

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 Regeln 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	Wassorzementwert	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	Instandsetzungsprinzipien	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