E DIN EN 1994-1-1:2024-03 (D/E)

Erscheinungsdatum: 2024-02-02

Eurocode 4 - Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche und Englische Fassung prEN 1994-1-1:2024

Eurocode 4 - Design of composite steel and concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings; German and English version prEN 1994-1-1:2024

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort ... 8

0 Einleitung ... 9
0.1 Einleitung zu den Eurocodes ... 9
0.2 Einleitung zu EN 1994 (alle Teile) ... 9
0.3 Einleitung zu EN 1994-1-1 ... 10
0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen ... 10
0.5 Nationaler Anhang zu EN 1994-1-1 ... 10

1 Anwendungsbereich ... 11
1.1 Anwendungsbereich von EN 1994-1-1 ... 11
1.2 Voraussetzungen ... 11

2 Normative Verweisungen ... 11

3 Begriffe und Symbole ... 12
3.1 Begriffe ... 12
3.2 Symbole ... 16
3.2.1 Lateinische Großbuchstaben ... 16
3.2.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... 22
3.2.3 Griechische Großbuchstaben ... 26
3.2.4 Griechische Kleinbuchstaben ... 27
3.3 In Anhang A verwendete zusätzliche Symbole ... 29
3.3.1 Lateinische Großbuchstaben ... 29
3.3.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... 30
3.3.3 Griechische Kleinbuchstaben ... 30
3.4 In Anhang B verwendete zusätzliche Symbole ... 30
3.4.1 Lateinische Großbuchstaben ... 30
3.4.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... 31
3.4.3 Griechische Kleinbuchstaben ... 31
3.5 In Anhang D und Anhang E verwendete zusätzliche Symbole ... 31
3.5.1 Lateinische Großbuchstaben ... 31
3.5.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... 33
3.5.3 Griechische Kleinbuchstaben ... 34
3.6 In Anhang F verwendete zusätzliche Symbole ... 34
3.6.1 Lateinische Großbuchstaben ... 34
3.6.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... 35
3.6.3 Griechische Großbuchstaben ... 35
3.6.4 Griechische Kleinbuchstaben ... 35
3.7 In Anhang G verwendete zusätzliche Symbole ... 36
3.7.1 Lateinische Großbuchstaben ... 36
3.7.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... 36
3.8 In Anhang H verwendete zusätzliche Symbole ... 36
3.8.1 Lateinische Großbuchstaben ... 36
3.8.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... 36

3.8.3 Griechische Kleinbuchstaben ... 37
3.9 In Anhang I verwendete zusätzliche Symbole ... 37
3.10 In Anhang J verwendete zusätzliche Symbole ... 37
3.10.1 Lateinische Großbuchstaben ... 37
3.10.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... 38
3.10.3 Griechische Kleinbuchstaben ... 38

4 Grundlagen der Tragwerksplanung ... 38
4.1 Allgemeine Regeln ... 38
4.1.1 Anforderungen ... 38
4.1.2 Robustheit ... 39
4.1.3 Zuverlässigkeit ... 39
4.2 Grundsätze der Bemessung nach Grenzzuständen ... 39
4.3 Basisvariablen ... 39
4.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse ... 39
4.3.2 Baustoff- und Produkteigenschaften ... 39
4.3.3 Klassifizierung von Einwirkungen ... 39
4.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten ... 40
4.4.1 Bemessungswerte ... 40
4.4.2 Bemessungswerte der Tragfähigkeit ... 41
4.4.3 Kombination von Einwirkungen ... 41
4.4.4 Nachweise der Lagesicherheit ... 41

5 Baustoffe ... 41
5.1 Beton ... 41
5.2 Betonstahl ... 42
5.3 Baustahl ... 42
5.4 Verbindungs- und Verbundmittel ... 43
5.4.1 Verbindungsmittel ... 43
5.4.2 Schubverbinder ... 43
5.5 Profilbleche für Verbunddecken in Hochbauten ... 45

6 Dauerhaftigkeit ... 46
6.1 Allgemeines ... 46
6.2 Profilbleche für Verbunddecken in Hochbauten ... 46

7 Statische Berechnung ... 46
7.1 Tragwerksmodell für die Berechnung ... 46
7.1.1 Tragwerksmodell und grundlegende Annahmen ... 46
7.1.2 Anschlussmodelle ... 47
7.1.3 Baugrund-Tragwerks-Interaktion ... 47
7.2 Tragfähigkeit ... 47
7.2.1 Auswirkungen verformter Tragwerksgeometrie ... 47
7.2.2 Berechnungsverfahren für Hochbauten ... 48
7.3 Imperfektionen ... 49
7.3.1 Grundlagen ... 49
7.3.2 Imperfektionen in Hochbauten ... 49
7.4 Berechnung der Auswirkungen von Einwirkungen ... 50
7.4.1 Verfahren der Gesamttragwerksberechnung ... 50
7.4.2 Linear-elastische Berechnung ... 52
7.4.3 Nichtlineare Gesamttragwerksberechnung ... 55
7.4.4 Linear-elastische Berechnung mit begrenzter Schnittgrößenumlagerung bei Hochbauten ... 56
7.4.5 Starr-plastische Gesamttragwerksberechnung für Hochbauten ... 57
7.5 Klassifizierung von Querschnitten ... 59
7.5.1 Allgemeines ... 59
7.5.2 Klassifizierung von Verbundprofilen ohne Kammerbeton ... 60
7.5.3 Klassifizierung von einbetonierten Verbundprofilen für Hochbauten ... 60

8 Grenzzustände der Tragfähigkeit ... 61
8.1 Träger ... 61

8.1.1 Allgemeines ... 61
8.1.2 Mittragende Breite bei Querschnittsnachweisen ... 63
8.2 Tragfähigkeiten von Trägerquerschnitten ... 63
8.2.1 Biegetragfähigkeit ... 63
8.2.2 Tragfähigkeit bei vertikaler Schubbeanspruchung ... 73
8.3 Querschnittstragfähigkeit von teilweise einbetonierten Trägern für Hochbauten ... 75
8.3.1 Anwendungsbereich ... 75
8.3.2 Biegetragfähigkeit ... 76
8.3.3 Tragfähigkeit bei vertikaler Schubbeanspruchung ... 77
8.3.4 Biegung und vertikale Schubbeanspruchung ... 78
8.4 Biegedrillknicken von Verbundträgern ... 78
8.4.1 Allgemeines ... 78
8.4.2 Biegedrillknicknachweis für Durchlaufverbundträger mit Querschnitten der Klasse 1, Klasse 2 und Klasse 3 ... 79
8.4.3 Vereinfachter Biegedrillknicknachweis für Durchlaufverbundträger mit Querschnitten der Klasse 1, Klasse 2 und Klasse 3 ohne direkte Berechnung für Träger in Hochbauten ... 81
8.5 Stege mit Querbelastung ... 82
8.5.1 Allgemeines ... 82
8.5.2 Gurtinduziertes Stegblechbeulen ... 82
8.6 Verdübelung ... 83
8.6.1 Grundlagen der Tragwerksplanung ... 83
8.6.2 Allgemeines Verfahren mit nichtlinearer Berechnung ... 84
8.6.3 Träger in Hochbauten, deren Querschnittstragfähigkeit nach Plastizitätstheorie ermittelt wird ... 84
8.6.4 Sonstige Träger, deren Querschnittstragfähigkeit nach Plastizitätstheorie ermittelt wird ... 87
8.6.5 Träger, deren Querschnittstragfähigkeit nach Elastizitätstheorie ermittelt wird ... 88
8.6.6 Träger, deren Querschnittstragfähigkeit nach nichtlinearer Theorie ermittelt wird ... 89
8.6.7 Lokale Auswirkungen konzentrierter Längsschubkraft ... 89
8.6.8 Kopfbolzendübel in Vollbetonplatten und Kammerbeton ... 91
8.6.9 Bemessungstragfähigkeit von Kopfbolzen zur Verwendung mit Profilblechen in Hochbauten ... 93
8.6.10 Bauliche Durchbildung der Verdübelung und Einfluss der Bauausführung ... 96
8.6.11 Längsschubbeanspruchung in Betonplatten ... 99
8.7 Ermüdung ... 102
8.7.1 Ermüdung bei Hochbauten ... 102
8.8 Verbundstützen und druckbeanspruchte Verbundbauteile ... 102
8.8.1 Allgemeines ... 102
8.8.2 Allgemeines Bemessungsverfahren ... 105
8.8.3 Vereinfachtes Verfahren ... 109
8.8.4 Verdübelung und Lasteinleitung ... 117
8.8.5 Bestimmungen zur baulichen Durchbildung ... 121

9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit ... 122
9.1 Allgemeines ... 122
9.2 Spannungen ... 122
9.2.1 Allgemeines ... 122
9.2.2 Begrenzung der Spannungen für Hochbauten ... 123
9.3 Verformungen in Hochbauten ... 123
9.3.1 Durchbiegungen ... 123
9.3.2 Schwingungen ... 125
9.4 Rissbildung im Beton ... 125
9.4.1 Allgemeines ... 125
9.4.2 Mindestbewehrung ... 126
9.4.3 Begrenzung der Rissbildung infolge direkter Belastung ... 127

10 Verbunddecken mit Profilblechen für Hochbauten ... 129
10.1 Allgemeines ... 129
10.1.1 Anwendungsbereich ... 129
10.1.2 Definitionen ... 130

10.2 Bestimmungen zur baulichen Durchbildung ... 131
10.2.1 Plattendicke und Bewehrung ... 131
10.2.2 Zuschlagstoffe ... 132
10.2.3 Auflagerungsanforderungen ... 132
10.3 Einwirkungen und deren Auswirkungen ... 133
10.3.1 Bemessungssituationen ... 133
10.3.2 Einwirkungen für Profilbleche als Schalung ... 133
10.3.3 Einwirkungen für die Verbunddecke ... 134
10.4 Schnittgrößenberechnung ... 134
10.4.1 Profilbleche als Schalung ... 134
10.4.2 Berechnung für die Verbunddecke ... 134
10.4.3 Mittragende Breite bei Verbunddecken mit konzentrierten Einzel- und Linienlasten ... 134
10.5 Nachweise von Profilblechen als Schalung für Grenzzustände der Tragfähigkeit ... 137
10.6 Nachweise von Profilblechen als Schalung für Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit ... 137
10.7 Nachweise von Verbunddecken für Grenzzustände der Tragfähigkeit ... 138
10.7.1 Bemessungskriterium ... 138
10.7.2 Biegung ... 138
10.7.3 Längsschubbeanspruchung bei Decken ohne Endverankerung ... 141
10.7.4 Längsschubbeanspruchung bei Decken mit Endverankerung ... 142
10.7.5 Vertikale Schubbeanspruchung ... 142
10.7.6 Durchstanzen ... 146
10.8 Nachweis für Verbunddecken in Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit ... 148
10.8.1 Rissbreitenbegrenzung ... 148
10.8.2 Durchbiegung ... 148

11 Verbundanschlüsse in Rahmentragwerken für Hochbauten ... 149
11.1 Anwendungsbereich ... 149
11.2 Berechnung, Modellbildung und Klassifizierung ... 150
11.2.1 Allgemeines ... 150
11.2.2 Elastische Gesamttragwerksberechnung ... 150
11.2.3 Klassifizierung von Anschlüssen ... 150
11.3 Bemessungsverfahren ... 151
11.3.1 Grundlagen und Anwendungsbereich ... 151
11.3.2 Tragfähigkeit ... 151
11.3.3 Rotationssteifigkeit ... 151
11.3.4 Rotationskapazität ... 151
11.4 Tragfähigkeit von Bauteilen ... 152
11.4.1 Anwendungsbereich ... 152
11.4.2 Grundbauteile von Anschlüssen ... 152
11.4.3 Stützensteg unter Querdruckbeanspruchung ... 153
11.4.4 Bauteile mit Bewehrung ... 153

Anhang A (informativ) Steifigkeit von Anschlussbauteilen in Hochbauten ... 155
A.1 Anwendungsbereich ... 155
A.2 Steifigkeitskoeffizienten ... 155
A.2.1 Grundbauteile von Anschlüssen ... 155
A.2.2 Weitere Grundbauteile von Verbundanschlüssen ... 157
A.2.3 Bauteile mit Bewehrung ... 157
A.3 Verformung der Verdübelung ... 158

Anhang B (normativ) Standardversuche ... 160
B.1 Allgemeines ... 160
B.2 Versuche an Schubverbindern ... 160
B.2.1 Allgemeines ... 160
B.2.2 Versuchsanordnung ... 160
B.2.3 Herstellung der Probekörper ... 163
B.2.4 Versuchsdurchführung ... 164
B.2.5 Versuchsauswertung ... 164
B.3 Versuche für Verbunddecken ... 166

B.3.1 Allgemeines **166**
B.3.2 Versuchsanordnung **167**
B.3.3 Herstellung der Probekörper **168**
B.3.4 Aufbringen der Versuchsbelastung **168**
B.3.5 Bestimmung der Bemessungswerte für $\tau_{u,Rd}$ **169**

Anhang C (informativ) Schwinden des Betons bei Verbundtragwerken für den Hochbau **171**

Anhang D (normativ) Verbundträger mit Stegöffnungen **172**
D.1 Anwendungsbereich **172**
D.1.1 Allgemeines **172**
D.1.2 Maßgrenzen von Öffnungen **172**
D.2 Bemessungsverfahren **173**
D.2.1 Allgemeines **173**
D.2.2 Äquivalente Länge und Höhe von Öffnungen **174**
D.2.3 Mittragende Breite der Betonplatte an einer Öffnung **174**
D.3 Berechnung **175**
D.3.1 Allgemeines **175**
D.3.2 Normalkräfte am Öffnungsmittelpunkt **175**
D.3.3 Verteilung der Schubkräfte **177**
D.3.4 Schnittkräfte in Stegpfosten zwischen in geringen Abständen angeordneten Öffnungen **178**
D.3.5 Klassifizierung für globale Biegebeanspruchung **179**
D.3.6 Klassifizierung für *Vierendeel*-Biegung **179**
D.4 Grenzzustände der Tragfähigkeit **179**
D.4.1 Bemessungsregeln **179**
D.4.2 Regeln für in geringen Abständen angeordnete Öffnungen **184**
D.5 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit **185**

Anhang E (informativ) Verbundträger mit Stegöffnungen und ausgesteiften Platten **187**
E.1 Anwendungsbereich **187**
E.2 Berechnung **187**
E.3 Zusätzliche Nachweise in Grenzzuständen der Tragfähigkeit für in großen Abständen angeordnete Öffnungen mit lokal ausgesteiften Platten **190**
E.3.1 Allgemeines **190**
E.3.2 Globale Biegetragfähigkeit **190**
E.3.3 Globale Schubtragfähigkeit **190**
E.3.4 Tragfähigkeit bei *Vierendeel*-Biegung **191**
E.3.5 Tragfähigkeit der Verdübelung an Öffnungsrändern **192**
E.3.6 Tragfähigkeit bei Stegknicken **192**
E.3.7 Tragfähigkeit der Querbewehrung bei lokalen Lasten **192**

Anhang F (normativ) Kopfbolzen, die Spaltkräfte in Dickenrichtung der Platte verursachen **193**
F.1 Bemessungstragfähigkeit und bauliche Durchbildung **193**
F.2 Ermüdungsfestigkeit **196**

Anhang G (informativ) Bemessungstragfähigkeit von Kopfbolzen mit offenen Rinnenprofilen mit Rippen quer zu den Stützträgerachsen in Hochbauten **198**
G.1 Anwendungsbereich **198**
G.2 Schubtragfähigkeit **198**

Anhang H (normativ) Bemessungswert der Zugtragfähigkeit von Kopfbolzen **201**
H.1 Anwendungsbereich **201**
H.2 Bemessungswert der Zugtragfähigkeit von Kopfbolzen **201**

Anhang I (normativ) Zusätzliche Regeln für flache Deckenträger **206**
I.1 Allgemeines **206**
I.2 Statische Berechnung **208**
I.2.1 Gesamttragwerksberechnung für Hochbauten **208**
I.2.2 Klassifizierung der Querschnitte flacher Deckenträger **209**
I.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit **211**
I.3.1 Biegetragfähigkeit **211**

I.3.2 Tragfähigkeit unter vertikaler Schubbeanspruchung 212
I.3.3 Verdübelung 213
I.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit 215

Anhang J (informativ) Sonstige Arten von Decken mit vorgefertigten Betonplatten in Hochbauten 218
J.1 Anwendungsbereich 218
J.2 Baustoffe 219
J.2.1 Vorgefertigte Betonplatten in Hochbauten 219
J.3 Statische Berechnung 219
J.3.1 Mittragende Breite von Gurten mit vorgefertigten Betonplatten 219
J.4 Grenzzustände der Tragfähigkeit 220
J.5 Bemessungstragfähigkeit von Schubverbindern in vorgefertigten Deckenplatten in Hochbauten 220
J.5.1 Allgemeines 220
J.5.2 Kopfbolzen in Vollplatten-Verbunddecken 221
J.5.3 Kopfbolzen in vorgefertigten Hohlplatten 222
J.5.4 Nicht vorgespannte Schrauben 223
J.6 Längsschubbeanspruchung in vorgefertigten Betonplatten 225
J.7 Bauliche Durchbildung der vorgefertigten Platten 225
J.7.1 Auflageranordnungen 225
J.7.2 Randträger 225
J.8 Versuche an Schubverbindern 226
J.8.1 Spezifische Abscherversuche für Kopfbolzen in Hohlplatten oder Hohlplatten-Verbunddecken mit konstanter Dicke 226

Literaturhinweise 227