

Teil 1:
Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1
und DIN EN 1992-1-1/NA

2. überarbeitete Auflage

Herausgeber:

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V.
Budapester Straße 31
10787 Berlin
info@dafstb.de

© 2020 Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V.
Budapester Straße 31
10787 Berlin

Telefon: +49 30 2693-1320
Telefax: +49 30 2693-1319
Internet: www.dafstb.de
Email: info@dafstb.de

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

Die im Werk enthaltenen Inhalte wurden vom Verfasser und Verlag sorgfältig erarbeitet und geprüft. Eine Gewährleistung für die Richtigkeit des Inhalts wird gleichwohl nicht übernommen. Der Verlag haftet nur für Schäden, die auf Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens des Verlages zurückzuführen sind. Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen.

Druck: Medienhaus Plump GmbH, Rheinbreitbach
Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier nach DIN EN ISO 9706

ISSN 0171-7197
ISBN 978-3-410-65838-2

Inhalt

Zu diesem Heft – 2. Auflage 2020.....	7
Zu diesem Heft – 1. Auflage 2012.....	8
Einleitung	9
Zum Vorwort.....	12
Zu 1 ALLGEMEINES	12
Zu 1.1 Anwendungsbereich	12
Zu 1.2 Normative Verweisungen	12
Zu 1.5 Begriffe.....	12
Zu 2 GRUNDLAGEN DER TRAGWERKSPLANUNG	13
Zu 2.1 Anforderungen	13
Zu 2.1.1 Grundlegende Anforderungen	13
Zu 2.1.2 Behandlung der Zuverlässigkeit.....	13
Zu 2.1.3 Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Qualitätssicherung	13
Zu 2.3 Basisvariablen	13
Zu 2.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse.....	13
Zu 2.3.1.2 Temperatúrauswirkungen und 2.3.1.3 Setzungen.....	13
Zu 2.3.1.4 Vorspannung.....	14
Zu 2.3.3 Verformungseigenschaften des Betons.....	14
Zu 2.3.4 Geometrische Angaben	14
Zu 2.3.4.2 Zusätzliche Anforderungen an Bohrpfähle	14
Zu 2.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten.....	14
Zu 2.4.1 Allgemeines.....	14
Zu 2.4.2 Bemessungswerte.....	15
Zu 2.4.2.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen aus Vorspannung	15
Zu 2.4.2.3 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen beim Nachweis gegen Ermüdung	16
Zu 2.4.2.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe	16
Zu 2.4.2.5 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe bei Gründungsbauteilen	16
Zu 2.4.3 Kombinationsregeln für Einwirkungen	17
Zu 2.5 Versuchsgestützte Bemessung.....	18
Zu 2.6 Zusätzliche Anforderungen an Gründungen.....	18
Zu 2.7 Anforderungen an Befestigungsmittel.....	19
Zu NA.2.8 Bautechnische Unterlagen	20
Zu NA.2.8.1 Umfang der bautechnischen Unterlagen	20
Zu NA.2.8.2 Zeichnungen	20
Zu NA.2.8.3 Statische Berechnungen	20
Zu NA.2.8.4 Baubeschreibung	20
Zu 3 BAUSTOFFE	21
Zu 3.1 Beton	21
Zu 3.1.1 Allgemeines.....	21
Zu 3.1.2 Festigkeiten.....	21
Zu 3.1.3 Elastische Verformungseigenschaften	24
Zu 3.1.4 Kriechen und Schwinden	25
Zu 3.1.5 Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren und Verformungsberechnungen	29
Zu 3.1.6 Bemessungswert der Betondruck- und Betonzugfestigkeit	30
Zu 3.1.7 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung	31
Zu 3.1.8 Biegezugfestigkeit.....	32
Zu 3.1.9 Beton unter mehraxialer Druckbeanspruchung	32
Zu 3.2 Betonstahl.....	32
Zu 3.2.1 Allgemeines.....	32
Zu 3.2.2 Eigenschaften	33
Zu 3.2.4 Duktilitätsmerkmale.....	34
Zu 3.2.5 Schweißen	34
Zu 3.2.7 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung	34
Zu 3.3 Spannstahl.....	35
Zu 3.3.2 Eigenschaften	35

Zu 3.3.4	Duktilitätseigenschaften	35
Zu 3.3.6	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung	35
Zu 3.4	Komponenten von Spannsystemen	36
Zu 3.4.1	Verankerungen und Spanngliedkopplungen.....	36
Zu 4	DAUERHAFTIGKEIT UND BETONDECKUNG	37
Zu 4.1	Allgemeines	37
Zu 4.2	Umgebungsbedingungen	37
Zu 4.4	Nachweisverfahren	45
Zu 4.4.1	Betondeckung	45
Zu 4.4.1.1	Allgemeines.....	45
Zu 4.4.1.2	Mindestbetondeckung.....	45
Zu 4.4.1.3	Vorhaltemaß.....	47
Zu 5	ERMITTLUNG DER SCHNITTGRÖSSEN	49
Zu 5.1	Allgemeines	49
Zu 5.1.1	Grundlagen	49
Zu 5.1.2	Besondere Anforderungen an Gründungen.....	49
Zu 5.2	Imperfektionen.....	50
Zu 5.3	Idealisierungen und Vereinfachungen	53
Zu 5.3.1	Tragwerksmodelle für statische Berechnungen.....	53
Zu 5.3.2	Geometrische Angaben	53
Zu 5.3.2.1	Mitwirkende Plattenbreite.....	53
Zu 5.3.2.2	Effektive Stützweite von Balken und Platten im Hochbau	54
Zu 5.4	Linear-elastische Berechnung	55
Zu 5.5	Linear-elastische Berechnung mit begrenzter Umlagerung.....	55
Zu 5.6	Verfahren nach der Plastizitätstheorie.....	57
Zu 5.6.1	Allgemeines.....	57
Zu 5.6.2	Balken, Rahmen und Platten	58
Zu 5.6.3	Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation	58
Zu 5.6.4	Stabwerkmodelle.....	60
Zu 5.7	Nichtlineare Verfahren	61
Zu 5.8	Berechnung von Bauteilen unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung.....	64
Zu 5.8.2	Allgemeines.....	64
Zu 5.8.3	Vereinfachte Nachweise für Bauteile unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung	66
Zu 5.8.3.1	Grenzwert der Schlankheit für Einzeldruckglieder.....	66
Zu 5.8.3.2	Schlankheit und Knicklänge von Einzeldruckgliedern	66
Zu 5.8.3.3	Nachweise am Gesamttragwerk nach Theorie II. Ordnung im Hochbau	67
Zu 5.8.4	Kriechen	67
Zu 5.8.5	Berechnungsverfahren.....	68
Zu 5.8.6	Allgemeines Verfahren.....	68
Zu 5.8.8	Verfahren mit Nennkrümmung.....	68
Zu 5.8.8.1	Allgemeines.....	68
Zu 5.8.8.2	Biegemomente	69
Zu 5.8.8.3	Krümmung.....	69
Zu 5.8.9	Druckglieder mit zweiachsiger Ausmitte	70
Zu 5.9	Seitliches Ausweichen schlanker Träger	71
Zu 5.10	Spannbetontragwerke.....	72
Zu 5.10.1	Allgemeines.....	72
Zu 5.10.2	Vorspannkraft während des Spannvorgangs.....	72
Zu 5.10.2.1	Maximale Vorspannkraft	72
Zu 5.10.2.2	Begrenzung der Betondruckspannungen	73
Zu 5.10.3	Vorspannkraft nach dem Spannvorgang	73
Zu 5.10.5	Sofortige Spannkraftverluste bei nachträglichem Verbund	73
Zu 5.10.5.1	Elastische Verformung des Betons.....	73
Zu 5.10.5.2	Reibungsverluste	73
Zu 5.10.5.3	Verankerungsschlupf	73
Zu 5.10.6	Zeitabhängige Spannkraftverluste bei sofortigem und nachträglichem Verbund	73
Zu 5.10.7	Berücksichtigung der Vorspannung in der Berechnung	74
Zu 5.10.8	Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	74
Zu 5.10.9	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdung.....	75

Zu 6	NACHWEISE IN DEN GRENZZUSTÄNDEN DER TRAGFÄHIGKEIT.....	76
Zu 6.1	Biegung mit oder ohne Normalkraft und Normalkraft allein.....	76
Zu 6.2	Querkraft	77
Zu 6.2.1	Nachweisverfahren	77
Zu 6.2.2	Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung	79
Zu 6.2.3	Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung	83
Zu 6.2.4	Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurten	89
Zu 6.2.5	Schubkraftübertragung in Fugen	90
Zu 6.3	Torsion	97
Zu 6.3.1	Allgemeines.....	97
Zu 6.3.2	Nachweisverfahren	97
Zu 6.4	Durchstanzen.....	99
Zu 6.4.1	Allgemeines.....	99
Zu 6.4.2	Lasteinleitung und Nachweisschnitte.....	100
Zu 6.4.3	Nachweisverfahren	103
Zu 6.4.4	Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung	109
Zu 6.4.5	Durchstanztragfähigkeit für Platten oder Fundamente mit Durchstanzbewehrung.....	114
Zu 6.5	Stabwerkmodelle.....	121
Zu 6.5.1	Allgemeines.....	121
Zu 6.5.2	Bemessung der Druckstreben	121
Zu 6.5.3	Bemessung der Zugstreben.....	122
Zu 6.5.4	Bemessung der Knoten	125
Zu 6.7	Teilflächenbelastung.....	126
Zu 6.8	Nachweis gegen Ermüdung	127
Zu 6.8.1	Allgemeines.....	127
Zu 6.8.2	Innere Kräfte und Spannungen beim Nachweis gegen Ermüdung	128
Zu 6.8.4	Nachweisverfahren für Betonstahl und Spannstahl.....	128
Zu 6.8.5	Nachweis gegen Ermüdung über schädigungsäquivalente Schwingbreiten	129
Zu 6.8.6	Vereinfachte Nachweise	129
Zu 6.8.7	Nachweis gegen Ermüdung des Betons unter Druck oder Querkraftbeanspruchung.....	130
Zu 7	NACHWEISE IN DEN GRENZZUSTÄNDEN DER GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT	131
Zu 7.2	Begrenzung der Spannungen	131
Zu 7.3	Begrenzung der Rissbreiten	132
Zu 7.3.1	Allgemeines.....	132
Zu 7.3.2	Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite.....	135
Zu 7.3.3	Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung	142
Zu 7.3.4	Berechnung der Rissbreite	144
Zu 7.4	Begrenzung der Verformungen	146
Zu 7.4.1	Allgemeines.....	146
Zu 7.4.2	Nachweis der Begrenzung der Verformungen ohne direkte Berechnung	147
Zu 7.4.3	Nachweis der Begrenzung der Verformungen mit direkter Berechnung	152
Zu 8	ALLGEMEINE BEWEHRUNGSREGELN	156
Zu 8.1	Allgemeines	156
Zu 8.2	Stababstände von Betonstäben	156
Zu 8.3	Biegen von Betonstäben	156
Zu 8.4	Verankerung der Längsbewehrung.....	156
Zu 8.4.1	Allgemeines.....	156
Zu 8.4.2	Bemessungswert der Verbundfestigkeit	157
Zu 8.4.3	Grundwert der Verankerungslänge.....	157
Zu 8.4.4	Bemessungswert der Verankerungslänge.....	158
Zu 8.5	Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung	161
Zu 8.6	Verankerung mittels angeschweißter Stäbe	162
Zu 8.7	Stöße und mechanische Verbindungen.....	162
Zu 8.7.2	Stöße.....	162
Zu 8.7.3	Übergreifungslänge.....	163
Zu 8.7.4	Querbewehrung im Bereich der Übergreifungsstöße	164
Zu 8.7.4.1	Querbewehrung für Zugstäbe	164
Zu 8.7.4.2	Querbewehrung für Druckstäbe.....	166

Zu 8.7.5	Stöße von Betonstahlmatten aus Rippenstahl.....	166
Zu 8.7.5.1	Stöße der Hauptbewehrung.....	166
Zu 8.8	Zusätzliche Regeln bei großen Stabdurchmessern	167
Zu 8.10	Spannglieder.....	167
Zu 8.10.2	Verankerung von Spanngliedern im sofortigen Verbund.....	167
Zu 8.10.2.2	Übertragung der Vorspannung	167
Zu 8.10.2.3	Verankerung der Spannglieder in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	170
Zu 8.10.3	Verankerungsbereiche bei Spanngliedern im nachträglichen oder ohne Verbund	172
Zu 8.10.4	Verankerungen und Spanngliedkopplungen für Spannglieder	173
Zu 9	KONSTRUKTIONSREGELN.....	174
Zu 9.2	Balken.....	174
Zu 9.2.1	Längsbewehrung.....	174
Zu 9.2.1.1	Mindestbewehrung und Höchstbewehrung	174
Zu 9.2.1.2	Weitere Konstruktionsregeln.....	175
Zu 9.2.1.3	Zugkraftdeckung	175
Zu 9.2.1.4	Verankerung der unteren Bewehrung an Endauflagern	176
Zu 9.2.1.5	Verankerung der unteren Bewehrung an Zwischenaufslagern	176
Zu 9.2.2	Querkraftbewehrung	176
Zu 9.2.3	Torsionsbewehrung	177
Zu 9.2.5	Indirekte Auflager	178
Zu 9.3	Vollplatten	179
Zu 9.3.1	Biegebewehrung	179
Zu 9.3.1.1	Allgemeines.....	179
Zu 9.3.2	Querkraftbewehrung	179
Zu 9.4	Flachdecken.....	180
Zu 9.4.1	Flachdecken im Bereich von Innenstützen	180
Zu 9.4.2	Flachdecken im Bereich von Randstützen	180
Zu 9.4.3	Durchstanzbewehrung	181
Zu 9.5	Stützen	182
Zu 9.5.2	Längsbewehrung.....	182
Zu 9.5.3	Querbewehrung	182
Zu 9.6	Wände.....	183
Zu 9.6.2	Vertikale Bewehrung.....	183
Zu 9.6.3	Horizontale Bewehrung.....	183
Zu 9.6.4	Querbewehrung	184
Zu 9.7	Wandartige Träger.....	184
Zu 9.8	Gründungen.....	184
Zu 9.8.4	Einzelfundament auf Fels	184
Zu 9.8.5	Bohrpfähle.....	184
Zu 9.10	Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen	185
Zu 9.10.2	Ausbildung von Zugankern	185
Zu 9.10.2.2	Ringanker.....	185
Zu 9.10.2.3	Innenliegende Zuganker	185
Zu 9.10.2.4	Horizontale Stützen- und Wandzuganker	185
Zu 10	ZUSÄTZLICHE REGELN FÜR BAUTEILE UND TRAGWERKE AUS FERTIGTEILEN	186
Zu 10.1	Allgemeines	186
Zu 10.2	Grundlagen für die Tragwerksplanung	186
Zu 10.3	Baustoffe.....	186
Zu 10.3.2	Spannstahl	186
Zu 10.3.2.1	Eigenschaften	186
Zu NA.10.4	Dauerhaftigkeit und Betondeckung.....	187
Zu 10.5	Ermittlung der Schnittgrößen	187
Zu 10.5.2	Spannkraftverluste	187
Zu 10.9	Bemessungs- und Konstruktionsregeln.....	187
Zu 10.9.2	Wand-Decken-Verbindungen.....	187
Zu 10.9.3	Deckensysteme.....	187
Zu 10.9.4	Verbindungen und Lager für Fertigteile	188
Zu 10.9.4.3	Verbindungen zur Druckkraft-Übertragung.....	188

Zu 10.9.4.6	Ausgeklinkte Auflager	189
Zu 10.9.4.7	Verankerung der Längsbewehrung an Auflagern	189
Zu 10.9.5	Lager	190
Zu 10.9.5.1	Allgemeines.....	190
Zu 10.9.5.2	Lager für verbundene Bauteile (Nicht-Einzelbauteile)	191
Zu 10.9.6	Köcherfundamente	192
Zu 10.9.6.1	Allgemeines.....	192
Zu 10.9.6.2	Köcherfundamente mit profilierter Oberfläche	192
Zu NA.10.9.8	Zusätzliche Konstruktionsregeln für Fertigteile	193
Zu 11	ZUSÄTZLICHE REGELN FÜR BAUTEILE UND TRAGWERKE AUS LEICHTBETON.....	193
Zu 11.1	Allgemeines	193
Zu 11.1.1	Geltungsbereich	193
Zu 11.3	Baustoffe.....	193
Zu 11.3.2	Elastische Verformungseigenschaften	193
Zu 11.3.3	Kriechen und Schwinden	193
Zu 11.3.4	Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren und für Verformungs- berechnungen	193
Zu 11.3.5	Bemessungswerte für Druck- und Zugfestigkeiten	193
Zu 11.4	Dauerhaftigkeit und Betondeckung	194
Zu 11.4.1	Umgebungseinflüsse	194
Zu 11.4.2	Betondeckung	194
Zu 11.5	Ermittlung der Schnittgrößen	194
Zu 11.5.1	Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation	194
Zu NA.11.5.2	Linear-elastische Berechnung	194
Zu 11.6.7	Teilflächenbelastung	194
Zu 11.6.8	Nachweis gegen Ermüdung.....	194
Zu 11.8	Allgemeine Bewehrungsregeln.....	194
Zu 11.8.1	Zulässige Biegerollendurchmesser.....	194
Zu 11.8.2	Bemessungswert der Verbundfestigkeit	194
Zu 11.9	Konstruktionsregeln	195
Zu 12	TRAGWERKE AUS UNBEWEHRTEM ODER GERING BEWEHRTEM BETON.....	196
Zu 12.3	Baustoffe.....	196
Zu 12.3.1	Beton.....	196
Zu 12.6	Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT).....	196
Zu 12.6.5	Auswirkungen von Verformungen nach Theorie II. Ordnung	196
Zu 12.6.5.1	Schlankheit von Einzeldruckgliedern und Wänden.....	196
Zu 12.6.5.2	Vereinfachtes Verfahren für Einzeldruckglieder und Wände	196
Zu 12.9	Konstruktionsregeln	196
Zu 12.9.3	Streifen- und Einzelfundamente.....	196
ZU DEN ANHÄNGEN.....		198
Zu Anhang A:	Modifikation von Teilsicherheitsbeiwerten für Baustoffe.....	198
Zu Anhang B:	Kriechen und Schwinden.....	198
Zu Anhang C:	Eigenschaften des Betonstahls	199
Zu Anhang D:	Genauere Methode zur Berechnung von Spannkraftverlusten aus Relaxation	199
Zu Anhang E:	Indikative Mindestfestigkeitsklassen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit	199
Zu Anhang F:	Gleichungen für Zugbewehrung für den ebenen Spannungszustand	199
Zu Anhang G:	Boden-Bauwerk-Interaktion.....	200
Zu Anhang H:	Nachweise am Gesamttragwerk nach Theorie II. Ordnung	200
Zu Anhang I:	Ermittlung der Schnittgrößen bei Flachdecken und Wandscheiben	200
Zu Anhang J:	Konstruktionsregeln für ausgewählte Beispiele.....	200
Zu J.1	Oberflächenbewehrung	200
Zu J.2	Rahmenecken und J.3 Konsolen.....	200
Zu NA.J.4	Oberflächenbewehrung bei vorgespannten Bauteilen	207
Zitierte Normen und Regelwerke		209
DAfStb- Hefte (Deutscher Ausschuss für Stahlbeton)		214
DBV-Merkblätter (Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E. V.).....		216

FDB-Merkblätter (Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V.)	216
Literatur nach Abschnitten geordnet	217

Zu diesem Heft – 2. Auflage 2020

Die 2. Auflage 2020 des Heftes 600 enthält aktualisierte Erläuterungen zum Normentext von DIN EN 1992-1-1 [R28] mit Nationalem Anhang DIN EN 1992-1-1/NA [R29] sowie ergänzende und alternative Anwendungsregeln. Die A1-Änderungen von EN 1992-1-1 und von DIN EN 1992-1-1/NA aus dem Jahr 2015 sowie die Normauslegungen bis Juni 2019 wurden berücksichtigt. Diese Erläuterungen bilden den vorliegenden neuen Teil 1 des Heftes 600.

In einem später vorgesehenen Teil 2 des Heftes 600 werden die brückenspezifischen Erläuterungen zum Normentext von DIN EN 1992-2 [R32] mit Nationalem Anhang DIN EN 1992-2/NA [R33] enthalten sein.

Die Ergänzungen und Änderungen im Vergleich zur 1. Auflage sind durch graue Unterlegung gekennzeichnet. Die Bilder und Gleichungen wurden in der 2. Auflage teilweise neu nummeriert.

Die Erläuterungen in der 2. Auflage des Heftes 600 – Teil 1 wurden wieder durch eine Redaktionsgruppe¹⁾ auf der Grundlage von Ausarbeitungen einzelner Mitglieder des Technischen Ausschusses „Bemessung und Konstruktion“ des DAfStb und ausschussnahen Fachleuten²⁾ vorbereitet. Das Heft 600 – Teil 1 wurde dem Technischen Ausschuss „Bemessung und Konstruktion“ des DAfStb vorgelegt und in einem normenähnlichen Verfahren, d. h. im Konsens zwischen allen beteiligten Gruppen, verabschiedet.

Der Redaktionsgruppe und den Verfassern sei an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich für die aufgewendete Zeit bei der Überarbeitung des Heftes 600 gedankt. Möge das vorliegende Heft weiterhin zu einer breiteren Akzeptanz des neuen Normenwerkes in der Praxis beitragen.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger
Obmann Technischer Ausschuss Bemessung und Konstruktion

¹⁾ **Redaktionsgruppe DAfStb-Heft 600 (2020):** Prof. Dr.-Ing. Frank Fingerloos, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger, RWTH Aachen; Dipl.-Ing. Anett Ignatiadis, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton

²⁾ **Zuarbeit DAfStb-Heft 600 (2020):** Dr.-Ing. Winfried Baumgärtel, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg; Dr.-Ing. Lars Eckfeldt, Deutsches Institut für Bautechnik; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Empelmann, TU Braunschweig; Prof. Dr.-Ing. Werner Fuchs, Universität Stuttgart; Dr.-Ing. Johannes Furche, Filigran Trägersysteme GmbH & Co. KG; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner, TU Darmstadt; Prof. Dr.-Ing. Jan Hofmann, Universität Stuttgart; Dipl.-Ing. Sven Junge, Institut für Stahlbetonbewehrung; Hannes Krüger, Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie; Dr.-Ing. Peter Lenz, Zilch+Müller Ingenieure GmbH; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ludger Lohaus, Universität Hannover; Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Mark, Ruhr-Universität Bochum; Prof. Dr.-Ing. Reinhard Maurer, TU Dortmund; Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Reineck, Universität Stuttgart; Prof. Dr.-Ing. Günter Rombach, TU Hamburg; Dr.-Ing. Steffen Schindler, HOCHTIEF Engineering GmbH; Dr.-Ing. Thomas M. Sippel, European Engineered Construction Systems Association; Reinhard Sommer, Thüringer Landesverwaltungsamt; Dr.-Ing. Alexander Steffens, WTM ENGINEERS GmbH; Dipl.-Ing. Mathias Tillmann, Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteiltbau; Prof. Dr.-Ing. Udo Wiens, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton; Dipl.-Ing. Bert Ziem, Friedrich+Lochner GmbH; Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h. Konrad Zilch, TU München

Zu diesem Heft – 1. Auflage 2012

Das DAfStb-Heft 600 „Erläuterungen zu Eurocode 2“ setzt die Reihe der 1979, 1989, 2003 und 2010 herausgegebenen DAfStb-Hefte [300], [400] und [525] mit Erläuterungen zu den Ausgaben von DIN 1045 bzw. DIN 1045-1 aus den Jahren 1978, 1988, 2001 und 2008 fort. Wie bei den Vorgängerheften sollen die Ausführungen in Heft 600 der Praxis das Verständnis und den Gebrauch der Norm durch Erläuterungen und Darlegung der wissenschaftlichen Grundlagen erleichtern.

Das Heft 600 enthält Erläuterungen zum Normtext von DIN EN 1992-1-1 [R28] mit Nationalem Anhang DIN EN 1992-1-1/NA [R29] sowie ergänzende und alternative Anwendungsregeln. Dabei wird auf das Normenhandbuch zum Eurocode 2 von 2012 [R50] Bezug genommen, in dem beide Normentexte verwoben wurden. Die Berichtigung 1 und der Entwurf der A1-Änderung des Nationalen Anhangs sind hierbei bereits berücksichtigt.

Um Bilder, Tabellen und Gleichungen des Heftes 600 von denen im Eurocode 2 zu unterscheiden, sind die Bild-, Tabellen- und Gleichungsnummern in Heft 600 mit einem vorgestellten „H“ gekennzeichnet.

Die Erläuterungen im Heft 600 wurden durch eine Redaktionsgruppe³⁾ auf der Grundlage von Ausarbeitungen einzelner Mitglieder des Technischen Ausschusses „Bemessung und Konstruktion“ des DAfStb und ausschussnahen Fachleuten⁴⁾ vorbereitet. Wesentliche Inhalte wurden aus Heft 525, das durch viele weitere namhafte Fachkollegen erarbeitet wurde⁵⁾, entnommen und redaktionell überarbeitet. Das Heft 600 wurde anschließend dem Technischen Ausschuss „Bemessung und Konstruktion“ des DAfStb, der personengleich mit dem zuständigen Arbeitsausschuss 005-07-01 „Bemessung und Konstruktion“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. ist, vorgelegt und in einem normenähnlichen Verfahren, d. h. im Konsens zwischen allen beteiligten Gruppen, verabschiedet.

Der Redaktionsgruppe und den Verfassern sei an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich für die aufgewendete Zeit bei der Bearbeitung des Heftes 600 und des Nationalen Anhangs von DIN EN 1992-1-1 gedankt. Möge das vorliegende Heft zu einer breiteren Akzeptanz des neuen Normenwerkes in der Praxis beitragen.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger
Obmann Technischer Ausschuss Bemessung und Konstruktion

³⁾ **Redaktionsgruppe DAfStb-Heft 600 (2012):** Dr.-Ing. F. Fingerloos, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein; Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Hegger, RWTH Aachen; Dipl.-Ing. A. Ignatiadis, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton; Dipl.-Ing. F. Teworte, RWTH Aachen; Dr.-Ing. U. Wiens, DAfStb; Univ.-Prof. Dr.-Ing. K. Zilch, TU München

⁴⁾ **Zuarbeit DAfStb-Heft 600 (2012):** Dr.-Ing. W. Baumgärtel, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg; Dr.-Ing. J. Furche, Filigran Trägersysteme GmbH & Co. KG; Dipl.-Ing. V. Häusler, DIBt; Prof. Dr.-Ing. J. Hofmann, Universität Stuttgart; Prof. Dr.-Ing. W. Jäger, Jäger Ingenieure GmbH; Dipl.-Ing. R. Kautsch, IG Bauplan GmbH; Prof. Dr.-Ing. R. Maurer TU Dortmund; Dr.-Ing. J. Moersch, Institut für Stahlbetonbewehrung; Dipl.-Ing. H. Perski, Ministerium für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr Nordrhein-Westfalen; Prof. Dr.-Ing. K.-H. Reineck, Universität Stuttgart; Dipl.-Ing. C. Reitmayer, TU München; Dr.-Ing. W. Roeser, Ingenieurbüro Hegger und Partner; Prof. Dr.-Ing. J. Schnell, TU Kaiserslautern; Dipl.-Ing. C. Siburg, RWTH Aachen; R. Sommer, Thüringer Landesverwaltungsamt; Jun.-Prof. Dr.-Ing. C. Thiele, TU Kaiserslautern; Dipl.-Ing. M. Tillmann, Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V.; Dr.-Ing. J. Weidner, Bilfinger Berger SE; Dipl.-Ing. B. Ziems, Friedrich+Lochner GmbH

⁵⁾ **Zuarbeit DAfStb-Heft 525 (2003/2010):** Dr.-Ing. R. Beutel (†), Ingenieurbüro Hegger und Partner; Dr.-Ing. H. Bökamp, Thomas & Bökamp Ingenieurgesellschaft; Prof. Dr.-Ing. W. Buschmeyer, Universität Duisburg-Essen; Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Curbach, TU Dresden; Dr.-Ing. U. Donaubaue, Ingenieurbüro Köhler + Seitz; Dipl.-Ing. L. Eckfeldt, TU Dresden; Univ.-Prof. Dr.-Ing. R. Eligehausen, Universität Stuttgart; Dr.-Ing. T. Faust, König Heunisch und Partner; Dr.-Ing. F. Fingerloos, DBV; Dr.-Ing. T. Fritsche, Fritsche Ingenieurbüro für Bauwesen; Dipl.-Ing. S. Görtz, Ingenieurgesellschaft Zerna Köpper und Partner; Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Grünberg, Universität Hannover; Dipl.-Ing. Vera Häusler, DIBt; Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Hegger, RWTH-Aachen; Dr.-Ing. P. Henke, Henke + Rapolder Ingenieurgesellschaft; Dipl.-Ing. H.-U. Kammeyer, Nord-West-Planungsgesellschaft; Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. S. Müller, Universität Karlsruhe; Univ.-Prof. i. R. Dr.-Ing. U. Quast, Universität Hamburg-Harburg; Prof. Dr.-Ing. K.-H. Reineck, Universität Stuttgart; Dr.-Ing. W. Roeser, Ingenieurbüro Hegger und Partner; Dr.-Ing. habil. D. Rußwurm (†), Überwachungsgemeinschaft B-Zert e.V.; Dr.-Ing. H. Saleh, Universität Leipzig; Dipl.-Ing. G. Schenck, Universität Leipzig; Univ.-Prof. Dr.-Ing. P. Schießl, TU München; Dipl.-Ing. D. Schwerm, Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V.; Dr.-Ing. A. Sint, Ingenieurbüro Sint; Dipl.-Ing. Kerstin Speck, TU Dresden; Dr.-Ing. habil. N. V. Tue, König Heunisch und Partner; Dr.-Ing. U. Wiens, DAfStb; Dr.-Ing. M. Zink, König Heunisch und Partner; Univ.-Prof. Dr.-Ing. K. Zilch, TU München.

Einleitung

Das DAFStb-Heft 600 behandelt im Wesentlichen die Bemessung von Konstruktionen aus Beton, Stahl- oder Spannbeton auf Grundlage der Technischen Baubestimmungen, insbesondere DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA. Bei der Planung und Errichtung von baulichen Anlagen aus Beton, Stahl- oder Spannbeton sind darüber hinaus auch die einschlägigen Regelungen zur Verwendung von Bauprodukten und ggf. für die Anwendung von Bauarten zu beachten (siehe unten „Ergänzende Anmerkungen zu den baurechtlichen Rahmenbedingungen im Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau“).

Für die Bemessung existiert in der Regel zu jedem Eurocode (DIN EN 199x-y) ein Nationaler Anhang (DIN EN 199x-y/NA), der die Festlegung von länderspezifischen Regelungen zur Ausgestaltung des nationalen Sicherheitsniveaus ermöglicht⁶⁾. Diese gelten grundsätzlich für die Planung, Bemessung, bauliche Durchbildung und Prüfung von Bauwerken in dem Land der Bauwerkserrichtung, soweit sie als technische Baubestimmungen eingeführt wurden.

Die Grundlagennorm für den Stahlbeton- und Spannbetonbau DIN EN 1992-1-1 [R28] wird durch weitere Normenteile des Eurocodes 2 – DIN EN 1992-2 [R32], DIN EN 1992-3 [R34] und DIN EN 1992-4 [R73] ergänzt, welche abweichende oder zusätzliche Regeln für Betonbrücken, Silos und Behälterbauwerke sowie Befestigungen in Beton enthalten.

In DIN EN 1992-3 [R34] sind Regeln zur Bemessung, Konstruktion und Bewehrung von Silos und Behältern gegeben. Dabei werden auch grundsätzliche Anwendungsregeln für wasserundurchlässigen Beton aufgestellt. Die im Nationalen Anhang [R35] geforderten Werte gehen dabei auf die DAFStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ [R63] zurück. In der WU-Richtlinie finden sich jedoch neben Regeln zur Bemessung, Konstruktion und Bewehrung u. a. auch Angaben zur Ausführung, Fugenausbildung, Abdichtung und Instandsetzung. Deshalb ist die Richtlinie weiterhin auch für Behälter, zusätzlich zu DIN EN 1992-3 [R34] und zugehörigem Nationalen Anhang anwendbar. Bei der Anwendung von Regelungen aus DIN EN 1992-3, deren zugehörigem Nationalen Anhang und der DAFStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ ist zu beachten, dass diese keine eingeführten technischen Baubestimmungen sind. Bei wasserrechtlichem Bezug ist die bauaufsichtlich eingeführte DAFStb-Richtlinie "Betonbau im Umgang mit wassergefährdenden Stoffen" [R59], auch im Hinblick auf die Planung, Durchbildung und Ausführung von Dichtflächen und Fugen zu beachten.

Um der Praxis die Anwendung zu erleichtern, wurden autorisierte Normen-Handbücher für den Hochbau [R50] und den Brückenbau [R51] erstellt, in denen die jeweiligen Dokumente textlich zusammengeführt sind. Das Normen-Handbuch für den Hochbau [R50] wurde durch den Deutschen Ausschuss für Stahlbeton e. V. und den Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein E.V. vorbereitet und im Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. vom Arbeitsausschuss NA 005-07-01 „Bemessung und Konstruktion“ geprüft und bestätigt (bisher ohne Berücksichtigung der NA-A1-Änderung vom Dezember 2015). Es sei darauf hingewiesen, dass die Handbücher auf den bei der Erarbeitung vorliegenden Normen basieren und seither erschienene Neuauflagen und Änderungen zusätzlich zu berücksichtigen sind.

Innerhalb der Norm wird zwischen Prinzipien (Absätze mit der Kennzeichnung „P“) und Anwendungsregeln (ohne Kennzeichnung mit „P“) unterschieden.

Für den Umgang mit Abweichungen von den Technischen Baubestimmungen gelten die Festlegungen der Landesbauordnungen.

Wird wesentlich von den in den Technischen Baubestimmungen enthaltenen Anwendungsregeln für Bauarten abgewichen oder stehen keine allgemein anerkannten Regeln der Technik zur Verfügung, ist grundsätzlich eine allgemeine Bauartgenehmigung oder im Einzelfall eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung erforderlich (§16 a Absatz 2 Musterbauordnung MBO [R56]). Sind Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung nach § 3 MBO nicht zu erwarten, kann die oberste Bauaufsichtsbehörde im Einzelfall oder für genau begrenzte Fälle allgemein festlegen, dass eine Bauartgenehmigung nicht erforderlich ist (§16a Absatz 4 MBO). Von den in den Technischen Baubestimmungen enthaltenen Planungs-, Bemessungs- und Ausführungsregelungen kann abgewichen werden, wenn mit einer anderen Lösung in gleichem Maß die Anforderungen erfüllt werden und in den Technischen Baubestimmungen eine Abweichung nicht ausgeschlossen ist; die Vorschriften zur allgemeinen und vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung bleiben hiervon jedoch unberührt (§85a Absatz 1 Satz 3 MBO). Die Anwendung abweichender Anwendungsregeln ist im Allgemeinen zwischen Tragwerksplaner und Prüfeningenieur, ggf. unter Einbeziehung des bauausführenden Unternehmens, zu klären. Grundsätzlich ist die Gleichwertigkeit der alternativen Anwendungsregeln durch den

⁶⁾ Empfehlung der Kommission 2003/887/EG: ... 3. Die Mitgliedstaaten sollten die in den Eurocodes vorgegebenen empfohlenen Werte verwenden, wenn die Eurocodes auf nationaler Ebene festzulegende Parameter vorsehen. Sie sollten von diesen empfohlenen Werten nur abweichen, wenn die geografischen, geologischen oder klimatischen Gegebenheiten oder ein besonderes Schutzniveau dies erforderlich machen. ...

Tragwerksplaner mittels entsprechender Ableitungen (z. B. wissenschaftliche Veröffentlichungen) oder Vergleichsrechnungen nachzuweisen.

Die ergänzenden oder alternativen Anwendungsregeln in diesem Heft sollen eine solche gleichwertige Alternative darstellen.

Anwendungsregeln können, gekennzeichnet durch die Wortwahl (insbesondere der modalen Hilfsverben), Bestimmungen enthalten, von denen bei der Anwendung nicht abgewichen werden darf, da sonst deren Gültigkeit nicht mehr gegeben ist.

Die wesentlichste Abweichung zu früheren deutschen Bemessungsnormen im Betonbau ist die Festlegung im Eurocode 2, dass die Druckspannungen positiv angegeben werden. Es wird erwartet, dass der planende Ingenieur fallbezogen selbst erkennt, ob eine Druckspannung günstig (z. B. tragfähigkeitssteigernd) oder ungünstig wirkt. Gleiches gilt auch für Zugspannungen. Das kann dazu führen, dass Zugspannungen bei tragfähigkeitsreduzierender Wirkung in Gleichungen mit negativem Vorzeichen berücksichtigt werden müssen.

Ergänzende Anmerkungen zu den baurechtlichen Rahmenbedingungen im Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau

Grundsätzlich ist es hilfreich, bei der Bearbeitung konkreter Aufgabenstellungen zwischen den Regelungen zur Bemessung und Konstruktion für Bauarten (z. B. DIN EN 1992-1-1 einschließlich NA) sowie den Regelungen für Bauprodukte zu unterscheiden.

Bauprodukte umfassen Baustoffe (wie z. B. Beton (bestehend insbesondere aus den Bauprodukten Zement und Gesteinskörnung), Betonstahl, Spannstahl), Bauteile (wie z. B. Betonfertigteile) und Bausätze (z. B. Spannverfahren), die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen eingebaut zu werden und deren Verwendung sich auf die öffentliche Sicherheit und Ordnung auswirken kann (§ 2 Absatz 10 MBO). Die Bewertung der Eigenschaften und die Aufstellung von Konformitätsbedingungen für Bauprodukte können auf Grundlage europäischer oder nationaler Dokumente erfolgen. Nach der Bauproduktenverordnung (BauPVO) [R83] können das im Einzelnen sogenannte harmonisierte europäische technische Spezifikationen – also harmonisierte europäische Normen (hEN) oder Europäische Technische Bewertungsdokumente (European Assessment Document - EAD) – sein. National können durch die Einführung als Technische Baubestimmungen beispielsweise DIN-Normen oder DAfStb-Richtlinien relevant sein. Gibt es keine Technischen Baubestimmungen oder allgemein anerkannte Regeln der Technik, dienen allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ), Zustimmungen im Einzelfall (ZiE) oder allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse (abP) als Grundlage.

Eine **Bauart** ist das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen von baulichen Anlagen (§2 Absatz 11 MBO). Man spricht insoweit von Regelungen zur „Planung, Bemessung und Ausführung“. Müssen in der baulichen Anlage bei Planung, Bemessung und Ausführung besondere Randbedingungen berücksichtigt werden und hat z. B. die Art und Weise des Einbaus und das Zusammenwirken mit anderen Bauwerksteilen erheblichen Einfluss auf die dauerhafte Erfüllung der Grundanforderungen an Bauwerke, kann sich bei Ermangelung Technischer Baubestimmungen oder allgemein anerkannter Regeln der Technik zur Berücksichtigung dieser Randbedingungen das Erfordernis für eine allgemeine oder vorhabenbezogene Bauartgenehmigung ergeben.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen und allgemeine Bauartgenehmigungen werden auf Antrag vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) erteilt, soweit die gesetzlichen Anforderungen eingehalten werden.

Für nach der BauPVO harmonisierte Bauprodukte werden keine nationalen Verwendbarkeitsnachweise erteilt. In diesem Sinne ist ein Bauprodukt harmonisiert, wenn es von einer harmonisierten Norm erfasst ist oder wenn für dieses eine ETA ausgestellt ist. Existiert eine harmonisierte Norm für das Bauprodukt, so muss dieses mit einer entsprechenden Leistungserklärung und der CE-Kennzeichnung in Verkehr gebracht werden (Art. 4 und 8 BauPVO). Ist ein Bauprodukt nicht oder nicht vollständig von einer harmonisierten Norm erfasst und kann dessen Leistung in Bezug auf seine Wesentlichen Merkmale nicht vollständig anhand einer bestehenden harmonisierten Norm bewertet werden, so kann eine Europäische Technische Bewertung (European Technical Assessment - ETA) bei einer Technischen Bewertungsstelle beantragt werden (Artikel 19 BauPVO). Existiert noch kein Europäisches Bewertungsdokument, so wird dies zunächst von der Europäischen Organisation für Technische Bewertung (EOTA) erstellt. Sobald ein solches Bewertungsdokument vorliegt, kann für alle von dem Bewertungsdokument erfassten Bauprodukte eine ETA ausgestellt werden. Anhand der ETA muss der Hersteller dann ebenfalls eine Leistungserklärung erstellen und die CE-Kennzeichnung auf dem Bauprodukt anbringen, bevor er das Bauprodukt in Verkehr bringt (Art. 4 und 8 BauPVO). Harmonisierte Normen oder ETAs und zugehörige Bescheinigungen der notifizierten Stellen nach dem anzuwendenden AVCP-System (Assessment and Verification of Constancy of Performance - AVCP) zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit des Bauprodukts ermöglichen dem Hersteller eine gültige Leistungserklärung (Declaration of Performance – DoP) auszufertigen und die CE-Kenn-

zeichnung seines Produkts vorzunehmen. Die Leistungserklärung und die CE-Kennzeichnung ermöglichen das Inverkehrbringen des Produktes auf dem Europäischen Markt. Indem der Hersteller das CE-Kennzeichen anbringt, gibt er an, dass er die Verantwortung für die Konformität des Bauproduktes mit der von ihm erklärten Leistung übernimmt. In Deutschland wurde das DIBt als Technische Bewertungsstelle im Sinne der EU-Bauproduktenverordnung ernannt. Darüber hinaus werden auch von anderen europäischen Technischen Bewertungsstellen Europäische Technische Bewertungen (ETA) ausgestellt (ausführliche Informationen hierzu siehe: www.dibt.de → Europäische Technische Bewertungen bzw. ETA).

Die Novellierung des Bauordnungsrechts und die daraus abgeleiteten Anforderungen an Bauprodukte und Bauarten haben teilweise zu erheblichen Änderungen beim Nachweis von Produktleistungen geführt, bei anderen Produkten hat sich außer der Fundstelle für die zu beachtenden Regelungen jedoch nur wenig oder nichts geändert.

Verwendung von Bauprodukten mit ETA

Im Eurocode 2 wird an mehreren Stellen auf europäische technische Zulassungen (European Technical Approval – abgekürzt mit ETA) auf Grundlage der Bauproduktenrichtlinie [R82] verwiesen. Im Nationalen Anhang werden zusätzlich allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ) in Bezug genommen. Für beide Arten von Dokumenten wird im NA vereinfachend der Begriff „Zulassung“ verwendet. In Anlehnung an den NA wurde dies auch im Heft 600 (2012 und 2020) so übernommen.

Zu beachten ist jedoch, dass in der BauPVO die Europäische Technische Zulassung durch das neue Instrument der Europäischen Technischen Bewertung ersetzt wurde. Zu beachten ist auch, dass der alte Begriff „Zulassung“, ebenso wie Zustimmungen im Einzelfall auch Anwendungsregeln einschloss. Im nationalen Bauordnungsrecht sind mit der Neufassung der MBO [R56] für die Bauart nun statt einer abZ eine allgemeine Bauartgenehmigung und statt einer Zustimmung im Einzelfall eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung vorgesehen. Daher ist es aufgrund der vielen Neuformulierungen und unterschiedlichen Regelungsansätze bis auf Weiteres erforderlich, die Randbedingungen der Verwendung des Begriffs „Zulassung“ im NA und auch im DAFStb-Heft 600 (2020) in jedem Einzelfall zu hinterfragen und zu prüfen, ob sich die Regelung auf Bauarten, harmonisierte oder nicht harmonisierte Bauprodukte bezieht.

Heute muss zudem strikt unterschieden werden, ob es sich um ein harmonisiertes oder nicht harmonisiertes Bauprodukt handelt. Für harmonisierte Bauprodukte werden keine nationalen Verwendbarkeitsnachweise verlangt. Die speziellen Regelungen zur Bauart und damit unmittelbar zur Bauwerkssicherheit bleiben jedoch nach wie vor in der Kompetenz der Mitgliedsstaaten und werden daher getrennt davon national geregelt. Die harmonisierten Bauprodukte werden für einen beabsichtigten Verwendungszweck in Verkehr gebracht ("gehandelt"), ohne dass in jedem Fall alle am Verwendungsort bestehenden Anforderungen nach der einschlägigen harmonisierten technischen Spezifikation erklärt werden können. In jedem Einzelfall ist damit durch den Anwender zu klären, ob mit Blick auf die konkrete Anwendung in der baulichen Anlage alle dafür notwendigen Eigenschaften erklärt sind. Lücken sind ggf. durch freiwillige Angaben (vgl. Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB 2019/1) [R76], Abschnitt D 3⁷⁾) zu schließen. Verwendungsregeln müssen, wenn überhaupt, in ETAs nur insoweit angegeben werden wie das zur Sicherung der bewerteten Eigenschaften als Randbedingung notwendig ist. Fehlende Anwendungsregeln für den Einbau in bauliche Anlagen unter spezifischen Randbedingungen sind über Bauartgenehmigungen (allgemein oder vorhabenbezogen) auszugestalten.

Bei einer Neuausgabe von DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA und nachfolgend in einer zukünftigen Neuausgabe von DAFStb-Heft 600 werden Zulassungs- und Normenbezüge auf den dann gültigen Stand formal angepasst werden.

Planung und Verwendung von tragenden Betonfertigteilen

Die aktuellen, sich aus den Bauwerksanforderungen ergebenden bauaufsichtlichen Vorgaben für Betonfertigteile können der MVV TB (2019/1), Anlage A 1.2.3/1⁷⁾ entnommen werden. Danach ist bei der Verwendung von Betonfertigteilen in Tragwerken auch weiterhin sicherzustellen, dass bei der Auswahl der zu verwendenden Baustoffe die nationalen Regelungen eingehalten werden (Beton nach DIN 1045-2 in Verbindung mit DIN EN 206-1, Betonstahl nach DIN 488, Spannstahl mit abZ). Auch gelten in Deutschland die in DIN EN 1992-1-1/NA getroffenen nationalen Festlegungen für Planung, Bemessung und Ausführung von Bauwerken. Es handelt sich um Regelungen zur Bauart und damit konkrete Bauwerksanforderungen. Da es sich folglich nicht um Bauproduktanforderungen handelt, ist diesbezüglich auch kein Verwendbarkeitsnachweis oder Übereinstimmungszeichen hinsichtlich der für die Bauart zu verwendenden Bauprodukte erforderlich.

⁷⁾ Es gilt entsprechend die jeweilige konkrete Verwaltungsvorschrift nach Landesrecht.

Zum Vorwort

Die neue Eurocode-Generation wurde in Deutschland als Europäische Normen EN (z. B. DIN EN 1992) bauaufsichtlich im Jahr 2012 eingeführt.

Die Norm ist durch ihre Bekanntmachung zu „Verwaltungsvorschriften über Technische Baubestimmungen“ (VV TB) der Bundesländer bauaufsichtlich allgemein verbindlich. Sofern in diesem Heft Bezug genommen wird auf DIN EN 1992-1-1 [R28], schließt dies in der Regel DIN EN 1992-1-1/NA [R29] mit ein.

Zu 1 ALLGEMEINES

Zu 1.1 Anwendungsbereich

Die Norm gilt einheitlich für Tragwerke und Bauteile aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, die vor Ort hergestellt oder vorgefertigt werden.

Bei Spannbetontragwerken werden in Bezug auf die Bemessung alle Arten der Vorspannung mit Spanngliedern (im sofortigen, im nachträglichen oder ohne Verbund, intern und extern geführt) in DIN EN 1992-1-1 geregelt. Die Vorspannkraft ist bis zu einer angegebenen Obergrenze frei wählbar, sofern nicht Mindestanforderungen einen Mindestwert der Vorspannkraft ergeben (z. B. Dekompressionsnachweis nach 7.3).

In Bezug auf die Bauprodukte bzw. die Bauart (Spannsystem und Anwendung der Vorspannung im nachträglichen oder ohne Verbund) sind die Regelungen in DIN EN 1992-1-1 jedoch nicht abschließend.

Zu 1.2 Normative Verweisungen

DIN EN 10080 „Stahl für die Bewehrung von Beton – Schweißgeeigneter Betonstahl“ [R40] wird derzeit überarbeitet. Daher gelten für die Eigenschaften und die Verwendung bzw. Anwendung der Betonstähle bis auf Weiteres die Normen der Reihe DIN 488 [R1] bzw. Zulassungen (z. B. für Gitterträger, nichtrostende Betonstähle, Betonstähle mit besonderen Rippungen).

Ohne vorliegende harmonisierte technische Spezifikationen (EN 10138 ist derzeit weder abgeschlossen noch veröffentlicht), sind allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen mit Bauartgenehmigung in Deutschland die Grundlage für die Verwendung und Anwendung von Spannstahlprodukten in baulichen Anlagen.

Die Richtlinien des DAfStb wurden in Bezug auf die Bemessungsregeln schrittweise auf den Eurocode 2 umgestellt (z. B. „Stahlfaserbeton“ [R62], „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ [R59]). Die noch auf DIN 1045-1 [R4] bezogenen Richtlinien (z. B. "Massige Bauteile aus Beton", Instandsetzungsrichtlinie (2001)) sind sinngemäß anzuwenden.

Zu 1.5 Begriffe

Im Nationalen Anhang wurden 2011 weitgehend die Begriffe aus DIN 1045-1 [R4] wieder aufgenommen, die im Eurocode 2 selbst, aber auch in anderen Normen vorkommen, die Bezug zur Bemessung haben und die sich seit langem als zweckmäßig bewährt hatten. Auf einige mit der Umstellung verbundene Änderungen soll jedoch weiterhin hingewiesen werden.

Die Definitionen des Balkens, Plattenbalkens, der Platte und des wandartigen bzw. scheibenartigen Trägers haben sich im Vergleich zur DIN 1045-1 [R4] geändert.

Die Abgrenzung zwischen Normalbeton, Leichtbeton und Schwerbeton erfolgt in Übereinstimmung mit DIN EN 206-1 [R18] und DIN 1045-2 [R4] nach der Trockenrohddichte, unabhängig von der Festigkeitsklasse. Die Definition der Wichtegrenze zwischen Leichtbeton und Normalbeton wurde in Übereinstimmung mit DIN EN 206-1 [R18] im NA wieder auf 2000 kg/m³ (statt 2200 kg/m³) festgelegt (siehe auch Erläuterungen zu 11.1.1).

Schwerbeton nach NA.1.5.2.10 wird unter Verwendung von schweren Gesteinskörnungen hergestellt. Die bemessungsrelevanten Eigenschaften des Betons können individuell von der jeweils verwendeten Gesteinskörnung abhängen. Für die Bemessung von Bauteilen aus Schwerbeton sind deshalb die Bemessungswerte im Einzelfall zu überprüfen und festzulegen.

Maßgebend für die Abgrenzung zwischen direkter und indirekter Lagerung nach NA.1.5.2.26 ist die Lage des gedachten Knotens, der aus dem Zugband der unteren Bewehrungslage und der letzten Druckstrebe des gestützten Bauteils gebildet wird. An diesem Knoten wird das Bauteil gestützt. Liegt der Knoten in der oberen Hälfte des tragenden Querschnitts des stützenden Bauteils, so liegt eine direkte Lagerung vor. Die Regel in Bild NA.1.1 gilt nur für Rechteckträger, deren Oberkanten in einer Ebene liegen.

Zu 2 GRUNDLAGEN DER TRAGWERKSPLANUNG

Zu 2.1 Anforderungen

Zu 2.1.1 Grundlegende Anforderungen

Es wird zwischen rechnerischen Nachweisen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit unterschieden. Die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit erfüllen das der Norm zugrunde liegende Sicherheitsniveau gegenüber Einsturz oder ähnlichen Formen des Tragwerksversagens. Die Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit sichern allgemein die Gebrauchstauglichkeit des Tragwerks, bauartspezifisch teilweise auch die Dauerhaftigkeit des Tragwerks (z. B. Nachweis der Begrenzung der Rissbreite). Um das Ziel eines angemessen dauerhaften Tragwerks sicherzustellen, sind die zugehörigen rechnerischen Grenzwerte verbindlich formulierte Mindest- oder Maximalwerte. Rechnerische Grenzwerte zur Sicherung der Gebrauchstauglichkeit sind dagegen als Richtwerte angegeben. Für besondere Anforderungen aus der Nutzung bestimmter Bauwerke können abweichende Grenzwerte vereinbart werden, die mit dem Bauherrn in der Projektbeschreibung (siehe NA.2.8) festzulegen sind.

Zu 2.1.2 Behandlung der Zuverlässigkeit

Das DIN EN 1992 zugrunde liegende Sicherheitskonzept ist allgemein in Eurocode 0: DIN EN 1990 [R22], [R23] geregelt. Die zusätzlichen und bauartspezifischen Festlegungen in DIN EN 1992-1-1 berücksichtigen die nichtlinearen Berechnungsverfahren der Schnittgrößenermittlung, das Ermüdungsverhalten der Baustoffe und Tragwerke und geben Ergänzungen zur Spannbetonbauweise.

Teilsicherheitsbeiwerte werden durch andere Sicherheitselemente, die je nach Anwendung multiplikativ oder additiv sein können, ergänzt. Teilsicherheitsbeiwerte und andere Sicherheitselemente sind insgesamt so festgelegt, dass in jedem Nachweis die nach DIN EN 1990 erforderliche Zuverlässigkeit erfüllt ist; siehe auch Erläuterungen in [H2-4] und [H2-5].

Eine Differenzierung der in der Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit anzusetzenden Sicherheitsbeiwerte und Lasten nach Schadensfolgen findet bisher in Deutschland nicht statt (mit wenigen Ausnahmen, z. B. bei Gewächshäusern). Die Bedeutung eines Bauwerks und die Höhe möglicher Schadensfolgen wurden in der MBO [R56] 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 [H2-3].

Zu 2.1.3 Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Qualitätssicherung

Die in DIN EN 1992-1-1 und den zugehörigen bauartspezifischen Bemessungs- und Bauproduktnormen enthaltenen Regelungen zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit sollen bei angemessenem und geplantem Instandhaltungsaufwand in der Regel während einer geplanten Nutzungsdauer von 50 Jahren für Hochbauten die geforderte Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit ohne wesentliche Beeinträchtigung der Nutzungseigenschaften und ohne wesentliche Instandsetzung sicherstellen.

Eine Instandhaltungsplanung, die die wesentlichen Wartungsintervalle und Instandsetzungsmaßnahmen, insbesondere von Baustoffen und Bauteilen mit kürzerer Lebensdauer, umfasst, gehört mit zum Umfang der Planung, falls besondere Bedingungen zu berücksichtigen sind (z. B. bei befahrenen Verkehrsflächen, [H2-3], [H2-9]).

Zu 2.3 Basisvariablen

Zu 2.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse

Zu 2.3.1.2 Temperatureinwirkungen und 2.3.1.3 Setzungen

Zwang infolge von aufgezwungenen, behinderten Bewegungen oder Verformungen, z. B. aus Baugrundsetzungen, Temperaturdifferenzen oder zeitabhängigen Betonverformungen, ist nach DIN EN 1990/NA [R23], NDP zu A.1.3.1 (4) als veränderliche Einwirkung Q zu betrachten.

In statisch unbestimmten Systemen sind die Schnittgrößen infolge äußerer Lasten nur von der Verteilung der Steifigkeiten im System abhängig, die Schnittgrößen infolge Zwangs hingegen auch von den Absolutwerten der Querschnittssteifigkeiten. Bei Biegebauteilen können die Querschnittssteifigkeiten und damit auch die Zwangsschnittgrößen durch Rissbildung deutlich abfallen. Wird bei linear-elastischer Schnittgrößenermittlung der Steifigkeitsabfall infolge Rissbildung nicht detailliert in Ansatz gebracht, darf als pauschale Abminderung entsprechend der bisherigen Praxis der Teilsicherheitsbeiwert auf die Zwangsschnittgröße zu $\gamma_Q = 1,0$ gesetzt werden. Wird hingegen der Steifigkeitsabfall berücksichtigt, ist der Teilsicherheitsbeiwert zu $\gamma_Q = 1,5$ zu setzen.

Bei nichtlinearen Verfahren der Schnittgrößenermittlung ist der Teilsicherheitsbeiwert bei der Zwangursache (z. B. Setzungsdifferenz) anzusetzen, bei linear-elastischer Schnittgrößenermittlung aufgrund des linearen

Zusammenhangs entweder bei der Zwangursache oder bei der Auswirkung des Zwangs (Zwangsschnittgröße).

Bei Verfahren der Schnittgrößenermittlung nach der Plastizitätstheorie hat der Zwang keinen Einfluss auf die Verteilung und Größe der Schnittgrößen, sofern das Tragwerk eine ausreichende Verformbarkeit (Duktilität) aufweist. Es ist jedoch nachzuweisen, dass die Summe der vorhandenen plastischen Drehwinkel aus äußeren Einwirkungen und Zwang den Bemessungswert $\theta_{pl,d}$ nach 5.6.3 (4) nicht überschreitet.

Zu 2.3.1.4 Vorspannung

Zu (3): Externe Spannglieder dürfen nach Absatz (3) auch außerhalb der Umhüllenden des Tragwerks angeordnet werden. Hier werden zusätzliche Maßnahmen zum Schutz vor außergewöhnlichen Einwirkungen (z. B. Anprall, Brand, Vandalismus) empfohlen. Bei weit außerhalb des Querschnitts liegenden Spanngliedern (unterspannte Konstruktionen, Schrägkabelsysteme) ist auch zu prüfen, ob der für Spannbeton mit Spanngliedern im Querschnitt festgelegte Sicherheitsbeiwert $\gamma_p = 1,0$ und die zugehörigen Bemessungskombinationen angemessen sind [H2-3].

Zu 2.3.3 Verformungseigenschaften des Betons

Zu (3): Bei fugenloser Bauweise von Bauteilen mit großen Längenänderungen sind die Auswirkungen aus Temperatur, Schwinden und Kriechen zu berücksichtigen. Diese führen bei behinderter Verformung zu entsprechenden Zwangsschnittgrößen, da diese nicht durch Dehnfugen abgebaut werden.

Zu 2.3.4 Geometrische Angaben

Zu 2.3.4.2 Zusätzliche Anforderungen an Bohrpfähle

Toleranzen für die Bauteile des Spezialtiefbaus (z. B. Schlitzwände, Bohrpfähle), die direkt gegen den Boden betoniert werden, sind in DIN EN 13670 ([R44], [R2]) für die Ausführung von Betonbauwerken nicht erfasst. Auf eine Abminderung des Bohrpfahl-Nenndurchmessers d_{nom} und damit der statischen Nutzhöhe von bewehrten Bohrpfählen für die Bemessung darf verzichtet werden. Dafür sind die gegenüber DIN EN 1992-1-1 vergrößerten Betondeckungen nach DIN EN 1536 [R20], Abschnitt 7.7 zu berücksichtigen, welche den besonderen Ausführungsbedingungen Rechnung tragen. Mit den Mindestbewehrungsregeln nach 9.8.5 wird ein umschnürter Kernquerschnitt gesichert, sodass der Ansatz der Bruttoquerschnittsfläche aus d_{nom} auch für den Betontraganteil gerechtfertigt ist [H2-3].

Bei unbewehrten Bohrpfählen sollte wegen der fehlenden Umschnürung des Kernquerschnitts der reduzierte Nettodurchmesser d anstelle des Nenndurchmessers d_{nom} (= brutto) für die rechnerische Bestimmung der Betontragfähigkeit angesetzt werden.

Zu 2.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten

Zu 2.4.1 Allgemeines

Grenzzustände der Tragfähigkeit

Der Widerstand des kritischen Bauteilquerschnitts im Grenzzustand der Tragfähigkeit hängt von den geometrischen Größen (a) und den Baustoffeigenschaften (X) ab. Allgemein lässt sich für den Bemessungswert des Tragwiderstands schreiben:

$$R_d = R(a_{d1}, a_{d2}, \dots, X_{d1}, X_{d2}, \dots) \quad (\text{H.2-1})$$

Unter der Voraussetzung der Einhaltung der zulässigen Grenzabmaße (maximal zulässige Maßabweichungen) nach DIN EN 13670 [R44], Abschnitt 10.6 dürfen die geometrischen Größen a_d mit ihren Nennwerten, z. B. Entwurfsmaße des Querschnitts, Nennmaß der Betondeckung c_{nom} , ohne weitere Sicherheitselemente angesetzt werden. Damit ist sichergestellt, dass mit den Teilsicherheitsbeiwerten nach 2.4.2.4 die erforderliche Sicherheit erreicht wird.

Die Bemessungswerte der Baustoffeigenschaften X_d werden mit den Teilsicherheitsbeiwerten γ_M und einem Umrechnungsfaktor η aus den charakteristischen Werten der Baustoffeigenschaften X_k ermittelt:

$$X_d = \eta \cdot \frac{X_k}{\gamma_M} \quad (\text{H.2-2})$$

Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M berücksichtigen die Streuungen der Materialkennwerte und die Modellunsicherheiten bei der Ermittlung des Tragwiderstands des kritischen Querschnitts (statistische Effekte).

Der Umrechnungsfaktor η enthält keine statistischen Effekte, sondern deterministisch beschreibbare Einflüsse auf die bemessungsrelevanten Eigenschaften der Baustoffe, z. B. die Auswirkungen der Lastdauer, der Nacherhärtung und der Belastungsgeschwindigkeit. Bei der Ermittlung des Bemessungswertes der Betondruckfestigkeit f_{cd} nach 3.1.6 entspricht der Beiwert α_{cc} dem Umrechnungsfaktor η .

In außergewöhnlichen Bemessungssituationen können die bemessungsrelevanten Eigenschaften der Baustoffe von den DIN EN 1992-1-1 zugrunde liegenden Eigenschaften abweichen, z. B. infolge hoher Belastungsgeschwindigkeiten bei Explosion, Anprall oder Erdbeben. Besondere Angaben zum Beiwert η in diesen Fällen sind in DIN EN 1992-1-1 nicht gegeben. Angaben zu den bemessungsrelevanten Eigenschaften der Baustoffe im Brandfall sind jedoch in DIN EN 1992-1-2 [R30], [R31] enthalten.

Die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit werden durch Gegenüberstellung der Bemessungswerte der Beanspruchungen E_d (hier im Allgemeinen Schnittgrößen) und der entsprechenden Widerstandsgrößen R_d geführt:

$$E_d \leq R_d \quad (\text{H.2-3})$$

Die Bemessungswerte der Beanspruchungen E_d sind nach DIN EN 1990 [R22] in den GZT unter Ansatz von Teilsicherheitsbeiwerten $\gamma_f \geq 1,0$ für die jeweils betrachtete Bemessungssituation zu ermitteln.

Grenzzustände der Tragfähigkeit infolge Verlust der Lagesicherheit des Tragwerks oder eines seiner Teile (z. B. durch Abheben, Umkippen und Aufschwimmen) sind in DIN EN 1990 [R22] geregelt, da sie bauartunabhängig sind.

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Die Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit werden durch Gegenüberstellung der Bemessungswerte der Beanspruchungen E_d (hier Spannungen, Verformungen, rechnerische Rissbreiten) und der zugehörigen Gebrauchstauglichkeitskriterien C_d geführt:

$$E_d \leq C_d \quad (\text{H.2-4})$$

Die Bemessungswerte der Einwirkungen dürfen in den GZG mit $\gamma_f = 1,0$ ermittelt werden, d. h. der repräsentative Wert einer Einwirkung oder deren Auswirkung (z. B. Spannung) wird als unmittelbarer Bemessungswert verwendet.

Bei vorgespannten Bauteilen beinhaltet der Nachweis der Begrenzung der Rissbreite nach 7.3 auch den Nachweis des Grenzzustands der Dekompression im Querschnitt.

Insbesondere bei weitgespannten Decken mit entsprechender Nutzung (z. B. Tanzsäle oder Sporthallen) kann zur Sicherung der Gebrauchstauglichkeit auch die Begrenzung menscheneregter Schwingungen notwendig sein. Hinweise dazu können der Literatur z. B. [H2-1], [H2-2] entnommen werden.

In DIN EN 1990 [R22], 6.5 sind die folgenden Einwirkungskombinationen beschrieben:

- charakteristische (seltene) Einwirkungskombination,
- häufige Einwirkungskombination und
- quasi-ständige Einwirkungskombination.

In der quasi-ständigen Einwirkungskombination werden die veränderlichen Einwirkungen mit ihren quasi-ständigen Werten $\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$, als zeitlicher Mittelwert mit einer Überschreitungs- oder Unterschreitungshäufigkeit von 50 % definiert, angesetzt. Zu ein und derselben veränderlichen Einwirkung gehörende Nutz- oder Verkehrslasten sind im Allgemeinen ungünstigst (feldweise) anzuordnen. Bei der Berechnung von Langzeitauswirkungen (z. B. Berechnung der zeitabhängigen Vorspannverluste nach 5.10.6) und bei Nachweisen, bei denen die Einwirkungsgröße unter Berücksichtigung deren zeitabhängigen Veränderung berechnet wird (z. B. beim Nachweis nach 7.2 (5)), ist jedoch eine feldweise Anordnung nicht erforderlich. Vielmehr sollten in diesen Fällen alle Felder eines Durchlauftragwerks mit dem gleichen quasi-ständigen Wert ($\psi_2 \cdot Q_k$) belastet werden.

Zu 2.4.2 Bemessungswerte

Zu 2.4.2.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen aus Vorspannung

Zu (2): Nichtlineare Verfahren schließen in der Regel Nachweise nach Theorie II. Ordnung von stabilitätsgefährdeten Druckgliedern mit ein. Da die Auswirkungen der Vorspannung auf geometrische und physikalische Nichtlinearitäten unterschiedlich günstig und ungünstig sein können, sind diese im GZT fallweise mit einem obereren ($\gamma_{P,unfav} = 1,2$) und unteren ($\gamma_{P,fav} = 0,83$) Bemessungswert der Vorspannung zu untersuchen. Dies gilt für alle Vorspannarten. Die Festlegung von $\gamma_{P,unfav} = 1,0$ für extern vorgespannte Druckglieder hat daher wegen der nationalen Ergänzung zu nichtlinearen Verfahren keine praktische Bedeutung [H2-3].

Größere oder kleinere Werte für den Bemessungswert der Vorspannkraft sollten auch dann angenommen werden, wenn dem Spannglied entscheidende Bedeutung für die Tragfähigkeit des Tragwerks oder eines Bauteils zukommt (z. B. als Abspannung oder Zuganker).

Zu (3): Für die Bemessung der Bügelbewehrung im Eintragungsbereich der Vorspannung brauchen Zugkräfte aus Querkraft/Torsion und Spaltzug nicht addiert werden. Die jeweils größere Zugkraft ist mit Bewehrung abzudecken (siehe auch DAFStb-Heft [599], Abschnitt 15, [H2-11] und [H2-12]).

Zu 2.4.2.3 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen beim Nachweis gegen Ermüdung

Die Ermüdungsnachweise werden wegen der Abhängigkeit des Materialverhaltens vom realen Spannungsniveau, um welches die Schwingbreite oszilliert, anders als die anderen Nachweise im GZT auf der Basis häufig wiederkehrender Lasten im Gebrauchszustand geführt. Der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{F, \text{fat}}$ wurde mit 1,0 festgelegt, da davon ausgegangen wird, dass die zugrunde liegende Lastfallkombination bereits zu einem ausreichenden Sicherheitsniveau führt [H2-3].

Die Abgrenzung von vorwiegend ruhenden zu nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen erfolgt im Allgemeinen bei einer auf die Nutzungsdauer bezogenen Lastwechselzahl von $N = 10^4$ [H2-8]. Bis zu dieser Lastwechselzahl ist der Ermüdungseinfluss in der statischen Bemessung abgedeckt. Wird in den Einwirkungsnormen für eine nicht ruhende und dynamisch wirkende Last eine „vorwiegend ruhende statische Ersatzlast“ unter Einschluss der dynamischen Wirkung definiert, wie z. B. für den böigen Wind oder für Parkhauslasten, kann man davon ausgehen, dass für diese Last keine Ermüdungsberechnung erforderlich ist [H2-3].

Zu 2.4.2.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe

Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Bemessung der Bauteilwiderstände im Hochbau sind für normalfesten Beton, für Betonstahl und für Spannstahl in DIN EN 1992-1-1/NA identisch mit DIN 1045-1 [R4] festgelegt.

Das Verhältnis der Teilsicherheitsbeiwerte γ_c für Beton und γ_s für Betonstahl und Spannstahl entspricht im Prinzip dem Verhältnis der früheren globalen Sicherheitsbeiwerte 2,1 und 1,75 in Abhängigkeit von dem das Querschnittsversagen bestimmenden Versagensmechanismus (Betonversagen oder Stahlversagen in DIN 1045:1988-07 [R6]). Der höhere Teilsicherheitsbeiwert für Beton berücksichtigt insbesondere die größere Streuung der Betonfestigkeiten.

Die Indizes der Teilsicherheitsbeiwerte γ_c und γ_s sind konsequent groß geschrieben, da es sich um Teilsicherheitsbeiwerte der Materialeite γ_M handelt, die die Modellunsicherheiten bei den Bauwerkswiderständen und die Unsicherheiten der Baustoffeigenschaften berücksichtigen.

Für Bauteile aus hochfestem Beton war nach DIN 1045-1 [R4] noch ein von der Betondruckfestigkeit abhängiger vergrößerter Teilsicherheitsbeiwert ($\gamma_c \cdot \gamma_c'$) zu berücksichtigen. Bei Biegung mit Längskraft und bei Druckgliedern wird auf diesen erhöhten Teilsicherheitsbeiwert in DIN EN 1992-1-1 mit NA nunmehr verzichtet. Da jedoch die zunehmende Sprödigkeit bei hochfestem Beton insbesondere im Bereich von Betondruckstreben wesentlich größere Bedeutung hat, wurde in DIN EN 1992-1-1/NA eine direkte Abminderung der Druckstrebenfestigkeit hochfester Betone $\geq C55/67$ bzw. $\geq LC55/60$ mit dem Faktor $\eta_2 = 1,1 - f_{ck} / 500$ bei Querkraft- und Torsionsbeanspruchung, Stabwerkmodellen usw. eingeführt.

Mit den sicherheitstheoretischen Annahmen für die geometrischen Streuungen korrespondieren die einzuhaltenden Grenzabmaße in der Bauausführung, die für die Querschnittsabmessungen und die Lage der Bewehrung und Spannglieder in DIN EN 13670 [R44] bzw. DIN 1045-3 [R4] festgelegt sind. Für die Maßtoleranzen werden in DIN EN 13670 zwei konstruktive Toleranzklassen vorgegeben. Am fertig gestellten Tragwerk gilt Toleranzklasse 1 für normale Toleranzen. Weitergehende Anforderungen an Toleranzen können ggf. nach DIN 18202 [R15] bzw. für Betonfertigteile nach deren EN-Normen festgelegt werden. Die für die Toleranzklasse 1 in DIN EN 13670 bzw. in DIN 1045-3 angegebenen Werte entsprechen den Bemessungsannahmen von DIN EN 1992, insbesondere mit Bezug auf die Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe. Die Toleranzklasse 2 ist als Voraussetzung für die Verwendung abgeminderter Teilsicherheitsbeiwerte vorgesehen, welche jedoch im deutschen NA ausgeschlossen worden ist (siehe Anhang A).

Besondere, über die festgelegten Toleranzen hinausgehende Anforderungen sind demnach in die bautechnischen Unterlagen aufzunehmen.

Zu 2.4.2.5 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe bei Gründungsbauteilen

In DIN EN 1992-1-1/NA zu 2.4.2.5 (2) wird mit Verweis auf DIN EN 1536 [R20] auf eine weitere Erhöhung des Teilsicherheitsbeiwertes γ_c für Beton mit $k_f = 1,1$ bei der Bemessung von Bohrpfählen verzichtet. Die mit der Bohrpfählherstellung verbundenen größeren Streuungen in der Betonfestigkeit werden schon in DIN EN 1536 [R20], 6.3.3, Tabelle 3, gegenüber den in DIN 1045-2:2008-08 [R4], Tabellen F.2.1 und F.2.2 festgelegten erhöhten Mindestzementgehalten von $z \geq 325 \text{ kg/m}^3$ beim Einbringen im Trockenen bzw. $z \geq 375 \text{ kg/m}^3$ beim Einbringen unter Wasser aus Sicht der Geotechnik ausreichend berücksichtigt [H2-7].

Zu 2.4.3 Kombinationsregeln für Einwirkungen

Bei mehreren in einer Bemessungssituation gleichzeitig auftretenden und voneinander unabhängigen Einwirkungen sind die Beanspruchungen E_d für die Kombinationen der Einwirkungen zu berechnen.

Bei linear-elastischer Schnittgrößenermittlung gilt das Superpositionsprinzip. Der Bemessungswert der Beanspruchung E_d kann in diesem Fall durch Kombination der aus den einzelnen unabhängigen Einwirkungen ermittelten Beanspruchungen (Schnittgrößen der Einzellastfälle) ermittelt werden.

Einwirkungen werden durch charakteristische Werte F_k (ständige Einwirkungen G_k , veränderliche Einwirkungen Q_k) beschrieben. Es handelt sich dabei um Mittelwerte oder Quantilwerte statistischer Verteilungen. Werte für direkte Einwirkungen (äußere Lasten) sind in den Einwirkungsnormen der Reihe DIN EN 1991 festgelegt.

Für die veränderlichen Einwirkungen Q (z. B. Nutzlasten, Verkehrslasten) sind in DIN EN 1991 repräsentative Werte $Q_{rep,i}$ als Produkte eines charakteristischen Wertes Q_k mit einem Kombinationsbeiwert $\psi_i \leq 1,0$ in der Art definiert, dass die Überschreitungsdauer oder die Überschreitungshäufigkeit der Werte innerhalb eines Bezugszeitraums auf eine bestimmte Größe begrenzt ist.

Für die Nachweise in den Grenzzuständen werden die repräsentativen Werte F_{rep} (G_k , Q_k oder $Q_{rep,i}$) durch die Multiplikation mit Teilsicherheitsbeiwerten γ_F in Bemessungswerte F_d überführt.

Durch die Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen γ_F werden neben den Unsicherheiten der Einwirkungen selbst auch die Modell- und Geometrieunsicherheiten, z. B. bei der Festlegung des statischen Systems oder der Steifigkeiten, erfasst. Daraus folgt, dass auch bei größtmäßig sehr genau erfassbaren Einwirkungen, z. B. aus der Füllung von Flüssigkeitsbehältern mit Füllhöhenbegrenzung, die verbleibenden Modellunsicherheiten durch einen Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_F \approx \gamma_G = 1,35$ zu berücksichtigen sind (vgl. auch DIN EN 1990/NA [R23], NDP zu A.1.3.1 (4)).

Zu (1): Die allgemeinen Kombinationsregeln für Einwirkungen bei linear-elastischer Schnittgrößenermittlung dürfen entweder auf die Einwirkungen selbst oder auf die Auswirkungen bezogen werden, d. h. auf Schnittgrößen oder auch auf innere Kräfte bzw. Spannungen in einem Querschnitt, die von mehreren Schnittgrößen (z. B. Interaktion von Längskraft und Biegemoment) abhängen. Bei linearer Schnittgrößenermittlung sind die Auswirkungen den Einwirkungen proportional.

Die Kombinationsregeln berücksichtigen die statistische Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens der in der Regel auf eine Auftretenswahrscheinlichkeit von einmal in 50 Jahren (98 %-Quantilwert) definierten charakteristischen Größen veränderlicher Einwirkungen. Diese Kombinationsregeln führen auf der anderen Seite zu einer möglichen Vielzahl von Einwirkungskombinationen, die die Überschaubarkeit und Prüfbarkeit der statischen Berechnungen deutlich reduzieren und die Fehleranfälligkeit erhöhen kann. Dies hat in der Praxis zu teilweise grundsätzlicher Kritik des Sicherheitskonzeptes geführt.

In vielen Fällen kann es nach wie vor sinnvoll sein, alle oder viele Kombinationsbeiwerte ψ auf 1,0 zu setzen. Darunter leidet das Bemessungsergebnis in wirtschaftlicher Hinsicht kaum. Im Gegenteil ist mit Blick auf immer wieder erforderlich werdende Tragfähigkeitsreserven und auf die nachhaltige (Um-)nutzung von Immobilien eine solche Vorgehensweise angemessen. Andererseits kann die Kombinatorik bei einer größeren Zahl veränderlicher Einwirkungen, beispielsweise bei der Beurteilung beim Bauen im Bestand, nutzbringend angewendet werden.

Wegen des relativ hohen Eigenlastanteils im Massivbau weichen die Schnittgrößen nicht wesentlich ab, wenn man die Anzahl der Einwirkungskombinationen durch folgende, auf der sicheren Seite liegende Vereinfachung bei den Kombinationsbeiwerten gegenüber der vollständigen Kombinationswertetabelle NA.A.1.1 aus DIN EN 1990/NA [R23] analog Tabelle H2.1 reduziert. Dies führt nicht zu unwirtschaftlichen, sondern zu robusten und nachhaltigen Konstruktionen sowie zu verbesserter Übersichtlichkeit und Prüfbarkeit der statischen Berechnung.

Für Beton- und Stahlbetonbauteile im üblichen Hochbau (außer Lagerräume und Baugrundsetzungen) sind dann z. B. die Gleichungen (H-2-5) bis (H.2-7) anwendbar.

- GZT: ständige und vorübergehende Kombination

$$E_d = \sum_{j \geq 1} 1,35 \cdot E_{G_{k,j}} + 1,5 \cdot E_{Q_{k,1}} + 1,5 \sum_{i > 1} 0,7 \cdot E_{Q_{k,i}} \quad (\text{H.2-5})$$

- GZG: häufige Kombination (z. B. Spannungsbegrenzung)

$$E_{d,char} = \sum_{j \geq 1} E_{G_{k,j}} + 0,7 \sum_{i \geq 1} E_{Q_{k,i}} \quad (\text{H.2-6})$$

- GZG: quasi-ständige Kombination (z. B. Rissbreiten, Verformungen)

$$E_{d,perm} = \sum_{j \geq 1} E_{G_{k,j}} + 0,6 \sum_{i \geq 1} E_{Q_{k,i}} \quad (\text{H.2-7})$$

Tabelle H2.1 – Vereinfachte Kombinationsbeiwerte für Beton- und Stahlbetonbauteile im üblichen Hochbau

	1	2	3	4
	Einwirkung ^{a)}	charakteristisch ψ_0	häufig ψ_1	quasi-ständig ψ_2
1	<ul style="list-style-type: none"> • Kategorie A/B: Wohn-, Aufenthalts-, Büroräume • Kategorie C: Versammlungsräume • Kategorie D: Verkaufsräume • Kategorie F/G: Verkehrsflächen • Schneelasten, Windlasten • Temperatureinwirkungen 	0,7		0,6
2	<ul style="list-style-type: none"> • Kategorie E: Lagerräume • Baugrundsetzungen 		1,0	

^{a)} Nutzlasten im Hochbau (Kategorien siehe DIN EN 1991-1-1 [R24])

Zu (2): Da die Streuungen der Eigenlasten innerhalb eines Bauteils gering sind, dürfen bei Hochbauten die Konstruktionseigenlast und die Eigenlasten nichttragender Teile im Allgemeinen zu einer gemeinsamen unabhängigen Einwirkung G_k (Eigenlasten) zusammengefasst werden (vgl. DIN EN 1991-1-1 [R24], 3.2 (1)). In diesem Fall darf bei durchlaufenden Platten und Balken der gleiche Bemessungswert bei ungünstiger Auswirkung mit $G_{d,sup} = 1,35G_k$ und bei günstiger Auswirkung mit $G_{d,inf} = 1,0G_k$ in allen Feldern angesetzt werden.

Der Einfluss der Variation der Eigenlasten auf die Sicherheit ist vom Verhältnis der Eigenlasten zu den wesentlich stärker streuenden veränderlichen Einwirkungen abhängig. Daher setzt diese Regel voraus, dass die Summe der veränderlichen Einwirkungen je Feld mindestens 20 % der Summe der ständigen Einwirkungen je Feld beträgt. Davon kann im Hochbau im Allgemeinen ausgegangen werden.

Diese Regel setzt weiterhin nicht zu große Spannweitenunterschiede in den Feldern voraus. Insbesondere bei langen Kragarmen kann eine feldweise ungünstige Anordnung der Eigenlast mit dem oberen oder unteren Bemessungswert erforderlich sein. Besondere Bemessungssituationen, z. B. Entfall der entlastenden Wirkung von ständigen Einwirkungen auf Kragarme im angrenzenden Feld im Reparaturfall, sind ggf. gesondert zu berücksichtigen.

Der Nachweis der Lagesicherheit ist in DIN EN 1990 [R22] geregelt. Dabei werden die charakteristischen Werte aller ungünstig wirkenden Anteile der ständigen Einwirkungen, z. B. Eigenlasten, Erddruck, mit einem Faktor $1,10 \geq \gamma_{G,sup} \geq 1,00$ und die charakteristischen Werte aller günstig wirkenden Anteile mit einem Faktor $0,90 \leq \gamma_{G,sup} \leq 0,95$ multipliziert (vgl. DIN EN 1990/NA [R23], NDP zu A.1.3.1 (3)). Ist der Grenzzustand der Lagesicherheit für eine Stützung zu untersuchen, sollten hierbei nicht nur die Stützgrößen (Auflagerkräfte), sondern auch die Schnittgrößen in den angrenzenden Bauteilen betrachtet werden.

Zu 2.5 Versuchsgestützte Bemessung

Die Anwendung der versuchsgestützten Bemessung in der Tragwerksplanung bedarf der Zustimmung des Bauherrn und der zuständigen Behörde (DIN EN 1990/NA:2010-12 [R23], NCI zu 5.2 (1)).

Belastungsversuche können den Standsicherheitsnachweis bestehender Bauteile aus besonderem Anlass ergänzen, wenn dieser trotz gründlicher Bauwerksuntersuchung und Berechnung nicht erbracht werden kann. Die Neuausgabe der DAFStb-Richtlinie „Belastungsversuche an Betonbauwerken“ [R65] erläutert die zweckmäßige Vorgehensweise und die Auswertung.

Zu 2.6 Zusätzliche Anforderungen an Gründungen

Zu (3): Für die Tragwerksplanung von Gründungen und ihre Interaktion mit dem Baugrund sind DIN EN 1990 (Grundlagen der Tragwerksplanung), DIN EN 1991 (Einwirkungen), DIN EN 1992 (Tragwerke aus Beton) und DIN EN 1997 (Sicherheitsnachweise in der Geotechnik) mit den jeweiligen Nationalen Anhängen heranzuziehen, wobei zusätzliche nationale Anwendungsregeln zum Eurocode 7 in DIN 1054 [R10] enthalten sind (im Sinne von NCI). Darüber hinaus sind ggf. die Normen des Spezialtiefbaus zu berücksichtigen ([R17], [R20], [R21], [R43], [R46]).

Die Bemessung in Grenzzuständen mit Teilsicherheitsbeiwerten ist auch für Standsicherheitsnachweise in der Geotechnik eingeführt worden. Dabei weichen einzelne Regelungen in Bezug auf die Grundlagen des Sicherheitskonzepts von den Bemessungsregeln im Betonbau ab (z. B. Nachweis der Kippsicherheit von Fundamenten durch Begrenzung der klaffenden Sohlfuge mit charakteristischen Einwirkungen im GZG statt unter γ -fachen günstigen bzw. ungünstigen Einwirkungen im GZT), weitere Beispiele und Erläuterungen siehe [H2-6].

Zu 2.7 Anforderungen an Befestigungsmittel

Bei der Planung und Ausführung von Befestigungen in Beton ist generell zwischen den Anforderungen an die Bauprodukte (Leistungsmerkmale und Eigenschaften) und den Regelungen für die Bemessung zu unterscheiden.

Festlegungen für die Bauprodukte können entweder auf europäischer oder auf nationaler Ebene erfolgen. Im Hinblick auf die dabei zu beachtenden Besonderheiten sei auf die Ausführungen in der Einleitung zu diesem Heft verwiesen.

Auf europäischer Ebene werden seit 2013 Europäische Technische Bewertungen (ETAs) für Befestigungsmittel zur Verankerung in Beton erteilt. Die Erteilung dieser ETAs erfolgte zunächst (wie bei den früheren europäischen technischen Zulassungen, ebenfalls ETA) auf Grundlage von Zulassungsleitlinien (ETAG – Guideline for European Technical Approval). Mit der Verfügbarkeit entsprechender europäischer Bewertungsdokumente (EAD – European Assessment Document) bilden diese die Grundlage für die Erteilung von ETAs. Harmonisierte europäische Normen (hEN) für Befestigungsmittel zur Verankerung in Beton gibt es bisher nicht.

National kann der Nachweis der Verwendbarkeit von Befestigungsmitteln in Beton auch durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ), in Ausnahmefällen durch Zustimmungen im Einzelfall (ZiE), ggf. in Verbindung mit einer allgemeinen (aBG) oder vorhabenbezogenen (vBG) Bauartgenehmigung erfolgen. Auch wenn in den vergangenen Jahren viele abZ durch ETAs ersetzt wurden, werden auch weiterhin nationale Zulassungen benötigt werden, da nicht für alle Arten von Befestigungsmitteln und Anwendungen Bewertungsdokumente (EAD) als Grundlage für die Erteilung von ETAs zur Verfügung stehen, oder weil der Antragsteller dies so wünscht.

Für die Bemessung der Verankerung von Befestigungen stehen bisher unterschiedliche Verfahren zur Verfügung. Auf das jeweils anwendbare Bemessungsverfahren wird in den Zulassungsbescheiden bzw. ETAs verwiesen. Dies kann beispielsweise in den Leitlinien für europäische technische Zulassungen (z. B. ETAG 001, Anhang C [R85]), in Technical Reports (z. B. EOTA TR 020 [R86]) oder auch in den Teilen von CEN/TS 1992-4:2009 bzw. DIN SPEC 1021-4 [R37] enthalten sein.

Zukünftig wird in den meisten ETAs und abZ/aBG auf DIN EN 1992-4 [R73], [R74] als Bemessungsregel verwiesen werden, da DIN EN 1992-4 hinsichtlich der vorhandenen Bemessungsregelungen den aktuellen Stand der Technik darstellt. Die in der entsprechenden Zulassung oder ETA angegebenen charakteristischen Widerstandswerte und sonstigen Parameter gelten dann ausschließlich für dieses Bemessungsverfahren. Es ist vorgesehen, DIN EN 1992-4 mit der Umsetzung der MVV TB 2020/1 in den Bundesländern bauaufsichtlich bekannt zu machen. Gleichzeitig sollen die bisherigen Regelungen gestrichen werden. Ausführliche Erläuterungen zu DIN EN 1992-4 finden sich in DAfStb-Heft [615].

Bei Fertigstellung dieses Heftes gab es bereits eine Reihe von ETAs/abZ mit Bezug auf DIN EN 1992-4. Ebenso wird es nach der bauaufsichtlichen Bekanntmachung von DIN EN 1992-4 noch ETAs mit nicht begrenzter Gültigkeitsdauer geben, die auf die veralteten Bemessungsdokumente verweisen. Für den Umgang mit Abweichungen von den Technischen Baubestimmungen gelten die Festlegungen der Landesbauordnungen.

Es ist zwingend zu beachten, dass die in der jeweiligen Zulassung bzw. Bewertung (abZ bzw. ETA) angegebenen charakteristischen Widerstandswerte nur für das in Bezug genommene Bemessungsverfahren gelten. Die Mischung mehrerer Bemessungsverfahren ist nicht zulässig. Die in den abZ/ETA enthaltenen Montageanleitungen sind im Detail zu beachten, da die richtige Montage Grundlage für die Bemessung ist.

Nachträglich eingemörtelte Bewehrungsstäbe sind in DIN EN 1992-1-1 nicht explizit erwähnt. Die MVV TB [R76] enthält jedoch neben den Festlegungen zur Planung, Bemessung und Ausführung von einbetonierten oder nachträglich gesetzten Befestigungsmitteln zur Verankerung in Beton (MVV TB, Anhang 2) auch Regelungen zu nachträglichen Bewehrungsanschlüssen mit eingemörtelten Bewehrungsstäben (MVV TB, Anhang 1).

Die dort enthaltenen Regelungen gelten für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse mit Injektionsmörteln, deren Leistung über eine Europäische Technische Bewertung (ETA) nachgewiesen ist. Auf Basis der erklärten Leistung ist eine Bemessung nach DIN EN 1992-1-1 möglich. Für Mörtel mit einer CE-Kennzeichnung nach DIN EN 1504-6 [R72] für Bewehrungsanschlüsse bei Instandsetzungsmaßnahmen gibt es für die erklärten Leistungen kein Bemessungsverfahren. Wenn es Anforderungen an die Tragfähigkeit gibt, kann daher nicht festgestellt werden, ob die erklärten Leistungen die Anforderungen erfüllen. Weitere Hinweise zur sicheren und regelungsgerechten Verwendung von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen enthält [H2-10].

Zu NA.2.8 Bautechnische Unterlagen

Der Abschnitt zu den Anforderungen und Inhalten der bautechnischen Ausführungsunterlagen aus DIN 1045-1 [R4] wurde in angepasster Form in den Nationalen Anhang übernommen.

Zu NA.2.8.1 Umfang der bautechnischen Unterlagen

Der Mindestumfang der zu erstellenden bautechnischen Unterlagen wird durch die baurechtlichen Bestimmungen der Bundesländer bzw. durch Sonderregelungen der öffentlichen Auftraggeber festgelegt.

Zu NA.2.8.2 Zeichnungen

Zeichnungen sind die zur Bauausführung erforderlichen planlichen Unterlagen.

Zu den weiteren Anforderungen an den Beton auf Bewehrungsplänen gehören z. B. die Feuchtigkeitsklasse nach Tabelle 4.1, NA.7, oder eine ggf. notwendige Begrenzung des Größtkorns der Gesteinskörnung oder die Festlegung der Festigkeitsentwicklung des Betons (z. B. entsprechend dem Konzept der Rissbreitenbegrenzung nach 7.3.2).

Hinweise zur Festlegung von Ausschulfristen abhängig vom Erhärtungsverlauf des Betons und der Belastung während der Bauzeit sind im DBV-Merkblatt „Betonschalungen und Ausschulfristen“ [DBV6] enthalten.

Mit besonders hohem seitlichem Frischbetondruck ist bei fließfähigen, leichtverdichtbaren Betonen in hohen Betonierabschnitten zu rechnen ([R16], DAfStb-Heft [567]). Dies gilt insbesondere für selbstverdichtenden Beton.

Zu NA.2.8.3 Statische Berechnungen

Für die statischen Berechnungen wird das in den Planunterlagen dargestellte Bauwerk in einem statischen Rechenmodell abgebildet. Alle relevanten Einwirkungen sind anzusetzen. Vorzugsweise zur Ermittlung der Schnittgrößen komplexer statischer Systeme werden moderne Berechnungsverfahren verwendet. Für die Aufbereitung der Ergebnisse hinsichtlich Übersichtlichkeit und Prüfbarkeit wird auf die „Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise (Ri-EDV-AP-2001)“ [R66] der Bundesvereinigung der Prüfeningenieure für Bautechnik hingewiesen.

Zu NA.2.8.4 Baubeschreibung

Für die Herstellung und Beurteilung von Beton mit gestalteten Ansichtsflächen werden im DBV-Merkblatt „Sichtbeton“ [DBV8] Hinweise gegeben. Die dort definierten „Sichtbetonklassen“ sind geeignet, die besonderen Anforderungen an die Oberflächen in einer Baubeschreibung zu definieren und zu vereinbaren. Für Fertigteile kann alternativ auch die Anwendung des FDB-Merkblatts über „Sichtbetonflächen von Fertigteilen aus Beton und Stahlbeton“ [FDB1] vereinbart werden.

Zu 3 BAUSTOFFE**Zu 3.1 Beton****Zu 3.1.1 Allgemeines**

In diesem Abschnitt sind die bemessungsrelevanten Eigenschaften des Betons zusammengefasst. Die Konformität des Betons wird im Wesentlichen nur über die Betondruckfestigkeit nachgewiesen. Die anderen bemessungsrelevanten Eigenschaften werden aus der Betondruckfestigkeit abgeleitet.

Die in der Norm und in den folgenden Erläuterungen angegebenen Beziehungen gelten für den allgemeinen Fall. Grundsätzlich verändern sich mit steigender Druckfestigkeit in der Tendenz auch alle anderen Betoneigenschaften. Dies gilt insbesondere für die weiteren Festigkeitswerte und die Formänderungskenngrößen unter sonst gleichen Voraussetzungen [H3-10]. In Abhängigkeit von der Betonzusammensetzung, von der Zementart und von den Eigenschaften der verwendeten Gesteinskörnungen können aber die tatsächlichen Eigenschaften von den aus der Druckfestigkeit abgeleiteten Eigenschaften mehr oder weniger deutlich abweichen. Sofern sichere Erfahrungswerte oder Prüfwerte für die bemessungsrelevanten Eigenschaften des zum Einsatz kommenden Betons vorliegen, sollten diese bei der Tragwerksplanung angesetzt werden. Bei gegen Abweichungen bestimmter Betonkennwerte (z. B. Elastizitätsmodul, Betonzugfestigkeit) empfindlichen Tragwerken oder Bauteilen sollten die betreffenden Kennwerte als zusätzliche Anforderungen bei der Festlegung des Betons nach DIN EN 206-1 [R18] vereinbart, in einer Erstprüfung experimentell ermittelt und durch Produktionskontrollen überwacht werden. Die Prüfungen des Betons sollten anwendungsbezogen und nach einheitlichen Prüfverfahren durchgeführt werden; siehe z. B. DAfStb-Heft [422].

Zu (2): Die Bemessung von Tragwerken und Bauteilen aus Leichtbeton ist in DIN EN 1992-1-1 ergänzend in Abschnitt 11 geregelt. Um die Lesbarkeit des Normtextes zu verbessern, wurde auf eine doppelte Schreibweise der Formelzeichen verzichtet. Die bemessungsrelevanten Eigenschaften des Leichtbetons weichen von denen des Normalbetons teilweise deutlich ab. Die Integration des Leichtbetons in das Regelwerk wurde im Wesentlichen durch von der Trockenrohichte abhängige Korrekturfaktoren η_1 , η_2 , η_3 und η_E für die Betonkennwerte des Normalbetons, für die Endkriechzahlen und bei den Bemessungsgleichungen im Abschnitt 11 vorgenommen. Für weitere Erläuterungen siehe [H3-6].

Zu (NA.3): Anforderungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformitätskriterien sind für Beton, der für Ortbetonbauwerke, vorgefertigte Bauwerke und Fertigteile für Gebäude und Ingenieurbauwerke verwendet wird, in DIN EN 206-1 [R18] geregelt. DIN EN 206-1 weist an einigen Stellen auf nationale Regeln hin, um unterschiedliche klimatische und geografische Bedingungen, verschiedene Schutzniveaus sowie bewährte regionale Gepflogenheiten und Erfahrungen zu berücksichtigen. In Deutschland sind diese Regeln in DIN 1045-2 [R4] enthalten. Als Arbeitshilfe für den Anwender sind in DIN-Fachbericht 100 [R52] bzw. in [H3-8] die Festlegungen beider Normen zu einem durchgängig lesbaren Text zusammengefügt.

Zu 3.1.2 Festigkeiten

Zu (1)P: Der Klassifizierung der Betone liegt die charakteristische Druckfestigkeit f_{ck} , definiert als Druckfestigkeit von Probezylindern mit $h / D = 300 / 150$ mm im Alter von 28 Tagen, zugrunde (in DIN EN 206-1 [R18] mit $f_{ck,cyl}$ bezeichnet).

Der maßgebende Festigkeitswert für die Bemessung nach DIN EN 1992-1-1 ist die an Probezylindern ermittelte charakteristische Druckfestigkeit f_{ck} (bei Leichtbeton mit f_{ck} bezeichnet), da diese der einaxialen Druckfestigkeit im Bauteil besser als die Würfeldruckfestigkeit entspricht.

Für die Konformitätskontrolle nach DIN 1045-2 [R4] ist allerdings – sofern nichts anderes vereinbart wurde – die an Probewürfeln mit einer Kantenlänge $h = 150$ mm ermittelte Druckfestigkeit $f_{c,cube}$ zu verwenden. Aufgrund der unterschiedlichen vorgeschriebenen Lagerungsbedingungen und Würfelgrößen entsprechen die Würfeldruckfestigkeiten $f_{ck,cube}$ nur ungefähr, aber nicht exakt den Werten β_{w200} nach DIN 1045:1988-07 [R6]. Eine Zuordnung der Festigkeitsklassen nach dem alten und dem neuen Normenwerk kann [DBV11] entnommen werden. Die den Festigkeitsklassen des Leichtbetons zugeordneten charakteristischen Würfeldruckfestigkeiten (in DIN 1045-1 [R4] mit $f_{ck,cube}$ bezeichnet) unterscheiden sich von denen des Normalbetons, da bei Leichtbeton der Einfluss der Probekörpergeometrie geringer ist als bei Normalbeton.

Zu (2)P: Für die Herstellung und die Verwendung von Betonen der Druckfestigkeitsklassen C90/105 und C100/115 sowie für hochfesten Leichtbeton der Druckfestigkeitsklassen LC70/77 und LC80/88 ist eine Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich. Für die Überwachung und Qualitätssicherung hochfester Betone gelten zusätzliche Auflagen nach DIN 1045-2 [R4], Anhang H.

Zu (3): In den Tabellen 3.1 und 11.3.1 sind die Kenngrößen für die Betone des Anwendungsbereichs der DIN EN 1992-1-1 angegeben. Die darüber hinaus in DIN EN 206-1 [R18] und DIN 1045-2 [R4] geregelten Betone sind für Bauteile des Anwendungsbereichs der DIN EN 1992-1-1 nicht generell geeignet (Betone

kleiner C12/15) oder nicht allgemein regelbar (im Wesentlichen hochfeste Leichtbetone größer LC80/88) und daher in den Tabellen nicht enthalten.

Bei den Werten f_{ctm} , f_{ctk} und E_{cm} handelt es sich um Richtwerte, die im Allgemeinen mit ausreichender Genauigkeit der Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken zugrunde gelegt werden dürfen. Sofern rechnerische Beziehungen zwischen den einzelnen Kenngrößen bestehen, sind diese aufgeführt. Die tatsächlichen Werte können teilweise von diesen Richtwerten deutlich abweichen. Gegebenenfalls sollten die Kenngrößen als zusätzliche Anforderung bei der Festlegung des Betons gemäß DIN EN 206-1 [R18] festgelegt, in einer Erstprüfung geprüft und durch weitere Produktionskontrollen kontrolliert werden.

Ist der Beton gleichzeitig Druck- und Zugspannungen in verschiedenen Hauptrichtungen ausgesetzt, so nimmt die aufnehmbare Druckspannung mit steigender Zugspannung deutlich ab [H3-2], [H3-10]. Bei Auftreten von Rissen, die das Druckfeld kreuzen, ist die ausnutzbare Druckfestigkeit von der über die Risse maximal übertragbaren Schubkraft abhängig.

Für die Festigkeit der Druckstreben im Fachwerkmodell nach 6.2.3 wurde ein Abminderungsbeiwert ν_1 festgelegt, der den durch die im Verbund liegenden Bügel eingetragenen Querzug, die Störung des Druckfeldes durch die Bügelschenkel und die unregelmäßige Rissoberfläche berücksichtigt. Dieser Wert gilt allgemein für den Fall, dass die Druckstreben parallel zu den Rissen verlaufen.

In NDP zu 6.2.3 (2) wird der Einfluss von Rissen, die durch die Druckstreben gekreuzt werden, durch die Begrenzung des Querkraftanteils $V_{Rd,cc}$ berücksichtigt. In anderen Fällen ist der Einfluss von den die Druckfelder kreuzenden Rissen durch reduzierte Werte für ν_1 zu berücksichtigen; für Angaben hierzu siehe Erläuterungen zu 6.5.4.

Die Abminderung der einaxialen Druckfestigkeit ist insbesondere bei örtlich begrenzten Festigkeitsbetrachtungen zu berücksichtigen (z. B. bei Stabwerkmodellen). Bei üblichen Flächentragwerken (z. B. bei zweiachsig gespannten Platten) darf auf eine Abminderung verzichtet werden, da diese in der Regel über ein ausreichendes Umlagerungspotenzial verfügen.

Zu (4): Grundsätzlich ist die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse nach DIN EN 206-1 [R18], 4.3.1, und zur Bestimmung der charakteristischen Festigkeit nach DIN EN 206-1 [R18], 5.5.1.2, an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen.

Hierbei ist auch im Rahmen der Konformitätskontrolle für die Druckfestigkeit nach DIN EN 206-1 [R18], 8.2.1, die Konformität an Probekörpern zu beurteilen, die im Alter von 28 Tagen geprüft werden.

Für besondere Anwendungen kann es notwendig sein, die Betondruckfestigkeit zu einem früheren oder späteren Zeitpunkt als nach 28 Tagen zu vereinbaren bzw. zu bestimmen, z. B. bei Leichtbeton, bei massigen Bauteilen oder nach Lagerung unter besonderen Bedingungen wie z. B. Wärmebehandlung. Bei massigen Bauteilen sollte die DAfStb-Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“ [R58] angewendet werden.

In der Praxis werden in zunehmendem Maße Betonsorten angeboten, deren Nachweisalter für die Betonfestigkeit auf 56 Tage oder später einseitig vom Hersteller festgelegt wurden. Erfolgt die Verwendung solcher Betonsorten ohne Einbeziehung aller am Bau Beteiligten, wie z. B. ohne Planer oder Bauausführende, können daraus Defizite in der Sicherheit oder bei der Ausführungsqualität entstehen (z. B. Nichtbeachtung verlängerter Ausschulfristen und Nachbehandlungszeiten). Die Bauaufsicht hat sich daher entschlossen, erstmalig über die Musterliste der Technischen Baubestimmungen [R57] ab Fassung 2010-02 und aktuell über die Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen MVV TB [R76], die Abweichung des Nachweisalters mit bestimmten Anforderungen, z. B. an die Qualitätssicherung, wie folgt zu verknüpfen:

Grundsätzlich ist die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse nach DIN EN 206-1:2001-07, Abschnitt 4.3.1 und zur Bestimmung der charakteristischen Festigkeit nach DIN EN 206-1:2001-07, Abschnitt 5.5.1.2 an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. Hierbei ist auch im Rahmen der Konformitätskontrolle für die Druckfestigkeit nach DIN EN 206-1:2001-07, Abschnitt 8.2.1 die Konformität an Probekörpern zu beurteilen, die im Alter von 28 Tagen geprüft werden. Von diesem Grundsatz darf nur abgewichen werden, wenn **entweder**

I) die DAFStb-Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“ (2010-04) angewendet werden darf und angewendet wird **oder**

II) alle folgenden Bedingungen erfüllt werden:

a) Es besteht ein technisches Erfordernis für den Nachweis der Druckfestigkeit in höherem Prüfalter. Dies ist beispielsweise der Fall bei manchen hochfesten Betonen, bei fugenarmen/fugfreien Konstruktionen und bei Bauteilen mit hohen Anforderungen an die Rissbreitenbegrenzung.

b) Die Verwendung des Betons wird mindestens den Regelungen der Überwachungsstufe 2 nach DIN 1045-3:2012-03 unterworfen, sofern sich nicht aufgrund der Druckfestigkeitsklasse höhere Anforderungen ergeben. Dabei muss im Rahmen der Überwachung des Einbaus von Beton nach DIN 1045-3:2012-03, Anhang C die Notwendigkeit des erhöhten Prüfalters von der Überwachungsstelle bestätigt sein.

c) Es liegt ein vom Bauunternehmen erstellter Qualitätssicherungsplan vor, in dem projektbezogen dargelegt wird, wie das veränderte Prüfalter im Hinblick auf Ausschulfristen, Nachbehandlungsdauer und Bauablauf berücksichtigt wird. Dieser Qualitätssicherungsplan ist der Überwachungsstelle im Rahmen der Überwachung nach DIN 1045-3:2012-03, Anhang C vor Bauausführung zur Genehmigung vorzulegen.

d) Im Lieferverzeichnis sowie auf dem Lieferschein wird besonders angegeben, dass die Druckfestigkeit des Betons nach mehr als 28 Tagen bestimmt wird. Unbeschadet dieser Regelung bleibt das Werk für die von der Norm geforderte Vereinbarung mit dem Abnehmer verantwortlich. Dabei ist auf die Auswirkungen auf den Bauablauf, insbesondere hinsichtlich Nachbehandlungsdauer, Dauerhaftigkeit und Ausschulfristen, einzelfallbezogen hinzuweisen.

Falls die Betonfestigkeit für ein Alter bis zu 91 Tagen bestimmt wird, ist eine weitere Reduktion der Dauerstandsbeiwerte um den Faktor k_t nicht erforderlich, da diese schon reduziert mit α_{cc} und $\alpha_{ct} = 0,85 < 1,0$ im NA festgelegt wurden. Die in EN 1992-1-1 vorgeschlagenen Werte α_{cc} und $\alpha_{ct} = 1,0$ setzen voraus, dass der Belastungsbeginn im Betonalter von nicht mehr als 28 Tagen stattfindet und damit mehr Nacherhärtungspotenzial zur Kompensation des Dauerstandsabfalls der Festigkeit zur Verfügung steht [H3-7].

Die Bestimmung der Druckfestigkeit von Beton in bestehenden Bauwerken darf nach DIN EN 13791 [R45] erfolgen. Weitere Hinweise hierzu geben das DAFStb-Heft [619] und das DBV-Merkblatt „Bewertung der In-situ-Druckfestigkeit“ [DBV14]. Für die Nachrechnung von bestehenden Bauwerken sind mechanische Kennwerte historischer Baustoffe im DAFStb-Heft [616] enthalten.

Zu (6): Der Bemessungswert der Druckfestigkeit $f_{cd,fat}$ wird nach Gleichung (6.76) berechnet. Dabei ist $\beta_{cc}(t)$ ausdrücklich als Beiwert für die Betonfestigkeit bei **Erstbelastung** gemäß 6.1.2 (6) festgelegt. Somit ist $\beta_{cc}(t)$ für den Tag der Erstbelastung zu bestimmen. Es wird damit ein Wert für $f_{cd,fat}$ bestimmt, der für die Bemessung des dynamisch belasteten Bauteils über die gesamte Nutzungsdauer angesetzt wird. Eine zeitintervallweise Ermittlung von $f_{cd,fat}$ für zeitintervallweise angesetzte Werte für $\beta_{cc}(t)$ (z. B. bei der Bemessung von Windenergieanlagen) ist nicht vorgesehen.

Hintergrund für die Regelung ist, dass die Erstbelastung mit ermüdungsrelevanten Beanspruchungen z. B. bei Brückenneubauten oder beim Einsatz von Betonfertigteilen sehr viel später als nach 28 Tagen erfolgen kann. Die bis zur Erstbelastung sicher erreichte Festigkeitssteigerung infolge Nacherhärtung kann so im Nachweis berücksichtigt werden.

Zu (7)P: Der maßgebende Kennwert der Betonzugfestigkeit für die Bemessung nach DIN EN 1992-1-1 ist die einaxiale zentrische Zugfestigkeit f_{ct} , deren Bestimmung allerdings versuchsstechnisch schwierig ist. Üblicherweise wird deshalb die Zugfestigkeit als Spaltzugfestigkeit $f_{ct,sp}$ an Zylindern ermittelt (in DIN EN 206-1 [R18] mit f_{tk} bezeichnet). Eine Umrechnung der Werte darf mit der Gleichung (3.3) in Absatz (8) erfolgen.

Die Zugfestigkeit des Betons ist im Wesentlichen von den Eigenschaften des Zementsteins, den Eigenschaften der Gesteinskörnung und dem Verbund zwischen Zementstein und Gesteinskörnung abhängig. In den Tabellen 3.1 und 11.3.1 sind Richtwerte für den allgemeinen Fall gegeben.

Die bei der Bemessung eines Bauteils ausnutzbare Zugfestigkeit kann vom reinen Materialkennwert deutlich abweichen. Ursachen dafür sind zu überlagernde Eigenspannungen infolge ungleichmäßigen Abfließens der Hydratationswärme, ungleichmäßigen Schwindens über den Bauteilquerschnitt und Behinderung der Schwindverformungen durch die Bewehrung, die Schwächung des Betonquerschnitts und Zugspannungskonzentrationen durch die Bewehrung, die gegenüber der Kurzzeitfestigkeit deutlich geringere Dauerstandsleistung sowie der Maßstabeffekt aus der Bauteilgeometrie. Die genannten Effekte wirken sich im Allgemeinen parallel zur Bauteiloberfläche wesentlich stärker aus als rechtwinklig zur Bauteiloberfläche.