

Deutscher Beton- und Bautechnik Verein E.V. (Hrsg.)

Eurocode 2 für Deutschland. Kommentierte Fassung.

- **3 in 1: der Eurocode (EC), der Nationale Anhang (NA), der Kommentar**
- **Nationalen Regeln wurden auch in Bildern, Gleichungen und Tabellen, sowie durch eine Unterlegung kenntlich gemacht**

Der Normentext von Eurocode 2 Teil 1-1 mit seinem NA wurden zu einem durchgängig lesbaren, von überflüssigen Teilen befreiten Text zusammengefasst. Erläuterungen, Bemessungshilfsmittel, Beispiele helfen bei der Anwendung des EC 2-Regelwerks. Neuauflage mit A1-Änderung von 2015.



2. überarbeitete Auflage · 2016 ·
392 Seiten · 360 Abbildungen · 72 Tabellen

Softcover

ISBN 978-3-433-03109-4 € 118*

eBundle (Print + PDF)

ISBN 978-3-433-03177-3 € 153,40*

ÜBER DAS BUCH

Der Eurocode 2 für den Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau wurde zusammen mit anderen Eurocodes zum Stichtag 1. Juli 2012 in Deutschland bauaufsichtlich eingeführt.

Der Teil DIN EN 1992-1-1: „Eurocode 2 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“ mit dem dazugehörigen Nationalen Anhang löste damit die frühere nationale Norm für die Tragwerksplanung im Betonbau DIN 1045-1 ab.

Die mit dieser „Kommentierten Fassung“ vorgelegte Aufbereitung des Eurocodes 2 soll den in der Praxis täglichen Tragwerksplanern vor allem die Einarbeitung in das neue europäische Regelwerk und die tägliche Arbeit damit erleichtern.

Hierzu wurden in einem Normenteil der Text von DIN EN 1992-1-1 und die dazugehörigen Festlegungen im Nationalen Anhang für Deutschland zusammengeführt und zu einer konsolidierten Fassung verwoben und re-

daktionell überarbeitet. Alle nationalen Regeln wurden nicht nur in den Text eingearbeitet, sondern auch in Bilder, 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 Normentext konzentrieren.

Begleitet wird der konsolidierte Normentext 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 Buches 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).

BESTELLUNG

Anzahl	ISBN /	Titel	Preis
.....	978-3-433-03109-4	Eurocode 2 für Deutschland. Kommentierte Fassung.	€ 118*
.....	978-3-433-03177-3	Eurocode 2 für Deutschland. Kommentierte Fassung. (Print + PDF)	€ 153,40*

Privat

Geschäftlich

Bitte richten Sie Ihre Bestellung an:

Tel. +49 (0)30 47031-236

Fax +49 (0)30 47031-240

marketing@ernst-und-sohn.de

Firma, Abteilung

UST-ID Nr.

Name, Vorname

Telefon

Straße, Nr.

PLZ/Ort/Land

E-Mail

Datum/Unterschrift

BESTELLEN

+49 (0)30 47031-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de/3109

Editorial 2. Auflage 2016

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 wurden im Wesentlichen zum **1. Juli 2012** in Deutschland bauaufsichtlich eingeführt. Der **Eurocode 2** (DIN EN 1992) für den Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau ersetzte 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 Prüfingenieure 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 „EUROCODE 2 für Deutschland: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau mit Nationalem Anhang“. 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 können feststellen, dass sich dieser Band als willkommenes Hilfsmittel zur Anwendung von Eurocode 2 in der deutschen Bemessungspraxis etabliert hat. Die aktualisierte 2. Auflage 2016 wird den Erfolg der Erstauflage sicherlich fortsetzen können.

Die Herausgeber
Berlin, im Mai 2016

Bundesvereinigung der Prüfingenieure
für Bautechnik e.V.

Dr.-Ing. Markus Wetzel
Dipl.-Ing. Manfred Tiedemann

Deutscher Beton- und Bautechnik-
Verein E.V.

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

Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

Dr.-Ing. Michael Schwarzkopf

Verband Beratender Ingenieure VBI

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

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 Temperatérauswirkungen	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 Bohrpfähle	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 Zwischenuauflagern	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	Zerbalken	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	Ausgeklinkte 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 profiliertter 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 Betonstäbe	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

12.9 Konstruktionsregeln	181
12.9.1 Tragende Bauteile	181
12.9.2 Arbeitsfugen	182
12.9.3 Streifen- und Einzelfundamente	182
Anhang A (normativ): Modifikation von Teilsicherheitsbeiwerten für Baustoffe	
A.1 Allgemeines	183
A.2.3 Reduktion auf Grundlage der Bestimmung der Betonfestigkeit im fertigen Tragwerk	183
Anhang B (normativ): Kriechen und Schwinden	
B.1 Grundgleichungen zur Ermittlung der Kriechzahl	183
B.2 Grundgleichungen zur Ermittlung der Trocknungsschwinddehnung	185
Anhang C (informativ): Eigenschaften des Betonstahls	
C.1 Allgemeines	186
C.2 Festigkeiten	187
C.3 Biegbarkeit	187
Anhang D (informativ): Genauere Methode zur Berechnung von Spannkraftverlusten aus Relaxation	
D.1 Allgemeines	188
Anhang E (normativ): Indikative Mindestfestigkeitsklassen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit	
E.1 Allgemeines	189
Anhang F (informativ): Gleichungen für Zugbewehrung für den ebenen Spannungszustand	189
Anhang G (informativ): Boden-Bauwerk-Interaktion	189
Anhang H (informativ): Nachweise am Gesamttragwerk nach Theorie II. Ordnung	
H.1 Kriterien zur Vernachlässigung der Nachweise nach Theorie II. Ordnung	190
H.1.1 Allgemeines	190
H.1.2 Aussteifungssystem ohne wesentliche Schubverformungen	190
H.1.3 Aussteifungssystem mit wesentlichen globalen Schubverformungen	191
H.2 Berechnungsverfahren für globale Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung	191
Anhang I (informativ): Ermittlung der Schnittgrößen bei Flachdecken und Wandscheiben	192
Anhang J (normativ): Konstruktionsregeln für ausgewählte Beispiele	
J.1 Oberflächenbewehrung	193
NA.J.4 Oberflächenbewehrung bei vorgespannten Bauteilen	193
Erläuterungen zur Norm (abschnittsweise)	195 ff.

1.3 Annahmen

(1)P Zusätzlich zu den allgemeinen Annahmen der DIN EN 1990 gelten die folgenden Annahmen:

- Tragwerke werden von entsprechend qualifizierten und erfahrenen Personen geplant.
- In Fabriken, Werken und auf der Baustelle wird eine angemessene Überwachung und Qualitätskontrolle durchgeführt.
- Die Bauausführung erfolgt mit Personal, welches angemessene Fertigkeiten und Erfahrungen hat.
- Baustoffe und Bauprodukte werden nach diesem Eurocode oder entsprechend den maßgeblichen Material- oder Produktspezifikationen verwendet.
- Das Tragwerk wird angemessen instand gehalten.
- Das Tragwerk wird entsprechend den geplanten Anforderungen genutzt.
- Die Anforderungen nach DIN EN 13670 an die Bauausführung und das Personal werden erfüllt.

1.4 Unterscheidung zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln

(1)P Es gelten die Regelungen der DIN EN 1990.

Die **Prinzipien** (mit P nach der Absatznummer gekennzeichnet) enthalten:

- allgemeine Festlegungen, Definitionen und Angaben, die einzuhalten sind,
- Anforderungen und Rechenmodelle, für die keine Abweichungen erlaubt sind, sofern dies nicht ausdrücklich angegeben ist.

Die **Anwendungsregeln** (ohne P) sind allgemein anerkannte Regeln, die den Prinzipien folgen und deren Anforderungen erfüllen. Abweichungen hiervon sind zulässig, wenn sie mit den Prinzipien übereinstimmen und hinsichtlich der nach dieser Norm erzielten Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit gleichwertig sind.

1.5 Begriffe

1.5.1 Allgemeines

(1)P Es gelten die Begriffe der DIN EN 1990.

1.5.2 Besondere Begriffe und Definitionen in dieser Norm

1.5.2.1 Fertigteile.

Bauteile, die nicht in ihrer endgültigen Lage, sondern in einem Werk oder an anderer Stelle hergestellt werden. Im Tragwerk werden die Bauteile miteinander verbunden, um die geforderte Tragfähigkeit zu gewährleisten.

Regeln für Fertigteile in Kapitel 10

1.5.2.2 Unbewehrte oder gering bewehrte Bauteile.

Bauteile ohne Bewehrung oder mit einer Bewehrung, die unterhalb der jeweils erforderlichen Mindestbewehrung nach Kapitel 9 liegt.

Regeln für unbewehrte oder gering bewehrte Bauteile in Kapitel 12

Kapitel 9: Konstruktionsregeln

- 9.2.1.1 Mindest- und Höchstbewehrung Balken
- 9.5.2 min / max A_s Stützen (längs)
- 9.6.2 min / max A_s Wände (vertikal)
- 9.7 min A_s wandartiger Träger (Netz)

1.5.2.3 Interne und externe Spannglieder ohne Verbund.

Im Betonquerschnitt im Hüllrohr ohne Verbund liegendes Zugglied aus Spannstahl bzw. außerhalb des Betonquerschnitts liegendes Zugglied aus Spannstahl (welches nach dem Vorspannen von Beton oder mit Korrosionsschutzmasse umhüllt werden kann).

Für die Verwendung von Spannverfahren sind in Deutschland die Zulassungen maßgebend (abZ oder ETA mit nationaler Ergänzung).

1.5.2.4 Vorspannung.

Das Vorspannen ist ein Verfahren, bei dem Kräfte in ein Bauteil durch das Spannen von Zuggliedern eingebracht werden. Der Begriff „Vorspannung“ beschreibt allgemein alle dauerhaften Auswirkungen des Vorspannvorgangs, der unter anderem zu Schnittkräften und zu Verformungen des Bauteils und des Tragwerks führen kann. Andere Arten der Vorspannung werden im Rahmen dieser Norm nicht betrachtet.

NA.1.5.2.5 üblicher Hochbau.

Hochbau, der für vorwiegend ruhende, gleichmäßig verteilte Nutzlasten bis 5,0 kN/m², gegebenenfalls auch für Einzellasten bis 7,0 kN und für PKW bemessen ist.

NA.1.5.2.6 vorwiegend ruhende Einwirkung.

Statische Einwirkung oder nicht ruhende Einwirkung, die jedoch für die Tragwerksplanung als ruhende Einwirkung betrachtet werden darf.

NA.1.5.2.7 nicht vorwiegend ruhende Einwirkung.

Stoßende Einwirkung oder sich häufig wiederholende Einwirkung, die eine vielfache Beanspruchungsänderung während der Nutzungsdauer des Tragwerks oder des Bauteils hervorruft und die für die Tragwerksplanung nicht als ruhende Einwirkung angesehen werden darf (z. B. Kran-, Kranbahn-, Gabelstaplerlasten, Verkehrslasten auf Brücken).

NA.1.5.2.8 Normalbeton.

Beton mit einer Trockenrohdichte von mehr als 2000 kg/m^3 , höchstens aber 2600 kg/m^3 .

NA.1.5.2.9 Leichtbeton.

Gefügedichter Beton mit einer Trockenrohdichte von nicht weniger als 800 kg/m^3 und nicht mehr als 2000 kg/m^3 . Er wird unter Verwendung von grober leichter Gesteinskörnung hergestellt.

NA.1.5.2.10 Schwerbeton.

Beton mit einer Trockenrohdichte von mehr als 2600 kg/m^3 .

NA.1.5.2.11 hochfester Beton.

Beton mit Festigkeitsklasse $\geq C55/67$ bzw. $\geq LC55/60$.

NA.1.5.2.12 Spannglied im sofortigen Verbund.

Im Betonquerschnitt liegendes Zugglied aus Spannstahl, das vor dem Betonieren im Spannbett gespannt wird. Der wirksame Verbund zwischen Beton und Spannglied entsteht nach dem Betonieren mit dem Erhärten des Betons.

NA.1.5.2.13 Spannglied im nachträglichen Verbund.

Im Betonquerschnitt im Hüllrohr liegendes Zugglied aus Spannstahl, das beim Vorspannen gegen den bereits erhärteten Beton gespannt und durch Ankerkörper verankert wird. Der wirksame Verbund zwischen Beton und Spannglied entsteht nach dem Eindrücken des Mörtels in das Hüllrohr mit dem Erhärten des Eindrückmörtels.

NA.1.5.2.14 Monolitze.

Werksmäßig korrosionsschützte Stahllitze in einer fettverpressten Kunststoffhülle, in der sich jene in Längsrichtung frei bewegen kann.

NA.1.5.2.15 Umlenkelement.

Dient zur Führung der externen Spannglieder. An ihm werden Reibungs- und Umlenkkräfte in die Konstruktion eingeleitet. Es kann halbseitig offen (Sattel) oder vollständig von Beton umgeben sein (Durchdringung).

NA.1.5.2.16 Verbundbauteil.

Bauteil aus einem Fertigteil und einer Ort beton ergänzung mit Verbindungs elementen oder ohne Verbindungselemente.

NA.1.5.2.17 vorwiegend auf Biegung beanspruchtes Bauteil.

Bauteil mit einer bezogenen Lastausmitte im Grenzzustand der Tragfähigkeit von $e_d / h \geq 3,5$.

NA.1.5.2.18 Druckglied.

vorwiegend auf Druck beanspruchtes, stab- oder flächenförmiges Bauteil mit einer bezogenen Lastausmitte im Grenzzustand der Tragfähigkeit von $e_d / h < 3,5$.

NA.1.5.2.19 Balken, Plattenbalken.

Stabförmiges, vorwiegend auf Biegung beanspruchtes Bauteil mit einer Stützweite von mindestens der dreifachen Querschnittshöhe und mit einer Querschnitts- bzw. Stegbreite von höchstens der fünffachen Querschnittshöhe.

NA.1.5.2.20 Platte.

Ebenes, durch Kräfte rechtwinklig zur Mittelfläche vorwiegend auf Biegung beanspruchtes, flächenförmiges Bauteil, dessen kleinste Stützweite mindestens das Dreifache seiner Bauteildicke beträgt und mit einer Bauteilbreite von mindestens der fünffachen Bauteildicke.

NA.1.5.2.21 Stütze.

Stabförmiges Druckglied, dessen größere Querschnittsabmessung das Vierfache der kleineren Abmessung nicht übersteigt.

→ siehe DIN EN 1991, Eurocode 1:

Einwirkungen auf Tragwerke

- Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau
- Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke (→ für DIN EN 1992-1-2)
- Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen – Schneelasten
- Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten

- Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen – Temperatureinwirkungen
- Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen – Einwirkungen während der Bauausführung
- Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen – Außergewöhnliche Einwirkungen

- Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken
- Teil 3: Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen

- Teil 4: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter

Definitionen für Normalbeton, Leichtbeton, Schwerbeton analog DIN EN 206-1
→ normalfester Beton:
 $\leq C50/60$ bzw. $\leq LC50/55$

Definition der Betonfestigkeitsklassen mit den charakteristischen Werten der Betondruckfestigkeit f_{ck} :

C20/25

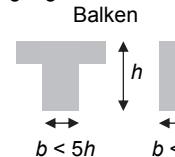
Druckfestigkeit $f_{ck,cube}$ N/mm ² Würfel 150 mm
Druckfestigkeit f_{ck} N/mm ² Zylinder 150 / 300 mm
C – Concrete LC – Lightweight aggregate Concrete

$$e_d = M_{Ed} / N_{Ed} \quad (\text{Bemessungswerte } M / N)$$

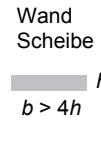
h – Querschnittshöhe

Querschnitte:

Biegung:



Druck:



NA.1.5.2.22 Scheibe, Wand.

Ebenes, durch Kräfte parallel zur Mittelfläche beanspruchtes, flächenförmiges Bauteil, dessen größere Querschnittsabmessung das Vierfache der kleineren übersteigt.

NA.1.5.2.23 wandartiger bzw. scheibenartiger Träger.

Ebenes, durch Kräfte parallel zur Mittelfläche vorwiegend auf Biegung beanspruchtes, scheibenartiges Bauteil, dessen Stützweite weniger als das Dreifache seiner Querschnittshöhe beträgt.

NA.1.5.2.24 Betondeckung.

Abstand zwischen der Oberfläche eines Bewehrungsstabes, eines Spannglieds im sofortigen Verbund oder des Hüllrohrs eines Spannglieds im nachträglichen Verbund und der nächstgelegenen Betonoberfläche.

NA.1.5.2.25 Dekompression.

Grenzzustand, bei dem ein Teil des Betonquerschnitts unter der maßgebenden Einwirkungskombination unter Druckspannungen steht.

NA.1.5.2.26 direkte und indirekte Lagerung.

Eine direkte Lagerung ist gegeben, wenn der Abstand der Unterkante des gestützten Bauteils zur Unterkante des stützenden Bauteils größer ist als die Höhe des gestützten Bauteils. Andernfalls ist von einer indirekten Lagerung auszugehen (siehe Bild NA.1.1).

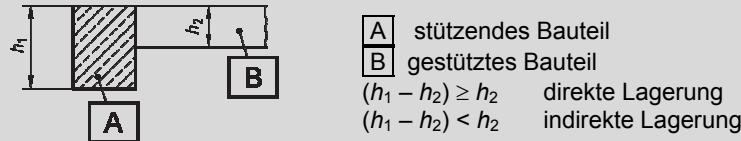
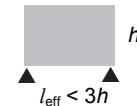


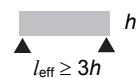
Bild NA.1.1 – Direkte und indirekte Lagerung

Stützweite:

wand- bzw. scheibenartiger Träger



Balkenplatte



Es wird unterschieden:

Mindestmaß, Vorhaltemaß und Nennmaß der Betondeckung sowie Verlegemaß der Bewehrung, siehe 4.4.1.

1.6 Formelzeichen

In dieser Norm werden die folgenden Formelzeichen verwendet.

ANMERKUNG Die verwendeten Bezeichnungen beruhen auf ISO 3898:1987.

Große lateinische Buchstaben

A	außergewöhnliche Einwirkung	F_k	charakteristischer Wert einer Einwirkung
A	Querschnittsfläche	G_k	charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung
A_c	Betonquerschnittsfläche	GZG	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit – (SLS Serviceability limit state)
A_p	Querschnittsfläche des Spannstahls	GZT	Grenzzustand der Tragfähigkeit – (ULS Ultimate limit state)
A_s	Querschnittsfläche des Betonstahls	I	Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnitts
$A_{s,min}$	Querschnittsfläche der Mindestbewehrung	L	Länge
A_{sw}	Querschnittsfläche der Querkraft- und Torsionsbewehrung	M	Biegemoment
D	Biegerollendurchmesser	M_{Ed}	Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments
D_{Ed}	Schädigungssumme (Ermüdung)	N	Normalkraft
E	Auswirkung der Einwirkung	N_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft (Zug oder Druck)
E_c	Elastizitätsmodul für Normalbeton als Tangente im Ursprung der Spannungs-Dehnungs-Linie allgemein	P	Vorspannkraft
$E_{c(28)}$	~ und nach 28 Tagen.	P_0	aufgebrachte Höchstkraft am Spannanker nach dem Spannen
$E_{c,eff}$	effektiver Elastizitätsmodul des Betons	Q_k	charakteristischer Wert der veränderlichen Einwirkung
E_{cd}	Bemessungswert des Elastizitätsmoduls des Betons	Q_{fat}	charakteristischer Wert der veränderlichen Einwirkung beim Nachweis gegen Ermüdung
E_{cm}	mittlerer Elastizitätsmodul als Sekante	R	Widerstand
$E_c(t)$	Elastizitätsmodul für Normalbeton als Tangente im Ursprung der Spannungs-Dehnungs-Linie nach t Tagen	S	Schnittgrößen
E_p	Bemessungswert des Elastizitätsmoduls für Spannstahl	S	Flächenmoment ersten Grades
E_s	Bemessungswert des Elastizitätsmoduls für Betonstahl	T	Torsionsmoment
EI	Biegesteifigkeit	T_{Ed}	Bemessungswert des einwirkenden Torsionsmoments
EQU	Lagesicherheit	V	Querkraft
F	Einwirkung	V_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Querkraft
F_d	Bemessungswert einer Einwirkung		

Kleine lateinische Buchstaben

<i>a</i>	Abstand; Auflagerbreite	f_{tk}	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Betonstahls	
<i>a</i>	geometrische Angabe	f_y	Streckgrenze des Betonstahls	
Δa	Abweichung für eine geometrische Angabe	f_{yd}	Bemessungswert der Streckgrenze des Betonstahls	
<i>b</i>	Breite eines Querschnitts oder Gurtbreite eines T- oder L-Querschnitts	f_{yk}	charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls	
b_w	Stegbreite eines T-, I- oder L-Querschnitts	f_{ywd}	Bemessungswert der Streckgrenze von Querkraftbewehrung	
<i>d</i>	Durchmesser	<i>h</i>	Höhe, Dicke	
<i>d</i>	statische Nutzhöhe	<i>h</i>	Gesamthöhe eines Querschnitts	
d_g	Durchmesser des Größtkorns einer Gesteinskörnung	<i>i</i>	Trägheitsradius	
<i>e</i>	ANMERKUNG: in DIN EN 206-1 mit D_{max} bezeichnet.		<i>k</i>	Beiwert; Faktor
f_c	Lastausmitte (Exzentrizität)	<i>l</i>	(oder L) Länge, Stützweite, Spannweite	
f_{cd}	einaxiale Betondruckfestigkeit	<i>m</i>	Masse	
f_{ck}	Bemessungswert der einaxialen Betondruckfestigkeit	<i>r</i>	Radius	
f_{ck}	charakteristische Zylinderdruckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen	$1/r$	Krümmung	
f_{cm}	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons	<i>t</i>	Wanddicke	
f_{ctk}	charakteristischer Wert der zentrischen Betonzugfestigkeit	<i>t</i>	Zeitpunkt	
f_{ctm}	Mittelwert der zentrischen Betonzugfestigkeit	t_0	Zeitpunkt des Belastungsbeginns des Betons	
f_p	Zugfestigkeit des Spannstahls	<i>u</i>	Umfang eines Betonquerschnitts mit der Fläche A_c	
f_{pk}	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Spannstahls	u_0	Umfang der Lasteinleitungsfläche A_{load} beim Durchstanzen	
$f_{p0,1}$	0,1 %-Dehgrenze des Spannstahls	u_1	Umfang des kritischen Rundschnitts beim Durchstanzen	
$f_{p0,1k}$	charakteristischer Wert der 0,1 %-Dehgrenze des Spannstahls	u_{out}	Umfang des äußeren Rundschnitts, bei dem Durchstanzbewehrung nicht mehr erforderlich ist	
$f_{0,2k}$	charakteristischer Wert der 0,2 %-Dehgrenze des Betonstahls	u, v, w	Komponenten der Verschiebung eines Punktes	
f_t	Zugfestigkeit des Betonstahls	x	Höhe der Druckzone	
		x, y, z	Koordinaten	
		z	Hebelarm der inneren Kräfte	

Kleine griechische Buchstaben

α	Winkel; Verhältnis	ε_u	rechnerische Bruchdehnung des Beton- oder Spannstahls
β	Winkel; Verhältnis; Beiwert	ε_{uk}	charakteristische Dehnung des Beton- oder Spannstahls unter Höchstlast
γ	Teilsicherheitsbeiwert	θ	Winkel
γ_A	Teilsicherheitsbeiwerte für außergewöhnliche Einwirkungen A	λ	Schlankheit
γ_C	Teilsicherheitsbeiwerte für Beton	μ	Reibungsbeiwert zwischen Spannglied und Hüllrohr
γ_F	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen F	ν	Querdehnzahl
$\gamma_{F,fat}$	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen beim Nachweis gegen Ermüdung	ν	Abminderungsbeiwert der Druckfestigkeit für gerissenen Beton
$\gamma_{C,fat}$	Teilsicherheitsbeiwerte für Beton beim Nachweis gegen Ermüdung	ξ	Verhältnis der Verbundfestigkeit von Spannstahl zu der von Betonstahl
γ_G	Teilsicherheitsbeiwerte für ständige Einwirkungen G	ρ	ofentrockene Dichte des Betons in kg/m ³
γ_M	Teilsicherheitsbeiwerte für eine Baustoffeigenschaft unter Berücksichtigung von Streuungen der Baustoffeigenschaft selbst sowie geometrischer Abweichungen und Unsicherheiten des verwendeten Bemessungsmodells (Modellunsicherheiten)	ρ_{1000}	Verlust aus Relaxation (in %) 1000 Stunden nach Aufbringung der Vorspannung bei einer mittleren Temperatur von 20 °C
γ_P	Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkung infolge Vorspannung P, sofern diese auf der Einwirkungsseite berücksichtigt wird	ρ_l	geometrisches Bewehrungsverhältnis der Längsbewehrung
γ_Q	Teilsicherheitsbeiwerte für veränderliche Einwirkungen Q	ρ_w	geometrisches Bewehrungsverhältnis der Querkraftbewehrung
γ_S	Teilsicherheitsbeiwerte für Betonstahl und Spannstahl	σ_c	Spannung im Beton
$\gamma_{S,fat}$	Teilsicherheitsbeiwerte für Betonstahl und Spannstahl beim Nachweis gegen Ermüdung	σ_{cp}	Spannung im Beton aus Normalkraft oder Vorspannung
γ_f	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen ohne Berücksichtigung von Modellunsicherheiten	σ_{cu}	Spannung im Beton bei der rechnerischen Bruchdehnung des Betons ε_{cu}
γ_g	Teilsicherheitsbeiwerte für ständige Einwirkungen ohne Berücksichtigung von Modellunsicherheiten	τ	Schubspannung aus Torsion
		ϕ	Durchmesser eines Bewehrungsstabs oder eines Hüllrohrs
		ϕ_h	Vergleichsdurchmesser eines Stabbündels

γ_m	Teilsicherheitsbeiwerte für eine Baustoff-eigenschaft allein unter Berücksichtigung von Schwankungen der Baustoffeigenschaft selbst	$\varphi(t, t_0)$	Kriechzahl, die die Kriechverformung zwischen den Zeitpunkten t und t_0 beschreibt, bezogen auf die elastische Verformung nach 28 Tagen
δ	Inkrement, Zuwachs/Umlagerungsverhältnis	$\varphi(\infty, t_0)$	Endkriechzahl
ζ	Abminderungsbeiwert/Verteilungsbeiwert	ψ	Kombinationsbeiwert einer veränderlichen Einwirkung
ε_c	Dehnung des Betons	ψ_0	für seltene Werte
ε_{c1}	Dehnung des Betons unter der Maximalspannung f_c	ψ_1	für häufige Werte
ε_{cu}	rechnerische Bruchdehnung des Betons	ψ_2	für quasi-ständige Werte

2 GRUNDLAGEN DER TRAGWERKSPLANUNG

2.1 Anforderungen

2.1.1 Grundlegende Anforderungen

(1)P Für die Tragwerksplanung von Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbauten gelten die Grundlagen der DIN EN 1990.

(2)P Darüber hinaus gelten für Beton-, Stahlbeton- und Spannbetontragwerke die Grundlagen dieses Kapitels.

(3) Die grundlegenden Anforderungen der DIN EN 1990, Kapitel 2, gelten für Beton-, Stahlbeton- und Spannbetontragwerke als erfüllt, wenn:

- die Bemessung in Grenzzuständen in Verbindung mit Teilsicherheitsbeiwerten nach DIN EN 1990 erfolgt,
- die Einwirkungen nach DIN EN 1991 verwendet werden,
- die Lastkombinationen nach DIN EN 1990 angesetzt und
- die Tragwiderstände, die Dauerhaftigkeit und die Gebrauchstauglichkeit entsprechend dieser Norm nachgewiesen werden.

ANMERKUNG Anforderungen an den Feuerwiderstand (siehe DIN EN 1990, Kapitel 5 und DIN EN 1992-1-2) können zu größeren Bauteilabmessungen führen, als sie nach einer Bemessung unter Normaltemperatur erforderlich werden.

2.1.2 Behandlung der Zuverlässigkeit

(1) Die Regeln für die Behandlung der Zuverlässigkeit enthält DIN EN 1990, Kapitel 2.

(2) Ein Tragwerk entspricht der Zuverlässigkeitsklasse RC2, wenn es unter Verwendung der Teilsicherheitsbeiwerte dieses Eurocodes (siehe 2.4) und der Teilsicherheitsbeiwerte der Anhänge der DIN EN 1990 bemessen wird.

ANMERKUNG Anhänge B und C der DIN EN 1990 enthalten weitere Informationen.

Die Zuverlässigkeitsklasse (reliability class) RC2 (\rightarrow Mindestwert des Zuverlässigkeitssindex $\beta = 3,8$ für einen Bezugszeitraum von 50 Jahren) ist verknüpft mit der Versagensfolgeklasse CC2 (consequences class): Wohn- und Bürogebäude, öffentliche Gebäude mit mittleren Versagensfolgen.

DIN EN 1990:

Tab. 2.1: Klassifizierung der Nutzungsdauer Klasse 4: Planungsgröße der Nutzungsdauer 50 Jahre für „Gebäude und andere gewöhnliche Tragwerke“ \rightarrow Hochbau

2.1.3 Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Qualitätssicherung

(1) Die Regeln für geplante Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Qualitätssicherung enthält DIN EN 1990, Kapitel 2.

2.2 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen

(1) Die Regeln zur Bemessung in Grenzzuständen enthält DIN EN 1990, Kapitel 3.

2.3 Basisvariablen

2.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse

2.3.1.1 Allgemeines

(1) Die bei der Bemessung zu verwendenden Einwirkungen dürfen aus den entsprechenden Teilen der DIN EN 1991 übernommen werden.

ANMERKUNG 1 Für die Bemessung maßgebliche Teile der DIN EN 1991 sind:

DIN EN 1991-1: Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau

DIN EN 1991-1-2: Brandeinwirkungen auf Tragwerke

DIN EN 1991-1-3: Schneelasten

DIN EN 1991-1-4: Windlasten

DIN EN 1991-1-5: Temperatureinwirkungen

DIN EN 1991-1-6: Einwirkungen während der Bauausführung

DIN EN 1991-1-7: Außergewöhnliche Einwirkungen

DIN EN 1991-2: Verkehrslasten auf Brücken

DIN EN 1991-3: Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen

DIN EN 1991-4: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter

Basisvariable X: Einwirkungen, Widerstände und geometrische Eigenschaften (Begriff aus der Zuverlässigkeitstheorie)

Die Eurocode 1-Teile gelten zusammen mit ihren Nationalen Anhängen.

Zu 2 GRUNDLAGEN DER TRAGWERKSPLANUNG

Zu 2.1 Anforderungen

Zu 2.1.2 Behandlung der Zuverlässigkeit

Die Grundlagen der Tragwerksplanung von Beton-, Stahlbeton- und Spannbetontragwerken sind im Eurocode 0: DIN EN 1990 [E1], [E2] festgelegt. Diese beinhalten Prinzipien und Anforderungen für die Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit von Tragwerken, Beschreibung von Nachweisen und Hinweise zu den dafür anzuwendenden Zuverlässigkeitsanforderungen. Zusammen mit dem Nationalen Anhang wird z. B. für den allgemeinen Hochbau das Sicherheitsniveau analog zu DIN 1055-100 [R3] für Deutschland bestimmt.

Hinweise und Grundlagen speziell zur Zuverlässigkeitsanalyse von Bauwerken und zum semiprobabilistischen Sicherheitskonzept der Eurocodes mit Teilsicherheitsbeiwerten sind in den Anhängen B und C von DIN EN 1990 bauartübergreifend und vereinfacht enthalten. Diese Darstellungen sind eine Fortentwicklung der bereits in den 1970er Jahren in Deutschland in der GruSiBau [19] festgelegten Grundlagen. Auch das angestrebte Zuverlässigungsniveau ist für Standardfälle vergleichbar.

Prinzipiell können Zahlenwerte für Teilsicherheitsbeiwerte aus den Streuungen der Baustoffe und Einwirkungen sowie den Modellunsicherheiten mit wahrscheinlichkeitstheoretischen Überlegungen zu einem vorgegebenen Zuverlässigungsniveau berechnet werden. Da aber die statistischen Basen insbesondere im Bereich der für die Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit entscheidenden Extrembereiche gering sind, müssen diese Festlegungen an der Erfahrung kalibriert und an das bisher Bewährte angepasst werden. Hinzu kommt, dass der ebenfalls zu erfassende grobe menschliche Fehler, der sich jeder statistischen Behandlung entzieht, ebenfalls berücksichtigt werden muss. Dieses ingenieurmäßige, sich am Bewährten orientierende Vorgehen hat zu den meisten Teilsicherheitsbeiwerten in den Eurocodes geführt. Ergebnis: Der Zusammenhang zwischen den Teilsicherheitsbeiwerten und Kombinationsfaktoren für die Einwirkungen und den Teilsicherheitsbeiwerten für die Bauteilwiderstände wird in DIN EN 1990 mit NA zusammen mit DIN EN 1992-1-1 mit NA auf identischem Sicherheitsniveau wie bisher mit DIN 1055-100 und DIN 1045-1 für die Bauwerke des Hochbaus hergestellt.

Ein statistischer, voll probabilistischer Ansatz wird in den allermeisten Fällen jedoch infolge des Mangels an ausreichend vielen und repräsentativen Daten scheitern. Daher sollten rein statistische Methoden dahingehend genutzt werden, dass deren Voraussagen bestimmten Bemessungsmodellen, Berechnungsansätzen oder ingenieurmäßigen Annahmen zusätzliche mathematische Substanz verleihen. Dies ist beispielsweise bei Bestandsnachrechnungen oder bei der Bewertung von Belastungsversuchen hilfreich. Wegen der typischen Probleme bei der Datenbeschaffung und Datenbewertung wird in Deutschland jedoch der versuchsgestützten Bemessung (z. B. nach DIN EN 1990, 5.2 und Anhang D) insbesondere bauaufsichtlich weitgehend Skepsis entgegengesetzt. Solche Nachweisformate bleiben daher i. d. R. der Zustimmung des Bauherrn und den Zulassungsverfahren oder der Zustimmung im Einzelfall vorbehalten.

Eine Differenzierung der in der Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit anzusetzenden Sicherheitsbeiwerte und Lasten nach Schadensfolgen hat bisher in Deutschland nicht stattgefunden (mit wenigen Ausnahmen z. B. bei Gewächshäusern). Die Bedeutung eines Bauwerks und die Höhe möglicher Schadensfolgen wurden in der MBO [75] bzw. den Bauordnungen der Länder vielmehr über Gebäudeklassen mit differenzierten Anforderungen an den Brandschutz und an die Prüfung der Tragwerksplanung und an die Bauüberwachung berücksichtigt.

Im Eurocode-Konzept ist nun neuerdings eine Differenzierung der baulichen Anlagen nach **Zuverlässigkeits- und Schadensfolgeklassen** in DIN EN 1990 möglich (vgl. Tabelle 2). In DIN EN 1992-1-1, 2.1.2 (2) wird der Zusammenhang mit der Zuverlässigkeitsklasse (*reliability class*) RC 2 aus DIN EN 1990 und den Teilsicherheitsbeiwerten in DIN EN 1992-1-1 hergestellt. Die Zuverlässigkeitsklasse RC 2 ist mit dem Zuverlässigkeitssindex $\beta = 3,8$ für einen Bezugzeitraum von 50 Jahren und den Grenzzuständen der Tragfähigkeit verknüpft. Der Klasse RC 2 wird die Schadensfolgeklasse bzw. Versagensfolgeklasse (*consequences class*) CC 2 zugeordnet: mittlere Folgen für Menschenleben, erhebliche wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen, z. B. Wohn- und Bürogebäude.

Tab. 2. Klassen für Schadensfolgen und Empfehlungen für Mindestwerte des Zuverlässigkeitssindex β
(Tabellen B.1 und B.2 aus [E1])

Schadensfolgeklasse	Merkmale	Beispiele im Hochbau oder bei sonstigen Ingenieurbauwerken	Zuverlässigkeitsklasse	Mindestwert β Bezugzeitraum	
				1 Jahr	50 Jahre
CC 3	hohe Folgen für Menschenleben oder sehr große wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Tribünen, öffentliche Gebäude mit hohen Versagensfolgen (z. B. eine Konzerthalle)	RC 3	5,2	4,3
CC 2	mittlere Folgen für Menschenleben, beträchtliche wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Wohn- und Bürogebäude, öffentliche Gebäude mit mittleren Versagensfolgen (z. B. ein Bürogebäude)	RC 2	4,7	3,8
CC 1	niedrige Folgen für Menschenleben und kleine oder vernachlässigbare wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Landwirtschaftliche Gebäude ohne regelmäßigen Personenverkehr (z. B. Scheunen, Gewächshäuser)	RC 1	4,2	3,3

In der Bemessung nach DIN EN 1992-1-1 mit NA ist bisher allein die Zuverlässigkeitssklasse RC 2 mit einer Zielnutzungsdauer von 50 Jahren enthalten. Inwiefern und gegebenenfalls wie zukünftige Bauordnungen das in DIN EN 1990 differenzierte Konzept aufgreifen, ist derzeit nicht absehbar. Dennoch wird im Folgenden dieses Konzept sowohl für die Schadensfolgeklassen als auch die Dauerhaftigkeit dargestellt.

Das Kriterium für die Klassifizierung nach Schadensfolgen ist demnach die Bedeutung des Tragwerks oder seiner Teile im Hinblick auf die Versagensfolgen. Je nach Tragwerksart und Bemessungsstrategie können verschiedene Teile eines Tragwerks der gleichen, einer höheren oder niedrigeren Schadensfolgeklasse zugewiesen werden als das Gesamttragwerk (z. B. wie in DIN EN 1991-1-7/NA [E22] Tabelle NA.1-A.1). Im Anhang B von DIN EN 1990 werden auch Möglichkeiten zur Anpassung der Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen und die Bauteilwiderstände an die Schadensfolgeklassen abhängig von Qualitätsanforderungen an den Entwurf, die Berechnung und die Ausführung je nach Bauwerkstyp (zumindest theoretisch) eröffnet.

Zu 2.1.3 Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Qualitätssicherung

Die in Tabelle 3 angegebene Klasse 4 der geplanten Nutzungsdauer von 50 Jahren gilt als Anhaltswert für den Hochbau. Nach DIN EN 1990 [E1] ist die „geplante Nutzungsdauer die angenommene Zeitdauer, innerhalb der ein Tragwerk unter Berücksichtigung vorgesehener Instandhaltungsmaßnahmen für seinen vorgesehenen Zweck genutzt werden soll, ohne dass jedoch eine wesentliche Instandsetzung erforderlich ist“.

Tab. 3. Klassifizierung der Nutzungsdauer (Tabelle 2.1 aus [E1])

Klasse	Planungsgröße	Beispiele
1	10 Jahre	Tragwerke mit befristeter Standzeit ^{a)}
2	10 bis 25 Jahre	Austauschbare Tragwerksteile, z. B. Kranbahenträger, Lager
3	15 bis 30 Jahre	Landwirtschaftlich genutzte und ähnliche Tragwerke
4	50 Jahre	Gebäude und andere gewöhnliche Tragwerke
5	100 Jahre	Monumentale Gebäude, Brücken und andere Ingenieurbauwerke

^{a)} ANMERKUNG Tragwerke oder Teile eines Tragwerks, die mit der Absicht der Wiederverwendung demontiert werden können, sollten nicht als Tragwerke mit befristeter Standzeit betrachtet werden.

Die in DIN EN 1992-1-1 und den zugehörigen bauartspezifischen Bemessungs- und Bauproduktvorschriften enthaltenen Regelungen zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit sollen demnach bei angemessenem und geplantem Instandhaltungsaufwand in der Regel während der vorgesehenen Nutzungsdauer die geforderte Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit ohne wesentliche Beeinträchtigung der Nutzungseigenschaften sicherstellen. Die unvermeidlichen zeitabhängigen Veränderungen der Eigenschaften der Baustoffe und des Tragwerks während der geplanten Nutzungsdauer werden durch einen sogenannten „Abnutzungsvorrat“ abgedeckt, der während der Nutzungsdauer bis zu einem kritischen Zustand aufgebraucht werden kann.

Für ein angemessen dauerhaftes Tragwerk sind nach DIN EN 1990, 2.4 (2), die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:

- die vorgesehene oder vorhersehbare zukünftige Nutzung des Tragwerks;
- die geforderten Entwurfskriterien;
- die erwarteten Umweltbedingungen;
- die Zusammensetzung, die Eigenschaften und das Verhalten der Baustoffe und Bauprodukte;
- die Eigenschaften des Baugrundes;
- die Wahl des Tragsystems;
- die Gestaltung der Bauteile und Anschlüsse;
- die Qualität der Bauausführung und der Überwachungsaufwand;
- besondere Schutzmaßnahmen;
- die geplante Instandhaltung während der geplanten Nutzungszeit.

Eine Instandhaltungsplanung, die die wesentlichen Wartungsintervalle sowie Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen insbesondere von Baustoffen und Bauteilen mit kürzerer Lebensdauer umfasst, gehört demnach mit zum Umfang der Planung, falls besondere Bedingungen zu berücksichtigen sind (z. B. bei befahrenen Verkehrsflächen).

Zu 2.3 Basisvariablen

Zu 2.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse

Zu 2.3.1.1 Allgemeines

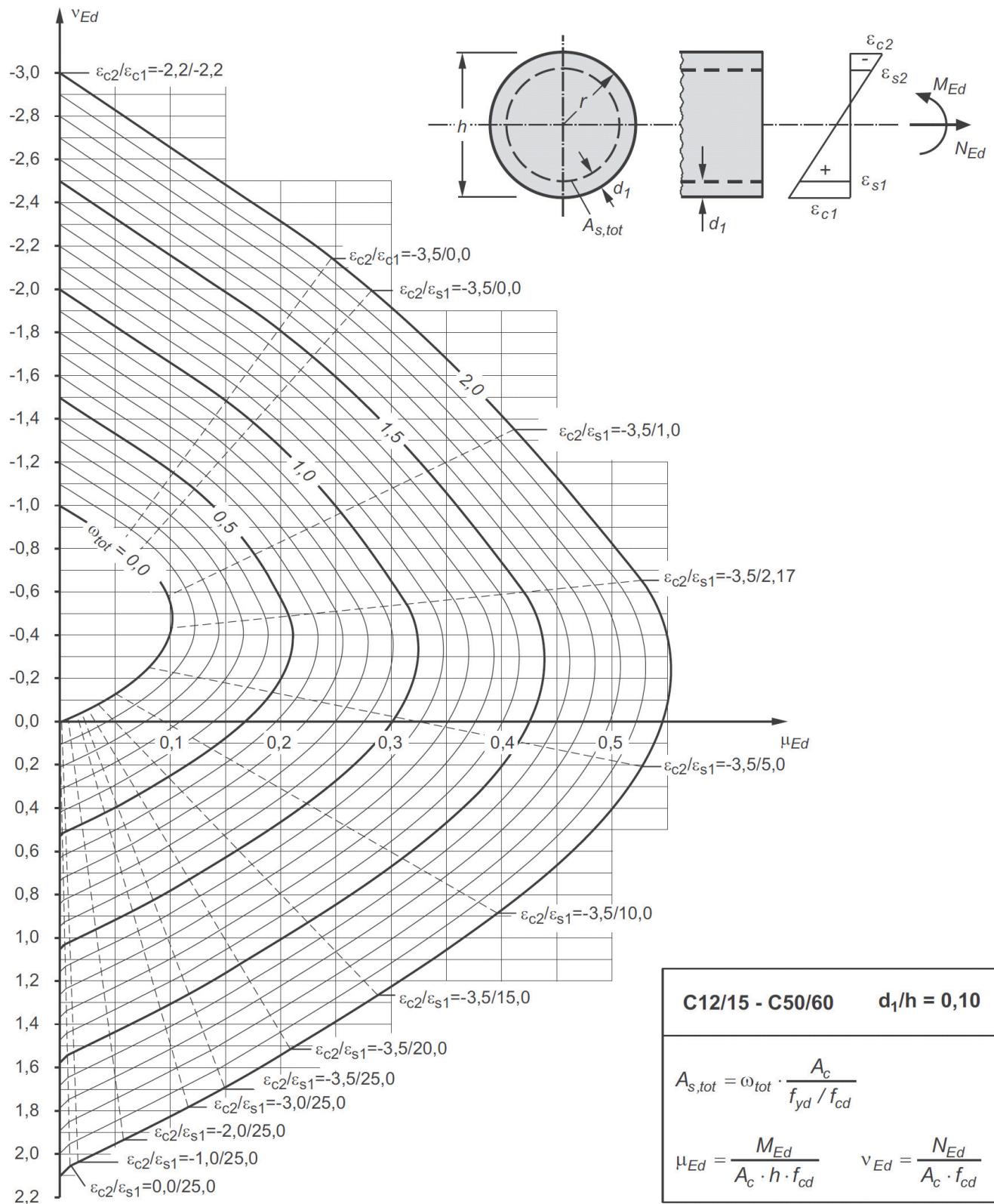
Bis zum Stichtag der bauaufsichtlichen Einführung am 1. Juli 2012 waren i. d. R. für die Einwirkungen die Normen der Reihe DIN 1055 heranzuziehen, danach gelten die Normenteile des Eurocode 1 (DIN EN 1991) mit den zugehörigen Nationalen Anhängen (soweit sie bauaufsichtlich eingeführt sind). Eine Vermischung der Einwirkungsnormen aus den Normenreihen DIN 1055 und DIN EN 1991 ist unzulässig.

Zu 2.3.1.2 Temperaturauswirkungen

Temperatureinwirkungen für Hochbauten waren bisher in Deutschland nur für Sonderfälle in z. B. Zulassungsgrund-sätzen des DIBt festgelegt.

In DIN EN 1991-1-5 [E17], [E18] werden charakteristische Werte für Temperatureinwirkungen angegeben, die für die Bemessung von Tragwerken benutzt werden können, die durch tägliche und jahreszeitliche Temperaturwechsel beant-

Z.5.4 Interaktionsdiagramm für Kreisquerschnitt
(C12/15 bis C50/60; $d_1 / h = 0,10$; B500; $\gamma_s = 1,15$)
aus: Zilch/Zehetmaier [115]



Z.5.5 Allgemeines Bemessungsdiagramm für Rechteckquerschnitte (C12/15 bis C50/60) aus: Zilch/Zehetmaier [115]

