

DIN EN 1994-1-1

ICS 91.010.30; 91.080.10; 91.080.40

Ersatzvermerk
siehe unten**Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton –****Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für den Hochbau;****Deutsche Fassung EN 1994-1-1:2004 + AC:2009**

Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures –
Part 1-1: General rules and rules for buildings;
German version EN 1994-1-1:2004 + AC:2009

Eurocode 4: Calcul des structures mixtes acier-béton –
Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments;
Version allemande EN 1994-1-1:2004 + AC:2009

Ersatzvermerk

Ersatz für DIN EN 1994-1-1:2006-07;
mit DIN EN 1994-1-1/NA:2010-12 Ersatz für DIN 18800-5:2007-03;
Ersatz für DIN EN 1994-1-1 Berichtigung 1:2009-12

Gesamtumfang 124 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN



Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 1994-1-1:2004 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Die Arbeiten auf nationaler Ebene wurden durch die Experten des NABau-Spiegelausschusses NA 005-08-13 AA „Verbundkonstruktionen im Hochbau“ (Sp CEN/TC 250/SC 4) begleitet.

Die Norm ist Bestandteil einer Reihe von Einwirkungs- und Bemessungsnormen, deren Anwendung nur im Paket sinnvoll ist. Dieser Tatsache wird durch das Leitpapier L der Kommission der Europäischen Gemeinschaft für die Anwendung der Eurocodes Rechnung getragen, indem Übergangsfristen für die verbindliche Umsetzung der Eurocodes in den Mitgliedsstaaten vorgesehen sind. Die Übergangsfristen sind im Vorwort dieser Norm angegeben.

Die Anwendung dieser Norm gilt in Deutschland in Verbindung mit dem Nationalen Anhang.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Der Beginn und das Ende des hinzugefügten oder geänderten Textes wird im Text durch die Textmarkierungen **AC** **AC** angezeigt.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1994-1-1:1994-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute wurden eingearbeitet;
- b) der Text wurde vollständig überarbeitet;
- c) der Vornormcharakter wurde aufgehoben.

Gegenüber DIN EN 1994-1-1:2006-07, DIN EN 1994-1-1 Berichtigung 1:2009-12 und DIN 18800-5:2007-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) auf europäisches Bemessungskonzept umgestellt;
- b) Ersatzvermerke korrigiert;
- c) Vorgänger-Norm mit der Berichtigung 1 konsolidiert;
- d) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

Frühere Ausgaben

DIN 18800-5: 2007-03

DIN V 18800-5: 2004-11

DIN 18806: 1984-03

DIN V ENV 1994-1-1: 1994-02

DIN EN 1994-1-1: 2006-07

DIN EN 1994-1-1 Berichtigung 1: 2009-12

Deutsche Fassung

Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für den Hochbau

Eurocode 4: Design of composite steel and concrete
structures — Part 1-1: General rules and rules for buildings

Eurocode 4: Calcul des structures mixtes acier et béton —
Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 27. Mai 2004 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 15. April 2009 in Kraft und wurde in EN 1994-1-1:2004 eingearbeitet.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2009 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem
Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr. EN 1994-1-1:2004 + AC:2009 D

Inhalt

	Seite
Vorwort	6
Hintergrund des Eurocode-Programms	6
Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes	7
Nationale Fassungen der Eurocodes	8
Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETAG)	8
Besondere Hinweise zu EN 1994-1-1	8
Nationaler Anhang zu EN 1994-1-1	9
1 Allgemeines	10
1.1 Anwendungsbereich	10
1.1.1 Anwendungsbereich des Eurocode 4	10
1.1.2 Anwendungsbereich des Eurocode 4 Teil 1-1	10
1.2 Normative Verweisungen	11
1.2.1 Allgemeine normative Verweisungen	11
1.2.2 Weitere normative Verweisungen	11
1.3 Annahmen	12
1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln	12
1.5 Begriffe	12
1.5.1 Allgemeines	12
1.5.2 Zusätzliche Begriffe und Definitionen in dieser Norm	12
1.6 Formelzeichen	13
2 Grundlagen der Tragwerksplanung	23
2.1 Anforderungen	23
2.2 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen	23
2.3 Basisvariablen	23
2.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse	23
2.3.2 Werkstoff- und Produkteigenschaften	23
2.3.3 Klassifizierung von Einwirkungen	23
2.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten	24
2.4.1 Bemessungswerte	24
2.4.2 Kombinationsregeln für Einwirkungen	25
2.4.3 Nachweis der Lagesicherheit (EQU)	25
3 Werkstoffe	25
3.1 Beton	25
3.2 Betonstahl	25
3.3 Baustahl	25
3.4 Verbindungs- und Verbundmittel	26
3.4.1 Allgemeines	26
3.4.2 Kopfbolzendübel	26
3.5 Profilbleche für Verbunddecken in Tragwerken des Hochbaus	26
4 Dauerhaftigkeit	26
4.1 Allgemeines	26
4.2 Profilbleche für Verbunddecken in Tragwerken des Hochbaus	26
5 Tragwerksberechnung	26
5.1 Statisches System für die Berechnung	26
5.1.1 Statisches System und grundlegende Annahmen	26
5.1.2 Berechnungsmodelle für Anschlüsse	27
5.1.3 Boden-Bauwerks-Interaktion	27

5.2	Globale Tragwerksberechnung.....	27
5.2.1	Einflüsse aus der Tragwerksverformung.....	27
5.2.2	Schnittgrößenermittlung für Tragwerke des Hochbaus.....	28
5.3	Imperfektionen.....	29
5.3.1	Grundlagen.....	29
5.3.2	Imperfektionen für Tragwerke des Hochbaus.....	29
5.4	Schnittgrößenermittlung.....	30
5.4.1	Verfahren zur Ermittlung der Schnittgrößen.....	30
5.4.2	Linear-elastische Tragwerksberechnung.....	32
5.4.3	Nicht lineare Tragwerksberechnung.....	34
5.4.4	Elastische Tragwerksberechnung mit begrenzter Schnittgrößenumlagerung für Tragwerke des Hochbaus.....	34
5.4.5	Berechnung nach der Fließgelenktheorie bei Tragwerken des Hochbaus.....	36
5.5	Klassifizierung von Querschnitten.....	37
5.5.1	Allgemeines.....	37
5.5.2	Klassifizierung von Verbundquerschnitten ohne Kammerbeton.....	38
5.5.3	Klassifizierung für kammerbetonierte Verbundquerschnitte bei Tragwerken des Hochbaus.....	38
6	Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	39
6.1	Träger.....	39
6.1.1	Träger für Tragwerke des Hochbaus.....	39
6.1.2	Mittragende Gurtbreite beim Nachweis der Querschnittstragfähigkeit.....	40
6.2	Querschnittstragfähigkeit von Verbundträgern.....	41
6.2.1	Momententragfähigkeit.....	41
6.2.2	Querkrafttragfähigkeit.....	46
6.3	Querschnittstragfähigkeit von kammerbetonierten Trägern in Tragwerken des Hochbaus.....	47
6.3.1	Anwendungsbereich.....	47
6.3.2	Momententragfähigkeit.....	47
6.3.3	Querkrafttragfähigkeit.....	48
6.3.4	Biegung und Querkraft.....	49
6.4	Biegedrillknicken bei Verbundträgern.....	49
6.4.1	Allgemeines.....	49
6.4.2	Biegedrillknicknachweis für Durchlaufträger des Hochbaus mit Querschnitten der Klassen 1, 2 und 3.....	49
6.4.3	Vereinfachter Nachweis ohne direkte Berechnung für Tragwerke des Hochbaus.....	52
6.5	Stege mit Querbelastrung.....	52
6.5.1	Allgemeines.....	52
6.5.2	Flanschinduziertes Stegblechbeulen.....	53
6.6	Verdübelung.....	53
6.6.1	Allgemeines.....	53
6.6.2	Ermittlung der Längsschubkräfte für Träger in Tragwerken des Hochbaus.....	55
6.6.3	Kopfbolzendübel in Vollbetongurten und bei kammerbetonierten Trägern.....	56
6.6.4	Bemessungswert der Längsschubtragfähigkeit von Kopfbolzendübeln in Kombination mit Profilblechen.....	57
6.6.5	Konstruktions- und Ausführungsregeln für die Verbundsicherung.....	59
6.6.6	Längsschub in Betongurten.....	61
6.7	Verbundstützen und druckbeanspruchte Verbundbauteile.....	64
6.7.1	Allgemeines.....	64
6.7.2	Allgemeines Bemessungsverfahren.....	66
6.7.3	Vereinfachtes Nachweisverfahren.....	67
6.7.4	Verbundsicherung und Krafteinleitung.....	74
6.7.5	Bauliche Durchbildung.....	79
6.8	Ermüdung.....	80
6.8.1	Allgemeines.....	80
6.8.2	Teilsicherheitsbeiwerte für den Nachweis der Ermüdung für Tragwerke des Hochbaus.....	80
6.8.3	Ermüdungsfestigkeit.....	81
6.8.4	Ermüdungsbelastung und Schnittgrößen.....	81

6.8.5	Spannungen	82
6.8.6	Spannungsschwingbreiten	83
6.8.7	Nachweis gegen Ermüdung mit Nennspannungsschwingbreiten	84
7	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	85
7.1	Allgemeines	85
7.2	Spannungen	85
7.2.1	Allgemeines	85
7.2.2	Begrenzung der Spannungen für Tragwerke des Hochbaus	86
7.3	Verformungen bei Tragwerken des Hochbaus	86
7.3.1	Durchbiegungen	86
7.3.2	Schwingungen	88
7.4	Rissbildung im Beton	88
7.4.1	Allgemeines	88
7.4.2	Mindestbewehrung	88
7.4.3	Begrenzung der Rissbreite infolge von direkten Einwirkungen	90
8	Verbundanschlüsse in Tragwerken des Hochbaus	91
8.1	Anwendungsbereich	91
8.2	Berechnung, Modellbildung und Klassifikation	92
8.2.1	Allgemeines	92
8.2.2	Elastische Tragwerksberechnung	92
8.2.3	Klassifikation von Verbindungen	92
8.3	Nachweisverfahren	93
8.3.1	Grundlagen und Anwendungsbereich	93
8.3.2	Tragfähigkeit	93
8.3.3	Rotationssteifigkeit	93
8.3.4	Rotationskapazität	93
8.4	Tragfähigkeit von Grundkomponenten	94
8.4.1	Anwendungsbereich	94
8.4.2	Grundkomponenten	94
8.4.3	Stützenstege mit Querdrukbeanspruchung	95
8.4.4	Stahlbetonkomponenten	95
9	Verbunddecken mit Profilblechen für Tragwerke des Hochbaus	96
9.1	Allgemeines	96
9.1.1	Anwendungsbereich	96
9.1.2	Definitionen	97
9.2	Konstruktionsgrundsätze	98
9.2.1	Deckendicke und Bewehrung	98
9.2.2	Zuschlagstoffe	98
9.2.3	Auflagerung der Bleche	98
9.3	Einwirkungen und deren Auswirkungen	99
9.3.1	Bemessungssituationen	99
9.3.2	Einwirkungen für den Nachweis des Profilbleches als Schalung	99
9.3.3	Einwirkungen für die Verbunddecke	99
9.4	Schnittgrößenermittlung	100
9.4.1	Schnittgrößenermittlung für das Profilblech als Schalung	100
9.4.2	Schnittgrößenermittlung für die Verbunddecke	100
9.4.3	Mittragende Breite bei Verbunddecken mit konzentrierten Einzel- und Linienlasten	100
9.5	Nachweise des Profilbleches als Schalung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit	102
9.6	Nachweise des Profilbleches als Schalung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	102
9.7	Nachweis der Verbunddecke im Grenzzustand der Tragfähigkeit	102
9.7.1	Nachweisbedingungen	102
9.7.2	Biegung	102
9.7.3	Längsschub bei Decken ohne Endverankerung	104
9.7.4	Längsschub bei Decken mit Endverankerung	106
9.7.5	Querkraft	106
9.7.6	Durchstanzen	106

	Seite
9.8 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	107
9.8.1 Rissbreitenbeschränkung	107
9.8.2 Durchbiegungen	107
Anhang A (informativ) Steifigkeit der Grundkomponenten von Verbundanschlüssen bei Tragwerken des Hochbaus	109
A.1 Anwendungsbereich	109
A.2 Steifigkeitskoeffizienten	109
A.2.1 Grundkomponenten	109
A.2.2 Weitere Grundkomponenten von Verbundanschlüssen	109
A.2.3 Grundkomponenten mit aussteifenden Betonquerschnittsteilen	111
A.3 Nachgiebigkeit der Verdübelung	111
Anhang B (informativ) Experimentelle Untersuchungen	113
B.1 Allgemeines	113
B.2 Versuche für Verbundmittel	113
B.2.1 Allgemeines	113
B.2.2 Versuchsanordnung	113
B.2.3 Herstellung der Versuchskörper	114
B.2.4 Versuchsdurchführung	115
B.2.5 Versuchsauswertung	115
B.3 Versuche für Verbunddecken	116
B.3.1 Allgemeines	116
B.3.2 Versuchsanordnung	117
B.3.3 Herstellung der Versuchskörper	118
B.3.4 Aufbringen der Versuchsbelastung	118
B.3.5 Ermittlung der Bemessungswerte für m und k	119
B.3.6 Ermittlung des Bemessungswertes $\tau_{u,Rd}$	120
Anhang C (informativ) Berücksichtigung des Schwindens des Betons bei Tragwerken des Hochbaus	121
Literaturhinweise	122

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1994-1-1:2004 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Structural Eurocodes“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2005, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt ENV 1994-1-1:1992.

CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Hintergrund des Eurocode-Programms

Im Jahre 1975 beschloss die Kommission der Europäischen Gemeinschaften, für das Bauwesen ein Programm auf der Grundlage des Artikels 95 der Römischen Verträge durchzuführen. Das Ziel des Programms war die Beseitigung technischer Handelshemmnisse und die Harmonisierung technischer Normen.

Im Rahmen dieses Programms leitete die Kommission die Bearbeitung von harmonisierten technischen Regelwerken für die Tragwerksplanung von Bauwerken ein, die im ersten Schritt als Alternative zu den in den Mitgliedsländern geltenden Regeln dienen und diese schließlich ersetzen sollten.

15 Jahre lang leitete die Kommission mit Hilfe eines Steuerkomitees mit Repräsentanten der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programms, das zu der ersten Eurocode-Generation in den 80'er Jahren führte.

Im Jahre 1989 entschieden sich die Kommission und die Mitgliedsländer der Europäischen Union und der EFTA, die Entwicklung und Veröffentlichung der Eurocodes über eine Reihe von Mandaten an CEN zu übertragen, damit diese den Status von Europäischen Normen (EN) erhielten. Grundlage war eine Vereinbarung¹⁾ zwischen der Kommission und CEN. Dieser Schritt verknüpft die Eurocodes de facto mit den Regelungen der Ratsrichtlinien und Kommissionsentscheidungen, die die Europäischen Normen behandeln (z. B. die Ratsrichtlinie 89/106/EWG zu Bauprodukten, die Bauproduktenrichtlinie, die Ratsrichtlinien 93/37/EWG, 92/50/EWG und 89/440/EWG zur Vergabe öffentlicher Aufträge und Dienstleistungen und die entsprechenden EFTA-Richtlinien, die zur Einrichtung des Binnenmarktes eingeleitet wurden).

Das Eurocode-Programm umfasst die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkung auf Tragwerke*

EN 1992, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton und Spannbetontragwerken*

EN 1993, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*

EN 1994, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*

EN 1995, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*

EN 1996, *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten*

1) Vereinbarung zwischen der Kommission der Europäischen Gemeinschaft und dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) zur Bearbeitung der Eurocodes für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauwerken.

EN 1997, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*

EN 1998, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*

EN 1999, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumkonstruktionen*

Die Europäischen Normen berücksichtigen die Verantwortlichkeit der Bauaufsichtsorgane in den Mitgliedsländern und haben deren Recht zur nationalen Festlegung sicherheitsbezogener Werte berücksichtigt, so dass diese Werte von Land zu Land unterschiedlich bleiben können.

Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes

Die Mitgliedsländer der EU und EFTA betrachten die Eurocodes als Bezugsdokumente für folgende Zwecke:

- als Mittel zum Nachweis der Übereinstimmung der Hoch- und Ingenieurbauten mit den wesentlichen Anforderungen der Richtlinie 89/106/EWG, besonders mit der wesentlichen Anforderung Nr. 1: Mechanischer Widerstand und Stabilität und der wesentlichen Anforderung Nr. 2: Brandschutz;
- als Grundlage für die Spezifizierung von Verträgen für die Ausführung von Bauwerken und dazu erforderlichen Ingenieurleistungen;
- als Rahmenbedingung für die Herstellung harmonisierter, technischer Spezifikationen für Bauprodukte (EN's und ETA's).

Die Eurocodes haben, da sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten²⁾, auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen³⁾. Daher sind die technischen Gesichtspunkte, die sich aus den Eurocodes ergeben, von den Technischen Komitees von CEN und den Arbeitsgruppen von EFTA, die an Produktnormen arbeiten, zu beachten, damit diese Produktnormen mit den Eurocodes vollständig kompatibel sind.

Die Eurocodes liefern Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von kompletten Tragwerken und Baukomponenten, die sich für die tägliche Anwendung eignen. Sie gehen auf traditionelle Bauweisen und Aspekte innovativer Anwendungen ein, liefern aber keine vollständigen Regelungen für ungewöhnliche Baulösungen und Entwurfsbedingungen, wofür Spezialistenbeiträge erforderlich sein können.

-
- 2) Entsprechend Artikel 3.3 der Bauproduktenrichtlinie sind die wesentlichen Angaben in Grundlagendokumenten zu konkretisieren, um damit die notwendigen Verbindungen zwischen den wesentlichen Anforderungen und den Mandaten für die Erstellung harmonisierter Europäischer Normen und Richtlinien für die Europäische Zulassungen selbst zu schaffen.
 - 3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hat das Grundlagendokument
 - a) die wesentliche Anforderung zu konkretisieren, indem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungshöhen vereinheitlicht werden,
 - b) Methoden zur Verbindung dieser Klasse oder Anforderungshöhen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. rechnerische oder Testverfahren, Entwurfsregeln,
 - c) als Bezugsdokument für die Erstellung harmonisierter Normen oder Richtlinien für Europäische Technische Zulassungen zu dienen.

Die Eurocodes spielen de facto eine ähnliche Rolle für die wesentliche Anforderung Nr. 1 und einen Teil der wesentlichen Anforderung Nr. 2.

Nationale Fassungen der Eurocodes

Die Nationale Fassung eines Eurocodes enthält den vollständigen Text des Eurocodes (einschließlich aller Anhänge) so wie von CEN veröffentlicht, mit möglicherweise einer nationalen Titelseite und einem nationalen Vorwort sowie einem Nationalen Anhang.

Der Nationale Anhang darf nur Hinweise zu den Parametern geben, die im Eurocode für nationale Entscheidungen offen gelassen wurden. Diese national festzulegenden Parameter (NDP) gelten für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauten in dem Land, in dem sie erstellt werden. Sie umfassen:

- Zahlenwerte für γ -Faktoren und/oder Klassen, wo die Eurocodes Alternativen eröffnen,
- Zahlenwerte, wo die Eurocodes nur Symbole angeben,
- Landesspezifische, geographische und klimatische Daten, die nur für ein Mitgliedsland gelten, z. B. Schneekarten;
- Vorgehensweise, wenn die Eurocodes mehrere Nachweisverfahren zur Wahl anbieten,
- Verweise zur Anwendung des Eurocodes, soweit diese ergänzen und nicht widersprechen.

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

Es besteht die Notwendigkeit, dass die harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung⁴⁾ konsistent sind. Insbesondere sollten die Hinweise, die mit den CE-Zeichen an den Bauprodukten verbunden sind, die die Eurocodes in Bezug nehmen, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter (NDP) zugrunde liegen.

Besondere Hinweise zu EN 1994-1-1

EN 1994-1-1 behandelt die Bemessungsgrundlagen und Anforderungen hinsichtlich der Tragsicherheit, der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton. Ferner werden zusätzliche spezielle Anwendungsregeln für Tragwerke des Hochbaus angegeben. Der Norm liegt ein Sicherheitskonzept basierend auf Grenzzuständen und Teilsicherheitsbeiwerten zugrunde.

Für die Planung neuer Tragwerke ist die direkte Anwendung von EN 1994-1-1 in Kombination mit anderen Teilen von EN 1994 sowie den Eurocodes EN 1990 bis 1993 und EN 1997 und 1998 vorgesehen.

EN 1994-1-1 kann auch als Bezugsdokument für andere CEN/TCs, die mit Tragwerksbemessung befasst sind, dienen.

Die Anwendung von EN 1994-1-1 ist gedacht für:

- Komitees zur Erstellung von Spezifikationen für Bauprodukte, Normen für Prüfverfahren sowie Normen für die Bauausführung,
- Auftraggeber (z. B. zur Formulierung spezieller Anforderungen),
- Tragwerksplaner und Bauausführende,
- zuständige Behörden.

4) Siehe Artikel 3.3 und Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie, ebenso wie die Abschnitte 4.2, 4.3.1, 4.3.2, und 5.2 des Grundlagendokumentes Nr 1.

Die Zahlenwerte für γ -Faktoren und andere Parameter, die die Zuverlässigkeit festlegen, gelten als Empfehlungen, mit denen ein akzeptables Zuverlässigkeitsniveau erreicht werden soll. Bei ihrer Festlegung wurde vorausgesetzt, dass ein angemessenes Niveau der Ausführungsqualität und Qualitätsprüfung vorhanden ist.

Nationaler Anhang zu EN 1994-1-1

Diese Norm enthält Angaben mit Hinweisen, wo nationale Festlegungen getroffen werden müssen. Deshalb kann die jeweilige nationale Ausgabe der EN 1994-1-1 einen Nationalen Anhang mit den national festzulegenden Parametern enthalten, mit dem die Tragwerksplanung von Verbundtragwerken, die in dem Ausgabeland gebaut werden sollen, durchzuführen ist.

Nationale Festlegungen sind bei folgenden Regelungen vorgesehen:

- 2.4.1.1(1)
- AC 2.4.1.2(5)P AC
- AC 2.4.1.2(6)P AC
- AC 2.4.1.2(7)P AC
- 3.1(4)
- 3.5(2)
- 6.4.3(1)(h)
- 6.6.3.1(1)
- 6.6.3.1(3)
- 6.6.4.1(3)
- 6.8.2 (1)
- 6.8.2(2)
- AC 9.1.1(2)P AC
- 9.6(2)
- AC 9.7.3(4), Anmerkung 1 AC
- AC 9.7.3(8), Anmerkung 1 AC
- 9.7.3(9)
- B.2.5(1)
- B.3.6(5)

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

1.1.1 Anwendungsbereich des Eurocode 4

(1) Der Eurocode 4 gilt für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Verbundtragwerken und Verbundbauteilen. Der Eurocode 4 entspricht den Grundsätzen und Anforderungen an die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken, sowie den in EN 1990 — Grundlagen der Tragwerksplanung — angegebenen Anforderungen hinsichtlich der Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken.

(2) Der Eurocode 4 behandelt ausschließlich Anforderungen an die Tragfähigkeit, die Gebrauchstauglichkeit, die Dauerhaftigkeit und den Feuerwiderstand von Verbundtragwerken. Andere Anforderungen, wie z. B. Wärme- oder Schallschutz, werden nicht behandelt.

(3) Die Anwendung des Eurocode 4 ist in Verbindung mit folgenden Regelwerken beabsichtigt:

- EN 1990: Grundlagen der Tragwerksplanung
- EN 1991: Einwirkungen auf Tragwerke
- ENs, ETAGs und ETAs für Bauprodukte, die für Verbundtragwerke Verwendung finden
- EN 1090: Herstellung und Errichtung von Stahlbauten und Aluminiumbauten
- EN 13670: Herstellung und Errichtung von Massivbauten
- EN1992: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
- EN 1993: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
- EN 1997: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
- EN 1998: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben

(4) Der Eurocode 4 ist in die folgenden Teile gegliedert:

Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regelungen für den Hochbau

Teil 1-2: Baulicher Brandschutz

Teil 2: Brücken

1.1.2 Anwendungsbereich des Eurocode 4 Teil 1-1

(1) Der Teil 1-1 des Eurocode 4 enthält grundsätzliche Regeln für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Verbundtragwerken und zusätzlich spezielle Regelungen für Tragwerke des Hochbaus.

(2) Der Teil 1-1 enthält die folgenden Abschnitte:

- 1 Allgemeines
- 2 Grundlagen der Tragwerksplanung
- 3 Werkstoffe
- 4 Dauerhaftigkeit
- 5 Tragwerksberechnung

- 6 Grenzzustände der Tragfähigkeit
- 7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit
- 8 Verbundanschlüsse in Tragwerken des Hochbaus
- 9 Verbunddecken in Tragwerken des Hochbaus

1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Regelungen, auf die in dieser Euronorm durch Hinweis Bezug genommen wird. Bei datierten Hinweisen gelten spätere Änderungen oder Ergänzungen der zitierten Normen nicht. Jedoch sollte bei Bedarf geprüft werden, ob die jeweils gültige Ausgabe der Normen angewendet werden darf. Bei undatierten Hinweisen gilt die jeweils gültige Ausgabe der zitierten Norm.

1.2.1 Allgemeine normative Verweisungen

EN 1090-2 ⁵⁾, *Herstellung und Errichtung von Stahlbauten und Aluminiumbauten — Teil 2: Technische Anforderung für Stahlbauten*

EN 1990:2002, *Grundlagen der Tragwerksplanung*

1.2.2 Weitere normative Verweisungen

EN 1992-1-1:2004 ^{AC}, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau*

EN 1993-1-1:2005, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau* ^{AC}

EN 1993-1-3:2006 ^{AC}, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-3: Kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche*

EN 1993-1-5:2006 ^{AC}, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-5: Bauteile aus ebenen Blechen mit Beanspruchungen in der Blechebene*

EN 1993-1-8:2005 ^{AC}, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-8: Bemessung und Konstruktion von Anschlüssen und Verbindungen*

EN 1993-1-9:2005 ^{AC}, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-9: Ermüdungsfestigkeiten von Stahlbauteilen*

EN 10025-1:2004 ^{AC}, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 1: Allgemeine Lieferbedingungen*

EN 10025-2:2004 ^{AC}, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 2: Allgemeine Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle*

EN 10025-3:2004 ^{AC}, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte / normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*

EN 10025-4:2004 ^{AC}, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 4: Technische Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*

EN 10025-5:2004 ^{AC}, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 5: Technische Lieferbedingungen für wetterfeste Baustähle*

^{AC} gestrichener Text ^{AC}

EN 10025-6:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 6: Technische Lieferbedingungen für Flacherzeugnisse aus Stählen mit höherer Streckgrenze im vergüteten Zustand*

gestrichener Text

EN 10149-2:1995, *Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen — Teil 2: Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte Stähle*

EN 10149-3:1995, *Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen — Teil 3: Lieferbedingungen für normalgeglühte oder normalisierend gewalzte Stähle*

EN 10326:2004, *Kontinuierlich feuerverzinktes Band und Blech aus Baustählen — Technische Lieferbedingungen*

1.3 Annahmen

(1) Zusätzlich zu den allgemein gültigen Annahmen in EN 1990 gelten die Regelungen in 1.3 von EN 1992-1-1 und EN 1993-1-1.

1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln

(1) Es gelten die Regelungen der EN 1990, 1.4.

1.5 Begriffe

1.5.1 Allgemeines

(1) Es gelten die Begriffe nach EN 1990, 1.5, EN 1992-1-1, 1.5 und EN 1993-1-1, 1.5.

1.5.2 Zusätzliche Begriffe und Definitionen in dieser Norm

1.5.2.1

Verbundbauteil

tragendes Bauteil, dessen Elemente aus Beton und warmgewalztem oder kaltverformtem Baustahl bestehen und bei dem Verbundmittel den Schlupf und die Trennung der Einzelelemente Stahl und Beton begrenzen

1.5.2.2

Verdübelung

Verbindung zur Übertragung der Längsschubkräfte zwischen Beton und Stahl eines Verbundbauteils mit ausreichender Tragfähigkeit und Steifigkeit, die es erlaubt, die beiden Komponenten als ein tragendes Bauteil zu bemessen

1.5.2.3

Verbundwirkung

Tragverhalten, wenn die Verdübelung nach dem Erhärten des Betons wirksam wird

1.5.2.4

Verbundträger

überwiegend auf Biegung beanspruchtes Verbundbauteil

1.5.2.5

Verbundstütze

überwiegend auf Druck oder Druck und Biegung beanspruchtes Verbundbauteil

1.5.2.6

Verbunddecke

Deckenkonstruktion, bei der ein profiliertes Blech zunächst als Schalung dient und im Endzustand mit dem erhärteten Beton zusammenwirkt und als Zugbewehrung der fertig gestellten Decke wirkt

1.5.2.7

Tragwerke in Verbundbauweise

Tragwerk, bei dem alle Bauteile als Verbundbauteile ausgebildet sind oder bei dem Verbundbauteile in Kombination mit Stahlbauteilen verwendet werden

1.5.2.8

Verbundanschluss

Verbindungen zwischen Verbundbauteilen oder zwischen Verbund- und Stahlbeton- oder Stahlbauteilen, bei denen die Bewehrung bei der Ermittlung der Tragfähigkeit und Steifigkeit des Anschlusses berücksichtigt wird

1.5.2.9

Tragwerk mit Eigengewichtsverbund

Tragwerk oder Verbundbauteil, bei dem die Einwirkungen aus dem Betongewicht durch eine Unterstützung des Stahltragwerks oder durch andere unabhängige Bauteile bis zu dem Zeitpunkt aufgenommen wird, bei dem der Beton planmäßige Beanspruchungen übertragen kann

1.5.2.10

Tragwerk ohne Eigengewichtsverbund

Tragwerk oder Verbundbauteil, bei dem die Einwirkungen aus dem Betongewicht vom nicht unterstützten Stahltragwerk aufgenommen werden

1.5.2.11

Biegesteifigkeit ohne Berücksichtigung der Rissbildung

Biegesteifigkeit $E_a I_1$ des Verbundquerschnitts, bei der das Flächenmoment zweiten Grades I_1 des mittragenden Querschnitts unter der Annahme berechnet wird, dass der Betonquerschnitt nicht gerissen ist

1.5.2.12

Biegesteifigkeit mit Berücksichtigung der Rissbildung

Biegesteifigkeit $E_a I_2$ des Verbundquerschnitts, bei der das Flächenmoment zweiten Grades I_2 des mittragenden Querschnitts mit dem Gesamtstahlquerschnitt (Baustahl und Betonstahl) ohne Berücksichtigung von zugbeanspruchten Betonquerschnittsteilen berechnet wird

1.5.2.13

Vorspannung

Verfahren, mit dem im Betonquerschnitt eines Verbundquerschnitts durch Spannglieder oder planmäßig eingeprägte Deformationen planmäßig Druckbeanspruchungen erzeugt werden

1.6 Formelzeichen

Im Rahmen dieser Norm werden die folgenden Formelzeichen verwendet:

Große lateinische Buchstaben

A	Querschnittsfläche des wirksamen Verbundquerschnitts unter Vernachlässigung von zugbeanspruchten Betonquerschnittsflächen
A_a	Querschnittsfläche des Baustahlquerschnitts
A_b	Querschnittsfläche der unteren Querbewehrung des Betongurtes
A_{bh}	Querschnittsfläche der unteren Querbewehrung in der Voute des Betongurtes
A_c	Betonquerschnittsfläche
A_{ct}	Querschnittsfläche der Betonzugzone

A_{fc}	Querschnittsfläche des Betondruckgurtes
A_p	Querschnittsfläche des Profilbleches
A_{pe}	wirksame Querschnittsfläche des Profilbleches
A_s	Querschnittsfläche des Betonstahls
A_{sf}	Querschnittsfläche der Querbewehrung des Betongurtes
$A_{s,r}$	Querschnittsfläche des Betonstahls in der Lage r
A_t	Querschnittsfläche der oberen Querbewehrung des Betongurtes
A_v	anrechenbare Fläche des Baustahlquerschnitts bei Querkraftbeanspruchung
A_1	Lasteinleitungsfläche unterhalb einer Kopfplatte bei Teilflächenpressung
E_a	Elastizitätsmodul des Baustahls
$E_{c,eff}$	Effektiver Elastizitätsmodul des Betons
E_{cm}	Elastizitätsmodul (mittlerer Sekantenmodul) des Betons
E_s	Rechenwert des Elastizitätsmoduls für Betonstahl
$(EI)_{eff}$	Effektive Biegesteifigkeit zur Berechnung der bezogenen Schlankheit
$(EI)_{eff,II}$	Effektive Biegesteifigkeit für Tragwerksberechnungen nach Theorie II. Ordnung
$(EI)_2$	Biegesteifigkeit je Längeneinheit einer Stahlbeton- oder Verbunddecke im Zustand II
$F_{c,wc,c,Rd}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit des Betons unter Längs- und Querdruck bei kammerbetonierten Stützen
F_ℓ	Bemessungswert der Längsschubkraft je Dübel
F_t	Bemessungswert einer quergerichteten Längsschubkraft je Dübel
F_{ten}	Bemessungswert je Dübel bei Zugbeanspruchung
G_a	Schubmodul des Baustahls
G_c	Schubmodul des Betons
I	Flächenmoment zweiten Grades des wirksamen Verbundquerschnittes unter Vernachlässigung von zugbeanspruchten Betonquerschnittsteilen
I_a	Flächenmoment zweiten Grades des Baustahlquerschnittes
I_{at}	Torsionsflächenmoment zweiten Grades des Baustahlquerschnitts (St. Venantscher Torsionswiderstand)
I_c	Flächenmoment zweiten Grades des ungerissenen Betonquerschnitts
I_{ct}	Torsionsflächenmoment zweiten Grades des ungerissenen Kammerbetonquerschnitts (St. Venantscher Torsionswiderstand des Kammerbetonquerschnitts)
I_s	Flächenmoment zweiten Grades des Betonstahlquerschnitts
I_1	ideelles Flächenmoment zweiten Grades des Verbundquerschnitts unter der Annahme, dass Betonquerschnittsteile nicht gerissen sind
I_2	Flächenmoment zweiten Grades des wirksamen Gesamtstahlquerschnittes (Baustahl und Bewehrung)
$K_e, K_{e,II}$	Anpassungsbeiwerte zur Ermittlung der wirksamen Biegesteifigkeit für Verbundstützen

K_{sc}	Beiwert zur Berücksichtigung der Steifigkeit der Verbundmittel
K_{β}	Beiwert
K_0	Anpassungsbeiwerte zur Ermittlung der wirksamen Biegesteifigkeit für Verbundstützen
L	Länge, Stützweite, wirksame Stützweite
L_e	äquivalente Stützweite
L_i	Stützweite
L_o	Überstand einer Verbunddecke über die Auflagerlinie
L_p	kleinster Abstand zwischen einer konzentrierten Einzellast und den benachbarten Auflagern
L_s	Schublänge
L_x	Abstand zwischen dem Auflager und dem betrachteten Querschnitt
M	Biegemoment
M_a	Beitrag des Baustahlquerschnitts am vollplastischen Moment des Verbundquerschnitts
$M_{a,Ed}$	Bemessungswert des auf den Stahlträger einwirkenden Anteils des Momentes
$M_{b,Rd}$	Momententragfähigkeit unter Berücksichtigung des Biegedrillknickens
$M_{c,Ed}$	Bemessungswert des auf den Verbundquerschnitt einwirkenden Biegemomentes
M_{cr}	ideales Biegedrillknickmoment eines Verbundträgers
M_{Ed}	Bemessungswert des einwirkenden Momentes
$M_{Ed,i}$	Bemessungswert des auf einen Verbundanschluss i einwirkenden Momentes
$M_{Ed,max,f}$	maximales Moment bzw. maximale Schnittgrößen infolge der Ermüdungsbelastung
$M_{Ed,min,f}$	minimales Moment bzw. minimale Schnittgrößen infolge der Ermüdungsbelastung
$M_{el,Rd}$	Bemessungswert der elastischen Momententragfähigkeit des Verbundquerschnitts
$M_{max,Rd}$	maximaler Bemessungswert der Momententragfähigkeit bei gleichzeitiger Wirkung einer Normalkraft
M_{perm}	maßgebendes Biegemoment für die charakteristische Einwirkungskombination
M_{pa}	Bemessungswert der vollplastischen Momententragfähigkeit des wirksamen Querschnitts eines Profilbleches
$M_{pl,a,Rd}$	Bemessungswert der vollplastischen Momententragfähigkeit des Baustahlquerschnitts
$M_{pl,N,Rd}$	Bemessungswert der vollplastischen Momententragfähigkeit des Verbundquerschnitts unter Berücksichtigung von Normalkräften
$M_{pl,Rd}$	Bemessungswert der vollplastischen Momententragfähigkeit des Verbundquerschnitts bei vollständiger Verdübelung
$M_{pl,y,Rd}$	Bemessungswert der vollplastischen Momententragfähigkeit des Verbundquerschnitts um die y -Achse bei vollständiger Verdübelung
$M_{pl,z,Rd}$	Bemessungswert der vollplastischen Momententragfähigkeit des Verbundquerschnitts um die z -Achse bei vollständiger Verdübelung
M_{pr}	reduzierte vollplastische Momententragfähigkeit eines Profilbleches
M_{Rd}	Bemessungswert der Momententragfähigkeit eines Verbundanschlusses

M_{Rk}	charakteristischer Wert der Momenttragfähigkeit eines Verbundquerschnitts oder eines Verbundanschlusses
$M_{y,Ed}$	Bemessungswert eines einwirkenden Biegemomentes bei Biegung um die y -Achse
$M_{z,Ed}$	Bemessungswert eines einwirkenden Biegemomentes bei Biegung um die z -Achse
N	Normalkraft, Anzahl der Spannungsspiele, Anzahl der Verbundmittel
N_a	Bemessungswert der Normalkraft des Baustahlquerschnitts eines Verbundträgers
N_c	Bemessungswert der Drucknormalkraft des Betongurtes
$N_{c,f}$	Bemessungswert der Drucknormalkraft des Betongurtes bei vollständiger Verdübelung
$N_{c,el}$	Drucknormalkraft des Betongurtes infolge $M_{el,Rd}$
$N_{cr,eff}$	ideale Verzweigungslast einer Verbundstütze unter Berücksichtigung der wirksamen Biegesteifigkeit
N_{cr}	ideale Verzweigungslast
N_{c1}	Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft beim Nachweis der Lasteinleitung
N_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Drucknormalkraft
$N_{G,Ed}$	Bemessungswert der einwirkenden Drucknormalkraft infolge ständiger Einwirkungen
N_p	Bemessungswert der vollplastischen Normalkrafttragfähigkeit des Profilbleches
$N_{pl,a}$	Bemessungswert der vollplastischen Normalkrafttragfähigkeit des Baustahlquerschnittes
$N_{pl,Rd}$	Bemessungswert der vollplastischen Normalkrafttragfähigkeit eines Verbundquerschnitts bei Druckbeanspruchung
$N_{pl,Rk}$	charakteristischer Wert der vollplastischen Normalkrafttragfähigkeit des Verbundquerschnitts bei Druckbeanspruchung
$N_{pm,Rd}$	Bemessungswert der Normalkrafttragfähigkeit des Betonquerschnitts bei Druckbeanspruchung
N_R	Anzahl von Spannungsspielen
N_s	Bemessungswert der vollplastischen Normalkrafttragfähigkeit der Bewehrung
N_{sd}	Bemessungswert der vollplastischen Normalkrafttragfähigkeit der Bewehrung bei Zugbeanspruchung
$P_{\ell,Rd}$	Bemessungswert der Dübeltragfähigkeit, zugehörig zu F_{ℓ}
$P_{pb,Rd}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit für die Endverankerungskraft eines Dübels
P_{Rd}	Bemessungswert der Längsschubtragfähigkeit eines Dübels
P_{Rk}	charakteristischer Wert der Längsschubtragfähigkeit eines Dübels
$P_{t,Rd}$	Bemessungswert der Dübeltragfähigkeit, zugehörig zu F_t
R_{Ed}	Bemessungswert einer einwirkenden Auflagerkraft
S_j	Rotationssteifigkeit
$S_{j,ini}$	Anfangswert der Rotationssteifigkeit
$V_{a,Ed}$	Bemessungswert der auf den Baustahlquerschnitt einwirkenden anteiligen Querkraft
$V_{b,Rd}$	Bemessungswert der Schubbeultragfähigkeit des Steges des Stahlquerschnitts
$V_{c,Ed}$	Bemessungswert der auf den Kammerbetonquerschnitt einwirkenden anteiligen Querkraft

V_{Ed}	Bemessungswert der auf den Verbundquerschnitt einwirkenden Querkraft
V_{ld}	Bemessungswert der Tragfähigkeit einer Endverankerung
$V_{l,Rd}$	Bemessungswert der Längsschubkrafttragfähigkeit
$V_{pl,Rd}$	Bemessungswert der vollplastischen Querkrafttragfähigkeit des Verbundquerschnitts
$V_{pl,a,Rd}$	Bemessungswert der vollplastischen Querkrafttragfähigkeit des Baustahlquerschnitts
$V_{p,Rd}$	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit einer Verbunddecke bei Durchstanzen
V_{Rd}	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit des Verbundquerschnitts
V_t	Auflagerkraft
$V_{v,Rd}$	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit einer Verbunddecke
$V_{wp,c,Rd}$	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit des Kammerbetons bei Verbundstützen
W_t	Versagenslast im Versuch

Kleine lateinische Buchstaben

a	Trägerabstand, Durchmesser, Breite, Abstand
b	Flanschbreite eines Stahlquerschnitts, Breite eines Gurtes
b_b	untere Breite einer Betonrippe bei Profilblechdecken
b_c	Kammerbetonbreite
b_{eff}	gesamte mittragende Breite
$b_{eff,1}$	mittragende Breite in Feldmitte für einen beidseitig gestützten Träger
$b_{eff,2}$	mittragende Breite an Innenauflagern
$b_{eff,c,wc}$	effektive Breite eines Stützensteges bei Druckbeanspruchung
b_{ei}	mittragende Breite eines Teilgurtes
b_{em}	mittragende Breite einer Verbunddecke
b_f	Gurtbreite eines Stahlprofils
b_i	geometrische Teilgurtbreite
b_m	Lasteinleitungsbreite bei Verbunddecken
b_p	Lasteinleitungslänge bei konzentrierten Linienlasten
b_r	Rippenbreite bei Profilblechen
b_s	Achsabstand der Rippen bei Profilblechen
b_0	Abstand zwischen den äußeren Dübelreihen, mittlere Breite einer Betonrippe (minimale Breite bei hinterschnittener Profilblechgeometrie), Voutenbreite
c	Breite eines einseitig gestützten Flansches, wirksamer Umfang bei Betonstählen
c_y, c_z	Betondeckung
d	Steghöhe, Schaftdurchmesser eines Dübels, Außendurchmesser von Rohren, minimale Breite bei Stützen
d_{do}	Schweißwulstdurchmesser von Kopfbolzendübeln

d_p	Abstand zwischen der Schwerachse des Profilbleches und der Randfaser der Betondruckzone
d_s	Abstand zwischen der auf Zug beanspruchten Bewehrung und der Randfaser der Betondruckzone, Abstand zwischen der auf Zug beanspruchten Bewehrung und der Schwerachse des Stahlquerschnitts
e	Lastexzentrizität; Abstand zwischen der Schwerachse des Profilbleches und der Zugrandfaser des Querschnitts einer Verbunddecke
e_D	Randabstand
e_g	Spalt zwischen der Bewehrung und der Endkopfplatte bei Verbundstützen
e_p	Abstand zwischen der plastischen Nulllinie und der Zugrandfaser des Querschnitts einer Verbunddecke
e_s	Abstand zwischen der auf Zug beanspruchten Bewehrung und der Zugrandfaser des Querschnitts einer Verbunddecke
f	Eigenfrequenz
f_{cd}	Bemessungswert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons (siehe 2.4.1.2)
f_{ck}	charakteristische Zylinderdruckfestigkeit des Betons im Alter von 28 Tagen
f_{cm}	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons
$f_{ct,eff}$	Mittelwert der wirksamen Zugfestigkeit des Betons
f_{ctm}	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit des Betons
$f_{ct,0}$	Bezugswert für die Betonzugfestigkeit
f_{lctm}	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit für Leichtbeton
f_{sd}	Bemessungswert der Streckgrenze des Betonstahls
f_{sk}	charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls
f_u	Nennwert der Zugfestigkeit
f_{ut}	mittels Versuch bestimmte Zugfestigkeit bei Versuchskörpern
f_y	Nennwert der Streckgrenze des Baustahls
f_{yd}	Bemessungswert der Streckgrenze des Baustahls
$f_{yp,d}$	Bemessungswert der Streckgrenze von Profilblechen
f_{ypm}	Mittelwert der Streckgrenze von Profilblechen (mittels Versuch ermittelter Wert)
f_1, f_2	Reduktionsfaktoren für Biegemomente an Auflagern
h	Gesamthöhe, Dicke
h_a	Stahlprofilhöhe
h_c	Kammerbetonhöhe, Aufbetonhöhe bei Profilblechdecken
h_f	Dicke des Betongurtes, Dicke einer nichttragenden Deckschicht
h_n	Lage der plastischen Nulllinie
h_p	Profilblechhöhe ohne Berücksichtigung von Noppen
h_s	Achsabstand der Flansche eines Stahlprofils, Abstand zwischen der auf Zug beanspruchten Längsbewehrung und der Lage der Druckkraft

h_{sc}	Nennwert der Höhe eines Dübels
h_t	Gesamthöhe des Versuchskörpers
k	Erhöhungsfaktor zur Erfassung von Einflüssen aus Theorie II. Ordnung, Beiwert, aus Versuchen hergeleiteter Beiwert zur Ermittlung des Bemessungswertes der Querkrafttragfähigkeit
k_c	Beiwert
k_i	Steifigkeitskoeffizient
$k_{i,c}$	additiver Steifigkeitsbeiwert zur Berücksichtigung des Kammerbetons
k_ℓ	Abminderungsfaktor zur Ermittlung der Tragfähigkeit von Dübeln bei parallel zur Trägerachse verlaufenden Profilblechen
k_s	Rotationssteifigkeit; Beiwert
k_{sc}	Steifigkeit eines Verbundmittels
k_{slip}	Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung des Schlupfes bei der Dübelsteifigkeit
$k_{s,r}$	Steifigkeitskoeffizient für zugbeanspruchte Bewehrung je Bewehrungslage r
k_t	Abminderungsfaktor zur Ermittlung der Tragfähigkeit von Dübeln bei senkrecht zur Trägerachse verlaufenden Profilblechen
$k_{wc,c}$	Faktor zur Berücksichtigung von Längsdruckspannungen bei der Ermittlung der Tragfähigkeit für Querdruckbeanspruchung
k_ϕ	Beiwert
k_1	Drehfedersteifigkeit des gerissenen Betongurtes bzw. der Verbunddecke
k_2	Drehfedersteifigkeit aus der Profilverformung des Steges
ℓ	Länge des an einen Anschluss angrenzenden negativen Momentenbereiches
l	Länge der Betonteile bei Push-out-Versuchen
l_{bc}, l_{bs}	Auflagertiefe
ℓ_o	Lasteinleitungslänge
m	Neigung der Ermüdungsfestigkeitskurve; aus Versuchen bestimmter Beiwert zur Ermittlung des Bemessungswertes der Querkrafttragfähigkeit von Verbunddecken
n	Reduktionszahl für den Betonquerschnitt; Anzahl von Verbundmitteln
n_f	Anzahl der Verbundmittel bei vollständiger Verdübelung
n_L	von der Beanspruchungsart und von der Kriechzahl abhängige Reduktionszahl für den Beton
n_r	Anzahl der Dübel je Rippe
n_0	Reduktionszahl bei kurzzeitiger Beanspruchung
r	Randmomentenverhältnis
s	Achsabstand der Dübel in Längsrichtung, Schlupf
s_t	Achsabstand der Dübel in Querrichtung
t	Alter, Dicke
t_e	Kopfplattendicke

$t_{\text{eff,c}}$	wirksame Lasteinleitungslänge im Beton
t_f	Flanschdicke bei Stahlprofilen
t_s	Blechdicke von Steifen
t_w	Stegdicke bei Stahlprofilen
t_{wc}	Stegdicke bei Stützen
t_0	Alter bei Belastungsbeginn
ν_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Längsschubspannung im Betongurt
w_k	charakteristische Rissbreite
x_{pl}	Abstand zwischen der plastischen Nulllinie und der Randfaser der Betondruckzone
y	Querschnittsachse parallel zu den Flanschen
z	Querschnittsachse senkrecht zu den Flanschen; innerer Hebelarm
z_0	vertikaler Abstand

Große griechische Buchstaben

$\Delta\sigma$	Spannungsschwingbreite
$\Delta\sigma_c$	Bezugswert für die Ermüdungsfestigkeit bei $N_c = 2$ Mio. Lastwechseln
$\Delta\sigma_E$	schadensäquivalente konstante Spannungsschwingbreite
$\Delta\sigma_{E, \text{glob}}$	schadensäquivalente konstante Spannungsschwingbreite infolge von Haupttragwerksbeanspruchungen
$\Delta\sigma_{E, \text{loc}}$	schadensäquivalente konstante Spannungsschwingbreite infolge von lokalen Beanspruchungen
$\Delta\sigma_{E,2}$	schadensäquivalente konstante Spannungsschwingbreite bezogen auf zwei Millionen Lastwechsel
$\Delta\sigma_s$	Vergrößerung der Betonstahlspannung infolge der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen
$\Delta\sigma_{s, \text{equ}}$	schadensäquivalente konstante Spannungsschwingbreite für Betonstahl
$\Delta\tau$	Schubspannungsschwingbreite infolge Ermüdungsbelastung
$\Delta\tau_c$	Bezugswert für die Ermüdungsfestigkeit bei $N_c = 2$ Mio. Lastwechseln
$\Delta\tau_E$	schadensäquivalente konstante Schubspannungsschwingbreite
$\Delta\tau_{E,2}$	schadensäquivalente konstante Schubspannungsschwingbreite bezogen auf zwei Millionen Lastwechsel
$\Delta\tau_R$	Ermüdungsfestigkeit für Schubspannungen
ψ	Beiwert

Kleine griechische Buchstaben

α	Faktor, Beiwert
α_{cr}	Verzweigungslastfaktor
α_M	Beiwert zur Ermittlung der Momententragfähigkeit von Verbundstützen

$\alpha_{M,y}, \alpha_{M,z}$	Beiwert zur Ermittlung der Momententragfähigkeit von Verbundstützen für die Querschnittsachsen y - y und z - z
α_{st}	Verhältnis
β	Faktor, Anpassungsbeiwert
β_c, β_i	Beiwerte
γ_c	Teilsicherheitsbeiwert für Beton
γ_F	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und Abweichungen von den nominellen Abmessungen
γ_{Ff}	Teilsicherheitsbeiwert für schädigungsäquivalente Spannungsschwingbreiten
γ_M	Teilsicherheitsbeiwert für eine Baustoffeigenschaft unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und Abweichungen von den nominellen Abmessungen
γ_{M0}	Teilsicherheitsbeiwert für Baustahl nach EN 1993-1-1, 6.1(1)
γ_{M1}	Teilsicherheitsbeiwert für Baustahl bei stabilitätsgefährdeten Bauteilen nach EN 1993-1-1, 6.1(1)
γ_{Mf}	Teilsicherheitsbeiwert für die Ermüdungsfestigkeit
$\gamma_{Mf,s}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Ermüdungsfestigkeit von schubbeanspruchten Kopfbolzendübeln
γ_p	Teilsicherheitsbeiwert für Spannstahl
γ_s	Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl
γ_v	Teilsicherheitsbeiwert für Kopfbolzendübel
γ_{vS}	Teilsicherheitsbeiwert für die Längsschubkrafttragfähigkeit von Verbunddecken
δ	Faktor, bezogener Stahlanteil bei Verbundstützen, Mittendurchbiegung
δ_{max}	vertikale Durchbiegung
δ_s	Durchbiegung eines Profilbleches infolge Eigengewicht und Frischbetongewicht
$\delta_{s,max}$	Grenzwert für δ_s
δ_u	im Versuch ermittelter maximaler Schlupf unter dem charakteristischen Lastniveau
δ_{uk}	charakteristischer Wert des Verformungsvermögens von Dübeln
ε	$\sqrt{235 / f_y}$, mit f_y in N/mm ²
η	Verdübelungsgrad; Beiwert
η_a, η_{ao}	Reduktionsfaktoren zur Berücksichtigung der Umschnürungswirkung bei betongefüllten Rohren
$\eta_c, \eta_{co}, \eta_{cL}$	Erhöhungsfaktoren zur Berücksichtigung der Umschnürungswirkung bei betongefüllten Rohren
θ	Winkel
λ, λ_v	Schadensäquivalenzfaktoren
$\lambda_{glob}, \lambda_{loc}$	Schadensäquivalenzfaktoren für Beanspruchungen aus Haupttragwerkswirkung bzw. lokaler Wirkung
$\bar{\lambda}$	Schlankheitsgrad
$\bar{\lambda}_{LT}$	Schlankheitsgrad für Biegedrillknicken
μ	Reibungsbeiwert, Faktor

μ_d	Faktor für die Bemessung von Verbundstützen bei Druck und einachsiger Biegung
μ_{dy}, μ_{dz}	Faktor μ_d bezogen auf die Biegeachse
ν	Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung des Einflusses von Längsdruckspannungen auf die Schubtragfähigkeit, Beiwert zur Berücksichtigung der Dübelnachgiebigkeit
ν_a	Querkontraktionszahl für Baustahl
ξ	Beiwert zur Berücksichtigung der Dübelnachgiebigkeit
ρ	Beiwert zur Berücksichtigung des Querkrafteinflusses auf die Momententragfähigkeit
ρ_s	Beiwert, Bewehrungsgrad
$\sigma_{com,c,Ed}$	Längsdruckspannung im Kammerbeton infolge des Bemessungswertes der einwirkenden Normalkraft
$\sigma_{c,Rd}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit des Betons bei Teilflächenpressung
σ_{ct}	maximale Betonrandzugspannung
$\sigma_{max,f}$	maximale Spannung infolge Ermüdungsbelastung
$\sigma_{min,f}$	minimale Spannung infolge Ermüdungsbelastung
$\sigma_{s,max,f}$	Betonstahlspannung infolge des Momentes $M_{Ed,max,f}$
$\sigma_{s,min,f}$	Betonstahlspannung infolge des Momentes $M_{Ed,min,f}$
σ_s	Betonstahlspannung (Zug)
$\sigma_{s,max}$	Betonstahlspannung infolge des Momentes M_{max}
$\sigma_{s,max,0}$	Betonstahlspannung infolge des Momentes M_{max} ohne Berücksichtigung der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen
$\sigma_{s,0}$	Betonstahlspannung ohne Berücksichtigung der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen
τ_{Rd}	Bemessungswert der Schubtragfähigkeit
τ_u	aus Versuchen ermittelter Wert der Verbundspannung von Verbunddecken
$\tau_{u,Rd}$	Bemessungswert der Verbundspannung von Verbunddecken
$\tau_{u,Rk}$	charakteristischer Wert der Verbundspannung von Verbunddecken
ϕ	Stabdurchmesser von Betonstahl; schädigungsäquivalenter Schwingbeiwert
ϕ^*	Stabdurchmesser von Betonstahl
φ_t	Kriechzahl
$\varphi(t, t_0)$	Kriechzahl, die die Kriechverformung zwischen den Zeitpunkten t und t_0 beschreibt und auf die elastische Verformung im Alter von 28 Tagen bezogen ist
χ	Abminderungsfaktor für Biegeknicken
χ_{LT}	Abminderungsfaktor für Biegedrillknicken
ψ_L	Kriechbeiwert

2 Grundlagen der Tragwerksplanung

2.1 Anforderungen

- (1)P Für die Tragwerksplanung von Verbundtragwerken gelten die Grundlagen der EN 1990.
- (2)P Zusätzlich gelten für Verbundtragwerke die Grundlagen dieses Abschnitts.
- (3) Die grundlegenden Anforderungen der EN 1990, Abschnitt 2 gelten für Verbundtragwerke als erfüllt, wenn:
- die Bemessung mit Grenzzuständen und Teilsicherheitsbeiwerten nach EN 1990,
 - die Einwirkungen nach EN 1991,
 - die Lastkombinationen nach EN 1990 und
 - die Widerstände und die Regelungen zur Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit entsprechend dieser Norm beachtet werden.

2.2 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen

- (1)P Für Verbundtragwerke sind maßgebende Beanspruchungszustände infolge der Belastungsgeschichte zu berücksichtigen.

2.3 Basisvariablen

2.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse

- (1) Die bei der Bemessung zu verwendenden Einwirkungen dürfen den maßgebenden Teilen der EN 1991 entnommen werden.
- (2)P Beim Nachweis von als Schalung wirkenden Profilblechen muss der Einfluss aus dem zusätzlichen Eigengewicht durch Vergrößerung der Betondicke infolge der Durchbiegung des Bleches berücksichtigt werden.

2.3.2 Werkstoff- und Produkteigenschaften

- (1) Einwirkungen, die aus dem zeitabhängigen Verhalten des Betons resultieren, sind in der Regel nach EN 1992-1-1 zu ermitteln, wenn Eurocode 4 keine abweichenden Regelungen enthält.

2.3.3 Klassifizierung von Einwirkungen

- (1)P Aus dem Schwinden des Betons und aus nichtlinearen Temperaturverteilungen resultieren bei Verbundtragwerken Eigenspannungen im Querschnitt sowie Krümmungen und Längsdehnungen in Bauteilen. Diese Beanspruchungen, die in statisch bestimmten Tragwerken und bei Vernachlässigung der Verträglichkeitsbedingungen auch in statisch unbestimmten Tragwerken auftreten, werden als primäre Beanspruchungen bezeichnet.
- (2)P Die primären Beanspruchungen aus Schwinden und Temperatur rufen in statisch unbestimmten Tragwerken aufgrund der Verträglichkeitsbedingungen zusätzliche Zwangsbeanspruchungen hervor. Diese werden als sekundäre Beanspruchungen bezeichnet.

2.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten

2.4.1 Bemessungswerte

2.4.1.1 Bemessungswerte für Einwirkungen

(1) Bei Vorspannung mittels planmäßig eingepprägter und kontrollierter Deformationen, z. B. Absenken von Auflagern, ist in der Regel im Grenzzustand der Tragfähigkeit ein Teilsicherheitsbeiwert γ_P festzulegen, der ungünstige und günstige Auswirkungen berücksichtigt.

ANMERKUNG Der Wert für γ_P darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert für ungünstige und günstige Auswirkungen ist 1,0.

2.4.1.2 Bemessungswerte für Werkstoffe und Produkteigenschaften

(1)P Sofern keine oberen Grenzwerte der Festigkeit beachtet werden müssen, sind die Teilsicherheitsbeiwerte auf die unteren charakteristischen Werte oder die Nennwerte der Festigkeit zu beziehen.

(2)P Für Beton ist der Teilsicherheitsbeiwert γ_C zu verwenden. Der Bemessungswert der Betondruckfestigkeit ergibt sich zu

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_C \quad (2.1)$$

wobei der charakteristische Wert f_{ck} für Normalbeton EN 1992-1-1, 3.1 und für Leichtbeton EN 1992-1-1, 11.3 zu entnehmen ist.

ANMERKUNG Es ist der Wert für γ_C nach EN 1992-1-1 zu verwenden.

(3)P Für Betonstahl ist der Teilsicherheitsbeiwert γ_S zu verwenden.

ANMERKUNG Es ist der Wert für γ_S nach EN 1992-1-1 zu verwenden.

(4)P Für Baustahl, Profilbleche und Verbindungsmittel ist der Teilsicherheitsbeiwert γ_M zu verwenden. Wenn keine abweichenden Angaben gemacht werden, ist für Baustahl der Teilsicherheitsbeiwert γ_{M0} zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Für γ_M sind die Werte nach EN 1993 zu verwenden.

(5)P Für Verbundmittel ist der Teilsicherheitsbeiwert γ_V zu verwenden.

ANMERKUNG Der Wert für γ_V darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 1,25.

(6)P Für die Längsschubkrafttragfähigkeit von Verbunddecken ist bei Tragwerken des Hochbaus der Teilsicherheitsbeiwert γ_{VS} zu verwenden.

ANMERKUNG Der Wert für γ_V darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 1,25.

(7)P Für den Nachweis des Grenzzustandes der Ermüdung von Kopfbolzendübeln sind bei Tragwerken des Hochbaus die Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mf} und $\gamma_{Mf,s}$ zu verwenden.

ANMERKUNG Für γ_{Mf} sind die Werte nach den maßgebenden Teilen von EN 1993 zu verwenden. Der Wert für $\gamma_{Mf,s}$ darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 1,00.

2.4.1.3 Bemessungswerte für geometrische Größen

(1) Querschnitts- und Systemabmessungen dürfen Produktnormen oder Ausführungszeichnungen entnommen werden und als nominelle Werte verwendet werden.

2.4.1.4 Bemessungswerte der Beanspruchbarkeit

(1)P Für Verbundtragwerke sind die Bemessungswerte der Beanspruchbarkeit nach EN 1990, Gleichung (6.6a) oder Gleichung (6.6c) zu ermitteln.

2.4.2 Kombinationsregeln für Einwirkungen

(1) Die allgemeinen Kombinationsregeln für Einwirkungen finden sich in EN 1990, Abschnitt 6.

ANMERKUNG Für Hochbauten dürfen die Kombinationsregeln dem Nationalen Anhang zu Anhang A von EN 1990 entnommen werden.

2.4.3 Nachweis der Lagesicherheit (EQU)

(1) Das Nachweisformat beim Nachweis der Lagesicherheit nach EN 1990, Tabelle 1.2A gilt auch für Bemessungszustände mit vergleichbaren Voraussetzungen wie beim (EQU), z. B. für die Bemessung von Verankerungen oder beim Nachweis gegen das Abheben von Lagern bei Durchlaufträgern.

3 Werkstoffe

3.1 Beton

(1) Sofern im Eurocode 4 keine anderen Festlegungen getroffen werden, gelten in der Regel für die Materialeigenschaften von Beton für Normalbeton die Angaben nach EN 1992-1-1, 3.1 und für Leichtbeton die Angaben nach EN 1992-1-1, 11.3.

(2) Betonfestigkeitsklassen kleiner als C20/25 bzw. LC20/22 und höher als C60/75 bzw. LC60/66 liegen außerhalb des Anwendungsbereiches dieses Teils von EN 1994.

(3) Schwinddehnungen des Betons sind in der Regel unter Berücksichtigung der Umgebungsfeuchte, der Abmessungen des Betonquerschnittsteils und der Zusammensetzung des Betons zu bestimmen.

(4) Für Tragwerke des Hochbaus darf für Verbundbauteile der Einfluss aus der autogenen Schwinddehnung bei der Ermittlung der Spannungen und Verformungen vernachlässigt werden.

ANMERKUNG Basierend auf Erfahrungen mit ausgeführten Verbundtragwerken kann ein Ansatz der Endschwindmaße nach EN 1992-1-1 bei Verbundbauteilen zu einer Überschätzung der Einflüsse aus dem Schwinden führen. Angaben zu den Endschwindmaßen dürfen einem Nationalen Anhang entnommen werden. Die empfohlenen Werte enthält Anhang C.

3.2 Betonstahl

(1) Für Verbundtragwerke darf anstelle des Rechenwertes des Elastizitätsmoduls E_s der Wert für Baustahl nach EN 1993-1-1, 3.2.6 verwendet werden.

3.3 Baustahl

(1) Es sind in der Regel die Werkstoffeigenschaften nach EN 1993-1-1, 3.1 und 3.2 zu verwenden.

(2) Die Bemessungsregeln in diesem Teil von EN 1994 gelten nur für Baustähle, bei denen der Nennwert der Streckgrenze 460 N/mm² nicht überschreitet.

3.4 Verbindungs- und Verbundmittel

3.4.1 Allgemeines

- (1) Für Verbindungsmittel und Schweißzusatzwerkstoffe gilt EN 1993-1-8.

3.4.2 Kopfbolzendübel

- (1) Es gilt EN 13918.

3.5 Profilbleche für Verbunddecken in Tragwerken des Hochbaus

- (1) Es gelten die Regelungen nach EN 1993-1-3, 3.1 und 3.2.

- (2) Die Angaben in diesem Teil der EN 1994 gelten für die Bemessung von Verbunddecken mit Profilblechen, bei denen Bleche aus Baustahl nach EN 10025, kaltverformte Bleche nach EN 10149-2 oder EN 10149-3 oder verzinkte Bleche nach AC EN 10326 AC verwendet werden.

ANMERKUNG Der Nennwert der Mindestdicke des Bleches darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 0,70 mm.

4 Dauerhaftigkeit

4.1 Allgemeines

- (1) Es gelten die Regelungen nach EN 1990, EN 1992 und EN 1993.
- (2) Für die konstruktive Ausbildung der Verdübelung gelten die Regelungen nach 6.6.5.

4.2 Profilbleche für Verbunddecken in Tragwerken des Hochbaus

- (1)P Die nicht durch Beton geschützte Oberfläche des Bleches muss gegen besondere Umwelteinflüsse ausreichend geschützt werden.
- (2) Wenn eine Verzinkung gefordert wird, sind in der Regel die Anforderungen nach AC EN 10326 AC oder anderen maßgebenden Normen zu beachten.
- (3) Eine beidseitige Zinkbeschichtung von insgesamt 275 g/m² ist für Innenbauteile mit nicht aggressiven Umgebungsbedingungen ausreichend. Die Beschichtung darf den Gebrauchsbedingungen angepasst werden.

5 Tragwerksberechnung

5.1 Statisches System für die Berechnung

5.1.1 Statisches System und grundlegende Annahmen

- (1)P Das statische Modell und die grundlegenden Annahmen müssen den Anforderungen nach EN 1990, 5.1.1 entsprechen. Das Modell muss das Verhalten von Querschnitten, Bauteilen, Verbindungen und Lagern ausreichend genau abbilden.
- (2) Abschnitt 5 gilt für Tragwerke, bei denen die überwiegende Anzahl der Einzelbauteile und Verbindungen entweder Verbund- oder Stahlbauteile sind. Wenn das Tragverhalten im Wesentlichen dem eines

Stahlbeton- oder Spannbetontragwerks entspricht und nur wenige Einzelelemente als Verbundbauteile ausgebildet sind, sind die Schnittgrößen in der Regel nach EN 1992-1-1 zu ermitteln.

(3) Die Schnittgrößen für Verbunddecken in Tragwerken des Hochbaus sind im Allgemeinen nach Abschnitt 9 zu ermitteln.

5.1.2 Berechnungsmodelle für Anschlüsse

(1) Im Allgemeinen dürfen die Einflüsse aus dem Last-Verformungsverhalten der Anschlüsse auf die Schnittgrößen und das Verformungsverhalten des Tragwerks vernachlässigt werden. Wenn sie, wie z. B. bei verformbaren Anschlüssen, einen maßgebenden Einfluss haben, sollten sie in der Regel bei der Schnittgrößenermittlung berücksichtigt werden. Siehe hierzu EN 1993-1-8, Abschnitt 8.

(2) Um festzustellen, ob die Einflüsse aus dem Verformungsverhalten der Anschlüsse bei der Schnittgrößenermittlung berücksichtigt werden müssen, darf nach 8.2 und EN 1993-1-8, 5.1.1 zwischen den nachfolgend angegebenen drei Anschlussmodellen unterschieden werden:

- gelenkige Anschlüsse, bei denen angenommen werden darf, dass der Anschluss keine Biegemomente überträgt;
- steife Anschlüsse, bei denen die Steifigkeit und die Tragfähigkeit des Anschlusses bei der Berechnung die Annahme durchgehender Bauteile erlaubt;
- verformbare Anschlüsse, bei denen das Anschlussverhalten bei der Berechnung berücksichtigt werden muss.

(3) Für Tragwerke des Hochbaus sind die Anforderungen an die unterschiedlichen Anschlusstypen in EN 1993-1-8, Abschnitt 8 geregelt.

5.1.3 Boden-Bauwerks-Interaktion

(1)P Falls erforderlich, sind die Verformungseigenschaften der Gründung zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Regelungen zur Berücksichtigung der Boden-Bauwerks-Interaktion sind in EN 1997 enthalten.

5.2 Globale Tragwerksberechnung

5.2.1 Einflüsse aus der Tragwerksverformung

(1) Die Schnittgrößen dürfen im Allgemeinen entweder nach

- Theorie I. Ordnung unter Ansatz der Ausgangsgeometrie

oder nach

- Theorie II. Ordnung unter Berücksichtigung der Einflüsse aus der Tragwerksverformung

berechnet werden.

(2)P Die Einflüsse aus der Tragwerksverformung (Theorie II. Ordnung) müssen immer berücksichtigt werden, wenn die aus den Verformungen resultierende Vergrößerung der Schnittgrößen nicht mehr vernachlässigt werden kann oder wenn das Tragwerksverhalten maßgeblich verändert wird.

(3) Die Berechnung darf nach Theorie I. Ordnung erfolgen, wenn der aus den Verformungen nach Theorie I. Ordnung resultierende Zuwachs der maßgebenden Schnittgrößen kleiner als 10 % ist. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn die nachfolgende Bedingung eingehalten ist.

$$\alpha_{cr} \geq 10 \quad (5.1)$$

Dabei ist

α_{cr} der Verzweigungslastfaktor, mit dem die Bemessungswerte der Einwirkungen bis zum Erreichen der nach der Elastizitätstheorie ermittelten globalen idealen Verzweigungslast erhöht werden müssen.

(4)P Bei der Bestimmung der Steifigkeiten des Tragwerks müssen die Einflüsse aus der Rissbildung und dem Kriechen des Betons sowie aus dem Verformungsverhalten der Anschlüsse berücksichtigt werden.

5.2.2 Schnittgrößenermittlung für Tragwerke des Hochbaus

(1) Ebene seitlich verschiebliche Stockwerkrahmen dürfen nach Theorie I. Ordnung berechnet werden, wenn die Bedingung (5.1) für jedes Stockwerk erfüllt ist. Für diese Tragwerke darf der Verzweigungslastfaktor α_{cr} näherungsweise nach EN 1993-1-1, 5.2.1(4) ermittelt werden, wenn der Normalkrafteinfluss in den Riegeln vernachlässigt werden kann und die Einflüsse aus der Rissbildung nach 5.4.2.3, die Einflüsse aus dem Kriechen des Betons nach 5.4.2.2 und die Einflüsse aus dem Verformungsverhalten der Anschlüsse nach 8.2 und EN 1993-1-8, 5.1 berücksichtigt werden.

(2) Bei einer Berechnung der Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung dürfen die Schnittgrößen näherungsweise durch Vergrößerung der Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung mit einem entsprechenden Vergrößerungsfaktor bestimmt werden.

(3) Wenn bei der globalen Tragwerksberechnung für die Einzelbauteile die Einflüsse aus Theorie II. Ordnung und die maßgebenden zugehörigen Bauteilimperfektionen berücksichtigt werden, sind für die Einzelbauteile keine weiteren Stabilitätsnachweise erforderlich.

(4) Wenn die Einflüsse aus Theorie II. Ordnung in Einzelbauteilen oder bestimmte Imperpektionsansätze (z. B. Imperfektionen für Biegeknicken und/oder Biegedrillknicken) bei der globalen Tragwerksberechnung nicht vollständig berücksichtigt werden, ist ein gesonderter Stabilitätsnachweis für die bei der globalen Tragwerksberechnung nicht berücksichtigten Versagensformen erforderlich.

(5) Wenn bei der globalen Tragwerksberechnung der Einfluss des Biegedrillknickens vernachlässigt wird, darf für biegedrillknickgefährdete Verbundträger der Nachweis der Tragfähigkeit nach 6.4 geführt werden.

(6) Für Verbundstützen und druckbeanspruchte Verbundbauteile darf der Nachweis gegen Biegeknicken nach den folgenden Verfahren geführt werden:

- a) Globale Tragwerksberechnung nach 5.2.2(3) und Nachweis der Querschnittstragfähigkeit nach 6.7.3.6 oder 6.7.3.7.
- b) Schnittgrößenermittlung für das Einzelbauteil nach 6.7.3.4 und der Nachweis der Querschnittstragfähigkeit nach 6.7.3.6 oder 6.7.3.7. Randmomente sind mit Hilfe einer globalen Tragwerksberechnung nach Theorie II. Ordnung und unter Berücksichtigung von globalen Imperfektionen zu ermitteln. Die Schnittgrößen für das Einzelbauteil sind unter Berücksichtigung der Einflüsse aus Theorie II. Ordnung und den lokalen Imperfektionen nach 5.3.2.3 zu bestimmen.
- c) Für Verbundbauteile mit zentrischer Druckbeanspruchung dürfen die Einflüsse aus Theorie II. Ordnung und lokalen Imperfektionen mit Hilfe des Nachweises nach 6.7.3.5 auf der Grundlage der Knickspannungslinien berücksichtigt werden, wobei in der Regel die Knicklänge als Systemlänge anzunehmen ist. Bei diesem Nachweis sollten die Stabendschnittgrößen aus einer globalen Tragwerksberechnung nach Theorie II. Ordnung unter Berücksichtigung von globalen Imperfektionen ermittelt werden.

(7) Für Verbundtragwerke mit Stahlstützen darf der Stabilitätsnachweis für die Stahlstützen auch als Ersatzstabnachweis nach EN 1993-1-1, 5.2.2(8) und 6.3 geführt werden.

5.3 Imperfektionen

5.3.1 Grundlagen

(1)P Bei der Tragwerksberechnung sind die Einflüsse aus Imperfektionen zu erfassen. Die Imperfektionsansätze müssen Einflüsse aus Eigenspannungen, geometrische Imperfektionen wie Schiefstellungen, Abweichungen von der ideal geraden Stabachse, Unebenheiten und Passungenauigkeiten sowie unvermeidbare Exzentrizitäten aus Montagetoleranzen in Verbindungen erfassen.

(2)P Die Imperfektionen sind so anzunehmen, dass sie der zum niedrigsten Verzweigungslastfaktor zugehörigen Verformungsfigur der jeweils betrachteten Ebene entsprechen. Sie sind in ungünstigster Richtung anzusetzen.

5.3.2 Imperfektionen für Tragwerke des Hochbaus

5.3.2.1 Allgemeines

(1) In der Regel sind die geometrischen Ersatzimperfektionen nach 5.3.2.2 und 5.3.2.3 zu verwenden, die mögliche Einflüsse aus globalen und lokalen Imperfektionen erfassen. Einflüsse aus lokalen Imperfektionen dürfen vernachlässigt werden, wenn sie bei den in 5.3.2.3 angegebenen Nachweisverfahren in den Nachweisgleichungen direkt berücksichtigt werden.

(2) Bei der globalen Tragwerksberechnung dürfen für druckbeanspruchte Verbundbauteile lokale Imperfektionen vernachlässigt werden, wenn die Schnittgrößen nach AC 5.2.1(3) AC nach Theorie I. Ordnung ermittelt werden dürfen. Wenn die Einflüsse aus Theorie II. Ordnung zu berücksichtigen sind, dürfen bei der globalen Schnittgrößenermittlung die lokalen Imperfektionen vernachlässigt werden, wenn die nachfolgende Bedingung eingehalten ist.

$$\bar{\lambda} \leq 0,5 \sqrt{N_{pl,Rk} / N_{Ed}} \quad (5.2)$$

Dabei ist

$\bar{\lambda}$ der Schlankheitsgrad nach 6.7.3.3, der unter Annahme einer beidseitig gelenkigen Lagerung des Bauteils zu ermitteln ist;

$N_{pl,Rk}$ der charakteristische Wert der Normalkrafttragfähigkeit nach 6.7.3.3;

N_{Ed} der Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft.

(3) Beim Stabilitätsnachweis von Einzelbauteilen nach 6.7.3.6 oder 6.7.3.7 sind lokale Imperfektionen stets zu berücksichtigen.

(4) Für lokale Imperfektionen von druckbeanspruchten Stahlbauteilen gilt EN 1993-1-1, 5.3.2 und 5.3.4.

5.3.2.2 Globale Imperfektionen

(1) Die anzusetzenden globalen Imperfektionen sind in der Regel nach EN 1993-1-1, 5.3.2 zu bestimmen.

5.3.2.3 Lokale Imperfektionen

(1) Der Bemessungswert des maximalen Stichts infolge Vorkrümmung ist für Verbundstützen und druckbeanspruchte Verbundbauteile in Tabelle 6.5 angegeben.

(2) Bei den in 6.4 angegebenen Nachweisen zur Ermittlung der Beanspruchbarkeit von biegedrillknickgefährdeten, seitlich nicht gehaltenen Verbundträgern sind die Einflüsse aus Imperfektionen in den Nachweisgleichungen berücksichtigt.

(3) Beim Tragfähigkeitsnachweis für druckbeanspruchte Stahlbauteile nach EN 1993-1-1, 6.3 sind die Einflüsse aus Imperfektionen bereits in den Nachweisgleichungen berücksichtigt.

5.4 Schnittgrößenermittlung

5.4.1 Verfahren zur Ermittlung der Schnittgrößen

5.4.1.1 Allgemeines

(1) Die Schnittgrößen dürfen auch dann nach der Elastizitätstheorie berechnet werden, wenn die Beanspruchbarkeit der Querschnitte vollplastisch oder nichtlinear ermittelt wird.

(2) Für Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sind die Schnittgrößen in der Regel nach der Elastizitätstheorie zu berechnen, wobei Einflüsse aus nichtlinearem Verhalten, wie z. B. die Rissbildung des Betons, zu berücksichtigen sind.

(3) Für den Nachweis des Grenzzustandes der Ermüdung sind die Schnittgrößen in der Regel nach der Elastizitätstheorie zu bestimmen.

(4)P Bei der Berechnung müssen die Einflüsse aus der Schubweichheit breiter Gurte (mittragende Breite) und aus dem lokalen Beulen von Stahlquerschnittsteilen berücksichtigt werden, wenn sie die Schnittgrößenverteilung nennenswert beeinflussen.

(5) Der Einfluss des lokalen Beulens von Stahlquerschnittsteilen auf die zu wählende Methode der Schnittgrößenermittlung darf mit der Querschnittsklassifizierung nach 5.5 beurteilt werden.

(6) Der Einfluss des lokalen Beulens von Stahlquerschnittsteilen auf die Steifigkeit von Verbundquerschnitten darf im Allgemeinen vernachlässigt werden. Für Verbundquerschnitte der Klasse 4 gilt EN 1993-1-5, 2.2.

(7) Einflüsse aus dem Schlupf in geschraubten Verbindungen oder vergleichbare Verformungen von Verbindungsmitteln sollten bei der Schnittgrößenermittlung beachtet werden.

(8) Einflüsse aus dem Verformungsverhalten (Schlupf, Abheben) der Verbundfuge dürfen bei der Schnittgrößenermittlung vernachlässigt werden, wenn die Verdübelung nach 6.6 ausgeführt wird. Bei einer nichtlinearen Ermittlung der Schnittgrößen sind die Einflüsse aus dem Verformungsverhalten der Verbundfuge stets zu berücksichtigen.

5.4.1.2 Mittragende Breite des Betongurtes — Einfluss der Schubweichheit breiter Gurte

(1)P Der Einfluss aus der Schubweichheit breiter Gurte ist entweder durch eine genauere Berechnung oder durch eine mittragende Gurtbreite zu berücksichtigen.

(2) Für die mittragende Breite von breiten Stahlgurten gelten die Regelungen nach EN 1993-1-1, 5.2.1(5).

(3) Die mittragende Breite von breiten Betongurten ist im Allgemeinen mit den nachfolgenden Regelungen zu bestimmen.

(4) Bei der globalen Tragwerksberechnung darf eine feldweise konstante mittragende Breite angenommen werden. Diese ergibt sich für Träger mit beidseitiger Auflagerung aus dem Wert $b_{\text{eff},1}$ in Feldmitte und für Kragarme aus dem Wert $b_{\text{eff},2}$ am Auflager.

(5) In den Feldbereichen und an Auflagern ergibt sich mit Bild 5.1 die gesamte mittragende Breite b_{eff} zu:

$$b_{\text{eff}} = b_0 + \sum b_{\text{ei}} \quad (5.3)$$

Dabei ist

b_0 der Achsabstand zwischen den äußeren Dübelreihen;

b_{ei} die mittragende Breite der Teilgurte beidseits des Trägersteges, die mit $L_e/8$, jedoch nicht größer als die geometrische Teilgurtbreite b_i angenommen werden darf. Für die geometrische Teilgurtbreite b_i ist im Allgemeinen die Hälfte des in der Gurtmittelfläche vorhandenen Abstandes zwischen den äußeren Dübelreihen benachbarter Träger anzunehmen. Bei Randträgern ist b_i der Abstand zwischen der äußeren Dübelreihe und dem freien Betonrand. Als äquivalente Stützweite L_e ist im Allgemeinen der Abstand der Momentennullpunkte anzunehmen. Für typische durchlaufende Verbundträger, bei denen die Momentengrenzlinie aus unterschiedlichen Laststellungen resultiert, sowie für Kragarme darf L_e nach Bild 5.1 angenommen werden.

(6) Die mittragende Breite an Endauflagern darf wie folgt bestimmt werden:

$$b_{eff} = b_0 + \sum \beta_i b_{ei} \quad (5.4)$$

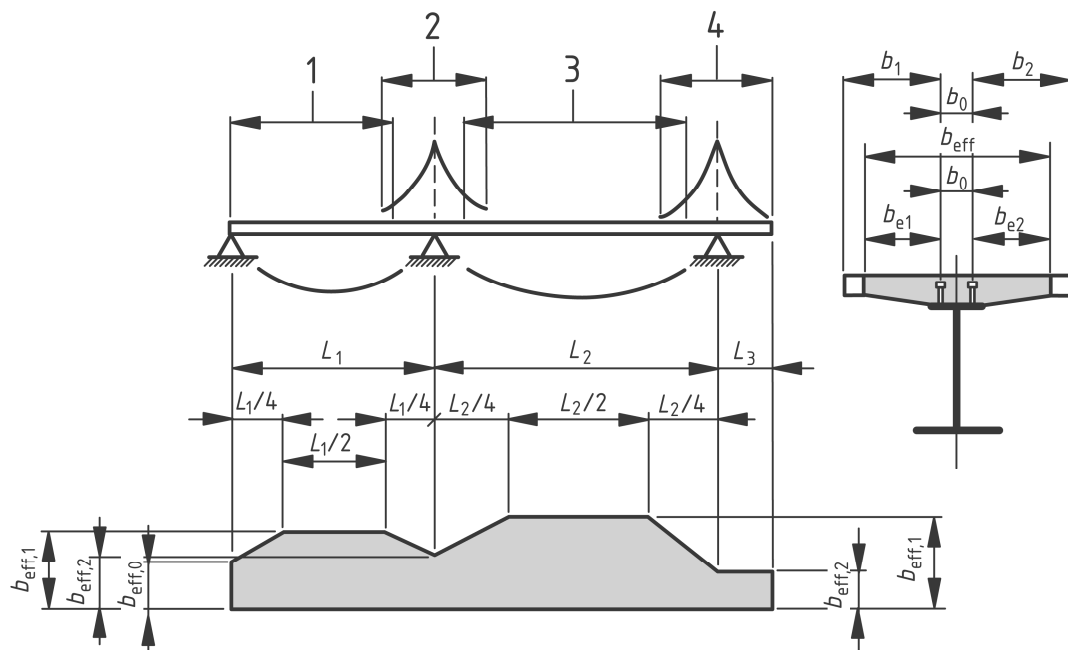
mit:

$$\beta_i = (0,55 + 0,025 L_e / b_{ei}) \leq 1,0 \quad (5.5)$$

Dabei ist

b_{ei} die mittragende Breite in Feldmitte des Endfeldes nach (5) und

L_e die äquivalente Stützweite des Endfeldes nach Bild 5.1.



Legende

1 $L_e = 0,85 L_1$ für $b_{eff,1}$

2 $L_e = 0,25(L_1 + L_2)$ für $b_{eff,2}$

3 $L_e = 0,70 L_2$ für $b_{eff,1}$

4 $L_e = 2 L_3$ für $b_{eff,2}$

Bild 5.1 — Äquivalente Stützweiten zur Ermittlung der mittragenden Gurtbreite

(7) Der Verlauf der mittragenden Gurtbreite in Trägerlängsrichtung darf nach Bild 5.1 angenommen werden.

(8) Wenn bei Tragwerken des Hochbaus die Momentenverteilung durch die Tragfähigkeit und das Verformungsverhalten von Anschlüssen beeinflusst wird, ist dies in der Regel bei der Ermittlung der äquivalenten Stützweite L_e zu berücksichtigen.

(9) Bei der Schnittgrößenermittlung darf bei Tragwerken des Hochbaus $b_0 = 0$ angenommen werden. Die geometrische Breite b_i ist dann auf die Stegachse zu beziehen.

5.4.2 Linear-elastische Tragwerksberechnung

5.4.2.1 Allgemeines

(1) Bei der Berechnung sind im Allgemeinen die Einflüsse aus der Rissbildung im Beton, aus dem Kriechen und Schwinden, aus der Belastungsgeschichte sowie aus Vorspannmaßnahmen zu berücksichtigen.

5.4.2.2 Kriechen und Schwinden

(1)P Die Einflüsse aus dem Kriechen und Schwinden müssen mit ausreichender Genauigkeit berücksichtigt werden.

(2) Mit Ausnahme von Doppelverbundquerschnitten dürfen die Einflüsse aus dem Kriechen des Betons mit Hilfe von Reduktionszahlen n_L , die von der Beanspruchungsart (Indizes L) abhängig sind, berücksichtigt werden.

$$n_L = n_0 (1 + \psi_L \varphi_t) \quad (5.6)$$

Dabei ist

n_0 = E_a/E_{cm} die Reduktionszahl für kurzzeitige Beanspruchungen,

E_{cm} der Elastizitätsmodul (mittlerer Sekantenmodul) des Betons bei kurzzeitiger Beanspruchung nach EN 1992-1-1, Tabelle 3.1 oder Tabelle 11.3.1,

φ_t die Kriechzahl $\varphi(t, t_0)$ nach EN 1992-1-1, 3.1.4 oder 11.3.3 in Abhängigkeit vom betrachteten Betonalter (t) und vom Alter (t_0) bei Belastungsbeginn,

ψ_L ein von der Beanspruchungsart abhängiger Kriechbeiwert, der für ständige Beanspruchungen mit 1,1, für primäre und sekundäre Beanspruchungen aus dem Schwinden mit 0,55 und für Beanspruchungen aus Vorspannung mittels planmäßig eingepprägter Deformationen mit 1,5 angenommen werden AC sollte. AC

(3) Für Verbundtragwerke, bei denen der Betongurt abschnittsweise hergestellt wird, darf für die ständigen Einwirkungen aus dem Betongewicht ein mittleres Alter für den Belastungsbeginn für die Bestimmung der Kriechzahl angenommen werden. Diese Annahme darf auch für Beanspruchungen aus Vorspannmaßnahmen mittels planmäßig eingepprägter Deformationen getroffen werden, wenn der Beton in den maßgebenden Feldern zum Zeitpunkt der Vorspannmaßnahme älter als 14 Tage ist.

(4) Beim Schwinden ist das Alter bei Belastungsbeginn in der Regel mit einem Tag anzunehmen.

(5) Wenn Fertigteile verwendet werden oder wenn eine Vorspannung des Betons vor Herstellung des Verbundes erfolgt, ist in der Regel für die Ermittlung der Kriechzahl und des Schwindmaßes als Alter bei Belastungsbeginn das Alter anzunehmen, bei dem die Verbundwirkung wirksam wird.

(6) Wenn die zum Zeitpunkt t_0 vorhandene Momentenverteilung durch das Kriechen des Betons nennenswert verändert wird, wie z. B. bei Durchlaufträgern, die abschnitts- oder feldweise aus Verbund- und reinen Stahlquerschnitten bestehen, sind die zeitabhängigen sekundären Beanspruchungen (Zwangsschnittgrößen) aus dem Kriechen zu berücksichtigen. Die zugehörige Reduktionszahl darf mit dem Kriechbeiwert $\psi_L = 0,55$ ermittelt werden. Für Bauteile, bei denen alle Querschnitte die Bedingungen der Klasse 1 oder 2 erfüllen, dürfen die zeitabhängigen Zwangsschnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit bei Trägern ohne Biegedrillknickgefahr vernachlässigt werden.

- (7) Die Einflüsse aus primären und sekundären Beanspruchungen infolge des Schwindens und Kriechens des Betongurtes sind im Allgemeinen zu berücksichtigen. Diese Einflüsse dürfen bei der Schnittgrößen-ermittlung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit mit Ausnahme des Grenzzustandes der Ermüdung für Verbundbauteile vernachlässigt werden, wenn alle Querschnitte die Bedingungen der Querschnittsklasse 1 oder 2 erfüllen und keine Biegedrillknickgefahr besteht. Für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit gelten die Regelungen nach Abschnitt 7.
- (8) In Trägerbereichen, in denen der Betongurt als gerissen angenommen wird, dürfen bei der Ermittlung der sekundären Beanspruchungen aus dem Schwinden die Auswirkungen aus den primären Beanspruchungen infolge Schwinden vernachlässigt werden.
- (9) Bei Verbundstützen und druckbeanspruchten Verbundbauteilen sind die Einflüsse aus dem Kriechen in der Regel nach 6.7.3.4(2) zu berücksichtigen.
- (10) Für Doppelverbundquerschnitte, bei denen beide Betongurte ungerissen sind (z. B. bei Vorspannung), sind die Einflüsse aus dem Kriechen und Schwinden in der Regel mit genaueren Berechnungsverfahren zu ermitteln.
- (11) Für Tragwerke des Hochbaus, die die Bedingungen nach (5.1) oder 5.2.2(1) erfüllen, die nicht vorwiegend durch hohe ständige Einwirkungen (z. B. bei Lagerräumen) beansprucht werden und die nicht mittels planmäßig eingprägter Deformationen vorgespannt werden, dürfen die Einflüsse aus dem Kriechen bei Verbundträgern für kurzzeitige und ständige Beanspruchungen durch Ersetzen der mittragenden Betonfläche A_c durch eine reduzierte äquivalente Stahlfläche $A_{c,n}$ ersetzt werden. Die Reduktionszahl n darf mit dem effektiven Elastizitätsmodul $E_{c,eff} = E_{cm}/2$ ermittelt werden.

5.4.2.3 Einflüsse aus der Rissbildung des Betons

(1)P Die Einflüsse aus der Rissbildung des Betons sind bei der Berechnung ausreichend genau zu berücksichtigen.

(2) Zur Berücksichtigung der Einflüsse aus der Rissbildung darf für Verbundträger mit Betongurten das nachfolgend angegebene Verfahren verwendet werden. Im ersten Schritt werden für die charakteristische Kombination der Einwirkungen nach EN 1990, 6.5.3 die extremalen Schnittgrößen (Momentengrenzlinie) mit den Biegesteifigkeiten $E_a I_1$ der ungerissenen Querschnitte und unter Berücksichtigung des Langzeitverhaltens des Betons bestimmt. Diese Berechnung wird als „Tragwerksberechnung ohne Berücksichtigung der Rissbildung“ bezeichnet.

In Trägerbereichen, in denen infolge der aus der Haupttragwerkswirkung resultierenden extremalen Schnittgrößen die Randzugspannung des Betongurtes für Normalbeton den zweifachen Wert von f_{ctm} nach EN 1992-1-1, Tabelle 3.1 und für Leichtbeton den zweifachen Wert von f_{lctm} nach EN 1992-1-1, Tabelle 11.3.1, überschreitet, ist die Biegesteifigkeit auf den Wert $E_a I_2$ nach 1.5.2.12 abzumindern. Die hieraus resultierende Steifigkeitsverteilung darf für Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit zugrunde gelegt werden. Anschließend sind die Schnittgrößen und gegebenenfalls die Verformungen mit dieser Steifigkeitsverteilung erneut zu ermitteln. Diese Berechnung wird als „Tragwerksberechnung unter Berücksichtigung der Rissbildung“ bezeichnet.

(3) Für durchlaufende Verbundträger ohne Vorspannmaßnahmen und mit oberhalb des Stahlquerschnitts angeordneten Betongurten darf das nachfolgend angegebene Näherungsverfahren verwendet werden. Dieses Verfahren darf auch für Träger in Rahmentragwerken, bei denen Horizontalkräfte durch Aussteifungen aufgenommen werden, benutzt werden. Wenn das Verhältnis der an eine Innenstütze angrenzenden Stützweiten (l_{min}/l_{max}) nicht kleiner als 0,6 ist, darf der Einfluss der Rissbildung durch Ansatz der Biegesteifigkeit $E_a I_2$ über 15 % der Stützweite der an die betrachtete Innenstütze angrenzenden Felder und durch Ansatz der Steifigkeit $E_a I_1$ in den restlichen Bereichen erfasst werden.

(4) Für Verbundstützen und Druckglieder in Verbundbauweise ist der Einfluss der Rissbildung auf die Biegesteifigkeit in der Regel in Übereinstimmung mit 6.7.3.4 zu berücksichtigen.

(5) Bei Tragwerken des Hochbaus mit kammerbetonierten Querschnitten darf der Einfluss der Rissbildung im Kammerbeton durch Ansatz des Mittelwertes der Biegesteifigkeiten des ungerissenen und des gerissenen Kammerbetonquerschnitts berücksichtigt werden. Zur Ermittlung der Biegesteifigkeit des gerissenen Kammerbetonquerschnitts darf die auf Druck beanspruchte Querschnittsfläche des Kammerbetons aus der plastischen Spannungsverteilung des Querschnitts bestimmt werden.

5.4.2.4 Belastungsgeschichte

(1)P Bei der Tragwerksberechnung müssen die Einflüsse aus der Belastungsgeschichte ausreichend genau berücksichtigt werden. Hierzu zählen Einflüsse aus einer abschnittswisen Herstellung des Tragwerks, aus Systemwechseln und gegebenenfalls Einflüsse aus Einwirkungen, die teilweise auf das Stahl- oder Verbundtragwerk wirken (Herstellung mit oder ohne Eigengewichtsverbund).

(2) Bei Verbundträgern darf bei der Tragwerksberechnung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (ausgenommen Ermüdung) der Einfluss der Belastungsgeschichte vernachlässigt werden, wenn alle Querschnitte die Bedingungen der Klasse 1 oder 2 erfüllen und wenn keine Biegedrillknickgefahr besteht.

5.4.2.5 Einflüsse aus Temperatureinwirkungen

(1) Einflüsse aus Temperatureinwirkungen sind in der Regel nach EN 1991-1-5 zu berücksichtigen.

(2) Einflüsse aus Temperatureinwirkungen dürfen bei der Tragwerksberechnung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (ausgenommen Ermüdung) im Allgemeinen vernachlässigt werden, wenn alle Querschnitte die Bedingungen der Klasse 1 oder 2 erfüllen und wenn keine Biegedrillknickgefahr besteht.

5.4.2.6 Vorspannung mittels planmäßig, kontrolliert eingepprägter Deformationen

(1)P Bei Vorspannung mittels planmäßig und kontrolliert eingepprägter Deformationen (z. B. Absenken von Auflagern bei Durchlaufträgern) sind die Einflüsse aus möglichen Abweichungen von den Nennwerten der eingepprägten Deformationen und Abweichungen bei den Steifigkeiten in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit bei der Schnittgrößenermittlung zu beachten.

(2) Wenn zur Ermittlung der Schnittgrößen kein genaueres Verfahren verwendet wird, sind in der Regel die Beanspruchungen aus planmäßig eingepprägten und kontrollierten Deformationen mit den charakteristischen bzw. mit den nominellen Werten der Werkstoffeigenschaften zu ermitteln.

5.4.3 Nicht lineare Tragwerksberechnung

(1) Nicht lineare Tragwerksberechnungen dürfen in Übereinstimmung mit EN 1992-1-1, 5.7 und EN 1993-1-1, 5.4.3 angewendet werden.

(2)P Das Verformungsverhalten der Verdübelung muss bei der Berechnung berücksichtigt werden.

(3)P Der Einfluss von Tragwerksverformungen ist nach 5.2 zu berücksichtigen.

5.4.4 Elastische Tragwerksberechnung mit begrenzter Schnittgrößenumlagerung für Tragwerke des Hochbaus

(1) Wenn Einflüsse nach Theorie II. Ordnung nicht berücksichtigt werden müssen, dürfen die Schnittgrößen von Durchlaufträgern und Rahmentragwerken im Grenzzustand der Tragfähigkeit mit Hilfe einer linear-elastischen Tragwerksberechnung mit begrenzter Schnittgrößenumlagerung ermittelt werden. Dies ist für den Grenzzustand der Ermüdung nicht zulässig.

(2) Die auf der Grundlage einer linear-elastischen Berechnung nach 5.4.2 ermittelten Schnittgrößen dürfen unter Beachtung der Gleichgewichtsbedingungen umgelagert werden. Dabei sind die Einflüsse aus Instabilitäten und aus dem nichtlinearen Werkstoffverhalten zu berücksichtigen.

(3) Die aus einer linear-elastischen Tragwerksberechnung resultierenden Schnittgrößen dürfen umgelagert werden:

- a) bei Verbundträgern mit vollständiger und teilweiser Verdübelung nach (4) bis (7);
- b) bei Stahlbauteilen nach EN 1993-1-1, 5.4.1(4);
- c) bei überwiegend biegebeanspruchten Betonbauteilen nach EN 1992-1-1, 5.5;
- d) bei kammerbetonierten Verbundträgern ohne Betongurt nach (b) oder (c), wobei jeweils der kleinste Wert nach (b) oder (c) für die Schnittgrößenumlagerung maßgebend ist.

(4) Mit Ausnahme des Grenzzustandes der Ermüdung dürfen die nach der Elastizitätstheorie ermittelten Schnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach (5) bis (7) umgelagert werden, wenn:

- es sich um Durchlaufträger oder Rahmenriegel in seitlich ausgesteiften Tragwerken handelt, die als Verbundbauteil ausgebildet sind;
- die Anschlüsse entweder als steife und volltragfähige oder als gelenkige Anschlüsse ausgebildet werden;
- bei kammerbetonierten Verbundträgern die für die angenommene Schnittgrößenumlagerung erforderliche Rotationskapazität nachgewiesen wird oder der Beitrag des druckbeanspruchten Kammerbetons und der druckbeanspruchten Bewehrung an Stützen mit planmäßiger Momentenumlagerung bei der Ermittlung der Momententragfähigkeit vernachlässigt wird;
- die Bauhöhe feldweise konstant ist und keine Biegedrillknickgefahr besteht.

(5) Wenn die in (4) angegebenen Voraussetzungen erfüllt sind und keine genauere Berechnung mit Nachweis ausreichender Rotationskapazität erfolgt, dürfen bei Verbundträgern die nach der Elastizitätstheorie ermittelten Schnittgrößen wie folgt umgelagert werden:

- Abminderung der extremalen negativen Momente an Innenstützen bis zu den in Tabelle 5.1 angegebenen Grenzwerten.
- Erhöhung der extremalen negativen Biegemomente an Innenstützen bis zu maximal 10 % bei einer Berechnung der Schnittgrößen unter Annahme ungerissener Querschnitte und bis zu maximal 20 % bei einer Berechnung der Schnittgrößen unter Berücksichtigung der Rissbildung nach 5.4.2.3. Eine Erhöhung der Schnittgrößen an Innenstützen ist nur zulässig, wenn alle Querschnitte die Bedingungen der Querschnittsklasse 1 oder 2 erfüllen.

Tabelle 5.1 — Grenzwerte für die Umlagerung von negativen Biegemomenten an Innenstützen in %

Querschnittsklasse im negativen Momentenbereich	1	2	3	4
Schnittgrößenermittlung ohne Berücksichtigung der Rissbildung	40	30	20	10
Schnittgrößenermittlung mit Berücksichtigung der Rissbildung	25	15	10	0

(6) Bei Verwendung von Stählen mit Festigkeiten höher als S355 ist in der Regel eine Momentenumlagerung nur zulässig, wenn bei Verbundträgern alle Querschnitte die Bedingungen der Klasse 1 oder 2 erfüllen. Die Abminderung der extremalen negativen Biegemomente an Innenstützen darf bei einer Berechnung der Schnittgrößen ohne Berücksichtigung der Rissbildung in der Regel 30 % und bei einer Berechnung der Schnittgrößen unter Berücksichtigung der Rissbildung 15 % nicht überschreiten. Andernfalls ist nachzuweisen, dass die Rotationskapazität größere Momentenumlagerungen zulässt.

(7) Die in Tabelle 5.1 angegebenen Grenzwerte für die Momentenumlagerung beziehen sich bei Querschnitten der Klassen 3 und 4 auf die auf den Verbundquerschnitt wirkenden Biegemomente. Für die auf den Stahlquerschnitt einwirkenden Momente ist in der Regel keine Umlagerung der Biegemomente zulässig.

5.4.5 Berechnung nach der Fließgelenktheorie bei Tragwerken des Hochbaus

(1) Der Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit darf mit Ausnahme des Grenzzustandes der Ermüdung nach der Fließgelenktheorie erfolgen, wenn keine Schnittgrößenermittlung nach Theorie II. Ordnung erforderlich ist und ferner die nachfolgenden Bedingungen erfüllt sind:

- alle Bauteile und Verbindungen in Stahl- oder Verbundbauweise ausgeführt werden,
- für Baustahl die Werkstoffanforderungen nach EN 1993-1-1, 3.2.2 erfüllt sind,
- die Querschnitte von Stahlbauteilen die Anforderungen nach EN 1993-1-1, 5.6 erfüllen,
- die Verbindungen bei Erreichen der plastischen Momententragfähigkeit eine ausreichende Rotationskapazität aufweisen.

(2) Bei Durchlaufträgern und Rahmentragwerken des Hochbaus ist es nicht erforderlich, die Einflüsse aus wiederholter Plastizierung zu berücksichtigen.

(3)P Die Anwendung der Fließgelenktheorie ist zulässig, wenn in Fließgelenken:

- a) in Bezug auf die vertikale Querschnittsachse (z. B. Stegachse bei I-Querschnitten) symmetrische Baustahlquerschnitte vorhanden sind,
- b) der Stahlquerschnitt und stabilisierende Anschlussbauteile so ausgebildet sind, dass kein Biegedrillknicken auftreten kann,
- c) für jeden Lastfall an Stellen von Fließgelenken mit Rotationsanforderungen seitliche Abstützungen vorhanden sind,
- d) eine ausreichende Rotationskapazität auch unter Berücksichtigung von in Bauteilen und Verbindungen wirkenden Normalkräften vorhanden ist und
- e) bei allen Bauteilen, in denen Fließgelenke auftreten und bei denen die Rotationsanforderungen nicht genauer nachgewiesen werden, die wirksamen Querschnitte in Fließgelenken die Bedingungen der Querschnittsklasse 1 erfüllen.

(4) Für Verbundträger des Hochbaus darf angenommen werden, dass eine ausreichende Rotationskapazität vorhanden ist, wenn:

- a) Stähle mit Festigkeiten höher als für Baustahl S355 nicht verwendet werden,
- b) der Kammerbeton und die im Kammerbeton im Druckbereich angeordnete Bewehrung bei der Ermittlung der Momententragfähigkeit vernachlässigt wird,
- c) im Bereich von Fließgelenken alle Querschnitte die Bedingungen der Klasse 1 und in allen anderen Bereichen die Bedingungen der Klasse 1 oder 2 erfüllen,
- d) für jede Träger-Stützenverbindung nachgewiesen wird, dass eine ausreichende Rotationskapazität vorhanden ist oder dass der Anschluss so ausgebildet wird, dass die Momententragfähigkeit des Anschlusses nicht kleiner als der 1,2fache Wert der vollplastischen Momententragfähigkeit des angeschlossenen Trägerquerschnitts ist,
- e) sich zwei benachbarte Stützweiten bezogen auf die kleinere Stützweite in ihrer Länge um nicht mehr als 50 % unterscheiden,
- f) die Stützweite des Endfeldes nicht größer als 115 % der Stützweite des Nachbarfeldes ist,