DIN EN 1992-1-1:2025-09 (D)

Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Regeln und Regeln für Hochbauten, Brücken und Ingenieurbauwerke; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2023

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort ... **13**

0 Einleitung ... **15**
0.1 Einleitung zu den Eurocodes ... **15**
0.2 Einleitung zu EN 1992 (alle Teile) ... **15**
0.3 Einleitung zu EN 1992-1-1 ... **16**
0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen ... **16**
0.5 Nationaler Anhang für EN 1992-1-1 ... **16**

1 Anwendungsbereich ... **18**
1.1 Anwendungsbereich von EN 1992-1-1 ... **18**
1.2 Voraussetzungen ... **18**

2 Normative Verweisungen ... **18**

3 Begriffe und Symbole ... **19**
3.1 Begriffe und Definitionen ... **19**
3.2 Symbole und Abkürzungen ... **31**
3.2.1 Lateinische Großbuchstaben ... **31**
3.2.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... **37**
3.2.3 Griechische Buchstaben ... **48**
3.3 Symbole in Anhang A ... **56**
3.3.1 Lateinische Großbuchstaben ... **56**
3.3.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... **56**
3.3.3 Griechische Kleinbuchstaben ... **57**
3.4 Symbole in Anhang I ... **57**
3.4.1 Lateinische Großbuchstaben ... **57**
3.4.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... **57**
3.4.3 Griechische Kleinbuchstaben ... **58**
3.5 Symbole in Anhang J ... **59**
3.5.1 Lateinische Großbuchstaben ... **59**
3.5.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... **59**
3.5.3 Griechische Kleinbuchstaben ... **61**
3.6 Symbole in Anhang L ... **62**
3.6.1 Lateinische Großbuchstaben ... **62**
3.6.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... **62**
3.6.3 Griechische Buchstaben ... **63**
3.7 Symbole in Anhang R ... **63**
3.7.1 Lateinische Großbuchstaben ... **63**
3.7.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... **64**
3.7.3 Griechische Buchstaben ... **64**
3.8 Abkürzungen ... **64**
3.9 Einheiten ... **65**
3.10 Vorzeichenregelungen ... **65**

4 Grundlagen der Tragwerksplanung ... **66**
4.1 Allgemeine Regeln ... **66**
4.1.1 Grundlegende Anforderungen ... **66**
4.1.2 Tragwerkszuverlässigkeit und Qualitätsmanagement ... **66**
4.1.3 Geplante Nutzungsdauer ... **66**
4.2 Basisvariablen ... **66**

4.2.1 Einwirkungen und zeitabhängige Auswirkungen 66
4.2.2 Geometrische Angaben 68
4.3 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten 68
4.3.1 Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkung aus Schwinden 68
4.3.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkung aus Vorspannung 68
4.3.3 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe 69
4.4 Anforderungen für das Verbinden von Bauelementen mit Betonbauteilen 70

5 Baustoffe 71
5.1 Beton 71
5.1.1 Allgemeines 71
5.1.2 Eigenschaften und Randbedingungen 71
5.1.3 Festigkeiten 72
5.1.4 Elastische Verformung 73
5.1.5 Kriechen und Schwinden 73
5.1.6 Annahmen für die Bemessung 75
5.2 Betonstahl 77
5.2.1 Allgemeines 77
5.2.2 Eigenschaften 77
5.2.3 Schweißen von Bewehrungsstäben 78
5.2.4 Annahmen für die Bemessung 78
5.2.5 Mechanische Verbindungen von Bewehrungsstäben 79
5.2.6 Bewehrungsstäbe mit Kopf 79
5.3 Spannstahl 79
5.3.1 Allgemeines 79
5.3.2 Eigenschaften 80
5.3.3 Annahmen für die Bemessung 81
5.4 Vorspannsysteme 82
5.4.1 Allgemeines 82
5.4.2 Verankerungszonen 83

6 Dauerhaftigkeit und Betondeckung 83
6.1 Allgemeines 83
6.2 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit 84
6.3 Exposition durch Umgebungsbedingungen 84
6.4 Expositionswiderstandsklassen 88
6.5 Betondeckung 89
6.5.1 Nennmaß der Betondeckung 89
6.5.2 Mindestbetondeckung 90
6.5.3 Vorhaltemaß für die Betondeckung 94

7 Tragwerksberechnung 95
7.1 Allgemeines 95
7.2 Tragwerksmodellierung 96
7.2.1 Geometrische Imperfektionen 96
7.2.2 Idealisierungen des Tragwerks 99
7.2.3 Geometrische Angaben 99
7.3 Berechnungsverfahren 101
7.3.1 Linear-elastische Berechnung 101
7.3.2 Linear-elastische Berechnung mit Umlagerung 102
7.3.3 Verfahren nach der Plastizitätstheorie 104
7.3.4 Nichtlineare Berechnung 105
7.4 Statische Berechnung von Bauteilen und Systemen mit Normalkraft nach Theorie II. Ordnung 106
7.4.1 Allgemeines 106
7.4.2 Kriechen 106
7.4.3 Berechnungsverfahren 107

7.4.4 Druckglied mit zweiachsiger Biegung ... 109
7.5 Kippen schlanker Balken ... 110
7.6 Vorgespannte Bauteile und Tragwerke ... 110
7.6.1 Allgemeines ... 110
7.6.2 Vorspannkraft ... 111
7.6.3 Sofortige Spannungsverluste ... 111
7.6.4 Zeitabhängige Spannungsverluste ... 113
7.6.5 Auswirkungen der Vorspannung im Grenzzustand der Tragfähigkeit ... 114

8 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT) ... 114
8.1 Biegung mit oder ohne Normalkraft ... 114
8.1.1 Allgemeines ... 114
8.1.2 Spannungsverteilung in Druckzonen ... 116
8.1.3 Biegung in Platten ... 117
8.1.4 Beton unter mehraxialer Druckbeanspruchung ... 117
8.2 Querkraft ... 120
8.2.1 Allgemeines Nachweisverfahren ... 120
8.2.2 Genauerer Nachweis für Bauteile ohne Querkraftbewehrung ... 123
8.2.3 Bauteile mit Querkraftbewehrung ... 127
8.2.4 Schubspannung in der Scheibenebene und Querbiegung ... 133
8.2.5 Schub zwischen Steg und Gurten ... 133
8.2.6 Schub in Verbundfugen ... 135
8.3 Torsion und kombinierte Einwirkungen ... 140
8.3.1 Allgemeine Annahmen zu Torsion ... 140
8.3.2 Schnittgrößen infolge von Torsion in kompakten oder geschlossenen Querschnitten ... 140
8.3.3 Schnittgrößen infolge von Torsion in offenen Querschnitten ... 141
8.3.4 Torsionsspannungswiderstand von kompakten oder geschlossenen Querschnitten ... 141
8.3.5 Bemessungsverfahren für kombinierte Einwirkungen ... 143
8.3.6 Interaktionsgleichung ... 143
8.4 Durchstanzen ... 144
8.4.1 Allgemeines ... 144
8.4.2 Statische Nutzhöhe, Bemessungsrundschnitt und Schubspannung für Durchstanznachweise ... 144
8.4.3 Durchstanzwiderstand für Platten ohne Durchstanzbewehrung ... 149
8.4.4 Durchstanzwiderstand von Platten mit Durchstanzbewehrung ... 151
8.5 Bemessung mit Stabwerkmodellen und Spannungsfeldern ... 155
8.5.1 Allgemeines ... 155
8.5.2 Druckstreben und Druckfelder ... 156
8.5.3 Zugstreben ... 158
8.5.4 Knoten ... 158
8.5.5 Einleitung konzentrierter Kräfte in ein Bauteil ... 162
8.6 Teilflächenbelastung ... 163

9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG) ... 166
9.1 Allgemeines ... 166
9.2 Begrenzung der Spannungen und der Rissbreiten ... 167
9.2.1 Allgemeine Betrachtungen ... 167
9.2.2 Mindestbewehrung zur Verhinderung von Fließen ... 169
9.2.3 Genauere Kontrolle der Rissbildung ... 171
9.3 Begrenzung der Durchbiegung ... 177
9.3.1 Allgemeine Annahmen ... 177
9.3.2 Vereinfachte Begrenzung der Durchbiegung mit Biegeschlankheit bei Hochbauten ... 177
9.3.3 Vereinfachte Berechnung der Durchbiegungen bei Tragwerken in Stahlbetonhochbauten ... 179
9.3.4 Allgemeines Verfahren für Durchbiegungsberechnungen ... 180
9.4 Schwingungen ... 181

10 Ermüdung ... 182

10.1 Allgemeines ... 182
10.2 Einwirkungskombination ... 182
10.3 Schnittgrößen und Spannungen beim Ermüdungsnachweis ... 183
10.4 Vereinfachter Nachweis für Betonstahl oder Spannstahl ... 184
10.5 Vereinfachter Nachweis für Beton unter Druck ... 185
10.6 Vereinfachter Nachweis für Beton unter Querkraft ... 185
10.7 Vereinfachter Nachweis der Schubübertragung in Verbundfugen ... 186

11 Bauliche Durchbildung der Bewehrung und der Spannglieder ... 186
11.1 Allgemeines ... 186
11.2 Stababstände ... 187
11.3 Zulässige Biegerollendurchmesser für gebogene Stäbe ... 187
11.4 Verankerung von Betonstahl unter Zug und Druck ... 188
11.4.1 Allgemeines ... 188
11.4.2 Verankerung gerader Stäbe ... 190
11.4.3 Verankerung von Stabbündeln ... 193
11.4.4 Verankerung von Stäben mit Winkelhaken und Haken ... 194
11.4.5 Verankerung von Stäben mit angeschweißter Querbewehrung ... 195
11.4.6 Verankerung von Steckbügelschlaufen ... 195
11.4.7 Verankerung von Kopfstäben unter Zug ... 195
11.4.8 Verankerung von nachträglich eingemörtelten Betonstahlstäben ... 197
11.5 Stöße von Betonstahl unter Zug und Druck und mechanische Verbindungen ... 199
11.5.1 Allgemeines ... 199
11.5.2 Alle Arten von Stößen ... 199
11.5.3 Stöße von Stabbündeln ... 202
11.5.4 Stöße mit Steckbügelschlaufen ... 203
11.5.5 Stöße mit Kopfstäben ... 205
11.5.6 Mechanische Verbindungen ... 207
11.5.7 Durchgeschweißte Stumpfnaht- und Kehlnahtstöße ... 207
11.6 Spannglieder ... 208
11.6.1 Allgemeines ... 208
11.6.2 Mindestabstand von Hüllrohren ... 208
11.6.3 Mindestkrümmungsradius und gerade Mindestlänge von Spanngliedern im Bereich von Verankerungen ... 208
11.6.4 Verankerungen, Kopplungen und Umlenkstellen von Spanngliedern ... 210
11.7 Umlenkkräfte infolge von gekrümmten Zug- und Druckgurten ... 210

12 Bauliche Durchbildung von Bauteilen und besondere Regeln ... 211
12.1 Allgemeines ... 211
12.2 Regeln für die Mindestbewehrung ... 211
12.3 Balken ... 213
12.3.1 Allgemeines ... 213
12.3.2 Längsbewehrung ... 214
12.3.3 Querkraft- und Torsionsbewehrung ... 216
12.3.4 Aufhängebewehrung bei indirektem Auflager ... 218
12.4 Platten ... 218
12.4.1 Allgemeines ... 218
12.4.2 Querkraftbewehrung ... 220
12.5 Platten-Stützen-Verbindungen und Stützenfundamente ... 220
12.5.1 Durchstanzbewehrung ... 220
12.5.2 Integritätsbewehrung gegen das progressive Versagen von Flachdecken ... 223
12.6 Stützen ... 224
12.7 Wände und wandartige Träger ... 225
12.8 Gründungen ... 226
12.9 Zugankersysteme für die Robustheit von Gebäuden ... 228
12.9.1 Allgemeines ... 228

12.9.2 Bemessung von Zugankern ... 229
12.9.3 Erforderliche Zugkräfte für Zuganker ... 229
12.10 Auflager, Lager und Bewegungsfugen ... 230

13 Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Betonfertigteilen ... 232
13.1 Allgemeines ... 232
13.2 Spezielle Anforderungen ... 232
13.3 Beton ... 233
13.3.1 Festigkeit bei Wärmebehandlung ... 233
13.3.2 Kriechen und Schwinden ... 233
13.4 Statische Berechnung ... 233
13.4.1 Allgemeines ... 233
13.4.2 Vorspannverluste infolge einer Wärmebehandlung ... 234
13.5 Bemessung und bauliche Durchbildung von Spanngliedern im sofortigen Verbund ... 234
13.5.1 Anordnung von Spanngliedern ... 234
13.5.2 Verankerungszonen ... 235
13.5.3 Übertragung der Vorspannung ... 236
13.5.4 Verankerung der Zugkraft im GZT ... 237
13.5.5 Querkraftwiderstand von Betonfertigteilen ohne Querkraftbewehrung ... 238
13.6 Deckensysteme für Gebäude ... 239
13.6.1 Lastverteilung ... 239
13.6.2 Scheibenwirkung ... 240
13.6.3 Zugankersysteme für Gebäude ... 241
13.7 Verbindungen und Auflager ... 241
13.7.1 Verbindungen ... 241
13.7.2 Auflager ... 243
13.8 Köcherfundamente für Gebäude ... 243
13.8.1 Allgemeines ... 243
13.8.2 Köcherfundamente mit verzahnter Oberfläche ... 243
13.8.3 Köcherfundamente mit glatten oder rauen Oberflächen ... 244

14 Tragwerke aus unbewehrtem oder gering bewehrtem Beton ... 245
14.1 Allgemeines ... 245
14.2 Beton ... 246
14.3 Statische Berechnung ... 246
14.4 Grenzzustände der Tragfähigkeit ... 246
14.4.1 Allgemeines ... 246
14.4.2 Bemessungstragfähigkeit für Biegung mit Normalkraft ... 246
14.4.3 Querkraft ... 247
14.4.4 Torsion ... 248
14.4.5 Grenzzustände der Tragfähigkeit infolge der Tragwerksverformung (Knicken) ... 248
14.5 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit ... 250
14.6 Bauliche Durchbildung von Bauteilen und besondere Regeln ... 251
14.6.1 Tragende Bauteile ... 251
14.6.2 Arbeitsfugen ... 251
14.6.3 Streifen- und Einzelfundamente ... 251

Anhang A (informativ) Anpassung von Teilsicherheitsbeiwerten für Baustoffe ... 252
A.1 Anwendung dieses Anhangs ... 252
A.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 252
A.3 Allgemeines ... 252

Anhang B (normativ) Zeitabhängiges Baustoffverhalten: Festigkeit, Kriechen, Schwinden und elastische Dehnung von Beton sowie Relaxation von Spannstahl ... 261
B.1 Anwendung dieses Anhangs ... 261
B.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich ... 261
B.3 Allgemeines ... 261

B.4 Zeitabhängige Entwicklung der Betonfestigkeit und der Steifigkeit ... 262
B.5 Grundgleichungen zur Ermittlung der Kriechzahl ... 264
B.6 Grundgleichungen zur Ermittlung der Schwinddehnung ... 267
B.7 Prüfungen zu elastischen Verformungen, Kriechen und Schwinden ... 269
B.8 Genauere Berechnung für Kriechen bei veränderlicher Belastung ... 270
B.9 Relaxation von Spannstahl ... 271

Anhang C (normativ) Anforderungen an Baustoffe ... 273
C.1 Anwendung dieses Anhangs ... 273
C.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 273
C.3 Beton ... 273
C.3.1 Normalbeton, Schwerbeton und Leichtbeton (LWAC) ... 273
C.4 Betonstahl ... 273
C.4.1 Unlegierter Betonstahl ... 273
C.4.2 Nichtrostender Betonstahl ... 275
C.5 Spannstahl ... 276
C.6 Mechanische Verbindungen ... 279
C.7 Kopfstäbe ... 280
C.8 Nachträglich eingemörtelte Betonstahlstäbe ... 280

Anhang D (informativ) Beurteilung der frühzeitigen und der langfristigen Rissbildung infolge von Zwang ... 282
D.1 Anwendung dieses Anhangs ... 282
D.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 282
D.3 Allgemeines ... 282
D.4 Beurteilung des Temperaturverlaufs ... 283
D.4.1 Allgemeines ... 283
D.4.2 Baustoffeigenschaften in Bezug auf die Temperaturentwicklung ... 284
D.5 Spannungsberechnungen ... 285
D.6 Rissbreitenberechnungen ... 286

Anhang E (normativ) Zusätzliche Regeln für den Ermüdungsnachweis ... 287
E.1 Anwendung dieses Anhangs ... 287
E.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 287
E.3 Allgemeines ... 287
E.4 Nachweis anhand schadensäquivalenter Spannungsschwingbreite ... 287
E.4.1 Allgemeines ... 287
E.4.2 Nachweis für Bewehrung ... 287
E.4.3 Nachweis für Beton ... 289
E.5 Explizite Nachweise unter Anwendung der *Palmgren-Miner*-Regel ... 289
E.5.1 Nachweisbedingungen ... 289
E.5.2 Nachweisverfahren für Betonstahl und Spannstahl ... 290
E.5.3 Nachweisverfahren für Beton unter Druck ... 290

Anhang F (informativ) Sicherheitsformate für nichtlineare Berechnung ... 292
F.1 Anwendung dieses Anhangs ... 292
F.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 292
F.3 Allgemeines ... 292
F.4 Verfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten (PFM) ... 293
F.5 Verfahren mit Gesamtsicherheitsbeiwerten (GFM) ... 294
F.5.1 Allgemeines ... 294
F.5.2 Bestimmung des Gesamtwiderstandsbeiwertes ... 294
F.5.3 Zusätzliche Baustoffparameter ... 295
F.6 Vollständig probabilistisches Verfahren ... 295
F.7 Modellunsicherheit ... 296

Anhang G (normativ) Bemessung von Membran-, Schalen- und Plattenelementen ... 298
G.1 Anwendung dieses Anhangs ... 298

G.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 298
G.3 Bemessung von Membranbauelementen im GZT ... 298
G.4 Bemessung von Schalen- und Plattenelementen im GZT ... 300
G.5 Genauere Kontrolle der Rissbildung in Membranbauteilen im GZG ... 303

Anhang H (informativ) Angaben zur Bemessung von Betontragwerken für die Wasserundurchlässigkeit ... 305
H.1 Anwendung dieses Anhangs ... 305
H.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 305
H.3 Allgemeines ... 305
H.4 Dichtheitsklassen ... 305
H.4.1 Klassifizierung ... 305
H.4.2 Dichtheitsanforderungen ... 306

Anhang I (informativ) Bewertung von bestehenden Tragwerken ... 308
I.1 Anwendung dieses Anhangs ... 308
I.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 308
I.3 Allgemeines ... 308
I.4 Bewertungsgrundlagen ... 309
I.4.1 Allgemeine Regeln ... 309
I.4.2 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten ... 310
I.5 Baustoffe ... 311
I.5.1 Allgemeines ... 311
I.5.2 Beton ... 311
I.5.3 Betonstahl ... 312
I.5.4 Spannstahl ... 314
I.6 Dauerhaftigkeit – Mindestbetondeckung für Verbund ... 314
I.7 Statische Berechnung ... 314
I.7.1 Berechnungsverfahren ... 314
I.7.2 Vorgespannte Bauteile und Tragwerke ... 314
I.8 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT) ... 315
I.8.1 Allgemeines ... 315
I.8.2 Biegung mit oder ohne Normalkraft ... 316
I.8.3 Querkraft ... 316
I.8.4 Torsion und kombinierte Einwirkungen ... 319
I.8.5 Genauerer Durchstanznachweis ... 319
I.8.6 Teilflächenbelastung ... 321
I.9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG) ... 322
I.9.1 Allgemeines ... 322
I.9.2 Begrenzung der Rissbreiten ... 322
I.10 Ermüdung ... 323
I.11 Bauliche Durchbildung der Bewehrung und Spannglieder ... 323
I.11.1 Allgemeines ... 323
I.11.2 Stababstände ... 323
I.11.3 Zulässiger Biegerollendurchmesser für gebogene Stäbe ... 324
I.11.4 Verankerung von Betonstahl unter Zug und Druck ... 324
I.11.5 Stöße von Betonstahl unter Zug und Druck und mechanische Verbindungen ... 327
I.12 Bauliche Durchbildung von Bauteilen und besondere Regeln – Regeln für die Mindestbewehrung ... 327

Anhang J (informativ) Verstärkung von bestehenden Betontragwerken mit CFRP ... 328
J.1 Anwendung dieses Anhangs ... 328
J.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 328
J.3 Allgemeines ... 328
J.4 Bemessungsgrundlage ... 328
J.5 Baustoffe ... 329
J.5.1 Allgemeines ... 329

J.5.2 Eigenschaften ... 329
J.5.3 Annahmen für die Bemessung ... 330
J.6 Dauerhaftigkeit ... 331
J.7 Statische Berechnung ... 331
J.8 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT) ... 331
J.8.1 Biegung mit oder ohne Normalkraft ... 331
J.8.2 Querkraft ... 334
J.8.3 Torsion und kombinierte Einwirkungen ... 337
J.8.4 Durchstanzen ... 337
J.8.5 Bemessung mit Stabwerkmodellen und Spannungsfeldern ... 337
J.9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG) ... 337
J.10 Ermüdung ... 337
J.10.1 Grundlegender Ermüdungsnachweis für EBR-Verstärkung ... 337
J.10.2 Genauere Ermüdungsberechnung für EBR-Verstärkung ... 338
J.10.3 Oberflächennah eingeklebte CFRP-Lamellen ... 338
J.11 Verbund und Verankerung von CFRP-Systemen ... 339
J.11.1 Verankerung von ABR-Verstärkungssystemen ... 339
J.12 Bauliche Durchbildung von Bauteilen und besondere Regeln ... 345
J.12.1 Biegeverstärkung mit EBR-CFRP ... 345
J.12.2 Biegeverstärkung mit NSM-CFRP ... 345
J.12.3 Zulässiger Biegeradius von CFRP ... 346
J.12.4 Zulässige Lagen von CF-Gelegen und CFRP-Lamellen ... 346
J.12.5 Übergreifungsstöße von geschlossen umwickelten Verstärkungssystemen ... 346
J.13 Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Betonfertigteilen ... 346
J.14 Tragwerke aus gering bewehrtem Beton ... 346
J.15 Baustoffanforderungen für ABR-Verstärkungssysteme ... 346

Anhang K (normativ) Brücken ... 347
K.1 Anwendung dieses Anhangs ... 347
K.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 347
K.3 Begriffe und Symbole ... 347
K.4 Bemessungsgrundlage ... 347
K.5 Baustoffe ... 347
K.6 Dauerhaftigkeit und Betondeckung ... 347
K.7 Statische Berechnung ... 349
K.8 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT) ... 349
K.9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG) ... 349
K.10 Ermüdungsnachweis ... 350
K.10.1 Allgemeines ... 350
K.10.2 Allgemeine Regeln zur Verwendung der schadensäquivalenten Spannungsschwingbreite ... 350
K.10.3 Nachweis von Bewehrung anhand schadensäquivalenter Spannungsschwingbreite ... 351
K.10.4 Nachweis für Beton anhand schadensäquivalenter Spannungsschwingbreite ... 356
K.11 Bauliche Durchbildung der Bewehrung und Spannglieder ... 359
K.12 Bauliche Durchbildung von Bauteilen und besondere Regeln ... 360
K.12.1 Allgemeines ... 360
K.12.2 Regeln für die Mindestbewehrung ... 360
K.12.3 Brücken mit externen Spanngliedern oder internen Spanngliedern ohne Verbund ... 361
K.12.4 Schrägseil-, Extradosed- und Hängebrücken ... 361
K.13 Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Betonfertigteilen ... 362
K.14 Tragwerke aus unbewehrtem und gering bewehrtem Beton ... 363
K.15 Ergänzungen zu Anhang G ... 363

Anhang L (informativ) Tragwerke aus Stahlfaserbeton ... 364
L.1 Anwendung dieses Anhangs ... 364
L.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 364
L.3 Allgemeines ... 364

L.4 Bemessungsgrundlage – Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe ... 364
L.5 Baustoffe ... 365
L.5.1 Eigenschaften ... 365
L.5.2 Festigkeit ... 365
L.5.3 Elastische Verformung ... 365
L.5.4 Kriechen und Schwinden ... 366
L.5.5 Annahmen für die Bemessung ... 366
L.6 Dauerhaftigkeit – Mindestbetondeckung ... 368
L.7 Statische Berechnung – Verfahren nach der Plastizitätstheorie ... 369
L.8 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT) ... 370
L.8.1 Biegung mit oder ohne Normalkraft ... 370
L.8.2 Querkraft ... 371
L.8.3 Torsion – Torsionswiderstand von kompakten oder geschlossenen Querschnitten ... 371
L.8.4 Durchstanzen ... 372
L.8.5 Bemessung mit Stabwerkmodellen – Zugstreben ... 373
L.8.6 Teilflächenbelastung ... 373
L.9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG) — Begrenzung der Rissbreiten ... 373
L.9.1 Allgemeine Betrachtungen ... 373
L.9.2 Mindestbewehrungsflächen zur Verhinderung von Fließen ... 373
L.9.3 Genauere Begrenzung der Rissbildung ... 373
L.10 Ermüdung ... 374
L.11 Bauliche Durchbildung der Bewehrung und Spannglieder ... 374
L.11.1 Allgemeines ... 374
L.11.2 Stababstände ... 374
L.12 Bauliche Durchbildung von Bauteilen und besondere Regeln ... 375
L.12.1 Regeln für die Mindestbewehrung ... 375
L.12.2 Balken ... 375
L.12.3 Platten ... 376
L.12.4 Wände und wandartige Balken ... 376
L.12.5 Zugankersysteme für die Robustheit von Gebäuden ... 376
L.13 Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Betonfertigteilen ... 376
L.13.1 Beton – Festigkeit von SFRC ... 376
L.13.2 Verbindungen und Lager ... 376
L.14 Gering bewehrte SFRC-Tragwerke ... 377
L.14.1 Allgemeines ... 377
L.14.2 Beton ... 377
L.14.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT) – Querkraftwiderstand von gering bewehrten SFRC-Bauteilen ohne Längsbewehrung ... 377
L.14.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG) ... 377
L.14.5 Bauliche Durchbildung von Bauteilen und besondere Regeln ... 378
L.15 Anforderungen an Baustoffe: SFRC ... 378

Anhang M (normativ) Tragwerke aus Leichtbeton ... 379
M.1 Anwendung dieses Anhangs ... 379
M.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 379
M.3 Allgemeines ... 379

Anhang N (informativ) Tragwerke aus Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung ... 382
N.1 Anwendung dieses Anhangs ... 382
N.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 382
N.3 Allgemeines ... 382

Anhang O (informativ) Näherungsverfahren für Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung ... 385
O.1 Anwendung dieses Anhangs ... 385
O.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 385
O.3 Kritische Last von Gebäudetragwerken ... 385
O.4 Knicklast von Einzelbauteilen ... 387

O.5 Schlankheitsgrad und Knicklänge von Einzelbauteilen ... 387
O.6 Grenzwert der Schlankheit für Einzelbauteile ... 388
O.7 Vereinfachte Berechnung von Einzelbauteilen auf Grundlage der Nennkrümmung ... 388
O.7.1 Allgemeines ... 388
O.7.2 Bemessungsmomente ... 389
O.7.3 Nennkrümmung ... 390
O.8 Elastisches Verfahren nach Theorie II. Ordnung ... 391
O.8.1 Allgemeines ... 391
O.8.2 Verfahren zur Momenten-Vergrößerung ... 392

Anhang P (informativ) Alternative Festlegung der Betondeckung für die Dauerhaftigkeit ... 394
P.1 Anwendung dieses Anhangs ... 394
P.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 394
P.3 Mindestbetondeckung ... 394
P.4 Dauerhaftigkeitsbezogene, indikative Festigkeitsklassen ... 396

Anhang Q (normativ) Nichtrostender Betonstahl ... 397
Q.1 Anwendung dieses Anhangs ... 397
Q.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 397
Q.3 Allgemeines ... 397
Q.4 Mindestbetondeckung für die Dauerhaftigkeit ... 398
Q.5 Ermüdungsnachweis ... 399

Anhang R (informativ) Eingebettete FRP-Bewehrung ... 400
R.1 Anwendung dieses Anhangs ... 400
R.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 400
R.3 Allgemeines ... 400
R.4 Nachweis – Teilsicherheitsbeiwerte für FRP-Bewehrung ... 400
R.5 Baustoffe ... 401
R.5.1 Allgemeines ... 401
R.5.2 Eigenschaften ... 401
R.5.3 Annahmen für die Bemessung ... 402
R.6 Dauerhaftigkeit – Betondeckung ... 403
R.7 Statische Berechnung ... 403
R.8 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT) ... 404
R.8.1 Biegung mit oder ohne Normalkräfte ... 404
R.8.2 Querkraft ... 404
R.8.3 Torsion ... 405
R.8.4 Durchstanzen ... 405
R.8.5 Bemessung mit Stabwerkmodellen und Spannungsfeldern ... 405
R.9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG) ... 405
R.9.1 Allgemeines ... 405
R.9.2 Begrenzung der Spannungen und der Rissbreiten ... 405
R.9.3 Begrenzung der Durchbiegung ... 406
R.10 Ermüdung ... 407
R.11 Bauliche Durchbildung von FRP-Bewehrung ... 407
R.11.1 Allgemeines ... 407
R.11.2 Stababstände ... 407
R.11.3 Zulässige Biegerollendurchmesser für gebogene Stäbe ... 407
R.11.4 Verankerung von FRP-Bewehrung unter Zug und Druck ... 408
R.11.5 Stöße von FRP-Bewehrung unter Zug ... 408
R.11.6 Spannglieder ... 409
R.11.7 Umlenkkräfte infolge von gekrümmten Zug- und Druckgurten ... 409
R.12 Bauliche Durchbildung von Bauteilen und besondere Regeln ... 409
R.12.1 Allgemeines ... 409
R.12.2 Regeln für die Mindestbewehrung ... 409
R.12.3 Balken ... 410

R.12.4 Platten ... **410**
R.12.5 Platten-Stützen-Verbindungen und Stützenfundamente ... **410**
R.12.6 Stützen ... **410**
R.12.7 Wände und wandartige Balken ... **411**
R.12.8 Gründungen ... **411**
R.12.9 Zugankersysteme für die Robustheit von Gebäuden ... **411**
R.12.10 Auflager, Lager und Bewegungsfugen ... **411**
R.13 Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Betonfertigteilen ... **411**
R.14 Tragwerke aus gering bewehrtem Beton ... **411**
R.15 Anforderungen an Baustoffe von FRP-Bewehrungen ... **411**
R.16 Oberflächenbewehrung bei großen Stabdurchmessern ... **412**

Anhang S (informativ) Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreiten und vereinfachte Rissnachweise ... **413**
S.1 Anwendung dieses Anhangs ... **413**
S.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... **413**
S.3 Mindestbewehrungsflächen zur Begrenzung der Rissbreiten ... **413**
S.4 Vereinfachte Begrenzung der Rissbreiten ... **415**
S.5 Oberflächenbewehrung bei großen Stabdurchmessern ... **416**

Literaturhinweise ... **417**