DIN EN 1992-1-1:2011-01 (D)

Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010

Inhalt

Seite

Vorwort 9

Hintergrund des Eurocode-Programms 9

Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes 10

Nationale Fassungen der Eurocodes 11

Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETA) 11

1 ALLGEMEINES 14
1.1 Anwendungsbereich 14
1.1.1 Anwendungsbereich des Eurocode 2 14
1.1.2 Anwendungsbereich des Eurocode 2 Teil 1-1 15
1.2 Normative Verweisungen 15
1.2.1 Allgemeine normative Verweisungen 15
1.2.2 Weitere normative Verweisungen 15
1.3 Annahmen 16
1.4 Unterscheidung zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln 16
1.5 Begriffe 16
1.5.1 Allgemeines 16
1.5.2 Besondere Begriffe und Definitionen in dieser Norm 16
1.6 Formelzeichen 16

2 GRUNDLAGEN DER TRAGWERKSPLANUNG 20
2.1 Anforderungen 20
2.1.1 Grundlegende Anforderungen 20
2.1.2 Behandlung der Zuverlässigkeit 21
2.1.3 Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Qualitätssicherung 21
2.2 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen 21
2.3 Basisvariablen 21
2.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse 21
2.3.2 Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen 23
2.3.3 Verformungseigenschaften des Betons 23
2.3.4 Geometrische Angaben 23
2.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten 24
2.4.1 Allgemeines 24
2.4.2 Bemessungswerte 24
2.4.3 Kombinationsregeln für Einwirkungen 25
2.4.4 Nachweis der Lagesicherheit 26
2.5 Versuchsgestützte Bemessung 26
2.6 Zusätzliche Anforderungen an Gründungen 26
2.7 Anforderungen an Befestigungsmittel 26

3 BAUSTOFFE 27
3.1 Beton 27
3.1.1 Allgemeines 27
3.1.2 Festigkeiten 27

3.1.3 Elastische Verformungseigenschaften ... 28
3.1.4 Kriechen und Schwinden ... 31
3.1.5 Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung und für Verformungsberechnungen ... 34
3.1.6 Bemessungswert der Betondruck- und Betonzugfestigkeit ... 35
3.1.7 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung ... 36
3.1.8 Biegezugfestigkeit ... 37
3.1.9 Beton unter mehraxialer Druckbeanspruchung ... 38
3.2 Betonstahl ... 38
3.2.1 Allgemeines ... 38
3.2.2 Eigenschaften ... 39
3.2.3 Festigkeiten ... 40
3.2.4 Duktilitätsmerkmale ... 40
3.2.5 Schweißen ... 40
3.2.6 Ermüdung ... 41
3.2.7 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung ... 41
3.3 Spannstahl ... 42
3.3.1 Allgemeines ... 42
3.3.2 Eigenschaften ... 43
3.3.3 Festigkeiten ... 44
3.3.4 Duktilitätseigenschaften ... 45
3.3.5 Ermüdung ... 45
3.3.6 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung ... 45
3.3.7 Spannstähle in Hüllrohren ... 47
3.4 Komponenten von Spannsystemen ... 47
3.4.1 Verankerungen und Spanngliedkopplungen ... 47
3.4.1.1 Allgemeines ... 47
3.4.2 Externe Spannglieder ohne Verbund ... 48
3.4.2.1 Allgemeines ... 48

4 DAUERHAFTIGKEIT UND BETONDECKUNG ... 48
4.1 Allgemeines ... 48
4.2 Umgebungsbedingungen ... 48
4.3 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit ... 50
4.4 Nachweisverfahren ... 51
4.4.1 Betondeckung ... 51

5 ERMITTLUNG DER SCHNITTGRÖSSEN ... 56
5.1 Allgemeines ... 56
5.1.1 Grundlagen ... 56
5.1.2 Besondere Anforderungen an Gründungen ... 57
5.1.3 Lastfälle und Einwirkungskombinationen ... 57
5.1.4 Auswirkungen von Bauteilverformungen (Theorie II. Ordnung) ... 57
5.2 Imperfektionen ... 57
5.3 Idealisierungen und Vereinfachungen ... 60
5.3.1 Tragwerksmodelle für statische Berechnungen ... 60
5.3.2 Geometrische Angaben ... 61
5.4 Linear-elastische Berechnung ... 64
5.5 Linear-elastische Berechnung mit begrenzter Umlagerung ... 64
5.6 Verfahren nach der Plastizitätstheorie ... 65
5.6.1 Allgemeines ... 65
5.6.2 Balken, Rahmen und Platten ... 65
5.6.3 Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation ... 66
5.6.4 Stabwerkmodelle ... 67
5.7 Nichtlineare Verfahren ... 67
5.8 Berechnung von Bauteilen unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung ... 68
5.8.1 Begriffe ... 68
5.8.2 Allgemeines ... 68
5.8.3 Vereinfachte Nachweise für Bauteile unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung ... 69
5.8.4 Kriechen ... 72
5.8.5 Berechnungsverfahren ... 73
5.8.6 Allgemeines Verfahren ... 74

5.8.7 Verfahren mit Nennsteifigkeiten 74
5.8.8 Verfahren mit Nennkrümmung 77
5.8.9 Druckglieder mit zweiachsiger Lastausmitte 79
5.9 Seitliches Ausweichen schlanker Träger 81
5.10 Spannbetontragwerke 81
5.10.1 Allgemeines 81
5.10.2 Vorspannkraft während des Spannvorgangs 82
5.10.3 Vorspannkraft nach dem Spannvorgang 83
5.10.4 Sofortige Spannkraftverluste bei sofortigem Verbund 84
5.10.5 Sofortige Spannkraftverluste bei nachträglichem Verbund 84
5.10.6 Zeitabhängige Spannkraftverluste bei sofortigem und nachträglichem Verbund 85
5.10.7 Berücksichtigung der Vorspannung in der Berechnung 87
5.10.8 Grenzzustand der Tragfähigkeit 87
5.10.9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdung 87
5.11 Berechnung für ausgewählte Tragwerke 88

6 NACHWEISE IN DEN GRENZZUSTÄNDEN DER TRAGFÄHIGKEIT (GZT) 88
6.1 Biegung mit oder ohne Normalkraft und Normalkraft allein 88
6.2 Querkraft 89
6.2.1 Nachweisverfahren 89
6.2.2 Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung 90
6.2.3 Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung 93
6.2.4 Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurten 96
6.2.5 Schubkraftübertragung in Fugen 98
6.3 Torsion 100
6.3.1 Allgemeines 100
6.3.2 Nachweisverfahren 101
6.3.3 Wölbkrafttorsion 102
6.4 Durchstanzen 103
6.4.1 Allgemeines 103
6.4.2 Lasteinleitung und Nachweisschnitte 104
6.4.3 Nachweisverfahren 108
6.4.4 Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung 111
6.4.5 Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente mit Durchstanzbewehrung 112
6.5 Stabwerkmodelle 114
6.5.1 Allgemeines 114
6.5.2 Bemessung der Druckstreben 114
6.5.3 Bemessung der Zugstreben 115
6.5.4 Bemessung der Knoten 115
6.6 Verankerung der Längsbewehrung und Stöße 118
6.7 Teilflächenbelastung 119
6.8 Nachweis gegen Ermüdung 120
6.8.1 Allgemeines 120
6.8.2 Innere Kräfte und Spannungen beim Nachweis gegen Ermüdung 120
6.8.3 Einwirkungskombinationen 121
6.8.4 Nachweisverfahren für Betonstahl und Spannstahl 121
6.8.5 Nachweis gegen Ermüdung über schädigungsäquivalente Schwingbreiten 123
6.8.6 Vereinfachte Nachweise 124
6.8.7 Nachweis gegen Ermüdung des Betons unter Druck oder Querkraftbeanspruchung 124

7 NACHWEISE IN DEN GRENZZUSTÄNDEN DER GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT (GZG) 126
7.1 Allgemeines 126
7.2 Begrenzung der Spannungen 126
7.3 Begrenzung der Rissbreiten 127
7.3.1 Allgemeines 127
7.3.2 Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite 128
7.3.3 Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung 131
7.3.4 Berechnung der Rissbreite 133
7.4 Begrenzung der Verformungen 135
7.4.1 Allgemeines 135
7.4.2 Nachweis der Begrenzung der Verformungen ohne direkte Berechnung 136
7.4.3 Nachweis der Begrenzung der Verformungen mit direkter Berechnung 138

8 ALLGEMEINE BEWEHRUNGSREGELN 139
8.1 Allgemeines 139
8.2 Stababstände von Betonstählen 140
8.3 Biegen von Betonstählen 140
8.4 Verankerung der Längsbewehrung 141
8.4.1 Allgemeines 141
8.4.2 Bemessungswert der Verbundfestigkeit 142
8.4.3 Grundwert der Verankerungslänge 143
8.4.4 Bemessungswert der Verankerungslänge 144
8.5 Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung 146
8.6 Verankerung mittels angeschweißter Stäbe 146
8.7 Stöße und mechanische Verbindungen 147
8.7.1 Allgemeines 147
8.7.2 Stöße 147
8.7.3 Übergreifungslänge 148
8.7.4 Querbewehrung im Bereich der Übergreifungsstöße 149
8.7.5 Stöße von Betonstahlmatten aus Rippenstahl 150
8.8 Zusätzliche Regeln bei großen Stabdurchmessern 152
8.9 Stabbündel 153
8.9.1 Allgemeines 153
8.9.2 Verankerung von Stabbündeln 153
8.9.3 Gestoßene Stabbündel 154
8.10 Spannglieder 154
8.10.1 Anordnung von Spanngliedern und Hüllrohren 154
8.10.2 Verankerung bei Spanngliedern im sofortigen Verbund 156
8.10.3 Verankerungsbereiche bei Spanngliedern im nachträglichen oder ohne Verbund 159
8.10.4 Verankerungen und Spanngliedkopplungen für Spannglieder 160
8.10.5 Umlenkstellen 160

9 KONSTRUKTIONSREGELN 161
9.1 Allgemeines 161
9.2 Balken 161
9.2.1 Längsbewehrung 161
9.2.2 Querkraftbewehrung 165
9.2.3 Torsionsbewehrung 166
9.2.4 Oberflächenbewehrung 166
9.2.5 Indirekte Auflager 166
9.3 Vollplatten 168
9.3.1 Biegebewehrung 168
9.3.2 Querkraftbewehrung 169
9.4 Flachdecken 169
9.4.1 Flachdecken im Bereich von Innenstützen 169
9.4.2 Flachdecken im Bereich von Randstützen 170
9.4.3 Durchstanzbewehrung 170
9.5 Stützen 171
9.5.1 Allgemeines 171
9.5.2 Längsbewehrung 171
9.5.3 Querbewehrung 172
9.6 Wände 172
9.6.1 Allgemeines 172
9.6.2 Vertikale Bewehrung 173
9.6.3 Horizontale Bewehrung 173
9.6.4 Querbewehrung 173
9.7 Wandartige Träger 173
9.8 Gründungen 174
9.8.1 Pfahlkopfplatten 174
9.8.2 Einzel- und Streifenfundamente 174
9.8.3 Zerrbalken 176
9.8.4 Einzelfundament auf Fels 176
9.8.5 Bohrpfähle 177

9.9 Bereiche mit geometrischen Diskontinuitäten oder konzentrierten Einwirkungen (D-Bereiche) 178
9.10 Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen 178
9.10.1 Allgemeines 178
9.10.2 Ausbildung von Zugankern 178
9.10.3 Durchlaufwirkung und Verankerung von Zugankern 181

10 ZUSÄTZLICHE REGELN FÜR BAUTEILE UND TRAGWERKE AUS FERTIGTEILEN 181
10.1 Allgemeines 181
10.1.1 Besondere Begriffe dieses Kapitels 181
10.2 Grundlagen für die Tragwerksplanung, Grundlegende Anforderungen 182
10.3 Baustoffe 182
10.3.1 Beton 182
10.3.2 Spannstahl 183
10.5 Ermittlung der Schnittgrößen 183
10.5.1 Allgemeines 183
10.5.2 Spannkraftverluste 184
10.9 Bemessungs- und Konstruktionsregeln 184
10.9.1 Einspannmomente in Platten 184
10.9.2 Wand-Decken-Verbindungen 184
10.9.3 Deckensysteme 185
10.9.4 Verbindungen und Lager für Fertigteile 187
10.9.5 Lager 191
10.9.6 Köcherfundamente 194
10.9.7 Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen 195

11 ZUSÄTZLICHE REGELN FÜR BAUTEILE UND TRAGWERKE AUS LEICHTBETON 195
11.1 Allgemeines 195
11.1.1 Geltungsbereich 195
11.1.2 Besondere Formelzeichen 195
11.2 Grundlagen für die Tragwerksplanung 195
11.3 Baustoffe 196
11.3.1 Beton 196
11.3.2 Elastische Verformungseigenschaften 196
11.3.3 Kriechen und Schwinden 198
11.3.4 Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung und für Verformungsberechnungen 198
11.3.5 Bemessungswert für Druck- und Zugfestigkeiten 198
11.3.6 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung 198
11.3.7 Beton unter mehraxialer Druckbeanspruchung 199
11.4 Dauerhaftigkeit und Betondeckung 199
11.4.1 Umgebungseinflüsse 199
11.4.2 Betondeckung 199
11.5 Ermittlung der Schnittgrößen 199
11.5.1 Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation 199
11.6 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT) 199
11.6.1 Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung 199
11.6.2 Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung 200
11.6.3 Torsion 200
11.6.4 Durchstanzen 200
11.6.7 Teilflächenbelastung 201
11.6.8 Nachweis gegen Ermüdung 201
11.7 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG) 202
11.8 Allgemeine Bewehrungsregeln 202
11.8.1 Zulässige Biegerollendurchmesser für gebogene Betonstähle 202
11.8.2 Bemessungswert der Verbundfestigkeit 202
11.9 Konstruktionsregeln 202
11.10 Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Fertigteilen 202
11.12 Tragwerke aus unbewehrtem oder gering bewehrtem Beton 202

12 TRAGWERKE AUS UNBEWEHRTEM ODER GERING BEWEHRTEM BETON 202
12.1 Allgemeines 202

12.3 Baustoffe ... 203
12.3.1 Beton ... 203
12.5 Ermittlung der Schnittgrößen ... 203
12.6 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT) ... 203
12.6.1 Biegung mit oder ohne Normalkraft und Normalkraft allein ... 203
12.6.2 Örtliches Versagen ... 204
12.6.3 Querkraft ... 204
12.6.4 Torsion ... 205
12.6.5 Auswirkungen von Verformungen von Bauteilen unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung ... 205
12.7 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG) ... 208
12.9 Konstruktionsregeln ... 208
12.9.1 Tragende Bauteile ... 208
12.9.2 Arbeitsfugen ... 208
12.9.3 Streifen- und Einzelfundamente ... 208

Anhang A (informativ) Modifikation von Teilsicherheitsbeiwerten für Baustoffe ... 210

A.1 Allgemeines ... 210
A.2 Tragwerke aus Ortbeton ... 210
A.2.1 Reduktion auf Grundlage von Qualitätskontrollen und verminderten Abweichungen ... 210
A.2.2 Reduktion auf Grundlage der Verwendung von verminderten oder gemessenen geometrischen Daten bei der Bemessung ... 211
A.2.3 Reduktion auf Grundlage der Bestimmung der Betonfestigkeit im fertigen Tragwerk ... 211
A.3 Fertigteilprodukte ... 212
A.3.1 Allgemeines ... 212
A.3.2 Teilsicherheitsbeiwerte von Baustoffen ... 212
A.4 Fertigteile ... 212

Anhang B (informativ) Kriechen und Schwinden ... 213

B.1 Grundgleichungen zur Ermittlung der Kriechzahl ... 213
B.2 Grundgleichungen zur Ermittlung der Trocknungsschwinddehnung ... 215

Anhang C (normativ) Eigenschaften des Betonstahls ... 216

C.1 Allgemeines ... 216
C.2 Festigkeiten ... 218
C.3 Biegbarkeit ... 218

Anhang D (informativ) Genauere Methode zur Berechnung von Spannkraftverlusten aus Relaxation ... 219

D.1 Allgemeines ... 219

Anhang E (informativ) Indikative Mindestfestigkeitsklassen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit 221

E.1 Allgemeines ... 221

Anhang F (informativ) Gleichungen für Zugbewehrung für den ebenen Spannungszustand ... 222

F.1 Allgemeines ... 222

Anhang G (informativ) Boden-Bauwerk- Interaktion ... 224

G.1 Flachgründungen ... 224
G.1.1 Allgemeines ... 224
G.1.2 Genauigkeitsgrade des Nachweisverfahrens ... 225
G.2 Pfahlgründungen ... 225

Anhang H (informativ) Nachweise am Gesamttragwerk nach Theorie II. Ordnung ... 226

H.1 Kriterien zur Vernachlässigung der Nachweise nach Theorie II. Ordnung 226
H.1.1 Allgemeines 226
H.1.2 Aussteifungssystem ohne wesentliche Schubverformungen 226
H.1.3 Aussteifungssystem mit wesentlichen globalen Schubverformungen 228
H.2 Berechnungsverfahren für globale Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung 228

Anhang I (informativ) Ermittlung der Schnittgrößen bei Flachdecken und Wandscheiben 230

I.1 Flachdecken 230
I.1.1 Allgemeines 230
I.1.2 Modellierung und Berechnung als Rahmen 230
I.1.3 Ungleiche Stützweiten 231
I.2 Wandscheiben 231

Anhang J (informativ) Konstruktionsregeln für ausgewählte Beispiele 233

J.1 Oberflächenbewehrung 233
J.2 Rahmenecken 234
J.2.1 Allgemeines 234
J.2.2 Rahmenecken mit schließendem Moment 234
J.2.3 Rahmenecken mit öffnendem Moment 235
J.3 Konsolen 236