

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 Spannungsverluste.....	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, Bemessungsgrundriss 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 Stabbüdeln	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 <i>Palmgren-Miner-Regel</i>	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.....		
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		
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 Gebäudeträgwerken.....	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