E DIN EN 1992-1-1:2021-10 (D/E)

Erscheinungsdatum: 2021-08-27

Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Regeln - Regeln für Hochbauten, Brücken und Ingenieurbauwerke; Deutsche und Englische Fassung prEN 1992-1-1:2021

Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules - Rules for buildings, bridges and civil engineering structures; German and English version prEN 1992-1-1:2021

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort ... 12

0 Einleitung ... 13
0.1 Einleitung zu den Eurocodes ... 13
0.2 Einleitung zu EN 1992 Eurocode 2 ... 13
0.3 Einleitung zu prEN 1992-1-1 ... 14
0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen ... 14
0.5 Nationaler Anhang für prEN 1992-1-1 ... 14

1 Anwendungsbereich ... 17
1.1 Anwendungsbereich von EN 1992, Teil 1-1 ... 17
1.2 Annahmen ... 18

2 Normative Verweisungen ... 19

3 Begriffe und Symbole ... 20
3.1 Begriffe ... 20
3.2 Symbole und Abkürzungen ... 31
3.2.1 Lateinische Großbuchstaben ... 31
3.2.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... 35
3.2.3 Griechische Buchstaben ... 43
3.3 Symbole in Anhang A ... 52
3.3.1 Lateinische Großbuchstaben ... 52
3.3.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... 52
3.3.3 Griechische Kleinbuchstaben ... 52
3.4 Symbole in Anhang I ... 52
3.4.1 Lateinische Großbuchstaben ... 52
3.4.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... 52
3.4.3 Griechische Kleinbuchstaben ... 53
3.5 Symbole in Anhang J ... 53
3.5.1 Lateinische Großbuchstaben ... 53
3.5.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... 54
3.5.3 Griechische Kleinbuchstaben ... 55
3.6 Symbole in Anhang JA ... 56
3.6.1 Lateinische Großbuchstaben ... 56
3.6.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... 56
3.6.3 Griechische Buchstaben ... 57
3.7 Symbole in Anhang L ... 57
3.7.1 Lateinische Großbuchstaben ... 57
3.7.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... 57
3.7.3 Griechische Buchstaben ... 58
3.8 Abkürzungen ... 59
3.9 Einheiten ... 59

3.10 Vorzeichenregelungen ... 59

4 Grundlagen der Tragwerksplanung ... 60
4.1 Allgemeine Regeln ... 60
4.1.1 Grundlegende Anforderungen ... 60
4.1.2 Tragwerkszuverlässigkeit und Qualitätsmanagement ... 60
4.1.3 Geplante Nutzungsdauer ... 60
4.2 Basisvariablen ... 60
4.2.1 Einwirkungen und zeitabhängige Auswirkungen ... 60
4.2.2 Geometrische Angaben ... 62
4.3 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten ... 63
4.3.1 Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkung aus Schwinden ... 63
4.3.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkung aus Vorspannung ... 63
4.3.3 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe ... 63
4.4 Anforderungen an Befestigungsmittel und nachträglich eingemörtelte Bewehrungsanschlüsse ... 64

5 Baustoffe ... 65
5.1 Beton ... 65
5.1.1 Allgemeines ... 65
5.1.2 Eigenschaften und Randbedingungen ... 65
5.1.3 Festigkeit ... 66
5.1.4 Elastische Verformung ... 67
5.1.5 Kriechen und Schwinden ... 67
5.1.6 Annahmen für die Bemessung ... 69
5.2 Betonstahl ... 71
5.2.1 Allgemeines ... 71
5.2.2 Eigenschaften ... 71
5.2.3 Schweißen von Bewehrungsstäben ... 72
5.2.4 Annahmen für die Bemessung ... 73
5.2.5 Mechanische Verbindungen von Bewehrungsstäben ... 73
5.2.6 Bewehrungsstäbe mit Kopf ... 74
5.3 Spannstahl ... 74
5.3.1 Allgemeines ... 74
5.3.2 Eigenschaften ... 74
5.3.3 Annahmen für die Bemessung ... 75
5.4 Spannverfahren ... 76
5.4.1 Allgemeines ... 76
5.4.2 Verankerungsbereiche ... 77

6 Dauerhaftigkeit ... 78
6.1 Allgemeines ... 78
6.2 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit ... 78
6.3 Exposition durch Umgebungsbedingungen ... 79
6.4 Expositionswiderstandsklassen ... 83
6.5 Betondeckung ... 84
6.5.1 Nennmaß der Betondeckung ... 84
6.5.2 Mindestbetondeckung ... 85
6.5.3 Vorhaltemaß ... 89

7 Statische Berechnung ... 90
7.1 Allgemeines ... 90
7.2 Tragwerksmodellierung ... 91
7.2.1 Geometrische Imperfektionen ... 91
7.2.2 Idealisierungen des Tragwerks ... 94
7.2.3 Geometrische Angaben ... 95
7.3 Berechnungsverfahren ... 96
7.3.1 Linear-elastische Berechnung ... 96
7.3.2 Linear-elastische Berechnung mit Umlagerung ... 98
7.3.3 Verfahren nach der Plastizitätstheorie ... 100

7.3.4 Nichtlineare Berechnung 100
7.4 Statische Berechnung von Bauteilen und Systemen mit Normalkraft nach Theorie II. Ordnung 101
7.4.1 Allgemeines 101
7.4.2 Kriechen 102
7.4.3 Berechnungsverfahren 103
7.4.4 Druckglied mit zweiachsiger Biegung 104
7.5 Kippen schlanker Balken 105
7.6 Vorgespannte Bauteile und Tragwerke 106
7.6.1 Allgemeines 106
7.6.2 Vorspannkraft 106
7.6.3 Sofortige Spannungsverluste 107
7.6.4 Zeitabhängige Spannungverluste 109
7.6.5 Auswirkungen der Vorspannung im Grenzzustand der Tragfähigkeit 110

8 Grenzzustände der Tragfähigkeit (ULS) 111
8.1 Biegung mit oder ohne Normalkraft 111
8.1.1 Allgemeines 111
8.1.2 Spannungsverteilung in Druckzonen 113
8.1.3 Biegung in Platten 113
8.1.4 Beton unter mehraxialer Druckbeanspruchung 114
8.2 Querkraft 116
8.2.1 Allgemeines Nachweisverfahren 116
8.2.2 Genauerer Nachweis für Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung 120
8.2.3 Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung 123
8.2.4 Schub in der Scheibenebene und Querbiegung 129
8.2.5 Schub zwischen Steg und Gurten 129
8.2.6 Schub in Verbundfugen 131
8.3 Torsion und kombinierte Einwirkungen 135
8.3.1 Allgemeine Betrachtungen zu Torsion 135
8.3.2 Schnittkräfte infolge von Torsion in kompakten oder geschlossenen Querschnitten 135
8.3.3 Schnittkräfte infolge von Torsion in offenen Querschnitten 137
8.3.4 Torsionswiderstand von kompakten oder geschlossenen Querschnitten 137
8.3.5 Bemessungsverfahren für kombinierte Einwirkungen 138
8.3.6 Interaktionsgleichung 138
8.4 Durchstanzen 139
8.4.1 Allgemeines 139
8.4.2 Statische Nutzhöhe, Bemessungsrundschnitt und Schubspannung für Durchstanznachweise 139
8.4.3 Durchstanzwiderstand von Platten ohne Durchstanzbewehrung 144
8.4.4 Durchstanzwiderstand von Platten mit Durchstanzbewehrung 146
8.5 Bemessung mit Stabwerkmodellen und Spannungsfeldern 148
8.5.1 Allgemeines 148
8.5.2 Druckstreben und Druckfelder 150
8.5.3 Zugstreben 151
8.5.4 Knoten 152
8.5.5 Ausbreitung der Druckstreben 155
8.6 Teilflächenbelastung 157

9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (SLS) 160
9.1 Allgemeines 160
9.2 Begrenzung der Rissbreiten 161
9.2.1 Allgemeine Betrachtungen 161
9.2.2 Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreiten 165
9.2.3 Vereinfachte Begrenzung der Rissbreiten 168
9.2.4 Genauere Begrenzung der Rissbreiten 169
9.3 Begrenzung der Durchbiegungen 173
9.3.1 Allgemeine Betrachtung 173
9.3.2 Vereinfachte Begrenzung der Durchbiegung mit Biegeschlankheiten 173

9.3.3 Vereinfachte Berechnung der Langzeitdurchbiegungen bei Tragwerken in Stahlbetonhochbauten ... 175
9.3.4 Allgemeines Verfahren für Durchbiegungsberechnungen ... 176
9.4 Schwingungen ... 177

10 Nachweis gegen Ermüdung ... 178
10.1 Allgemeines ... 178
10.2 Einwirkungskombination ... 179
10.3 Schnittkräfte und Spannungen beim Ermüdungsnachweis ... 179
10.4 Vereinfachter Nachweis für Betonstahl oder Spannstahl ... 180
10.5 Vereinfachter Nachweis für Beton unter Druck oder Druck-Zug ... 181
10.6 Vereinfachter Nachweis für Beton unter Querkraft ... 182
10.7 Vereinfachter Nachweis der Schubübertragung in Verbundfugen ... 182

11 Bauliche Durchbildung von Bewehrung und Spanngliedern im nachträglichen Verbund ... 183
11.1 Allgemeines ... 183
11.2 Stababstände ... 183
11.3 Zulässige Biegerollendurchmesser für gebogene Stäbe ... 184
11.4 Verankerung von Betonstahl unter Zug und Druck ... 185
11.4.1 Allgemeines ... 185
11.4.2 Verankerung gerader Stäbe ... 187
11.4.3 Verankerung von Stabbündeln ... 190
11.4.4 Verankerung von Stäben mit Winkelhaken und Haken ... 190
11.4.5 Verankerung von Stäben mit angeschweißter Querbewehrung ... 191
11.4.6 Verankerung von Steckbügelschlaufen ... 191
11.4.7 Verankerung von Kopfstäben ... 192
11.4.8 Verankerung von nachträglich eingemörteltem Betonstahl ... 193
11.5 Stöße von Betonstahl unter Zug und Druck und mechanische Verbindungen ... 195
11.5.1 Allgemeines ... 195
11.5.2 Alle Arten von Stößen ... 195
11.5.3 Stöße von Stabündeln ... 198
11.5.4 Stöße mit Steckbügelschlaufen ... 199
11.5.5 Stöße mit Kopfstäben ... 201
11.5.6 Mechanische Verbindungen ... 203
11.5.7 Durchgeschweißte Stumpfnaht- und Kehlnahtstöße ... 204
11.6 Spannglieder im nachträglichen Verbund ... 204
11.6.1 Allgemeines ... 204
11.6.2 Mindestabstand von Hüllrohren ... 204
11.6.3 Mindestkrümmungsradius und gerade Mindestlänge von Spanngliedern im Bereich von Verankerungen ... 205
11.6.4 Verankerungen, Kopplungen und Umlenkstellen von Spanngliedern im nachträglichen Verbund ... 206
11.7 Umlenkkräfte infolge von gekrümmten Zug- und Druckgurten ... 206

12 Bauliche Durchbildung von Bauteilen und besondere Konstruktionsregeln ... 207
12.1 Allgemeines ... 207
12.2 Regeln für die Mindestbewehrung ... 208
12.3 Balken ... 210
12.3.1 Allgemeines ... 210
12.3.2 Längsbewehrung ... 211
12.3.3 Querkraft- und Torsionsbewehrung ... 212
12.3.4 Aufhängebewehrung bei indirektem Auflager ... 214
12.4 Platten ... 215
12.4.1 Allgemeines ... 215
12.4.2 Querkraftbewehrung ... 216
12.5 Platten-Stützen-Verbindungen und Stützenfundamente ... 217
12.5.1 Durchstanzbewehrung ... 217
12.5.2 Robustheitsbewehrung gegen das fortschreitende Versagen von Flachdecken ... 219
12.6 Stützen ... 220

12.7 Wände und wandartige Träger ... 221
12.8 Gründungen ... 222
12.9 Zugankersysteme für die Robustheit von Gebäuden ... 223
12.9.1 Allgemeines ... 223
12.9.2 Auslegung von Zugankern ... 224
12.9.3 Erforderliche Widerstände für Zuganker ... 225
12.10 Auflager, Lager und Bewegungsfugen ... 225
12.11 Oberflächenbewehrung bei großen Stabdurchmessern ... 227

13 Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Betonfertigteilen ... 228
13.1 Allgemeines ... 228
13.2 Spezielle Anforderungen ... 228
13.3 Beton ... 228
13.3.1 Festigkeit bei Wärmebehandlung ... 228
13.3.2 Kriechen und Schwinden ... 229
13.4 Statische Berechnung ... 229
13.4.1 Allgemeines ... 229
13.4.2 Vorspannverluste infolge einer Wärmebehandlung ... 229
13.5 Bemessung und bauliche Durchbildung von Spanngliedern im sofortigen Verbund ... 230
13.5.1 Anordnung von Spanngliedern ... 230
13.5.2 Verankerungszonen ... 231
13.5.3 Übertragung der Vorspannung ... 232
13.5.4 Verankerung der Zugkraft im ULS ... 233
13.5.5 Querkraftwiderstand von Betonfertigteilen ohne Querkraftbewehrung ... 233
13.6 Deckensysteme für Gebäude ... 234
13.6.1 Querverteilung von Lasten ... 234
13.6.2 Scheibenwirkung ... 236
13.7 Verbindungen und Auflager ... 236
13.7.1 Allgemeines ... 236
13.7.2 Auflager ... 238
13.7.3 Köcherfundamente für Gebäude ... 239
13.7.4 Zugankersysteme für Gebäude ... 241

14 Tragwerke aus unbewehrtem oder gering bewehrtem Beton ... 241
14.1 Allgemeines ... 241
14.2 Beton ... 242
14.3 Statische Berechnung ... 242
14.4 Grenzzustände der Tragfähigkeit ... 242
14.4.1 Allgemeines ... 242
14.4.2 Bemessungswiderstand für Biegung mit Normalkraft ... 243
14.4.3 Querkraft ... 243
14.4.4 Torsion ... 244
14.4.5 Grenzzustände der Tragfähigkeit infolge der Tragwerksverformung (Knicken) ... 244
14.5 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (SLS) ... 247
14.6 Bauliche Durchbildung von Bauteilen und besondere Konstruktionsregeln ... 247
14.6.1 Tragende Bauteile ... 247
14.6.2 Arbeitsfugen ... 247
14.6.3 Streifen- und Einzelfundamente ... 247

Anhang A (normativ) Anpassung von Teilsicherheitsbeiwerten für Baustoffe ... 249
A.1 Anwendung dieses Anhangs ... 249
A.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich ... 249
A.3 Allgemeines ... 249

Anhang B (normativ) Zeitabhängiges Baustoffverhalten: Kriechen, Schwinden und elastische Dehnung von Beton und Relaxation von Spannstahl ... 257
B.1 Anwendung dieses Anhangs ... 257
B.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich ... 257
B.3 Allgemeines ... 257
B.4 Zeitabhängige Entwicklung der Betonfestigkeit und der Steifigkeit ... 258

B.5 Grundgleichungen zur Ermittlung der Kriechzahl ... 260
B.6 Grundgleichungen zur Ermittlung der Schwinddehnung ... 263
B.7 Prüfungen zu elastischen Verformungen, Kriechen und Schwinden ... 264
B.8 Genauere Berechnung für Kriechen bei veränderlicher Belastung ... 266
B.9 Relaxation von Spannstahl ... 267

Anhang C (normativ) Anforderungen an Baustoffe ... 269
C.1 Anwendung dieses Anhangs ... 269
C.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich ... 269
C.3 Beton ... 269
C.3.1 Normalbeton (C) und Leichtbeton (LWAC) ... 269
C.3.2 Stahlfaserbeton (SFRC) ... 269
C.4 Betonstahl ... 270
C.4.1 Kohlenstoffbetonstahl ... 270
C.4.2 Nichtrostender Betonstahl ... 272
C.5 Spannstahl ... 273
C.6 Mechanische Verbindungen ... 276
C.7 Kopfstäbe ... 276
C.8 Nachträglich eingemörtelte Bewehrungsanschlüsse ... 276
C.9 Carbonfaserverstärkte Polymerbewehrung ... 278
C.9.1 CFRP-Bewehrung für Verstärkungen ... 278
C.9.2 Eingebettete FRP-Bewehrung ... 278

Anhang D (informativ) Beurteilung der frühzeitigen und der langfristigen Rissbildung infolge von Zwang ... 279
D.1 Anwendung dieses Anhangs ... 279
D.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich ... 279
D.3 Allgemeines ... 279
D.4 Beurteilung des Temperaturverlaufs ... 280
D.4.1 Allgemeines ... 280
D.4.2 Baustoffeigenschaften in Bezug auf die Temperaturentwicklung ... 281
D.5 Spannungsberechnungen ... 282
D.6 Rissbreitenberechnungen ... 283

Anhang E (normativ) Zusätzliche Regeln für den Ermüdungsnachweis ... 284
E.1 Anwendung dieses Anhangs ... 284
E.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich ... 284
E.3 Allgemeines ... 284
E.4 Nachweis anhand schadensäquivalenter Spannungsschwingbreite ... 284
E.4.1 Allgemeines ... 284
E.4.2 Nachweis für Bewehrung ... 284
E.4.3 Nachweis für Beton ... 286
E.5 Explizite Nachweise unter Anwendung der *Palmgren-Miner*-Regel ... 286
E.5.1 Nachweisbedingungen ... 286
E.5.2 Nachweisverfahren für Betonstahl und Spannstahl ... 287
E.5.3 Nachweisverfahren für Beton unter Druck oder Druck-Zug ... 287

Anhang F (informativ) Nichtlineare Berechnungsverfahren ... 289
F.1 Anwendung dieses Anhangs ... 289
F.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich ... 289
F.3 Allgemeines ... 289
F.4 Verfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten (PFM) ... 290
F.5 Verfahren mit Globalsicherheitsbeiwerten (GFM) ... 291
F.5.1 Allgemeines ... 291
F.5.2 Bestimmung des Globalsicherheitsbeiwerts ... 291
F.5.3 Zusätzliche Baustoffparameter ... 292
F.6 Vollständig probabilistisches Verfahren ... 293
F.7 Modellunsicherheit ... 293

Anhang G (normativ) Bemessung von Membran-, Schalen- und Plattenelementen ... 295

G.1 Anwendung dieses Anhangs 295
G.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich 295
G.3 Bemessung von Membranbauelementen im ULS 295
G.4 Bemessung von Schalen- und Plattenelementen im ULS 297
G.5 Genauere Kontrolle der Rissbildung in Membranbauteilen im SLS 300

Anhang H (informativ) Angaben zur Bemessung und baulichen Durchbildung von Betontragwerken für die Wasserundurchlässigkeit 301
H.1 Anwendung dieses Anhangs 301
H.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich 301
H.3 Allgemeines 301
H.4 Dichtheitsklassen 301
H.4.1 Klassifizierung 301
H.4.2 Dichtheitsanforderungen 302

Anhang I (informativ) Bewertung von bestehenden Tragwerken 304
I.1 Anwendung dieses Anhangs 304
I.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich 304
I.3 Allgemeines 304
I.4 Bewertungsgrundlagen 305
I.4.1 Allgemeine Regeln 305
I.4.2 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten 306
I.5 Baustoffe 306
I.5.1 Allgemeines 306
I.5.2 Beton 307
I.5.3 Betonstahl 308
I.5.4 Spannstahl 309
I.6 Dauerhaftigkeit – Mindestbetondeckung für Verbund 309
I.7 Statische Berechnung 310
I.7.1 Berechnungsverfahren 310
I.7.2 Vorgespannte Bauteile und Tragwerke 310
I.8 Grenzzustände der Tragfähigkeit (ULS) 311
I.8.1 Allgemeines 311
I.8.2 Biegung mit oder ohne Normalkraft 311
I.8.3 Querkraft 312
I.8.4 Torsion und kombinierte Einwirkungen 315
I.8.5 Genauerer Durchstanznachweis 315
I.9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (SLS) 317
I.9.1 Allgemeines 317
I.9.2 Begrenzung der Rissbreiten 317
I.10 Ermüdung 317
I.11 Bauliche Durchbildung von Bewehrung und Spanngliedern 318
I.11.1 Allgemeines 318
I.11.2 Stababstände 318
I.11.3 Zulässiger Stabdurchmesser für gebogene Stäbe 318
I.11.4 Verankerung von Betonstahl unter Zug und Druck 318
I.11.5 Stöße von Betonstahl unter Zug und Druck und mechanische Verbindungen 322
I.12 Bauliche Durchbildung von Bauteilen und besondere Regeln – Regeln für die Mindestbewehrung 322

Anhang J (informativ) Verstärkung von bestehenden Betontragwerken mit CFRP 323
J.1 Anwendung dieses Anhangs 323
J.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich 323
J.3 Allgemeines 323
J.4 Grundlagen der Tragwerksplanung – Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe 323
J.5 Baustoffe – Eigenschaften und zugehörige Bedingungen 324
J.6 Dauerhaftigkeit – Exposition gegenüber Umgebungsbedingungen 325
J.7 Statische Berechnung 326
J.8 Grenzzustände der Tragfähigkeit (ULS) 326

J.8.1 Biegung mit oder ohne Normalkraft 326
J.8.2 Querkraft 328
J.8.3 Durchstanzen 330
J.8.4 Bemessung mit Stabwerkmodellen und Spannungsfeldern 330
J.9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (SLS) 330
J.10 Ermüdung 330
J.10.1 Grundlegende Ermüdungsberechnung für CFRP-Systeme in externem Verbund 330
J.10.2 Genauere Ermüdungsberechnung für CFRP-Systeme in externem Verbund 331
J.10.3 Oberflächennah verklebte CFRP-Lamellen 332
J.11 Verbund und Verankerung von CFRP-Systemen 332
J.11.1 Verankerung von ABR-CFRP-Verstärkungssystemen 332
J.12 Bauliche Durchbildung von Bauteilen und besondere Konstruktionsregeln mit CFRP 338
J.12.1 Biegeverstärkung mit extern geklebtem CFRP 338
J.12.2 Biegeverstärkung mit NSM-Bewehrungsstäben 338
J.12.3 Zulässige Biegerollendurchmesser für die Biegung von FRP 339
J.12.4 Zulässige Lagen für geklebte CFRP-Gelege und -Lamellen 339

Anhang JA (informativ) Eingebettete FRP-Bewehrung 340
JA.1 Anwendung dieses Anhangs 340
JA.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich 340
JA.3 Allgemeines 340
JA.4 Nachweis – Teilsicherheitsbeiwerte für FRP-Bewehrung 340
JA.5 Baustoffe – FRP-Bewehrung 341
JA.5.1 Allgemeines 341
JA.5.2 Eigenschaften 341
JA.5.3 Annahmen für die Bemessung 341
JA.6 Dauerhaftigkeit – Betondeckung – Sonderregeln für FRP-Bewehrung 343
JA.7 Statische Berechnung – Sonderregeln für FRP-Bewehrung 343
JA.8 Grenzzustände der Tragfähigkeit (ULS) – Sonderregeln für FRP-Bewehrung 343
JA.8.1 Biegung mit oder ohne Normalkräfte 343
JA.8.2 Querkraft 343
JA.8.3 Torsion 344
JA.8.4 Durchstanzen 344
JA.8.5 Bemessung mit Stabwerkmodellen und Spannungsfeldern 344
JA.9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (SLS) – Sonderregeln für FRP-Bewehrung 345
JA.9.1 Begrenzung der Rissbreiten 345
JA.9.2 Begrenzung der Durchbiegungen 345
JA.10 Ermüdung 345
JA.11 Bauliche Durchbildung von FRP-Bewehrung 345
JA.11.1 Stababstände 345
JA.11.2 Zulässige Biegerollendurchmesser für gebogene Stäbe 345
JA.11.3 Verankerung von FRP-Bewehrung unter Zug und Druck 346
JA.12 Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Betonfertigteilen 347
JA.13 Tragwerke aus gering bewehrtem Beton 347

Anhang K (normativ) Brücken 348
K.1 Anwendung dieses Anhangs 348
K.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich 348
K.3 Normative Verweisungen 348
K.4 Begriffe und Symbole 348
K.5 Grundlagen für die Tragwerksplanung 348
K.6 Baustoffe 348
K.7 Dauerhaftigkeit 348
K.8 Statische Berechnung 350
K.9 Grenzzustände der Tragfähigkeit (ULS) 350
K.10 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (SLS) 350
K.11 Ermüdungsnachweis über schadensäquivalente Spannungsschwingbreiten 350
K.11.1 Allgemeines 350
K.11.2 Nachweis für Bewehrung 350

K.11.3 Nachweis für Beton 355
K.12 Bauliche Durchbildung von Bewehrung und Spanngliedern 358
K.13 Bauliche Durchbildung von Bauteilen und besondere Konstruktionsregeln 358
K.13.1 Allgemeines 358
K.13.2 Regeln für die Mindestbewehrung 358
K.13.3 Brücken mit externen Spanngliedern oder internen Spanngliedern ohne Verbund 359
K.13.4 Schrägseil-, Extradosed- und Hängebrücken 359
K.14 Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Betonfertigteilen 360
K.15 Tragwerke aus unbewehrtem oder gering bewehrtem Beton 361
K.16 Anhang A bis Anhang O 361

Anhang L (informativ) Tragwerke aus Stahlfaserbeton 362
L.1 Anwendung dieses Anhangs 362
L.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich 362
L.3 Allgemeines 362
L.4 Grundlagen der Tragwerksplanung – Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten – Teilsicherheitsbeiwerte von Baustoffen 362
L.5 Baustoffe – Stahlfaserbeton 363
L.5.1 Eigenschaften 363
L.5.2 Festigkeiten 363
L.5.3 Elastische Verformung 364
L.5.4 Kriechen und Schwinden 364
L.5.5 Annahmen für die Bemessung 365
L.6 Dauerhaftigkeit – Betondeckung – Mindestbetondeckung 366
L.7 Statische Berechnung – Verfahren nach der Plastizitätstheorie – Sonderregeln für SFRC-Tragwerke 367
L.8 Grenzzustände der Tragfähigkeit (ULS) 367
L.8.1 Biegung mit oder ohne Normalkraft – Spannungsverteilung bei SFRC unter Zug 367
L.8.2 Querkraft 368
L.8.3 Torsion – Torsionswiderstand von kompakten oder geschlossenen Querschnitten 369
L.8.4 Durchstanzen 370
L.8.5 Bemessung mit Stabwerkmodellen – Zugstreben 370
L.8.6 Teilflächenbelastung 370
L.9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (SLS) — Begrenzung der Rissbreiten 370
L.9.1 Allgemeine Betrachtungen 370
L.9.2 Mindestbewehrungsflächen zur Begrenzung der Rissbreiten 371
L.9.3 Genauere Begrenzung der Rissbildung 371
L.10 Ermüdung 371
L.11 Bauliche Durchbildung der Bewehrung und Spannglieder 371
L.11.1 Allgemeines 371
L.11.2 Stababstände 371
L.12 Bauliche Durchbildung von Bauteilen und besondere Regeln 371
L.12.1 Regeln für die Mindestbewehrung 371
L.12.2 Balken 372
L.12.3 Platten 372
L.12.4 Wände und wandartige Balken 373
L.12.5 Zugankersysteme für die Robustheit von Gebäuden 373
L.13 Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Betonfertigteilen 373
L.13.1 Beton – Festigkeit von SFRC 373
L.13.2 Verbindungen und Lager 373
L.14 Gering bewehrte SFRC-Tragwerke 373
L.14.1 Allgemeines 373
L.14.2 Beton 373
L.14.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit (ULS) – Querkraftwiderstand von SFRC-Bauteilen ohne Längsbewehrung 374
L.14.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (SLS) 374
L.14.5 Bauliche Durchbildung von Bauteilen und besondere Regeln 374

Anhang M (normativ) Tragwerke aus Leichtbeton 375

M.1 Anwendung dieses Anhangs 375
M.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich 375
M.3 Allgemeines 375

Anhang N (informativ) Tragwerke aus Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung 378
N.1 Anwendung dieses Anhangs 378
N.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich 378
N.3 Allgemeines 378

Anhang O (informativ) Näherungsverfahren zu Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung 382
O.1 Anwendung dieses informativen Anhangs 382
O.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich 382
O.3 Kritische Last von Gebäudetragwerken 382
O.4 Knicklast von Einzelbauteilen 384
O.5 Schlankheitsgrad und Knicklänge von Einzelbauteilen 384
O.6 Grenzwert der Schlankheit für Einzelbauteile 385
O.7 Vereinfachte Berechnung von Einzelbauteilen auf Grundlage der Nennkrümmung 385
O.7.1 Allgemeines 385
O.7.2 Bemessungsmomente 385
O.7.3 Nennkrümmung 387
O.8 Elastisches Verfahren nach Theorie II. Ordnung 388
O.8.1 Allgemeines 388
O.8.2 Verfahren zur Momenten-Vergrößerung 389

Anhang P (informativ) Alternative Festlegung der Betondeckung für die Dauerhaftigkeit 391
P.1 Anwendung dieses informativen Anhangs 391
P.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich 391
P.3 Mindestbetondeckung für die Dauerhaftigkeit 391
P.4 Dauerhaftigkeitsbezogene, indikative Festigkeitsklassen 393

Anhang Q (normativ) Nichtrostender Betonstahl 394
Q.1 Anwendung dieses Anhangs 394
Q.2 Anwendungsbereich und Gültigkeitsbereich 394
Q.3 Allgemeines 394
Q.4 Mindestbetondeckung für die Dauerhaftigkeit 395
Q.5 Ermüdungsnachweis 396

Literaturhinweise 397