TAE

MANFRED SCHRÖDER
UND 10 MITAUTOREN

Instandhaltung von Stahlbeton

Anleitung zur sachkundigen Planung und Ausführung

8., überarbeitete und erweiterte Auflage

expert

Instandhaltung von Stahlbeton

Wissen und Praxis

Manfred Schröder

und 10 Mitautoren

Instandhaltung von Stahlbeton

Anleitung zur sachkundigen Planung und Ausführung

expert

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.dnb.de abrufbar.

DOI: https://doi.org/10.24053/9783816985198

© 2022 · expert verlag
– ein Unternehmen der Narr Francke Attempto Verlag GmbH + Co. KG
Dischingerweg 5 · D-72070 Tübingen

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetztes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Alle Informationen in diesem Buch wurden mit großer Sorgfalt erstellt. Fehler können dennoch nicht völlig ausgeschlossen werden. Weder Verlag noch Autor:innen oder Herausgeber:innen übernehmen deshalb eine Gewährleistung für die Korrektheit des Inhaltes und haften nicht für fehlerhafte Angaben und deren Folgen. Diese Publikation enthält gegebenenfalls Links zu externen Inhalten Dritter, auf die weder Verlag noch Autor:innen oder Herausgeber:innen Einfluss haben. Für die Inhalte der verlinkten Seiten sind stets die jeweiligen Anbieter oder Betreibenden der Seiten verantwortlich.

Internet: www.expertverlag.de
eMail: info@verlag.expert

ISBN 978-3-8169-3519-3 (Print)
ISBN 978-3-8169-8519-8 (ePDF)
ISBN 978-3-8169-0050-4 (ePub)

Inhalt

Vorwort 16

1 Regelwerke und ihre Bedeutung 17
1.1 Einleitung 17
1.2 Historie 17
1.3 Regelwerke 18
1.3.1 DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ (Instandsetzungs-Richtlinie) 18
1.3.2 Technische Regel Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung) . . 19
1.3.3 Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) 21
1.3.4 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten ZTV-ING bast 21
1.3.5 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Schutz und Instandsetzung der Betonbauteile von Wasserbauwerken ZTV-W 21
1.3.6 Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen VOB Teil C Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Betonerhaltungsarbeiten – DIN 18349 22
1.3.7 DIN EN 1504 Produkte und Systeme für Schutz und Instandsetzung von Betontragwerken – Begriffe, Anforderungen, Güteüberwachung und Beurteilung der Übereinstimmung 22
1.3.8 DAfStb-Richtlinie Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung . . 23
1.3.9 DAfStb Schriften Schriftenreihe „grüne Hefte“ 23
1.3.10 DBV-Merkblätter DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN e. V. . . 23
1.3.11 SIVV-Handbuch DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN e. V. . . . 24
1.3.12 WTA-Merkblätter Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. 24
1.3.13 AGI-Arbeitsblätter Arbeitsgemeinschaft Industriebau e. V. 25
1.3.14 BEB-Arbeitsblätter BUNDESVERBAND ESTRICH UND BELAG e. V. 25
1.3.15 DGUV Regeln Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV) BG BAU 26
1.3.16 Technische Regen für Gefahrstoffe TRGS Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 26

2 Stahlbeton Grundlagen 27
2.1 Zusammenwirken von Stahl und Beton 27
2.2 Beton 27
2.2.1 Allgemeines 27
2.2.2 Zement 27
2.2.3 Gesteinskörnung 29
2.2.4 Zugabewasser 30
2.2.5 Zusatzmittel 30

2.2.6 Zusatzstoffe 31
2.2.7 Eigenschaften des Frischbetons 31
2.2.8 Eigenschaften des Festbetons 33
2.2.9 Wasserzementwert 35
2.2.10 Betonverarbeitung, Nachbehandlung 36
2.3 Betonstahl 36
2.4 Stahlbeton 36
2.4.1 Betondeckung der Bewehrung 36
2.4.2 Konstruktiver Korrosionsschutz 37
2.4.3 Brandschutz bei Stahlbeton 37
2.5 Betonanwendungen früher und heute 39
2.5.1 Betonanwendungen der Römerzeit 39
2.5.2 Betonanwendungen heute 39
2.6 Literatur 40

3 Korrosionsschutz der Bewehrung 43
3.1 Einleitung 43
3.2 Korrosion von Stahl 43
3.2.1 Elektrochemische Grundlagen 43
3.2.2 Anodischer Teilprozess (Metallauflösung) 43
3.2.3 Kathodische Teilprozesse 44
3.2.4 Rosten der Bewehrung 44
3.2.5 Einflüsse auf die Korrosionsgeschwindigkeit 45
3.3 Korrosion und Korrosionsschutz der Bewehrung im Beton 45
3.3.1 Betontechnologie und Passivierung der Bewehrung 45
3.3.2 Betondeckung der Bewehrung und Karbonatisierung des Betons 46
3.3.3 Korrosion der Bewehrung als Folge der Karbonatisierung des Betons 47
3.4 Korrosion durch Chloride im Beton 47
3.4.1 Ursache der Korrosion 47
3.4.2 Herkunft der Chloride im Beton und Parameter für die Korrosion 47
3.4.3 Kritischer Chloridgehalt (Mindestkonzentration) 49
3.5 Wiederherstellung des Korrosionsschutzes (Übersicht) 49
3.6 Grundsätze für den Korrosionsschutz der Bewehrung nach der Instandsetzungs-Richtlinie 50
3.6.1 Allgemeines 50
3.6.2 lnstandsetzungsprinzipien 50
3.6.3 Vorbeugender Korrosionsschutz 51
3.6.4 Grundsatzlösungen 51
3.6.5 Grundsatzlösung Kathodischer Korrosionsschutz 52
3.7 Beispiele und Sonderverfahren 52
3.7.1 Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) 52
3.7.2 Elektrochemischer Chloridentzug 53
3.7.3 Realkalisierung des karbonatisierten Betons durch Diffusion 54
3.7.4 Elektrochemische Realkalisierung des karbonatisierten Betons 54

3.7.5 Kathodischer Korrosionsschutz 55
3.7.6 Weitere Verfahren 56
3.8 Literatur 56

4 Untergrund von Beton und Stahl 59
4.1 Eigenschaften und Anforderungen 59
4.1.1 Zusammenfassung 59
4.1.2 Einleitung 59
4.1.3 Eigenschaften 60
4.1.4 Anforderungen 70
4.1.5 Literatur 77
4.2 Vorbereiten und Prüfen der Oberflächen 78
4.2.1 Einleitung 78
4.2.2 Vorbereiten der Oberflächen 79
4.2.3 Prüfungen 101
4.3 Literatur 110

5 Kunststoffe 113
5.1 Geschichte 113
5.1.1 Antike und Mittelalter 113
5.1.2 Industrielle Produktion 114
5.2 Begriffe 116
5.3 Polymere 117
5.3.1 Natürliche Polymere 117
5.3.2 Synthetische Polymere 118
5.3.3 Anzahl der Grundstoffe (Monomere) 118
5.3.4 Anorganische Polymere 118
5.4 Einteilung der Kunststoffe 118
5.5 Niedermolekulare und hochpolymere Stoffe 119
5.6 Polymerchemie – Reaktionsmechanismen 122
5.6.1 Polymerisation durch Kettenreaktionen 123
5.6.2 Polymerisation über stufenweise Reaktionen 123
5.6.3 Copolymerisation 125
5.6.4 Polymerblends 126
5.6.5 Polymerlegierungen 126
5.6.6 Reaktionsharze 127
5.7 Polymerphysik 144
5.7.1 Struktur von Polymeren 145
5.7.2 Thermoplaste 146
5.7.3 Thermoplaste als Werkstoffe 147
5.7.4 Duroplaste 149
5.7.5 Elastomere 150
5.7.6 Thermoplastische Elastomere 150
5.8 Beschichtungsstoffe 151
5.8.1 Einteilung und Zusammensetzung 151

5.8.2 Reaktionsharzsysteme . . . 153
5.8.3 Physikalisch trocknende Systeme . . . 155
5.9 Kunststoffmodifizierte Mörtel und Betone . . . 160
5.10 Fugendichtstoffe . . . 160
5.11 Eigenschaften der ausgehärteten Kunststoffe . . . 162
5.11.1 Chemische Eigenschaften . . . 162
5.11.2 Physikalische Eigenschaften . . . 163
5.11.3 Thermische Eigenschaften . . . 174
5.11.4 Verhalten bei Beanspruchung . . . 176
5.11.5 Alterungsverhalten und Witterungsbeständigkeit . . . 177
5.11.6 Brandverhalten . . . 180
5.11.7 Elektrische Eigenschaften . . . 182
5.11.8 Sonstige Eigenschaften . . . 183
5.12 Arbeitssicherheit und Umweltschutz . . . 184
5.13 Literatur . . . 185

6 Instandsetzungsprinzipien . . . 189
6.1 Grundlagen . . . 189
6.2 Prinzipien bei Betonkorrosion . . . 192
6.2.1 Historische Definitionen . . . 192
6.2.2 Aktuelle Definitionen . . . 192
6.3 Prinzipien bei Bewehrungskorrosion . . . 194
6.3.1 Historische Definitionen . . . 194
6.3.2 Aktuelle Definitionen . . . 195
6.4 Besonderheiten und Hinweise . . . 196
6.5 Literatur . . . 196

7 Instandsetzungsverfahren . . . 197
7.1 Grundlagen . . . 197
7.2 Verfahren bei Betonkorrosion . . . 198
7.2.1 Historische Verfahren . . . 198
7.2.2 Aktuelle Verfahren . . . 199
7.3 Verfahren bei Bewehrungskorrosion . . . 206
7.3.1 Historische Verfahren (Grundsatzlösungen) . . . 206
7.3.2 Aktuelle Verfahren . . . 209
7.4 Besonderheiten und Hinweise . . . 213
7.5 Auswahl geeigneter Prinzipien und Verfahren . . . 214
7.6 Literatur . . . 215

8 Betonersatz . . . 217
8.1 Einleitung . . . 217
8.2 Einwirkungen aus Umgebung und Untergrund . . . 219
8.3 Betonersatz mit kunststoffmodifiziertem Zement-Mörtel/-Beton . . . 221
8.3.1 Kunststoffmodifizierter-Zement-Mörtel RM/-Beton RC . . . 221
8.3.2 Haftbrücke . . . 223

8.3.3 Korrosionsschutz . . . 224
8.3.4 Egalisierung . . . 224
8.3.5 Ausführung . . . 225
8.3.6 Literatur . . . 239
8.4 Betonersatz mit spritzbarem kunststoffmodifiziertem Zement-Mörtel/-Beton . 240
8.4.1 Einleitung . . . 240
8.4.2 Spritzbarer kunststoffmodifizierter Zement-Mörtel SRM/-Beton SRC . . . 241
8.4.3 Literatur . . . 257
8.5 Betonersatz mit Reaktionsharz-Mörtel/-Beton . . . 257
8.5.1 Einleitung . . . 257
8.5.2 Beanspruchbarkeitsklasse . . . 258
8.5.3 Anwendungsfälle . . . 258
8.5.4 Systembestandteile . . . 258
8.5.5 Ausführung . . . 263
8.5.6 Literatur . . . 270
8.6 Betonersatz mit Beton und Spritzbeton . . . 270
8.6.1 Einleitung . . . 270
8.6.2 Prinzipien nach der TR . . . 271
8.6.3 Wesentliche Anforderungen aus der TR . . . 271
8.6.4 Nachbehandlungsziele und -verfahren . . . 272
8.6.5 Nachbehandlungsdauer . . . 272
8.7 Ermittlung der Betondeckung . . . 273
8.8 Literatur . . . 274

9 Füllen von Rissen und Hohlräumen . . . 275
9.1 Zusammenfassung . . . 275
9.2 Einleitung . . . 275
9.3 Ursachen von Rissen und Hohlräumen in Beton . . . 275
9.4 Arten von Rissen in Beton . . . 276
9.5 Risse in Beton als Mangel . . . 277
9.6 Erfassung von Rissmerkmalen . . . 278
9.7 Zwecke und Ziele des Füllens von Rissen . . . 281
9.8 Füllstoffe . . . 281
9.8.1 Stoffarten . . . 281
9.8.2 Füllarten . . . 282
9.8.3 Anwendungsbedingungen . . . 283
9.8.4 Anwendungstechnik . . . 285
9.9 Literatur . . . 299

10 Tragwerksverhalten . . . 301
10.1 Verstärken . . . 301
10.1.1 Einleitung . . . 301
10.1.2 Ziele von Verstärkungsmaßnahmen . . . 301
10.1.3 Mögliche Verstärkungsmaßnahmen . . . 302

10.1.4 Verstärken gemäß TR 306
10.1.5 Literatur 307
10.2 Ertüchtigen 308
10.2.1 Einleitung 308
10.2.2 Mögliche Ertüchtigungsmaßnahmen 308
10.2.3 Ertüchtigung durch Erhöhung des Widerstandes des bestehenden Bauwerks durch Injektion von Rissen und Hohlräumen oder Tränkung 309
10.2.4 Ertüchtigen durch Erhöhung des Widerstandes gegen chemischen Angriff oder Chloriddiffusion durch Hochleistungsbeton 309
10.2.5 Literatur 310

11 Instandsetzen chloridhaltiger Konstruktionen 311
11.1 Chloridkorrosion und Kritischer Chloridgehalt des Betons 311
11.1.1 Chloridkorrosion der Bewehrung 311
11.1.2 Kritischer (korrosionsauslösender) Chloridgehalt des Betons 313
11.2 Chloride im Beton – Mögliche Quellen 315
11.3 Chloridtransport – Chlorideindringtiefe – Chloridverteilung 318
11.4 Untersuchung auf Chloride in der Praxis 320
11.5 Übersicht Instandsetzungsprinzipien und -verfahren 323
11.6 Instandsetzung in der Praxis 325
11.6.1 Verfahren 7.1 und 7.2 nach TR IH 325
11.6.2 Verfahren 7.6, 7.7 und 7.8 nach TR IH 331
11.6.3 Verfahren 8.3 Erhöhung des elektrischen Widerstandes mit Beschichtung 332
11.6.4 Verfahren 10.1 Kathodischer Korrosionsschutz KKS 333
11.6.5 Elektrochemische Chloridextraktion ECE 336
11.7 Weitere Verfahren 337
11.8 Chloridbelastung in WU-Bodenplatten 338
11.9 Planungshilfen 339
11.10 Instandhaltungsplan – Inspektion und Wartung 339
11.11 Literatur 341

12 Oberflächenschutz 343
12.1 Einleitung 343
12.2 Erfordernis 343
12.3 Aufgaben 343
12.4 Eigenschaften 344
12.5 Beschichtungsstoffe 344
12.5.1 Auf Basis Epoxidharz 345
12.5.2 Auf Basis Polyurethanharz 346
12.5.3 Auf Basis Acrylatharz 346
12.5.4 Auf Basis Polyesterharz 347
12.5.5 Auf Basis Polyurea 347
12.5.6 Polymerlösungen 347
12.5.7 Polymerdispersionen 347

12.5.8 Siliziumorganische Verbindungen 347
12.5.9 Auf Basis anorganischer Bindemittel 348
12.6 Untergrundvorbereitung 348
12.7 Schutzsysteme 348
12.8 Qualitätssicherung 350
12.9 Oberflächenschutz für Bodenflächen 351
12.9.1 Einleitung 351
12.9.2 OS 3 Versiegelung für befahrbare Flächen 352
12.9.3 OS 6 chemisch widerstandsfähige Beschichtung für mechanisch gering beanspruchte Flächen 354
12.9.4 OS 7 Beschichtung unter Dichtungsschichten für begeh- und befahrbare Flächen 355
12.9.5 OS 8 chemisch widerstandsfähige Beschichtung für befahrbare, mechanisch stark belastete Flächen 358
12.9.6 OS 10 Beschichtung als Dichtungsschicht mit hoher Rissüberbrückung unter Schutz- und Deckschichten für begeh- und befahrbare Flächen 364
12.9.7 OS 11 Beschichtung mit erhöhter dynamischer Rissüberbrückung für begeh- und befahrbare Flächen 365
12.9.8 OS 12 Beschichtung mit Reaktionsharzmörtel für befahrbare mechanisch stark belastete Flächen 368
12.9.9 OS 13 Beschichtung mit nicht dynamischer Rissüberbrückung für begeh- und befahrbare, mechanisch belastete Flächen 370
12.9.10 OS 14 Beschichtung mit hoher dynamischer Rissüberbrückung für begeh- und befahrbare Flächen 370
12.9.11 Besondere Anforderungen und Problemlösungen 374
12.9.12 Frischbetonschutz als Grundierung für nachfolgende Beschichtungen 376
12.9.13 Beschichtung verölter Betonflächen 380
12.9.14 Maschinelle Beschichtung großer Flächen 384
12.9.15 Rutschhemmung 387
12.9.16 Qualitätssicherung 390
12.9.17 Literatur 390
12.10 Oberflächenschutz für Wand- und Deckenflächen 392
12.10.1 Einleitung 392
12.10.2 OS 1 Hydrophobierung 392
12.10.3 OS 2 Beschichtung für nicht begeh- und nicht befahrbare Flächen 395
12.10.4 OS 4 Beschichtung mit erhöhter Dichtheit für nicht begeh- und befahrbare Flächen 397
12.10.5 OS 5 Beschichtung mit geringer Rissüberbrückung für nicht begeh- und befahrbare Flächen 401
12.10.6 OS 6 chemisch widerstandsfähige Beschichtung für mechanisch gering beanspruchte Flächen 405
12.10.7 OS 9 Beschichtung mit erhöhter Rissüberbrückung für nicht begeh- und befahrbare Flächen 405
12.10.8 Anforderungen an das Diffusionsverhalten 408
12.10.9 Literatur 408

12.11 Schichtdicken bei Polymerbeschichtungen 409
12.11.1 Einleitung 409
12.11.2 Definition der Schichtdicke 409
12.11.3 Bestimmung der Verbrauchsmenge 412
12.11.4 Bestimmung der Schichtdicke mittels Prüfungen 413
12.11.5 Messung und Auswertung der Schichtdicke 414
12.11.6 Berechnung der Verbrauchsmengen 416
12.11.7 Beispiele zur Berechnung der Schichtdicke 418
12.11.8 Literatur 421
12.12 Blasen und Beulen in Polymerbeschichtungen 423
12.12.1 Pinholes und Pinblisters 423
12.12.2 Schaumblasen 428
12.12.3 Osmotische Blasen 432
12.12.4 Beulen 439
12.12.5 Literatur 447

13 Ausführung von Instandsetzungs- und Schutzmaßnahmen 449
13.1 Planung der Ausführung von Instandsetzungs- und Schutzmaßnahmen 449
13.1.1 Einleitung 449
13.1.2 Baustelleneinrichtung – Bauablauf 450
13.1.3 Schadstoffe 468
13.1.4 Schutz der Umgebung 475
13.1.5 Umgebungsbedingungen 477
13.1.6 ATV DIN 18349 478
13.1.7 Brandschutz 479
13.1.8 Literatur 480
13.2 Qualitätssicherung der Ausführung von Instandsetzungs- und Schutzmaßnahmen 482
13.2.1 Grundlagen 482
13.2.2 Eigenüberwachung 487
13.2.3 Prüfverfahren 488
13.2.4 Fremdüberwachung 504
13.2.5 Weitergehende Qualifikationen der ausführenden Unternehmen 507
13.2.6 Leistungsmerkmale und Verwendbarkeitsnachweise der Produkte und Systeme 510
13.2.7 Erkundung – Beweissicherung – Dokumentation 511
13.2.8 Literatur 518
13.3 Praxisbeispiele mit technisch anspruchsvollen Aufgabenstellungen 520
13.3.1 Einleitung 520
13.3.2 Instandsetzung eines 10-geschossigen Parkhauses in Innenstadtlage unter laufendem Verkehr 520
13.3.3 Rissüberbrückende OS-Systeme in der Praxis 535
13.3.4 Industriebodenbelag mit hoher Beanspruchung in der Lebensmittelindustrie . . 546
13.3.5 Instandsetzung einer Stahlbetonstützen-Riegel-Konstruktion im Dachgeschoss eines Hochhauses 554
13.3.6 Literatur / Quellenangaben 564

14 Instandsetzen von Fugen 567
14.1 Allgemeines zu Fugen 567
14.1.1 Einleitung / Regelwerke 567
14.1.2 Anforderungen und Beanspruchungen 567
14.1.3 Fugenarten 568
14.2 Wandfugen 570
14.2.1 Ziele 570
14.2.2 Fugenabdichtungen nach DIN 18540 mit Fugendichtstoffen 571
14.2.3 Fugenabdichtungen mit imprägnierten Fugendichtungsbändern nach DIN 18542 577
14.2.4 Elastomer-Fugenbänder nach IVD-Merkblatt Nr. 4 579
14.2.5 Verdeckte Fugen in Fassaden 582
14.2.6 Literatur 583
14.3 Bodenfugen 584
14.3.1 Fugenausbildung in Fußböden aus Beton 584
14.3.2 Abdichten von Bodenfugen 592
14.3.3 Instandsetzung von Fugen in WU-Bauwerken 606
14.3.4 Literatur 610

15 Besonderheiten von Schutz- und Instandsetzung im Brücken- und Ingenieurbau . . 613
15.1 Einleitung 613
15.2 Regelwerke zur Baudurchführung 614
15.3 ZTV-ING Teil 3, Abschnitt 4 – Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen 615
15.3.1 Planung und Ausführung von Betoninstandsetzungsmaßnahmen 615
15.3.2 Qualitätssicherung 616
15.3.3 Vorbereitung der Betonunterlage 616
15.3.4 Betonersatzsysteme (BE) 617
15.3.5 Oberflächenschutzsysteme (OS) 619
15.4 ZTV-ING Teil 3, Abschnitt 5 – Füllen von Rissen und Hohlräumen 620
15.4.1 Allgemeines 620
15.4.2 Anwendungsbereiche 621
15.5 Nachweis der Verwendbarkeit und Übereinstimmung für Instandsetzungsprodukte mit unbekannter Zusammensetzung 621
15.5.1 Hintergrund 621
15.5.2 Umsetzung in der ZTV-ING Teil 3, Abschnitte 4 und 5 622
15.5.3 Inhaltliche Korrekturen und Ergänzungen zu den Hinweisen 623
15.5.4 Zusammenstellungen der Bundesanstalt für Straßenwesen 623
15.5.5 Erfahrungen der Straßenbauverwaltungen 623
15.5.6 Prüffähige Bescheinigungen 623
15.5.7 Bereitstellung eines Ablaufplans 624
15.6 Literatur 624
15.7 Anhang: Ablaufplan zum projektspezifischen Nachweis 625
15.7.1 Ablaufplan zum projektspezifischen Nachweis-Prinzip 626
15.7.2 Ablaufplan zum projektspezifischen Nachweis zu ZTV-ING 3-4 628

15.7.3 Ablaufplan zum projektspezifischen Nachweis zu ZTV-ING 3-5 632
Anwendungsbeispiel P/A – BE: Betoninstandsetzung des Überbaus einer Spannbetonbrücke 636

16 Besonderheiten von Schutz und Instandsetzung an Verkehrs-Wasserbauwerken . . . 649
16.1 Regelwerk 649
16.2 Expositionsklassen 651
16.3 Spezielle Randbedingungen 652
16.3.1 Rückwärtige Durchfeuchtung 652
16.3.2 Zugänglichkeit 653
16.3.3 Schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) 653
16.3.4 Sulfathüttenzement 653
16.3.5 Alter Verkehrswasserbauwerke 653
16.3.6 Betonabtrag und Untergrundvorbereitung 655
16.3.7 Ausführung 655
16.4 Vorsatzschalen (Beton, Spritzbeton) – verankert und bewehrt 656
16.4.1 Allgemeines 656
16.4.2 Rückverankerung 656
16.4.3 Bewehrung 657
16.4.4 Bewegungsfugen 657
16.4.5 Beton/ Spritzbeton 657
16.4.6 Ausführung 657
16.4.7 Qualitätssicherung 658
16.5 Spritzmörtel/Spritzbeton und Betonersatz im Handauftrag – unverankert und unbewehrt 658
16.6 Besonderheiten OS 659
16.7 Besonderheiten Rissinjektionen 659
16.8 Literatur 660

17 Ingenieurleistungen 663
17.1 Zusammenfassung 663
17.2 Ermittlung des Istzustandes und Bauwerksdiagnose 663
17.2.1 Einleitung 663
17.2.2 Fachliche Grundlagen 665
17.2.3 Rechtliche Grundlagen 667
17.2.4 Prüfen 667
17.3 Planungsgrundlagen, Sollzustand, Konzept 680
17.3.1 Grundlagen 680
17.3.2 Sollzustand 681
17.3.3 Konzept 682
17.4 Leistungsbeschreibung und Ausschreiben 684
17.4.1 Ausschreibung von Bauleistungen 684
17.4.2 Ermitteln von Mengen 688
17.4.3 Vergabearten 694

17.4.4 Auswertung von Bieterangeboten und Vergabe 694
17.4.5 Hinweispflichten 696
17.5 Überwachung, Abnahme und Abrechnung 696
17.5.1 Aufgaben der Objektüberwachung 696
17.5.2 Baubegleitende Planung 697
17.5.3 Nachträge 700
17.5.4 Abnahme 700
17.5.5 Abrechnung 701
17.5.6 Überwachung durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle 702
17.5.7 Überwachung durch den Sachkundigen Planer 703
17.5.8 Dokumentation 703
17.5.9 Haftung 704
17.5.10 Streitregelung am Bau 705
17.5.11 Zusammenarbeit der Beteiligten 705
17.5.12 Honorar für Ingenieure 706
17.5.13 Literatur 708

Register 709

Vorwort

Gemäß der Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ (Instandsetzungs-Richtlinie) des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) sowie der Technischen Regel „Instandhaltung von Betonbauwerken“ (TR Instandhaltung) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) muss mit der Beurteilung und Planung derartiger Maßnahmen ein „Sachkundiger Planer“ beauftragt werden, der die hierfür erforderlichen Kenntnisse auf diesem Gebiet aufweist. Im Prinzip wird hiermit nichts anderes gefordert als das, was bei Planung und Betreuung anderer Gewerke für Neu-, Aus und Umbau von Bauwerken, für die besondere Kenntnisse notwendig sind, selbstverständlich und üblich ist.

Das Baustellenfachpersonal für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen wird in Deutschland seit 1985 in SIVV-Lehrgängen (Schützen, Instandsetzen, Verbinden und Verstärken von Betonbauteilen), denen ein entsprechendes Handbuch zu Grunde liegt, geschult und geprüft. Auch viele Planungsingenieure und Architekten haben diese Lehrgänge besucht und verwenden das SIVV-Handbuch als Arbeitsgrundlage, weil hier Grundwissen für derartige Arbeiten vermittelt wird. Die Aufgaben und Anforderungen der Instandsetzungs-Richtlinie sowie der TR Instandhaltung werden für diese Personengruppen hierbei jedoch nicht ausreichend abgedeckt. Deshalb wurde ein Weiterbildungsprogramm zum „Sachkundigen Planer“ entwickelt, dessen Inhalt in diesem Buch wiedergegeben, ergänzt, ausgebaut und mit zahlreichen Abbildungen anschaulich gemacht wird. Hieran haben ausschließlich Sachverständige und Fachreferenten mitgewirkt, die über vieljährige Erfahrung aus Entwicklung, Planung, Anwendung, Prüfung, Praxis, Forschung und Lehre auf diesem Arbeitsgebiet verfügen.

Ziel des Buches ist es, die erforderlichen Grundlagen und Entscheidungshilfen zu vermitteln, um Mängel und Schäden an Stahlbeton-Bauteilen zu erkennen und zu bewerten, die geeigneten Systeme und Maßnahmen für die Instandhaltung vorzusehen und Planungs- und Ausführungsfehler zu vermeiden.

Manfred Schröder

1 Regelwerke und ihre Bedeutung

M. Schröder

1.1 Einleitung

Da der Bedarf des Einsatzes von Produkten zum Schutz und zur Instandsetzung von Betonbauteilen erst ab ca. 1960 Bedeutung erlangte, wurden die ersten Regeln für dieses Arbeitsgebiet von den Produktherstellern erarbeitet, bevor ab ca. 1970 auch von anderen Stellen dieses Thema aufgegriffen und entsprechende Ausarbeitungen zur Verfügung gestellt wurden. Auch die Wissenschaft begann, Vorschläge für Kennwerte und Anwendung hierfür geeigneter Baustoffe zu erarbeiten. Ab ca. 1980 existierten bereits verschiedene Merk- und Arbeitsblätter unterschiedlicher Institutionen, deren Inhalte und Aussagen in die ab 1987 erschienenen amtlichen Regelwerke einflossen und zum erheblichen Teil auch heute noch Gültigkeit haben. Viele dieser Unterlagen haben, selbstverständlich inzwischen überarbeitet und aktualisiert, nach wie vor ihre Bedeutung und stellen hilfreiche Ergänzungen für bestimmte Anwendungsbereiche dar.

Die zuletzt erschienene „Technische Regel Instandhaltung von Betonbauwerken“ des Deutschen Instituts für Bautechnik soll gemeinsam mit der Instandhaltungs-Richlinie des DAfSbt maßgebend sein für Planung und Ausführung der Instandhaltung in Deutschland. Dieses mit heißer Nadel gestrickte Regelwerk weist noch einige Schwächen und Mängel auf und lässt auch an Übersichtlichkeit zu wünschen übrig.

1.2 Historie

Neben verschiedenen Merk- und Arbeitsblättern von Vereinen, Instituten, Arbeitskreisen und Produktherstellern wurden als erstes amtliches Regelwerk für das Arbeitsgebiet „Schutz und Instandsetzung von Beton“ im Jahr 1987 die „Zusätzlichen Technischen Vorschriften und Richtlinien für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen ZTV-SIB 87“ vom Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau eingeführt. Obwohl es sich somit um ein Regelwerk handelte, das für Ingenieurbauwerke an Bundesfernstraßen vorgesehen war, nahmen Planer auf allen Gebieten des Betonbaus die Gelegenheit gern war, dieses Regelwerk ihrer Arbeit zugrunde zu legen. Hierzu gehörten auch Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Betonersatz- und Oberflächenschutzsysteme.

1988 wurden vom Bundesmister für Verkehr „Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für das Füllen von Rissen in Betonbauteilen ZTV-RISS 88“ einschließlich Technischer Lieferbedingungen und Technischer Prüfvorschriften für Füllgut und zugehöriges Injektionsverfahren herausgegeben

Bereits im Jahr 1990 erschien eine Neufassung der ZTV-SIB, nunmehr mit dem Titel „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen ZTV-SIB 90“. Wenig später wurde die „Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ vom Deutschen Ausschuss für Stahlbeton“ als für alle Arten von Bauwerken geltendes Regelwerk herausgegeben und bauaufsichtlich eingeführt, so dass die Bezeichnung

„Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien“ nunmehr verständlich wurde und entsprechende Bedeutung erlangte.

Im Jahre 1997 erschien die erste Ausgabe der „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen für Schutz und Instandsetzung der Betonbauteile von Wasserbauwerken ZTV-W“ ähnlich den ZTV-ING für den Straßenbau.

Mit der DIN EN 1504 erschien 1999 das Regelwerk „Produkte und Systeme für Schutz und Instandsetzung von Betontragwerken“, das die Produkte für dieses Arbeitsgebiet innerhalb der Europäischen Union einheitlich regeln und der CE-Kennzeichnung zugrunde liegen soll.

Im Jahr 2001 erschien eine überarbeitete Neuauflage der DAfStb-Richtlinie, jetzt auch mit dem Kurztitel „Instandsetzungs-Richtlinie“ versehen

2014 wurde der Gelbdruck einer DAfStb-Richtlinie „Instandhaltung von Betonbauteilen“ veröffentlicht, deren Weißdruck jedoch nicht erschien, so dass sie im Weiteren hier nicht berücksichtigt wird. Stattdessen erfolgte Anfang 2021 die Herausgabe der „Technischen Regel Instandhaltung von Betonbauwerken“ des Deutschen Instituts für Bautechnik, die in Verbindung mit der DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ gilt, insbesondere bezüglich der in der Technischen Regel nicht behandelten Sachverhalte, deren Regelungen aber ansonsten Vorrang haben.

Nachfolgend werden die Regelwerke, deren Inhalte und Aussagen für die Instandhaltung von Betonbauteilen von Bedeutung sind, im Einzelnen aufgeführt und einer Betrachtung unterzogen. Darüber hinaus wird auf verschiedene Merk- und Arbeitsblätter unterschiedlicher Vereine und Institute verwiesen, die ebenfalls wichtige und hilfreiche Kenntnisse und Hinweise zu diesem Arbeitsgebiet liefern. Weitere Inhalte und Einzelheiten werden in den folgenden Kapiteln, bezogen auf die Baustoffe und deren Anwendung, berücksichtigt und weitergehend behandelt.

1.3 Regelwerke

1.3.1 DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ (Instandsetzungs-Richtlinie)

Diese Richtlinie besteht aus den Teilen

Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze
Teil 2: Bauprodukte und Anwendung
Teil 3: Anforderungen an die Betriebe und Überwachung der Ausführung
Teil 4: Prüfverfahren

Im Teil 1 ist unter 3 „Planung 3.1 Allgemeines“ zu lesen:

(1) Mit der Beurteilung und Planung von Schutz- und Instandsetzungsarbeiten muss ein sachkundiger Planer beauftragt werden, der die erforderlichen besonderen Kenntnisse auf dem Gebiet von Schutz und Instandsetzung bei Betonbauwerken hat.

Damit wird zum Ausdruck gebracht, dass die Planung einer Instandsetzungsmaßnahme in gleicher Weise Kompetenz, Kenntnisse und Sorgfalt erfordert wie ein Neubau. Dementsprechend wurden seit Beginn der neunziger Jahre für Architekten und Bauingenieure geeignete Lehrgänge zur Weiterbildung angeboten, um zur Wahrnehmung solcher Aufgaben die Voraussetzungen zu schaffen. Inzwischen werden an ausgewählten Weiterbildungsstätten Zertifikatslehrgänge und Prüfungen nach der „Ausbildungs-, Prüfungs- und Weiterbildungsordnung (APWO-SKP)“

des „Ausbildungsbeirats Sachkundiger Planer für die Instandhaltung von Betonbauteilen beim Deutschen Institut für Prüfung und Überwachung e. V. (ABB-SKP)“ durchgeführt. Für die weitere Gültigkeit des Zertifikats muss alle 3 Jahre der Nachweis einer Weiterbildung erfolgen.

Im Teil 3 der Richtlinie wird unter 1.2.4 „Baustellenfachpersonal“ gefordert:

> Auf jeder Baustelle muss ein geschulter, insbesondere handwerklich ausgebildeter Fachmann des Unternehmens ständig anwesend sein, der je nach Umfang, Art und Schwierigkeitsgrad der Schutz- und Instandsetzungsmaßnahme betontechnische und entsprechende andere baustofftechnische Kenntnisse, Fertigkeiten und praktische Erfahrung besitzt. Die Befähigung für Arbeiten nach dieser Richtlinie muss der Überwachungsstelle durch eine entsprechende Bescheinigung nachgewiesen werden.[1]

Hierbei handelt es sich um den sogenannten SIVV-Schein (Schützen, Instandsetzen, Verbinden, Verstärken), der seit 1985 nach einem zweiwöchigen Lehrgang und entsprechender Prüfung an verschiedenen Ausbildungsstätten des Bauhandwerks und der Bauindustrie in der BRD erworben werden kann und für den ebenfalls alle 3 Jahre der Nachweis einer Weiterbildung erbracht werden muss. Der Ausbildungsbeirat führt inzwischen die Bezeichnung „Schutz und Instandsetzung im Betonbau“.

In der Instandsetzungs-Richtlinie werden folgende vier Instandsetzungsprinzipien aufgeführt:

R Korrosionsschutz durch Wiederherstellung des alkalischen Milieus (Repassivierung)
W Korrosionsschutz durch Begrenzung des Wassergehaltes im Beton
C Korrosionsschutz durch Beschichtung (Coating) der Bewehrung
K Kathodischer Korrosionsschutz

Die Beschreibung dieser Prinzipien geht eigentlich über die Angaben in einer Richtlinie hinaus und entspricht eher einem Lehrbuch.

Im Laufe der Jahre wurde das Regelwerk durch verschiedene Ergänzungsschreiben korrigiert, ohne dass eine Neuauflage erfolgte.

Auf Einzelheiten der Planung und Ausführung gemäß den Regelwerken wird in den folgenden Kapiteln, bezogen auf die verschiedenen Gewerke, wie bereits zum Ausdruck gebracht, gezielt eingegangen.

1.3.2 Technische Regel Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung)

Die TR besteht vorerst aus den Teilen:

Teil 1 Anwendungsbereich und Planung der Instandhaltung

Teil 2 Merkmale von Produkten oder Systemen für die Instandsetzung und Regelungen für deren Verwendung

Das Regelwerk ersetzt weite Teile der Instandsetzungs-Richtlinie von Oktober 2001. Unter 1 „Anwendungsbereich“ ist zu lesen:

> (1) Diese technische Regel gilt in Verbindung mit der DAfStb-RL SIB. In dieser technischen Regel nicht genannte Sachverhalte, die in der DAfStb-RL SIB enthalten sind, insbesondere die Regelungen in Teil 3, gelten insofern weiter. Die Regelungen der TR haben Vorrang vor der DAfStb-RL SIB.

1 Dieser Nachweis kann derzeit nur durch die Bescheinigung des Ausbildungsbeirats „Verarbeiten von Kunststoffen im Betonbau“ beim Deutschen Beton- und Bautechnik Verein E. V. geführt werden.

Dieser Sachverhalt erschwert selbstverständlich die Arbeit mit diesen beiden Regelwerken. Es ist deshalb zu hoffen, dass beide Regelwerke in absehbarer Zeit zusammengeführt werden.

Unter 2 „Annahmen und Voraussetzungen“ wird ausgeführt:

> Diese Technische Regel setzt voraus, dass jede Instandhaltungsmaßnahme (Inspektion, Wartung, Instandsetzung, Verbesserung) geplant wird und dass die Planung durch einen sachkundigen Planer (SKP) durchgeführt wird und die Ausführung von Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen nach einem Instandsetzungsplan durch einen SKP begleitet wird.

Unter 3 „Grundsätze für die Planung der Instandhaltung von Betonbauwerken“ ist zu lesen:

> (1) Mit der Beurteilung und Planung von Instandhaltungsmaßnahmen muss ein SKP beauftragt werden, der die erforderlichen Kenntnisse hinsichtlich des Erkennens und Bewertens von Mängeln und Schäden an Betonbauwerken hat.

ANMERKUNG: Die Festlegung erforderlicher Merkmale der Instandsetzungsprodukte und -systeme erfolgt durch den SKP.

Damit gestaltet sich die Arbeit und Verantwortlichkeit des Sachkundigen Planers wesentlich umfangreicher, aufwändiger und risikoreicher als bisher.

In diesem Regelwerk wird die Klassifizierung über Altbetonklassen, die bereits aus den ZTV-W bekannt sind, in Tabelle 4 „Einordnung des Altbetons im Bereich der Instandsetzungsebene“ gegenüber DAfStb-RL SIB neu eingeführt.

6 „Instandsetzungsverfahren“ ersetzt DAfStb-RL SIB, Teil 1, Abschnitte 5 und 6.
Unter 6.1 „Instandsetzungverfahren zum Schutz oder zur Instandsetzung von Schäden im Beton“ ist zu lesen:

> (1) In Tabelle 5 sind diejenigen Prinzipien und Verfahren bei Schäden im Beton in Anlehnung an DIN EN 1504-9 aufgeführt, die nach dieser Technischen Regel angewendet werden dürfen. Hierbei handelt es sich um die Prinzipien

1. Schutz gegen das Eindringen von Stoffen
2. Regulierung des Wasserhaushaltes im Beton
3. Reprofilierung und Querschnittsergänzung
4. Verstärkung des Betontragwerks
5. Erhöhung des physikalischen Widerstands
6. Erhöhung des Widerstands gegen chemischen Angriff

Unter 6.2 „Instandsetzungverfahren zum Schutz oder zur Instandsetzung von Bewehrungskorrosion“ wird ausgeführt:

> (1) In Tabelle 6 sind diejenigen Prinzipien und Verfahren zur vorbeugenden Abwehr von Korrosionsschäden bzw. zur Unterdrückung bereits ablaufender Korrosionsprozesse an der Bewehrung in Anlehnung an DIN EN 1504-9 aufgeführt, die nach dieser Technischen Regel angewendet werden dürfen. Hierbei handelt es sich um die Prinzipien

7. Erhalt oder Wiederherstellung der Passivität
8. Erhöhung des elektrischen Widerstands

9. Kathodischer Schutz

Das Prinzip 9. der DIN EN 1504-9 „Kontrolle kathodischer Bereiche“ wurde nicht übernommen, da es für nicht durchführbar angesehen wird. Somit werden insgesamt neun Vefahren in der TR aufgeführt.

Auch für die TR gilt, dass weitere Regelungen und Details in den folgenden Kapiteln berücksichtigt werden.

1.3.3 Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB)

Die den Verwaltungsvorschriften der einzelnen Bundesländer zugrunde liegende MVV verweist auf die TR sowie die DAfStb-RL SIB.

Ausgabe 2020/1 enthält

A	Technische Baubestimmungen, die bei der Erfüllung der Grundanforderungen an Bauwerke zu beachten sind
B	Technische Baubestimmungen für Bauteile und Sonderkonstruktionen, die zusätzlich zu den in Teil A aufgeführten Technischen Baubestimmungen zu beachten sind
C	Technische Baubestimmungen für Produkte, die nicht die CE-Kennzeichnung tragen, und für Bauarten
D	Bauprodukte, die keines Verwendbarkeitsnachweises bedürfen Anhang 1 – 16

1.3.4 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten ZTV-ING bast

Teil 3 „Massivbau“ behandelt in Abschnitt 4 „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ sowie in Abschnitt 5 „Füllen von Rissen und Hohlräumen in Betonbauteilen“. Im Teil 7 werden „Brückenbeläge“ behandelt.

Soweit in diesem Regelwerk Abweichungen gegenüber DAfStb-RL SIB und TR gegeben sind, wird hierauf in den weiteren Kapiteln an passender Stelle hingewiesen. Außerdem wird in Kapitel 15. auf die Besonderheiten im Brücken- und Ingenieurbau eingegangen.

1.3.5 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Schutz und Instandsetzung der Betonbauteile von Wasserbauwerken ZTV-W

Auch für diesen Arbeitsbereich gilt, dass in einem eigenen Kapitel, nämlich unter 16. die Besonderheiten, in diesem Fall an Verkehrs-Wasserbauwerken, behandelt werden.

Das Regelwerk nimmt in großem Umfang Bezug auf die DAfStb-Richtlinie (RL SIB), aber auch auf die ZTV-ING sowie Expositionsklassen DIN EN 206-1/DIN 1045-2. Außerdem werden Altbetonklassen definiert, die, wie bereits ausgeführt, auch in der TR beschrieben werden.

Im Gegensatz zur Instandsetzungs-Richtlinie und zu den ZTV-ING wird in den ZTV-W neben dem Begriff „Vorbereitung“ auch der Begriff „Vorbehandlung“ verwendet, was zu Irritationen führen kann.

Die ZTV-W gelten nicht für Straßen-, Eisenbahnbrücken und Tunnel.

1.3.6 Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen VOB Teil C Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Betonerhaltungsarbeiten – DIN 18349

Die VOB gliedert sich in

Teil A:	Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen.
Teil B:	Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen (z. B. § 13 Mängelansprüche, Verjährungsfrist 4 a, wenn nichts anderes vereinbart).
Teil C:	Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen ATV (63 DIN, u. a. DIN 18349)

Unter „Betonerhaltungsarbeiten – DIN 18349“ wird erklärt:

3.1.1 Für die Ausführung gelten die:

DAfStb Betonbauteile (Instandsetzungsrichtlinie)

DAfStb Vergussbeton und Vergussmörtel

DIN EN 14487 (alle Teile)

„Spritzbeton“ in Verbindung mit DIN 18551 „Spritzbeton – Nationale Anwendungsregeln zur Reihe DIN EN 14487 und Regeln für die Bemessung von Spritzbetonkonstruktionen“

DIN EN 13670 „Ausführungen von Tragwerken aus Beton in Verbindung mit DIN 1045-3 „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670“

Zulassungen für das Verstärken von Betonbauteilen durch Kleben von Stahllaschen, CFK-Lamellen und CFK-Gelegen

Hinweis: Seit März 2012 gibt es die DAfStb-Richtlinie „Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung“.

Bezüglich DIN 18349 wird auf folgende Literatur hingewiesen:
Beck‘scher VOB-Kommentar VOB Teil C, herausgegeben von Englert/Katzenbach/Motzke 4. Auflage, DIN 18 349 Betonerhaltungsarbeiten Ausgabe September 2019
Motzke/Schröder
Verlag C. H. Beck Beuth
DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

1.3.7 DIN EN 1504 Produkte und Systeme für Schutz und Instandsetzung von Betontragwerken – Begriffe, Anforderungen, Güteüberwachung und Beurteilung der Übereinstimmung

Die Norm ist wie folgt gegliedert:

Teil 1	Definitionen
Teil 2	Oberflächenschutzsysteme für Beton
Teil 3	Statisch und nicht statisch relevante Instandsetzung
Teil 4	Kleber für Bauzwecke
Teil 5	Injektion von Bauteilen
Teil 6	Verankerung von Bewehrungsstäben
Teil 7	Korrosionsschutz der Bewehrung
Teil 8	Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität
Teil 9	Allgemeine Prinzipien für die Anwendung von Produkten und Systemen
Teil 10	Anwendung von Produkten und Systemen auf der Baustelle, Qualitätsüberwachung der Ausführung

Die Teile 1-8 sind in der BRD bauaufsichtlich eingeführt, die Teile 9 und 10 noch nicht.

1.3.8 DAfStb-Richtlinie Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung

Die Richtlinie besteht aus

Teil 1:	Bemessung und Konstruktion
Teil 2:	Produkte und Systeme für das Verstärken
Teil 3:	Ausführung
Teil 4:	Ergänzende Regelungen zur Planung von Verstärkungsmaßnahmen

1.3.9 DAfStb Schriften Schriftenreihe „grüne Hefte“

Hierbei handelt es sich um wissenschaftliche Grundlagen und praxisorientierte Beiträge zu Fragen der Bemessung, Betontechnik, Umweltverträglichkeit, Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit im Betonbau in Form von

Abschlussberichten als Ergebnis der vom DAfStb direkt geförderten Forschungsarbeiten:
Beiträgen als Ergebnis der vom DAfStb koordinierten Verbundvorhaben:
Sachstandberichten, die z. B. durch begleitende Unterausschüsse erarbeitet wurden:
Dissertationen im Bereich des Betonbaus

1.3.10 DBV-Merkblätter DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN e. V.

Diese Merblätter beziehen sich auf folgende Bereiche, wobei für diese jeweils Beispiele aufgeführt sind, die für die Instandhaltung von Betonbauwerken von Bedeutung sein können:

Bautechnik
z. B. Parkhäuser und Tiefgaragen
Betontechnik
z. B. Chemischer Angriff auf Beton – Empfehlungen zur Prüfung und Bewertung
Bauausführung

z. B. Hochdruckwasserstrahltechnik im Betonbau
Bauprodukte
z. B. Injektionsschlauchsysteme und quellfähige Einlagen für Arbeitsfugen

1.3.11 SIVV-Handbuch DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN e. V.

Hierbei handelt es sich um das den SIVV-Lehrgängen (Schützen, Instandsetzen, Verbinden und Verstärken von Betonbauteilen) zugrunde liegende Lehrbuch mit den Teilen

A	Beton
B	Stahl
C	Kunststoffe
D	Schutzmaßnahmen
E	Untergrund
F	Herstellen von Mischungen
G	Oberflächenschutz
H	Füllen von Rissen
I	Kunststoffmodifizierter Zementmörtel/Beton und Reaktionsharzmörtel/Beton
J	Instandsetzen
K	Fugeninstandsetzung
L	Überwachung
M	Geklebte Bewehrung
N	Geklebte Bauteilverstärkung
O	Kleben von Segmenten
P	Spritzbarer kunststoffmodifizierter Zementmörtel/-beton
Q	Baurecht
R	Fachbegriffe

Dieses Handbuch ist in großem Umfang maßgebend für die Angaben zur Ausführung in diesem Buch.

1.3.12 WTA-Merkblätter Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V.

Die Gemeinschaft führt ihre Arbeit in verschiedenen Referaten durch, wobei die Ergebnisse des Referats 5 „Beton“ für die Instandhaltung von Betonbauwerken von besonderer Bedeutung sind. Hierfür werden folgende Merkblätter als Beispiele benannt:

5-1-99/D	Wartung von Betonbauwerken
Musterwartungsvertrag	

5-6-99/D	Bauwerksdiagnose
5-7-99/D	Prüfen und Warten von Betonbauwerken
5-8-93/D	Schutz und Instandsetzung von Beton
Untergrund – Anforderungen, Vorbereitung und Prüfung	
5-15-03/D	Schutz und Instandsetzung von Beton
Leistungsbeschreibung	

1.3.13 AGI-Arbeitsblätter Arbeitsgemeinschaft Industriebau e. V.

Auch in dieser Gemeinschaft gibt es mehrere Arbeitsbereiche, von denen für den Säureschutzbau z. B. folgende für die Instandhaltung von Betonbauwerken interessante Arbeitsblätter zur Verfügung gestellt werden:

S 30	Elektrisch ableitfähige Bodenbeläge
S 20-1	Schutz von Baukonstruktionen mit Beschichtungssystemen gegen chemische Angriffe. Anforderungen an den Untergrund
S 20-2	Schutz von Baukonstruktionen mit Beschichtungssystemen gegen chemische Angriffe. Beschichtungssysteme
S 20-3	Schutz von Baukonstruktionen mit Beschichtungssystemen gegen chemische Angriffe. Ausführungsdetails

Zusätzlich ist u. a. zu nennen

K 10	Schutz von Beton Oberflächenbehandlung. Imprägnierung, Versiegelung, Beschichtung

1.3.14 BEB-Arbeitsblätter BUNDESVERBAND ESTRICH UND BELAG e. V.

Merblätter dieses Verbandes haben verständlicher Weise Bedeutung für Bodenflächen. Hier sind zu nennen für den Bereich

7	Kunstharze – Industrieböden aus Reaktionsharz
KH-O/U	Prüfung des Untergrundes
KH-1	Imprägnierung
KH-2	Versiegelung
KH-3	Beschichtung/Belag
KH-4 EL	Elektrisch leitfähige Fußbodenbeläge
KH-5	Estrich
KH-O/S	Stoffe

KH-6	Leitfaden für Fußbodenkonstruktionen im nassbelasteten Lebensmittelbereich

1.3.15 DGUV Regeln Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV) BG BAU

Von diesen Unterlagen hat für Bodenbeschichtungen besondere Bedeutung

DGUV Regel 108-003	Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr

1.3.16 Technische Regen für Gefahrstoffe TRGS Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Hier ist zu nennen

TRGS 727	Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen

2 Stahlbeton Grundlagen

S. Wehrle

2.1 Zusammenwirken von Stahl und Beton

Stahlbeton (bewehrter Beton) ist ein Verbundbaustoff aus Beton und Stahl (in der Regel Betonstahl) für Bauteile, bei denen das Zusammenwirken von Beton und Stahl für die Aufnahme von Lasten nötig ist [1, 5, 6, 7, 8]. Stahlbetonbauteile, die der Witterung unmittelbar ausgesetzt sind, werden als Außenbauteile bezeichnet.

Das Zusammenwirken von Beton und Stahl in dem Verbundbaustoff Stahlbeton ist nur möglich, weil die folgenden Voraussetzungen gegeben sind:

- Stahl und Beton haben in dem praktisch vorkommenden Temperaturbereich annähernd die gleiche lineare Wärmedehnzahl von $a_{th} = 10^{-5}\ K^{-1}$. Daher entstehen bei Temperaturänderungen keine Eigenspannungen, welche eine Schädigung des Verbundbaustoffes auslösen könnten.
- Der Beton sichert durch seine Alkalität bei fachgerechter Konstruktion und Ausführung einen dauerhaften Korrosionsschutz für den Stahl im Stahlbeton.
- Zwischen der Stahloberfläche und dem umgebenden Beton kommt es zu einem innigen Verbund, so dass die Übertragung der Kräfte aus dem einen Werkstoff in den Anderen sichergestellt ist. Durch geeignete Rippung der Oberfläche von Betonstählen kann die Übertragung von Kräften bzw. Spannungen zwischen beiden Werkstoffen optimiert werden.
- Der Stahl übernimmt wegen seiner hohen Verformungsfähigkeit und seiner hohen Zugfestigkeit die Zugkräfte, während der Beton die Druckspannungen aufnimmt. Stahl hat einen um das 6- bis 10-fache größeren Elastizitätsmodul als Beton. Deshalb übernimmt bei vorgegebener Verformung der Stahl den überwiegenden Anteil der Spannungen.

2.2 Beton

2.2.1 Allgemeines

Beton [1, 5 bis 11] ist ein künstlicher Stein, der aus einem Gemisch von Zement, Gesteinskörnung und Wasser – ggf. auch mit Zusatzmitteln und Zusatzstoffen – durch Erhärten des Zementleims (Zement-Wasser-Gemisch) entsteht.

2.2.2 Zement

Für Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton nach DIN EN 1992 erfolgt die Herstellung des Betons nach DIN EN 206-1. Als Zemente dürfen hierfür Normalzemente nach DIN EN 197-1:2011-11 verwendet werden. Zemente mit besonderen Eigenschaften wie NW (niedrige Hydratationswärme), HS (hoher Sulfatwiderstand), NA (niedriger wirksamer Alkaligehalt),

FE (frühes Erstarren) und SE (schnell erstarrend) sind in der DIN 1164, Teile 10 bis 12 [13] genormt. Außerdem sind in der DIN EN 14216 [14] Zemente mit sehr niedriger Hydratationswärme geregelt. Andere Zemente bedürfen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung.

Zement ist ein hydraulisches Bindemittel und besteht aus einem fein gemahlenen, nichtmetallischen, anorganischen Stoff. Mit Wasser vermischt ergibt er „Zementleim". Dieser erstarrt und erhärtet durch die „Hydratation" (= chemische Reaktion mit Wasser) zu wasser- und raumbeständigem „Zementstein". Dies geschieht sowohl an der Luft als auch unter Wasser [12, 13, 14, 15, 16].

Die Hauptbestandteile des Zementes können sein:

Portlandzementklinker (K), Hüttensand (S), Puzzolane (P und Q), Flugasche (V und W), Gebrannter Schiefer (T) und Kalkstein (L und LL).

- Portlandzementklinker (K) ist der wichtigste Hauptbestandteil für Zement. Er wird durch Mahlen und Brennen der Rohstoffe Kalkstein oder Kreide und Ton hergestellt.
- Hüttensand (S) ist die fein vermahlene, aus einem Eisenerz-Hochofen abgezogene Schlackenschmelze, die zuvor mit Wasser abgeschreckt wurde und dabei glasig erstarrt ist.
- Puzzolane (natürliche Puzzolane P und natürlich getempertes Puzzolan Q) sind kieselsäurehaltige oder kieselsäure- und tonerdehaltige Stoffe.
- Flugasche (kieselsäurereiche Flugasche V und kalkreiche Flugasche W) ist der feinkörnige, glasige Verbrennungsrückstand von Kohle, der bei der Abgasreinigung in Kohlekraftwerken anfällt.
- Gebrannter Schiefer (T) wird bei etwa 800 °C aus natürlichen Schiefervorkommen hergestellt und fein gemahlen.
- Kalkstein (L und LL) wird in Öfen bei über 900 °C gebrannt und anschließend gemahlen. Der Anteil an organischem Kohlenstoff (TOC) entscheidet über die Einstufung in L oder in LL.

Die DIN EN 197-1 unterteilt den Zement in fünf Hauptarten in Abhängigkeit vom Anteil an Portlandzementklinker:

Portlandzement	CEM 1	(95-100 % K)
Portlandkompositzement	CEM II	(65-94 % K)
Hochofenzement	CEM III	(5-64 % K)
Puzzolanzement	CEMIV	(45-89 % K)
Kompositzement	CEMV	(20-64 % K)

In DIN 1045-2, Tabelle F.3.1 und F.3.2, werden in Abhängigkeit der dort genannten Expositionsklassen die Anwendungsbereiche für die Zemente nach DIN EN 197-1 für die Herstellung von Beton nach DIN 1045-2 festgelegt. So dürfen z. B. die Zementarten CEM IV (Puzzolanzemente) und CEM V (Kompositzemente) nur für Betone ohne Bewehrung (Expositionsklasse X0) und für Betone die ständig nass sind (Expositionsklasse XC2) eingesetzt werden.

Die Zemente werden in den Festigkeitsklassen 32,5; 42,5 und 52,5 hergestellt. Diese drei Klassen werden nach ihrer Anfangsfestigkeit nochmals unterteilt in

normal erhärtende Zemente:	Kennbuchstaben N (N = normal)
schnellhärtende Zemente:	Kennbuchstaben R (R = rapid)

Für Hochofenzemente (CEM III) gibt es auch die Festigkeitsklasse L (niedrige Anfangsfestigkeit).

Zemente mit besonderen Eigenschaften, die in DIN 1164, Teile 10 bis 12, [13] genormt sind, erhalten zusätzlich die folgenden Kennbuchstaben

Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt:	NA
Zemente mit frühem Erstarren:	FE
Schnellerstarrender Zement (verkürztes Erstarren):	SE
Zemente mit erhöhem Anteil an organischen Bestandteilen:	HO

Für die eindeutige Beschreibung eines Zementes ist mindestens die Angabe von Zementart und Festigkeitsklasse erforderlich, ggf. muss noch eine der o. g. besonderen Eigenschaften angegeben werden.

Beispiel 1:

Portlandzement der Festigkeitsklasse 42,5 mit hoher Anfangsfestigkeit:
Portlandzement DIN EN 197-1 – CEM 1 42,5 R

Beispiel 2:

Portlandkompositzement mit einem Gesamtanteil an Hüttensand (S), kieselsäurereicher Flugasche (V) und Kalkstein (L) mit einem Massenanteil zwischen 6 % und 20 % und der Festigkeitsklasse 32,5 mit hoher Anfangsfestigkeit
Portlandkompositzement DIN EN 197-1 – CEM 11/A-M(S-V-L) 32,5 R

Außerdem gibt es die folgenden Sonderzemente, für welche die nachfolgend genannten Normen gelten:

Sonderzemente mit sehr niedriger Hydratationswärme nach EN 14216

Sulfathüttenzement nach EN 15743

Tonerdezement nach EN 14647

Putz und Mauerbinder nach EN 413-1

2.2.3 Gesteinskörnung

Gesteinskörnung ist ein für die Verwendung im Beton geeigneter, gekörnter mineralischer Stoff [1]. Gesteinskörnungen können natürlich oder künstlich sein oder aus vorher beim Bauen verwendeten rezyklierten Stoffen bestehen [17, 18]. Natürliche Gesteinskörnungen werden aus Gruben, Seen, Flüssen und Steinbrüchen gewonnen. Künstlich hergestellte Gesteinskörnungen sind beispielsweise Hochofenschlacke, Schmelzkammergranulat oder ungemahlener Hüttensand.