

DIN 1045-1

ICS 91.080.40

Ersatz für
DIN 1045-1:2001-07 und
DIN 1045-1
Berichtigung 2:2005-06

**Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton –
Teil 1: Bemessung und Konstruktion**

Concrete, reinforced and prestressed concrete structures –
Part 1: Design and construction

Structures en béton, béton armé et béton précontraint –
Partie 1: Calcul

Gesamtumfang 183 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Inhalt

Seite

Vorwort	6
Einleitung.....	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Formelzeichen	10
3.1 Begriffe	10
3.2 Formelzeichen	12
3.2.1 Große lateinische Buchstaben	12
3.2.2 Kleine lateinische Buchstaben	13
3.2.3 Griechische Buchstaben	14
3.2.4 Indizes	14
3.2.5 Große lateinische Buchstaben mit Indizes	16
3.2.6 Kleine lateinische Buchstaben mit Indizes	17
3.2.7 Griechische Buchstaben mit Indizes	20
3.3 SI — Einheiten	22
4 Bautechnische Unterlagen	22
4.1 Umfang der bautechnischen Unterlagen	22
4.2 Zeichnungen	23
4.2.1 Allgemeine Anforderungen	23
4.2.2 Verlegezeichnungen für die Fertigteile	24
4.2.3 Zeichnungen für die Schalungs- und Traggerüste	24
4.3 Statische Berechnungen	24
4.4 Baubeschreibung	24
5 Sicherheitskonzept	24
5.1 Allgemeines	24
5.2 Bemessungswert des Tragwiderstands	25
5.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit	26
5.3.1 Allgemeines	26
5.3.2 Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens	26
5.3.3 Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen und den Tragwiderstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit	26
5.3.4 Kombination von Einwirkungen, Bemessungssituationen	28
5.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	28
5.4.1 Allgemeines	28
5.4.2 Anforderungsklassen	29
6 Sicherstellung der Dauerhaftigkeit	29
6.1 Allgemeines	29
6.2 Expositionsklassen, Mindestbetonfestigkeit	29
6.3 Betondeckung	30
7 Grundlagen zur Ermittlung der Schnittgrößen	35
7.1 Anforderungen	35
7.2 Imperfektionen	36
7.3 Idealisierungen und Vereinfachungen	38
7.3.1 Mitwirkende Plattenbreite, Lastausbreitung und effektive Stützweite	38
7.3.2 Sonstige Vereinfachungen	41
8 Verfahren zur Ermittlung der Schnittgrößen	43
8.1 Allgemeines	43
8.2 Linear-elastische Berechnung	43
8.3 Linear-elastische Berechnung mit Umlagerung	44

8.4	Verfahren nach der Plastizitätstheorie.....	44
8.4.1	Allgemeines	44
8.4.2	Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation bei vorwiegend biegebeanspruchten Bauteilen	45
8.5	Nichtlineare Verfahren	46
8.5.1	Allgemeines	46
8.5.2	Berechnungsansatz für stabförmige Bauteile und einachsig gespannte Platten bei Biegung mit oder ohne Längskraft.....	47
8.6	Stabförmige Bauteile und Wände unter Längsdruck (Theorie II. Ordnung).....	48
8.6.1	Allgemeines	48
8.6.2	Einteilung der Tragwerke und Bauteile.....	49
8.6.3	Nachweisverfahren.....	51
8.6.4	Imperfektionen.....	53
8.6.5	Modellstützenverfahren	53
8.6.6	Druckglieder mit zweiachsiger Lastausmitte	56
8.6.7	Druckglieder aus unbewehrtem Beton.....	58
8.6.8	Seitliches Ausweichen schlanker Träger.....	59
8.7	Vorgespannte Tragwerke.....	60
8.7.1	Allgemeines	60
8.7.2	Vorspannkraft	61
8.7.3	Spannkraftverluste	62
8.7.4	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	64
8.7.5	Grenzzustand der Tragfähigkeit	64
8.7.6	Verankerungsbereiche bei Spanngliedern im sofortigem Verbund.....	64
8.7.7	Verankerungsbereiche bei Spanngliedern im nachträglichen oder ohne Verbund	68
9	Baustoffe	68
9.1	Beton.....	68
9.1.1	Allgemeines	68
9.1.2	Festigkeiten.....	69
9.1.3	Elastische Verformungseigenschaften	69
9.1.4	Kriechen und Schwinden.....	69
9.1.5	Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung und für Verformungsberechnungen.....	74
9.1.6	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung	75
9.1.7	Zusammenstellung der Betonkennwerte	77
9.2	Betonstahl	77
9.2.1	Allgemeines	77
9.2.2	Eigenschaften	77
9.2.3	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Schnittgrößenermittlung	82
9.2.4	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung	83
9.3	Spannstahl	84
9.3.1	Allgemeines	84
9.3.2	Eigenschaften	84
9.3.3	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung	85
10	Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit.....	86
10.1	Allgemeines	86
10.2	Biegung mit oder ohne Längskraft und Längskraft allein	86
10.3	Querkraft.....	88
10.3.1	Nachweisverfahren.....	88
10.3.2	Bemessungswert der einwirkenden Querkraft.....	88
10.3.3	Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung.....	89
10.3.4	Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung.....	91
10.3.5	Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurten	94
10.3.6	Schubkraftübertragung in Fugen	95
10.3.7	Unbewehrte Bauteile	98

	Seite
10.4 Torsion.....	99
10.4.1 Allgemeines.....	99
10.4.2 Nachweisverfahren.....	99
10.4.3 Wölbkrafttorsion.....	102
10.4.4 Unbewehrte Bauteile.....	102
10.5 Durchstanzen.....	102
10.5.1 Allgemeines.....	102
10.5.2 Lasteinleitung und Nachweisschnitte.....	102
10.5.3 Nachweisverfahren.....	107
10.5.4 Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung.....	109
10.5.5 Platten oder Fundamente mit Durchstanzbewehrung.....	110
10.5.6 Mindestmomente.....	113
10.6 Stabwerkmodelle.....	114
10.6.1 Allgemeines.....	114
10.6.2 Bemessung der Zug- und Druckstreben.....	114
10.6.3 Bemessung der Knoten.....	115
10.7 Teilflächenbelastung.....	117
10.8 Nachweis gegen Ermüdung.....	118
10.8.1 Allgemeines.....	118
10.8.2 Innere Kräfte und Spannungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit beim Nachweis gegen Ermüdung.....	118
10.8.3 Nachweisverfahren.....	119
10.8.4 Vereinfachte Nachweise.....	122
11 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit.....	124
11.1 Begrenzung der Spannungen.....	124
11.1.1 Allgemeines.....	124
11.1.2 Begrenzung der Betondruckspannungen.....	124
11.1.3 Begrenzung der Betonstahlspannungen.....	124
11.1.4 Begrenzung der Spannstahlspannungen.....	124
11.2 Begrenzung der Rissbreiten und Nachweis der Dekompression.....	125
11.2.1 Allgemeines.....	125
11.2.2 Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite.....	127
11.2.3 Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung.....	130
11.2.4 Berechnung der Rissbreite.....	133
11.3 Begrenzung der Verformungen.....	135
11.3.1 Allgemeines.....	135
11.3.2 Nachweis der Begrenzung der Verformungen von Stahlbetonbauteilen ohne direkte Berechnung.....	136
12 Allgemeine Bewehrungsregeln.....	137
12.1 Allgemeines.....	137
12.2 Stababstände von Betonstählen.....	137
12.3 Biegen von Betonstählen.....	137
12.3.1 Biegerollendurchmesser.....	137
12.3.2 Hin- und Zurückbiegen.....	138
12.4 Verbundbedingungen.....	139
12.5 Bemessungswert der Verbundspannung.....	140
12.6 Verankerung der Längsbewehrung.....	141
12.6.1 Allgemeines zu den Verankerungsarten.....	141
12.6.2 Verankerungslänge.....	141
12.6.3 Erforderliche Querbewehrung.....	144
12.7 Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung.....	145
12.8 Stöße.....	147
12.8.1 Allgemeines.....	147
12.8.2 Übergreifungslänge.....	148
12.8.3 Querbewehrung.....	149
12.8.4 Stöße von Betonstahlmatten in zwei Ebenen.....	150

12.9	Stabbündel	152
12.10	Spannglieder	154
12.10.1	Allgemeines	154
12.10.2	Spannglieder im sofortigen Verbund	154
12.10.3	Spannglieder im nachträglichen Verbund	155
12.10.4	Spannglieder ohne Verbund	155
12.10.5	Spanngliedkopplungen	156
13	Konstruktionsregeln	156
13.1	Überwiegend biegebeanspruchte Bauteile	156
13.1.1	Mindestbewehrung und Höchstbewehrung	156
13.1.2	Oberflächenbewehrung bei vorgespannten Bauteilen	157
13.2	Balken und Plattenbalken	158
13.2.1	Allgemeines	158
13.2.2	Zugkraftdeckung	159
13.2.3	Querkraftbewehrung	161
13.2.4	Torsionsbewehrung	163
13.2.5	Oberflächenbewehrung bei großen Stabdurchmessern	163
13.3	Vollplatten aus Ortbeton	164
13.3.1	Mindestdicke	164
13.3.2	Zugkraftdeckung	164
13.3.3	Durchstanz- und Querkraftbewehrung	166
13.4	Vorgefertigte Deckensysteme	169
13.4.1	Allgemeines	169
13.4.2	Querverteilung der Lasten	169
13.4.3	Nachträglich mit Ortbeton ergänzte Deckenplatten	170
13.4.4	Scheibenwirkung	172
13.5	Stützen	172
13.5.1	Allgemeines	172
13.5.2	Mindest- und Höchstwert des Längsbewehrungsquerschnitts	173
13.5.3	Querbewehrung	173
13.6	Wandartige Träger	174
13.7	Wände	174
13.7.1	Stahlbetonwände	174
13.7.2	Wand-Decken-Verbindungen bei Fertigteilen	175
13.7.3	Sandwichtafeln	177
13.7.4	Unbewehrte Wände	177
13.8	Verbindung und Auflagerung von Fertigteilen	177
13.8.1	Allgemeines	177
13.8.2	Druckfugen	178
13.8.3	Biegesteife und zugfeste Verbindungen	179
13.8.4	Lagerungsbereiche	180
13.9	Krafteinleitungsbereiche	180
13.9.1	Druckkräfte	180
13.9.2	Zugkräfte	180
13.10	Umlenkkräfte	180
13.11	Indirekte Auflager	180
13.12	Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen	181
13.12.1	Allgemeines	181
13.12.2	Ringanker	182
13.12.3	Innen liegende Zuganker	182
13.12.4	Horizontale Stützen- und Wandzuganker	183

Vorwort

Diese Norm wurde vom Fachbereich 07 „Beton- und Stahlbeton/Deutscher Ausschuss für Stahlbeton“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) vom Arbeitsausschuss NA 005-07-01 AA „Bemessung und Konstruktion“ erarbeitet. Diese Norm enthält die Änderung A1 und die Berichtigung 2 zu DIN 1045-1:2001-07.

Die Änderungen zu DIN 1045-1:2001-07, die sich aus E DIN 1045-1/A1:2007-05 und den Beratungsergebnissen zu den eingegangenen Stellungnahmen ergeben, sind durch Randstriche gekennzeichnet. Darüber hinaus erfolgen Anpassungen von Normenbezügen an den aktuellen Stand der Bezugsdokumente, die jedoch nicht gekennzeichnet sind.

DIN 1045 *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton* besteht aus:

- *Teil 1: Bemessung und Konstruktion*
- *Teil 2: Beton — Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Anwendungsregeln*
- *Teil 3: Bauausführung*
- *Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Festigkeiten*
- *Teil 100: Ziegeldecken*

Änderungen

Gegenüber DIN 1045-1:2001-07 und DIN 1045-1/Berichtigung 2:2005-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Ergänzung von Feuchtigkeitsklassen;
- b) Kriechauswirkung bei Druckgliedern;
- c) Mindestquerkrafttragfähigkeit;
- d) Schubkraftübertragung in Fugen;
- e) Lastbeiwerte Durchstanznachweis;
- f) Ermüdungsnachweis für Beton- und Spannstahl;
- g) Rissbreitenbegrenzung für dickere Bauteile;
- h) Bewehrungs- und Konstruktionsregeln;
- i) Anpassung der Normenbezüge.

Frühere Ausgaben

DIN 1045: 1925-09, 1932-04, 1937-05, 1943xxx, 1959-11, 1972-01, 1978-12, 1988-07
DIN 1045-1 Berichtigung 1: 2002-07
DIN 1045-1: 2001-07,
DIN 1045-1/Berichtigung 2: 2005-06
DIN 4227: 1953xx-10
DIN 4227-1: 1979-12, 1988-07
DIN 4227-2: 1984-05
DIN 4227-4: 1986-02
DIN 4219-2: 1979-12

Einleitung

DIN 1045 *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton* besteht aus:

- *Teil 1: Bemessung und Konstruktion*
- *Teil 2: Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität — Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1*
- *Teil 3: Bauausführung*
- *Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen*

In dieser Norm wird in Abhängigkeit vom Verbindlichkeitsgrad der einzelnen Regelungen zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln unterschieden.

Die Prinzipien 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 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.

In dieser Norm werden die Prinzipien von den Anwendungsregeln durch die Wortwahl und durch die Schreibweise unterschieden (Prinzipien — gerade Schreibweise; *Anwendungsregeln* — *kursive Schreibweise*).

1 Anwendungsbereich

(1) Diese Norm gilt für die Bemessung und Konstruktion von Tragwerken des Hoch- und Ingenieurbaus aus unbewehrtem Beton, Stahlbeton und Spannbeton mit normalen und leichten Gesteinskörnungen der Festigkeitsklassen

- C12/15 bis C100/115 bzw.
- LC12/13 bis LC60/66.

Für die Herstellung von Beton der Festigkeitsklassen C90/105 und C100/115 bedarf es nach DIN 1045-2 weiterer auf den Verwendungszweck abgestimmter Nachweise.

Sofern für Leichtbeton nicht ausdrücklich festgelegt, gelten die Angaben in dieser Norm für Normalbeton und für Leichtbeton gleicher Festigkeit.

(2) Diese Norm gilt ferner für die Bemessung und Konstruktion unbewehrter Wände in Wohngebäuden aus Leichtbeton der Festigkeitsklasse LC8/9. Die für die Bemessung erforderlichen Betonkennwerte sind für diesen Fall entsprechend den Angaben in 9.1 abzuleiten.

(3) In dieser Norm werden ausschließlich Anforderungen an die Tragfähigkeit, die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit der Tragwerke behandelt. Die Gebrauchstauglichkeitsnachweise sichern die Nutzung, zum Teil auch die Dauerhaftigkeit der Konstruktion. Rechnerische Grenzwerte zur Sicherung der Dauerhaftigkeit sind verbindlich formuliert, rechnerische Grenzwerte zur Sicherung der Nutzung sind als Richtwerte angegeben.

(4) Diese Norm gilt nicht für:

- Bauteile aus Beton mit haufwerksporigem Gefüge, Porenbeton, Schwerbeton sowie Bauteile, die mittragenden Baustahl enthalten,
- besondere Bauformen (z. B. Schächte im Bergbau),
- bauphysikalische Anforderungen (z. B. Wärme- und Schallschutz) sowie die Bemessung für den Brandfall.

(5) Für die Bemessung von bestimmten Ingenieurbauwerken (z. B. Brücken, Segmenttragwerke, Dämme, Druckbehälter, Offshore-Plattformen, Flüssigkeitsbehälter) sind gegebenenfalls zusätzliche Anforderungen zu berücksichtigen.

(6) Für die Bemessung und Konstruktion von Tragwerken in Erdbebengebieten sind zusätzliche Anforderungen und Nachweise erforderlich (z. B. bezüglich der Duktilität der Bauteile und des verwendeten Betonstahls).

(7) Diese Norm enthält keine Angaben über den Nachweis der Tragfähigkeit von Transportankern. Hinweise hierzu enthalten die „Sicherheitsregeln für Transportanker und -systeme von Betonfertigteilen“ (BGR 106) des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

Reihe DIN 488, *Betonstahl*

DIN 1045-2:2001-07, *Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität — Deutsche Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1*

DIN 1045-3, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 3: Bauausführung*

DIN 1045-4, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen*

DIN 1045-100, *Beton- und Stahlbeton: Ziegeldecken*

Reihe DIN 1055, *Einwirkungen auf Tragwerke*

DIN 1055-100, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln*

Reihe DIN 4102, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen*

DIN 4102-2:1977-09, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen — Bauteile, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen*

DIN 4102-4, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen — Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile*

DIN 4102-22, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen — Teil 22: Anwendungsnorm zu DIN 4102-4 auf der Bemessungsbasis von Teilsicherheitsbeiwerten*

DIN EN 206-1, *Beton — Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität — Deutsche Fassung EN 206-1:2000*

DIN EN ISO 4063, *Schweißen und verwandte Prozesse — Liste der Prozesse und Ordnungsnummern*

DIN EN ISO 17660-1, *Schweißen — Schweißen von Betonstahl — Teil 1: Tragende Schweißverbindungen*

DIN ISO 8930, *Allgemeine Grundsätze für die Zuverlässigkeit von Tragwerken — Verzeichnis der gleichbedeutenden Begriffe*

ISO 1000, *SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units*

ISO 6707-1, *Building and civil engineering — Vocabulary — Part 1: General terms*

DAfStb-Heft 525, *Erläuterungen zur Reihe DIN 1045 — Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton*¹⁾

[1] DAfStb-Richtlinie, *Belastungsversuche an Massivbauwerken*

[2] DAfStb-Richtlinie, *Massige Bauteile aus Beton*

[3] DBV-Merkblätter, *Betondeckung und Bewehrung — Abstandhalter — Unterstützungen — Rückbiegen von Betonstahl und Anforderungen an Verwahrkästen — Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton- und Spannbetonbau*

1) DAfStb-Heft 525-Berichtigungen siehe auch www.dafstb.de

3 Begriffe und Formelzeichen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 6707-1, DIN ISO 8930 und DIN 1055-100 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

üblicher Hochbau

Hochbau, der für vorwiegend ruhende, gleichmäßig verteilte Nutzlasten bis $5,0 \text{ kN/m}^2$, gegebenenfalls auch für Einzellasten bis $7,0 \text{ kN}$ und für Personenkraftwagen bemessen ist

3.1.2

vorwiegend ruhende Einwirkung

statische Einwirkung oder nicht ruhende Einwirkung, die jedoch für die Tragwerksplanung als ruhende Einwirkung betrachtet werden darf (z. B. entsprechende normative Nutzlasten in Parkhäusern, Werkstätten, Fabriken)

3.1.3

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)

3.1.4

Normalbeton

Beton mit einer Trockenrohdichte von mehr als $2\,000 \text{ kg/m}^3$, höchstens aber $2\,600 \text{ kg/m}^3$

3.1.5

Leichtbeton

gefügedichter Beton mit einer Trockenrohdichte von nicht weniger als 800 kg/m^3 und nicht mehr als $2\,000 \text{ kg/m}^3$, hergestellt unter Verwendung von grober leichter Gesteinskörnung

3.1.6

Schwerbeton

Beton mit einer Trockenrohdichte von mehr als $2\,600 \text{ kg/m}^3$

3.1.7

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.

3.1.8

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 Einpressen des Mörtels in das Hüllrohr mit dem Erhärten des Einpressmörtels.

3.1.9

internes Spannglied ohne Verbund

im Betonquerschnitt im Hüllrohr liegendes Zugglied aus Spannstahl, das beim Vorspannen gegen den bereits erhärteten Beton gespannt wird und nur an den Verankerungen mit dem Tragwerk verbunden ist und im Bereich von Spanngliedkrümmungen Umlenkkräfte auf den Beton ausübt

3.1.10**externes Spannglied ohne Verbund**

außerhalb des Betonquerschnitts, aber innerhalb der Umhüllenden des Betontragwerks liegendes Zugglied aus Spannstahl, das beim Vorspannen gegen den bereits erhärteten Beton gespannt wird und mit dem Tragwerk durch Verankerungen und Umlenksättel verbunden ist

3.1.11**Monolitze**

werksmäßig korrosionsgeschützte Stahllitze in einer fettverpressten Kunststoffhülle, in der sich jene in Längsrichtung frei bewegen kann

3.1.12**Umlenksattel**

Vorrichtung mit Ausrundung (z. B. Betonblock, Querbalken, Stahlbauteil), über die ein externes Spannglied umgelenkt wird

3.1.13**Fertigteil**

Bauteil, das nicht in seiner endgültigen Lage, sondern in einem Werk oder an anderer Stelle hergestellt wird. Werden spezielle Regelungen für Fertigteile angewendet, setzt dies die im jeweiligen Fall beschriebenen Maßnahmen voraus (z. B. Schutz vor Witterungseinflüssen, Qualitätssicherung).

3.1.14**Segmenttragwerk**

in Tragrichtung aus einzelnen Fertigteilen (Segmenten) zusammengesetztes und mit Spanngliedern zusammen gespanntes Tragwerk

3.1.15**Mehrschichttafel****Sandwichtafel**

Fertigteil, das im Allgemeinen aus einer Trag- und einer Vorsatzschicht aus Stahlbeton mit einer dazwischen liegenden Wärmedämmschicht besteht

3.1.16**Verbundbauteil**

Bauteil aus einem Fertigteil und einer Ortbetonergänzung mit Verbindungselementen oder ohne Verbindungselemente

3.1.17**unbewehrtes Bauteil**

Bauteil ohne Bewehrung oder mit einer Bewehrung, die unterhalb der jeweils erforderlichen Mindestbewehrung liegt

ANMERKUNG Siehe Abschnitt 13.

3.1.18**vorwiegend auf Biegung beanspruchtes Bauteil**

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

3.1.19**Druckglied**

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

3.1.20

Balken

Plattenbalken

stabförmiges, vorwiegend auf Biegung beanspruchtes Bauteil mit einer Stützweite von mindestens der zweifachen Querschnittshöhe und mit einer Querschnitts- bzw. Stegbreite von höchstens der vierfachen Querschnittshöhe

3.1.21

Platte

ebenes, durch Kräfte rechtwinklig zur Mittelfläche vorwiegend auf Biegung beanspruchtes, flächenförmiges Bauteil, dessen kleinste Stützweite mindestens das Zweifache seiner Bauteildicke beträgt und mit einer Bauteilbreite von mindestens der vierfachen Bauteildicke

3.1.22

Stütze

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

3.1.23

Scheibe

Wand

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

3.1.24

wandartiger Träger

scheibenartiger Träger

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

3.1.25

Betondeckung

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

3.1.26

Dekompression

Grenzzustand bei dem der Betonquerschnitt unter der maßgebenden Einwirkungskombination gerade noch vollständig unter Druckspannungen steht

3.2 Formelzeichen

Die im Folgenden angegebenen Definitionen beziehen sich auf die allgemeine Verwendung der Formelzeichen in dieser Norm.

3.2.1 Große lateinische Buchstaben

<i>A</i>	Fläche
<i>C</i>	Symbol für die Festigkeitsklasse bei Normalbeton; Auflagerreaktion
<i>E</i>	Elastizitätsmodul
<i>D</i>	Symbol für die Rohdichteklasse bei Leichtbeton
<i>F</i>	Kraft
<i>G</i>	Schubmodul

H	Horizontalkraft
I	Flächenmoment 2. Grades (Trägheitsmoment)
LC	Symbol für die Festigkeitsklasse bei Leichtbeton
M	Moment
N	Längskraft
P	Vorspannkraft, Einwirkung aus Vorspannung
Q	veränderliche Einwirkung
R	Tragwiderstand
S	Flächenmoment 1. Grades (statisches Moment)
T	Torsionsmoment
V	Querkraft

3.2.2 Kleine lateinische Buchstaben

a	Abstand; Auflagerbreite
b	Breite
c	Betondeckung; Rauigkeitsbeiwert
d	statische Nutzhöhe; Durchmesser
e	Lastausmitte (Exzentrizität)
f	Festigkeit
h	Höhe, Bauteildicke
i	Trägheitsradius
k	ungewollter Umlenkwinkel der Spannglieder
l	Länge; Stützweite, Spannweite
m	Moment je Längeneinheit
n	Normalkraft je Längeneinheit; Anzahl
p	Querdruck
r	Radius
s	Abstand, Stababstand
t	Zeitpunkt; Wanddicke
u	Umfang
v	Querkraft je Längeneinheit
x	Höhe der Druckzone
z	Hebelarm der inneren Kräfte

3.2.3 Griechische Buchstaben

α	Beiwert; Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung von Langzeitwirkungen auf die Betonfestigkeit und zur Umrechnung zwischen Zylinderdruckfestigkeit und einaxialer Druckfestigkeit des Betons; Winkel der Querkraftbewehrung zur Bauteilachse; Wärmedehnzahl
β	Ausbreitungswinkel konzentriert einwirkender Normalkräfte; Abminderungsbeiwert für die einwirkende Querkraft bei auflagnahen Einzellasten; Beiwert zur Berücksichtigung der nichtrotationssymmetrischen Beanspruchung im kritischen Rundschnitt
γ	Teilsicherheitsbeiwert
δ	Verhältnis der umgelagerten Schnittgröße zur Ausgangsschnittgröße
ε	Dehnung
η	Korrekturfaktor bei Leichtbeton
θ	Rotation; Summe der planmäßigen Umlenkwinkel der Spannglieder; Druckstrebenwinkel
φ	Kriechbeiwert; Beiwert zur Berücksichtigung der Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung bei unbewehrten Druckgliedern
λ	Schlankheit
μ	bezogenes Moment; Reibungsbeiwert
ν	bezogene Normalkraft
ξ	Verhältnis der Verbundfestigkeit von Spannstahl zu der von Betonstahl
ρ	geometrisches Bewehrungsverhältnis; Dichte
σ	Normalspannung
τ	Schubspannung
Δ	Differenz

3.2.4 Indizes

b	Verbund
c	Beton; Druck; Kriechen
d	Bemessungswert
e	Exzentrizität (Lastausmitte)
f	Flansch, Gurt
g	ständige Einwirkung
h	Bauteilhöhe
i	ideell; Laufvariable
j	Fuge; Laufvariable
k	charakteristisch
l	längs

lc	Leichtbeton
m	Durchschnittswert, mittlerer Wert
p	Vorspannung, Spannstahl
q	veränderliche Einwirkung
r	Riss; Relaxation
s	Betonstahl; Schwinden
t	Zug; quer
u	Grenzwert
v	Verlegemaß; vertikal
w	Steg, Wand
y	Fließ-, Streckgrenze
cal	Rechenwert
col	Stütze
dir	direkt
eff	effektiv, wirksam
erf	erforderlich
fat	Ermüdungswert
ges	Gesamtwert
ind	indirekt
inf	unterer Wert
max	maximaler Wert
min	minimaler Wert
nom	Nennwert
pl	plastisch
red	reduzierter Wert
sup	oberer Wert
surf	Oberfläche
vorh	vorhanden
E	Beanspruchung
Ed	Bemessungswert einer Beanspruchung
F	Einwirkung (Kraft)
G	ständige Einwirkung
L	Längs-
P	Vorspannkraft, Einwirkung aus Vorspannung

Q	veränderliche Einwirkung
R	Systemwiderstand; rechnerisch
R _d	Bemessungswiderstand
T	Quer-, Torsion
δ	Umlagerung
φ	Kriechen
μ	Verlust
I	ungerissener Zustand des Querschnitts (Zustand I)
II	gerissener Zustand des Querschnitts (Zustand II)

3.2.5 Große lateinische Buchstaben mit Indizes

A_c	Gesamtfläche des Betonquerschnitts
A_p	Querschnittsfläche des Spannstahls
A_s	Querschnittsfläche des Betonstahls
A_{sw}	Querschnittsfläche der Querkraft- und Torsionsbewehrung
C_{Ed}	Bemessungswert der Auflagerreaktion
E_c	Elastizitätsmodul für Normalbeton
E_{c0}	Elastizitätsmodul des Betons als Tangente im Ursprung der Spannungs-Dehnungslinie nach 28 Tagen
E_{cm}	mittlerer Elastizitätsmodul für Normalbeton
E_d	Bemessungswert einer Beanspruchung, Schnittgröße, Spannung oder Verformung
E_{lc}	Elastizitätsmodul für Leichtbeton
E_{lcm}	mittlerer Elastizitätsmodul für Leichtbeton
E_p	Elastizitätsmodul für Spannstahl
E_s	Elastizitätsmodul für Betonstahl
F_{cd}	Bemessungswert der Betondruckkraft
F_{pd}	Bemessungswert der Spanngliedkraft
F_{sd}	Bemessungswert der Zugkraft des Betonstahls
G_{cm}	mittlerer Schubmodul des Betons
I_c	Trägheitsmoment des Betonquerschnitts
I_T	Torsionsträgheitsmoment des Betonquerschnitts

I_{ω}	Wölbrägheitsmoment des Betonquerschnitts
$M_{p,dir}$	statisch bestimmter Anteil der Vorspannung
$M_{p,ind}$	statisch unbestimmter Anteil der Vorspannung
M_{Ed}	Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments
M_{Rd}	Bemessungswert des aufnehmbaren Moments
N_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft
N_{Rd}	Bemessungswert der aufnehmbaren Normalkraft
N_{ud}	Bemessungswert der Grenztragfähigkeit des Querschnitts, der durch zentrischen Druck beansprucht wird
P_0	aufgebrachte Höchstkraft am Spannanker während des Spannens
P_d	Bemessungswert der Vorspannkraft
P_k	charakteristischer Wert der Vorspannkraft
P_{m0}	Mittelwert der Vorspannkraft unmittelbar nach dem Spannen oder der Krafteinleitung in den Beton
P_{mt}	Mittelwert der Vorspannkraft zur Zeit t
ΔP_{μ}	Spannkraftverlust
R_d	Bemessungswert des Tragwiderstands
T_{Ed}	Bemessungswert des einwirkenden Torsionsmoments
T_{Rd}	Bemessungswert des aufnehmbaren Torsionsmoments
V_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Querkraft
V_{Rd}	Querkrafttragwiderstand
$V_{Rd,ct}$	Bemessungswert der ohne Querkraftbewehrung aufnehmbaren Querkraft
$V_{Rd,max}$	Bemessungswert der durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzten aufnehmbaren Querkraft
$V_{Rd,sy}$	Bemessungswert der durch die Tragfähigkeit der Querkraftbewehrung begrenzten aufnehmbaren Querkraft

3.2.6 Kleine lateinische Buchstaben mit Indizes

a_l	Versatzmaß der Zugkraftdeckungslinie
b_{eff}	mitwirkende Plattenbreite für einen Plattenbalken
b_f	Gurtplattenbreite
b_w	Stegbreite

b_v	anrechenbare Stegbreite bei Plattenbalkenquerschnitten mit veränderlicher Plattendicke
c_j	Rauigkeitsbeiwert in Verbundfugen
$c_{\min}$	Mindestbetondeckung
c_{nom}	Nennmaß der Betondeckung
c_v	Verlegemaß der Bewehrung
Δc	Vorhaltemaß der Betondeckung für unplanmäßige Abweichungen
d_{br}	Biegerolldurchmesser
d_g	Größtkorndurchmesser der Gesteinskörnung (in DIN EN 206-1 mit D_{max} bezeichnet)
d_p	Nenndurchmesser der Litze oder des Drahts bei Spanngliedern
d_s	Stabdurchmesser der Betonstahlbewehrung
d_{sv}	Vergleichsdurchmesser der Bewehrung bei Stabbündeln
e_0	planmäßige Lastausmitte
e_1	Summe aus planmäßiger und zusätzlicher ungewollter Lastausmitte
e_2	zusätzliche Lastausmitte aus Verformungen nach Theorie II. Ordnung
e_a	zusätzliche ungewollte Lastausmitte
e_φ	Kriechausmitte
e_{tot}	Gesamtlastausmitte
$f_{0,2k}$	charakteristischer Wert der 0,2 %-Dehngrenze des Betonstahls
f_{bp}	Verbundspannung in der Übertragungslänge von Spanngliedern im sofortigen Verbund
f_{cd}	Bemessungswert der einaxialen Festigkeit des Betons
$f_{\text{cd, fat}}$	Bemessungswert der einaxialen Festigkeit des Betons beim Nachweis gegen Ermüdung
$f_{\text{ck, cyl}}$	charakteristische Zylinderdruckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen; zur Vereinfachung in dieser Norm mit f_{ck} bezeichnet (in DIN EN 206-1 mit $f_{\text{ck, cyl}}$ bezeichnet)
$f_{\text{ck, cube}}$	charakteristische Würfeldruckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen
f_{cm}	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons
f_{cmj}	Mindestzylinderdruckfestigkeit des Betons beim Vorspannen
f_{ct}	zentrische Zugfestigkeit des Betons
f_{ctd}	Bemessungswert der zentrischen Zugfestigkeit des Betons
$f_{\text{ctk; 0,05}}$	charakteristischer Wert des 5 %-Quantils der zentrischen Betonzugfestigkeit
$f_{\text{ctk; 0,95}}$	charakteristischer Wert des 95 %-Quantils der zentrischen Betonzugfestigkeit
$f_{\text{ct, sp}}$	Spaltzugfestigkeit des Betons; in DIN EN 206-1 mit f_{tk} bezeichnet

f_{ctm}	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit des Betons
f_{cR}	rechnerischer Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons bei nichtlinearen Verfahren der Schnittgrößenermittlung
f_{lck}	charakteristische Zylinderdruckfestigkeit von Leichtbeton nach 28 Tagen
$f_{lck, cube}$	charakteristische Würfeldruckfestigkeit von Leichtbeton nach 28 Tagen
f_{lcm}	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit von Leichtbeton
$f_{lctk; 0,05}$	charakteristischer Wert des 5 %-Quantils der zentrischen Betonzugfestigkeit von Leichtbeton
$f_{lctk; 0,95}$	charakteristischer Wert des 95 %-Quantils der zentrischen Betonzugfestigkeit von Leichtbeton
f_{lctm}	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit von Leichtbeton
$f_{p0,1k}$	charakteristischer Wert der 0,1 %-Dehngrenze des Spannstahls
$f_{p0,1R}$	rechnerischer Mittelwert der 0,1 %-Dehngrenze des Spannstahls bei nichtlinearen Verfahren der Schnittgrößenermittlung
f_{pk}	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Spannstahls
f_{pR}	rechnerischer Mittelwert der Zugfestigkeit des Spannstahls bei nichtlinearen Verfahren der Schnittgrößenermittlung
f_{tk}	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Betonstahls
$f_{tk,cal}$	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Betonstahls für die Bemessung
f_{tR}	rechnerischer Mittelwert der Zugfestigkeit des Betonstahls bei nichtlinearen Verfahren der Schnittgrößenermittlung
f_{yd}	Bemessungswert der Streckgrenze des Betonstahls
f_{yk}	charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls
f_{yR}	rechnerischer Mittelwert der Streckgrenze des Betonstahls bei nichtlinearen Verfahren der Schnittgrößenermittlung
h_f	Gurtplattendicke
h_{ges}	Gesamthöhe
h_{red}	reduzierte Höhe
l_0	wirksame Stützweite; Ersatzlänge bei Druckgliedern
l_b	Grundmaß der Verankerungslänge des Betonstahls
$l_{b,dir}$	Verankerungslänge des Betonstahls bei direkter Lagerung des Bauteils
$l_{b,ind}$	Verankerungslänge des Betonstahls bei indirekter Lagerung des Bauteils
$l_{b,net}$	Verankerungslänge des Betonstahls
l_{ba}	Verankerungslänge eines Spannglieds im sofortigen Verbund
l_{bp}	Übertragungslänge eines Spannglieds im sofortigen Verbund

l_{bpd}	Bemessungswert der Übertragungslänge eines Spannglieds im sofortigen Verbund
l_{col}	Länge eines Einzeldruckglieds zwischen den idealisierten Einspannstellen
l_{eff}	effektive Stützweite
l_n	lichte Stützweite
$l_{p,eff}$	Eintragungslänge eines im sofortigen Verbund liegenden Spannglieds
l_s	erforderliche Übergreifungslänge
$(1/r)$	Krümmung
r_{sup}	oberer Beiwert zur Berücksichtigung der Streuung der Vorspannkraft
r_{inf}	unterer Beiwert zur Berücksichtigung der Streuung der Vorspannkraft
s_0	Randabstand der Bewehrung
s_w	Abstand der Querkraft- oder Torsionsbewehrung in Bauteillängsrichtung gemessen
t_0	Zeitpunkt des Belastungsbeginns
t_j	Zeitpunkt des Vorspannens
$v_{Rd,ct}$	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit längs des kritischen Rundschnitts einer Platte ohne Durchstanzbewehrung (je Längeneinheit)
$v_{Rd,ct,a}$	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit längs des äußeren Rundschnitts außerhalb des durchstanzbewehrten Bereichs (je Längeneinheit)
v_{Rdj}	Längsschubtragfähigkeit einer Verbundfuge bzw. Fuge zwischen Fertigteilen (je Längeneinheit)
w_k	Rechenwert der Rissbreite
x_d	Druckzonenhöhe nach der Umlagerung der Schnittgrößen

3.2.7 Griechische Buchstaben mit Indizes

α_1	Beiwert für die Übergreifungslänge des Betonstahls
α_a	Winkel der Schiefstellung; Wirksamkeit der Verankerung des Betonstahls
α_c	Abminderungsbeiwert für die Betondruckfestigkeit infolge Querkzugbeanspruchung
α_e	Verhältnis der Elastizitätsmoduln von Betonstahl und Beton
α_l	Beiwert für die Übertragungslänge eines Spannglieds im sofortigen Verbund
α_n	Abminderungsbeiwert für die Schiefstellung zur Berücksichtigung nebeneinander wirkender Druckglieder
α_p	Verhältnis der Elastizitätsmoduln von Spannstahl und Beton
γ_c	Teilsicherheitsbeiwert für Beton

γ_c'	zusätzlicher Teilsicherheitsbeiwert für Beton ab Festigkeitsklasse C55/67 bzw. LC55/60
γ_F	Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen F
γ_G	Teilsicherheitsbeiwert für eine ständige Einwirkung
γ_P	Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkung infolge Vorspannung, sofern diese auf der Einwirkungsseite berücksichtigt wird
γ_Q	Teilsicherheitsbeiwert für eine veränderliche Einwirkung
γ_R	Teilsicherheitsbeiwert für den Systemwiderstand bei nichtlinearen Verfahren der Schnittgrößenermittlung
γ_s	Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl und Spannstahl
ε_c	Dehnung des Betons
ε_{cas}	Schrumpfdehnung des Betons
ε_{cc}	Kriechdehnung des Betons
ε_{cds}	Trocknungsschwinddehnung des Betons
ε_{cs}	Schwinddehnung des Betons
ε_{cu}	rechnerische Bruchdehnung des Betons
ε_{lc}	Dehnung des Leichtbetons
ε_{lcu}	rechnerische Bruchdehnung des Leichtbetons
ε_p	Dehnung des Spannstahls
$\varepsilon_p^{(0)}$	Vordehnung des Spannstahls gegenüber dem Beton (Spannbettdehnung)
ε_s	Dehnung der Betonstahls
ε_{su}	rechnerische Bruchdehnung des Betonstahls
ε_{yd}	Bemessungswert der Dehnung des Betonstahls an der Streckgrenze
θ_E	vorhandene plastische Rotation
$\theta_{pl,d}$	Bemessungswert der zulässigen plastischen Rotation
λ_{max}	Grenzwert der Schlankheit, ab dem ein Druckglied als schlank gilt
λ_{crit}	Grenzwert der Schlankheit, ab dem für ein Druckglied die Einflüsse nach Theorie II. Ordnung zu berücksichtigen sind
ρ_l	geometrisches Bewehrungsverhältnis der Längsbewehrung
ρ_w	geometrisches Bewehrungsverhältnis der Querkraft- und Torsionsbewehrung
σ_c	Spannung im Beton

σ_{cg}	Spannung im Beton infolge der quasi-ständigen Einwirkungskombination
σ_{cp0}	Anfangswert der Spannung im Beton infolge Vorspannung
σ_p	Spannung im Spannstahl
σ_{p0}	maximal in den Spannstahl eingetragene Spannung während des Spannens
σ_{pm0}	Spannung im Spannstahl unmittelbar nach dem Spannen oder der Krafteinleitung in den Beton
$\Delta\sigma_{p,c+s+r}$	Spannkraftverlust infolge Kriechen und Schwinden des Betons und Spannstahlrelaxation
$\Delta\sigma_{pr}$	Spannungsänderung im Spannstahl infolge Relaxation
σ_s	Spannung im Betonstahl

3.3 SI — Einheiten

(1) SI-Einheiten sind in Übereinstimmung mit ISO 1000 anzuwenden.

(2) *Für Berechnungen sollten die folgenden Einheiten angewendet werden:*

— Längen	m; mm
— Querschnittsflächen (Beton-, Spannstahl)	cm ² ; mm ²
— Kräfte und Einwirkungen	kN, kN/m, kN/m ²
— Wichte	kN/m ³
— Spannungen und Festigkeiten	N/mm ² (MN/m ² oder MPa)
— Momente	kNm

4 Bautechnische Unterlagen

4.1 Umfang der bautechnischen Unterlagen

(1) Zu den bautechnischen Unterlagen gehören die für die Ausführung des Bauwerks notwendigen Zeichnungen, die statische Berechnung und — wenn für die Bauausführung erforderlich — eine ergänzende Projektbeschreibung sowie etwaige allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen und Prüfzeugnisse.

(2) Zu den bautechnischen Unterlagen gehören auch Angaben über den Zeitpunkt und die Art des Vorspannens, das Herstellungsverfahren sowie das Spannprogramm.

4.2 Zeichnungen

4.2.1 Allgemeine Anforderungen

(1) Die Bauteile, die einzubauende Betonstahlbewehrung und die Spannglieder sowie alle Einbauteile sind auf den Zeichnungen eindeutig und übersichtlich darzustellen und zu bemaßen. Die Darstellungen müssen mit den Angaben in der statischen Berechnung übereinstimmen und alle für die Ausführung der Bauteile und für die Prüfung der Berechnungen erforderlichen Maße enthalten.

(2) Auf zugehörige Zeichnungen ist hinzuweisen. Bei nachträglicher Änderung einer Zeichnung sind alle von der Änderung ebenfalls betroffenen Zeichnungen entsprechend zu berichtigen.

(3) Auf den Bewehrungszeichnungen sind insbesondere anzugeben:

- die erforderliche Festigkeitsklasse des Betons, die Expositionsclassen und weitere Anforderungen an den Beton in Übereinstimmung mit den Festlegungen nach 6.2 und DIN 1045-2,
- die Betonstahlsorte nach 9.2 und die Spannstahlsorte nach 9.3,
- Anzahl, Durchmesser, Form und Lage der Bewehrungsstäbe; gegenseitiger Abstand und Übergreifungslängen an Stößen und Verankerungslängen; Anordnung, Maße und Ausbildung von Schweißstellen mit Angabe der Schweißzusatzwerkstoffe; Typ und Lage der mechanischen Verbindungsmittel; Rüttelgassen, Lage von Betonieröffnungen,
- das Herstellungsverfahren der Vorspannung; Anzahl, Typ und Lage der Spannglieder; Anzahl, Typ und Lage der Spanngliedverankerungen und Spanngliedkopplungen sowie Anzahl, Durchmesser, Form und Lage der zugehörigen Betonstahlbewehrung; Typ und Durchmesser der Hüllrohre; Angaben zum Einpressmörtel,
- bei gebogenen Bewehrungsstäben die erforderlichen Biegerolldurchmesser,
- Maßnahmen zur Lagesicherung der Betonstahlbewehrung und der Spannglieder (z. B. Art und Anordnung der Abstandhalter) sowie Anordnung, Maße und Ausführung der Unterstützungen der oberen Betonstahlbewehrungslage und der Spannglieder,
- das Verlegemaß c_v der Bewehrung, das sich aus dem Nennmaß der Betondeckung c_{nom} ableitet, sowie das Vorhaltemaß Δc der Betondeckung nach 6.3,
- die Fugenausbildung,
- gegebenenfalls besondere Maßnahmen zur Qualitätssicherung.²⁾

(4) Bei Verwendung von Fertigteilen sind ferner anzugeben:

- die Art der Fertigteile,
- Typ- oder Positionsnummer und Eigenlast der Fertigteile,
- die Mindestdruckfestigkeitsklasse des Betons beim Transport und bei der Montage,
- Art, Lage und zulässige Einwirkungsrichtung der für den Transport und die Montage erforderlichen Anschlagmittel (z. B. Transportanker), Abstützpunkte und Lagerungen,

2) Siehe z. B. DBV-Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung“ [3].

- gegebenenfalls zusätzliche konstruktive Maßnahmen zur Sicherung gegen Stoßbeanspruchung,
- die auf der Baustelle zusätzlich zu verlegende Bewehrung in gesonderter Darstellung.

4.2.2 Verlegezeichnungen für die Fertigteile

Bei Bauwerken mit Fertigteilen sind für die Baustelle Verlegezeichnungen der Fertigteile mit den Positionsnummern der einzelnen Teile und eine Positionsliste anzufertigen. In den Verlegezeichnungen sind auch die für den Zusammenbau erforderlichen Auflagertiefen, die Art und die Abmessungen der Lager und die erforderlichen Abstützungen der Fertigteile anzugeben.

4.2.3 Zeichnungen für die Schalungs- und Traggerüste

Für Schalungs- und Traggerüste, für die eine statische Berechnung erforderlich ist, sind Zeichnungen für die Baustelle anzufertigen; ebenso für Schalungen, die hohen seitlichen Druck des Frischbetons aufnehmen müssen.

4.3 Statische Berechnungen

(1) Das Tragwerk und die Lastabtragung sind zu beschreiben. Die Tragfähigkeit und die Gebrauchstauglichkeit der baulichen Anlage und ihrer Bauteile sind in der statischen Berechnung übersichtlich und leicht prüfbar nachzuweisen. Mit numerischen Methoden erzielte Rechenergebnisse (z. B. Schnittgrößen, Verformungen) sollten grafisch dargestellt werden.

(2) Das Verfahren zur Ermittlung der Schnittgrößen nach Abschnitt 8 ist freigestellt. Die Bemessung ist nach den in dieser Norm angegebenen Grundlagen durchzuführen. Für Regeln, die von den in dieser Norm angegebenen Anwendungsregeln abweichen, und für abweichende außergewöhnliche Gleichungen ist die Fundstelle anzugeben, sofern diese allgemein zugänglich ist, sonst sind die Ableitungen soweit zu entwickeln, dass ihre Richtigkeit geprüft werden kann.

(3) Bei Bauwerken mit Fertigteilen sind auch die Transport- und Montagevorgänge der Fertigteile nachzuweisen.

4.4 Baubeschreibung

(1) Angaben, die für die Bauausführung oder für die Prüfung der Zeichnungen oder der statischen Berechnung notwendig sind, aber aus den Unterlagen nach 4.2 und 4.3 nicht ohne weiteres entnommen werden können, müssen in einer Baubeschreibung enthalten und erläutert sein. Dazu gehören auch die erforderlichen Angaben für Beton mit gestalteten Ansichtsflächen.

(2) Bei Bauwerken mit Fertigteilen sind Angaben über den Montagevorgang einschließlich zeitweiliger Stützungen und Aufhängungen sowie über das Ausrichten und über die während der Montage auftretenden, für die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit wichtigen Zwischenzustände erforderlich. Besondere Anforderungen an die Lagerung der Fertigteile sind in den Zeichnungen und der Montageanleitung anzugeben.

5 Sicherheitskonzept

5.1 Allgemeines

(1) Für die Anwendung dieser Norm gilt das in DIN 1055-100 festgelegte Sicherheitskonzept. In 5.2 bis 5.4 werden zusätzliche bauartspezifische Festlegungen getroffen. Angaben zu den Einwirkungen enthalten die Normen der Reihe DIN 1055.

(2) Zur Sicherstellung einer ausreichenden Zuverlässigkeit ist das Tragwerk in den nach 5.3 und 5.4 definierten Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit nachzuweisen und nach den in den Abschnitten 12 und 13 angegebenen konstruktiven Regeln unter Beachtung der Angaben zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit in Abschnitt 6 auszubilden.

(3) Bei den Nachweisen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit sind sowohl die Lastfälle des Endzustandes als auch die Lastfälle des Bauzustandes zu berücksichtigen, bei Fertigteilen darüber hinaus auch die Lastfälle aus der Lagerung, dem Transport und der Montage.

5.2 Bemessungswert des Tragwiderstands

(1) Die dieser Norm zugrunde liegenden charakteristischen Werte der Baustoffeigenschaften sind in Abschnitt 9 angegeben.

(2) Der Bemessungswert des Tragwiderstands R_d ist in Abhängigkeit vom Verfahren der Schnittgrößenermittlung nach Gleichung (1) oder Gleichung (2) zu ermitteln.

a) Bei linear-elastischer Berechnung der Schnittgrößen nach 8.2 und 8.3 oder Verfahren nach der Plastizitätstheorie nach 8.4:

$$R_d = R \left(\alpha \frac{f_{ck}}{\gamma_c}; \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \frac{f_{tk,cal}}{\gamma_s}; \frac{f_{p0,1k}}{\gamma_s}; \frac{f_{pk}}{\gamma_s} \right) \quad (1)$$

Dabei ist

- f_{ck} die charakteristische Betonfestigkeit;
- f_{yk} der charakteristische Wert der Streckgrenze des Betonstahls;
- $f_{p0,1k}$ der charakteristische Wert der 0,1 %-Dehngrenze des Spannstahls;
- f_{pk} der charakteristische Wert der Zugfestigkeit des Spannstahls;
- $f_{tk,cal}$ der charakteristische Wert der Zugfestigkeit des Betonstahls für die Bemessung;
- α der Abminderungsbeiwert nach 9.1.6;
- γ_c, γ_s der jeweilige Teilsicherheitsbeiwert für den Beton bzw. den Beton- oder Spannstahl nach 5.3.3.

b) Bei nichtlinearen Verfahren der Schnittgrößenermittlung nach 8.5:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R(f_{cR}; f_{yR}; f_{tR}; f_{p0,1R}; f_{pR}) \quad (2)$$

Dabei ist

- $f_{cR}, f_{yR}, f_{pR}, f_{tR}, f_{p0,1R}$ der jeweilige rechnerische Mittelwert der Festigkeiten des Betons, des Betonstahls bzw. des Spannstahls;
- γ_R der Teilsicherheitsbeiwert für den Systemwiderstand.

(3) Bei nichtlinearen Verfahren der Schnittgrößenermittlung dürfen die Festigkeitswerte f_{cR} , f_{yR} , f_{pR} und der Teilsicherheitsbeiwert für den Systemwiderstand γ_R entsprechend den Angaben in 8.5.1 angenommen werden.

(4) Für den Nachweis bestehender Tragwerke darf der Bemessungswert des Tragwiderstands auch aus Versuchen abgeleitet werden.³⁾

5.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit

5.3.1 Allgemeines

(1) Grenzzustände der Tragfähigkeit sind diejenigen Zustände, bei deren Überschreitung rechnerisch der Einsturz oder andere Formen des Tragwerksversagens eintreten.

(2) Die Regeln dieser Norm gelten für den Nachweis des Tragwerks gegen Versagen durch Bruch oder Überschreitung der festgelegten Grenzdehnungen in einem Bauteilquerschnitt oder in einer Verbindung oder durch Systemversagen.

(3) Für den Nachweis der Lagesicherheit des Tragwerks (z. B. Abheben, Umkippen, Aufschwimmen) gilt DIN 1055-100.

5.3.2 Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens

(1) Ein Versagen des Bauteils bei Erstrissbildung ohne Vorankündigung muss vermieden werden (Duktilitätskriterium).

(2) *Für Stahlbeton- und Spannbetonbauteile gilt Absatz (1) als erfüllt, wenn eine Mindestbewehrung nach 13.1.1 eingebaut ist.*

(3) *Alternativ gilt bei Spannbetonbauteilen in Bauwerken, die einer geregelten Überwachung unterliegen, die Anforderung nach Absatz (1) auch als erfüllt, wenn eine Zugänglichkeit der Spannglieder sichergestellt ist, so dass deren Unversehrtheit mit geeigneten zerstörungsfreien Prüfverfahren oder durch laufende Überwachung (Monitoring) überprüft werden kann.*

(4) *Für stabförmige unbewehrte Bauteile mit Rechteckquerschnitt gilt Absatz (1) als erfüllt, wenn die Ausmitte der Längskraft in der maßgebenden Einwirkungskombination des Grenzzustandes der Tragfähigkeit auf $e_d/h < 0,4$ beschränkt wird. Für e_d ist e_{tot} nach 8.6.7 (3) anzusetzen.*

5.3.3 Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen und den Tragwiderstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit

(1) Die in DIN 1055-100 angegebenen Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen bei Hochbauten sind für den Anwendungsbereich dieser Norm erweitert und Tabelle 1 zu entnehmen.

3) Siehe z. B. DAfStb-Richtlinie für Belastungsversuche an Massivbauwerken [1].

Tabelle 1 — Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen auf Tragwerke im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Zeile	Spalte	1	2	3
	Auswirkung	Ständige Einwirkungen γ_G	Veränderliche Einwirkungen γ_Q	Vorspannung ^{a,b} γ_P
1	günstig	1,0	0	1,0
2	ungünstig	1,35	1,5	1,0
^a Sofern die Vorspannung als Einwirkung aus Anker- und Umlenkkraften oder als einwirkende Schnittgröße berücksichtigt wird (siehe auch 8.7.1). ^b Bezüglich des Teilsicherheitsbeiwerts für den Spannungszuwachs im Spannstahl bei Spanngliedern ohne Verbund siehe 8.7.5.				

(2) Für den Nachweis gegen Ermüdung nach 10.8 ist für den Teilsicherheitsbeiwert der Einwirkungen $\gamma_{F,fat} = 1,0$ anzusetzen; der Teilsicherheitsbeiwert für die Modellunsicherheit darf mit $\gamma_{Ed,fat} = 1,0$ angesetzt werden.

(3) Bei linear-elastischer Schnittgrößenermittlung mit den Steifigkeiten der ungerissenen Querschnitte und dem mittleren Elastizitätsmodul E_{cm} darf für Zwang der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_Q = 1,0$ angesetzt werden.

(4) Bei Fertigteilen dürfen für Bauzustände im Grenzzustand der Tragfähigkeit für Biegung und Längskraft die Teilsicherheitsbeiwerte für die ständigen und die veränderlichen Einwirkungen mit $\gamma_G = 1,15$ bzw. $\gamma_Q = 1,15$ angesetzt werden. Einwirkungen aus Krantransport und Schalungshaftung sind dabei zu berücksichtigen.

(5) Bei durchlaufenden Platten und Balken darf für ein und dieselbe unabhängige ständige Einwirkung (z. B. Eigenlast) entweder der obere oder der untere Wert γ_G in allen Feldern gleich angesetzt werden. Dies gilt nicht für den Nachweis der Lagesicherheit nach DIN 1055-100.

(6) Teilsicherheitsbeiwerte für die Bestimmung des Tragwiderstands sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2 — Teilsicherheitsbeiwerte für die Bestimmung des Tragwiderstands im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Zeile	Spalte	1	2	3
	Bemessungssituation	Beton $\gamma_C^{a, b}$	Betonstahl oder Spannstahl $\gamma_S, \gamma_{S, fat}$	Systemwiderstand bei nichtlinearen Verfahren der Schnittgrößen-ermittlung γ_R
1	Ständige und vorübergehende Bemessungssituation	1,5	1,15	siehe 8.5.1
2	Außergewöhnliche Bemessungssituation	1,3	1,0	
3	Nachweis gegen Ermüdung nach 10.8	1,5	1,15	
^a Für Beton ab der Festigkeitsklasse C55/67 und LC55/60 siehe Absatz (9).				
^b Für unbewehrte Bauteile siehe Absatz (8).				

(7) Bei Fertigteilen mit einer werksmäßigen und ständig überwachten Herstellung darf der Teilsicherheitsbeiwert für den Beton auf $\gamma_c = 1,35$ verringert werden, wenn durch eine Überprüfung der Betonfestigkeit an jedem fertigen Bauteil sichergestellt wird, dass alle Fertigteile mit zu geringer Betonfestigkeit ausgesondert werden. Die in diesem Fall notwendigen Maßnahmen sind durch den Hersteller in Abstimmung mit der zuständigen Überwachungsstelle festzulegen und vom Hersteller zu dokumentieren.

(8) Bei unbewehrten Bauteilen ist wegen der geringen Verformungsfähigkeit des unbewehrten Betons für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen $\gamma_c = 1,8$ und für außergewöhnliche Bemessungssituationen $\gamma_c = 1,55$ anzusetzen. Diese Werte gelten für Druck- und Zugbeanspruchung.

(9) Bei Beton der Festigkeitsklassen $\geq C55/67$ und $\geq LC55/60$ ist der Teilsicherheitsbeiwert γ_c zur Berücksichtigung der größeren Streuungen der Materialeigenschaften stets mit dem Faktor γ_c' zu vergrößern:

$$\gamma_c' = \frac{1}{1,1 - f_{ck} / 500} \geq 1,0 \quad (3)$$

Dabei ist f_{ck} in N/mm^2 einzusetzen.

5.3.4 Kombination von Einwirkungen, Bemessungssituationen

(1) Die bei den Nachweisen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit in Betracht zu ziehenden Bemessungssituationen sind in DIN 1055-100 angegeben. Die unabhängigen Einwirkungen auf das Tragwerk sind je nach Bemessungssituation miteinander zu kombinieren. Für die Einwirkungskombinationen gilt DIN 1055-100.

(2) Für die Einwirkungskombination beim Nachweis gegen Ermüdung gilt 10.8.3.

5.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

5.4.1 Allgemeines

(1) Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit entsprechen Bedingungen, bei deren Überschreitung die festgelegten Nutzungsanforderungen eines Tragwerks oder eines Tragwerksteils nicht mehr erfüllt sind oder eine dauerhafte Tragfähigkeit im Sinne dieser Norm nicht mehr sichergestellt ist.

(2) Die Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit umfassen die

- Begrenzung der Spannungen nach 11.1,
- Begrenzung der Rissbreiten nach 11.2,
- Begrenzung der Verformungen nach 11.3.

(3) Andere Grenzzustände (z. B. für Erschütterungen, Schwingungen) können bei bestimmten Tragwerken von Bedeutung sein, sind aber in dieser Norm nicht geregelt.

(4) Für das Nachweiskonzept, die Bemessungssituationen und die Einwirkungskombinationen bei den Nachweisen in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit gilt DIN 1055-100.

(5) Für Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit darf im Allgemeinen $\gamma_F = 1,0$ angesetzt werden, d. h. der repräsentative Wert einer Einwirkung oder deren Auswirkung (Schnittgröße) wird als unmittelbarer Bemessungswert verwendet.

5.4.2 Anforderungsklassen

(1) Für die Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit sind für die einzelnen Teile des Tragwerks Anforderungsklassen in Abhängigkeit von den in Tabelle 3 klassifizierten Umgebungsbedingungen der Bauteile durch den Bauherrn oder die zuständige Bauaufsichtsbehörde festzulegen. Die Mindestanforderungsklassen, die sich aus Tabelle 19 ergeben, sind dabei einzuhalten.

(2) *Für Bauzustände dürfen gegenüber dem Endzustand abweichende Anforderungsklassen festgelegt werden, sofern die Dauerhaftigkeit des Bauteils dadurch nicht beeinträchtigt wird.*

6 Sicherstellung der Dauerhaftigkeit

6.1 Allgemeines

(1) Die Forderung nach einem angemessenen dauerhaften Tragwerk ist erfüllt, wenn dieses während der vorgesehenen Nutzungsdauer seine Funktion hinsichtlich der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit ohne wesentlichen Verlust der Nutzungseigenschaften bei einem angemessenen Instandhaltungsaufwand erfüllt.

(2) Eine angemessene Dauerhaftigkeit des Tragwerks gilt als sichergestellt, wenn neben den Anforderungen aus den Nachweisen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit und den konstruktiven Regeln der Abschnitte 12 und 13 die Anforderungen dieses Abschnittes sowie die Anforderungen an die Zusammensetzung und die Eigenschaften des Betons nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 und an die Bauausführung nach DIN 1045-3 erfüllt sind.

6.2 Expositionsklassen, Mindestbetonfestigkeit

(1) Die Umgebungsbedingungen im Sinne dieser Norm sind durch chemische und physikalische Einflüsse gekennzeichnet, denen ein Tragwerk als Ganzes, einzelne Bauteile, der Spann- und Betonstahl und der Beton selbst ausgesetzt sind und die bei den Nachweisen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit nicht direkt berücksichtigt werden.

(2) Jedes Bauteil ist in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen, denen es direkt ausgesetzt ist, nach Tabelle 3 zu klassifizieren. Ein Bauteil kann mehr als einer der in Tabelle 3 genannten Umgebungsbedingungen ausgesetzt sein. Die Umgebungsbedingungen, denen es ausgesetzt ist, sind dann als Kombination der zugeordneten Expositionsklassen anzugeben. Tabelle 3 entspricht der Tabelle 1 in DIN 1045-2:2008-xx mit den Mindestbetondruckfestigkeitsklassen der Tabellen F.2.1 und F.2.2 in DIN 1045-2:2008-xx. Die nach Nr. 8 anzugebenden Feuchtigkeitsklassen für „Betonkorrosion infolge Alkali-Kieselsäurereaktion“ sind relevant für die Betonzusammensetzung und haben keine direkten Auswirkungen auf die Bemessung.

(3) Jeder Expositionsklasse ist nach Tabelle 3 eine Mindestbetonfestigkeitsklasse für Normalbeton zugeordnet. Die jeweils höchste sich in Abhängigkeit von den nach Absatz (2) bestimmten Expositionsklassen ergebende Mindestbetonfestigkeitsklasse ist dem Entwurf und der Bemessung der Bauteile zugrunde zu legen. Für Bauteile mit Vorspannung mit nachträglichem Verbund oder ohne Verbund darf jedoch keine kleinere Festigkeitsklasse als C25/30 für Normalbeton und LC25/28 für Leichtbeton, für Bauteile mit Vorspannung mit sofortigem Verbund keine kleinere Festigkeitsklasse als C30/37 bzw. LC30/33 verwendet werden. Die Dauerhaftigkeit von Leichtbetonbauteilen ist unabhängig von der vorrangig durch die leichte Gesteinskörnung bestimmten Druckfestigkeit durch eine Betonzusammensetzung nach DIN 1045-2 sicherzustellen.

Zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit sind zusätzliche Anforderungen an die Zusammensetzung und die Eigenschaften des Betons nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 zu berücksichtigen.

(4) Weitere nutzungsbedingte aggressive Einflüsse sind gegebenenfalls durch zusätzliche Schutzmaßnahmen zu berücksichtigen (siehe DIN EN 206-1 und DIN 1045-2).

6.3 Betondeckung

(1) Eine Mindestbetondeckung $c_{\min}$ der Bewehrung muss vorhanden sein, um Folgendes sicherzustellen:

- Schutz der Bewehrung gegen Korrosion,
- sichere Übertragung von Verbundkräften,

Besondere Anforderungen zur Sicherstellung eines ausreichenden Feuerwiderstands der Bauteile sind den Normen DIN 4102-2, DIN 4102-4 bzw. DIN 4102-22 zu entnehmen.

(2) Bewehrung in ansonsten als unbewehrt anzusehenden Bauteilen und die Oberflächenbewehrung nach 13.2.5 müssen den Anforderungen an die Betondeckung genügen, auch wenn die Bewehrung für die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit nicht in Anspruch genommen wird.

(3) Die Mindestbetondeckung $c_{\min}$ darf zum Schutz gegen Korrosion in Abhängigkeit von der maßgebenden Expositionsklasse nach Tabelle 3 nicht kleiner als der entsprechende Wert nach Tabelle 4 sein. Für Bauteiloberflächen mit mehreren zutreffenden Umgebungsbedingungen ist die Expositionsklasse mit den höchsten Anforderungen maßgebend.

Tabelle 3 — Expositionsklassen

1	2	3	4
Klasse	Beschreibung der Umgebung	Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen (informativ)	Mindestbetonfestigkeitsklasse
1 Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko			
X0	Für Beton ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall: alle Umgebungsbedingungen, ausgenommen Frostangriff, Verschleiß oder chemischer Angriff	Fundamente ohne Bewehrung ohne Frost, Innenbauteile ohne Bewehrung	C12/15
2 Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Karbonatisierung ^a			
XC1	trocken oder ständig nass	Bauteile in Innenräumen mit üblicher Luftfeuchte (einschließlich Küche, Bad und Waschküche in Wohngebäuden); Beton, der ständig in Wasser getaucht ist	C16/20
XC2	nass, selten trocken	Teile von Wasserbehältern; Gründungsbauteile	C16/20
XC3	mäßige Feuchte	Bauteile, zu denen die Außenluft häufig oder ständig Zugang hat, z. B. offene Hallen; Innenräume mit hoher Luftfeuchte, z. B. in gewerblichen Küchen, Bädern, Wäschereien, in Feuchträumen von Hallenbädern und in Viehställen	C20/25
XC4	wechselnd nass und trocken	Außenbauteile mit direkter Beregnung	C25/30

Tabelle 3 (fortgesetzt)

1	2	3	4
Klasse	Beschreibung der Umgebung	Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen (informativ)	Mindestbetonfestigkeitsklasse
3 Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Chloride, ausgenommen Meerwasser			
XD1	mäßige Feuchte	Bauteile im Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen; Einzelgaragen	C30/37 ^c
XD2	nass, selten trocken	Solebäder; Bauteile, die chloridhaltigen Industrierwässern ausgesetzt sind	C35/45 ^c oder ^f
XD3	wechselnd nass und trocken	Teile von Brücken mit häufiger Spritzwasserbeanspruchung; Fahrbahndecken; direkt befahrene Parkdecks ^b	C35/45 ^c
4 Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Chloride aus Meerwasser			
XS1	salzhaltige Luft, aber kein unmittelbarer Kontakt mit Meerwasser	Außenbauteile in Küstennähe	C30/37 ^c
XS2	unter Wasser	Bauteile in Hafenanlagen, die ständig unter Wasser liegen	C35/45 ^c oder ^f
XS3	Tidebereiche, Spritzwasser- und Sprühnebelbereiche	Kaimauern in Hafenanlagen	C35/45 ^c
5 Betonangriff durch Frost mit und ohne Taumittel			
XF1	mäßige Wassersättigung, ohne Taumittel	Außenbauteile	C25/30
XF2	mäßige Wassersättigung, mit Taumittel	Bauteile im Sprühnebel- oder Spritzwasserbereich von taumittelbehandelten Verkehrsflächen, soweit nicht XF4; Bauteile im Sprühnebelbereich von Meerwasser	C25/30 (LP) ^e C35/45 ^f
XF3	hohe Wassersättigung, ohne Taumittel	offene Wasserbehälter; Bauteile in der Wasserwechselzone von Süßwasser	C25/30 (LP) ^e C35/45 ^f
XF4	hohe Wassersättigung, mit Taumittel	Verkehrsflächen, die mit Taumitteln behandelt werden; Überwiegend horizontale Bauteile im Spritzwasserbereich von taumittelbehandelten Verkehrsflächen; Räumlerlaufbahnen von Kläranlagen; Meerwasserbauteile in der Wasserwechselzone	C30/37 (LP) ^{e, g, i}
6 Betonangriff durch chemischen Angriff der Umgebung ^d			
XA1	chemisch schwach angreifende Umgebung	Behälter von Kläranlagen; Güllebehälter	C25/30
XA2	chemisch mäßig angreifende Umgebung und Meeresbauwerke	Betonbauteile, die mit Meerwasser in Berührung kommen; Bauteile in betonangreifenden Böden	C35/45 ^c oder ^f
XA3	chemisch stark angreifende Umgebung	Industrieabwasseranlagen mit chemisch angreifenden Abwässern; Futtertische der Landwirtschaft; Kühltürme mit Rauchgasableitung	C35/45 ^c

Tabelle 3 (fortgesetzt)

1	2	3	4
Klasse	Beschreibung der Umgebung	Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen (informativ)	Mindestbetonfestigkeitsklasse
7 Betonangriff durch Verschleißbeanspruchung			
XM1	mäßige Verschleißbeanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luftbereifte Fahrzeuge	C30/37 ^c
XM2	starke Verschleißbeanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luft- oder vollgummibereifte Gabelstapler	C30/37 ^{c, h} C35/45 ^c
XM3	sehr starke Verschleißbeanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch elastomer- oder stahlrollenbereifte Gabelstapler; Oberflächen, die häufig mit Kettenfahrzeugen befahren werden; Wasserbauwerke in geschiebelasteten Gewässern, z. B. Tosbecken	C35/45 ^c
8 Betonkorrosion infolge Alkali-Kieselsäurereaktion			
Anhand der zu erwartenden Umgebungsbedingungen ist der Beton einer der vier folgenden Feuchtigkeitsklassen zuzuordnen.			
WO	Beton, der nach normaler Nachbehandlung nicht längere Zeit feucht und nach dem Austrocknen während der Nutzung weitgehend trocken bleibt.	— Innenbauteile des Hochbaus; — Bauteile, auf die Außenluft, nicht jedoch z. B. Niederschläge, Oberflächenwasser, Bodenfeuchte einwirken können und/oder die nicht ständig einer relativen Luftfeuchte von mehr als 80 % ausgesetzt werden.	-
WF	Beton, der während der Nutzung häufig oder längere Zeit feucht ist.	— Ungeschützte Außenbauteile, die z. B. Niederschlägen, Oberflächenwasser oder Bodenfeuchte ausgesetzt sind; — Innenbauteile des Hochbaus für Feuchträume, wie z. B. Hallenbäder, Wäschereien und andere gewerbliche Feuchträume, in denen die relative Luftfeuchte überwiegend höher als 80 % ist; — Bauteile mit häufiger Taupunktunterschreitung, wie z. B. Schornsteine, Wärmeübertragerstationen, Filterkammern und Viehställe; — Massige Bauteile gemäß DAfStb-Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“ [3], deren kleinste Abmessung 0,80 m überschreitet (unabhängig vom Feuchtezutritt).	-
WA	Beton, der zusätzlich zu der Beanspruchung nach Klasse WF häufiger oder langzeitiger Alkalizufuhr von außen ausgesetzt ist.	— Bauteile mit Meerwassereinwirkung; — Bauteile unter Tausalzeinwirkung ohne zusätzliche hohe dynamische Beanspruchung (z. B. Spritzwasserbereiche, Fahr- und Stellflächen in Parkhäusern); — Bauteile von Industriebauten und landwirtschaftlichen Bauwerken (z. B. Güllebehälter) mit Alkalisalzeinwirkung.	-

Tabelle 3 (fortgesetzt)

1	2	3	4
Klasse	Beschreibung der Umgebung	Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen (informativ)	Mindestbetonfestigkeitsklasse
WS	Beton, der hoher dynamischer Beanspruchung und direktem Alkalieintrag ausgesetzt ist.	Bauteile unter Tausalzeinwirkung mit zusätzlicher hoher dynamischer Beanspruchung (z. B. Betonfahrbahnen)	-
a Die Feuchteangaben beziehen sich auf den Zustand innerhalb der Betondeckung der Bewehrung. Im Allgemeinen kann angenommen werden, dass die Bedingungen in der Betondeckung den Umgebungsbedingungen des Bauteils entsprechen. Dies braucht nicht der Fall zu sein, wenn sich zwischen dem Beton und seiner Umgebung eine Sperrschicht befindet. b Ausführung nur mit zusätzlichen Maßnahmen (z. B. rissüberbrückende Beschichtung, siehe auch DAfStb-Heft 525) c Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. auf Grund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger; siehe auch Fußnote e. d Grenzwerte für die Expositionsklassen bei chemischem Angriff siehe DIN EN 206-1 und DIN 1045-2. e Diese Mindestbetonfestigkeitsklassen gelten für Luftporenbeton mit Mindestanforderungen an den mittleren Luftgehalt im Frischbeton nach DIN 1045-2 unmittelbar vor dem Einbau. f Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen ($f < 0,30$ nach DIN EN 206-1) eine Festigkeitsklasse im Alter von 28 Tagen niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Betonfestigkeitsklasse ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. g Erdfeuchter Beton mit $w/z \leq 0,40$ auch ohne Luftporen. h Diese Mindestbetonfestigkeitsklasse erfordert eine Oberflächenbehandlung des Betons nach DIN 1045-2, z. B. Vakuumieren und Flügelglätten des Betons. i Bei Verwendung eines CEM III/B nach DIN 1045-2:2008-xx, Tabelle F.3.1, Fußnote c) für Räumlerlaufbahnen in Beton ohne Luftporen mindestens C40/50 (hierbei gilt: $w/z \leq 0,35$, $z \geq 360 \text{ kg/m}^3$).			

Tabelle 4 — Mindestbetondeckung $c_{\min}$ zum Schutz gegen Korrosion und Vorhaltemaß Δc in Abhängigkeit von der Expositionsklasse

Zeile	Spalte	1	2	3		
	Klasse	Mindestbetondeckung $c_{\min}$ mm ^{a,b} Betonstahl Spannglieder im sofortigen Verbund und im nachträglichen Verbund ^c		Vorhaltemaß Δc mm		
1	XC1	10	20	10		
2	XC2	20	30	15		
	XC3	20	30			
	XC4	25	35			
3	XD1	40	50		15	
	XD2					
	XD3 ^d					
4	XS1	40	50			15
	XS2					
	XS3					

^a Die Werte dürfen für Bauteile aus Normalbeton, deren Betonfestigkeit um 2 Festigkeitsklassen höher liegt, als nach Tabelle 3 für die Expositionsklassen XC, XD bzw. XS mindestens erforderlich ist, um 5 mm vermindert werden. Für Bauteile der Expositionsklasse XC1 ist diese Abminderung nicht zulässig. Für die Dauerhaftigkeit von Leichtbetonbauteilen ist die Erhöhung der Dichte für die Reduktion der Mindestbetondeckung unabhängig von der Festigkeitsklasse über die Anpassung der Betonzusammensetzung in Analogie zum Normalbeton entsprechend DIN 1045-2 sicherzustellen.

^b Wird Ortbeton kraftschlüssig mit einem Fertigteil verbunden, dürfen die Werte an den der Fuge zugewandten Rändern auf 5 mm im Fertigteil und auf 10 mm (bzw. 5 mm bei rauer Fuge) im Ortbeton verringert werden. Die Bedingungen zur Sicherstellung des Verbundes nach Absatz (4) müssen jedoch eingehalten werden, sofern die Bewehrung im Bauzustand ausgenutzt wird. Auf das Vorhaltemaß der Betondeckung darf auf beiden Seiten der Verbundfuge verzichtet werden.

^c Die Mindestbetondeckung bezieht sich bei Spanngliedern im nachträglichen Verbund auf die Oberfläche des Hüllrohrs.

^d Im Einzelfall können besondere Maßnahmen zum Korrosionsschutz der Bewehrung nötig sein.

(4) Zur Sicherstellung des Verbundes darf aber die Mindestbetondeckung $c_{\min}$ nicht kleiner sein als:

- der Stabdurchmesser d_s der Betonstahlbewehrung oder der Vergleichsdurchmesser eines Stabbündels d_{sv} ,
- der 2,5fache Nenndurchmesser d_p einer Litze oder der 3fache Nenndurchmesser d_p eines gerippten Drahts im sofortigen Verbund,
- der äußere Hüllrohrdurchmesser eines Spanngliedes im nachträglichen Verbund.

(5) Bei Spannbetonbauteilen mit internen Spanngliedern ohne Verbund ist die Mindestbetondeckung $c_{\min}$ in den Verankerungsbereichen und im Bereich der freien Länge des ummantelten Spanngliedes der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zu entnehmen.

(6) Bei Bauteilen aus Leichtbeton muss die Mindestbetondeckung $c_{\min}$ außer für die Expositionsklasse XC1 mindestens 5 mm größer sein als der Durchmesser des Größtkorns der leichten Gesteinskörnung. Die Mindestwerte für $c_{\min}$ zum Schutz gegen Korrosion nach Tabelle 4 und zur Sicherstellung des Verbundes nach Absatz (4) sind einzuhalten.

(7) Bei Verschleißbeanspruchung des Betons sind zusätzliche Anforderungen an die Gesteinskörnungen nach DIN 1045-2 zu berücksichtigen. Alternativ kann die Verschleißbeanspruchung auch durch eine Vergrößerung der Betondeckung (Opferbeton) berücksichtigt werden. In diesem Fall sollte die Mindestbetondeckung $c_{\min}$ als Richtwert für die Expositionsklasse XM1 um 5 mm, für XM2 um 10 mm und für XM3 um 15 mm erhöht werden.

(8) Zur Berücksichtigung von unplanmäßigen Abweichungen ist die erforderliche Mindestbetondeckung $c_{\min}$ durch Addition eines Vorhaltemaßes Δc zu vergrößern. Daraus ergibt sich das Nennmaß der Betondeckung c_{nom} . Werte für Δc sind in Abhängigkeit von der Expositionsklasse in Tabelle 4 angegeben. Ist die Verbundbedingung nach Absatz (4) für $c_{\min}$ maßgebend, darf das Vorhaltemaß $\Delta c = 10$ mm verwendet werden.

(9) Die Werte für das Vorhaltemaß Δc nach Tabelle 4 dürfen um 5 mm abgemindert werden, wenn dies durch eine entsprechende Qualitätskontrolle bei Planung, Entwurf, Herstellung und Bauausführung gerechtfertigt werden kann.⁴⁾

Bei Fertigteilen mit einer werksmäßigen und ständig überwachten Herstellung darf das Vorhaltemaß Δc für die Betondeckung um mehr als 5 mm nur dann reduziert werden, wenn durch eine Überprüfung der Mindestbetondeckung am fertigen Bauteil (z. B. Messung⁴⁾) sichergestellt wird, dass Fertigteile mit zu geringer Mindestbetondeckung ausgesondert werden. Die in diesem Fall notwendigen Maßnahmen sind durch die zuständigen Überwachungsstellen im Einzelfall festzulegen. Eine Verringerung von Δc unter 5 mm ist dabei unzulässig.

(10) Für ein bewehrtes Bauteil, bei dem der Beton gegen unebene Flächen geschüttet wird, sollte das Vorhaltemaß Δc grundsätzlich erhöht werden. Die Erhöhung sollte generell um das Differenzmaß der Unebenheit erfolgen, mindestens jedoch um 20 mm und bei Herstellung unmittelbar auf den Baugrund um 50 mm. Oberflächen mit architektonischer Gestaltung, wie strukturierte Oberflächen oder grober Waschbeton, erfordern ebenfalls ein erhöhtes Vorhaltemaß.

(11) Das im Bewehrungsplan festzulegende Verlegemaß der Bewehrung c_v ergibt sich aus der Bedingung, dass die Nennmaße der Betondeckung c_{nom} für jedes einzelne Bewehrungselement eingehalten sind. Für die Festlegung der statischen Nutzhöhe ist das Verlegemaß c_v zu verwenden.

(12) Werden bei rau oder verzahnt ausgeführten Verbundfugen Bewehrungsstäbe direkt auf die Fugenoberfläche aufgelegt, so sind für den Verbund dieser Stäbe nur mäßige Verbundbedingungen nach 12.5 (2) anzusetzen. Die Dauerhaftigkeit der Bewehrung ist jedoch durch das erforderliche Nennmaß der Betondeckung im Bereich von Elementfugen bei Halbfertigteilen sicher zu stellen.

7 Grundlagen zur Ermittlung der Schnittgrößen

7.1 Anforderungen

(1) Alle Berechnungsverfahren der Schnittgrößenermittlung müssen sicherstellen, dass die Gleichgewichtsbedingungen erfüllt sind.

(2) Wenn die Verträglichkeitsbedingungen nicht unmittelbar für die jeweiligen Grenzzustände nachgewiesen werden, muss sichergestellt werden, dass das Tragwerk bis zum Erreichen des Grenzzustandes der Tragfähigkeit ausreichend verformungsfähig ist und ein unzulässiges Verhalten im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ausgeschlossen ist.

4) DBV-Merkblätter „Betondeckung und Bewehrung“ und „Abstandhalter“ und „Unterstützungen“ [3].

(3) Der Gleichgewichtszustand wird im Allgemeinen am nichtverformten Tragwerk nachgewiesen (Theorie I. Ordnung). Wenn jedoch die Auslenkungen zu einem wesentlichen Anstieg der Schnittgrößen führen, muss der Gleichgewichtszustand am verformten Tragwerk nachgewiesen werden (Theorie II. Ordnung).

(4) Die Auswirkungen zeitlicher Einflüsse (z. B. Kriechen, Schwinden des Betons) auf die Schnittgrößen sind zu berücksichtigen, wenn sie von Bedeutung sind.

(5) *Bei Bauteilen des üblichen Hochbaus dürfen die folgenden Vereinfachungen getroffen werden:*

- *Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung dürfen vernachlässigt werden, wenn sie die Tragfähigkeit um weniger als 10 % verringern.*
- *Der Einfluss der durch Quer- und Längskräfte entstehenden Verformungen auf die Schnittgrößen darf vernachlässigt werden, sofern der Einfluss voraussichtlich weniger als 10 % beträgt.*

(6) *Für Tragwerke mit vorwiegend ruhender Belastung dürfen die Auswirkungen der Belastungsgeschichte im Allgemeinen vernachlässigt werden, und es darf von einer gleichmäßigen Steigerung der Belastung ausgegangen werden.*

7.2 Imperfektionen

(1) Für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind mit Ausnahme der außergewöhnlichen Bemessungssituationen ungünstige Auswirkungen möglicher Imperfektionen des unbelasteten Tragwerks zu berücksichtigen.

(2) Die einzelnen aussteifenden Bauteile sind für Schnittgrößen zu bemessen, die sich aus der Berechnung am Gesamttragwerk ergeben, wobei die Auswirkungen der Einwirkungen und Imperfektionen am Tragwerk als Ganzem einzubeziehen sind.

(3) *Der Einfluss der Tragwerksimperfektionen darf durch den Ansatz geometrischer Ersatzimperfektionen erfasst werden.*

(4) *Bei der Schnittgrößenermittlung am Tragwerk als Ganzem dürfen die Auswirkungen der Imperfektionen über eine Schiefstellung des Tragwerks gegen die Sollachse um den Winkel α_{a1} berücksichtigt werden:*

$$\alpha_{a1} = \frac{1}{100\sqrt{h_{\text{ges}}}} \leq 1/200 \quad (4)$$

Dabei ist

α_{a1} *der Winkel der Schiefstellung, in Bogenmaß;*

h_{ges} *die Gesamthöhe des Tragwerks, in m.*

(5) *Sind mehrere lastabtragende Bauteile nebeneinander vorhanden, darf α_{a1} nach Gleichung (4) mit dem Faktor α_n abgemindert werden:*

$$\alpha_n = \sqrt{\frac{1 + 1/n}{2}} \quad (5)$$

Dabei ist

n *die Anzahl der lotrechten, lastabtragenden, in einem Geschoss nebeneinanderliegenden Bauteile.*

Als lastabtragend gelten die lotrechten Bauteile dann, wenn sie mindestens 70 % des Bemessungswerts der mittleren Längskraft $N_{Ed,m} = F_{Ed}/n$ aufnehmen, worin F_{Ed} die Summe der Bemessungswerte der Längskräfte aller nebeneinander liegenden lotrechten Bauteile im betrachteten Geschoss bezeichnet.

(6) Alternativ zu Absatz (4) dürfen die Abweichungen von der Sollachse für die Bemessung des Gesamttragwerks sowie der aussteifenden Bauteile, Auflager und etwaig vorhandener Ringanker durch die Wirkung äquivalenter Horizontalkräfte ersetzt werden (siehe Bild 1 b) und d)).

(7) Bauteile, die Stabilisierungskräfte von den auszusteifenden Tragwerksteilen zu den aussteifenden Bauteilen übertragen, sollten für die Aufnahme einer zusätzlichen Horizontalkraft H_{fd} (siehe Bild 1 e)) bemessen werden.

$$H_{fd} = (N_{bc} + N_{ba}) \cdot \alpha_{a2} \quad (6)$$

mit

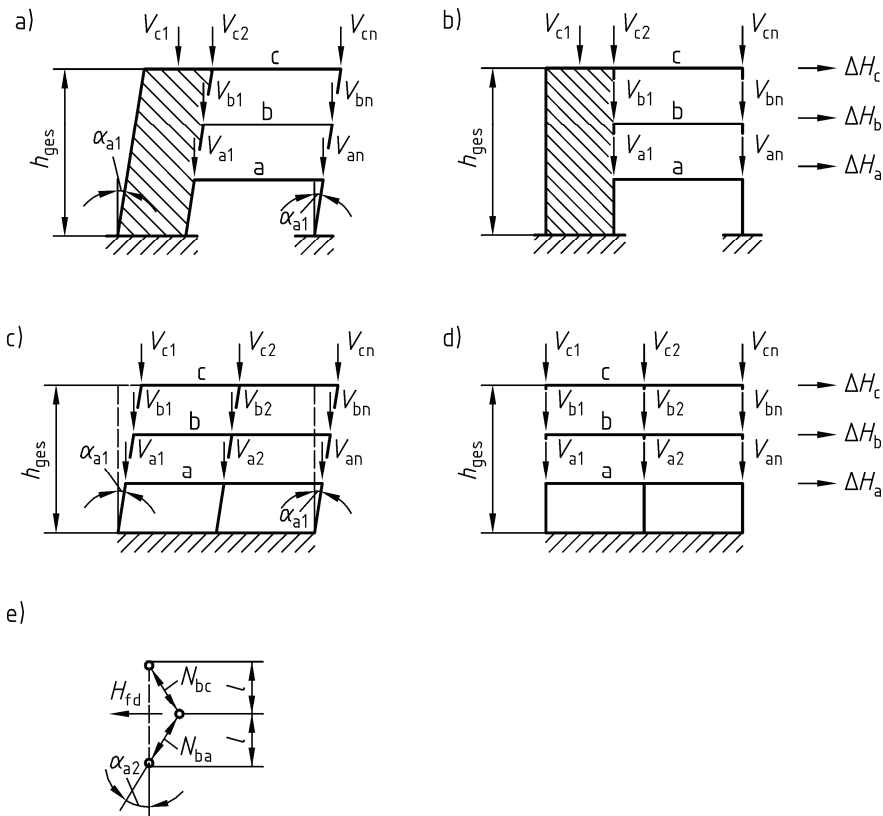
$$\alpha_{a2} = 0,008 / \sqrt{2k} \quad \text{in Bogenmaß} \quad (7)$$

Dabei ist

k die Anzahl der auszusteifenden Tragwerksteile im betrachteten Geschoss;

N_{bc}, N_{ba} der jeweils unter Berücksichtigung der Imperfektionen ermittelte Bemessungswert der Längskraft in Stützen oder Wänden, die an das horizontale lastübertragende Bauteil grenzen (siehe Bild 1 e)).

Die Horizontalkräfte H_{fd} sind als eigenständige Einwirkungen zu betrachten und dürfen nicht zusätzlich durch Kombinationsbeiwerte abgemindert werden, da diese bereits in den vertikalen Längskräften berücksichtigt sind. Die Horizontalkräfte H_{fd} brauchen für die Bemessung der vertikalen aussteifenden Bauteile nicht in Rechnung gestellt zu werden.



Legende

- a), c) Berücksichtigung von Imperfectionen über Schiefstellung des Tragwerks
- b), d) Berücksichtigung von Imperfectionen über äquivalente Horizontalkräfte
- e) Berücksichtigung zusätzlicher Horizontalkräfte in Bauteilen nach Absatz (7)

Bild 1 — Berücksichtigung der geometrischen Ersatzimperfectionen

7.3 Idealisierungen und Vereinfachungen

7.3.1 Mitwirkende Plattenbreite, Lastausbreitung und effektive Stützweite

(1) Bei Plattenbalken ist die mitwirkende Plattenbreite von den Gurt- und Stegabmessungen, von der Art der Belastung, der Stützweite, den Auflagerbedingungen und der Querbewehrung abhängig. Die folgenden Regeln sind für alle Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit anwendbar und stellen für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit im Allgemeinen eine genügend genaue Abschätzung dar.

(2) Die mitwirkende Plattenbreite b_{eff} für Plattenbalken darf für Biegebeanspruchung infolge annähernd gleichmäßig verteilter Einwirkungen angenommen werden zu:

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w \quad (8)$$

mit

$$b_{\text{eff},i} = 0,2 b_i + 0,1 l_0 \leq 0,2 l_0 \leq b_i \quad (9)$$

Dabei ist

l_0 die wirksame Stützweite;

b_i die tatsächlich vorhandene Gurtbreite;

b_w die Stegbreite.

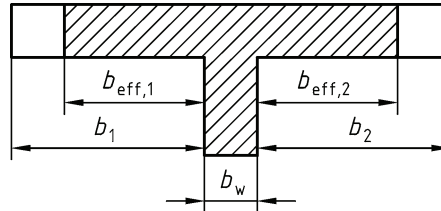


Bild 2 — Definition der mitwirkenden Breite b_{eff}

(3) Für annähernd gleichmäßig verteilte Einwirkungen darf die wirksame Stützweite l_0 (entspricht dem Abstand der Momentennullpunkte) bei etwa gleichen Steifigkeitsverhältnissen der Einzelfelder vereinfachend Bild 3 entnommen werden.

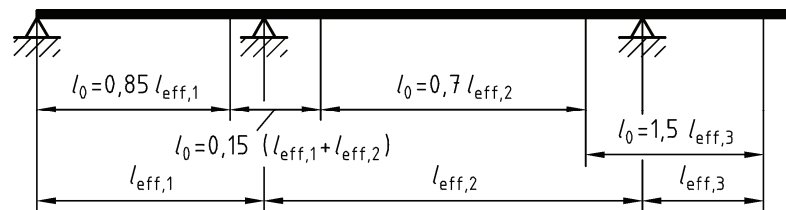


Bild 3 — Angenäherte wirksame Stützweiten l_0 zur Berechnung der mitwirkenden Plattenbreite

(4) Bei Platten mit Vouten darf die Stegbreite b_w in Gleichung (8) um die Breite b_v nach Bild 4 erhöht werden.

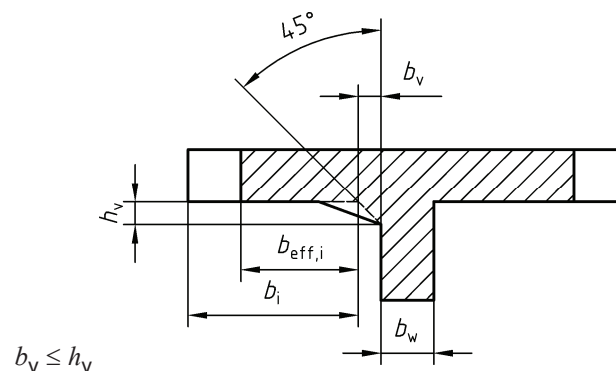


Bild 4 — Wirksame Stegbreite ($b_w + b_v$) bei Gurtplatten mit Vouten

(5) In der Lastausbreitungszone konzentriert eingeleiteter Längskräfte darf die wirksame Breite auf der Grundlage der Elastizitätstheorie bestimmt werden. Alternativ dazu darf ein Ausbreitungswinkel der Kräfte von $\beta = 35^\circ$ angenommen werden (siehe Bild 5). Dieser Winkel darf auch für die Lastausbreitung der Verankerungskräfte bei Vorspannung mit nachträglichem oder ohne Verbund angesetzt werden (siehe Bild 6).

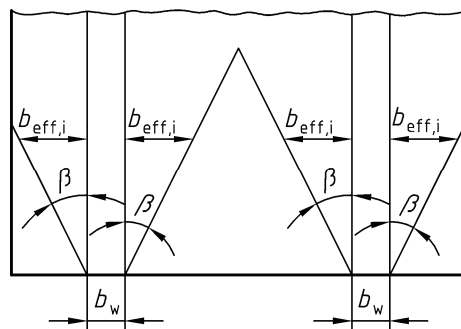
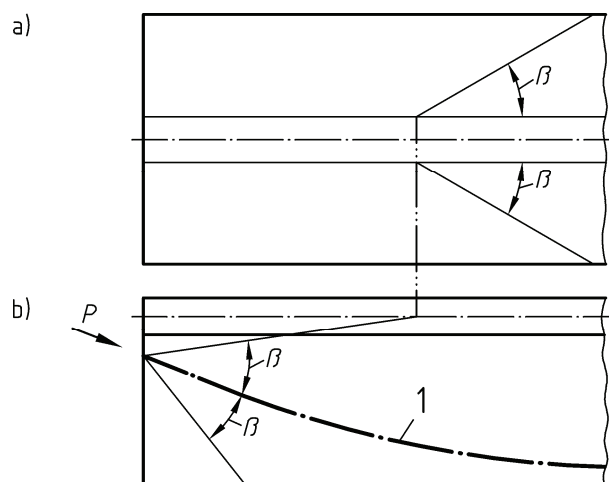


Bild 5 — Ausbreitungswinkel konzentriert eingeleiteter Längskräfte

**Legende**

a) Draufsicht

b) Ansicht

1 Spanngliedachse

Bild 6 — Ausbreitung von Vorspannkräften am Beispiel eines Plattenbalkens

(6) Die effektive Stützweite l_{eff} eines Bauteils (Balken, Platte) darf wie folgt bestimmt werden:

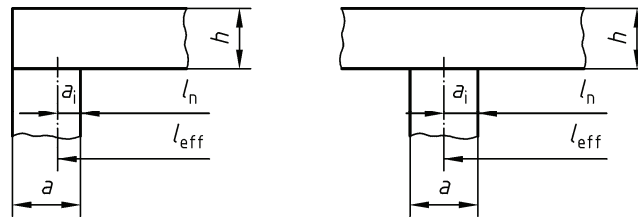
$$l_{\text{eff}} = l_n + a_1 + a_2 \quad (10)$$

Dabei ist

 l_n der lichte Abstand zwischen den Auflagervorderkanten; a_1, a_2 der jeweilige Abstand zwischen den Auflagervorderkanten und den rechnerischen Auflagerlinien des betrachteten Feldes.

Die Werte für a_1 und a_2 sind von den Auflager- und Einspannbedingungen des Bauteils abhängig und sind in geeigneter Weise festzulegen (siehe z. B. Bild 7).⁵⁾

5) Weitere Fälle siehe DAfStb-Heft 525.

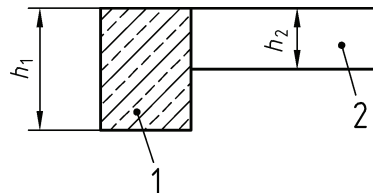


Legende

- a) nicht durchlaufende Bauteile ($a/3 \leq a_i \leq a/2$)
 b) durchlaufende Bauteile ($a_i = a/2$)

Bild 7 — Beispiele für die Bestimmung der effektiven Stützweite eines Bauteils (Balken, Platte)

(7) Im Fall einer direkten Lagerung wird die Auflagerkraft des gestützten Bauteils durch Druckspannungen am unteren Querschnittsrand des Bauteils aufgenommen. Bei monolithischer Verbindung darf dies angenommen werden, 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 8).



Legende

- 1 stützendes Bauteil
 2 gestütztes Bauteil

- $(h_1 - h_2) \geq h_2$ direkte Lagerung
 $(h_1 - h_2) < h_2$ indirekte Lagerung

Bild 8 — Definition der direkten und indirekten Lagerung

7.3.2 Sonstige Vereinfachungen

(1) *Durchlaufende Platten und Balken dürfen im üblichen Hochbau unter der Annahme frei drehbarer Lagerung berechnet werden.*

(2) *Der Bemessungswert des Stützmoments durchlaufender Balken oder Platten, deren Auflager als frei drehbar angesehen werden können, darf unabhängig vom angewendeten Rechenverfahren um einen Betrag ΔM_{Ed} reduziert werden, wenn bei der Berechnung der Stützmomente als effektive Stützweite der Abstand zwischen den Auflagermitten angenommen wird:*

$$\Delta M_{Ed} = C_{Ed} \cdot a/8 \quad (11)$$

Dabei ist

C_{Ed} der Bemessungswert der Auflagerreaktion;

a die Auflagerbreite.

(3) Wenn ein Balken oder eine Platte über einem Auflager durchläuft und mit diesem monolithisch verbunden ist, darf als Bemessungsmoment das Moment am Auflagerend zugrunde gelegt werden, wobei jedoch der Mindestwert nach 8.2 (5) nicht unterschritten werden sollte. Bei indirekter Lagerung ist dies nur zulässig, wenn das stützende Bauteil eine Vergrößerung der statischen Nutzhöhe des gestützten Bauteils mit einer Neigung von mindestens 1 : 3 zulässt.

(4) Die Stützkräfte aus den Auflagerreaktionen von einachsig gespannten Platten, Rippendecken und Balken (einschließlich Plattenbalken) dürfen unter der Annahme ermittelt werden, dass die Bauteile (unter Vernachlässigung der Durchlaufwirkung) frei drehbar gelagert sind. Die Durchlaufwirkung sollte jedoch stets für das erste Innenaufleger sowie solche Innenaufleger berücksichtigt werden, bei denen das Stützweitenverhältnis benachbarter Felder mit annähernd gleicher Steifigkeit außerhalb des Bereichs $0,5 < l_{\text{eff},1}/l_{\text{eff},2} < 2,0$ liegt.

(5) Die maßgebenden Querkkräfte dürfen bei üblichen Hochbauten für Vollbelastung aller Felder ermittelt werden, wenn das Stützweitenverhältnis benachbarter Felder mit annähernd gleicher Steifigkeit $0,5 < l_{\text{eff},1}/l_{\text{eff},2} < 2,0$ beträgt.

(6) In rahmenartigen Tragwerken des üblichen Hochbaus, bei denen alle horizontalen Kräfte von aussteifenden Scheiben aufgenommen werden, dürfen bei Innenstützen, die mit Balken oder Platten biegefest verbunden sind, die Biegemomente aus Rahmenwirkung vernachlässigt werden, wenn das Stützweitenverhältnis benachbarter Felder mit annähernd gleicher Steifigkeit $0,5 < l_{\text{eff},1}/l_{\text{eff},2} < 2,0$ beträgt.

(7) Randstützen von rahmenartigen Tragwerken sind stets als Rahmenstiele in biegefester Verbindung mit Balken oder Platten zu berechnen. Dies gilt auch für Stahlbetonwände in Verbindung mit Platten.

(8) Rippen- oder Kassettendecken dürfen für die Schnittgrößenermittlung bei einem Verfahren nach 8.2 oder 8.3 als Vollplatten betrachtet werden, wenn die Gurtplatte zusammen mit den Rippen eine ausreichende Torsionssteifigkeit besitzt. Dies darf vorausgesetzt werden, wenn gleichzeitig

- der Rippenabstand 1 500 mm nicht übersteigt,
- die Rippenhöhe unter der Gurtplatte die 4fache Rippenbreite nicht übersteigt,
- die Dicke der Gurtplatte mindestens 1/10 des lichten Abstands zwischen den Rippen oder 50 mm beträgt, wobei der größere Wert maßgebend ist, und
- Querrippen vorgesehen sind, deren lichter Abstand nicht größer als die 10fache Deckendicke ist.

(9) Decken aus Rippen und Zwischenbauteilen ohne Aufbeton dürfen für die Schnittgrößenermittlung bei einem Verfahren nach 8.2 oder 8.3 als Vollplatten angesehen werden, wenn Querrippen in einem Abstand s_T angeordnet werden, der die Werte der Tabelle 5 nicht überschreitet.

Tabelle 5 — Größter Querrippenabstand s_T bei Decken aus Rippen und Zwischenbauteilen ohne Aufbeton

Zeile	Spalte		1	2
			Achsabstand der Längsrippen s_L	
			$s_L \leq l_{\text{eff}}/8$	$s_L > l_{\text{eff}}/8$
1	Gebäudeart	Wohngebäude	—	12 h
2		andere Gebäude	10 h	8 h
l_{eff} effektive Stützweite der Längsrippen				
h Gesamtdicke der Rippendecke				

8 Verfahren zur Ermittlung der Schnittgrößen

8.1 Allgemeines

- (1) Jedes Berechnungsverfahren muss im angegebenen Anwendungsbereich das geforderte Zuverlässigkeitsniveau dieser Norm sicherstellen. Diese Anforderung gilt bei Einhaltung der in 8.1 bis 8.7 aufgeführten Regeln als erfüllt.
- (2) Sofern relevant, ist der Einfluss der Torsionssteifigkeit bei der Schnittgrößenermittlung angemessen zu berücksichtigen.
- (3) Das linear-elastische Verfahren verwendet eine lineare Schnittgrößen-Verformungs-Beziehung.
- (4) Verfahren der Plastizitätstheorie verwenden im Allgemeinen eine ideal-elastisch-plastische oder eine ideal-starr-plastische Schnittgrößen-Verformungs-Beziehung.
- (5) Der Ausdruck „nichtlineare Berechnung“ bezieht sich auf Berechnungsverfahren, die nichtlineare Schnittgrößen-Verformungs-Beziehungen berücksichtigen (physikalisch nichtlinear). Verfahren, bei denen das Gleichgewicht unter Berücksichtigung der Tragwerksverformungen nachgewiesen wird, werden als „Berechnung nach Theorie II. Ordnung“ bezeichnet (geometrisch nichtlinear).

8.2 Linear-elastische Berechnung

- (1) Grundlage der linear-elastischen Berechnung sind die Steifigkeiten der ungerissenen Querschnitte (Zustand I). Es dürfen jedoch auch die Steifigkeiten der gerissenen Querschnitte (Zustand II) verwendet werden.
- (2) Die Anwendung des linear-elastischen Berechnungsverfahrens erfordert im Allgemeinen keine besonderen Maßnahmen zur Sicherstellung angemessener Verformungsfähigkeit, sofern sehr hohe Bewehrungsgrade in den kritischen Abschnitten der Bauteile vermieden und die Anforderungen dieser Norm bezüglich einer Mindestbewehrung erfüllt werden.
- (3) *Für Durchlaufträger, bei denen das Stützweitenverhältnis benachbarter Felder mit annähernd gleichen Steifigkeiten $0,5 < l_{\text{eff},1}/l_{\text{eff},2} < 2,0$ beträgt, in Riegeln von Rahmen und in sonstigen Bauteilen, die vorwiegend auf Biegung beansprucht sind, einschließlich durchlaufender, in Querrichtung kontinuierlich gestützter Platten, sollte das Verhältnis x_d/d den Wert 0,45 für Beton bis zur Festigkeitsklasse C50/60 und den Wert 0,35 für Beton ab der Festigkeitsklasse C55/67 und für Leichtbeton nicht übersteigen, sofern keine geeigneten konstruktiven Maßnahmen zur Sicherstellung ausreichender Duktilität getroffen werden (siehe 13.1.1 (5)). Die Druckzonenhöhe x_d ist dabei mit den Bemessungswerten der Einwirkungen und der Baustofffestigkeiten zu ermitteln.*
- (4) *Bei nicht vorgespannten Durchlaufträgern und -platten des üblichen Hochbaus brauchen – mit Ausnahme des Nachweises der Lagesicherheit nach DIN 1055-100 – Bemessungssituationen mit günstigen ständigen Einwirkungen nicht berücksichtigt zu werden, wenn die Konstruktionsregeln für die Mindestbewehrung eingehalten werden.*
- (5) *Zur Berücksichtigung einer vorgenommenen Idealisierung des Tragwerks und möglicher unbeabsichtigter Abweichungen des Tragsystems während der Bauzeit sollte das Bemessungsmoment in den Anschnitten vertikaler Auflager von Durchlaufträgern nicht geringer sein als 65 % des Moments bei Annahme voller Einspannung am Auflagerrand.*
- (6) Übliche Berechnungsverfahren für Plattenschnittgrößen mit Ansatz gleicher Steifigkeiten in beiden Richtungen gelten nur, wenn der Abstand der Längsbewehrung zur zugehörigen Querbewehrung in der Höhe 50 mm oder $d/10$ nicht überschreitet (der größere Wert ist maßgebend).

8.3 Linear-elastische Berechnung mit Umlagerung

(1) Die unter Verwendung des linear-elastischen Verfahrens nach 8.2 ermittelten Momente dürfen für die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit umgelagert werden, wobei die sich daraus ergebenden Schnittgrößen mit den einwirkenden Lasten im Gleichgewicht stehen müssen.

(2) Die Auswirkungen einer Momentenumlagerung müssen bei der Bemessung durchgängig berücksichtigt werden. Dies gilt für die Bemessung für Biegung mit oder ohne Längskraft, für die Bemessung für Querkraft, für die Verankerungsregeln und für die Abstufung der Bewehrung.

(3) Für Durchlaufträger, bei denen das Stützweitenverhältnis benachbarter Felder mit annähernd gleicher Steifigkeit $0,5 < l_{\text{eff},1}/l_{\text{eff},2} < 2,0$ beträgt, in Riegeln von unverschieblichen Rahmen und in sonstigen Bauteilen, die vorwiegend auf Biegung beansprucht sind, einschließlich durchlaufender, in Querrichtung kontinuierlich gestützter Platten, gelten für mögliche Momentenumlagerungen die folgenden Grenzen:

a) Hochduktiler Stahl:

$$\delta \geq 0,64 + 0,8 x_d/d \geq 0,7 \quad \text{bis C50/60} \quad (12)$$

$$\delta \geq 0,72 + 0,8 x_d/d \geq 0,8 \quad \text{ab C55/67 und Leichtbeton} \quad (13)$$

b) Stahl mit normaler Duktilität:

$$\delta \geq 0,64 + 0,8 x_d/d \geq 0,85 \quad \text{bis C50/60} \quad (14)$$

$$\delta = 1,0 \text{ (keine Umlagerung)} \quad \text{ab C55/67 und Leichtbeton}$$

Dabei ist

δ das Verhältnis des umgelagerten Moments zum Ausgangsmoment vor der Umlagerung;

x_d/d die bezogene Druckzonenhöhe im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach Umlagerung, berechnet mit den Bemessungswerten der Einwirkungen und der Baustofffestigkeiten.

Für die Eckknoten unverschieblicher Rahmen ist die Umlagerung auf $\delta = 0,9$ begrenzt.

(4) Bei verschieblichen Rahmen ist keine Umlagerung zugelassen.

(5) Bei Tragwerken aus unbewehrtem Beton und solchen, die aus vorgefertigten Segmenten mit unbewehrten Kontaktfugen bestehen, ist keine Umlagerung zugelassen.

(6) Für die Ermittlung von Querkraft, Drillmoment und Auflagerreaktion bei Platten darf entsprechend dem Momentenverlauf nach Umlagerung eine lineare Interpolation zwischen den Beanspruchungen bei voll eingespanntem Rand und denen bei gelenkig gelagertem Rand vorgenommen werden.

8.4 Verfahren nach der Plastizitätstheorie

8.4.1 Allgemeines

(1) Verfahren der Schnittgrößenermittlung nach der Plastizitätstheorie sind bei vorwiegend biegebeanspruchten Bauteilen für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit anwendbar. Bei Bauteilen aus Leichtbeton dürfen diese Verfahren nicht angewendet werden.

(2) Werden die Verträglichkeitsbedingungen nicht direkt überprüft, sind Verfahren auf der Grundlage der Plastizitätstheorie nur für Tragwerke mit gut verformungsfähigen Bauwerksteilen zulässig.

(3) Bei zweiachsig gespannten Platten sind Verfahren der Schnittgrößenermittlung, die plastische Gelenke ohne eine direkte Kontrolle ihrer Rotationsfähigkeit einschließen, nur dann zulässig, wenn die bezogene Druckzonenhöhe im Gelenkbereich an keiner Stelle und in keiner Richtung den Wert $x_d/d = 0,25$ für Beton bis zu einer Festigkeitsklasse C50/60 und den Wert $x_d/d = 0,15$ für Beton ab der Festigkeitsklasse C55/67 überschreitet und bei durchlaufenden Platten das Verhältnis von Stützmomenten zu Feldmomenten dabei zwischen 0,5 und 2,0 liegt. Die Druckzonenhöhe x_d ist dabei mit den Bemessungswerten der Einwirkungen und der Baustofffestigkeiten zu ermitteln. Werden diese Grenzen nicht eingehalten, ist die Rotationsfähigkeit nach 8.4.2 nachzuweisen.

(4) Stahl mit normaler Duktilität (siehe Tabelle 11) darf bei Anwendung der Plastizitätstheorie für stabförmige Bauteile und Platten nicht verwendet werden.

(5) Bei Scheiben dürfen Verfahren nach der Plastizitätstheorie stets (also auch bei Verwendung von Stahl mit normaler Duktilität) ohne direkten Nachweis des Rotationsvermögens angewendet werden.

(6) Verfahren nach der Plastizitätstheorie bilden auch die Grundlage für die Bemessung mit Stabwerkmodellen. Diese lassen sich sowohl für die Bemessung der ungestörten Bereiche von Balken und Platten im gerissenen Zustand (siehe 10.2 bis 10.4) als auch für die Bemessung und konstruktive Durchbildung von Diskontinuitätsbereichen (siehe 10.6) anwenden.

8.4.2 Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation bei vorwiegend biegebeanspruchten Bauteilen

(1) Das vereinfachte Verfahren für stabförmige Bauteile einschließlich einachsig gespannter Platten basiert auf dem Nachweis der Rotationsfähigkeit ausgezeichneter Stababschnitte mit einer Länge von etwa $1,2 h$, wobei vorausgesetzt wird, dass diese sich als erste unter der jeweils maßgebenden Einwirkungskombination plastisch verformen (Ausbildung plastischer Gelenke), so dass sie wie ein Querschnitt behandelt werden dürfen. Der Nachweis der plastischen Rotation im Grenzzustand der Tragfähigkeit gilt als erbracht, wenn nachgewiesen wird, dass die vorhandene Rotation θ_E den Bemessungswert der zulässigen Rotation $\theta_{pl,d}$ nicht überschreitet:

$$\theta_E \leq \theta_{pl,d} \quad (15)$$

(2) Für die Bereiche der plastischen Gelenke darf das Verhältnis x_d/d die Werte 0,45 für Beton bis zur Festigkeitsklasse C50/60 und 0,35 für Beton ab der Festigkeitsklasse C55/67 nicht überschreiten.

(3) Die vorhandene Rotation θ_E ist auf der Grundlage der Bemessungswerte der Einwirkungen und der Mittelwerte der Baustofffestigkeiten (siehe 8.5.1) sowie der mittleren Werte der Vorspannung zum maßgeblichen Zeitpunkt zu ermitteln.

(4) Wird die vorhandene Rotation θ_E eines plastischen Gelenks durch Integration der Krümmungen zwischen den Gelenken berechnet, ist im Allgemeinen die Anwendung einer vereinfachten trilinearen Momenten-Krümmungs-Beziehung nach 8.5.2 (3) ausreichend. Die Momente aus Vorspannung dürfen dabei als Einwirkung betrachtet werden.

(5) Die zulässige plastische Rotation darf vereinfachend durch Multiplikation des Grundwerts der zulässigen Rotation mit einem Korrekturfaktor k_λ zur Berücksichtigung der Schubslankheit ermittelt werden. Der Grundwert der zulässigen Rotation darf für Betonstahl mit hoher Duktilität und Betonfestigkeitsklassen bis C50/60 sowie C100/115 Bild 9 entnommen werden. Für Betonfestigkeitsklassen C55/67 bis C90/105 darf entsprechend interpoliert werden. Die abgelesenen Werte gelten für eine Schubslankheit $\lambda = 3,0$ und sind für andere Werte von λ mit k_λ zu multiplizieren.

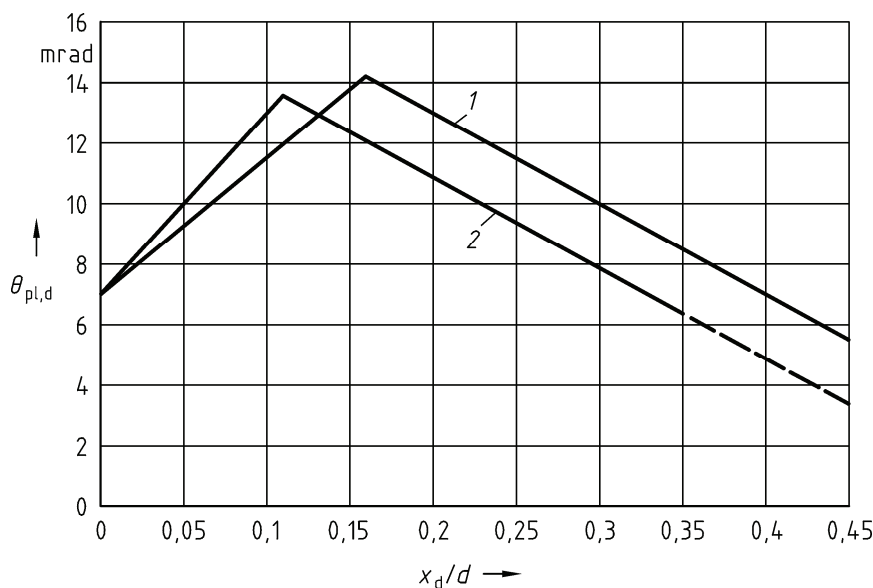
$$k_\lambda = \sqrt{\lambda/3} \quad (16)$$

Dabei ist λ das Verhältnis aus dem Abstand zwischen Momentennullpunkt und -maximum nach Umlagerung und der statischen Nutzhöhe d .

Vereinfacht darf λ dabei aus den Bemessungswerten des Biegemoments und der zugehörigen Querkraft berechnet werden:

$$\lambda = M_{Ed} / (V_{Ed} \cdot d) \quad (17)$$

Angaben für eine genauere Ermittlung der zulässigen plastischen Rotation können DAfStb-Heft 525 entnommen werden.



Legende

- 1 für C12/16 bis C50/60
- 2 für C100/115

Bild 9 — Grundwerte der zulässigen plastischen Rotation für Festigkeitsklassen des Betons C12/16 bis C50/60 und C100/115

(Die dargestellten Werte gelten unmittelbar für eine Schubslankheit $\lambda = 3,0$.)

8.5 Nichtlineare Verfahren

8.5.1 Allgemeines

(1) Nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung dürfen sowohl für die Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit als auch der Tragfähigkeit angewendet werden, wobei die Gleichgewichts- und Verträglichkeitsbedingungen zu erfüllen sind.

(2) Durch die Festlegung der Bewehrung nach Größe und Lage schließen nichtlineare Verfahren die Bemessung für Biegung mit oder ohne Längskraft nach 10.2 ein.

(3) Die Formänderungen und Schnittgrößen des Tragwerks sind auf der Grundlage der Spannungs-Dehnungs-Linien für Beton (siehe Bild 22), Betonstahl (siehe Bild 26) und Spannstahl (siehe Bild 28) zu berechnen, wobei die Mittelwerte der Baustofffestigkeiten zugrunde zu legen sind.

(4) Die Mittelwerte der Baustofffestigkeiten dürfen rechnerisch wie folgt angenommen werden:

$$f_{yR} = 1,1 f_{yk} \quad (18)$$

$$f_{tR} = 1,08 f_{yR} \quad (\text{für Betonstahl mit hoher Duktilität}) \quad (19)$$

$$f_{tR} = 1,05 f_{yR} \quad (\text{für Betonstahl mit normaler Duktilität}) \quad (20)$$

$$f_{p0,1R} = 1,1 f_{p0,1k} \quad (21)$$

$$f_{pR} = 1,1 f_{pk} \quad (22)$$

$$f_{cR} = 0,85 \alpha f_{ck} \quad (\text{bis C50/60}) \quad (23)$$

$$f_{cR} = 0,85 \alpha f_{ck} / \gamma_c' \quad (\text{ab C55/67}) \quad (24)$$

mit α nach 9.1.6 (2) bzw. 9.1.6 (4) und γ_c' nach 5.3.3 (9).

Hierbei sollte ein einheitlicher Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_R = 1,3$ (für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen und Nachweis gegen Ermüdung) oder $\gamma_R = 1,1$ (für außergewöhnliche Bemessungssituationen) für den Bemessungswert des Tragwiderstands berücksichtigt werden.

(5) Der Bemessungswert des Tragwiderstands darf nicht kleiner sein als der Bemessungswert der maßgebenden Einwirkungskombination.

(6) Der Grenzzustand der Tragfähigkeit gilt als erreicht, wenn in einem beliebigen Querschnitt des Tragwerks

- die kritische Stahldehnung oder
- die kritische Betondehnung oder
- am Gesamtsystem oder Teilen davon der kritische Zustand des indifferenten Gleichgewichts erreicht ist.

(7) Die kritische Stahldehnung ist auf den Wert $\varepsilon_{su} = 0,025$ festzulegen. Die kritische Betondehnung ε_{c1u} ist Tabelle 9 und Tabelle 10 zu entnehmen.

(8) Die Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen (tension stiffening) ist zu berücksichtigen. Sie darf unberücksichtigt bleiben, wenn dies auf der sicheren Seite liegt.

(9) Die Auswahl eines geeigneten Verfahrens zur Berücksichtigung der Mitwirkung des Betons auf Zug sollte in Abhängigkeit von der jeweiligen Bemessungsaufgabe getroffen werden.⁶⁾

8.5.2 Berechnungsansatz für stabförmige Bauteile und einachsig gespannte Platten bei Biegung mit oder ohne Längskraft

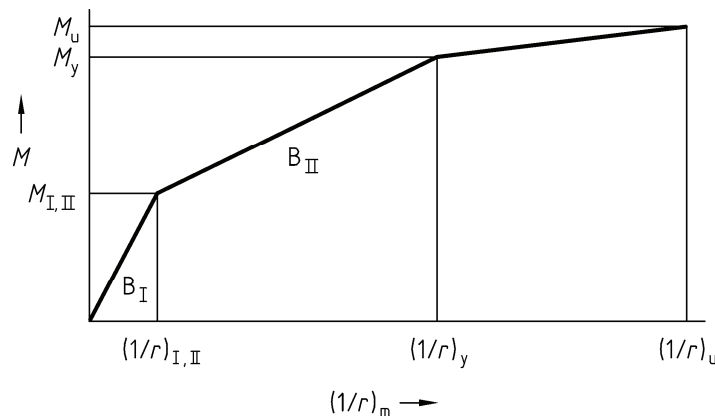
(1) Die Schnittgrößen stabförmiger Bauteile sowie einachsig gespannter Platten dürfen unter Ansatz von rechnerischen Momenten-Krümmungs-Beziehungen berechnet werden, denen das Ebenbleiben der Querschnitte zugrunde liegt.

6) Siehe DAfStb-Heft 525.

(2) Auf dieser Grundlage können die Schnittgrößen für die Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit ermittelt werden. Für den Nachweis in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit gilt 8.5.1.

(3) Zur Vereinfachung darf die in Bild 10 angegebene trilineare Momenten-Krümmungs-Beziehung verwendet werden. Die Krümmungen $(1/r)_y$ und $(1/r)_u$ sind dabei unter Berücksichtigung der Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen zu ermitteln.

(4) Für Bauteile mit Längskrafteinwirkung gilt die vereinfachte Momenten-Krümmungs-Beziehung in Bild 10 in der dargestellten Weise nur dann, wenn die Bezugslinie für die Momentenermittlung mit der Wirkungslinie der Längskraft zusammenfällt. Unterscheiden sich diese, z. B. dann, wenn eine Vorspannung nicht in der Schwerachse wirkt, ist die Wirkung der resultierenden Vorkrümmung zu berücksichtigen.



Legende

- B_I, B_{II} Biegesteifigkeit im ungerissenen Zustand I bzw. gerissenen Zustand II = $dM / d(1/r)$
- $M_{I,II}$ Moment beim Übergang von Zustand I zu Zustand II
- M_y Fließmoment
- M_u Bruchmoment
- $(1/r)_{I,II}$ zu $M_{I,II}$ gehörende Krümmung = $M_{I,II} / B_I$

Bild 10 — Vereinfachte Momenten-Krümmungs-Beziehung

8.6 Stabförmige Bauteile und Wände unter Längsdruck (Theorie II. Ordnung)

8.6.1 Allgemeines

(1) Der Gleichgewichtszustand von Tragwerken mit stabförmigen Bauteilen oder Wänden unter Längsdruck und insbesondere der Gleichgewichtszustand dieser Bauteile selbst muss unter Berücksichtigung der Auswirkung von Bauteilverformungen nachgewiesen werden, wenn diese die Tragfähigkeit um mehr als 10 % verringern. Dies gilt für jede Richtung, in der ein Versagen nach Theorie II. Ordnung auftreten kann.

(2) Im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist für die jeweils ungünstigste Einwirkungskombination nachzuweisen, dass in kritischen Querschnitten der Bemessungswert der Einwirkungen nach Theorie II. Ordnung den Bemessungswert des Tragwiderstands nicht überschreitet und das statische Gleichgewicht (örtlich und für das Gesamttragwerk) gesichert ist.

(3) Diese Grundsätze gelten auch für andere Tragwerke (z. B. Schalen) und Bauteile, bei denen Verformungen (gegebenenfalls örtliche, z. B. in Auflagerbereichen von wandartigen Trägern) die Tragfähigkeit wesentlich beeinflussen oder ein Verlust des stabilen Gleichgewichts zu befürchten ist (z. B. seitliches Ausweichen schlanker Träger, siehe 8.6.8).

(4) Die Bemessungswerte der einwirkenden Schnittgrößen sind unter Berücksichtigung von Maßungenaugkeiten und Unsicherheiten bezüglich Lage und Richtung von Längskräften zu ermitteln. Sofern keine anderen geeigneten Annahmen getroffen werden, sind diese Einflüsse durch Ansatz geometrischer Imperfektionen zu berücksichtigen (siehe 8.6.4).

(5) Nichtlineare Verfahren für das Gesamttragwerk nach 8.5 dürfen unter Berücksichtigung plastischer Gelenke nach 8.4 angewendet werden. Dabei sind aber plastische Gelenke (Krümmungen $(1/r)_m > (1/r)_y$ nach Bild 10) für Bauteile unter Längsdruck im Sinne von Absatz (1) nicht zulässig.

(6) Werden die Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung mit einem Verfahren nach 8.2, 8.3 oder 8.4 ermittelt, sind die einwirkenden Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung oder die zusätzlich infolge Verformungen nach Theorie II. Ordnung zu berücksichtigenden Schnittgrößen mit dem Verfahren nach 8.5 zu ermitteln.

(7) *Abweichend von Absatz (6) dürfen die Formänderungen auf der Grundlage von Bemessungswerten, die auf den Mittelwerten der Baustoffkennwerte beruhen (z. B. f_{cm}/γ_c , E_{cm}/γ_c), ermittelt werden. Für die Ermittlung der Grenztragfähigkeit im kritischen Querschnitt sind dann jedoch die Bemessungswerte der Baustofffestigkeiten (z. B. $\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$) anzusetzen.*

(8) *Die Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen darf auf der sicheren Seite liegend vernachlässigt werden.*

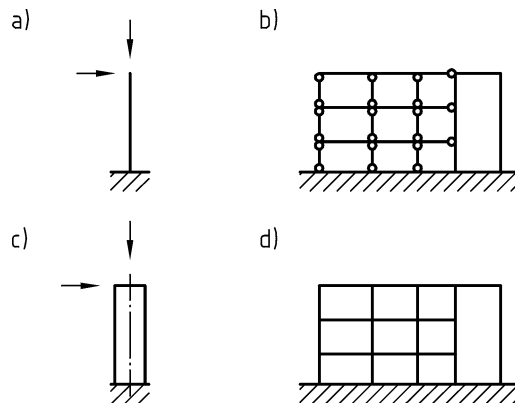
8.6.2 Einteilung der Tragwerke und Bauteile

(1) Zur Nachweisführung werden Tragwerke oder Bauteile in ausgesteifte oder unausgesteifte eingeteilt, je nachdem, ob aussteifende Bauteile vorgesehen sind oder nicht, oder sie werden als verschieblich oder unverschieblich betrachtet, je nachdem, ob bei Tragwerken die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung entsprechend 8.6.1 (1) zu berücksichtigen sind bzw. bei Einzelbauteilen die gegenseitige Verschiebung der Stabenden von Bedeutung ist oder nicht.

(2) Ein aussteifendes Bauteil oder ein System aussteifender Bauteile muss eine ausreichende Steifigkeit haben, um alle horizontalen Lasten, die auf das Tragwerk wirken, aufzunehmen und in die Fundamente weiterzuleiten und um die Tragfähigkeit der auszusteifenden Tragwerksteile sicherzustellen.

(3) Zu Bauteilen im Sinne von Absatz (1) gehören Einzeldruckglieder mit der Ersatzlänge l_0 . Sie können sein:

- einzelne Druckglieder (siehe Bild 11 a) und b)),
- Druckglieder als Teile eines Tragwerks, die jedoch für den Nachweis nach 8.6.1 (1), (2) und (3) als Einzeldruckglieder betrachtet werden können (siehe Bild 11 c) und d)).



Legende

- a) einzeln stehende Stütze
- b) gelenkig angeschlossene Druckglieder in einem verschieblichen oder unverschieblich ausgesteiften Tragwerk
- c) schlankes aussteifendes Bauteil eines verschieblichen Tragwerks, das als Einzeldruckglied betrachtet werden kann
- d) biegesteif angeschlossene Druckglieder in einem verschieblichen oder unverschieblich ausgesteiften Tragwerk, die als Einzeldruckglieder betrachtet werden können

Bild 11 — Arten von Einzeldruckgliedern

(4) Die Ersatzlänge $l_0 = \beta \cdot l_{\text{col}}$ von Einzeldruckgliedern (mit der Stützenlänge l_{col} zwischen den idealisierten Einspannstellen) ist von den Steifigkeiten der Einspannungen an den Enden des Einzeldruckglieds und von der Verschieblichkeit der Enden des Druckglieds abhängig. Hinweise zur Berechnung der Ersatzlänge l_0 von Einzeldruckgliedern können dem DAfStb-Heft 525 entnommen werden. Die Schlankheit der Einzeldruckglieder errechnet sich aus $\lambda = l_0/i$, wobei i der Trägheitsradius des Querschnitts ist.

(5) Sofern keine genaueren Nachweise geführt werden, dürfen Tragwerke, die durch lotrechte Bauteile wie z. B. massive Wandscheiben oder Bauwerkskerne ausgesteift sind, als unverschieblich im Sinne von Absatz (1) angesehen werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- a) Wenn die lotrechten aussteifenden Bauteile annähernd symmetrisch angeordnet sind und nur kleine vernachlässigbare Verdrehungen um die Bauwerksachse zulassen, müssen die Seitensteifigkeiten in beiden Richtungen der Gleichung (25) genügen:

$$\frac{1}{h_{\text{ges}}} \sqrt{\frac{E_{\text{cm}} I_{\text{c}}}{F_{\text{Ed}}}} \geq \frac{1}{(0,2 + 0,1m)} \quad \text{für } m \leq 3$$

$$\geq \frac{1}{0,6} \quad \text{für } m \geq 4$$
(25)

- b) Wenn die lotrechten aussteifenden Bauteile nicht annähernd symmetrisch angeordnet sind oder nicht vernachlässigbare Verdrehungen zulassen, muss zusätzlich die Verdrehsteifigkeit aus der Kopplung der Wölbsteifigkeit $E_{\text{cm}} I_{\omega}$ und der Torsionssteifigkeit $G_{\text{cm}} I_{\text{T}}$ der Gleichung (26) genügen:

$$\frac{1}{h_{\text{ges}}} \sqrt{\frac{E_{\text{cm}} I_{\omega}}{\sum_j F_{\text{Ed},j} \cdot r_j^2}} + \frac{1}{2,28} \sqrt{\frac{G_{\text{cm}} I_{\text{T}}}{\sum_j F_{\text{Ed},j} \cdot r_j^2}} \geq \frac{1}{(0,2 + 0,1m)} \quad \text{für } m \leq 3$$

$$\geq \frac{1}{0,6} \quad \text{für } m \geq 4$$
(26)