

BAUWESEN

KOMMENTAR



DIN



Bundesvereinigung
der Prüfsingenieure
für Bautechnik e.V.



VERBAND BERATENDER
INGENIEURE



F. Fingerloos, J. Hegger, K. Zilch

EUROCODE 2 für Deutschland

DIN EN 1992-1-1 Bemessung und
Konstruktion von Stahlbeton- und
Spannbetontragwerken
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungs-
regeln und Regeln für den Hochbau
mit Nationalem Anhang

Kommentierte Fassung

 **Ernst & Sohn**
A Wiley Company

Beuth



Frank Fingerloos, Josef Hegger, Konrad Zilch

EUROCODE 2 für Deutschland

DIN EN 1992-1-1 Bemessung und
Konstruktion von Stahlbeton- und
Spannbetonbauwerken
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungs-
regeln und Regeln für den Hochbau
mit Nationalem Anhang

Kommentierte Fassung

1. Auflage 2012

Herausgeber:
Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik e. V.
Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E. V.
Institut für Stahlbetonbewehrung e. V.
Verband Beratender Ingenieure (VBI)

Herausgeber:
Bundesvereinigung der Prüfeningenieure für Bautechnik e. V.
Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E. V.
Institut für Stahlbetonbewehrung e. V.
Verband Beratender Ingenieure (VBI)

© 2012 Beuth Verlag GmbH
Berlin · Wien · Zürich
Am DIN-Platz
Burggrafenstraße 6
10787 Berlin

Telefon: +49 (0) 30 2601-0
Telefax: +49 (0) 30 2601-1260
Email: info@beuth.de
Internet: www.beuth.de

© 2012 Wilhelm Ernst & Sohn
Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG
Rotherstraße 21
10245 Berlin

Telefon: +49 (0) 30 470 31-200
Telefax: +49 (0) 30 470 31-270
Email: info@ernst-und-sohn.de
Internet: www.ernst-und-sohn.de

ISBN 978-3-410-20088-8

ISBN 978-3-433-01878-1

1. Auflage

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist
ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar.
Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen
und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die im Werk enthaltenen Inhalte wurden von den Verfassern sorgfältig
erarbeitet und geprüft. Eine Gewährleistung für die Richtigkeit des Inhalts wird
gleichwohl nicht übernommen. Die Verlage haften nur für Schäden, die auf Vorsatz
oder grobe Fahrlässigkeit seitens der Verlage zurückzuführen sind.
Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen.

Titelbild: HOCHTIEF Construction AG, Büropark an der Gruga, Essen
Druck: AZ-Druck GmbH, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier nach DIN EN ISO 9706.

Inhalt

Editorial.....	XVII
Vorwort der Bearbeiter.....	XIX
Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau:2011-01	
Nationaler Anhang (NA) – National festgelegte Parameter:2011-01	
Kommentierte Fassung	1
Erläuterungen zum Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau:2011-01	
	195
Schrifttum	375
Stichwortverzeichnis	387

Editorial

Nach mehrjähriger Bearbeitung im Europäischen Komitee für Normung CEN wurde ein Paket von Normen für die **Tragwerksplanung** fertig gestellt, das länderübergreifend in Europa weitgehend vereinheitlichte Bemessungs- und Konstruktionsregeln für die wichtigsten Bauarten bereitstellt.

Dieses Normenpaket umfasst in seinen Hauptteilen **10 Eurocodes** mit jeweils Nationalen Anhängen. Diese werden im Wesentlichen zum Stichtag **1. Juli 2012** in Deutschland eingeführt. Der **Eurocode 2** (DIN EN 1992) für den Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau ersetzt dabei die bisherigen nationalen Normen für die Tragwerksplanung im Betonbau DIN 1045-1, DIN-Fachbericht 102 und DIN 4102-4 (teilweise).

Im Betonbau haben viele Grundlagen, die im Rahmen gemeinsamer Arbeiten zum CEB/FIP-Model-Code oder den Vornormen des Eurocode 2 (ENV) entstanden sind, schon längst Eingang in unsere nationalen Normen gefunden. Daher enthält der neue Eurocode 2 viele Regeln, die in Deutschland bereits bekannt sind. Gleichwohl ist auch diese Normenumstellung auf den Eurocode 2 für die Praxis mit großem Aufwand verbunden.

Im Deutschen Ausschuss für Stahlbeton e.V. (DAfStb) wurde daher für den **Eurocode 2** vereinbart, den Nationalen Anhang und die Einführung des Hauptteils 1-1 in Deutschland unter Einbeziehung in der Praxis tätiger Ingenieure zu erarbeiten. Hierfür haben die Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik e. V. (BVPI), der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein E. V. (DBV) und der Verband Beratender Ingenieure (VBI) mit dankenswerter Unterstützung durch das Deutsche Institut für Bautechnik das Forschungsvorhaben „EC2-Pilotprojekte“ durchgeführt. In diesem Vorhaben wurden während einer zweijährigen Bearbeitungszeit die Regeln von DIN EN 1992-1-1 und des Nationalen Anhangs an typischen Hochbauprojekten von mehreren Ingenieurbüros und Softwarefirmen getestet und erprobt. Das Hauptziel bestand darin, den Eurocode 2 und insbesondere den Nationalen Anhang so zu gestalten, dass der Praxis die Umstellung von DIN 1045-1 auf DIN EN 1992-1-1 weitgehend erleichtert wird.

Diesem Ziel dient auch diese gemeinsam herausgegebene „Kommentierte Fassung von Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau:2011-01“. Die nach den CEN-Regeln getrennt verfassten Texte von Eurocode 2 und Nationalem Anhang sind in einer zusammengefassten Form aufbereitet, die für die praktische Anwendung besonders geeignet ist. Im vorliegenden Band werden außerdem Hintergründe, Grundlagen und Beispiele zu DIN EN 1992-1-1 ergänzt.

Wir gehen davon aus, dass dieser Band sich als willkommenes Hilfsmittel zur Anwendung von Eurocode 2 etablieren wird.

Die Herausgeber
Berlin, im Oktober 2011

Bundesvereinigung der Prüfsingenieure
für Bautechnik e.V.

Dr.-Ing. Hans-Peter Andrä
Dipl.-Ing. Manfred Tiedemann

Deutscher Beton- und Bautechnik-
Verein E.V.

Dr.-Ing. Lars Meyer
Dr.-Ing. Frank Fingerloos

Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

Dr.-Ing. Jörg Moersch

Verband Beratender Ingenieure VBI

Dr.-Ing. Volker Cornelius
Dr.-Ing. Karl Morgen

Vorwort der Bearbeiter

Die mit diesem Band vorgelegte Aufbereitung des Eurocodes 2 für den Hochbau (DIN EN 1992-1-1 mit Nationalem Anhang) soll den in der Praxis tätigen Tragwerksplanern vor allem die Einarbeitung in das neue europäische Regelwerk und die tägliche Arbeit damit erleichtern.

Hierzu wurden der Normtext von DIN EN 1992-1-1 und die dazugehörigen Festlegungen im Nationalen Anhang für Deutschland zusammengeführt und zu einer konsolidierten Fassung verwoben und redaktionell redigiert. Alle nationalen Regeln wurden nicht nur im Text eingearbeitet, sondern auch in Bildern, Gleichungen und Tabellen und durch eine Unterlegung kenntlich gemacht. Überflüssige Textteile von EN 1992-1-1, wie Anmerkungen, die durch nationale Regeln ersetzt wurden, oder Absätze und Anhänge, die in Deutschland nicht gelten, wurden entfernt. So kann sich der Leser auf den maßgebenden Normtext konzentrieren.

Für die Ingenieure, die sich mit den ursprünglich im Eurocode 2 vorgeschlagenen Parametern und Verfahren beschäftigen wollen oder müssen, stehen die beiden Original-DIN-Normentexte im Beuth Verlag zur Verfügung. Gegenüber diesen DIN-Fassungen von 2011-01 sind in der hier vorliegenden kommentierten Fassung bereits einige Druckfehler behoben worden. Dies gilt auch für das Normen-Handbuch zum Eurocode 2 mit einer reinen Textzusammenführung.

Begleitet wird der konsolidierte Normtext in einer Hinweisspalte durch hilfreiche Verweise, Grafiken, Tabellen und kurze Erläuterungen, so dass sich der Leser schneller und einfacher zurechtfinden kann.

Um die Akzeptanz der neuen, aber auch der vielen bekannten Regelungen zu erhöhen, enthält der zweite Teil dieses Bandes Erläuterungen, Hintergrundinformationen und Beispiele, insbesondere zu den gegenüber DIN 1045-1 neuen oder abweichenden Regeln von Eurocode 2 sowie zu den national festzulegenden Parametern (NDP) und den zusätzlichen nationalen Ergänzungen (NCI) aus dem Nationalen Anhang (NA). Hier wird auch begründet, warum eine relativ große Anzahl bekannter deutscher Regeln auch abweichend von EN 1992-1-1 wieder im Nationalen Anhang eingeführt wurden. Dem vorliegenden Normenwerk gingen auch viele Diskussionen mit Fachkollegen innerhalb der „EC2-Pilotprojekte“ voraus, deren Ergebnisse sich in diesen Erläuterungen wiederfinden.

Weitergehende Erläuterungen und wissenschaftliche Hintergründe sind im DAfStb-Heft 600 [D600] enthalten. Das DAfStb-Heft 600 wird mehrfach im Nationalen Anhang zitiert.

Zur Erleichterung der Einarbeitung in den Eurocode 2 werden für den mit DIN 1045-1 vertrauten Leser in einem Anhang Zuordnungstabellen angegeben, die das Auffinden vergleichbarer Abschnitte und Gleichungen im Eurocode 2 gestatten.

Danken möchten wir an dieser Stelle auch den Mitarbeitern der Lehrstühle für Massivbau Dipl.-Ing. *Cars-ten Siburg* und Dipl.-Ing. *Frederik Teworte* an der RWTH Aachen sowie Dipl.-Ing. *Peter Lenz* und Dipl.-Ing. (FH) *Daniel Wingenfeld* (M.Sc.) an der TU München für ihre Unterstützung bei der Erstellung der Manuskripte.

Unser Dank gilt außerdem Herrn Dr.-Ing. *Robert Hertle* (Gräfelting), der mit einigen Kollegen der BVPI diesen Band einer Durchsicht unterzogen hat.

Wir hoffen, dass die „Kommentierte Fassung von DIN EN 1992-1-1“ die Einarbeitung erleichtert und den Tragwerksplanern im Tagesgeschäft als zuverlässiger Helfer dient. Allen Lesern und Anwendern sind wir für Anregungen, Hinweise und Verbesserungsvorschläge dankbar.

Frank Fingerloos, Berlin
Josef Hegger, Aachen
Konrad Zilch, München

im Oktober 2011

Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau:2011-01

Nationaler Anhang (NA) – National festgelegte Parameter:2011-01

Kommentierte Fassung

Eurocode 2: Design of concrete structures –
Part 1-1: General rules and rules for buildings;
German version EN 1992-1-1:2004 + AC:2010

Eurocode 2: Calcul des structures en béton –
Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments;
Version allemande EN 1992-1-1:2004 + AC:2010

Ersatzvermerk

- Ersatz für DIN EN 1992-1-1:2005-10
- mit DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01, DIN EN 1992-3:2011-01 und DIN EN 1992-3/NA:2011-01
Ersatz für DIN 1045-1:2008-08;
- Ersatz für DIN EN 1992-1-1 Berichtigung 1:2010-01

Diese kommentierte Fassung enthält die Normentexte des Eurocode 2: DIN EN 1992-1-1 zusammen mit dem Nationalen Anhang DIN EN 1992-1-1/NA in einem verwobenen Text, der nur die für die Anwendung in Deutschland maßgebenden Werte und Regeln enthält. Diese sind, wenn möglich, in die Gleichungen, Bilder und Tabellen direkt integriert.

Alle nicht relevanten Textteile aus EN 1992-1-1 sind aus dieser Fassung entfernt.

Alle Werte und Regeln, die im deutschen Nationalen Anhang enthalten sind, werden unterlegt, sodass diese vom allgemeinen Eurocode 2-Text zu unterscheiden sind.

Dabei wird zwischen den von allen CEN-Mitgliedsstaaten national festzulegenden Parametern (*nationally determined parameters*, **NDP** → gelb unterlegt) und den spezifisch deutschen, ergänzenden, nicht widersprechenden Angaben zur Anwendung von DIN EN 1992-1-1 (*non-contradictory complementary information*, **NCI** → grau unterlegt) differenziert.

In der Hinweisspalte zum verwobenen Normentext werden kurze, zur Erleichterung der Anwendung hilfreiche Kommentare, Bilder oder Verweise auf andere Normenabschnitte aufgenommen, die die tägliche Arbeit mit dem Eurocode 2 erleichtern sollen.

An den Normentext schließt sich ein ausführlicher Erläuterungsteil an, der Hintergründe, Beispiele und weiterführende Literatur enthält. Dieser Teil des Buches unterstützt die Einarbeitung in den Eurocode 2 und soll das Verständnis und die Auslegung der Norm fördern.

Inhalt

Vorwort	9
Hintergrund des Eurocode-Programms	9
Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes	9
Nationale Fassungen der Eurocodes	10
Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETA)	10
Besondere Hinweise zu EN 1992-1-1	10
Nationaler Anhang zu EN 1992-1-1	11
1 ALLGEMEINES	
1.1 Anwendungsbereich	12
1.1.1 Anwendungsbereich des Eurocode 2	12
1.1.2 Anwendungsbereich des Eurocode 2 Teil 1-1	12
1.2 Normative Verweisungen	13
1.2.1 Allgemeine normative Verweisungen	13
1.2.2 Weitere normative Verweisungen	13
1.3 Annahmen	14
1.4 Unterscheidung zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln	14
1.5 Begriffe	14
1.5.1 Allgemeines	14
1.5.2 Besondere Begriffe und Definitionen in dieser Norm	14
1.6 Formelzeichen	16
2 GRUNDLAGEN DER TRAGWERKSPLANUNG	
2.1 Anforderungen	18
2.1.1 Grundlegende Anforderungen	18
2.1.2 Behandlung der Zuverlässigkeit	18
2.1.3 Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Qualitätssicherung	18
2.2 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen	18
2.3 Basisvariablen	18
2.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse	18
2.3.1.1 Allgemeines	18
2.3.1.2 Temperatureinflüsse	19
2.3.1.3 Setzungs-/Bewegungsunterschiede	19
2.3.1.4 Vorspannung	19
2.3.2 Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen	20
2.3.2.1 Allgemeines	20
2.3.2.2 Kriechen und Schwinden	20
2.3.3 Verformungseigenschaften des Betons	20
2.3.4 Geometrische Angaben	20
2.3.4.1 Allgemeines	20
2.3.4.2 Zusätzliche Anforderungen an Bohrspähle	20
2.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten	21
2.4.1 Allgemeines	21
2.4.2 Bemessungswerte	21
2.4.2.1 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen aus Schwinden	21
2.4.2.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen aus Vorspannung	21
2.4.2.3 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen beim Nachweis gegen Ermüdung	21
2.4.2.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe	21
2.4.2.5 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe bei Gründungen	21
2.4.3 Kombinationsregeln für Einwirkungen	22
2.4.4 Nachweis der Lagesicherheit	22
2.5 Versuchsgestützte Bemessung	22
2.6 Zusätzliche Anforderungen an Gründungen	22
2.7 Anforderungen an Befestigungsmittel	22
NA.2.8 Bautechnische Unterlagen	23
NA.2.8.1 Umfang der bautechnischen Unterlagen	23
NA.2.8.2 Zeichnungen	23
NA.2.8.3 Statische Berechnungen	23
NA.2.8.4 Baubeschreibung	23

3	BAUSTOFFE	
3.1	Beton	24
3.1.1	Allgemeines	24
3.1.2	Festigkeiten	24
3.1.3	Elastische Verformungseigenschaften	26
3.1.4	Kriechen und Schwinden	26
3.1.5	Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung und für Verformungsberechnungen	29
3.1.6	Bemessungswert der Betondruck- und Betonzugfestigkeit	29
3.1.7	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung	30
3.1.8	Biegezugfestigkeit	31
3.1.9	Beton unter mehraxialer Druckbeanspruchung	31
3.2	Betonstahl	31
3.2.1	Allgemeines	31
3.2.2	Eigenschaften	32
3.2.3	Festigkeiten	32
3.2.4	Duktilitätsmerkmale	33
3.2.5	Schweißen	33
3.2.6	Ermüdung	34
3.2.7	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung	34
3.3	Spannstahl	35
3.3.1	Allgemeines	35
3.3.2	Eigenschaften	36
3.3.3	Festigkeiten	36
3.3.4	Duktilitätseigenschaften	36
3.3.5	Ermüdung	37
3.3.6	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung	37
3.3.7	Spannstähle in Hüllrohren	38
3.4	Komponenten von Spannsystemen	38
3.4.1	Verankerungen und Spanngliedkopplungen	38
3.4.2	Externe Spannglieder ohne Verbund	38
3.4.2.1	Allgemeines	38
3.4.2.2	Verankerung	38
4	DAUERHAFTIGKEIT UND BETONDECKUNG	
4.1	Allgemeines	39
4.2	Umgebungsbedingungen	39
4.3	Anforderungen an die Dauerhaftigkeit	42
4.4	Nachweisverfahren	42
4.4.1	Betondeckung	42
4.4.1.1	Allgemeines	42
4.4.1.2	Mindestbetondeckung c_{min}	42
4.4.1.3	Vorhaltemaß	44
5	ERMITTLUNG DER SCHNITTGRÖSSEN	
5.1	Allgemeines	45
5.1.1	Grundlagen	45
5.1.2	Besondere Anforderungen an Gründungen	46
5.1.3	Lastfälle und Einwirkungskombinationen	47
5.1.4	Auswirkungen von Bauteilverformungen (Theorie II. Ordnung)	47
5.2	Imperfektionen	47
5.3	Idealisierungen und Vereinfachungen	49
5.3.1	Tragwerksmodelle für statische Berechnungen	49
5.3.2	Geometrische Angaben	50
5.3.2.1	Mitwirkende Plattenbreite (alle Grenzzustände)	50
5.3.2.2	Effektive Stützweite von Balken und Platten im Hochbau	50
5.4	Linear-elastische Berechnung	52
5.5	Linear-elastische Berechnung mit begrenzter Umlagerung	52
5.6	Verfahren nach der Plastizitätstheorie	53
5.6.1	Allgemeines	53
5.6.2	Balken, Rahmen und Platten	53
5.6.3	Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation	53
5.6.4	Stabwerkmodelle	54
5.7	Nichtlineare Verfahren	55

5.8	Berechnung von Bauteilen unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung	56
5.8.1	Begriffe	56
5.8.2	Allgemeines	57
5.8.3	Vereinfachte Nachweise für Bauteile unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung	57
5.8.3.1	Grenzwert der Schlankheit für Einzeldruckglieder	57
5.8.3.2	Schlankheit und Knicklänge von Einzeldruckgliedern	58
5.8.3.3	Nachweise am Gesamttragwerk nach Theorie II. Ordnung im Hochbau	59
5.8.4	Kriechen	60
5.8.5	Berechnungsverfahren	60
5.8.6	Allgemeines Verfahren	61
5.8.8	Verfahren mit Nennkrümmung	61
5.8.8.1	Allgemeines	61
5.8.8.2	Biegemomente	61
5.8.8.3	Krümmung	62
5.8.9	Druckglieder mit zweiachsiger Lastausmitte	63
5.9	Seitliches Ausweichen schlanker Träger	65
5.10	Spannbetontragwerke	65
5.10.1	Allgemeines	65
5.10.2	Vorspannkraft während des Spannvorgangs	66
5.10.2.1	Maximale Vorspannkraft	66
5.10.2.2	Begrenzung der Betondruckspannungen	66
5.10.2.3	Messung der Spannkraft und des zugehörigen Dehnwegs	67
5.10.3	Vorspannkraft nach dem Spannvorgang	67
5.10.4	Sofortige Spannkraftverluste bei sofortigem Verbund	68
5.10.5	Sofortige Spannkraftverluste bei nachträglichem Verbund	68
5.10.5.1	Elastische Verformung des Betons	68
5.10.5.2	Reibungsverluste	68
5.10.5.3	Verankerungsschlupf	69
5.10.6	Zeitabhängige Spannkraftverluste bei sofortigem und nachträglichem Verbund	69
5.10.7	Berücksichtigung der Vorspannung in der Berechnung	70
5.10.8	Grenzzustand der Tragfähigkeit	70
5.10.9	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdung	71
5.11	Berechnung für ausgewählte Tragwerke	71
6	NACHWEISE IN DEN GRENZZUSTÄNDEN DER TRAGFÄHIGKEIT (GZT)	
6.1	Biegung mit oder ohne Normalkraft und Normalkraft allein	71
6.2	Querkraft	72
6.2.1	Nachweisverfahren	72
6.2.2	Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung	73
6.2.3	Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung	75
6.2.4	Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurten	78
6.2.5	Schubkraftübertragung in Fugen	79
6.3	Torsion	82
6.3.1	Allgemeines	82
6.3.2	Nachweisverfahren	82
6.3.3	Wölbkrafttorsion	84
6.4	Durchstanzen	84
6.4.1	Allgemeines	84
6.4.2	Lasteinleitung und Nachweisschnitte	86
6.4.3	Nachweisverfahren	88
6.4.4	Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung	91
6.4.5	Durchstanztragfähigkeit für Platten oder Fundamente mit Durchstanzbewehrung	92
6.5	Stabwerkmodelle	95
6.5.1	Allgemeines	95
6.5.2	Bemessung der Druckstreben	95
6.5.3	Bemessung der Zugstreben	95
6.5.4	Bemessung der Knoten	96
6.6	Verankerung der Längsbewehrung und Stöße	98
6.7	Teilflächenbelastung	98
6.8	Nachweis gegen Ermüdung	99
6.8.1	Allgemeines	99
6.8.2	Innere Kräfte und Spannungen beim Nachweis gegen Ermüdung	99
6.8.3	Einwirkungskombinationen	100
6.8.4	Nachweisverfahren für Betonstahl und Spannstahl	100
6.8.5	Nachweis gegen Ermüdung über schädigungsäquivalente Schwingbreiten	102
6.8.6	Vereinfachte Nachweise	102
6.8.7	Nachweis gegen Ermüdung des Betons unter Druck oder Querkraftbeanspruchung	102

7	NACHWEISE IN DEN GRENZZUSTÄNDEN DER GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT (GZG)	
7.1	Allgemeines	103
7.2	Begrenzung der Spannungen	104
7.3	Begrenzung der Rissbreiten	104
7.3.1	Allgemeines	104
7.3.2	Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite	105
7.3.3	Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung	108
7.3.4	Berechnung der Rissbreite	111
7.4	Begrenzung der Verformungen	113
7.4.1	Allgemeines	113
7.4.2	Nachweis der Begrenzung der Verformungen ohne direkte Berechnung	114
7.4.3	Nachweis der Begrenzung der Verformungen mit direkter Berechnung	115
8	ALLGEMEINE BEWEHRUNGSREGELN	
8.1	Allgemeines	117
8.2	Stababstände von Betonstählen	117
8.3	Biegen von Betonstählen	117
8.4	Verankerung der Längsbewehrung	119
8.4.1	Allgemeines	119
8.4.2	Bemessungswert der Verbundfestigkeit	120
8.4.3	Grundwert der Verankerungslänge	120
8.4.4	Bemessungswert der Verankerungslänge	121
8.5	Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung	123
8.7	Stöße und mechanische Verbindungen	124
8.7.1	Allgemeines	124
8.7.2	Stöße	124
8.7.3	Übergreifungslänge	125
8.7.4	Querbewehrung im Bereich der Übergreifungsstöße	125
8.7.4.1	Querbewehrung für Zugstäbe	125
8.7.4.2	Querbewehrung für Druckstäbe	126
8.7.5	Stöße von Betonstahlmatten aus Rippenstahl	126
8.7.5.1	Stöße der Hauptbewehrung	126
8.7.5.2	Stöße der Querbewehrung	127
8.8	Zusätzliche Regeln bei großen Stabdurchmessern	128
8.9	Stabbündel	131
8.9.1	Allgemeines	131
8.9.2	Verankerung von Stabbündeln	131
8.9.3	Gestoßene Stabbündel	132
8.10	Spannglieder	132
8.10.1	Anordnung von Spanngliedern und Hüllrohren	132
8.10.1.1	Allgemeines	132
8.10.1.2	Spannglieder im sofortigen Verbund	132
8.10.1.3	Hüllrohre für Spannglieder im nachträglichen Verbund	133
8.10.2	Verankerung von Spanngliedern im sofortigen Verbund	133
8.10.2.1	Allgemeines	133
8.10.2.2	Übertragung der Vorspannung	134
8.10.2.3	Verankerung der Spannglieder in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	134
8.10.3	Verankerungsbereiche bei Spanngliedern im nachträglichen oder ohne Verbund	136
8.10.4	Verankerungen und Spanngliedkopplungen für Spannglieder	137
8.10.5	Umlenkstellen	137
9	KONSTRUKTIONSREGELN	
9.1	Allgemeines	138
9.2	Balken	138
9.2.1	Längsbewehrung	138
9.2.1.1	Mindestbewehrung und Höchstbewehrung	138
9.2.1.2	Weitere Konstruktionsregeln	139
9.2.1.3	Zugkraftdeckung	139
9.2.1.4	Verankerung der unteren Bewehrung an Endauflagern	140
9.2.1.5	Verankerung der unteren Bewehrung an Zwischenauflagern	141
9.2.2	Querkraftbewehrung	141
9.2.3	Torsionsbewehrung	143
9.2.4	Oberflächenbewehrung	143
9.2.5	Indirekte Auflager	143

9.3	Vollplatten	144
9.3.1	Biegebewehrung	144
9.3.1.1	Allgemeines	144
9.3.1.2	Bewehrung von Platten in Auflagernähe	145
9.3.1.3	Eckbewehrung	145
9.3.1.4	Randbewehrung an freien Rändern von Platten	145
9.3.2	Querkraftbewehrung	146
9.4	Flachdecken	146
9.4.1	Flachdecken im Bereich von Innenstützen	146
9.4.2	Flachdecken im Bereich von Randstützen	147
9.4.3	Durchstanzbewehrung	147
9.5	Stützen	149
9.5.1	Allgemeines	149
9.5.2	Längsbewehrung	149
9.5.3	Querbewehrung	149
9.6	Wände	150
9.6.1	Allgemeines	150
9.6.2	Vertikale Bewehrung	150
9.6.3	Horizontale Bewehrung	151
9.6.4	Querbewehrung	151
9.7	Wandartige Träger	151
9.8	Gründungen	151
9.8.1	Pfahlkopfplatten	151
9.8.2	Einzel- und Streifenfundamente	152
9.8.2.1	Allgemeines	152
9.8.2.2	Verankerung der Stäbe	152
9.8.3	Zerrbalken	153
9.8.4	Einzelfundament auf Fels	153
9.8.5	Bohrpfähle	153
9.9	Bereiche mit geometrischen Diskontinuitäten oder konzentrierten Einwirkungen (D-Bereiche)	154
9.10	Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen	155
9.10.1	Allgemeines	155
9.10.2	Ausbildung von Zugankern	155
9.10.2.1	Allgemeines	155
9.10.2.2	Ringanker	155
9.10.2.3	Innenliegende Zuganker	155
9.10.2.4	Horizontale Stützen- und Wandzuganker	156
9.10.2.5	Vertikale Zuganker für Großtafelbauten	157
9.10.3	Durchlaufwirkung und Verankerung von Zugankern	157
10	ZUSÄTZLICHE REGELN FÜR BAUTEILE UND TRAGWERKE AUS FERTIGTEILEN	
10.1	Allgemeines	157
10.1.1	Besondere Begriffe dieses Kapitels	157
10.2	Grundlagen für die Tragwerksplanung, grundlegende Anforderungen	158
10.3	Baustoffe	159
10.3.1	Beton	159
10.3.1.1	Festigkeiten	159
10.3.1.2	Kriechen und Schwinden	159
10.3.2	Spannstahl	159
10.3.2.1	Eigenschaften	159
NA.10.4	Dauerhaftigkeit und Betondeckung	160
10.5	Ermittlung der Schnittgrößen	160
10.5.1	Allgemeines	160
10.5.2	Spannkraftverluste	160
10.9	Bemessungs- und Konstruktionsregeln	160
10.9.1	Einspannmomente in Platten	160
10.9.2	Wand-Decken-Verbindungen	161
10.9.3	Deckensysteme	162
10.9.4	Verbindungen und Lager für Fertigteile	164
10.9.4.1	Baustoffe	164
10.9.4.2	Konstruktions- und Bemessungsregeln für Verbindungen	164
10.9.4.3	Verbindungen zur Druckkraft-Übertragung	164
10.9.4.4	Verbindungen zur Querkraft-Übertragung	165
10.9.4.5	Verbindungen zur Übertragung von Biegemomenten oder Zugkräften	166
10.9.4.6	Ausgeklinte Auflager	166
10.9.4.7	Verankerung der Längsbewehrung an Auflagern	166

10.9.5 Lager	167
10.9.5.1 Allgemeines	167
10.9.5.2 Lager für verbundene Bauteile (Nicht-Einzelbauteile)	167
10.9.5.3 Lager für Einzelbauteile	168
10.9.6 Köcherfundamente	169
10.9.6.1 Allgemeines	169
10.9.6.2 Köcherfundamente mit profilierter Oberfläche	169
10.9.6.3 Köcherfundamente mit glatter Oberfläche	169
10.9.7 Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen	170
NA.10.9.8 Zusätzliche Konstruktionsregeln für Fertigteile	170
NA.10.9.9 Sandwichtafeln	170
11 ZUSÄTZLICHE REGELN FÜR BAUTEILE UND TRAGWERKE AUS LEICHTBETON	
11.1 Allgemeines	170
11.1.1 Geltungsbereich	170
11.1.2 Besondere Formelzeichen	171
11.2 Grundlagen für die Tragwerksplanung	171
11.3 Baustoffe	171
11.3.1 Beton	171
11.3.2 Elastische Verformungseigenschaften	171
11.3.3 Kriechen und Schwinden	172
11.3.4 Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung und für Verformungsberechnungen	172
11.3.5 Bemessungswerte für Druck- und Zugfestigkeiten	173
11.3.6 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung	173
11.3.7 Beton unter mehraxialer Druckbeanspruchung	173
11.4 Dauerhaftigkeit und Betondeckung	173
11.4.1 Umgebungseinflüsse	173
11.4.2 Betondeckung	173
11.5 Ermittlung der Schnittgrößen	174
11.5.1 Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation	174
NA.11.5.2 Linear-elastische Berechnung	174
11.6 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT)	174
11.6.1 Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung	174
11.6.2 Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung	174
11.6.3 Torsion	175
11.6.3.1 Nachweisverfahren	175
11.6.4 Durchstanzen	175
11.6.4.1 Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung	175
11.6.4.2 Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente mit Durchstanzbewehrung	175
NA.11.6.5 Stabwerkmodelle	175
11.6.7 Teilflächenbelastung	175
11.6.8 Nachweis gegen Ermüdung	175
11.7 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	176
11.8 Allgemeine Bewehrungsregeln	176
11.8.1 Zulässige Biegerollendurchmesser für gebogene Betonstähle	176
11.8.2 Bemessungswert der Verbundfestigkeit	176
11.9 Konstruktionsregeln	176
11.10 Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Fertigteilen	176
11.12 Tragwerke aus unbewehrtem oder gering bewehrtem Beton	176
12 TRAGWERKE AUS UNBEWEHRTEM ODER GERING BEWEHRTEM BETON	
12.1 Allgemeines	177
12.3 Baustoffe	177
12.3.1 Beton	177
12.5 Ermittlung der Schnittgrößen	177
12.6 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT)	178
12.6.1 Biegung mit oder ohne Normalkraft und Normalkraft allein	178
12.6.2 Örtliches Versagen	178
12.6.3 Querkraft	178
12.6.4 Torsion	179
12.6.5 Auswirkungen von Verformungen von Bauteilen unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung	179
12.6.5.1 Schlankheit von Einzeldruckgliedern und Wänden	179
12.6.5.2 Vereinfachtes Verfahren für Einzeldruckglieder und Wände	181
12.7 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	181