

## Inhaltsübersicht

# 1

	<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	IX
	<b>Anschriften</b> .....	XVI
<b>I</b>	<b>Lebensdauerbemessung</b> .....	1
	Christoph Gehlen, Till Felix Mayer, Charlotte Thiel, Christian Fischer	
<b>II</b>	<b>Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau</b> .....	59
	Hubert Bachmann, Mathias Tillmann, Susanne Urban	
<b>III</b>	<b>Ressourceneffizientes Bauen mit Betonfertigteilen</b>	
	<b>Material – Struktur – Herstellung</b> .....	305
	Benjamin Kromoser	
<b>IV</b>	<b>Holz-Beton-Verbund</b> .....	357
	Klaus Holschemacher, Hubertus Kieslich	
<b>V</b>	<b>Elementbauweise mit Gitterträgern</b> .....	421
	Johannes Furche, Ulrich Bauermeister	
	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	XXI

## Inhaltsübersicht

# 2

	<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	V
	<b>Anschriften</b> .....	XVIII
<b>VI</b>	<b>Integralbrücken – Tragverhalten und Anregungen zur Bemessung einschließlich Integralisierung von Bestandsbrücken.</b> .....	607
	Nguyen Viet Tue, Regina Della Pietra, Michael Mayer	
<b>VII</b>	<b>Integrale Betonbauwerke – Hochbau</b> .....	673
	Josef Taferner, Lukas Gasser, Hannes Fischnaller, Konrad Bergmeister, Manfred Keuser	
<b>VIII</b>	<b>Bemessen mit Stahlfaserbeton</b> .....	797
	Katharina Look, Vincent Oettel, Peter Heek, Martin Empelmann, Peter Mark	
<b>IX</b>	<b>Fertigteile und die integralen Bauwerke – Fertigteilbau mit Stahl-UHFB (UHPC)</b> .....	875
	Eugen Brühwiler	
<b>X</b>	<b>Infraleichtbeton (ILC)</b> .....	907
	Mike Schlaich, Alex Hückler, Claudia Lösch	
<b>XI</b>	<b>Nachhaltige Bauwerksverstärkung mit Betonschrauben</b> .....	953
	Jürgen Feix, Johannes Lechner, Matthias Spiegl, Rupert Walkner	
<b>XII</b>	<b>Geklebte Verstärkung mit CFK-Lamellen und Stahllaschen</b> .....	1007
	Konrad Zilch, Roland Niedermeier, Wolfgang Finckh	
<b>XIII</b>	<b>Normen und Regelwerke</b> .....	1107
	Frank Fingerloos	
	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	1247

# Inhaltsverzeichnis

## 1

<b>I</b>	<b>Lebensdauerbemessung</b> .....	1			
	Christoph Gehlen, Till Felix Mayer, Charlotte Thiel, Christian Fischer				
<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	3	<b>4</b>	<b>Bemessungsformate</b> .....	32
1.1	Problemstellung, Sicherheitskonzept .....	3	4.1	Allgemeines .....	32
1.2	Historische Entwicklung der Dauerhaftigkeitsbemessung .....	4	4.2	Bemessungsformat A: Vollprobabilistische Bemessung .....	33
<b>2</b>	<b>Modellierung von Schädigungs- mechanismen</b> .....	6	4.2.1	Allgemeines .....	33
2.1	Schädigungsmechanismen für Stahlbetonbauwerke .....	6	4.2.2	Festlegung der Bemessungskriterien ..	34
2.2	Bewehrungskorrosion .....	6	4.2.3	Carbonatisierungsinduzierte Bewehrungskorrosion .....	35
2.2.1	Grundlagen der Bewehrungskorrosion ..	6	4.2.4	Chloridinduzierte Bewehrungs- korrosion .....	37
2.2.2	Carbonatisierungsinduzierte Bewehrungskorrosion .....	7	4.2.5	Säureangriff .....	38
2.2.3	Chloridinduzierte Bewehrungs- korrosion .....	8	4.3	Bemessungsformat B: Bemessung mit Teilsicherheitsbeiwerten .....	39
2.2.4	Schädigungsfortschritt nach Depassivierung .....	10	4.3.1	Allgemeines .....	39
2.2.5	Rissbildung und Rissaufweitung infolge von Bewehrungskorrosion .....	12	4.3.2	Festlegung der Bemessungsvariablen, Anordnung der Teilsicherheits- beiwerte .....	40
2.2.6	Änderung des Verbunds infolge Bewehrungskorrosion .....	15	4.3.3	Bemessungsnomogramm Carbonatisierung .....	40
2.3	Betonkorrosion .....	19	4.3.4	Bemessungsnomogramm Chlorid- diffusion .....	41
2.3.1	Allgemeines .....	19	4.3.5	Bemessungsnomogramm Säureangriff .....	41
2.3.2	Frost- bzw. Frost-Tausalz-Angriff .....	19	4.4	Bemessungsformat C: Bemessung mit deskriptiven Regeln .....	41
2.3.3	Säureangriff .....	21	4.4.1	Allgemeines .....	41
2.3.4	Alkali-Kieselsäure-Reaktion .....	22	4.4.2	Analyse der deutschen deskriptiven Regeln: Bemessungsformat C1 .....	42
2.3.5	Verschleißbeanspruchung .....	22	4.4.3	Ableitung neuer quantifizierter deskriptiver Regeln: Bemessungsformat C2 .....	44
<b>3</b>	<b>Ermittlung von Material- widerständen</b> .....	23	4.5	Fazit .....	45
3.1	Anforderungen an Materialtests zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit von Beton .....	23	<b>5</b>	<b>Anwendungsbeispiele</b> .....	46
3.2	Leistungsbezogene Prüfverfahren für singuläre Schädigungsmechanismen ..	24	5.1	Motivation .....	46
3.2.1	Übersicht .....	24	5.2	Anwendungsbeispiel 1: Bemessung von Betonfertigteilen der Expositions- klasse XC4 .....	46
3.2.2	Carbonatisierungsinduzierte Bewehrungskorrosion .....	26	5.3	Anwendungsbeispiel 2: Bewertung eines Stahlbetonturms hinsichtlich carbonatisierungsinduzierter Korrosion .....	47
3.2.3	Chloridinduzierte Bewehrungs- korrosion .....	26	5.4	Anwendungsbeispiel 3: Bemessung eines Brückenpfeilers .....	47
3.2.4	Schädigungsfortschritt nach Depassivierung (Bewehrungs- korrosion) .....	29	5.5	Anwendungsbeispiel 4: Bewertung einer Tunnelinnenwand hinsichtlich chloridinduzierter Korrosion .....	48
3.2.5	Frost- bzw. Frost-Tausalz-induzierte Betonkorrosion .....	29	<b>6</b>	<b>Literatur</b> .....	51
3.2.6	Säureangriff .....	29			
3.2.7	Alkali-Kieselsäure-Reaktion .....	30			
3.2.8	Verschleißbeanspruchung .....	31			
3.2.9	Fazit .....	31			

<b>II</b>	<b>Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau</b> .....	59
	Hubert Bachmann, Mathias Tillmann, Susanne Urban	
<b>1</b>	<b>Einführung in den Betonfertigteilebau</b> . 61	3.4.3
1.1	Vorteile der Werksfertigung. .... 61	Überschlagsformeln zur
1.2	Geschichtliche Entwicklung . . . . . 63	Vordimensionierung. .... 112
1.3	Normen und Regelwerke . . . . . 65	3.5
1.3.1	Europäische Produktnormung . . . . . 65	Nachweis der aussteifenden Bauteile. 114
1.3.2	Liste technischer Regelwerke. .... 70	3.6
1.3.2.1	Allgemeines . . . . . 70	Konstruktive Durchbildung . . . . . 115
1.3.2.2	Nationale Normen . . . . . 70	3.6.1
1.3.2.3	Europäische Normen . . . . . 72	Deckenscheiben . . . . . 115
1.3.2.4	Internationale Normen. .... 77	3.6.2
1.3.2.5	Richtlinien des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAFStb) . 77	Wandscheiben . . . . . 115
1.3.2.6	Technische Regeln des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) . . . . . 77	
1.3.2.7	Merkblätter. . . . . 78	<b>4</b>
1.3.2.8	Europäische Verordnungen . . . . . 79	<b>Bauteile des Betonfertigteilebaus.</b> . . . . 116
1.3.2.9	Sonstige Regelwerke . . . . . 79	4.1
<b>2</b>	<b>Entwerfen von Fertigteilebauten</b> . . . . . 79	Allgemeines . . . . . 116
2.1	Allgemeines . . . . . 79	4.2
2.2	Toleranzen und Passungs- berechnungen . . . . . 82	Decken- und Dachplatten. .... 117
2.2.1	Allgemeines . . . . . 82	4.2.1
2.2.2	Toleranznormen . . . . . 82	Allgemeines . . . . . 117
2.2.3	Passungsberechnungen . . . . . 86	4.2.2
2.3	Herstellung. .... 88	Vollplatten . . . . . 117
2.4	Transport und Montage . . . . . 91	4.2.3
2.4.1	Allgemeines . . . . . 91	Hohlplatten. .... 117
2.4.2	Transport . . . . . 91	4.2.3.1
2.4.3	Montage . . . . . 93	Allgemeines . . . . . 117
2.5	Nachhaltigkeit . . . . . 95	4.2.3.2
2.6	Beispiele zum Entwurf . . . . . 96	Spannbetonhohlplatten. .... 117
<b>3</b>	<b>Aussteifung von Fertigteilebauten</b> . . . . . 98	4.2.3.3
3.1	Allgemeines . . . . . 98	Stahlbetonhohlplatten . . . . . 120
3.2	Belastungen der Aussteifungs- elemente . . . . . 98	4.2.4
3.2.1	Allgemeines . . . . . 98	Elementdecken. .... 120
3.2.2	Lastfall Wind . . . . . 98	4.2.4.1
3.2.3	Lastfall Lotabweichung . . . . . 100	Allgemeines . . . . . 120
3.2.4	Lastfall Erdbeben . . . . . 101	4.2.4.2
3.2.5	Lastfall Zwang (Schwinden und Temperatur) . . . . . 104	Vorgespannte Elementdecken . . . . . 121
3.3	Tragelemente zur Aussteifung . . . . . 105	4.2.5
3.3.1	Typische Aussteifungselemente. .... 105	Deckenplatten mit Stegen (TT-Platten) . . . . . 122
3.3.1.1	Allgemeines . . . . . 105	4.2.6
3.3.1.2	Gegliederte Wandscheiben . . . . . 105	Sonstige Deckensysteme . . . . . 123
3.3.1.3	Scheiben mit großen Öffnungen . . . . . 106	4.3
3.3.1.4	Rahmen und Verbände. .... 106	Balken . . . . . 123
3.3.1.5	Räumliche Systeme . . . . . 106	4.3.1
3.3.1.6	Aus Fertigteilen zusammengesetzte Scheiben . . . . . 107	Pfetten, Riegel, Unterzüge . . . . . 123
3.3.2	Anordnung der Aussteifungs- elemente . . . . . 108	4.3.2
3.4	Verteilung der Horizontallasten. .... 112	Dachbinder. .... 125
3.4.1	Allgemeines . . . . . 112	4.4
3.4.2	Allgemeine Vorgehensweise . . . . . 112	Stützen . . . . . 128
		4.5
		Wände . . . . . 130
		4.5.1
		Allgemeines . . . . . 130
		4.5.2
		Elementwände . . . . . 131
		4.6
		Fundamente . . . . . 132
		4.6.1
		Allgemeines . . . . . 132
		4.6.2
		Angeformte Fundamente . . . . . 132
		4.6.3
		Köcher- und Blockfundamente . . . . . 133
		4.6.3.1
		Allgemeines . . . . . 133
		4.6.3.2
		Köcherfundamente. .... 133
		4.6.3.3
		Blockfundamente . . . . . 135
		4.6.4
		Sonstige Fundamentarten. .... 136
		<b>5</b>
		<b>Knotenpunkte des Beton- fertigteilebaus</b> . . . . . 137
		5.1
		Allgemeines . . . . . 137
		5.2
		Deckenplatten-Auflager . . . . . 138
		5.2.1
		Spannbetonhohlplatten. .... 138
		5.2.2
		TT-Platten . . . . . 138
		5.3
		Pfetten-Auflager . . . . . 138
		5.4
		Binder-Auflager . . . . . 140
		5.5
		Unterzug-Auflager . . . . . 142
		5.6
		Wandplatten-Auflager . . . . . 142
		5.7
		Balkonplatten . . . . . 144
		5.8
		Treppenaufleger . . . . . 145
		5.9
		Stütze/Fundament . . . . . 146
		<b>6</b>
		<b>Einzelfragen zur Bemessung</b> . . . . . 148
		6.1
		Allgemeines . . . . . 148
		6.2
		Druckfugen und Teilflächenbelastung 149
		6.3
		Lagerung . . . . . 150
		6.3.1
		Allgemeines . . . . . 150

6.3.2	Elastomerlager	150	6.12.4	Sonstiges	188
6.3.3	Technische Regelwerke zu Elastomerlagern	151	6.13	Querkräfte in Deckenplatten	188
6.3.4	Ansätze zur Bemessung von Elastomerlagern	151	6.14	Ausgeklinkte Auflager	191
6.3.5	Horizontalkräfte	152	6.14.1	Allgemeines	191
6.3.6	Dimensionierung der Lagerung	152	6.14.2	Bemessung	192
6.3.7	Bemessung und Konstruktion der Lagerung	153	6.15	Konsolen	195
6.4	Stützenstöße	157	6.15.1	Allgemeines	195
6.4.1	Allgemeines	157	6.15.2	Bemessung	195
6.4.2	Stützenstoß im Mörtelbett	157	6.15.2.1	Allgemeines	195
6.4.2.1	Allgemeines	157	6.15.2.2	Nachweis nach <i>Steinle</i>	196
6.4.2.2	Mörtelbett mit Stirnflächen- bewehrung	158	6.15.2.3	Nachweis nach DAFStb-Heft 600	197
6.4.2.3	Mörtelbett mit Stahlplatte	159	6.15.2.4	Nachweis nach <i>Reineck</i>	197
6.4.3	Stützenstoß mit verformbaren Fugenmaterialien	159	6.15.2.5	Nachweis nach <i>Fingerloos</i>	198
6.4.4	Biegesteife Stöße	160	6.15.2.6	Zusammenfassung	199
6.4.5	Stützenstöße mit hochfestem Betonstahl	160	6.15.2.7	Vergleich zwischen den Nachweisen	199
6.5	Wand-Decken-Verbindungen	163	6.15.3	Bauliche Durchbildung	201
6.6	Scherbolzen	164	6.15.4	Exzentrisch belastete Konsolen	202
6.6.1	Allgemeines	164	6.15.5	Trägerkonsolen	202
6.6.2	Große Randabstände $a_{\parallel} \geq 8\varnothing_B$ bzw. $a_{\perp} \geq 8\varnothing_B$	165	6.15.6	Nachträglich angeschlossene Konsolen	204
6.6.2.1	Stahlversagen	165	6.16	Nachweis der Kippsicherheit	205
6.6.2.2	Betonversagen	166	6.16.1	Allgemeines	205
6.6.3	Geringe Randabstände $a_{\parallel} < 8\varnothing_B$ bzw. $a_{\perp} < 8\varnothing_B$	166	6.16.2	Vereinfachte Kippnachweise	205
6.6.3.1	Stahlversagen	166	6.16.3	Rechnerische Nachweise	206
6.6.3.2	Betonversagen	166	6.16.3.1	Allgemeines	206
6.6.4	Weitere Hinweise zu Scherbolzen	167	6.16.3.2	Verfahren nach <i>Stiglat</i>	208
6.7	Schweißverbindungen	167	6.16.3.3	Verfahren nach <i>König/Pauli</i>	208
6.8	Schraub- und Muffenverbindungen	171	6.16.3.4	Verfahren nach <i>Mehlhorn/Röder</i> und <i>Rafla</i>	210
6.9	Sonstige Verbindungsmittel	171	6.16.4	Nachweis der Auflager	211
6.10	Transportanker	174	6.17	Brandschutzbemessung	212
6.10.1	Allgemeines	174	6.17.1	Allgemeines	212
6.10.2	Einwirkungen	175	6.17.2	Grundlagen der Brandschutz- bemessung	213
6.10.2.1	Allgemeines	175	6.17.2.1	Allgemeines	213
6.10.2.2	Abheben mit Schalungshaftung	175	6.17.2.2	Bemessung nach DIN EN 1992-1-2	213
6.10.2.3	Aufrichten	175	6.17.2.3	Bemessung nach DIN 4102-4	214
6.10.2.4	Heben unter Schrägzug	175	6.17.3	Stahlbeton- und Spannbetonbalken	215
6.10.3	Ermittlung des zulässigen Trag- widerstands	176	6.17.4	Stahlbeton-Konsolen	215
6.10.4	Weitere Hinweise für die Bemessung	177	6.17.5	Stahlbetonstützen	217
6.10.5	Konsequenzen aus der Maschinen- richtlinie	178	6.17.5.1	Rechnerische Ermittlung	217
6.10.6	Inkompatibilität von Transport- ankersystemen	178	6.17.5.2	Tabellenwerte	217
6.11	Schubkraftübertragung in Fugen	178	6.17.6	Brandwände	218
6.11.1	Allgemeines	178	6.17.7	Putzbekleidungen	219
6.11.2	Bemessung	178	6.17.8	Hochfeste Betone	219
6.11.3	Oberflächenkategorien	181	6.17.9	Anschlüsse, Fugen und Verbindungen	219
6.11.4	Ermüdung	182	6.17.9.1	Allgemeines	219
6.11.5	Bauliche Durchbildung	183	6.17.9.2	Fugen zwischen Fertigteileplatten	220
6.12	Decken- und Wandscheiben	184	6.17.9.3	Fugen zwischen Wänden (ohne Brandwände)	220
6.12.1	Allgemeines	184	6.17.9.4	Fugen zwischen Brandwänden	221
6.12.2	Deckscheiben	184	6.17.9.5	Anschlüsse von Brandwänden an Stahlbetonbauteile	221
6.12.3	Wandscheiben	187	6.18	Vorspannung im sofortigen Verbund	223
			6.18.1	Allgemeines	223
			6.18.2	Betondeckung	223
			6.18.3	Vorspanngrad	223
			6.18.4	Spannkraftverluste	224
			6.18.5	Dekompression	225

6.18.6	Begrenzung der Spannungen . . . . .	226	7.7.4	Beton mit Glaszuschlag . . . . .	254
6.18.7	Übertragung und Verankerung der Vorspannung . . . . .	226	7.7.5	Glas-Beton-Verbund. . . . .	254
6.18.8	Spaltzug und Stirnzug. . . . .	227	7.8	Bauphysik . . . . .	254
<b>7</b>	<b>Fassaden aus Betonfertigteilen. . . . .</b>	<b>228</b>	7.8.1	Energetische Betrachtungen und Wärmeschutz . . . . .	254
7.1	Allgemeines . . . . .	228	7.8.1.1	Allgemeines . . . . .	254
7.2	Entwurf . . . . .	229	7.8.1.2	Wärmebrücken. . . . .	255
7.3	Oberflächen . . . . .	231	7.8.1.3	Sommerlicher Wärmeschutz . . . . .	259
7.3.1	Allgemeines . . . . .	231	7.8.2	Feuchtigkeitsschutz . . . . .	260
7.3.2	Sichtbeton und Architekturbeton . . . . .	232	7.9	Ausführungsbeispiele. . . . .	260
7.3.3	Gestaltung durch die Schalung . . . . .	233	7.9.1	Züblin-Haus in Stuttgart . . . . .	260
7.3.3.1	Allgemeines . . . . .	233	7.9.2	Gemeindezentrum in Mannheim- Neuhermsheim. . . . .	261
7.3.3.2	Glatte Schalungen . . . . .	233	7.9.3	Bürogebäude Ohligsmühle in Wuppertal. . . . .	263
7.3.3.3	Strukturschalung . . . . .	233	7.9.4	Tour Total in Berlin . . . . .	264
7.3.4	Nachträglich bearbeitete Oberflächen . . . . .	233	7.9.5	ROC Mondriaan in Den Haag . . . . .	264
7.3.5	Witterungsverhalten. . . . .	234	7.9.6	Deutsche Bank in Berlin . . . . .	264
7.3.5.1	Allgemeines . . . . .	234	7.9.7	Eastsite in Mannheim. . . . .	265
7.3.5.2	Planung . . . . .	234	<b>8</b>	<b>Herstellung. . . . .</b>	<b>266</b>
7.3.5.3	Oberflächenschutz, Pflege und Wartung . . . . .	235	8.1	Herstellungsverfahren . . . . .	266
7.4	Fugenabdichtung . . . . .	236	8.1.1	Allgemeines . . . . .	266
7.5	Betonsandwichelemente . . . . .	237	8.1.2	Ortsfeste Fertigung . . . . .	267
7.5.1	Allgemeines . . . . .	237	8.1.2.1	Allgemeines . . . . .	267
7.5.2	Abmessungen und Schichtdicken . . . . .	238	8.1.2.2	Stabförmige Bauteile . . . . .	267
7.5.3	Verbindungsmittel . . . . .	239	8.1.2.3	Schalungen für TT-Platten . . . . .	267
7.5.4	Einwirkungen. . . . .	241	8.1.2.4	Schalungen für Spannbetonbinder . . . . .	269
7.5.4.1	Allgemeines . . . . .	241	8.1.2.5	Schalungstische . . . . .	269
7.5.4.2	Transport- und Montagezustände . . . . .	242	8.1.2.6	Batterieschalungen. . . . .	269
7.5.4.3	Temperatur. . . . .	242	8.1.2.7	Schalungsbahnen . . . . .	269
7.5.4.4	Schwinden . . . . .	244	8.1.3	Umlauffertigung. . . . .	271
7.5.5	Bemessung . . . . .	246	8.2	Betone im Fertigteilbau . . . . .	272
7.5.5.1	Allgemeines . . . . .	246	8.2.1	Allgemeines . . . . .	272
7.5.5.2	Vorsatzschicht . . . . .	246	8.2.2	Frischbeton. . . . .	273
7.5.5.3	Tragschicht. . . . .	246	8.2.3	Festbeton . . . . .	274
7.5.5.4	Verbindungsmittel . . . . .	246	8.2.4	Ultrahochfester Beton . . . . .	274
7.5.6	Verformungen . . . . .	247	8.2.5	Selbstverdichtender Beton . . . . .	276
7.5.7	Rissverhalten . . . . .	248	8.2.6	Faserbetone . . . . .	276
7.5.8	Bauliche Durchbildung . . . . .	248	8.2.7	Textilbeton . . . . .	277
7.5.8.1	Eckausbildung . . . . .	248	8.3	Nachbehandlung und Wärme- behandlung. . . . .	279
7.5.8.2	Dämmstoffe . . . . .	249	8.4	Bewehrung . . . . .	281
7.5.8.3	Folien . . . . .	249	8.4.1	Betonstahl . . . . .	281
7.6	Vorgehängte Fassadenplatten. . . . .	250	8.4.2	Spannstahl . . . . .	282
7.6.1	Großformatige vorgehängte Fassadenplatten . . . . .	250	8.4.3	Nichtmetallische Bewehrung . . . . .	282
7.6.1.1	Allgemeines . . . . .	250	8.4.4	Bewehrungszeichnungen . . . . .	282
7.6.1.2	Hinterlüftete Fassaden . . . . .	250	8.4.5	Ausführung . . . . .	285
7.6.1.3	Befestigung und Verankerung . . . . .	250	8.5	Vorspannung . . . . .	285
7.6.1.4	Einwirkungen. . . . .	251	8.5.1	Allgemeines . . . . .	285
7.6.2	Kleinformatige vorgehängte Fassadenplatten . . . . .	251	8.5.2	Ausführungsunterlagen . . . . .	286
7.6.2.1	Allgemeines . . . . .	251	8.5.3	Herstellung. . . . .	288
7.6.2.2	Befestigung und Verankerung . . . . .	251	8.6	Qualitätssicherung . . . . .	291
7.6.2.3	Einwirkungen und Bemessung . . . . .	253	8.6.1	Allgemeines . . . . .	291
7.7	Weitere Entwicklungen für Betonfassaden . . . . .	253	8.6.2	Werkseigene Produktionskontrolle (WPK) . . . . .	291
7.7.1	Textilbeton . . . . .	253	8.6.3	Fremdüberwachung . . . . .	292
7.7.2	Fotobeton . . . . .	253	8.6.4	Zertifizierung und Kennzeichnung . . . . .	292
7.7.3	Lichtdurchlässiger Beton . . . . .	254	<b>9</b>	<b>Literatur . . . . .</b>	<b>293</b>

<b>III Ressourceneffizientes Bauen mit Betonfertigteilen</b>		
	<b>Material – Struktur – Herstellung</b> .....	305
	Benjamin Kromoser	
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	307
<b>2</b>	<b>Material: Ökologische Eigenschaften von bewehrten Betonbauteilen</b> .....	310
2.1	Allgemeines zur Lebenszyklusanalyse .....	310
2.2	Beton .....	312
2.2.1	Allgemeines .....	312
2.2.2	Einfluss der Zementart- und Menge .....	312
2.2.3	Einfluss der Betonzusammensetzung bei Normalbeton und UHPC .....	317
2.2.4	CO <sub>2</sub> -Wiederaufnahme während der Nutzungsphase und des Rückbaus .....	319
2.3	Bewehrung .....	319
2.3.1	Bewehrungsstahl .....	320
2.3.2	Nichtmetallische Bewehrung .....	321
<b>3</b>	<b>Struktur und Fügung: Optimierungsstrategien für Betonfertigteile</b> .....	326
3.1	Optimierung der Struktur .....	326
3.1.1	Optimierung der äußeren Struktur (Topologie- und Formoptimierung) .....	326
3.1.2	Optimierung der inneren Struktur .....	329
3.2	Fügung von Betonfertigteilen .....	330
3.3	Studie zur Interaktion Material – Struktur – Herstellung, aktuelle Ergebnisse und zukünftige Entwicklungen .....	331
3.3.1	Entwicklungsstufe 1 .....	331
3.3.2	Entwicklungsstufe 2 .....	334
3.3.3	Entwicklungsstufe 3 .....	335
3.3.4	Entwicklungsstufe 4 .....	336
	3.3.5 Entwicklungsstufe 5 .....	337
	3.3.6 Detailuntersuchungen zum Einfluss von Vorspannung des CFK-Stabs .....	338
<b>4</b>	<b>Herstellung: (Automatisierte) Produktion von Betonfertigteilen</b> .....	338
4.1	Produktivität am Bausektor .....	339
4.2	Herstellungsmethoden von Betonfertigteilen .....	339
4.2.1	Massenfertigung von Betonfertigteilen .....	340
4.2.2	Herstellung von individuellen Betonfertigteilen und Kleinserien .....	340
4.2.3	Stationäre Verfahren mit fester Einzelschalung .....	341
4.2.4	Fließfertigung oder Umlauffertigung .....	341
4.2.5	Extrusionsverfahren .....	342
4.2.6	Additive Fertigungsverfahren .....	343
4.3	Herstellungsort von Betonfertigteilen .....	347
<b>5</b>	<b>Vision</b> .....	347
5.1	Automatisierte Planung / Optimierung von Betonfertigteilen .....	347
5.2	Automatisierte Herstellung von ressourceneffizienten Betonfertigteilen .....	347
5.3	Die ressourceneffizienten Gebäude von morgen .....	349
<b>6</b>	<b>Literatur</b> .....	350
<b>IV Holz-Beton-Verbund</b> .....		357
Klaus Holschemacher, Hubertus Kieslich		
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	359
<b>2</b>	<b>Baurechtliche Einordnung der Holz-Beton-Verbundbauweise</b> .....	359
2.1	Deutschland .....	359
2.2	Österreich .....	361
2.3	Schweiz .....	362
<b>3</b>	<b>Geschichtliche Entwicklung der Bauweise</b> .....	362
<b>4</b>	<b>Systematik</b> .....	363
4.1	Ansatz der Gliederung .....	363
4.2	Monolithische Tragschicht .....	364
4.3	Verbindungsmittel .....	365
4.3.1	Ermittlung der mechanischen Kennwerte der Verbindung .....	365
4.3.2	Mechanische Verbindungsmittel .....	366
4.3.3	Formschluss .....	368
4.3.4	Geklebte Verbindungen .....	368
<b>5</b>	<b>Wirkungsweise</b> .....	368
5.1	Tragverhalten .....	368
5.2	Modellbildung .....	369
5.2.1	Geschlossene Lösung mittels Differenzialgleichung .....	369
5.2.2	Lineare analytische Näherungsverfahren .....	372
5.2.3	Finite-Elemente-Modelle .....	373
5.2.4	Nichtlineare analytische Näherungsverfahren .....	374
<b>6</b>	<b>Funktionale Anforderungen und rechnerische Nachweisführung</b> .....	375
6.1	Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT) .....	375

6.1.1	Vorbemerkungen . . . . .	375	8.1.1	Vorbemerkungen . . . . .	388
6.1.2	Spannungsnachweise . . . . .	378	8.1.2	Sanierungsaufgaben als wirtschaftlicher Spezialfall . . . . .	388
6.1.3	Tragfähigkeitsnachweis der Verbindungsmitel . . . . .	378	8.1.3	Definition der zu vergleichenden Deckensysteme. . . . .	388
6.2	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG) . . .	379	8.1.4	Kostenstruktur der Deckensysteme . .	389
6.2.1	Nachweis des Verformungs- verhaltens . . . . .	379	8.2	Ökologische Bewertung der verschiedenen Deckensysteme im Vergleich . . . . .	390
6.2.2	Nachweis des Schwingungs- verhaltens . . . . .	379	8.2.1	Vorbemerkungen . . . . .	390
6.3	Nachweis der Feuerwiderstands- dauer . . . . .	380	8.2.2	Diskussion der ökologischen Bewertungskriterien. . . . .	390
6.4	Bauakustische Anforderungen . . . . .	381	8.2.3	Darstellung der Umweltindikatoren für die Deckensysteme . . . . .	390
<b>7</b>	<b>Besondere Anforderungen an HBV-Decken, konstruktive Hinweise</b> . . . . .	<b>382</b>	<b>9</b>	<b>Anwendungsbeispiele</b> . . . . .	<b>393</b>
7.1	Einwirkungen infolge unter- schiedlichen Schwindverhaltens . . . . .	382	9.1	Vorbemerkungen . . . . .	393
7.2	Quertragwirkung . . . . .	383	9.2	Sanierung von Holzbalkendecken . . .	393
7.3	Feuchtschutz des Holzes . . . . .	385	9.3	Neubau von Geschossdecken . . . . .	395
7.4	Bauseitige Betonage des Obergurts . .	387	9.4	Brückenbau . . . . .	398
7.5	Negative Momentenbeanspruchung . .	387	<b>10</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> . . . .	<b>401</b>
<b>8</b>	<b>Wirtschaftliche und ökologische Bewertung der Technologie</b> . . . . .	<b>388</b>	<b>11</b>	<b>Literatur</b> . . . . .	<b>402</b>
8.1	Die Wirtschaftlichkeit von Stahl- beton-, HBV- und Holzbalkendecken im Vergleich . . . . .	388	<b>Anhang: Berechnung einer HBV-Decke</b> . . . . .		<b>411</b>
<b>V</b>	<b>Elementbauweise mit Gitterträgern</b> . . . . .	<b>421</b>			
Johannes Furche, Ulrich Bauermeister					
<b>1</b>	<b>Einführung</b> . . . . .	<b>423</b>	3.1.5.2	Kragarme . . . . .	463
<b>2</b>	<b>System</b> . . . . .	<b>424</b>	3.1.5.3	Stoßen von Gitterträgergurten . . . . .	463
2.1	Systementwicklung und Grundlagen .	424	3.1.5.4	Sonderkonstruktionen . . . . .	465
2.2	Gitterträger . . . . .	428	3.2	Endzustand . . . . .	469
2.2.1	Entwicklung von Gitterträgern . . . . .	428	3.2.1	Grundlagen der Bemessung . . . . .	469
2.2.2	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen und allgemeine Bauart- genehmigungen . . . . .	430	3.2.1.1	Monolithische Tragwirkung . . . . .	469
2.2.3	Materialeigenschaften der Gitterträger . . . . .	433	3.2.1.2	Drillsteifigkeit von Elementdecken . .	469
2.2.3.1	Zulassung und Norm . . . . .	433	3.2.1.3	Bemessung mit der Finite-Elemente- Methode (FEM) . . . . .	473
2.2.3.2	Gitterträger nach DIN 488 Betonstahl . . . . .	433	3.2.1.4	Gebrauchszustand von Element- decken . . . . .	475
2.2.3.3	Gitterträger nach Zulassung/ Bauartgenehmigung . . . . .	438	3.2.1.5	Normenregelungen zur Bemessung und Konstruktion . . . . .	478
<b>3</b>	<b>Elementdecken</b> . . . . .	<b>441</b>	3.2.2	Biegebemessung . . . . .	479
3.1	Montagezustand . . . . .	441	3.2.2.1	Querschnittsbemessung . . . . .	479
3.1.1	Grundlagen . . . . .	441	3.2.2.2	Bemessungsverfahren und Momentenumlagerung . . . . .	479
3.1.2	Bemessung . . . . .	445	3.2.3	Querkraftbemessung . . . . .	482
3.1.3	Verstärkte Gitterträger . . . . .	453	3.2.3.1	Grundlagen und Modelle . . . . .	482
3.1.4	Bemessungsbeispiel . . . . .	459	3.2.3.2	Schubkraftübertragung in Verbundfugen . . . . .	483
3.1.5	Besondere Aspekte der Anwendung .	462	3.2.3.3	Querkraftnachweis . . . . .	491
3.1.5.1	Biegetragverhalten bei gezogenem Gitterträgerobergurt . . . . .	462	3.2.3.4	Bemessungsbeispiele und Bemessungshilfen . . . . .	494
			3.2.4	Konstruktion . . . . .	507
			3.2.4.1	Verbundbewehrung . . . . .	507



3.2.4.2	Querkraftbewehrung . . . . .	507	4.3.5	Stahlbetonrippendecken . . . . .	558
3.2.4.3	Plattendicken und Randbewehrung ..	508	4.3.6	Plattenbalkendecken. . . . .	558
3.2.4.4	Auflager . . . . .	509	4.3.7	Bemessungshilfen . . . . .	559
3.2.4.5	Bewehrungsstöße . . . . .	513			
3.2.5	Durchstanzen . . . . .	517	<b>5</b>	<b>Elementwände . . . . .</b>	<b>573</b>
3.2.5.1	Bemessungskonzept. . . . .	517	5.1	System . . . . .	573
3.2.5.2	Durchstanzen von Elementdecken . .	519	5.2	Montagezustand . . . . .	574
3.2.5.3	Filigran <sup>®</sup> -Durchstanzbewehrung		5.3	Endzustand . . . . .	580
	FDB . . . . .	520	5.3.1	Bemessungsgrundlagen . . . . .	580
3.2.6	Nicht vorwiegend ruhende		5.3.2	Gelenkig gelagerte Wände . . . . .	581
	Einwirkung. . . . .	531	5.3.3	Biegesteife Anschlüsse. . . . .	584
3.2.6.1	Grundlagen. . . . .	531	5.3.4	Nicht vorwiegend ruhende	
3.2.6.2	Elementdecken bei Linienlagerung ..	532		Einwirkung. . . . .	584
3.2.6.3	Durchstanzen bei Ermüdungs-		5.3.5	Konstruktion . . . . .	586
	beanspruchung . . . . .	542	5.4	Wasserundurchlässige	
3.2.7	Elementdecken mit integrierten			Betonbauwerke. . . . .	588
	Leitungen . . . . .	547	5.4.1	Elementwandlängen und	
3.2.7.1	Stahlbetonplatten ohne Schub-			Bewehrung . . . . .	588
	bewehrung . . . . .	547	5.4.2	Elementwände nach WU-Richtlinie. .	590
3.2.7.2	Gitterträger als örtliche		5.4.3	Ausführung als WU-Konstruktion. . .	593
	Querkräftzulage . . . . .	549	5.5	Kerngedämmte Elementwände . . . .	595
			5.5.1	System und Gitterträger . . . . .	595
<b>4</b>	<b>Balken-, Rippen- und</b>		5.5.2	Konstruktion und Bemessung . . . . .	597
	<b>Plattenbalkendecken . . . . .</b>	<b>551</b>	5.5.3	Wärmedämmung und Wärme-	
4.1	System . . . . .	551		durchlasswiderstände. . . . .	598
4.2	Montagezustand . . . . .	552	<b>6</b>	<b>Sonderkonstruktionen . . . . .</b>	<b>599</b>
4.3	Endzustand. . . . .	553	<b>7</b>	<b>Zusammenfassung . . . . .</b>	<b>599</b>
4.3.1	Grundlagen. . . . .	553	<b>8</b>	<b>Literatur . . . . .</b>	<b>599</b>
4.3.2	Bewehrung und Konstruktion . . . . .	554			
4.3.3	Zulagebewehrung. . . . .	556			
4.3.4	Balkendecken. . . . .	558			

<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>XXI</b>
---------------------------------------	------------

# Inhaltsverzeichnis

## 2

<b>VI</b>	<b>Integralbrücken – Tragverhalten und Anregungen zur Bemessung einschließlich Integralisierung von Bestandsbrücken</b> . . . . .	607
	Nguyen Viet Tue, Regina Della Pietra, Michael Mayer	
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	609
1.1	Vorbemerkungen . . . . .	609
1.2	Unterscheidung zwischen den Brückentypen . . . . .	610
1.2.1	Konventionelle Brücke . . . . .	610
1.2.2	Integralbrücke . . . . .	610
1.2.3	Semi-Integralbrücke . . . . .	611
1.3	Zusammenarbeit zwischen Tragwerksplaner und Geotechniker . . . . .	611
1.4	Stand der Technik bei der Planung von Integralbrücken . . . . .	612
1.4.1	Berücksichtigung des mobilisierten Erddrucks . . . . .	612
1.4.2	Berücksichtigung der Zwangbeanspruchungen . . . . .	614
1.4.3	Konstruktive Ausbildung im Übergangsbereich Bauwerk/Straße . . . . .	614
<b>2</b>	<b>Hinweise für den Entwurf von Integralbrücken</b> . . . . .	614
2.1	Allgemeines Verhalten der Integralbrücke . . . . .	614
2.2	Allgemeine Hinweise . . . . .	616
2.3	Querschnitt . . . . .	617
2.4	System und Schlankheit . . . . .	617
2.5	Schiefe im Grundriss . . . . .	618
2.6	Krümmung im Grundriss und Aufriss . . . . .	618
2.7	Steifigkeit des Überbaus und des Baugrundes . . . . .	618
2.8	Konstruktive Ausbildung im Übergangsbereich Bauwerk/Straße . . . . .	618
2.9	Bedeutung der Hinterfüllung . . . . .	619
2.10	Besonderheiten bei der Anwendung von Vorspannung . . . . .	619
<b>3</b>	<b>Lastansätze bei Integralbrücken</b> . . . . .	619
3.1	Allgemeines . . . . .	619
3.2	Temperatureinwirkungen . . . . .	620
3.2.1	Konstanter Temperaturanteil $\Delta T_N$ im Überbau . . . . .	620
3.2.2	Konstanter und linear veränderlicher Temperaturunterschied zwischen verschiedenen Bauteilen . . . . .	620
3.2.3	Veränderlicher Temperaturanteil $\Delta T_{M,heat}$ bzw. $\Delta T_{M,cool}$ im Überbau . . . . .	621
3.2.4	Überlagerungen von konstanten und veränderlichen Temperaturanteilen . . . . .	621
3.3	Erddruck und Setzungen . . . . .	622
3.3.1	Tragwerksverkürzung (Winterfall) . . . . .	622
3.3.2	Tragwerksausdehnung (Sommerfall) . . . . .	622
3.3.3	Setzungen . . . . .	624
3.4	Kriechen und Schwinden . . . . .	625
3.5	Verkehrslastmodelle . . . . .	625
3.6	Lastfallkombinationen . . . . .	625
3.6.1	Überlagerung von Temperatur und Erddruck . . . . .	625
3.6.2	Überlagerung von frühem und spätem Zwang . . . . .	626
<b>4</b>	<b>Zwangbeanspruchungen</b> . . . . .	626
4.1	Einflussgrößen . . . . .	626
4.2	Einfluss der Nachgiebigkeit des Bodens . . . . .	627
4.3	Variation der horizontalen Baugrundsteifigkeit . . . . .	628
4.4	Verhältnis der Steifigkeit von Überbau/Widerlagerwand . . . . .	628
4.5	Einfluss der Höhe der Widerlagerwand . . . . .	629
4.6	Schiefe im Grundriss . . . . .	629
4.7	Abbau der Zwangskraft infolge der Rissbildung . . . . .	633
4.8	Abbau der Zwangskraft durch Kriechen . . . . .	634
4.9	Abbau der Zwangskraft infolge plastischer Verformung . . . . .	635
<b>5</b>	<b>Modellierung zur Ermittlung der Schnittgrößen</b> . . . . .	638
5.1	Allgemeines . . . . .	638
5.2	Modellierung mit Faltwerken bzw. kombinierten Stab-/Faltwerkmodellen . . . . .	638
5.3	Berücksichtigung von Bauphasen . . . . .	639
5.4	Berücksichtigung der Bodensteifigkeit . . . . .	641
5.4.1	Flachgründungen . . . . .	641
5.4.2	Tiefgründungen . . . . .	642

<b>6</b>	<b>Bemessung und konstruktive Ausbildung</b> . . . . . 643	<b>8</b>	<b>Integralisierung bestehender Bauwerke</b> . . . . . 662
6.1	Allgemeines . . . . . 643	8.1	Allgemeines . . . . . 662
6.2	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit . . . . . 643	8.2	Vereinfachungen bei der Modellierung . . . . . 663
6.3	Grenzzustand der Tragfähigkeit und Ermüdung . . . . . 645	8.3	Zwangschnittgrößen und Schnittgrößenumlagerung . . . . . 663
6.3.1	Allgemeines . . . . . 645	8.4	Materialeigenschaften . . . . . 664
6.3.2	Stabwerkmodelle im Rahmen der Bemessung . . . . . 646	8.5	Bemessung der Rahmenecke . . . . . 664
6.4	Ermüdung . . . . . 651	8.5.1	Nachweise für das schließende Moment . . . . . 664
6.5	Oberflächenbewehrung . . . . . 651	8.5.2	Nachweise für das öffnende Moment . . . . . 665
6.6	Mindestbewehrung . . . . . 652	8.6	Sonstige notwendige Nachweise . . . . . 666
6.7	Dauerhaftigkeit . . . . . 653	8.6.1	Nachweise für den Widerlagerfuß . . . . . 666
<b>7</b>	<b>Übergangskonstruktion und Entwässerung</b> . . . . . 653	8.6.2	Nachweise für die Feldmitte . . . . . 666
7.1	Allgemeines . . . . . 653	8.7	Konstruktive Durchbildung . . . . . 667
7.2	Ausgewählte Lösungsvorschläge für lange Integralbrücken . . . . . 656	8.7.1	Allgemeine Empfehlungen . . . . . 667
7.2.1	Ziehharmonikaplatte . . . . . 656	8.7.2	Rahmenecke ohne Vorsatzschale . . . . . 667
7.2.2	„Roadway joint device“ . . . . . 656	8.7.3	Rahmenecke mit Vorsatzschale . . . . . 667
7.2.3	Gummibetonplatte . . . . . 657	8.7.4	Semi-integrale Lösung . . . . . 669
7.2.4	UHPFRC-Platte . . . . . 659	<b>9</b>	<b>Literatur</b> . . . . . 669
<b>VII</b>	<b>Integrale Betonbauwerke – Hochbau</b> . . . . . 673		
	Josef Taferner, Lukas Gasser, Hannes Fischnaller, Konrad Bergmeister, Manfred Keuser		
<b>1</b>	<b>Einführung</b> . . . . . 675	5.2	Analytische Modellierung des Steifigkeitsverhaltens eines Plattenstreifens . . . . . 729
1.1	Stand der Technik und wissenschaftliche Grundlagen . . . . . 675	5.2.1	Verhalten eines Plattenstreifens aus Stahlbeton . . . . . 729
1.2	Begriffsdefinitionen . . . . . 675	5.2.2	Analytische Berechnung der Steifigkeit in Zustand II . . . . . 731
1.3	Vor- und Nachteile fugenloser Bauten . . . . . 677	5.2.3	Näherungen . . . . . 734
<b>2</b>	<b>Zwangeinwirkungen und Bewertung von Zwangsauswirkungen</b> . . . . . 679	5.3	Numerische Untersuchungen des Verhaltens eines Plattenstreifens . . . . . 737
2.1	Zwangerzeugende Einwirkungen . . . . . 679	5.4	Tragwerk und Boden . . . . . 739
2.2	Auswirkungen der Zwangsbeanspruchungen . . . . . 686	<b>6</b>	<b>Bemessung und konstruktive Durchbildung</b> . . . . . 748
2.2.1	Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit . . . . . 686	6.1	Ingenieurmäßige Bestimmung der Zwangeinwirkung . . . . . 748
2.2.2	Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit . . . . . 688	6.1.1	Einachsrig gespannte Platten . . . . . 748
2.2.2.1	Begrenzung der Rissbreiten . . . . . 688	6.1.2	Zweiachsrig gespannte Platten . . . . . 758
2.2.2.2	Begrenzung der Verformungen . . . . . 694	6.2	Nachweise im GZT . . . . . 759
<b>3</b>	<b>Einflüsse auf zentrische Zwangsbeanspruchungen</b> . . . . . 697	6.2.1	Biegetragfähigkeit unter Last und Zwang . . . . . 759
<b>4</b>	<b>Tragwerkskonzepte</b> . . . . . 712	6.2.2	Verlust der Querkrafttragfähigkeit . . . . . 759
4.1	Bewegungs- und Dehnfugen . . . . . 712	6.3	Nachweise im GZG . . . . . 760
4.2	Sonderfälle . . . . . 718	6.3.1	Begrenzung der Rissbreite . . . . . 760
<b>5</b>	<b>Modellierung für die statische Berechnung</b> . . . . . 725	6.3.2	Begrenzung der Verformung . . . . . 760
5.1	Numerische nichtlineare Berechnung . . . . . 725	6.3.3	Begrenzung der Spannungen im SLS . . . . . 761
		6.4	Öffnungen und Aussparungen . . . . . 761

6.5	Trag- und Verformungsfähigkeit von Stützen bei großen Zwangverschiebungen der Decken . . . . .	763	7	<b>Fugenlose Fassaden</b> . . . . .	777
6.5.1	Ausgangssituation . . . . .	763	7.1	Erweiterungsbau der Landesberufsschule für Gastgewerbe Savoy, Meran (I) . . . . .	777
6.5.2	Einfluss der Lastgeschichte . . . . .	765	7.2	Neubau Forschungszentrum und Fachschule, Laimburg   Pfatten (I) . . . . .	779
6.5.3	Parameteruntersuchung . . . . .	767	8	<b>Entwurfs- und Konstruktionsempfehlungen</b> . . . . .	784
6.5.4	Einfluss der zyklischen Zwangbeanspruchung . . . . .	770	9	<b>Literatur</b> . . . . .	791
6.5.5	Überlegungen zur Stützenbemessung . . . . .	772			
6.6	Horizontaler Zwang in Wänden . . . . .	773			
<b>VIII</b>	<b>Bemessen mit Stahlfaserbeton</b> . . . . .	797			
	Katharina Look, Vincent Oettel, Peter Heek, Martin Empelmann, Peter Mark				
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	799	4.3	Torsion . . . . .	837
1.1	Stahlfasern in der Bemessung . . . . .	800	4.3.1	Aufnehmbares Torsionsmoment . . . . .	838
1.2	Entwicklung von Vorschriften . . . . .	801	4.3.2	Mindesttorsionsbewehrung . . . . .	840
<b>2</b>	<b>Tragverhalten und Zugfestigkeiten</b> . . . . .	802	4.3.3	Verifikation . . . . .	840
2.1	Mechanisches Tragverhalten . . . . .	802	4.3.3.1	Kriterien zur Auswertung der Datenbank . . . . .	841
2.1.1	Stahlfaserbeton unter Druckbeanspruchung . . . . .	803	4.3.3.2	Ergebnisse der Auswertung . . . . .	841
2.1.2	Stahlfaserbeton unter Zug-/Biegezugbeanspruchung . . . . .	804	4.3.3.3	Fazit . . . . .	842
2.1.3	Einflussfaktoren . . . . .	804	<b>5</b>	<b>Rissbreitenbeschränkung</b> . . . . .	842
2.2	Ermittlung von Zugfestigkeiten . . . . .	807	5.1	Nachweisverfahren . . . . .	844
2.2.1	Einstufungstest . . . . .	808	5.1.1	Rechenwert der Rissbreite . . . . .	844
2.2.2	Statistische Versuchsauswertung . . . . .	809	5.1.2	Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite . . . . .	845
2.2.3	Ableitung einer Spannungs-Dehnungs-Beziehung aus der Last-Verformungs-Beziehung . . . . .	813	5.2	Verifikation . . . . .	845
2.2.4	Umrechnung der Biegezugfestigkeiten in zentrische Zugfestigkeiten . . . . .	814	5.2.1	Datenbank „Rissdaten-Stahlfaserbeton“ . . . . .	845
2.2.5	Rechnerische Berücksichtigung der Faserorientierung . . . . .	816	5.2.2	Annahmen für die weitergehende Aufbereitung der Datensätze . . . . .	846
2.2.6	Ableitung von Bemessungswerten . . . . .	816	5.2.3	Größe und Parameterbereich der verwendeten Datensätze . . . . .	846
2.3	Modell zum Zugtragverhalten . . . . .	822	5.2.4	Auswertungen zur Prognosegenauigkeit des Nachweismodells . . . . .	847
			5.2.5	Fazit . . . . .	849
<b>3</b>	<b>Typische Rezepturen für Stahlfaserbetone</b> . . . . .	825	<b>6</b>	<b>Faserwirkung bei Ermüdungsbeanspruchung</b> . . . . .	849
3.1	Allgemeines . . . . .	825	6.1	Charakterisierung zyklischer Beanspruchungen . . . . .	850
3.2	Inhalte der Datenbank . . . . .	825	6.2	Mechanische Wirkung von Stahlfasern . . . . .	852
3.3	Auswertung . . . . .	827	6.3	Bemessungsansatz und Verifikation . . . . .	854
<b>4</b>	<b>Tragfähigkeitsbemessung</b> . . . . .	828	<b>7</b>	<b>Verhalten bei Brand</b> . . . . .	857
4.1	Biegung mit Längskraft . . . . .	829	<b>8</b>	<b>Bemessungsprogramm</b> . . . . .	858
4.2	Querkraft . . . . .	831	8.1	Grundkonzept der Gleichgewichtsiteration . . . . .	858
4.2.1	Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung . . . . .	834	8.2	Lösungsschemata . . . . .	859
4.2.2	Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung . . . . .	834	8.3	Einstellung der Fasertragwirkung . . . . .	860
4.2.3	Mindestquerkraftbewehrung . . . . .	834	<b>9</b>	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick</b> . . . . .	863
4.2.4	Verifikation . . . . .	835	<b>10</b>	<b>Literatur</b> . . . . .	864
4.2.4.1	Kriterien zur Auswertung der Datenbank . . . . .	836			
4.2.4.2	Ergebnisse der Auswertung . . . . .	836			
4.2.4.3	Fazit . . . . .	837			

<b>IX</b>	<b>Fertigteile und die integralen Bauwerke – Fertigteilbau mit Stahl-UHFB (UHPC)</b> .....	875
	Eugen Brühwiler	
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	877
1.1	Ausgangslage, Terminologie und Abgrenzung.....	877
1.2	Kurzer geschichtlicher Rückblick ...	877
1.3	Regelwerke.....	878
<b>2</b>	<b>Baustoffeigenschaften von UHFB und Stahl-UHFB</b> .....	879
2.1	Definitionen.....	879
2.2	UHFB.....	879
2.2.1	Dauerhaftigkeit.....	879
2.2.2	Frisch-UHFB-Eigenschaften.....	880
2.2.3	Verhalten und Festigkeit unter Zugbeanspruchung.....	880
2.2.4	Verhalten und Festigkeit unter Druckbeanspruchung.....	881
2.2.5	Verformungswerte.....	881
2.2.6	Ermüdung.....	881
2.2.7	Schwinden und Kriechen.....	882
2.2.8	Feuerwiderstand.....	882
2.2.9	Abrasion.....	882
2.2.10	Rückbau und Rezyklierung.....	882
2.3	Eigenschaften von Stahl-UHFB.....	883
2.3.1	Verhalten und Festigkeit unter Zugbeanspruchung.....	883
2.3.2	Tragverhalten im Gebrauchszustand ..	883
2.3.3	Ermüdung.....	884
2.4	Weiterentwicklung des Baustoffs UHFB.....	884
<b>3</b>	<b>Grundsätze des Entwurfs von Tragwerken aus Stahl-UHFB</b> .....	885
3.1	Entwurfsziel: hochleistungsfähig, leicht, multifunktional.....	885
3.2	Grundsätze.....	885
<b>4</b>	<b>Bemessung von Bauteilen und Tragwerken aus Stahl-UHFB</b> .....	886
4.1	Allgemeines.....	886
4.2	Grenzzustand der Tragsicherheit: Bruchnachweis.....	887
4.2.1	Bemessungswert des Trag- widerstands von Bauteilen aus UHFB und Stahl-UHFB.....	887
4.2.1.1	Sicherheitsformat.....	887
4.2.1.2	Charakteristischer Wert der Baustoffeigenschaft.....	887
4.2.1.3	Umrechnungsfaktoren.....	888
4.2.1.4	Widerstandsbeiwert.....	889
4.2.2	Widerstandsmodelle.....	890
4.2.2.1	Biegetragwiderstand.....	890
4.2.2.2	Querkrafttragwiderstand.....	890
4.2.2.3	Druckglieder wie Stützen.....	891
4.2.3	Ermittlung des Bemessungswerts anhand von Versuchen.....	891
4.3	Grenzzustand der Gebrauchsa- tauglichkeit.....	891
4.4	Grenzzustand der Tragsicherheit: Ermüdungsnachweis.....	892
4.4.1	Vorgehen.....	892
4.4.2	Bauteile aus Stahl-UHFB.....	892
4.4.3	Bauteilzonen aus UHFB.....	892
<b>5</b>	<b>Konstruktive Durchbildung und Ausführung von Bauteilen aus Stahl-UHFB</b> .....	893
5.1	Konstruktive Durchbildung.....	893
5.2	Ausführung.....	893
5.2.1	Herstellung von UHFB.....	893
5.2.2	Einbau und Nachbehandlung von UHFB.....	893
5.2.3	Eigenschaften der UHFB Oberfläche.....	894
5.2.4	Arbeitssicherheit.....	894
5.3	Qualitätssicherung.....	894
<b>6</b>	<b>Anwendungen</b> .....	894
6.1	Anforderungen und Ziele.....	894
6.2	Zwei Fußgängerbrücken.....	895
6.2.1	Einleitung.....	895
6.2.2	Fußgängerbrücke Martinet.....	895
6.2.3	Fußgängerbrücke Bouveret.....	896
6.3	Bahnbrücke mit kurzer Spannweite ..	898
6.3.1	Entwurf und Bemessung.....	898
6.3.2	Bauausführung und Monitoring.....	899
6.4	Verbundbrücke in alpinem Gelände..	900
6.5	Projekt für den Bau einer Straßenbrücke.....	901
6.6	Projekt für den Bau eines Bahnviadukts.....	902
<b>7</b>	<b>Folgerungen und Ausblick</b> .....	903
<b>8</b>	<b>Literatur</b> .....	903

<b>X</b>	<b>Infraleichtbeton (ILC)</b> .....	907		
	Mike Schlaich, Alex Hückler, Claudia Lösch			
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	909	6.1.2	Bewehrung .....
1.1	Motivation und Überblick .....	909	6.1.3	Duktilität und Versagens-
1.2	Geschichte .....	909		ankündigung .....
1.3	Stand der Forschung .....	910	6.2	Bemessung im Grenzzustand der
				Tragfähigkeit .....
<b>2</b>	<b>Grundlagen zur Herstellung</b> .....	911	6.2.1	Bemessungswert der Beton-
2.1	Unterteilung von Leichtbeton .....	911		druckfestigkeit .....
2.2	Klassifizierung .....	912	6.2.2	Druckbeanspruchung .....
2.3	Ausgangsstoffe .....	912	6.2.3	Biegebeanspruchung .....
2.4	Herstellung .....	914	6.2.4	Querkraft und Torsion .....
2.5	Zusammensetzung, Frisch- und		6.3	Bemessung im Grenzzustand der
	Festbetoneigenschaften .....	914		Gebrauchstauglichkeit .....
2.6	Schalung, Einbau, Nachbehandlung	916	6.3.1	Begrenzung der Spannungen .....
2.7	Hydrophobierung .....	917	6.3.2	Begrenzung der Verformung .....
			6.3.3	Begrenzung der Rissbreiten und
				Mindestbewehrung .....
<b>3</b>	<b>Bauphysikalische Eigenschaften</b> .....	917		
3.1	Wärmeleitfähigkeit/ Wärmedurchgangskoeffizient .....	917	<b>7</b>	<b>Konstruktive Durchbildung</b> .....
3.2	Spezifische Wärmespeicherkapazität	918	7.1	Wände .....
3.3	Wasseraufnahme und Wassereindringtiefe .....	918	7.2	Deckenanschlüsse .....
3.4	Wasserdampfdiffusion .....	919	7.3	Balkone .....
3.5	Frost-Tau-Widerstand .....	919	7.4	Fenster .....
3.6	Schallschutz .....	921	7.5	Fußpunkt .....
3.7	Brandschutz .....	922	7.6	Attika .....
<b>4</b>	<b>Nachhaltigkeit</b> .....	922	<b>8</b>	<b>Ausgewählte ILC-Bauten</b> .....
<b>5</b>	<b>Mechanische Eigenschaften</b> .....	925	8.1	Wohnhaus in Berlin-Pankow .....
5.1	Tragverhalten .....	925	8.2	Small House I .....
5.2	Langzeitverhalten .....	926	8.3	Wohnhaus in Aiterbach .....
5.2.1	Kriechen .....	927	8.4	Jugendfreizeiteinrichtung
5.2.2	Verbundkriechen .....	927		„Betonoase“ in Berlin-Lichtenberg ..
5.2.3	Dauerstandbeiwert .....	928	8.5	ILC Garage .....
5.2.4	Schwinden .....	928	8.6	Ruppiner Landhaus .....
5.3	Verbundverhalten .....	928	8.7	Supermarkt .....
5.4	Riss- und Verformungsverhalten bei Zugbeanspruchung .....	930	8.8	Atelier Albert Oehlen .....
<b>6</b>	<b>Bemessung</b> .....	932	<b>9</b>	<b>Danksagung</b> .....
6.1	Allgemeines .....	932	<b>10</b>	<b>Haftungsausschluss</b> .....
6.1.1	Dauerhaftigkeit .....	932	<b>11</b>	<b>Literatur</b> .....
<b>XI</b>	<b>Nachhaltige Bauwerksverstärkung mit Betonschrauben</b> .....	953		
	Jürgen Feix, Johannes Lechner, Matthias Spiegl, Rupert Walkner			
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	955	2.1.2	Rechnerische Defizite bei
				Bestandstragwerken .....
<b>2</b>	<b>Defizite bei Bestandsbauwerken und</b>	955	2.1.3	Entwicklung des Querkraft-
	<b>Schadensfälle</b> .....	955		nachweises .....
2.1	Tragsicherheitsdefizite bei		2.1.4	Entwicklung des Nachweises gegen
	Bestandsbauwerken .....	955		Durchstanzen .....
2.1.1	Entwicklung der Bemessungslasten		2.1.5	Defizite infolge des Ausfalls von
	im Brückenbau .....	955		Teilen der Biegezugbewehrung .....
			2.2	Schadensfälle .....

<b>3</b>	<b>Anforderungen an ein Verstärkungssystem</b> . . . . .	961	6.5.3.3	Maximale Achsabstände der Verstärkungselemente . . . . .	977
<b>4</b>	<b>Wirkungsweise von Betonschrauben</b> . . . . .	962	6.5.3.4	Minimaler Achsabstand der Verstärkungselemente . . . . .	977
4.1	Tragwirkung der Betonschraubanker . . . . .	962	6.5.3.5	Minimaler Randabstand der Verstärkungselemente . . . . .	978
4.1.1	Verbundankerschrauben . . . . .	963	6.5.4	Berechnung der erforderlichen Verstärkung . . . . .	978
4.1.2	Verbundversuche mit Verbundankerschrauben . . . . .	963	<b>7</b>	<b>Durchstanzverstärkung</b> . . . . .	979
4.2	Einbau der Betonschrauben . . . . .	964	7.1	Prinzip der Verstärkung . . . . .	979
4.3	Verbundankerschrauben als Verstärkungselement . . . . .	965	7.2	Wissenschaftliche Untersuchungen . . . . .	980
<b>5</b>	<b>Nachträgliche Biegeverstärkung in Verbindung mit Verbundankerschrauben</b> . . . . .	966	7.2.1	Probekörper . . . . .	980
5.1	Prinzip der Verstärkung mit externer Bewehrung . . . . .	966	7.2.2	Versuchsprogramm . . . . .	981
5.2	Untersuchungen zur nachträglichen Biegeverstärkung . . . . .	967	7.2.3	V Versuchsergebnisse . . . . .	983
<b>6</b>	<b>Querkraftverstärkung</b> . . . . .	967	7.2.4	Versagensform . . . . .	985
6.1	Prinzip der Verstärkung . . . . .	967	7.2.5	Schraubendehnungen . . . . .	985
6.2	Wissenschaftliche Untersuchungen . . . . .	968	7.3	Nachweis Konzept . . . . .	987
6.2.1	Versuchskörper und Versuchsaufbau . . . . .	968	7.3.1	Durchstanzwiderstand mit Betonschrauben . . . . .	987
6.2.2	V Versuchsergebnisse . . . . .	968	7.3.2	Bewertung der Zuverlässigkeit des Bemessungsansatzes . . . . .	987
6.2.3	Versagensform . . . . .	969	7.3.3	Beispielrechnung . . . . .	989
6.2.4	Versuche mit zyklischer Belastung . . . . .	970	<b>8</b>	<b>Pilotprojekte</b> . . . . .	994
6.3	Zulassungsversuche . . . . .	971	8.1	Querkraftverstärkung einer Eisenbahnbrücke . . . . .	994
6.3.1	Versuche an Balken . . . . .	971	8.2	Querkraftverstärkung einer 4-feldrigen Plattenbrücke . . . . .	994
6.3.2	Versuche an Plattenstreifen . . . . .	972	8.3	Durchstanzverstärkung einer Plattenbrücke . . . . .	995
6.4	Nachweis Konzept . . . . .	973	8.4	Biege- und Querkraftverstärkung einer Eisenbahnbrücke . . . . .	996
6.5	Beispielberechnung . . . . .	975	8.5	Ertüchtigung des Blocks 34 des Altstadtringtunnels in München . . . . .	997
6.5.1	Vorhandenes System und Materialkennwerte . . . . .	975	<b>9</b>	<b>Zur ökologischen und ökonomischen Bewertung von Verstärkungsmaßnahmen</b> . . . . .	1000
6.5.2	Identifikation der zu verstärkenden Bereiche . . . . .	975	<b>10</b>	<b>Zusammenfassung</b> . . . . .	1002
6.5.3	Wahl der Verstärkungselemente und konstruktive Regelungen . . . . .	976	<b>11</b>	<b>Literatur</b> . . . . .	1003
6.5.3.1	Wahl des Verstärkungselements und der Einbaugeometrie . . . . .	976			
6.5.3.2	Tragfähigkeit der Druckstrebe . . . . .	977			
<b>XII</b>	<b>Geklebte Verstärkung mit CFK-Lamellen und Stahllaschen</b> . . . . .	1007			
	Konrad Zilch, Roland Niedermeier, Wolfgang Finckh				
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	1009	2.3.2	Teil 1: Bemessung und Konstruktion . . . . .	1010
1.1	Zu diesem Beitrag . . . . .	1009	2.3.3	Teil 2: Produkte und Systeme . . . . .	1010
1.2	Verstärkungen mit geklebter Bewehrung . . . . .	1009	2.3.4	Teil 3: Ausführung . . . . .	1011
<b>2</b>	<b>DAfStb-Richtlinie</b> . . . . .	1010	2.3.5	Teil 4: Planung . . . . .	1011
2.1	Entstehung und aktuelle Situation . . . . .	1010	2.4	Sicherheitskonzept . . . . .	1011
2.2	Zukünftige europäische Regelung . . . . .	1010	2.5	Anwendungsgebiet . . . . .	1012
2.3	Aufbau und Inhalt der Richtlinie . . . . .	1010	2.5.1	Zu verstärkendes Bauteil . . . . .	1012
2.3.1	Allgemeines . . . . .	1010	2.5.2	Verstärkungssysteme . . . . .	1012
			2.5.3	Umgebungsbedingungen . . . . .	1013

2.5.4	Brandschutz . . . . .	1013	4.6	Genauere Nachweise . . . . .	1044
2.6	Bezug zu anderen Regelwerken . . . . .	1013	4.6.1	Ermittlung des Rissabstands . . . . .	1044
2.7	Dokumentation und Hilfe für die Praxis . . . . .	1014	4.6.2	Vereinfachter Nachweis am Zwischenrisselement . . . . .	1044
			4.6.2.1	Allgemeines . . . . .	1044
<b>3</b>	<b>Bemessung von Verstärkungen mit aufgeklebten CFK-Lamellen . . . . .</b>	<b>1014</b>	4.6.2.2	Aufnehmbare Lamellenkraftänderung am Zwischenrisselement . . . . .	1045
3.1	Grundlagen . . . . .	1014	4.6.2.3	Nachweis jedes Zwischenrisselements . . . . .	1045
3.2	Nachweis der Biegetragfähigkeit . . . . .	1017	4.6.2.4	Nachweis an den Stellen der größten Kraftänderung (Fließelement) . . . . .	1046
3.3	Verbundnachweis . . . . .	1018	4.6.3	Genauer Nachweis am Zwischenrisselement . . . . .	1048
3.3.1	Grundlage . . . . .	1018	4.6.4	Endverankerungsnachweis . . . . .	1053
3.3.2	Hinweise zur Bestimmung der Lamellenkraft . . . . .	1019	4.6.5	Überprüfung der Biegetragfähigkeit . . . . .	1055
3.3.3	Vereinfachtes Verfahren . . . . .	1020	4.7	Nachweis der Querkrafttragfähigkeit . . . . .	1055
3.3.4	Genaueres Verfahren . . . . .	1021	4.8	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit . . . . .	1056
3.3.4.1	Allgemeines . . . . .	1021	4.9	Konstruktive Durchbildung . . . . .	1056
3.3.4.2	Ermittlung des Rissabstands . . . . .	1023			
3.3.4.3	Genauer Nachweis am Zwischenrisselement . . . . .	1024	<b>5</b>	<b>Bemessung von Verstärkungen mit in Schlitze verklebten CFK-Lamellen . . . . .</b>	<b>1057</b>
3.3.4.4	Vereinfachter Nachweis am Zwischenrisselement . . . . .	1027	5.1	Grundlagen . . . . .	1057
3.3.5	Endverankerungsnachweis . . . . .	1027	5.2	Nachweis der Biegetragfähigkeit . . . . .	1058
3.3.5.1	Allgemeines . . . . .	1027	5.3	Verbundnachweis . . . . .	1058
3.3.5.2	Endverankerungsnachweis an dem, dem Momentennullpunkt nächstgelegenen Biegeriss . . . . .	1027	5.4	Querkraftnachweise . . . . .	1060
3.3.5.3	Verankerungsnachweis an einem beliebigen Zwischenrisselement . . . . .	1029	5.5	Ermüdungsnachweis . . . . .	1061
3.3.5.4	Endverankerungsnachweis mit Bügelumschließung . . . . .	1030	5.6	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit . . . . .	1061
3.4	Querkraftnachweise . . . . .	1031	5.7	Konstruktionsregeln . . . . .	1061
3.4.1	Querkrafttragfähigkeit . . . . .	1031			
3.4.2	Querkraftverstärkung . . . . .	1031	<b>6</b>	<b>Beispiel 2: Verstärkung eines Balkens mit in Schlitze verklebten CFK-Lamellen . . . . .</b>	<b>1062</b>
3.4.3	Endverbügelung zur Vermeidung eines Versatzbruchs . . . . .	1034	6.1	Vorbemerkung . . . . .	1062
3.5	Ermüdungsnachweis . . . . .	1035	6.2	System . . . . .	1062
3.6	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit . . . . .	1035	6.2.1	Allgemeines . . . . .	1062
3.7	Konstruktionsregeln . . . . .	1036	6.2.2	Geometrie . . . . .	1062
3.7.1	Lamellenabstände . . . . .	1036	6.2.3	Belastung . . . . .	1062
3.7.2	Verbügelung . . . . .	1036	6.2.4	Baustoffe . . . . .	1063
3.7.3	Ausbildung der Stahlaschenbügel . . . . .	1036	6.3	Schnittgrößen . . . . .	1064
<b>4</b>	<b>Beispiel 1: Verstärkung einer Platte mit aufgeklebten CFK-Lamellen . . . . .</b>	<b>1038</b>	6.4	Ermittlung der Vordehnung . . . . .	1064
4.1	Vorbemerkung . . . . .	1038	6.5	Nachweis der Biegetragfähigkeit . . . . .	1065
4.2	System . . . . .	1038	6.6	Verbundnachweis . . . . .	1066
4.2.1	Allgemeines . . . . .	1038	6.6.1	Nachweispunkt . . . . .	1066
4.2.2	Geometrie . . . . .	1039	6.6.2	Einwirkende Lamellenkraft . . . . .	1067
4.2.3	Belastung . . . . .	1039	6.6.3	Verbundwiderstand . . . . .	1067
4.2.4	Baustoffe . . . . .	1039	6.6.4	Verbundnachweis . . . . .	1068
4.3	Schnittgrößen . . . . .	1040	6.7	Querkraftnachweise . . . . .	1068
4.4	Ermittlung der Vordehnung . . . . .	1041	6.7.1	Querkrafttragfähigkeit . . . . .	1068
4.4.1	Allgemeines . . . . .	1041	6.7.2	Querkraftverstärkung . . . . .	1069
4.4.2	Ermittlung über das Parabel-Rechteck-Diagramm . . . . .	1041	6.7.3	Verbügelung . . . . .	1070
4.4.3	Ermittlung über die Spannungs-Dehnungs-Linie für den Gebrauchszustand . . . . .	1041	6.7.4	Nachweis gegen Versatzbruchbildung . . . . .	1070
4.4.4	Ermittlung über die Spannungs-Dehnungs-Linie für den Gebrauchszustand . . . . .	1041	6.8	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit . . . . .	1071
4.5	Vereinfachter Nachweis . . . . .	1042	6.9	Konstruktive Durchbildung . . . . .	1071



<b>7</b>	<b>Bemessung von Stützen- verstärkungen durch Umschnürung mit CF-Gelegen</b> . . . . . 1073	8.2	Schnittgrößen . . . . . 1093
7.1	Grundlagen . . . . . 1073	8.3	Ermittlung der allgemeinen Querschnittswerte . . . . . 1093
7.2	Bemessungsrelevante Eigenschaften der CF-Gelege . . . . . 1075	8.4	Randbedingungen . . . . . 1094
7.3	Querschnittstragfähigkeit . . . . . 1077	8.5	Nachweis der Stützentragsfähigkeit . . 1094
7.4	Bauteiltragfähigkeit . . . . . 1080	8.5.1	Kriechen des umschnürten Betons . . 1094
7.5	Kriechen . . . . . 1083	8.5.2	Eigenschaften des Geleges . . . . . 1095
7.6	Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit . . . . . 1084	8.5.3	Querdrukverteilung . . . . . 1095
7.7	Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit . . . . . 1088	8.5.4	Mehrxialer Spannungszustand des Betons . . . . . 1095
<b>8</b>	<b>Beispiel 3: Stützenverstärkung</b> . . . . 1091	8.5.5	Berechnung der Bauteiltrag- fähigkeit . . . . . 1096
8.1	System . . . . . 1091	8.6	Grenzzustand der Gebrauchs- tauglichkeit . . . . . 1099
8.1.1	Allgemeines . . . . . 1091	<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> . . 1100
8.1.2	Belastung . . . . . 1091	<b>10</b>	<b>Literatur</b> . . . . . 1100
8.1.3	Baustoffe . . . . . 1092		

### **XIII Normen und Regelwerke** . . . . . 1107

Frank Fingerloos

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . . 1109	3.3.1	Allgemeines . . . . . 1144
<b>2</b>	<b>Listen und Verzeichnisse</b> . . . . . 1109	3.3.2	Vergussbeton . . . . . 1144
2.1	Technische Baubestimmungen für den Beton- und Stahlbetonbau . . . . 1109	3.3.2.1	Anforderungen an Frischbetoneigenschaften . . . . . 1144
2.2	Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V. (DAfStb): Richtlinien und Hefte . . . . . 1134	3.3.2.2	Anforderungen an Festbetoneigenschaften . . . . . 1145
2.3	Deutscher Beton- und Bautechnik- Verein E. V. (DBV): Merkblätter, Sachstandberichte und Hefte . . . . . 1137	3.3.3	Vergussmörtel . . . . . 1145
2.4	Österreichische Bautechnik Vereinigung (ÖBV): Richtlinien, Merkblätter und Sachstandberichte . . . . . 1139	3.3.3.1	Anforderungen an Frischmörtel-eigenschaften . . . . . 1145
<b>3</b>	<b>DAfStb-Richtlinie Herstellung und Verwendung von zement- gebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel: 2019-07</b> . . . . . 1142	3.3.3.2	Anforderungen an Festmörtel-eigenschaften . . . . . 1145
Inhalt . . . . . 1142		4	Konformitätskontrolle und Konformitätskriterien . . . . . 1146
Vorbemerkung . . . . . 1142		4.1	Konformitätskontrolle für die Druckfestigkeit . . . . . 1146
Änderungen gegenüber der Ausgabe „November 2011“ . . . . . 1142		4.2	Konformitätskriterien für andere Eigenschaften als die Festigkeit . . . 1146
1 Anwendungsbereich . . . . . 1142		5	Herstellung und Produktionskontrolle im Herstellwerk . . . . . 1146
2 Begriffe, Symbole und Abkürzungen . . . . . 1143		5.1	Aufzeichnungen . . . . . 1146
2.1 Begriffe . . . . . 1143		5.1.1	Mischanweisung im Herstellwerk . . 1146
2.2 Symbole und Abkürzungen . . . . . 1143		5.1.2	Sortenverzeichnis/ Produktspezifikation . . . . . 1146
3 Anforderungen . . . . . 1143		5.1.3	Aufgezeichnete Daten und andere Unterlagen aus der Produktions- kontrolle . . . . . 1147
3.1 Anforderungen an das Herstellwerk . . . . . 1143		5.2	Zusammensetzung und Erstprüfung . . . . . 1148
3.2 Anforderungen an die Ausgangsstoffe . . . . . 1143		5.3	Herstellen des Vergussmörtels/ Vergussbetons (Trockengemisch) . . 1148
3.3 Anforderungen an Vergussbeton und Vergussmörtel . . . . . 1144		5.4	Überwachung im Herstellwerk . . . . 1148
		5.4.1	Allgemeines . . . . . 1148
		5.4.2	Werkseigene Produktionskontrolle . . 1148
		5.4.3	Zertifizierung und Regel- überwachung . . . . . 1149

6	Liefen und Lagern	1149	1.2.2	Weitere normative Verweisungen	1165
7	Informationen vom Hersteller für den Verwender	1149	1.3	Annahmen	1165
8	Lieferschein	1149	1.4	Unterscheidungen zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln	1165
9	Verarbeiten und Überwachung auf der Baustelle	1149	1.5	Begriffe	1165
	Normen und Richtlinien	1151	1.5.1	Allgemeines	1165
	Anhang A (normativ): Umfang der Prüfungen an den Ausgangsstoffen, an den technischen Einrichtungen und anderer Angaben im Herstellwerk sowie auf der Baustelle	1152	1.5.2	Besondere Begriffe und Definitionen in dieser Norm	1165
	Anhang B (normativ): Prüfungen an Vergussbeton	1156	1.6	Formelzeichen	1166
	B.1 Herstellung von Vergussbeton	1156	2	Grundlagen der Tragwerksplanung	1171
	B.2 Verarbeitbarkeit von Vergussbeton	1156	2.1	Anforderungen	1171
	B.2.1 Konsistenz des Frischbetons	1156	2.1.1	Grundlegende Anforderungen	1171
	B.2.2 Verarbeitbarkeitszeit (Ansteifen)	1156	2.1.2	Behandlung der Zuverlässigkeit	1171
	B.2.3 Entmischen	1156	2.1.3	Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Qualitätssicherung	1172
	B.3 Quellen	1156	2.2	Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen	1172
	B.4 Sedimentationsstabilität (Prüfung am Festbeton)	1156	2.3	Basisvariablen	1172
	B.5 Druckfestigkeit	1156	2.3.1	Einwirkungen und Umgebungs- einflüsse	1172
	B.6 Schwinden	1156	2.3.1.1	Allgemeines	1172
	Anhang C (normativ): Prüfungen an Vergussmörtel	1157	2.3.1.2	Temperaturauswirkungen	1172
	C.1 Herstellung von Vergussmörtel	1157	2.3.1.3	Setzungs-/Bewegungs- unterschiede	1172
	C.2 Verarbeitbarkeit von Vergussmörtel	1157	2.3.1.4	Vorspannung	1172
	C.2.1 Konsistenz des Frischmörtels (Endfließmaß)	1157	2.3.2	Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen	1172
	C.2.2 Konsistenz des Frischmörtels (Ausbreitmaß)	1157	2.3.2.1	Allgemeines	1172
	C.2.3 Verarbeitbarkeitszeit (Ansteifen)	1157	2.3.2.2	Kriechen und Schwinden	1172
	C.2.4 Entmischen	1157	2.3.3	Verformungseigenschaften des Betons	1172
	C.3 Quellen	1157	2.3.4	Geometrische Angaben	1172
	C.4 Sedimentationsstabilität (Prüfung am Festmörtel)	1158	2.4	Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten	1172
	C.5 Druckfestigkeit	1158	2.4.1	Allgemeines	1172
	C.6 Schwinden	1159	2.4.2	Bemessungswerte	1172
	Literatur	1159	2.4.2.1	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen aus Schwinden	1172
	Anhang D (normativ): Anforderungen bei der Prüfung von Vergussbeton und Vergussmörtel in der Erstprüfung und der werkseigenen Produktionskontrolle	1159	2.4.2.2	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen aus Vorspannung	1172
			2.4.2.3	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen beim Nachweis gegen Ermüdung	1172
4	<b>DAfStb-Richtlinie Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung: 2012-03</b>	1164	2.4.2.4	Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe	1172
	Vorwort	1164	2.4.2.5	Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe bei Gründungen	1172
	<b>Teil 1: Bemessung und Konstruktion</b>	1164	2.4.3	Kombinationsregeln für Einwirkungen	1172
	Inhaltsverzeichnis	1164	2.4.4	Nachweis der Lagesicherheit	1172
1	Allgemeines	1165	2.5	Versuchsgestützte Bemessung	1172
1.1	Anwendungsbereich	1165	2.6	Zusätzliche Anforderungen an Gründungen	1172
1.1.1	Anwendungsbereich des Eurocode 2	1165	2.7	Anforderungen an Befestigungsmittel	1172
1.1.2	Anwendungsbereich des Eurocode 2 Teil 1-1	1165	NA.2.8	Bautechnische Unterlagen	1173
1.2	Normative Verweisungen	1165	3	Baustoffe	1173
1.2.1	Allgemeine normative Verweisungen	1165	3.1	Beton	1173
			3.1.1	Allgemeines	1173
			3.1.2	Festigkeiten	1173

3.1.3	Elastische Verformungseigenschaften . . . . .	1173	5.1.3	Lastfälle und Einwirkungskombinationen . . . . .	1177
3.1.4	Kriechen und Schwinden . . . . .	1173	5.1.4	Auswirkungen von Bauteilverformungen (Theorie II. Ordnung). . . . .	1177
3.1.5	Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung und für Verformungsberechnungen . . . . .	1173	5.2	Imperfektionen . . . . .	1177
3.1.6	Bemessungswert der Betondruck- und Betonzugfestigkeit . . . . .	1173	5.3	Idealisierungen und Vereinfachungen. . . . .	1177
3.1.7	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung. . . . .	1174	5.3.1	Tragwerksmodelle für statische Berechnungen . . . . .	1177
3.1.8	Biegezugfestigkeit. . . . .	1174	5.3.2	Geometrische Angaben . . . . .	1177
3.1.9	Beton unter mehraxialer Druckbeanspruchung . . . . .	1174	5.4	Linear-elastische Berechnung . . . . .	1177
3.2	Betonstahl . . . . .	1174	5.5	Linear-elastische Berechnung mit begrenzter Umlagerung . . . . .	1177
3.2.1	Allgemeines . . . . .	1174	5.6	Verfahren nach der Plastizitätstheorie. . . . .	1177
3.2.2	Eigenschaften . . . . .	1174	5.6.1	Allgemeines . . . . .	1177
3.2.3	Festigkeiten . . . . .	1174	5.6.2	Balken, Rahmen und Platten . . . . .	1177
3.2.4	Duktilitätsmerkmale . . . . .	1174	5.6.3	Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation . . . . .	1177
3.2.5	Schweißen . . . . .	1174	5.6.4	Stabwerkmodelle . . . . .	1177
3.2.6	Ermüdung . . . . .	1174	5.7	Nichtlineare Verfahren . . . . .	1177
3.2.7	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung. . . . .	1174	5.8	Berechnung von Bauteilen unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung. . . . .	1177
3.3	Spannstahl . . . . .	1174	5.8.1	Begriffe . . . . .	1177
3.3.1	Allgemeines . . . . .	1174	5.8.2	Allgemeines . . . . .	1178
3.3.2	Eigenschaften . . . . .	1174	5.8.3	Vereinfachte Nachweise für Bauteile unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung. . . . .	1178
3.3.3	Festigkeiten . . . . .	1174	5.8.4	Kriechen . . . . .	1178
3.3.4	Duktilitätseigenschaften . . . . .	1174	5.8.5	Berechnungsverfahren . . . . .	1178
3.3.5	Ermüdung . . . . .	1174	5.8.6	Allgemeines Verfahren . . . . .	1178
3.3.6	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung. . . . .	1175	5.8.7	Verfahren mit Nennsteifigkeiten . . . . .	1178
3.3.7	Spannstähle in Hüllrohren . . . . .	1175	5.8.8	Verfahren mit Nennkrümmung . . . . .	1178
3.4	Komponenten von Spannsystemen . . . . .	1175	5.8.9	Druckglieder mit zweiachsiger Lastausmitte . . . . .	1178
3.4.1	Verankerungen und Spanngliedkopplungen . . . . .	1175	5.9	Seitliches Ausweichen schlanker Träger . . . . .	1178
3.4.2	Externe Spannglieder ohne Verbund. . . . .	1175	5.10	Spannbetontragwerke . . . . .	1178
RV 3.5	Baustoffe für eine Verstärkung mit geklebter Bewehrung . . . . .	1175	5.10.1	Allgemeines . . . . .	1178
RV 3.6	Zu verstärkendes Bauteil . . . . .	1175	5.10.2	Vorspannkraft während des Spannvorgangs. . . . .	1178
RV 3.7	Aufgeklebte CFK-Lamellen. . . . .	1175	5.10.3	Vorspannkraft nach dem Spannvorgang . . . . .	1178
RV 3.8	In Schlitze verklebte CFK-Lamellen . . . . .	1175	5.10.4	Sofortige Spannkraftverluste bei sofortigem Verbund. . . . .	1178
RV 3.9	Stahllaschen . . . . .	1175	5.10.5	Sofortige Spannkraftverluste bei nachträglichem Verbund. . . . .	1178
RV 3.10	Aufgeklebte CF-Gelege . . . . .	1176	5.10.6	Zeitabhängige Spannkraftverluste bei sofortigem und nachträglichem Verbund. . . . .	1178
4	Dauerhaftigkeit und Betondeckung. . . . .	1176	5.10.7	Berücksichtigung der Vorspannung in der Berechnung . . . . .	1178
4.1	Allgemeines . . . . .	1176	5.10.8	Grenzzustand der Tragfähigkeit . . . . .	1178
4.2	Umgebungsbedingungen . . . . .	1176	5.10.9	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdung. . . . .	1178
4.3	Anforderungen an die Dauerhaftigkeit . . . . .	1176	5.11	Berechnung für ausgewählte Tragwerke. . . . .	1178
4.4	Nachweisverfahren. . . . .	1176	RV 5.12	Querzugnachweis am Lamellenende . . . . .	1178
4.4.1	Betondeckung. . . . .	1176			
4.4.1.1	Allgemeines . . . . .	1176			
4.4.1.2	Mindestbetondeckung $c_{min}$ . . . . .	1176			
4.4.1.3	Vorhaltemaß . . . . .	1176			
5	Ermittlung der Schnittgrößen . . . . .	1176			
5.1	Allgemeines . . . . .	1176			
5.1.1	Grundlagen. . . . .	1176			
5.1.2	Besondere Anforderungen an Gründungen . . . . .	1177			

6	Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT) . . . . .	1179	7.3.4	Berechnung der Rissbreite . . . . .	1206
6.1	Biegung mit oder ohne Normalkraft und Normalkraft allein . . . . .	1179	7.4	Begrenzung der Verformungen . . . . .	1207
6.2	Querkraft . . . . .	1197	7.4.1	Allgemeines . . . . .	1207
6.2.1	Nachweisverfahren . . . . .	1197	7.4.2	Nachweis der Begrenzung der Verformungen ohne direkte Berechnung . . . . .	1207
6.2.2	Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung . . . . .	1197	7.4.3	Nachweis der Begrenzung der Verformungen mit direkter Berechnung . . . . .	1208
6.2.3	Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung . . . . .	1197	8	Allgemeine Bewehrungsregeln . . . . .	1208
6.2.4	Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurten . . . . .	1198	8.1	Allgemeines . . . . .	1208
6.2.5	Schubkraftübertragung in Fugen . . . . .	1198	8.2	Stababstände von Betonstählen . . . . .	1208
6.3	Torsion . . . . .	1201	8.3	Biegen von Betonstählen . . . . .	1209
6.3.1	Allgemeines . . . . .	1201	8.4	Verankerung der Längsbewehrung . . . . .	1209
6.3.2	Nachweisverfahren . . . . .	1201	8.4.1	Allgemeines . . . . .	1209
6.3.3	Wölbkrafttorsion . . . . .	1201	8.4.2	Bemessungswert der Verbundfestigkeit . . . . .	1209
6.4	Durchstanzen . . . . .	1201	8.4.3	Grundwert der Verankerungslänge . . . . .	1209
6.4.1	Allgemeines . . . . .	1201	8.4.4	Bemessungswert der Verankerungslänge . . . . .	1209
6.4.2	Lasteinleitung und Nachweis-schnitte . . . . .	1201	8.5	Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung . . . . .	1210
6.4.3	Nachweisverfahren . . . . .	1201	8.6	Verankerung mittels angeschweißter Stäbe . . . . .	1210
6.4.4	Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung . . . . .	1201	8.7	Stöße und mechanische Verbindungen . . . . .	1210
6.4.5	Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente mit Durchstanzbewehrung . . . . .	1201	8.7.1	Allgemeines . . . . .	1210
6.5	Stabwerkmodelle . . . . .	1201	8.7.2	Stöße . . . . .	1210
6.5.1	Allgemeines . . . . .	1201	8.7.3	Übergreifungslänge . . . . .	1210
6.5.2	Bemessung der Druckstreben . . . . .	1201	8.7.4	Querbewehrung im Bereich der Übergreifungsstöße . . . . .	1210
6.5.3	Bemessung der Zugstreben . . . . .	1201	8.7.5	Stöße von Betonstahlmatten aus Rippenstahl . . . . .	1210
6.5.4	Bemessung der Knoten . . . . .	1201	8.8	Zusätzliche Regeln bei großen Stabdurchmessern . . . . .	1211
6.6	Verankerung der Längsbewehrung und Stöße . . . . .	1201	8.9	Stabbündel . . . . .	1211
6.7	Teilflächenbelastung . . . . .	1201	8.9.1	Allgemeines . . . . .	1211
6.8	Nachweis gegen Ermüdung . . . . .	1201	8.9.2	Verankerung von Stabbündeln . . . . .	1211
6.8.1	Allgemeines . . . . .	1201	8.9.3	Gestoßene Stabbündel . . . . .	1211
6.8.2	Innere Kräfte und Spannungen beim Nachweis gegen Ermüdung . . . . .	1202	8.10	Spannglieder . . . . .	1211
6.8.3	Einwirkungskombinationen . . . . .	1202	8.10.1	Anordnung von Spanngliedern und Hüllrohren . . . . .	1211
6.8.4	Nachweisverfahren für Betonstahl und Spannstahl . . . . .	1202	8.10.2	Verankerung von Spanngliedern im sofortigen Verbund . . . . .	1211
6.8.5	Nachweis gegen Ermüdung über schädigungsäquivalente Schwingbreiten . . . . .	1202	8.10.3	Verankerungsbereiche bei Spanngliedern im nachträglichen oder ohne Verbund . . . . .	1211
6.8.6	Vereinfachte Nachweise . . . . .	1202	8.10.4	Verankerungen und Spanngliedkopplungen für Spannglieder . . . . .	1211
6.8.7	Nachweis gegen Ermüdung des Betons unter Druck oder Querkraftbeanspruchung . . . . .	1202	8.10.5	Umlenkstellen . . . . .	1211
7	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG) . . . . .	1204	9	Konstruktionsregeln . . . . .	1211
7.1	Allgemeines . . . . .	1204	9.1	Allgemeines . . . . .	1211
7.2	Begrenzung der Spannungen . . . . .	1204	9.2	Balken . . . . .	1211
7.3	Begrenzung der Rissbreiten . . . . .	1205	9.2.1	Längsbewehrung . . . . .	1211
7.3.1	Allgemeines . . . . .	1205	9.2.1.1	Mindestbewehrung und Höchstbewehrung . . . . .	1211
7.3.2	Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite . . . . .	1206	9.2.1.2	Weitere Konstruktionsregeln . . . . .	1211
7.3.3	Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung . . . . .	1206	9.2.1.3	Zugkraftdeckung . . . . .	1211

9.2.1.4	Verankerung der unteren Bewehrung an Endauflagern . . . . .	1211	Anhang E – Indikative Mindestfestigkeitsklassen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit . . . . .	1216
9.2.1.5	Verankerung der unteren Bewehrung an Zwischenauflagern . . . . .	1211	Anhang F – Gleichungen für Zugbewehrung für den ebenen Spannungszustand . . . . .	1216
9.2.2	Querkraftbewehrung . . . . .	1211	Anhang G – Boden-Bauwerk-Interaktion . . . . .	1216
9.2.3	Torsionsbewehrung . . . . .	1211	Anhang H – Nachweise am Gesamtragwerk nach Theorie II. Ordnung . . . . .	1216
9.2.4	Oberflächenbewehrung . . . . .	1211	Anhang I – Ermittlung der Schnittgrößen bei Flachdecken und Wandscheiben . . . . .	1216
9.2.5	Indirekte Auflager . . . . .	1212	Anhang J – Konstruktionsregeln für ausgewählte Beispiele . . . . .	1216
9.3	Vollplatten . . . . .	1213	Anhang RV K – Empfohlene Systembeiwerte (informativ) . . . . .	1216
9.3.1	Biegebewehrung . . . . .	1213	RV K.1 Verbundwerte für aufgeklebte Bewehrung . . . . .	1216
9.3.1.1	Allgemeines . . . . .	1213	RV K.2 Systembeiwerte für Stützen . . . . .	1216
9.3.1.2	Bewehrung von Platten in Auflagernähe . . . . .	1214	Anhang RV L – Ermittlung von Querschnittswerten (informativ) . . . . .	1217
9.3.1.3	Eckbewehrung . . . . .	1214	RV L.1 Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit . . . . .	1217
9.3.1.4	Randbewehrung an freien Rändern von Platten . . . . .	1214	RV L.2 Im Grenzzustand der Tragfähigkeit . . . . .	1218
9.3.2	Querkraftbewehrung . . . . .	1214	RV L.3 Näherungsverfahren für den Grenzzustand der Tragfähigkeit . . . . .	1219
9.4	Flachdecken . . . . .	1214	<b>Teil 2: Produkte und Systeme für das Verstärken . . . . .</b>	1219
9.4.1	Flachdecken im Bereich von Innenstützen . . . . .	1214	Inhaltsverzeichnis . . . . .	1219
9.4.2	Flachdecken im Bereich von Randstützen . . . . .	1214	1 Anwendungsbereich . . . . .	1219
9.4.3	Durchstanzbewehrung . . . . .	1214	2 Normative Verweisungen . . . . .	1219
9.5	Stützen . . . . .	1214	3 Verstärkungssystem . . . . .	1220
9.5.1	Allgemeines . . . . .	1214	3.1 Allgemeines . . . . .	1220
9.5.2	Längsbewehrung . . . . .	1214	3.2 Klebstoff . . . . .	1220
9.5.3	Querbewehrung . . . . .	1214	3.3 CFK-Lamellen . . . . .	1220
9.6	Wände . . . . .	1214	3.4 CF-Gelege . . . . .	1220
9.6.1	Allgemeines . . . . .	1214	3.5 Produkte für Ausgleichsschichten . . . . .	1221
9.6.2	Vertikale Bewehrung . . . . .	1214	3.6 Primer für den Korrosionsschutz . . . . .	1221
9.6.3	Horizontale Bewehrung . . . . .	1215	3.7 Stahlprofile und Befestigungssysteme . . . . .	1222
9.6.4	Querbewehrung . . . . .	1215	<b>Teil 3: Ausführung . . . . .</b>	1222
9.7	Wandartige Träger . . . . .	1215	Inhaltsverzeichnis . . . . .	1222
9.8	Gründungen . . . . .	1215	1 Anwendungsbereich . . . . .	1222
9.8.1	Pfahlkopfplatten . . . . .	1215	2 Normative Verweisungen . . . . .	1222
9.8.2	Einzel- und Streifenfundamente . . . . .	1215	3 Anforderungen an das ausführende Unternehmen . . . . .	1223
9.8.3	Zerrbalken . . . . .	1215	3.1 Allgemeines . . . . .	1223
9.8.4	Einzelfundament auf Fels . . . . .	1215	3.2 Personal . . . . .	1223
9.8.5	Bohrpfähle . . . . .	1215	3.2.1 Bauleiter . . . . .	1223
9.9	Bereiche mit geometrischen Diskontinuitäten oder konzentrierten Einwirkungen (D-Bereiche) . . . . .	1215	3.2.2 Baustellenfachpersonal . . . . .	1223
9.10	Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen . . . . .	1215	3.3 Geräteausstattung . . . . .	1225
9.10.1	Allgemeines . . . . .	1215	3.4 Nachunternehmer . . . . .	1225
9.10.2	Ausbildung von Zugankern . . . . .	1215	4 Ausführung der Bauteilverstärkungen . . . . .	1225
9.10.3	Durchlaufwirkung und Verankerung von Zugankern . . . . .	1215	4.1 Allgemeines . . . . .	1225
10	Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Fertigteilen . . . . .	1215	4.2 Anforderungen an das Verstärkungssystem . . . . .	1225
11	Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Leichtbeton . . . . .	1215	4.3 Witterungs- und Umgebungsbedingungen . . . . .	1225
12	Tragwerke aus unbewehrtem oder gering bewehrtem Beton . . . . .	1215	4.4 Untergrundvorbereitung . . . . .	1226
Anhang A	– Modifikation von Teilsicherheitsbeiwerten für Baustoffe . . . . .	1215	4.4.1 Verklebung von CFK-Lamellen und Stahllaschen auf die Bauteiloberfläche . . . . .	1226
Anhang B	– Kriechen und Schwinden . . . . .	1215	4.4.2 Verklebung von CF-Gelegen . . . . .	1226
Anhang C	– Eigenschaften des Betonstahls . . . . .	1215		
Anhang D	– Genauere Methode zur Berechnung von Spannkraftverlusten aus Relaxation . . . . .	1215		

4.4.3	Verklebung in Schlitze in die Betonrandzone . . . . .	1226	5.6	Korrosionsschutzarbeiten . . . . .	1238
4.5	Reprofilierarbeiten . . . . .	1227	Anhang A – Ständige Baustoffprüfstelle (normativ) . . . . .	1238	
4.6	Vorbereitung der Faserverbundwerkstoffe und Stahllaschen für die Verklebung . . . . .	1228	Anhang B – Prüfverfahren in der Ausführung (normativ) . . . . .	1238	
4.6.1	CFK-Lamellen . . . . .	1228	Anhang C – Überwachung der Arbeiten durch eine anerkannte Überwachungsstelle (normativ) . . . . .	1239	
4.6.2	Stahllaschen . . . . .	1228	Anhang D – Eignungsnachweise für Unternehmen zum Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung (normativ) . . . . .	1239	
4.6.3	CF-Gelege . . . . .	1228	D.1	Allgemeines . . . . .	1239
4.7	Anmischen des Klebstoffs . . . . .	1228	D.2	Formale Voraussetzungen an den Betrieb und das Fachpersonal . . . . .	1240
4.8	Klebearbeiten . . . . .	1228	D.3	Eignungsversuche . . . . .	1240
4.8.1	Allgemeine Festlegungen . . . . .	1228	D.3.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	1240
4.8.2	Oberflächige Verklebung der CFK-Lamellen und Stahllaschen . . . . .	1229	D.3.2	Verstärken mit CFK-Lamellen und Stahllaschen durch Aufkleben auf die Bauteiloberfläche . . . . .	1240
4.8.3	Oberflächige Verklebung der CF-Gelege . . . . .	1229	D.3.3	Verstärken mit CFK-Lamellen, Stahllaschen durch Aufkleben auf die Bauteiloberfläche sowie mit in Schlitze geklebter CFK-Lamellen . . . . .	1241
4.8.4	In Schlitze verklebte CFK-Lamellen . . . . .	1229	D.3.4	Verstärken durch Auflaminieren von CF-Gelegen auf die Bauteiloberfläche für Umwicklungen . . . . .	1241
4.9	Belastung der Konstruktion . . . . .	1229	D.3.5	Verstärken durch Auflaminieren von CF-Gelegen auf die Bauteiloberfläche für die Biegezugverstärkung . . . . .	1242
4.10	Bauteilexpositionen während der Ausführung . . . . .	1230	D.4	Zertifizierung des Fachbetriebs . . . . .	1242
4.11	Grenzabmaße . . . . .	1230			
5	Überwachung der Ausführung (Eigenüberwachung des ausführenden Unternehmens) . . . . .	1230	<b>Teil 4: Ergänzende Regelungen zur Planung von Verstärkungsmaßnahmen</b> . . . . .	1243	
5.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	1230	Inhaltsverzeichnis . . . . .	1243	
5.2	Kontrolle der Untergrundvorbereitung . . . . .	1231	1 Anwendungsbereich . . . . .	1243	
5.2.1	Kontrolle der Betondruckfestigkeit . . . . .	1231	2 Normative Verweisungen . . . . .	1243	
5.2.2	Kontrolle der Oberflächenzugfestigkeit des Untergrundes . . . . .	1231	3 Anforderungen an das zu verstärkende Bauteil . . . . .	1243	
5.2.3	Kontrolle der Betondeckung vor Schneidarbeiten bei in Schlitze eingeklebter Bewehrung . . . . .	1231	3.1	Spezielle Regelungen für aufgeklebte Stahllaschen, CFK-Lamellen und CF-Gelege . . . . .	1243
5.3	Kontrolle der Reprofilierarbeiten . . . . .	1231	3.2	Spezielle Regelungen für in Schlitze verklebte CFK-Lamellen . . . . .	1243
5.3.1	Kontrolle der Verbundfestigkeit der Reprofilierschicht am Untergrund . . . . .	1231	4 Grundsätze . . . . .	1243	
5.3.2	Kontrolle der Druckfestigkeit des Reprofiliermaterials . . . . .	1236	4.1	Allgemein . . . . .	1243
5.4	Kontrolle der Klebearbeiten . . . . .	1236	Anhang A – Ermittlung des Erwartungswerts des Mittelwerts . . . . .	1244	
5.4.1	Erhärtungsprüfung des Klebstoffs am Bauteil gegebenenfalls mit Ausgleichsschichten . . . . .	1236			
5.4.2	Mechanische Eigenschaften des Klebstoffs und des Primers . . . . .	1237			
5.4.3	Verbund des Klebstoffs auf vorbehandeltem Stahl . . . . .	1237	<b>5 Literatur</b> . . . . .	1245	
5.5	Kontrollen nach der Ausführung . . . . .	1237			

<b>Stichwortverzeichnis</b> . . . . .	1247
---------------------------------------	------