Marktüberwachung . . . . .	458
9.10	Vertragsbeendigung . . . . .	459
9.10.1	Kündigung durch den Auftraggeber . . . . .	459
9.10.1.1	Freie Kündigung . . . . .	459
9.10.1.2	§ 8 Abs. 2 VOB/B – Insolvenzkündigung . . . . .	460
9.10.1.3	Auftragsentziehung nach § 8 Abs. 3 VOB/B . . . . .	461
9.10.1.4	Unterbrechung von mehr als drei Monaten . . . . .	462
9.10.1.5	Fristlose Kündigung aus wichtigem Grund . . . . .	462
9.10.2	Vertragsbeendigung durch den Auftragnehmer . . . . .	463
9.10.2.1	Unterlassene Mitwirkungshandlung des Auftraggebers . . . . .	463
9.10.2.2	Kündigung wegen ausbleibender Zahlungen . . . . .	464
9.10.2.3	Unterbrechung von mehr als drei Monaten . . . . .	464
9.10.2.4	Kündigung wegen fehlender Bauhandwerkersicherung . . . . .	464
9.10.2.5	Fristlose Kündigung aus wichtigem Grund . . . . .	464

- 9.10.3 Einvernehmliche Vertragsaufhebung . . . . . 465
- 9.11 Vergaberecht . . . . . 465
  - 9.11.1 Leitprinzipien . . . . . 465
  - 9.11.2 Schwellenwerte . . . . . 466
  - 9.11.3 Vergabe unterhalb der Schwellenwerte . . . . . 466
    - 9.11.3.1 Ausschreibungsarten . . . . . 466
    - 9.11.3.2 Ablauf der Vergabe . . . . . 467
    - 9.11.3.3 Rechtsschutzmöglichkeiten bei „Unterschwellenvergaben“ . . . . . 470
  - 9.11.4 Vergabe oberhalb der Schwellenwerte . . . . . 471
- 9.12 Architektenrecht . . . . . 472
  - 9.12.1 Grundlage: BGB . . . . . 473
  - 9.12.2 Preisrecht (HOAI) . . . . . 473
    - 9.12.2.1 Leistungsphasen . . . . . 473
    - 9.12.2.2 Leistungsarten . . . . . 475
    - 9.12.2.3 Abrechnungssystematik . . . . . 475
- 9.13 Öffentliches Baurecht . . . . . 477
  - 9.13.1 Überblick: Rechtsgrundlagen/Bauplanungsrecht-Bauordnungsrecht . . . . . 477
  - 9.13.2 Baugenehmigungsverfahren . . . . . 478
- 9.14 Möglichkeiten der Anspruchsdurchsetzung bzw. Anspruchsabwehr . . . 480
  - 9.14.1 Prozessuale Möglichkeiten . . . . . 481
  - 9.14.2 Selbständiges Beweisverfahren . . . . . 485
  - 9.14.3 Einstweiliges Verfügungsverfahren . . . . . 486
  - 9.14.4 Schiedsgerichtliches Verfahren . . . . . 486
  - 9.14.5 Mediation . . . . . 487
  - Literatur . . . . . 487
- 10 Fachbegriffe Natursteine . . . . . 489**
  - Michael Stahr und Klaus-Michael Rohrwacher
  - 10.1 A . . . . . 489
  - 10.2 B . . . . . 495
  - 10.3 C . . . . . 500
  - 10.4 D . . . . . 501
  - 10.5 E . . . . . 502
  - 10.6 F . . . . . 503
  - 10.7 G . . . . . 505
  - 10.8 H . . . . . 509
  - 10.9 I . . . . . 509
  - 10.10 K . . . . . 510
  - 10.11 L . . . . . 512
  - 10.12 M . . . . . 512

---

10.13 N . . . . .	513
10.14 O . . . . .	514
10.15 P . . . . .	514
10.16 R . . . . .	517
10.17 S . . . . .	520
10.18 T . . . . .	525
10.19 U . . . . .	526
10.20 V . . . . .	526
10.21 W . . . . .	527
10.22 X . . . . .	528
10.23 Z . . . . .	528
Literatur . . . . .	530
<b>Normen – Richtlinien – Merkblätter . . . . .</b>	<b>531</b>
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>535</b>