

Niedersächsisches Ministerialblatt

59. (64.) Jahrgang

Hannover, den 23. 7. 2009

Nummer 29 a

1. ANLAGENBAND

zur

Liste der Technischen Baubestimmungen — Fassung Juni 2009 —

DIN 1045-1

DIN 1045-2

DIN 1045-3

DIN 1054 Berichtigung 3

DIN 1054 Berichtigung 4

DIN V 4108-4

DIN 4108-10

DIN V 4133

DIN 18168-1

Die hier abgedruckten Technischen Baubestimmungen sind nur in Verbindung mit dem RdErl. des MS vom 12. 6. 2009 (Nds. MBl. S. 651) zu verwenden.

— DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Teil 1: Bemessung und Konstruktion	1
— DIN 1045-2: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Teil 2: Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität — Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1	185
— DIN 1045-3: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Teil 3: Bauausführung	247
— DIN 1054 Berichtigung 3:	287
— DIN 1054 Berichtigung 4:	291
— DIN V 4108-4: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte	293
— DIN 4108-10: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe — Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe	337
— DIN V 4133: Freistehende Stahlschornsteine	371
— DIN 18168-1: Gipsplatten-Deckenbekleidungen und Unterdecken — Teil 1: Anforderungen an die Ausführung	407

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

	Seite
8.4	Verfahren nach der Plastizitätstheorie.....44
8.4.1	Allgemeines44
8.4.2	Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation bei vorwiegend biegebeanspruchten Bauteilen45
8.5	Nichtlineare Verfahren46
8.5.1	Allgemeines46
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	Allgemeines48
8.6.2	Einteilung der Tragwerke und Bauteile.....49
8.6.3	Nachweisverfahren.....51
8.6.4	Imperfektionen53
8.6.5	Modellstützenverfahren53
8.6.6	Druckglieder mit zweiachsiger Lastausmitte56
8.6.7	Druckglieder aus unbewehrtem Beton.....58
8.6.8	Seitliches Ausweichen schlanker Träger.....59
8.7	Vorgespannte Tragwerke.....60
8.7.1	Allgemeines60
8.7.2	Vorspannkraft61
8.7.3	Spannkraftverluste62
8.7.4	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit64
8.7.5	Grenzzustand der Tragfähigkeit64
8.7.6	Verankerungsbereiche bei Spanngliedern im sofortigem Verbund.....64
8.7.7	Verankerungsbereiche bei Spanngliedern im nachträglichen oder ohne Verbund68
9	Baustoffe68
9.1	Beton.....68
9.1.1	Allgemeines68
9.1.2	Festigkeiten.....69
9.1.3	Elastische Verformungseigenschaften69
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 Querschnittsbemessung75
9.1.7	Zusammenstellung der Betonkennwerte77
9.2	Betonstahl77
9.2.1	Allgemeines77
9.2.2	Eigenschaften77
9.2.3	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Schnittgrößenermittlung82
9.2.4	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung83
9.3	Spannstahl84
9.3.1	Allgemeines84
9.3.2	Eigenschaften84
9.3.3	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung85
10	Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit.....86
10.1	Allgemeines86
10.2	Biegung mit oder ohne Längskraft und Längskraft allein86
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 Fugen95
10.3.7	Unbewehrte Bauteile98

DIN 1045-1:2008-08

	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

	Seite
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

DIN 1045-1:2008-08

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*).

DIN 1045-1:2008-08

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 Spannbeton¹⁾*

[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

DIN 1045-1:2008-08

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 Trockenrohddichte 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 Trockenrohddichte 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 Trockenrohddichte 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 $e_d/h \leq 3,5$

DIN 1045-1:2008-08

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

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

3.2.2 Kleine lateinische Buchstaben

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

DIN 1045-1:2008-08**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

DIN 1045-1:2008-08

Q	veränderliche Einwirkung
R	Systemwiderstand; rechnerisch
Rd	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

DIN 1045-1:2008-08

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}	Biegerollendurchmesser
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
$f_{\text{ck, zyl}}$	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_{ick}	charakteristische Zylinderdruckfestigkeit von Leichtbeton nach 28 Tagen
$f_{ick, cube}$	charakteristische Würfeldruckfestigkeit von Leichtbeton nach 28 Tagen
f_{icm}	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit von Leichtbeton
$f_{ictk; 0,05}$	charakteristischer Wert des 5 %-Quantils der zentrischen Betonzugfestigkeit von Leichtbeton
$f_{ictk; 0,95}$	charakteristischer Wert des 95 %-Quantils der zentrischen Betonzugfestigkeit von Leichtbeton
f_{ictm}	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

DIN 1045-1:2008-08

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
$l_{\text{p,eff}}$	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
$v_{\text{Rd,ct}}$	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit längs des kritischen Rundschnitts einer Platte ohne Durchstanzbewehrung (je Längeneinheit)
$v_{\text{Rd,ct,a}}$	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
$\varepsilon_{c,ds}$	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

DIN 1045-1:2008-08

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 Expositionsklassen 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 Biegerollendurchmesser,
- 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].

DIN 1045-1:2008-08

- 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.

DIN 1045-1:2008-08

(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 Umlenkkräften 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 γ_C ^{a, b}	Betonstahl oder Spannstahl $\gamma_S; \gamma_{S,fat}$	Systemwiderstand bei nichtlinearen Verfahren der Schnittgrößenermittlung 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).

DIN 1045-1:2008-08

(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 Expositionsclassen, 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 Expositionsclassen anzugeben. Tabelle 3 entspricht der Tabelle 1 in DIN 1045-2:2008-xx mit den Mindestbetondruckfestigkeitsclassen der Tabellen F.2.1 und F.2.2 in DIN 1045-2:2008-xx. Die nach Nr. 8 anzugebenden Feuchtigkeitsclassen für „Betonkorrosion infolge Alkali-Kieselsäurereaktion“ sind relevant für die Betonzusammensetzung und haben keine direkten Auswirkungen auf die Bemessung.

(3) Jeder Expositionsclassen ist nach Tabelle 3 eine Mindestbetonfestigkeitsclassen für Normalbeton zugeordnet. Die jeweils höchste sich in Abhängigkeit von den nach Absatz (2) bestimmten Expositionsclassen ergebende Mindestbetonfestigkeitsclassen 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 Festigkeitsclassen als C25/30 für Normalbeton und LC25/28 für Leichtbeton, für Bauteile mit Vorspannung mit sofortigem Verbund keine kleinere Festigkeitsclassen 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).

DIN 1045-1:2008-08**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

DIN 1045-1:2008-08

Tabelle 3 (fortgesetzt)

1	2	3	4
Klasse	Beschreibung der Umgebung	Beispiele für die Zuordnung von Expositionsclassen (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.	<ul style="list-style-type: none"> — 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.	<ul style="list-style-type: none"> — 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.	<ul style="list-style-type: none"> — 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)	-
<p>^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 Sperschicht befindet.</p> <p>^b Ausführung nur mit zusätzlichen Maßnahmen (z. B. rissüberbrückende Beschichtung, siehe auch DAfStb-Heft 525)</p> <p>^c Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. auf Grund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger; siehe auch Fußnote e.</p> <p>^d Grenzwerte für die Expositionsklassen bei chemischem Angriff siehe DIN EN 206-1 und DIN 1045-2.</p> <p>^e Diese Mindestbetonfestigkeitsklassen gelten für Luftporenbeton mit Mindestanforderungen an den mittleren Luftgehalt im Frischbeton nach DIN 1045-2 unmittelbar vor dem Einbau.</p> <p>^f Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen ($r < 0,30$ 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.</p> <p>^g Erdfeuchter Beton mit $w/z \leq 0,40$ auch ohne Luftporen.</p> <p>^h Diese Mindestbetonfestigkeitsklasse erfordert eine Oberflächenbehandlung des Betons nach DIN 1045-2, z. B. Vakuumieren und Flügelglätten des Betons.</p> <p>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: $w/z \leq 0,35$, $z \geq 360 \text{ kg/m}^3$).</p>			

DIN 1045-1:2008-08

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}		Vorhaltemaß Δc mm
		Betonstahl	Spannglieder im sofortigen Verbund und im nachträglichen Verbund ^c	
1	XC1	10	20	10
2	XC2	20	30	15
	XC3	20	30	
	XC4	25	35	
3	XD1	40	50	
	XD2			
	XD3 ^d			
4	XS1	40	50	
	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 Dichtigkeit 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 Halfertigteilen 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].

DIN 1045-1:2008-08

(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

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

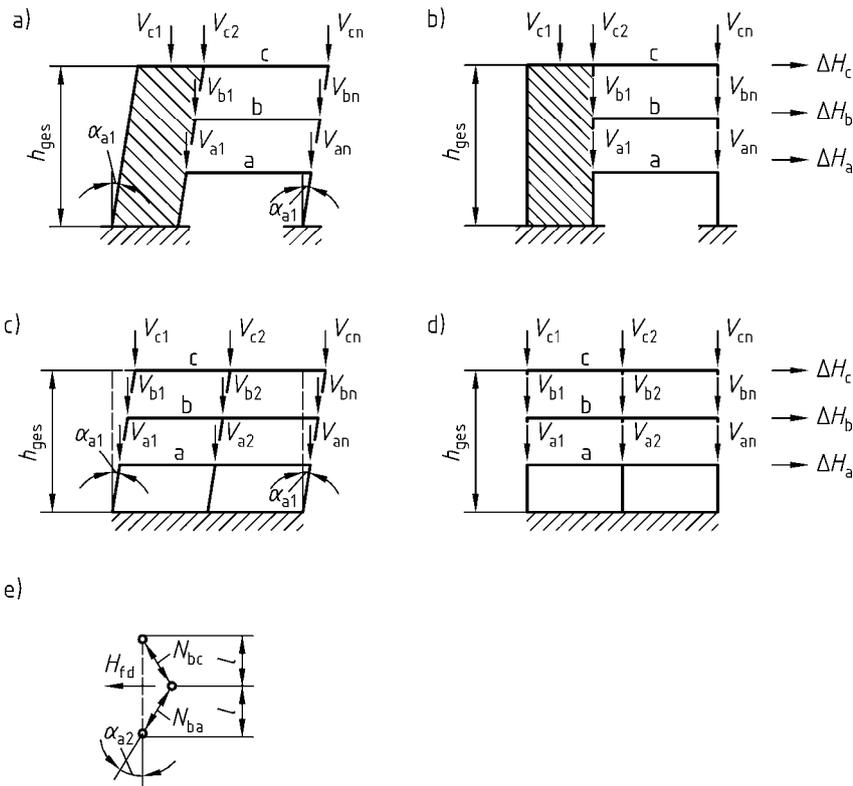
Dabei ist

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.

DIN 1045-1:2008-08



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:

$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \tag{8}$$

mit

$$b_{eff,i} = 0,2 b_i + 0,1 l_0 \leq 0,2 l_0 \leq b_i \tag{9}$$

Dabei ist

l_0 die wirksame Stützweite;

b_i die tatsächlich vorhandene Gurtbreite;

b_w die Stegbreite.

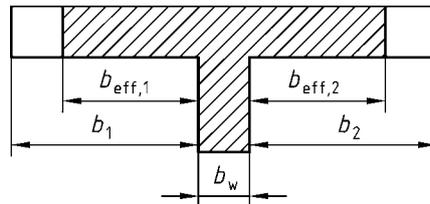


Bild 2 — Definition der mitwirkenden Breite b_{eff}

(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.

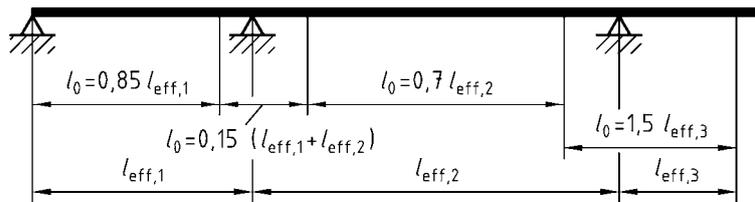


Bild 3 — Angenäherte wirksame Stützweiten l_0 zur Berechnung der mitwirkenden Plattenbreite

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

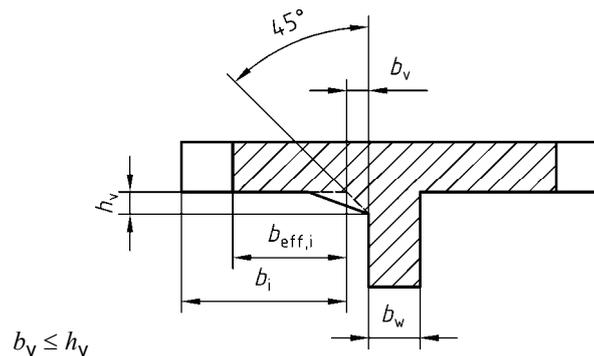


Bild 4 — Wirksame Stegbreite ($b_w + b_v$) bei Gurtplatten mit Vouten

(5) In der Lastausbreitzzone 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).

DIN 1045-1:2008-08

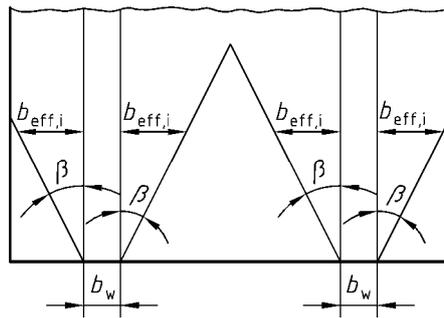
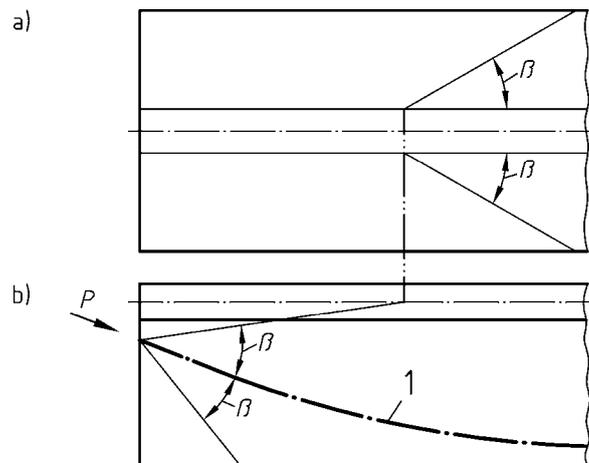


Bild 5 — Ausbreitungswinkel konzentriert eingeleiteter Längskräfte

**Legende**

a) Draufsicht

b) Ansicht

1 Spanngliedachse

Bild 6 — Ausbreitung von Vorspannkraften am Beispiel eines Plattenbalkens

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

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

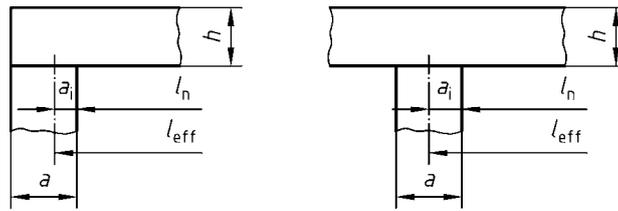
Dabei ist

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⁾

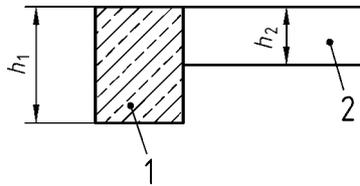
5) Weitere Fälle siehe DAfStb-Heft 525.

**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.

DIN 1045-1:2008-08

(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 einachsigen 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 Querkräfte 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).

DIN 1045-1:2008-08**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 Schubschlankheit 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 Schubschlankheit $\lambda = 3,0$ und sind für andere Werte von λ mit k_λ zu multiplizieren.

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

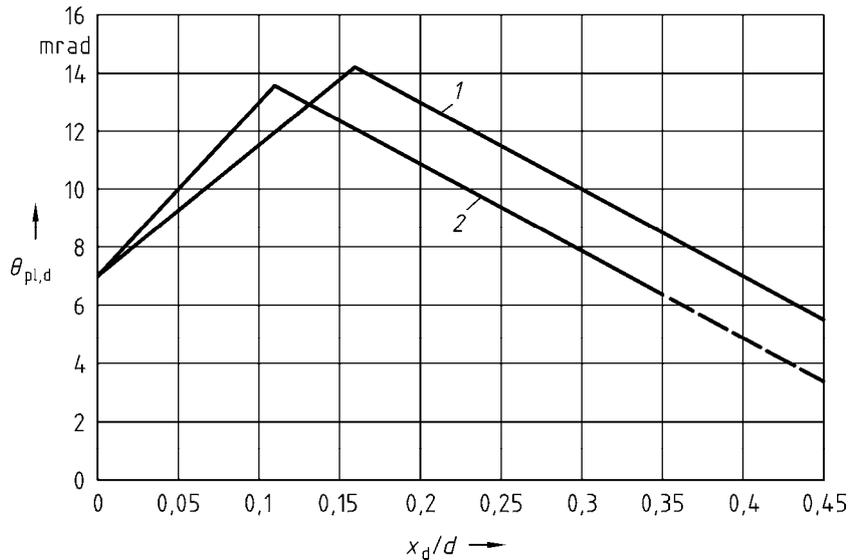
DIN 1045-1:2008-08

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.

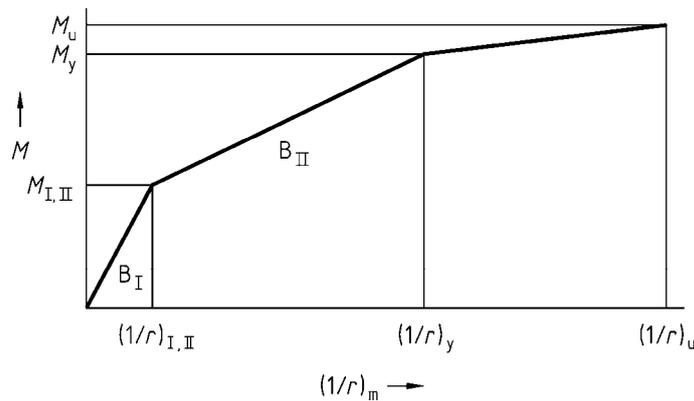
6) Siehe DAfStb-Heft 525.

DIN 1045-1:2008-08

(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 Maßungenauglichkeiten 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

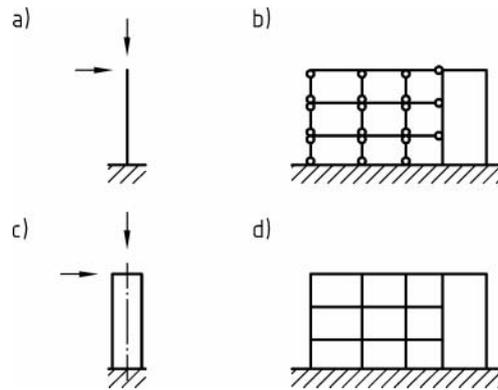
(1) Zur Nachweisführung werden Tragwerke oder Bauteile in ausgesteifte oder unausgesteifte eingeteilt, je nachdem, ob aussteifende Bauteile vorgesehen sind oder nicht, oder sie werden als verschieblich oder unverschieblich betrachtet, je nachdem, ob bei Tragwerken die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung 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)).

DIN 1045-1:2008-08

**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 Wölbesteifigkeit $E_{\text{cm}} I_{\omega}$ 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)

Dabei ist

m die Anzahl der Geschosse;

h_{ges} die Gesamthöhe des Tragwerkes von der Fundamentoberkante oder einer nicht verformbaren Bezugsebene;

r_j der Abstand der Stütze j vom Schubmittelpunkt des Gesamtsystems;

F_{Ed} die Summe der Bemessungswerte der Vertikallasten mit $\gamma_F = 1,0$;

$F_{\text{Ed},j}$ der Bemessungswert der Vertikallast der aussteifenden und ausgesteiften Bauteile j mit $\gamma_F = 1,0$;

$E_{\text{cm}} I_{\text{C}}$ die Summe der Nennbiegesteifigkeiten aller lotrechten aussteifenden Bauteile, die in der betrachteten Richtung wirken und den Anforderungen nach 8.6.2 (2) genügen. In den aussteifenden Bauteilen sollte die Betonzugspannung unter der maßgebenden Einwirkungskombination im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nicht den Wert f_{ctm} nach Tabelle 9 oder Tabelle 10 überschreiten. Wenn die Steifigkeit der aussteifenden Bauteile über ihre Höhe veränderlich ist, sollte eine Ersatzsteifigkeit eingeführt werden;

$E_{\text{cm}} I_{\omega}$ die Summe der Nennwölbesteifigkeiten aller gegen Verdrehung aussteifenden Bauteile;

$G_{\text{cm}} I_{\text{T}}$ die Summe der Torsionssteifigkeiten aller gegen Verdrehung aussteifenden Bauteile (St. Venant'sche Torsionssteifigkeit).

8.6.3 Nachweisverfahren

(1) Bei Einzeldruckgliedern darf durch Vergleich der Schlankheit mit Grenzwerten entschieden werden, ob Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung zu berücksichtigen sind.

(2) Unverschiebliche und verschiebliche Einzeldruckglieder gelten als schlank, wenn folgende Grenzwerte der Schlankheit überschritten werden:

$$\lambda_{\text{max}} = 25 \quad \text{für } |v_{\text{Ed}}| \geq 0,41 \quad (27)$$

$$\lambda_{\text{max}} = 16 / \sqrt{|v_{\text{Ed}}|} \quad \text{für } |v_{\text{Ed}}| < 0,41 \quad (28)$$

mit

$$v_{\text{Ed}} = \frac{N_{\text{Ed}}}{A_{\text{c}} \cdot f_{\text{cd}}} \quad (29)$$

Dabei ist

N_{Ed} der Bemessungswert der mittleren Längskraft des Einzeldruckglieds;

A_{c} die Querschnittsfläche des Druckglieds;

f_{cd} der Bemessungswert der Betondruckfestigkeit nach 9.1.6 (2).

(3) Unverschiebliche Tragwerke oder Einzeldruckglieder, die als nicht schlank gelten, brauchen nicht nach Theorie II. Ordnung bemessen zu werden.

DIN 1045-1:2008-08

(4) *Einzeldruckglieder in unverschieblich ausgesteiften Tragwerken brauchen, selbst wenn sie als schlank gelten, nicht nach Theorie II. Ordnung untersucht zu werden, wenn ihre Schlankheit λ kleiner oder gleich dem Wert nach Gleichung (30) ist. Dies gilt nur dann, wenn die Stütze zwischen ihren Enden nicht durch Querlasten oder Lastmomente beansprucht wird und die Längskraft über die Stützenlänge als konstant angenommen werden kann.*

$$\lambda_{\text{crit}} = 25 (2 - e_{01}/e_{02}) \quad (30)$$

Dabei ist e_{01}/e_{02} das Verhältnis der jeweiligen Lastausmitten der Längskraft an den Stützenenden (siehe Bild 13) mit $|e_{01}| \leq |e_{02}|$.

Für den Sonderfall der beidseitig gelenkig gelagerten Stütze gilt $\lambda_{\text{crit}} = 25$.

Für die Bemessung der Stabenden gilt Absatz (9).

(5) *Kriechauswirkungen dürfen in der Regel vernachlässigt werden, wenn die Stützen an beiden Enden monolithisch mit lastabtragenden Bauteilen verbunden sind oder wenn bei verschieblichen Tragwerken die Schlankheit des Druckgliedes $\lambda < 50$ und gleichzeitig die bezogene Lastausmitte $e_0/h > 2$ ist.*

(6) *Für schlanke Einzeldruckglieder dürfen die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung vereinfachend nach dem Modellstützenverfahren nach 8.6.5 ermittelt werden.*

(7) *Für Nachweise am Gesamttragwerk nach Theorie II. Ordnung wird auf DAfStb-Heft 525 verwiesen.*

(8) *Wird bei verschieblichen Tragwerken eine Einspannung der Stabenden des Druckgliedes durch anschließende Bauteile angenommen (z. B. durch einen Rahmenriegel), sind diese anschließenden einspannenden Bauteile auch für diese Zusatzbeanspruchung zu bemessen.*

(9) *Einzeldruckglieder sollten bei Anwendung der Regelung nach Absatz (4) an beiden Enden mindestens so bemessen werden, dass die folgenden Bedingungen eingehalten werden:*

$$M_{\text{Rd}} \geq |N_{\text{Ed}}| \cdot h/20 \quad (31)$$

$$N_{\text{Rd}} \geq |N_{\text{Ed}}| \quad (32)$$

Dabei ist h die Abmessung des Querschnitts der Stütze in der betrachteten Richtung.

(10) *Wenn Kriechauswirkungen bei Verfahren nach Theorie II. Ordnung nicht vernachlässigt werden dürfen, darf dies vereinfacht mittels einer effektiven Kriechzahl φ_{eff} berücksichtigt werden. Zusammen mit der Bemessungslast ergibt diese eine Kriechverformung (Krümmung), die der quasi-ständigen Beanspruchung entspricht:*

$$\varphi_{\text{eff}} = \varphi(\infty, t_0) \cdot M_{1\text{perm}}/M_{1\text{Ed}} \quad (32 \text{ a})$$

Dabei ist

$\varphi(\infty, t_0)$ *die Endkriechzahl nach 9.1.4;*

$M_{1\text{perm}}$ *das Biegemoment nach Theorie I. Ordnung unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination inkl. Imperfektionen (Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit);*

$M_{1\text{Ed}}$ *das Biegemoment nach Theorie I. Ordnung unter der Bemessungs-Einwirkungskombination inkl. Imperfektionen (Grenzzustände der Tragfähigkeit).*

Wenn M_{1perm}/M_{1Ed} in einem Bauteil oder Tragwerk variiert, darf das Verhältnis für den Querschnitt mit dem maximalen Moment errechnet oder ein repräsentativer Mittelwert verwendet werden.

(11) Fehlen genauere Berechnungsmodelle, darf das Kriechen dadurch berücksichtigt werden, dass alle Dehnungswerte des Betons in der Spannungs-Dehnungs-Linie mit dem Faktor $(1 + \varphi_{eff})$ multipliziert werden. Dabei ist φ_{eff} die effektive Kriechzahl nach Absatz (10).

8.6.4 Imperfektionen

(1) Für Einzeldruckglieder dürfen die geometrischen Ersatzimperfektionen durch eine Erhöhung der Lastausmitte der Längskräfte um eine zusätzliche ungewollte Lastausmitte e_a , die in ungünstigster Richtung wirkt, erfasst werden:

$$e_a = \alpha_{a1} \cdot l_0/2 \quad (33)$$

Dabei ist

l_0 die Ersatzlänge des Einzeldruckgliedes nach 8.6.2 (4);

α_{a1} die Schiefstellung gegen die Sollachse nach Gleichung (4) mit $h_{ges} = l_{col}$.

Ist das Einzeldruckglied aussteifendes Bauteil in einem Tragwerk nach Bild 11 b), ist zu untersuchen, ob sich bei Ansatz der Schiefstellung α_{a1} des gesamten Tragwerks (aussteifende und auszusteifende Bauteile) gegen die Sollachse nach 7.2 eine größere Ausmitte e_a des aussteifenden Einzeldruckgliedes als nach Gleichung (33) ergibt. Der ungünstigere Wert ist anzusetzen.

(2) Imperfektionen nach Absatz (1) brauchen nur bei Nachweisen nach Theorie II. Ordnung angesetzt zu werden.

8.6.5 Modellstützenverfahren

(1) Das im Folgenden beschriebene Modellstützenverfahren gilt für Druckglieder mit rechteckigem oder rundem Querschnitt, bei denen die Lastausmitte nach Theorie I. Ordnung die Bedingung $e_0 \geq 0,1 h$ (mit der Dicke des Querschnitts h in der betrachteten Ebene) erfüllt.

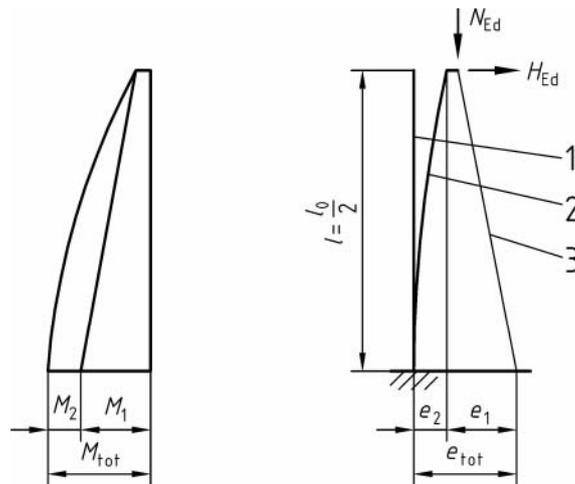
(2) Für andere Querschnittsformen und für Lastausmitten $e_0 < 0,1 h$ ist das Modellstützenverfahren auch anwendbar, jedoch sind andere Näherungen geeigneter.⁷⁾

(3) Eine Modellstütze ist eine Kragstütze mit der Länge $l = l_0/2$, die

- am Stützenfuß eingespannt und am Stützenkopf frei verschieblich ist (siehe Bild 12) und
- unter der Wirkung von Längskräften und Momenten eine einfach gekrümmte Verformungsfigur aufweist, wobei am Stützenfuß das maximale Moment auftritt.

7) Siehe DAfStb-Heft 525.

DIN 1045-1:2008-08

**Legende**

- 1 planmäßig gerade Stabachse
- 2 Biegelinie nach Theorie II. Ordnung
- 3 Wirkungslinie der Resultierenden von N_{Ed} und H_{Ed}

Bild 12 — Modellstütze

(4) Der Nachweis des Gleichgewichts wird durch die Bemessung im kritischen Querschnitt am Fuß der Modellstütze (siehe Bild 12) auf der Grundlage der Krümmung ($1/r$) des Querschnitts unter der maximalen Auslenkung der Stütze nach Theorie II. Ordnung erbracht.

(5) Die Gesamtausmitte für die Modellstütze ergibt sich bei Einzeldruckgliedern mit konstantem Querschnitt (bezüglich Beton und Bewehrungsquerschnitt, wobei Stoßbereiche vernachlässigt werden) im am stärksten beanspruchten (kritischen) Querschnitt zu:

$$e_{\text{tot}} = e_1 + e_2 \quad (34)$$

mit

$$e_1 = e_0 + e_a \quad (35)$$

Dabei ist

e_0 die planmäßige Lastausmitte nach Theorie I. Ordnung = M_{Ed0}/N_{Ed} ;

M_{Ed0} der Bemessungswert des aufzunehmenden Biegemoments nach Theorie I. Ordnung;

N_{Ed} der Bemessungswert der aufzunehmenden Längskraft;

e_a die zusätzliche ungewollte Lastausmitte nach Gleichung (33);

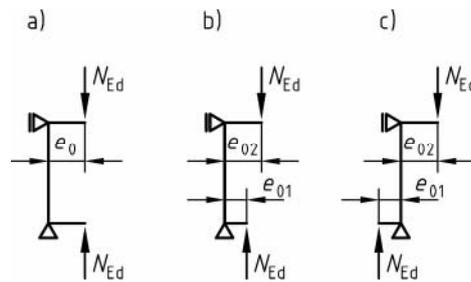
e_2 die zusätzliche Lastausmitte infolge Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung.

(6) Für Druckglieder in unverschieblichen Rahmentragwerken, die einen konstanten Querschnitt aufweisen und durch Momente beansprucht werden, deren Verlauf über die Stützenlänge linear veränderlich ist, mit gleichen (siehe Bild 13 a)) oder mit unterschiedlichen Werten der Lastausmitten an beiden Enden (siehe Bild 13 b) und c)), darf vereinfachend die wirksame Lastausmitte e_0 im kritischen Querschnitt nach den Gleichungen (36) oder (37) angesetzt werden; der größere Wert ist maßgebend.

$$e_0 = 0,6 e_{02} + 0,4 e_{01} \quad (36)$$

$$e_0 = 0,4 e_{02} \quad (37)$$

Dabei ist e_{01} , e_{02} die jeweilige Ausmitte der Längskraft nach Theorie I. Ordnung an den beiden Stützenenden mit $|e_{02}| \geq |e_{01}|$.

**Legende**

- a) Druckglied mit gleicher Lastausmitte an beiden Enden
 b) Druckglied mit unterschiedlicher Lastausmitte gleichen Vorzeichens an beiden Enden
 c) Druckglied mit unterschiedlicher Lastausmitte unterschiedlichen Vorzeichens an beiden Enden

Bild 13 — Bemessungsmodell zur Berechnung der wirksamen Lastausmitte

(7) Die zusätzliche Lastausmitte e_2 infolge Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung ist auf der Grundlage von 8.6.1 zu ermitteln.

(8) Vereinfachend darf die maximale Auslenkung, die der zusätzlichen Lastausmitte e_2 nach Theorie II. Ordnung entspricht, wie folgt angenommen werden:

$$e_2 = K_1 \cdot (1/r) \cdot l_0^2 / 10 \quad (38)$$

Dabei ist

l_0 die Ersatzlänge der Stütze nach 8.6.2 (4);

$(1/r)$ die Krümmung im kritischen Querschnitt;

$$K_1 = \lambda/10 - 2,5 \quad \text{für } 25 \leq \lambda \leq 35$$

$$= 1 \quad \text{für } \lambda > 35.$$

(9) Näherungsweise darf die Krümmung $1/r$ im kritischen Querschnitt ermittelt werden aus:

$$(1/r) = 2 K_2 \cdot \varepsilon_{yd} / (0,9 d) \quad (39)$$

mit

$$K_2 = (N_{ud} - N_{Ed}) / (N_{ud} - N_{bal}) \leq 1 \quad (40)$$

Dabei ist

ε_{yd} der Bemessungswert der Dehnung der Bewehrung an der Streckgrenze $= f_{yd}/E_s$;

d die Nutzhöhe des Querschnitts in der zu erwartenden Richtung des Stabilitätsversagens;

N_{Ed} der Bemessungswert der aufzunehmenden Längskraft (für Druck negativ);

N_{ud} der Bemessungswert der Grenztragfähigkeit des Querschnitts, der nur durch zentrischen Druck beansprucht wird. Er darf angenommen werden zu $N_{ud} = -(f_{cd} \cdot A_c + f_{yd} \cdot A_s)$;

N_{bal} die aufnehmbare Längsdruckkraft bei größter Momentenragfähigkeit des Querschnitts. Bei symmetrisch bewehrten rechteckigen Querschnitten darf sie näherungsweise zu $N_{bal} = -(0,4 f_{cd} \cdot A_c)$ angenommen werden.

Die Annahme $K_2 = 1$ liegt stets auf der sicheren Seite.

DIN 1045-1:2008-08

(10) Wenn das Kriechen berücksichtigt werden muss, darf dies durch eine Vergrößerung der Krümmung nach Gleichung (39) mit einem Faktor $K_{\varphi} = 1 + \beta \cdot \varphi_{\text{eff}} \geq 1$ erfolgen.

Dabei ist

φ_{eff} die effektive Kriechzahl nach 8.6.3 (10);

$\beta = 0,35 + f_{\text{ck}} / 200 - \lambda / 150 \geq 0$;

λ die Schlankheit des Druckglieds.

8.6.6 Druckglieder mit zweiachsiger Lastausmitte

(1) Ist es erforderlich, das Tragverhalten in jeder der beiden Hauptachsenrichtungen zu betrachten, muss der kritische Querschnitt für beide Fälle nachgewiesen werden. Für beide Richtungen können an den Enden des Bauteils unterschiedliche Randbedingungen vorliegen. Diese Bedingungen müssen in einer geeigneten Weise erfasst werden.

(2) Für Druckglieder mit rechteckigem Querschnitt dürfen getrennte Nachweise in den Richtungen der beiden Hauptachsen y und z (siehe Bild 14) geführt werden, wenn das Verhältnis der bezogenen Lastausmitteln e_{0y} / b und e_{0z} / h eine der folgenden Bedingungen erfüllt:

$$(e_{0z} / h) / (e_{0y} / b) \leq 0,2 \quad (41)$$

oder

$$(e_{0y} / b) / (e_{0z} / h) \leq 0,2 \quad (42)$$

Dabei ist e_{0y} , e_{0z} die jeweilige Lastausmitte nach Theorie I. Ordnung in Richtung der Querschnittsseiten b bzw. h .

Dies bedeutet, dass der Lastangriffspunkt von N_{Ed} innerhalb der schraffierten Bereiche in Bild 14 liegt. Ein genauerer Nachweis wird erforderlich, wenn die beiden Bedingungen nach Gleichung (41) und Gleichung (42) nicht erfüllt sind.

DIN 1045-1:2008-08

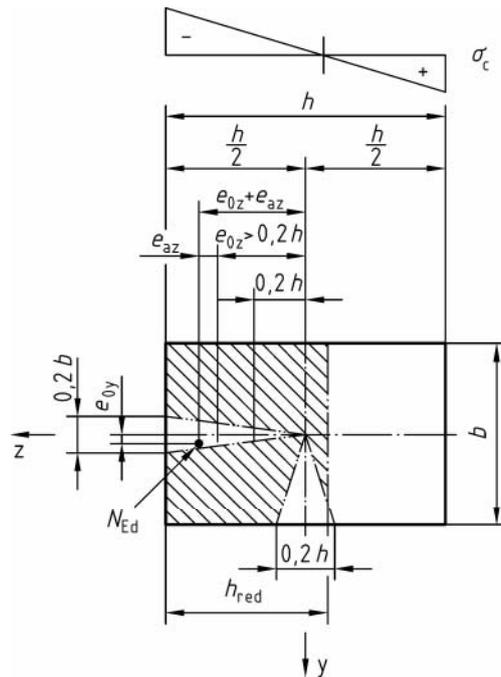


Bild 15 — Reduzierte Querschnittsdicke h_{red} für den getrennten Nachweis in y -Richtung bei $e_{0z} > 0,2 h$

8.6.7 Druckglieder aus unbewehrtem Beton

(1) Unabhängig vom Schlankheitsgrad λ sind Druckglieder aus unbewehrtem Beton als schlanke Bauteile zu betrachten. Jedoch ist für Druckglieder aus unbewehrtem Beton mit $l_{\text{col}}/h < 2,5$ eine Schnittgrößenermittlung nach Theorie II. Ordnung nicht erforderlich.

(2) Die Schlankheit am Einbauort betonierter unbewehrter Wände oder Stützen sollte im Allgemeinen den Wert $\lambda = 85$ nicht überschreiten.

(3) Die von einer schlanken Stütze oder Wand aus unbewehrtem Beton in unverschieblich ausgesteiften Tragwerken aufnehmbare Längsdruckkraft darf näherungsweise wie folgt berechnet werden:

$$N_{\text{Rd}} = -(b \cdot h \cdot f_{\text{cd}} \cdot \varphi) \quad (44)$$

mit

$$\varphi = 1,14 \cdot (1 - 2 e_{\text{tot}}/h) - 0,02 l_0/h \quad \text{und} \quad 0 \leq \varphi \leq 1 - 2 e_{\text{tot}}/h \quad (45)$$

Dabei ist

N_{Rd} der Bemessungswert der aufnehmbaren Längsdruckkraft;

b die Breite des Querschnitts;

h die Dicke des Querschnitts;

φ der Beiwert zur Berücksichtigung der Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung auf die Tragfähigkeit von Druckgliedern aus unbewehrtem Beton in unverschieblich ausgesteiften Tragwerken;

e_{tot} die Gesamtausmitte = $e_0 + e_a + e_\varphi$;

e_0 die Lastausmitte nach Theorie I. Ordnung, nach Erfordernis unter Berücksichtigung der Einwirkungen aus anschließenden Decken (z. B. Biegemomente infolge einer Einspannung, die von einer Platte auf die Wand übertragen werden) sowie aus horizontalen Windeinwirkungen;

e_a die ungewollte zusätzliche Lastausmitte infolge geometrischer Imperfektionen. Fehlen genauere Angaben, darf $e_a = 0,5 l_0 / 200$ angenommen werden;

e_φ die Ausmitte infolge Kriechen; im Allgemeinen kann der Anteil e_φ vernachlässigt werden.

Weitere Angaben können DAfStb-Heft 525 entnommen werden.

8.6.8 Seitliches Ausweichen schlanker Träger

(1) Die Sicherheit schlanker Träger gegen seitliches Ausweichen ist nachzuweisen.

(2) Sie darf als ausreichend angenommen werden, wenn die Anforderung nach Gleichung (46) erfüllt ist. Anderenfalls sollte ein genauerer Nachweis geführt werden.

$$b \geq 4 \sqrt{\left(\frac{l_{0t}}{50}\right)^3} \cdot h \quad (46)$$

Dabei ist

b die Breite des Druckgurts;

h die Höhe des Trägers;

l_{0t} die Länge des Druckgurts zwischen seitlichen Abstützungen.

(3) Schlanke Fertigteilträger müssen während des Anhebens, des Transports und der Montage gegen seitliches Ausweichen ausreichend gesichert sein.

(4) Die Nachweisführung schlanker Träger im Endzustand einschließlich ihrer Auflager muss eine unbeabsichtigte ausmittige Auflagerung berücksichtigen.

(5) Sofern keine genaueren Angaben vorliegen, ist die Auflagerkonstruktion so zu bemessen, dass sie mindestens ein Torsionsmoment T_{Ed} aus dem Träger nach Gleichung (47) aufnehmen kann.

$$T_{\text{Ed}} = V_{\text{Ed}} \cdot l_{\text{eff}} / 300 \quad (47)$$

Dabei ist

l_{eff} die effektive Stützweite des Trägers;

V_{Ed} der Bemessungswert der Auflagerkraft rechtwinklig zur Trägerachse.

(6) Bei genaueren Nachweisen der Kippsicherheit sollten die Schnittgrößen am verformten Träger nach 8.6.1 (7) ermittelt werden.

Imperfektionen sind dabei in geeigneter Weise, z. B. durch den Ansatz geometrischer Ersatzimperfektionen, zu berücksichtigen. Sofern keine genauen Angaben vorliegen, darf $e_a = l_{\text{eff}} / 300$ angesetzt werden.

DIN 1045-1:2008-08

8.7 Vorgespannte Tragwerke

8.7.1 Allgemeines

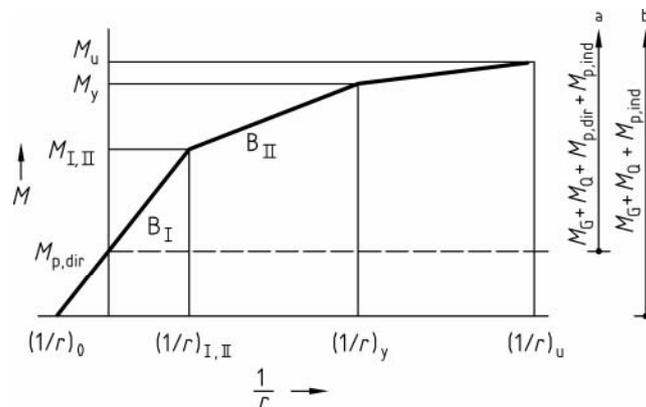
(1) Vorspannung mittels Spanngliedern kann als eine Einwirkung aus Anker- und Umlenkkräften oder als einwirkende Schnittgröße betrachtet werden.

(2) Alternativ dazu ist auch eine Berücksichtigung der Vorspannung als Dehnungszustand mit entsprechender Vorkrümmung möglich. Dann wird die Vordehnung beim Widerstand des Bauteilquerschnitts berücksichtigt.

(3) Die Verfahren nach Absatz (1) und Absatz (2) führen zum gleichen Bemessungsergebnis (siehe Bild 16), wenn jeweils Spannungen und Dehnungen im Spannbettzustand als Vorspannung bzw. Vordehnung bezeichnet werden und im Grenzzustand der Tragfähigkeit der Spannstahl nicht plastiziert. Als Spannbettzustand wird der Spannungs- und Dehnungszustand im Spannstahl zu einem beliebigen Zeitpunkt t bezeichnet, der dem spannungsfreien Betonquerschnitt unter Berücksichtigung zeitabhängiger Verformungen des Spannstahls und des Betonstahls entspricht.

(4) Für die Schnittgrößenermittlung von vorgespannten Tragwerken dürfen alle in 8.1 aufgeführten Verfahren angewendet werden.

(5) Bei Anwendung linear-elastischer Verfahren der Schnittgrößenermittlung sollte die statisch unbestimmte Auswirkung der Vorspannung als Einwirkung berücksichtigt werden. Bei Anwendung nichtlinearer Verfahren sowie bei der Ermittlung der erforderlichen Rotation bei Verfahren nach der Plastizitätstheorie sollte die Vorspannung als Vordehnung mit entsprechender Vorkrümmung berücksichtigt werden. Die Ermittlung des statisch unbestimmten Moments aus Vorspannung entfällt dann, da bei diesen Verfahren die Schnittgrößen infolge Vorspannung nicht getrennt von den Lastschnittgrößen ausgewiesen werden können.



Legende

B_I, B_{II} Biegesteifigkeit im ungerissenen (Zustand I) bzw. gerissenen Zustand (Zustand II) = $dM/d(1/r)$

$(1/r)_0$ Vorkrümmung infolge Vorspannung

$M_{p,dir}$ statisch bestimmter Anteil des Moments aus Vorspannung

$M_{p,ind}$ statisch unbestimmter Anteil des Moments aus Vorspannung

$M_{I,II}$ 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 = $M_{I,II}/B_I$

a einwirkende Momente bei Anwendung von Absatz (1)

b einwirkende Momente bei Anwendung von Absatz (2)

Bild 16 — Vereinfachte Momenten Krümmungs-Beziehung für Spannbetonquerschnitte

(6) Wird ein Verfahren nach der Plastizitätstheorie für die Schnittgrößenermittlung von vorgespannten stabförmigen Bauteilen im Grenzzustand der Tragfähigkeit verwendet, ist stets das Rotationsvermögen nach 8.4.2 nachzuweisen.

(7) Bei Spanngliedern ohne Verbund sollte die Schnittgrößenermittlung im Allgemeinen nach Absatz (1) durchgeführt werden. Dabei sollte bei im Betonquerschnitt geführten Spanngliedern der Anstieg der Spanngliedkraft über den Spannbettzustand hinaus infolge der Verformung des Tragwerks berücksichtigt werden.

(8) Bei Spanngliedern im Verbund sollte bei der Schnittgrößenermittlung der Spannstahl als in starrem Verbund mit dem Beton liegend angenommen werden. Der Anstieg der Spanngliedkraft infolge Tragwerksverformung vor Herstellung des Verbundes darf vernachlässigt werden (z. B. bei Bauteilen im Bauzustand).

(9) Externe Spannglieder dürfen auf der freien Länge zwischen Umlenkelementen als gerade angenommen werden.

(10) Bei extern angeordneten Spanngliedern ist die Dehnung zwischen zwei aufeinander folgenden Kontaktpunkten mit dem Tragwerk konstant. Die Dehnung ist unter Berücksichtigung der Verformung des Tragwerks zu bestimmen.

(11) Wenn bei Tragwerken mit externen Spanngliedern die Schnittgrößenermittlung für das gesamte Tragwerk vereinfachend linear-elastisch erfolgt, darf der Spannungszuwachs im Spannstahl infolge Tragwerksverformungen unberücksichtigt bleiben.

8.7.2 Vorspannkraft

(1) Die am Spannglied aufgebrachte Höchstkraft P_0 , d. h. die Kraft am Spannende während des Spannvorgangs, darf den kleineren der folgenden Werte nicht überschreiten:

$$P_{0,\max} = A_p \cdot \begin{cases} 0,80 & f_{pk} \\ 0,90 & f_{p0,1k} \end{cases} \quad (48)$$

(2) Ein Überspannen ist unter der Voraussetzung zulässig, dass die Spannpresse eine Messunsicherheit der aufgebrachten Spannkraft von $\pm 5\%$, bezogen auf den Endwert der Vorspannkraft, sicherstellt; unter dieser Voraussetzung darf während des Spannvorgangs die höchste Pressenkraft $P_{0,\max}$ auf $0,95 f_{p0,1k} \cdot A_p$ gesteigert werden.⁸⁾

(3) Der Mittelwert der Vorspannkraft P_{m0} zum Zeitpunkt $t = t_0$ unmittelbar nach Absetzen der Pressenkraft auf den Anker (Vorspannung mit nachträglichem oder ohne Verbund) oder nach dem Lösen der Verankerung (Vorspannung mit sofortigem Verbund) darf den kleineren der folgenden Werte an keiner Stelle überschreiten:

$$P_{m0,\max} = A_p \cdot \begin{cases} 0,75 & f_{pk} \\ 0,85 & f_{p0,1k} \end{cases} \quad (49)$$

(4) In Abhängigkeit von der Art der Vorspannung sind bei der Berechnung von P_{m0} folgende Einflüsse zu berücksichtigen:

- die elastische Verformung,
- die Kurzzeitrelaxation des Spannstahls,

8) Diese Überspannreserve kann bei unerwartet hohem Reibungsbeiwert nicht ausreichend sein (siehe DAfStb-Heft 525).

DIN 1045-1:2008-08

- der Spannkraftverlust infolge Reibung,
- der Verankerungsschlupf.

(5) *Bei internen Spanngliedern ohne Verbund braucht ein Temperaturunterschied zwischen dem Spannglied und dem benachbarten Beton in der Regel nicht berücksichtigt zu werden.*

(6) Der Mittelwert der Vorspannkraft P_{mt} zum Zeitpunkt $t > t_0$ ist in Abhängigkeit von der Vorspannart zu bestimmen. Zusätzlich zu den in Absatz (4) genannten Einflüssen sind dabei die Spannkraftverluste infolge Kriechens und Schwindens des Betons und der Langzeitrelaxation des Spannstahls mit den Erwartungswerten zu berücksichtigen.

(7) Beim Vorspannen mit Spanngliedern im nachträglichen oder ohne Verbund muss der Beton zum Zeitpunkt t_j des Vorspannens eine Mindestdruckfestigkeit f_{cmj} aufweisen. Die Mindestdruckfestigkeiten für Teilvorspannen und endgültiges Vorspannen sind in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für das Spannverfahren angegeben.

(8) Die tatsächlichen Werte der Spannkraftverluste während des Spannens sind durch Messung der Spannkraft und des zugehörigen Dehnwegs zu überprüfen.

ANMERKUNG Tabelle 6 ist entfallen.

8.7.3 Spannkraftverluste

(1) Für die Berechnung der Spannkraftverluste nach 8.7.2 (4) und (6) gelten die in diesem Abschnitt angegebenen Festlegungen.

(2) Die Regelungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für das jeweilige Spannverfahren sind einzuhalten.

(3) *Der Spannkraftverlust aus Reibung $\Delta P_{\mu}(x)$ in Spanngliedern darf abgeschätzt werden aus:*

$$\Delta P_{\mu}(x) = P_0 \cdot (1 - e^{-\mu \cdot (\Theta + k \cdot x)}) \quad (50)$$

Dabei ist

- Θ die Summe der planmäßigen, horizontalen und vertikalen Umlenkwinkel über die Länge x (unabhängig von Richtung und Vorzeichen);
- k der ungewollte Umlenkwinkel (je Längeneinheit); abhängig von der Art des Spannglieds;
- μ Reibungsbeiwert zwischen Spannglied und Hüllrohr, hängt von der Oberflächenbeschaffenheit der Spannglieder und der Hüllrohre, der Längenänderung des Spannglieds und der Spannstahlprofilierung ab.

(4) *Bei extern geführten Spanngliedern, die aus parallelen Drähten oder Litzen bestehen, darf der Spannkraftverlust infolge ungewollter Umlenkwinkel vernachlässigt werden.*

(5) *Bei Spanngliedern ohne Verbund braucht die Reibung nur bei der Ermittlung der wirksamen mittleren Vorspannkraft P_{mt} und der Ermittlung der daraus resultierenden Momente infolge der Eintragung der Vorspannkraft berücksichtigt zu werden.*

(6) Zeitabhängige Verluste zum Zeitpunkt $t = \infty$ dürfen für einsträngige Vorspannung im Verbund berechnet werden aus:

$$\Delta\sigma_{p,c+s+r} = \frac{\varepsilon_{cs\infty} \cdot E_p + \Delta\sigma_{pr} + \alpha_p \cdot \varphi(\infty, t_0) \cdot (\sigma_{cg} + \sigma_{cp0})}{1 + \alpha_p \cdot \frac{A_p}{A_c} \left(1 + \frac{A_c}{I_c} \cdot z_{cp}^2 \right) [1 + 0,8 \cdot \varphi(\infty, t_0)]} \quad (51)$$

Dabei ist

$\Delta\sigma_{p,c+s+r}$ die Spannungsänderung im Spannstahl aus Kriechen und Schwinden des Betons und Relaxation des Spannstahls an der Stelle x bis zum Zeitpunkt $t = t_\infty$;

$\varepsilon_{cs\infty}$ das Endschwindmaß nach 9.1.4;

α_p das Verhältnis (E_p/E_{cm}) der Elastizitätsmoduln des Spannstahls und des Betons;

E_p der Elastizitätsmodul des Spannstahls nach 9.3;

E_{cm} der mittlere Elastizitätsmodul des Betons nach 9.1.3 (2);

$\Delta\sigma_{pr}$ die Spannungsänderung im Spannstahl an der Stelle x infolge Relaxation ($\Delta\sigma_{pr} < 0$). Diese darf mit den Angaben der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des Spannstahls für das Verhältnis der Ausgangsspannung zur charakteristischen Zugfestigkeit (σ_{p0}/f_{pk}) bestimmt werden; mit einer Ausgangsspannung von $\sigma_{p0} = \sigma_{pg0} - 0,3 \Delta\sigma_{p,c+s+r}$, wobei σ_{pg0} die anfängliche Spannstahlspannung aus der Vorspannung und den ständigen Einwirkungen ist. Zur Vereinfachung darf auf der sicheren Seite liegend $\sigma_{p0} = \sigma_{pg0}$ gesetzt werden; für übliche Hochbauten darf σ_{p0} zu $0,95 \sigma_{pg0}$ angenommen werden. Ansonsten ist $\Delta\sigma_{pr}$ in Gleichung (51) iterativ zu ermitteln;

$\varphi(\infty, t_0)$ die Endkriechzahl des Betons nach 9.1.4;

σ_{cg} die Betonspannung in Höhe der Spannglieder unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination (ohne Vorspannung);

σ_{cp0} der Anfangswert der Betonspannung in Höhe der Spannglieder infolge Vorspannung;

I_c das Flächenmoment 2. Grades des Betonquerschnitts;

z_{cp} der Abstand zwischen dem Schwerpunkt des Betonquerschnitts und den Spanngliedern.

Druckspannungen sind in Gleichung (51) negativ einzusetzen.

(7) Für die Ermittlung des zeitabhängigen Spannkraftverlustes in einem Spannglied ohne Verbund darf Gleichung (51) angewendet werden, wenn für Schwinden und Kriechen die über die Spanngliedlänge gemittelten Betondehnungen

— bei externen Spanngliedern im Bereich gerader Abschnitte zwischen den idealisierten Knickpunkten oder Verankerungsstellen und

— bei internen Spanngliedern entlang der Gesamtlänge des Spannglieds

angesetzt werden.

DIN 1045-1:2008-08**8.7.4 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit**

(1) Mögliche Streuungen der Vorspannkraft sind zu berücksichtigen. Dazu sind zwei charakteristische Werte der Vorspannkraft anzusetzen:

$$P_{k,sup} = r_{sup} \cdot P_{mt} \quad (52)$$

$$P_{k,inf} = r_{inf} \cdot P_{mt} \quad (53)$$

Dabei ist

$P_{k,sup}$ der obere charakteristische Wert der Vorspannkraft;

$P_{k,inf}$ der untere charakteristische Wert der Vorspannkraft;

P_{mt} der Mittelwert der Vorspannkraft.

(2) Für die Beiwerte r_{sup} und r_{inf} dürfen im Allgemeinen die folgenden Werte angenommen werden:

— $r_{sup} = 1,05$ und $r_{inf} = 0,95$ bei Vorspannung mit sofortigem oder ohne Verbund;

— $r_{sup} = 1,10$ und $r_{inf} = 0,90$ bei Vorspannung mit nachträglichem Verbund.

8.7.5 Grenzzustand der Tragfähigkeit

(1) Der Bemessungswert der Vorspannkraft $P_d = \gamma_P \cdot P_{mt}$ darf im Allgemeinen mit $\gamma_P = 1,0$ ermittelt werden.

(2) Mögliche Streuungen der Vorspannkraft dürfen bei den Nachweisen im Grenzzustand der Tragfähigkeit im Allgemeinen vernachlässigt werden.

(3) Wird bei Spanngliedern ohne Verbund der Spannungszuwachs im Spannstahl berücksichtigt, ist der charakteristische Wert $\Delta\sigma_{pk}$ des Spannungszuwachses im Spannstahl mit den Mittelwerten der Baustoffeigenschaften zu bestimmen. Zur Ermittlung des Bemessungswertes $\Delta\sigma_{pd} = \gamma_P \cdot \Delta\sigma_{pk}$ gilt bei linear-elastischer Schnittgrößenermittlung $\gamma_P = 1,0$.

Bei einem nichtlinearen Verfahren der Schnittgrößenermittlung ist ein oberer oder ein unterer Grenzwert für γ_P anzusetzen, wobei die Rissbildung oder die Fugenöffnung (Segmentbauweise) zu berücksichtigen sind:

$$\gamma_{P,sup} = 1,2 \text{ und}$$

$$\gamma_{P,inf} = 0,83$$

(der jeweils ungünstigere Wert ist anzusetzen).

8.7.6 Verankerungsbereiche bei Spanngliedern im sofortigem Verbund

(1) Für Vorspannung mit sofortigen Verbund ist die Verwendung von glatten Drähten nicht zulässig.

(2) Bei Spanngliedern im sofortigem Verbund ist zu unterscheiden zwischen:

— der Übertragungslänge l_{bp} , über die die Spannkraft P_0 eines Spanngliedes im sofortigem Verbund voll auf den Beton übertragen wird,

- der Eintragungslänge $l_{p,eff}$, innerhalb der die Betonspannung in eine lineare Verteilung über den Betonquerschnitt übergeht,
- der Verankerungslänge l_{ba} , innerhalb der die maximale Spanngliedkraft im Grenzzustand der Tragfähigkeit vollständig verankert ist.

(3) Es darf angenommen werden, dass die Vorspannung durch eine konstante Verbundspannung f_{bp} in den Beton eingetragen wird. Die Übertragungslänge l_{bp} darf wie folgt ermittelt werden:

$$l_{bp} = \alpha_1 \cdot \frac{A_p}{\pi \cdot d_p} \cdot \frac{\sigma_{pm0}}{f_{bp} \cdot \eta_1} \quad (54)$$

Dabei ist

α_1 = 1,0 bei stufenweisem Eintragen der Vorspannung
 = 1,25 bei schlagartigem Eintragen der Vorspannung;

A_p der Nennquerschnitt der Litze oder des Drahts;

d_p der Nenndurchmesser der Litze oder des Drahts;

σ_{pm0} die Spannung im Spannstahl nach der Spannkraftübertragung auf den Beton;

η_1 = 1,0 für Normalbeton; für Leichtbeton nach Tabelle 10.

(4) Für normale (nicht verdichtete) Litzen mit einer Querschnittsfläche $A_p \leq 100 \text{ mm}^2$ und für profilierte Drähte mit einem Durchmesser $\leq 8 \text{ mm}$, die nach den Angaben in 8.7.2 vorgespannt sind, dürfen die in Tabelle 7 angegebenen Werte für die Verbundspannung f_{bp} angenommen werden. Maßgebend ist die Betondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Spannkraftübertragung auf den Beton. Bei Verwendung von gerippten Drähten mit Durchmessern $\leq 12 \text{ mm}$ sollten die Werte für die Verbundspannung f_{bp} aus Versuchsergebnissen abgeleitet werden. Als Näherung dürfen die Werte der Tabelle 7 herangezogen werden.

Bei mäßigen Verbundbedingungen (siehe 12.4) sind die Werte der Verbundspannung in Tabelle 7 mit dem Faktor 0,7 abzumindern.

DIN 1045-1:2008-08

Tabelle 7 — Verbundspannung f_{bp} in der Übertragungslänge von Litzen und Drähten im sofortigen Verbund in Abhängigkeit von der Betondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Spannkraftübertragung

Zeile	Spalte	1	2
	Tatsächliche Betondruckfestigkeit bei der Spannkraftübertragung f_{cmj} in N/mm ² a, b	Verbundspannung f_{bp} in N/mm ² Litzen und profilierte Drähte gerippte Drähte	
1	25	2,9	3,8
2	30	3,3	4,3
3	35	3,7	4,8
4	40	4,0	5,2
5	45	4,3	5,6
6	50	4,6	6,0
7	60	5,0	6,5
8	70	5,3	6,9
9	80	5,5	7,2
10	≥ 90	5,7	7,4

a Zwischenwerte sind linear zu interpolieren.
b Es gilt der Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit (bei Verwendung von Würfeln ist im Verhältnis der Festigkeitsklassen umzurechnen).

(5) Es darf angenommen werden, dass die auf den Beton übertragene Vorspannkraft innerhalb der Übertragungslänge l_{bp} linear vom Bauteilende her zunimmt.

(6) Der Bemessungswert der Übertragungslänge l_{bpd} ist mit $0,8 l_{bp}$ oder $1,2 l_{bp}$ anzunehmen; es gilt der ungünstigere Wert für die betrachtete Wirkung.

(7) Für die Spannungsermittlung im Eintragungsbereich darf am Ende der Eintragungslänge $l_{p,eff}$ eine lineare Verteilung der Betonspannungen über den Querschnitt angenommen werden.

(8) Die Eintragungslänge $l_{p,eff}$ darf für Rechteckquerschnitte mit Spanngliedern nahe der Unterseite des Querschnitts wie folgt bestimmt werden:

$$l_{p,eff} = \sqrt{l_{bpd}^2 + d^2} \quad (55)$$

Für andere Querschnittsformen sollten die Eintragungslänge und die jeweilige örtliche Spannungsverteilung in Anlehnung an die Elastizitätstheorie festgelegt werden.

(9) In biegebeanspruchten Bauteilen wird die Verankerung der Vorspannung durch Rissbildung entscheidend beeinflusst. Der Verankerungsbereich darf als ungerissen angesehen werden, wenn im Grenzzustand der Tragfähigkeit die Betonzugspannungen unter Berücksichtigung der maßgebenden Vorspannkraft die Betonzugfestigkeit $f_{ctk;0,05}$ nicht überschreiten. In diesem Fall darf die Verankerung innerhalb der Länge l_{bpd} ohne weiteren Nachweis als gegeben angesehen werden.

(10) Überschreiten die Betonzugspannungen den Wert $f_{ctk;0,05}$, ist nachzuweisen, dass die vorhandene Zugkraftlinie die Zugkraftdeckungsline aus der Zugkraft von Spannstahl und Betonstahl nicht überschreitet (vergleiche Bild 66). Die Zugkraft im Spannstahl ist nach Bild 17 zu ermitteln. Außerhalb der Übertragungslänge l_{bpd} bzw. nach dem ersten Riss ($x \geq l_r$) sind dabei wegen der schlechteren Verbund-

bedingungen die Werte der Verbundspannungen nach Tabelle 7 abzumindern. Die Länge l_{ba} darf wie folgt ermittelt werden.

a) bei Rissbildung außerhalb l_{bpd} (siehe Bild 17 a)):

$$l_{ba} = l_{bpd} + \frac{A_p}{\pi \cdot d_p} \cdot \frac{\sigma_{pd} - \sigma_{pmt}}{f_{bp} \cdot \eta_1 \cdot \eta_p} \quad (56)$$

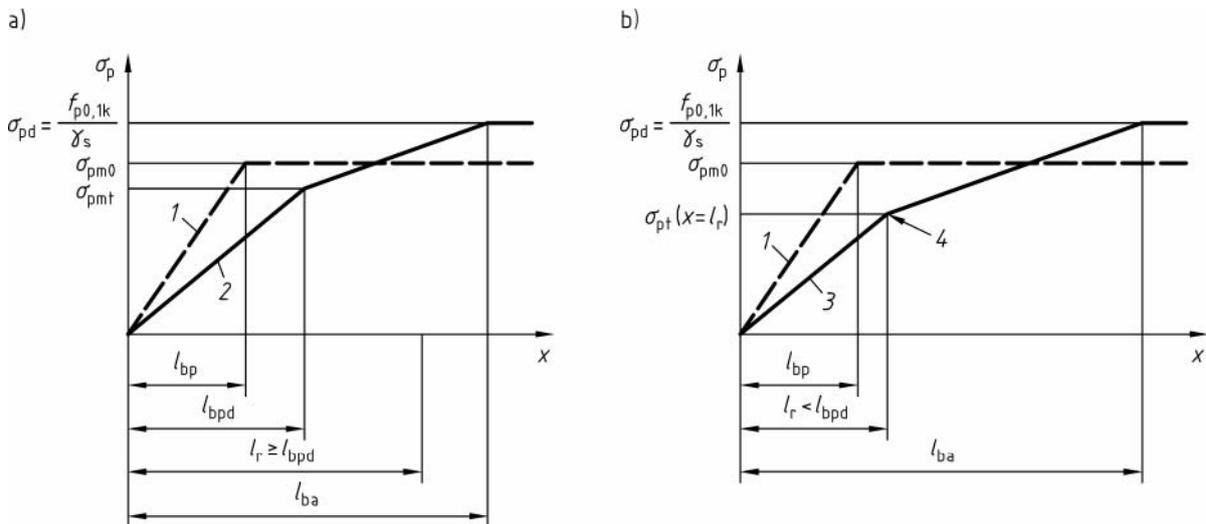
b) bei Rissbildung innerhalb l_{bpd} (siehe Bild 17 b)):

$$l_{ba} = l_r + \frac{A_p}{\pi \cdot d_p} \cdot \frac{\sigma_{pd} - \sigma_{pt}(x=l_r)}{f_{bp} \cdot \eta_1 \cdot \eta_p} \quad (57)$$

mit

$\eta_p = 0,5$ für Litzen und profilierte Drähte bzw.

$\eta_p = 0,7$ für gerippte Drähte.



Legende

- a) bei der Spannkrafteinleitung (1), im Grenzzustand der Tragfähigkeit ohne Rissbildung in der Übertragungslänge (2).
 b) mit Rissbildung in der Übertragungslänge (3), (4) Stelle des ersten Biegerisses

Bild 17 — Verlauf der Spannstahlspannungen im Verankerungsbereich von Spanngliedern im sofortigen Verbund

(11) Die in der Entfernung x vom Bauteilende zu verankernde Kraft $F_{Ed}(x)$ beträgt:

$$F_{Ed}(x) = \frac{M_{Ed}(x)}{z} + \frac{1}{2} V_{Ed}(x) \cdot (\cot \theta - \cot \alpha) \quad (58)$$

Dabei ist

$M_{Ed}(x)$ der Bemessungswert des aufzunehmenden Biegemoments an der Stelle x ;

DIN 1045-1:2008-08

z der innere Hebelarm nach 10.3.4;

$V_{Ed}(x)$ der Bemessungswert der zugehörigen aufzunehmenden Querkraft an der Stelle x ;

θ der Winkel zwischen den Betondruckstreben und der Bauteillängsachse nach 10.3.4; für Bauteile ohne Querkraftbewehrung gilt $\cot \theta = 3,0$ und $\cot \alpha = 0$;

α der Winkel zwischen der Querkraftbewehrung und der Bauteilachse nach 10.3.4.

Bei der Ermittlung der vom Spannstahl aufzunehmenden Verankerungskraft ist die Rissbildung zu berücksichtigen (siehe Bild 17).

8.7.7 Verankerungsbereiche bei Spanngliedern im nachträglichen oder ohne Verbund

Die im Verankerungsbereich erforderliche Spaltzug- und Zusatzbewehrung ist der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für das Spannverfahren zu entnehmen. Der Nachweis der Kraftaufnahme und -weiterleitung im Tragwerk ist mit einem geeigneten Verfahren (z. B. mit einem Stabwerkmodell nach 10.6) zu führen.

9 Baustoffe**9.1 Beton****9.1.1 Allgemeines**

(1) Dieser Abschnitt gilt für Beton (Normal- und Leichtbeton) nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2.

(2) Die in diesem Abschnitt angegebenen Festigkeits- und Formänderungskennwerte gelten, sofern für Leichtbeton nicht ausdrücklich festgelegt, immer für Normalbeton und Leichtbeton.

(3) Die Festigkeitsklassen für Normalbeton werden durch das vorangestellte Symbol C, für Leichtbeton durch das vorangestellte Symbol LC gekennzeichnet. Die erste Zahl bezeichnet die Zylinderdruckfestigkeit und die zweite Zahl die Würfeldruckfestigkeit (z. B. C20/25).

(4) Leichtbeton wird entsprechend seiner Trockenrohddichte in Rohdichteklassen nach DIN 1045-2 sowie DIN EN 206-1 eingeteilt. Der Rechenwert ρ der Trockenrohddichte und der charakteristische Wert der Wichte des Betons sind Tabelle 8 zu entnehmen.

Tabelle 8 — Rohdichteklasse, Rechenwert ρ der Trockenrohddichte und charakteristischer Wert der Wichte von Leichtbeton

Zeile	Spalte		1	2	3	4	5	6
			Rohdichteklasse					
			D1,0	D1,2	D1,4	D1,6	D1,8	D2,0
1	Rechenwert ρ der Trockenrohddichte zur Bestimmung der Baustoffeigenschaften in kg/m^3		801 – 1 000	1 001 – 1 200	1 201 – 1 400	1 401 – 1 600	1 601 – 1 800	1 801 – 2 000
2	charakteristischer Wert der Wichte zur Lastermittlung in kg/m^3	unbewehrter Leichtbeton	1 050	1 250	1 450	1 650	1 850	2 050
		bewehrter Leichtbeton	1 150	1 350	1 550	1 750	1 950	2 150

9.1.2 Festigkeiten

(1) Den Festigkeitsklassen dieser Norm liegt die charakteristische Zylinderdruckfestigkeit f_{ck} nach 28 Tagen zugrunde (siehe Tabelle 9 und Tabelle 10). Für ihre Definition gilt DIN 1045-2 und DIN EN 206-1.

(2) *In bestimmten Fällen (z. B. beim Vorspannen) kann es erforderlich sein, die Druckfestigkeit zu einem früheren oder späteren Zeitpunkt als nach 28 Tagen oder für besondere Lagerungsbedingungen (z. B. Wärmebehandlung) zu bestimmen.*

(3) Die Zugfestigkeit f_{ct} bezieht sich im Rahmen dieser Norm auf die erreichbare Höchstspannung unter einachsiger zentrischer Zugbeanspruchung.

(4) *Die zentrische Zugfestigkeit f_{ct} darf aus der Spaltzugfestigkeit $f_{ct,sp}$ näherungsweise berechnet werden zu:*

$$f_{ct} = 0,9 f_{ct,sp} \quad (59)$$

9.1.3 Elastische Verformungseigenschaften

(1) Die elastischen Verformungen des Betons hängen in hohem Maße von seiner Zusammensetzung (vor allem von der Gesteinskörnung) ab. Die im Folgenden gegebenen Angaben stellen deshalb lediglich Richtwerte dar. Sie sind dann gesondert zu ermitteln, wenn das Tragwerk empfindlich auf entsprechende Abweichungen reagiert.

(2) *Richtwerte für die mittleren Elastizitätsmoduln als Sekantenmoduln E_{cm} und E_{lcm} und als Tangentenmoduln E_{c0m} und E_{lc0m} dürfen Tabelle 9 und Tabelle 10 entnommen werden.*

(3) *Die Querdehnzahl für die elastische Dehnung darf näherungsweise zu Null angenommen werden.*

(4) *Die lineare Wärmedehnzahl darf für Normalbeton im Allgemeinen gleich $10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ und für Leichtbeton im Allgemeinen gleich $8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ gesetzt werden.*

(5) *Der Unterschied zwischen den Wärmedehnzahlen von Stahl und Leichtbeton darf bei der Bemessung vernachlässigt werden.*

9.1.4 Kriechen und Schwinden

(1) Kriechen und Schwinden des Betons hängen im Wesentlichen von der Feuchte der Umgebung, den Abmessungen des Bauteils und der Zusammensetzung des Betons ab. Das Kriechen wird des Weiteren deutlich vom Reifegrad des Betons beim erstmaligen Aufbringen der Last sowie von Dauer und Größe der Belastung beeinflusst. Bei der Ermittlung der Kriechzahl $\varphi(\infty, t_0)$ und der Schwinddehnung ε_{cs} sind diese Einflüsse zu berücksichtigen.

(2) *Die nach diesem Abschnitt ermittelten Kriechzahlen $\varphi(\infty, t_0)$ und Schwinddehnungen $\varepsilon_{cs\infty}$ dürfen als zu erwartende Mittelwerte angesehen werden. Die mittleren Variationskoeffizienten für die Vorhersage der Kriechzahl $\varphi(\infty, t_0)$ und der Schwinddehnung $\varepsilon_{cs\infty}$ liegen bei etwa 30 %. Für gegenüber Kriechen und Schwinden empfindliche Tragwerke sollte die mögliche Streuung dieser Werte berücksichtigt werden. Die angegebenen Werte gelten für kriecherzeugende Betondruckspannungen von nicht mehr als $0,45 f_{ckj}$; dabei ist f_{ckj} die Zylinderdruckfestigkeit des Betons zum Zeitpunkt des Aufbringens der kriecherzeugenden Spannung.*

(3) Wenn die kriecherzeugende Betondruckspannung den Wert $0,45 f_{ckj}$ überschreitet, muss die nichtlineare Abhängigkeit des Kriechens von der kriecherzeugenden Spannung berücksichtigt werden. Dies gilt insbesondere bei Vorspannung mit sofortigem Verbund.

DIN 1045-1:2008-08

(4) In den Fällen nach Absatz (3) und für genauere Berechnungen dürfen die Kriechzahlen mit anderen geeigneten Berechnungsverfahren ermittelt werden.

(5) Die nach diesem Abschnitt ermittelten Endkriechzahlen $\varphi(\infty, t_0)$ und Schwinddehnungen $\varepsilon_{cs\infty}$ gelten für Konstruktionsbetone, die nicht länger als 14 Tage feucht nachbehandelt werden und die üblichen Umgebungsbedingungen mit einer mittleren relativen Luftfeuchte zwischen 40 % und 100 % und mittleren Temperaturen zwischen 10 °C und 30 °C ausgesetzt sind.

(6) Die Kriechdehnung des Betons $\varepsilon_{cc}(\infty, t_0)$ zum Zeitpunkt $t = \infty$ darf bei zeitlich konstanter kriecherzeugender Spannung wie folgt berechnet werden:

$$\varepsilon_{cc}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \cdot \frac{\sigma_c}{E_{c0}} \quad (60)$$

Dabei ist

$\varphi(\infty, t_0)$ die Endkriechzahl; diese darf in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte vereinfachend Bild 18 oder Bild 19 entnommen werden; für mittlere relative Luftfeuchten unter 50 % und zwischen 50 % und 80 % darf linear extrapoliert bzw. linear interpoliert werden;

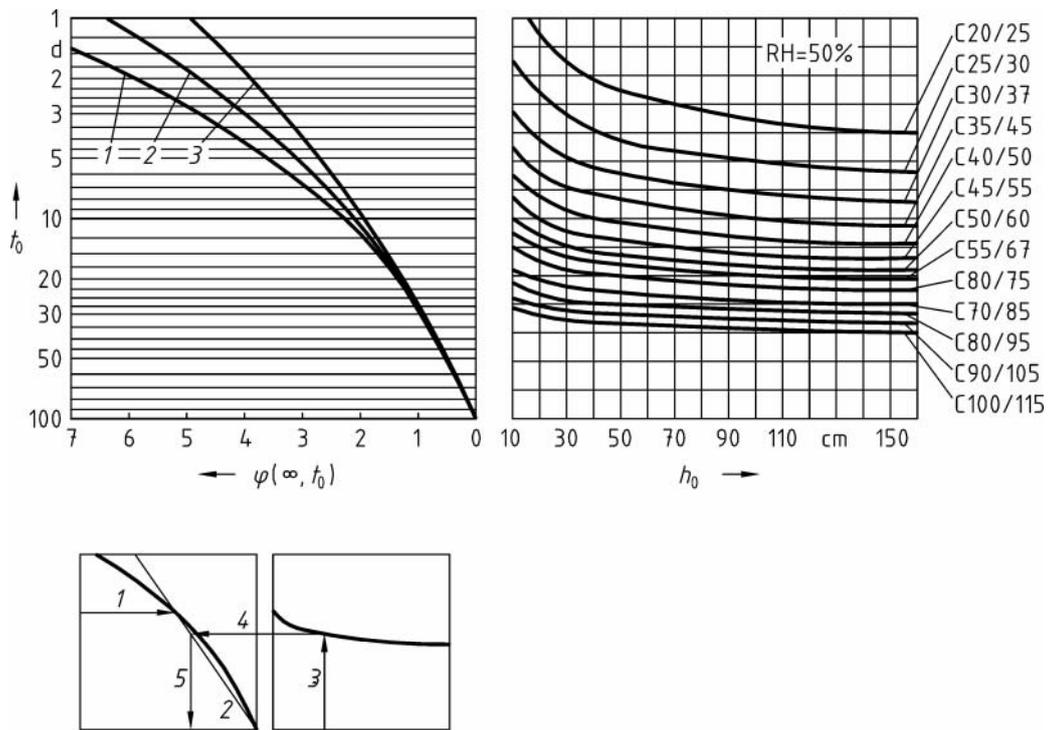
E_{c0} der Elastizitätsmodul des Betons als Tangente im Ursprung der Spannungs-Dehnungs-Linie nach 28 Tagen. Vereinfachend darf $E_{c0} = E_{c0m}$ bzw. $E_{c0} = E_{lc0m}$ aus Tabelle 9 oder Tabelle 10 angenommen werden;

σ_c die zeitlich konstante kriecherzeugende Betonspannung;

t_0 das Betonalter bei Belastungsbeginn in Tagen.

(7) Für Leichtbeton dürfen, sofern keine Versuchsergebnisse vorliegen, die Werte der Endkriechzahl $\varphi(\infty, t_0)$ nach Bild 18 oder Bild 19 zugrunde gelegt werden, wenn sie mit dem Faktor η_E nach Tabelle 10 abgemindert werden. Die so ermittelte Endkriechzahl ist für Betone der Festigkeitsklassen LC12/13 und LC16/18 zusätzlich mit dem Faktor $\eta_2 = 1,3$ zu multiplizieren.

(8) Zur Berechnung der Kriechzahl zu einem beliebigen Zeitpunkt und bei zeitlich nicht konstanter Betonspannung siehe DAfStb-Heft 525.



Legende

- 1 Zementfestigkeitsklasse: 32,5 N ^a
- 2 Zementfestigkeitsklassen: 32,5 R, 42,5 N ^a
- 3 Zementfestigkeitsklassen: 42,5 R, 52,5 N, 52,5 R ^a

Dabei ist

h_0 die wirksame Querschnittsdicke = $2 A_c / u$ in cm

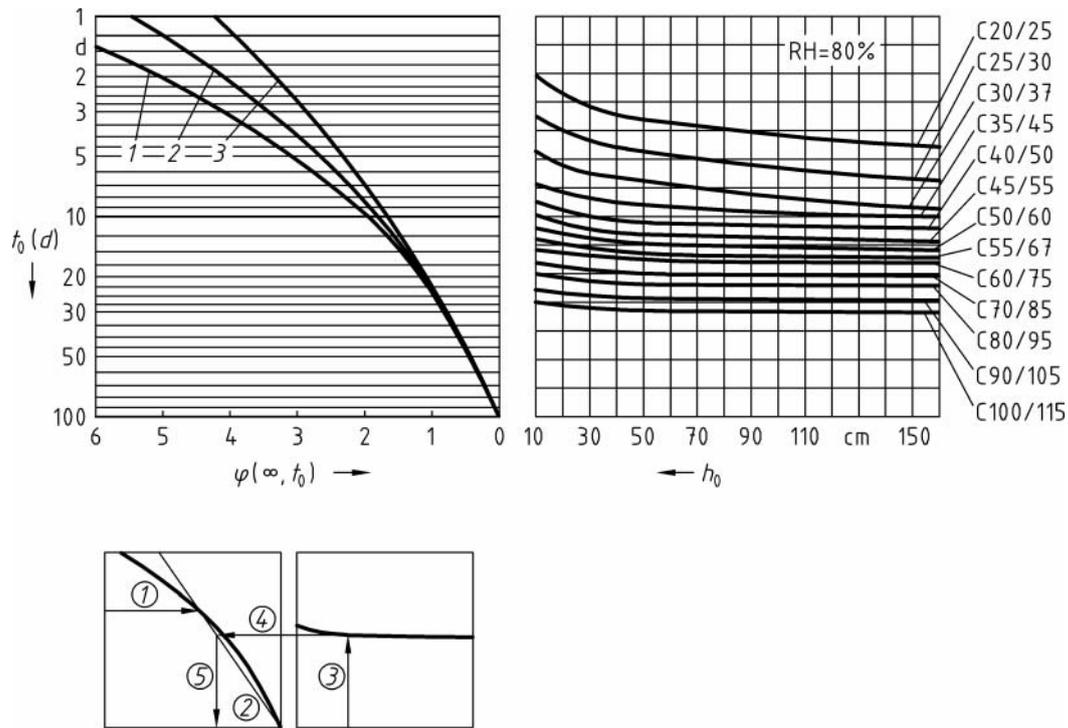
A_c die Querschnittsfläche

u der Umfang des Querschnitts (bei Kastenträgern einschließlich des inneren Umfangs)

^a Weitere Beispiele für die Zuordnung der Zementarten siehe DAfStb-Heft 525.

Bild 18 — Endkriechzahl $\varphi(\infty, t_0)$ für Normalbeton und trockene Umgebungsbedingungen (trockene Innenräume, relative Luftfeuchte = 50 %)

DIN 1045-1:2008-08



Legende

- 1 Zementfestigkeitsklasse: 32,5 N^a
- 2 Zementfestigkeitsklassen: 32,5 R, 42,5 N^a
- 3 Zementfestigkeitsklassen: 42,5 R, 52,5 N, 52,5 R^a

Dabei ist

- h_0 die wirksame Querschnittsdicke = $2 A_c / u$ in cm
- A_c die Querschnittsfläche
- u der Umfang des Querschnitts (bei Kastenträgern einschließlich des inneren Umfangs)

^a Weitere Beispiele für die Zuordnung der Zementarten siehe DAfStb-Heft 525.

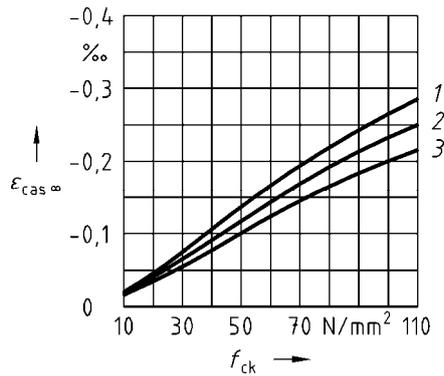
Bild 19 — Endkriechzahl $\varphi(\infty, t_0)$ für Normalbeton und feuchte Umgebungsbedingungen
(Außenluft, relative Luftfeuchte = 80 %)

(9) Die Schwinddehnung des Betons setzt sich aus den Anteilen Schrumpfdehnung und Trocknungsschwinddehnung zusammen und darf für den Zeitpunkt $t = \infty$ wie folgt berechnet werden:

$$\varepsilon_{CS\infty} = \varepsilon_{CAS\infty} + \varepsilon_{CDS\infty} \tag{61}$$

Dabei ist

- $\varepsilon_{CS\infty}$ die Schwinddehnung des Betons zum Zeitpunkt $t = \infty$;
- $\varepsilon_{CAS\infty}$ die Schrumpfdehnung zum Zeitpunkt $t = \infty$ nach Bild 20;
- $\varepsilon_{CDS\infty}$ die Trocknungsschwinddehnung zum Zeitpunkt $t = \infty$ nach Bild 21.

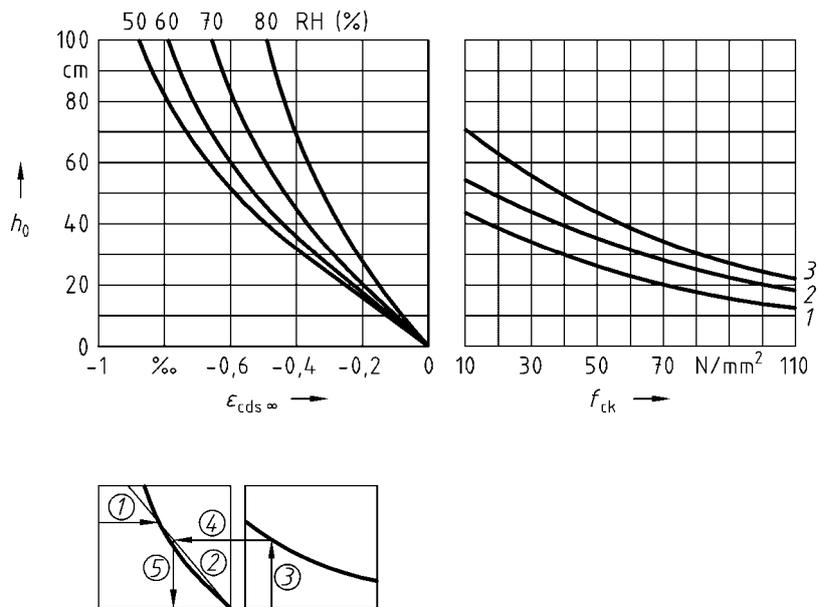


Legende

- 1 Zementfestigkeitsklasse: 32,5 N^a
- 2 Zementfestigkeitsklassen: 32,5 R, 42,5 N^a
- 3 Zementfestigkeitsklassen: 42,5 R, 52,5 N, 52,5 R^a

^a Weitere Beispiele für die Zuordnung der Zementarten siehe DAfStb-Heft 525.

Bild 20 — Schrumpfdehnung $\epsilon_{cas\infty}$ zum Zeitpunkt $t = \infty$ für Normalbeton



Legende

- 1 Zementfestigkeitsklasse^a 32,5 N
- 2 Zementfestigkeitsklassen^a 32,5 R, 42,5 N
- 3 Zementfestigkeitsklassen^a 42,5 R, 52,5 N, 52,5 R

Dabei ist

h_0 die wirksame Querschnittsdicke = $2 A_c / u$ in cm

A_c die Querschnittsfläche

u der Umfang des Querschnitts (bei Kastenträgern einschließlich des inneren Umfangs)

^a Weitere Beispiele für die Zuordnung der Zementarten siehe DAfStb-Heft 525.

Bild 21 — Trocknungsschwinddehnung $\epsilon_{cds\infty}$ zum Zeitpunkt $t = \infty$ für Normalbeton

DIN 1045-1:2008-08

(10) Für Leichtbeton darf, sofern keine Versuchsergebnisse vorliegen, die Schwinddehnung $\varepsilon_{CS\infty}$ nach Gleichung (61) zugrunde gelegt werden. Die Werte sind dabei für Betone der Festigkeitsklassen LC12/13 und LC16/18 mit dem Faktor $\eta_3 = 1,5$ und für Betone der Festigkeitsklassen ab LC20/22 mit dem Faktor $\eta_3 = 1,2$ zu multiplizieren.

(11) Zur Berechnung der Schwinddehnung zu einem beliebigen Zeitpunkt t siehe DAFStb-Heft 525.

9.1.5 Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung und für Verformungsberechnungen

(1) Für nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung und für Verformungsberechnungen ist die Spannungs-Dehnungs-Linie nach Bild 22 zu verwenden. Die Spannungs-Dehnungs-Linie wird für kurzzeitig wirkende Beanspruchungen und einaxiale Spannungszustände durch Gleichung (62) beschrieben:

$$\frac{\sigma_c}{f_c} = \left(\frac{k \cdot \eta - \eta^2}{1 + (k - 2) \cdot \eta} \right) \quad (62)$$

mit

$$\eta = \varepsilon_c / \varepsilon_{c1} \quad (63)$$

$$k = -E_{c0} \cdot \varepsilon_{c1} / f_c \quad (64)$$

Dabei ist

ε_{c1} die Dehnung bei Erreichen des Höchstwerts der Betondruckspannung nach Tabelle 9 oder Tabelle 10;

E_{c0} der Elastizitätsmodul des Betons als Tangente im Ursprung der Spannungs-Dehnungs-Linie. Vereinfachend darf $E_{c0} = E_{c0m}$ bzw. $E_{c0} = E_{lc0m}$ aus Tabelle 9 oder Tabelle 10 angenommen werden.

f_c der Höchstwert der ertragenen Betondruckspannung; bei nichtlinearen Verfahren der Schnittgrößenermittlung darf für f_c der Rechenwert f_{cR} nach 8.5.1 angenommen werden; bei Verformungsberechnungen f_{cm} .

Gleichung (62) ist für $0 \geq \varepsilon_c \geq \varepsilon_{c1u}$ gültig, wobei ε_{c1u} die Bruchdehnung bei Erreichen der Festigkeitsgrenze nach Tabelle 9 oder Tabelle 10 ist.

(2) Andere idealisierte Spannungs-Dehnungs-Linien dürfen nur angewendet werden, wenn sie dem in Absatz (1) beschriebenen Ansatz gleichwertig sind.

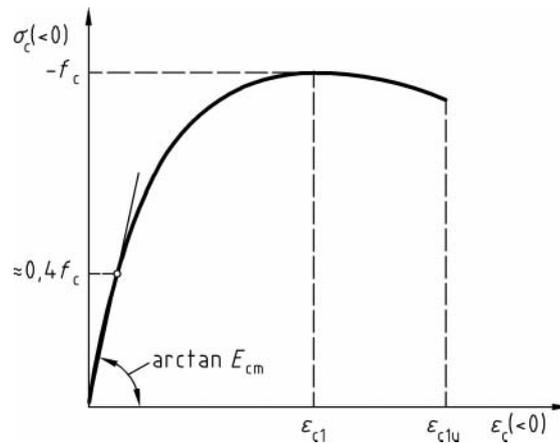


Bild 22 — Spannungs-Dehnungs-Linie für die Schnittgrößenermittlung mit nichtlinearen Verfahren und für Verformungsberechnungen

9.1.6 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung

(1) Für die Querschnittsbemessung ist die Spannungs-Dehnungs-Linie nach Bild 23 zu verwenden. Die Spannungs-Dehnungs-Linie wird durch die Gleichungen (65) und (66) beschrieben:

$$\sigma_c = -f_{cd} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right] \quad \text{für } 0 \geq \varepsilon_c > \varepsilon_{c2} \quad (65)$$

$$\sigma_c = -f_{cd} \quad \text{für } \varepsilon_{c2} \geq \varepsilon_c \geq \varepsilon_{c2u} \quad (66)$$

Dabei ist

n der Exponent der Parabel;

ε_{c2} die Dehnung beim Erreichen der Festigkeitsgrenze;

ε_{c2u} die maximale Dehnung.

Die Werte sind der Tabelle 9 oder Tabelle 10 zu entnehmen.

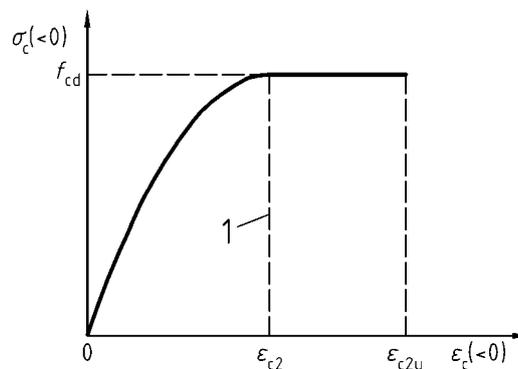


Bild 23 — Parabel-Rechteck-Diagramm

DIN 1045-1:2008-08

(2) Der Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist der Wert f_{cd} zugrunde zulegen:

$$f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c \quad (67)$$

Dabei ist

- γ_c der Teilsicherheitsbeiwert für Beton nach Tabelle 2 bzw. bei unbewehrten Bauteilen nach 5.3.3 (8); ab den Festigkeitsklassen C55/67 und LC55/60 ist γ_c mit γ_c' zu multiplizieren (siehe 5.3.3 (9)).
- α der Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung von Langzeitwirkungen auf die Druckfestigkeit sowie zur Umrechnung zwischen Zylinderdruckfestigkeit und einaxialer Druckfestigkeit des Betons. Der Beiwert α ist für Normalbeton mit 0,85 anzunehmen. In begründeten Fällen (z. B. Kurzzeitbelastung) dürfen auch höhere Werte für α (mit $\alpha \leq 1$) angesetzt werden. Für Leichtbeton ist der Wert α nach 9.1.6 (4) zu wählen.

(3) Andere idealisierte Spannungs-Dehnungs-Linien sind zulässig, sofern sie dem Parabel-Rechteck-Diagramm im Hinblick auf die Verteilung der Druckspannungen gleichwertig sind (z. B. das bilineare Diagramm nach Bild 24 mit den Werten nach Tabelle 9 oder Tabelle 10). Wenn die Dehnungsnulllinie im Querschnitt liegt, darf unter den angegebenen Bedingungen auch der Spannungsblock nach Bild 25 als Betonspannungsverteilung angesetzt werden.

(4) Für Leichtbeton ist bei Verwendung des Parabel-Rechteck-Diagramms nach Bild 23 oder des Spannungsblocks nach Bild 25 $\alpha = 0,75$, bei Verwendung des bilinearen Diagramms nach Bild 24 $\alpha = 0,80$ zu setzen.

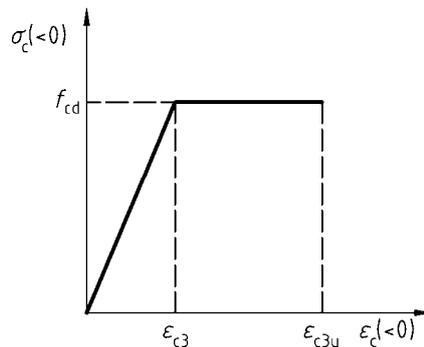
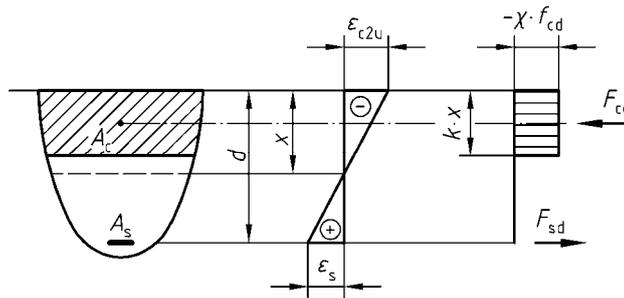


Bild 24 — Bilineare-Spannungs-Dehnungs-Linie



Legende

$\chi \approx 0,95$	für $f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$
$\chi = 1,05 - f_{ck} / 500$	für $f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2$
$k = 0,80$	für $f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$
$k = 1,0 - f_{ck} / 250$	für $f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2$

ANMERKUNG Sofern die Querschnittsbreite zum gedrückten Rand hin abnimmt, ist f_{cd} zusätzlich mit dem Faktor 0,9 abzumindern.

Bild 25 — Spannungsblock

9.1.7 Zusammenstellung der Betonkennwerte

- (1) Die Betonkennwerte sind in Tabelle 9 und Tabelle 10 zusammengestellt.
- (2) Der nach 9.1.6 (2) ermittelte Wert f_{cd} ist der Bemessungswert der einaxialen Druckfestigkeit des ungerissenen Betons. Bei Quersugspannungen oder Querrissbildung muss die Verminderung der Druckfestigkeit berücksichtigt werden.
- (3) Die Verminderung der Festigkeiten darf vereinfachend mit $\alpha_c \cdot f_{cd}$ (α_c nach 10.3.4) angenommen werden.
- (4) Bei mehraxialen Druckbeanspruchungen dürfen höhere Festigkeiten angesetzt werden.

9.2 Betonstahl

9.2.1 Allgemeines

- (1) Dieser Abschnitt gilt für Betonstabstahl und Betonstahlmatten im Lieferzustand nach den Normen der Reihe DIN 488 und nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen. Für Betonstahl, der in Ringen produziert wurde, gelten die Anforderungen für den Zustand nach dem Richten.
- (2) Betonstähle nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung dürfen für Betone ab C70/85 nur verwendet werden, sofern dies in der Zulassung geregelt ist.

9.2.2 Eigenschaften

- (1) Die Festlegungen und konstruktiven Regeln in dieser Norm beziehen sich auf schweißgeeignete, gerippte Betonstähle mit einer charakteristischen Streckgrenze von $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$ und den sonstigen in Tabelle 11 angegebenen Eigenschaften. Sofern relevant, gelten diese Eigenschaften gleichermaßen für Zug- und Druckbeanspruchung. Für Stähle mit Eigenschaften, die von den in Tabelle 11 angegebenen abweichen, können andere als die in dieser Norm angegebenen Festlegungen und konstruktiven Regeln notwendig sein.

DIN 1045-1:2008-08

(2) Für Betonstähle nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen sind die Duktilitätsmerkmale (normalduktil oder hochduktil) darin geregelt. Falls dort keine entsprechenden Festlegungen getroffen sind, sind die Betonstähle als normalduktil einzustufen.

(3) Die Streckgrenze f_{yk} (R_e nach den Normen der Reihe DIN 488) und die Zugfestigkeit f_{tk} (R_m nach den Normen der Reihe DIN 488) werden jeweils als charakteristische Werte definiert; sie ergeben sich aus der Last bei Erreichen der Streckgrenze bzw. der Höchstlast, geteilt durch den Nennquerschnitt.

(4) Für Erzeugnisse ohne ausgeprägte Streckgrenze f_{yk} darf dafür der Wert $f_{0,2k}$ eingesetzt werden (siehe Bild 26).

(5) Betonstähle aller Lieferformen weisen die für die Bemessung erforderlichen Eigenschaften im Temperaturbereich zwischen -40 °C und $+100\text{ °C}$ auf.

(6) Die Eignung zum Biegen ist durch das Verhalten der Betonstähle beim Rückbiegeversuch gekennzeichnet. Die in Tabelle 11 angegebenen Werte gelten für Temperaturen über -10 °C .

(7) Betonstähle müssen eine Schweißeignung aufweisen, die für die vorgesehene Verbindung und die in Tabelle 12 genannten Schweißverfahren ausreicht. Für die Ausführung der Schweißarbeiten gilt DIN EN ISO 17660-1.

Anmerkung Bis zur bauaufsichtlichen Einführung von DIN EN ISO 17660-1 gilt DIN 4099-1.

Tabelle 9 — Festigkeits- und Formänderungskennwerte von Normalbeton

Zeile	Spalte	Festigkeitsklassen														Analytische Beziehung; Erläuterung	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15
1	f_{ck}	12 ^a	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	N/mm^2
2	$f_{ck, cube}$	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	115	N/mm^2
3	f_{cm}	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	108	$f_{cm} = f_{ck} + 8$
4	f_{ctm}	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5	5,2	$f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)}$ bis C50/60 $f_{ctm} = 2,12 \ln(1 + f_{cm}/10)$ ab C55/67
5	$f_{ctk; 0,05}$	1,1	1,3	1,5	1,8	2	2,2	2,5	2,7	2,9	3	3,1	3,2	3,4	3,5	3,7	$f_{ctk; 0,05} = 0,7 \cdot f_{ctm}$ 5 % Quantil
6	$f_{ctk; 0,95}$	2	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6	6,3	6,6	6,8	$f_{ctk; 0,95} = 1,3 \cdot f_{ctm}$ 95 % Quantil
7a	E_{cm}	25 800	27 400	28 800	30 500	31 900	33 300	34 500	35 700	36 800	37 800	38 800	40 600	42 300	43 800	45 200	$E_{cm} = 9 500 (f_{ck} + 8)^{1/3}$ N/mm^2
7b	E_{cm}	21 800	23 400	24 900	26 700	28 300	29 900	31 400	32 800	34 300	35 700	37 000	39 700	42 300	43 800	45 200	$E_{cm} = \alpha_1 \cdot E_{com}$; mit $\alpha_1 = (0,8 + 0,2 \cdot f_{cm}/88) \leq 1,0$
8	ϵ_{ct}	-1,8	-1,9	-2,1	-2,2	-2,3	-2,4	-2,5	-2,55	-2,6	-2,65	-2,7	-2,8	-2,9	-2,95	-3,0	in %; gilt nur für Bild 22
9	ϵ_{ctu}					-3,5					-3,4	-3,3	-3,2	-3,1	-3,0	-3,0	in %; gilt nur für Bild 22
10	η					2,0					2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,55	
11	ϵ_{c2}					-2,0					-2,03	-2,06	-2,1	-2,14	-2,17	-2,2	in %; gilt nur für Bild 23
12	ϵ_{c2u}					-3,5					-3,1	-2,7	-2,5	-2,4	-2,3	-2,2	in %; gilt nur für Bild 23
13	ϵ_{c3}					-1,35					-1,35	-1,4	-1,5	-1,6	-1,65	-1,7	in %; gilt nur für Bild 24
14	ϵ_{c3u}					-3,5					-3,1	-2,7	-2,5	-2,4	-2,3	-2,2	in %; gilt nur für Bild 24

^a Die Festigkeitsklasse C12/15 darf nur bei vorwiegend ruhenden Einwirkungen verwendet werden.

Tabelle 10 — Festigkeits- und Formänderungskennwerte von Leichtbeton

Zeile	Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		Festigkeitsklassen												Analytische Beziehung; Erläuterung
1	f_{ck}	12 a	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	N/mm ²	
2	$f_{ck,cube}$	13	18	22	28	33	38	44	50	55	60	66	N/mm ²	
3	f_{lcm}	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	$f_{lcm} = f_{ck} + 8$ N/mm ²	
4	f_{ctm}	$\eta_1 \cdot f_{ctm}$												f_{ctm} nach Tabelle 9 $\eta_1 = 0,40 + 0,60 \rho/2000^b$ N/mm ²
5	$f_{ctk; 0,05}$	$\eta_1 \cdot f_{ctk; 0,05}$												$f_{ctk; 0,05}$ nach Tabelle 9 5 % Quantil
6	$f_{ctk; 0,95}$	$\eta_1 \cdot f_{ctk; 0,95}$												$f_{ctk; 0,95}$ nach Tabelle 9 95 % Quantil
7a	E_{lc0m}	$\eta_E \cdot E_{c0m}$												E_{c0m} nach Tabelle 9 $\eta_E = (\rho/2200)^2^b$
7b	E_{lcm}	$\eta_E \cdot E_{cm}$												E_{cm} nach Tabelle 9 $\eta_E = (\rho/2200)^2^b$
8	ϵ_{c1}	$-k \cdot f_{lcm}/E_{lcm}$												$k = 1,1$ für Leichtbeton mit Leichtsand $k = 1,3$ für Leichtbeton mit Natursand in %; gilt nur für Bild 22
9	ϵ_{c1u}	ϵ_{lc1}												in %; gilt nur für Bild 22
10	η	-2,0												1,9
11	ϵ_{c2}	-2,0												-2,03
12	ϵ_{c2u}	$-3,5 \eta_1 \geq \epsilon_{c2u}$												ϵ_{c2u} nach Tabelle 9 in %; gilt nur für Bild 23
13	ϵ_{c3}	-1,8												in %; gilt nur für Bild 24
14	ϵ_{c3u}	$-3,5 \eta_1 \geq \epsilon_{c3u}$												ϵ_{c3u} nach Tabelle 9 in %; gilt nur für Bild 24

^a Die Festigkeitsklasse LC12/13 darf nur bei vorwiegend ruhenden Einwirkungen verwendet werden.

^b mit ρ in kg/m³

Tabelle 11 — Eigenschaften der Betonstähle

Zeile	Spalte		1	2	3	4	5
	Benennung ^a		BSt 500 S(A)	BSt 500 M(A)	BSt 500 S(B)	BSt 500 M(B)	Art der Anforderung bzw. Quantilwert p in %
1	Erzeugnisform		Betonstahl	Betonstahlmatten	Betonstahl	Betonstahlmatten	
2	Duktilität		normal		hoch		
3	Streckgrenze f_{yk} in N/mm ²		500				5
4	Verhältnis $(f_t / f_y)_k$		$\geq 1,05$		$\geq 1,08$		min. 10
5	Verhältnis $(f_y / f_{yk})_{0,90}$ (f_y = tatsächliche Streckgrenze)		–		$\leq 1,3$		max. 10
6	Stahldehnung unter Höchstlast ε_{uk} in ‰		25		50		10
7	Kennwert für die Ermüdungsfestigkeit $N = 1 \cdot 10^6$ in N/mm ² (mit einer oberen Spannung von nicht mehr als $0,6 f_y$) ^b	$d_s \leq 28$ mm	175	100	175	100	5
		$d_s > 28$ mm	–	–	145	–	
8	Bezogene Rippenfläche f_R für Nenndurchmesser d_s (in mm)						min. 5
	5,0 bis 6,0		0,039				
	6,5 bis 8,5		0,045				
	9,0 bis 10,5		0,052				
	11,0 bis 40,0		0,056				
9	Unterschreitung des Nennquerschnitts in %		4				max. 5
10	Biegerollendurchmesser beim Rückbiegeversuch für Nenndurchmesser d_s (in mm)						min. 1
	6 bis 12		$5 d_s$				
	14 bis 16		$6 d_s$				
	16 bis 25		$8 d_s$				
	28 bis 40		$10 d_s$				
^a S: Betonstahl; M: Betonstahlmatten; A: normale Duktilität; B: hohe Duktilität ^b Falls höhere Werte im Versuch nachgewiesen werden, dürfen die Bemessungswerte nach Tabelle 16 entsprechend abgeleitet werden.							

DIN 1045-1:2008-08

Tabelle 12 — Zulässige Schweißverfahren und Anwendungsfälle

Zeile	Spalte	1		2	3
	Belastungsart	Schweißverfahren mit Kurzbezeichnung und Ordnungsnummer des Schweißprozesses nach DIN EN ISO 4063		Zugstäbe ^a	Druckstäbe ^a
1	Vorwiegend ruhend	Abbrennstumpfschweißen (RA)	24	Stumpfstoß	
2		Lichtbogenhandschweißen (E) und Metall-Lichtbogenschweißen (MF)	111	Stumpfstoß mit $d_s \geq 20$ mm, Laschenstoß, Überlappstoß, Kreuzungsstoß ^c ,	
			114	Verbindung mit anderen Stahlteilen	
3		Metall-Aktivgasschweißen (MAG) ^b	135	Laschenstoß, Überlappstoß, Kreuzungsstoß ^c , Verbindung mit anderen Stahlteilen	
4			136	—	Stumpfstoß mit $d_s \geq 20$ mm
5		Reibschweißen (FR)	42	Stumpfstoß, Verbindung mit anderen Stahlteilen	
6	Widerstandspunktschweißen (RP) (mit Einpunktschweißmaschine)	21	Überlappstoß ^d		
			Kreuzungsstoß ^{b d}		
7	Nicht vorwiegend ruhend	Abbrennstumpfschweißen (RA)	24	Stumpfstoß	
8		Lichtbogenhandschweißen (E)	111	—	Stumpfstoß mit $d_s \geq 16$ mm
9		Metall-Aktivgasschweißen (MAG)	135	—	Stumpfstoß mit $d_s \geq 20$ mm
	136				

^a Es dürfen gleiche Stabnennendurchmesser sowie benachbarte Stabdurchmesser verbunden werden.

^b Zulässiges Verhältnis der Stabnennendurchmesser sich kreuzender Stäbe $\geq 0,57$.

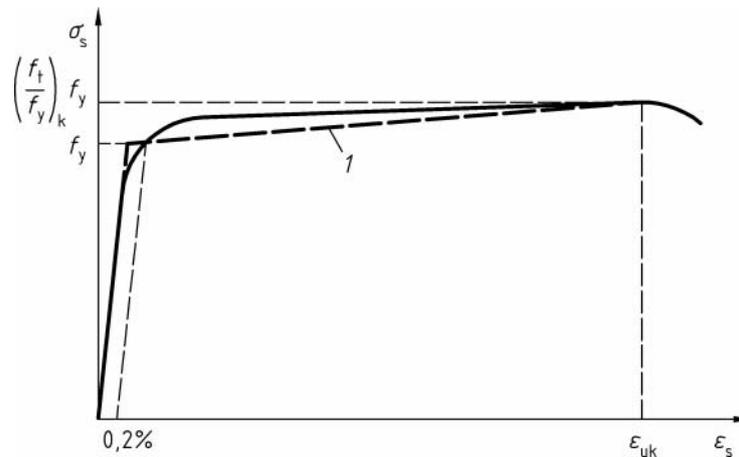
^c Für tragende Verbindungen $d_s \leq 16$ mm

^d Für tragende Verbindungen $d_s \leq 28$ mm

9.2.3 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Schnittgrößenermittlung

(1) Bei nichtlinearen Verfahren der Schnittgrößenermittlung ist eine wirklichkeitsnahe Spannungs-Dehnungs-Linie nach Bild 26 mit $\varepsilon_s \leq \varepsilon_{uk}$ anzusetzen.

(2) Vereinfachend darf auch ein bilinear idealisierter Verlauf der Spannungs-Dehnungs-Linie (siehe Bild 26) angenommen werden. Dabei darf für f_y der Rechenwert f_{yR} nach 8.5.1 angenommen werden.



Legende

- 1 idealisierter Verlauf

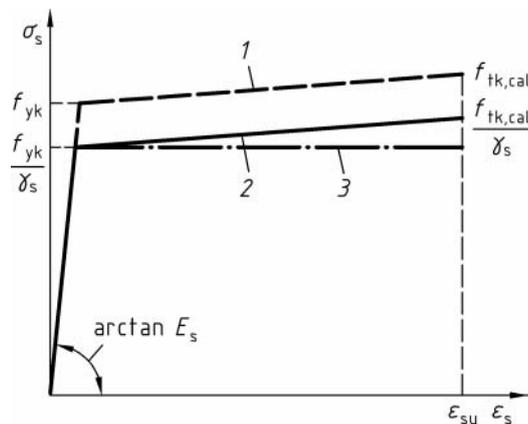
Bild 26 — Spannungs-Dehnungs-Linie des Betonstahls für die Schnittgrößenermittlung

9.2.4 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung

(1) Die Bemessung ist auf der Grundlage der Nennquerschnittsfläche und des Nenndurchmessers unter Ansatz der idealisierten Spannungs-Dehnungs-Linie nach Bild 27 durchzuführen.

(2) Vereinfachend darf auch ein horizontaler oberer Ast der Spannungs-Dehnungs-Linie nach Bild 27 angenommen werden.

(3) Für die Querschnittsbemessung ist $f_{tk,cal}$ mit 525 N/mm^2 anzusetzen und die Stahldehnung ϵ_s auf den Wert $\epsilon_{su} = 0,025$ zu begrenzen.



Legende

- 1 idealisierter Verlauf
- 2 Verlauf für die Bemessung
- 3 vereinfachte Annahme für die Bemessung

Bild 27 — Rechnerische Spannungs-Dehnungs-Linie des Betonstahls für die Bemessung

DIN 1045-1:2008-08

(4) *Soweit in den Normen der Reihe DIN 488 oder in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen nicht abweichend festgelegt, dürfen für die Bemessung folgende physikalische Eigenschaften des Betonstahls angenommen werden:*

- *Wärmedehnzahl:* $\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
- *Elastizitätsmodul:* $E_s = 200\,000 \text{ N/mm}^2$

9.3 Spannstahl**9.3.1 Allgemeines**

(1) Dieser Abschnitt gilt für Drähte, Litzen und Stäbe, die als Spannstahl in Betontragwerken verwendet werden.

(2) Die Anforderungen gelten für das Erzeugnis im Lieferzustand.

(3) Für die Produktgruppen, das Herstellungsverfahren, die Eigenschaften, die Prüfverfahren und das Verfahren zum Übereinstimmungsnachweis gelten die Festlegungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.

9.3.2 Eigenschaften

(1) Das Verhalten des Spannstahls ist durch folgende Eigenschaften bestimmt:

- Streckgrenze (0,1 %-Dehngrenze) $f_{p0,1k}$;
- Zugfestigkeit f_{pk} ;
- Duktilität;
- Gesamtdehnung bei Höchstzugkraft ε_{uk} ;
- Querschnittstoleranzen;
- Ermüdungsfestigkeit;
- Elastizitätsmodul E_p ;
- Relaxation;
- Oberflächengestalt (Verbundeigenschaften).

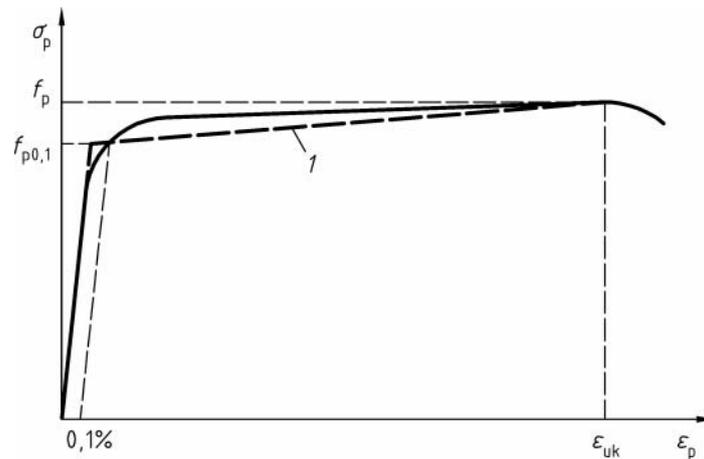
Die 0,1 %-Dehngrenze $f_{p0,1k}$ und die Zugfestigkeit f_{pk} werden jeweils als charakteristische Werte definiert.

(2) Die Spannstähle müssen die in dieser Norm vorausgesetzten Eigenschaften erfüllen.

(3) Die Toleranzen und Angaben zur Oberflächengestalt der Spannstähle sind den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zu entnehmen.

(4) Bei nichtlinearen Verfahren der Schnittgrößenermittlung ist eine wirklichkeitsnahe Spannungs-Dehnungs-Linie nach Bild 28 anzunehmen.

(5) *Vereinfachend darf der Verlauf der Spannungs-Dehnungs-Linie bilinear idealisiert angesetzt werden (siehe Bild 28). Hierbei dürfen für $f_{p0,1}$ bzw. f_p die Rechenwerte $f_{p0,1R}$ bzw. f_{pR} nach 8.5.1 angenommen werden.*



Legende

1 idealisierter Verlauf

Bild 28 — Spannungs-Dehnungs-Linie des Spannstahls für die Schnittgrößenermittlung

(6) *Es darf im Allgemeinen angenommen werden, dass Spannglieder im nachträglichem Verbund und Spannglieder ohne Verbund eine hohe Duktilität und Spannglieder im sofortigem Verbund eine normale Duktilität aufweisen.*

9.3.3 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung

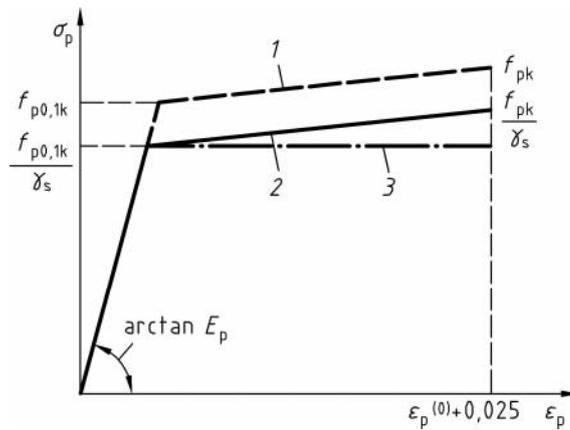
(1) Die Bemessung ist auf der Grundlage der Nennquerschnittsfläche des Spannstahls unter Ansatz der rechnerischen Spannungs-Dehnungs-Linie in Bild 29 durchzuführen.

(2) *Vereinfachend darf ein horizontaler oberer Ast der Spannungs-Dehnungs-Linie nach Bild 29 angenommen werden.*

(3) Für die Querschnittsbemessung ist die Stahldehnung ε_p auf den Wert $(\varepsilon_p^{(0)} + 0,025)$ zu begrenzen. Dabei ist $\varepsilon_p^{(0)}$ die Vordehnung des Spannstahls.

(4) Die Spannungs-Dehnungs-Linie in Bild 29 ist für Temperaturen von -40 °C bis $+100\text{ °C}$ gültig.

DIN 1045-1:2008-08

**Legende**

- 1 idealisierter Verlauf
- 2 Verlauf für die Bemessung
- 3 vereinfachte Annahme für die Bemessung

Bild 29 — Rechnerische Spannungs-Dehnungs-Linie des Spannstahls für die Querschnittsbemessung

(5) Soweit in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen nicht abweichend festgelegt, dürfen für die Bemessung folgende physikalische Eigenschaften des Spannstahls angenommen werden:

- *Wärmedehnzahl:* $\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
- *Elastizitätsmodul:* $E_p = 195\,000 \text{ N/mm}^2$ (Litzen)
 $= 205\,000 \text{ N/mm}^2$ (Stäbe und Drähte)

Im Temperaturbereich zwischen -40°C und $+100^\circ\text{C}$ dürfen die vorgenannten Werte als charakteristische Werte verwendet werden.

10 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit**10.1 Allgemeines**

(1) In 10.2 bis 10.4 werden Festlegungen für die ungestörten Bereiche von Balken, Platten und ähnlichen Bauteilen getroffen, in denen ein Ebenbleiben der Querschnitte angenommen werden darf. Die Störbereiche dieser Bauteile sowie wandartige Träger und andere Bauteile mit nicht eben bleibenden Querschnitten dürfen nach 10.6 bemessen und konstruktiv durchgebildet werden.

10.2 Biegung mit oder ohne Längskraft und Längskraft allein

(1) Bei der Bestimmung der Grenztragfähigkeit von bewehrten Querschnitten gelten folgende Annahmen:

- Ebenbleiben der Querschnitte,
- starrer Verbund zwischen Beton und im Verbund liegender Bewehrung,
- Nichtberücksichtigung der Zugfestigkeit des Betons,
- Verteilung der Betondruckspannungen entsprechend der rechnerischen Spannungs-Dehnungs-Linien nach 9.1.6,

DIN 1045-1:2008-08**10.3 Querkraft****10.3.1 Nachweisverfahren**

(1) Die Tragfähigkeit für Querkraft wird durch verschiedene Versagensmechanismen begrenzt. Deshalb gelten folgende Bemessungswerte der aufnehmbaren Querkraft:

$V_{Rd,ct}$ Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft eines Bauteils ohne Querkraftbewehrung

$V_{Rd,sy}$ Bemessungswert der durch die Tragfähigkeit der Querkraftbewehrung begrenzten aufnehmbaren Querkraft

$V_{Rd,max}$ Bemessungswert der durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzten maximal aufnehmbaren Querkraft

(2) Jeder Querschnitt, in dem der Bemessungswert der Querkraft $V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$ ist, erfordert rechnerisch keine Querkraftbewehrung (siehe 10.3.3). Bei Balken und einachsig gespannten Platten mit $b/h < 5$ ist jedoch stets eine Mindestquerkraftbewehrung nach 13.2.3 bzw. 13.3.3 erforderlich.

(3) In Querschnitten, in denen V_{Ed} den Wert $V_{Rd,ct}$ überschreitet, ist eine Querkraftbewehrung derart vorzusehen, dass $V_{Ed} \leq V_{Rd,sy}$ ist (siehe 10.3.4) und die Regeln für die erforderliche Mindestquerkraftbewehrung nach 13.2.3 und 13.3.3 eingehalten sind.

(4) Der Bemessungswert der einwirkenden Querkraft $V_{Ed} > V_{Rd,ct}$ darf in keinem Querschnitt des Bauteils den Wert $V_{Rd,max}$ überschreiten (siehe 10.3.4).

(5) Die Querkraftnachweise dürfen bei zweiachsig gespannten Platten in den Spannrichtungen x und y mit den jeweiligen Einwirkungs- und Widerstandskomponenten getrennt geführt werden. Wenn Querkraftbewehrung erforderlich wird, ist diese aus beiden Richtungen zu addieren.

(6) Vorgespannte Elementdecken werden in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt.

10.3.2 Bemessungswert der einwirkenden Querkraft

(1) Bei gleichmäßig verteilter Last und direkter Auflagerung (vgl. 7.3.1 (7)) darf für den Nachweis eines Bauteils ohne Querkraftbewehrung und für die Ermittlung der Querkraftbewehrung der Bemessungswert V_{Ed} aufgrund der direkten Einleitung auflagenaher Lastanteile in das Auflager in einer Entfernung d vom Auflagertrand ermittelt werden.

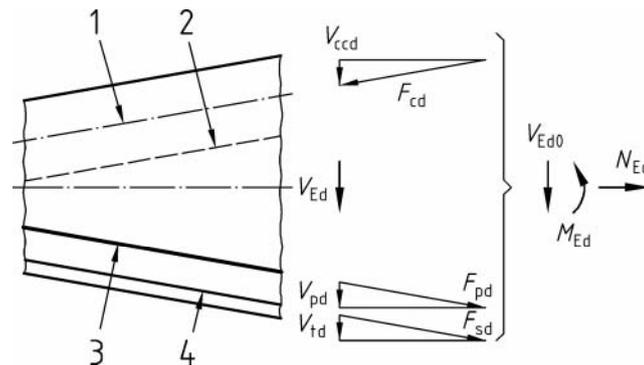
(2) Der Anteil der Querkraft einer im Abstand $x \leq 2,5 d$ vom Auflagertrand wirkenden Einzellast darf bei direkter Auflagerung mit dem Beiwert β abgemindert werden:

$$\beta = x / (2,5 d) \quad (68)$$

(3) Beim Nachweis von $V_{Rd,max}$ dürfen die Abminderungen nach den Absätzen (1) und (2) nicht vorgenommen werden.

(4) In Bauteilen mit veränderlicher Nutzhöhe oder mit geneigter Spanngliedführung ergibt sich der Bemessungswert der Querkraft V_{Ed} unter Berücksichtigung der Kraftkomponenten des Druck- und Zuggurtes rechtwinklig zur Bauteilachse aus Gleichung (69) und Bild 31:

$$V_{Ed} = V_{Ed0} - V_{ccd} - V_{td} - V_{pd} \quad (69)$$

**Legende**

- | | | | |
|---|-----------------------------------|---|-------------------------------------|
| 1 | Wirkungslinie der Betondruckkraft | 3 | Schwerachse der Spannglieder |
| 2 | Nulllinie | 4 | Schwerachse der Betonstahlbewehrung |
- V_{Ed} Bemessungswert der einwirkenden Querkraft
 V_{Ed0} Grundbemessungswert der auf den Querschnitt einwirkenden Querkraft
 V_{ccd} Bemessungswert der Querkraftkomponente in der Druckzone
 V_{td} Bemessungswert der Querkraftkomponente der Betonstahlzugkraft
 V_{pd} Querkraftkomponente der Spannstahlkraft F_{pd} im Grenzzustand der Tragfähigkeit inklusive zugehörigem M_{Ed} und N_{Ed} (siehe 8.7.5, aber $F_{pd} \leq A_p \cdot f_{p0,1k}/\gamma_s$)

Bild 31 — Querkraftanteile bei veränderlicher Querschnittshöhe**10.3.3 Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung**

(1) Der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,ct}$ biegebewehrter Bauteile ohne Querkraftbewehrung ist im Allgemeinen nach Gleichung (70) zu ermitteln.

$$V_{Rd,ct} = \left[\frac{0,15}{\gamma_c} \cdot \kappa \cdot \eta_1 \cdot (100 \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} - 0,12 \sigma_{cd} \right] \cdot b_w \cdot d \quad (70)$$

Dabei darf jedoch ein Mindestwert der Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,ct,min}$ biegebewehrter Bauteile ohne Querkraftbewehrung nach Gleichung (70a) angesetzt werden.

$$V_{Rd,ct,min} = [\eta_1 \cdot v_{min} - 0,12 \sigma_{cd}] \cdot b_w \cdot d \quad (70a)$$

mit

$$v_{min} = \left[\frac{\kappa_1}{\gamma_c} \cdot \sqrt{\kappa^3 \cdot f_{ck}} \right] \quad (70b)$$

Dabei ist

γ_c der Teilsicherheitsbeiwert für bewehrten Beton nach 5.3.3 (6), Tabelle 2;

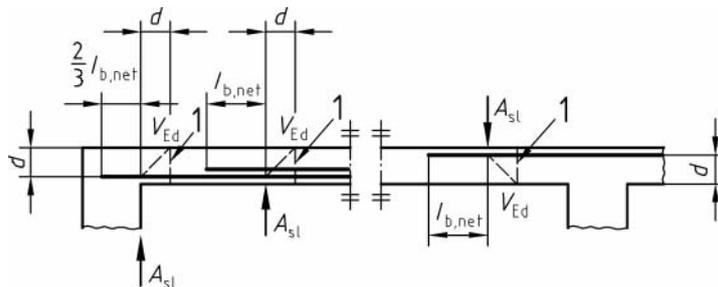
κ ein Maßstabsfaktor mit $\kappa = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$ (71)

$\eta_1 = 1,0$ für Normalbeton; für Leichtbeton nach Tabelle 10;

ρ_1 der Längsbewehrungsgrad mit $\rho_1 = A_{sl}/(b_w \cdot d) \leq 0,02$;

DIN 1045-1:2008-08

- A_{sl} die Fläche der Zugbewehrung, die mindestens um das Maß d über den betrachteten Querschnitt hinaus geführt und dort wirksam verankert wird (siehe Bild 32). Bei Vorspannung mit sofortigen Verbund darf die Spannstahlfläche voll auf A_{sl} angerechnet werden;
- b_w die kleinste Querschnittsbreite innerhalb der Zugzone des Querschnitts in mm;
- d die statische Nutzhöhe der Biegebewehrung im betrachteten Querschnitt in mm;
- f_{ck} der charakteristische Werte der Betondruckfestigkeit in N/mm²;
- σ_{cd} der Bemessungswert der Betonlängsspannung in Höhe des Schwerpunkts des Querschnitts mit $\sigma_{cd} = N_{Ed}/A_c$ in N/mm²;
- N_{Ed} der Bemessungswert der Längskraft im Querschnitt infolge äußerer Einwirkungen oder Vorspannung ($N_{Ed} < 0$ als Längsdruckkraft);
- $\kappa_1 = 0,0525$ für $d \leq 600$ mm
 $= 0,0375$ für $d \geq 800$ mm
Im Bereich 600 mm < d < 800 mm darf κ_1 linear interpoliert werden.

**Legende**

1 betrachteter Schnitt

Bild 32 — Definition von A_{sl} für die Ermittlung von ρ_l in Gleichung (70)

(2) Wenn nachgewiesen wird, dass die Betonzugspannungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit stets kleiner sind als $f_{ctk;0,05}/\gamma_c$ (mit γ_c für unbewehrten Beton nach 5.3.3 (8)), darf die Querkrafttragfähigkeit in den auflagnahen Bereichen von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen unter vorwiegend ruhenden Beanspruchungen nach Gleichung (72) berechnet werden:

$$V_{Rd,ct} = \frac{I \cdot b_w}{S} \cdot \sqrt{\left(\frac{f_{ctk;0,05}}{\gamma_c}\right)^2 - \alpha_l \cdot \sigma_{cd} \cdot \frac{f_{ctk;0,05}}{\gamma_c}} \quad (72)$$

Dabei ist

- I das Flächenmoment 2. Grades des Querschnitts;
- S das Flächenmoment 1. Grades des Querschnitts bezogen auf dessen Schwerpunkt (Statisches Moment);

- α_1 = $l_x / l_{bpd} \leq 1,0$ bei Vorspannung mit sofortigem Verbund
 = 1 in den übrigen Fällen;
- l_x der Abstand des betrachteten Querschnitts vom Beginn der Verankerungslänge des Spannglieds nach 8.7.6;
- l_{bpd} der obere Bemessungswert der Übertragungslänge des Spanngliedes nach 8.7.6 (6);
- $f_{ctk;0,05}$ der untere Quantilwert der Betonzugfestigkeit nach Tabelle 9 oder Tabelle 10, jedoch $f_{ctk;0,05} \leq 2,7 \text{ N/mm}^2$;
- γ_c der Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrten Beton nach 5.3.3 (8);
- b_w die kleinste Querschnittsbreite;
- σ_{cd} der Bemessungswert der Betonlängsspannung in Höhe des Schwerpunkts des Querschnitts mit $\sigma_{cd} = N_{Ed} / A_c$ in N/mm^2 .

Dieser Nachweis darf für Querschnitte, die näher als $h/2$ zur Auflagervorderkante liegen, entfallen.

10.3.4 Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung

(1) Die Querkraftbemessung biegebewehrter Bauteile mit Querkraftbewehrung erfolgt auf der Grundlage eines Fachwerkmodells (siehe Bild 33). Die Neigung θ der Druckstreben des Fachwerks ist nach Absatz (3) zu begrenzen.

(2) Beim Nachweis der Querkrafttragfähigkeit darf im Allgemeinen näherungsweise der Wert $z = 0,9 d$ angenommen werden. Dabei wird vorausgesetzt, dass bei Bauteilen mit geneigten Spanngliedern in der vorgedrückten Zugzone Längsbewehrung aus Betonstahl vorhanden ist, die zur Aufnahme der Längszugkräfte infolge Querkraft ausreichend ist, und dass die Bügel nach 12.7 (2) in der Druckzone verankert sind.

Es darf für z jedoch kein größerer Wert angesetzt werden, als sich aus $z = d - 2 c_{v,l} \geq d - c_{v,l} - 30 \text{ mm}$ ergibt (mit Verlegetmaß $c_{v,l}$ der Längsbewehrung in der Betondruckzone).

Bei einem Querschnitt, der vollständig unter Zugspannungen steht, darf für z der Abstand der Zugbewehrungen angesetzt werden, wenn Bügel die Längszugbewehrungen umfassen.

(3) Die Neigung θ der Druckstreben des Fachwerks ist wie folgt zu begrenzen:

$$0,58 \leq \cot \theta \leq \frac{1,2 - 1,4 \sigma_{cd} / f_{cd}}{1 - V_{Rd,c} / V_{Ed}} \begin{cases} \leq 3,0 & \text{für Normalbeton} \\ \leq 2,0 & \text{für Leichtbeton} \end{cases} \quad (73)$$

mit

$$V_{Rd,c} = c_j \cdot 0,48 \cdot \eta_1 \cdot f_{ck}^{1/3} \left(1 + 1,2 \frac{\sigma_{cd}}{f_{cd}} \right) \cdot b_w \cdot z \quad (74)$$

(4) Der Bemessungswert $V_{Rd,sy}$ ist bei Bauteilen mit Querkraftbewehrung rechtwinklig zur Bauteilachse nach Gleichung (75) zu ermitteln:

$$V_{Rd,sy} = \frac{A_{sw}}{s_w} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot \cot \theta \quad (75)$$

Dabei ist s_w der Abstand der zur Bauteilachse rechtwinkligen Bewehrung in Richtung der Bauteilachse gemessen.

(5) Vereinfachend dürfen für $\cot \theta$ in Gleichung (75) die folgenden Werte angesetzt werden:

— reine Biegung: $\cot \theta = 1,2$

— Biegung und Längsdruckkraft: $\cot \theta = 1,2$

— Biegung und Längszugkraft: $\cot \theta = 1,0$

(6) Der Bemessungswert der maximalen Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,max}$ ist bei Bauteilen mit Querkraftbewehrung rechtwinklig zur Bauteilachse nach Gleichung (76) zu ermitteln:

$$V_{Rd,max} = \frac{b_w \cdot z \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} \quad (76)$$

Dabei ist

α_c der Abminderungsbeiwert für die Druckstrebenfestigkeit;

$\alpha_c = 0,75 \eta_1$ mit $\eta_1 = 1,0$ für Normalbeton; für Leichtbeton nach Tabelle 10.

(7) Bei Bauteilen mit geeigneter Querkraftbewehrung sind die Bemessungswerte der Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,sy}$ und $V_{Rd,max}$ unter Berücksichtigung des Winkels α der Querkraftbewehrung zur Bauteilachse nach Gleichungen (77) und (78) zu ermitteln:

$$V_{Rd,sy} = \frac{A_{sw}}{s_w} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \quad (77)$$

$$V_{Rd,max} = b_w \cdot z \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{\cot \theta + \cot \alpha}{1 + \cot^2 \theta} \quad (78)$$

Dabei ist

$\alpha_c = 0,75 \eta_1$ mit $\eta_1 = 1,0$ für Normalbeton; für Leichtbeton nach Tabelle 10;

s_w der Abstand der geeigneten Querkraftbewehrung in Richtung der Bauteilachse gemessen.

(8) Enthält der betrachtete Querschnitt nebeneinander liegende verpresste Spannglieder mit einer Durchmesserensumme $\Sigma d_h > b_w/8$, muss der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,max}$ nach Gleichung (76) oder Gleichung (78) auf der Grundlage des Nennwerts $b_{w,nom}$ der Querschnittsbreite für die ungünstigste Spanngliedlage berechnet werden:

$$b_{w,nom} = b_w - 0,5 \Sigma d_h \quad \text{bis C50/60 oder LC50/55} \quad (79)$$

$$b_{w,nom} = b_w - 1,0 \Sigma d_h \quad \text{ab C55/67 oder LC55/60} \quad (80)$$

DIN 1045-1:2008-08

Dabei ist d_h der äußere Hüllrohrdurchmesser.

Für nebeneinanderliegende nicht verpresste Spannglieder oder solche ohne Verbund gilt:

$$b_{w,nom} = b_w - 1,3 \sum d_h \quad (81)$$

(9) Der Zugkraftanteil ΔF_{sd} in der Längsbewehrung infolge Querkraft, der zusätzlich zu dem aus Biegebeanspruchung auftritt, ist nach Bild 33 zu berücksichtigen. Alternativ darf dieser auch nach 13.2.2 (3) berücksichtigt werden.

10.3.5 Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurten

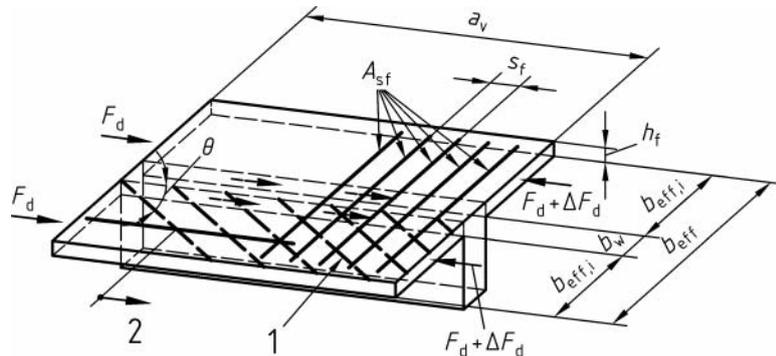
(1) Der Anschluss von Druck- und Zuggurten ist an einem Fachwerkmodell nachzuweisen.

(2) Der Bemessungswert der einwirkenden Längsschubkraft darf ermittelt werden aus:

$$V_{Ed} = \Delta F_d \quad (82)$$

Dabei ist ΔF_d die Längskraftdifferenz in einem einseitigen Gurtabschnitt mit der Länge a_v , in dem die Längsschubkraft als konstant angenommen werden darf (siehe Bild 34).

Für a_v darf höchstens der halbe Abstand zwischen Momentennullpunkt und Momentenhöchstwert angenommen werden. Bei nennenswerten Einzellasten sollten die jeweiligen Abschnittslängen nicht über die Querkraftsprünge hinausgehen.

**Legende**

- 1 Druckstreben
- 2 Längsbewehrung im Gurt muss ab diesem Punkt verankert sein

Bild 34 — Anschluss zwischen Gurten und Steg

(3) Der Nachweis der Querkrafttragfähigkeit darf nach 10.3.4 geführt werden. Dabei ist in den Gleichungen (75) bis (81) $b_w = h_f$ und $z = a_v$ zu setzen. Für σ_{cd} darf die mittlere Betonlängsspannung im anzuschließenden Gurtabschnitt mit der Länge a_v angesetzt werden. Vereinfachend darf in Zuggurten $\cot\theta = 1,0$ und in Druckgurten $\cot\theta = 1,2$ gesetzt werden.

(4) Sofern kein genauere Nachweis erfolgt, darf bei kombinierter Beanspruchung durch Schubkräfte zwischen Gurt und Steg und durch Querbiegung der größere erforderliche Stahlquerschnitt je Seite, der sich entweder nach diesem Abschnitt oder aus der Bemessung für Querbiegung ergibt, angeordnet werden. Dabei sind Biegedruckzone und Biegezugzone getrennt unter Ansatz von jeweils der Hälfte der für die Schubbeanspruchung allein ermittelten Querkraftbewehrung zu betrachten.

(5) Wenn Querkraftbewehrung in der Gurtplatte erforderlich wird, sollte der Nachweis der Druckstreben in beiden Beanspruchungsrichtungen des Gurtes (Scheibe und Platte) in linearer Interaktion geführt werden:

$$(V_{Ed,Platte}/V_{Rd,max,Platte}) + (V_{Ed,Scheibe}/V_{Rd,max,Scheibe}) \leq 1,0.$$

10.3.6 Schubkraftübertragung in Fugen

(1) Die Übertragung von Schubkräften in den Fugen zwischen nebeneinander liegenden Fertigteilen oder zwischen Ortbeton und einem vorgefertigten Bauteil sowie zwischen nacheinander betonierten Ortbetonabschnitten wird durch die Rauigkeit und Oberflächenbeschaffenheit der Fuge bestimmt. Für den Nachweis der Tragfähigkeit gelten folgende Definitionen:

- sehr glatt: die Oberfläche wurde gegen Stahl, Kunststoff oder glatte Holzschalung betoniert. Unbehandelte Fugenoberflächen sollten bei der Verwendung von Beton im ersten Betonierabschnitt mit fließfähiger bzw. sehr fließfähiger Konsistenz (Ausbreitmaßklasse \geq F5) als sehr glatte Fugen eingestuft werden.
- glatt: die Oberfläche wurde abgezogen oder im Gleit- bzw. Extruderverfahren hergestellt, oder sie blieb nach dem Verdichten ohne weitere Behandlung,
- rau: eine Oberfläche mit mindestens 3 mm durch Rechen erzeugte Rauigkeit mit ungefähr 40 mm Abstand, oder erzeugt durch entsprechendes Freilegen der Gesteinskörnungen oder durch andere Methoden, die ein äquivalentes Tragverhalten herbeiführen; alternativ darf die Oberfläche eine definierte Rauigkeit aufweisen¹⁰⁾,
- verzahnt: wenn die Geometrie der Verzahnung den Angaben in Bild 35 a) entspricht. Wenn eine Gesteinskörnung mit $d_g \geq 16$ mm verwendet und das Korngerüst mindestens 6 mm tief freigelegt wird, darf die Fuge als verzahnt eingestuft werden.¹⁰⁾

(2) Der Bemessungswert der in der Kontaktfläche zwischen Ortbeton und Fertigteil oder in nachträglich ergänzten Querschnitten zu übertragenden Schubkraft je Längeneinheit darf nach Gleichung (83) ermittelt werden:

$$v_{Ed} = \frac{F_{cdj}}{F_{cd}} \cdot \frac{V_{Ed}}{z} \quad (83)$$

Dabei ist

F_{cdj} der Bemessungswert des über die Fuge zu übertragenden Längskraftanteils;

F_{cd} der Bemessungswert der Gurtlängskraft infolge Biegung im betrachteten Querschnitt mit $F_{cd} = M_{Ed}/z$.

Für den inneren Hebelarm darf $z = 0,9 d$ angesetzt werden. Ist die Verbundbewehrung jedoch gleichzeitig Querkraftbewehrung, muss die Ermittlung des inneren Hebelarms nach 10.3.4 (2) erfolgen.

(3) Der Bemessungswert der aufnehmbaren Schubkraft in Fugen von Verbundbauteilen einschließlich der Fugen zwischen Decken- und Wandelementen darf additiv aus mehreren Traganteilen nach Gleichung (84) ermittelt werden:

$$v_{Rdj} = [\eta_1 \cdot c_j \cdot f_{ctd} - \mu \cdot \sigma_{Nd}] \cdot b + v_{Rdj,sy} \leq v_{Rdj,max} \quad (84)$$

10) Bezüglich der Definition der Oberflächenrauigkeit siehe auch DAfStb-Heft 525. Die Rauigkeitsparameter für die Zuordnung der Kategorie „rau“ sollten als mittlere Rautiefe nach dem Sandflächenverfahren von Kaufmann $R_t \geq 1,5$ mm bzw. als maximale Profilkuppenhöhe $R_p \geq 1,1$ mm betragen. Die Rauigkeitsparameter für die Zuordnung der Kategorie „verzahnt“ sollten als mittlere Rautiefe $R_t \geq 3,0$ mm bzw. als maximale Profilkuppenhöhe $R_p \geq 2,2$ mm betragen. Die Werte sollten als Mittelwerte von mindestens drei Messungen nachgewiesen werden.

DIN 1045-1:2008-08

mit

$$v_{Rdj, sy} = a_s \cdot f_{yd} (1,2\mu \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) \quad (85)$$

Dabei ist

- η_1 = 1,0 für Normalbeton; für Leichtbeton nach Tabelle 10;
- c_j der Rauigkeitsbeiwert nach Tabelle 13 ;
- f_{ctd} der Bemessungswert der Betonzugfestigkeit des 1. oder 2. Betonierabschnitts (der kleinere Wert ist maßgebend) mit $f_{ctd} = f_{ctk;0,05} / \gamma_c$ in N/mm² mit γ_c für unbewehrten Beton nach 5.3.3 (8);
- μ der Reibungsbeiwert nach Tabelle 13;
- σ_{Nd} die Normalspannung senkrecht zur Fuge ($\sigma_{Nd} < 0$ als Betondruckspannung),
 $\sigma_{Nd} = n_{Ed} / b \geq -0,6 f_{cd}$ in N/mm²;
- n_{Ed} der untere Bemessungswert der Normalkraft senkrecht zur Fuge je Längeneinheit (siehe Bild 35 a));
- b die Breite der Kontaktfläche (z. B. Breite einer Horizontalfuge);
- a_s der Querschnitt der die Fuge kreuzenden Bewehrung je Längeneinheit;
- α der Winkel der die Fuge kreuzenden Bewehrung (siehe Bild 35 a)), mit $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$;
- $v_{Rdj, max}$ die maximale aufnehmbare Schubkraft nach Absatz (4).

Tabelle 13 — Beiwerte c_j, μ

Zeile	Spalte	1	2
	Oberflächenbeschaffenheit nach 10.3.6 (1)	c_j	μ
1	verzahnt	0,50	0,9
2	rau	0,40 ^a	0,7
3	glatt	0,20 ^a	0,6
4	sehr glatt	0	0,5

^a In den Fällen, in denen die Fuge infolge Einwirkungen rechtwinklig zur Fuge unter Zug steht, ist bei glatten oder rauhen Fugen $c_j = 0$ zu setzen. Dies gilt auch bei Fugen zwischen nebeneinander liegenden Fertigteilen ohne Verbindung durch Mörtel- oder Kunstharzfugen wegen des nicht vorhandenen Haftverbundes.

(4) Die maximale aufnehmbare Schubkraft in der Fuge beträgt:

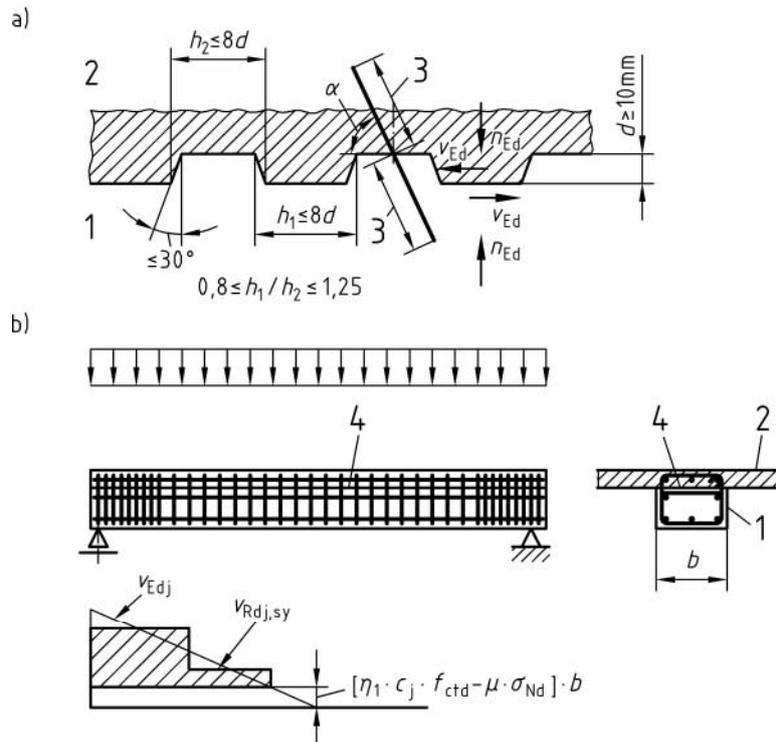
$$v_{Rdj, max} = 0,5 \cdot \eta_1 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b \quad (86)$$

Dabei ist

v ein Abminderungsbeiwert für die Betondruckfestigkeit abhängig von der Oberflächenbeschaffenheit.

Dabei gilt:

- $\nu = 0,70$ für verzahnte Fugen;
- $\nu = 0,50$ für raue Fugen;
- $\nu = 0,20$ für glatte Fugen;
- $\nu = 0$ für sehr glatte Fugen (der Reibungsanteil $\mu \cdot \sigma_{Nd}$ in Gleichung (84) darf ausgenutzt werden; jedoch darf ν_{Rdj} den Wert $\nu_{Rdj,max}$ für glatte Fugen nicht überschreiten).



Legende

- a) Verzahnung
- b) Schubkraftdeckungsdiagramm zur Verteilung der erforderlichen Fugenbewehrung
- 1 1. Betonierabschnitt
- 2 2. Betonierabschnitt
- 3 Verankerung der Bewehrung
- 4 Fuge

Bild 35 — Fugenausbildung

(5) Ist die Verbindung zwischen den beiden Betonflächen durch Bewehrung sichergestellt, darf für den Traganteil der Bewehrung $\nu_{Rd,sy}$ die Summe der Traganteile der Einzelelemente der Bewehrung mit $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ angesetzt werden.

(6) Bei biegebeanspruchten Bauteilen darf eine abgestufte Verteilung entsprechend der Schubkraftlinie (siehe Bild 35 b)), bei Bauteilen mit Scheibenbeanspruchung eine konzentrierte Bewehrung an den Enden der Fuge ausgeführt werden. Die Verbundbewehrung der Fuge muss auf beiden Seiten der Kontaktfläche nach den Regeln dieser Norm verankert sein.

DIN 1045-1:2008-08

(7) Bei Scheiben mit Ringanker- und Pfostenbewehrung nach 13.12.3 (4) darf der Nachweis der Fugen unter Ansatz der Beiwerte c_j und μ nach Tabelle 13 geführt werden, jedoch sollte für v_{Rd} bei Scheiben kein größerer Wert als

— $(b \cdot 0,15 \text{ N/mm}^2)$ für raue und glatte Fugen

— $(b \cdot 0,10 \text{ N/mm}^2)$ für sehr glatte Fugen

angesetzt werden.

(8) Wenn an Fertigteilplatten mit Ortbetoneergänzung planmäßig und dauerhaft Lasten angehängt werden, sollte die Verbund sicherung im unmittelbaren Lasteinleitungsbereich nachgewiesen werden.

(9) Bei dynamischer oder Ermüdungsbeanspruchung darf der Adhäsionstraganteil des Betonverbundes nicht berücksichtigt werden ($c_j = 0$ in Tabelle 13).

(10) Für die Verbundbewehrung bei Ortbetoneergänzungen sollten die Konstruktionsregeln für die Querkraftbewehrung nach 13.2.3 eingehalten werden.

(11) Für Verbundbewehrung bei Ortbetoneergänzungen in Platten ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung dürfen nachfolgende Konstruktionsregeln angewendet werden.

Für die maximalen Abstände der Verbundbewehrung gilt

— in Spannrichtung: $2,5 h \leq 300 \text{ mm}$

— quer zur Spannrichtung: $5 h \leq 750 \text{ mm}$ ($\leq 375 \text{ mm}$ zum Rand).

Wird die Verbundbewehrung zugleich als Querkraftbewehrung eingesetzt, gelten die Konstruktionsregeln für Querkraftbewehrung nach 13.3.3. Für aufgebogene Längsstäbe mit angeschweißter Verankerung in Platten mit $h \leq 200 \text{ mm}$ darf jedoch als Abstand in Längsrichtung $(\cot \theta + \cot \alpha) z \leq 200 \text{ mm}$ gewählt werden.

Quer zur Spannrichtung beträgt in Bauteilen mit erforderlicher Querkraftbewehrung der maximale Abstand 400 mm für Deckendicken bis 400 mm. Für größere Deckendicken gilt 13.3.3 (4).

(12) Die Verbundbewehrung darf als Querkraftbewehrung nach 10.3.4 angerechnet werden, wenn sie alle dazu gehörigen Bewehrungs- und Konstruktionsregeln einhält. Wird die Verbundbewehrung nicht als Querkraftbewehrung verwendet, kann sie beidseitig der Fuge entsprechend Bild 35 a) einfach verankert werden.

(13) Bei überwiegend auf Biegung beanspruchten Bauteilen mit Fugen rechtwinklig zur Systemachse wirkt die Fuge wie ein Biegeriss. In diesem Fall sind die Fugen rau oder verzahnt auszuführen. Der Nachweis sollte deshalb entsprechend 10.3.3 und 10.3.4 geführt werden. Dabei sollte sowohl $V_{Rd,ct}$ nach Gleichung (70) als auch $V_{Rd,c}$ nach Gleichung (74) als auch $V_{Rd,max}$ nach Gleichung (76) bzw. Gleichung (78) im Verhältnis $c_j/0,50$ abgemindert werden. Bei Bauteilen mit Querkraftbewehrung ist die Abminderung mindestens bis zum Abstand von $l_e = 0,5 \cdot \cot \theta \cdot d$ beiderseits der Fuge vorzunehmen.

10.3.7 Unbewehrte Bauteile

(1) In unbewehrten Bauteilen darf die Betonzugfestigkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit für Querkraft berücksichtigt werden, sofern nachgewiesen werden kann, dass diese nicht infolge von Rissbildung ausfällt.

(2) Ein unbewehrtes Bauteil darf hierbei als ungerissen angesehen werden, wenn es im Grenzzustand der Tragfähigkeit für alle relevanten Bemessungssituationen vollständig unter Druckbeanspruchung steht oder die Hauptzugspannung im Beton die Größe von $1,0 \text{ N/mm}^2$ nicht überschreitet.

(3) Kann nicht von einem ungerissenen Bauteil ausgegangen werden, ist der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit V_{Rd} am ungerissenen Restquerschnitt zu berechnen. Dieser ist aus dem Spannungszustand des Querschnitts für die ungünstigste Bemessungssituation zu ermitteln.

(4) Die Querkrafttragfähigkeit von unbewehrten Bauteilen mit kombinierter Querkraft-, Biege- und Längskraftbeanspruchung darf unter den in 10.3.3 (2) genannten Voraussetzungen nach Gleichung (72) mit $\alpha_1 = 1$ ermittelt werden.

10.4 Torsion

10.4.1 Allgemeines

(1) Wenn das statische Gleichgewicht eines Tragwerks von der Torsionstragfähigkeit seiner einzelnen Bauteile abhängt, ist eine Torsionsbemessung erforderlich, die sowohl den Grenzzustand der Tragfähigkeit als auch den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit umfasst.

(2) *Wenn in statisch unbestimmten Tragwerken Torsion nur aus Einhaltung der Verträglichkeitsbedingungen auftritt, darf auf eine Berücksichtigung der Torsionssteifigkeit bei der Schnittgrößenermittlung verzichtet werden. Dabei ist eine konstruktive Bewehrung in Form von Bügeln und Längsbewehrung vorzusehen, um eine übermäßige Rissbildung zu vermeiden. Die Anforderungen nach 11.2 und 13.2.4 sind im Allgemeinen für diesen Zweck ausreichend.*

(3) Die Torsionstragfähigkeit eines Querschnitts kann unter Annahme eines dünnwandigen, geschlossenen Querschnitts nachgewiesen werden, in dem das Gleichgewicht durch einen geschlossenen Schubfluss erfüllt wird. Vollquerschnitte können hierzu durch gleichwertige dünnwandige Querschnitte ersetzt werden (siehe Bild 36 b)). Bei Hohlquerschnitten darf die Ersatzwanddicke die wirkliche Wanddicke nicht überschreiten. Querschnitte von komplexer Form, wie z. B. T-Querschnitte, können in Teilquerschnitte aufgeteilt werden. Die Gesamttorsionstragfähigkeit berechnet sich dann als Summe der Tragfähigkeiten der Einzelelemente.

(4) *Die Aufteilung des angreifenden Torsionsmomentes auf die einzelnen Querschnittsteile darf im Allgemeinen im Verhältnis der Steifigkeiten der ungerissenen Teilquerschnitte erfolgen.*

(5) *Die Bemessung darf für jeden Teilquerschnitt getrennt erfolgen.*

(6) Für einen näherungsweise rechteckigen Vollquerschnitt ist außer der Mindestbewehrung nach 13.2.3 (5) keine Querkraft- und Torsionsbewehrung erforderlich, wenn die folgenden Bedingungen eingehalten sind:

$$T_{Ed} \leq \frac{V_{Ed} \cdot b_w}{4,5} \quad (87)$$

$$V_{Ed} \left[1 + \frac{4,5 \cdot T_{Ed}}{V_{Ed} \cdot b_w} \right] \leq V_{Rd,ct} \quad (88)$$

10.4.2 Nachweisverfahren

(1) Die Schubkraft $V_{Ed,T}$ in einer Wand des Nachweisquerschnittes infolge eines Torsionsmomentes T_{Ed} ist mit Gleichung (89) zu ermitteln:

$$V_{Ed,T} = \frac{T_{Ed} \cdot z}{2 \cdot A_k} \quad (89)$$

Dabei ist

A_k die durch die Mittellinien der Wände eingeschlossene Fläche;

z die Höhe der Wand, definiert durch den Abstand der Schnittpunkte der Wandmittellinie mit den Mittellinien der angrenzenden Wände.

DIN 1045-1:2008-08

Die Mittellinien der Wände sind durch Achsen der Längsstäbe in den Ecken definiert (siehe Bild 36 b)).

(2) Die Bemessung der Torsionsbewehrung in einer Wand des Nachweisquerschnitts erfolgt auf der Grundlage eines Fachwerkmodells (siehe Bild 36 b)). Die Neigung der Druckstreben θ des Fachwerks ist nach 10.3.4 (3) zu begrenzen. Bei kombinierter Beanspruchung aus Torsion und anteiliger Querkraft ist in Gleichung (73) für V_{Ed} die Schubkraft der Wand $V_{Ed,T+V}$ nach Gleichung (90) und in Gleichung (74) für b_w die effektive Dicke der Wand t_{eff} einzusetzen. Mit dem gewählten Winkel θ ist der Nachweis sowohl für Querkraft als auch für Torsion zu führen. Die so ermittelten Bewehrungen sind zu addieren.

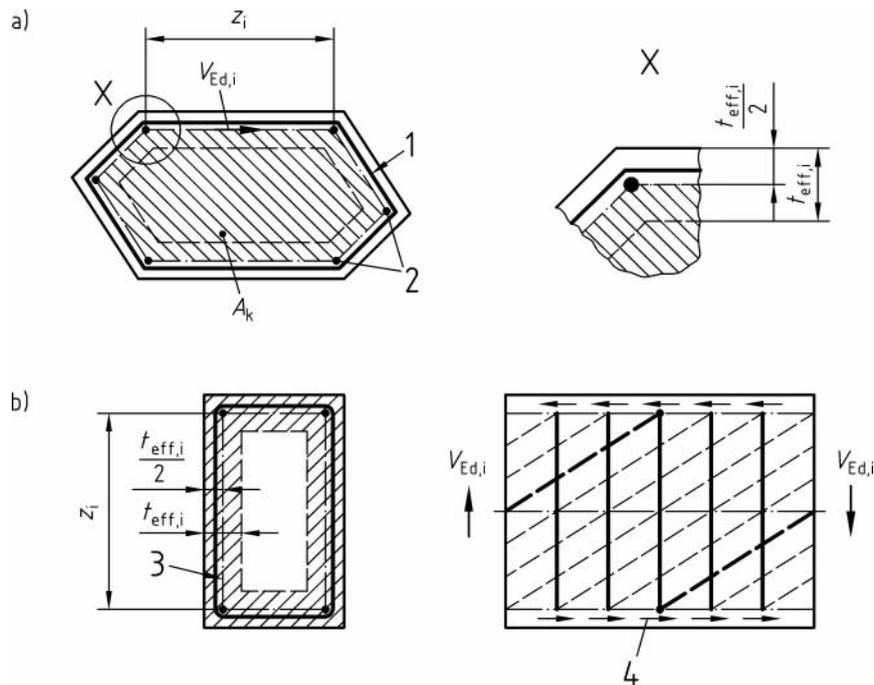
$$V_{Ed, T+V} = V_{Ed, T} + \frac{V_{Ed} \cdot t_{eff}}{b_w} \quad (90)$$

Dabei ist

V_{Ed} der Bemessungswert der einwirkenden Querkraft nach 10.3.2;

t_{eff} die effektive Dicke einer Wand; t_{eff} ist gleich dem doppelten Abstand von der Mittellinie zur Außenfläche, aber nicht größer als die vorhandene Wanddicke (siehe Bild 36).

Vereinfachend darf die Bewehrung für Torsion allein unter der Annahme von $\theta = 45^\circ$ ermittelt und zu der nach 10.3.4 ermittelten Querkraftbewehrung addiert werden.

**Legende**

- | | | | |
|---|------------|---|---------------------------|
| 1 | Bügel | 3 | Mittellinie der Wand i |
| 2 | Längsstäbe | 4 | Schubfluss $V_{Ed,i}/z_i$ |
- a) Benennungen bei der Torsion
b) Definition des Ersatzhohlkastens und Fachwerkmodell einer Ersatzwand

Bild 36 — Benennungen und Modellbildung bei Torsion

(3) Der Bemessungswert $T_{Rd, sy}$ des aufnehmbaren Torsionsmoments des Querschnitts oder eines jeden Teilquerschnitts ist nach den Gleichungen (91) und (92) zu ermitteln; der kleinste Wert der Wände i des Nachweisquerschnitts ist maßgebend:

$$T_{Rd, sy} = \frac{A_{sw}}{s_w} \cdot f_{yd} \cdot 2 A_k \cdot \cot \theta \quad (91)$$

bzw.

$$T_{Rd, sy} = \frac{A_{sl}}{u_k} \cdot f_{yd} \cdot 2 A_k \cdot \tan \theta \quad (92)$$

Dabei ist

A_{sw} die Querschnittsfläche der Torsionsbewehrung rechtwinklig zur Bauteilachse;

s_w der Abstand der Torsionsbewehrung in Richtung der Bauteilachse gemessen;

A_{sl} die Querschnittsfläche der Torsionslängsbewehrung;

u_k der Umfang der Fläche A_k .

In Druckgurten darf die Torsionslängsbewehrung entsprechend den vorhandenen Druckkräften abgemindert werden. In Zuggurten ist sie zur übrigen Längsbewehrung zu addieren.

(4) Der Bemessungswert des maximal aufnehmbaren Torsionsmoments des Querschnitts oder eines jeden Teilquerschnitts bei Torsion allein ist mit Gleichung (93) zu ermitteln; der kleinste Wert der Wände i des Nachweisquerschnitts ist maßgebend:

$$T_{Rd, max} = \frac{\alpha_{c, red} \cdot f_{cd} \cdot 2 A_k \cdot t_{eff}}{\cot \theta + \tan \theta} \quad (93)$$

mit

$\alpha_{c, red} = 0,7 \alpha_c$ allgemein (mit α_c nach 10.3.4 (6));

$\alpha_{c, red} = \alpha_c$ bei Kastenquerschnitten mit Bewehrung an den Innen- und Außenseiten der Wände.

(5) Die maximale Tragfähigkeit wird durch die Druckstreben­tragfähigkeit begrenzt, diese kann bei kombinierter Beanspruchung aus Querkraft und Torsion als gegeben angesehen werden, wenn für den Querschnitt oder jeden Teilquerschnitt die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

— für Kompaktquerschnitte:

$$\left[\frac{T_{Ed}}{T_{Rd, max}} \right]^2 + \left[\frac{V_{Ed}}{V_{Rd, max}} \right]^2 \leq 1 \quad (94)$$

DIN 1045-1:2008-08

— für Kastenquerschnitte:

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} \leq 1 \quad (95)$$

Dabei ist $V_{Rd,max}$ der Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft nach 10.3.4.

10.4.3 Wölbkrafttorsion

(1) Spannungen aus behinderter Querschnittsverwölbung dürfen im Allgemeinen im Grenzzustand der Tragfähigkeit vernachlässigt werden.

(2) Bei geschlossenen dünnwandigen Querschnitten und bei Vollquerschnitten dürfen Wölbspannungen im Allgemeinen generell vernachlässigt werden.

10.4.4 Unbewehrte Bauteile

(1) Für Torsion und kombinierte Beanspruchung aus Torsion und Querkraft gilt 10.3.7 analog.

(2) Bei einem gerissenen Bauteil darf nicht ohne weiteres vorausgesetzt werden, dass es Torsionsmomente aufnimmt, sofern nicht eine ausreichende Tragfähigkeit hierfür nachgewiesen werden kann.

10.5 Durchstanzen**10.5.1 Allgemeines**

(1) Die Grundsätze und Regeln dieses Abschnitts ergänzen die Regeln in 10.3. Sie betreffen das Durchstanzen von Platten mit Biegebewehrung nach 10.2; sie gelten auch für das Durchstanzen von Fundamenten und von Rippendecken mit einem Vollquerschnitt im Bereich der Lasteinleitungsfläche, sofern der Vollquerschnitt mindestens um das Maß $1,5 d$ über den kritischen Rundschnitt hinausreicht.

(2) Durchstanzen kann aus konzentrierten Lasten oder Auflagerreaktionen herrühren, die auf einer relativ kleinen Fläche wirken. Letztere wird als Lasteinleitungsfläche A_{load} bezeichnet.

(3) Ein geeignetes Bemessungsmodell für den Nachweis gegen Durchstanzen im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist in Bild 37 angegeben. Die kritische Fläche A_{crit} ist dabei parallel zur Lasteinleitungsfläche A_{load} anzunehmen.

(4) Der Nachweis der Tragfähigkeit ist längs festgelegter Nachweisschnitte zu führen. Außerhalb des Bereichs der Nachweisschnitte muss das Bauteil die Anforderungen nach 10.3 erfüllen.

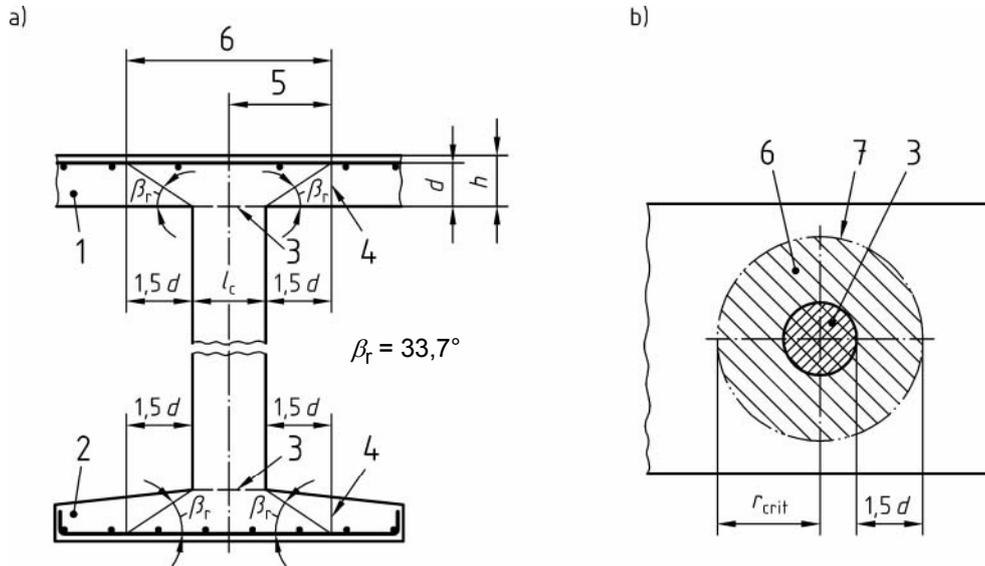
10.5.2 Lasteinleitung und Nachweisschnitte

(1) Die Festlegungen dieses Abschnitts sind auf die folgenden Arten von Lasteinleitungsflächen A_{load} anwendbar:

- kreisförmige Flächen mit einem Durchmesser bis $3,5 d$ (d ist dabei die mittlere statische Nutzhöhe des nachzuweisenden Bauteils),
- rechteckige Flächen mit einem Umfang nicht größer als $11 d$ und einem Verhältnis von Länge a zu Breite b der Fläche von maximal 2,0,
- Flächen mit beliebiger Form, die sinngemäß wie die oben erwähnten Formen begrenzt sind.

Die Rundschnitte benachbarter Lasteinleitungsflächen nach den Absätzen (3) und (5) dürfen sich dabei nicht überschneiden.

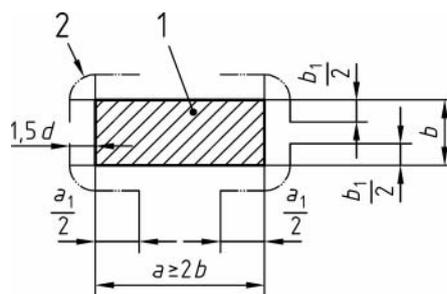
(2) Wenn die Bedingungen nach Absatz (1) bei Auflagerung auf Wänden oder Stützen nicht erfüllt werden, weil sich in diesem Fall die Querkräfte auf die Ecken der Auflagerflächen konzentrieren, sind Rundschnitte nach Bild 38 anzusetzen, sofern kein genauere Nachweis geführt wird.



Legende

- a) Querschnitt
- b) Plattendraufsicht
- 1 Platte
- 2 Fundamentplatte
- 3 Lasteinleitungsfläche A_{load}
- 4 kritischer Rundschnitt
- 5 kritischer Radius
- 6 kritische Fläche A_{crit}
- 7 Umfang des kritischen Rundschnitts u_{crit}

Bild 37 — Bemessungsmodell für den Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen



Legende

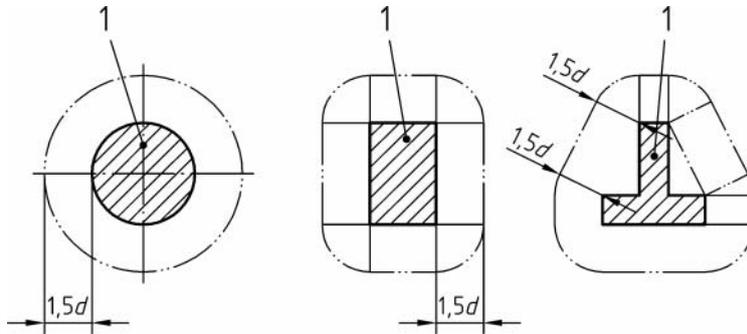
- 1 Lasteinleitungsfläche A_{load}
- 2 maßgebende Abschnitte des kritischen Rundschnitts

$$a_1 \leq \begin{cases} a \\ 2b \\ 5,6d - b_1 \end{cases} \quad b_1 \leq \begin{cases} b \\ 2,8d \end{cases}$$

Bild 38 — Maßgebende Abschnitte für den kritischen Rundschnitt bei ausgedehnten Auflagerflächen

DIN 1045-1:2008-08

(3) Der kritische Rundschnitt für runde oder rechteckige Lasteinleitungsflächen, die sich nicht in der Nähe von freien Rändern befinden, umgibt die Lasteinleitungsfläche in einem Abstand von $1,5 d$ (siehe Bild 39).

**Legende**

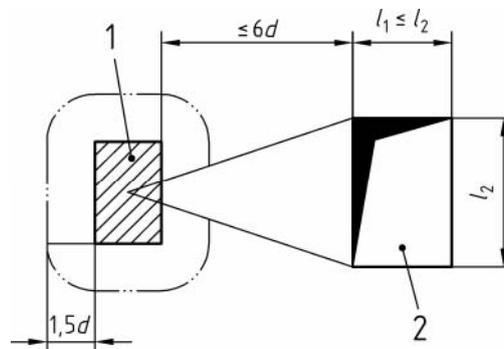
1 Lasteinleitungsfläche A_{load}

Bild 39 — Kritischer Rundschnitt um Lasteinleitungsflächen, die sich nicht in der Nähe eines freien Randes befinden

(4) Die kritische Fläche A_{crit} ist die Fläche innerhalb des kritischen Rundschnitts.

(5) Weitere Rundschnitte innerhalb und außerhalb der kritischen Fläche sind affin zum kritischen Rundschnitt anzunehmen.

(6) Für Lasteinleitungsflächen, deren Rand nicht mehr als $6 d$ von Öffnungen entfernt ist, ist ein der Öffnung zugewandter Teil des maßgebenden Rundschnitts als unwirksam zu betrachten. Dieser Umfangabschnitt wird durch den Abstand der Schnittpunkte der Verbindungslinien mit dem betrachteten Rundschnitt nach Bild 40 beschrieben.

**Legende**

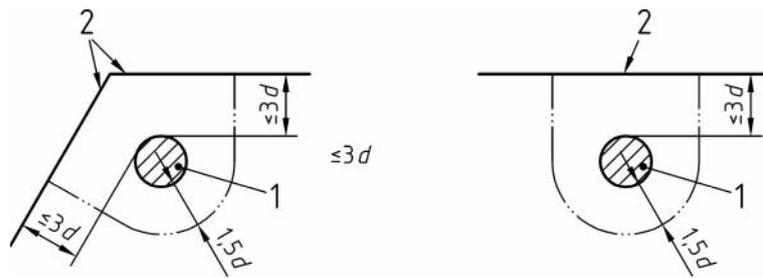
1 Lasteinleitungsfläche A_{load}

2 Öffnung

Wenn $l_1 > l_2$, dann ist l_2 zu ersetzen durch $\sqrt{l_1 \cdot l_2}$.

Bild 40 — Kritischer Rundschnitt in der Nähe von Öffnungen

(7) Bei Lasteinleitungsflächen, die sich in der Nähe eines freien Randes oder einer freien Ecke befinden, ist der kritische Rundschnitt nach Bild 41 anzunehmen, sofern dieser einen Umfang ergibt (freier Rand ausgeschlossen), der kleiner als derjenige nach den Absätzen (3) und (6) ist.

**Legende**

- 1 Lasteinleitungsfläche A_{load}
 2 freier Rand

Bild 41 — Kritischer Rundschnitt nahe freien Rändern

(8) Bei Lasteinleitungsflächen im Bereich eines freien Randes mit einem Randabstand von mehr als $3d$ zum freien Plattenrand, darf die aufnehmbare Querkraft mit einem kritischen Rundschnitt nach Bild 39 bestimmt werden.

(9) Bei Lasteinleitungsflächen, die sich nahe oder an einem freien Rand oder einer Ecke befinden, d. h. mit einem Randabstand kleiner als d , ist stets eine besondere Randbewehrung nach 13.3.2 (10) mit einem Abstand der Steckbügel $s_w \leq 100$ mm längs des freien Randes erforderlich.

(10) Bei Stützen mit schräger Stützenkopfverstärkung mit $l_H \leq 1,5 h_H$ (siehe Bild 42) ist nur im kritischen Rundschnitt außerhalb der Stützenkopfverstärkung ein Nachweis erforderlich. Der Abstand r_{crit} dieses Schnittes vom Schwerpunkt der Lasteinleitungsfläche darf nach Gleichung (96) ermittelt werden:

$$r_{\text{crit}} = 1,5 d + l_H + 0,5 l_c \quad (96)$$

Dabei ist

l_H der Abstand des Stützenrands vom Rand der Stützenkopfverstärkung;

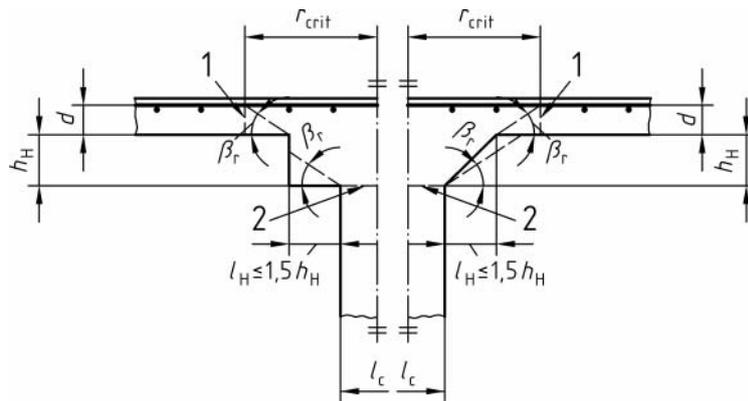
l_c der Durchmesser einer Lastezugsfläche mit Kreisquerschnitt.

Bei Rechteckstützen mit einer rechteckigen Stützenkopfverstärkung mit $l_H \leq 1,5 h_H$ (siehe Bild 42) und den Gesamtabmessungen b_c und h_c im Grundriss (mit $b_c \leq h_c$) ist r_{crit} als der jeweils kleinere der folgenden Werte anzunehmen:

$$r_{\text{crit}} = \begin{cases} 1,5d + 0,56 \sqrt{b_c \cdot h_c} \\ 1,5d + 0,64 b_c \end{cases} \quad (97)$$

Bei Stützen mit abgestufter Stützenkopfverstärkung mit $l_H \leq 1,5 h_H$ ist die gesamte Fläche der Stützenkopfverstärkung als Lasteinleitungsfläche anzunehmen.

DIN 1045-1:2008-08

**Legende**

- 1 kritischer Rundschnitt
2 Lasteinleitungsfläche A_{load}

Bild 42 — Platte mit einer Stützenkopfverstärkung mit $l_H \leq 1,5 h_H$

(11) Bei Platten mit einer Stützenkopfverstärkung mit $l_H > 1,5 h_H$ (siehe Bild 43) sind neben dem kritischen Rundschnitt außerhalb der Stützenkopfverstärkung auch kritische Rundschnitte im Bereich der Stützenkopfverstärkung nachzuweisen.

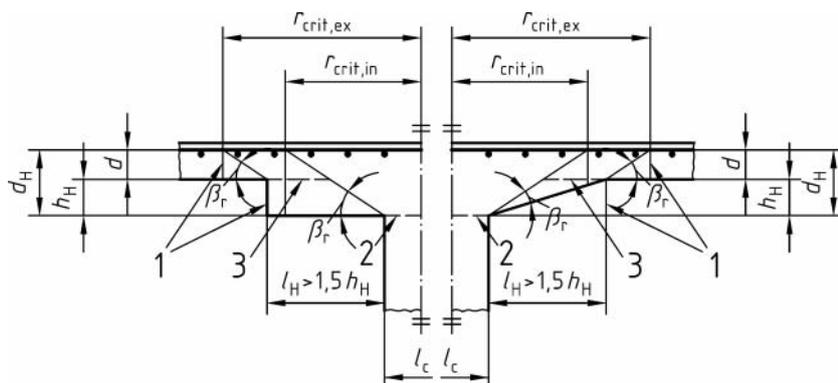
(12) Die Abstände vom Mittelpunkt der Lasteinleitungsfläche zu den kritischen Rundschnitten nach Bild 43 dürfen wie folgt angenommen werden:

$$r_{crit,ex} = 1,5 d + l_H + 0,5 l_c \quad (98)$$

$$r_{crit,in} = 1,5 (d + h_H) + 0,5 l_c \quad (99)$$

(13) Die Festlegungen in 10.5.3 sind auch für Nachweise innerhalb der Stützenkopfverstärkung anwendbar, wobei d mit d_H nach Bild 43 anzunehmen ist.

(14) Bei Fundamenten und Bodenplatten ist es auch zulässig, den kritischen Nachweisschnitt im Abstand von $1,0 d$ vom Stützenanschnitt zu führen. Die Bemessungswerte des Durchstanzwiderstandes nach 10.5.3 dürfen in diesem Rundschnitt entsprechend angepasst werden.

**Legende**

- 1 kritischer Rundschnitt
2 Lasteinleitungsfläche $A_{load,in}$
3 Lasteinleitungsfläche $A_{load,ex}$

Bild 43 — Platte mit Stützenkopfverstärkung mit $l_H > 1,5 h_H$

10.5.3 Nachweisverfahren

(1) Das Bemessungsverfahren für Durchstanzen basiert auf einem räumlichen Fachwerkmodell. Dieses Fachwerkmodell wird durch die folgenden Bemessungswerte der Querkrafttragfähigkeit je Längeneinheit beschrieben, wobei die Nachweisschnitte nach Bild 45 affin zum kritischen Rundschnitt verlaufen:

- $v_{Rd,ct}$ Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit längs des kritischen Rundschnitts einer Platte ohne Durchstanzbewehrung.
- $v_{Rd,ct,a}$ Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit längs des äußeren Rundschnitts außerhalb des durchstanzbewehrten Bereichs. Dieser Bemessungswert beschreibt den Übergang vom Durchstanzwiderstand ohne Querkraftbewehrung $v_{Rd,ct}$ zum Querkraftwiderstand nach 10.3.3 in Abhängigkeit von der Breite l_w des durchstanzbewehrten Bereiches (siehe Bild 45).
- $v_{Rd,sy}$ Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit mit Durchstanzbewehrung längs innerer Nachweisschnitte.
- $v_{Rd,max}$ Bemessungswert der maximalen Querkrafttragfähigkeit längs des kritischen Rundschnitts.

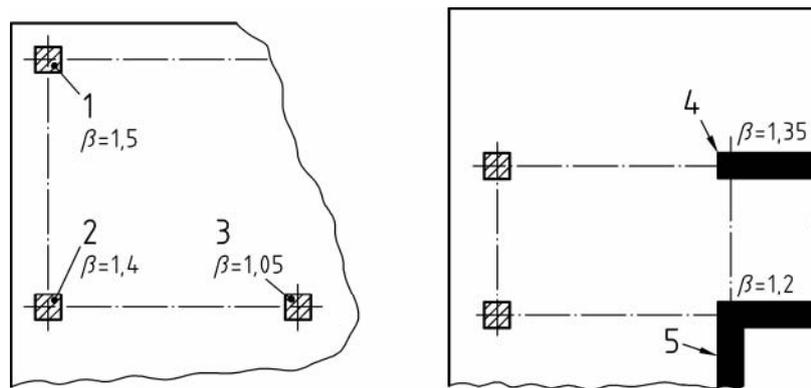
(2) Die aufzunehmende Querkraft im betrachteten Nachweisschnitt je Längeneinheit beträgt:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u} \quad (100)$$

Dabei ist

- V_{Ed} der Bemessungswert der gesamten aufzunehmenden Querkraft;
- u der Umfang des betrachteten Rundschnitts nach Bild 45;
- β der Beiwert zur Berücksichtigung der nichtrotationssymmetrischen Querkraftverteilung im Rundschnitt bei Rand- und Eckstützen sowie bei Innenstützen in unregelmäßigen Systemen. Für unverschiebliche Systeme bei einem Stützweitenverhältnis benachbarter Felder im Bereich von $0,8 < l_{eff,1} / l_{eff,2} < 1,25$ dürfen die Werte nach Bild 44 angenommen werden, sofern kein genauere Nachweis, z. B. über Sektor-Lasteinzugsflächen oder unter Berücksichtigung von Biegemomenten, geführt wird (siehe DAfStb-Heft 525). Für verschiebliche Systeme sind im Allgemeinen genauere Untersuchungen erforderlich.

DIN 1045-1:2008-08



Legende

- | | | | |
|---|-------------|---|-----------|
| 1 | Eckstütze | 4 | Wandende |
| 2 | Randstütze | 5 | Wanddecke |
| 3 | Innenstütze | | |

Bild 44 — Näherungswerte für den Beiwert β

(3) Ein Reduzieren der einwirkenden Querkraft aus auflagenahen Einzellasten nach 10.3.2 ist nicht zulässig.

(4) Bei Fundamentplatten darf die Querkraft V_{Ed} um die günstige Wirkung des Sohldrucks in der kritischen Fläche nach Bild 37 abgemindert werden. Dabei dürfen für die Ermittlung der resultierenden Bodenreaktionskraft jedoch höchstens 50 % der kritischen Fläche A_{crit} nach 10.5.2 (4) bzw. 100 % der Fläche unter dem reduzierten Nachweisschnitt bei $1,0 d$ nach 10.5.2 (14) in Ansatz gebracht werden.

(5) Die Querkraftkomponente V_{pd} der Spanngliedkraft von geneigten Spanngliedern, die parallel zu V_{Ed} wirkt und innerhalb der betrachteten Rundschnitte liegt, darf nach 10.3.2 berücksichtigt werden.

(6) Bei Platten ohne Durchstanzbewehrung ist nachzuweisen, dass längs des kritischen Rundschnitts nach 10.5.2 gilt:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,ct} \quad (101)$$

(7) Bei Platten mit Durchstanzbewehrung sind folgende Nachweise zu führen:

a) Die aufzunehmende Querkraft v_{Ed} nach Gleichung (100) längs des kritischen Rundschnitts darf den Bemessungswert der maximalen Querkrafttragfähigkeit nicht überschreiten:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max} \quad (102)$$

b) In jedem inneren Rundschnitt nach Bild 45 ist nachzuweisen:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,sy} \quad (103)$$

c) Zur Vermeidung eines Versagens außerhalb des durchstanzbewehrten Bereiches ist längs des äußeren Rundschnitts nachzuweisen:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,ct,a} \quad (104)$$

10.5.4 Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung

(1) Die Querkrafttragfähigkeit $v_{Rd,ct}$ längs des kritischen Rundschnitts nach 10.5.2 ist nach Gleichung (105) zu ermitteln:

$$v_{Rd,ct} = \left[\frac{0,21}{\gamma_c} \cdot \eta_1 \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} - 0,12 \sigma_{cd} \right] \cdot d \quad (105)$$

mit

$$\kappa = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad (106)$$

Dabei ist

η_1 = 1,0 für Normalbeton; für Leichtbeton nach Tabelle 10;

d die mittlere Nutzhöhe in mm $d = (d_x + d_y)/2$;

d_x, d_y die Nutzhöhe der Platte in x- bzw. y-Richtung im betrachteten Rundschnitt;

ρ_l der mittlere Längsbewehrungsgrad innerhalb des betrachteten Rundschnitts mit

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}} \begin{cases} \leq 0,50 f_{cd} / f_{yd} \\ \leq 0,02 \end{cases}$$

ρ_x, ρ_y der Bewehrungsgrad, bezogen jeweils auf die Zugbewehrung in x- bzw. y-Richtung, die innerhalb des betrachteten Rundschnitts im Verbund liegt und außerhalb des betrachteten Rundschnittes verankert ist. Bei Eck- und Randstützen siehe 10.5.2 (9);

σ_{cd} der Bemessungswert der Betonnormalspannung innerhalb des betrachteten Rundschnitts mit

$$\sigma_{cd} = (\sigma_{cd,x} + \sigma_{cd,y}) / 2 \text{ in N/mm}^2$$

$$\sigma_{cd,x} = N_{Ed,x} / A_{c,x} \text{ und } \sigma_{cd,y} = N_{Ed,y} / A_{c,y}$$

$\sigma_{cd,x}, \sigma_{cd,y}$ die Bemessungswerte der Betonnormalspannung innerhalb des betrachteten Rundschnitts in x- bzw. y-Richtung;

$N_{Ed,x}, N_{Ed,y}$ die Bemessungswerte der mittleren Längskräfte in den Querschnitten $A_{c,x}$ und $A_{c,y}$ durch den kritischen Rundschnitt infolge Vorspannung oder sonstiger Einwirkungen ($N_{Ed} < 0$ als Längsdruckkraft).

(2) Wird bei Fundamenten oder Bodenplatten die Nachweisschnittlänge nach 10.5.2 (14) reduziert, darf der Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung nach Gleichung (105) im Nachweisschnitt $1,0 d$ mit einem Faktor k erhöht werden:

$$V_{Rd,ct,r} = 1,0d = k \cdot V_{Rd,ct,r} = 1,5d \cdot$$

DIN 1045-1:2008-08

Der Faktor k entspricht dabei dem Verhältnis der Nachweisschnittumfänge:

$$k = \left(u_{\text{crit},r = 1,5d} / u_{\text{crit},r = 1,0d} \right) \geq 1,2.$$

10.5.5 Platten oder Fundamente mit Durchstanzbewehrung

(1) Die maximale Querkrafttragfähigkeit $v_{\text{Rd,max}}$ für Platten mit Durchstanzbewehrung im kritischen Rundschnitt ist mit Gleichung (107) zu ermitteln:

$$v_{\text{Rd,max}} = 1,5 v_{\text{Rd,ct}} \quad (107)$$

(2) Bei Durchstanzbewehrung rechtwinklig zur Plattenebene ist die erforderliche Bewehrung für die jeweils betrachtete Bewehrungsreihe nach Bild 45 aus Gleichung (108) und Gleichung (109) zu ermitteln und auf dem betrachteten Umfang gleichmäßig verteilt anzuordnen (siehe 13.3.3).

a) für die erste Bewehrungsreihe im Abstand $0,5 d$ vom Stützenrand gilt:

$$v_{\text{Rd, sy}} = v_{\text{Rd, c}} + \frac{\kappa_s \cdot A_{\text{sw}} \cdot f_{\text{yd}}}{u} \quad (108)$$

b) für die weiteren Bewehrungsreihen im Abstand $s_w \leq 0,75 d$ untereinander gilt:

$$v_{\text{Rd, sy}} = v_{\text{Rd, c}} + \frac{\kappa_s \cdot A_{\text{sw}} \cdot f_{\text{yd}} \cdot d}{u \cdot s_w} \quad (109)$$

Dabei ist

$v_{\text{Rd,c}}$ der Betontraganteil; es darf $v_{\text{Rd,c}} = v_{\text{Rd,ct}}$ nach Gleichung (105) angenommen werden (ohne Erhöhung auf $v_{\text{Rd,ct},r=1,0d}$ bei reduzierter Nachweisschnittlänge nach 10.5.4 (2));

$\kappa_s \cdot A_{\text{sw}} \cdot f_{\text{yd}}$ die Bemessungskraft der Durchstanzbewehrung in Richtung der aufzunehmenden Querkraft für jede Reihe der Bewehrung;

u der Umfang des Nachweisschnittes;

s_w die wirksame Breite einer Bewehrungsreihe nach Bild 45, mit: $s_w \leq 0,75 d$;

κ_s der Beiwert zur Berücksichtigung des Einflusses der Bauteilhöhe auf die Wirksamkeit der Bewehrung mit

$$\kappa_s = 0,7 + 0,3 \frac{d - 400}{400} \begin{cases} \geq 0,7 \\ \leq 1,0 \end{cases} \quad \text{mit } d \text{ in mm} \quad (110)$$

(3) Werden Schrägstäbe als Durchstanzbewehrung eingesetzt, müssen diese eine Neigung von $45^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ gegen die Plattenebene aufweisen. Werden ausschließlich Schrägstäbe eingesetzt, so dürfen diese nur im Bereich von $1,5 d$ (mit der statischen Nutzhöhe d der Platte oder des Fundaments) um die Stütze angeordnet werden (siehe Bild 72).

Die erforderliche Bewehrung ist in einem Schnitt im Abstand $0,5 d$ vom Stützenrand nach Gleichung (111) nachzuweisen.

$$v_{Rd, sy} = v_{Rd, c} + \frac{1,3 \cdot A_s \cdot \sin \alpha \cdot f_{yd}}{u} \quad (111)$$

Dabei ist

$1,3 A_s \cdot \sin \alpha \cdot f_{yd}$ die Bemessungskraft der Durchstanzbewehrung in Richtung der aufzunehmenden Querkraft;

α der Winkel der geneigten Durchstanzbewehrung gegen die Plattenebene (siehe Bild 45).

(4) Der äußere Rundschnitt liegt im Abstand $1,5 d$ von der letzten Bewehrungsreihe (siehe Bild 45). Die Querkrafttragfähigkeit längs des äußeren Rundschnitts ist wie folgt zu ermitteln:

$$v_{Rd, ct, a} = \kappa_a \cdot v_{Rd, ct} \quad (112)$$

Dabei ist

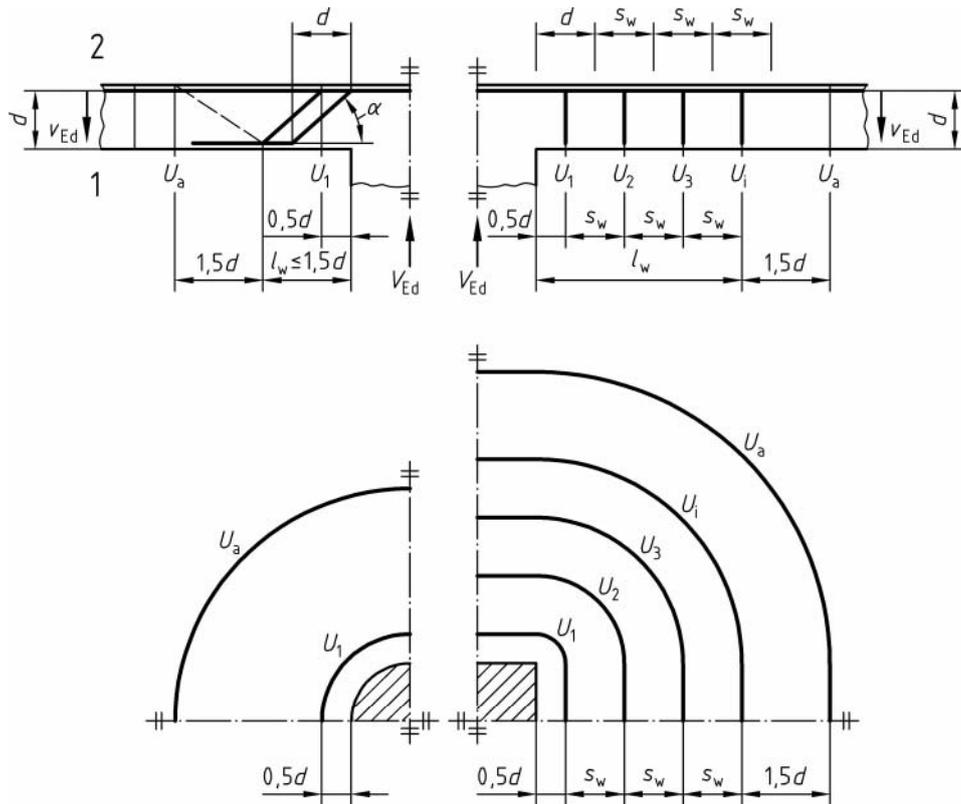
$v_{Rd, ct}$ die Tragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung nach Gleichung (105) unter Berücksichtigung des Längsbewehrungsgrades ρ_l im äußeren Rundschnitt;

κ_a der Beiwert zur Berücksichtigung des Übergangs zum Plattenbereich mit der Tragfähigkeit nach 10.3.3 mit

$$\kappa_a = 1 - 0,29 l_w / 3,5 d \geq 0,71 \quad (113)$$

l_w die Breite des Bereiches mit Durchstanzbewehrung außerhalb der Lasteinleitungsfläche (siehe Bild 45).

DIN 1045-1:2008-08



Legende

- 1 Nachweisschnitt
2 wirksame Breite einer Bügelreihe s_w

Bild 45 — Nachweisschnitte der Durchstanzbewehrung

(5) Anforderungen an die bauliche Durchbildung der Durchstanzbewehrung sind in 13.3.3 angegeben; die erforderliche Durchstanzbewehrung der inneren Rundschnitte darf folgenden Wert nicht unterschreiten:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s_w \cdot u} \geq \min \rho_w \quad (114)$$

bzw.

$$\rho_w = \frac{A_s \cdot \sin \alpha}{s_w \cdot u} \geq \min \rho_w \quad \text{bei geeigneter Durchstanzbewehrung mit } s_w = d$$

und mit $\min \rho_w$ nach 13.2.3 (5).

(6) Wird bei Fundamenten oder Bodenplatten die Nachweisschnittlänge nach 10.5.2 (14) reduziert, darf die maximale Querkrafttragfähigkeit nach Gleichung (107) im Nachweisschnitt $1,0 d$ mit dem erhöhten Durchstanzwiderstand $V_{Rd,ct,r} = 1,0d$ nach 10.5.4 (2) ermittelt werden: $V_{Rd,max} = 1,5 \cdot V_{Rd,ct,r} = 1,0d$.

Die erste Bewehrungsreihe sollte dann im Nachweisschnitt u_1 im Abstand $0,3 d$ vom Stützenanschnitt angeordnet werden.

10.5.6 Mindestmomente

(1) Um die Querkrafttragfähigkeit sicherzustellen, sind die Platten im Bereich der Stützen für Mindestmomente m_{Ed} zu bemessen, sofern die Schnittgrößenermittlung nicht zu höheren Werten führt.

(2) Wenn andere Festlegungen fehlen, sollten folgende Mindestmomente je Längeneinheit angesetzt werden:

$$m_{Ed,x} = \eta_x \cdot V_{Ed} \quad \text{und} \quad m_{Ed,y} = \eta_y \cdot V_{Ed} \quad (115)$$

Dabei ist

V_{Ed} die aufzunehmende Querkraft;

η_x, η_y der Momentenbeiwert nach Tabelle 14 für die x- bzw. y-Richtung (siehe Bild 46).

Diese Mindestmomente sollten jeweils in einem Bereich mit der in Tabelle 14 angegebenen Breite angesetzt werden (siehe Bild 46).

Tabelle 14 — Momentenbeiwerte η und Verteilungsbreiten der Momente

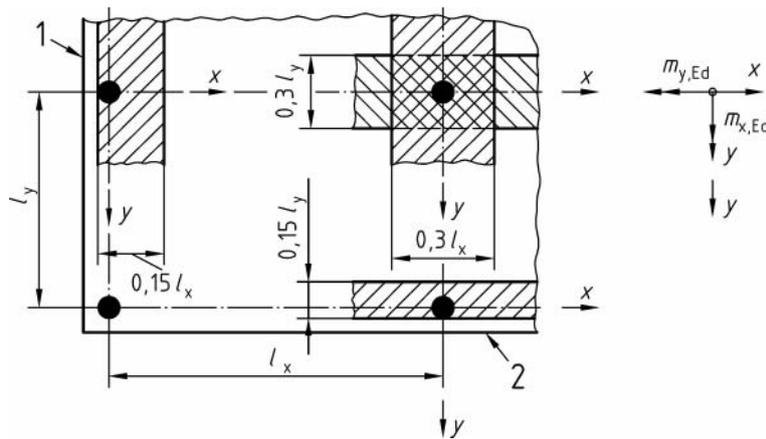
Zeile	Spalte	η_x		Anzu- setzende Breite ^b	η_y		Anzu- setzende Breite ^b
		Zug an der Platten- oberseite	Zug an der Platten- unterseite		Zug an der Platten- oberseite	Zug an der Platten- unterseite	
1	Innenstütze	0,125	0	$0,3 l_y$	0,125	0	$0,3 l_x$
2	Randstütze, Rand „x“ ^a	0,25	0	$0,15 l_y$	0,125	0,125	(je m Platten- breite)
3	Randstütze, Rand „y“ ^a	0,125	0,125	(je m Platten- breite)	0,25	0	$0,15 l_x$
4	Eckstütze	0,5	0,5	(je m Platten- breite)	0,5	0,5	(je m Platten- breite)

^a Definition der Ränder und der Stützenabstände l_x und l_y siehe Bild 46.

^b Siehe Bild 46.

^c Die Plattenoberseite bezeichnet die der Lasteinleitungsfläche gegenüberliegende Seite der Platte; die Plattenunterseite diejenige Seite, auf der die Lasteinleitungsfläche liegt.

DIN 1045-1:2008-08

**Legende**

- 1 Rand „y“
2 Rand „x“

Bild 46 — Bereiche für den Ansatz der Mindestbiegemomente $m_{Ed,x}$ und $m_{Ed,y}$

10.6 Stabwerkmodelle**10.6.1 Allgemeines**

(1) Ein Stabwerkmodell besteht aus Betondruckstreben, aus Zugstreben, und den verbindenden Knoten. Die Kräfte in diesen Elementen des Stabwerkmodells sind unter Einhaltung des Gleichgewichts für die Einwirkungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit zu ermitteln, und die Elemente sind dafür nach den in 10.6.2 und 10.6.3 angegebenen Regeln zu bemessen.

(2) Die Zugstreben des Stabwerkmodells müssen nach Lage und Richtung mit der zugehörigen Bewehrung übereinstimmen.

(3) *Um die Verträglichkeit näherungsweise sicherzustellen, sollte das Stabwerkmodell, insbesondere die Lage und Richtung wichtiger Druckstreben, an der Spannungsverteilung nach der linearen Elastizitätstheorie orientiert sein.*

(4) *Stabwerkmodelle dürfen kinematisch sein, wenn Geometrie und Belastung aufeinander abgestimmt sind.*

(5) *Bei der Stabkraftermittlung für statisch unbestimmte Stabwerkmodelle dürfen die unterschiedlichen Dehnsteifigkeiten der Druck- und Zugstreben näherungsweise berücksichtigt werden. Vereinfachend dürfen einzelne statisch unbestimmte Stabkräfte in Anlehnung an die Kräfte aus einer linear elastischen Berechnung des Tragwerks gewählt werden.*

(6) *Die Ergebnisse aus mehreren Stabwerkmodellen dürfen im Allgemeinen nicht überlagert werden. Dies ist im Ausnahmefall möglich, wenn die Stabwerkmodelle für jede Einwirkung im Wesentlichen übereinstimmen.*

10.6.2 Bemessung der Zug- und Druckstreben

(1) Die Druckstreben des Stabwerkmodells sind für Druck und für Querkzug (siehe Bild 47), bei ebenen Stabwerkmodellen auch für Querkzug senkrecht zur Ebene des Stabwerkmodells, zu bemessen. Die Querkzugkraft im Druckfeld infolge einer Einschnürung an einem Knoten kann mit Hilfe eines örtlichen Stabwerkmodells ermittelt werden.

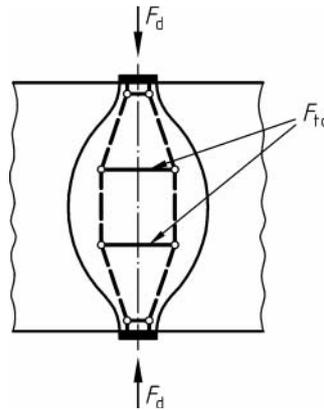


Bild 47 — Querzugkräfte in einem Druckfeld mit Einschnürung zu konzentrierten Knoten an beiden Enden

(2) Der Bemessungswert der Druckstrebenfestigkeit ist wie folgt begrenzt:

- a) $\sigma_{Rd,max} = 1,0 \cdot \eta_1 \cdot f_{cd}$ für ungerissene Betondruckzonen
 b) $\sigma_{Rd,max} = 0,75 \cdot \eta_1 \cdot f_{cd}$ für Druckstreben parallel zu Rissen

mit $\eta_1 = 1,0$ für Normalbeton; für Leichtbeton nach Tabelle 10.

Bei Druckstreben mit kreuzenden Rissen können kleinere Werte erforderlich sein (siehe DAfStb-Heft 525).

(3) Der Bemessungswert der Stahlspannung der Bewehrung der Zugstreben und der Bewehrung zur Aufnahme der Querzugkräfte in Druckstreben ist bei Betonstahl auf f_{yd} , bei Spannstahl auf $0,9 \cdot f_{p0,1k} / \gamma_s$ zu begrenzen.

(4) Die Bewehrung ist bis in die konzentrierten Knoten ungeschwächt durchzuführen. Sie darf in verschmierten Knoten, die sich im Tragwerk über eine größere Länge erstrecken, innerhalb des Knotenbereichs gestaffelt enden. Dabei muss sie alle durch die Bewehrung umzulenkenden Druckwirkungen erfassen.

(5) Die Verankerungslänge der Bewehrung in Druck-Zug-Knoten beginnt am Knotenanfang, wo erste Druckspannungen aus den Druckstreben auf die verankerte Bewehrung treffen und von ihr umgelenkt werden (siehe Bild 49).

(6) In Bauteilbereichen mit parallelem Druck- und Zuggurt ist die Höhe des Druckspannungsfeldes oder die Höhe des Spannungsblocks im Hinblick auf die Verträglichkeit zu begrenzen. So sollten diese Abmessungen nicht größer gewählt werden, als sie sich bei Annahme einer linearen Dehnungsverteilung ergeben.

(7) Für Druckstreben, deren Druckfelder sich zu konzentrierten Knoten hin stark einschnüren, erübrigen sich Nachweise der Druckspannungen, wenn die angrenzenden Knoten nach 10.6.3 nachgewiesen werden.

10.6.3 Bemessung der Knoten¹¹⁾

(1) Die Regeln dieses Abschnitts gelten auch für die Bereiche konzentrierter Krafteinleitungen in Tragwerken, die in den übrigen Bereichen nicht mit Stabwerkmodellen berechnet werden.

11) Weitere Angaben zu den Knoten siehe DAfStb-Heft 525.

DIN 1045-1:2008-08

(2) In konzentrierten Knoten sind die Bemessungsdruckspannungen ohne genaueren Nachweis zu begrenzen auf:

- a) $\sigma_{Rd,max} = 1,1 \eta_1 \cdot f_{cd}$ in Druckknoten (ohne Verankerung von Zugstreben), z. B. nach Bild 48
- b) $\sigma_{Rd,max} = 0,75 \eta_1 \cdot f_{cd}$ in Druck-Zug-Knoten (mit Verankerung von Zugstreben), wenn alle Winkel zwischen Druck- und Zugstreben mindestens 45° betragen, z. B. nach Bild 49

mit $\eta_1 = 1,0$ für Normalbeton; für Leichtbeton nach Tabelle 10.

Bei genauerem Nachweis können auch höhere Werte angesetzt werden (siehe 10.7).

(3) Knoten mit Abbiegungen von Bewehrung (z. B. nach Bild 50) erfordern den Nachweis der zulässigen Biegerollendurchmesser nach 12.3.1.

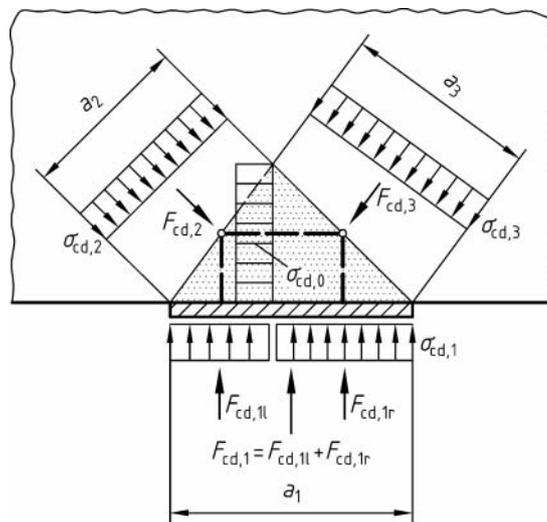


Bild 48 — Knotenbereich für den Nachweis von Druckknoten

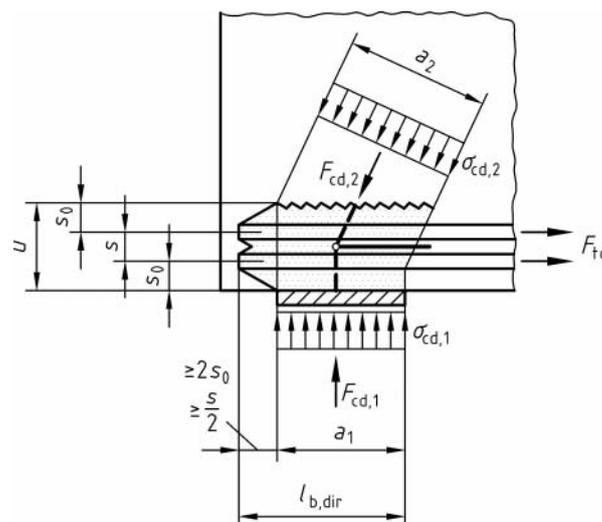


Bild 49 — Knotenbereich für den Nachweis von Druck-Zug-Knoten

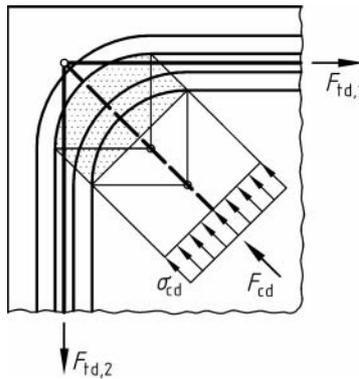


Bild 50 — Knoten mit Umlenkung von Bewehrung

10.7 Teilflächenbelastung

(1) Für Teilflächenbelastung auf einer Fläche A_{c0} (siehe Bild 51) ist die aufnehmbare Teilflächenlast F_{Rdu} wie folgt zu ermitteln:

$$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{A_{c1} / A_{c0}} \leq 3,0 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0} \quad \text{für Normalbeton} \quad (116)$$

$$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{lcd} \cdot (A_{c1} / A_{c0})^{\rho / 4800} \leq \rho / 800 \cdot f_{lcd} \cdot A_{c0} \quad \text{für Leichtbeton} \quad (117)$$

Dabei ist

A_{c0} die Belastungsfläche;

A_{c1} die rechnerische Verteilungsfläche (siehe Bild 51);

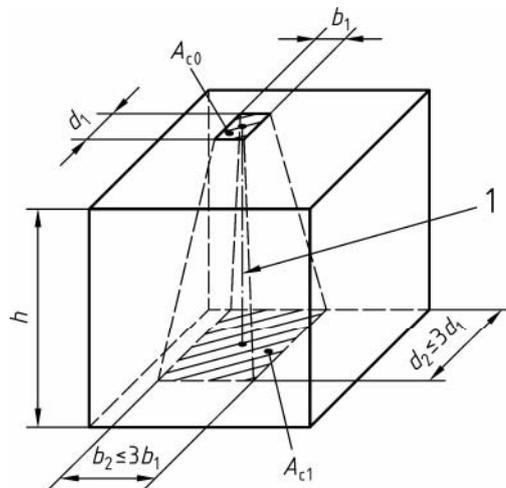
ρ der Rechenwert der Trockenrohichte des Leichtbetons, in kg/m^3 .

(2) Die für die Aufnahme der Kraft F_{Rdu} vorgesehene rechnerische Verteilungsfläche A_{c1} muss den nachfolgenden Bedingungen genügen.

- Die Fläche A_{c1} muss der Fläche A_{c0} geometrisch ähnlich sein.
- Der Schwerpunkt der Fläche A_{c1} muss in Belastungsrichtung mit dem Schwerpunkt der Belastungsfläche A_{c0} übereinstimmen.
- Die Maße der Fläche A_{c1} dürfen in jeder Richtung höchstens gleich dem dreifachen Betrag der entsprechenden Maße der Übertragungsfläche sein.
- Wirken auf den Betonquerschnitt mehrere Druckkräfte, so dürfen sich die rechnerischen Verteilungsflächen innerhalb der Höhe h nicht überschneiden.

Des weiteren muss die zur Lastverteilung in Belastungsrichtung zur Verfügung stehende Höhe den Bedingungen in Bild 51 genügen.

Der Wert von F_{Rdu} muss verringert werden, wenn die örtlichen Lasten nicht gleichmäßig über die Fläche A_{c0} verteilt sind oder wenn hohe Querkräfte vorhanden sind.

DIN 1045-1:2008-08**Legende**

- 1 Achse in Belastungsrichtung $h \geq b_2 - b_1$
 $h \geq d_2 - d_1$

Bild 51 — Ermittlung der Flächen für Teilflächenbelastung

(3) Die Absätze (1) und (2) gelten nicht für den Nachweis von Bauteilbereichen mit Spanngliedverankerungen; diese sollten mit Hilfe geeigneter Stabwerkmodelle nachgewiesen werden.

(4) Die im Lasteinleitungsbereich entstehenden Querkzugkräfte sind durch Bewehrung aufzunehmen (siehe auch 13.9).

10.8 Nachweis gegen Ermüdung**10.8.1 Allgemeines**

(1) Tragende Bauteile, die beträchtlichen Spannungsänderungen unter nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen unterworfen sind, müssen gegen Ermüdung bemessen werden. Der Nachweis gegen Ermüdung ist für Beton und Stahl getrennt zu führen.

(2) Für Tragwerke des üblichen Hochbaus braucht im Allgemeinen kein Nachweis gegen Ermüdung geführt zu werden.

(3) Für Leichtbeton sind gesonderte Betrachtungen nötig.

10.8.2 Innere Kräfte und Spannungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit beim Nachweis gegen Ermüdung

(1) Die Ermittlung der Spannungen muss bei im Querschnitt vorhandenem Zug auf der Grundlage gerissener Querschnitte unter Vernachlässigung der Zugfestigkeit des Betons, jedoch bei Erfüllung der Verträglichkeit der Dehnungen erfolgen.

(2) Das Verhältnis der Elastizitätsmoduln von Stahl und Beton darf bei der Ermittlung der inneren Schnittgrößen und der Spannungen vereinfachend zu $\alpha_e = 10$ angenommen werden.

(3) Das unterschiedliche Verbundverhalten von Beton- und Spannstahl ist durch Erhöhung der Betonstahlspannungen mit dem Faktor η zu berücksichtigen:

$$\eta = \frac{A_s + A_p}{A_s + A_p \sqrt{\xi(d_s / d_p)}} \quad (118)$$

Dabei ist

A_s die Querschnittsfläche der Betonstahlbewehrung;

A_p die Querschnittsfläche der Spannstahlbewehrung;

d_s der größte Durchmesser der Betonstahlbewehrung;

d_p der Durchmesser oder äquivalente Durchmesser der Spannstahlbewehrung:

$$d_p = 1,6 \sqrt{A_p} \quad \text{für Bündelspannglieder,}$$

$$d_p = 1,20 d_{\text{Draht}} \quad \text{für Einzellitzen mit 3 Drähten,}$$

$$d_p = 1,75 d_{\text{Draht}} \quad \text{für Einzellitzen mit 7 Drähten;}$$

ξ das Verhältnis der Verbundfestigkeit von im Verbund liegenden Spanngliedern zur Verbundfestigkeit von Betonrippenstahl im Beton nach Tabelle 15.

Tabelle 15 — Verhältnis ξ der Verbundfestigkeit von Spannstahl zur Verbundfestigkeit von Betonrippenstahl

Zeile	Spalte	1	2	3
		Spannglieder im sofortigen Verbund	Spannglieder im nachträglichen Verbund bis C50/60 und LC50/55	ab C55/67 und LC55/60
1	glatte Stäbe	–	0,3	0,15
2	Litzen	0,6	0,5	0,25
3	profilierte Drähte	0,7	0,6	0,30
4	gerippte Stäbe	0,8	0,7	0,35

(4) Bei Bauteilen mit Querbewehrung sind die Kräfte in der Bewehrung und im Beton auf der Grundlage eines Fachwerkmodells zu ermitteln.

(5) Beim Ermüdungsnachweis für Querkraftbewehrung dürfen die Spannungsschwingbreiten mit einer Druckstrebenneigung $\tan \theta_{\text{fat}} = \sqrt{\tan \theta}$ mit θ nach 10.3.4 ermittelt werden, wenn keine genaueren Nachweise geführt werden.

10.8.3 Nachweisverfahren

(1) Kann ein vereinfachter Nachweis nach 10.8.4 nicht erbracht werden, so ist ein expliziter Betriebsfestigkeitsnachweis zu führen. Dabei ist nachzuweisen, dass die Schädigungssumme $D_{\text{Ed}} \leq 1$ ist.

DIN 1045-1:2008-08

(2) Für die Ermittlung der Schädigungssumme D_{Ed} gilt die Palmgren-Miner-Regel. Für die Schadensberechnung sind die entsprechenden Wöhlerlinien für Betonstahl und Spannstahl nach Bild 52 (mit den Parametern in Tabelle 16 und Tabelle 17) anzusetzen. Dabei ist $\Delta\sigma$ durch $\gamma_{s,fat}$ zu dividieren. Die in Tabelle 16 angegebenen Werte gelten für Betonstähle nach den Normen der Reihe DIN 488, für andere Stähle nur dann, wenn in deren allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung nichts anderes festgelegt ist.

(3) Die Nachweise sind für Stahl und Beton im Allgemeinen unter Berücksichtigung der folgenden Einwirkungskombinationen zu führen:

- ständige Einwirkungen,
- maßgebender charakteristischer Wert der Vorspannung P_k ,
- wahrscheinlicher Wert der Setzungen, sofern ungünstig wirkend,
- häufiger Wert der Temperatureinwirkung, sofern ungünstig wirkend,
- Einwirkung aus Nutzlasten.

(4) Anstelle eines expliziten Nachweises der Betriebsfestigkeit nach Absatz (1) darf der Nachweis gegen Ermüdung über schädigungsäquivalente Spannungsschwingbreiten für Stahl nach Absatz (5) und schädigungsäquivalente Druckspannungen für Beton nach Absatz (6) erfolgen, sofern die Standardfälle der Einwirkungen bekannt sind.

(5) *Der Nachweis gegen Ermüdung für Beton- und Spannstahl gilt als erbracht, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist:*

$$\gamma_{F,fat} \cdot \gamma_{Ed,fat} \cdot \Delta\sigma_{s,equ} \leq \Delta\sigma_{Rsk}(N^*) / \gamma_{s,fat} \quad (119)$$

Dabei ist

$\Delta\sigma_{Rsk}(N^*)$ *die Spannungsschwingbreite für N^* Lastzyklen aus der Wöhlerlinie nach Bild 52 (Parameter siehe Tabelle 16 und Tabelle 17);*

$\Delta\sigma_{s,equ}$ *die schädigungsäquivalente Spannungsschwingbreite; für übliche Hochbauten darf näherungsweise $\Delta\sigma_{s,equ} = \max \Delta\sigma_s$ angenommen werden;*

$\max \Delta\sigma_s$ *die maximale Spannungsamplitude unter der maßgebenden ermüdungswirksamen Einwirkungskombination;*

$\gamma_{F,fat}$ *der Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen beim Nachweis gegen Ermüdung nach 5.3.3 (2);*

$\gamma_{Ed,fat}$ *der Teilsicherheitsbeiwert für die Modellunsicherheiten beim Nachweis gegen Ermüdung nach 5.3.3 (2);*

$\gamma_{s,fat}$ *der Teilsicherheitsbeiwert für den Beton- und Spannstahl beim Nachweis gegen Ermüdung nach Tabelle 2.*

Tabelle 16 — Parameter der Wöhlerlinien für Betonstahl

Zeile	Spalte	1	2	3	4
	Betonstahl	N^*	Spannungsexponent		$\Delta\sigma_{Rsk}$ bei N^* Zyklen in N/mm ²
			k_1	k_2	
1	Gerade und gebogene Stäbe ^a	10 ⁶	5	9 ^c	175
2	Geschweißte Stäbe und Betonstahlmatten einschließlich Heft- und Stumpfstoßverbindungen ^b	10 ⁶	4	5	85

^a Für $d_{br} < 25 d_s$ ist $\Delta\sigma_{Rsk}$ mit dem Reduktionsfaktor $\zeta_1 = 0,35 + 0,026 d_{br}/d_s$ zu multiplizieren.
Dabei ist d_s der Stabdurchmesser;
 d_{br} der Biegerollendurchmesser.
Für Stäbe $d_s > 28$ mm ist $\Delta\sigma_{Rsk} = 145$ N/mm². (gilt nur für hochduktilen Betonstahl).

^b Sofern nicht andere Wöhlerlinien durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder Zustimmung im Einzelfall festgelegt werden.

^c In korrosiven Umgebungsbedingungen (XC2, XC3, XC4, XS, XD) sind weitere Überlegungen zur Wöhlerlinie anzustellen. Wenn keine genaueren Erkenntnisse vorliegen, ist für k_2 ein reduzierter Wert $5 \leq k_2 < 9$ anzusetzen.

Tabelle 17 — Parameter der Wöhlerlinien für Spannstahl

Zeile	Spalte	1	2	3	4	
	Spannstahl ^a	N^*	Spannungsexponent		$\Delta\sigma_{Rsk}$ bei N^* Zyklen in N/mm ² ^b	
			k_1	k_2		
1	im sofortigen Verbund	10 ⁶	5	9	185	
2	im nach-träglichen Verbund	Einzellitzen in Kunststoffhüllrohren	10 ⁶	5	9	185
3		Gerade Spannglieder; gekrümmte Spannglieder in Kunststoffhüllrohren	10 ⁶	5	9	150
4		Gekrümmte Spannglieder in Stahlhüllrohren	10 ⁶	3	7	120
5		Kopplungen und Verankerungen	10 ⁶	3	5	80

^a Sofern nicht andere Wöhlerlinien durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder Zustimmung im Einzelfall für den eingebauten Zustand festgelegt werden.

^b Werte im eingebauten Zustand.

DIN 1045-1:2008-08

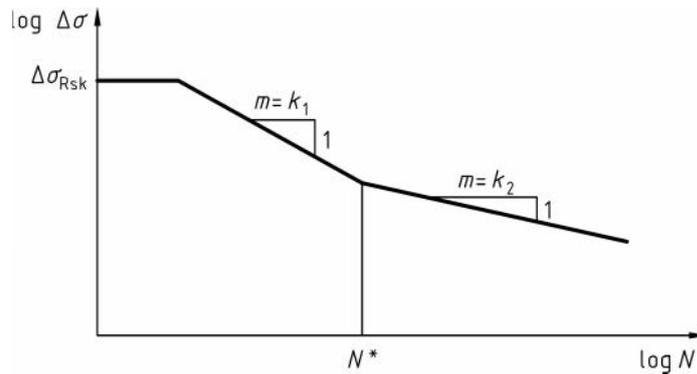


Bild 52 — Form der Wöhlerlinien für Beton- und Spannstahl

(6) Für Beton unter Druckbeanspruchung darf ein ausreichender Widerstand gegen Ermüdung angenommen werden, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$E_{cd,max,equ} + 0,43\sqrt{1 - R_{equ}} \leq 1,0 \quad (120)$$

mit

$$R_{equ} = \frac{\min|\sigma_{cd,equ}|}{\max|\sigma_{cd,equ}|} \quad (121)$$

$$E_{cd,max,equ} = \frac{\max|\sigma_{cd,equ}|}{f_{cd,fat}} \quad (122)$$

Dabei ist $\max|\sigma_{cd,equ}|$, $\min|\sigma_{cd,equ}|$ die obere bzw. die untere Druckspannung der schädigungsäquivalenten Spannungsschwingbreite mit einer Anzahl von $N = 10^6$ Zyklen ($\max|\sigma_{cd,equ}| \geq \min|\sigma_{cd,equ}|$).

10.8.4 Vereinfachte Nachweise

(1) Die vereinfachten Nachweise sind mit den Einwirkungskombinationen des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1055-100 zu führen.

(2) Für ungeschweißte Bewehrungsstäbe unter Zugbeanspruchung darf ein ausreichender Widerstand gegen Ermüdung angenommen werden, wenn unter der häufigen Einwirkungskombination die Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_s \leq 70 \text{ N/mm}^2$ ist.

(3) Der Nachweis gegen Ermüdung von Spannstahl und Betonstahl im Bereich von Schweißverbindungen oder Kopplungen gilt als erfüllt, wenn in diesen Bereichen der Betonquerschnitt unter der häufigen Einwirkungskombination, jedoch unter Berücksichtigung eines Abminderungsfaktors von 0,75 für den Mittelwert der Vorspannkraft P_{mt} , vollständig unter Druckbeanspruchung steht.

(4) Der Nachweis gegen Ermüdung für Beton unter Druckbeanspruchung gilt als erbracht, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\frac{\max|\sigma_{cd}|}{f_{cd,fat}} \leq 0,5 + 0,45 \frac{\min|\sigma_{cd}|}{f_{cd,fat}} \begin{cases} \leq 0,9 \text{ bis C50/60 oder LC50/55} \\ \leq 0,8 \text{ ab C55/67 oder LC55/60} \end{cases} \quad (123)$$

mit

$$f_{cd,fat} = \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{cd} \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \quad \text{mit } f_{ck} \text{ in N/mm}^2 \quad (124)$$

Dabei ist

$\max |\sigma_{cd}|$ der Bemessungswert der betragsmäßig maximalen Druckspannung unter der häufigen Einwirkungskombination;

$\min |\sigma_{cd}|$ der Bemessungswert der betragsmäßig minimalen Druckspannung am Ort von $\max |\sigma_{cd}|$ (bei Zugspannungen ist $\min |\sigma_{cd}| = 0$ zu setzen);

$\beta_{cc}(t_0)$ der Beiwert für die Nacherhärtung mit $\beta_{cc}(t_0) = e^{0,2(1-\sqrt{28/t_0})}$;

t_0 der Zeitpunkt der Erstbelastung des Betons (in Tagen).

(5) Die Gleichung (123) gilt auch für die Druckstreben von querkraftbeanspruchten Bauteilen mit Querkraftbewehrung. In diesem Fall ist die Betondruckfestigkeit $f_{cd,fat}$ mit α_c nach 10.3.4 abzumindern.

(6) Bei Bauteilen ohne Querkraftbewehrung darf ein ausreichender Widerstand gegen Ermüdung des Betons bei Beanspruchung infolge Querkraft als gegeben angesehen werden, wenn die folgenden Bedingungen eingehalten sind:

— für $V_{Ed,min}/V_{Ed,max} \geq 0$:

$$\frac{|V_{Ed,max}|}{|V_{Rd,ct}|} \leq 0,5 + 0,45 \frac{|V_{Ed,min}|}{|V_{Rd,ct}|} \quad \left\{ \begin{array}{l} \leq 0,9 \text{ bis C50/60 oder LC50/55} \\ \leq 0,8 \text{ ab C55/67 oder LC55/60} \end{array} \right. \quad (125)$$

— für $V_{Ed,min}/V_{Ed,max} < 0$:

$$\frac{|V_{Ed,max}|}{|V_{Rd,ct}|} \leq 0,5 - \frac{|V_{Ed,min}|}{|V_{Rd,ct}|} \quad (126)$$

Dabei ist

$V_{Ed,max}$ der Bemessungswert der maximalen Querkraft unter häufiger Einwirkungskombination;

$V_{Ed,min}$ der Bemessungswert der minimalen Querkraft unter häufiger Einwirkungskombination in dem Querschnitt, in dem $V_{Ed,max}$ auftritt;

$V_{Rd,ct}$ der Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft nach Gleichung (70).

DIN 1045-1:2008-08**11 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit****11.1 Begrenzung der Spannungen****11.1.1 Allgemeines**

(1) Für das nutzungsgerechte und dauerhafte Verhalten eines Bauwerks sind die übermäßige Schädigung des Betongefüges sowie nichtelastische Verformungen des Beton- und Spannstahls durch Einhaltung der Spannungsgrenzen nach 11.1.2, 11.1.3 und 11.1.4 zu vermeiden.

(2) Die Spannungsnachweise sind gegebenenfalls für Bau- und Endzustand getrennt zu führen.

(3) *Die Spannungsnachweise nach 11.1.2 und 11.1.3 dürfen für nicht vorgespannte Tragwerke des üblichen Hochbaus, die nach Abschnitt 10 bemessen wurden, im Allgemeinen entfallen, wenn*

— *die Schnittgrößen nach der Elastizitätstheorie ermittelt und im Grenzzustand der Tragfähigkeit um nicht mehr als 15 % umgelagert wurden und*

— *die bauliche Durchbildung nach Abschnitt 13 durchgeführt wird und insbesondere die Festlegungen für die Mindestbewehrung nach 13.1.1 eingehalten sind.*

11.1.2 Begrenzung der Betondruckspannungen

(1) *In Bauteilen, die den Bedingungen der Expositionsklassen XD1 bis XD3, XF1 bis XF4 und XS1 bis XS3 (siehe Tabelle 3) ausgesetzt sind und in denen keine anderen Maßnahmen getroffen werden, wie z. B. eine Erhöhung der Betondeckung in der Druckzone oder eine Umschnürung der Druckzone durch Querbewehrung, sollten die Betondruckspannungen zur Vermeidung von Längsrissen unter der seltenen Einwirkungskombination auf den Wert $0,6 f_{ck}$ begrenzt werden.*

(2) Falls die Gebrauchstauglichkeit, Tragfähigkeit oder Dauerhaftigkeit des Bauwerks durch das Kriechen wesentlich beeinflusst werden, sind die Betondruckspannungen unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination zur Vermeidung von überproportionalen Kriechverformungen auf $0,45 f_{ck}$ zu begrenzen.

(3) *Im Bereich von Verankerungen und Auflagern dürfen die vorgenannten Nachweise entfallen, wenn die Festlegungen in 8.7.7 sowie Abschnitt 13 eingehalten werden.*

11.1.3 Begrenzung der Betonstahlspannungen

Die Zugspannungen in der Betonstahlbewehrung sind bei direkten Einwirkungen (Lastbeanspruchung) unter der seltenen Einwirkungskombination auf den Wert $0,8 f_{yk}$ zu begrenzen. Wenn die Spannung ausschließlich aus indirekten Einwirkungen (Zwang) herrührt, ist ein Wert von $1,0 f_{yk}$ zulässig.

11.1.4 Begrenzung der Spannstahlspannungen

(1) Die Zugspannungen im Spannstahl der Spannlieder sind in jedem Querschnitt mit dem Mittelwert der Vorspannung unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination nach Abzug der Spannkraftverluste nach 8.7.3 zu berechnen und auf den Wert $0,65 f_{pk}$ zu begrenzen.

(2) Nach dem Absetzen der Pressenkraft bzw. dem Lösen der Verankerung darf der Mittelwert der Spannstahlspannung unter der seltenen Einwirkungskombination in keinem Querschnitt und zu keinem Zeitpunkt den kleineren Wert von $0,9 f_{p0,1k}$ und $0,8 f_{pk}$ überschreiten.

11.2 Begrenzung der Rissbreiten und Nachweis der Dekompression

11.2.1 Allgemeines

(1) Rissbildung ist in Betonzugzonen nahezu unvermeidbar. Die Rissbreite ist so zu begrenzen, dass die ordnungsgemäße Nutzung des Tragwerks sowie sein Erscheinungsbild und die Dauerhaftigkeit als Folge von Rissen nicht beeinträchtigt werden.

(2) Risse im Beton können auch aus anderen Gründen, z. B. aus plastischem Schwinden oder chemischen Reaktionen mit Volumenänderung auftreten. Die Vermeidung und die Begrenzung der Breite solcher Risse sind in dieser Norm nicht geregelt.

(3) Beim Nachweis der Begrenzung der Rissbreite ist zwischen dem Zustand der Bildung von Einzelrissen und dem Zustand mit abgeschlossenem Rissbild zu unterscheiden. Die in diesem Abschnitt angegebenen Nachweis- und Berechnungsverfahren dürfen näherungsweise für beide Zustände angewendet werden, sofern die zur Verteilung der Risse erforderliche Mindestbewehrung nach 11.2.2 vorhanden ist.

(4) Die im Folgenden angegebenen Verfahren erlauben keine exakte Vorhersage und Begrenzung der Rissbreite. Die Rechenwerte der Rissbreite sind daher nur als Anhaltswerte zu sehen, deren gelegentliche geringfügige Überschreitung im Bauwerk nicht ausgeschlossen werden kann. Dies ist jedoch bei Beachtung der Regeln dieses Abschnitts im Allgemeinen unbedenklich.

(5) Die in 11.2.3 und 11.2.4 angegebenen Verfahren gestatten die Begrenzung und Berechnung der Rissbreite im Bereich nahe der im Verbund liegenden Bewehrung (d. h. innerhalb des Wirkungsbereichs der Bewehrung). Außerhalb dieses Bereichs können Risse mit größerer Breite auftreten.

(6) Die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit und das Erscheinungsbild eines Bauteils gelten im Sinne dieses Abschnitts als erfüllt, wenn die Anforderungen nach Tabelle 18 und Tabelle 19 eingehalten sind. Für Bauteile mit besonderen Anforderungen (z. B. Wasserbehälter) können strengere Begrenzungen der Rissbreite erforderlich sein. Diese sind jedoch nicht Gegenstand dieser Norm.

Tabelle 18 — Anforderungen an die Begrenzung der Rissbreite und die Dekompression

Zeile	Spalte	1	2	3
	Anforderungs- klasse	Einwirkungskombination für den Nachweis der		Rechenwert der Rissbreite w_k mm
		Dekompression	Rissbreitenbegrenzung	
1	A	selten	–	0,2
2	B	häufig	selten	
3	C	quasi-ständig	häufig	
4	D	–	häufig	
5	E	–	quasi-ständig	0,3
6	F	–	quasi-ständig	0,4

DIN 1045-1:2008-08

Tabelle 19 — Mindestanforderungsklassen in Abhängigkeit von der Expositionsklasse

Zeile	Spalte	1	2	3	4
	Expositionsklasse	Mindestanforderungsklasse			
		Vorspannart			
		Vorspannung mit nachträglichem Verbund	Vorspannung mit sofortigem Verbund	Vorspannung ohne Verbund	Stahlbetonbauteile
1	XC1	D	D	F	F
2	XC2, XC3, XC4	C ^a	C	E	E
3	XD1, XD2, XD3 ^b , XS1, XS2, XS3	C ^a	B	E	E
<p>^a Wird der Korrosionsschutz anderweitig sichergestellt, darf Anforderungsklasse D verwendet werden. Hinweise hierzu sind den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der Spannverfahren zu entnehmen.</p> <p>^b Im Einzelfall können zusätzlich besondere Maßnahmen für den Korrosionsschutz notwendig sein.</p>					

(7) Für Bauzustände dürfen vom Bauherrn andere Anforderungsklassen festgelegt werden, als im Endzustand nach Tabelle 19 erforderlich sind. Die Mindestanforderungsklassen nach Tabelle 19 für die während der Erstellung des Bauwerkes oder Bauteils herrschenden Umgebungsbedingungen (klassifiziert durch die entsprechende Expositionsklasse nach Tabelle 3) dürfen jedoch nicht unterschritten werden.

(8) Bauteile mit einer Kombination von Spanngliedern im Verbund und Spanngliedern ohne Verbund sind hinsichtlich der Anforderungen an die Rissbreitenbegrenzung und die Dekompression wie Bauteile mit Vorspannung mit Verbund zu behandeln.

(9) Die Einhaltung des Grenzzustands der Dekompression bedeutet, dass der Betonquerschnitt unter der jeweils maßgebenden Einwirkungskombination im Bauzustand am Rand der infolge Vorspannung vorgeprägten Zugzone und im Endzustand vollständig unter Druckspannungen steht.

(10) Die Begrenzung der Rissbreite umfasst die folgenden Nachweise:

- Nachweis der Mindestbewehrung nach 11.2.2,
- Nachweis der Begrenzung der Rissbreite unter der maßgebenden Einwirkungskombination nach 11.2.3 oder 11.2.4.

(11) Bei Stabwerkmodellen, die an der Elastizitätstheorie orientiert sind, dürfen die aus den Stabkräften ermittelten Stahlspannungen beim Nachweis der Rissbreitenbegrenzung verwendet werden. Auch an Stellen, an denen nach dem verwendeten Stabwerkmodell rechnerisch keine Bewehrung erforderlich ist, können Zugkräfte entstehen, die durch eine geeignete konstruktive Bewehrung, z. B. für wandartige Träger nach 13.6, abgedeckt werden müssen.

(12) Bei Platten in der Expositionsklasse XC1 die durch Biegung ohne wesentlichen zentrischen Zug beansprucht werden, sind keine Nachweise zur Begrenzung der Rissbreite notwendig, wenn deren Gesamtdicke 200 mm nicht übersteigt, die Festlegungen nach 13.3 eingehalten sind und keine strengere Begrenzung der Rissbreite im Sinne von Absatz (6) erforderlich ist.

(13) Werden Betonstahlmatten mit einem Querschnitt $a_s \geq 6 \text{ cm}^2/\text{m}$ nach 12.8.4 in zwei Ebenen gestoßen, ist im Stoßbereich der Nachweis der Rissbreitenbegrenzung mit einer um 25 % erhöhten Stahlspannung zu führen.

11.2.2 Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite

(1) Zur Aufnahme von Zwangeinwirkungen und Eigenspannungen ist eine Mindestbewehrung anzuordnen, die unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Rissbreitenbegrenzung für die Schnittgrößenkombination zu bemessen ist, die im Bauteil zur Erstrissbildung führt.

(2) Der Querschnitt der Mindestbewehrung darf bei Bauteilen ohne Vorspannung und Bauteilen mit Vorspannung ohne Verbund vermindert werden, wenn die Zwangschnittgröße die Risschnittgröße nicht erreicht. In diesen Fällen darf die Mindestbewehrung durch eine Bemessung des Querschnitts für die nachgewiesene Zwangschnittgröße unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Rissbreitenbegrenzung ermittelt werden.

(3) In Bauteilen mit Vorspannung mit Verbund ist die Mindestbewehrung zur Rissbreitenbegrenzung nicht in Bereichen erforderlich, in denen im Beton unter der seltenen Einwirkungskombination und unter den maßgebenden charakteristischen Werten der Vorspannung Betondruckspannungen am Querschnittsrand auftreten, die dem Betrag nach größer als 1 N/mm² sind.

(4) Bei profilierten Querschnitten wie Hohlkästen oder Plattenbalken ist die Mindestbewehrung für jeden Teilquerschnitt (Gurte und Stege) einzeln nachzuweisen.

(5) Sofern nicht eine genauere Rechnung zeigt, dass ein geringerer Bewehrungsquerschnitt ausreicht, darf der erforderliche Mindestbewehrungsquerschnitt zur Begrenzung der Rissbreite nach Gleichung (127) ermittelt werden:

$$A_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s \quad (127)$$

Dabei ist

A_s die Querschnittsfläche der Betonstahlbewehrung in der Zugzone des betrachteten Querschnitts oder Teilquerschnitts. Diese ist überwiegend am gezogenen Querschnittsrand anzuordnen, mit einem angemessenen Anteil aber auch so über die Zugzone zu verteilen, dass die Bildung breiter Sammelrisse vermieden wird;

k_c der Beiwert zur Berücksichtigung des Einflusses der Spannungsverteilung innerhalb der Zugzone A_{ct} vor der Erstrissbildung sowie der Änderung des inneren Hebelarmes beim Übergang in den Zustand II:

— rechteckige Querschnitte und Stege von Plattenbalken und Hohlkästen:

$$k_c = 0,4 \left[1 + \frac{\sigma_c}{k_1 \cdot f_{ct,eff}} \right] \leq 1 \quad (128)$$

— Zuggurte von Plattenbalken und Hohlkästen:

$$k_c = 0,9 \frac{F_{cr,Gurt}}{A_{ct} \cdot f_{ct,eff}} \geq 0,5 \quad (128a)$$

mit der Zugkraft F_{cr} im Zuggurt von gegliederten Querschnitten im Zustand I unmittelbar vor der Rissbildung mit der Randspannung $f_{ct,eff}$;

σ_c die Betonspannung in Höhe der Schwerlinie des Querschnitts oder Teilquerschnitts im ungerissenen Zustand unter der Einwirkungskombination, die am Gesamtquerschnitt zur Erstrissbildung führt ($\sigma_c < 0$ bei Druckspannungen);

DIN 1045-1:2008-08

k_1 = 1,5 h/h' für Drucknormalkraft
= 2/3 für Zugnormalkraft;

h die Höhe des Querschnitts oder Teilquerschnitts;

h' = h für $h < 1$ m
= 1 m für $h \geq 1$ m;

k der Beiwert zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen und weiteren risskraftreduzierenden Einflüssen. Werte für k sind nachfolgend für unterschiedliche Fälle angegeben:

a) Zugspannungen infolge im Bauteil selbst hervorgerufenen Zwangs (z. B. Eigenspannungen infolge Abfließen der Hydratationswärme):

$k = 0,8$ für $h \leq 300$ mm

$k = 0,5$ für $h \geq 800$ mm

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden. Dabei ist für h der kleinere Wert von Höhe oder Breite des Querschnitts oder Teilquerschnitts zu setzen.

b) Zugspannungen infolge außerhalb des Bauteils hervorgerufenen Zwangs (z. B. Stützensenkung):

$k = 1,0$

A_{ct} die Fläche der Betonzugzone im Querschnitt oder Teilquerschnitt. Die Zugzone ist derjenige Teil des Querschnitts oder Teilquerschnitts, der unter der zur Erstrissbildung am Gesamtquerschnitt führenden Einwirkungskombination im ungerissenen Zustand rechnerisch unter Zugspannungen steht;

$f_{ct,eff}$ die wirksame Zugfestigkeit des Betons zum betrachteten Zeitpunkt. Für $f_{ct,eff}$ ist bei diesem Nachweis der Mittelwert der Zugfestigkeit f_{ctm} einzusetzen. Dabei ist diejenige Festigkeitsklasse anzusetzen, die beim Auftreten der Risse zu erwarten ist. In vielen Fällen, z. B. wenn der maßgebende Zwang aus dem Abfließen der Hydratationswärme entsteht, kann die Rissbildung in den ersten 3 bis 5 Tagen nach dem Einbringen des Betons in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen, der Form des Bauteils und der Art der Schalung entstehen. In diesem Fall darf, sofern kein genauere Nachweis erfolgt, die Betonzugfestigkeit $f_{ct,eff}$ zu 50 % der mittleren Zugfestigkeit nach 28 Tagen gesetzt werden. Falls diese Annahme getroffen wird, ist dies durch Hinweis in der Baubeschreibung und auf den Ausführungsplänen dem Bauausführenden rechtzeitig mitzuteilen, damit bei der Festlegung des Betons eine entsprechende Anforderung aufgenommen werden kann¹²⁾. Wenn der Zeitpunkt der Rissbildung nicht mit Sicherheit innerhalb der ersten 28 Tage festgelegt werden kann, sollte mindestens eine Zugfestigkeit von 3 N/mm² für Normalbeton und 2,5 N/mm² für Leichtbeton angenommen werden;

σ_s die zulässige Spannung in der Betonstahlbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite in Abhängigkeit vom Grenzdurchmesser d_s^* nach Tabelle 20.

(6) Die Begrenzung der Rissbreite darf dabei durch eine Begrenzung des Stabdurchmessers auf den folgenden Wert nachgewiesen werden:

$$d_s = d_s^* \cdot \frac{k_c \cdot k \cdot h_t}{4(h-d)} \cdot \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct,0}} \geq d_s^* \cdot \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct,0}} \quad (129)$$

12) Hinweise zur Festlegung des Betons siehe z. B. DBV-Merkblatt „Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton- und Spannbetonbau“, Fassung 2006-01 [3].

Dabei ist

- d_s^* der Grenzdurchmesser der Bewehrung nach Tabelle 20;
- h die Bauteilhöhe;
- d die statische Nutzhöhe;
- h_t die Höhe der Zugzone im Querschnitt bzw. Teilquerschnitt vor Beginn der Erstrissbildung (bei zentrischem Zug $h_t = 0,5 h$ bei beidseitiger Bewehrungslage bzw. $h_t = h$ bei einer mittigen Bewehrungslage);
- $f_{ct,0}$ die Zugfestigkeit des Betons, auf die die Werte der Tabelle 20 bezogen sind ($f_{ct,0} = 3,0 \text{ N/mm}^2$).

(7) In einem Quadrat von 300 mm Seitenlänge um ein Spannglied im sofortigen oder im nachträglichen Verbund darf die in diesem Bereich erforderliche Mindestbewehrung um den Betrag $\xi_1 \cdot A_p$ verringert werden.

Dabei ist

- A_p die Querschnittsfläche des Spannstahls im Spannglied;
- ξ_1 das Verhältnis der Verbundfestigkeit von Spannstahl und Betonstahl unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Durchmesser:

$$\xi_1 = \sqrt{\xi \cdot \frac{d_s}{d_p}} \quad (130)$$

- ξ das Verhältnis der mittleren Verbundfestigkeit von Spannstahl zu der von Betonstahl nach Tabelle 15;
- d_s der größte vorhandene Stabdurchmesser der Betonstahlbewehrung;
- d_p der äquivalente Durchmesser der Spannstahlbewehrung (siehe Gleichung (118)).

(8) Bei dickeren Bauteilen darf die Mindestbewehrung unter zentrischem Zwang für die Begrenzung der Rissbreiten je Bauteilseite unter Berücksichtigung einer effektiven Randzone $A_{c,eff}$ berechnet werden, mit

$$A_s = f_{ct,eff} \cdot A_{c,eff} / \sigma_s \quad (130a)$$

wobei jedoch der folgende Wert für A_s nicht unterschritten werden darf

$$A_s = k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / f_{yk} \quad (130b)$$

Dabei ist $A_{c,eff}$ der Wirkungsbereich der Bewehrung nach Bild 53 d) mit $A_{c,eff} = h_{eff} \cdot b$ bzw. A_{ct} die Fläche der Betonzugzone je Bauteilseite $A_{ct} = 0,5 h \cdot b$.

Der Grenzdurchmesser der Bewehrungsstäbe muss in Abhängigkeit von der wirksamen Betonzugfestigkeit $f_{ct,eff}$ analog Gleichung (129) folgendermaßen modifiziert werden:

$$d_s = d_s^* \cdot f_{ct,eff} / f_{ct,0} \quad (130c)$$

Es braucht aber nicht mehr Mindestbewehrung eingelegt werden, als sich nach Gleichung (127) mit Gleichung (129) bzw. nach Abschnitt 11.2.4 ergibt.

ANMERKUNG Nennenswerte Bewehrungsreduzierungen sind erst bei dickeren Bauteilen mit $h_{eff} \approx 5 d_1$ zu erwarten.

DIN 1045-1:2008-08

(9) Werden langsam erhärtende Betone mit $r \leq 0,3$ verwendet (i. d. R. bei dickeren Bauteilen), darf die Mindestbewehrung mit einem Faktor 0,85 verringert werden. Die Rahmenbedingungen der Anwendungsvoraussetzungen für die Bewehrungsverringerung sind dann in den Ausführungsunterlagen festzulegen.

ANMERKUNG Kennwert für Festigkeitsentwicklung des Betons $r = f_{cm2} / f_{cm28}$.

11.2.3 Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung

(1) Die Rissbreiten werden auf zulässige Werte begrenzt, wenn die Durchmesser oder die Abstände der Bewehrungsstäbe in Abhängigkeit von der Spannung begrenzt werden.

(2) Die in Tabelle 20 und Tabelle 21 genannten Grenzwerte stellen im Allgemeinen die Begrenzung der Rissbreite auf die angegebenen Werte sicher, wenn

— bei einer Rissbildung infolge überwiegender indirekter Einwirkungen (Zwang) die Grenzdurchmesser nach Tabelle 20 eingehalten sind,

— bei Rissen infolge überwiegender direkter Einwirkungen (Lastbeanspruchung) entweder die Grenzdurchmesser nach Tabelle 20 oder die Stababstände nach Tabelle 21 eingehalten sind.

(3) Die in Tabelle 20 und Tabelle 21 angegebenen Stahlspannungen sind für einen gerissenen Querschnitt (Zustand II) und die maßgebende Einwirkungskombination, bei vorgespannten Bauteilen mit dem maßgebenden charakteristischen Wert der Vorspannung, zu ermitteln.

Tabelle 20 — Grenzdurchmesser d_s^* bei Betonstählen

Zeile	Spalte	1	2	3
	Stahlspannung σ_s N/mm ²	Grenzdurchmesser der Stäbe in mm in Abhängigkeit vom Rechenwert der Rissbreite w_k		
		$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
1	160	56	42	28
2	200	36	27	18
3	240	25	19	13
4	280	18	14	9
5	320	14	11	7
6	360	11	8	6
7	400	9	7	5
8	450	7	5	4

ANMERKUNG Die Beziehung für die Grenzdurchmesser ist: $d_s^* = 3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k / \sigma_s^2$

Tabelle 21 — Höchstwerte der Stababstände von Betonstählen

Zeile	Spalte	1	2	3
	Stahlspannung σ_s N/mm ²	Höchstwerte der Stababstände in mm in Abhängigkeit vom Rechenwert der Rissbreite w_k		
		$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
1	160	300	300	200
2	200	300	250	150
3	240	250	200	100
4	280	200	150	50
5	320	150	100	–
6	360	100	50	–

(4) Der Grenzdurchmesser der Bewehrungsstäbe nach Tabelle 20 darf in Abhängigkeit von der Bauteilhöhe und muss in Abhängigkeit von der wirksamen Betonzugfestigkeit $f_{ct,eff}$ folgendermaßen modifiziert werden:

$$d_s = d_s^* \cdot \frac{\sigma_s \cdot A_s}{4(h-d) \cdot b \cdot f_{ct,0}} \geq d_s^* \cdot \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct,0}} \quad (131)$$

Dabei ist

d_s der modifizierte Grenzdurchmesser;

d_s^* der Grenzdurchmesser nach Tabelle 20;

σ_s die Betonstahlspannung im Zustand II; bei Bauteilen mit im Verbund liegenden Spanngliedern ist Absatz (5) zu beachten;

A_s die Querschnittsfläche der Betonstahlbewehrung, siehe Legende zu Gleichung (127);

h die Bauteilhöhe;

d die statische Nutzhöhe;

b die Breite der Zugzone;

$f_{ct,0}$ die Zugfestigkeit des Betons, auf die die Werte nach Tabelle 20 bezogen sind ($f_{ct,0} = 3,0$ N/mm²).

(5) Bei Bauteilen mit im Verbund liegenden Spanngliedern ist die Betonstahlspannung für die maßgebende Einwirkungskombination unter Berücksichtigung des unterschiedlichen Verbundverhaltens von Betonstahl und Spannstahl nach Gleichung (132) zu berechnen.

$$\sigma_s = \sigma_{s2} + 0,4 \cdot f_{ct,eff} \left(\frac{1}{\rho_{eff}} - \frac{1}{\rho_{tot}} \right) \quad (132)$$

DIN 1045-1:2008-08

Dabei ist

σ_{s2} die Spannung im Betonstahl bzw. der Spannungszuwachs im Spannstahl im Zustand II für die maßgebende Einwirkungskombination unter Annahme eines starren Verbundes;

eff ρ der effektive Bewehrungsgrad unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Verbundfestigkeiten

$$\text{eff } \rho = (A_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,\text{eff}} \quad (133)$$

ρ_{tot} der geometrische Bewehrungsgrad

$$\rho_{\text{tot}} = (A_s + A_p) / A_{c,\text{eff}} \quad (134)$$

A_s die Querschnittsfläche der Betonstahlbewehrung, siehe Legende zu Gleichung (127);

A_p die Querschnittsfläche der Spannglieder, die im Wirkungsbereich $A_{c,\text{eff}}$ der Bewehrung liegen;

$A_{c,\text{eff}}$ der Wirkungsbereich der Bewehrung nach Bild 53, *i. Allg. darf $h_{\text{eff}} = 2,5 d_1$ (konstant) verwendet werden;*

ξ_1 das Verhältnis der Verbundfestigkeiten nach Gleichung (130);

$f_{\text{ct,eff}}$ die wirksame Betonzugfestigkeit nach 11.2.2 (5).

(6) *Werden in einem Querschnitt Stäbe mit unterschiedlichen Durchmessern verwendet, darf ein mittlerer Stabdurchmesser $d_{\text{sm}} = \sum d_{s,i}^2 / \sum d_{s,i}$ angesetzt werden.*

(7) Bei Stabbündeln ist anstelle des Stabdurchmessers der Einzelstäbe der Vergleichsdurchmesser des Stabbündels nach 12.9 (2) anzusetzen.

(8) *Bei Betonstahlmatten mit Doppelstäben darf der Durchmesser eines Einzelstabes angesetzt werden.*

(9) *Die Begrenzung der Schubrissbreite darf ohne weiteren Nachweis als sichergestellt angenommen werden, wenn die Bewehrungsrichtlinien nach 13.2.3 und 13.3.3 eingehalten sind.*

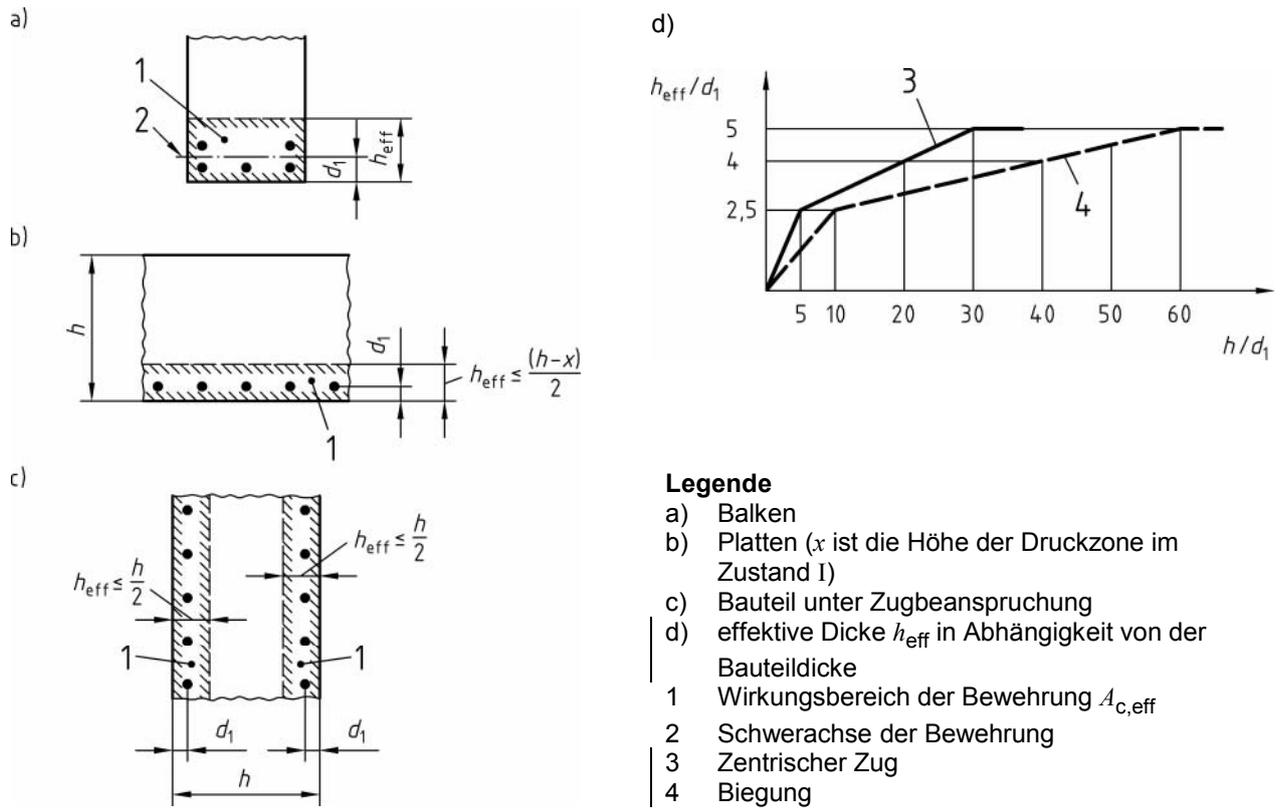


Bild 53 — Wirkungsbereich $A_{c,eff}$ der Bewehrung

11.2.4 Berechnung der Rissbreite

(1) Die Begrenzung der Rissbreite darf auch durch eine direkte Berechnung nachgewiesen werden. Für den Rechenwert der Rissbreite w_k gilt:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \tag{135}$$

Dabei ist

w_k der Rechenwert der Rissbreite;

$s_{r,max}$ der maximale Rissabstand bei abgeschlossenem Rissbild;

ε_{sm} die mittlere Dehnung der Bewehrung unter der maßgebenden Einwirkungskombination unter Berücksichtigung der Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen;

ε_{cm} die mittlere Dehnung des Betons zwischen den Rissen.

(2) Die Differenz der mittleren Dehnungen von Beton und Betonstahl darf wie folgt berechnet werden:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - 0,4 \frac{f_{ct,eff}}{eff \rho} \cdot (1 + \alpha_e \cdot eff \rho)}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} \tag{136}$$

DIN 1045-1:2008-08

Dabei ist

α_e das Verhältnis der Elastizitätsmoduln $\alpha_e = E_s/E_{cm}$;

eff ρ der effektive Bewehrungsgrad nach Gleichung (133);

$f_{ct,eff}$ die wirksame Betonzugfestigkeit zum betrachteten Zeitpunkt nach 11.2.2 (5) (hier ohne Ansatz einer Mindestbetonzugfestigkeit);

σ_s die Betonstahlspannung im Riss. Bei Bauteilen mit Vorspannung mit Verbund ist 11.2.3 (5) zu berücksichtigen.

(3) Bei Bauteilen, die nur im Bauteil selbst hervorgerufenem Zwang unterworfen sind (z. B. infolge Abfließen der Hydratationswärme), darf $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$ unter Ansatz von $\sigma_s = \sigma_{sr}$ ermittelt werden. Dabei ist σ_{sr} diejenige Spannung in der Zugbewehrung, die auf der Grundlage eines gerissenen Querschnitts für eine Einwirkungskombination berechnet wird, die zur Erstrissbildung führt.

(4) Der maximale Rissabstand darf nach Gleichung (137) berechnet werden:

$$s_{r,max} = \frac{d_s}{3,6 \cdot \text{eff } \rho} \leq \frac{\sigma_s \cdot d_s}{3,6 \cdot f_{ct,eff}} \quad (137)$$

Dabei ist

eff ρ der effektive Bewehrungsgrad nach Gleichung (133);

d_s der Stabdurchmesser des Betonstahls. Werden in einem Querschnitt Stäbe mit unterschiedlichen Durchmessern, Stabbündel oder Doppelstäbe verwendet, gelten 11.2.3 (6), (7) und (8).

Bei Mattenbewehrung muss der Rissabstand nicht größer als die doppelte Maschenweite angenommen werden.

(5) Wenn Risse in orthogonal bewehrten Bauteilen einen Winkel von mehr als 15° zur Richtung der zugeordneten Bewehrung bilden, darf der Rissabstand nach Gleichung (138) berechnet werden:

$$s_{r,max} = \frac{1}{\frac{\cos \theta}{s_{r,max,x}} + \frac{\sin \theta}{s_{r,max,y}}} \quad (138)$$

Dabei ist

θ der Winkel zwischen der Bewehrung in x-Richtung und der Richtung der Hauptzugspannung;

$s_{r,max,x}$, $s_{r,max,y}$ der jeweilige maximale Rissabstand in x- und y-Richtung nach Gleichung (137).

(6) Wenn die Rissbreiten für Beanspruchungen berechnet werden, bei denen die Zugspannungen aus einer Kombination von Zwang und Lastbeanspruchung herrühren, dürfen die Gleichungen dieses Abschnitts verwendet werden. Jedoch sollte die Dehnung infolge Lastbeanspruchung, die auf Grundlage eines gerissenen Querschnitts berechnet wurde, um den Wert infolge Zwang erhöht werden.

(7) In Fällen, in denen die resultierende Zwangdehnung 0,8 % nicht überschreitet, ist es im Allgemeinen ausreichend, die Rissbreite für den größeren Wert von Zwang- oder Lastspannung zu ermitteln.

(8) Wenn in Bereichen, für die der Nachweis der Rissbreitenbegrenzung geführt wird, keine oder keine ausreichende im Verbund liegende Bewehrung vorhanden ist, sollte ein oberer Grenzwert der Rissbreite festgelegt werden. In diesen Fällen darf der maximale Rissabstand gleich der doppelten Risstiefe gesetzt werden. Ein Beispiel hierfür sind Wände, bei denen die mit dem Abfließen der Hydratationswärme verbundene Verformung durch früher hergestellte Fundamente behindert wird. In diesem Fall darf $s_{r,max}$ gleich der zweifachen Wandhöhe gesetzt werden.

11.3 Begrenzung der Verformungen

11.3.1 Allgemeines

(1) Die Verformungen eines Bauteils oder eines Tragwerks dürfen weder die ordnungsgemäße Funktion noch das Erscheinungsbild des Bauteils selbst oder angrenzender Bauteile (z. B. leichte Trennwände, Verglasungen, Außenwandverkleidungen, haustechnische Anlagen) beeinträchtigen.

(2) Verformungen dürfen die ordnungsgemäße Funktion von Maschinen oder Geräten auf dem Tragwerk nicht beeinträchtigen. Dies wird in dieser Norm nicht behandelt.

(3) In diesem Abschnitt werden nur Verformungen in vertikaler Richtung von biegebeanspruchten Bauteilen behandelt. Dabei wird unterschieden in

— Durchhang: vertikale Bauteilverformung bezogen auf die Verbindungslinie der Unterstützungspunkte,

— Durchbiegung: vertikale Bauteilverformung bezogen auf die Systemlinie des Bauteils (z. B. bei Schalungsüberhöhungen bezogen auf die überhöhte Lage).

(4) Von Fall zu Fall kann es erforderlich sein, auch andere Verformungen außer Biegeverformungen zu betrachten, z. B. Schubverformungen, Verdrehungen und Teilverkürzungen von vertikalen Bauteilen; im Allgemeinen dürfen diese aber vernachlässigt werden.

(5) Die aus dynamischen Einwirkungen resultierenden Verformungen werden in dieser Norm nicht behandelt.

(6) Die Grenzen für die Verformung müssen unter Berücksichtigung der Art des Tragwerks, der Oberflächenausbildung angrenzender Bauteile sowie der Funktion des Tragwerks festgelegt werden. Sofern keine besonderen (erhöhten oder verminderten) Anforderungen vorliegen, gelten die nachfolgenden Richtwerte.

(7) Die folgenden Verformungsgrenzen stellen im Allgemeinen hinreichende Gebrauchseigenschaften von Bauwerken, wie z. B. Wohnbauten, Bürobauten, öffentlichen Bauten und Fabriken, sicher. Sofern besondere Verhältnisse die Verwendung der folgenden Richtwerte für ein bestimmtes Tragwerk einschränken, sind Grenzwerte mit dem Bauherren zu vereinbaren.

(8) Es darf angenommen werden, dass das Erscheinungsbild und die Gebrauchstauglichkeit eines Tragwerks nicht beeinträchtigt werden, wenn der Durchhang eines Balkens, einer Platte oder eines Kragbalkens unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination $1/250$ der Stützweite nicht überschreitet (bei Kragträgern ist für die Stützweite die 2,5fache Kraglänge anzusetzen). In Fällen, in denen der Durchhang weder die Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigt noch besondere Anforderungen an das Erscheinungsbild gestellt werden, darf dieser Wert erhöht werden.

(9) Überhöhungen sind zulässig, um einen Teil oder den gesamten Durchhang auszugleichen. Die Schalungsüberhöhung sollte im Allgemeinen $1/250$ der Stützweite nicht überschreiten.

(10) Schäden an angrenzenden Bauteilen (z. B. an leichten Trennwänden) können auftreten, wenn die nach dem Einbau dieser Bauteile auftretende Durchbiegung einschließlich der zeitabhängigen Verformungen übermäßig groß ist. Als Richtwert für die Begrenzung darf $1/500$ der Stützweite angenommen werden. Diese Grenze darf heraufgesetzt werden, wenn das Bauteil, das Schaden nehmen kann, so bemessen ist, dass größere Durchbiegungen verträglich sind, oder wenn es in der Lage ist, größere Durchbiegungen ohne Schaden aufzunehmen.

DIN 1045-1:2008-08

11.3.2 Nachweis der Begrenzung der Verformungen von Stahlbetonbauteilen ohne direkte Berechnung

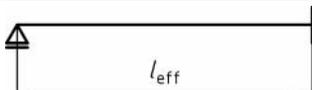
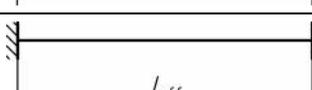
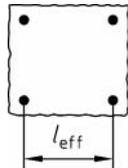
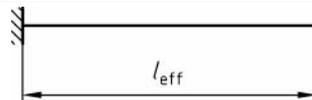
(1) Der Nachweis der Begrenzung der Durchbiegung darf für Stahlbetonbauteile vereinfacht durch eine Begrenzung der Biegeschlankheit l_i / d geführt werden.

(2) Für Deckenplatten des üblichen Hochbaus ist bei Normalbeton im Allgemeinen eine Begrenzung der Biegeschlankheit auf den Wert $l_i / d \leq 35$ ausreichend. Für Deckenplatten des üblichen Hochbaus, an die höhere Anforderungen im Hinblick auf die Begrenzung der Durchbiegung gestellt werden (siehe auch 11.3.1 (10)), sollte jedoch die Biegeschlankheit nicht größer als $l_i / d \leq 150 / l_i$ (mit l_i in m) gewählt werden. Für Leichtbeton sind diese Grenzwerte mit dem Faktor $\eta_E^{0,15}$ (mit η_E nach Tabelle 10) abzumindern.

(3) Bei biegebeanspruchten Bauteilen, deren Durchbiegung vorwiegend durch die im betrachteten Feld wirkende Belastung verursacht wird, darf die Ersatzstützweite mit $l_i = \alpha \cdot l_{\text{eff}}$ in Rechnung gestellt werden. Der Beiwert α kann für häufig vorkommende Anwendungsfälle aus Tabelle 22 entnommen werden. Bei linienförmig gelagerten, rechteckigen Platten ist die kleinere der beiden Ersatzstützweiten l_i maßgebend, bei punktförmig gelagerten Platten (Flachdecken) die größere.

(4) Rand- und Innenfelder durchlaufender Bauteile dürfen nach Tabelle 22, Zeile 2 bzw. 3 behandelt werden, sofern das Verhältnis angrenzender effektiver Stützweiten im Bereich $0,8 < l_{\text{eff},1} / l_{\text{eff},2} < 1,25$ liegt.

Tabelle 22 — Beiwerte α zur Bestimmung der Ersatzstützweite

Spalte	1	2
Zeile	Statisches System	
		$\alpha = l_i / l_{\text{eff}}$
1		1,00
2		0,80
3		0,60
4		Innenfeld 0,70 ^a Randfeld 0,90 ^a
5		2,4

^a Bei Platten mit Beton ab der Festigkeitsklasse C30/37 dürfen diese Werte um 0,1 abgemindert werden.

12 Allgemeine Bewehrungsregeln

12.1 Allgemeines

(1) Die in diesem Abschnitt aufgeführten Festlegungen gelten für Betonstabstähle, Spannglieder und, sofern nicht anders geregelt, für Betonstahlmatten bei vorwiegend ruhenden und nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen. Die besonderen Regelungen für Stabbündel enthält 12.9. Betonstahlmatten mit Doppelstäben sind, sofern nicht anders geregelt, wie Stabbündel zu behandeln.

(2) Die in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit erforderlichen Bewehrungen sind jeweils nach den Festlegungen dieses Abschnitts zu verankern und gegebenenfalls zu stoßen.

(3) Stäbe mit $d_s > 32$ mm dürfen nur in Bauteilen mit einer Mindestdicke von $15 d_s$ verwendet werden.

12.2 Stababstände von Betonstählen

(1) Der Stababstand muss mindestens so groß sein, dass der Beton eingebracht und ausreichend verdichtet werden kann sowie ein ausreichender Verbund zwischen Betonstahl und Beton sichergestellt ist.

(2) Der lichte Abstand (horizontal und vertikal) zwischen parallelen Einzelstäben oder Lagen paralleler Stäbe darf nicht unter 20 mm liegen, muss jedoch mindestens gleich dem Durchmesser des größten Stabes sein. Sofern nicht besondere Maßnahmen zum Einbringen und Verdichten des Betons getroffen werden, dürfen diese Abstände bei einem Größtkorndurchmesser der Gesteinskörnung $d_g > 16$ mm nicht kleiner als $d_g + 5$ mm sein.

(3) *Bei einer Stabanordnung in getrennten horizontalen Lagen sollten die Stäbe jeder einzelnen Lage vertikal übereinander liegen, und es sollten ausreichende Lücken zum Einbringen eines Innenrüttlers vorgesehen werden.*

(4) Für übergreifende Stäbe ist 12.8.1 zu beachten.

12.3 Biegen von Betonstählen

12.3.1 Biegerollendurchmesser

(1) Der kleinste Biegerollendurchmesser eines Stabes muss so festgelegt werden, dass Betonabplatzungen oder Zerstörungen des Betongefüges im Bereich der Biegung und Risse im Bewehrungsstab infolge des Biegens ausgeschlossen werden.

(2) Die Mindestwerte der Biegerollendurchmesser nach Tabelle 23 sind einzuhalten. Bei Leichtbeton sind die Werte um 30 % zu vergrößern.

(3) Für Betonstahlmatten und geschweißte Bewehrung, die nach dem Schweißen gebogen werden, gelten zusätzlich die Mindestwerte der Biegerollendurchmesser nach Tabelle 24.

DIN 1045-1:2008-08

Tabelle 23 — Mindestwerte der Biegerollendurchmesser d_{br}

Spalte		1	2	3	4	5
Zeile		Haken, Winkelhaken, Schlaufen, Bügel		Schrägstäbe oder andere gebogene Stäbe		
		Stabdurchmesser		Mindestwerte der Betondeckung rechtwinklig zur Biegebene		
		$d_s < 20 \text{ mm}$	$d_s \geq 20 \text{ mm}$	$> 100 \text{ mm}$ und $> 7 d_s$	$> 50 \text{ mm}$ und $> 3 d_s$	$\leq 50 \text{ mm}$ oder $\leq 3 d_s$
1	Mindestwerte der Biegerollendurchmesser d_{br}	$4 d_s$	$7 d_s$	$10 d_s$	$15 d_s$	$20 d_s$

Tabelle 24 — Mindestwerte der Biegerollendurchmesser d_{br} für nach dem Schweißen gebogene Bewehrung

Spalte		1	2	3	4
Zeile		vorwiegend ruhende Einwirkungen		nicht vorwiegend ruhende Einwirkungen	
		Schweißung außerhalb des Biegebereiches	Schweißung innerhalb des Biegebereiches	Schweißung auf der Außenseite der Biegung	Schweißung auf der Innenseite der Biegung
1	für $a < 4 d_s$	$20 d_s$	$20 d_s$	$100 d_s$	$500 d_s$
2	für $a \geq 4 d_s$	Werte nach Tabelle 23			
a Abstand zwischen Biegeanfang und Schweißstelle					

12.3.2 Hin- und Zurückbiegen

(1) Das Hin- und Zurückbiegen von Betonstählen stellt für den Betonstahl und den umgebenden Beton eine zusätzliche Beanspruchung dar.

(2) Beim Kaltbiegen von Betonstählen sind die folgenden Bedingungen einzuhalten:

- Der Stabdurchmesser darf höchstens $d_s = 14 \text{ mm}$ sein. Ein Mehrfachbiegen, bei dem das Hin- und Zurückbiegen an derselben Stelle wiederholt wird, ist nicht zulässig.
- Bei vorwiegend ruhenden Einwirkungen muss der Biegerollendurchmesser beim Hinbiegen mindestens $6 d_s$ betragen. Die Bewehrung darf im Grenzzustand der Tragfähigkeit höchstens zu 80 % ausgenutzt werden.
- Bei nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen muss der Biegerollendurchmesser beim Hinbiegen mindestens $15 d_s$ betragen. Die Schwingbreite der Stahlspannung darf 50 N/mm^2 nicht überschreiten.
- Verwehrkästen für Bewehrungsanschlüsse sind so auszubilden, dass sie weder die Tragfähigkeit des Betonquerschnitts noch den Korrosionsschutz der Bewehrung beeinträchtigen.
- Im Bereich der Rückbiegestelle ist die Querkraft auf $0,30 V_{Rd,max}$ bei Bauteilen mit Querkraftbewehrung senkrecht zur Bauteilachse und $0,20 V_{Rd,max}$ bei Bauteilen mit Querkraftbewehrung in einem Winkel $\alpha < 90^\circ$ zur Bauteilachse (mit $V_{Rd,max}$ nach 10.3.4) zu begrenzen; dieser Wert darf vereinfachend mit $\theta = 40^\circ$ ermittelt werden.

(3) Beim Warmhinbiegen und Warmzurückbiegen von Betonstählen sind die folgenden Bedingungen einzuhalten:

- Wird Betonstahl bei der Verarbeitung warm gebogen ($\geq 500\text{ °C}$), so darf er nur mit einer charakteristischen Streckgrenze f_{yk} von 250 N/mm^2 in Rechnung gestellt werden.
- Bei nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen darf die Schwingbreite der Stahlspannung 50 N/mm^2 nicht überschreiten.

(4) Einzelheiten der technischen Ausführung sind z. B. im DBV-Merkblatt „Rückbiegen von Betonstahl und Anforderungen an Verwahrkästen“ enthalten.

12.4 Verbundbedingungen

(1) Die Qualität des Verbunds hängt wesentlich von der Oberflächengestalt des Betonstahls, den Abmessungen des Bauteils sowie der Lage und dem Neigungswinkel der Bewehrung während des Betonierens ab.

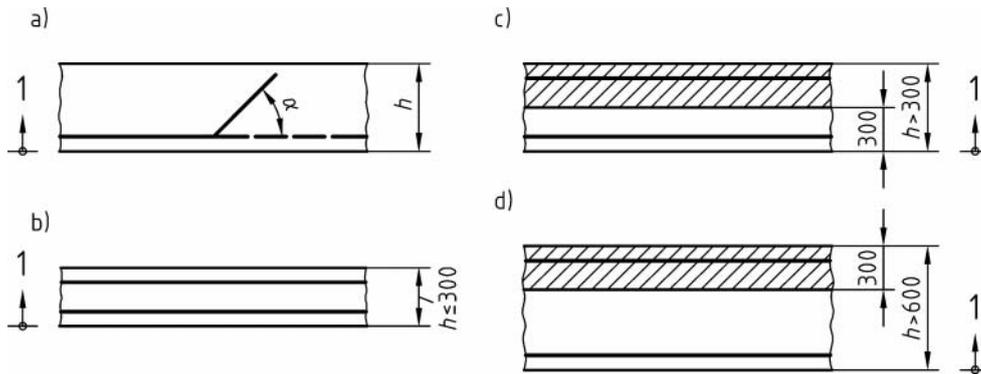
(2) Die Verbundbedingungen sind als gut anzusehen für

- a) alle Stäbe mit einer Neigung α von 45° bis 90° zur Waagerechten während des Betonierens (siehe Bild 54 a)),
- b) alle Stäbe mit einer Neigung α von 0° bis 45° zur Waagerechten während des Betonierens, die
 - in Bauteile eingebaut sind, deren Dicke in Betonierrichtung 300 mm nicht überschreitet (siehe Bild 54 b)),
 - in Bauteile mit einer Dicke größer als 300 mm eingebaut sind und entweder höchstens 300 mm über der Unterkante des Frischbetons (siehe Bild 54 c)) oder mindestens 300 mm unter der Oberseite des Bauteils oder eines Betonierabschnittes liegen (siehe Bild 54 d)),
- c) liegend gefertigte stabförmige Bauteile (z. B. Stützen), die mit einem Außenrüttler verdichtet werden und deren äußere Querschnittsabmessungen 500 mm nicht überschreiten.

(3) In allen anderen Fällen sind die Verbundbedingungen als mäßig anzusehen.

(4) In Bauteilen, die im Gleitbauverfahren hergestellt werden, sind die Verbundbedingungen für alle Stäbe als mäßig anzusehen.

DIN 1045-1:2008-08



Legende

- a) und b) gute Verbundbedingungen für alle Stäbe
- c) und d) Stäbe im nicht schraffierten Bereich: gute Verbundbedingungen
- Stäbe im schraffierten Bereich: mäßige Verbundbedingungen
- 1 Betonierrichtung

Bild 54 — Verbundbedingungen

12.5 Bemessungswert der Verbundspannung

(1) Der Grenzwert der aufnehmbaren Verbundspannung stellt sicher, dass im Grenzzustand der Tragfähigkeit ein ausreichender Sicherheitsabstand gegen das Versagen des Verbunds vorliegt und im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit keine wesentliche Verschiebung zwischen Stahl und Beton auftritt.

(2) Für gute Verbundbedingungen sind die Bemessungswerte der Verbundspannung f_{bd} in Tabelle 25 angegeben. Die Werte in Tabelle 25 ergeben sich mit γ_c nach 5.3.3 aus:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot f_{ctk;0,05} / \gamma_c \tag{139}$$

Für mäßige Verbundbedingungen sind die Werte nach Tabelle 25 mit dem Faktor 0,7 zu multiplizieren.

(3) Bei Leichtbeton sind die Werte f_{bd} der Tabelle 25 mit dem Faktor η_1 nach Tabelle 10 zu multiplizieren.

Tabelle 25 — Bemessungswerte der Verbundspannung f_{bd} bei guten Verbundbedingungen und $d_s \leq 32$ mm

Zeile	Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		Charakteristische Betondruckfestigkeit f_{ck} in N/mm ²														
		12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
1	f_{bd} in N/mm ²	1,6	2,0	2,3	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,3	4,4	4,5	4,7	4,8	4,9	4,9

(4) Bei Stabdurchmessern $d_s > 32$ mm sind die Werte f_{bd} nach Tabelle 25 mit dem Faktor $(132 - d_s)/100$ zu multiplizieren (mit d_s in mm). Bei Leichtbeton muss die Verwendung solcher Stäbe aufgrund von Erfahrungen oder Versuchsergebnissen gerechtfertigt sein. Die Werte f_{bd} nach Tabelle 25 sind dann mit dem Faktor $\eta_1 (132 - d_s) / 100$ zu multiplizieren (η_1 nach Tabelle 10).

(5) Die Werte nach Tabelle 25 dürfen in den folgenden Fällen erhöht werden, wobei nur eine der beiden Möglichkeiten in Ansatz gebracht werden darf.

- a) Ist ein Querdruck p rechtwinklig zur Bewehrungsebene vorhanden, ist eine Erhöhung mit dem Faktor $1/(1 - 0,04 p) \leq 1,5$ zulässig. Für p ist der mittlere Querdruck im Verankerungs- oder Übergreifungsbereich in N/mm^2 einzusetzen.
- b) Falls eine allseitige, durch Bewehrung gesicherte Betondeckung von mindestens $10 d_s$ vorhanden ist, beträgt die zulässige Erhöhung 50 %. Dies gilt nicht für Übergreifungsstöße mit einem Achsabstand der Stöße nach Bild 57 von $s \leq 10 d_s$.

(6) Die Werte nach Tabelle 25 sind um $1/3$ abzumindern, wenn rechtwinklig zur Bewehrungsebene ein Querzug vorhanden ist, der eine Rissbildung parallel zur Bewehrungsstabachse im Verankerungsbereich erwarten lässt.¹³⁾ Wird bei vorwiegend ruhenden Einwirkungen die Breite der Risse parallel zu den Stäben auf $w_k \leq 0,2$ mm begrenzt, darf auf diese Abminderung verzichtet werden.

12.6 Verankerung der Längsbewehrung

12.6.1 Allgemeines zu den Verankerungsarten

(1) Bewehrungsstäbe oder geschweißte Betonstahlmatten müssen so verankert sein, dass ihre Kräfte in den Beton eingeleitet werden und eine Längsrissbildung und ein Abplatzen des Betons im Verankerungsbereich ausgeschlossen sind. Die erforderliche Querbewehrung ist in 12.6.3 geregelt.

(2) Die zulässigen Verankerungsarten zeigt Tabelle 26.

(3) Für Druckbewehrungen sind Haken, Winkelhaken oder Schlaufen nicht zulässig.

(4) Stäbe mit $d_s > 32$ mm müssen als gerade Stäbe oder mit Ankerkörpern verankert werden.

(5) Zur Einleitung konzentrierter Verankerungskräfte in den Beton siehe 13.9.

(6) Sofern rechnerisch nicht nachweisbar, sind Ankerkörper durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen zu regeln.

12.6.2 Verankerungslänge

(1) Das Grundmaß der Verankerungslänge ist die gerade Verankerungslänge, die für die Verankerung der Stabkraft $F_{sd} = A_s \cdot f_{yd}$ (mit $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$) bei Annahme einer über die Verankerungslänge und den Stabumfang konstanten Verbundspannung f_{bd} nach 12.5 erforderlich ist.

(2) Das Grundmaß der Verankerungslänge für die Verankerung eines Einzelstabes ist:

$$l_b = \frac{d_s}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \quad (140)$$

(3) Die erforderliche Verankerungslänge darf berechnet werden aus:

$$l_{b,net} = \alpha_a \cdot l_b \cdot \frac{A_{s,erf}}{A_{s,vorh}} \geq l_{b,min} \quad (141)$$

13) Beispiele enthält DAfStb-Heft 525.

DIN 1045-1:2008-08

Dabei ist

$A_{s,erf}$, $A_{s,vorh}$ die rechnerisch erforderliche bzw. die vorhandene Querschnittsfläche der Bewehrung;

$l_{b,min}$ der Mindestwert der Verankerungslänge:

$$l_{b,min} = 0,3 \cdot \alpha_a \cdot l_b \geq 10 d_s \quad \text{für Verankerungen von Zugstäben;}$$

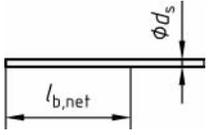
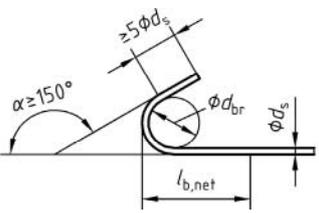
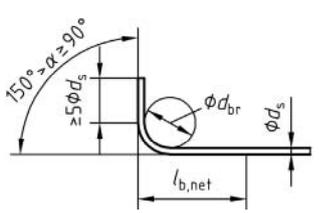
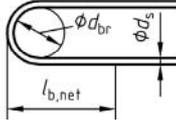
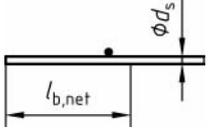
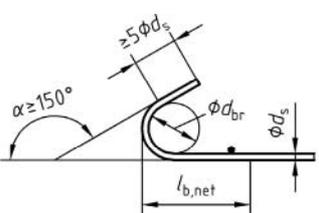
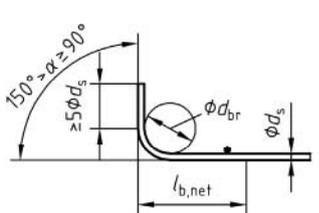
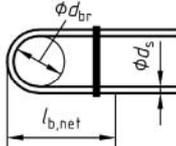
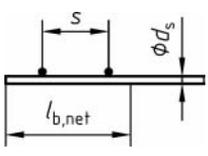
$$l_{b,min} = 0,6 \cdot l_b \geq 10 d_s \quad \text{für Verankerungen von Druckstäben.}$$

α_a der Beiwert zur Berücksichtigung der Wirksamkeit der Verankerungsarten nach Tabelle 26.

(4) Die für die Zugkraftdeckung erforderlichen Verankerungslängen von Betonstahl sind in 13.2.2 geregelt.

(5) Für die Verankerung von Spanngliedern im sofortigen Verbund gilt 8.7.6.

Tabelle 26 — Zulässige Verankerungsarten von Betonstahl

1	Art und Ausbildung der Verankerung	2		3	
		Beiwert α_a^c			
		Zugstäbe ^a		Druckstäbe	
1	a) Gerade Stabenden 	1,0		1,0	
2	b) Haken  c) Winkelhaken  d) Schlaufen 	0,7 ^b (1,0)		—	
3	e) Gerade Stabenden mit mindestens einem angeschweißten Stab innerhalb $l_{b,net}$ 	0,7		0,7	
4	f) Haken  g) Winkelhaken  h) Schlaufen (Draufsicht)  mit jeweils mindestens einem angeschweißten Stab innerhalb $l_{b,net}$ vor dem Krümmungsbeginn	0,5 (0,7)		—	
5	i) Gerade Stabenden mit mindestens zwei angeschweißten Stäben innerhalb $l_{b,net}$ (Stababstand $s < 100$ mm und $\geq 5 d_s$ und ≥ 50 mm) nur zulässig bei Einzelstäben mit $d_s \leq 16$ mm und bei Doppelstäben mit $d_s \leq 12$ mm 	0,5		0,5	
<p>^a Die in Spalte 2 in Klammern angegebenen Werte gelten, wenn im Krümmungsbereich rechtwinklig zur Krümmungsebene die Betondeckung weniger als $3 d_s$ beträgt oder kein Querdruck oder keine enge Verbügelung vorhanden ist.</p> <p>^b Bei Schlaufenverankerungen mit Biegerollendurchmesser $d_{br} \geq 15 d_s$ darf der Wert α_a auf 0,5 reduziert werden.</p> <p>^c Für aufgeschweißte Querstäbe mit $d_{s,quer}/d_{s,l} \geq 0,7$ sind die Verbindungen als tragende Verbindungen auszuführen.</p>					

DIN 1045-1:2008-08**12.6.3 Erforderliche Querbewehrung**

(1) Im Verankerungsbereich von Bewehrungsstäben müssen die infolge einer Sprengwirkung auftretenden örtlichen Querspannungen im Beton durch Querbewehrung aufgenommen werden.

(2) Die Anforderung nach Absatz (1) gilt als erfüllt, wenn

— konstruktive Maßnahmen oder andere günstige Einflüsse (z. B. Querdruck) ein Spalten des Betons verhindern,

— die nach Abschnitt 13 mindestens erforderlichen Bügel (bei Balken und Stützen) oder Querbewehrungen (bei Platten oder Wänden) angeordnet werden.

(3) Bei Stabdurchmessern $d_s > 32$ mm ohne Querdruck im Verankerungsbereich ist eine zusätzliche Querbewehrung nach Bild 55 erforderlich. Sie darf nicht geringer sein als nachstehend festgelegt:

a) parallel zur Bauteiloberfläche:

$$A_{st} = n_1 \cdot 0,25 \cdot A_s \quad (142)$$

b) rechtwinklig zur Bauteiloberfläche:

$$A_{sv} = n_2 \cdot 0,25 \cdot A_s \quad (143)$$

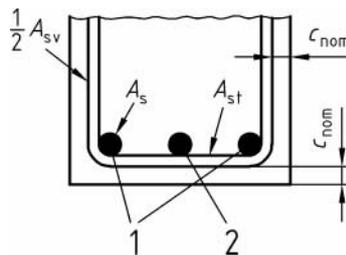
Dabei ist

A_s die Querschnittsfläche eines verankerten Stabes;

n_1 die Anzahl der Bewehrungslagen, die im gleichen Schnitt verankert werden;

n_2 die Anzahl der Bewehrungsstäbe, die in jeder Lage verankert werden.

Die Querbewehrung muss in Abständen, die näherungsweise dem fünffachen Stabdurchmesser der verankerten Bewehrung entsprechen, gleichmäßig über den Verankerungsbereich verteilt sein¹⁴⁾.

**Legende**

- 1 verankerte Bewehrungsstäbe
2 durchlaufender Bewehrungsstab

Bild 55 — Zusatzbewehrung im Verankerungsbereich ohne Querdruck bei Stabdurchmessern $d_s > 32$ mm

14) Weitere konstruktive Hinweise enthält DAfStb-Heft 525.

12.7 Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung

(1) Bügel und Querkraftbewehrungen müssen mit Hilfe von Haken oder Winkelhaken oder durch angeschweißte Querbewehrung nach Bild 56 a) bis Bild 56 d) verankert werden.

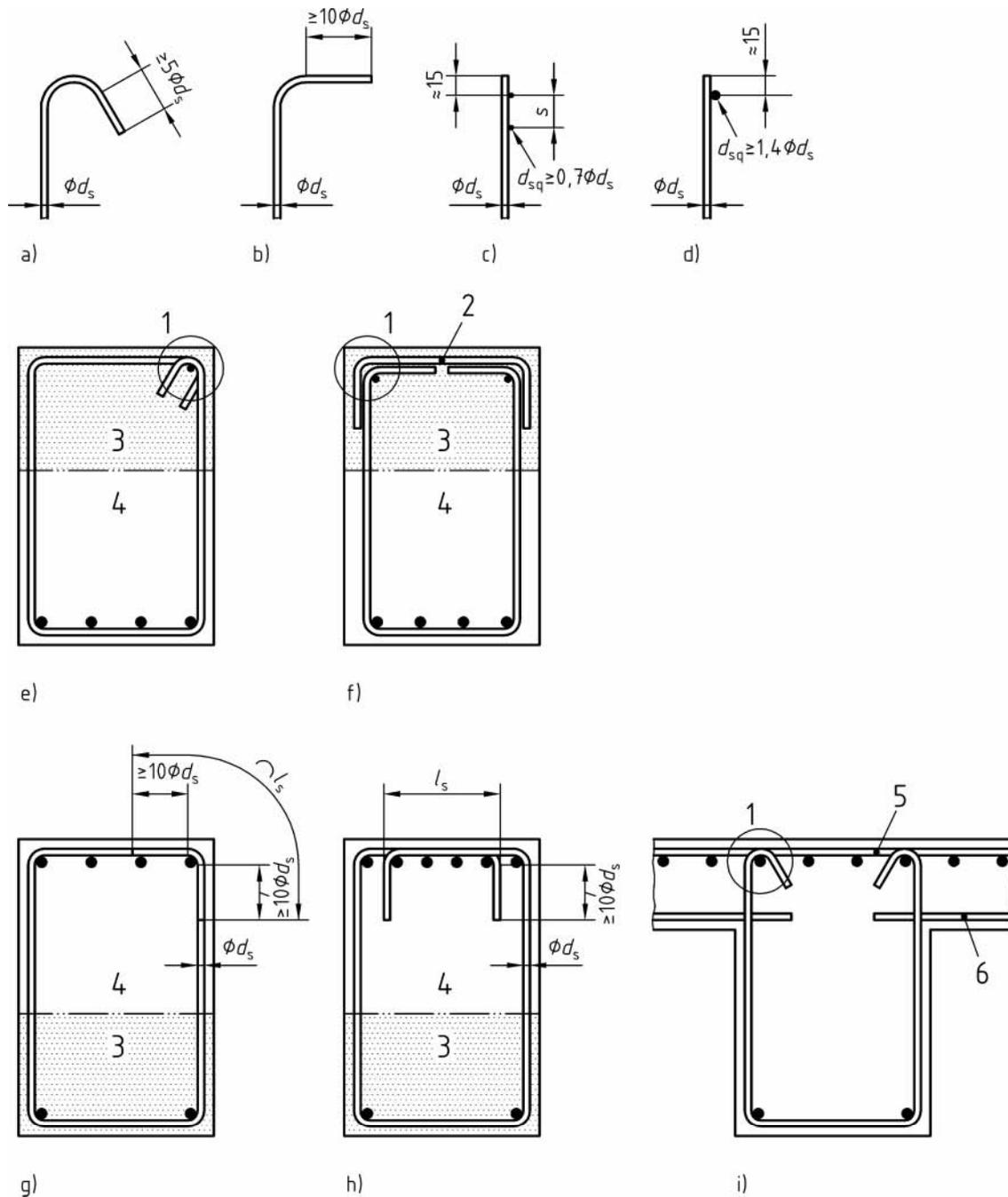
(2) Die Verankerung muss in der Druckzone zwischen dem Schwerpunkt der Druckzonenfläche und dem Druckrand erfolgen; dies gilt im Allgemeinen als erfüllt, wenn die Querkraftbewehrung über die ganze Querschnittshöhe reicht. In der Zugzone müssen die Verankerungselemente möglichst nahe am Zugrand angeordnet werden. Bügel müssen die Zugbewehrung umfassen.

(3) Eine Verankerung in der Druck- oder Zugzone mit angeschweißten Querstäben nach Bild 56 c) und Bild 56 d) ist nur zulässig, wenn durch eine ausreichende Betondeckung die Sicherheit gegenüber Abplatzen sichergestellt ist. Dies gilt als erfüllt, wenn die seitliche Betondeckung c_{\min} der Bügel im Verankerungsbereich mindestens $3 d_s$ (d_s Stabdurchmesser der Bügelbewehrung) und mindestens 50 mm beträgt, bei geringeren Betondeckungen ist die ausreichende Sicherheit durch Versuche nachzuweisen.

(4) Bei Balken sind die Bügel in der Druckzone nach Bild 56 e) oder Bild 56 f), in der Zugzone nach Bild 56 g) oder Bild 56 h) zu schließen.

(5) *Bei Plattenbalken dürfen die für die Querkrafttragfähigkeit erforderlichen Bügel im Bereich der Platte mittels durchgehender Querstäbe nach Bild 56 i) geschlossen werden, wenn der Bemessungswert der Querkraft V_{Ed} höchstens $2/3$ der maximalen Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,max}$ nach 10.3.4 beträgt.*

DIN 1045-1:2008-08



Legende

- | | | | |
|----|--|-----------|--|
| 1 | Verankerungselemente nach a) und b) | c) | gerade Stabenden mit zwei angeschweißten Querstäben. Dabei gilt: $s \geq 2 d_s$ und ≥ 20 mm und ≤ 50 mm. |
| 2 | Kappenbügel | d) | gerade Stabenden mit einem angeschweißten Querstab |
| 3 | Betondruckzone | e) und f) | Schließen in der Druckzone |
| 4 | Betonzugzone | g) und h) | Schließen in der Zugzone (l_s nach 12.8.2 mit $\alpha_a = 0,7$, falls am Bügelende Haken oder Winkelhaken angeordnet werden) |
| 5 | obere Querbewehrung | i) | Schließen bei Plattenbalken im Bereich der Platte |
| 6 | untere Bewehrung der anschließenden Platte | | |
| a) | Haken | | |
| b) | Winkelhaken | | |

Bild 56 — Verankerung und Schließen von Bügeln

12.8 Stöße

12.8.1 Allgemeines

(1) Stöße sind durch mechanische Verbindungen oder Schweißen (direkte Stöße) oder indirekt durch Übergreifen der Betonstäbe (Übergreifungsstöße) auszubilden.

(2) Die Ausbildung der Übergreifungsstöße muss so ausgeführt werden, dass:

- die Kraftübertragung zwischen den gestoßenen Stäben sichergestellt ist,
- im Bereich der Stöße keine Betonabplatzungen auftreten,
- die Rissbreite am Stoßende die in 11.2 angegebenen Werte nicht übersteigt.

(3) Übergreifungsstöße mit Stäben $d_s > 32$ mm sind nur in Bauteilen zulässig, die überwiegend auf Biegung beansprucht werden.

(4) Übergreifungsstöße sollten möglichst versetzt angeordnet werden und Vollstöße (Anteil der ohne Längsversatz gestoßenen Stäbe am Querschnitt einer Bewehrungslage gleich 100 %) nicht in hochbeanspruchten Bereichen liegen.

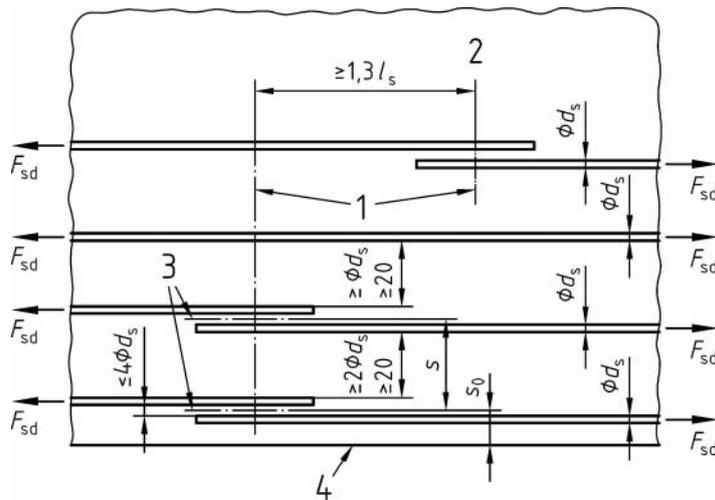
(5) Bei einer Schnittgrößenermittlung nach 8.4 oder 8.5 sind Stöße in plastischen Zonen nicht gestattet.

(6) Für die lichten Stababstände im Bereich des Übergreifungsstoßes und für den Längsversatz der Stöße gelten die Werte nach Bild 57. Übergreifungsstöße gelten als längsversetzt, wenn der Längsabstand der Stoßmitten mindestens der 1,3fachen Übergreifungslänge l_s nach Gleichung (144) entspricht.

(7) Mechanische Stoßverbindungen sind durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen geregelt.

(8) Druckstäbe mit $d_s \geq 20$ mm dürfen in Stützen durch Kontaktstoß der Stabstirnflächen gestoßen werden, wenn sie beim Betonieren lotrecht stehen, die Stützen an beiden Enden unverschieblich gehalten sind und die gestoßenen Stäbe auch unter Berücksichtigung einer Beanspruchung nach 8.6 zwischen den gehaltenen Stützenenden nur Druck erhalten. Der zulässige Stoßanteil beträgt dabei maximal 50 % und ist gleichmäßig über den Querschnitt zu verteilen. Die Querschnittsfläche der nicht gestoßenen Bewehrung muss mindestens 0,8 % des statisch erforderlichen Betonquerschnitts betragen. Die Stöße sind in den äußeren Vierteln der Stützenlänge anzuordnen. Der Längsversatz der Stöße muss mindestens $1,3 l_b$ betragen (l_b nach Gleichung (140)). Die Stabstirnflächen müssen rechtwinklig zur Längsachse hergestellt und entgratet sein. Ihr mittiger Sitz ist durch eine feste Führung zu sichern, die die Stoßfuge vor dem Betonieren teilweise sichtbar lässt.

DIN 1045-1:2008-08



Legende

- 1 Stoßmitten
- 2 Längsversatz zweier Stöße
- 3 Stoßachsen
- 4 Bauteilrand

Bild 57 — Längsversatz und Querabstand der Bewehrungsstäbe im Stoßbereich

12.8.2 Übergreifungslänge

(1) Die Übergreifungslänge darf folgenden Wert nicht unterschreiten:

$$l_s = l_{b,\text{net}} \cdot \alpha_1 \geq l_{s,\text{min}} \quad (144)$$

Dabei ist

$l_{b,\text{net}}$ die Verankerungslänge nach Gleichung (141);

α_1 der Beiwert für die Übergreifungslänge nach Tabelle 27;

$l_{s,\text{min}}$ der Mindestwert der Übergreifungslänge mit

$$l_{s,\text{min}} = 0,3 \cdot \alpha_a \cdot \alpha_1 \cdot l_b \quad \begin{array}{l} \geq 15 d_s, \\ \geq 200 \text{ mm;} \end{array}$$

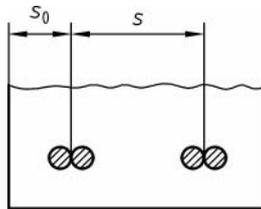
α_a der Beiwert nach Tabelle 26, Zeile 1 oder Zeile 2 (d. h. der Einfluss von angeschweißten Querstäben darf nicht angesetzt werden);

l_b das Grundmaß der Verankerungslänge nach Gleichung (140).

(2) Ist der lichte Abstand der gestoßenen Stäbe größer als $4 d_s$ (siehe Bild 57), so muss die Übergreifungslänge um die Differenz zwischen dem vorhandenen lichten Stababstand und $4 d_s$ vergrößert werden.

Tabelle 27 — Beiwerte α_1 für die Übergreifungslänge

Zeile	Spalte		1	2
			Anteil der ohne Längsversatz gestoßenen Stäbe am Querschnitt einer Bewehrungslage	
			$\leq 33\%$	$> 33\%$
1	Zugstoß	$d_s < 16\text{ mm}$	1,2 ^a	1,4 ^a
2		$d_s \geq 16\text{ mm}$	1,4 ^a	2,0 ^b
3	Druckstoß		1,0	1,0
^a Falls $s \geq 10 d_s$ und $s_0 \geq 5 d_s$ (siehe Bild 58) gilt $\alpha_1 = 1,0$				
^b Falls $s \geq 10 d_s$ und $s_0 \geq 5 d_s$ (siehe Bild 58) gilt $\alpha_1 = 1,4$				

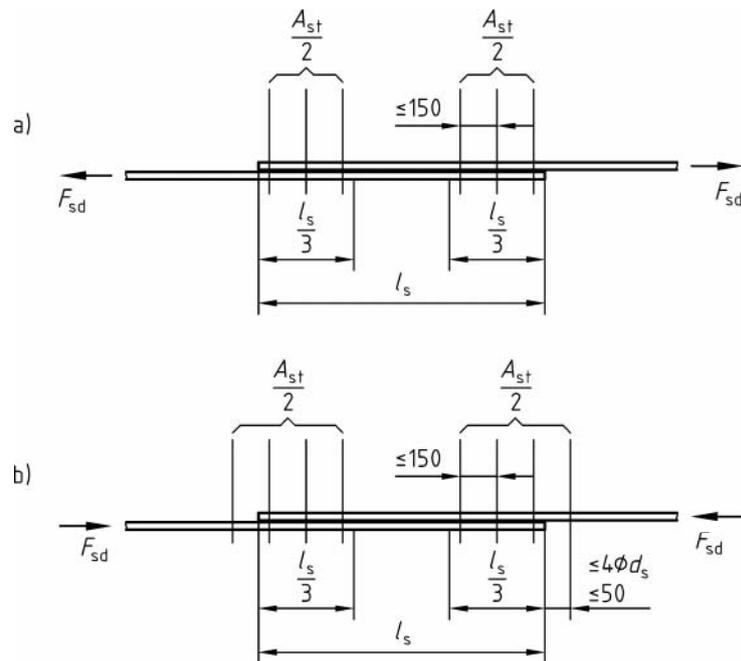
Bild 58 — Definition der Abstände s und s_0 zur Ermittlung des Beiwertes α_1

12.8.3 Querbewehrung

(1) Im Bereich von Übergreifungsstößen muss eine Querbewehrung entsprechend den nachfolgenden Anforderungen angeordnet werden:

- Die Querbewehrung muss eine Gesamtquerschnittsfläche haben, die nicht geringer ist als die Querschnittsfläche A_s eines gestoßenen Stabes ($\Sigma A_{st} \geq 1,0 A_s$, siehe Bild 59). Für Stöße nach 12.8.2 (2) gilt diese Regelung für jeden gestoßenen Stab.
- Die Querbewehrung in vorwiegend biegebeanspruchten Bauteilen muss bügelartig ausgebildet werden, falls $s \leq 10 d_s$ ist (siehe Bild 58), anderenfalls darf sie gerade sein.
- In flächenartigen Bauteilen muss die Querbewehrung ebenfalls bügelartig ausgebildet werden, falls $s \leq 7 d_s$ ist; sie darf jedoch auch gerade sein, wenn die Übergreifungslänge l_s nach 12.8.2 um 30 % erhöht wird.
- Sofern der Abstand der Stoßmitten benachbarter Stöße mit geraden Stabenden in Längsrichtung etwa $0,5 l_s$ beträgt, ist kein bügelartiges Umfassen der Längsbewehrung notwendig.
- Die Querbewehrung muss zwischen der Längsbewehrung und der Betonoberfläche angeordnet sein. Die Querbewehrung muss nach Bild 59 verteilt sein.

DIN 1045-1:2008-08

**Legende**

- a) Zugstäbe
- b) Druckstäbe

Bild 59 — Querbewehrung für Übergreifungsstöße

(2) Wenn der Durchmesser d_s der gestoßenen Stäbe kleiner als 16 mm bei Betonfestigkeitsklassen bis C55/67 bzw. LC45/50 und kleiner als 12 mm bei Betonfestigkeitsklassen ab C60/75 bzw. LC50/55 ist, oder wenn der Anteil gestoßener Stäbe in einem beliebigen Querschnitt höchstens 20 % beträgt, dann darf die nach Abschnitt 13 vorhandene Querbewehrung als ausreichend angesehen werden.

(3) In vorwiegend biegebeanspruchten Bauteilen ab der Festigkeitsklasse C70/85 sind die Übergreifungsstöße durch Bügel zu umschließen, wobei die Summe der Querschnittsfläche der orthogonalen Schenkel gleich der erforderlichen Querschnittsfläche der gestoßenen Längsbewehrung sein muss.

(4) Werden bei einer mehrlagigen Bewehrung mehr als 50 % des Querschnitts der einzelnen Lagen in einem Schnitt gestoßen, sind die Übergreifungsstöße durch Bügel zu umschließen, die für die Kraft aller gestoßenen Stäbe zu bemessen sind.

12.8.4 Stöße von Betonstahlmatten in zwei Ebenen

(1) Betonstahlmatten mit einem Bewehrungsquerschnitt $a_s \leq 12 \text{ cm}^2/\text{m}$ dürfen stets ohne Längsversatz gestoßen werden. Vollstöße von Matten mit größerem Bewehrungsquerschnitt sind nur in der inneren Lage bei mehrlagiger Bewehrung zulässig, wobei der gestoßene Anteil nicht mehr als 60 % des erforderlichen Bewehrungsquerschnitts betragen darf.

(2) Die Übergreifungslänge (siehe Bild 60 a)) darf folgenden Wert nicht unterschreiten:

$$l_s = l_b \cdot \alpha_2 \cdot \frac{a_{s,erf}}{a_{s,vorh}} \geq l_{s,min} \quad (145)$$

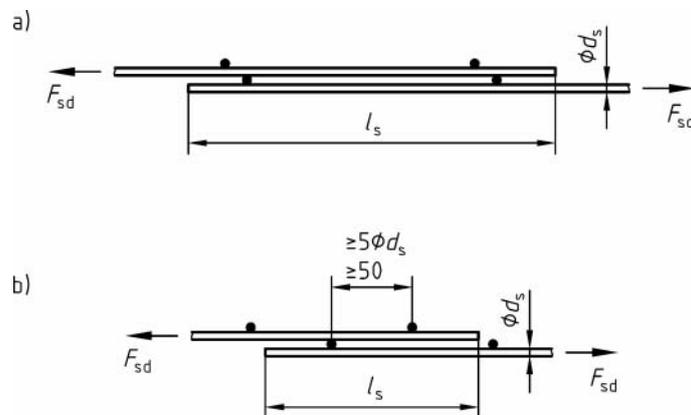
Dabei ist

- l_b das Grundmaß der Verankerungslänge nach Gleichung (140);
- α_2 der Beiwert zur Berücksichtigung des Mattenquerschnitts mit
 $\alpha_2 = 0,4 + a_{s,vorh}/8$ mit $1,0 \leq \alpha_2 \leq 2,0$;
- $a_{s,erf}$ die erforderliche Querschnittsfläche der Bewehrung im betrachteten Schnitt in cm^2/m ;
- $a_{s,vorh}$ die vorhandene Querschnittsfläche der Bewehrung im betrachteten Schnitt in cm^2/m ;
- $l_{s,min}$ der Mindestwert der Übergreifungslänge mit
 $l_{s,min} = 0,3 \alpha_2 \cdot l_b \geq s_q$
 $\geq 200 \text{ mm}$;
- s_q der Abstand der geschweißten Querstäbe.

(3) Bei mehrlagiger Bewehrung sind die Stöße der einzelnen Lagen stets mindestens um die 1,3fache Übergreifungslänge in Längsrichtung gegeneinander zu versetzen.

(4) Eine zusätzliche Querbewehrung im Stoßbereich ist nicht erforderlich.

(5) Die Querbewehrung in Platten und Wänden nach 13.3.2 (2) bzw. 13.7.1 (5) darf an einer Stelle gestoßen werden. Die Mindestwerte der Übergreifungslänge sind in Tabelle 28 angegeben, wobei innerhalb l_s mindestens zwei Stäbe der Längsbewehrung nach Bild 60 b) vorhanden sein müssen.



Legende

- a) Zwei-Ebenen-Stoß von Betonstahlmatten
 b) Übergreifungsstoß der Querbewehrung

Bild 60 — Beispiel für Übergreifungsstöße von geschweißten Betonstahlmatten

DIN 1045-1:2008-08

Tabelle 28 — Mindestübergreifungslängen der Querstäbe

Zeile	Spalte	1	2	3	4
		Stabdurchmesser der Querstäbe			
		$d_s \leq 6 \text{ mm}$	$d_s > 6 \text{ mm}$ $\leq 8,5 \text{ mm}$	$d_s > 8,5 \text{ mm}$ $\leq 12 \text{ mm}$	$d_s > 12 \text{ mm}$
1	Mindestübergreifungslängen der Querstäbe	$\geq s_1$ $\geq 150 \text{ mm}$	$\geq s_1$ $\geq 250 \text{ mm}$	$\geq s_1$ $\geq 350 \text{ mm}$	$\geq s_1$ $\geq 500 \text{ mm}$
s_1 Stababstand der Längsstäbe					

12.9 Stabbündel

(1) Stabbündel bestehen aus zwei oder drei Einzelstäben mit $d_s \leq 28 \text{ mm}$, die sich berühren und die bei der Montage und dem Betonieren durch geeignete Maßnahmen zusammengehalten werden.

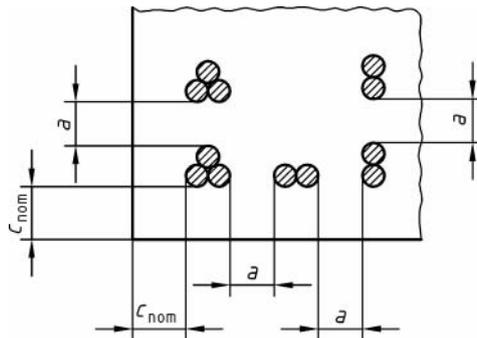
(2) Wird nachfolgend nichts anderes bestimmt, gelten 12.1 bis 12.8 unverändert, sofern bei allen Nachweisen, bei denen der Stabdurchmesser eingeht, anstelle des Einzelstabdurchmessers d_s der Vergleichsdurchmesser d_{sV} eingesetzt wird. Der Vergleichsdurchmesser d_{sV} ist der Durchmesser eines mit dem Bündel flächengleichen Einzelstabes und ergibt sich für ein Bündel aus n Einzelstäben gleichen Durchmessers d_s zu

$$d_{sV} = d_s \cdot \sqrt{n} \quad (146)$$

(3) Der Vergleichsdurchmesser darf in Bauteilen mit überwiegendem Zug (Dehnungsnulllinie außerhalb des Querschnitts) den Wert $d_{sV} = 36 \text{ mm}$ nicht überschreiten.

(4) Ab der Betonfestigkeitsklasse C70/85 ist der Vergleichsdurchmesser auf $d_{sV} = 28 \text{ mm}$ zu begrenzen, sofern keine genaueren Untersuchungsergebnisse vorliegen.

(5) Für die Anordnung der Stäbe im Bündel sowie die Mindestmaße für Betondeckung und lichte Abstände der Stabbündel gilt Bild 61. Für das Nennmaß der Betondeckung gelten die Regeln in 6.3.



Legende

$$a \geq d_{sV}$$

$a \geq 20 \text{ mm}$; im Übrigen gilt 12.2 (2)

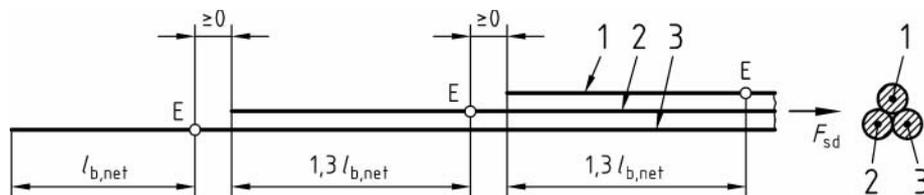
Bild 61 — Anordnung, Mindestabstände und Betondeckung bei Stabbündeln

(6) Bei der Verankerung von Stabbündeln sind die Enden der Einzelstäbe gegeneinander zu versetzen (siehe Bild 62 und Bild 63). Ausgenommen sind hiervon zugbeanspruchte Stabbündel, die unabhängig von d_{sV} , über direkten End- und Zwischenauflagern enden dürfen und zugbeanspruchte Stabbündel mit $d_{sV} \leq 28$ mm, die auch vor den Auflagern ohne Längsversatz der Einzelstäbe an einer Stelle enden dürfen.

(7) Bei einer Verankerung der Stäbe nach Bild 62 ist für die Berechnung der Verankerungslänge der Durchmesser des Einzelstabes d_s einzusetzen.

(8) Bei einer Verankerung der Stäbe nach Bild 63 ist für die Berechnung der Verankerungslänge der Vergleichsdurchmesser d_{sV} einzusetzen.

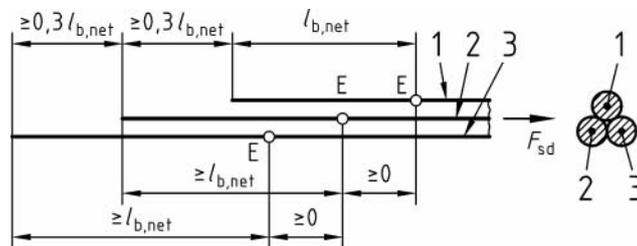
(9) Bei druckbeanspruchten Stabbündeln dürfen alle Stäbe an einer Stelle enden. Ab einem Vergleichsdurchmesser $d_{sV} > 28$ mm sind im Bereich der Bündelenden mindestens vier Bügel mit $d_s = 12$ mm anzuordnen, sofern der Spitzendruck nicht durch andere Maßnahmen (z. B. Anordnung der Stabenden innerhalb einer Deckenscheibe) aufgenommen wird; in diesem Fall genügt es, einen Bügel außerhalb des Verankerungsbereichs anzuordnen.



Legende

1 bis 3 Einzelstäbe des Stabbündels

Bild 62 — Verankerung von Stabbündeln bei auseinandergezogenen rechnerischen Endpunkten E



Legende

1 bis 3 Einzelstäbe des Stabbündels

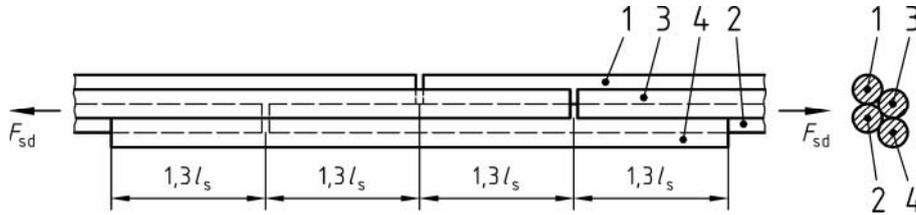
Bild 63 — Verankerung von Stabbündeln bei dicht beieinander liegenden rechnerischen Endpunkten E

(10) Die Übergreifungslänge l_s ist nach 12.8.2 zu ermitteln. Stabbündel aus zwei Stäben mit $d_{sV} \leq 28$ mm dürfen ohne Längsversatz der Einzelstäbe gestoßen werden; für die Berechnung von l_s ist dann d_{sV} zugrunde zu legen.

(11) Bei Stabbündeln aus zwei Stäben mit $d_{sV} > 28$ mm und bei Stabbündeln aus drei Stäben sind die Einzelstäbe stets um mindestens $1,3 l_s$ in Längsrichtung versetzt zu stoßen (siehe Bild 64), wobei jedoch in jedem Schnitt eines gestoßenen Bündels höchstens vier Stäbe vorhanden sein dürfen; für die Berechnung von l_s ist dann der Durchmesser des Einzelstabes einzusetzen.

DIN 1045-1:2008-08

(12) Bei Leichtbeton sollten Stabbündel nur dann Verwendung finden, wenn ihr Einsatz aufgrund von Erfahrungen oder Versuchsergebnissen gerechtfertigt ist. Der Durchmesser eines Einzelstabes darf hierbei 20 mm nicht überschreiten.

**Legende**

- 1 bis 3 Einzelstäbe des Stabbündels
4 Zulagestab

Bild 64 — Zulage eines Stabes bei einem Bündel aus drei Stäben für einen zugbeanspruchten Übergreifungsstoß

12.10 Spannglieder**12.10.1 Allgemeines**

- (1) Die nachfolgenden Regeln gelten, sofern in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen keine anderen Werte gefordert werden.
- (2) Die Abstände der Spannglieder müssen so festgelegt werden, dass das Einbringen und Verdichten des Betons einwandfrei möglich ist.
- (3) Zwischen im Verbund liegenden Spanngliedern und verzinkten Einbauteilen oder verzinkter Bewehrung müssen mindestens 20 mm Beton vorhanden sein; außerdem darf keine metallische Verbindung bestehen.

12.10.2 Spannglieder im sofortigen Verbund

- (1) Für Vorspannung mit sofortigem Verbund ist die Verwendung von glatten Drähten nicht zulässig.
- (2) Der horizontale und vertikale lichte Mindestabstand einzelner Spannglieder ist in Bild 65 dargestellt.

Maße in Millimeter

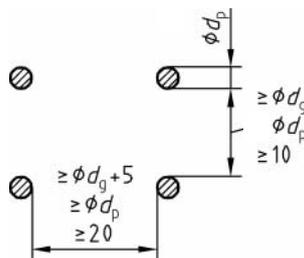


Bild 65 — Lichter Mindestabstand für Spannglieder im sofortigen Verbund

- (3) Eine Bündelung von Spanngliedern ist in Bereichen außerhalb der Verankerungszone zulässig, wenn das Einbringen und Verdichten des Betons einwandfrei möglich ist.
- (4) Spannglieder aus gezogenen Drähten oder Litzen dürfen nach dem Spannen umgelenkt werden oder im umgelenkten Zustand vorgespannt werden, wenn sie dabei im Bereich der Krümmung keine Bewegung erfahren und das Verhältnis aus Biegeradius und Spannglieddurchmesser mindestens 15 beträgt.

(5) Im Verankerungsbereich ist eine enge Querbewehrung nach 13.9 zur Aufnahme der aus den Verankerungskräften hervorgerufenen Spaltzugkräfte anzuordnen. Darauf darf bei einfachen Fällen (z. B. Spannbetonhohlplatten) verzichtet werden, wenn die Spaltzugspannung den Wert $f_{ctk;0,05}/\gamma_c$ (mit γ_c für unbewehrten Beton nach 5.3.3 (8)) nicht überschreitet.

(6) Für die Verankerung von Spanngliedern im sofortigen Verbund gilt 8.7.6.

12.10.3 Spannglieder im nachträglichen Verbund

Der lichte Abstand zwischen den Hüllrohren muss mindestens das 0,8fache des äußeren Hüllrohrdurchmessers, jedoch nicht weniger als 40 mm vertikal und 50 mm horizontal betragen, wobei die Absolutmaße auch für rechteckige Hüllrohre gelten.

12.10.4 Spannglieder ohne Verbund

(1) Der Abstand extern geführter Spannglieder wird durch Austauschbarkeit und Inspizierbarkeit bestimmt. Für intern geführte Spannglieder gilt 12.10.3.

(2) *Eine Bündelung interner Spannglieder ist in Bereichen außerhalb der Verankerungszonen zulässig, wenn das Einbringen und Verdichten des Betons einwandfrei möglich und die Aufnahme der Umlenkkräfte sichergestellt ist.*

(3) *Die folgenden Mindestkrümmungsradien von Monolitzen sollten eingehalten werden:*

- für Monolitzen mit dem Durchmesser 13 mm: 1,70 m,
- für Monolitzen mit dem Durchmesser 15 mm: 2,50 m.

(4) *Verankerungs- und Umlenkstellen externer Spannglieder sollten so ausgebildet werden, dass sie ein Auswechseln des Spannglieds ohne Beschädigung von Tragwerksteilen erlauben, sofern dies nicht ausdrücklich anders festgelegt wurde.*

(5) Kritische Querschwingungen extern geführter Spannglieder infolge von Nutzlasten, Wind oder anderer Ursachen sind durch geeignete Maßnahmen auszuschließen.

(6) *Planmäßige Umlenkungen eines Spannglieds bis zu einem Winkel von 0,0175 rad sind ohne Umlenksättel ausführbar, sofern dies in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des Spannverfahrens nicht ausgeschlossen ist.*

(7) *Bei Platten mit $h \leq 450$ mm bei Vorspannung mit Monolitzen und vorhandener fixierter oberer und unterer Betonstahlbewehrungslage ist es ausreichend, die Monolitzen jeweils an mindestens zwei Stellen mit einer der Betonstahlbewehrungslagen in geeigneter Weise zu verbinden, wenn für den Abstand a*

- *zwischen den Fixierungen im Stützbereich $300 \text{ mm} \leq a \leq 1\,000 \text{ mm}$,*
- *zwischen der Spanngliedverankerung und der Verbindung mit der oberen Betonstahlbewehrungslage $a \leq 1\,500 \text{ mm}$,*
- *zwischen der Spanngliedverankerung und der Verbindung mit der unteren Betonstahlbewehrungslage oder zwischen den Verbindungen mit der unteren und der oberen Betonstahlbewehrungslage $a \leq 3\,000 \text{ mm}$*

eingehalten werden und in diesen Bereichen die Plattenunterseite oder Plattenoberseite eben ist.

DIN 1045-1:2008-08**12.10.5 Spanngliedkopplungen**

(1) Spanngliedkopplungen müssen so angeordnet werden, dass die Tragfähigkeit des Bauteils nicht beeinträchtigt wird und dass bei unverschieblichen Kopplungen die Zwischenverankerungen im Bauzustand ordnungsgemäß vorgenommen werden können.

(2) *Im Allgemeinen sollten Kopplungen in Bereichen außerhalb von Zwischenauflagern möglichst in Bereichen geringer Beanspruchung liegen.*

(3) *Eine Kopplung von mehr als 70 % der Spannglieder in einem Querschnitt sollte bei nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen vermieden werden.*

13 Konstruktionsregeln**13.1 Überwiegend biegebeanspruchte Bauteile****13.1.1 Mindestbewehrung und Höchstbewehrung**

(1) Die Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens nach 5.3.2 ist für das Rissmoment (bei Vorspannung ohne Anrechnung der Vorspannkraft) mit dem Mittelwert der Zugfestigkeit des Betons f_{ctm} nach Tabelle 9 und Tabelle 10 und einer Stahlspannung $\sigma_s = f_{yk}$ zu berechnen.

(2) *Auf die Mindestbewehrung nach Absatz (1) darf bei Spannbetonbauteilen ein Drittel der Querschnittsfläche der im Verbund liegenden Spannglieder angerechnet werden, wenn mindestens zwei Spannglieder vorhanden sind. Es dürfen nur Spannglieder angerechnet werden, die nicht mehr als $0,2 h$ oder 250 mm (der kleinere Wert ist maßgebend) von der Betonstahlbewehrung entfernt liegen. Dabei ist die anrechenbare Spannung im Spann Stahl auf f_{yk} des Betonstahls begrenzt.*

(3) Die Mindestbewehrung ist gleichmäßig über die Breite sowie anteilmäßig über die Höhe der Zugzone zu verteilen. Die im Feld erforderliche untere Mindestbewehrung muss zur Verbesserung der Duktilität unabhängig von den Regelungen zur Zugkraftdeckung zwischen den Auflagern durchlaufen. Hochgeführte Spannglieder und Bewehrung dürfen nicht berücksichtigt werden. Über Innenauflagern ist die obere Mindestbewehrung in beiden anschließenden Feldern über eine Länge von mindestens einem Viertel der Stützweite einzulegen. Bei Kragarmen muss sie über die gesamte Kragarmlänge durchlaufen. Die Mindestbewehrung ist am Endauflager und am Innenaflager mit der Mindestverankerungslänge nach 13.2.2 zu verankern. Stöße sind für die volle Zugkraft auszubilden.

(4) Die Querschnittsfläche der Bewehrung eines Querschnitts darf auch im Bereich von Übergreifungsstößen den Höchstwert $0,08 A_c$ nicht überschreiten.

(5) *Bei hochbewehrten Balken sollten bei Überschreitung der Verhältnisse x_d/d nach 8.2 (3), sofern keine andere Umschnürwirkung in der Biegedruckzone vorhanden ist, als Mindestbewehrung Bügel mit $d_s \geq 10$ mm und s_{max} nach Tabelle 31, Zeile 3 zur Umschnürung der Biegedruckzone angeordnet werden.*

(6) *Bei Gründungsbauteilen und durch Erddruck belasteten Wänden aus Stahlbeton darf auf die Mindestbewehrung nach Absatz (1) verzichtet werden, wenn das duktile Bauteilverhalten durch Umlagerung des Sohldrucks bzw. des Erddrucks sichergestellt werden kann. Dies ist in der Regel bei Gründungsbauteilen zu erwarten. Dabei müssen die Schnittgrößen für äußere Lasten nach 8.2 ermittelt sowie die Grenzzustände der Tragfähigkeit nach Abschnitt 10 und der Gebrauchstauglichkeit nach Abschnitt 11 nachgewiesen werden.*

Bei schwierigen Baugrundbedingungen oder komplizierten Gründungen ist nachzuweisen, dass ein duktiler Bauteilverhalten auch ohne entsprechende Mindestbewehrung durch die Boden-Bauwerk-Interaktion sichergestellt ist.

(7) Bei zweiachsig gespannten Platten braucht die Mindestbewehrung nach Absatz (1) nur in der Hauptspannungsrichtung angeordnet werden.

13.1.2 Oberflächenbewehrung bei vorgespannten Bauteilen

(1) Bei Bauteilen mit Vorspannung ist stets eine Oberflächenbewehrung nach Tabelle 30 anzuordnen. Für die Grundwerte ρ sind dabei die Werte aus Tabelle 29 einzusetzen.

(2) Bei Vorspannung mit sofortigem Verbund dürfen diejenigen Spannstähle vollflächig auf die Oberflächenbewehrung angerechnet werden, die im Bereich der zweifachen Betondeckung der Oberflächenbewehrung aus Betonstahl nach 6.3 liegen.

(3) Die Oberflächenbewehrung ist in der Zug- und Druckzone von Platten in Form von Bewehrungsnetzen anzuordnen, die aus zwei sich annähernd rechtwinklig kreuzenden Bewehrungslagen mit der jeweils nach Tabelle 30 erforderlichen Querschnittsfläche bestehen. Dabei darf der Stababstand 200 mm nicht überschreiten.

(4) In Bauteilen, die den Umgebungsbedingungen der Expositionsklasse XC1 ausgesetzt sind, darf die Oberflächenbewehrung am äußeren Rand der Druckzone nach Tabelle 30, Zeile 2, Spalte 1 entfallen.

(5) Für Platten aus Fertigteilen mit einer Breite bis 1,20 m darf die Oberflächenbewehrung in Querrichtung nach Tabelle 30, Zeile 2 entfallen.

(6) Eine Addition der aus den Anforderungen nach Absatz (1), 13.1.1 und 11.2.2 resultierenden Längsbewehrung ist nicht erforderlich. In jedem Querschnitt ist der jeweils größere Wert maßgebend.

(7) Die Oberflächenbewehrung nach Absatz (1) darf bei allen Nachweisen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit auf die jeweils erforderliche Bewehrung angerechnet werden, wenn sie die Regelungen für die Anordnung und Verankerung dieser Bewehrungen erfüllt.

Tabelle 29 — Grundwerte ρ für die Ermittlung der Mindestbewehrung

Zeile	Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Charakteristische Betondruckfestigkeit f_{ck} in N/mm ²															
		12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
1	ρ in ‰ ^a	0,51	0,61	0,70	0,83	0,93	1,02	1,12	1,21	1,31	1,34	1,41	1,47	1,54	1,60	1,66

^a Diese Werte ergeben sich aus $\rho = 0,16 \cdot f_{ctm} / f_{yk}$.

Bei Leichtbeton dürfen die Werte ρ mit η_1 nach Tabelle 10 multipliziert werden, wobei kein kleinerer Wert als $\eta_1 = 0,85$ in Ansatz gebracht werden darf.

DIN 1045-1:2008-08

Tabelle 30 — Mindestoberflächenbewehrung für die verschiedenen Bereiche eines vorgespannten Bauteils

Spalte		1	2	3	4
Zeile		Platten, Gurtplatten und breite Balken ($b_w > h$) je m		Balken mit $b_w \leq h$ und Stege von Plattenbalken und Kastenträgern	
		Bauteile in Umgebungsbedingungen der Expositions-klassen XC1 bis XC4	Bauteile in Umgebungsbedingungen der sonstigen Expositions-klassen	Bauteile in Umgebungsbedingungen der Expositions-klassen XC1 bis XC4	Bauteile in Umgebungsbedingungen der sonstigen Expositions-klassen
1	— bei Balken an jeder Seitenfläche — bei Platten mit $h \geq 1,0$ m an jedem gestützten oder nicht gestützten Rand ^a	$0,5 \rho h$ bzw. $0,5 \rho h_f$	$1,0 \rho h$ bzw. $1,0 \rho h_f$	$0,5 \rho b_w$ je m	$1,0 \rho b_w$ je m
2	— in der Druckzone von Balken und Platten am äußeren Rand ^b — in der vorgedrückten Zugzone von Platten ^{a,b}	$0,5 \rho h$ bzw. $0,5 \rho h_f$	$1,0 \rho h$ bzw. $1,0 \rho h_f$	—	$1,0 \rho h b_w$
3	— in Druckgurten mit $h > 120$ mm (obere und untere Lage je für sich) ^a	—	$1,0 \rho h_f$	—	—
^a Eine Oberflächenbewehrung größer als $3,4 \text{ cm}^2/\text{m}$ je Richtung ist nicht erforderlich. ^b Siehe Absätze (4) und (5). Dabei ist h die Höhe des Balkens oder die Dicke der Platte; h_f die Dicke des Druck- oder Zuggurtes von profilierten Querschnitten; b_w die Stegbreite des Balkens; ρ der Grundwert nach Tabelle 29.					

13.2 Balken und Plattenbalken

13.2.1 Allgemeines

(1) Rechnerisch nicht erfasste Einspannwirkungen an den Endauflagern müssen bei der baulichen Durchbildung berücksichtigt werden. Bei Annahme frei drehbarer Lagerung sind die Querschnitte der Endauflager für ein Stützmoment zu bemessen, das mindestens 25 % des benachbarten Feldmomentes entspricht. Die Bewehrung muss, vom Auflagerstand gemessen, mindestens über die 0,25fache Länge des Endfeldes eingelegt werden.

(2) Die Zugbewehrung darf bei Plattenbalken- und Hohlkastenquerschnitten in der Platte höchstens auf einer Breite bis zur halben rechnerischen Gurtbreite von $b_{\text{eff},i}^* = 0,2 b_i + 0,1 l_0 \leq 0,2 l_0$ nach 7.3.1, neben dem Steg angeordnet werden. Die tatsächliche vorhandene Gurtbreite b_i darf dabei für die Bewehrungsverteilung ausgenutzt werden.

13.2.2 Zugkraftdeckung

(1) Die Zugkraftdeckung ist in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit nachzuweisen.

(2) Bei einer Schnittgrößenermittlung nach 8.2 oder 8.3 darf im Allgemeinen auf einen Nachweis nach Absatz (1) im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit verzichtet werden.

(3) Die mit Bewehrung abzudeckende Zugkraftlinie darf durch eine Verschiebung der für Biegung und Normalkraft ermittelten F_{sd} -Linie um das Versatzmaß a_1 bestimmt werden (siehe Bild 66). Das Versatzmaß ergibt sich zu:

$$a_1 = \frac{z}{2} \cdot (\cot \theta - \cot \alpha) \geq 0 \quad (147)$$

Dabei ist

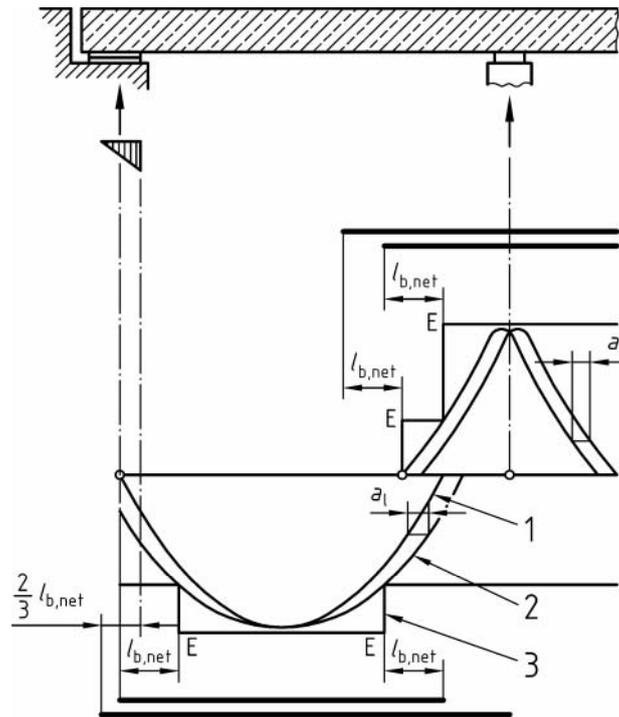
θ der Winkel zwischen Betondruckstreben und Bauteilachse nach 10.3.4;

α der Winkel zwischen Querkraftbewehrung und Bauteilachse;

z der innere Hebelarm; im Allgemeinen darf $z = 0,9 d$ angenommen werden (siehe auch 10.3.4).

(4) Bei einer Anordnung der Zugbewehrung in der Gurtplatte außerhalb des Steges nach 13.2.1 (2) ist a_1 jeweils um den Abstand der einzelnen Stäbe vom Steganschnitt zu erhöhen.

DIN 1045-1:2008-08



Legende

- 1 Umhüllende für $F_{sd} = M_{Eds} / z + N_{Ed}$
Dabei ist M_{Eds} der auf die Schwerachse der Bewehrung bezogene Bemessungswert des einwirkenden Moments.
- 2 um a_l verschobene Umhüllende
- 3 Zugkraftdeckungsfläche

Bild 66 — Zugkraftdeckungsfläche und Verankerungslängen bei biegebeanspruchten Bauteilen

(5) Stabenden müssen nach Bild 66 mit einer Länge $l_{b,net}$ nach Gleichung (141) verankert werden. Für die Verankerung am Endauflager siehe Absatz (8).

(6) Mindestens ein Viertel der Feldbewehrung muss zum Auflager geführt und dort verankert werden.

(7) Die Verankerung der Bewehrung am Endauflager muss die folgende Zugkraft aufnehmen können:

$$F_{sd} = V_{Ed} \cdot \frac{a_l}{z} + N_{Ed} \geq \frac{V_{Ed}}{2} \quad (148)$$

(8) Die erforderliche Verankerungslänge am Endauflager beträgt

— bei direkter Auflagerung:

$$l_{b,dir} = 2/3 l_{b,net} \geq 6,7 d_s \quad (149)$$

Eine Erhöhung der Verbundspannung f_{bd} nach 12.5 (5) a) darf dabei nicht angesetzt werden.

— bei indirekter Auflagerung:

$$l_{b,ind} = l_{b,net} \geq 10 d_s \quad (150)$$

Dabei ist

$l_{b,net}$ die Verankerungslänge nach Gleichung (141);

d_s der Stabdurchmesser der zu verankernden Längsbewehrung.

Die Verankerungslänge beginnt an der Auflagervorderkante. Die Bewehrung ist jedoch in allen Fällen mindestens über die rechnerische Auflagerlinie (siehe 7.3.1 (6)) zu führen. Bei Bauteilen mit Vorspannung mit sofortigem Verbund gilt 8.7.6.

(9) An Zwischenauflagern von durchlaufenden Bauteilen ist die erforderliche Bewehrung mindestens um das Maß $6 d_s$ bis hinter den Auflagerrand zu führen.

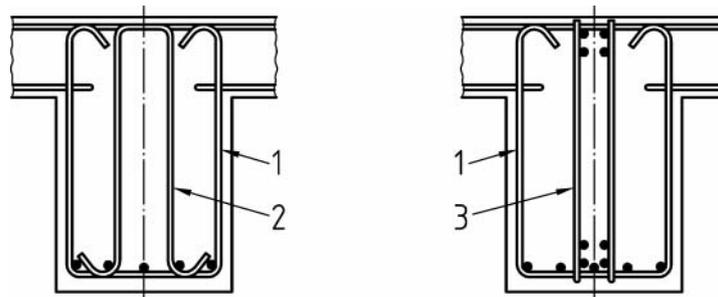
(10) Zusätzlich sollte die unten liegende Bewehrung an Zwischenauflagern so ausgeführt werden, dass sie positive Momente infolge außergewöhnlicher Beanspruchungen aufnehmen kann (Auflagersetzungen, Explosion usw.).

(11) Zur Erzielung einer ausreichenden Seitensteifigkeit sollte bei Fertigteilen, deren Verhältnis l_{eff} / b größer als 20 ist, ein Teil der Längsbewehrung konzentriert an den seitlichen Rändern der Zug- und Druckzone angeordnet werden.

13.2.3 Querkraftbewehrung

(1) Die Querkraftbewehrung sollte mit der Schwerachse des Bauteils einen Winkel von 45° bis 90° bilden. Sie darf aus einer Kombination folgender Bewehrungen bestehen:

- Bügel, die die Längszugbewehrung und die Druckzone umfassen,
- Schrägstäbe,
- Querkraftzulagen in Form von Körben, Leitern usw., die ohne Umschließung der Längsbewehrung verlegt sind (siehe Bild 67).



Legende

- 1 Bügel
- 2 Bügelkorb als Zulage
- 3 leiterartige Querkraftzulage

Bild 67 — Beispiele für Kombinationen von Bügeln und Querkraftzulagen

(2) In Balken dürfen Schrägstäbe und Querkraftzulagen als Querkraftbewehrung nur gleichzeitig mit Bügeln verwendet werden. Mindestens 50 % der aufzunehmenden Querkraft müssen durch Bügel abgedeckt sein.

DIN 1045-1:2008-08

(3) Bei feingliedrigen Fertigteilträgern (z. B. Trägern mit I-, T- oder Hohlquerschnitten mit Stegbreiten $b_w \leq 80$ mm) dürfen einschnittige Querkraftzulagen allein als Querkraftbewehrung verwendet werden, wenn die Druckzone und die Biegezugbewehrung gesondert durch Bügel umschlossen sind.

(4) Der Bewehrungsgrad der Querkraftbewehrung ergibt sich aus Gleichung (151):

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s_w \cdot b_w \cdot \sin \alpha} \quad (151)$$

Dabei ist

A_{sw} die Querschnittsfläche eines Elements der Querkraftbewehrung;

s_w der Abstand der Elemente der Querkraftbewehrung (in Bauteillängsrichtung gemessen);

b_w die Stegbreite;

α der Winkel zwischen Querkraftbewehrung und Balkenachse (d. h. für Bügel senkrecht zur Bauteilachse gilt $\alpha = 90^\circ$).

(5) Der Bewehrungsgrad der Querkraftbewehrung darf folgende Mindestwerte von ρ_w nicht unterschreiten:

— Allgemein: $\min \rho_w = 1,0 \rho$

— Für gegliederte Querschnitte mit vorgespanntem Zuggurt: $\min \rho_w = 1,6 \rho$

Dabei sind die Werte für ρ Tabelle 29 zu entnehmen.

(6) Der Längs- und Querabstand der Bügelschenkel oder Querkraftzulagen darf die Werte nach Tabelle 31 nicht überschreiten.

Tabelle 31 — Größte Längs und Querabstände s_{max} von Bügelschenkeln und Querkraftzulagen

Zeile	Spalte	1	2	3	4
	Querkraftausnutzung ^a	Festigkeitsklasse des Betons			
		$\leq C50/60$ $\leq LC50/55$	$> C50/60$ $> LC50/55$	$\leq C50/60$ $\leq LC50/55$	$> C50/60$ $> LC50/55$
	Längsabstand		Querabstand		
1	$V_{Ed} \leq 0,30 V_{Rd,max}$	0,7 h bzw. 300 mm	0,7 h bzw. 200 mm	h bzw. 800 mm	h bzw. 600 mm
2	$0,30 V_{Rd,max} < V_{Ed} \leq 0,60 V_{Rd,max}$	0,5 h bzw. 300 mm	0,5 h bzw. 200 mm	h bzw.	h bzw.
3	$V_{Ed} > 0,60 V_{Rd,max}$	0,25 h bzw. 200 mm		600 mm	400 mm

^a V_{Ed} und $V_{Rd,max}$ nach 10.3.2 und 10.3.4. Näherungsweise darf hier $V_{Rd,max}$ mit $\theta = 40^\circ$ ermittelt werden.

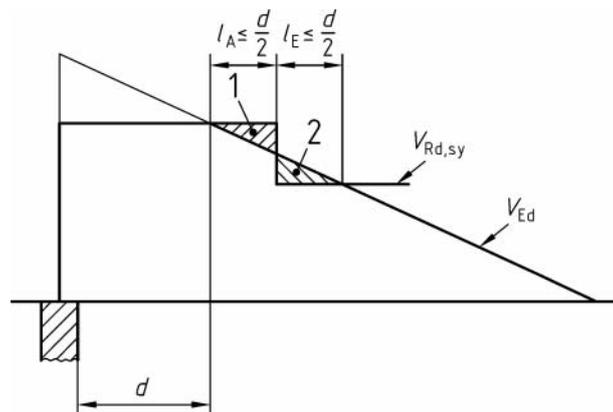
(7) Der Längsabstand von Schrägstäben darf folgenden Wert nicht überschreiten:

$$s_{\max} = 0,5 h \cdot (1 + \cot \alpha) \quad (152)$$

Für den maximalen Querabstand von Schrägstäben gelten die Werte nach Tabelle 31.

(8) Die Querkraftbewehrung ist entlang der Bauteillängsachse so anzuordnen, dass diese an jeder Stelle die Bemessungsquerkraft abdeckt.

(9) Bei Tragwerken des üblichen Hochbaus darf bei der Verteilung der Querkraftbewehrung entlang der Bauteillängsachse nach Bild 68 verfahren werden.



Legende

- 1 Auftragsfläche A_A
- 2 Einschnittsfläche A_E
- $A_E \leq A_A$

Bild 68 — Zulässiges Einschneiden der Querkraftdeckungsline bei Tragwerken des üblichen Hochbaus

13.2.4 Torsionsbewehrung

(1) Für die nach 10.4.2 erforderliche Torsionsbewehrung ist ein rechtwinkliges Bewehrungsnetz aus Bügeln und Längsstäben zu verwenden. Die Bügel sind in Balken und in Stegen von Plattenbalken nach Bild 56 g) und h) zu schließen.

(2) Der Längsabstand der Torsionsbügel muss die Anforderungen hinsichtlich des maximalen Abstands von Bügeln nach 13.2.3 erfüllen. Der Längsabstand der Torsionsbügel darf außerdem den Wert $u_k/8$ nicht überschreiten (u_k nach 10.4.2 (3)).

(3) Die Längsstäbe sind im Allgemeinen gleichmäßig über den Umfang innerhalb der Bügel zu verteilen. Bei polygonal berandeten Querschnitten muss mindestens in jeder Ecke ein Längsstab angeordnet werden. Wird die Längsbewehrung in den Ecken angeordnet, darf der gegenseitige Abstand der Längsstäbe 350 mm nicht überschreiten.

13.2.5 Oberflächenbewehrung bei großen Stabdurchmessern

(1) Zur Vermeidung von Betonabplatzungen und zur Begrenzung der Rissbreiten ist bei Bauteilen mit Einzelstäben mit einem Stabdurchmesser $d_s > 32$ mm oder Stabbündeln mit einem Vergleichsdurchmesser $d_{sV} > 32$ mm eine Oberflächenbewehrung erforderlich.

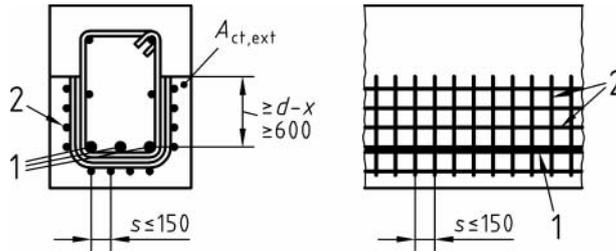
DIN 1045-1:2008-08

(2) Die Oberflächenbewehrung sollte aus Betonstahlmatten oder Stäben mit Durchmessern $d_s \leq 10$ mm bestehen und außerhalb der Bügel liegen.

(3) Für die Mindestbetondeckung der Oberflächenbewehrung gilt 6.3.

(4) Die Querschnittsfläche und Anordnung der Oberflächenbewehrung sollte sich nach Bild 69 richten.

(5) Die Längsstäbe der Oberflächenbewehrung dürfen als Biegezugbewehrung und die Querstäbe als Querkraftbewehrung angerechnet werden, wenn sie die Regelungen für die Anordnung und Verankerung dieser Bewehrungen erfüllen.

**Legende**

- 1 Einzelstäbe oder Stabbündel mit d_s bzw. $d_{sV} > 32$ mm
 2 Oberflächenbewehrung $A_{s,surf} \geq 0,02 A_{ct,ext}$

Bild 69 — Oberflächenbewehrung**13.3 Vollplatten aus Ortbeton****13.3.1 Mindestdicke**

Die Mindestdicke einer Vollplatte aus Ortbeton beträgt:

- allgemein: 70 mm
- für Platten mit Querkraftbewehrung (aufgebogen): 160 mm
- für Platten mit Querkraftbewehrung (Bügel) oder Durchstanzbewehrung: 200 mm

13.3.2 Zugkraftdeckung

(1) Die Regelungen von 13.2.1 und 13.2.2 gelten sinngemäß. Abweichend von 13.2.2 (6) muss mindestens die Hälfte der Feldbewehrung zum Auflager geführt und dort verankert werden. Für Stahlbetonplatten ohne Querkraftbewehrung gilt stets $a_1 = 1,0 d$, für Platten mit Vorspannung mit sofortigem Verbund gilt 8.7.6 (11).

(2) In einachsig gespannten Platten muss eine Querbewehrung vorgesehen werden, die mindestens 20 % der Zugbewehrung betragen muss. Bei Betonstahlmatten muss deren Mindestdurchmesser 5 mm betragen.

(3) In zweiachsig gespannten Platten darf die Bewehrung in der minderbeanspruchten Richtung nicht weniger als 20 % der in der höherbeanspruchten Richtung betragen.

(4) Für den maximalen Abstand s der Stäbe gilt:

— für die Zugbewehrung:

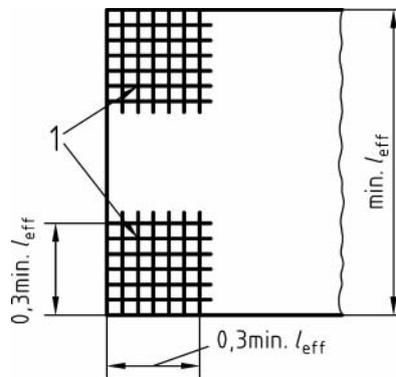
$s = 250 \text{ mm}$ für Plattendicken $h \geq 250 \text{ mm}$;

$s = 150 \text{ mm}$ für Plattendicken $h \leq 150 \text{ mm}$;

Zwischenwerte sind linear zu interpolieren;

— für die Querbewehrung oder die Bewehrung in der minderbeanspruchten Richtung: $s \leq 250 \text{ mm}$.

(5) Werden die Schnittgrößen in einer Platte unter Ansatz der Drillsteifigkeit ermittelt, so ist die Bewehrung in den Plattenecken unter Berücksichtigung des Drillmoments zu bemessen.



Legende

1 Drillbewehrung

Bild 70 — Rechtwinklige Eckbewehrung auf der Oberseite und Unterseite von Platten

(6) Die Drillbewehrung darf durch eine parallel zu den Seiten verlaufende obere und untere Netzbewehrung in den Plattenecken ersetzt werden, die in jeder Richtung die gleiche Querschnittsfläche wie die Feldbewehrung und mindestens eine Länge von $0,3 \min l_{\text{eff}}$ hat (siehe Bild 70).¹⁵⁾

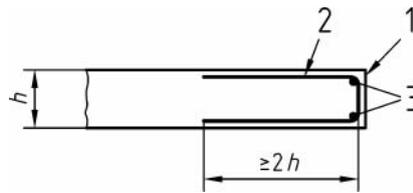
(7) In Plattenecken, in denen ein frei aufliegender und ein eingespannter Rand zusammenstoßen, sollte die Hälfte der Bewehrung nach Absatz (6) rechtwinklig zum freien Rand eingelegt werden.

(8) Bei vierseitig gelagerten Platten, deren Schnittgrößen als einachsig gespannt oder unter Vernachlässigung der Drillsteifigkeit ermittelt werden, sollte zur Begrenzung der Rissbildung in den Ecken ebenfalls eine Bewehrung nach Absatz (6) angeordnet werden.

(9) Ist die Platte mit Randbalken oder benachbarten Deckenfeldern biegefest verbunden, so brauchen die zugehörigen Drillmomente nicht nachgewiesen und keine Drillbewehrung angeordnet zu werden.

(10) Entlang eines freien (ungestützten) Randes ist eine Längs- und Querbewehrung nach Bild 71 anzuordnen.

15) Für andere Bewehrungsführungen siehe DAfStb-Heft 525.

DIN 1045-1:2008-08**Legende**

- 1 freier Rand
- 2 Steckbügel
- 3 Längsbewehrung

Bild 71 — Randbewehrung an freien Rändern von Platten

(11) Bei Fundamenten und innenliegenden Bauteilen des üblichen Hochbaus braucht eine Bewehrung nach Absatz (10) nicht angeordnet zu werden.

(12) Zur Vermeidung eines fortschreitenden Versagens von punktförmig gestützten Platten ist stets ein Teil der Feldbewehrung über die Stützstreifen im Bereich von Innen- und Randstützen hinwegzuführen bzw. dort zu verankern. Die hierzu erforderliche Bewehrung muss mindestens die Querschnittsfläche nach Gleichung (153) aufweisen und ist im Bereich der Lasteinleitungsfläche anzuordnen. Abminderungen von V_{Ed} sind dabei nicht zulässig. Im Bereich von Stützenkopfverstärkungen ist diese Bewehrung in der Platte anzuordnen.

$$A_s = V_{Ed} / f_{yk} \quad (153)$$

Dabei ist V_{Ed} der Bemessungswert der in die Platte eingeleiteten Querkraft ermittelt unter Ansatz von $\gamma_F = 1,0$.

(13) Auf die Abreibbewehrung beim Durchstanzen nach Gleichung (153) darf bei elastisch gebetteten Bodenplatten wegen der Boden-Bauwerk-Interaktion verzichtet werden.

13.3.3 Durchstanz- und Querkraftbewehrung

(1) Für die bauliche Durchbildung gilt 13.2.3, sofern nicht im Folgenden Abweichungen festgelegt sind.

(2) Bei Platten mit einem Verhältnis $b/h > 5$ ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung ($V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$) ist keine Mindestbewehrung für Querkraft erforderlich. Bei Platten mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung ($V_{Ed} > V_{Rd,ct}$) ist der 0,6fache Wert der erforderlichen Mindestbewehrung nach 13.2.3 einzuhalten.

Im Querschnittsbereich $5 \geq b/h \geq 4$ ist eine Mindestbewehrung erforderlich, die bei Platten ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung zwischen dem nullfachen und dem einfachen Wert, bei Platten mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung zwischen dem 0,6fachen und dem einfachen Wert der erforderlichen Mindestbewehrung nach 13.2.3 interpoliert werden darf.

Bauteile mit $b/h < 4$ sind als Balken nach 13.2.3 zu behandeln.

(3) In Platten mit $V_{Ed} \leq 0,30 V_{Rd,max}$ darf die Querkraftbewehrung vollständig aus Schrägstäben oder Querkraftzulagen bestehen. Für Platten mit $V_{Ed} > 0,30 V_{Rd,max}$ gilt 13.2.3 (2).

(4) Für den größten Längs- und Querabstand von Bügeln gilt:

a) in Längsrichtung:

$$\text{— für } V_{Ed} \leq 0,30 V_{Rd,max} \quad s_{max} = 0,7 h$$

$$\text{— für } 0,30 V_{Rd,max} < V_{Ed} \leq 0,60 V_{Rd,max} \quad s_{max} = 0,5 h$$

$$\text{— für } V_{Ed} > 0,60 V_{Rd,max} \quad s_{max} = 0,25 h$$

b) in Querrichtung: $s_{max} = h$

Der größte Längsabstand von Schrägstäben ist $s_{max} = h$.

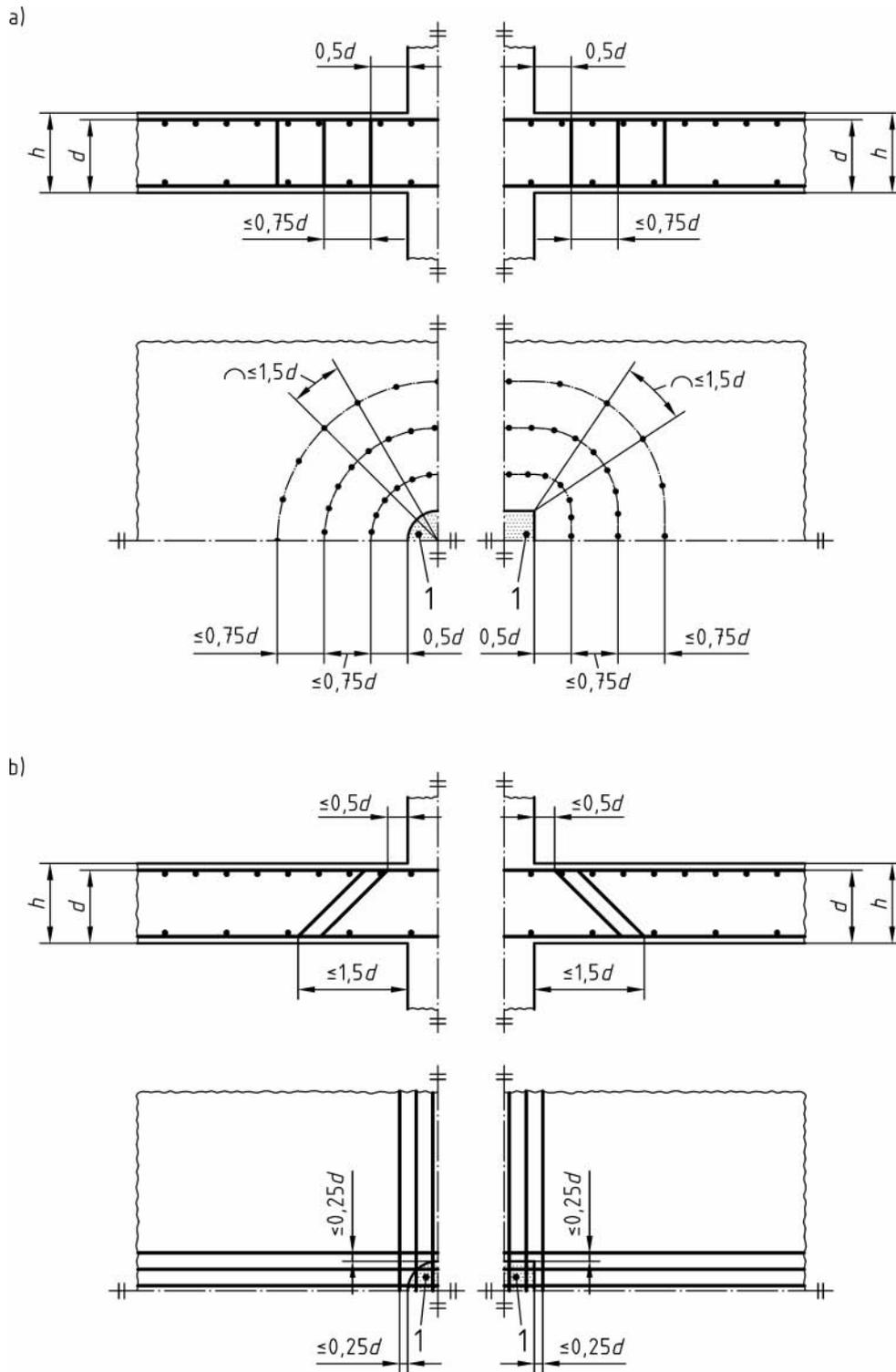
(5) Bei Anordnung einer Durchstanzbewehrung gelten die Regelungen in Bild 72.

(6) Die Stabdurchmesser einer Durchstanzbewehrung sind nach Gleichung (154) auf die vorhandene mittlere statische Nutzhöhe d der Platte abzustimmen:

$$\left| \begin{array}{ll} d_s \leq 0,05 d & \text{für Bügel} \\ d_s \leq 0,08 d & \text{für Schrägstäbe} \end{array} \right. \quad (154)$$

(7) Ist bei Bügeln als Durchstanzbewehrung rechnerisch nur eine Bewehrungsreihe erforderlich, so ist stets eine zweite Reihe mit der Mindestbewehrung nach Gleichung (114) vorzusehen. Dabei ist $s_w = 0,75 d$ anzunehmen.

DIN 1045-1:2008-08



Legende

- a) Durchstanzbewehrung mit vertikalen Bügelschenkeln
- b) Durchstanzbewehrung mit Schrägstäben
- 1 Lasteinleitungsfläche

Bild 72 — Anordnung der Durchstanzbewehrung

13.4 Vorgefertigte Deckensysteme

13.4.1 Allgemeines

Soweit im Folgenden nicht abweichend festgelegt, gelten die Regelungen nach 13.3. Ziegeldecken sind in DIN 1045-100 geregelt.

13.4.2 Querverteilung der Lasten

(1) Die Querverteilung der Lasten zwischen nebeneinander liegenden Deckenelementen muss durch geeignete Verbindungen zur Querkraftübertragung gesichert sein.

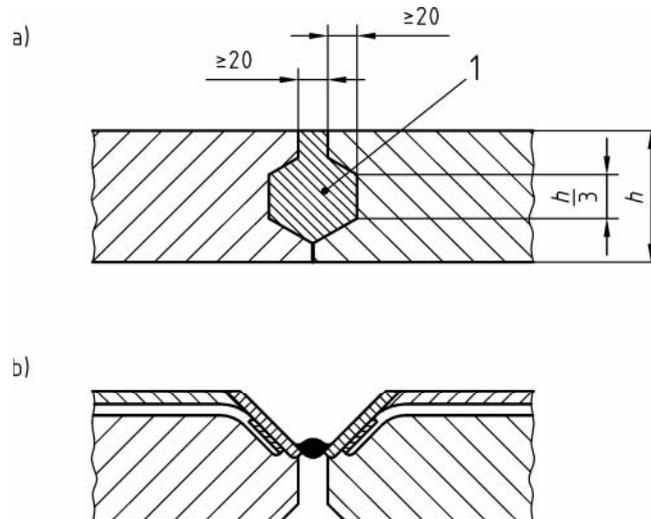
(2) Verbindungen zur Querkraftübertragung können sein (siehe Bild 73):

- *ausbetonierte Fugen mit oder ohne Querbewehrung,*
- *Schweiß- oder Bolzenverbindungen,*
- *bewehrter Aufbeton.*

(3) Sofern erforderlich, ist die Querverteilung von Punkt- oder Linienlasten durch Berechnung oder durch Versuche nachzuweisen.

(4) *Bei Decken, die unter Annahme gleichmäßig verteilter Nutzlasten berechnet werden, darf der rechnerische Nachweis der Querverbindungen für eine entlang der Fugen wirkende Querkraft in Größe der auf 0,5 m Einzugsbreite wirkenden Nutzlast geführt werden. Die Weiterführung dieser Kraft braucht in den anschließenden Bauteilen im Allgemeinen nicht nachgewiesen zu werden. Wenn bei Plattenbalken die Fuge in die Platte fällt, ist nachzuweisen, dass das von der Fugenkraft in der Platte ausgelöste Kragmoment das unter Vollast entstehende Moment übersteigt.*

(5) *Für Vollplatten aus Fertigteilen mit einer Breite $b \leq 1,20$ m darf die Querbewehrung nach 13.3.2 (2) entfallen.*

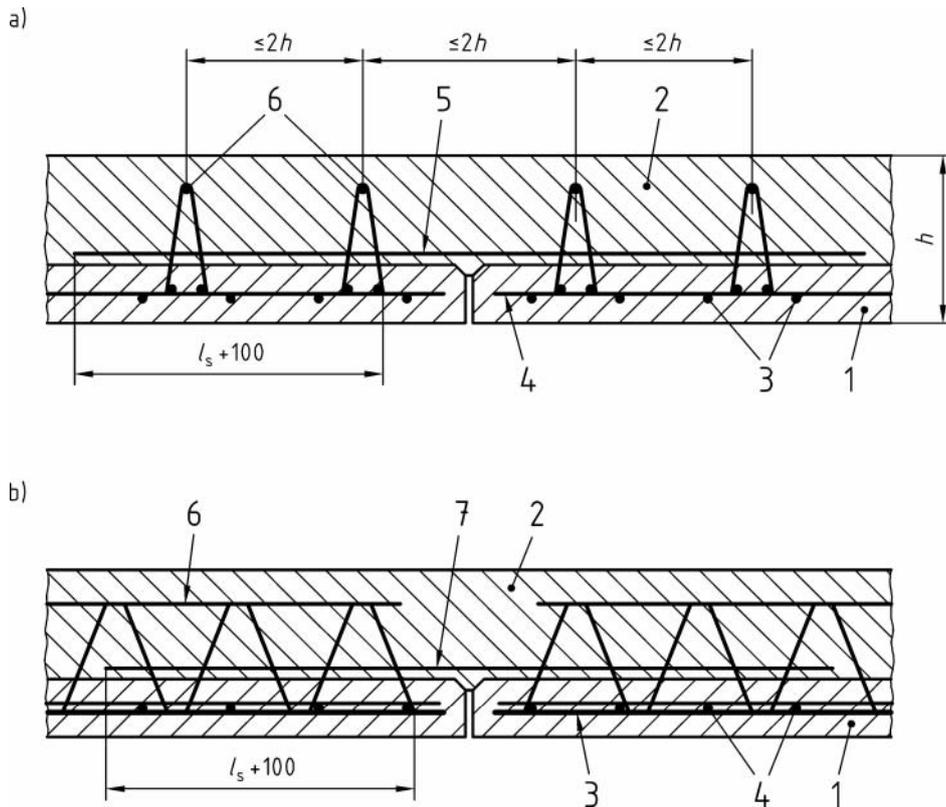
**Legende**

- a) verzahnte Vergussfuge
- b) verschweißte Fuge
- 1 Fugenverguss

Bild 73 — Deckenverbindungen zur Querkraftübertragung (Beispiele)**13.4.3 Nachträglich mit Ortbeton ergänzte Deckenplatten**

(1) Werden Fertigteile, die mit einer statisch mitwirkenden Ortbetonschicht versehen sind, als Verbundbauteile nach 10.3.6 bemessen, muss die Ortbetonschicht mindestens eine Dicke von 50 mm aufweisen. Die Querbewehrung darf entweder in den Fertigteilen oder im Ortbeton liegen. Bei einer Querbewehrung im Ortbeton ist 8.2 (6) zu beachten.

(2) Bei zweiachsig gespannten Platten darf für die Beanspruchung rechtwinklig zur Fuge nur die Bewehrung berücksichtigt werden, die durchläuft oder nach Bild 74 gestoßen ist. Voraussetzung für die Berücksichtigung der gestoßenen Bewehrung ist, dass der Durchmesser der Bewehrungsstäbe $d_s \leq 14$ mm, der Bewehrungsquerschnitt $a_s \leq 10$ cm²/m und der Bemessungswert der Querkraft $V_{Ed} \leq 0,3 V_{Rd,max}$ (V_{Ed} und $V_{Rd,max}$ nach 10.3.4) ist. Darüber hinaus ist der Stoß durch Bewehrung (z. B. Bügel nach 12.8.3 (4)) im Abstand höchstens der zweifachen Deckendicke zu sichern. Der Betonstahlquerschnitt dieser Bewehrung im fugenseitigen Stoßbereich ist dabei für die Zugkraft der gestoßenen Längsbewehrung zu bemessen. Werden Gitterträger verwendet (Bild 74) gelten darüber hinaus die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.



Legende

- a) Stoß der Querbewehrung
- b) Stoß der Längsbewehrung
- 1 Fertigteilplatte
- 2 Ortbeton
- 3 Längsbewehrung
- 4 statisch erforderliche Querbewehrung (in der Fertigteilplatte)
- 5 statisch erforderliche Querbewehrung (Stoßzulage)
- 6 Gitterträger (es gelten die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen)
- 7 Längsbewehrung (Stoßzulage)

Bild 74 — Möglicher Tragstoß bei zweiachsig gespannten Fertigteildecken mit Ortbetonergänzung (Beispiel)

(3) Die günstige Wirkung der Drillsteifigkeit darf bei der Schnittgrößenermittlung nur berücksichtigt werden, wenn sich innerhalb des Drillbereiches von $0,3 l$ ab der Ecke keine Stoßfuge der Fertigteilplatten befindet oder wenn die Fuge durch eine Verbundbewehrung im Abstand von höchstens 100 mm vom Fugenrand gesichert wird. Die Aufnahme der Drillmomente ist nachzuweisen.

(4) Die Aufnahme der Drillmomente braucht nicht nachgewiesen zu werden, wenn die Platte mit den Randbalken oder den benachbarten Deckenfeldern biegesteif verbunden ist.

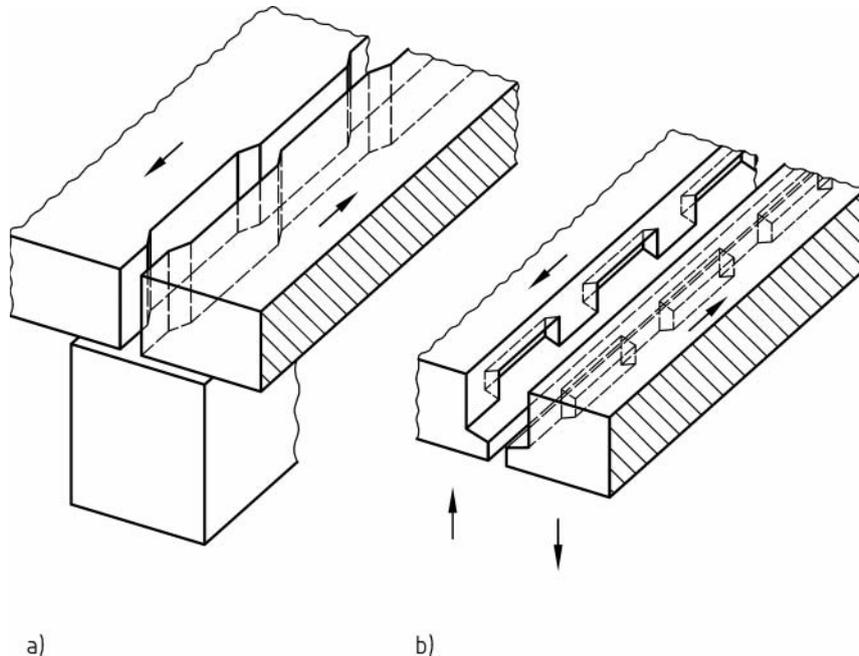
(5) Bei Endauflagern ohne Wandauflast ist eine Verbundsicherungsbewehrung von mindestens $6 \text{ cm}^2/\text{m}$ entlang der Auflagerlinie anzuordnen. Diese sollte auf einer Breite von $0,75 \text{ m}$ angeordnet werden.

DIN 1045-1:2008-08**13.4.4 Scheibenwirkung**

(1) Eine aus Fertigteilen zusammengesetzte Decke gilt als tragfähige Scheibe, wenn sie im endgültigen Zustand eine zusammenhängende, ebene Fläche bildet, die Einzelteile der Decke in Fugen druckfest miteinander verbunden sind und wenn in der Scheibenebene wirkende Beanspruchungen (z. B. aus Stützenschiefe und Windeinwirkung) durch Bogen- oder Fachwerkwirkung zusammen mit den dafür bewehrten Randgliedern (Ringankern, siehe 13.12.2) und Zugankern aufgenommen werden können.

(2) Die zur Fachwerkwirkung erforderlichen Zuganker müssen durch Bewehrungen gebildet werden, die in den Fugen zwischen den Fertigteilen oder gegebenenfalls in der Ortbetonergänzung verlegt und in den Randgliedern nach 12.6 verankert und nach 12.8 gestoßen werden. Die Bewehrung der Randglieder und Zuganker ist rechnerisch nachzuweisen.

(3) Fugen, die von Druckstreben des Ersatztragwerks (Bogen oder Fachwerk) gekreuzt werden, müssen nach 10.3.6 nachgewiesen werden. Wird aufgrund dieser Bemessung eine Verzahnung in Scheibenebene erforderlich, so kann diese nach Bild 75 ausgeführt werden.

**Legende**

- a) für Scheibenkräfte
b) für Scheiben- und Plattenquerkräfte (Querverteilung)

Bild 75 — Fugenverzahnung**13.5 Stützen****13.5.1 Allgemeines**

(1) Die geringste zulässige Seitenlänge eines Stützenquerschnitts ist:

- 200 mm für Stützen mit Vollquerschnitt, die vor Ort (senkrecht) betoniert werden,
- 120 mm für waagrecht betonierte Fertigteilstützen.

(2) Der Durchmesser der Längsbewehrungsstäbe muss mindestens 12 mm betragen.

(3) Der Abstand der Längsstäbe darf 300 mm nicht überschreiten. In Stützen mit polygonalem Querschnitt muss mindestens in jeder Ecke ein Stab liegen. In Stützen mit Kreisquerschnitt sind mindestens 6 Stäbe anzuordnen. Für Querschnitte mit $b \leq 400$ mm und $h \leq b$ genügt je ein Bewehrungsstab in den Ecken.

13.5.2 Mindest- und Höchstwert des Längsbewehrungsquerschnitts

(1) Der Mindestwert der gesamten Querschnittsfläche der Längsbewehrung $A_{s,min}$ ist nach Gleichung (155) zu ermitteln:

$$A_{s,min} = 0,15 |N_{Ed}| / f_{yd} \text{ mit } f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s \quad (155)$$

(2) Der gesamte Bewehrungsquerschnitt darf, auch im Bereich von Übergreifungsstößen, den maximalen Wert von $0,09 A_c$ nicht überschreiten.

13.5.3 Querbewehrung

(1) Die Längsbewehrung von Stützen muss durch Querbewehrung umschlossen werden. Der Durchmesser der Querbewehrung (Bügel, Schlaufen oder Wendeln) darf nicht weniger als ein Viertel des maximalen Durchmessers der Längsbewehrung, muss jedoch mindestens 6 mm betragen. Der Stabdurchmesser bei Betonstahlmatten als Bügelbewehrung muss mindestens 5 mm betragen.

(2) Bei Verwendung von Stabbündeln mit $d_{sv} > 28$ mm als Druckbewehrung muss abweichend von Absatz (1) der Mindeststabdurchmesser für Einzelbügel und für Bügelwendeln 12 mm betragen.

(3) Die Querbewehrung ist ausreichend zu verankern. Für Bügel gilt Bild 56 e), Hakenform a).

(4) Die Bügelabstände dürfen den kleinsten der folgenden Abstände nicht überschreiten:

- das 12fache des kleinsten Durchmessers der Längsstäbe,
- die kleinste Seitenlänge oder den Durchmesser der Stütze,
- 300 mm.

(5) Die Bügelabstände nach Absatz (4) sind mit dem Faktor 0,6 zu vermindern:

- unmittelbar über und unter Balken oder Platten über eine Höhe gleich der größeren Abmessung des Stützenquerschnitts,
- bei Übergreifungsstößen der Längsstäbe, wenn deren größter Durchmesser d_s größer als 14 mm ist.

Wenn der Stützenquerschnitt im Bereich des Übergreifungsstoßes im Grenzzustand der Tragfähigkeit überwiegend biegebeansprucht ist, ist die Querbewehrung nach 12.8.3 anzuordnen.

(6) In oder in der Nähe jeder Ecke ist eine Anzahl von maximal 5 Stäben durch die Querbewehrung nach den Absätzen (1) bis (5) gegen Ausknicken zu sichern.

(7) Weitere Längsstäbe und solche, deren Abstand vom Eckbereich den 15fachen Bügeldurchmesser überschreitet, sind durch zusätzliche Querbewehrung nach Absatz (3) zu sichern, die höchstens den doppelten Abstand der Querbewehrung nach Absatz (1) und Absatz (4) haben darf.

(8) Wird der Widerstand gegen Abplatzen der Betondeckung erhöht, darf die Querbewehrung aus Bügeln auch mit 90°-Winkelhaken nach Bild 56 b) geschlossen werden. Die Bügelschlösser sind entlang der Stütze zu versetzen.

DIN 1045-1:2008-08

Mindestens eine der folgenden Maßnahmen kommen hierfür in Frage:

- Vergrößerung des Mindestbügeldurchmessers um eine Durchmessergröße gegenüber Absatz (1);
- Halbierung der Bügelabstände nach Absatz (4) bzw. (5);
- angeschweißte Querstäbe (Bügelmatten);
- Vergrößerung der Winkelhakenlänge nach Bild 56 b) bzw. g) von $10 d_s$ auf $\geq 15 d_s$.

13.6 Wandartige Träger

- (1) Für die Mindestwanddicken gelten die Regelungen für Wände nach 13.7.
- (2) Wandartige Träger sind an beiden Außenflächen mit einem rechtwinkligen Bewehrungsnetz zu versehen. Die Querschnittsfläche der Bewehrung darf je Außenfläche und Richtung den Wert $a_s = 1,5 \text{ cm}^2/\text{m}$ und 0,075 % des Betonquerschnitts A_c nicht unterschreiten.
- (3) Die Maschenweite des Bewehrungsnetzes darf nicht größer als die doppelte Wanddicke und nicht größer als 300 mm sein.

13.7 Wände**13.7.1 Stahlbetonwände**

- (1) Dieser Abschnitt gilt für Stahlbetonwände, bei denen die Bewehrung beim Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit berücksichtigt wird. Für Wände mit überwiegender Biegung senkrecht zu ihrer Ebene gelten die Regeln für Platten (siehe 13.3). Für Halfertigteile gelten die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.
- (2) Für die Mindestwanddicken gelten die Angaben in Tabelle 32.
- (3) Die Gesamtquerschnittsfläche der lotrechten Bewehrung muss mindestens $0,0015 A_c$, bei schlanken Wänden nach 8.6.3 oder solchen mit $|N_{Ed}| \geq 0,3 f_{cd} \cdot A_c$ mindestens $0,003 A_c$ betragen und darf den Wert $0,04 A_c$ nicht übersteigen. Im Allgemeinen sollte die Hälfte dieser Bewehrung an jeder Außenseite liegen. Im Bereich von Übergreifungsstößen darf der Maximalwert auf $0,08 A_c$ verdoppelt werden.

Die Mindestbewehrung darf auch für Wände belastungsabhängig nach Gleichung (155) ermittelt werden, wobei der Wert $0,0015 A_c$ nicht unterschritten werden soll.

- (4) *Der Bewehrungsgehalt sollte an beiden Wandaußenseiten im Allgemeinen gleich groß sein.*
- (5) Die Querschnittsfläche der Querbewehrung muss mindestens 20 % der Querschnittsfläche der lotrechten Bewehrung betragen. Bei Wandscheiben, schlanken Wänden nach 8.6.3 oder solchen mit $|N_{Ed}| \geq 0,3 f_{cd} \cdot A_c$ darf die Querschnittsfläche der Querbewehrung nicht kleiner als 50 % der Querschnittsfläche der lotrechten Bewehrung sein. Die waagerechte, parallel zu den Wandaußenseiten und zu den freien Kanten verlaufende Bewehrung sollte außen liegend vorgesehen werden.
- (6) Der Durchmesser der horizontalen Bewehrung muss mindestens ein Viertel des Durchmessers der lotrechten Stäbe betragen.

Tabelle 32 — Mindestwanddicken für tragende Wände

Zeile	Spalte		1	2	3	4
	Mindestwanddicken in mm		Unbewehrte Wände		Stahlbetonwände	
			Decken nicht durchlaufend	Decken durchlaufend	Decken nicht durchlaufend	Decken durchlaufend
1	C12/15 oder LC12/13	Ortbeton	200	140	–	–
2	ab C16/20	Ortbeton	140	120	120	100
3	oder LC16/18	Fertigteil	120	100	100	80

(7) Der Abstand s zwischen zwei benachbarten waagerechten Stäben darf maximal 350 mm betragen.

(8) Der Abstand zwischen zwei benachbarten lotrechten Stäben sollte nicht über der 2fachen Wanddicke oder 300 mm liegen (der kleinere Wert ist maßgebend).

(9) Wenn die Querschnittsfläche der lastabtragenden lotrechten Bewehrung $0,02 A_c$ übersteigt, muss diese Bewehrung durch Bügel nach 13.5.3 umschlossen werden.

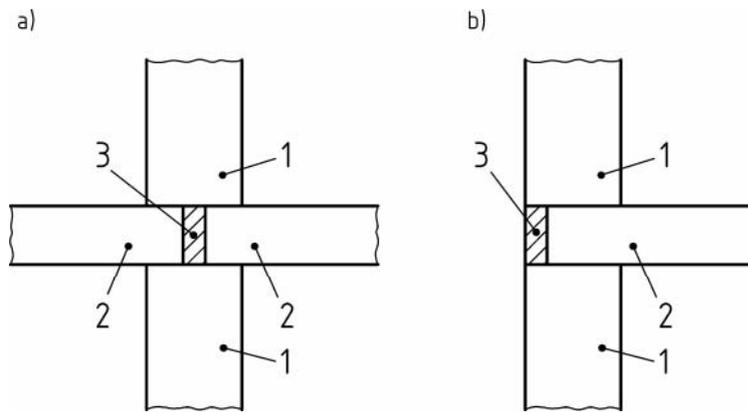
(10) An freien Rändern von Wänden mit einer Bewehrung $A_s \geq 0,003 A_c$ je Wandseite müssen die Eckstäbe durch Steckbügel gesichert werden (siehe Bild 71).

(11) Die außenliegenden Bewehrungsstäbe beider Wandseiten sind je m^2 Wandfläche an mindestens vier versetzt angeordneten Stellen zu verbinden, z. B. durch S-Haken, oder bei dicken Wänden mit Steckbügeln im Innern der Wand zu verankern, wobei die freien Bügelenden die Verankerungslänge $0,5 l_b$ haben müssen (mit l_b nach 12.6.2). S-Haken dürfen bei Tragstäben mit $d_s \leq 16$ mm entfallen, wenn deren Betondeckung mindestens $2 d_s$ beträgt; in diesem Fall und stets bei Betonstahlmatten dürfen die druckbeanspruchten Stäbe außen liegen.

13.7.2 Wand-Decken-Verbindungen bei Fertigteilen

(1) Wird eine Fertigteilwand auf einer Fuge zwischen zwei Deckenplatten oder auf einer Deckenplatte angeordnet, die vollständig mit einer Außenwand verbunden ist (siehe Bild 76), und fehlen andere wirksame Maßnahmen, sind höchstens 50 % des lastabtragenden Querschnitts der Wand für die Bemessung als mitwirkend anzusetzen. Die Verbindung ist in geeigneter Weise auszubilden.

DIN 1045-1:2008-08

**Legende**

- | | |
|-------------------|---------------------------|
| a) Mittelauflager | 1 Fertigteilwände |
| b) Randauflager | 2 Fertigteildeckenplatten |
| | 3 Fugenverguss |

Bild 76 — Auflagerung von Deckenplatten auf Fertigteilwänden

(2) Abweichend von Absatz (1) dürfen maximal 60 % des tragenden Wandquerschnitts in Rechnung gestellt werden, wenn die nachfolgend angegebenen Festlegungen eingehalten werden:

— die Querschnittsfläche einer zusätzlichen Querbewehrung am Wandfuß (siehe Bild 77) beträgt mindestens:

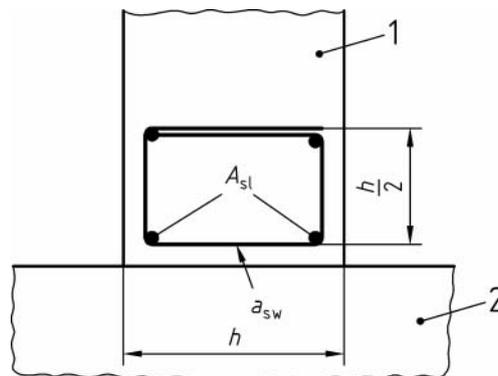
$$a_{sw} = h/8 \quad (156)$$

mit a_{sw} in cm^2/m und h in cm

— der Abstand s dieser Querbewehrung beträgt in Richtung der Wandlängsachse:

$$s \leq \begin{cases} h \\ 200 \text{ mm} \end{cases} \quad (\text{der kleinere Wert ist maßgebend}) \quad (157)$$

— der Durchmesser d_s der Längsbewehrung A_{sl} am Wandfuß beträgt mindestens 6 mm.

**Legende**

- | |
|------------------|
| 1 Fertigteilwand |
| 2 Decke |

Bild 77 — Zusätzliche Querbewehrung des Wandfußes

13.7.3 Sandwichtafeln

- (1) Bei der Bemessung von Sandwichtafeln müssen die Einflüsse von Temperatur, Feuchtigkeit, Austrocknen und Schwinden in ihrem zeitlichen Verlauf berücksichtigt werden.
- (2) In Sandwichtafeln sind ausschließlich bauaufsichtlich zugelassene, korrosionsbeständige Werkstoffe für die Verbindungen der einzelnen Schichten zu verwenden.
- (3) *Die Mindestbewehrung der tragenden Schicht der Tafeln sollte an beiden Seiten in der horizontalen und vertikalen Richtung nicht weniger als $1,3 \text{ cm}^2/\text{m}$ betragen. Im Allgemeinen ist eine Randbewehrung (siehe Bild 71) nicht erforderlich.*
- (4) *In der Vorsatzschicht einer Sandwichtafel darf die Bewehrung einlagig angeordnet werden.*
- (5) Die Mindestdicke für Trag- und Vorsatzschicht beträgt 70 mm.
- (6) *Bei Sandwichtafeln mit Fugenabdichtung soll die Innenseite der Vorsatzschicht und in der Regel auch die gegenüberliegende Seite der Tragschicht im Bereich einer anliegenden, geschlossenporigen Kerndämmung der Expositionsklasse XC3 zugeordnet werden.*

13.7.4 Unbewehrte Wände

- (1) Unbewehrte Wände sind nach 10.2 (2) zu bemessen.
- (2) Für die Mindestdicke von unbewehrten Wänden gelten die Angaben in Tabelle 32.
- (3) Aussparungen, Schlitze, Durchbrüche und Hohlräume sind bei der Bemessung der Wände zu berücksichtigen, mit Ausnahme von lotrechten Schlitzen sowie lotrechten Aussparungen und Schlitzen von Wandanschlüssen, die den nachstehenden Regelungen für nachträgliches Einstemmen genügen. Das nachträgliche Einstemmen ist nur bei lotrechten Schlitzen bis 30 mm Tiefe zulässig, wenn ihre Tiefe höchstens $1/6$ der Wanddicke, ihre Breite höchstens gleich der Wanddicke, ihr gegenseitiger Abstand mindestens 2,0 m und die Wand mindestens 120 mm dick ist.

13.8 Verbindung und Auflagerung von Fertigteilen

13.8.1 Allgemeines

- (1) Verbindungen müssen so bemessen werden, dass sie allen Einwirkungen widerstehen, wobei die Annahmen zu berücksichtigen sind, die für die Schnittgrößenermittlung des Tragwerks als Ganzes und für die Bemessung der einzelnen, zu verbindenden Bauteile getroffen wurden. Die Bemessung muss sicherstellen, dass die Verbindung zur Aufnahme der relativen Verschiebungen in der Lage ist, die zur Aktivierung ihres Tragwiderstands und zur Sicherung eines robusten Tragverhaltens des Tragwerks erforderlich sind.
- (2) *Der Einfluss von Imperfektionen infolge der Bauausführung sollte berücksichtigt werden.*
- (3) Verbindungen müssen weiterhin so bemessen werden, dass ein vorzeitiges Reißen oder Abplatzen des Betons an den Enden der Bauteile vermieden wird.
- (4) *Verbindungen sollten unter Beachtung von*
 - *Toleranzen,*
 - *Anforderungen der Montage,*
 - *einfacher Ausführbarkeit,*
 - *einfacher Überprüfbarkeit**geplant werden.*

DIN 1045-1:2008-08

13.8.2 Druckfugen

(1) Druckfugen sind Fugen, die bei der ungünstigsten anzusetzenden Beanspruchungskombination vollständig überdrückt bleiben.

(2) *Lagerfugen mit Mörtel, Beton oder härtenden Polymeren als Füllmaterial dürfen verwendet werden, wenn die notwendige Vorsorge dafür getroffen wird, dass eine relative Bewegung zwischen den verbundenen Flächen während der Erhärtung des Füllmaterials ausgeschlossen wird.*

(3) *Trockene Fugen sollten nur dann verwendet werden, wenn*

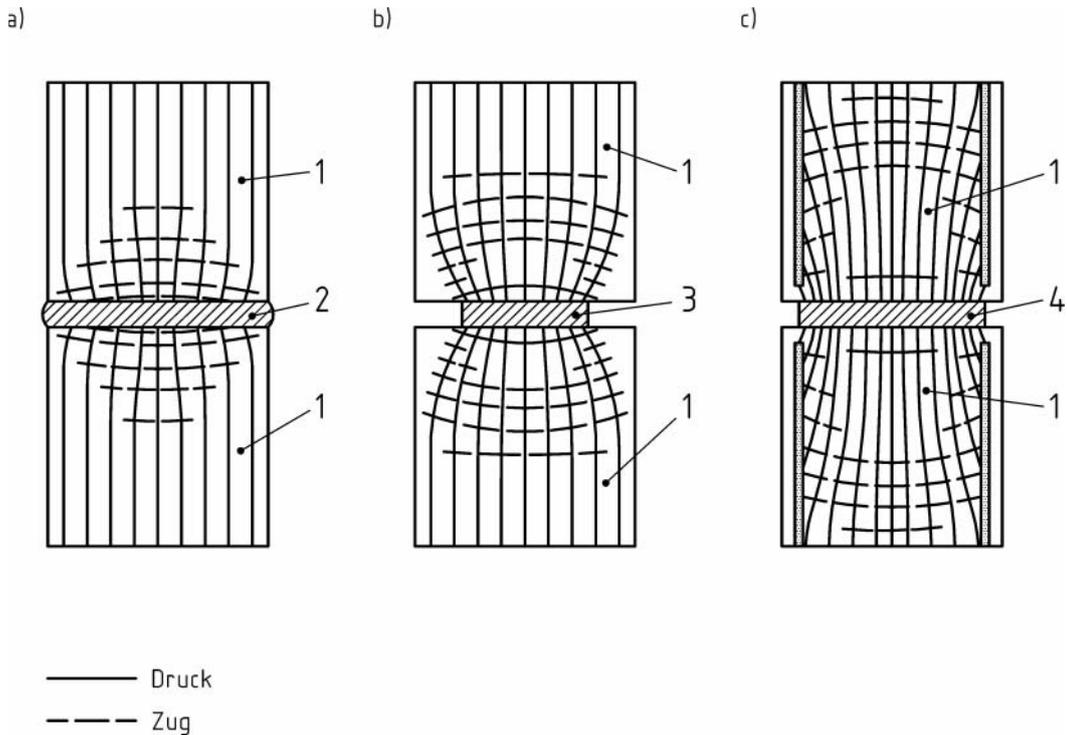
— *die mittlere Betondruckspannung den Wert $0,4 f_{cd}$ nicht übersteigt und*

— *die erforderliche Qualität der Bauausführung im Werk und auf der Baustelle erreicht wird.*

(4) Druckfugen führen zu beträchtlichen Querkzugspannungen in den benachbarten Bauteilen (siehe Bild 78). Eine harte Lagerung wird dabei angenommen, wenn der Elastizitätsmodul des Fugenmaterials mehr als 70 % des Elastizitätsmoduls der angrenzenden Bauteile beträgt. Eine harte Lagerung bilden auch vollflächig mit Zementmörtel gefüllte Fugen (siehe Bild 78 c)). Hier treten Querkzugspannungen infolge der Umlenkung der Traganteile aus Bewehrung und Betonanteil auf.

(5) Die Querkzugspannungen im Fugenbereich sind durch eine entsprechende Bewehrung in den benachbarten Bauteilen aufzunehmen. Diese Bewehrung darf im Bereich der Querkzugspannungen konzentriert werden.

(6) *Bei weichem Fugenmaterial (Bild 78 a)) kann es zusätzlich erforderlich sein, die Fuge selbst zu bewehren, sofern ein Ausweichen des Fugenmaterials nicht anderweitig verhindert wird.*

**Legende**

- | | | | |
|---|---|----|--|
| 1 | Fertigteile | a) | Stirnzugkraft bei weichem Füllmaterial |
| 2 | weiches Fugenmaterial | b) | Spaltzugkraft bei konzentriertem Lager |
| 3 | konzentriertes Lager (hartes Fugenmaterial) | c) | Querkraft bei hart gebetteten, vollflächigen Fugen |
| 4 | hartes Fugenmaterial | | |

Bild 78 — Querzugspannungen in Druckfugen

(7) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit von Druckfugen sollte anhand anerkannter Berechnungsmodelle ermittelt werden, wobei die Tragfähigkeit zentrisch belasteter Stützenstöße mit

$$N_{Rd} = \kappa \cdot (A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd}) \quad (158)$$

nachzuweisen ist. Der Abminderungsfaktor κ berücksichtigt dabei den Bewehrungsgrad der Stütze und die Fugendicke.¹⁶⁾

(8) Bei einer gleichzeitigen Wirkung von Normal- und Querkraft in der Fuge darf die Querkraft V_{Ed} vernachlässigt werden, wenn $V_{Ed} < 0,1 N_{Ed}$ ist, worin N_{Ed} die Längsdruckkraft bezeichnet; ansonsten siehe 10.3.6.

13.8.3 Biegesteife und zugfeste Verbindungen

(1) An Fugen ist das Übertragen von dort wirkenden Biegemomenten und Zugkräften sicherzustellen.

(2) An Fugen können Zugkräfte durch folgende Verbindungsarten übertragen werden:

- Übergreifungsstöße (z. B. gerade Stäbe, gebogene Stäbe, Schlaufen),
- geschweißte Verbindungen,

16) Für κ siehe DAfStb-Heft 525.

DIN 1045-1:2008-08

— Schraub- oder Vergussmuffen,

— Zusammenspannen (z. B. über eine Muffenverbindung mit Rechts-Links-Gewinde).

Andere Verbindungsarten sind möglich, wenn ihre Verwendbarkeit nachgewiesen ist.

13.8.4 Lagerungsbereiche

Lagerungsbereiche sind die unmittelbar an Lager angrenzenden Bereiche der stützenden und der gestützten Bauteile. Sie müssen so bemessen und konstruktiv gestaltet werden, dass sie unter Berücksichtigung von Herstellungs- und Montagetoleranzen ihre Funktion erfüllen.

13.9 Krafteinleitungsbereiche

13.9.1 Druckkräfte

(1) Wenn eine oder mehrere konzentrierte Kräfte in ein Bauteil eingeleitet werden, ist eine örtliche Zusatzbewehrung vorzusehen, welche die durch diese Kräfte hervorgerufenen Spaltzugkräfte aufnimmt.

(2) Diese Zusatzbewehrung darf aus Bügeln oder aus Bewehrungslagen in Form von so genannten „Haarnadeln“ bestehen; bei ausgedehnten Wänden auch aus geraden Stäben mit ausreichender Länge.

13.9.2 Zugkräfte

Bei Zugkräften sind die Rückverankerungen aus Betonstahl mit der erforderlichen Verankerungslänge $l_{b,net}$, ggf. unter Beachtung von 12.5 (6) nach 12.6.2 im lastabgewandten Querschnittsteil zu verankern oder nach 12.8 zu stoßen.

13.10 Umlenkräfte

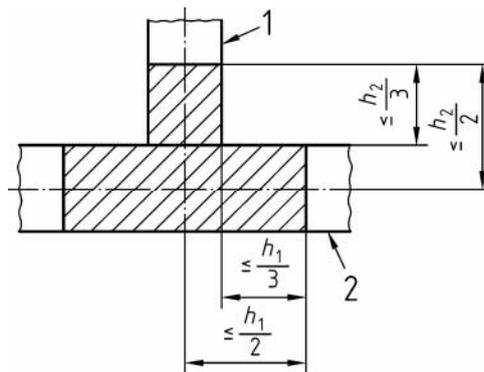
In Bereichen mit Richtungsänderungen von inneren Zug- oder Druckkräften muss die Aufnahme der entstehenden Umlenkräfte sichergestellt werden.

13.11 Indirekte Auflager

(1) Bei indirekter Auflagerung eines Bauteils muss im Kreuzungsbereich der Bauteile eine Aufhängebewehrung vorgesehen werden, die die wechselseitigen Auflagerreaktionen vollständig aufnehmen kann.

(2) Die Aufhängebewehrung sollte vorzugsweise aus Bügeln bestehen, die die Hauptbewehrung des unterstützenden Bauteils umfassen. Einige dieser Bügel dürfen außerhalb des unmittelbaren Kreuzungsbereichs beider Bauteile angeordnet werden, und zwar im Bild 79 schraffierten Bereich, wenn eine über die Höhe verteilte Horizontalbewehrung angeordnet ist, deren Gesamtquerschnittsfläche dem Gesamtquerschnitt dieser Bügel entspricht.

(3) Bei sehr breiten stützenden Trägern oder bei stützenden Platten sollte die in diesen Trägern oder Platten angeordnete Aufhängebewehrung nicht über eine Breite angeordnet werden, die größer als die Nutzhöhe des gestützten Trägers ist.

**Legende**

- 1 gestützter Träger
2 stützender Träger

h_1 Dicke des stützenden Trägers

h_2 Dicke des gestützten Trägers ($h_2 \leq h_1$)

Bild 79 — Anschluss von Nebenträgern (Grundriss)

13.12 Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen

13.12.1 Allgemeines

(1) Bei außergewöhnlichen Ereignissen ist eine Schädigung des Tragwerks in einem zur ursprünglichen Ursache unverhältnismäßig großen Ausmaß zu vermeiden (siehe DIN 1055-100).

(2) Werden neben den sonstigen Regeln dieser Norm die konstruktiven Regeln dieses Abschnittes erfüllt, darf angenommen werden, dass der zufällige Ausfall eines einzelnen Bauteils oder eines begrenzten Teils des Tragwerks oder das Auftreten hinnehmbarer örtlicher Schädigungen nicht zum Versagen des Gesamttragwerks führt.

(3) Bei Bauwerken des üblichen Hochbaus dürfen zur Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Einwirkungen Ringanker verwendet werden. Im Fertigteilbau dürfen hierfür zusätzlich

- innen liegende Zuganker,
- horizontale Stützen- und Wandzuganker

verwendet werden.

(4) Wird ein Bauwerk durch Dehnfugen in unabhängige Tragabschnitte geteilt, sollte jeder Abschnitt ein unabhängiges Zuggliedsystem aufweisen.

(5) Für die Bemessung der Zugglieder darf angenommen werden, dass die Bewehrung bis zu ihrer charakteristischen Festigkeit ausgenutzt und in der Lage ist, die in 13.12.2 bis 13.12.4 definierten Kräfte aufzunehmen. Für andere Zwecke vorgesehene Bewehrung darf teilweise oder vollständig für diese Zugglieder angerechnet werden.

(6) Bei der Bemessung der Zugglieder dürfen andere Schnittgrößen als die, die direkt durch die außergewöhnlichen Einwirkungen hervorgerufen werden oder unmittelbar aus der betrachteten lokalen Zerstörung resultieren, vernachlässigt werden.

(7) Die Bewehrung in Zuggliedern darf mit Übergreifungsstößen nach 12.8 gestoßen werden. Bei nicht ausreichender Fugenbreite zwischen Fertigteilen sollten sichere mechanische Verankerungen verwendet werden.

DIN 1045-1:2008-08

(8) *Zugglieder dürfen vollständig innerhalb des Aufbetons oder an Verbindungen angeordnet werden. Wenn die Zugglieder nicht in einer Ebene durchlaufend sind, sollte die Wirkung der Exzentrizität berücksichtigt werden.*

(9) *Zugglieder dürfen mit Vorspannung mit nachträglichem Verbund ausgeführt werden.*

13.12.2 Ringanker

(1) Wenn eine Scheibenwirkung zur Sicherung der Gesamtstabilität erforderlich ist, muss in jeder Decken- und Dachebene des üblichen Hochbaus ein wirksamer, über den Umfang des Tragwerks umlaufender Ringanker angeordnet werden. Der Ringanker kann Bewehrung einschließen, die Teil der inneren Zuganker oder der Bewehrung nach 13.1, 13.2, 13.3 und 13.4.4 ist und mindestens nach den Absätzen (2) und (3) ausgebildet bzw. bemessen ist.

(2) *Die Umlaufwirkung kann durch Stoßen der Längsbewehrung mit einer Stoßlänge $l_s = 2 \cdot l_b$ erzielt werden. Der Stoßbereich ist mit Bügeln, Steckbügeln (siehe Bild 71) oder Wendeln mit einem Abstand $s \leq 100$ mm zu umfassen. Die Umlaufwirkung darf auch durch Verschweißen oder durch Verwenden mechanischer Verbindungen erzielt werden.*

(3) *Der Ringanker sollte eine Zugkraft von $F_{Ed} = 10 l_{eff,i}$ kN ≤ 70 kN aufnehmen können (F_{Ed} in kN; $l_{eff,i}$ in m). Für $l_{eff,i}$ ist dabei die effektive Spannweite des Endfeldes rechtwinklig zum Ringanker einzusetzen.*

13.12.3 Innen liegende Zuganker

(1) Werden innen liegende Zuganker angeordnet, so müssen diese in jeder Decken- und Dachebene in zwei zueinander ungefähr rechtwinkligen Richtungen liegen. Sie müssen über ihre gesamte Länge wirksam durchlaufend sein und sollten an jedem freien Ende in den Ringankern verankert oder als horizontale Zuganker bis zu Stützen oder Wänden fortgesetzt werden.

(2) *Die innen liegenden Zuganker dürfen gleichmäßig verteilt in den Platten oder in Balken, Wänden oder anderen geeigneten Bauteilen angeordnet werden. In Wänden sollten sie in einem Bereich von 0,5 m über oder unter den Deckenplatten liegen.*

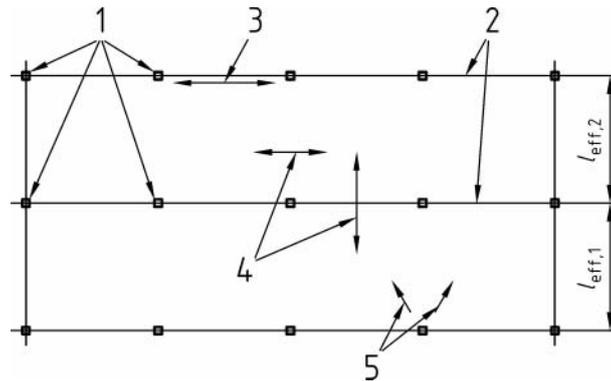
(3) *In jeder Richtung sollten die innen liegenden, gleichmäßig verteilten Zuganker eine Zugkraft von $F_{Ed} = 20$ kN je Meter aufnehmen können.*

(4) *Bei Decken ohne Aufbeton, in denen die Zuganker nicht über die Spannrichtung verteilt werden können, dürfen die Zuganker konzentriert in den Fugen zwischen den Bauteilen angeordnet werden. In diesem Fall ist je Fuge mindestens folgende Kraft aufzunehmen:*

$$F_{Ed} = \frac{l_{eff,1} + l_{eff,2}}{2} \cdot 20 \text{ kN} \leq 70 \text{ kN} \quad (159)$$

Dabei ist

$l_{eff,1}$, $l_{eff,2}$ *die jeweilige effektive Spannweite der Deckenplatten auf beiden Seiten der Fuge rechtwinklig zur Fuge in m (siehe Bild 80).*



Legende

- 1 Stützen
- 2 Unterzüge/Wände
- 3 Ringanker
- 4 innen liegende Zuganker
- 5 horizontale Stützen- oder Wandzuganker

Bild 80 — Zuganker für außergewöhnliche Ereignisse, dargestellt im Deckengrundriss

13.12.4 Horizontale Stützen- und Wandzuganker

(1) Randstützen sowie tragende und aussteifende Außenwände sollten an ihrem oberen Rand — bei Hochhäusern auch an ihrem unteren Rand — horizontal im Tragwerk verankert werden.

(2) Die Zuganker sollten eine Zugkraft $F_{Ed} = 10 \text{ kN je Meter der Fassaden}$ aufnehmen können. Für Stützen ist nicht mehr als $F_{Ed} = 150 \text{ kN je Stütze}$ anzusetzen.

(3) Eckstützen sollten in zwei Richtungen verankert werden. Die für den Ringanker vorhandene Bewehrung kann in diesem Fall für den horizontalen Zuganker angerechnet werden.

(4) Bei Außenwandtafeln von Hochhäusern, die zwischen ihren aussteifenden Wänden nicht gestoßen sind und deren Länge zwischen diesen Wänden höchstens das Doppelte ihrer Höhe ist, dürfen die Verbindungen am unteren Rand ersetzt werden durch Verbindungen gleicher Gesamtzugkraft, die in der unteren Hälfte der lotrechten Fugen zwischen der Außenwand und ihren aussteifenden Wänden anzuordnen sind.

(5) Am oberen Rand tragender Innenwandtafeln sollte mindestens eine Bewehrung von $0,7 \text{ cm}^2/\text{m}$ in den Zwischenraum zwischen den Deckentafeln eingreifen. Diese Bewehrung darf an zwei Punkten vereinigt werden, bei Wandtafeln mit einer Länge bis 2,50 m genügt ein Anschlusspunkt in Wandmitte. Die Bewehrung darf durch andere gleichwertige Maßnahmen ersetzt werden.

DIN 1045-2**DIN**

ICS 91.080.40

Ersatzvermerk
siehe unten

**Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton –
Teil 2: Beton –
Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität –
Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1**

Concrete, reinforced and prestressed concrete structures –
Part 2: Concrete –
Specification, properties, production and conformity – Application rules for DIN EN 206-1

Structures en béton, béton armé et béton précontraint –
Partie 2: Béton –
Spécification, performances, production et conformité – Règles d'application pour
DIN EN 206-1

Ersatzvermerk

Ersatz für DIN 1045-2:2001-07, DIN 1045-2/A2:2007-06, DIN V 20000-100:2002-11,
DIN V 20000-103:2004-04 und DIN V 20000-104:2004-04

Gesamtumfang 62 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN 1045-2:2008-08

Inhalt

Seite

Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen.....	11
3.1 Begriffe	11
3.2 Symbole und Abkürzungen	13
4 Klasseneinteilung	13
4.1 Expositionsklassen bezogen auf die Umgebungsbedingungen	13
4.2 Frischbeton	17
4.2.1 Konsistenzklassen.....	17
4.2.2 Klassen bezogen auf das Größtkorn der Gesteinskörnung.....	17
5 Anforderungen an Beton und Nachweisverfahren.....	18
5.1 Grundanforderungen an die Ausgangsstoffe.....	18
5.1.1 Allgemeines.....	18
5.1.2 Zement	18
5.1.3 Gesteinskörnungen	18
5.1.4 Zugabewasser	18
5.1.5 Zusatzmittel	18
5.1.6 Zusatzstoffe (einschließlich Gesteinsmehl und Pigmente).....	18
5.1.7 Fasern	19
5.2 Grundanforderungen an die Zusammensetzung des Betons	19
5.2.1 Allgemeines	19
5.2.3 Verwendung von Gesteinskörnungen.....	19
5.2.4 Verwendung von Restwasser.....	22
5.2.5 Verwendung von Zusatzstoffen	22
5.2.7 Chloridgehalt.....	28
5.2.8 Betontemperatur	29
5.2.9 Verwendung von Fasern	29
5.3 Anforderungen in Abhängigkeit von Expositionsklassen.....	30
5.3.2 Grenzwerte für die Betonzusammensetzung.....	30
5.3.3 Leistungsbezogene Entwurfsverfahren	31
5.3.4 Anforderungen an Unterwasserbeton	31
5.3.5 Betone beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen.....	31
5.3.6 Beton für hohe Gebrauchstemperaturen	32
5.3.7 Hochfester Beton	32
5.3.8 Zementmörtel für Fugen	32
5.4 Anforderungen an Frischbeton	32
5.4.1 Konsistenz.....	32
5.4.2 Zementgehalt und Wasserzementwert	33
5.4.3 Luftgehalt.....	33
5.5 Anforderungen an Festbeton	33
5.5.1 Festigkeit	33
5.5.3 Wassereindringwiderstand	34
5.5.5 Verschleißwiderstand.....	34
6 Festlegung des Betons	34
6.1 Allgemeines.....	34
6.2 Festlegung für Beton nach Eigenschaften	35
6.2.2 Grundlegende Anforderungen	35
6.2.3 Zusätzliche Anforderungen	35
6.3 Festlegungen für Beton nach Zusammensetzung	35
6.3.2 Grundlegende Anforderungen	35

	Seite
6.4	Festlegung für Standardbeton 35
7	Lieferung von Frischbeton 35
7.1	Informationen vom Verwender an den Hersteller 35
7.2	Informationen vom Betonhersteller für den Verwender 36
7.3	Lieferschein für Transportbeton 36
7.5	Konsistenz bei Lieferung 37
7.6	Transport von Beton zur Baustelle 37
8	Konformitätskontrolle und Konformitätskriterien 38
8.2	Konformitätskontrolle für Beton nach Eigenschaften 38
8.2.1	Konformitätskontrolle für die Druckfestigkeit 38
8.2.2	Konformitätskontrolle für die Spaltzugfestigkeit 39
8.3	Konformitätskontrolle für Beton nach Zusammensetzung einschließlich Standardbeton 39
8.4	Maßnahmen bei Nichtkonformität des Produktes 39
9	Produktionskontrolle 39
9.1	Allgemeines 39
9.3	Aufgezeichnete Daten und andere Unterlagen 40
9.5	Betonzusammensetzung und Erstprüfung 40
9.6	Personal und Ausstattung 41
9.6.1	Personal 41
9.6.2	Ausstattung 41
9.7	Dosieren der Ausgangsstoffe 42
9.8	Mischen des Betons 42
9.9	Verfahren der Produktionskontrolle 42
10	Beurteilung der Konformität 43
10.1	Allgemeines 43
10.2	Bewertung, Überwachung und Zertifizierung der Produktionskontrolle 43
11	Bezeichnung für Beton nach Eigenschaften 43
Anhang B (normativ)	Identitätsprüfung für die Druckfestigkeit 43
Anhang C (normativ)	Regelungen für die Bewertung, die Überwachung und Zertifizierung der Produktionskontrolle 44
C.2	Aufgaben der Überwachungsstelle 44
C.2.1	Erstbewertung der Produktionskontrolle 44
C.3	Aufgaben der Zertifizierungsstelle 45
C.3.1	Zertifizierung der Produktionskontrolle 45
C.3.2	Maßnahmen bei Nichtkonformität 46
Anhang D (informativ)	Literaturhinweise 46
Anhang E (informativ)	Leitlinie für die Anwendung des Prinzips der gleichwertigen Betonleistungsfähigkeit 46
Anhang F (normativ)	Empfehlungen für Grenzwerte für Betonzusammensetzungen 47
Anhang H (normativ)	Zusätzliche Vorschriften für hochfesten Beton 54
Anhang K (normativ)	Betonfamilien 56
K.2	Wahl der Betonfamilie 56
Anhang K (normativ)	Kornzusammensetzung 56
Anhang U (normativ)	Anforderungen für die Verwendung von Gesteinskörnungen 59

DIN 1045-2:2008-08

Seite

Bilder

Bild 1 — Beziehung zwischen den Normen DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 sowie Richtlinien für Betontechnik, Normen für Bemessung, Konstruktion und Ausführung, Normen für Ausgangsstoffe sowie Normen für Prüfverfahren	7
Bild L.1 — Sieblinien mit einem Größtkorn von 8 mm.....	57
Bild L.2 — Sieblinien mit einem Größtkorn von 16 mm.....	57
Bild L.3 — Sieblinien mit einem Größtkorn von 32 mm.....	58
Bild L.4 — Sieblinien mit einem Größtkorn von 63 mm.....	58

Tabellen

Tabelle 1 — Expositionsklassen und Feuchtigkeitsklassen.....	14
Tabelle 5 — Verdichtungsmaßklassen	17
Tabelle 6 — Ausbreitmaßklassen.....	17
Tabelle 10 — Höchstzulässiger Chloridgehalt von Beton	28
Tabelle 22 — Kontrolle der Betonausgangsstoffe (fortgesetzt)	42
Tabelle F.2.1 — Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton — Teil 1	47
Tabelle F.2.2 — Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton — Teil 2	48
Tabelle F.3.1 — Anwendungsbereiche für Zemente nach DIN EN 197-1, DIN EN 197-4, DIN 1164-10, DIN 1164-12 und FE-Zemente sowie CEM I-SE und CEM II-SE nach DIN 1164-11 zur Herstellung von Beton nach DIN 1045-2.....	49
Tabelle F.3.2 — Anwendungsbereiche für CEM-II-M-Zemente mit drei Hauptbestandteilen nach DIN EN 197-1, DIN 1164-10, DIN 1164-12 und FE-Zemente sowie CEM II-SE nach DIN 1164-11 zur Herstellung von Beton nach DIN 1045-2.....	50
Tabelle F.3.3 — Anwendungsbereiche für Zemente CEM IV und CEM V mit zwei bzw. drei Hauptbestandteilen nach DIN EN 197-1, DIN 1164-10, DIN 1164-12 und FE-Zemente nach DIN 1164-11 zur Herstellung von Beton nach DIN 1045-2	51
Tabelle F.3.4 — Anwendungsbereiche für Zemente nach DIN EN 14216 zur Herstellung von Beton nach DIN 1045-2.....	52
Tabelle F.4.1 — Höchstzulässiger Mehlkorngelalt für Beton mit einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 16 mm bis 63 mm bis Betonfestigkeitsklassen C50/60 und LC 50/55 bei den Expositionsklassen XF und XM.....	53
Tabelle F.4.2 — Höchstzulässiger Mehlkorngelalt für Beton mit einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 16 mm bis 63 mm ab der Betonfestigkeitsklasse C55/67 und LC 55/60 bei allen Expositionsklassen.....	53
Tabelle F.5 — Mindestzementgehalt für Standardbeton mit einem Größtkorn von 32 mm und Zement der Festigkeitsklasse 32,5 nach DIN EN 197-1	53
Tabelle H.1 — Zusätzliche Kontrolle der Betonausgangsstoffe bei hochfestem Beton	54
Tabelle H.2 — Zusätzliche Kontrolle der Ausstattung bei der Herstellung von hochfestem Beton	55
Tabelle H.3 — Zusätzliche Kontrolle der Herstellverfahren und der Betoneigenschaften bei hochfestem Beton	55
Tabelle U.1 — Regelanforderungen für Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620	59
Tabelle U.2 — Andere Anforderungen für Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620	60
Tabelle U.3 — Regelanforderungen für Gesteinskörnungen nach DIN EN 13055-1	61
Tabelle U.4 — Andere Anforderungen für Gesteinskörnungen nach DIN EN 13055-1	62

Vorwort

Diese Norm wurde vom Fachbereich 07 „Beton- und Stahlbeton/Deutscher Ausschuss für Stahlbeton“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) vom Arbeitsausschuss NA 005-07-02 AA „Betontechnik“ erarbeitet.

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 Konformitätskontrolle von Fertigteilen.*

Eng verbunden mit dieser Reihe ist DIN EN 206-1 mit Festlegungen für die Betontechnik.

DIN EN 206-1, *Beton — Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität* erlaubt nationale Anwendungsregeln in einer Reihe von Abschnitten, um unterschiedliche klimatische und geographische Bedingungen, verschiedene Schutzniveaus sowie gut eingeführte regionale Gepflogenheiten und Erfahrungen zu berücksichtigen. Die deutschen Anwendungsregeln werden nachfolgend in dieser Norm aufgeführt.

Diese Norm gilt zusammen mit DIN EN 206-1 für Beton, der für Ortbetonbauwerke, für vorgefertigte Bauwerke sowie für Fertigteile für Gebäude und Ingenieurbauwerke verwendet wird.

In den vorliegenden Anwendungsregeln werden die Benummerung und die Überschriften der Abschnitte von DIN EN 206-1 übernommen, auf die sich die Anwendungsregeln beziehen. Auf Ergänzungen, Ersetzungen und Streichungen von Texten von DIN EN 206-1 wird in den vorliegenden Anwendungsregeln in der linken Spalte hingewiesen.

Diese Norm enthält die Änderung A2 und A3 zu DIN 1045-2:2001-07 und die Anforderungen aus DIN V 20000-100, DIN V 20000-103, DIN V 20000-104, DIN V 20000-106 und DIN V 20000-107.

Die Änderungen zu DIN 1045-2:2001-07, die sich aus DIN 1045-2/A2:2007-06, E DIN 1045-2/A3:2008-01 und den Beratungsergebnissen zu den Einsprüchen zu E DIN 1045-2/A3 ergeben, sind durch senkrechte Striche am Text gekennzeichnet. Darüber hinaus erfolgen Anpassungen von Normenbezügen an den aktuellen Stand der Bezugsdokumente, die jedoch nicht gekennzeichnet sind.

Änderungen

Gegenüber DIN 1045-2:2001-07, DIN 1045-2/A2:2007-06, DIN V 20000-100:2002-11, DIN V 20000-103:2004-04 und DIN V 20000-104:2004-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung der Anrechnungsregeln für Flugasche als Betonzusatzstoff in den Expositionsklassen XF2 und XF4 sowie damit einhergehender Anpassungen für flugaschehaltige Zemente;
- b) Übernahme der Feuchtigkeitsklassen der Alkalirichtlinie;
- c) Übernahme der Anforderungen aus den Anwendungsdokumenten:
 - DIN V 20000-100 für Betonzusatzmittel,
 - DIN V 20000-103 für Gesteinskörnung,
 - DIN V 20000-104 für leichte Gesteinskörnung,
 - E DIN 20000-106 für Flugasche,

DIN 1045-2:2008-08

- E DIN 20000-107 für Silikastaub;
- d) Anwendungsregeln für Fasern ergänzt;
- e) Anwendungsregeln für Zemente nach DIN EN 197-1 ergänzt;
- f) Übernahme ergänzender Festlegungen aus der Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen (z. B. für Pigmente) und der Bauregelliste.

Frühere Ausgaben

DIN 1045-2: 2001-07
DIN 1045-2/A2: 2007-06
DIN 1045/A1: 1996-12
DIN 1045: 1925-09, 1932-04, 1937-05, 1943xxx-04, 1959-11, 1972-01, 1978-12, 1988-07
DIN 4219-1: 1979-12
DIN 1084-1: 1972-02, 1978-12
DIN 1084-3: 1972-02, 1978-12
DIN V ENV 206: 1990-10
DIN V 20000-100: 2002-11
DIN V 20000-103: 2004-04
DIN V 20000-104: 2004-04

Vorwort

Bild 1 von DIN EN 206-1 wird durch Bild 1 der vorliegenden Norm ersetzt.

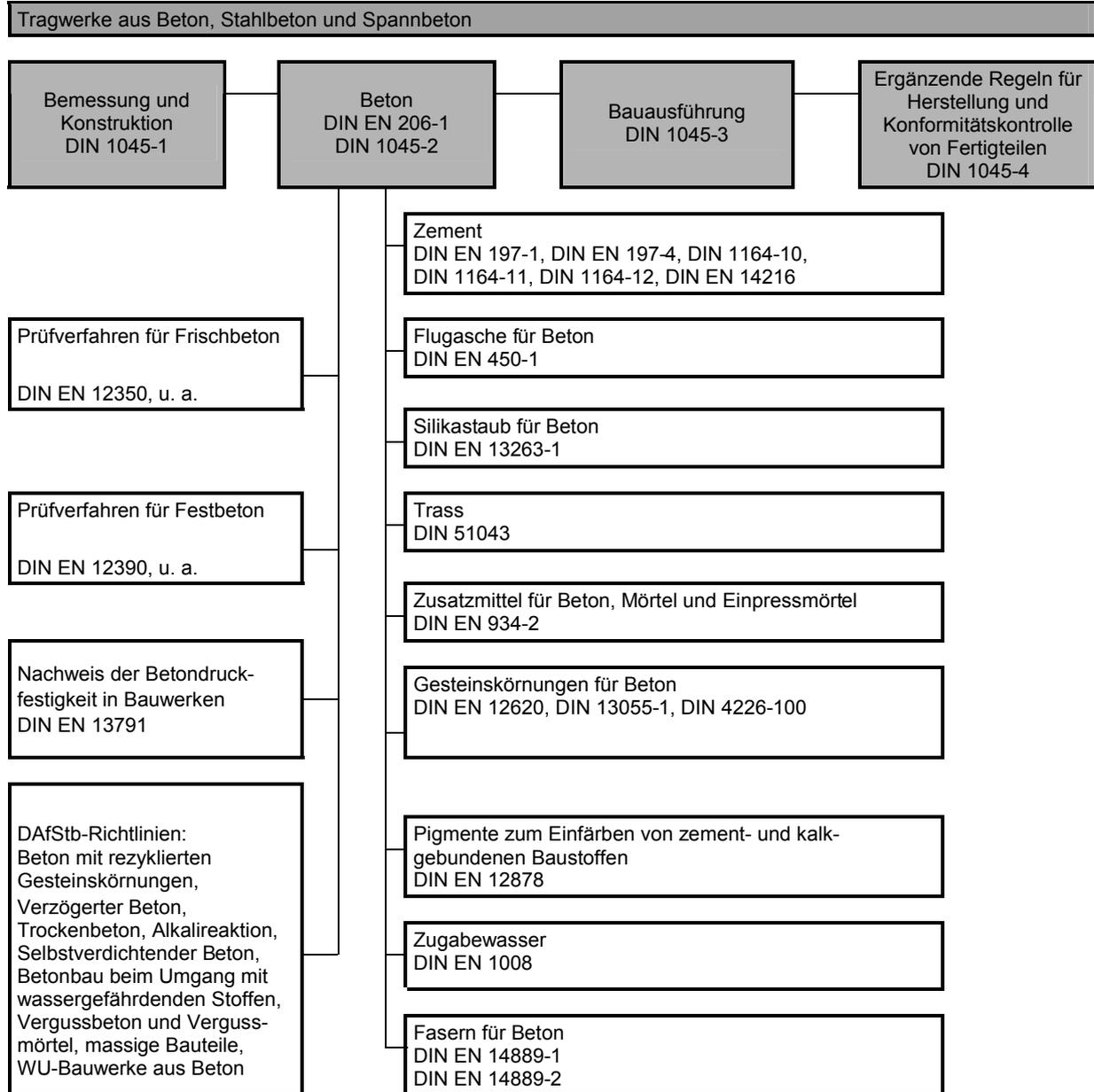


Bild 1 — Beziehung zwischen den Normen DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 sowie Richtlinien für Betontechnik, Normen für Bemessung, Konstruktion und Ausführung, Normen für Ausgangsstoffe sowie Normen für Prüfverfahren

DIN 1045-2:2008-08**1 Anwendungsbereich**

Der siebente Absatz wird ergänzt durch:

Diese Norm gilt nicht für

- Beton mit porosiertem Zementstein;
- Beton mit einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 4 mm oder weniger mit Ausnahme von Zementmörtel nach 5.3.8;
- hochfesten Beton mit Wärmebehandlung;

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).

Der Abschnitt wird ergänzt durch:

DIN 1045-1, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 1: Bemessung und Konstruktion*

DIN 1045-2, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 2: Beton — Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität — Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1*

DIN 1045-3:2008-08, *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 Überwachung von Fertigteilen*

DIN 1100, *Hartstoffe für zementgebundene Hartstoffestriche*

DIN 1164-10, *Zement mit besonderen Eigenschaften — Teil 10: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Normalzement mit besonderen Eigenschaften*

DIN 1164-11, *Zement mit besonderen Eigenschaften — Teil 11: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit verkürztem Erstarren*

DIN 1164-12, *Zement mit besonderen Eigenschaften — Teil 12: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit einem erhöhten Anteil an organischen Bestandteilen*

DIN 19569-1, *Kläranlagen — Baugrundsätze für Bauwerke und technische Ausrüstungen — Teil 1: Allgemeine Baugrundsätze*

DIN 4030-1, *Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase — Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte*

DIN 4030-2, *Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase — Teil 2: Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben*

DIN 4226-100, *Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel — Teil 100: Rezyklierte Gesteinskörnungen*

DIN 51043, *Trass — Anforderungen, Prüfung*

DIN EN 196-2, *Prüfverfahren für Zement — Teil 2: Chemische Analyse von Zement*

DIN EN 196-3, *Prüfverfahren für Zement — Teil 3: Bestimmung der Erstarrungszeiten und der Raumbeständigkeit*

DIN EN 196-6, *Prüfverfahren für Zement — Teil 6: Bestimmung der Mahlfeinheit*

DIN EN 197-1, *Zement — Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement*

E DIN EN 197-1/A2, *Zement — Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen, und Konformitätskriterien von Normalzement, Änderung A2 (Zement mit hohem Sulfatwiderstand); Deutsche Fassung EN 197-1:2000/prA2:2006*

DIN EN 197-4, *Zement — Teil 4: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Hochofenzement mit niedriger Anfangsfestigkeit*

DIN EN 206-1:2001-07, *Beton — Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2001*

DIN EN 450-1, *Flugasche für Beton — Teil 1: Definition, Anforderungen und Konformitätskriterien*

DIN EN 480-1, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Prüfverfahren — Teil 1: Referenzbeton und Referenzmörtel für Prüfungen*

DIN EN 933-1, *Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen — Teil 1: Bestimmung der Korngrößenverteilung; Siebverfahren*

DIN EN 934-1:2008-04, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 1: Gemeinsame Anforderungen; Deutsche Fassung EN 934-1:2008*

DIN EN 934-2:2002-02, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 2: Betonzusatzmittel — Definitionen, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung; Deutsche Fassung EN 934-2:2001*

DIN EN 1008:2002-10, *Zugabwasser für Beton — Teil 10: Festlegung für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich bei der Betonherstellung anfallendem Wasser, als Zugabewasser für Beton; Deutsche Fassung EN 1008:2002*

DIN EN 12350-5, *Prüfung von Frischbeton — Teil 5: Ausbreitmaß*

DIN EN 12350-7, *Prüfung von Frischbeton — Teil 7: Luftgehalte — Druckverfahren*

DIN EN 12390-2:2001-06, *Prüfung von Festbeton — Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeits-*

DIN 1045-2:2008-08

prüfungen; Deutsche Fassung EN 12390-2:2000

DIN EN 12390-3, *Prüfung von Festbeton — Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern*

DIN EN 12620:2003-04, *Gesteinskörnungen für Beton; Deutsche Fassung EN 12620:2003*

DIN EN 12878, *Pigmente zum Einfärben von zement- und kalkgebundenen Baustoffen*

DIN EN 13055-1:2002-08, *Leichte Gesteinskörnungen — Teil 1: Leichte Gesteinskörnungen für Beton, Mörtel und Einpressmörtel; Deutsche Fassung EN 13055-1:2002*

DIN EN 13263-1, *Silikastaub für Beton — Teil 1: Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien*

E DIN EN 1367-6, *Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen — Teil 6: Beständigkeit gegen Frost-Tau-Wechsel in der Gegenwart von Salz; Deutsche Fassung prEN 1367-6:2006-08*

DIN EN 13791, *Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteile*

DIN EN 14216, *Zement — Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Sonderzementen mit sehr niedriger Hydratationswärme*

DIN EN 14889-1, *Fasern für Beton — Teil 1: Stahlfasern — Begriffe, Festlegungen und Konformität*

DIN EN 14889-2, *Fasern für Beton — Teil 2: Polymerfasern — Begriffe, Festlegungen und Konformität*

DIN EN 1744-1:1998-05, *Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen — Teil 1: Chemische Analyse; Deutsche Fassung EN 1744-1:1998*

DIN ISO 3310-1, *Analysensiebe — Anforderungen und Prüfung — Teil 1: Analysensiebe mit Metalldrahtgewebe*

DIN ISO 3310-2, *Analysensiebe — Anforderungen und Prüfung — Teil 2: Analysensiebe mit Lochblechen*

DIN V 18004:2004-04, *Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken — Prüfverfahren für Gesteinskörnungen nach DIN V 20000-103 und DIN V 20000-104*

DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton¹⁾

DAfStb-Richtlinie Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkalirichtlinie)¹⁾

DAfStb-Richtlinie Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN 4226-100¹⁾

DAfStb-Richtlinie Massige Bauteile aus Beton¹⁾

DAfStb-Richtlinie Herstellung und Verwendung von Trocken-

1) Nachgewiesen in der DITR-Datenbank der DIN Software GmbH, zu beziehen durch: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

beton und Trockenmörtel¹⁾

DAfStb-Richtlinie Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörte¹⁾

DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton¹⁾

DAfStb-Richtlinie Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton) — Eignungsprüfung, Herstellung, Verarbeitung und Nachbehandlung¹⁾

DAfStb-Richtlinie für Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen¹⁾

Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (FGSV)

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Definition 3.1.22 in DIN EN 206-1 wird ergänzt:

pulverförmige Betonzusatzmittel

Als pulverförmig gelten solche Betonzusatzmittel, die bei einer Trockensiebung nach DIN EN 933-1 einen Kornanteil > 1 mm von höchstens 5 % Massenanteil enthalten

granulatartige Betonzusatzmittel

Als granulatartig gelten solche Betonzusatzmittel, die bei einer Trockensiebung nach DIN EN 933-1 einen Kornanteil > 4 mm von höchstens 5 % Massenanteil enthalten

3.1.46

Konformitätsnachweis

Die Anmerkung wird hinzugefügt:

ANMERKUNG Die in DIN EN 206-1 und in dieser Norm enthaltenen Bestimmungen für den Konformitätsnachweis gelten als Bestimmungen für den Übereinstimmungsnachweis nach den Landesbauordnungen.

Begriffe 3.1.47 bis 3.1.59 werden hinzugefügt:

3.1.47

Ortbeton

Beton, der als Frischbeton in Bauteile in ihrer endgültigen Lage eingebracht wird und dort erhärtet

3.1.48

Mehlkorngehalt

Summe aus dem Zementgehalt, dem in den Gesteinskörnungen enthaltenen Kornanteil 0 mm bis 0,125 mm und dem Betonzusatzstoffgehalt

3.1.49**Expositionsklasse**

Klassifizierung der chemischen und physikalischen Umgebungsbedingungen, denen der Beton ausgesetzt werden kann und die auf den Beton, die Bewehrung oder metallische Einbauteile einwirken können und die nicht als Lastannahmen in die Tragwerksplanung eingehen

3.1.50**Restwasser**

Wasser, das auf dem Gelände der Betonproduktion anfällt und nach Aufbereitung zur Betonproduktion wieder verwendet wird

3.1.51**Fließbeton**

Beton mit der Konsistenzbeschreibung sehr weich, fließfähig oder sehr fließfähig

ANMERKUNG siehe Tabelle 6

3.1.52**äquivalenter Wasserzementwert**

Masseverhältnis des wirksamen Wassergehaltes zur Summe aus Zementgehalt und k -fach anrechenbaren Anteilen von Zusatzstoffen (siehe 5.2.5.2)

3.1.53**Stahlfasern**

gerade oder verformte Fasern aus kalt gezogenem Stahldraht, gerade oder verformte zugeschnittene Einzelfasern, aus Schmelzgut hergestellte Fasern, von kalt gezogenem Draht gespannte Fasern oder aus Stahlblöcken gehobelte Fasern, die für eine homogene Einbringung in Beton oder Mörtel geeignet sind

3.1.54**Polymerfasern**

gerade oder verformte Fasern aus extrudiertem, orientiertem oder geschnittenem Polymerstoff, die für die gleichmäßige Verteilung in einer Beton- oder Mörtelmischung geeignet sind und die im Laufe der Zeit nicht von dem hohen pH-Wert des Betons beeinflusst werden

3.1.55**Kornrohichte einer leichten Gesteinskörnung ρ_G**

Verhältnis aus ihrer Trockenmasse nach Ofentrocknung und ihrem Volumen im wassergesättigten, oberflächenbenetzten Zustand einschließlich des vorhandenen inneren abgeschlossenen Porenraumes

3.1.56**wirksame Kornrohichte einer leichten Gesteinskörnung ρ_R**

Verhältnis aus ihrer Prüfmasse im wassergesättigten, oberflächenbenetzten Zustand und ihrem Volumen im wassergesättigten, oberflächenbenetzten Zustand einschließlich des vorhandenen inneren abgeschlossenen Porenraumes

3.1.57**Wasseraufnahme einer leichten Gesteinskörnung w_a**

Verhältnis der Masse des Sättigungswassers zur Trockenmasse der leichten Gesteinskörnung

3.1.58**Kornfestigkeit einer leichten Gesteinskörnung**

ersatzweise bestimmte Druckfestigkeit eines Haufwerks oder eines Mörtels, der unter Verwendung der leichten Gesteinskörnung hergestellt wird

3.1.59**Feuchtigkeitsklasse**

Klassifizierung der Umgebungsbedingungen hinsichtlich einer möglichen schädigenden Alkalikieselsäure-Reaktion

3.2 Symbole und Abkürzungen

Folgende Symbole und Abkürzungen werden hinzugefügt:

XM...	Expositionsklassen für Angriff auf den Beton durch Verschleiß
W...	Feuchtigkeitsklassen entsprechend Tabelle 1
$f_{c,dry}$	Betondruckfestigkeit von Probekörpern, gelagert nach DIN EN 12390-2:2001-06, Anhang NA
z	Zementgehalt im Beton
f	Flugaschegehalt im Beton
s	Silikastaubgehalt im Beton
k_f	k -Wert zur Anrechnung von Flugasche
k_s	k -Wert zur Anrechnung von Silikastaub
$(w/z)_{eq}$	äquivalenter Wasserzementwert
ρ_G	Kornrohddichte einer leichten Gesteinskörnung
ρ_R	wirksame Kornrohddichte einer leichten Gesteinskörnung
w_a	Wasseraufnahme einer leichten Gesteinskörnung

4 Klasseneinteilung**4.1 Expositionsklassen bezogen auf die Umgebungsbedingungen**

Tabelle 1 wird um die Nr 7 „Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung“ ergänzt.

Tabelle 1 wird um die Nr 8 „Betonkorrosion infolge Alkali-Kieselsäure-Reaktion“ ergänzt.

DIN 1045-2:2008-08

Für Expositionsklasse X0 entfällt in der zweiten Spalte der Satz:

Für Beton mit Bewehrung oder eingebettetem Metall: sehr trocken.

Tabelle 1 von DIN EN 206-1:2007-01 wird durch Tabelle 1 der vorliegenden Norm ersetzt.

Tabelle 1 — Expositionsklassen und Feuchtigkeitsklassen

Klasse	Beschreibung der Umgebung	Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen (informativ)
1 Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko		
Für Bauteile ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall in nicht betonangreifender Umgebung kann die Expositionsklasse X0 zugeordnet werden.		
X0	Für Beton ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall: alle Umgebungsbedingungen, ausgenommen Frostangriff, Verschleiß oder chemischer Angriff	Fundamente ohne Bewehrung ohne Frost; Innenbauteile ohne Bewehrung
2 Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Karbonatisierung		
Wenn Beton, der Bewehrung oder anderes eingebettetes Metall enthält, Luft und Feuchte ausgesetzt ist, muss die Expositionsklasse wie folgt zugeordnet werden: ANMERKUNG Die Feuchtebedingung bezieht sich auf den Zustand innerhalb der Betondeckung der Bewehrung oder anderen eingebetteten Metalls; in vielen Fällen kann jedoch angenommen werden, dass die Bedingungen in der Betondeckung den Umgebungsbedingungen entsprechen. In diesen Fällen darf die Klasseneinteilung nach der Umgebungsbedingung als gleichwertig angenommen werden. Dies braucht nicht der Fall sein, wenn sich zwischen dem Beton und seiner Umgebung eine Sperrschicht befindet.		
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
XC2	nass, selten trocken	Teile von Wasserbehältern; Gründungsbauteile
XC3	mäßige Feuchte	Bauteile, zu denen die Außenluft häufig oder ständig Zugang hat, z. B. offene Hallen, Innenräume mit hoher Luftfeuchtigkeit z. B. in gewerblichen Küchen, Bädern, Wäschereien, in Feuchträumen von Hallenbädern und in Viehställen
XC4	wechselnd nass und trocken	Außenbauteile mit direkter Beregnung
3 Bewehrungskorrosion, verursacht durch Chloride, ausgenommen Meerwasser		
Wenn Beton, der Bewehrung oder anderes eingebettetes Metall enthält, chloridhaltigem Wasser, einschließlich Taumittel, ausgenommen Meerwasser, ausgesetzt ist, muss die Expositionsklasse wie folgt zugeordnet werden:		
XD1	mäßige Feuchte	Bauteile im Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen; Einzelgaragen
XD2	nass, selten trocken	Solebäder; Bauteile, die chloridhaltigen Industrieabwässern ausgesetzt sind
XD3	wechselnd nass und trocken	Teile von Brücken mit häufiger Spritzwasserbeanspruchung; Fahrbahndecken; direkt befahrene Parkdecks ^a

Tabelle 1 (fortgesetzt)

4 Bewehrungskorrosion, verursacht durch Chloride aus Meerwasser		
Wenn Beton, der Bewehrung oder anderes eingebettetes Metall enthält, Chloriden aus Meerwasser oder salzhaltiger Seeluft ausgesetzt ist, muss die Expositions-kategorie wie folgt zugeordnet werden:		
XS1	salzhaltige Luft, aber kein unmittelbarer Kontakt mit Meerwasser	Außenbauteile in Küstennähe
XS2	unter Wasser	Bauteile in Hafenanlagen, die ständig unter Wasser liegen
XS3	Tidebereiche, Spritzwasser- und Sprühnebelbereiche	Kaimauern in Hafenanlagen
5 Frostangriff mit und ohne Taumittel		
Wenn durchfeuchteter Beton erheblichem Angriff durch Frost-Tau-Wechsel ausgesetzt ist, muss die Expositions-kategorie wie folgt zugeordnet werden:		
XF1	mäßige Wassersättigung, ohne Taumittel	Außenbauteile
XF2	mäßige Wassersättigung, mit Taumittel	Bauteile im Sprühnebel- oder Spritzwasserbereich von taumittelbehandelten Verkehrsflächen, soweit nicht XF4; Betonbauteile im Sprühnebelbereich von Meerwasser
XF3	hohe Wassersättigung, ohne Taumittel	offene Wasserbehälter; Bauteile in der Wasserwechselzone von Süßwasser
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
6 Betonkorrosion durch chemischen Angriff		
Wenn Beton chemischem Angriff durch natürliche Böden, Grundwasser, Meerwasser nach Tabelle 2 und Abwasser ausgesetzt ist, muss die Expositions-kategorie wie folgt zugeordnet werden:		
ANMERKUNG Bei XA3 und unter Umgebungsbedingungen außerhalb der Grenzen von Tabelle 2, bei Anwesenheit anderer angreifender Chemikalien, chemisch verunreinigtem Boden oder Wasser, bei hoher Fließgeschwindigkeit von Wasser und Einwirkung von Chemikalien nach Tabelle 2 sind Anforderungen an den Beton oder Schutzmaßnahmen in diesen Anwendungsregeln nach 5.3.2, vorgegeben.		
XA1	chemisch schwach angreifende Umgebung nach Tabelle 2	Behälter von Kläranlagen; Güllebehälter
XA2	chemisch mäßig angreifende Umgebung nach Tabelle 2 und Meeresbauwerke	Betonbauteile, die mit Meerwasser in Berührung kommen; Bauteile in betonangreifenden Böden
XA3	chemisch stark angreifende Umgebung nach Tabelle 2	Industrieabwasseranlagen mit chemisch angreifenden Abwässern; Futtertische der Landwirtschaft; Kühltürme mit Rauchgasableitung
7 Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung		
Wenn Beton einer erheblichen mechanischen Beanspruchung ausgesetzt ist, muss die Expositions-kategorie wie folgt zugeordnet werden:		
XM1	mäßige Verschleißbeanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luftberefte Fahrzeuge
XM2	starke Verschleißbeanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luft- oder vollgummiberefte Gabelstapler

DIN 1045-2:2008-08

Tabelle 1 (fortgesetzt)

XM3	sehr starke Verschleißbeanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch elastomer- oder stahlrollenbereifte Gabelstapler; Oberflächen, die häufig mit Kettenfahrzeugen befahren werden; Wasserbauwerke in geschiebebelasteten Gewässern, z. B. Tosbecken
8 Betonkorrosion infolge Alkali-Kieselsäurereaktion		
Anhand der zu erwartenden Umgebungsbedingungen ist der Beton einer der vier nachfolgenden 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“, 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.
WS	Beton, der hoher dynamischer Beanspruchung und direktem Alkalieintrag ausgesetzt ist.	Bauteile unter Tausalzeinwirkung mit zusätzlicher hoher dynamischer Beanspruchung (z. B. Betonfahrbahnen)
^a Ausführung nur mit zusätzlichen Maßnahmen (z. B. rissüberbrückende Beschichtung, s. a. DAfStb Heft 526)		

Tabelle 2, erster Absatz wird durch eine Anmerkung ergänzt:

Hinsichtlich Vorkommen und Wirkungsweise von chemisch angreifenden Böden und Grundwasser siehe DIN 4030-1.

Tabelle 2, zweiter Absatz wird ergänzt durch:

Auf eine spezielle Studie kann verzichtet werden, wenn keiner der Werte im oberen Viertel (bei pH im unteren Viertel) liegt.

Tabelle 2, erste Spalte, Zeile NH_4^+ wird durch Fußnote ^d ergänzt:

^d Gülle kann, unabhängig vom NH_4^+ -Gehalt, in die Expositionsklasse XA1 eingeordnet werden.

Tabelle 2, erste Spalte, Zeile „Grundwasser, SO_4^{2-} mg/l“ wird durch Fußnote ^e ergänzt:

^e Falls der Sulfatgehalt des Grundwassers > 600 mg/l beträgt, ist dieser im Rahmen der Festlegung des Betons anzugeben.

4.2 Frischbeton

4.2.1 Konsistenzklassen

In den Tabellen 5 und 6 werden den Konsistenzklassen Konsistenzbeschreibungen in einer dritten Spalte hinzugefügt:

Tabelle 5 — Verdichtungsmaßklassen

Klasse	Verdichtungsmaß	Konsistenzbeschreibungen
C0	$\geq 1,46$	sehr steif
C1	1,45 bis 1,26	steif
C2	1,25 bis 1,11	plastisch
C3 ^a	1,10 bis 1,04	weich
C4 ^b	< 1,04	—

^a Siehe Anmerkung zu 5.4.1.
^b C4 gilt nur für Leichtbeton.

Tabelle 6 — Ausbreitmaßklassen

Klasse	Ausbreitmaß (Durchmesser) mm	Konsistenzbeschreibungen
F1 ^a	≤ 340	steif
F2	350 bis 410	plastisch
F3	420 bis 480	weich
F4	490 bis 550	sehr weich
F5	560 bis 620	fließfähig
F6 ^a	≥ 630	sehr fließfähig

^a Siehe Anmerkung zu 5.4.1.

4.2.2 Klassen bezogen auf das Größtkorn der Gesteinskörnung

Anstelle von prEN 12620 gelten:

DIN EN 12620 und DIN EN 13055-1.

DIN 1045-2:2008-08**5 Anforderungen an Beton und Nachweisverfahren****5.1 Grundanforderungen an die Ausgangsstoffe****5.1.1 Allgemeines**

Anmerkung, erster und zweiter Spiegelstrich werden ersetzt durch:

- eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, in welcher die Verwendbarkeit der Ausgangsstoffe für Beton nach dieser Norm festgestellt wird;
- die in den folgenden Abschnitten genannten Normen oder als Technische Baubestimmungen eingeführten Richtlinien.

5.1.2 Zement

Abschnitt wird ersetzt durch:

Als geeignet gelten Zemente nach DIN EN 197-1, DIN EN 197-4, DIN 1164-10, DIN 1164-11, DIN 1164-12 und nach DIN EN 14216.

5.1.3 Gesteinskörnungen

Abschnitt wird ersetzt durch:

- Als geeignet gelten
- Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620, deren Konformität mit dem System der Konformitätsbescheinigung „2+“ nachgewiesen worden ist,
 - leichte Gesteinskörnungen nach DIN EN 13055-1, deren Konformität mit dem System der Konformitätsbescheinigung „2+“ nachgewiesen worden ist,
 - rezyklierte Gesteinskörnungen nach DIN 4226-100.

5.1.4 Zugabewasser

Abschnitt wird ersetzt durch:

Als geeignet gilt Zugabewasser nach DIN EN 1008.

5.1.5 Zusatzmittel

Abschnitt wird ersetzt durch:

Als geeignet gelten Zusatzmittel nach DIN EN 934-2.

5.1.6 Zusatzstoffe (einschließlich Gesteinsmehl und Pigmente)

Abschnitt wird ersetzt durch:

Die Eignung als Zusatzstoffe des Typs I ist nachgewiesen für Gesteinsmehl nach DIN EN 12620 und für Pigmente nach DIN EN 12878.

Die Eignung als Zusatzstoff Typ II ist nachgewiesen für Flugasche nach DIN EN 450-1, für Silikastaub nach DIN EN 13263-1 und für Trass nach DIN 51043.

Es dürfen nur anorganische Pigmente und Pigmentruß verwendet werden.

Für die Verwendung in standsicherheitsrelevanten Bauteilen aus Stahlbeton oder Spannbeton muss für Pigmente in Lieferform (Pigmentmischungen und wässrige Pigmentpräparationen) nachgewiesen sein, dass das Pigment keine korrosionsfördernde Wirkung auf den im Beton eingebetteten Stahl hat.

Pigmente nach DIN EN 12878 müssen hinsichtlich Druckfestigkeit die Anforderungen der Kategorie B erfüllen.

Pigmente nach DIN EN 12878 müssen hinsichtlich des Gehalts an wasserlöslichen Substanzen die Anforderungen der Kategorie B erfüllen. Bei Verwendung nicht-pulverförmiger Pigmente darf der Gehalt an wasserlöslichen Substanzen bis zu 4 % Massenanteil, bezogen auf den Feststoffgehalt, betragen, vorausgesetzt, die wasserlöslichen Anteile entsprechen den Anforderungen von DIN EN 934-2.

Pigmente mit einem Gesamtchlorgehalt von $\leq 0,10$ % Massenanteil dürfen ohne besonderen Nachweis verwendet werden.

Pigmente der Kategorie mit deklariertem Gesamtchlorgehalt dürfen verwendet werden, wenn der höchstzulässige Chloridgehalt im Beton, bezogen auf die Zementmasse, den Anforderungswert nach 5.2.7, Tabelle 10, nicht überschreitet.

5.1.7 Fasern

Abschnitt 5.1.7 wird hinzugefügt:

Als geeignet gelten lose Stahlfasern nach DIN EN 14889-1, deren Konformität mit dem System der Konformitätsbescheinigung „1“ nachgewiesen worden ist.

Ebenso als geeignet gelten geklebte oder in einer Dosierverpackung zugegebene Stahlfasern nach DIN EN 14889-1, wenn ihre Verwendbarkeit hinsichtlich der Lieferform durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung nachgewiesen ist.

Polymerfasern nach DIN EN 14889-2 sind nur geeignet, wenn ihre Verwendbarkeit durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung nachgewiesen ist.

5.2 Grundanforderungen an die Zusammensetzung des Betons

5.2.1 Allgemeines

Der dritte Absatz wird ersetzt durch:

Für Standardbeton gelten folgende Beschränkungen:

- Verwendung natürlicher Gesteinskörnungen;
- keine Verwendung von Zusatzstoffen;
- keine Verwendung von Zusatzmitteln;
- Mindestzementgehalt nach Tabelle F.5;
- Zementart nach den Tabellen F.3.1 bis F.3.3.

5.2.3 Verwendung von Gesteinskörnungen

5.2.3.1 Allgemeines

Der zweite Absatz wird um folgende Anmerkung 1 ergänzt:

ANMERKUNG 1 Die Kornzusammensetzung der Gesteinskörnungen wird durch die in Anhang L beschriebenen Sieblinien oder Kennwerte gekennzeichnet.

DIN 1045-2:2008-08

Nach der Anmerkung 1 werden die nebenstehenden Texte hinzugefügt:

Für die Verwendung von Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 gelten die in Anhang U, Tabelle U.1, aufgeführten Regelanforderungen. Für bestimmte Expositionsklassen oder Arten der Verwendung können andere Anforderungen maßgebend sein (siehe Anhang U, Tabelle U.2).

ANMERKUNG 2 Bei Vorhandensein von Sulfiden ist eine besondere Beurteilung notwendig (z. B. bei Sichtbeton). Hierbei sind die Bauwerksverhältnisse zu berücksichtigen (s. DAfStb-Heft 526).

Darüber hinaus sind folgende Festlegungen zu beachten.

Kornrohdichte und Wasseraufnahme von Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620:2003-04, 5.5, müssen angegeben sein.

Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 dürfen nur verwendet werden, wenn die Alkaliempfindlichkeitsklasse angegeben ist.

Für industriell hergestellte Gesteinskörnungen außer kristalliner Hochofenstüchschlacke, Hüttensand und Schmelzkammergranulat muss die Umweltverträglichkeit mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung nachgewiesen sein.

5.2.3.2 Natürlich zusammengesetzte Gesteinskörnung

Anstelle von prEN 12620 gilt:

DIN EN 12620

5.2.3.3 Wiedergewonnene Gesteinskörnungen

Anstelle von prEN 12620 gilt:

DIN EN 12620

Absatz 3 wird hinzugefügt:

Die wiedergewonnene Gesteinskörnung muss so ausgewaschen sein, dass keine Kornbindung und somit gleichmäßiges Untermischen möglich ist.

5.2.3.4 Widerstand gegen Alkali-Kieselsäure-Reaktion

Der Abschnitt wird um den zweiten, dritten und vierten Absatz ergänzt durch:

Für die Beurteilung und Verwendung der Gesteinskörnung, die schädliche Mengen an alkalilöslicher Kieselsäure enthält oder bei dem diese nicht sicher auszuschließen sind sowie für die ggf. beim Beton zu ergreifenden Maßnahmen ist die DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)“ anzuwenden.

Ist für die Gesteinskörnung keine Alkaliempfindlichkeitsklasse angegeben, ist E III anzunehmen.

Für die Herstellung von hochfestem Beton sind hinsichtlich Alkalireaktion unbedenkliche Gesteinskörnungen zu verwenden.

5.2.3.5 Rezyklierte Gesteinskörnungen

Der Abschnitt wird hinzugefügt:

Für die Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen ist die DAfStb-Richtlinie „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN 4226-100“ zu beachten. Es dürfen nur die Gesteinskörnungstypen 1 und 2 nach DIN 4226-100 verwendet werden.

5.2.3.6 Leichte Gesteinskörnung

Der Abschnitt wird hinzugefügt:

Für die Herstellung von Normalbeton mit leichten Gesteinskörnungen und von Leichtbeton dürfen die folgenden leichten Gesteinskörnungen nach DIN EN 13055-1 verwendet werden:

- natürliche Gesteinskörnungen: Lava (Lavaschlacke), Naturbims, Tuff;
- aus natürlichen Rohstoffen und/oder aus industriellen Nebenprodukten hergestellte Gesteinskörnungen: Blähglas, Blähglimmer (Vermikulit), Blähperlit, Blähschiefer, Blähthon, gesinterte Steinkohlenflugasche-Pellets, Ziegelsplitt aus ungebrauchten Ziegeln;
- industrielle Nebenprodukte: Kesselsand.

Hinsichtlich der Verwendung der leichten Gesteinskörnungen sind weiterhin die nachfolgenden Festlegungen zu beachten.

Blähglas, Blähglimmer (Vermikulit), Blähperlit und Kesselsand nach DIN EN 13055-1 dürfen in Spannbeton nicht verwendet werden.

Für die Verwendung leichter Gesteinskörnungen nach DIN EN 13055-1 gelten die in Anhang U, Tabelle U.3, aufgeführten Regelanforderungen. Für bestimmte Expositionsklassen oder Arten der Verwendung können andere Anforderungen maßgebend sein (siehe Anhang U, Tabelle U.4).

Für leichte Gesteinskörnungen muss der Feinanteil bekannt sein.

In der Regel dürfen natürliche leichte Gesteinskörnungen verwendet werden, deren Gehalt an Feinanteilen die Höchstwerte nach Anhang U, Tabelle U.3, nicht überschreitet. Es dürfen nur leichte Gesteinskörnungen verwendet werden, die nach DIN EN 12620:2003-04, Anhang D, unschädlich sind.

In Beton dürfen leichte Gesteinskörnungen nach DIN EN 13055-1 nicht verwendet werden, die nach DIN EN 13055-1:2002-08, 5.5, bestimmte und angegebene organische oder andere schädliche Bestandteile in solchen Mengen enthalten, dass das Erstarrungs- und Erhärtungsverhalten des Betons verändert wird.

Natürliche leichte Gesteinskörnungen sind hinsichtlich der Auswirkung auf die Erstarrungszeit und die Druckfestigkeit des Betons nach DIN EN 1744-1:1998-05, 15.3, zu beurteilen.

Für tragende Bauteile dürfen natürliche leichte Gesteinskörnungen mit alkaliempfindlichen Bestandteilen oder mit möglicherweise alkaliempfindlichen Bestandteilen nur verwendet werden, wenn die Verwendbarkeit im Hinblick auf eine Alkali-Kieselsäure-Reaktion nachgewiesen ist. Für Tuff, Naturbims und Lava gilt die Unbedenklichkeit als nachgewiesen.

Blähglas-Granulat nach DIN EN 13055-1 darf nur verwendet werden, wenn der Alkaliwiderstand bei der Prüfung nach DIN V 18004:2004-04, Abschnitt 8, nachgewiesen ist. Der Nachweis des Alkaliwiderstands gilt als erbracht, wenn die Druckfestigkeit der Mörtel- bzw. Betonprobekörper im Alter von 1 Jahr höchstens 15 % niedriger ist als im Alter von 28 Tagen.

DIN 1045-2:2008-08

Blähglas-Granulat nach DIN EN 13055-1 darf in Beton unter der Voraussetzung verwendet werden, dass die Bemessungskenngrößen wie Elastizitätsmodul, Schwinden und Kriechen im Rahmen der Erstprüfung des Leichtbetons bestimmt worden sind und die Vorgaben der Festlegung erfüllt werden. Die lineare Wärmedehnzahl des Leichtbetons mit Blähglas-Granulat darf gleich $6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ gesetzt werden.

ANMERKUNG Die Bemessungskenngrößen sollten in Abstimmung mit dem Tragwerkplaner festgelegt werden.

Gesinterte Steinkohlenflugasche-Pellets und Kesselsand nach DIN EN 13055-1 dürfen nur verwendet werden, wenn sie aus mit gemahlenem Anthrazit oder Steinkohle befeuerten Kraftwerken stammen.

Die Verwendbarkeit von gesinterten Steinkohlenflugasche-Pellets und Kesselsand, bei deren Herstellung andere Brennstoffe außer den oben genannten verfeuert werden, muss mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung nachgewiesen werden.

Für industriell hergestellte Gesteinskörnungen außer Blähglimmer (Vermikulit), Blähperlit, Blähschiefer, Blähton, Ziegelsplitt aus ungebrauchten Ziegeln und Hüttenbims nach DIN 4301 muss die Umweltverträglichkeit mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung nachgewiesen werden. Der Nachweis muss bei gesinterte Steinkohlenflugasche und Kesselsand aus Wärmekraftwerken nur dann geführt sein, wenn außer Kohle Sekundärbrennstoffe mitverbrannt werden.

5.2.4 Verwendung von Restwasser

Anstelle von prEN 1008:1997, Anhang A, gilt:

DIN EN 1008

Zweiter Absatz wird hinzugefügt:

Für die Herstellung von hochfestem Beton und LP-Beton darf Restwasser nicht verwendet werden.

5.2.5 Verwendung von Zusatzstoffen**5.2.5.1 Allgemeines**

Der Abschnitt wird ersetzt durch:

Zusatzstoffe des Typs I und des Typs II müssen im Beton in gleicher Menge wie bei den Erstprüfungen verwendet werden, siehe jedoch 9.5.

Zusatzstoffe des Typs II nach 5.1.6 dürfen, sofern die Eignung nachgewiesen ist, bei der Betonzusammensetzung auf den Zementgehalt und den Wasserzementwert angerechnet werden.

Die Eignung des k -Wert-Ansatzes gilt für Flugasche und Silikastaub als nachgewiesen.

Bei Verwendung von Zementen, die Silikastaub als Hauptbestandteil enthalten, darf Silikastaub nicht als Zusatzstoff verwendet werden.

Für die Herstellung von Spannbeton, bei dem die Spannstähle im direkten Kontakt zum Beton stehen, dürfen als Betonzusatzstoffe nur Flugasche und Silikastaub oder inerte Gesteinsmehle nach DIN EN 12620 und Pigmente mit nachgewiesener Unschädlichkeit auf Spannstahl verwendet werden.

Es dürfen nur Flugaschen der Glühverlustkategorie A verwendet werden.

Es dürfen nur Flugaschen verwendet werden, die keine umweltschädlichen Auswirkungen, insbesondere auf Boden und Grundwasser haben, wobei der Nachweis durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erbracht sein muss.

Es dürfen nur Silikastäube verwendet werden, die ausschließlich bei der Herstellung von Siliciummetall oder Ferrosiliciumlegierungen entstehen.

Kompaktierte Silikastäube dürfen nur dann verwendet werden, wenn der Kompaktierungsgrad, ausgedrückt als Schüttdichte, bekannt ist und deren gleichmäßige Verteilung in Beton sichergestellt ist.

Silikasuspensionen, die augenscheinlich zur Entmischung neigen, dürfen nur verwendet werden, wenn sie am Verwendungsort vor der Zugabe durch geeignete Maßnahmen homogenisiert werden.

Für Beton mit eingebettetem Stahl und Spannstahl dürfen nur Silikastäube verwendet werden, die keine die Korrosion des Stahls und des Spannstahls fördernden Bestandteile in schädlichen Mengen enthalten.

Bei Verwendung von Silikastäuben mit einem Gehalt an elementarem Silicium von mehr als 0,4 % Massenanteil ist mit Knallgasbildung zu rechnen.

Bei Verwendung von Silikastaub mit einem höheren Chloridgehalt als 0,2 % Massenanteil in Beton mit eingebettetem Spannstahl müssen die Bedingungen von Tabelle 10, eingehalten werden.

In Beton sollte die spezifische Oberfläche des verwendeten Silikastaubs aus Gleichmäßigkeitsgründen in einem engen Bereich sein.

5.2.5.2 *k*-Wert-Ansatz

Abschnitt wird ersetzt durch:

5.2.5.2.1 Allgemeines

Der *k*-Wert-Ansatz erlaubt es, Zusatzstoffe des Typs II zu berücksichtigen

- durch Austausch des Begriffes „Wasserzementwert“ (nach 3.1.31) durch „äquivalenter Wasserzementwert“ (nach 3.1.52), entweder errechnet als $(w/z)_{\text{eq}} = w/(z + k_f f)$,
 $(w/z)_{\text{eq}} = w/(z + k_s s)$ oder $(w/z)_{\text{eq}} = w/(z + k_f f + k_s s)$,
- bei der Anrechnung auf den Mindestzementgehalt (siehe 5.3).

Der tatsächliche *k*-Wert hängt vom jeweiligen Zusatzstoff ab. Die Anwendung des *k*-Wert-Ansatzes auf Flugasche oder auf Silikastaub ist in den folgenden Abschnitten dargestellt.

DIN 1045-2:2008-08

Der Mindestzementgehalt, der nach 5.3.2 sowie Tabellen F.2.1 und F.2.2, Zeile 3, für die maßgebende Expositionsklasse gefordert wird, darf bei Anrechnung von Flugasche oder Silikastaub unter den in 5.2.5.2.2 bis 5.2.5.2.4 genannten Bedingungen auf die in den Tabellen F.2.1 und F.2.2, Zeile 4, angegebenen Mindestzementgehalte bei Anrechnung von Zusatzstoffen reduziert werden.

Der Gehalt an synthetischer Kieselsäure oder Silikastaub in Zusatzmitteln ist bei der Bestimmung der zulässigen Höchstmenge Flugasche zur Sicherstellung der Alkalitätsreserve nach 5.2.5.2.4 zu berücksichtigen.

5.2.5.2.2 *k*-Wert-Ansatz für Flugasche nach DIN EN 450 als Betonzusatzstoff

Der Mindestzementgehalt darf bei Anrechnung von Flugasche auf die in den Tabellen F.2.1 und F.2.2, Zeile 4, angegebenen Mindestzementgehalte bei Anrechnung von Zusatzstoffen reduziert werden, wenn eine der folgenden Zementarten verwendet wird:

- Portlandzement (CEM I)
- Portlandsilikastaubzement (CEM II/A-D)
- Portlandhüttenzement (CEM II/A-S oder CEM II/B-S)
- Portlandschieferzement (CEM II/A-T oder CEM II/B-T)
- Portlandkalksteinzement (CEM II/A-LL)
- Portlandpuzzolanzement (CEM II/A-P)
- Portlandflugaschezement (CEM II/A-V)
- Portlandkompositzemente nach Tabelle F.3.2 (CEM III/A-M mit den Hauptbestandteilen S, D, P, V, T, LL)
- Portlandkompositzemente nach Tabelle F.3.2 (CEM II/B-M (S-D, S-T, D-T))
- Hochofenzement (CEM III/A)²⁾
- Hochofenzement (CEM III/B) mit bis 70 % (Massenanteil) Hüttensand, wenn die Zusammensetzung entsprechend DIN EN 197-1 nachgewiesen ist²⁾.

Dabei darf der Gehalt an Zement und Flugasche ($z + f$) die in Tabellen F.2.1 und F.2.2 nach Zeile 3 angegebenen Mindestzementgehalte nicht unterschreiten.

Bei den oben genannten Zementen darf anstelle des höchstzulässigen Wasserzementwertes in den Tabellen F.2.1 und F.2.2 der höchstzulässige äquivalente Wasserzementwert ($k_f = 0,4$) verwendet werden.

Dabei muss die Höchstmenge Flugasche, die auf den Wasserzementwert angerechnet werden darf, bei Zementen ohne die Hauptbestandteile P, V und D der Bedingung

$$f/z \leq 0,33 \text{ in Massenanteilen,}$$

2) Bezüglich Expositionsklasse XF4 siehe Tabelle F.3.1.

bei Zementen mit den Hauptbestandteilen P oder V ohne den Hauptbestandteil D der Bedingung

$$f/z \leq 0,25 \text{ in Massenanteilen und}$$

bei Zement mit dem Hauptbestandteil D

$$f/z \leq 0,15 \text{ in Massenteilen}$$

genügen.

Falls eine größere Menge Flugasche als Betonzusatzstoff verwendet wird, darf die Mehrmenge bei der Berechnung des äquivalenten Wasserzementwertes nicht berücksichtigt werden.

Bei Zementen mit dem Hauptbestandteil D darf keine über $f/z = 0,15$ hinausgehende Menge Flugasche verwendet werden.

ANMERKUNG Die Anwendungsregeln für Flugasche mit anderen Zementen, die oben nicht aufgeführt sind, sind in bauaufsichtlichen Zulassungen festzulegen.

Zur Herstellung von Beton mit hohem Sulfatwiderstand darf anstelle von HS-Zement eine Mischung aus Zement und Flugasche verwendet werden, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:

- Sulfatgehalt des angreifenden Wassers:
 $SO_4^{2-} \leq 1\,500 \text{ mg/l};$
- Zementart CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM II/A-LL oder CEM III/A sowie Portlandkompositzemente nach Tabelle F.3.2 CEM II/A-M mit den Hauptbestandteilen S, V, T, LL und Portlandkompositzement CEM II/B-M (S-T);
- der Flugascheanteil, bezogen auf den Gehalt an Zement und Flugasche ($z + f$), muss bei den Zementarten CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V und CEM II/A-LL sowie bei Portlandkompositzementen nach Tabelle F.3.2 CEM II/A-M mit den Hauptbestandteilen S, V, T, LL und Portlandkompositzement CEM II/B-M (S-T) mindestens 20 % (Massenanteil), bei den Zementarten CEM II/A-T, CEM II/B-T und CEM III/A mindestens 10 % (Massenanteil) sein.

ANMERKUNG Bis zum Vorliegen von DIN EN 197-1/A2 sind für HS-Zement die Festlegungen in DIN 1164-10 zu beachten. Sobald E DIN EN 197-1/A2 anwendbar ist, gelten die Anforderungen an HS-Zement als erfüllt, wenn nach E DIN EN 197-1/A2 Zement mit hohem Sulfatwiderstand verwendet wird (CEM I-SR 3 oder niedriger, CEM III/B-SR, CEM III/C-SR).

Für die Verwendung von Flugasche in Unterwasserbeton gilt 5.3.4.

5.2.5.2.3 *k*-Wert-Ansatz für Silikastaub als Betonzusatzstoff

Der Gehalt an Silikastaub darf 11 % (Massenanteil), bezogen auf den Zementgehalt, nicht überschreiten.

DIN 1045-2:2008-08

Der Mindestzementgehalt darf bei Anrechnung von Silikastaub für alle Expositionsklassen außer XF2 und XF4 auf die in den Tabellen F.2.1 und F.2.2, Zeile 4, angegebenen Mindestzementgehalte bei Anrechnung von Zusatzstoffen reduziert werden, wenn eine der folgenden Zementarten verwendet wird:

- Portlandzement (CEM I)
- Portlandhüttenzement (CEM II/A-S oder CEM II/B-S)
- Portlandpuzzolanzement (CEM II/A-P, CEM II/B-P)
- Portlandflugaschezement (CEM II/A-V)
- Portlandschieferzement (CEM II/A-T oder CEM II/B-T)
- Portlandkalksteinzement (CEM II/A-LL)
- Portlandkompositzemente nach Tabelle F.3.2 (CEM II/A-M mit den Hauptbestandteilen S, P, V, T, LL)
- Portlandkompositzemente nach Tabelle F.3.2 (CEM II/B-M, S-T, S-V))
- Hochofenzement (CEM III/A, CEM III/B)

Dabei darf der Gehalt an Zement und Silikastaub ($z + s$) die in den Tabellen F.2.1 und F.2.2, Zeile 3, angegebenen Mindestzementgehalte nicht unterschreiten.

Für alle Expositionsklassen mit Ausnahme XF2 und XF4 darf anstelle des Wasserzementwertes der äquivalente Wasserzementwert ($k_s = 1,0$) verwendet werden.

5.2.5.2.4 k -Wert-Ansatz bei gleichzeitiger Verwendung von Flugasche und Silikastaub als Betonzusatzstoffe

Bei gleichzeitiger Verwendung von Flugasche und Silikastaub darf der Gehalt an Silikastaub 11 % (Massenanteil), bezogen auf den Zementgehalt, nicht überschreiten.

Der Mindestzementgehalt darf bei gleichzeitiger Anrechnung von Silikastaub und Flugasche für alle Expositionsklassen außer XF2 und XF4 auf die in den Tabellen F.2.1 und F.2.2, Zeile 4, angegebenen Mindestzementgehalte bei Anrechnung von Zusatzstoffen reduziert werden. Dabei darf der Gehalt an Zement, Flugasche und Silikastaub ($z + f + s$) die in den Tabellen F.2.1 und F.2.2, Zeile 3, angegebenen Mindestzementgehalte nicht unterschreiten.

Für alle Expositionsklassen mit Ausnahme XF2 und XF4 darf anstelle des Wasserzementwertes der äquivalente Wasserzementwert ($w/z)_{eq} = w/(z + 0,4f + 1,0s)$ verwendet werden. Dabei müssen die Höchstmengen der beiden Zusatzstoffe, die auf den Wasserzementwert angerechnet werden dürfen, den Bedingungen

$$f/z \leq 0,33 \text{ in Massenanteilen}$$

und

$$s/z \leq 0,11 \text{ in Massenanteilen}$$

genügen. Falls eine größere Menge an Flugasche als Betonzusatzstoff verwendet wird, darf die Mehrmenge bei der Berechnung des äquivalenten Wasserzementwertes ($k_f = 0,4$, $k_s = 1,0$) nicht berücksichtigt werden.

Um eine ausreichende Alkalität der Porenlösung sicherzustellen, muss bei gleichzeitiger Verwendung von CEM I, Flugasche und Silikastaub die Höchstmenge Flugasche der Bedingung

$$f/z \leq 3(0,22 - s/z)$$

in Massenanteilen genügen. Für die Zemente CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM II/A-LL, CEM II/A-M (S-T, S-LL, T-LL), CEM II/B-M (S-T) und für CEM III/A gilt:

$$f/z \leq 3(0,15 - s/z)$$

in Massenanteilen.

Mit allen anderen Zementen ist eine gemeinsame Verwendung von Flugasche und Silikastaub als Betonzusatzstoffe nicht zulässig.

5.2.5.3 Prinzip der gleichwertigen Betonleistungsfähigkeit

Der vierte Absatz wird ersetzt durch:

Das Prinzip darf nur im Zusammenhang mit allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen oder Europäischen Technischen Zulassungen angewendet werden (siehe DIN EN 206-1:2001-07, 5.2.5.1, Anmerkung 2).

5.2.6 Verwendung von Zusatzmitteln

Der erste Absatz wird ersetzt durch folgende Absätze:

Betonzusatzmittel nach DIN EN 934-2 dürfen unter Beachtung der nachfolgenden Festlegungen verwendet werden.

Betonzusatzmittel dürfen keine Stoffe in solchen Mengen enthalten, die den Beton oder den Korrosionsschutz von im Beton oder Mörtel eingebettetem Stahl oder Spanngliedern beeinträchtigen können.

Betonzusatzmittel, die Stoffe nach DIN EN 934-1:2008, Anhang A.2, enthalten, dürfen nicht verwendet werden. Ausgenommen hiervon sind Sulfide und Formiate. Letztere dürfen jedoch nicht in Zusatzmitteln enthalten sein, die für Beton bei vorgespannten Tragwerken eingesetzt werden.

Granulatartige Betonzusatzmittel dürfen nur verwendet werden, wenn ihre Eignung durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Europäische Technische Zulassung nachgewiesen wurde.

Multifunktionale Betonzusatzmittel der Wirkungsgruppen „Verzögerer/Betonverflüssiger“ und „Erstarrungsbeschleuniger/Betonverflüssiger“ nach DIN EN 934-2 dürfen nicht verwendet werden.

Für Beton mit Spanngliedern im sofortigen Verbund dürfen nur Betonzusatzmittel verwendet werden, die den Luftgehalt des Referenzbetons nach DIN EN 480-1 in der Prüfung nach DIN EN 12350-7 um nicht mehr als 2 % (Volumenanteil) erhöhen.

Es dürfen nur Dichtungsmittel verwendet werden, deren Wirksamkeit nach DIN EN 934-2:2002-02, Tabelle 9, bei gleichem Wasserzementwert nachgewiesen ist.

DIN 1045-2:2008-08

Die Gesamtmenge an Zusatzmitteln darf weder die vom Zusatzmittelhersteller empfohlene Höchstdosierung noch 50 g/kg Zement im Beton überschreiten, sofern nicht der Einfluss einer höheren Dosierung auf die Leistungsfähigkeit und die Dauerhaftigkeit des Betons nachgewiesen wurde. Bei Verwendung mehrerer Betonzusatzmittel unterschiedlicher Wirkungsgruppen bis zu einer insgesamt zugegebenen Menge von 60 g/kg Zement ist ein besonderer Nachweis nicht erforderlich. Bei Verwendung von Zementen nach DIN 1164-11 oder DIN 1164-12 in Kombination mit mehreren Betonzusatzmitteln unterschiedlicher Wirkungsgruppen ist die Zugabe der Betonzusatzmittel auf 50 g/kg Zement begrenzt.

Für hochfeste Betone ist die Zugabemenge eines verflüssigenden Betonzusatzmittels auf 70 g/kg bzw. 70 ml/kg Zement begrenzt, sofern dessen Verwendbarkeit mit einer Zugabemenge von > 5 % (Massenanteil), bezogen auf Zement, mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung nachgewiesen ist. Bei Verwendung mehrerer Betonzusatzmittel unterschiedlicher Wirkungsgruppen darf die insgesamt zugegebene Menge 80 g/kg bzw. 80 ml/kg Zement nicht überschreiten. Bei Verwendung von Zementen nach DIN 1164-11 oder DIN 1164-12 in Kombination mit mehreren Betonzusatzmitteln unterschiedlicher Wirkungsgruppen ist die Zugabe der Betonzusatzmittel auf 70 g/kg Zement begrenzt.

Die Anmerkung wird durch den normativen Absatz ersetzt durch:

Beton der Konsistenzklassen $\geq S4$, $V4$, und $\geq F4$ ist mit Fließmitteln herzustellen.

5.2.7 Chloridgehalt

Tabelle 10 wird ersetzt durch:

Tabelle 10 — Höchstzulässiger Chloridgehalt von Beton

Betonverwendung	Klasse des Chloridgehalts	Höchstzulässiger Chloridgehalt bezogen auf den Zement ^a im Massenanteil
ohne Betonstahlbewehrung oder anderes eingebettetes Metall (mit Ausnahme von korrosionsbeständigen Anschlagvorrichtungen)	Cl 1,0	1,0 %
mit Betonstahlbewehrung oder anderem eingebetteten Metall	Cl 0,40	0,40 %
mit Spannstahlbewehrung	Cl 0,20	0,20 %

^a Werden Zusatzstoffe des Typs II verwendet und für den Zementgehalt berücksichtigt, wird der Chloridgehalt als der Chloridionengehalt, bezogen auf den Zement im Massenanteil und der Gesamtmasse der zu berücksichtigenden Zusatzstoffe ausgedrückt.

4., 5. und 6. Absatz werden hinzugefügt:

Die Anforderungen nach Tabelle 10 an den Chloridgehalt gelten als erfüllt, wenn der Chloridgehalt jedes Ausgangsstoffes (außer Gesteinskörnungen und außer Zementart CEM III) den Anforderungen der geringsten Einstufung des für den Ausgangsstoff gültigen Regelwerks genügt. Für den Chloridgehalt von Gesteinskörnungen gelten folgende Grenzwerte:

- 0,15 % Massenanteil für Beton ohne Betonstahlbewehrung oder eingebettetes Metall;
- 0,04 % Massenanteil für Beton mit Betonstahlbewehrung oder anderem eingebettetem Metall;
- 0,02 % Massenanteil für Beton mit Spannstahlbewehrung.

Für Zementart CEM III gilt als Grenzwert:

- 0,10 % Massenanteil für alle Betone.

Betonzusatzmittel mit einem Gesamtchloridgehalt von $\leq 0,10$ % Massenanteil dürfen ohne besonderen Nachweis verwendet werden.

Betonzusatzmittel der Kategorie mit deklariertem Chloridgehalt dürfen verwendet werden, wenn der höchstzulässige Chloridgehalt im Beton, bezogen auf die Zementmasse, den Anforderungswert von Tabelle 10 nicht überschreitet.

5.2.8 Betontemperatur

Der 2., 3. und 4. Absatz werden hinzugefügt:

Nach DIN 1045-3 gilt Folgendes:

Die Frischbetontemperatur darf im Allgemeinen $+30$ °C nicht überschreiten, sofern nicht durch geeignete Maßnahmen sichergestellt ist, dass keine nachteiligen Folgen zu erwarten sind.

Bei Lufttemperaturen zwischen $+5$ °C und -3 °C darf die Temperatur des Betons beim Einbringen $+5$ °C nicht unterschreiten. Sie darf $+10$ °C nicht unterschreiten, wenn der Zementgehalt im Beton kleiner ist als 240 kg/m^3 oder wenn Zemente mit niedriger Hydratationswärme verwendet werden.

Bei Lufttemperaturen unter -3 °C muss die Betontemperatur beim Einbringen mindestens $+10$ °C betragen.

5.2.9 Verwendung von Fasern

Abschnitt 5.2.9 wird hinzugefügt:

Lose Stahlfasern nach DIN EN 14889-1 dürfen dem Beton zugegeben werden.

Zu Bündeln geklebte Stahlfasern dürfen dem Beton nur zugegeben werden, wenn die Unschädlichkeit des Klebers durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung nachgewiesen ist.

Stahlfasern, die dem Beton nicht lose sondern in einer Dosierverpackung zugegeben werden, bedürfen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für die Verwendung.

Stahlfasern nach DIN EN 14889-1 mit Zinküberzug dürfen für Spannbeton nicht verwendet werden.

Polymerfasern nach DIN EN 14889-2 dürfen nur mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung verwendet werden.

DIN 1045-2:2008-08

ANMERKUNG Sofern die Tragwirkung von Stahlfasern in Ansatz gebracht werden soll, sind für tragende oder aussteifende Bauteile über diese Norm hinausgehende Regelungen zu beachten.

5.3 Anforderungen in Abhängigkeit von Expositionsklassen**5.3.2 Grenzwerte für die Betonzusammensetzung**

Anmerkung 2, der letzte Satz entfällt.

Der letzte Absatz wird ergänzt durch:

Anstelle der genannten Europäischen Normen gelten für die Bauausführung DIN 1045-3 und für die Bemessung DIN 1045-1.

Der Abschnitt wird ergänzt durch:

Für die Anforderungen an Zusammensetzung und Eigenschaften des Betons gelten Anhang F, Tabellen F.2.1 und F.2.2 normativ sowie die folgenden Festlegungen:

Die Werte in den Tabellen F.2.1 und F.2.2 beziehen sich auf die Verwendung von Zementen nach DIN EN 197-1, DIN EN 197-4, DIN 1164-10, DIN 1164-12, DIN EN 14216 und auf FE-Zemente sowie CEM I-SE und CEM II-SE nach DIN 1164-11.

Die Anwendungsbereiche der Zemente sind in den Tabellen F.3.1, F.3.2, F.3.3 und F.3.4 angegeben.

Die Zemente dürfen in Beton für eine bestimmte Anwendung (Expositionsklasse) nur dann gemeinsam eingesetzt werden, wenn jeder der verwendeten Zemente nach Anhang F für den jeweiligen Anwendungsbereich des Betons zugelassen ist.

Der Mehlkorngelalt ist für Betone bis Festigkeitsklasse C50/60 und LC50/55 bei den Expositionsklassen XF und XM nach Tabelle F.4.1 zu begrenzen, für Betone ab der Festigkeitsklasse C55/67 und LC55/60 bei allen Expositionsklassen nach Tabelle F.4.2. Für alle anderen Betone beträgt der höchstzulässige Mehlkorngelalt 550 kg/m³.

Zwischen den Werten der Tabelle F.4.1 ist bei Zementgehalten zwischen 300 kg/m³ und 350 kg/m³ linear zu interpolieren.

Zwischen den Werten der Tabelle F.4.2 ist bei Zementgehalten zwischen 400 kg/m³ und 500 kg/m³ linear zu interpolieren.

Die Werte der Tabelle F.4.1, Spalte 2, dürfen erhöht werden

- wenn der Zementgelalt 350 kg/m³ übersteigt, um den über 350 kg/m³ hinausgehenden Zementgelalt,
- wenn ein puzzolanischer Betonzusatzstoff des Typs II verwendet wird, um den Gelalt des Betonzusatzstoffes, jedoch insgesamt um höchstens 50 kg/m³.

Die Werte für den höchstzulässigen Mehlkorngelalt nach Tabelle F.4.2 dürfen, wenn ein puzzolanischer Zusatzstoff des Typs II verwendet wird, um den Gelalt des Betonzusatzstoffes erhöht werden, jedoch insgesamt um höchstens 50 kg/m³.

Die Werte der Tabellen F.4.1 und F.4.2, Spalte 2, dürfen um 50 kg/m³ erhöht werden, wenn das Größtkorn der Gesteinskörnung 8 mm beträgt.

Bei

- chemischem Angriff der Expositionsklasse XA3 oder stärker,
- hoher Fließgeschwindigkeit von Wasser und Mitwirkung von Chemikalien nach DIN EN 206-1:2001-07, Tabelle 2,

sind Schutzmaßnahmen für den Beton erforderlich — wie Schutzschichten oder dauerhafte Bekleidungen —, wenn nicht ein Gutachten eine andere Lösung vorschlägt.

Bei Anwesenheit anderer angreifender Chemikalien als in Tabelle 2 bzw. chemisch verunreinigtem Untergrund sind die Auswirkungen des chemischen Angriffs zu klären und ggf. Schutzmaßnahmen festzulegen.

5.3.3 Leistungsbezogene Entwurfsverfahren

Der zweite Absatz wird hinzugefügt:

Leistungsbezogene Entwurfsverfahren dürfen nur im Zusammenhang mit allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen oder Europäischen Technischen Zulassungen angewendet werden.

5.3.4 Anforderungen an Unterwasserbeton

Der Abschnitt wird hinzugefügt:

Muss Beton für tragende Bauteile unter Wasser eingebracht werden, so sollte er im Allgemeinen mindestens weiche Konsistenz haben (siehe auch DIN 1045-3). Der Wasserzementwert darf 0,60 nicht überschreiten. Der Wasserzementwert muss kleiner sein, wenn andere Beanspruchungen es erfordern (z. B. Expositionsklasse XA). Der Mindestgehalt an Zement muss bei Gesteinskörnungen mit einem Größtkorn von 32 mm mindestens 350 kg/m³ betragen.

Flugasche darf unter den Bedingungen in 5.2.5.2.2 angerechnet werden. Abweichend von 5.2.5.2.2 gilt jedoch:

- Der Gehalt an Zement und Flugasche ($z + f$) darf 350 kg/m³ nicht unterschreiten.
- Der äquivalente Wasserzementwert $(w/z)_{\text{eq}} = w/(z + 0,7f)$ darf 0,60 nicht überschreiten.

Der Beton muss so beschaffen sein, dass er beim Einbringen als zusammenhängende Masse fließt, damit er auch ohne Verdichtung ein geschlossenes Gefüge erhält. Die Grenzwerte des Mehlkorngehaltes nach 5.3.2 dürfen überschritten werden.

5.3.5 Betone beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

Der Abschnitt wird hinzugefügt:

Soll ein Beton ohne Oberflächenabdichtung für den Umgang mit flüssigen (einschließlich verflüssigter Gase) oder pastösen wassergefährdenden Stoffen dem Besorgnisgrundsatz des Wasserhaushaltsgesetzes genügen, so gilt neben den Anforderungen dieser Norm die DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“.

DIN 1045-2:2008-08**5.3.6 Beton für hohe Gebrauchstemperaturen***Der Abschnitt wird hinzugefügt:*

Der Beton für hohe Gebrauchstemperaturen bis 250 °C ist mit Gesteinskörnungen herzustellen, die sich für diese Beanspruchung als geeignet erwiesen haben.

ANMERKUNG Weitere Informationen siehe DAfStb Heft 337.

5.3.7 Hochfester Beton*Der Abschnitt wird hinzugefügt:*

Für Beton der Druckfestigkeitsklassen C90/105 und C100/115 sowie für hochfesten Leichtbeton der Druckfestigkeitsklassen LC70/77 und LC80/88 ist eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich.

Für die Überwachung hochfester Betone gelten die Tabellen 22 bis 24 sowie H.1 bis H.3.

5.3.8 Zementmörtel für Fugen*Der Abschnitt wird hinzugefügt:*

Zementmörtel für Fugen bei Fertigteilen und Zwischenbauteilen aus Betonen bis einschließlich C50/60 muss folgende Anforderungen erfüllen:

- Zement nach DIN EN 197-1, DIN 1164-10, DIN 1164-12 und FE-Zemente nach DIN 1164-11 der Festigkeitsklasse 32,5 R oder höher soweit für die jeweilige Expositionsklasse nach Tabellen F.3.1, F.3.2 und F.3.3 zulässig;
- Zementgehalt mindestens 400 kg/m³;
- Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 und DIN EN 13055-1, gemischtkörnig, sauber, bis 4 mm.

Im Übrigen sind die folgenden DAfStb-Richtlinien zu beachten:

- „Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel“
- „Herstellung und Verwendung von Trockenbeton und Trockenmörtel.“

5.4 Anforderungen an Frischbeton**5.4.1 Konsistenz***Der erste Absatz wird ergänzt durch:*

Die bevorzugten Prüfverfahren sind die Prüfung des Ausbreitmaßes und für steifere Betone des Verdichtungsmaßes.

Bei Ausbreitmaßen über 700 mm ist die DAfStb-Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“ zu beachten.

Hochfester Ortbeton muss eine Konsistenzklasse F3 oder weicher aufweisen.

Der dritte Absatz wird ergänzt durch:

Eine ordnungsgemäße Stichprobe kann auch zu Beginn der Entladung entnommen werden, wenn der Beton gut durchgemischt und eine Veränderung des Wassergehaltes im Frischbeton vermieden wird.

5.4.2 Zementgehalt und Wasserzementwert

Die Wasseraufnahme der groben leichten Gesteinskörnung darf alternativ nach folgender Norm bestimmt werden:

DIN V 18004

ANMERKUNG 1 wird durch normativen Text ersetzt:

Beim Einsatz von leichten Gesteinskörnungen mit einem Größtkorn von 4 mm (Leichtsand) darf die Wasseraufnahme nach den in DIN V 18004 genannten Verfahren ermittelt werden.

5.4.3 Luftgehalt

Der Abschnitt wird ergänzt durch:

Für Fließbeton ist der Mindestluftgehalt nach Tabelle F.2.2 um 1 % zu erhöhen. In diesem Fall ist das Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (FGSV) zu beachten.

5.5 Anforderungen an Festbeton

5.5.1 Festigkeit

5.5.1.2 Druckfestigkeit

Der zweite Absatz wird ergänzt durch:

Wenn nichts anderes vereinbart ist, ist die Druckfestigkeit an Probewürfeln mit 150 mm Kantenlänge und unter den Lagerungsbedingungen nach DIN EN 12390-2:2001-06, Anhang NA zu bestimmen. Die Druckfestigkeit bei Lagerung nach dem Referenzverfahren nach DIN EN 12390-2:2001-06, ($f_{c,cube}$) darf aus der Druckfestigkeit bei Lagerung nach DIN EN 12390-2:2001-06, Anhang NA ($f_{c,dry}$) nach folgender Beziehung berechnet werden:

Normalbeton bis einschließlich C50/60:

$$f_{c,cube} = 0,92 \times f_{c,dry}$$

hochfester Normalbeton ab C55/67:

$$f_{c,cube} = 0,95 \times f_{c,dry}$$

Diese Beziehung gilt nur für die Umrechnung von Würfeldruckfestigkeiten und berücksichtigt ausschließlich die unterschiedlichen Lagerungsbedingungen.

Werden anstelle von Würfeln mit 150 mm Kantenlänge solche mit 100 mm Kantenlänge verwendet, dann dürfen die Werte nach folgender Beziehung berechnet werden:

$$f_{c,dry(150\text{ mm})} = 0,97 \times f_{c,dry(100\text{ mm})}$$

Nach dem dritten Absatz wird nebenstehende Anmerkung hinzugefügt:

ANMERKUNG Bei massigen Bauteilen darf die DAfStb-Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“ angewendet werden.

DIN 1045-2:2008-08**5.5.3 Wassereindringwiderstand***Der dritte Absatz wird hinzugefügt:*

Wenn der Beton einen hohen Wassereindringwiderstand haben muss, so muss er

- bei Bauteildicken über 40 cm einen Wasserzementwert $w/z \leq 0,70$ aufweisen;
- bei Bauteildicken bis 40 cm einen Wasserzementwert $w/z \leq 0,60$ sowie mindestens einen Zementgehalt von 280 kg/m^3 (bei Anrechnung von Zusatzstoffen 270 kg/m^3) aufweisen. Die Mindestdruckfestigkeitsklasse C25/30 ist einzuhalten.

ANMERKUNG Weitergehende Anforderungen können sich aus der Anwendung der WU-Richtlinie ergeben.

5.5.5 Verschleißwiderstand*Der Abschnitt wird hinzugefügt:*

Bei Beton mit Anforderungen an hohen Verschleißwiderstand müssen die Anforderungen an die Druckfestigkeitsklasse, den Zementgehalt, den Wasserzementwert sowie an die Gesteinskörnung nach Tabelle F.2.2 und die Anforderungen an den Mehlkorngehalt nach Tabelle F.4.1 eingehalten sein.

ANMERKUNG Die Körner aller Gesteinskörnungen, die für die Herstellung von Beton in den Expositionsclassen XM verwendet werden, sollten eine mäßig raue Oberfläche und eine gedrungene Gestalt haben. Das Gesteinskornmisch sollte möglichst grobkörnig sein.

6 Festlegung des Betons**6.1 Allgemeines***Der erste Absatz wird ergänzt durch:*

In besonderen Fällen (z. B. Sichtbeton, hochfester Beton, LP-Beton) sollten zusätzliche Angaben über die Betonzusammensetzung sowie Anforderungen an die Betonausgangsstoffe (z. B. Art und Herkunft) zwischen Hersteller, Verwender und Verfasser der Festlegung vereinbart werden.

Der zweite Absatz, letzter Spiegelstrich wird ergänzt durch:

Beschränkungen der Verwendung von Ausgangsstoffen muss der Verfasser der Festlegung nur dann angeben, wenn sie sich nicht direkt oder indirekt aus den übrigen Angaben der Festlegung (z. B. aus den Expositionsclassen) ergeben.

*Zweiter Absatz, Spiegelstrich wird ergänzt:**ANMERKUNG 3 wird hinzugefügt:*

- gegebenenfalls Zweckmäßigkeit der Verwendung von Fasern.

ANMERKUNG 3 Für Standardbeton wurden Anforderungen an die Betonzusammensetzung in dieser Norm auf der Grundlage von Erfahrungen auf der sicheren Seite liegend festgelegt. Eine Erstprüfung durch den Hersteller ist daher nicht erforderlich.

6.2 Festlegung für Beton nach Eigenschaften

6.2.2 Grundlegende Anforderungen

- Aufzählung b) wird ersetzt durch:* | Druckfestigkeitsklasse (gegebenenfalls von 28 Tagen abweichender Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit);
- Aufzählung c) wird ersetzt durch:* | c) Expositionsklasse (siehe Abschnitt 11 hinsichtlich der Abkürzungen) und Feuchtigkeitsklasse nach Tabelle 1
- Anforderung e) wird ergänzt durch:* | An Stelle der Angabe der Klasse des Chloridgehaltes nach Tabelle 10 kann die Art der Verwendung des Betons (unbewehrter Beton, Stahlbeton, Spannbeton) angegeben werden.

6.2.3 Zusätzliche Anforderungen

- ANMERKUNG 2 wird ergänzt durch:* | Zwischen dem Verfasser der Festlegung, dem Hersteller und dem Verwender sollte eine Abstimmung über den erforderlichen Luftgehalt erfolgen (siehe 5.4.3).

6.3 Festlegungen für Beton nach Zusammensetzung

6.3.2 Grundlegende Anforderungen

- Aufzählungen g) und h) werden ersetzt:* | g) Art und Menge der Zusatzmittel, Zusatzstoffe oder Fasern, falls verwendet;
- h) falls Zusatzmittel, Zusatzstoffe oder Fasern verwendet werden, die Herkunft dieser Ausgangsstoffe und des Zements, stellvertretend für Eigenschaften, die nicht anders definiert werden können.

6.4 Festlegung für Standardbeton

- Der erste Absatz wird ersetzt durch:* | Standardbeton ist durch folgende Angaben festzulegen:
- Druckfestigkeitsklasse;
 - Expositionsklasse;
 - Nennwert des Größtkorns der Gesteinskörnung;
 - Konsistenzbezeichnung (steif, plastisch oder weich);
 - Festigkeitsentwicklung, falls erforderlich;
 - Feuchtigkeitsklasse nach Tabelle 1.
- Der zweite Absatz, zweiter und dritter Spiegelstrich werden ersetzt durch:* | — Druckfestigkeitsklassen für den Nachweis der Tragfähigkeit \leq C16/20;
- Expositionsklassen X0, XC1, XC2.

7 Lieferung von Frischbeton

7.1 Informationen vom Verwender an den Hersteller

- Erster Spiegelstrich wird ergänzt durch:* | „... und Abnahmegeschwindigkeit“

DIN 1045-2:2008-08**7.2 Informationen vom Betonhersteller für den Verwender**

<i>Aufzählung b) wird ersetzt durch:</i>	Art der Zusatzmittel, Art und Gehalt der Zusatzstoffe oder Fasern, falls welche verwendet werden.
<i>Aufzählung g) wird hinzugefügt:</i>	Bei Fließbeton Konsistenzklasse oder Zielwert der Konsistenz vor Zugabe des Fließmittels;
<i>Vorletzter Absatz wird hinzugefügt:</i>	<p>Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28 Tage bestimmt, ist für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer</p> <ul style="list-style-type: none"> — der Schätzwert des Festigkeitsverhältnisses entsprechend Tabelle 12 aus dem Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen ($f_{cm,2}$) zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit zu ermitteln oder — eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen zwei Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit <p>anzugeben.</p> <p>ANMERKUNG In der Regel ergeben sich durch dieses Vorgehen deutlich längere Nachbehandlungszeiten (siehe dazu DIN 1045-3).</p>

7.3 Lieferschein für Transportbeton

<i>Der erste Absatz, neunter Spiegelstrich, wird ersetzt durch:</i>	— bauaufsichtliches Übereinstimmungszeichen unter Angabe von DIN EN 206-1 und DIN 1045-2.
<i>Der erste Absatz wird ergänzt durch:</i>	<p>Für Fließbeton sind bei Zugabe von Fließmittel auf der Baustelle handschriftlich auf dem Lieferschein einzutragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Zeitpunkt der Zugabe, — Zugegebene Menge an Fließmittel, — geschätzte Restmenge in der Mischertrommel vor der Zugabe.
<i>Aufzählung a), erster Spiegelstrich wird ersetzt durch:</i>	— Druckfestigkeitsklasse (gegebenenfalls von 28 Tagen abweichender Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit);
<i>Aufzählung a) dritter Spiegelstrich, wird ergänzt durch:</i>	An Stelle der Angabe der Klasse des Chloridgehaltes nach Tabelle 10 kann die Art der Verwendung des Betons (unbewehrter Beton, Stahlbeton, Spannbeton) angegeben werden.
<i>Aufzählung a) sechster und siebenter Spiegelstrich werden ersetzt durch:</i>	<ul style="list-style-type: none"> — Art und Festigkeitsklasse des Zements; — Art der Zusatzmittel und Zusatzstoffe;
<i>Aufzählung a) elfter Spiegelstrich wird hinzugefügt:</i>	— Festigkeitsentwicklung des Betons
<i>Aufzählung a), Spiegelstriche werden ergänzt:</i>	<ul style="list-style-type: none"> — Feuchtigkeitsklasse nach Tabelle 1; — gegebenenfalls Art und Menge der Fasern

Der letzte Absatz wird ersetzt durch:

- c) Für Standardbeton:
- Druckfestigkeitsklasse;
 - Expositionsklasse;
 - Nennwert des Größtkorns der Gesteinskörnung;
 - Konsistenzbezeichnung (steif, plastisch oder weich);
 - Festigkeitsentwicklung, falls festgelegt;
 - Feuchtigkeitsklasse nach Tabelle 1.

Für hochfesten Beton muss der Lieferschein alle Wägedaten einschließlich der Daten in a) oder b), automatisch aufgedruckt, enthalten. Nachträglich sind anzugeben:

- Feuchtegehalt der Gesteinskörnung;
- Menge des auf der Baustelle dosierten Fließmittels;
- Konsistenz unmittelbar vor und nach jeder Fließmittelzugabe an jedem Fahrmischer.

7.5 Konsistenz bei Lieferung

Der zweite Absatz wird hinzugefügt:

Eine nachträgliche Wasserzugabe ist nicht erlaubt, es sei denn, diese ist planmäßig vorgesehen. In diesem Fall gelten die folgenden Bedingungen:

- die Gesamtwassermenge und die nachträglich noch zugebarte Wassermenge entsprechend Erstprüfung müssen auf dem Lieferschein angegeben werden;
- der Fahrmischer muss mit einer geeigneten Dosiereinrichtung ausgestattet sein;
- die nach 9.7 vorgesehene Dosiergenauigkeit ist einzuhalten;
- die Proben für die Produktionskontrolle sind nach der letzten Wasserzugabe zu entnehmen.

7.6 Transport von Beton zur Baustelle

Der Abschnitt wird hinzugefügt:

Frischbeton steifer Konsistenz darf mit Fahrzeugen ohne Mischer oder Rührwerk transportiert werden. Das Material der Ladeflächen darf nicht mit dem Beton reagieren.

Frischbeton anderer als steifer Konsistenz darf nur in Fahrmischern oder Fahrzeugen mit Rührwerk zur Verwendungsstelle transportiert werden. Unmittelbar vor dem Entladen ist der Beton nochmals so durchzumischen, dass er auf der Baustelle gleichmäßig durchmischt übergeben wird.

Fahrmischer oder Fahrzeuge mit Rührwerk sollten 90 min nach der ersten Wasserzugabe zum Zement, Fahrzeuge ohne Mischer oder Rührwerk für die Beförderung von Beton steifer Konsistenz 45 min nach der ersten Wasserzugabe zum Zement vollständig entladen sein. Beschleunigtes oder verzögertes Erstarren infolge von Witterungseinflüssen ist zu berücksichtigen. Wenn durch Zugabe von Zusatzmitteln die Verarbeitbarkeitszeit des Betons um mindestens 3 h verlängert wurde, gilt die DAfStb-Richtlinie „Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton)“.

DIN 1045-2:2008-08**8 Konformitätskontrolle und Konformitätskriterien**

An der Überschrift wird eine Fußnote angebracht:

Fußnote: Hinsichtlich des Begriffes Konformität siehe Anmerkung zu 3.1.46.

8.2 Konformitätskontrolle für Beton nach Eigenschaften**8.2.1 Konformitätskontrolle für die Druckfestigkeit****8.2.1.1 Allgemeines**

Die Anmerkung wird ersetzt durch:

Anhang K ist im Sinne dieser Anwendungsregeln normativ.

Der siebente Absatz wird ersetzt durch:

Wenn die Herstellung einer einzelnen Betonzusammensetzung oder einer Betonfamilie für mehr als 6 Monate unterbrochen wurde, muss der Hersteller die Kriterien sowie den Probenahme- und Prüfplan für die Ersterstellung übernehmen.

Der zehnte Absatz wird ersetzt durch:

Wenn die Identität eines definierten Betonvolumens mit einer Gesamtheit nachzuweisen ist, die als übereinstimmend mit den Anforderungen an die charakteristische Festigkeit beurteilt wurde, muss dies nach DIN 1045-3:2008-08, A.2, erfolgen.

8.2.1.2 Probenahme- und Prüfplan

Der erste Absatz wird ergänzt durch:

Abweichend von DIN EN 206-1:2001-07, Tabelle 13 ist für Leichtbeton und für Beton der Druckfestigkeitsklassen ab C55/67 die Mindesthäufigkeit der Probenahme bei Ersterstellung 1 je 100 m³ oder 1 je Produktionstag und bei stetiger Herstellung 1 je 200 m³ oder 1 je Produktionstag.

Der zweite Absatz wird ergänzt durch:

Bei Leichtbeton muss die Probenahme am Ort der Verwendung erfolgen.

8.2.1.3 Konformitätskriterien für die Druckfestigkeit

Der zweite Absatz, erster Spiegelstrich wird ergänzt durch:

Beim Nachweis an überlappenden Prüfergebnissen ist dies vor Produktionsbeginn zu entscheiden und unter Angabe der Überlappungsintervalle der Überwachungsstelle mitzuteilen.

Der dritte Absatz wird ergänzt durch:

Für hochfesten Beton gilt abweichend von DIN EN 206-1:2001-07, Tabelle 14:

für die Ersterstellung:

Kriterium 1: $f_{cm} \geq f_{ck} + 5$,

Kriterium 2: $f_{ci} \geq f_{ck} - 5$

und für die stetige Herstellung:

Kriterium 1: $f_{cm} \geq f_{ck} + 1,48 \sigma$, $\sigma \geq 5 \text{ N/mm}^2$,

Kriterium 2: $f_{ci} \geq 0,9 f_{ck}$.

Tabelle 14 wird ergänzt durch:

Ergänzend zu Tabelle 14 gilt in Spalte „Kriterium 1“, Zeile „Stetige Herstellung“ $\sigma \geq 3 \text{ N/mm}^2$.

Tabelle 15 wird ergänzt durch:

- Spalte 1, letzte Zeile, „6“ wird ersetzt durch „6 bis 14“.
- neue Zeile wird hinzugefügt:

≥ 15	$\geq f_{ck} + 1,48 \sigma$
-----------	-----------------------------

8.2.2 Konformitätskontrolle für die Spaltzugfestigkeit

8.2.2.3 Konformitätskriterien für die Spaltzugfestigkeit

Der zweite Absatz, erster Spiegelstrich, wird ergänzt durch:

Beim Nachweis an überlappenden Prüfergebnissen ist dies vor Produktionsbeginn zu entscheiden und unter Angabe der Überlappungsintervalle der Überwachungsstelle mitzuteilen.

8.3 Konformitätskontrolle für Beton nach Zusammensetzung einschließlich Standardbeton

Der erste Absatz, Angabe zur Toleranz des w/z wird ersetzt durch:

Der Wasserzementwert darf den festgelegten Wert um nicht mehr als 0,02 überschreiten.

Der zweite Absatz, Anmerkung wird hinzugefügt:

ANMERKUNG Die Prüfung der Eigenschaften von Beton nach Zusammensetzung einschließlich Standardbeton ist in DIN 1045-3 festgelegt.

8.4 Maßnahmen bei Nichtkonformität des Produktes

Anmerkung, der letzte Satz wird ersetzt durch:

Die Beurteilung der Festigkeit am Bauwerk oder an Bauteilen darf nach DIN EN 13791 erfolgen.

Die Anmerkung wird ergänzt durch:

Sofern nicht anders vereinbart, kann wie folgt verfahren werden:

- Prüfung mit dem Rückprallhammer am Bauwerk nach DIN EN 13791. Weist die Prüfung mit dem Rückprallhammer ausreichende Werte auf, kann der Beton einer Druckfestigkeitsklasse zugeordnet werden.
- Werden bei der Prüfung mit dem Rückprallhammer keine ausreichenden Werte ermittelt, wird eine in Abhängigkeit von der Bauteilgröße nach DIN EN 13791 festzulegende Anzahl an Bohrkernen entnommen. Die Prüfung der Bohrkern erfolgt nach den genannten Normen. Weisen die Bohrkern ausreichende Druckfestigkeiten auf, kann der Beton einer Druckfestigkeitsklasse zugeordnet werden.

9 Produktionskontrolle

An der Überschrift wird eine Fußnote angebracht:

Fußnote: Die in DIN EN 206-1 und in dieser Norm enthaltenen Bestimmungen für die Produktionskontrolle gelten als Bestimmungen für die werkseigene Produktionskontrolle nach den Landesbauordnungen.

9.1 Allgemeines

Letzter Absatz wird ergänzt:

Betone mit Fasern dürfen wie Betone mit Zusatzstoffen hergestellt und geliefert werden bis EN 206-1 entsprechende Regelungen enthält.

DIN 1045-2:2008-08**9.3 Aufgezeichnete Daten und andere Unterlagen**

Der erste Absatz, zweiter Satz, wird ersetzt durch:

Die Aufzeichnungen der Produktionskontrolle sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren und der Überwachungsstelle oder der Zertifizierungsstelle auf Verlangen vorzulegen.

9.5 Betonzusammensetzung und Erstprüfung

Der vierte, fünfte und sechste Absatz wird hinzugefügt:

Für die Aussteuerung der Frisch- und Festbetoneigenschaften eines Betons dürfen folgende Variationen in der Betonzusammensetzung vorgesehen werden:

- Zement: $\pm 15 \text{ kg/m}^3$
- Zusatzstoff Flugasche: $\pm 15 \text{ kg/m}^3$
- Zusatzmittel: zwischen 0 und Höchstdosierung nach 5.2.6

Für folgende Betone ist eine Erstprüfung nicht erforderlich:

- Betone innerhalb der durch Erstprüfungen abgedeckten oberen und unteren Grenzwerte der Variationsbereiche der Betonzusammensetzung nach dem vierten Absatz.
- Bei Beton ohne Zusatzmittel und Zusatzstoffe dürfen die Ergebnisse aus der Erstprüfung an Beton derselben Festigkeitsklasse mit Zementen geringerer Festigkeitsklasse auf Beton mit Zement höherer Festigkeitsklasse angerechnet werden, wenn die Eigenschaften der Ausgangsstoffe (z. B. Kornzusammensetzung der Gesteinskörnung, Normdruckfestigkeit des Zements) bekannt sind, und der Bereich üblicher Schwankungsbreiten nicht verlassen wird.
- Bei Beton mit Betonverflüssiger oder Fließmittel dürfen die Ergebnisse der Erstprüfung ohne Zusatzmittel angerechnet werden, falls mit dem gleichen Zusatzmittel bereits ein positives Ergebnis mit einem anderen Beton unter Verwendung desselben Zementes vorliegt und wenn die Eigenschaften der Ausgangsstoffe (z. B. Kornzusammensetzung der Gesteinskörnung,) bekannt sind und der Bereich üblicher Schwankungsbreiten nicht verlassen wird.

Für hochfesten Beton dürfen nur die gleichen Ausgangsstoffe verwendet werden, mit denen die Erstprüfung durchgeführt wurde (Art, Hersteller, Ort der Gewinnung). Die zulässigen Toleranzbereiche der nach DIN EN 206-1:2001-07, Tabellen 22 und H.1, zu prüfenden Merkmale sind zwischen dem Lieferanten des Ausgangsstoffes, dem Betonhersteller und dem Verwender anhand der vom Lieferanten angegebenen und anhand der aus den Unterlagen der Produktionskontrolle des Lieferanten und des Herstellers ermittelten Schwankungsbreiten zu vereinbaren.

9.6 Personal und Ausstattung

9.6.1 Personal

Der dritte Absatz wird hinzugefügt:

Die mit der Produktionskontrolle des Betonherstellers befasste Stelle muss von einem in Betontechnik und Betonherstellung erfahrenen Fachmann (z. B. Betoningenieur) geleitet werden.

Seine für diese Tätigkeit notwendigen erweiterten betontechnologischen Kenntnisse sind nachzuweisen, z. B. durch die Bescheinigung über erweiterte betontechnologische Kenntnisse des Ausbildungsbeirates Beton beim Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein E. V.

Der Hersteller hat dafür zu sorgen, dass die Führungskräfte und das für die Betonherstellung und den Betontransport maßgebliche Fachpersonal und das mit der Produktionskontrolle betraute Fachpersonal in Abständen von höchstens drei Jahren über die Herstellung, Verarbeitung und Prüfung von Beton so unterrichtet und geschult wird, dass es in der Lage ist, alle Maßnahmen für eine ordnungsgemäße Betonherstellung einschließlich der Produktionskontrolle zu treffen.

9.6.2 Ausstattung

9.6.2.1 Lagerung der Baustoffe

Absätze werden ergänzt:

Flüssige Betonzusatzmittel, die gemäß Herstellererklärung nach DIN EN 934-1:2008-04, Tabelle 1, Zeile 1 und Fußnote a) zum Absetzen bzw. Entmischen neigen, dürfen verwendet werden, wenn das Betonzusatzmittel am Verwendungsort vorher durch geeignete Maßnahmen homogenisiert wird.

Pulverförmige Betonzusatzmittel, die gemäß Herstellererklärung nach DIN EN 934-1:2008-04, Tabelle 1, Zeile 1 und Fußnote a) zum Entmischen neigen, dürfen verwendet werden, wenn das Betonzusatzmittel am Verwendungsort vorher durch geeignete Maßnahmen homogenisiert oder durch geeignete Verpackungseinheiten Mischungskonform dosiert wird.

9.6.2.2 Dosiereinrichtung

Der zweite Absatz wird ergänzt durch:

Hinsichtlich der Anzahl der Skalenintervalle der Wägeeinrichtung gilt das Eichgesetz.

DIN 1045-2:2008-08

9.7 Dosieren der Ausgangsstoffe

Tabelle 21, dritte Zeile wird ersetzt durch:

Verwendete Zusatzmittel und Zusatzstoffe bei einem Massenanteil von $\leq 5\%$, bezogen auf den Zementgehalt: $\pm 3\%$ der erforderlichen Menge.

9.8 Mischen des Betons

Der dritte Absatz wird ersetzt durch:

Wenn Zusatzmittel verwendet werden, müssen sie während des Hauptmischganges zugegeben werden, sofern es sich nicht um Fließmittel handelt, die nach dem Hauptmischgang zugegeben werden dürfen. In letzterem Fall muss der Beton nochmals gemischt werden, bis sich das Zusatzmittel vollständig in der Mischung verteilt hat und voll wirksam ist. Pulverförmige Betonzusatzmittel dürfen nicht im Fahrmischer zugegeben werden.

Die Anmerkung wird normativ:

In einem Fahrmischer darf die Mischdauer nach Zugabe eines Zusatzmittels nicht weniger als 1 min/m^3 und nicht kürzer als 5 min sein.

Nach dem vierten Absatz wird ANMERKUNG 2 hinzugefügt:

ANMERKUNG 2 Im Allgemeinen gilt Leichtbeton bei einer Mindestmischzeit von 90 s, Normalbeton bei einer Mindestmischzeit von 30 s als gleichmäßig durchgemischt.

9.9 Verfahren der Produktionskontrolle

Der achte Absatz, vierter Satz wird ersetzt durch:

Anhang H ist normativ anzuwenden.

In Tabelle 22, Zeile 14, Spalte „Überprüfung/Prüfung“ wird prEN 1008:1997 ersetzt durch:

DIN EN 1008

Tabelle 22, Zeile 15, wird hinzugefügt:

Tabelle 22 — Kontrolle der Betonausgangsstoffe (fortgesetzt)

Zeile	Betonausgangsstoff	Überprüfung/Prüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit
15	Restwasser aus Wiederaufbereitungsanlagen nach DIN EN 1008	Überprüfung der Eignung des Restwassers nach DIN EN 1008:2002-10, Tabelle 1	Sicherstellen, dass das Restwasser frei von betonschädlichen Bestandteilen ist	Im ersten Monat nach Betriebsbeginn oder nach Beginn der Überwachung mindestens wöchentlich, vom 2. bis zum 6. Monat monatlich; danach ist mindestens halbjährlich zu prüfen Im Verdachtsfall Chloridgehalt und Sulfatgehalt mindestens produktionstäglich

In Tabelle 24, Zeile 16, Spalte 2 wird prEN 12390-3:1999 ersetzt durch:

DIN EN 12390-3

10 Beurteilung der Konformität

An der Überschrift wird eine Fußnote angebracht:

Fußnote: Hinsichtlich des Begriffes Konformität siehe Anmerkung zu 3.1.46.

10.1 Allgemeines

Der zweite und dritte Absatz wird ersetzt durch:

Die Produktionskontrolle des Herstellers ist für alle nach dieser Norm hergestellten Betone — ausgenommen Standardbeton — durch eine anerkannte Überwachungsstelle zu überwachen und zu bewerten.

Die Erfüllung der Anforderungen an den Beton nach dieser Norm — ausgenommen Standardbeton — ist durch ein Übereinstimmungszertifikat einer hierfür anerkannten Zertifizierungsstelle nachzuweisen.

Für Standardbeton ist die Erfüllung der Anforderungen nach dieser Norm durch die Herstellererklärung nachzuweisen.

10.2 Bewertung, Überwachung und Zertifizierung der Produktionskontrolle

Die Überschrift wird ersetzt durch:

„Bewertung und Überwachung der Produktionskontrolle sowie Zertifizierung des Betons“

Der Abschnitt wird ersetzt durch:

Die Regelungen für die Überwachung und Bewertung der Produktionskontrolle sowie der Zertifizierung des Betons sind normativ in Anhang C angegeben.

11 Bezeichnung für Beton nach Eigenschaften

Der vierte Spiegelstrich wird ersetzt durch:

— Art der Verwendung (unbewehrt, Beton mit Betonstahlbewehrung, Spannbeton) oder die in Tabelle 10 definierte Klasse des Chloridgehaltes;

Anhang B (normativ)

Identitätsprüfung für die Druckfestigkeit

Anstelle der Identitätsprüfung nach Anhang B ist die Überprüfung nach DIN 1045-3:2008, A.2, nachzuweisen.

Anhang C (normativ)

Regelungen für die Bewertung, die Überwachung und Zertifizierung der Produktionskontrolle

Die Überschrift von Anhang C wird ersetzt:

„Regelungen für die Bewertung und die Überwachung der Produktionskontrolle sowie die Zertifizierung des Betons“

C.2 Aufgaben der Überwachungsstelle

C.2.1 Erstbewertung der Produktionskontrolle

Der zweite Absatz wird hinzugefügt:

Bei Standortwechsel einer bereits überwachten mobilen Anlage ist im Rahmen der ersten Regelüberwachung zu überprüfen, dass gegenüber der Erstbewertung keine wesentlichen Änderungen eingetreten sind.

Der vierte Absatz wird ersetzt durch:

Um Vertrauen in die Ergebnisse der Produktionskontrolle herzustellen, muss die Überwachungsstelle Einzelprüfungen zeitgleich zu denen des Herstellers durchführen. Die Einzelprüfungen müssen von einer bauaufsichtlich anerkannten Überwachungsstelle außerhalb des Herstellwerks durchgeführt werden.

Die Anmerkung wird ersetzt durch:

ANMERKUNG Auf der Grundlage dieses Berichts wird die anerkannte Zertifizierungsstelle über die Zertifizierung des Betons entscheiden (siehe C.3.1).

C.2.2.1 Regelüberwachungen

Der siebente Absatz wird ergänzt durch:

Die Überprüfung ist mindestens einmal im Jahr oder bei wesentlichen Änderungen der Produktionsbedingungen von der Überwachungsstelle durchzuführen.

C.2.2.2 Sonderüberwachung

Zum vierten Spiegelstrich wird hinzugefügt:

Eine Sonderüberwachung ist auch zu fordern, wenn die Ergebnisse aus der Produktionskontrolle nicht plausibel erscheinen.

Die Druckfestigkeitsprüfergebnisse sind unter drei Gesichtspunkten auf Plausibilität zu prüfen:

— Für die Erstherstellung:

Plausibilität des Nachweises der Konformität für die Erstherstellung nach Tabelle 14, Zeile 2.

Liegen beim Nachweis der Konformität für die Erstherstellung mindestens 35 Einzelergebnisse vor, so sind für diese Ergebnisse Mittelwert f_{cm} und Standardabweichung σ zu berechnen.

— Für die stetige Herstellung:

Plausibilität des Nachweises der Konformität für die stetige Herstellung nach Tabelle 14, Zeile 3.

Sowohl für die Ersterstellung als auch für die stetige Herstellung ist die Plausibilität der Druckfestigkeitsprüfergebnisse anzunehmen, wenn ein durchzuführender Test auf Normalverteilung der Druckfestigkeitsprüfergebnisse ein positives Ergebnis erbringt und die Standardabweichung plausibel erscheint.

— Plausibilität der Vereinbarkeit von Ergebnissen der Fremdüberwachung mit denen der Produktionskontrolle:

Entnimmt die Überwachungsstelle Proben für Druckfestigkeitsprüfungen, so sind die Ergebnisse auf Vereinbarkeit mit den Ergebnissen aus der Produktionskontrolle des Herstellers zu überprüfen. Die Plausibilität der Ergebnisse ist anzunehmen, wenn die Vereinbarkeitsprüfung ein positives Ergebnis erbringt.

ANMERKUNG Die formale Durchführung eines Tests auf Normalverteilung sollte immer durch eine Analyse der Daten im Wahrscheinlichkeitsnetz ergänzt werden. Falls der Test auf Normalverteilung zu der Entscheidung kommt, dass die Druckfestigkeitsergebnisse nicht normal verteilt sind, so kann aus der Darstellung im Wahrscheinlichkeitsnetz möglicherweise entnommen werden, welcher Art die Abweichung von der Normalverteilung ist. Hieraus lassen sich unter Umständen Hinweise auf mögliche Ursachen ableiten, die zur Abweichung von der Normalverteilung geführt haben.

Die Konsistenzprüfergebnisse sind plausibel, wenn das Ansteifen über die gesamte zu erwartende Fahrzeit berücksichtigt worden ist und wenn der bei höheren Temperaturen erhöhte Wasseranspruch in der Betonzusammensetzung bei konstantem Wasserzementwert berücksichtigt worden ist.

C.3 Aufgaben der Zertifizierungsstelle

C.3.1 Zertifizierung der Produktionskontrolle

Die Überschrift des Abschnitts wird ersetzt durch:

„Zertifizierung des Betons“

Der Abschnitt wird ersetzt durch:

Die Zertifizierungsstelle zertifiziert den Beton auf der Grundlage eines Berichtes der Überwachungsstelle, in dem angegeben ist, dass die Produktionseinheit die Erstbewertung der Produktionskontrolle zur Zufriedenheit der Überwachungsstelle bestanden hat und der Beton den Anforderungen dieser Norm entspricht.

Die Zertifizierungsstelle muss über die weitere Gültigkeit des Zertifikates auf der Grundlage der Berichte über die laufende Überwachung des Betons entscheiden.

DIN 1045-2:2008-08

C.3.2 Maßnahmen bei Nichtkonformität

Der dritte Absatz wird einschließlich der Anmerkung ersetzt durch:

Falls die Sonderüberwachung nicht bestanden wird, muss die Zertifizierungsstelle das Übereinstimmungszertifikat unverzüglich für ungültig erklären; die Überwachungsstelle muss die Überwachung der Produktionskontrolle einstellen. Die Zertifizierungsstelle wird den Hersteller über die Ungültigkeit des Zertifikates in Kenntnis setzen.

Nach Erklärung der Ungültigkeit des Zertifikates darf sich der Hersteller nicht länger auf das Übereinstimmungszertifikat berufen.

Der fünfte Absatz wird hinzugefügt:

Die Zertifizierungsstelle muss ein dokumentiertes System zur Bewertung von im Rahmen der Regelüberwachung und der Sonderüberwachung festgestellten Fällen der Nichtkonformität anwenden, welches den Schweregrad von Abweichungen, deren Kumulierung und zeitliche Verteilung berücksichtigt.

Anhang D (informativ)

Literaturhinweise

Die Literaturhinweise werden ergänzt:

DAfStb Heft 337 „Verhalten von Beton bei hohen Temperaturen“

DAfStb Heft 526 „Erläuterungen zu den Normen DIN EN 206-1, DIN 1045-2, DIN 1045-3, DIN 1045-4 und DIN EN 12620“

Anhang E (informativ)

Leitlinie für die Anwendung des Prinzips der gleichwertigen Betonleistungsfähigkeit

Ein zweiter Absatz wird eingefügt:

Das Prinzip kann nur im Zusammenhang mit allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen oder Europäischen Technischen Zulassungen angewendet werden, siehe 5.2.5.1, ANMERKUNG 2.

Anhang F (normativ)

Empfehlungen für Grenzwerte für Betonzusammensetzungen

Der informative Anhang F mit Tabelle F.1 wird durch die normativen Anforderungen in den Tabellen F.2.1, F.2.2, F.3.1, F.3.2, F.3.3, F.3.4, F.4.1, F.4.2 sowie F.5 ersetzt.

Die Anmerkung wird hinzugefügt:

ANMERKUNG Die Anforderungen in den Tabellen F2.1, F.2.2 und F.3.1 bis F.3.3 sind unter Annahme einer beabsichtigten Nutzungsdauer von mindestens 50 Jahren unter üblichen Instandhaltungsbedingungen festgelegt.

Tabelle F.2.1 — Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton — Teil 1

Zeile	Expositionsklassen	Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko x_0^a	Bewehrungskorrosion								
			durch Karbonatisierung verursachte Korrosion				durch Chloride verursachte Korrosion				
			XC1	XC2	XC3	XC4	Chloride außer aus Meerwasser			Chloride aus Meerwasser	
					XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3	
1	Höchstzulässiger w/z	—	0,75	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45			
2	Mindestdruckfestigkeitsklasse ^b	C8/10	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37 ^d	C35/45 ^{d,e}	C35/45 ^d			
3	Mindestzementgehalt ^c in kg/m^3	—	240	260	280	300	320	320	Siehe XD1	Siehe XD2	Siehe XD3
4	Mindestzementgehalt ^c bei Anrechnung von Zusatzstoffen in kg/m^3	—	240	240	270	270	270	270			
5	Mindestluftgehalt in %	—	—	—	—	—	—	—			
6	Andere Anforderungen	—	—								

^a Nur für Beton ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall.
^b Gilt nicht für Leichtbeton.
^c Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m^3 reduziert werden.
^d Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger. In diesem Fall darf Fußnote ^e nicht angewendet werden.
^e Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen ($r < 0,30$) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse nach 4.3.1 ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. In diesem Fall darf Fußnote ^d nicht angewendet werden.

DIN 1045-2:2008-08

Tabelle F.2.2 — Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton — Teil 2

		Betonkorrosion													
		Frostangriff						Aggressive chemische Umgebung			Verschleißbeanspruchung ^h				
Zeile	Expositionsklassen	XF1	XF2		XF3		XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2		XM3	
1	Höchstzulässiger w/z	0,60	0,55 ^g	0,50 ^g	0,55	0,50	0,50 ^g	0,60	0,50	0,45	0,55	0,55	0,45	0,45	
2	Mindestdruckfestigkeitsklasse ^b	C25/30	C25/30	C35/45 ^e	C25/30	C35/45 ^e	C30/37	C25/30	C35/45 ^{d,e}	C35/45 ^d	C30/37 ^d	C30/37 ^d		C35/45 ^d	C35/45 ^d
3	Mindestzementgehalt ^c in kg/m ³	280	300	320	300	320	320	280	320	320	300 ⁱ	300 ⁱ	320 ⁱ	320 ⁱ	
4	Mindestzementgehalt ^c bei Anrechnung von Zusatzstoffen in kg/m ³	270	270 ^g	270 ^g	270	270	270 ^g	270	270	270	270	270	270	270	270
5	Mindest-Luftgehalt in %	—	f	—	f	—	f, j	—	—	—	—	—	—	—	—
6	Andere Anforderungen	Gesteinskörnungen für die Expositionsklassen XF1 bis XF4						—	—	l	—	Oberflächenbehandlung des Betons ^k	—	Einstreuen von Hartstoffen nach DIN 1100	
		F ₄	MS ₂₅	F ₂	MS ₁₈										

b, c, d und e siehe Fußnoten in Tabelle F.2.1.

f Der mittlere Luftgehalt im Frischbeton unmittelbar vor dem Einbau muss bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 8 mm \geq 5,5 % (Volumenanteil), 16 mm \geq 4,5 % (Volumenanteil), 32 mm \geq 4,0 % (Volumenanteil) und 63 mm \geq 3,5 % (Volumenanteil) betragen.

Einzelwerte dürfen diese Anforderungen um höchstens 0,5 % (Volumenanteil) unterschreiten.

g Die Anrechnung auf den Mindestzementgehalt und den Wasserzementwert ist nur bei Verwendung von Flugasche zulässig. Weitere Zusatzstoffe des Typs II dürfen zugesetzt, aber nicht auf den Zementgehalt oder den w/z angerechnet werden. Bei gleichzeitiger Zugabe von Flugasche und Silikastaub ist eine Anrechnung auch für die Flugasche ausgeschlossen.

h Es dürfen nur Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 verwendet werden.

i Höchstzementgehalt 360 kg/m³, jedoch nicht bei hochfesten Betonen.

j Erdfeuchter Beton mit $w/z \leq 0,40$ darf ohne Luftporen hergestellt werden.

k Z. B. Vakuumieren und Flügelglätten des Betons.

l Schutzmaßnahmen siehe 5.3.2.

Tabelle F.3.2 — Anwendungsbereiche für CEM-II-M-Zemente mit drei Hauptbestandteilen nach DIN EN 197-1, DIN 1164-10, DIN 1164-12 und FE-Zemente sowie CEM II-SE nach DIN 1164-11 zur Herstellung von Beton nach DIN 1045-2^a

Expositionsklassen X = gültiger Anwendungsbereich O = für die Herstellung nach dieser Norm nicht anwendbar	Kein Korrosions-/Angriffsrisiko	Bewehrungskorrosion										Betonangriff							Spannstahl-Verträglichkeit							
		durch Karbonatisierung verursachte Korrosion				durch Chloride verursachte Korrosion						Frostangriff			Aggressive chemische Umgebung					Verschleiß						
		XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 ^d	XA3 ^a		XM1	XM2	XM3				
CEM II	A	X	S-D; S-T; S-LL; D-T; D-LL; T-LL; S-V; V-T; V-LL ⁱ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
			S-P; D-P; D-V; P-V; P-T; P-LL;	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X ^f
			S-D; S-T; D-T; S-V; V-T ⁱ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	B	X	S-P; D-P; D-V; P-T; P-V ⁱ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X ^f	
			S-LL; D-LL; P-LL; V-LL ⁱ T-LL	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X ^f

a, d, f, i siehe Fußnoten in Tabelle F.3.3.

Tabelle F.3.3 — Anwendungsbereiche für Zemente CEM IV und CEM V mit zwei bzw. drei Hauptbestandteilen nach DIN EN 197-1, DIN 1164-10, DIN 1164-12 und FE-Zemente nach DIN 1164-11 zur Herstellung von Beton nach DIN 1045-2^a

Expositionsclassen X = gültiger Anwendungsbereich O = für die Herstellung nach dieser Norm nicht anwendbar		Bewehrungskorrosion												Betonangriff									Spannstahl-Verträglichkeit		
		Kein Angriffsrisiko durch Korrosion						durch Chloride verursachte Korrosion						Frostangriff			Aggressive chemische Umgebung			Verschleiß					
		durch Karbonatisierung verursachte Korrosion						andere Chloride als Meerwasser			Chloride aus Meerwasser			XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 ^d	XA3 ^d	XM1	XM2	XM3		
CEM IV	B	(P ⁹)	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 ^d	XA3 ^d	XM1	XM2	XM3		
	A	(S-P ^h)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O	X	X	X	X	O	O		
CEM V	B																								

a Sollen Zemente, die nach dieser Tabelle nicht anwendbar sind, verwendet werden, bedürfen sie einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung.

b Festigkeitsklasse $\geq 42,5$ oder Festigkeitsklasse 32,5 R mit einem Hütten sand-Massenanteil von $\leq 50\%$

c CEM III/B darf nur für die folgenden Anwendungsfälle verwendet werden:

a) Meerwasserbauteile: $w/z \leq 0,45$; Mindestfestigkeitsklasse C 35/45 und $z \geq 340 \text{ kg/m}^3$

b) Räumerlaufbahnen $w/z \leq 0,35$; Mindestfestigkeitsklasse C40/50 und $z \geq 360 \text{ kg/m}^3$; Beachtung von DIN 19569-1

Auf Luftporen kann in beiden Fällen verzichtet werden.

d Bei chemischem Angriff durch Sulfat (ausgenommen bei Meerwasser) muss oberhalb der Expositionsklasse XA1 Zement mit hohem Sulfatwiderstand (HS-Zement) verwendet werden. Zur Herstellung von Beton mit hohem Sulfatwiderstand darf bei einem Sulfatgehalt des angreifenden Wassers von $\text{SO}_4^{2-} \leq 1500 \text{ mg/l}$ anstelle von HS-Zement eine Mischung aus Zement und Flugasche verwendet werden (siehe 5.2.5.2.2).

ANMERKUNG Bis zum Vorliegen von DIN EN 197-1/A2 sind für HS-Zement die Festlegungen in DIN 1164-10 zu beachten. Sobald DIN EN 197-1/A2 anwendbar ist, gelten die Anforderungen an HS-Zement als erfüllt, wenn nach DIN EN 197-1/A2 Zement mit hohem Sulfatwiderstand verwendet wird (CEM I-SR 3 oder niedriger, CEM III/B-SR, CEM III/C-SR).

e Spezielle Kombinationen können günstiger sein. Für CEM-II-M-Zemente mit drei Hauptbestandteilen siehe Tabelle F.3.2. Für CEM-IV- und CEM-V-Zemente mit zwei bzw. drei Hauptbestandteilen siehe Tabelle F.3.3.

f Zemente, die P enthalten, sind ausgeschlossen, da sie bisher für diesen Anwendungsfall nicht überprüft wurden.

g gilt nur für Trass nach DIN 51043 als Hauptbestandteil bis maximal 40 % Massenanteil

h gilt nur für Trass nach DIN 51043 als Hauptbestandteil

i Zemente zur Herstellung von Beton nach DIN 1045-2 dürfen nur Flugaschen mit bis zu 5 % Glühverlust enthalten.

Tabelle F.3.4 — Anwendungsbereiche für Zemente nach DIN EN 14216 zur Herstellung von Beton nach DIN 1045-2^a

Expositionsklassen X = gültiger Anwendungsbereich O = für die Herstellung nach dieser Norm nicht anwendbar	Kein Korrosions-/Angriffsrisiko		Bewehrungskorrosion										Frostangriff						Aggressive chemische Umgebung			Verschleiß			Spannstahl-Verträglichkeit								
	X0		durch Karbonatisierung verursachte Korrosion					durch Chloride verursachte Korrosion					Frostangriff						Aggressive chemische Umgebung			Verschleiß											
			XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XD3	XS1	XS2	XS3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 ^d	XA3 ^d	XM1	XM2	XM3										
VLH	III/B	X	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
	III/C																																
	IV/A ⁱ																																
	IV/B ⁱ	X	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
	V/A ⁱ																																
	V/B ⁱ																																

^a Sollen Zemente, die nach dieser Tabelle nicht anwendbar sind, verwendet werden, bedürfen sie einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung.
^{d, i} siehe Fußnote in Tabelle F.3.3

Tabelle F.4.1 — Höchstzulässiger Mehlkorngelalt für Beton mit einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 16 mm bis 63 mm bis Betonfestigkeitsklassen C50/60 und LC 50/55 bei den Expositionsclassen XF und XM

Zementgelalt kg/m ³	Höchstzulässiger Mehlkorngelalt kg/m ³
≤ 300	400
≥ 350	450

Tabelle F.4.2 — Höchstzulässiger Mehlkorngelalt für Beton mit einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 16 mm bis 63 mm ab der Betonfestigkeitsklasse C55/67 und LC 55/60 bei allen Expositionsclassen

Zementgelalt kg/m ³	Höchstzulässiger Mehlkorngelalt kg/m ³
≤ 400	500
450	550
≥ 500	600

Tabelle F.5 — Mindestzementgelalt für Standardbeton mit einem Größtkorn von 32 mm und Zement der Festigkeitsklasse 32,5 nach DIN EN 197-1

Druckfestigkeitsklasse	Mindestzementgelalt in kg/m ³ für Konsistenzbezeichnung		
	steif	plastisch	weich
C8/10	210	230	260
C12/15	270	300	330
C16/20	290	320	360

Der Zementgelalt nach Tabelle F.5 muss vergrößert werden um

- 10 % bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 16 mm,
- 20 % bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 8 mm.

Der Zementgelalt nach Tabelle F.5, Zeilen 1 bis 3 darf verringert werden um

- höchstens 10 % bei Zement der Festigkeitsklasse 42,5 und
- höchstens 10 % bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm.

Anhang H (normativ)

Zusätzliche Vorschriften für hochfesten Beton

Anhang H ist normativ anzuwenden.

Der zweite Absatz wird hinzugefügt:

Für hochfesten Beton ist gemeinsam mit dem Verarbeiter ein Qualitätssicherungsplan aufzustellen. Darin wird im Einzelnen festgelegt, was, wie, wie oft und durch wen zu überprüfen ist und welche Grenzwerte eingehalten werden müssen. Für das Vorgehen bei Abweichungen vom Soll müssen die notwendigen Maßnahmen festgelegt und die Verantwortlichen benannt werden. Die Ergebnisse der Überprüfung müssen von den Verantwortlichen dokumentiert werden. Aus dem Qualitätssicherungsplan müssen die verantwortlichen Personen klar hervorgehen.

Die Zeilennummern in den folgenden Tabellen H.1, H.2 und H.3 beziehen sich auf jene in den Tabellen 22, 23 und 24 und ersetzen oder ergänzen die entsprechenden Anforderungen.

Tabellen H.1, H.2 und H.3 werden ersetzt durch:

Tabelle H.1 — Zusätzliche Kontrolle der Betonausgangsstoffe bei hochfestem Beton

	Beton- ausgangsstoff	Überprüfung/ Prüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit
1	Zement	Wassergehalt zur Erzielung der Normsteife nach DIN EN 196-3	Einhalten der vereinbarten Anforderungen	jede Lieferung vor Betonherstellung
		Mahlfeinheit nach DIN EN 196-6		
		Sulfatgehalt nach DIN EN 196-2		
		Rückstellproben	Aufbewahren bis zum erfolgten Festigkeitsnachweis oder vereinbarten Zeitpunkt	
8	Zusatzmittel	Dichte	Einhalten der festgelegten Anforderungen	jede Lieferung vor Betonherstellung
		Rückstellproben	Aufbewahren bis zum erfolgten Festigkeitsnachweis oder vereinbarten Zeitpunkt	
10	Zusatzstoffe	Flugasche: — Wasser zur Erzielung der Normsteife in Anlehnung an DIN EN 196-3 oder gleichwertige Verfahren	Einhalten der vereinbarten Anforderungen	jede Lieferung vor Betonherstellung
13		Silikasuspension: — Dichte — Wassergehalt		
13a		Rückstellproben		
17	Gesteinskörnung	Siebversuch an jeder Korngruppe	Einhalten der vereinbarten Anforderungen	einmal täglich vor Betonherstellung

Tabelle H.2 — Zusätzliche Kontrolle der Ausstattung bei der Herstellung von hochfestem Beton

	Ausstattung	Überprüfung/ Prüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit
3a	Wägeeinrichtungen für Zement, Gesteinskörnung, Zusatzstoffe	Prüfung der Wägegenauigkeit	Sicherstellen der Genauigkeit nach 9.6.2.2	je Betoniertag vor der Herstellung
5	Zugabegeräte für Betonzusatzmittel	Prüfung der Genauigkeit	Erzielen genauer Zugaben	je Betoniertag vor der Herstellung
6a	Wassermesser	Vergleich zwischen Messwert und Zielwert	einwandfreies Arbeiten	je Betoniertag vor der Herstellung
10	Mess- und Laborgeräte	Funktionskontrolle	einwandfreies Arbeiten	je Betoniertag vor der Herstellung
11a	Mischwerkzeuge	Funktionskontrolle	einwandfreies Arbeiten	je Betoniertag vor der Herstellung
11b	Fahrmischer	Augenscheinprüfung	kein Spülwasser in der Trommel	vor jeder Beladung

Tabelle H.3 — Zusätzliche Kontrolle der Herstellverfahren und der Betoneigenschaften bei hochfestem Beton

	Prüfgegenstand	Überprüfung/ Prüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit
2	Wassergehalt der feinen Gesteinskörnung	Darrversuch	Bestimmen der Trockenmasse und des noch erforderlichen Zugabewassers	laufend, Messung am Betoniertag vor Betonierbeginn
4a	Wassergehalt des Frischbetons	Überprüfung der Menge des Zugabewassers	Einhalten der in der Erstprüfung festgelegten Höchstwerte	bei jeder Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung, jedoch höchstens dreimal je Betoniertag
7	Konsistenz des Frischbetons	Prüfung nach DIN EN 12350-5	Einhalten der in der Erstprüfung und dem Versuchsversuch festgelegten Konsistenz	unmittelbar vor Verlassen des Werkes und unmittelbar vor und nach Fließmittelzugabe an jedem Mischfahrzeug
18	Mischanweisung ^a	Augenschein	Beachten der Mischanweisung	vor jedem Mischen

^a Die Reihenfolge der Zugabe der Betonausgangsstoffe und die Mischzeit sind in einer Mischanweisung festzuhalten. Der Zeitpunkt der Fließmitteldosierung (auch Nachdosierung) ist bei der Erstprüfung entsprechend der voraussichtlichen Zugabezeit auf der Baustelle zu wählen.

Anhang K (normativ)

Betonfamilien

K.2 Wahl der Betonfamilie

Die in K.2 genannten Empfehlungen werden bindende Anforderungen.

Erster Absatz, fünfter Spiegelstrich wird ergänzt durch:

Betone der Druckfestigkeitsklassen C8/10 bis C50/60 bzw. LC8/9 bis LC50/55 sind in mindestens zwei Betonfamilien einzuteilen.

Ein informativer Anhang L wird ergänzt.

Anhang L (informativ)

Kornzusammensetzung

Die Kornzusammensetzung der Gesteinskörnungen wird durch Sieblinien (siehe Bilder L.1 bis L.4) und — wenn nötig — durch einen darauf bezogenen Kennwert für die Korngrößenverteilung oder den Wasseranspruch gekennzeichnet.

Die Zusammensetzung einzelner Korngruppen und der Gesteinskörnungen wird durch Siebversuche nach DIN EN 933-1 mit Prüfsieben nach DIN ISO 3310-1 oder DIN ISO 3310-2 ermittelt. Die Sieblinien können stetig oder unstetig sein.

In den Bildern L.1 bis L.4 sind folgende Bereiche angegeben:

- 1) grobkörnig;
- 2) Ausfallkörnung;
- 3) grob- bis mittelkörnig;
- 4) mittel- bis feinkörnig;
- 5) feinkörnig.

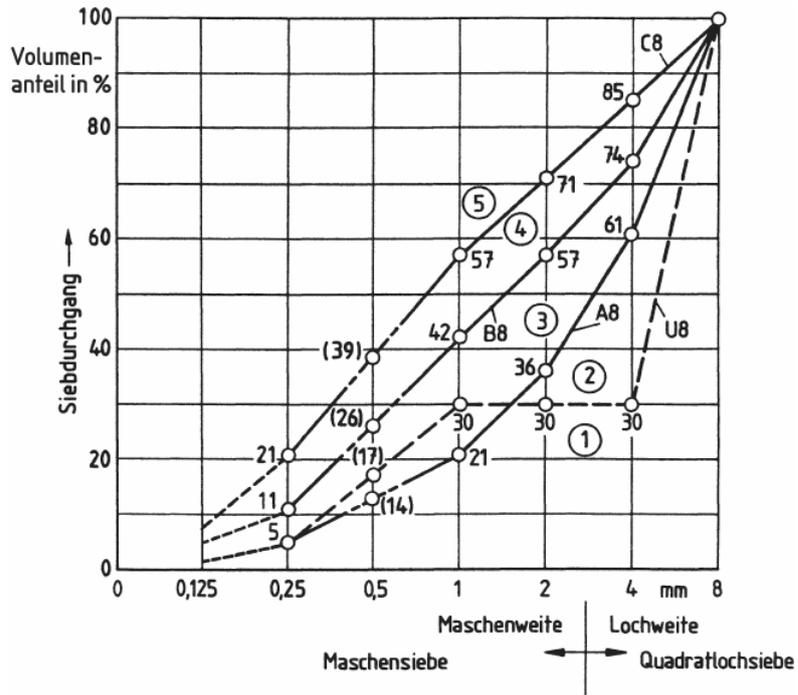


Bild L.1 — Sieblinien mit einem Größtkorn von 8 mm

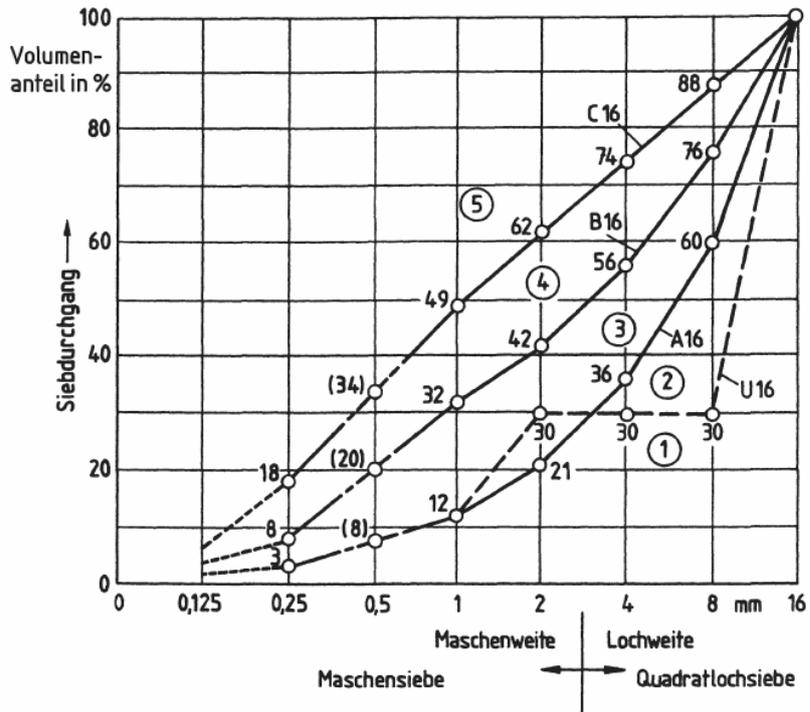


Bild L.2 — Sieblinien mit einem Größtkorn von 16 mm

DIN 1045-2:2008-08

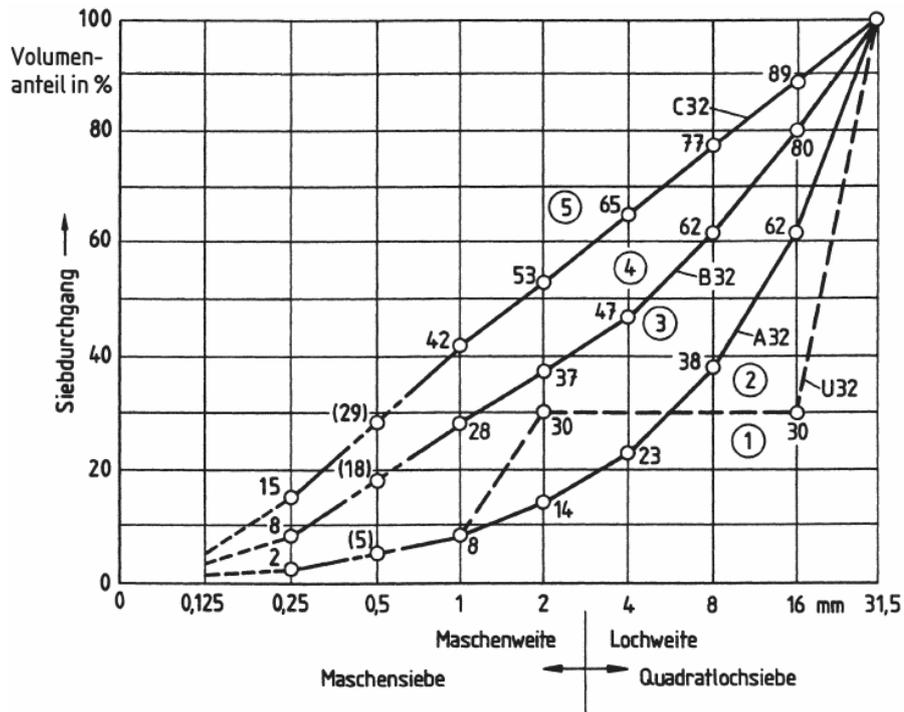


Bild L.3 — Sieblinien mit einem Größtkorn von 32 mm

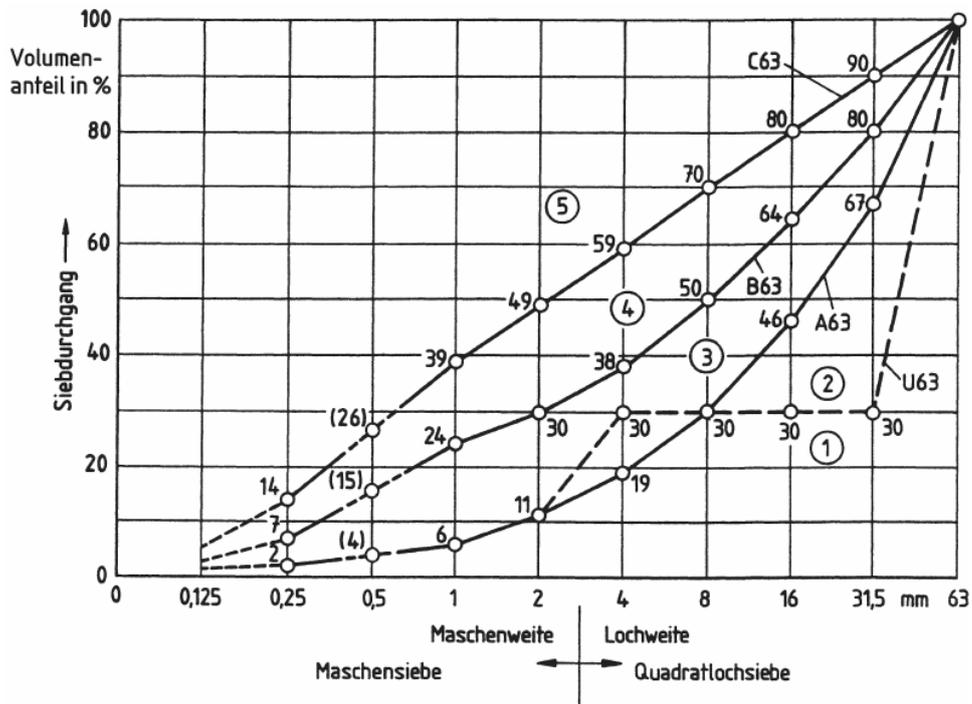


Bild L.4 — Sieblinien mit einem Größtkorn von 63 mm

Anhang U (normativ)

Anforderungen für die Verwendung von Gesteinskörnungen

Der normative Anhang U legt mit den Tabellen U.1, U.2, U.3 und U.4 Anforderungen an Gesteinskörnung nach DIN EN 12620 und DIN EN 13055-1 für die Verwendung in Beton nach dieser Norm fest.

Tabelle U.1 — Regelanforderungen für Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620

Spalte	1	2	3
Zeile	Eigenschaft	DIN EN 12620	Regelanforderung
1	Kornzusammensetzung		
1a	Grobe Gesteinskörnungen mit $D/d \leq 2$ oder $D \leq 11,2$	4.3.2	$G_{C85/20}$
1b	Feine Gesteinskörnungen	4.3.3	Toleranzen nach DIN EN 12620:2003-04, Tabelle 4
1c	Korngemische	4.3.5	G_{A90}
2	Kornform	4.4	Fl_{50} oder Sl_{55}
3	Muschelschalengehalt für aus dem Meer gewonnene grobe Gesteinskörnung	4.5	SC_{10}
4	Feinanteile		
4a	Grobe Gesteinskörnung	4.6	$f_{1,5}$
4b	Natürlich zusammengesetzte Gesteinskörnung 0/8	4.6	f_3
4c	Korngemisch	4.6	f_3
4d	Feine Gesteinskörnung	4.6	f_3
5	Widerstand gegen Zertrümmerung	5.2	LA_{NR} oder SZ_{NR}
6	Widerstand gegen Verschleiß von groben Gesteinskörnungen	5.3	M_{DENR}
7	Widerstand gegen Polieren	5.4.1	PSV_{NR}
8	Widerstand gegen Oberflächenabrieb	5.4.2	AAV_{NR}
9	Widerstand gegen Abrieb durch Spike-Reifen	5.4.3	$A_{N}NR$
10	Frost-Tau-Widerstand	5.7.1	F_4
11	Magnesiumsulfat-Widerstandsfähigkeit	5.7.1	MS_{NR}
12	Chloride	6.2	Chloridgehalt $\leq 0,04$ % Massenanteil
13	Säurelösliches Sulfat für alle Gesteinskörnungen außer Hochofenstückschlacken	6.3.1	$AS_{0,8}$
14	Säurelösliches Sulfat für Hochofenstückschlacken	6.3.1	$AS_{1,0}$
15	Gesamtschwefel für alle Gesteinskörnungen außer Hochofenstückschlacken	6.3.2	≤ 1 % Massenanteil
16	Gesamtschwefel für Hochofenstückschlacken	6.3.2	≤ 2 % Massenanteil
17	Leichtgewichtige organische Verunreinigungen		
17a	Feine Gesteinskörnung	6.4.1 und G.4	$\leq 0,5$ % Massenanteil
17b	Grobe Gesteinskörnung, natürlich zusammengesetzte Gesteinskörnung 0/8 und Korngemisch	6.4.1 und G.4	$\leq 0,1$ % Massenanteil

DIN 1045-2:2008-08

Tabelle U.2 — Andere Anforderungen für Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620

Spalte	1	2	3
Zeile	Eigenschaft	DIN EN 12620	Anforderung
10	Frost-Tau-Widerstand	5.7.1	F ₂ für XF3
11	Magnesiumsulfat-Widerstandsfähigkeit ^a	5.7.1	MS ₂₅ für XF2, MS ₁₈ für XF4
12	Chloride ^b	6.2	Chloridgehalt ≤ 0,02 % Massenanteil für Beton mit Spannstahlbewehrung Chloridgehalt ≤ 0,15 % Massenanteil für Beton ohne Betonstahlbewehrung oder anderes eingebettetes Metall

^a Alternativ zu den Anforderungen an die Magnesiumsulfatwiderstandsfähigkeit in DIN EN 12620 kann auch eine Prüfung unter Verwendung einer 1%igen NaCl-Lösung, wie sie in E DIN EN 1367-6 beschrieben ist, vereinbart werden.

Für die Prüfung des Frost-Tausalz-Widerstandes einer Gesteinskörnung unter Verwendung einer 1%igen NaCl-Lösung, wie in E DIN EN 1367-6 beschrieben, können derzeit keine allgemein anwendbaren Anforderungswerte angegeben werden. Wenn bei diesem Versuch jedoch ein Masseverlust von > 8 % festgestellt wird, sollte der ausreichende Frost-Tausalz-Widerstand im Betonversuch nach DIN V 18004:2004-04, Abschnitt 4, mit Beton der dort angegebenen Zusammensetzung nachgewiesen werden.

Gesteinskörnungen, deren Masseverlust ≤ 8 % beträgt, können nach bisherigen Erfahrungen für die gleichen Anwendungsgebiete eingesetzt werden wie Gesteinskörnungen der Kategorien MS₁₈ bis MS₃₅ nach DIN EN 12620.

Gesteinskörnungen, die die Anforderungen der Kategorie MS₂₅ oder MS₁₈ nach DIN EN 12620 nicht erfüllen oder deren Masseverlust bei Prüfung unter Verwendung einer 1%igen NaCl-Lösung, wie in E DIN EN 1367-6 beschrieben, > 8 % beträgt, können in den Expositionsklassen XF2 bzw. XF4 nach Tabelle F.2.2 nur eingesetzt werden, wenn bei der Frost-Tausalz-Prüfung nach DIN V 18004:2004-04, Abschnitt 4, der Beton der dort angegebenen Zusammensetzung nach 56 Frost-Tauwechseln keine größere Abwitterung aufweist als 500 g/m².

ANMERKUNG Der angegebene Grenzwert ist als vorläufig anzusehen, da noch nicht genügend Erfahrungen mit der Anwendung des Prüfverfahrens im Bereich der Beurteilung von Gesteinskörnungen vorliegen. Andere Grenzwerte können deshalb im Einzelfall vereinbart werden.

^b Andernfalls ist der Chloridgehalt des Betons nach 5.2.7 nachzuweisen.

Tabelle U.3 — Regelanforderungen für Gesteinskörnungen nach DIN EN 13055-1

Spalte	1	2	4
Zeile	Eigenschaft	DIN EN 13055-1	Anforderung
1	Kornzusammensetzung	4.3.1	$D/d \geq 1,4$
2	Feinanteile		Deklaration
2a	Grobe leichte Gesteinskörnung	4.6	$f_{1,5}$ (nur natürliche leichte Gesteinskörnung)
2b	Korngemisch	4.6	f_3 (nur natürliche leichte Gesteinskörnung)
2c	Feine leichte Gesteinskörnung	4.6	f_3 (nur natürliche leichte Gesteinskörnung)
3	Kornrohddichte ^a	4.2.2	Deklaration
4	Wasseraufnahme (w_{60}) ^b	4.8	Deklaration
5	Kornfestigkeit ^c	4.10	Zulässige Abweichung vom deklarierten Wert $\leq 15 \%$
6	Frost-Tau-Widerstand ^d	4.13	F ₄ für XF1
7	Chloride ^e	5.2	$\leq 0,04 \%$ Massenanteil für Beton mit Betonstahlbewehrung
8	Säurelösliches Sulfat	5.3.1	$\leq 0,8 \%$ Massenanteil
9	Gesamtschwefel	5.3.2	$\leq 1 \%$ Massenanteil
10	Glühverlust (nur Kesselsand)	5.4	$\leq 5,0 \%$ Massenanteil
11	Organische Bestandteile ^f	5.5	Deklaration

^a Alternativ darf für leichte Gesteinskörnungen die wirksame Kornrohddichte nach DIN V 18004:2004-04, 5.2.4.2, herangezogen werden, wenn sie nicht mehr als $\pm 15 \%$ vom deklarierten Wert abweicht, höchstens jedoch um $\pm 150 \text{ kg/m}^3$.

^b Alternativ darf für leichte Gesteinskörnungen die Wasseraufnahme (w_{BVK}) nach DIN V 18004:2004-04, 5.3, herangezogen werden. Die Wasseraufnahme (w_{60}) darf alternativ auch nach DIN V 18004:2004-04, Abschnitt 7, bestimmt werden.

^c Alternativ darf für leichte Gesteinskörnungen die Kornfestigkeit nach DIN V 18004:2004-04, 5.4, bestimmt werden.

^d Alternativ können leichte Gesteinskörnungen, die die Anforderungen der Kategorie F4 nach DIN EN 12620, Tabelle 18, nicht erfüllen, in der Expositionsklasse XF1 nach Tabelle F.2.2, nur eingesetzt werden, wenn bei der Prüfung des Frostwiderstands nach DIN V 18004:2004-04, Abschnitt 4, der Beton der dort angegebenen Zusammensetzung nach 56 Frost-Tauwechseln keine größere Abwitterung aufweist als 500 g/m^2 . Alternativ darf die Verwendbarkeit des Betons mit der tatsächlichen Zusammensetzung in der Expositionsklasse XF1 nach demselben Verfahren nachgewiesen werden.

ANMERKUNG Der angegebene Grenzwert ist als vorläufig anzusehen, da noch nicht genügend Erfahrungen mit der Anwendung des Prüfverfahrens im Bereich der Beurteilung von Gesteinskörnungen vorliegen. Andere Grenzwerte können deshalb im Einzelfall vereinbart werden.

^e Andernfalls ist der Chloridgehalt des Betons nach Abschnitt 5.2.7 nachzuweisen.

^f Natürliche leichte Gesteinskörnungen sind hinsichtlich der Auswirkung auf die Erstarrungszeit und die Druckfestigkeit des Betons nach DIN EN 1744-1:1998-05, 15.3, zu beurteilen.

DIN 1045-2:2008-08

Tabelle U.4 — Andere Anforderungen für Gesteinskörnungen nach DIN EN 13055-1

Spalte	1	2	3
Zeile	Eigenschaft	DIN EN 13055-1	Anforderung
11	Frost-Tau-Widerstand ^a	4.13	F ₂ für XF3
12	Frost-Tausalz-Widerstand ^b		
13	Chloride ^c	5.2	≤ 0,02 % Massenanteil für Beton mit Spannstahlbewehrung ≤ 0,15 % Massenanteil für Beton ohne Betonstahlbewehrung oder anderes eingebettetes Metall
<p>^a Alternativ zu den Anforderungen an den Frost-Tau-Widerstand in DIN EN 13055-1 kann auch eine Prüfung im Betonversuch erfolgen. Leichte Gesteinskörnungen können in den Expositionsclassen XF3 nach Tabelle F.2.2 eingesetzt werden, wenn bei der Frost-Tausalz-Prüfung nach DIN V 18004:2004-04, Abschnitt 4.2, der Beton der dort angegebenen Zusammensetzung nach 56 Frost-Tauwechseln keine größere Abwitterung aufweist als 500 g/m². Alternativ darf die Verwendbarkeit des Betons mit der tatsächlichen Zusammensetzung in der Expositionsclassen XF3 nach demselben Verfahren nachgewiesen werden.</p> <p>^b Leichte Gesteinskörnungen können in den Expositionsclassen XF2 bzw. XF4 nach Tabelle F.2.2 eingesetzt werden, wenn bei der Frost-Tausalz-Prüfung nach DIN V 18004:2004-04, Abschnitt 4.3, der Beton der dort angegebenen Zusammensetzung nach 56 Frost-Tauwechseln keine größere Abwitterung aufweist als 500 g/m². Alternativ darf die Verwendbarkeit des Betons mit der tatsächlichen Zusammensetzung in den Expositionsclassen XF2 bzw. XF4 nach demselben Verfahren nachgewiesen werden.</p> <p>ANMERKUNG Die angegebenen Grenzwerte sind als vorläufig anzusehen, da noch nicht genügend Erfahrungen mit der Anwendung des Prüfverfahrens im Bereich der Beurteilung von leichten Gesteinskörnungen vorliegen. Andere Grenzwerte können deshalb im Einzelfall vereinbart werden.</p> <p>^c Andernfalls ist der Chloridgehalt des Betons nach 5.2.7 nachzuweisen.</p>			

DIN 1045-3

ICS 91.080.40

Ersatz für
DIN 1045-3:2001-07 und
DIN 1045-3/A1:2005-01**Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton –
Teil 3: Bauausführung**Concrete, reinforced and prestressed concrete structures –
Part 3: Execution of structuresStructures en béton, béton armé et béton précontraint –
Partie 3: Exécution des constructions

Gesamtumfang 40 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN 1045-3:2008-08

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Dokumentation, Bauleitung	7
4.1 Projektbeschreibung	7
4.2 Bautechnische Unterlagen	8
4.2.1 Umfang der bautechnischen Unterlagen	8
4.2.2 Zeichnungen.....	8
4.2.3 Statische Berechnungen.....	9
4.2.4 Baubeschreibung.....	9
4.3 Aufzeichnungen während der Bauausführung.....	9
4.4 Bauleitung	9
5 Gerüste, Schalungen und Einbauteile.....	10
5.1 Allgemeine Anforderungen.....	10
5.2 Gerüste	10
5.3 Schalungen.....	10
5.4 Trennmittel	10
5.5 Einbauteile.....	11
5.6 Ausrüsten und Ausschalen	11
5.6.1 Ausschalfristen	11
5.6.2 Hilfsstützen.....	11
6 Bewehren	12
6.1 Allgemeine Anforderungen.....	12
6.2 Biegen, Transport und Lagerung der Bewehrung.....	12
6.3 Schweißen von Betonstahl	12
6.4 Einbau der Bewehrung.....	14
7 Vorspannen	14
7.1 Allgemeines	14
7.2 Transport und Lagerung	14
7.3 Herstellung der Spannglieder	15
7.4 Einbau der Spannglieder	15
7.4.1 Allgemeines	15
7.4.2 Spannglieder mit sofortigem Verbund	15
7.4.3 Spannglieder mit nachträglichem Verbund	16
7.4.4 Interne und externe Spannglieder ohne Verbund	16
7.5 Vorspannen der Spannglieder.....	16
7.5.1 Allgemeines	16
7.5.2 Spannglieder mit sofortigem Verbund	17
7.5.3 Spannglieder mit nachträglichem oder ohne Verbund.....	17
7.6 Korrosionsschutz	17
7.6.1 Allgemeines	17
7.6.2 Spannglieder mit sofortigem Verbund	17
7.6.3 Spannglieder mit nachträglichem Verbund	17
7.6.4 Interne oder externe Spannglieder ohne Verbund	17
7.6.5 Einpressen von Zementmörtel	18
7.6.6 Einpressen von Korrosionsschutzmassen	18

	Seite
8	Betonieren 18
8.1	Allgemeines 18
8.2	Transport von Beton 19
8.2.1	Befördern von Beton zur Baustelle 19
8.2.2	Fördern des Betons auf der Baustelle 19
8.3	Temperatur des Betons 19
8.4	Vorbereiten des Betonierens 19
8.5	Einbringen und Verdichten 20
8.6	Oberflächenbearbeitung 20
8.7	Nachbehandlung und Schutz 20
8.7.1	Allgemeines 20
8.7.2	Nachbehandlungsverfahren 21
8.7.3	Beginn der Nachbehandlung 21
8.7.4	Nachbehandlungsdauer 21
8.7.5	Nachbehandlungsmittel 23
9	Bauen mit Betonfertigteilen 23
10	Maßtoleranzen 24
10.1	Allgemeines 24
10.2	Grenzabmaße für die Passgenauigkeit 24
10.3	Grenzabmaße für die Betondeckung 24
10.4	Grenzabmaße für die Tragsicherheit 24
11	Überwachung durch das Bauunternehmen 25
11.1	Allgemeines 25
11.2	Überwachung von Gerüsten und Schalungen 25
11.3	Überwachung des Bewehrens 25
11.4	Überwachung des Vorspannens 26
11.5	Überwachung des Betonierens 27
Anhang A (normativ)	Prüfungen für die maßgebenden Frisch- und Festbetoneigenschaften 29
A.1	Allgemeines 29
A.2	Prüfung der Druckfestigkeit für Beton nach Eigenschaften bei Verwendung von Transportbeton 32
Anhang B (normativ)	Überwachung des Einbaus von Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 durch das Bauunternehmen 34
B.1	Ständige Betonprüfstelle 34
B.2	Aufzeichnungen 34
B.3	Kennzeichnung der Baustelle 35
Anhang C (normativ)	Überwachung des Einbaus von Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle 36
C.1	Allgemeines 36
C.2	Art und Häufigkeit 36
C.3	Umfang 37
C.4	Probenahme 37
C.5	Überwachungsbericht 38
Anhang D (normativ)	Überwachung des Einpressens von Zementmörtel in Spannkanäle durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle⁴⁾ 39
	Literaturhinweise 40

DIN 1045-3:2008-08

Vorwort

Diese Norm wurde vom Fachbereich 07 „Beton- und Stahlbeton/Deutscher Ausschuss für Stahlbeton“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) vom Arbeitsausschuss NA 005-07-11 AA „Bauausführungen“ erarbeitet. Die Norm stellt die konsolidierte Fassung folgender Dokumente dar: DIN 1045-3:2001-07, DIN 1045-3/A1:2005-01 und E DIN 1045-3/A2:2007-05.

E DIN 1045-3/A2:2007-05 wurde nach Beratung der eingegangenen Stellungnahmen durch den o. g. Ausschuss nicht als Norm veröffentlicht.

Die Änderungen zu DIN 1045-3:2001-07, die sich aus DIN 1045-3/A1 und E DIN 1045-3/A2 sowie den Beratungsergebnissen zu den zum letzteren eingegangenen Stellungnahmen ergeben, sind durch Randstriche gekennzeichnet. Darüber hinaus erfolgen Anpassungen von Normenbezügen an den aktuellen Stand der Bezugsdokumente, die jedoch nicht gekennzeichnet sind.

Die Änderungen ergaben sich aus den bei der praktischen Anwendung von DIN 1045-3 gemachten Erfahrungen und aus über die in diesen Normen enthaltenen Regelungen hinausgehenden Anforderungen der Bauaufsichtsbehörden in der Anlage 2.3/17 der Musterliste der Technischen Baubestimmungen, Fassung Februar 2006.

Änderungen

Gegenüber DIN 1045-3:2001-07 und DIN 1045-3/A1:2005-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Richtigstellung der Grenzabmaße für die Tragsicherheit;
- b) Ergänzung von vereinfachten Regeln zur Bestimmung der Mindestnachbehandlungsdauer;
- c) Text zu 10.4 überarbeitet;
- d) Richtigstellung der Einstufung in Überwachungsklassen;
- e) Aufnahme ergänzender Regeln zu Annahmekriterien für Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung;
- f) Anpassung der Regelungen zur Überwachung des Einpressens von Zementmörtel in Spannkanäle an bauaufsichtliche Vorgaben;
- g) Anpassung von Normenbezügen.

Frühere Ausgaben

DIN 1045: 1925-09, 1932-04, 1937-07, 1943xxx-04, 1959-11, 1972-01, 1978-12, 1988-07

DIN 1045-3: 2001-07

DIN 1045-3 Ber 1: 2002-06

DIN 1045-3/A1: 2005-01

1 Anwendungsbereich

- (1) Diese Norm gilt für Betonbauwerke, die nach DIN 1045-1 entworfen und bemessen sind und für die Beton oder Betonfertigteile nach DIN EN 206-1, DIN 1045-2 und DIN 1045-4 verwendet wird.
- (2) Diese Norm enthält Anforderungen an die Ausführung von Bauwerken des Hoch- und Ingenieurbaus aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton.
- (3) Diese Norm gilt nicht für die Ausführung von Betonbauteilen des Spezialtiefbaus, wie z. B. Pfahlgründungen, Erd- und Felsanker, Schlitzwände.

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).

DIN 1045-1:2008-08, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 1: Bemessung und Konstruktion*

DIN 1045-2:2008-08, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 2: Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität — Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1*

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

DIN 18202:2008-10, *Toleranzen im Hochbau — Bauwerke*

DIN 18203-1, *Toleranzen im Hochbau — Teil 1: Vorgefertigte Teile aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton*

DIN 18216, *Schalungsanker für Betonschalungen — Anforderungen, Prüfung, Verwendung*

DIN 18218, *Frischbetondruck auf lotrechte Schalungen*

DIN EN 206-1:2001-07, *Beton — Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2001*

DIN EN 446, *Einpressmörtel für Spannglieder — Einpressverfahren*

DIN EN 447, *Einpressmörtel für Spannglieder — Allgemeine Anforderungen*

DIN EN 1065, *Baustützen aus Stahl mit Ausziehvorrichtung — Produktfestlegung, Bemessung und Nachweis durch Berechnung und Versuche*

DIN EN 12350-1, *Prüfverfahren von Frischbeton — Teil 1: Probenahme*

DIN EN 12350-2, *Prüfung von Frischbeton — Teil 2: Setzmaß*

DIN EN 12350-3, *Prüfung von Frischbeton — Teil 3: Vebe-Prüfung*

DIN EN 12350-4, *Prüfung von Frischbeton — Teil 4: Verdichtungsmaß*

DIN EN 12350-5, *Prüfung von Frischbeton — Teil 5: Ausbreitmaß*

DIN EN 12350-6, *Prüfung von Frischbeton — Teil 6: Frischbetonrohddichte*

DIN 1045-3:2008-08

DIN EN 12350-7, *Prüfung von Frischbeton — Teil 7: Luftgehalte; Druckverfahren*

DIN EN 12390-3, *Prüfung von Festbeton — Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern*

DIN EN 12390-7, *Prüfung von Festbeton — Teil 7: Dichte von Festbeton*

DIN EN 12812, *Traggerüste — Anforderungen, Bemessung und Entwurf*

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 EN ISO 17660-2, Schweißen – Schweißen von Betonstahl – Teil 2: Nichttragende Schweißverbindungen

ASTM C 173, *Bestimmung des Luftgehaltes von Frischbeton durch Volumenmessung*^{1) 2)}

*DAfStb-Richtlinie für Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton)*²⁾

*DAfStb-Richtlinie für Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen*²⁾

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Bauausführung

alle Tätigkeiten zur Herstellung eines Betonbauteils oder eines Betonbauwerks (z. B. Rüsten, Schalen, Bewehren, Betonieren, Nachbehandeln, Montieren) einschließlich der erforderlichen Überwachung und Dokumentation

3.2

Bauleitung

Vertretung des Bauunternehmens auf der Baustelle

3.3

Bauunternehmen

Unternehmen, das für die Bauausführung verantwortlich ist

3.4

Beton mit gestalteten Ansichtsflächen

Beton mit in der Projektbeschreibung angegebenen Anforderungen an das Aussehen

3.5

Grenzabmaß

Differenz zwischen Höchstmaß und Mindestmaß oder Kleinmaß und Nennmaß

3.6

Projektbeschreibung

Dokument mit technischen Angaben und Anforderungen für ein bestimmtes Projekt

1) Siehe DAfStb-Heft 422 „Prüfung von Beton — Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048“.

2) Zu beziehen über: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

3.7**Qualitätssicherungsplan**

projektspezifische Festlegungen zur Qualitätssicherung

3.8**ständige Betonprüfstelle**

Prüfstelle, insbesondere zur Überwachung von Beton der Überwachungsklassen 2 und 3, die sowohl das Bauunternehmen als auch die Baustellen berät und das Baustellenpersonal schult

3.9**Maßtoleranzen**

Differenz zwischen Höchstmaß und Mindestmaß
[DIN 18202:2005-10]

3.10**Überwachungsklasse des Betons**

Einteilung des Betons in Klassen nach Festigkeit, Umweltbedingungen und besonderen Eigenschaften mit unterschiedlichen Anforderungen an die Überwachung

3.11**Überwachung durch das Bauunternehmen**

regelmäßige Überprüfung aller Tätigkeiten zur Herstellung eines Betonbauteils oder eines Betonbauwerkes durch das Bauunternehmen, um sicherzustellen, dass die hergestellten Betonbauteile oder Betonbauwerke der zugrunde liegenden Projektbeschreibung entsprechen

3.12**Überwachung durch eine Überwachungsstelle**

regelmäßige Überprüfung des Einbaus von Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 sowie des Einpressens von Zementmörtel in Spannkanäle und der damit zusammenhängenden Überwachung durch das Bauunternehmen durch eine dafür anerkannte Stelle (Überwachungsstelle), um festzustellen, ob diese Tätigkeiten in Übereinstimmung mit dieser Norm durchgeführt werden

4 Dokumentation, Bauleitung**4.1 Projektbeschreibung**

- (1) Die Projektbeschreibung muss alle Angaben und technischen Anforderungen umfassen, die für die Bauausführung notwendig sind. Diese sind in der Regel in den bautechnischen Unterlagen enthalten. Darüber hinaus kann die Projektbeschreibung unter anderem vorgeben:
 - ob ein Qualitätssicherungsplan gefordert wird (bei Verarbeitung von hochfestem Beton ist ein Qualitätssicherungsplan immer erforderlich);
 - Art und Umfang von Aufzeichnungen während der Bauausführung, die über 4.3 hinausgehen;
 - Verfahren, wie bei Änderungen von Festlegungen vorzugehen ist;
 - Angaben zur Verteilung und Aufbewahrung von technischen Dokumenten.
- (2) Vor Beginn der Herstellung eines Bauteils müssen die dafür erforderlichen bautechnischen Unterlagen vollständig und zugänglich sein.

DIN 1045-3:2008-08**4.2 Bautechnische Unterlagen****4.2.1 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 Prüfbescheide.
- (2) Zu den bautechnischen Unterlagen gehören auch Angaben über Zeitpunkt und Art des Vorspannens, das Herstellungsverfahren sowie das Spannprogramm.

4.2.2 Zeichnungen

- (1) Die Bauteile, die einzubauende Betonstahlbewehrung sowie Spannglieder und 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 in Betracht kommenden 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 sowie DIN EN 206-1 und DIN 1045-2;
 - der Betonstahl nach DIN 1045-1:2008-08, 9.2, und der Spannstahl nach DIN 1045-1:2008-08, 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 Biegerollendurchmesser;
 - 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 , das sich aus dem Nennmaß c_{nom} der Betondeckung ableitet, sowie das Vorhaltemaß Δc der Betondeckung nach DIN 1045-1:2008-08, 6.3;
 - die Fugenausbildung;
 - gegebenenfalls besondere Maßnahmen zur Qualitätssicherung.
- (4) Bei Verwendung von Fertigteilen sind ferner anzugeben:
 - die Art der Fertigteile;
 - Typ- oder Positionsnummer und Eigengewicht der Fertigteile;

- die Mindestdruckfestigkeit 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;
 - gegebenenfalls zusätzliche konstruktive Maßnahmen zur Sicherung gegen Stoßbeanspruchung;
 - die auf der Baustelle zusätzlich zu verlegende Bewehrung in gesonderter Darstellung.
- (5) Bei Bauwerken mit Fertigteilen sind für die Baustelle Verlegezeichnungen der Fertigteile mit den Positionsnummern der einzelnen Teile und eine Positionsliste anzufertigen. In der Verlegezeichnung sind auch die für den Zusammenbau erforderlichen Auflagertiefen und die erforderlichen Abstützungen der Fertigteile einzutragen.
- (6) 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.

4.2.3 Statische Berechnungen

Anforderungen an die statischen Berechnungen sind in DIN 1045-1:2008-08, 4.3, festgelegt.

4.2.4 Baubeschreibung

- (1) Angaben, die für die Bauausführung oder für die Prüfung der Zeichnungen oder der statischen Berechnung notwendig sind, die aber aus den Unterlagen nach 4.2.2 und 4.2.3 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 Planungsunterlagen und der Montageanleitung anzugeben.

4.3 Aufzeichnungen während der Bauausführung

- (1) Bei überwachungspflichtigen Arbeiten nach Anhang C und Anhang D sind von der Bauleitung die in Abschnitt 11 genannten Aufzeichnungen in nachvollziehbarer Form, z. B. auf Vordrucken (Bautagebuch), fortlaufend zu führen.
- (2) Die Aufzeichnungen müssen während der Bauzeit auf der Baustelle verfügbar sein und sind, ebenso wie die Lieferscheine, mindestens 5 Jahre vom Bauausführenden aufzubewahren.

4.4 Bauleitung

- (1) Die Bauleitung oder ihre fachkundige Vertretung muss während der Arbeiten auf der Baustelle anwesend sein. Sie hat für die Ausführung der Arbeiten nach den Festlegungen dieser Norm zu sorgen.
- (2) Aufgaben der Bauleitung sind insbesondere:
- Überprüfen der verwendeten Baustoffe und Bauteile hinsichtlich Übereinstimmung mit den Angaben in den bautechnischen Unterlagen;
 - sichere Ausführung und räumliche Aussteifung von Gerüsten und Schalungen und Vermeidung ihrer Überlastung;

DIN 1045-3:2008-08

- Festlegung des richtigen Zeitpunktes für das Ausschalen und Ausrüsten;
 - Vermeiden von Überlastung fertiger Bauteile;
 - Einbau vorübergehender Sicherungsmaßnahmen.
- (3) Bei Verwendung von hochfestem Beton dürfen auf der Baustelle nur solche Führungskräfte eingesetzt werden, die bereits an der Verarbeitung und Nachbehandlung von Beton mindestens der Festigkeitsklasse C30/37 verantwortlich beteiligt gewesen sind. Das Personal ist vor dem Beginn eines Bauvorhabens mit hochfestem Beton besonders zu schulen. Die besondere Schulung ist zu dokumentieren.

5 Gerüste, Schalungen und Einbauteile**5.1 Allgemeine Anforderungen**

- (1) Gerüste und Schalungen müssen nach einschlägigen Normen bzw. allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen bemessen und nach den bautechnischen Unterlagen errichtet und entfernt werden.
- (2) Gerüste und Schalungen, einschließlich der erforderlichen Anker- und Unterstützungsstrukturen sowie Gründungen, sind so zu bemessen und auszubilden, dass sie die auf sie einwirkenden Kräfte sicher abtragen können und in der Lage sind, allen Beanspruchungen zu widerstehen, denen sie während des Bauablaufs unterworfen sind.
- Bei lotrechten Schalungen sind insbesondere der Frischbetondruck (siehe DIN 18218) sowie die zulässige Belastung der Schalungsanker (siehe DIN 18216) zu berücksichtigen.
 - Für Bemessung und Konstruktion von Traggerüsten gilt DIN EN 12812.
 - Werden verstellbare Baustützen aus Stahl verwendet, ist DIN EN 1065 zu berücksichtigen.

5.2 Gerüste

Gerüste sind nach den technischen Vorgaben, d. h. Aufbau- und Verwendungsanleitung und Montageanweisung, einzusetzen. Entsprechende Vorkehrungen für Montieren, Sichern, Ausrichten, beabsichtigtes Überhöhen, Lasten aus Arbeitsbetrieb, Lösen, Absenken, Ausrüsten und Abbau sind zu treffen und einzuhalten.

5.3 Schalungen

- (1) Schalungen und ihre Fugen müssen ausreichend dicht gegen den Verlust von Feinmörtel sein.
- (2) Die Schalungen sind zweckentsprechend vorzubehandeln (z. B. durch Vornässen, Einschlämmen).
- (3) Die betonberührten Flächen der Schalungen müssen sauber sein. Falls erforderlich, sind Reinigungsöffnungen vorzusehen.
- (4) Bei Schalungen für Beton mit gestalteten Ansichtsflächen sind die in den bautechnischen Unterlagen gestellten besonderen Anforderungen an die Schalhaut bei der Ausführung zu berücksichtigen (siehe z. B. DBV-Merkblatt Sichtbeton).

5.4 Trennmittel

- (1) Es dürfen nur Trennmittel eingesetzt werden, die weder den Beton, die Bewehrung noch die Schalung schädigen.

- (2) Trennmittel dürfen die Oberflächenqualität des Betons nicht nachteilig beeinflussen.
- (3) Für das Auftragen der Trennmittel sind die Herstelleranweisungen zu berücksichtigen.

5.5 Einbauteile

- (1) Einbauteile, z. B. zur Lagesicherung der Schalung, Ankerplatten, Verankerungsstäbe, Verwahrkästen, müssen,
 - robust genug befestigt werden, damit sie in ihrer vorgesehenen Lage während des Einbaus und beim Betonieren verbleiben;
 - ausreichend steif und fest sein;
 - unschädlich für den Beton, die Bewehrung oder den Spannstahl und frei von schädlichen Verunreinigungen sein;
 - so angeordnet werden, dass sie ein einwandfreies Verdichten beim Betonieren ermöglichen.
- (2) Einbauteile dürfen nicht zu unzulässigen Beanspruchungen im Bauwerk oder zu Beschädigungen der Betonoberfläche führen.
- (3) Werden Einbauteile aus Aluminium vorgesehen, sind besondere Maßnahmen zu ergreifen, um eine chemische Reaktion zwischen Metall und Beton zu vermeiden.

5.6 Ausrüsten und Ausschalen

5.6.1 Ausschalfrieten

- (1) Gerüste und Schalungen dürfen erst entfernt werden, wenn der Beton eine ausreichende Festigkeit erreicht hat,
 - um die auf das Betonbauteil aufgebrachten Lasten aufnehmen zu können;
 - um ungewollte Verformungen aus elastischem und plastischem Verhalten des Betons gering zu halten;
 - um eine Beschädigung der Oberflächen und Kanten durch das Ausschalen zu vermeiden.

Dazu kann eine Erhärtungsprüfung oder eine Reifegradprüfung sinnvoll sein. Bei den ermittelten Ausschalfrieten sind zusätzlich aufgebrachte Lasten, z. B. aus dem Arbeitsbetrieb, zu berücksichtigen. Wenn diese nicht durch das Bauteil abgetragen werden können, sind Hilfsstützen nach 5.6.2 anzuordnen.

- (2) Besondere Vorsicht ist geboten bei Bauteilen, die unmittelbar nach dem Ausrüsten hoch belastet werden (z. B. bei Dachdecken oder bei Geschossdecken, die durch noch nicht erhärtete, darüber liegende Decken belastet sind).
- (3) Gehört das Belassen in der Schalung zur Nachbehandlung, sind für das Ausschalen die Bedingungen von 8.7 zu berücksichtigen.
- (4) Stützen, Pfeiler und Wände sollten vor den von ihnen gestützten Tragteilen ausgeschalt werden. Traggerüste, Schalungsstützen und freitragende Deckenschalungen (Schalungsträger) sind vorsichtig durch Lösen der Ausrüstvorrichtungen abzusenken. Es ist unzulässig, diese ruckartig wegzuschlagen oder abzuwängen. Erschütterungen sind zu vermeiden.

5.6.2 Hilfsstützen

- (1) Wenn notwendig, müssen Stützen eingebaut bleiben oder unmittelbar nach dem Ausschalen Hilfsstützen aufgestellt werden.

DIN 1045-3:2008-08

- (2) Die Hilfsunterstützung ist so zu bemessen, dass alle im Bauzustand auftretenden Belastungen durch sie aufgenommen und abgetragen werden können.
- (3) Bei Platten und Balken bis etwa 8 m Stützweite genügen in der Regel Hilfsstützen in der Mitte der Stützweite. Bei größeren Stützweiten sind die Hilfsstützen enger zu stellen. Bei Platten mit weniger als 3 m Stützweite sind Hilfsstützen in der Regel entbehrlich.

6 Bewehren**6.1 Allgemeine Anforderungen**

- (1) 6.2 bis 6.4 gelten sowohl auf der Baustelle als auch für werkmäßig gefertigte Bewehrung.
- (2) Betonstahl muss die Festlegungen von DIN 1045-1:2008-08, 9.2, erfüllen.
- (3) Betonstahl ohne Werk- und Verarbeiterkennzeichen (siehe z. B. ISB-Merkblatt Nr. 1 Betonstahl; Kennzeichnung) darf nicht verwendet werden.
- (4) Betonstahlsorte, Durchmesser, Form, Länge und Lage der Bewehrung, einschließlich der Stöße, müssen den Angaben in den bautechnischen Unterlagen entsprechen.

6.2 Biegen, Transport und Lagerung der Bewehrung

- (1) Das Biegen des Bewehrungsstahls muss mit dafür geeigneten Vorrichtungen erfolgen, wobei der Stahl eine Temperatur von mindestens 0 °C haben sollte. Ein Biegen bei Stahltemperaturen zwischen 0 °C und –5 °C ist nur zulässig, sofern die Biegegeschwindigkeit angemessen reduziert wird.
- (2) Die Biegerolldurchmesser sind den bautechnischen Unterlagen zu entnehmen, wobei die Mindestwerte nach DIN 1045-1:2008-08, 12.3.1, zu beachten sind.
- (3) Warmbiegen (bei einer Temperatur ≥ 500 °C oder Rotglut) ist nur zulässig, wenn diese Stäbe mit einer rechnerischen Streckgrenze von 220 N/mm² bei der Bemessung berücksichtigt worden sind.
- (4) Für das Hin- und Zurückbiegen sind die in DIN 1045-1:2008-08, 12.3.2, genannten Bedingungen (siehe z. B. DBV-Merkblatt Rückbiegen von Betonstahl und Anforderungen an Verwahrkästen) einzuhalten.
- (5) Durch Transport und Lagerung darf die Bewehrung keinen Schaden nehmen. Eine Lagerung unmittelbar auf dem Erdreich ist nicht zulässig.

6.3 Schweißen von Betonstahl

- (1) Betonstähle müssen eine Schweißeignung aufweisen, die für die vorgesehene Verbindung und die in Tabelle 1 genannten Schweißverfahren ausreicht. Für die Ausführung der Schweißarbeiten gelten DIN EN ISO 17660-1³⁾ und DIN EN ISO 17660-2³⁾.
- (2) Betonstähle sind schweißgeeignet für folgende Schweißverfahren:
 - Abbrennstumpfschweißen (Schweißprozess 24 nach DIN EN ISO 4063);
 - Lichtbogenhandschweißen (Schweißprozess 111 nach DIN EN ISO 4063);

3) Bis zur bauaufsichtlichen Einführung der Normen, gelten DIN 4099-1 und DIN 4099-2.

- Metall-Lichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektrode (Schweißprozess 114 nach DIN EN ISO 4063);
- Metall-Aktivgasschweißen (Schweißprozess 135 nach DIN EN ISO 4063);
- Reibschweißen (Schweißprozess 42 nach DIN EN ISO 4063);
- Widerstands-Punktschweißen (Schweißprozess 21 nach DIN EN ISO 4063).

(3) Die zulässigen Schweißverbindungen für die unter Absatz (2) genannten Schweißverfahren sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Zulässige Schweißverfahren und Anwendungsfälle

Zeile	Spalte	1		2	3
	Belastungsart	Schweißverfahren mit Kurzbezeichnung und Ordnungsnummer des Schweißprozesses nach DIN EN ISO 4063		Zugstäbe ^a	Druckstäbe ^a
1	vorwiegend ruhend	Abbrennstumpfschweißen (RA)	24	Stumpfstoß	
2		Lichtbogenhandschweißen (E) und Metall-Lichtbogenschweißen (MF)	111 114	Stumpfstoß mit $d_s \geq 20$ mm, Laschenstoß, Überlappstoß, Kreuzungsstoß ^c , Verbindung mit anderen Stahlteilen	
3		Metall-Aktivgasschweißen (MAG) ^b	135 136	Laschenstoß, Überlappstoß, Kreuzungsstoß ^c , Verbindung mit anderen Stahlteilen	
4				—	Stumpfstoß mit $d_s \geq 20$ mm
5		Reibschweißen (FR)	42	Stumpfstoß, Verbindung mit anderen Stahlteilen	
6		Widerstandspunktschweißen (RP) (mit Einpunktschweißmaschine)	21	Überlappstoß ^d Kreuzungsstoß ^{b, d}	
7	nicht vorwiegend ruhend	Abbrennstumpfschweißen (RA)	24	Stumpfstoß	
8		Lichtbogenhandschweißen (E)	111	—	Stumpfstoß mit $d_s \geq 14$ mm
9		Metall-Aktivgasschweißen (MAG)	135	—	Stumpfstoß mit $d_s \geq 14$ mm
	136				

^a Es dürfen gleiche Stabennendurchmesser sowie benachbarte Stabdurchmesser verbunden werden.
^b Zulässiges Verhältnis der Stabennendurchmesser sich kreuzender Stäbe $\geq 0,57$.
^c Für tragende Verbindungen $d_s \leq 16$ mm.
^d Für tragende Verbindungen $d_s \leq 28$ mm.

(4) Für das Schweißen von Betonstahl gelten DIN EN ISO 17660-1³⁾ und DIN EN ISO 17660-2³⁾

(5) Bei Verwendung von Betonstählen abweichend von 6.1 (2) muss die Schweißeignung für das vorgesehene Verfahren nachgewiesen werden. Für das Schweißen selbst sind Arbeitsanweisungen zu erstellen. Die Reihe DIN EN ISO 17660³⁾ ist sinngemäß anzuwenden.

3) Siehe Seite 12.

DIN 1045-3:2008-08**6.4 Einbau der Bewehrung**

- (1) Betonstähle müssen frei von losem Rost oder anderen schädlichen Stoffen (z. B. Eis, Fett, Öl, Schmutz) sein, die den Verbund beeinträchtigen können.
- (2) Die Hauptbewehrung (Zug- und Druckbewehrung) ist mit der Querbewehrung, den Verteiler- oder Montagestäben oder Bügeln durch Bindedraht zu einem steifen Gerippe zu verbinden und so zu befestigen, dass sie sich beim Einbringen und Verdichten des Betons nicht verschieben.
- (3) Bei Bauwerken, die für vorwiegend ruhende Belastung ausgelegt sind, dürfen die Verbindungen nach Absatz (2) durch Heftschweißung ersetzt werden, sofern dies nach Tabelle 1 zulässig ist.
- (4) Die Bewehrung ist so einzubauen, dass der Beton ordnungsgemäß eingebracht und verdichtet werden kann. Die Stababstände nach DIN 1045-1:2008-08, 12.2, sind einzuhalten. Bei Bewehrungslagen mit geringen Abständen zwischen den Stäben, die das Einbringen oder Verdichten des Betons behindern können, sind Einfüllöffnungen und Rüttellücken vorzusehen.
- (5) Zur Sicherstellung der Mindestbetondeckung c_{\min} (siehe z. B. DBV-Merkblatt Betondeckung und Bewehrung) nach DIN 1045-1:2008-08, 6.3, sind die in den Bewehrungszeichnungen vorgegebenen Nennmaße der Betondeckung c_{nom} der Ausführung zugrunde zu legen. Die Nennmaße entsprechen den Verlegemaßen und ergeben sich aus der Mindestbetondeckung c_{\min} und einem Vorhaltemaß Δc nach 10.3. Das vorgeschriebene Nennmaß der Betondeckung ist durch geeignete Abstandhalter (siehe z. B. DBV-Merkblatt Abstandhalter) und geeignete Unterstützungen zur Lagesicherung der oberen Bewehrung (siehe z. B. DBV-Merkblatt Unterstützungen) sicherzustellen, die an der Betonoberfläche nicht korrodieren dürfen.
- (6) Wird ein bewehrtes Bauteil unmittelbar auf dem Baugrund (z. B. Fundamentplatte) hergestellt, so ist dieser mit einer mindestens 50 mm dicken Sauberkeitsschicht aus Beton abzudecken, wenn keine anderen Maßnahmen zur Sicherung der Mindestbetondeckung getroffen werden.

7 Vorspannen**7.1 Allgemeines**

- (1) Die folgenden Anforderungen gelten für das Vorspannen von:
 - Spanngliedern mit sofortigem Verbund;
 - Spanngliedern mit nachträglichem Verbund;
 - externen oder internen Spanngliedern ohne Verbund.
- (2) Bestandteile eines Spannverfahrens sind Spannglieder (Drähte, Litzen, Stäbe), Verankerungsteile, Kopplungen, Hüllrohre, Umlenkelemente sowie Korrosionsschutzsysteme.
- (3) Für Spannbetonbauteile mit nachträglichem Verbund oder ohne Verbund dürfen nur Spannverfahren eingesetzt werden, für die eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung vorliegt.
- (4) Beim Vorspannen dürfen auf Baustellen und in Werken nur Führungskräfte mit entsprechender Erfahrung und Kenntnissen im Spannbetonbau eingesetzt werden. Spann- und Einpressarbeiten sind durch den zuständigen Fachbauleiter oder seinen Vertreter zu beaufsichtigen.

7.2 Transport und Lagerung

- (1) Zement und Zusatzstoffe für das Verpressen müssen feuchteschutztransportiert und gelagert werden.

- (2) Spannstahl, Hüllrohre, Verankerungsteile, Kopplungen, vorgefertigte und baustellengefertigte Spannglieder müssen während Transport und Lagerung gegen schädliche Einflüsse geschützt werden. Dies ist auch im eingebauten Zustand so lange erforderlich, bis ein dauerhafter Korrosionsschutz nach 7.6 vorgenommen wurde.

7.3 Herstellung der Spannglieder

- (1) Spannglieder müssen in Übereinstimmung mit ihrer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung gefertigt werden. Fertigspannglieder sind in geschlossenen Hallen herzustellen.
- (2) Der Spannstahl muss bei der Spanngliedherstellung sauber und frei von schädigendem Rost sein und darf hierbei nicht nass werden.
- (3) Spannstähle mit leichtem Flugrost dürfen verwendet werden. Der Begriff „leichter Flugrost“ gilt für einen gleichmäßigen Rostansatz, der noch nicht zur Bildung von mit bloßem Auge erkennbaren Korrosionsnarben geführt hat und sich im Allgemeinen durch Abwischen mit einem trockenen Lappen entfernen lässt. Eine Entrostung braucht jedoch auf diese Weise nicht vorgenommen werden.
- (4) Beim Ablängen und Einbau der Spannstähle sind Knicke und Beschädigungen zu vermeiden.
- (5) Die Spannstähle für ein Spannglied sollten im Regelfall aus einer Lieferposition (Schmelze) entnommen werden.
- (6) Aufzeichnungen über den in Spanngliedern eingebauten Spannstahl nach Sorte und Charge (Kennzeichnung durch Beschilderung der angelieferten Spannstahlringe) müssen eine Identifizierung des Spannstahls ermöglichen.
- (7) Das Schweißen von Spannstahl und das Schweißen in der Nähe von Spannstahl sind verboten. Das Sauerstoff-Brennschneiden ist nur zum Abschneiden der an den Verankerungen überstehenden Spanngliedenden zulässig.

7.4 Einbau der Spannglieder

7.4.1 Allgemeines

- (1) Spannglieder sind nach den bautechnischen Unterlagen so einzubauen und zu befestigen, dass die vorgeschriebene Lage unter Beachtung der Grenzabmaße nach 10.2 eingehalten wird.
- (2) Für die Betondeckung gilt DIN 1045-1:2008-08, 6.3. Zur Sicherstellung der Betondeckung sind die in den Bewehrungszeichnungen vorgegebenen Nennmaße der Betondeckung c_{nom} der Ausführung zugrunde zu legen.
- (3) Die Abstände der Spannglieder müssen so festgelegt sein, dass der Beton ordnungsgemäß eingebracht und verdichtet werden kann.

7.4.2 Spannglieder mit sofortigem Verbund

- (1) Für Spannbetonbauteile mit sofortigem Verbund gilt für die Mindestbetondeckung c_{min} nach DIN 1045-1:2008-08, 6.3 (5). Mindestabstände für Spannglieder sind nach DIN 1045-1:2008-08, 12.10.2 einzuhalten.
- (2) Spannstahlabschnitte, die nicht im Verbund liegen, müssen gegen Korrosion geschützt werden.

DIN 1045-3:2008-08**7.4.3 Spannglieder mit nachträglichem Verbund**

- (1) Für Spannbetonteile mit nachträglichem Verbund gilt für die Mindestbetondeckung c_{\min} DIN 1045-1:2008-08, 6.3 (6). Die Mindestabstände für Spannglieder sind nach DIN 1045-1:2008-08, 12.10.3 einzuhalten.
- (2) Es ist eine ausreichende Anzahl von Entlüftungs- bzw. Entwässerungsöffnungen im Hüllrohr vorzusehen, um den Einschluss von Luft und/oder Wasser nach dem Verpressen zu verhindern.
- (3) Verpress- und Entlüftungsöffnungen müssen gegen Beschädigungen geschützt und so gekennzeichnet werden, dass sie im einbetonierten Zustand einem Spannglied eindeutig zugeordnet werden können.
- (4) Hüllrohre dürfen beim Einbau und beim Betonieren nicht beschädigt oder unzulässig verformt werden.
- (5) Hüllrohre und ihre Verbindungen müssen gegen Eindringen von Feuchte abgedichtet werden.

7.4.4 Interne und externe Spannglieder ohne Verbund

- (1) Für Spannbetonteile ohne Verbund gilt für die Mindestbetondeckung c_{\min} in den Verankerungsbereichen DIN 1045-1:2008-08, 6.3 (7). Die Mindestabstände nach DIN 1045-1:2008-08, 12.10.4 (1), für interne Spannglieder sind einzuhalten.
- (2) Spannglieder ohne Verbund müssen gegen Eindringen von Feuchte dicht sein.
- (3) Bei externen Spanngliedern sind Verankerungen und Umlenkelemente besonders sorgfältig lage- und winkelgerecht einzubauen, damit ungewollte Winkelabweichungen im zulässigen Bereich bleiben.

7.5 Vorspannen der Spannglieder**7.5.1 Allgemeines**

- (1) Das Vorspannen muss nach einem festgelegten Spannprogramm erfolgen. Pressendruck (Vorspannkraft) und Spannweg jedes Spanngliedes müssen angegeben sein.
- (2) Spannvorrichtungen sind vor ihrer ersten Benutzung und später regelmäßig zu kalibrieren. Die letzte Kalibrierung darf nicht länger als ein halbes Jahr zurückliegen; das Prüfdiagramm muss auf der Baustelle vorliegen. Vorrichtungen, deren Fehlergrenze im Bereich der endgültigen Vorspannkraft um mehr als 5 % vom Prüfdiagramm abweicht, dürfen nicht verwendet werden.
- (3) Die Eintragung der Vorspannkraft in das Bauteil muss gleichmäßig erfolgen und ist nur erlaubt, wenn der Beton die dafür erforderliche Druckfestigkeit erreicht hat.
- (4) Weicht die erzielte Vorspannkraft oder der erzielte Spannweg
 - um mehr als $\pm 5\%$ von der vorgesehenen Vorspannkraft oder dem vorgesehenen Spannweg für die Summe aller in einem Querschnitt liegenden Einzelspannglieder
 - oder um mehr als $\pm 10\%$ von der vorgesehenen Vorspannkraft oder dem vorgesehenen Spannweg eines Einzelspanngliedes

ab, sind Nachbesserungsmaßnahmen vorzusehen, die mit der zuständigen Bauaufsichtsbehörde abzustimmen sind. Arbeiten, die ein Nachspannen verhindern können, dürfen dann nicht ausgeführt werden. Die eingetragene Vorspannkraft darf in keinem Fall die in DIN 1045-1:2008-08, 8.7.2, angegebenen zulässigen Werte überschreiten.

- (5) Die Übereinstimmung bzw. Abweichung der erzielten Werte mit den Festlegungen im Spannprogramm sind im Spannprotokoll festzuhalten.

7.5.2 Spannglieder mit sofortigem Verbund

Kann der Frischbeton nicht innerhalb von 3 Tagen nach dem Vorspannen eingebracht werden, sind zeitlich begrenzte Schutzmaßnahmen gegen Korrosion erforderlich.

7.5.3 Spannglieder mit nachträglichem oder ohne Verbund

- (1) Vorspannen bei Lufttemperaturen unter -10 °C ist nur erlaubt, wenn besondere Maßnahmen ergriffen werden.
- (2) Wenn nicht innerhalb der nach 7.6.3 (2) erlaubten Zeitspanne nach dem Vorspannen verpresst werden kann, ist das Vorspannen bei Betontemperaturen unter 5 °C nur gestattet, wenn besondere Vorkehrungen für den Korrosionsschutz der nicht verpressten Spannglieder getroffen werden.

7.6 Korrosionsschutz

7.6.1 Allgemeines

- (1) Für die Vorbereitung und Ausführung von temporären oder dauerhaften Korrosionsschutzmaßnahmen müssen schriftliche Anweisungen auf der Baustelle vorliegen.
- (2) Einpressgeräte müssen DIN EN 446 entsprechen.
- (3) Bei Abweichungen von den bautechnischen Unterlagen sind die zu ergreifenden Maßnahmen mit der zuständigen Bauaufsichtsbehörde abzustimmen.
- (4) Die Übereinstimmung bzw. Abweichung der Korrosionsschutzmaßnahmen mit den Festlegungen in den bautechnischen Unterlagen sind im Einpressprotokoll festzuhalten.

7.6.2 Spannglieder mit sofortigem Verbund

Spanngliedenden müssen gegen Korrosion geschützt werden.

7.6.3 Spannglieder mit nachträglichem Verbund

- (1) In der Regel sind die Hüllrohre (Spannkanäle) und Verankerungsbereiche im Anschluss an das Vorspannen zu verpressen.
- (2) Wird das Eindringen und Ansammeln von Feuchte (auch Kondenswasser) vermieden, sind folgende Zeitspannen bis zum Einpressen bezüglich der Korrosion der Spannstähe als unschädlich anzusehen:
 - bis 12 Wochen zwischen dem Herstellen des Spanngliedes und dem Einpressen, davon jedoch nicht mehr als 4 Wochen frei in der Schalung;
 - bis etwa 2 Wochen nach dem Vorspannen.
- (3) Können die Bedingungen nach Absatz (2) nicht eingehalten werden, müssen besondere Maßnahmen, z. B. das „Spülen“ der Hüllrohre mit getrockneter Luft oder Stickstoff, den temporären Korrosionsschutz sicherstellen.
- (4) Für den Einpressmörtel gilt DIN EN 447.

7.6.4 Interne oder externe Spannglieder ohne Verbund

- (1) Werden Spannglieder aus Spann Stahl oder Monolitzen in Hüllrohren für eine Verpressung vorgesehen, gilt DIN EN 447.
- (2) Die verwendeten Korrosionsschutzmassen müssen den Angaben in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung entsprechen.

DIN 1045-3:2008-08

7.6.5 Einpressen von Zementmörtel

- (1) Der Mischvorgang (Zementbeimengung, Wassermenge, Verfahren, Dauer) muss die nach DIN EN 447 geforderten Eigenschaften sicherstellen.
- (2) Das Einpressen muss nach DIN EN 446 oder entsprechend der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung erfolgen.
- (3) Unter besonderen Umständen (z. B. großer Hüllrohrdurchmesser, vertikale oder geneigte Spannglieder) kann ein Nachpressen nach DIN EN 446 erforderlich werden.
- (4) Eine Überschlagsrechnung sollte sicherstellen, dass die eingepresste Mörtelmenge dem freien Volumen im Hüllrohr entspricht.
- (5) Verpresste Hüllrohre externer Spannglieder sind durch Abklopfen auf Hohlstellen zu überprüfen.
- (6) Vorkehrungen für ein Vakuumverpressen oder Nachpressen sind für den Fall zu treffen, dass eine Verstopfung im Hüllrohr festgestellt wird.
- (7) Beim Vakuumverpressen muss das verbliebene freie Volumen im Hüllrohr gemessen werden. Die Menge des darauf unter Vakuum eingepressten Mörtels sollte dem gemessenen freien Volumen entsprechen.

7.6.6 Einpressen von Korrosionsschutzmassen

- (1) Das Einpressen muss stetig und gleichmäßig erfolgen.
- (2) Eine Überschlagsrechnung sollte sicherstellen, dass die eingepresste Menge dem freien Volumen entspricht. Die temperaturabhängige Volumenänderung und Verarbeitbarkeit der verwendeten Korrosionsschutzmasse ist zu berücksichtigen.
- (3) Zugängliche Verankerungsbereiche sind durch Abklopfen auf Hohlstellen zu überprüfen; falls erforderlich, ist nachzupressen.

8 Betonieren

8.1 Allgemeines

- (1) Die Eigenschaften des verwendeten Betons müssen den Angaben in den bautechnischen Unterlagen entsprechen. Insbesondere die Verarbeitungseigenschaften des Betons sind auf den Einbau des Betons selbst und die Ausführungsverfahren der Betonarbeiten abzustimmen. Maßgebend ist, dass der erhärtete Beton die geforderten Eigenschaften aufweist.
- (2) Leichtbeton, Schwerbeton, hochfester Beton und bestimmte Betonierverfahren (z. B. Gleitbau, Betonieren unter Wasser) erfordern besondere Verarbeitungstechniken und Maßnahmen, die zu berücksichtigen sind.
- (3) Veränderungen des Frischbetons, wie Entmischen, Bluten, Verlust von Zementleim, sind während des Transports sowie des Einbringens und Verdichtens gering zu halten.
- (4) Der Frischbeton ist vor schädlichen Witterungseinflüssen zu schützen.

8.2 Transport von Beton

8.2.1 Befördern von Beton zur Baustelle

- (1) Frischbeton steifer Konsistenz darf mit Fahrzeugen ohne Mischer oder Rührwerk befördert werden. Das Material der Ladeflächen darf nicht mit dem Beton reagieren.
- (2) Frischbeton anderer als steifer Konsistenz darf nur in Fahrmischern oder Fahrzeugen mit Rührwerk zur Verwendungsstelle befördert werden. Unmittelbar vor dem Entladen ist der Beton nochmals so durchzumischen, dass er auf der Baustelle gleichmäßig durchmischt übergeben wird.
- (3) Fahrmischer oder Fahrzeuge mit Rührwerk sollten 90 min nach der ersten Wasserzugabe zum Zement, Fahrzeuge ohne Mischer oder Rührwerk für die Beförderung von Beton steifer Konsistenz 45 min nach der ersten Wasserzugabe zum Zement vollständig entladen sein. Beschleunigtes oder verzögertes Erstarren infolge von Witterungseinflüssen ist zu berücksichtigen. Wenn durch Zugabe von Zusatzmitteln die Verarbeitbarkeitszeit des Betons um mindestens 3 h verlängert wurde, gilt die DAfStb-Richtlinie für Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton).
- (4) Bei der Übergabe des Betons muss die vereinbarte Konsistenz vorhanden sein.

8.2.2 Fördern des Betons auf der Baustelle

- (1) Für das Fördern des Betons durch Pumpen ist die Verwendung von Leichtmetallrohren nicht zulässig.
- (2) Förderleitungen für Pumpbeton sind so zu verlegen, dass der Betonstrom innerhalb der Rohre nicht abreißt.

8.3 Temperatur des Betons

- (1) Die Frischbetontemperatur darf im Allgemeinen 30 °C nicht überschreiten, sofern nicht durch geeignete Maßnahmen sichergestellt ist, dass keine nachteiligen Folgen zu erwarten sind.
- (2) Bei Lufttemperaturen zwischen 5 °C und –3 °C darf die Temperatur des Betons beim Einbringen 5 °C nicht unterschreiten. Sie darf 10 °C nicht unterschreiten, wenn der Zementgehalt im Beton kleiner ist als 240 kg/m³ oder wenn Zemente mit niedriger Hydrationswärme verwendet werden.
- (3) Bei Lufttemperaturen unter –3 °C muss die Betontemperatur beim Einbringen mindestens 10 °C betragen. Sie sollte anschließend wenigstens 3 Tage auf mindestens 10 °C gehalten werden. Anderenfalls ist der Beton so lange zu schützen, bis eine ausreichende Festigkeit erreicht ist.
- (4) Während der ersten Tage der Hydratation darf der Beton in der Regel erst dann durchfrieren, wenn seine Temperatur vorher wenigstens 3 Tage 10 °C nicht unterschritten hat oder wenn er bereits eine Druckfestigkeit von $f_{cm} = 5 \text{ N/mm}^2$ erreicht hat.

8.4 Vorbereiten des Betonierens

- (1) Die einzelnen Betonierabschnitte sind vor Beginn des Betonierens festzulegen.
- (2) Bei schwierigen oder umfangreichen Betoniervorgängen (z. B. eng liegende Bewehrung, massige Fundamente, besondere Bauverfahren, hohe Temperaturen) sind die einzelnen Arbeitsschritte in einem Betonierplan festzulegen.
- (3) Das Größtkorn des Zuschlags und die Stababstände der Betonstähle sind unter Berücksichtigung von DIN 1045-1:2008-08, 12.2, aufeinander abzustimmen. Die Anordnung von Einfüllöffnungen und Rüttellücken nach 6.4 (2) ist bei Verwendung von Innenrüttlern zu berücksichtigen.

DIN 1045-3:2008-08

- (4) Bei Verarbeitung von hochfestem Beton ist der Betoniertermin dem Transportbetonwerk mindestens 2 Arbeitstage im Voraus mitzuteilen, damit die Ausgangsstoffe sowie die Geräte und Einrichtungen bereitgestellt bzw. geprüft werden können.
- (5) Arbeitsfugen sind so auszubilden, dass alle dort auftretenden Beanspruchungen aufgenommen werden können und ein ausreichender Verbund der Betonschichten sichergestellt ist. Vor dem Weiterbetonieren sind Verunreinigungen, Zementschlempe und loser Beton zu entfernen und die Arbeitsfugen ausreichend vorzunässen. Zum Zeitpunkt des Anbetonierens muss die Oberfläche des älteren Betons mattflecht sein, damit sich der Zementleim des neu eingebrachten Betons mit dem älteren Beton gut verbinden kann.
- (6) Erdreich, Fels, Schalung oder Bauteile, die mit dem zu betonierenden Querschnitt in Berührung kommen, dürfen keine Temperatur haben, die den Beton gefrieren lässt, bevor dieser eine ausreichende Festigkeit nach 8.3 (4) erreicht.
- (7) Bei Zugabe von Fließmittel auf der Baustelle und bei Nachdosierung von Fließmittel ist die Wirksamkeit durch stichprobenartige Bestimmung der Konsistenz vor und nach der Fließmittelzugabe zu kontrollieren und zu dokumentieren.

8.5 Einbringen und Verdichten

- (1) Beim Einbringen in die Schalung, insbesondere in Stützen- und Wandschalungen, darf sich der Beton nicht entmischen. Er ist z. B. durch Fallrohre zusammenzuhalten.
- (2) Die Betoniergeschwindigkeit ist auf den aufnehmbaren Schalungsdruck abzustimmen.
- (3) Der Beton ist so einzubringen und zu verdichten, dass die Bewehrung dicht mit Beton umhüllt wird. Die Verdichtung muss möglichst vollständig und besonders sorgfältig in den Ecken, längs der Schalung, in engen Bereichen, bei Einbauteilen, Fugeneinlagen und Bewehrungsanschlüssen erfolgen. Unter Umständen empfiehlt sich ein Nachverdichten des Betons.
- (4) Wird keine Arbeitsfuge vorgesehen, darf beim Einbau in Lagen das Betonieren nur so lange unterbrochen werden, bis die zuletzt eingebrachte Betonschicht noch nicht erstarrt ist, so dass noch eine gute und gleichmäßige Verbindung zwischen beiden Betonschichten möglich ist. Bei Verwendung von Innenrüttlern muss die Rüttelflasche noch in die untere, bereits verdichtete Schicht eindringen.
- (5) Beim Verdichten von hochfestem Beton ist zu beachten, dass gegenüber Normalbeton gleicher Konsistenz ein erhöhter Verdichtungsaufwand erforderlich ist.
- (6) Beim Einbringen und Verdichten des Betons in der Nähe von Spanngliedern ist besonders darauf zu achten, dass diese nicht beschädigt oder in ihrer Lage verschoben werden.

8.6 Oberflächenbearbeitung

Wird ein bestimmter Oberflächenabschluss gefordert, ist das gewählte Bearbeitungsverfahren zum jeweils notwendigen Zeitpunkt durchzuführen.

8.7 Nachbehandlung und Schutz**8.7.1 Allgemeines**

- (1) Während der ersten Tage der Hydratation ist der Beton, falls nachfolgend nichts anderes festgelegt ist, nachzubehandeln und ggf. zu schützen, um:
 - das Fröhschwinden gering zu halten;
 - eine ausreichende Festigkeit und Dauerhaftigkeit der Betonrandzone sicherzustellen;
 - das Gefrieren zu verhindern;
 - schädliche Erschütterungen, Stoß oder Beschädigung zu vermeiden.

8.7.2 Nachbehandlungsverfahren

- (1) Die Nachbehandlungsverfahren müssen sicherstellen, dass ein übermäßiges Verdunsten von Wasser über die Betonoberfläche verhindert wird.
- (2) Eine ausreichende Nachbehandlung ist ohne Anwendung der in Absatz (3) genannten Maßnahmen gegeben, wenn infolge natürlicher Bedingungen während der ersten Tage der Hydratation die Verdunstung über die Betonoberfläche nur gering ist (z. B. bei feuchtem, regnerischem oder nebligem Wetter). Dies ist der Fall, wenn die relative Luftfeuchte 85 % nicht unterschreitet.
- (3) Folgende Verfahren sind sowohl allein als auch in Kombination für die Nachbehandlung geeignet:
 - Belassen in der Schalung;
 - Abdecken der Betonoberfläche mit dampfdichten Folien, die an den Kanten und Stößen gegen Durchzug gesichert sind;
 - Auflegen von wasserspeichernden Abdeckungen unter ständigem Feuchthalten bei gleichzeitigem Verdunstungsschutz;
 - Aufrechterhalten eines sichtbaren Wasserfilms auf der Betonoberfläche (z. B. durch Besprühen, Fluten);
 - Anwendung von Nachbehandlungsmitteln mit nachgewiesener Eignung.
- (4) Andere Nachbehandlungsverfahren können angewendet werden, wenn sie die Anforderungen von Absatz (1) erfüllen.

8.7.3 Beginn der Nachbehandlung

Nach Abschluss des Verdichtens oder der Oberflächenbearbeitung des Betons ist die Oberfläche unmittelbar nachzubehandeln.

8.7.4 Nachbehandlungsdauer

- (1) Die Nachbehandlungsdauer hängt von der Entwicklung der Betoneigenschaften in der Betonrandzone ab.
- (2) Bei Umweltbedingungen, die den Expositionsklassen nach DIN 1045-2 außer X0, XC1 und XM entsprechen, muss der Beton so lange nachbehandelt werden, bis die Festigkeit des oberflächennahen Betons 50 % der charakteristischen Festigkeit des verwendeten Betons erreicht hat. Diese Forderung ist in Tabelle 2 in eine entsprechende Mindestdauer der Nachbehandlung umgesetzt. Ein genauer Nachweis ist möglich.
- (3) Bei Umweltbedingungen, die den Expositionsklassen X0 und XC1 nach DIN 1045-2 entsprechen (z. B. Bauteile ohne Bewehrung, Innenbauteile), muss der Beton mindestens einen halben Tag nachbehandelt werden. Bei mehr als 5 h Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern. Bei Temperaturen der Betonoberfläche unter 5 °C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur unter 5 °C lag.

DIN 1045-3:2008-08

- (4) Für Betonoberflächen, die einem Verschleiß entsprechend den Expositionsklassen XM nach DIN 1045-2 ausgesetzt sind, muss der Beton so lange nachbehandelt werden, bis die Festigkeit des oberflächennahen Betons 70 % der charakteristischen Festigkeit des verwendeten Betons erreicht hat. Ohne genaueren Nachweis sind die Werte für die Mindestdauer der Nachbehandlung der Tabelle 2 zu verdoppeln.
- (5) Für die Expositionsklassen XC2, XC3, XC4 und XF1 können anstelle der Werte von Tabelle 2 die erforderlichen Nachbehandlungsdauern nach Tabelle 3 festgelegt werden. Bei Verwendung einer Stahlschalung oder bei Betonbauteilen mit ungeschalteten Oberflächen darf Tabelle 3 nur angewendet werden, wenn ein übermäßiges Auskühlen des Betons im Anfangsstadium der Erhärtung durch entsprechende Schutzmaßnahmen ausgeschlossen wird.

Tabelle 2 — Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton bei den Expositionsklassen nach DIN 1045-2 außer X0, XC1 und XM in Abhängigkeit der Oberflächentemperatur

Nr.	1 Oberflächentemperatur ϑ in °C ^e	2	3	4	5
		Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen ^a			
		Festigkeitsentwicklung des Betons ^a $r = f_{cm2}/f_{cm28}^d$			
		schnell	mittel	langsam	sehr langsam
		$r \geq 0,50$	$r \geq 0,30$	$r \geq 0,15$	$r < 0,15$
1	$\vartheta \geq 25$	1	2	2	3
2	$25 > \vartheta \geq 15$	1	2	4	5
3	$15 > \vartheta \geq 10$	2	4	7	10
4	$10 > \vartheta \geq 5^b$	3	6	10	15

^a Bei mehr als 5 h Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.

^b Bei Temperaturen unter 5 °C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur unter 5 °C lag.

^c Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis der Mittelwerte der Druckfestigkeiten nach 2 Tagen und nach 28 Tagen (ermittelt nach DIN EN 12390-3) beschrieben, das bei der Eignungsprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung (d. h. gleicher Zement, gleicher w/z-Wert) ermittelt wurde. Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28 Tage bestimmt, ist für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer der Schätzwert des Festigkeitsverhältnisses entsprechend aus dem Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen ($f_{cm,2}$) zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit zu ermitteln oder eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen 2 Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.

^d Zwischenwerte dürfen eingeschaltet werden.

^e Anstelle der Oberflächentemperatur des Betons darf die Lufttemperatur angesetzt werden.

Tabelle 3 — Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton bei den Expositionsklassen XC2, XC3, XC4 und XF1 nach DIN 1045-2 in Abhängigkeit der Frischbetontemperatur

Nr.	Frischbetontemperatur ϑ_{fb} zum Zeitpunkt des Betoneinbaus	1	2	3	4
		Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen ^a			
		Festigkeitsentwicklung des Betons ^b $r = f_{cm2}/f_{cm28}^c$			
		schnell $r \geq 0,50$	mittel $r \geq 0,30$	langsam $r \geq 0,15$	
1	$\vartheta_{fb} \geq 15 \text{ °C}$	1	2	4	
2	$10 \text{ °C} \leq \vartheta_{fb} < 15 \text{ °C}$	2	4	7	
3	$5 \text{ °C} \leq \vartheta_{fb} < 10 \text{ °C}$	4	8	14	

^a Bei mehr als 5 h Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.

^b Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis der Mittelwerte der Druckfestigkeiten nach 2 Tagen und nach 28 Tagen (ermittelt nach DIN EN 12390-3) beschrieben, das bei der Eignungsprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung (d. h. gleicher Zement, gleicher w/z -Wert) ermittelt wurde. Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28 Tage bestimmt, ist für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer der Schätzwert des Festigkeitsverhältnisses entsprechend aus dem Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen ($f_{cm,2}$) zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit zu ermitteln oder eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen 2 Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.

^c Zwischenwerte dürfen eingeschaltet werden.

8.7.5 Nachbehandlungsmittel

Nachbehandlungsmittel sind in der Regel nicht zulässig in Arbeitsfugen und bei Oberflächen, die beschichtet werden sollen. In diesen Fällen ist entweder nachzuweisen, dass keine nachteilige Auswirkung auf die nachfolgenden Arbeiten besteht, oder die Nachbehandlungsmittel sind von der Betonoberfläche zu entfernen.

9 Bauen mit Betonfertigteilen

- (1) Für das Bauen mit Betonfertigteilen ist eine Montageanweisung erforderlich, welche die nachfolgenden Angaben für Handhabung, Lagerung, Versetzen und Einbau von Betonfertigteilen enthalten muss. Sie muss auf der Baustelle verfügbar sein.
- (2) Für die Handhabung sind folgende Angaben notwendig:
 - alle Lasten und deren Anschlagpunkte;
 - die Anordnung der Hebevorrichtungen und ggf. besonderer Hilfseinrichtungen;
 - das Gesamtgewicht für jedes Betonfertigteil.
- (3) Für die Lagerung sind die Anordnung der Auflagerpunkte und die größte Höhe des Lagerstapels mit den zur Sicherstellung der Standsicherheit erforderlichen Maßnahmen anzugeben.
- (4) Für das Versetzen sind die Anordnung der Lager und Unterstützungen sowie vorübergehende Sicherungsmaßnahmen festzulegen.

DIN 1045-3:2008-08

- (5) Für die Durchführung der Montage sind in den bautechnischen Unterlagen detaillierte Angaben zum Anheben, Versetzen und Einbau der Betonfertigteile, einschließlich der Angaben zum Herstellen der Verbindungen, zum Einbau zusätzlicher Bewehrung sowie zum Einbau von Beton erforderlich.
- (6) Fertigteile mit Beschädigungen, welche die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit gefährden, dürfen nicht eingebaut werden.

10 Maßtoleranzen**10.1 Allgemeines**

- (1) Um das funktionsgerechte Zusammenfügen von Bauwerken und Bauteilen des Roh- und Ausbaus ohne Anpass- und Nacharbeiten (Passgenauigkeit) sicherzustellen, sind die Grenzabmaße nach 10.2 einzuhalten.
- (2) Im Hinblick auf Korrosionsschutz, Verbundsicherung und Brandschutz muss die nach DIN 1045-1:2008-08, 6.3, geforderte Mindestbetondeckung c_{\min} unabhängig von den in 10.3 festgelegten Grenzabmaßen (Vorhaltemaße Δc) mit ausreichender Zuverlässigkeit eingehalten werden.
- (3) Aufgrund der in DIN 1045-1:2008-08, 5.3.3 und 5.3.4, angegebenen Teilsicherheitsbeiwerte bzw. Kombinationen für die Einwirkungen und den Tragwerkswiderstand bei der Bemessung und beim Nachweis der Lagesicherheit sind die in 10.4 festgelegten Grenzabmaße Δl und Δh einzuhalten, damit die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit nach DIN 1045-1:2008-08, Abschnitt 10, gültig sind. Andere Grenzabmaße als nach 10.4 dürfen festgelegt werden, sofern nachgewiesen wird, dass diese das geforderte Sicherheitsniveau nach DIN 1045-1 nicht verringern.

10.2 Grenzabmaße für die Passgenauigkeit

Es gelten die Festlegungen von DIN 18202 und DIN 18203-1.

10.3 Grenzabmaße für die Betondeckung

Für die Grenzabmaße der Betondeckung (Vorhaltemaße Δc) gelten die Festlegungen nach DIN 1045-1:2008-08, 6.3.

10.4 Grenzabmaße für die Tragsicherheit

- (1) In Abhängigkeit vom Nennmaß der Abmessung l des Betonquerschnitts gilt für die Querschnitts-abmessungen (Gesamtdicke eines Balkens oder einer Platte, Breite eines Balkens oder Steges, seitliche Abmessung einer Stütze) als Grenzabmaß Δl :

$$\text{für } l \leq 150 \text{ mm:} \quad \Delta l = \pm 10 \text{ mm} \quad (1)$$

$$\text{für } l = 400 \text{ mm:} \quad \Delta l = \pm 15 \text{ mm} \quad (2)$$

$$\text{für } l \geq 2\,500 \text{ mm:} \quad \Delta l = \pm 30 \text{ mm} \quad (3)$$

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden. Die Grenzabmaße Δl werden in der Regel eingehalten, wenn die Grenzabmaße und Toleranzen nach 10.2 zugrunde gelegt werden.

- (2) In Abhängigkeit von der Höhe h des Betonquerschnitts gilt für die Lage der Spannglieder, bezogen auf die planmäßige Lage, als Grenzabmaß Δh :

für $h \leq 200$ mm:

— für jedes Einzelspannglied:

$$\Delta h = \pm 0,025 h \quad (4)$$

für $h > 200$ mm:

— für die Summe aller Spannglieder:

$$\Delta h = \pm 0,025 h \text{ jedoch nicht größer als } \Delta h = \pm 20 \text{ mm} \quad (5)$$

— für jedes Einzelspannglied:

$$\Delta h = \pm 0,04 h \text{ jedoch nicht größer als } \Delta h = \pm 30 \text{ mm} \quad (6)$$

11 Überwachung durch das Bauunternehmen

11.1 Allgemeines

- (1) Die Überwachung durch das Bauunternehmen muss sicherstellen, dass die Bauausführung in Übereinstimmung mit dieser Norm und der Projektbeschreibung erfolgt.
- (2) Durch das Bauunternehmen ist nach jeder Anlieferung von Baustoffen und Bauteilen die Übereinstimmung des Lieferscheins oder des Beipackzettels mit den bautechnischen Unterlagen zu überprüfen. Nicht ausreichend gekennzeichnete Baustoffe und Bauteile dürfen nicht eingebaut werden.
- (3) Aufzeichnungen zur Überwachung sind nur erforderlich, wenn diese in 11.2 bis 11.5 gefordert werden.
- (4) Zusätzlich zur Überwachung durch das Bauunternehmen ist eine Überwachung des Einbaus von Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 sowie des Einpressens von Zementmörtel in Spannkanele durch dafür anerkannte Überwachungsstellen (siehe Anhang C und Anhang D) vorzunehmen.

11.2 Überwachung von Gerüsten und Schalungen

- (1) Für die Überwachung von Traggerüsten gelten die Festlegungen nach DIN EN 12812.
- (2) Durch die Bauleitung ist zu überprüfen, ob der Beton eine für das Ausrüsten und Ausschalen ausreichende Festigkeit erreicht hat; erst dann darf diese das Ausrüsten und Ausschalen anordnen.
- (3) Die Zeitabschnitte des Ausrüstens und Ausschalens sowie die Lufttemperatur und Witterungsverhältnisse sind aufzuzeichnen (z. B. im Bautagebuch).

11.3 Überwachung des Bewehrens

- (1) Vor dem Betonieren ist zu überprüfen, ob:
 - Stahlsorte, Anzahl, Durchmesser und Lage der Bewehrung (auch der Anschlussbewehrung) den Angaben in den Bewehrungszeichnungen entsprechen;
 - Stoß- und Übergreifungslängen eingehalten sowie mechanische Verbindungen ordnungsgemäß ausgeführt sind;

DIN 1045-3:2008-08

- durch geeignete Abstandhalter und Unterstützungen die erforderliche Betondeckung erreicht wird;
 - die Bewehrung keine Verunreinigungen (z. B. Öl, Fett, Trennmittel, Farbe, Schmutz) und keinen losen Rost aufweist;
 - die Bewehrung gegen Verschieben während des Betonierens ausreichend befestigt und gesichert ist;
 - die Anordnung der Bewehrung das Einbringen und Verdichten des Betons nicht behindert.
- (2) Es ist zu überprüfen, ob für das Unternehmen, das die Schweißarbeiten an Betonstahl ausführt, ein Eignungsnachweis nach DIN EN ISO 17660 vorliegt.

11.4 Überwachung des Vorspannens

- (1) Bei Bauteilen mit Spanngliedern mit sofortigem oder nachträglichem Verbund oder mit internen Spanngliedern ohne Verbund sind, sofern zutreffend, vor dem Betonieren zu überprüfen, ob:
- die Lage der Spannglieder, Hüllrohre, Entlüftungen, Einpressöffnungen, Entwässerungen, Verankerungen und Kopplungen sowie der Abstand der Spannglieder und die erforderliche Betondeckung den bautechnischen Unterlagen entsprechen;
 - die Spannglieder oder Hüllrohre ausreichend befestigt sind sowie Vorkehrungen gegen Auftrieb sowie zur Standsicherheit ihrer Unterstützungen getroffen wurden;
 - die Spannglieder, Hüllrohre, Entlüftungen, Einpressöffnungen, Verankerungen, Kopplungen und ihre Abdichtungen unversehrt und sauber (keine äußerlich sichtbare Korrosion) sind.
- (2) Bei Spannbetonbauteilen mit externen Spanngliedern ist zusätzlich zu Absatz (1) zu überprüfen, ob die Umlenkelemente und Durchführungen den Vorgaben der bautechnischen Unterlagen entsprechen.
- (3) Vor dem Vorspannen ist zu überprüfen, ob:
- alle dafür notwendigen bautechnischen Unterlagen und die erforderliche Ausrüstung auf der Baustelle verfügbar sind;
 - für das Absetzen der Vorspannkraft eine ausreichende Betondruckfestigkeit vorhanden ist;
 - die Spannpressen kalibriert sind;
- (4) Vor dem Vorspannen ist bei Bauteilen mit Spanngliedern mit nachträglichem Verbund zusätzlich zu überprüfen, ob die bei Betontemperaturen unter 5 °C zu treffenden Vorkehrungen zum Korrosionsschutz der nicht verpressten Spannglieder erfüllt sind.
- (5) Beim Vorspannen ist zu überprüfen und aufzeichnen, ob:
- die planmäßige Vorspannkraft (Pressendruck) erreicht wird;
 - der planmäßige Spannweg erreicht wird.
- (6) Für das Einpressen von Zementmörtel in Spannkäme ist zusätzlich eine Überwachung durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle nach Anhang D erforderlich. Unabhängig davon ist zu überprüfen und aufzeichnen, ob:
- Eignungsprüfungen für den Einpressmörtel vorhanden sind;

- die nach DIN EN 446 zu treffenden Vorkehrungen erfüllt sind;
 - die Einpressdrücke mit den Festlegungen in den bautechnischen Unterlagen übereinstimmen;
 - die eingepresste Mörtelmenge mit der sich nach der Überschlagsrechnung ergebenden Menge übereinstimmt.
- (7) Für das Einpressen von Korrosionsschutzmassen bei Spanngliedern ohne Verbund sind die Anforderungen an die Überwachung der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des Spannverfahrens zu entnehmen.

11.5 Überwachung des Betonierens

- (1) Neben den maßgebenden Frisch- und Festbetoneigenschaften ist für das Betonieren zu überprüfen und aufzuzeichnen (z. B. im Bautagebuch):
- Lufttemperatur (Maximum/Minimum) und Witterungsverhältnisse während des Betonierens einzelner Abschnitte;
 - Bauabschnitt und Bauteil;
 - Art und Dauer der Nachbehandlung.
- (2) Für die Überprüfung der maßgebenden Frisch- und Festbetoneigenschaften wird der Beton in drei Überwachungsklassen nach Tabelle 4 eingeteilt, wobei für die Einordnung eines Betons bei mehreren zutreffenden Überwachungsklassen die höchste maßgebend ist. Umfang und Häufigkeit der durchzuführenden Prüfungen sind in Anhang A festgelegt.

DIN 1045-3:2008-08

Tabelle 4 — Überwachungsklassen für den Beton

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Gegenstand	Überwachungs- klasse 1	Überwachungs- klasse 2 ^a	Überwachungs- klasse 3 ^a
1	Festigkeitsklasse für Normal- und Schwebeton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2	≤ C25/30 ^b	≥ C30/37 und ≤ C50/60	≥ C55/67
2	Festigkeitsklasse für Leichtbeton nach DIN 1045-2 und DIN EN 206-1 der Rohdichteklassen D1,0 bis D1,4	nicht anwendbar	≤ LC25/28	≥ LC30/33
3	D1,6 bis D2,0	≤ LC25/28	LC30/30 und LC35/38	≥ LC40/44
4	Expositionsklasse nach DIN 1045-2	X0, XC, XF1	XS, XD, XA, XM ^c , XF2, XF3, XF4	—
5	Besondere Betoneigenschaften	—	<ul style="list-style-type: none"> — Beton für wasserundurchlässige Baukörper (z. B. Weiße Wannen)^d — Unterwasserbeton — Beton für hohe Gebrauchstemperaturen $T \leq 250 \text{ °C}$ — Strahlenschutzbeton (außerhalb des Kernkraftwerkbaus) — Für besondere Anwendungsfälle (z. B. Verzögerter Beton, Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) sind die jeweiligen DAfStb-Richtlinien anzuwenden. 	—
<p>^a Wird Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 eingebaut, muss die Überwachung durch das Bauunternehmen zusätzlich die Anforderungen von Anhang B erfüllen und eine Überwachung durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle nach Anhang C durchgeführt werden.</p> <p>^b Spannbeton der Festigkeitsklasse C25/30 ist stets als Überwachungsklasse 2 einzuordnen.</p> <p>^c Gilt nicht für übliche Industrieböden.</p> <p>^d Beton mit hohem Wassereindringwiderstand darf in die Überwachungsklasse 1 eingeordnet werden, wenn der Baukörper maximal nur zeitweilig aufstauendem Sickerwasser ausgesetzt ist und wenn in der Projektbeschreibung nichts anderes festgelegt ist.</p>				

Anhang A (normativ)

Prüfungen für die maßgebenden Frisch- und Festbetoneigenschaften

A.1 Allgemeines

- (1) Die Proben für die Prüfungen müssen auf der Baustelle und, sofern maßgebend, nach Einstellen der festgelegten Konsistenz zufällig ausgewählt und nach DIN EN 12350-1 entnommen werden.
- (2) Für Beton nach Eigenschaften sind bei Verwendung von Transportbeton die Prüfungen nach Tabelle A.1 durchzuführen. Bei Verwendung von Baustellenbeton sind zusätzlich zu den Prüfungen nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 Prüfungen nach Tabelle A.1, Zeile 8, durchzuführen.
- (3) Für Standardbeton sind die Prüfungen nach Tabelle A.1, Zeilen 1, 2, 4 und 8, durchzuführen.
- (4) Für Beton nach Zusammensetzung sind die Prüfungen nach Tabelle A.2 durchzuführen. Das Bauunternehmen hat sich dabei für alle Überwachungsklassen einer ständigen Betonprüfstelle nach Anhang B zu bedienen. Sofern nichts anderes vereinbart ist, kann das Prinzip der Betonfamilien unter den in DIN EN 206-1:2001-07, 8.2.1.1 und DIN 1045-2:2008-08, 8.2.1.1 genannten Voraussetzungen angewendet werden.

DIN 1045-3:2008-08

Tabelle A.1 — Umfang und Häufigkeit der Prüfungen bei Beton nach Eigenschaften

Spalte	1	2	3	4	5	6
Zeile	Gegenstand	Prüfverfahren	Anforderung	Häufigkeit für Überwachungsklasse		
				1	2	3
Frisch- und Festbetoneigenschaften						
1	Lieferschein	Augenscheinprüfung	Übereinstimmung mit der Festlegung	Jedes Lieferfahrzeug		
2	Konsistenz ^a	Augenscheinprüfung	Normales Aussehen wie festgelegt	Stichprobe	Jedes Lieferfahrzeug	
		DIN EN 12350-2, DIN EN 12350-3, DIN EN 12350-4 oder DIN EN 12350-5	Wie festgelegt	Nur in Zweifelsfällen	Beim ersten Einbringen jeder Betonzusammensetzung; Bei Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung; In Zweifelsfällen	
3	Frischbetonroh-dichte von Leichtbeton und Schwerbeton	DIN EN 12350-6	Wie festgelegt	Bei Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung; In Zweifelsfällen		
4	Gleichmäßigkeit des Betons	Augenscheinprüfung	Homogenes Erscheinungsbild	Stichprobe	Jedes Lieferfahrzeug	
		Vergleich von Eigenschaften	Stichproben müssen die gleichen Eigenschaften aufweisen	In Zweifelsfällen		
5	Druckfestigkeit	Nach A.2	Wie festgelegt mit den Annahmekriterien nach A.2	Nur in Zweifelsfällen	Nach A.2	
6	Luftgehalt von Luftporenbeton	DIN 12350-7 für Normal- und Schwerbeton sowie ASTM C 173 für Leichtbeton	Wie festgelegt	Nicht zutreffend	Zu Beginn jedes Betonierabschnitts; In Zweifelsfällen	
7	Andere Eigenschaften	In Übereinstimmung mit Normen, Richtlinien oder wie vorab vereinbart.	—	—	—	—
Technische Einrichtungen						
8	Verdichtungsgeräte	Funktionskontrolle	Einwandfreies Arbeiten	In angemessenen Zeitabständen	Bei Beginn der Betonierarbeiten, dann mindestens monatlich	Je Betoniertag
9	Mess- und Laborgeräte	Funktionskontrolle	Ausreichende Messgenauigkeit	Bei Inbetriebnahme, dann in angemessenen Zeitabständen		Je Betoniertag
^a In Abhängigkeit vom gewählten Prüfverfahren.						

Tabelle A.2 — Umfang und Häufigkeit der Prüfungen bei Beton nach Zusammensetzung

Spalte	1	2	3	4	5	6
Zeile	Gegenstand	Prüfverfahren	Anforderung	Häufigkeit für Überwachungsklasse		
				1	2	3
Frisch- und Festbetoneigenschaften						
1	Lieferschein, falls zutreffend	Augenscheinprüfung	Übereinstimmung mit den Vorgaben	Jedes Lieferfahrzeug		
2	Konsistenz	Augenscheinprüfung	Normales Aussehen wie vorgegeben	Stichprobe	Jede Mischung bzw. jedes Lieferfahrzeug	
		DIN EN 12350-2, DIN EN 12350-3, DIN EN 12350-4 oder DIN EN 12350-5	Wie vorgegeben mit den Konformitätskriterien nach DIN EN 206-1:2001-07, 8.2.3.2 und Tabelle 24	Beim ersten Einbringen jeder Betonzusammensetzung; Bei Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung; Bei Prüfung des Luftgehaltes; In Zweifelsfällen		
3	Frischbetonroh-dichte von Leichtbeton und Schwerbeton	DIN 12350-6	Wie vorgegeben	Bei Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung		
4	Rohdichte von erhärtetem Leichtbeton oder Schwerbeton	DIN EN 12390-7	Wie vorgegeben mit den Konformitätskriterien nach DIN EN 206-1:2001-07, 8.2.3.2 und Tabelle 24	An jedem Probekörper für die Festigkeitsprüfung; In Zweifelsfällen		
5	Druckfestigkeit	DIN EN 12390-3	Wie vorgegeben mit den Konformitätskriterien nach DIN EN 206-1:2001-07, 8.2.1.3 und Tabelle 24	Nach DIN EN 206-1:2001-07, 8.2.1.2 und Tabelle 19 ^b ; In Zweifelsfällen		
6	Luftgehalt von Luftporenbeton	DIN EN 12350-7 für Normal- und Schwerbeton sowie ASTM C 173 für Leichtbeton	Wie vorgegeben mit den Konformitätskriterien nach DIN EN 206-1:2001-07, 8.2.3.2 und Tabelle 24	Nicht zutreffend	Zu Beginn jedes Betonierabschnitts; In Zweifelsfällen	
7	Andere Eigenschaften	In Übereinstimmung mit Normen, Richtlinien oder wie vorab vereinbart.				
Technische Einrichtungen						
8	Verdichtungsgeräte	Funktionskontrolle	Einwandfreies Arbeiten	In angemessenen Zeitabständen	Bei Beginn der Betonierarbeiten, dann mindestens monatlich	Je Betoniertag
9	Mess- und Laborgeräte	Funktionskontrolle	Ausreichende Messgenauigkeit	Bei Inbetriebnahme, dann in angemessenen Zeitabständen		Je Betoniertag
^a In Abhängigkeit vom gewählten Prüfverfahren. ^b Für die Herstellung, Lagerung und Prüfung der Probekörper gilt DIN EN 206-1:2001-07, 5.5.1.2 und DIN 1045-2:2008-08, 5.5.1.2.						

DIN 1045-3:2008-08**A.2 Prüfung der Druckfestigkeit für Beton nach Eigenschaften bei Verwendung von Transportbeton**

(1) Für jeden verwendeten Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 sind mindestens 3 Proben zu entnehmen und zwar:

- bei Überwachungsklasse 2 jeweils für höchstens 300 m³ oder je 3 Betoniertage;
- bei Überwachungsklasse 3 jeweils für höchstens 50 m³ oder je ein Betoniertag;

wobei diejenige Anforderung, welche die größte Anzahl von Proben ergibt, maßgebend ist.

ANMERKUNG Die Prüfung muss für jeden verwendeten Beton (bisher als Betonsorte bezeichnet) erfolgen. Beton mit gleichen Ausgangsstoffen, gleichem w/z -Wert (gegebenenfalls unter Anrechnung von Flugasche und Silika nach DIN 1045-2:2008-08, 5.2.5), aber anderem Größtkorn gelten als ein Beton.

- (2) Die Betonproben müssen etwa gleichmäßig über die Betonierzeit verteilt und aus verschiedenen Lieferfahrzeugen entnommen werden, wobei aus jeder Probe ein Probekörper herzustellen ist.
- (3) Wenn nichts anderes vereinbart ist, ist die Druckfestigkeit an Probekörpern nach DIN EN 206-1:2001-07, 5.5.1.2 und DIN 1045-2:2008-08, 5.5.1.2, zu bestimmen.
- (4) Die Beurteilung der Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung erfolgt nach den Kriterien der Tabelle A.3 für jeden Einzelwert (Kriterium 2) und für den Mittelwert von „ n “ nicht überlappenden Einzelwerten (Kriterium 1). Grundsätzlich können vorhandene Prüfergebnisse in kleinere Gruppen aufeinander folgender Werte (mindestens 3) aufgeteilt werden. Werden 3 bis 4 bzw. 5 bis 6 Einzelwerte in einer Reihe ausgewertet, gelten die Kriterien der Zeile 1 bzw. 2. Der Mittelwert von mehr als sechs Einzelwerten einer Reihe ist nach Tabelle A.3, Zeile 3 oder 4, zu bewerten.

Tabelle A.3 — Annahmekriterien für Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung

Spalte		1		2	
Zeile		Kriterium 1		Kriterium 2	
Anzahl „ n “ der Einzelwerte		Beton der Überwachungsklassen 1 und 2	Beton der Überwachungsklasse 3	Beton der Überwachungsklassen 1 und 2	Beton der Überwachungsklasse 3
		Mittelwert von „ n “ Einzelwerten f_{cm} N/mm ²		Jeder Einzelwert f_{ci} N/mm ²	
1	3 bis 4	$\geq f_{ck} + 1$		$\geq f_{ck} - 4$	$\geq 0,9 f_{ck}$
2	5 bis 6	$\geq f_{ck} + 2$		$\geq f_{ck} - 4$	$\geq 0,9 f_{ck}$
3	7 bis 34	$f_{cm} \geq f_{ck} + \left(1,65 - \frac{2,58}{\sqrt{n}}\right) \sigma$ $\sigma = 4$		$\geq f_{ck} - 4$	$\geq 0,9 f_{ck}$
4	≥ 35	$f_{cm} \geq f_{ck} + \left(1,65 - \frac{2,58}{\sqrt{n}}\right) \sigma$ $\sigma \geq 3$ $\sigma \geq 5$		$\geq f_{ck} - 4$	$\geq 0,9 f_{ck}$
f_{ck}		die charakteristische Druckfestigkeit des verwendeten Betons			
σ		der Schätzwert der Standardabweichung der Grundgesamtheit			

- (5) Der Beton ist, vorbehaltlich der Erfüllung der übrigen festgelegten Frisch- und Festbetoneigenschaften nach Tabelle A.1, anzunehmen, wenn die Identität des Betons mit der Grundgesamtheit, für die nach DIN 1045-2 eine Übereinstimmungsbescheinigung erteilt wurde, nachgewiesen wird. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn beide Kriterien nach Tabelle A.3 für eine Reihe von „n“ Einzelwerten erfüllt werden.
- (6) Wenn der Nachweis nach Absatz (5) nicht erbracht werden kann, muss das Bauunternehmen geeignete Maßnahmen nach DIN EN 206-1:2001-07, 8.4, Anmerkung, und DIN 1045-2:2008-08, 8.4, ergreifen (siehe DIN EN 206-1:2001-07, 8.4, Anmerkung, und DIN 1045-2:2008-08, 8.4).

Anhang B (normativ)

Überwachung des Einbaus von Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 durch das Bauunternehmen

B.1 Ständige Betonprüfstelle

- (1) Wird Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 eingebaut, muss das Bauunternehmen über eine ständige Betonprüfstelle verfügen, die
 - mit allen Geräten und Einrichtungen zur Durchführung der Prüfungen nach Anhang A ausgestattet ist;
 - von einem in der Betontechnik erfahrenen Fachmann geleitet wird, der die dafür notwendigen erweiterten betontechnologischen Kenntnisse durch eine Bescheinigung einer hierfür anerkannten Stelle nachweisen kann.
- (2) Das Bauunternehmen oder der Leiter der zuständigen Betonprüfstelle hat für eine regelmäßige Schulung seiner Fachkräfte zu sorgen und diese Schulung in Aufzeichnungen festzuhalten.
- (3) Bedient sich das Bauunternehmen einer nicht unternehmenseigenen Prüfstelle, so sind die Prüfungsaufgaben der Prüfstelle durch schriftliche Vereinbarung zu übertragen. Diese Vereinbarung muss mindestens eine Laufzeit von einem Jahr haben. Dabei darf das Bauunternehmen keine Prüfstelle beauftragen, die auch den Hersteller des Betons überwacht oder von diesem wirtschaftlich abhängig ist.
- (4) Die ständige Betonprüfstelle hat insbesondere folgende Aufgaben:
 - Beratung des Bauunternehmens und der Baustellen;
 - Durchführung der Prüfungen nach Anhang A, soweit sie nicht durch das Personal der Baustelle durchgeführt werden;
 - Überprüfung der Geräteausstattung der Baustellen nach Anhang A vor Beginn der Betonarbeiten, laufende Überprüfung und Beratung bei Verarbeitung und Nachbehandlung des Betons. (Die Ergebnisse dieser Überprüfungen sind aufzuzeichnen.);
 - Beurteilung und Auswertung der Ergebnisse der Prüfungen nach Anhang A und Mitteilung der Ergebnisse an das Bauunternehmen und dessen Bauleitung;
 - Schulung des Baustellenfachpersonals.

B.2 Aufzeichnungen

- (1) Beim Einbau von Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 sind folgende Angaben aufzuzeichnen und nach Abschluss der Arbeiten mindestens fünf Jahre aufzubewahren:
 - Zeitpunkt und Dauer der einzelnen Betoniervorgänge;
 - Lufttemperatur und Witterungsverhältnisse zurzeit der Ausführung einzelner Bauabschnitte oder Bauteile bis zum Ausschalen und Ausrüsten;

- Art und Dauer der Nachbehandlung;
 - Bei Lufttemperaturen unter 5 °C und über 30 °C: Messen und Aufzeichnen der Frischbeton-temperatur;
 - Namen der Lieferwerke und Nummern der Lieferscheine, das Betonsortenverzeichnis mit Angaben entsprechend einschlägiger Normen und Regelwerke und des zugehörigen Bauabschnitts oder Bauteils;
 - Aufzeichnungen sowie Ergebnisse zu den Prüfungen nach Anhang A.
- (2) Nach Beendigung der Bauarbeiten sind die Ergebnisse aller Prüfungen für Beton der Überwachungs-klassen 2 und 3 nach Anhang A der bauüberwachenden Behörde und der Überwachungsstelle nach für die Überwachung nach Anhang C zu übergeben.

B.3 Kennzeichnung der Baustelle

Baustellen, auf denen Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 eingebaut wird, sind an deutlich sichtbarer Stelle unter Angabe von „DIN 1045-3“ und der Überwachungsstelle nach Anhang C zu kennzeichnen.

Anhang C (normativ)

Überwachung des Einbaus von Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle

C.1 Allgemeines

- (1) Der Einbau von Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 ist durch eine Überwachungsstelle zu prüfen.
- (2) Vor Aufnahme dieser Überwachung ist zunächst zu prüfen, ob das Bauunternehmen den Nachweis erbracht hat, dass es über Fachkräfte mit besonderer Sachkunde und Erfahrung sowie über die gerätemäßige Ausstattung für einen ordnungsgemäßen Einbau des Betons verfügt.
- (3) Das Bauunternehmen hat der Überwachungsstelle schriftlich mitzuteilen:
 - die ständige Betonprüfstelle mit Angabe des Prüfstellenleiters;
 - einen Wechsel des Leiters der Betonprüfstelle;
 - die Inbetriebnahme jeder Baustelle, auf der Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 eingebaut wird, mit Angabe des Bauleiters;
 - einen Wechsel des Bauleiters;
 - die Angaben zur Festlegung der vorgesehenen Betone nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2, einschließlich der Überwachungsklassen des Betons nach Tabelle 4;
 - die Betonmengen;
 - den voraussichtlichen Beginn und das voraussichtliche Ende der Betonierzeiten;
 - Unterbrechung der Betonierarbeiten von mehr als 4 Wochen;
 - die Wiederinbetriebnahme einer Baustelle nach einer Unterbrechung von mehr als 4 Wochen.

C.2 Art und Häufigkeit

- (1) Die Aufzeichnungen der Überwachung durch das Bauunternehmen nach B.2 sind von der Überwachungsstelle mindestens zweimal im Jahr zu überprüfen. Dabei ist auch festzustellen, ob die ständige Betonprüfstelle die Anforderungen von B.1 noch erfüllt.
- (2) Jede Baustelle, auf der Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 eingebaut wird, ist mindestens einmal zu überprüfen. Bei länger andauernden Baustellen sind weitere Überprüfungen in angemessenen Zeitabständen durchzuführen. Die Häufigkeit dieser Überprüfungen liegt im pflichtgemäßen Ermessen der Überwachungsstelle und richtet sich nach deren Feststellungen und den Ergebnissen der Überwachung durch das Bauunternehmen und der Überwachung durch die Überwachungsstelle; dabei sind die Zuverlässigkeit der Überprüfung durch das Bauunternehmen und die Feststellungen bei der jeweiligen Überwachung durch die Überwachungsstelle sowie die besonderen Anforderungen an den Einbau des Betons zu berücksichtigen.

- (3) Nach wesentlichen Beanstandungen oder unzureichenden Prüfergebnissen ist unverzüglich eine Wiederholungsprüfung durchzuführen. Mängel, die im Rahmen der Überwachung durch das Bauunternehmen festgestellt und unverzüglich – wenn nötig auch im Bauwerk – abgestellt worden sind, können unbeanstandet bleiben.

C.3 Umfang

- (1) Der mit der Überwachung Beauftragte hat Einblick zu nehmen insbesondere in:
- die Aufzeichnungen nach 4.3 (Bautagebuch) und B.1 (2) (Aufzeichnungen über die Schulung der Fachkräfte);
 - die Aufzeichnungen der Ergebnisse der Überwachung durch das Bauunternehmen nach B.2;
 - weitere zugehörige Unterlagen, wie genehmigte bautechnische Unterlagen, allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen, Prüfbescheide.
- (2) Der mit der Überwachung Beauftragte kann Überprüfungen durchführen; insbesondere kommen folgende Überprüfungen in Betracht:
- ob die maschinelle und gerätemäßige Ausstattung der Baustelle sowie Funktionsfähigkeit der Maschinen und Geräte noch den Anforderungen entspricht;
 - Frischbetoneigenschaften;
 - Probekörperherstellung zur Ermittlung von Festbetoneigenschaften, z. B. Druckfestigkeit, gegebenenfalls Trockenrohdichte bei Leichtbeton;
 - Festigkeit des Betons im Bauwerk;
 - Kontrolle, ob die ständige Betonprüfstelle ihre Aufgaben nach B.1 erfüllt;
 - Maßnahmen zum Transport, zur Verarbeitung und Nachbehandlung des Betons.
- (3) In Zweifelsfällen hat der mit der Überwachung Beauftragte weitere Überprüfungen durchzuführen.

C.4 Probenahme

- (1) Über die Entnahme der Proben ist von dem mit den Überwachungen Beauftragten ein Protokoll anzufertigen, und die von der Bauleitung des Bauunternehmens gegenzuzeichnen.
- (2) Das Protokoll muss mindestens folgende Angaben enthalten:
- Bauunternehmen und Baustelle;
 - Angaben zur Festlegung des Betons nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2;
 - Überwachungsklasse des Betons nach Tabelle 4;
 - Kennzeichen der Probe;
 - Ort und Datum;
 - Unterschriften.

DIN 1045-3:2008-08

C.5 Überwachungsbericht

- (1) Die Ergebnisse der Überwachung durch die Überwachungsstelle sind in einem Überwachungsbericht festzuhalten. Der Bericht muss mindestens enthalten:
- Bauunternehmen, Baustelle und Betonprüfstelle;
 - Festlegung des Betons nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2;
 - Überwachungsklasse des Betons nach Tabelle 4;
 - Bewertung der Überwachung durch das Bauunternehmen;
 - gegebenenfalls Angaben über die Probenahme;
 - Ergebnisse der durchgeführten Überprüfungen und Vergleich mit den Anforderungen und den Ergebnissen der Überwachung durch das Bauunternehmen;
 - Gesamtbewertung;
 - Ort und Datum;
 - Unterschrift und Stempel der Überwachungsstelle.
- (2) Der Bericht ist an der Baustelle und bei der Überwachungsstelle aufzubewahren und den Beauftragten der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen.

Anhang D (normativ)

Überwachung des Einpressens von Zementmörtel in Spannkanäle durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle⁴⁾

- (1) Das Herstellen von Einpressmörtel nach DIN EN 447 und das Einpressen in Spannkanäle nach DIN EN 446 sind durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle zu überwachen.
- (2) Beginn und Abschluss von Einpressarbeiten sind der Überwachungsstelle schriftlich mitzuteilen.
- (3) Angaben zu Art, Umfang und Häufigkeit der von der Überwachungsstelle durchzuführenden Überprüfungen sind den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zu entnehmen.

4) Die dafür anerkannten Überwachungsstellen sind dem beim Deutschen Institut für Bautechnik geführten „Verzeichnis der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen nach den Landesbauordnungen“, Teil V oder Teil I, lfd. Nr. 1.5.15, zu entnehmen.

DIN 1045-3:2008-08

Literaturhinweise

DBV-Merkblatt Abstandhalter⁵⁾

DBV-Merkblatt Betondeckung und Bewehrung⁵⁾

DBV-Merkblatt Rückbiegen von Betonstahl und Anforderungen an Verwahrkästen⁵⁾

DBV-Merkblatt Sichtbeton⁵⁾

DBV-Merkblatt Unterstützungen⁵⁾

ISB-Merkblatt Nr. 1: Betonstahl; Kennzeichnung⁶⁾

5) Zu beziehen über: Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E. V., Postfach 11 05 12, 10835 Berlin.

6) Zu beziehen über Institut für Stahlbetonbewehrung e. V., Kaiserswerther Straße 137, 40474 Düsseldorf.

DIN 1054 Berichtigung 3

ICS 93.020

Es wird empfohlen, auf der betroffenen Norm
einen Hinweis auf diese Berichtigung zu
machen.

**Baugrund –
Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau,
Berichtigungen zu DIN 1054:2005-01**

Subsoil –
Verification of the safety of earthworks and foundations,
Corrigenda to DIN 1054:2005-01

Sol –
Vérification de la sécurité des travaux de terrassement et des fondations,
Corrigenda à DIN 1054:2005-01

Gesamtumfang 3 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN 1054 Ber 3:2008-01

In

DIN 1054:2005-01

sind die nachfolgend fett gedruckten Korrekturen vorzunehmen:

a) 6.4.1, Tabelle 2 wird wie folgt geändert:

Tabelle 2 — Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen

Einwirkung bzw. Beanspruchung	Formelzeichen	Lastfall		
		LF 1	LF 2	LF 3
<u>GZ 1A: Grenzzustand des Verlustes der Lagesicherheit</u>				
Günstige ständige Einwirkungen	$\gamma_{G, stb}$	0,95	0,95	0,95
Ungünstige ständige Einwirkungen	$\gamma_{G, dst}$	1,05	1,05	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	$\gamma_{Q, dst}$	1,50	1,30	1,00
Strömungskraft bei günstigem Untergrund	γ_H	1,35	1,30	1,20
Strömungskraft bei ungünstigem Untergrund	γ_H	1,80	1,60	1,35
<u>GZ 1B: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen</u>				
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen allgemein ^a	γ_G	1,35	1,25	1,10
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen aus Erdruchdruck	γ_{Eog}	1,20	1,10	1,00
Beanspruchungen aus günstigen ständigen Einwirkungen ^b	$\gamma_{G, inf}$	1,00	1,00	1,00
Beanspruchungen aus ungünstigen veränderlichen Einwirkungen	γ_Q	1,50	1,30	1,10
<u>GZ 1C: Grenzzustand des Verlustes der Gesamtstandsicherheit</u>				
Ständige Einwirkungen	γ_G	1,00	1,00	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30	1,20	1,00
<u>GZ 2: Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit</u>				
$\gamma_G = 1,00$ für ständige Einwirkungen bzw. Beanspruchungen				
$\gamma_Q = 1,00$ für veränderliche Einwirkungen bzw. Beanspruchungen				
^a einschließlich ständigem und veränderlichem Wasserdruck.				
^b nur im Sonderfall nach 8.3.4 (2).				

b) 10.4.5 wird wie folgt ergänzt:

(4) Die Bemessungswerte der Beanspruchungen von Verpressankern und Mikropfählen im Vollaushubzustand einer Baugrube sind aus den charakteristischen Beanspruchungen durch Multiplikation mit den Teilsicherheitsbeiwerten für den Lastfall LF 1 nach Tabelle 2 zu ermitteln. Dies gilt unabhängig davon, dass die Bemessung in den vorangegangenen Bauzuständen und in den Rückbauzuständen ebenso wie die Bemessung der übrigen Teile mit den Teilsicherheitsbeiwerten für den Lastfall LF 2 erfolgt.

DIN 1054 Berichtigung 4

ICS 93.020

Es wird empfohlen, auf der betroffenen Norm
einen Hinweis auf diese Berichtigung zu
machen.

**Baugrund –
Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau,
Berichtigung zu DIN 1054:2005-01**

Subsoil –
Verification of the safety of earthworks and foundations,
Corrigendum to DIN 1054:2005-01

Sol –
Vérification de la sécurité des travaux de terrassement et des fondations,
Corrigendum à DIN 1054:2005-01

Gesamtumfang 2 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN 1054 Ber 4:2008-10

In

DIN 1054:2005-01, Berichtigung 3

ist die nachfolgend fett gedruckte Korrektur vorzunehmen:

Tabelle 2 wird wie folgt geändert:

Tabelle 2 — Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen

Einwirkung bzw. Beanspruchung	Formelzeichen	Lastfall		
		LF 1	LF 2	LF 3
<u>GZ 1A: Grenzzustand des Verlustes der Lagesicherheit</u>				
Günstige ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,stab}$	0,95	0,95	0,95
Ungünstige ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,dst}$	1,05	1,05	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	$\gamma_{Q,dst}$	1,50	1,30	1,00
Strömungskraft bei günstigem Untergrund	γ_H	1,35	1,30	1,20
Strömungskraft bei ungünstigem Untergrund	γ_H	1,80	1,60	1,35
<u>GZ 1B: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen</u>				
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen allgemein ^a	γ_G	1,35	1,20	1,10
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen aus Erdruchdruck	γ_{Eog}	1,20	1,10	1,00
Beanspruchungen aus günstigen ständigen Einwirkungen ^b	$\gamma_{G,inf}$	1,00	1,00	1,00
Beanspruchungen aus ungünstigen veränderlichen Einwirkungen	γ_Q	1,50	1,30	1,10
<u>GZ 1C: Grenzzustand des Verlustes der Gesamtstandsicherheit</u>				
Ständige Einwirkungen	γ_G	1,00	1,00	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30	1,20	1,00
<u>GZ 2: Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit</u>				
$\gamma_G = 1,00$ für ständige Einwirkungen bzw. Beanspruchungen				
$\gamma_Q = 1,00$ für veränderliche Einwirkungen bzw. Beanspruchungen				
^a einschließlich ständigem und veränderlichem Wasserdruck.				
^b nur im Sonderfall nach 8.3.4 (2).				

ANMERKUNG Mit dieser Berichtigung wird die in DIN 1054:2005-01, Berichtigung 3 (Ausgabe 2008-01) vorgenommene Erhöhung des Teilsicherheitsbeiwerts für die ständigen Einwirkungen im Lastfall LF 2 von $\gamma_G = 1,20$ auf $\gamma_G = 1,25$ zurückgenommen, da sie sich nach genauerer Untersuchung als nicht erforderlich herausstellte.

DIN V 4108-4



ICS 91.120.10; 91.120.30

Ersatz für
DIN V 4108-4:2004-07 und
DIN V 4108-4/A1:2006-06**Vornorm****Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden –
Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte**Thermal insulation and energy economy in buildings –
Part 4: Hygrothermal design valuesIsolation thermique et économie d'énergie en bâtiments immeuble –
Partie 4: Valeurs de calcul hygrothermiques

Gesamtumfang 44 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Inhalt	Seite
Vorwort.....	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe	10
4 Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte	10
4.1 Baustoffe, Bauarten und Bauteile	10
4.2 Ausgleichsfeuchtegehalte	24
4.3 Umrechnungsfaktoren für den Feuchtegehalt und Zuschlagswerte.....	25
4.4 Wärmedurchlasswiderstand von Luftschichten.....	26
4.5 Wärmeübergangswiderstände	26
4.6 Spezifische Wärmekapazität.....	26
4.7 Decken	27
5 Gläser, Fenster, Türen und Vorhangfassaden.....	28
5.1 Bemessungswerte für Fenster, Fenstertüren und Außentüren sowie Dachflächenfenster.....	28
5.1.1 Bemessungswerte für Fenster, Fenstertüren und Außentüren sowie Dachflächenfenster nach DIN EN 14351-1.....	28
5.1.2 Luftdurchlässigkeit in Abhängigkeit von den Konstruktionsmerkmalen von Fenstern, Fenstertüren und Außentüren	29
5.2 Bemessungswerte für Mehrscheiben-Isolierglas nach DIN EN 1279-5.....	30
5.2.1 Bemessungswerte des Wärmedurchgangskoeffizienten.....	30
5.2.2 Bemessungswerte des Gesamtenergiedurchlassgrades und des Lichttransmissionsgrades	30
5.3 Bemessungswerte für Vorhangfassaden	31
5.3.1 Bemessungswerte des Wärmedurchgangskoeffizienten.....	31
5.3.2 Bemessungswerte des Gesamtenergiedurchlassgrades und des Lichttransmissionsgrades	32
6 Lichtkuppeln und Dachlichtbänder.....	32
7 Bemessungswerte für Tore	33
8 Berechnung von Dämmstoffdicken bei Rohrleitungen	33
Anhang A (normativ) Bestimmung von Bemessungswerten für Mauerwerk aus Mauersteinen nach DIN EN 771	37
A.1 Allgemeines.....	37
A.2 Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit für Mauerwerk λ.....	37
A.2.1 Umrechnung auf 100 % der Produktion	37
A.2.2 Einfluss des Feuchtegehalts	39
A.2.3 Einstufung der Wärmeleitfähigkeit	39
A.3 Umrechnung vom Nennwert der Wärmeleitfähigkeit eines Steins zum Nennwert des Mauerwerks	39
A.4 Umrechnung vom Nennwert der Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks auf Wärmeleitfähigkeiten mit anderen Fugenmaterialien	40
Anhang B (normativ) Bestimmung eines individuellen Umrechnungsfaktors F_m für das jeweilige Steinmaterial	41
B.1 Allgemeines.....	41
B.2 Vorgehensweise zur individuellen Ermittlung des Umrechnungsfaktors F_m.....	41
Anhang C (normativ) Zuschlagswerte für Polyurethan-Hartschaum-Dämmstoffe nach DIN EN 13165.....	42

	Seite
C.1 Ermittlung des Bemessungswertes für Polyurethan-Hartschaum-Dämmstoffe nach DIN EN 13165	42
C.2 Alternative Ermittlung des Bemessungswertes für Polyurethan-Hartschaum-Dämmstoffe nach DIN EN 13165	42
C.3 Voraussetzungen für die Anwendung des Verfahrens nach C.2.....	42
C.4 Zuschlagswerte	43
Literaturhinweise.....	44

Tabellen

Seite

Tabelle 1 — Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit und Richtwerte der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahlen	11
Tabelle 2 — Zeile 5 von Tabelle 1 für Wärmedämmstoffe nach harmonisierten Europäischen Normen	20
Tabelle 3 — Wärmedämmstoffe nach nationalen Normen.....	24
Tabelle 4 — Ausgleichsfeuchtegehalte von Baustoffen	25
Tabelle 5 — Umrechnungsfaktoren für Wandbaustoffe	25
Tabelle 6 — Zuschlagswerte für Wärmedämmstoffe	26
Tabelle 7 — Wärmedurchlasswiderstände von Decken.....	27
Tabelle 8 — Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten von Türen $U_{D,BW}$ in Abhängigkeit der konstruktiven Merkmale	29
Tabelle 9 — Luftdurchlässigkeit in Abhängigkeit der Konstruktionsmerkmale von Fenstern, Fenstertüren und Außentüren	30
Tabelle 10 — Korrekturwerte ΔU_g zur Berechnung der Bemessungswerte $U_{g,BW}$	30
Tabelle 11 — Gesamtenergiedurchlassgrad und Lichttransmissionsgrad in Abhängigkeit der Konstruktionsmerkmale	31
Tabelle 12 — Korrekturfaktoren c in Abhängigkeit des Emissionsgrades ε_n	31
Tabelle 13 — Bemessungswerte für Lichtkuppeln und Dachlichtbänder	32
Tabelle 14 — Bemessungswert $U_{D,BW}$ in Abhängigkeit der konstruktiven Merkmale.....	33
Tabelle 15 — Bestimmung von Dämmstoffdicken bei Einhaltung der Mindestanforderung der Energieeinsparverordnung (EnEV) – 100 %-Anforderung	34
Tabelle 16 — Bestimmung von Dämmstoffdicken bei Einhaltung der Mindestanforderung der Energieeinsparverordnung (EnEV) – 50 %-Anforderung	36
Tabelle A.1 — Steigungen der Wärmeleitfähigkeits-Rohdichte-Kurve	38
Tabelle A.2 — Umrechnung der Nennwerte der Wärmeleitfähigkeit von Stein und Mauerwerk mit verschiedenen Fugenmaterialien	40

Bilder

Bild A.1 — Grafik zur Ermittlung von $\lambda_{100\%}$	38
--	----

Vorwort

Dieses Dokument ist vom NABau-Arbeitsausschuss NA 005-56-92 AA „Kennwerte und Anforderungsbedingungen“ erarbeitet worden.

Eine Vornorm ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen bestimmter Vorbehalte zum Inhalt oder wegen des gegenüber einer Norm abweichenden Aufstellungsverfahrens vom DIN noch nicht als Norm herausgegeben wird.

Zur vorliegenden Vornorm wurde kein Entwurf veröffentlicht.

Erfahrungen mit dieser Vornorm sind erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an [nabau@din.de] in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter <http://www.din.de/stellungnahme> abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

DIN 4108 *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden* besteht aus:

- *Beiblatt 1: Inhaltsverzeichnisse, Stichwortverzeichnis*
- *Beiblatt 2: Wärmebrücken — Planungs- und Ausführungsbeispiele*
- *Teil 1: Größen und Einheiten*
- *Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz*
- *Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung*
- *Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte*
- *Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs und Jahresheizenergiebedarfs von Gebäuden*
- *Teil 7: Luftdichtheit von Bauteilen und Anschlüssen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele*
- *Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe, werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe*

Änderungen

Gegenüber DIN V 4108-4:2004-07 und DIN V 4108-4/A1:2006-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Festlegung der Bemessungswerte für werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe, Fenster und Verglasungen und Mauerwerk nach der aus der aktualisierten Europäischen Norm abgeleiteten Deutschen Norm;
- b) Aktualisierung der Tabellen 1, 2, 4 und 9;

- c) Überarbeitung des Abschnitts 5 mit Aufnahme von Bemessungswerten für Mehrscheiben-Isolierglas und Vorhangfassaden;
- d) Überarbeitung des Abschnitts 6 mit Aufnahme von Bemessungswerten für Dachlichtbänder;
- e) Aufnahme von Bemessungswerten für Tore in Abschnitt 7;
- f) Aufnahme des zusätzlichen Abschnitts 8 zur Berechnung von Dämmstoffdicken bei Rohrleitungen;
- g) Überarbeitung des Anhangs A;
- h) Aufnahme des neuen Anhangs C für Zuschlagswerte für Polyurethan-Hartschaum-Dämmstoffe nach DIN EN 13165.

Frühere Ausgaben

DIN 4108: 1952xx-07, 1960-05, 1969-08
 DIN 4108-4: 1981-08, 1985-12, 1991-11
 DIN V 4108-4: 1998-03, 1998-10, 2002-02, 2004-07
 DIN V 4108-4/A1: 2006-06

Einleitung

Die Herausgabe von DIN V 4108-4 erfolgt im Zusammenhang mit der Einführung europäischer technischer Spezifikationen für Bauprodukte und europäischer Berechnungsnormen. Sie ist ein Beitrag zur nationalen Umsetzung der Ergebnisse der europäischen Normung.

Dieses Dokument gibt Werte auf der Grundlage aktueller technischer Spezifikationen für Bauprodukte wieder. Bauprodukte, die in der Vergangenheit nach nunmehr nicht mehr gültigen Spezifikationen hergestellt wurden, sind nach den entsprechenden früheren Ausgaben dieses Dokuments zu beurteilen.

1 Anwendungsbereich

Diese Vornorm beinhaltet wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte für Baustoffe, darunter werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe, Fenster und Verglasungen und Mauerwerk und sonstige gebräuchliche Stoffe für die Berechnung des Wärmeschutzes und der Energie-Einsparung in Gebäuden. Produkte werden mit dem Nennwert gekennzeichnet.

Sie gilt nicht für Wärmedämmstoffe der Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen.

Die in dieser Vornorm angegebenen Bemessungswerte berücksichtigen unter anderem Einflüsse der Temperatur, des Ausgleichsfeuchtegehalts sowie Schwankungen der Stoffeigenschaften und Alterung der Produkte.

Weitere tabellierte Bemessungswerte sind in DIN EN 12524 angegeben. Darüber hinaus können Bemessungswerte auch nach bauaufsichtlichen Festlegungen (z. B. bauaufsichtliche Zulassungen) ermittelt werden.

Die in diesem Dokument aufgeführten Werte der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahlen sind Richtwerte und können erheblichen Schwankungen unterliegen. Es können die in dieser Vornorm angegebenen Richtwerte oder die nach DIN EN 12086, DIN EN 12524 oder DIN EN ISO 12572 ermittelten Werte verwendet werden.

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).

DIN V 105-2, *Mauerziegel, Teil 2: Wärmedämmziegel und Hochlochziegel der Rohdichteklassen $\leq 1,0$* ¹⁾

DIN 105-5, *Mauerziegel — Leichtlanglochziegel und Leichtlangloch-Ziegelplatten*

DIN V 105-6, *Mauerziegel — Teil 6: Planziegel*

DIN V 105-100, *Mauerziegel — Teil 100: Mauerziegel mit besonderen Eigenschaften*

DIN V 106, *Kalksandsteine mit besonderen Eigenschaften*

DIN 398, *Hüttensteine — Vollsteine, Lochsteine, Hohlblocksteine*

DIN 1045-1, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton*

DIN 1045-2, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 2: Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*

DIN 1053-1, *Mauerwerk — Teil 1: Berechnung und Ausführung*

DIN 4108-3, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz — Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung*

DIN 4108-10, *Wärmeschutz- und Energie-Einsparung in Gebäuden — Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe — Teil 10: Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe*

DIN 4158, *Zwischenbauteile aus Beton, für Stahlbeton- und Spannbetondecken*

DIN 4159, *Ziegel für Decken und Vergusstafeln, statisch mitwirkend*

DIN 4160, *Ziegel für Decken, statisch nicht mitwirkend*

DIN V 4165-100, *Porenbetonsteine — Teil 100: Plansteine und Planelemente mit besonderen Eigenschaften*

DIN 4166, *Porenbeton-Bauplatten und Porenbeton-Planbauplatten*

DIN 4223-1, *Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton — Teil 1: Herstellung, Eigenschaften, Übereinstimmungsnachweis*

DIN 4226-1, *Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel — Teil 1: Normale und schwere Gesteinskörnungen*

DIN 4226-2, *Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel — Teil 2: Leichte Gesteinskörnungen (Leichtzuschläge)*

DIN 16729, *Kunststoff-Dachbahnen und Kunststoff-Dichtungsbahnen aus Ethylencopolymerisat-Bitumen (ECB) — Anforderungen*

DIN 16730, *Kunststoff-Dachbahnen aus weichmacherhaltigem Polyvinylchlorid (PVC-P), nicht bitumenverträglich — Anforderungen*

DIN 16731, *Kunststoff-Dachbahnen aus Polyisobutylene (PIB), einseitig kaschiert — Anforderungen*

DIN 18148, *Hohlwandplatten aus Leichtbeton*

DIN V 18151-100, *Hohlblöcke aus Leichtbeton — Teil 100: Holzblöcke mit besonderen Eigenschaften*

1) Zurückgezogen, ersetzt durch DIN EN 771-1:2005-05

DIN V 18152-100, *Vollsteine und Vollblöcke aus Leichtbeton — Teil 100: Vollsteine und Vollblöcke mit besonderen Eigenschaften*

DIN V 18153-100, *Mauersteine aus Beton (Normalbeton) — Teil 100: Mauersteine mit besonderen Eigenschaften*

DIN 18159-1, *Schaumkunststoffe als Ortschaften im Bauwesen — Polyurethan-Ortschaum für die Wärme- und Kälte­dämmung — Anwendung, Eigenschaften, Ausführung, Prüfung*

DIN 18159-2, *Schaumkunststoffe als Ortschaften im Bauwesen — Harnstoff-Formaldehydharz-Ortschaum für die Wärmedämmung — Anwendung, Eigenschaften, Ausführung, Prüfung*

DIN 18162, *Wandbauplatten aus Leichtbeton, unbewehrt*

DIN 18180, *Gipskartonplatten — Arten, Anforderungen, Prüfung*

DIN V 18550, *Putz- und Putzsysteme — Ausführung*

DIN V 18599-5, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung — Teil 5: Endenergiebedarf von Heizsystemen*

DIN V 20000-401, *Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken — Teil 401: Regeln für die Verwendung von Mauerziegeln nach DIN EN 771-1:2005-05*

DIN V 20000-402, *Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken — Teil 402: Regeln für die Verwendung von Kalksandsteinen nach DIN EN 771-2:2005-05*

DIN V 20000-403, *Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken — Teil 403: Regeln für die Verwendung von Mauersteinen aus Beton nach DIN EN 771-3:2005-05*

DIN V 20000-404, *Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken — Teil 404: Regeln für die Verwendung von Porenbetonsteinen nach DIN EN 771-4:2005-05*

DIN 52128, *Bitumendachbahnen mit Rohfilzeinlage — Begriff, Bezeichnung, Anforderungen*

DIN 52129, *Nackte Bitumenbahnen — Begriff, Bezeichnung, Anforderungen*

DIN 52143, *Glasvlies-Bitumendachbahnen — Begriffe, Bezeichnung, Anforderungen*

DIN 68121-1, *Holzprofile für Fenster und Fenstertüren — Maße, Qualitätsanforderungen*

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

DIN EN 771-1, *Festlegung für Mauersteine — Teil 1: Mauerziegel*

DIN EN 771-2, *Festlegung für Mauersteine — Teil 2: Kalksandsteine*

DIN EN 771-3, *Festlegung für Mauersteine — Teil 3: Mauersteine aus Beton (mit dicken und porigen Zuschlägen)*

DIN EN 771-4, *Festlegung für Mauersteine — Teil 4: Porenbetonsteine*

DIN EN 998-1, *Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau — Teil 1: Putzmörtel*

DIN EN 1057, *Kupfer und Kupferlegierungen — Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für Wasser- und Gasleitungen für Sanitärinstallationen und Heizungsanlagen*

DIN EN 10255, *Rohre aus unlegiertem Stahl mit Eignung zum Schweißen und Gewindeschneiden — Technische Lieferbedingungen*

DIN EN 1279-5, *Glas im Bauwesen — Mehrscheiben-Isolierglas — Teil 5: Konformitätsbewertung*

DIN EN 1745:2002-08, *Mauerwerk und Mauerwerksprodukte — Verfahren zur Ermittlung von Wärmeschutzrechenwerten; Deutsche Fassung EN 1745:2007*

DIN EN 1934, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Messung des Wärmedurchlasswiderstandes — Heizkastenverfahren mit dem Wärmestrommesser — Mauerwerk*

DIN EN 12086, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit*

DIN EN 12207, *Fenster und Türen — Luftdurchlässigkeit — Klassifizierung*

DIN EN 12433-1, *Tore — Terminologie — Teil 1: Bauarten von Toren*

DIN EN 12524:2000-07, *Baustoffe und -produkte — Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften — Tabellierte Bemessungswerte; Deutsche Fassung EN 12524:2000*

DIN EN 12859, *Gips-Wandbauplatten — Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren*

DIN EN 13162, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) — Spezifikation*

DIN EN 13163, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrol (EPS) — Spezifikation*

DIN EN 13164, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS) — Spezifikation*

DIN EN 13165, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyurethan-Hartschaum (PUR) — Spezifikation*

DIN EN 13166, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Phenolharz-Hartschaum (PF) — Spezifikation*

DIN EN 13167, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Schaumglas (CG) — Spezifikation*

DIN EN 13168, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Holzwolle (WW) — Spezifikation*

DIN EN 13169, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Blähperlit (EPB) — Spezifikation*

DIN EN 13170, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Kork (ICB) — Spezifikation*

DIN EN 13171, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Holzfaserdämmstoffe (WF) — Spezifikation*

DIN EN 13241, *Tore — Produktnorm*

DIN EN 13830, *Vorhangfassaden — Produktnorm*

DIN EN 14351-1:2006-07, *Fenster und Türen — Produktnorm, Leistungseigenschaften — Teil 1: Fenster und Außentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit; Deutsche Fassung EN 14351:2006*

DIN EN ISO 4590, *Harte Schaumstoffe — Bestimmung des Volumenanteils offener und geschlossener Zellen*

DIN EN ISO 6946, *Bauteile — Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient — Berechnungsverfahren*

DIN EN ISO 7345, *Wärmeschutz — Physikalische Größen und Definitionen (ISO 7345:1987)*

E DIN EN ISO 9229, *Wärmedämmung — Begriffsbestimmungen*

DIN EN ISO 9346, *Wärmeschutz — Stofftransport — Physikalische Größen und Definition*

DIN EN ISO 10211-1, *Wärmebrücken im Hochbau — Wärmeströme und Oberflächentemperaturen — Teil 1: Allgemeine Berechnungsverfahren*

DIN EN ISO 10456:2000-08, *Baustoffe und -produkte — Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte (ISO 10456:1999); Deutsche Fassung EN ISO 10456:1999*

DIN EN ISO 12571, *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten — Bestimmung der hygroskopischen Sorptionseigenschaften*

DIN EN ISO 12572, *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten — Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit*

DIN EN ISO 13370, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Wärmeübertragung über das Erdreich — Berechnungsverfahren*

EnEV, *Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung — EnEV)* ²⁾

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN ISO 7345, E DIN EN ISO 9229 und DIN EN ISO 9346.

4 Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte

4.1 Baustoffe, Bauarten und Bauteile

Die in Tabelle 1 angegebenen Bemessungswerte wurden nach DIN EN ISO 10456 ermittelt. Als Randbedingung wurde ein Feuchtegehalt bei 23 °C und 80 % relativer Luftfeuchte zugrunde gelegt. Werte für Ausgleichsfeuchtegehalte können Tabelle 4 und die Umrechnungsfaktoren für den Feuchtegehalt Tabelle 5 entnommen werden.

ANMERKUNG Die in Klammern gesetzten Zahlenwerte dienen nur zur Abschätzung. Sie besitzen keine wissenschaftlich gesicherte Zuordnung.

2) Nachgewiesen in der DITR-Datenbank der DIN Software GmbH. Zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin)

Tabelle 1 — Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit und Richtwerte der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahlen

Zeile	Stoff	Rohdichte ^{a,b} ρ kg/m ³	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ W/(m · K)	Richtwert der Wasserdampf- Diffusions- widerstands- zahl ^c μ
1	Putze, Mörtel und Estriche			
1.1	Putze			
1.1.1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	(1 800)	1,0	15/35
1.1.2	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	(1 400)	0,70	10
1.1.3	Leichtputz	< 1 300	0,56	15/20
1.1.4	Leichtputz	≤ 1 000	0,38	
1.1.5	Leichtputz	≤ 700	0,25	
1.1.6	Gipsputz ohne Zuschlag	(1 200)	0,51	10
1.1.7	Wärmedämmputz nach DIN V 18550			
	Wärmeleitfähigkeitsgruppe			
	060	≥ 200	0,060	5/20
	070		0,070	
	080		0,080	
	090		0,090	
	100		0,100	
1.1.8	Kunstharzputz	(1 100)	0,70	50/200
1.2	Mauermörtel			
1.2.1	Zementmörtel	(2 000)	1,6	15/35
1.2.2	Normalmörtel NM	(1 800)	1,2	
1.2.3	Dünnbettmauermörtel	(1 600)	1,0	
1.2.4	Leichtmauermörtel nach DIN 1053-1	≤ 1 000	0,36	
1.2.5	Leichtmauermörtel nach DIN 1053-1	≤ 700	0,21	
1.2.6	Leichtmauermörtel	250	0,10	5/20
		400	0,14	
		700	0,25	
		1 000	0,38	
		1 500	0,69	
a	Siehe Seite 18			
b	Siehe Seite 18			
c	Siehe Seite 18			

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Zeile	Stoff	Rohdichte ^{a,b}		Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit	Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl ^c
		ρ kg/m ³		λ W/(m · K)	μ
1.3	Estriche				
1.3.1	Asphalt			Siehe DIN EN 12542	
1.3.2	Zement-Estrich	(2 000)		1,4	15/35
1.3.3	Anhydrit-Estrich	(2 100)		1,2	
1.3.4	Magnesia-Estrich	1 400		0,47	
		2 300		0,70	
2	Beton-Bauteile				
2.1	Beton nach DIN EN 206-1			Siehe DIN EN 12542	
2.2	Leichtbeton und Stahlleichtbeton mit geschlossenem Gefüge nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2, hergestellt unter Verwendung von Zuschlägen mit porigem Gefüge nach DIN 4226-2, ohne Quarzsandzusatz ^d	800		0,39	70/150
		900		0,44	
		1 000		0,49	
		1 100		0,55	
		1 200		0,62	
		1 300		0,70	
		1 400		0,79	
		1 500		0,89	
		1 600		1,0	
		1 800		1,3	
		2 000		1,6	
2.3	Dampfgehärteter Porenbeton nach DIN 4223-1	350		0,11	5/10
		400		0,13	
		450		0,15	
		500		0,15	
		550		0,18	
		600		0,19	
		650		0,21	
		700		0,22	
		750		0,24	
		800		0,25	
		900		0,29	
1 000		0,31			
2.4	Leichtbeton mit haufwerkporigem Gefüge				
2.4.1	mit nichtporigen Zuschlägen nach DIN 4226-1:2001-07, z. B. Kies	1 600		0,81	3/10
		1 800		1,1	5/10
		2 000		1,4	
2.4.2	mit porigen Zuschlägen nach DIN 4226-2, ohne Quarzsandzusatz ^d	600		0,22	5/15
		700		0,26	
		800		0,28	
		1 000		0,36	
		1 200		0,46	
		1 400		0,57	
		1 600		0,75	
		1 800		0,92	
2 000		1,2			
d	Siehe Seite 18				

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Zeile	Stoff	Rohdichte ^{a,b} ρ kg/m ³	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ W/(m · K)	Richtwert der Wasserdampf- Diffusions- widerstands- zahl ^c μ
2.4.2.1	ausschließlich unter Verwendung von Naturbims	400	0,12	5/15
		450	0,13	
		500	0,15	
		550	0,16	
		600	0,18	
		650	0,19	
		700	0,20	
		750	0,22	
		800	0,24	
		900	0,27	
		1 000	0,32	
		1 100	0,37	
		1 200	0,41	
		1 300	0,47	
2.4.2.2	ausschließlich unter Verwendung von Blähton	400	0,13	5/15
		450	0,15	
		500	0,16	
		550	0,18	
		600	0,19	
		650	0,21	
		700	0,23	
		800	0,26	
		900	0,30	
		1 000	0,35	
		1 100	0,39	
		1 200	0,44	
		1 300	0,50	
		1 400	0,55	
1 500	0,60			
1 600	0,68			
1 700	0,76			
3	Bauplatten			
3.1	Porenbeton-Bauplatten und Porenbeton-Planbauplatten, unbewehrt, nach DIN 4166			
3.1.1	Porenbeton-Bauplatten (Ppl) mit normaler Fugendicke und Mauermörtel, nach DIN 1053-1 verlegt	400	0,20	5/10
		500	0,22	
		600	0,24	
		700	0,27	
		800	0,29	

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Zeile	Stoff	Rohdichte ^{a,b}	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit	Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl ^c
		ρ kg/m ³	λ W/(m · K)	μ
3.1.2	Porenbeton-Planbauplatten (Pppl), dünnfugig verlegt	350	0,11	5/10
		400	0,13	
		450	0,15	
		500	0,16	
		550	0,18	
		600	0,19	
		650	0,21	
		700	0,22	
		750	0,24	
		800	0,25	
3.2	Wandplatten aus Leichtbeton nach DIN 18162	800	0,29	5/10
		900	0,32	
		1 000	0,37	
		1 200	0,47	
		1 400	0,58	
3.3	Wandbauplatten aus Gips nach DIN EN 12859, auch mit Poren, Hohlräumen, Füllstoffen oder Zuschlägen	750	0,35	5/10
		900	0,41	
		1 000	0,47	
		1 200	0,58	
3.4	Gipskartonplatten nach DIN 18180	800	0,25	4/10
4	Mauerwerk, einschließlich Mörtelfugen			
4.1	Mauerwerk aus Mauerziegeln nach DIN V 105-100, DIN 105-5 und DIN V 105-6 bzw. Mauerziegel nach DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN 20000-401			
4.1.1	Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker		NM/DM ^f	50/100
		1 800	0,81	
		2 000	0,96	
		2 200	1,2	
4.1.2	Vollziegel, Hochlochziegel, Füllziegel	1 200	0,50	5/10
		1 400	0,58	
		1 600	0,68	
		1 800	0,81	
		2 000	0,96	
		2 200	1,2	
		2 400	1,4	

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Zeile	Stoff	Rohdichte ^{a,b} ρ kg/m ³	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit		Richtwert der Wasserdampf- Diffusions- widerstands- zahl ^c μ
			λ W/(m · K)		
4.1.3	Hochlochziegel mit Lochung A und B nach DIN V 105-2:2002-06, DIN V 105-100 bzw. LD-Ziegel nach DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN 20000-401		LM21/LM36 ^f	NM/DM ^f	5/10
		550	0,27	0,32	
		600	0,28	0,33	
		650	0,30	0,35	
		700	0,31	0,36	
		750	0,33	0,38	
		800	0,34	0,39	
		850	0,36	0,41	
		900	0,37	0,42	
		950	0,38	0,44	
4.1.4	Hochlochziegel HLzW und Wärmedämmziegel WDz nach DIN V 105-100, bzw. LD-Ziegel nach DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN 20000-401, Sollmaß $h = 238$ mm		LM21/LM36 ^f	NM ^f	5/10
		550	0,19	0,22	
		600	0,20	0,23	
		650	0,20	0,23	
		700	0,21	0,24	
		750	0,22	0,25	
		800	0,23	0,26	
		850	0,23	0,26	
		900	0,24	0,27	
		950	0,25	0,28	
4.2	Mauerwerk aus Kalksandsteinen nach DIN V 106 Mauerwerk aus Kalksandsteinen DIN EN 771-2 in Verbindung mit DIN 20000-402	1 000	0,50		5/10
		1 200	0,56		
		1 400	0,70		
		1 600	0,79		15/25
		1 800	0,99		
		2 000	1,1		
		2 200	1,3		
4.3	Mauerwerk aus Hüttensteinen nach DIN 398	2 000	0,47		70/100
		1 200	0,52		
		1 400	0,58		
		1 600	0,64		
		1 800	0,70		
		2 000	0,76		

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Zeile	Stoff	Rohdichte ^{a,b}		Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit		Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl ^c μ			
		ρ kg/m ³		λ W/(m · K)					
4.4	Mauerwerk aus Porenbeton-Plansteinen (PP) nach DIN V 4165-100 bzw. DIN EN 771-4 in Verbindung mit DIN 20000-404	350		0,11		5/10			
		400		0,13					
		450		0,15					
		500		0,16					
		550		0,18					
		600		0,19					
		650		0,21					
		700		0,22					
		750		0,24					
		800		0,25					
4.5	Mauerwerk aus Betonsteinen								
4.5.1	Hohlblöcke (Hbl) nach DIN V 18151-100, Gruppe 1 ^e			LM21 ^f / DM ^{fi}	LM36 ^{fi}	NM ^f	5/10		
	Steinbreite, in cm	Anzahl der Kammerreihen	450	0,20	0,21	0,24			
			500	0,22	0,23	0,26			
			550	0,23	0,24	0,27			
			600	0,24	0,25	0,29			
	17,5 20 24 30 36,5 42,5 49	2 2 2–4 3–5 4–6 6 6	650	0,26	0,27	0,30			
			700	0,28	0,29	0,32			
			800	0,31	0,32	0,35			
			900	0,34	0,36	0,39			
			1 000			0,45			
			1 200			0,53			
			1 400			0,65			
			1 600			0,74			
	4.5.2	Hohlblöcke (Hbl) nach DIN V 18151-100 und Hohlwandplatten nach DIN 18148, Gruppe 2		450	0,22	0,23		0,28	5/10
		Steinbreite, in cm	Anzahl der Kammerreihen	500	0,24	0,25		0,29	
550				0,26	0,27	0,31			
600				0,27	0,28	0,32			
650				0,29	0,30	0,34			
11,5 15 17,5 30 36,5 42,5 49		1 1 1 2 3 5 5	700	0,30	0,32	0,36			
			800	0,34	0,36	0,41			
			900	0,37	0,40	0,46			
			1 000			0,52			
			1 200			0,60			
			1 400			0,72			
			1 600			0,76			

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Zeile	Stoff	Rohdichte ^{a,b}		Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit		Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl ^c μ
		ρ kg/m ³		λ W/(m · K)		
4.5.3	Vollblöcke (Vbl, S-W) nach DIN V 18152-100	450		0,14	0,16	5/10
		500		0,15	0,17	
		550		0,16	0,18	
		600		0,17	0,19	
		650		0,18	0,20	
		700		0,19	0,21	
		800		0,21	0,23	
		900		0,25	0,26	
4.5.4	Vollblöcke (Vbl) und Vbl-S nach DIN V 18152:100 aus Leichtbeton mit anderen leichten Zuschlägen als Naturbims und Blähton	450		0,22	0,23	5/10
		500		0,23	0,24	
		550		0,24	0,25	
		600		0,25	0,26	
		650		0,26	0,27	
		700		0,27	0,28	
		800		0,29	0,30	
		900		0,32	0,32	
		1 000		0,34	0,35	
		1 200			0,49	
		1 400			0,57	
		1 600			0,62	10/15
		1 800			0,68	
		2 000			0,74	
4.5.5	Vollsteine (V) nach DIN V 18152-100	450		0,21	0,22	5/10
		500		0,22	0,23	
		550		0,23	0,25	
		600		0,24	0,26	
		650		0,25	0,27	
		700		0,27	0,29	
		800		0,30	0,32	
		900		0,33	0,35	
		1 000		0,36	0,38	
		1 200			0,54	
		1 400			0,63	
		1 600			0,74	10/15
		1 800			0,87	
		2 000			0,99	

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Zeile	Stoff	Rohdichte ^{a,b} ρ kg/m ³	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ W/(m · K)	Richtwert der Wasserdampf- Diffusions- widerstandszahl ^c μ		
4.5.6	Mauersteine nach DIN V 18153-100 aus Beton bzw. DIN EN 771-3 in Verbindung mit DIN V 20000-403	800	0,60	5/15		
		900	0,65			
		1 000	0,70			
		1 200	0,80			
		1 400	0,90			
				1 600	1,1	20/30
				1 800	1,2	
				2 000	1,4	
				2 200	1,7	
				2 400	2,1	
5	Wärmedämmstoffe — siehe Tabellen 2 und 3					
6	Holz- und Holzwerkstoffe	Siehe DIN EN 12542				
7	Beläge, Abdichtstoffe und Abdichtungsbahnen					
7.1	Fußbodenbeläge	Siehe DIN EN 12542				
7.2	Abdichtstoffe	Siehe DIN EN 12542				
7.3	Dachbahnen, Dachabdichtungsbahnen					
7.3.1	Bitumendachbahn nach DIN 52128	(1 200)	0,17	10 000/80 000		
7.3.2	Nackte Bitumenbahnen nach DIN 52129	(1 200)	0,17	20 000/20 000		
7.3.3	Glasvlies-Bitumendachbahnen nach DIN 52143	—	0,17	20 000/60 000		
7.3.4	Kunststoff-Dachbahn nach DIN 16729 (ECB)	—	—	50 000/75 000		
				(2,0 K)		
				70 000/90 000		
7.3.5	Kunststoff-Dachbahn nach DIN 16730 (PVC-P)	—	—	100 000/30 000		
7.3.6	Kunststoff-Dachbahn nach DIN 16731 (PIB)	—	—	400 000/1750 000		
7.4	Folien	Siehe DIN EN 12542				
7.4.1	PTFE-Folien, Dicke $d \geq 0,05$ mm	—	—	10 000		
7.4.2	PA-Folie, Dicke $d \geq 0,05$ mm	—	—	50 000		
7.4.3	PP-Folie, Dicke $d \geq 0,05$ mm	—	—	1 000		
8	Sonstige gebräuchliche Stoffe^g					
8.1	Lose Schüttungen, abgedeckt ^h					
8.1.1	aus porigen Stoffen:			3		
	Blähperlit	(≤ 100)	0,060			
	Blähglimmer	(≤ 100)	0,070			
	Korkschröt, expandiert	(≤ 200)	0,055			
	Hüttenbims	(≤ 600)	0,13			
	Blähton, Blähschiefer	(≤ 400)	0,16			
	Bimskies	($\leq 1 000$)	0,19			
	Schaumlava	($\leq 1 200$)	0,22			
		($\leq 1 500$)	0,27			

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Zeile	Stoff	Rohdichte ^{a,b}		Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit	Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl ^c
		ρ kg/m ³		λ W/(m · K)	μ
8.1.2	aus Polystyrolschaumstoff-Partikeln	(15)		0,050	3
8.1.3	aus Sand, Kies, Splitt (trocken)	(1800)		0,70	3
8.2	Fliesen	Siehe DIN EN 12542			
8.3	Glas				
8.4	Natursteine				
8.5	Lehmbaustoffe	500		0,14	5/10
		600		0,17	
		700		0,21	
		800		0,25	
		900		0,30	
		1 000		0,35	
		1 200		0,47	
		1 400		0,59	
		1 600		0,73	
		1 800		0,91	
2 000		1,1			
8.6	Böden, naturfeucht	Siehe DIN EN 12542			
8.7	Keramik und Glasmosaik				
8.8	Metalle				

^a Die in Klammern angegebenen Rohdichtewerte dienen nur zur Ermittlung der flächenbezogenen Masse, z. B. für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes.

^b Die bei den Steinen genannten Rohdichten entsprechen den Rohdichteklassen der zitierten Stoffnormen.

^c Es ist jeweils der für die Baukonstruktion ungünstigere Wert einzusetzen. Bezüglich der Anwendung der μ -Werte siehe DIN 4108-3.

^d Bei Quarzsand erhöhen sich die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit um 20 %.

^f Bezeichnung der Mörtelarten nach DIN 1053-1

- NM — Normalmörtel;
- LM21 — Leichtmörtel mit $\lambda = 0,21$ W/(m · K);
- LM36 — Leichtmörtel mit $\lambda = 0,36$ W/(m · K);
- DM — Dünnbettmörtel.

^e Die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit sind bei Hohlblöcken mit Quarzsandzusatz für 2 K Hbl um 20 % und für 3 K Hbl bis 6 K Hbl um 15 % zu erhöhen.

ⁱ Wenn keine Werte angegeben sind, gelten die Werte der Spalte „NM“.

^g Diese Stoffe sind hinsichtlich ihrer wärmeschutztechnischen Eigenschaften nicht genormt. Die angegebenen Wärmeleitfähigkeitswerte stellen obere Grenzwerte dar.

^h Die Dichte wird bei losen Schüttungen als Schüttdichte angegeben.

Tabelle 2 — Zeile 5 von Tabelle 1 für Wärmedämmstoffe nach harmonisierten Europäischen Normen

Zeile	Stoff	Kategorie I		Kategorie II		Richtwert der Wasserdampf- Diffusions- widerstandszahl a μ
		Nenn- wert W/(m · K) λ_D	Bemessungs- wert W/(m · K) λ^b	Grenz- wert W/(m · K) λ_{grenz}^c	Bemessungs- wert W/(m · K) λ^d	
		5.1	Mineralwolle (MW) nach DIN EN 13162	0,030	0,036	
		0,031	0,037	0,0299	0,031	
		0,032	0,038	0,0309	0,032	
		0,033	0,040	0,0319	0,033	
		0,034	0,041	0,0329	0,034	
		0,035	0,042	0,0338	0,035	
		
		0,050	0,060	0,0480	0,050	
5.2	Expandierter Polystyrolschaum (EPS) nach DIN EN 13163	0,030	0,036	0,0290	0,030	20/100
		0,031	0,037	0,0299	0,031	
		0,032	0,038	0,0309	0,032	
		0,033	0,040	0,0319	0,033	
		0,034	0,041	0,0329	0,034	
		0,035	0,042	0,0338	0,035	
		
		0,050	0,060	0,0480	0,050	
5.3	Extrudierter Polystyrolschaum (XPS) nach DIN EN 13164	0,026	0,031	0,0252	0,026	80/250
		0,027	0,032	0,0261	0,027	
		0,028	0,034	0,0271	0,028	
		0,029	0,035	0,0280	0,029	
		0,030	0,036	0,0290	0,030	
		
		
		0,040	0,048	0,0385	0,040	
5.4	Polyurethan-Hartschaum (PUR) nach DIN EN 13165 ^e	0,020	0,024	0,0195	0,020	40/200
		0,021	0,025	0,0204	0,021	
		0,022	0,026	0,0214	0,022	
		0,023	0,028	0,0223	0,023	
		0,024	0,029	0,0233	0,024	
		0,025	0,030	0,0242	0,025	
		
		0,040	0,048	0,0428	0,045	

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Zeile	Stoff	Kategorie I		Kategorie II		Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl ^a μ
		Nennwert $W/(m \cdot K)$ λ_D	Bemessungswert $W/(m \cdot K)$ λ^b	Grenzwert $W/(m \cdot K)$ λ_{grenz}^c	Bemessungswert $W/(m \cdot K)$ λ^d	
5.5	Phenolharz-Hartschaum (PF) nach DIN EN 13166	0,020	0,024	0,0195	0,020	10/60
		0,021	0,025	0,0204	0,021	
		0,022	0,026	0,0214	0,022	
		0,023	0,028	0,0223	0,023	
		0,024	0,029	0,0233	0,024	
		0,025	0,030	0,0242	0,025	
		
		0,035	0,042	0,0338	0,035	
5.6	Schaumglas (CG) nach DIN EN 13167	0,038	0,046	0,0366	0,038	f
		0,039	0,047	0,0375	0,039	
		0,040	0,048	0,0385	0,040	
		
		0,055	0,066	0,0529	0,055	
5.7	Holzwolle-Leichtbauplatten nach DIN EN 13168					
5.7.1	Holzwolle-Platten (WW)	0,060	0,072	0,0576	0,060	2/5
		0,061	0,073	0,0585	0,061	
		0,062	0,074	0,0595	0,062	
		0,063	0,076	0,0604	0,063	
		0,064	0,077	0,0614	0,064	
		0,065	0,078	0,0623	0,065	
		
		
		
		0,10	0,12	0,0957	0,10	
		0,031	0,037	0,0299	0,031	
		0,046	0,055	0,0443	0,046	
		0,047	0,056	0,0452	0,047	
		
		
0,065	0,078	0,0624	0,065			

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Zeile	Stoff	Kategorie I		Kategorie II		Richtwert der Wasserdampf- Diffusions- widerstandszahl a μ
		Nenn- wert $W/(m \cdot K)$ λ_D	Bemessungs- wert $W/(m \cdot K)$ λ^b	Grenz- wert $W/(m \cdot K)$ λ_{grenz}^c	Bemessungs- wert $W/(m \cdot K)$ λ^d	
5.7.2	Holzwolle-Mehrschichtplatten nach DIN EN 13168 (WWC) mit expandiertem Polystyrolschaum (EPS) nach DIN EN 13163	0,030	0,036	0,0290	0,030	20/50
		0,031	0,037	0,0299	0,031	
		0,032	0,038	0,0309	0,032	
		0,033	0,040	0,0319	0,033	
		0,034	0,041	0,0329	0,034	
		0,035	0,042	0,0338	0,035	
		
		
	0,050	0,060	0,0480	0,050	1	
	0,030	0,036	0,0290	0,030		
	0,031	0,037	0,0299	0,031		
	0,032	0,038	0,0309	0,032		
	0,033	0,040	0,0319	0,033		
	0,034	0,041	0,0329	0,034		
	0,035	0,042	0,0338	0,035		
		
	0,050	0,060	0,0480	0,050	2/5	
	Holzwolledeckschicht(en) nach DIN EN 13168	0,10	0,12	0,0957		0,10
		0,11	0,13	0,1090		0,11
		0,12	0,14	0,1190		0,12
		0,13	0,16	0,1280		0,13
	0,14	0,17	0,1380	0,14		
5.8	Bläherlit (EPB) nach DIN EN 13169	0,045	0,054	0,0432	0,045	5
		0,046	0,055	0,0443	0,046	
		0,047	0,056	0,0452	0,047	
		
		0,065	0,078	0,0624	0,065	

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Zeile	Stoff	Kategorie I		Kategorie II		Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl ^a μ
		Nennwert $W/(m \cdot K)$ λ_D	Bemessungswert $W/(m \cdot K)$ λ^b	Grenzwert $W/(m \cdot K)$ λ_{grenz}^c	Bemessungswert $W/(m \cdot K)$ λ^d	
5.9	Expandierter Kork (ICB) nach DIN EN 13170 ⁹	0,040	0,049	0,0368	0,040	5/10
		0,041	0,050	0,0377	0,041	
		0,042	0,052	0,0386	0,042	
		0,043	0,053	0,0395	0,043	
		0,044	0,054	0,0404	0,044	
		0,045	0,055	0,0413	0,045	
		
		0,055	0,067	0,0504	0,055	
5.10	Holzfaserdämmstoff (WF) nach DIN EN 13171 ⁹	0,032	0,039	0,0303	0,032	5
		0,033	0,040	0,0312	0,033	
		0,034	0,042	0,0322	0,034	
		0,035	0,043	0,0331	0,035	
		0,036	0,044	0,0340	0,036	
		0,037	0,045	0,0350	0,037	
		0,038	0,046	0,0359	0,038	
		0,039	0,048	0,0368	0,039	
		0,040	0,049	0,0378	0,040	
		
		
		0,060	0,073	0,0565	0,060	
5.11	Wärmedämmputz nach DIN EN 998-1 der Kategorie			0,057	0,060	5/20
		T1		0,066	0,070	
		T1		0,075	0,080	
		T1		0,085	0,090	
		T1	0,120	0,094	0,100	
		T2		0,113	0,120	
		T2		0,132	0,140	
		T2	0,192	0,150	0,160	

Tabelle 2 (fortgesetzt)

a	Es ist jeweils der für die Baukonstruktion ungünstigere Wert einzusetzen. Bezüglich der Anwendung der μ -Werte siehe DIN 4108-3.
b	$\lambda = \lambda_D \cdot 1,2$
c	Der Wert λ_{grenz} ist im Rahmen der technischen Spezifikationen des jeweiligen Dämmstoffs festzulegen.
d	$\lambda = \lambda_{\text{grenz}} \cdot 1,05$
e	die alternative Ermittlung von λ ist möglich nach Anhang C
f	praktisch dampfdicht, DIN EN 12086 oder DIN EN ISO 12572: $S_d \geq 1\,500\text{ m}$
g	in den Zeilen 5.9 und 5.10 ist die Umrechnung der Feuchte bereits realisiert; in der Zeile 5.9 ist die Umrechnung $\lambda = \lambda_D \cdot 1,23$ und $\lambda = \lambda_{\text{grenz}} \cdot 1,1$ sowie in der Zeile 5.10 $\lambda = \lambda_D \cdot 1,23$ und $\lambda = \lambda_{\text{grenz}} \cdot 1,07$

Tabelle 3 — Wärmedämmstoffe nach nationalen Normen

Zeile	Stoff	Rohdichte ρ kg/m ³	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ W/(m · K)	Richtwert der Wasserdampf-Diffusions- widerstandszahl ^a μ
1	Schaumkunststoffe, an der Verwendungsstelle hergestellt			
1.1	Polyurethan (PUR)-Ortschaum nach DIN 18159-1 (Treibmittel CO ₂)			
	Wärmeleitfähigkeitsgruppe			
	035	(> 45)	0,035	30/100
040	0,040			
1.2	Harnstoff-Formaldehyd (UF)-Ortschaum nach DIN 18159-2			
	Wärmeleitfähigkeitsgruppe			
	035	(≥ 10)	0,035	1/3
040	0,040			
1.3	Holzfaserdämmstoffe nach DIN V 4108-10 und DIN EN 13171			
	Wärmeleitfähigkeitsgruppe			
	035	(110 bis 450)	0,035	5
	040		0,040	
	045		0,045	
	050		0,050	
055	0,055			
060	0,060			
a	Es ist der jeweils für die Baukonstruktion ungünstigere Wert einzusetzen. Bezüglich der Anwendung der μ -Werte siehe DIN 4108-3.			

4.2 Ausgleichsfeuchtegehalte

Die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit λ in Tabelle 1 sind aufgrund der Ausgleichsfeuchtegehalte im Klima 23 °C/80 % relative Luftfeuchte nach Tabelle 4 und den Umrechnungsfaktoren für den Feuchtegehalt nach Tabelle 5 festgelegt worden.

Tabelle 4 — Ausgleichsfeuchtegehalte von Baustoffen

Zeile	Baustoffe	Feuchtegehalt u (Massenanteil) kg/kg
1	Beton mit geschlossenem Gefüge mit porigen Zuschlägen	0,13
2	2.1 Leichtbeton mit haufwerkporigem Gefüge mit dichten Zuschlägen nach DIN 4226-1	0,03
	2.2 Leichtbeton mit haufwerkporigem Gefüge mit porigen Zuschlägen nach DIN 4226-2	0,045
3	Gips, Anhydrit	0,02
4	Gussasphalt, Asphaltmastix	0
5	Holz, Sperrholz, Spanplatten, Holzfaserplatten, Schilfrohrplatten und -matten, organische Faserdämmstoffe	0,15
6	Pflanzliche Faserdämmstoffe aus Seegras, Holz-, Torf- und Kokosfasern und sonstige Fasern	0,15

Weitere Ausgleichsfeuchtegehalte sind DIN EN 12524:2000-07, Tabelle 2, zu entnehmen.

4.3 Umrechnungsfaktoren für den Feuchtegehalt und Zuschlagswerte

Umrechnungsfaktoren für Wandbaustoffe werden in Tabelle 5, Zuschlagswerte für Wärmedämmstoffe werden in Tabelle 6 angegeben.

Tabelle 5 — Wandbaustoffe

Zeile	Mauerwerk- und Wandkonstruktionen, Mörtel, Estriche	Umrechnungsfaktor F_m^a
1	Mauerziegel	1,13
2	Kalksandstein	1,27
3	Porenbeton	1,20
4	Beton mit Blähtonzuschlägen	1,08
5	Beton mit überwiegend Blähtonzuschlägen	1,13
6	Beton mit Bimszuschlägen	1,15
7	Beton mit Polystyrolzuschlägen	1,13
8	Beton mit mehr als 70 % geblähter Hochofenschlacke	1,17
9	Beton mit Zuschlägen, vorwiegend bei hohen Temperaturen aus taubem Gestein aufbereitet	1,17
10	Beton mit Leichtzuschlägen	1,22
11	Mörtel (Mauermörtel und Putzmörtel)	1,27
12	Beton mit nichtporigen Zuschlägen und Kunststein	1,17
13	Beton mit geschlossenem Gefüge und mit porigen Zuschlägen	1,45
14	Gips, Anhydrit	1,25
15	Steinholz	1,60
16	Asphalt, Bitumen	1,0

^a F_m , bezogen auf den Trockenwert der Wärmeleitfähigkeit

Tabelle 6 — Zuschlagswerte für Wärmedämmstoffe

Zeile	Stoffe	Zuschlagswert <i>Z</i>
1	Anorganische Stoffe in loser Schüttung	
1.1	expandiertes Gesteinsglas (z. B. Blähperlit)	0,05
1.2	sonstige anorganische Stoffe	0,05
3	Pflanzliche Faserdämmstoffe	
3.1	Kokosfasern	0,10
3.2	sonstige pflanzliche Fasern	0,20
4	Synthetische Faserdämmstoffe	0,20
6	Holzfasern nach DIN EN 622	0,15
7	Harnstoff-Formaldehydharz(UF)-Ortschaum nach DIN 18159-2	0,10

4.4 Wärmedurchlasswiderstand von Luftschichten

Wärmedurchlasswiderstände von ruhenden Luftschichten, schwach belüfteten Luftschichten und stark belüfteten Luftschichten werden nach DIN EN ISO 6946 angegeben.

4.5 Wärmeübergangswiderstände

Wärmeübergangswiderstände sind DIN EN ISO 6946 und DIN EN ISO 13370 zu entnehmen.

4.6 Spezifische Wärmekapazität

Spezifische Wärmekapazitäten von Baustoffen, Metallen, Wasser und Gasen werden nach DIN EN 12524 angegeben.

4.7 Decken

Die Wärmedurchlasswiderstände von Decken sind in Tabelle 7 angegeben.

Tabelle 7 — Wärmedurchlasswiderstände von Decken

Zeile	Spalte			
	1	2	3	4
	Deckenart und Darstellung	Dicke s mm	Wärmedurchlasswiderstand R $m^2 \cdot K/W$	
			im Mittel	an der ungünstigsten Stelle
1	Stahlbetonrippen und Stahlbetonbalkendecken nach DIN 1045-1, DIN 1045-2 mit Zwischenbauteilen nach DIN 4158			
1.1	Stahlbetonrippendecke (ohne Aufbeton, ohne Putz)	120	0,20	0,06
		140	0,21	0,07
		160	0,22	0,08
		180	0,23	0,09
		200	0,24	0,10
		220	0,25	0,11
1.2	Stahlbetonbalkendecke (ohne Aufbeton, ohne Putz)	120	0,16	0,06
		140	0,18	0,07
		160	0,20	0,08
		180	0,22	0,09
		200	0,24	0,10
		220	0,26	0,11
2.1	Ziegel als Zwischenbauteile nach DIN 4160 ohne Querstege (ohne Aufbeton, ohne Putz)	115	0,15	0,06
		140	0,16	0,07
		165	0,18	0,08

Tabelle 7 (fortgesetzt)

Zeile	Spalte			
	1	2	3	4
	Deckenart und Darstellung	Dicke s mm	Wärmedurchlass- widerstand R $m^2 \cdot K/W$	
			im Mittel	an der un- günstigsten Stelle
2.2	Ziegel als Zwischenbauteile nach DIN 4160 mit Querstegen (ohne Aufbeton, ohne Putz)	190	0,24	0,09
		225	0,26	0,10
		240	0,28	0,11
		265	0,30	0,12
		290	0,32	0,13
3	Stahlsteindecken nach DIN 1045-1, DIN 1045-2 aus DeckenziegelIn nach DIN 4159			
3.1	Ziegel für teilvermörtelbare Stoßfugen nach DIN 4159	115	0,15	0,06
		140	0,18	0,07
		165	0,21	0,08
		190	0,24	0,09
		215	0,27	0,10
		240	0,30	0,11
		265	0,33	0,12
		290	0,36	0,13
3.2	Ziegel für vollvermörtelbare Stoßfugen nach DIN 4159	115	0,13	0,06
		140	0,16	0,07
		165	0,19	0,08
		190	0,22	0,09
		215	0,25	0,10
		240	0,28	0,11
		265	0,31	0,12
		290	0,34	0,13
4	Stahlbetonhohldielen nach DIN 1045-1, DIN 1045-2			
	(ohne Aufbeton, ohne Putz)	65	0,13	0,03
		80	0,14	0,04
		100	0,15	0,05

5 Gläser, Fenster, Türen und Vorhangfassaden

5.1 Bemessungswerte für Fenster, Fenstertüren und Außentüren sowie Dachflächenfenster

5.1.1 Bemessungswerte für Fenster, Fenstertüren und Außentüren sowie Dachflächenfenster nach DIN EN 14351-1.

ANMERKUNG In den Berechnungsnormen und Nachweisen für den baulichen Wärmeschutz und die Energieeinsparung im Hochbau wird der Index BW (für Bemessungswerte) nicht verwendet.

5.1.1.1 Bemessungswerte des Wärmedurchgangskoeffizienten

Der Nennwert U_W bzw. U_D ist der vom Hersteller deklarierte Wärmedurchgangskoeffizient nach DIN EN 14351-1. Der Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten für Fenster, Fenstertüren sowie Dachflächenfenster $U_{W,BW}$ entspricht dem Nennwert U_W .

ANMERKUNG Der Wärmedurchgangskoeffizient für Fenster, Fenstertüren sowie Dachflächenfenster kann durch Abschlüsse (Rollläden) weiter verbessert werden. Unter stationären Bedingungen können bei regelmäßiger und sachgerechter Benutzung automatisch (zeitgesteuert) bediente Abschlüsse eine Verbesserung von etwa $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und manuell bediente von $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ bewirken. Im Bemessungswert bleibt diese Möglichkeit unberücksichtigt.

Der Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten für Außentüren $U_{D,BW}$ entspricht dem Nennwert U_D . Ist für den Nennwert des Wärmedurchgangskoeffizienten von Türen U_D kein Nachweis vorhanden (z. B. wegen handwerklicher Herstellung, Bestandstüren), können für den Anwendungsbereich dieser Vornorm pauschal folgende Bemessungswerte $U_{D,BW}$ verwendet werden:

Tabelle 8 — Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten von Türen $U_{D,BW}$ in Abhängigkeit der konstruktiven Merkmale

Konstruktionsmerkmale	$D_{U,BW}$ in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Türen aus Holz, Holzwerkstoffen und Kunststoff	2,9
Türen aus Metallrahmen und metallenen Bekleidungen	4,0

Es ist ausreichend, wenn der Nennwert des Wärmedurchgangskoeffizienten für Fenster U_W und Außentüren U_D für die in EN 14351-1:2006-07, Anhang E, definierten Abmessungen ermittelt wird.

5.1.1.2 Bemessungswert des Gesamtenergiedurchlassgrades und des Lichttransmissionsgrades

Der Nennwert g ist der nach DIN EN 14351-1 ermittelte Gesamtenergiedurchlassgrad. Der Nennwert τ_v ist der nach DIN EN 14351-1 ermittelte Lichttransmissionsgrad.

Der Bemessungswert g_{BW} des Gesamtenergiedurchlassgrades entspricht dem Nennwert g .

Der Bemessungswert $\tau_{v,BW}$ des Lichttransmissionsgrades entspricht dem Nennwert τ_v .

Ist für den Nennwert des Gesamtenergiedurchlassgrades g und/oder des Lichttransmissionsgrades τ_v kein Nachweis vorhanden, sind die Werte nach 5.2.2 zu ermitteln.

Die Werte sind identisch mit den Werten im Nachweis des Glasherstellers.

5.1.2 Luftdurchlässigkeit in Abhängigkeit von den Konstruktionsmerkmalen von Fenstern, Fenstertüren und Außentüren

Ist für die Klasse der Luftdurchlässigkeit von Fenstern, Fenstertüren sowie Außentüren kein Nachweis vorhanden, können für den Anwendungsbereich dieser Vornorm pauschal folgende Klassen verwendet werden:

Tabelle 9 — Luftdurchlässigkeit in Abhängigkeit der Konstruktionsmerkmale von Fenstern, Fenstertüren und Außentüren

Konstruktionsmerkmale	Klasse nach DIN EN 12207
Holzfenster (auch Doppelfenster) mit Profilen nach DIN 68121-1, ohne Dichtung	2
Alle Fensterkonstruktionen mit alterungsbeständiger, leicht auswechselbarer, weichfedernder Dichtung, in einer Ebene umlaufend angeordnet	3
Alle Außentürkonstruktionen mit alterungsbeständiger, leicht auswechselbarer, weichfedernder Dichtung, in einer Ebene umlaufend angeordnet	2

ANMERKUNG Die in Tabelle 9 angegebenen Werte können nicht für die Deklaration der Luftdurchlässigkeitsklasse im Rahmen des CE-Nachweises nach EN 14351-1 verwendet werden.

5.2 Bemessungswerte für Mehrscheiben-Isolierglas nach DIN EN 1279-5

ANMERKUNG Die Bemessungswerte $U_{g,BW}$, g_{BW} sowie $\tau_{v,BW}$ werden nur dann benötigt, wenn ausschließlich das Glas festzulegen ist, wie z. B. im Fall von Ersatz bzw. Erneuerung des Glases. In den Berechnungsnormen und Nachweisen für den baulichen Wärmeschutz und die Energieeinsparung im Hochbau wird der Index BW (für Bemessungswerte) nicht verwendet.

5.2.1 Bemessungswerte des Wärmedurchgangskoeffizienten

Der Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten $U_{g,BW}$ ist nach Gleichung (1) zu ermitteln.

$$U_{g,BW} = U_g + \Delta U_g \quad (1)$$

Dabei ist

g der vom Hersteller deklarierte Wärmedurchgangskoeffizient nach DIN EN 1279-5 (Nennwert);

ΔU_g der Korrekturwert nach Tabelle 10.

Tabelle 10 — Korrekturwerte ΔU_g zur Berechnung der Bemessungswerte $U_{g,BW}$

Korrekturwert ΔU_g W/(m ² · K)	Grundlage
+ 0,1	Sprossen im Scheibenzwischenraum (einfaches Sprossenkreuz)
+ 0,2	Sprossen im Scheibenzwischenraum (mehrfache Sprossenkreuze)

5.2.2 Bemessungswerte des Gesamtenergiedurchlassgrades und des Lichttransmissionsgrades

Der Nennwert ist der vom Hersteller deklarierte Gesamtenergiedurchlassgrad nach DIN EN 1279-5. Der Nennwert τ_v ist der vom Hersteller deklarierte Lichttransmissionsgrad nach DIN EN 1279-5.

Der Bemessungswert des Gesamtenergiedurchlassgrades g_{BW} entspricht dem Nennwert g .

Der Bemessungswert des Lichttransmissionsgrades $\tau_{v,BW}$ entspricht dem Nennwert τ_v .

Ist für den Gesamtenergiedurchlassgrad und/oder den Lichttransmissionsgrad τ_v kein Nachweis vorhanden, können für den Anwendungsbereich dieser Vornorm pauschal folgende Werte nach Tabelle 11 verwendet werden.

Tabelle 11 — Gesamtenergiedurchlassgrad und Lichttransmissionsgrad in Abhängigkeit der Konstruktionsmerkmale

Konstruktionsmerkmale	g_{BW}	$\tau_{v,BW}$
Einfachscheibe (unabhängig von der Dicke)	0,80	0,85
2-fach-Isolierglas mit Luft oder Gasfüllung, ohne Beschichtung	0,75	0,80
2-fach-Wärmeschutzglas mit Luft oder Gasfüllung, mit einer infrarotreflektierenden Beschichtung (low e-Schicht)	0,50	0,70
3-fach-Wärmeschutzglas mit Luft oder Gasfüllung, mit zwei infrarotreflektierenden Beschichtungen (low e-Schicht)	0,40	0,60
2-fach-Isolierglas mit Sonnenschutzbeschichtung (i. d. R. auf Pos. 2)	0,30	0,50

Liegen nur für Grundaufbauten

- Wärmeschutzglas: 4-SZR-4; Schicht auf Pos. 3,
- Sonnenschutzglas: 6-SRZ-4; Schicht auf Pos. 2

Gesamtenergiedurchlassgrade vor, so können diese nach Gleichung (2) und Tabelle 12 korrigiert werden.

$$g = g_0 \cdot c \quad (2)$$

Tabelle 12 — Korrekturfaktoren c in Abhängigkeit des Emissionsgrades ε_n

Außenscheibe Dicke d mm	Korrekturfaktor c bei Schichttyp	
	$\varepsilon_n \leq 0,1$	$\varepsilon_n > 0,1$
4 bis 6	1,00	1,00
7 bis 10	0,80	0,85
11 bis 14	0,85	0,80
> 14	0,75	0,70
Messung ist mit dickerer Außenscheibe erfolgt	1,00	1,00

Für dickere Innenscheiben kann der festgelegte g -Wert weiter verwendet werden.

5.3 Bemessungswerte für Vorhangfassaden

5.3.1 Bemessungswerte des Wärmedurchgangskoeffizienten

Der Nennwert U_{CW} ist der vom Hersteller deklarierte Wärmedurchgangskoeffizient nach DIN EN 13830.

Der Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten für Vorhangfassaden $U_{CW,BW}$ entspricht dem Nennwert U_{CW} .

5.3.2 Bemessungswerte des Gesamtenergiedurchlassgrades und des Lichttransmissionsgrades

Der Bemessungswert des Gesamtenergiedurchlassgrades g_{BW} sowie des Lichttransmissionsgrades $\tau_{V,BW}$ des Glases in der Vorhangfassade ist nach 5.2.2 zu ermitteln.

Die Werte sind identisch mit den Werten im Nachweis des Glasherstellers.

6 Lichtkuppeln und Dachlichtbänder

Der Nennwert des Wärmedurchgangskoeffizienten für Lichtkuppeln ist der vom Hersteller deklarierte Wärmedurchgangskoeffizient nach DIN EN 1873. Der Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten entspricht dem Nennwert.

Für zweischalige und dreischalige Lichtkuppeln oder Dachlichtbänder mit wärmegeprägten Aufsatzkränzen ohne deklarierten Wert dürfen ohne weiteren Nachweis die nachstehenden Bemessungswerte der Wärmedurchgangskoeffizienten nach Tabelle 13 angenommen werden:

Tabelle 13 — Bemessungswerte für Lichtkuppeln und Dachlichtbänder

Lichtkuppeln Dachlichtbänder	Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten
	U W/(m ² · K)
zweischalig	3,5
dreischalig	2,5

ANMERKUNG Die in Tabelle 13 angegebenen Werte können nicht für die Deklaration des U -Wertes im Rahmen des CE-Nachweises nach DIN EN 1873 verwendet werden.

Die Bemessungswerte des Wärmedurchgangskoeffizienten für Lichtkuppeln oder Dachlichtbänder beziehen sich auf die Nenngröße (lichtes Rohbaumaß in der Dachfläche).

Der Nennwert des Lichttransmissionsgrades τ_v für Lichtkuppeln ist der vom Hersteller deklarierte Lichttransmissionsgrad nach DIN EN 1873. Der Bemessungswert des Lichttransmissionsgrades $\tau_{V,BW}$ entspricht dem Nennwert τ_v . Er kann pauschal nach DIN V 18599-5 ermittelt werden, wenn kein Wert vorhanden ist. Der Bemessungswert des Lichttransmissionsgrades $\tau_{V,BW}$ für Dachlichtbänder kann pauschal nach DIN V 18599-5 ermittelt werden.

Der Bemessungswert des Gesamtenergiedurchlassgrades für Lichtkuppeln oder Dachlichtbänder g_{BW} entspricht dem Nennwert und kann pauschal nach DIN V 18599-5 ermittelt werden.

7 Bemessungswerte für Tore

Der Nennwert des Wärmedurchgangskoeffizienten U_D wird nach DIN EN 13241 ermittelt und mit dem CE-Zeichen angegeben. Der Bemessungswert $U_{D,BW}$ des Wärmedurchgangskoeffizienten ist gleich dem Nennwert.

Ist für den Nennwert des Wärmedurchgangskoeffizienten U_D kein Nachweis vorhanden, dürfen für den Anwendungsbereich dieser Vornorm pauschal folgende Bemessungswerte $U_{D,BW}$ verwendet werden:

Tabelle 14 — Bemessungswert $U_{D,BW}$ in Abhängigkeit der konstruktiven Merkmale

Toraufbau ^a	Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten $U_{D,BW}$ W/(m ² · K)
Tore mit einem Torblatt aus Metall (einschalig, ohne wärmetechnische Trennung)	6,5
Tore mit einem Torblatt aus Metall oder holzbeplankten Paneelen aus Dämmstoffen ($\lambda \leq 0,04$ W/(m · K) bzw. $R_D \geq 0,5$ W/(m ² · K) bei 15 mm Schichtdicke)	2,9
Tore mit einem Torblatt aus Holz und Holzwerkstoffen, Dicke der Torfüllung ≥ 15 mm	4,0
Tore mit einem Torblatt aus Holz und Holzwerkstoffen, Dicke der Torfüllung ≥ 25 mm	3,2
^a Unter Tore wird hier verstanden: Eine Einrichtung, um eine Öffnung zu schließen, die in der Regel für die Durchfahrt von Fahrzeugen vorgesehen ist. Der allgemeine Begriff für „Tore“ ist in DIN EN 12433-1 definiert.	

ANMERKUNG Die in Tabelle 14 angegebenen Werte können nicht für die Deklaration des U_D -Wertes im Rahmen des CE-Nachweises nach DIN EN 13241 verwendet werden.

8 Berechnung von Dämmstoffdicken bei Rohrleitungen

Gemäß EnEV bestehen Mindestanforderungen an die Dämmung bei wärmeleitenden Rohrleitungen. Diese Anforderungen beziehen sich auf einen Standardfall, bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit von $0,035$ W/(m · K). Die Verordnung lässt die Erfüllung der Anforderung mit anderen Wärmeleitfähigkeiten zu. Die nachfolgende Tabelle 15 dient zur Umrechnung der Dämmstoffdicken.

Tabelle 15 — Bestimmung von Dämmstoffdicken bei Einhaltung der Mindestanforderung der Energieeinsparverordnung (EnEV)—100 %-Anforderung

Kupferrohre, Cu nach DIN EN 1057			Stahlrohre, Fe nach DIN EN 10255 (Mittlere Reihe)			Mindestdicke nach EnEV bezogen auf eine Wärmeleit- fähigkeit von 0,035 W/(m · K) (100 %) mm	Wärme- durch- gangs- koeffizient ^a W/(m · K)	Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit in W/(m · K) von				
Nenn- weite	Rohr- außen- durch- messer	Rohr- innen- durch- messer max.	Nenn- weite	Nenn- außen- durch- messer	Gewinde- größe			Rohr- innen- durch- messer max.	0,025	0,030	0,035	0,040
DN	mm	mm	DN	mm		mm	W/(m · K)					
8	10	8				20	0,125	10	14	20	28	38
			6	10,2	1/8	6,2	0,126	10	14	20	28	38
10	12	10				20	0,137	10	15	20	27	37
			8	13,5	¼	8,9	0,145	10	15	20	27	36
10	15	13				20	0,154	11	15	20	27	35
			10	17,2	3/8	12,6	0,165	11	15	20	26	34
15	18	16				20	0,170	11	15	20	26	34
			15	21,3	½	16,1	0,187	11	15	20	26	33
20 ^b	22	19				20	0,191	11	15	20	26	33
			20	26,9	¾	21,7	0,216	12	16	20	25	32
25	28	25				30	0,179	17	23	30	39	49
			25	33,7	1	27,3	0,200	18	23	30	38	48
32	35	32				30	0,205	18	23	30	38	47
			32	42,2	1 ¼	36	0,208	21	28	36	46	57
40	42	39				39	0,198	23	30	39	50	62
			40	48,3	1 ½	41,9	0,207	25	33	42	53	66
50	54	50				50	0,201	29	39	50	63	79
			50	60,3	2	53,1	0,208	32	42	53	67	83
	64	60				60	0,201	35	47	60	76	94
65	76	72,1				72,1	0,201	43	56	72	91	113
			65	76,1	2 ½	68,9	0,206	41	54	69	87	107

Tabelle 15 (fortgesetzt)

Kupferrohre, Cu nach DIN EN 1057		Stahlrohre, Fe nach DIN 10255 (Mittlere Reihe)			Rohr- innen- durch- messer max.	Mindestdicke nach EnEV bezogen auf eine Wärmeleit- fähigkeit von 0,035 W/(m · K) (100 %) mm	Wärme- durch- gangs- koeffizient ^a W/(m · K)	Mindestdicke der Dämmschicht bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit in W/(m · K) von							
		Nenn- weite	Nenn- außen- durch- messer	Gewinde- größe				0,025	0,030	0,035	0,040	0,045			
DN	mm	DN	mm		mm		W/(m · K)								
80	89				84,9	84,9	0,201	50	66	85	107	133			
		80	88,9	3	80,9	80,9	0,206	48	63	81	102	126			
100 ^b	108 ^{b, c}					100	0,205	60	78	100	126	156			
		100	114,3	4	105,3	100	0,213	60	79	100	125	154			

^a Wärmeübergangskoeffizient innen: nicht berücksichtigt; Wärmeübergangskoeffizient außen: 10 W/(m² · K)
^b Nicht in DIN EN 1057 enthalten
^c Errechnete Werte

ANMERKUNG Wenn Zwischenwerte als Nennwerte produktionsbedingt bestehen, sind die in der Tabelle 16 genannten Mindestdämmschichtdicken linear zu interpolieren und auf ganze Millimeter aufzurunden.

Tabelle 16 — Bestimmung von Dämmstoffdicken bei Einhaltung der Mindestanforderung der Energieeinsparverordnung (EnEV)—50 %-Anforderung

Kupferrohre, Cu DIN EN 1057		Stahlrohre, Fe DIN EN 10255 (Mittlere Reihe)			Mindest- dicke nach EnEV 0,035 W/(m · K) (50 %) mm	Wärme- durchgangs- koeffizient W/(m · K)	Mindestdicke der Dämmschicht bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit von				
Nenn- weite DN	Rohr- außen- durch- messer mm	Rohrinnen- durch- messer max. mm	Nenn- weite DN	Rohr- außen- durch- messer mm			Ge- winde- größe mm	0,025 W/(m · K)	0,030 W/(m · K)	0,035 W/(m · K)	0,040 W/(m · K)
8	10	8			10	0,164	5	7	10	14	18
			6	10,2	1/8		5	7	10	14	18
10	12	10			10	0,182	5	8	10	13	17
			8	13,5	1/4		6	8	10	13	17
10	15	13			10	0,209	6	8	10	13	17
			10	17,2	3/8		6	8	10	13	16
15	18	16			10	0,235	6	8	10	13	16
			15	21,3	1/2		6	8	10	13	16
20	22	19			10	0,269	6	8	10	13	16
			20	26,9	3/4		6	8	10	12	15
25	28	25			15	0,258	9	12	15	19	23
			25	33,7	1		9	12	15	19	23
32	35	32			15	0,302	9	12	15	19	22
			32	42,4	1 1/4		11	14	17,2	21	25
40	42	39			17,2	0,320	12	16	19,5	24	29
			40	48,3	1 1/2		13	16	20,2	25	30
50	54	50			20,2	0,320	16	20	25	31	37
			50	60,3	2		17	21	26,6	32	39
					26,6	0,317	19	24	30	37	44
65	64	60			30	0,306	23	29	36,1	44	53
			65	76,1	2 1/2		21	27	33,6	41	49
80	89	84,9			33,6	0,322	27	34	42,5	52	62
			80	88,9	3		25	32	39,5	48	57
					42,5	0,324	32	40	50	61	72
100	108	103			50	0,319	32	41	50	61	72
			100	114,3	4		32	41	50	61	72
					50	0,332	32	41	50	61	72

Anhang A (normativ)

Bestimmung von Bemessungswerten für Mauerwerk aus Mauersteinen nach DIN EN 771

A.1 Allgemeines

Das in diesem Anhang beschriebene Verfahren ist anzuwenden für die Bestimmung von Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit für Mauerwerk anhand des im CE-Kennzeichen deklarierten Wertes der Wärmeleitfähigkeit. Es gilt, wenn die Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks nicht anhand der Rohdichte nach Tabelle 1 dieser Vornorm eingestuft wird.

Aus dem Nennwert der Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks wird nach A.2 der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks ermittelt. Die nach DIN EN 771 in Verbindung mit DIN EN 1745 deklarierten Nennwerte der Wärmeleitfähigkeit sind Trockenwerte und enthalten in der Regel den Einfluss von Stein und Fugenmaterial. Ist dies aus der Deklaration nicht ersichtlich oder ist das verwendete Fugenmaterial nicht definiert, so ist davon auszugehen, dass es sich bei dem deklarierten Wert um den Nennwert des Steins (Trockenwert) handelt. Dieser ist nach A.3 auf den Nennwert des Mauerwerks unter Verwendung eines konkreten Fugenmaterials umzurechnen. Wird ein anderes Fugenmaterial als in der Deklaration angegeben verwendet, so ist der Nennwert des Mauerwerks mit diesem Fugenmaterial nach A.4 zu bestimmen.

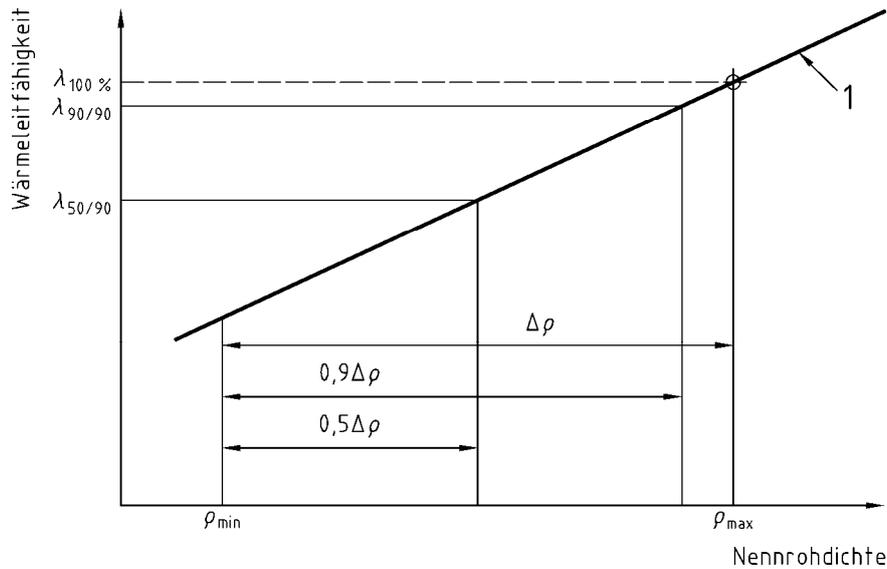
A.2 Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit für Mauerwerk λ

A.2.1 Umrechnung auf 100 % der Produktion

Es ist eine Umrechnung der deklarierten Werte der Wärmeleitfähigkeit nach dem Verfahren nach DIN EN 1745:2002-08, 4.2.2.4, auf 100 % der Produktion vorzunehmen. Hierzu sind folgende Angaben aus der CE-Kennzeichnung bzw. aus A.3 oder A.4 erforderlich:

- Deklarierter Wert (Nennwert) der Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks als $\lambda_{90/90}$ -Wert oder $\lambda_{50/90}$ -Wert der Produktion. Ist aus der Kennzeichnung nicht ersichtlich, um welchen Wert es sich handelt, so ist davon auszugehen, dass es sich bei dem deklarierten Wert um den Mittelwert (50/90-Wert) der Produktion handelt.
- Angaben zur Bandbreite der Nennrohddichte (größter und kleinster Einzelwert ρ_{\min} und ρ_{\max}).

Unter Zugrundelegung der Bandbreite der Rohdichte wird der extrapolierte Wert der Wärmeleitfähigkeit bei 100 % der Produktion ($\lambda_{100\%}$) ermittelt (siehe Bild A.1).

**Legende**

- 1 Gerade mit Steigung nach Werksproduktion oder DIN EN 1745

Bild A.1 — Grafik zur Ermittlung von $\lambda_{100\%}$

Der Wert $\lambda_{100\%}$ ergibt sich aus der Steigung der Geraden m , der Bandbreite $\Delta\rho$ und dem deklarierten Wert der Wärmeleitfähigkeit zu:

$$\lambda_{100\%} = \lambda_{90/90} + 0,1 \cdot \Delta\rho \cdot m \quad \text{bzw.} \quad \lambda_{100\%} = \lambda_{50/90} + 0,5 \cdot \Delta\rho \cdot m \quad (\text{A.1})$$

Die Steigung der Geraden ergibt sich nach DIN EN 1745:2002-08, Anhang A, in Abhängigkeit des Steinmaterials. Näherungsweise können folgende Werte angesetzt werden:

Tabelle A.1 — Steigungen der Wärmeleitfähigkeits-Rohddichte-Kurve

Steinmaterial	Steigung m^a
Ziegelscherben (gebrannter Ton)	0,0005
Kalksandstein mit $\rho_{\max} \leq 1\,500 \text{ kg/m}^3$	0,0008
Kalksandstein mit $\rho_{\max} > 1\,500 \text{ kg/m}^3$	0,0012
Betonsteine aus Normalbeton und Betonwerksteine	0,0010
Betonsteine mit Bims als einzigem Zuschlag	0,0003
Betonsteine mit Polystyrol-Zuschlag, wenn der $\lambda_{90/90}$ -Wert vorliegt	0,0003
Betonsteine mit Polystyrol-Zuschlag, wenn der $\lambda_{50/90}$ -Wert vorliegt	0,0002
Betonsteine mit Blähton-Zuschlag	0,0004
Betonsteine mit mehr als 70 % geschäumter Hochofenschlacke (Hüttenbims) als Zuschlag	0,0006
Betonsteine mit getempertem Bergmaterial als überwiegendem Zuschlag	0,0002
Betonsteine mit anderen leichten Zuschlägen, $\rho_{\max} \leq 1\,000 \text{ kg/m}^3$	0,0004
Betonsteine mit anderen leichten Zuschlägen, $1\,000 \text{ kg/m}^3 < \rho_{\max} \leq 1\,500 \text{ kg/m}^3$	0,0008
Betonsteine mit anderen leichten Zuschlägen, $\rho_{\max} > 1\,500 \text{ kg/m}^3$	0,0012

^a Genauere Werte für den Kurvenverlauf können DIN EN 1745:2002-08, Anhang A, oder Herstellerangaben entnommen werden.

A.2.2 Einfluss des Feuchtegehalts

Der Einfluss des Feuchtegehalts auf die Wärmeleitfähigkeit wird durch den Umrechnungsfaktor F_m berücksichtigt:

$$\lambda_{100\%,u} = \lambda_{100\%} \cdot F_m \quad (\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})) \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist

F_m der Umrechnungsfaktor für den Feuchtegehalt nach Tabelle 5 oder ermittelt nach Anhang B.

Der Wert $\lambda_{100\%,u}$ ist auf zwei wertanzeigende Ziffern und maximal zwei Nachkommastellen mathematisch zu runden.

A.2.3 Einstufung der Wärmeleitfähigkeit

Die Einstufung in Wärmeleitfähigkeitsklassen ist wie folgt vorzunehmen:

$$0,08 \leq \lambda_{100\%,u} \leq 0,99 \quad \text{gerundet auf} \quad 0,01 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$1,0 \leq \lambda_{100\%,u} \leq 3,0 \quad \text{gerundet auf} \quad 0,1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Der so eingestufte Wert ist der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ .

A.3 Umrechnung vom Nennwert der Wärmeleitfähigkeit eines Steins zum Nennwert des Mauerwerks

Die Berechnung des Nennwertes für Mauerwerk aus Mauersteinen nach DIN EN 771 erfolgt nach DIN EN ISO 10211-1 unter Berücksichtigung der Wärmeleitfähigkeit des Mörtels. Vereinfachend kann bei Steinhöhen größer 238 mm der Nennwert der Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks aus dem Nennwert der Wärmeleitfähigkeit des Steins und des Mörtels nach der folgenden Tabelle A.2 ermittelt werden.

Tabelle A.2 — Umrechnung der Nennwerte der Wärmeleitfähigkeit von Stein und Mauerwerk mit verschiedenen Fugenmaterialien

Nennwerte der Wärmeleitfähigkeit in $W/(m \cdot K)^a$				
von Steinprodukten (ohne Mörtel) $\lambda_{\text{Stein, tr.}}$	von Mauerwerk mit Mörtel ohne Stoßfugenvermörtelung			
	LM 21	LM 36	NM	DBM ^b
0,18	0,18	0,19	0,21	0,18
0,16	0,16	0,17	0,19	0,16
0,15	0,15	0,16	0,18	0,15
0,14	0,14	0,15	0,17	0,14
0,13	0,13	0,14	0,16	0,13
0,12	0,12	0,13	0,15	0,12
0,11	0,11	0,12	0,14	0,11
0,10	0,10	0,11	0,13	0,10
0,09	0,09	0,10	0,12	0,09
0,08	0,08	0,09	0,11	0,08

Diese Tabelle gilt sowohl bei Angabe des 50/90-Wertes als deklarierter Wert der Wärmeleitfähigkeit des Steins als auch bei Deklaration mit dem 90/90-Wert.

a Diese Tabelle gilt für die Steinhöhe ≥ 238 mm.
b Im Mittel bei 2 mm Fugendicke.

A.4 Umrechnung vom Nennwert der Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks auf Wärmeleitfähigkeiten mit anderen Fugenmaterialien

Ist die Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks und des enthaltenen Fugenmaterials bekannt, kann durch Rückrechnung mittels des vereinfachten Berechnungsverfahrens für Rippe-Gefach-Bereiche nach DIN EN ISO 6946 auf die (bei Lochsteinen äquivalente) Wärmeleitfähigkeit des Steins geschlossen werden. Mit diesem Wert lässt sich durch erneute Berechnung nach DIN EN ISO 6946 die äquivalente Wärmeleitfähigkeit von Mauerwerk aus den gleichen Steinen mit anderem Fugenmaterial bestimmen.

Die Umrechnung des Nennwertes einer bekannten Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks auf andere Fugenmaterialien ist über das Tabellenverfahren nach Tabelle A.2 statthaft, wenn mindestens drei Wandmessungen mit LM 21 (einschließlich Extrapolation auf die Rohdichteklasse) oder dreidimensionale Berechnungen nach DIN EN ISO 10211-1 bereits vorliegen.

ANMERKUNG Nennwerte für Mauerwerk können ggf. in der CE-Zeichen-Deklaration enthalten sein. Dies setzt Wandmessungen oder dreidimensionale Messungen voraus.

Anhang B (normativ)

Bestimmung eines individuellen Umrechnungsfaktors F_m für das jeweilige Steinmaterial

B.1 Allgemeines

Ist für das jeweilige Steinmaterial kein Umrechnungsfaktor F_m bekannt oder soll ein anderer Umrechnungsfaktor F_m verwendet werden als nach Tabelle 5 dieser Vornorm, so ist dieser für den nach DIN EN ISO 12571 gemessenen Absorptionsfeuchtegehalt wie folgt zu bestimmen.

B.2 Vorgehensweise zur individuellen Ermittlung des Umrechnungsfaktors F_m

Der Umrechnungskoeffizient für den Feuchtegehalt f_u bzw. f_v nach DIN EN ISO 10456:2000-08, Tabelle 4, ist zu verwenden. Für Mauerwerk aus Hochlochziegeln darf als Umrechnungskoeffizient für den Feuchtegehalt $f_u = 10$ kg/kg angesetzt werden.

Alternativ kann der Umrechnungskoeffizient für den Feuchtegehalt f_u bzw. f_v durch jeweils drei Messungen der Wärmeleitfähigkeit für jeden Rohdichtebereich nach Lagerung bei 23 °C/80 % relativer Luftfeuchte bis zur Massekonstanz in Anlehnung an DIN EN ISO 12571 sowie durch anschließende Messung im trockenen Zustand unter Berücksichtigung des gemessenen Absorptionsfeuchtegehaltes (Mittelwert aus mindestens 3 Messungen) bestimmt werden. Dieser Wert ist einmal im Jahr zu überwachen.

Die Berechnung des Umrechnungsfaktors F_m für den massebezogenen Feuchtegehalt erfolgt nach DIN EN ISO 10456:2000-08, 7.3, bei 23 °C/80 % relativer Luftfeuchte.

Der Mindestwert für F_m beträgt 1,03.

Anhang C (normativ)

Zuschlagswerte für Polyurethan-Hartschaum-Dämmstoffe nach DIN EN 13165

C.1 Ermittlung des Bemessungswertes für Polyurethan-Hartschaum-Dämmstoffe nach DIN EN 13165

Der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit kann laut Tabelle 2 Kategorie II nach folgendem Verfahren ermittelt werden:

$$\lambda = \lambda_{\text{grenz,a}} \cdot 1,05 \quad (\text{C.1})$$

Dabei ist

- λ der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit;
- $\lambda_{\text{grenz,a}}$ der Grenzwert der Wärmeleitfähigkeit nach Alterung.

C.2 Alternative Ermittlung des Bemessungswertes für Polyurethan-Hartschaum-Dämmstoffe nach DIN EN 13165

Alternativ zum oben genannten Verfahren kann der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit auch aus dem Grenzwert vor Alterung ermittelt werden, wenn die Voraussetzungen nach A.3 erfüllt sind.

$$\lambda = \lambda_{\text{grenz}} \cdot (1 + Z) \quad (\text{C.2})$$

Dabei ist

- λ_{grenz} Grenzwert der Wärmeleitfähigkeit vor Alterung (Anfangswerte);
- Z Zuschlagswerte nach A.4.

C.3 Voraussetzungen für die Anwendung des Verfahrens nach C.2

- a) Die Geschlossenenzelligkeit muss bei Prüfung nach DIN EN ISO 4590, Verfahren 2, ohne 5.4, mindestens 90 % betragen.
- b) Als Treibmittel ist Pentan zu verwenden. Das Treibmittel ist durch eine qualitative Zellgasanalyse an Proben mit einem Alter von mindestens 42 Tagen nachzuweisen. Die Bestimmung der Zellgaszusammensetzung ist durch Gaschromatographie an den Hartschaumplatten, die für die Wärmeleitfähigkeitsmessung verwendet werden, durchzuführen. Hierzu sind aus jeder Platte mindestens zwei Gasproben mittels Injektionsspritze zu entnehmen.
- c) Deckschichten gelten als gasdiffusionsdicht, wenn sie aus metallischen Werkstoffen mit einer Dicke von mindestens 50 µm bestehen. Bei Platten, deren Randflächen kleiner als 10 % der Gesamtoberfläche sind, braucht die Deckschicht die Randfläche nicht zu bedecken. Platten mit einem freien Randflächenanteil kleiner als 15 % der Gesamtoberfläche, bei einer Geschlossenenzelligkeit des Polyurethan-Hartschaums von mindestens 95 % und mit einer Plattenbreite von mindestens 1 m gelten ebenfalls als gasdiffusionsdicht.

C.4 Zuschlagswerte

Die Zuschlagswerte Z zur Ermittlung des Bemessungswertes der Wärmeleitfähigkeit

a) ohne gasdiffusionsdichte Deckschichten sind einzusetzen mit:

— $Z = 0,20$ für $\lambda_{\text{grenz}} \geq 0,025 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$;

— $Z = 0,30$ für $\lambda_{\text{grenz}} \leq 0,023 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$;

— Zwischenwerte sind zu interpolieren;

b) mit gasdiffusionsdichten Deckschichten sind einzusetzen mit

$Z = 0,10$.

Literaturhinweise

DIN 105-1, *Mauerziegel — Teil 1: Vollziegel und Hochlochziegel der Rohdichteklassen $\geq 1,2$*

DIN 105-2, *Mauerziegel — Teil 2: Wärmedämmziegel, Hochlochziegel und Füllziegel der Rohdichteklassen $\leq 1,0$*

DIN 106-1, *Kalksandsteine — Teil 1: Voll-, Loch-, Block-, Hohlblock-, Plansteine, Planelemente, Fasensteine, Bauplatten, Formsteine*

DIN 1062, *Kalksandsteine — Teil 2: Vormauersteine und Verblender*

DIN 18164-2, *Schaumkunststoffe als Dämmstoffe für das Bauwesen — Teil 2: Dämmstoffe für die Trittschalldämmung aus expandiertem Polystyrol-Hartschaum*

*DIBt-Richtlinie zur Messung der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10, tr}$ von Mauersteinprobekörpern in DIBt-Mitteilungen, Heft 3:2000*³⁾

Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Sprossenkonstruktionen auf den Wärmedurchgang von Fenstern, H. Froelich u. a.; Februar 2001, i.f.t. Rosenheim

ift-Richtlinie WA 01/01, *U_f -Werte für thermisch getrennte Metallprofile aus Fenstersystemen*⁴⁾

ift-Richtlinie WA 02/02, *U_f -Werte für Kunststoffprofile aus Fenstersystemen*⁴⁾

ift-Richtlinie WA 03/02, *U_f -Werte für thermisch getrennte Metallprofile aus Fassadensystemen*⁴⁾

Lohmeyer, S. und Müller, G.: Bestimmung der Porengasmenge und -zusammensetzung in Polyurethanschäumen, Kältetechnik — Klimatisierung 22 (1970, H. 9, S. 291–294)

3) Zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

4) Ernst und Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaft GmbH + Co. KG, Bühringstr. 10, 13086 Berlin.

DIN 4108-10

ICS 91.120.10

Ersatz für
DIN V 4108-10:2004-06 und
DIN V 4108-10
Berichtigung 1:2004-09

**Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden –
Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe –
Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe**

Thermal insulation and energy economy in buildings –
Part 10: Application-related requirements for thermal insulation materials –
Factory made products

Isolation thermique et économie d'énergie dans les bâtiments –
Partie 10: Exigences d'application pour produits isolants thermiques –
Produits isolants thermiques manufacturés

Gesamtumfang 34 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN 4108-10:2008-06**Inhalt**

	Seite
Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Anforderungen	9
4.1 Allgemeines	9
4.2 Produktspezifische Anforderungen	9
4.2.1 Allgemeines	9
4.2.2 Mineralwolle (MW)	9
4.2.3 Polystyrol-Hartschaum (EPS)	9
4.2.4 Polystyrol-Extruderschaum (XPS)	9
4.2.5 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	9
4.2.6 Phenolharz-Hartschaum (PF)	9
4.2.7 Schaumglas (CG)	9
4.2.8 Holzwolle-Platten (WW)	10
4.2.9 Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C)	10
4.2.10 Expandiertes Perlite (EPB)	10
4.2.11 Expandierter Kork (ICB)	10
4.2.12 Holzfaser (WF)	10
4.3 Anwendungsbezogene Anforderungen	10
4.3.1 Allgemeines	10
4.3.2 Tabellen zu Mindestanforderungen an Dämmstoffe nach Typen	12
5 Wärmeleitfähigkeit und Wärmedurchlasswiderstand	33
6 Brandverhalten	33
Literaturhinweise	34

Vorwort

Diese Norm ist vom NABau-Arbeitsausschuss NA 005-56-92 AA „Kennwerte und Anforderungsbedingungen“ erarbeitet worden.

Die Reihe DIN 4108, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden* besteht aus:

- *Teil 1: Größen und Einheiten*
- *Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz*
- *Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung*
- *Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte (Vornorm)*
- *Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs und Jahresheizenergiebedarfs (Vornorm)*
- *Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele (Vornorm)*
- *Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe — Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe*
- *Beiblatt 1, Inhaltsverzeichnisse, Stichwortverzeichnis*
- *Beiblatt 2, Wärmebrücken — Planungs- und Ausführungsbeispiele*

Änderungen

Gegenüber DIN V 4108-10:2004-06 und DIN V 4108-10 Berichtigung 1:2004-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung des Status des Dokumentes von Vornorm auf Norm;
- b) Anpassung der anwendungsbezogenen Anforderungen an den Stand der Technik;
- c) Überprüfung der Tabellen 1, 3, 8 bis 11 und 13;
- d) Berichtigung 1 eingearbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 1101: 1938-09, 1952x-01, 1960-10, 1970-04, 1980-03, 1989-11, 2000-06

DIN V 4108-10: 2002-02, 2004-06,

DIN V 4108-10 Berichtigung 1: 2004-07

DIN 18161-1: 1976-12

DIN 18164: 1963-01, 1966-08

DIN 18164-1: 1972-12, 1979-06, 1991-12, 1992-08

DIN V 18164-1: 2002-01

DIN 18164-2: 1972-12, 1979-06, 1990-12, 1991-03, 2001-09

DIN 18165: 1963-03, 1957-08

DIN 18165-1: 1975-01, 1987-03, 1991-07

DIN V 18165-1: 2002-01

DIN 18165-2: 1975-01, 1987-03, 2001-09

DIN 18174: 1981-01

DIN 68755-1: 1992-07, 2000-06

DIN 68755-2: 2000-06

DIN 4108-10:2008-06

Einleitung

Die Norm verknüpft die in DIN EN 13162, DIN EN 13163, DIN EN 13164, DIN EN 13165, DIN EN 13166, DIN EN 13167, DIN EN 13168, DIN EN 13169, DIN EN 13170 und DIN EN 13171 angegebenen Eigenschaften mit geltenden anwendungsbezogenen Anforderungen.

Wärmedämmstoffe können für verschiedene Anwendungen verwendet werden. Die vorliegende Norm legt die Mindestanforderungen für die einzelnen Anwendungsgebiete fest.

Im Einzelfall können durch andere Regelungen höhere Anforderungen gestellt werden, z. B. durch die Regelung für Dächer mit Abdichtungen (siehe Literaturhinweis [1]). Ebenso können Planer und Bauherren höhere Anforderungen stellen.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt anwendungsbezogene Anforderungen an werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe für Gebäude nach DIN EN 13162, DIN EN 13163, DIN EN 13164, DIN EN 13165, DIN EN 13166, DIN EN 13167, DIN EN 13168, DIN EN 13169, DIN EN 13170 und DIN EN 13171 fest und ordnet den Wärmedämmstoffen Anwendungsgebiete zu, die durch Kurzzeichen gekennzeichnet sind.

ANMERKUNG Auf diese Weise können Planer und Anwender von Wärmedämmstoffen die geeigneten Anwendungstypen auswählen.

Diese Norm beinhaltet Festlegungen zur Qualitätssicherung von Wärmedämmstoffen für deren Anwendung.

Diese Norm regelt nicht die Anwendung von Wärmedämmstoffen für die Haustechnik und betriebstechnische Anlagen und von Ort-Wärmedämmstoffen, die an der Verwendungsstelle hergestellt werden.

Diese Norm regelt nicht die Anwendung von Wärmedämmstoffen, für die keine entsprechende Europäische Norm gilt.

Anwendungsrichtlinien, Fachregeln, Merkblätter und Anwendungen, die einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses bedürfen, sind nicht Gegenstand dieser Norm.

Bei Industrieböden und Parkdecks ist unter Zugrundelegung von vorwiegend ruhenden Einwirkungen nach DIN 1055-3 die Dickenminderung der Dämmschicht auf 2 % zu begrenzen. Dies gilt für alle Anwendungen von Dämmstoffen mit dem Kurzzeichen **ds** und **dx** nach Tabelle 2. Bei dynamischer Belastung sind die Mindestanforderungen dieser Norm nicht anwendbar.

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).

DIN 1055-3, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten*

DIN 4102-1, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen — Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen*

DIN 4108-2, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz*

DIN V 4108-4, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte*

DIN EN 13162, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) — Spezifikation*

DIN EN 13163, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrolschaum (EPS) — Spezifikation*

DIN EN 13164, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte als extrudiertem Polystyrolschaum (XPS) — Spezifikation*

DIN EN 13165, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyurethan-Hartschaum (PUR) — Spezifikation*

DIN 4108-10:2008-06

DIN EN 13166, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Phenolharz-Hartschaum (PF) — Spezifikation*

DIN EN 13167, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Schaumglas (CG) — Spezifikation*

DIN EN 13168, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Holzwolle (WW) — Spezifikation*

DIN EN 13169, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Blähperlit (EPB) — Spezifikation*

DIN EN 13170, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Kork (ICB) — Spezifikation*

DIN EN 13171, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Holzfaserdämmstoffe (WF) — Spezifikation*

DIN EN 13501-1, *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten — Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten*

DIN EN ISO 7345, *Wärmeschutz — Physikalische Größen und Definitionen*

DIN EN ISO 9229, *Wärmedämmung — Begriffe*

DIN EN ISO 9346, *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Gebäuden und Baustoffen - Physikalische Größen für den Stofftransport - Begriffe*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN ISO 7345, DIN EN ISO 9229 und DIN EN ISO 9346 und die folgenden Begriffe.

3.1

Anwendungsgebiet

Verwendung von werkmäßig hergestellten Wärmedämmstoffen für Gebäude

3.2

Kurzzeichen

Die in der vorliegenden Norm verwendeten Kurzzeichen sind Abkürzungen für Anwendungsgebiete von Wärmedämmungen. Sie sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Anwendungsgebiete von Wärmedämmungen

Anwendungsgebiet	Kurzzeichen	Anwendungsbeispiele
Decke, Dach	DAD	Außendämmung von Dach oder Decke, vor Bewitterung geschützt, Dämmung unter Deckungen
	DAA	Außendämmung von Dach oder Decke, vor Bewitterung geschützt, Dämmung unter Abdichtungen
	DUK	Außendämmung des Daches, der Bewitterung ausgesetzt (Umkehrdach) ^a
	DZ	Zwischensparrendämmung, zweischaliges Dach, nicht begehbare, aber zugängliche oberste Geschossdecken
	DI	Innendämmung der Decke (unterseitig) oder des Daches, Dämmung unter den Sparren/Tragkonstruktion, abgehängte Decke usw.
	DEO	Innendämmung der Decke oder Bodenplatte (oberseitig) unter Estrich ohne Schallschutzanforderungen
	DES	Innendämmung der Decke oder Bodenplatte (oberseitig) unter Estrich mit Schallschutzanforderungen
Wand	WAB	Außendämmung der Wand hinter Bekleidung
	WAA	Außendämmung der Wand hinter Abdichtung
	WAP	Außendämmung der Wand unter Putz
	WZ	Dämmung von zweischaligen Wänden, Kerndämmung
	WH	Dämmung von Holzrahmen- und Holztafelbauweise
	WI	Innendämmung der Wand
	WTH	Dämmung zwischen Haustrennwänden mit Schallschutzanforderungen
	WTR	Dämmung von Rauntrennwänden
Perimeter	PW	Außen liegende Wärmedämmung von Wänden gegen Erdreich (außerhalb der Abdichtung) ^a
	PB	Außen liegende Wärmedämmung unter der Bodenplatte gegen Erdreich (außerhalb der Abdichtung) ^a
^a Es gelten die Festlegungen nach DIN 4108-2.		

DIN 4108-10:2008-06

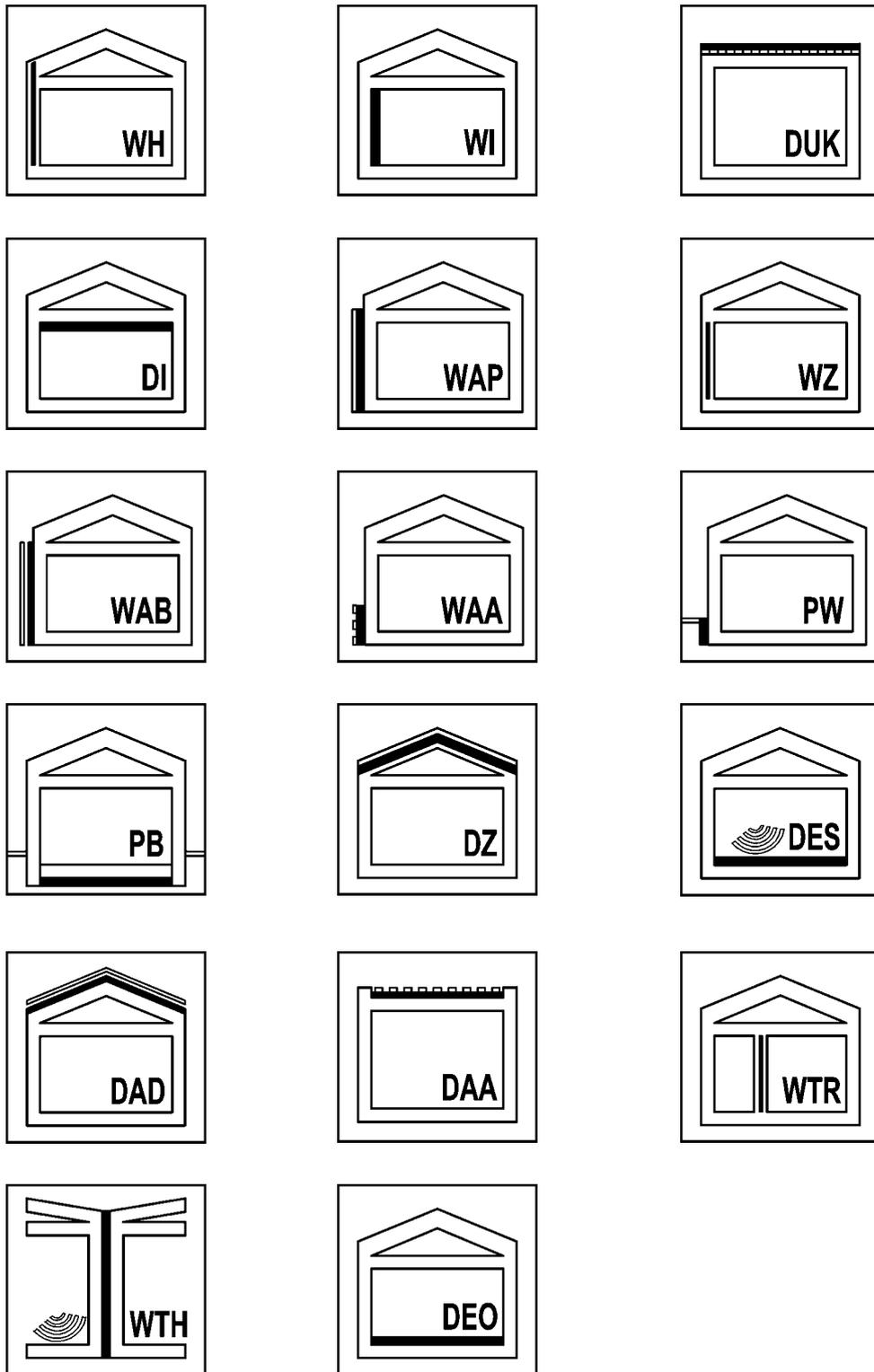


Bild 1 — Piktogramme für Anwendungstypen

4 Anforderungen

4.1 Allgemeines

Die nachfolgenden Abschnitte legen die anwendungsbezogenen Anforderungen für geregelte Wärmedämmstoffe für Gebäude fest. Die festgelegten Anforderungen sind als Stufen, Klassen oder Grenzwerte DIN EN 13162, DIN EN 13163, DIN EN 13164, DIN EN 13165, DIN EN 13166, DIN EN 13167, DIN EN 13168, DIN EN 13169, DIN EN 13170 und DIN EN 13171 zugeordnet.

Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte sind in DIN V 4108-4 festgelegt.

4.2 Produktspezifische Anforderungen

4.2.1 Allgemeines

Werden Produkte unter Bezugnahme auf vorliegende Norm für spezielle Anwendungen ausgewiesen, müssen sie die in 4.2.2 bis 4.2.12 angegebenen Anforderungen erfüllen.

Die in Abschnitt 1 in Bezug genommenen Wärmedämmstoffnormen enthalten alle einen Abschnitt über produktspezifische Anforderungen (4.2) für alle Anwendungszwecke. Die darin festgelegten Anforderungen gelten zusammen mit vorliegender Norm. Die Anforderungen nach 4.3 der jeweiligen Wärmedämmstoffnormen bezüglich bestimmter Anwendungszwecke werden in vorliegender Norm anwendungsbezogen zugeordnet.

4.2.2 Mineralwolle (MW)

Für die Anwendungsgebiete von Produkten aus Mineralwolle (MW) gelten die anwendungsbezogenen Anforderungen nach Tabelle 3. Für die Stufen, Klassen und Grenzwerte von MW gilt DIN EN 13162.

4.2.3 Polystyrol-Hartschaum (EPS)

Für die Anwendungsgebiete von Produkten aus Polystyrol-Hartschaum (EPS) gelten die anwendungsbezogenen Anforderungen nach Tabelle 4. Für die Stufen, Klassen und Grenzwerte von EPS gilt DIN EN 13163.

4.2.4 Polystyrol-Extruderschaum (XPS)

Für die Anwendungsgebiete von Produkten aus Polystyrol-Extruderschaum (XPS) gelten die anwendungsbezogenen Anforderungen nach Tabelle 5. Für die Stufen, Klassen und Grenzwerte von XPS gilt DIN EN 13164.

4.2.5 Polyurethan-Hartschaum (PUR)

Für die Anwendungsgebiete von Produkten aus Polyurethan-Hartschaum (PUR) gelten die anwendungsbezogenen Anforderungen nach Tabelle 6. Für die Stufen, Klassen und Grenzwerte von PUR gilt DIN EN 13165.

4.2.6 Phenolharz-Hartschaum (PF)

Für die Anwendungsgebiete von Produkten aus Phenolharz-Hartschaum (PF) gelten die anwendungsbezogenen Anforderungen nach Tabelle 7. Für die Stufen, Klassen und Grenzwerte von PF gilt DIN EN 13166.

4.2.7 Schaumglas (CG)

Für die Anwendungsgebiete von Produkten aus Schaumglas (CG) gelten die anwendungsbezogenen Anforderungen nach Tabelle 8. Für die Stufen, Klassen und Grenzwerte von CG gilt DIN EN 13167.

DIN 4108-10:2008-06

4.2.8 Holzwolle-Platten (WW)

Für die Anwendungsgebiete von Produkten aus Holzwolle-Leichtbauplatten (WW) gelten die anwendungsbezogenen Anforderungen nach Tabelle 9. Für die Stufen, Klassen und Grenzwerte von WW gilt DIN EN 13168.

4.2.9 Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C)

Für die Anwendung von Produkten aus Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C) gelten die anwendungsbezogenen Anforderungen nach Tabelle 10. Für die Stufen, Klassen und Grenzwerte von WW-C gilt DIN EN 13168.

4.2.10 Expandiertes Perlite (EPB)

Für die Anwendungsgebiete von Produkten aus expandiertem Perlite (EPB) gelten die anwendungsbezogenen Anforderungen nach Tabelle 11. Für die Stufen, Klassen und Grenzwerte von EPB gilt DIN EN 13169.

4.2.11 Expandierter Kork (ICB)

Für die Anwendungsgebiete von Produkten aus expandiertem Kork (ICB) gelten die anwendungsbezogenen Anforderungen nach Tabelle 12. Für die Stufen, Klassen und Grenzwerte von ICB gilt DIN EN 13170.

4.2.12 Holzfaser (WF)

Für die Anwendungsgebiete von Produkten aus Holzfaser (WF) gelten die anwendungsbezogenen Anforderungen nach Tabelle 13. Für die Stufen, Klassen und Grenzwerte von WF gilt DIN EN 13171.

4.3 Anwendungsbezogene Anforderungen

4.3.1 Allgemeines

Die Anwendungsgebiete sind in Tabelle 1 aufgeführt. Differenzierungen von bestimmten Produkteigenschaften sind in Tabelle 2 angegeben.

ANMERKUNG Für die in den Tabellen 3 bis 13 angegebenen nicht genormten Anwendungen kann nach bauaufsichtlichen Regelungen ein entsprechender Verwendungsnachweis geführt werden.

Anwendungsbezogene Mindestanforderungen an Wärmedämmstoffe sind in den Tabellen 3 bis 13 aufgeführt.

Tabelle 2 — Differenzierungen von bestimmten Produkteigenschaften

Produkt-eigenschaft	Kurz-zeichen	Beschreibung	Beispiele
Druckbelastbarkeit	dk	Keine Druckbelastbarkeit	Hohlraumdämmung, Zwischensparrendämmung
	dg	Geringe Druckbelastbarkeit	Wohn- und Bürobereich unter Estrich,
	dm	Mittlere Druckbelastbarkeit	Nicht genutztes Dach mit Abdichtung
	dh	Hohe Druckbelastbarkeit	Genutzte Dachflächen, Terrassen
	ds	Sehr hohe Druckbelastbarkeit	Industrieböden, Parkdeck
	dx	Extrem hohe Druckbelastbarkeit	Hoch belastete Industrieböden, Parkdeck
Wasseraufnahme	wk	Keine Anforderungen an die Wasseraufnahme	Innendämmung im Wohn- und Bürobereich
	wf	Wasseraufnahme durch flüssiges Wasser	Außendämmung von Außenwänden und Dächern
	wd	Wasseraufnahme durch flüssiges Wasser und/oder Diffusion	Perimeterdämmung, Umkehrdach
Zugfestigkeit	zk	Keine Anforderungen an Zugfestigkeit	Hohlraumdämmung, Zwischensparrendämmung
	zg	Geringe Zugfestigkeit	Außendämmung der Wand hinter Bekleidung
	zh	Hohe Zugfestigkeit	Außendämmung der Wand unter Putz, Dach mit verklebter Abdichtung
Schalltechnische Eigenschaften	sk	Keine Anforderungen an schalltechnische Eigenschaften	Alle Anwendungen ohne schalltechnische Anforderungen
	sh	Trittschalldämmung erhöhte Zusammendrückbarkeit	Schwimmender Estrich, Haustrennwände
	sm	Mittlere Zusammendrückbarkeit	
	sg	Trittschalldämmung, geringe Zusammendrückbarkeit	
Verformung	tk	Keine Anforderungen an die Verformung	Innendämmung
	tf	Dimensionsstabilität unter Feuchte und Temperatur	Außendämmung der Wand unter Putz, Dach mit Abdichtung
	tl	Verformung unter Last und Temperatur	Dach mit Abdichtung

4.3.2 Tabellen zu Mindestanforderungen an Dämmstoffe nach Typen

Tabelle 3 — Mindestanforderungen an Mineralwolleämmstoffe (MW) nach DIN EN 13162

Anwendungsgebiet	Kurzzzeichen	Bezeichnungsschlüssel												
		Grenzabmaße für die Dicke	Dimensionsstabilität bei definierter Temperatur	Dimensionsstabilität unter definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen	Druckspannung oder Druckfestigkeit	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	Punktlast	Kurzzeitige Wasseraufnahme	Langzeitige Wasseraufnahme	Dynamische Steifigkeit ^a	Zusammen-drückbarkeit	Längenbezogener Strömungs-widerstand		
		T _i	DS(T+)	DS(TH)	CS(10/Y) _i	TR _i	PL(5) _i	WS	WL(P)	SD _i	CP _i	AF _{ri}		
Dach, Decke	DAD	dk ^b	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	AFr5	
		dg	—	—	CS(10)20	—	—	—	—	—	—	—	—	
		dim	—	—	CS(10)50	TR5	—	—	—	—	—	—	—	
	DEO	DAA	T4	DS(T+)	DS(TH)	CS(10/Y)60	TR7,5	PL(5)500	WS	—	—	—	—	—
		DZ ^b	DUK	—	—	—	—	Keine genormte Anwendung	—	—	—	—	—	—
			DI	T2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	AFr5
	DEO		T4	—	—	CS(10)40	TR7,5	—	WS	—	—	—	—	
	DES	dg	T4	—	—	CS(10)20	WS	—	—	—	—	—	—	
			dim	—	—	CS(10)40	WS	—	—	—	—	—	—	
		sh	T6	—	—	—	—	—	—	—	—	≤ SD25	CP5	—
			sm	T6	—	—	—	—	—	—	—	≤ SD40	CP3	—
	sg ^c	T7	—	—	—	—	—	—	—	—	≤ SD50 ^d	CP2	—	

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Anwendungs- gebiet	Kurzzeichen	Bezeichnungsschlüssel																						
		Grenzabmaße für die Dicken	Dimensionsstabilität bei definierter Temperatur	Dimensionsstabilität unter definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen	Druckfestigkeit oder CS(10Y) _i	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	Punktlast	Kurzzeitige Wasseraufnahme	Langzeitige Wasseraufnahme	Dynamische Steifigkeit ^a	Zusammen- drückbarkeit	Längenbezogener Strömung- widerstand												
Wand	WAB	T ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	WAA	Keine genormte Anwendung																						
	WAP	zg	T ₄	DS(T+)	—	—	—	—	TR5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		zh	T ₄	DS(T+)	—	—	CS(10Y)10	—	TR7,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	WI	WZ	T ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			T ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		WH	T ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			T ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	WTH	WTR	T ₄	—	—	—	—	—	TR1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			T ₄	—	—	—	—	—	TR7,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
sh		T ₆	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
sg		T ₇	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Perimeter	PW	T ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	PB	Keine genormte Anwendung																						

a Spezifische oder andere Werte der dynamischen Steifigkeit können angegeben werden.
b Für diese Anwendung muss der λ_D-Nennwert der Wärmeleitfähigkeit nach DIN V 4108-4 höchstens 0,040 W/(m · K) betragen.
c Bei Verkehrslasten > 5 kPa ist das Langzeitkriechverhalten CC (3/1,5/10)10 nachzuweisen.
d Für Dicken ≥ 20 mm; für Dicken < 20 mm können auch höhere Werte angesetzt werden.

Tabelle 4 — Mindestanforderungen an Polystyrol-Hartschaum (EPS) nach DIN EN 13163

Anwendungsgebiet	Kurzzeichen	Bezeichnungsschlüssel												Zusammenrückbarkeit	
		Grenzabmaße für die Dicke	Grenzabmaße für die Länge	Grenzabmaße für die Breite	Grenzabmaße für die Rechtwinkeligkeit	Grenzabmaß für die Ebenheit	Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen	Biegefestigkeit	Druckspannung bei 10 % Stauchung	Dimensionsstabilität im Normklima	Verformung bei def. Druck- und Temperaturbelastung	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	Dynamische Steifigkeit		
		T _i	L _i	W _i	S _i	P _i	DS(TH) _i	BS _i	CS(10) _i	DS(N) _i	DLT(<i>i</i>) ₅	TR _i	SD _i	CP _i	
Dach, Decke	DAD	T1	L1	W1	S1	P3	—	BS150	CS(10)100	DS(N)5	DLT(1)5	—	—	—	
	DAA	dm	T1	L1	W1	S1	P3	—	BS150	CS(10)100	DS(N)5	DLT(1)5	—	—	—
		dh	T1	L1	W1	S1	P3	—	BS200	CS(10)150	DS(N)5	DLT(2)5	—	—	—
		ds	T1	L1	W1	S1	P3	—	BS50	CS(10)200	DS(N)5	DLT(2)5	—	—	—
		DUK	Keine genormte Anwendung												—
	DEO	dm	T1	L1	W1	S1	P3	DS(70,-)3	BS50	—	DS(N)5	—	—	—	—
		dh	T1	L1	W1	S1	P3	DS(70,-)3	BS50	—	DS(N)5	—	—	—	—
			T1	L1	W1	S1	P3	—	BS150	CS(10)100	DS(N)5	DLT(1)5	—	—	—
			T1	L1	W1	S1	P3	—	BS200	CS(10)150	DS(N)5	DLT(2)5	—	—	—
		ds	T1	L1	W1	S1	P3	—	BS50	CS(10)200	DS(N)5	DLT(2)5	—	—	—
		DES	sh	T4	L1	W1	S1	P3	—	BS50	—	DS(N)5	—	—	≤ SD30
	sm		T4	L1	W1	S1	P3	—	BS50	—	DS(N)5	—	—	≤ SD30	CP3
sg ^a	T4		L1	W1	S1	P3	—	BS50	—	DS(N)5	—	—	≤ SD50	CP2	

Tabelle 4 (fortgesetzt)

Anwendungsgebiet	Kurzzeichen	Bezeichnungsschlüssel												
		Grenzabmaße für die Dicke	Grenzabmaße für die Länge	Grenzabmaße für die Breite	Grenzabmaße für die Rechtwinkeligkeit	Grenzabmaße für die Ebenheit	Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen	Biegefestigkeit	Druckspannung bei 10 % Stauchung	Dimensionsstabilität im Normal Klima	Verformung bei def. Druck- und Temperaturbelastung	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	Dynamische Steifigkeit	Zusammendrückbarkeit
		T _i	L _i	W _i	S _i	P _i	DS(TH) _i	BS _i	CS(10) _i	DS(N) _i	DLT(<i>i</i>) ₅	TR _i	SD _i	CP _i
Wand	WAB	T1	L1	W1	S1	P3	DS(70,-)3	BS50	—	DS(N)5	—	—	—	—
	WAP	T2	L2	W2	S2	P4	DS(70,-)3	BS50	—	DS(N)5	—	TR100	—	—
		T1	L1	W1	S1	P3	—	BS150	CS(10)100	DS(N)5	—	—	—	—
	WAA	T1	L1	W1	S1	P3	—	—	BS200	CS(10)150	DS(N)5	—	—	—
		T1	L1	W1	S1	P3	—	—	BS50	—	DS(N)5	—	—	—
	WZ	T1	L1	W1	S1	P3	DS(70,-)3	BS50	—	DS(N)5	—	—	—	—
	WH	Keine genormte Anwendung												
	WI	T1	L1	W1	S1	P3	DS(70,-)3	BS50	—	DS(N)5	—	—	—	—
	WTH	Keine genormte Anwendung												
	WTR	Keine genormte Anwendung												
PW	Keine genormte Anwendung													
PB	Keine genormte Anwendung													

^a Bei Verkehrslasten > 5 kPa ist das Langzeitkriechverhalten CC (3/1,5/10)10 nachzuweisen.

Tabelle 5 — Mindestanforderungen an Polystyrol-Extruderschäum (XPS) nach DIN EN 13164

Anwendungsgebiet	Kurzzeichen	Bezeichnungsschlüssel									
		Grenzabmaße für die Dicke	Druckspannung oder Druckfestigkeit	Dimensionsstabilität bei definierten Temperaturen	Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen	Verformung bei definierter Druck- und Temperaturbeanspruchung	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	Kriechverhalten	Wasseraufnahme durch Diffusion	Frost-Tau-Wechselbeanspruchung	
		T _i	CS(10Y)	DS(T+)	DS(TH)	DLT(t)5	TR _i	CC(i ₁ /i ₂ /y)σ _c	WD(V) _i	FT _i	
Dach, Decke	DAD	T1	CS(10Y)200	DS(T+)	DS(TH)	—	—	—	—	—	
		T1	CS(10Y)200	—	—	DLT(2)5	—	—	—	—	
	DAA	T1	CS(10Y)300	—	—	DLT(2)5	—	—	—	—	
		T1	CS(10Y)500	—	—	DLT(2)5	—	CC(2/1,5/50)150	—	—	
		T1	CS(10Y)700	—	—	DLT(2)5	—	CC(2/1,5/50)200	—	—	
	DUK	T1	CS(10Y)300	—	—	DLT(2)5	—	—	WD(V)5	FT1	
		T1	CS(10Y)500	—	—	DLT(2)5	—	CC(2/1,5/50)150	WD(V)5	FT1	
		T1	CS(10Y)700	—	—	DLT(2)5	—	CC(2/1,5/50)200	WD(V)5	FT1	
	DZ						Keine genormte Anwendung				
	DEO	DI	T1	CS(10Y)200	—	—	—	—	—	—	—
			T1	CS(10Y)200	—	—	DLT(2)5	—	—	—	—
		T1	CS(10Y)300	—	—	—	DLT(2)5	—	—	—	—
		T1	CS(10Y)500	—	—	—	DLT(2)5	—	CC(2/1,5/50)150	—	—
		T1	CS(10Y)700	—	—	—	DLT(2)5	—	CC(2/1,5/50)200	—	—
DES						Keine genormte Anwendung					

Tabelle 5 (fortgesetzt)

Anwendungsgebiet	Kurzzeichen	Bezeichnungsschlüssel									
		Grenzabmaße für die Dicke	Druckspannung oder Druckfestigkeit	Dimensionsstabilität bei definierten Temperaturen	Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen	Verformung bei definierter Druck- und Temperaturbeanspruchung	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	Kriechverhalten	Wasseraufnahme durch Diffusion	Frost-Tau-Wechselbeanspruchung	
Wand		T_i	CS(10Y)	DS(T+)	DS(TH)	DLT(i)5	TR _i	CC(_i / _i , ₂ / _y)σ _c	WD(V) _i	FT _i	
	WAB	T1	CS(10Y)100	—	DS(TH)	—	—	—	—	—	
	WAP	T1	CS(10Y)200	—	DS(TH)	—	TR100	—	—	—	
	WZ	T1	—	—	—	—	—	—	—	—	
	WH										
	WI	T1	—	—	—	—	—	—	—	—	
	WTH										
	WTR										
Perimeter											
	PW	dh	T1	CS(10Y)300	—	—	—	—	WD(V)5	FT1	
		ds	T1	CS(10Y)500	—	—	—	—	WD(V)5	FT1	
		dx	T1	CS(10Y)700	—	—	—	—	WD(V)5	FT1	
	PB	dh	T1	CS(10Y)300	—	—	—	—	WD(V)5	FT1	
		ds	T1	CS(10Y)500	—	—	—	—	WD(V)5	FT1	
dx		T1	CS(10Y)700	—	—	—	—	WD(V)5	FT1		

Tabelle 6 — Mindestanforderungen an Polyurethan-Hartschaum (PUR) nach DIN EN 13165^a

Anwendungsgebiete	Kurzzeichen	Bezeichnungsschlüssel					
		Grenzabmaße für die Dicke	Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen ^b	Druckspannung oder Druckfestigkeit ^b	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	Ebeneheit bei einseitiger Befeuchtung	
Dach, Decke	DAD	T _i	DS(TH) _i	CS(10Y) _i	TR _i	FW _i	
	DAA	T2	DS(TH)2	CS(10Y)100	—	—	
		dh	T2	DS(TH)2	CS(10Y)100	TR40	FW2 ^c
		ds	T2	DS(TH)2	CS(10Y)150	TR40	FW2 ^c
	DUK	Keine genormte Anwendung					
	DZ	T2	DS(TH)2	—	—	—	
	DEO	T2	DS(TH)2	CS(10Y)100	—	TR40	—
		dh	T2	DS(TH)2	CS(10Y)100	—	—
		ds	T2	DS(TH)2	CS(10Y)150	—	—
	DES	Keine genormte Anwendung					
Wand	WAB	T2	DS(TH)2	CS(10Y)100	—	—	
	WAA	T2	DS(TH)2	CS(10Y)100	TR40	—	
		WAP	T2	DS(TH)2	CS(10Y)100	TR40	—
	WZ	T2	DS(TH)2	CS(10Y)100	—	—	
	WH	T2	DS(TH)2	—	—	—	
	WI	T2	DS(TH)2	—	TR40	—	
	WTH	Keine genormte Anwendung					
	WTR	Keine genormte Anwendung					
Perimeter	PW	Keine genormte Anwendung					
	PB	Keine genormte Anwendung					

^a Polyurethan-Hartschaum (PU) schließt PUR und PIR mit ein.

^b Bei Mehrlagenprodukten bezieht sich diese Anforderung nur auf die PU-Hartschaum-Komponente.

^c Gilt nur bei Verwendung von Deckschichten aus Papier.

Tabelle 7 — Mindestanforderungen an Phenolharz-Schaum (PF) nach DIN EN 13166

Anwendungsgebiet	Kurzzeichen	Bezeichnungsschlüssel							
		Grenzabmaße für die Dicke	Dimensionsstabilität bei definierten Temperaturen	Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen	Dimensionsstabilität bei -20 °C	Druckfestigkeit	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen	
Dach, Decke	DAD	T _i	DS(T+)	DS(TH)	DS(T-)	CS(Y) _i	TR _i	WS _i	
		T1	DS(T+)	DS(TH)	—	CS(Y)120	—	WS1	
		DAA	dh	DS(T+)	DS(TH)	—	CS(Y)100	TR60	WS1
			ds	DS(T+)	DS(TH)	—	CS(Y)120	TR60	WS1
	DEO	Keine genormte Anwendung							
		T1	DS(T+)	DS(TH)	—	—	—	—	—
		T1	DS(T+)	DS(TH)	DS(T-)	CS(Y)100	TR60	—	—
		dh	—	—	—	CS(Y)100	—	—	—
			ds	—	—	—	CS(Y)120	—	—
		Keine genormte Anwendung							
Wand	DES	T1	DS(T+)	DS(TH)	—	—	—	—	
		T1	DS(T+)	DS(TH)	—	CS(Y)100	TR60	WS1	
		WAB	dh	DS(T+)	DS(TH)	—	CS(Y)100	—	—
			ds	DS(T+)	DS(TH)	—	CS(Y)100	—	—
	WAA	Keine genormte Anwendung							
		T1	DS(T+)	DS(TH)	—	—	—	—	—
		T1	DS(T+)	DS(TH)	—	CS(Y)100	TR60	—	—
		WAP	dh	—	—	—	—	—	—
			ds	—	—	—	—	—	—
		Keine genormte Anwendung							
Perimeter	WTH	T1	DS(T+)	DS(TH)	DS(T-)	CS(Y)100	TR60	—	
		T1	—	—	—	—	—	—	
		WTR	dh	—	—	—	—	—	—
			ds	—	—	—	—	—	—
	PW	Keine genormte Anwendung							
		T1	—	—	—	—	—	—	—
		PB	dh	—	—	—	—	—	—
			ds	—	—	—	—	—	—
		Keine genormte Anwendung							

Tabelle 8 — Mindestanforderungen an Schaumglas-Dämmstoffe (CG) nach DIN EN 13167^a

Anwendungs- gebiet	Kurzzeichen	Bezeichnungsschlüssel								Wasseraufnahme	
		Verformung unter Punktlast	Dimensions- stabilität bei definierten Temperaturen	Dimensions- stabilität bei definierten Temperatur- und Feuchte- bedingungen	Druck- festigkeit	Biegefestigkeit	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	Kriechverhalten	bei kurzzeitigem Eintauchen	bei langzeitigem teilweisem Eintauchen	
Dach, Decke	DAD	PL(P)j	DS(T+)	DS (TH)	CS(Y)j	BSj	TRj	CC(i-1/2/y)σ _C	WS	WL(P)	
	DAA	PL(P)2	DS(T+)	DS (TH)	CS(Y)400	BS 200	TR150	—	WS	WL(P)	
		PL(P)2	DS(T+)	DS (TH)	CS(Y)400	BS 200	TR150	CC(2/1,5/50)150	WS	WL(P)	
		PL(P)1	DS(T+)	DS (TH)	CS(Y)900	BS 450	TR150	CC(2/1,5/50)270	WS	WL(P)	
	dx	PL(P)1	DS(T+)	DS (TH)	CS(Y)1200	BS 500	TR150	CC(2/1,5/50)480	WS	WL(P)	
	DUK	Keine genommene Anwendung									
	DZ	Keine genommene Anwendung									
	DI	PL(P)2	DS(T+)	DS (TH)	CS(Y)400	BS 200	TR150	—	WS	WL(P)	
	DEO	PL(P)2	DS(T+)	DS (TH)	CS(Y)400	BS 200	TR150	CC(2/1,5/50)150	WS	WL(P)	
	DES	Keine genommene Anwendung									

Tabelle 8 (fortgesetzt)

Anwendungsgebiet	Kurzzeichen	Bezeichnungsschlüssel								Wasser- aufnahme bei langzeitigem teilweisem Eintauchen	Wasser- aufnahme bei kurzeitigem Eintauchen	
		Verformung unter Punktlast	Dimensions- stabilität bei definierten Temperaturen	Dimensions- stabilität bei definierten Temperatur- und Feuchte- bedingungen	Druck- festigkeit	Biegefestigkeit	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	Kriechverhalten				
Wand		PL(P) i	DS(T+)	DS (TH)	CS(Y) i	BS i	TR i	CC(i ₁ /i ₂ /i)σ _C	WS	WL(P)		
		WAB	PL(P)2	DS(T+)	DS (TH)	CS(Y)400	BS 200	TR 150	—	WS	WL(P)	
		WAA	PL(P)2	DS(T+)	DS (TH)	CS(Y)400	BS 200	TR 150	—	WS	WL(P)	
		WAP	PL(P)2	DS(T+)	DS (TH)	CS(Y)400	BS 200	TR 150	—	WS	WL(P)	
		WZ	PL(P)2	DS(T+)	DS (TH)	CS(Y)400	BS 200	TR 150	—	WS	WL(P)	
		WH	Keine genormte Anwendung									
		WI	PL(P)2	DS(T+)	DS (TH)	CS(Y)400	BS 200	TR 150	—	WS	WL(P)	
		WTH	Keine genormte Anwendung									
		WTR	PL(P)2	DS(T+)	DS (TH)	CS(Y)400	BS 200	TR 150	—	WS	WL(P)	
	Perimeter	PW	dh	PL(P)2	DS (T+)	DS (TH)	CS(Y)400	BS 200	TR 150	CC(2/1,5/50)150	WS	WL(P)
ds			PL(P)1	DS (T+)	DS (TH)	CS(Y)900	BS 450	TR 150	CC(2/1,5/50)270	WS	WL(P)	
dx			PL(P)1	DS (T+)	DS (TH)	CS(Y)1200	BS 500	TR 150	CC(2/1,5/50)480	WS	WL(P)	
PB		dh	PL(P)2	DS (T+)	DS (TH)	CS(Y)400	BS 200	TR 150	CC(2/1,5/50)150	WS	WL(P)	
		ds	PL(P)1	DS (T+)	DS (TH)	CS(Y)900	BS 450	TR 150	CC(2/1,5/50)270	WS	WL(P)	
		dx	PL(P)1	DS (T+)	DS (TH)	CS(Y)1200	BS 500	TR 150	CC(2/1,5/50)480	WS	WL(P)	

^a Dampfdichtheit siehe DIN V 4108-4

Tabelle 9 — Mindestanforderungen an Holzwolle-Platten (WW) nach DIN EN 13168

Anwendungs- gebiet	Kurzzzeichen	Bezeichnungsschlüssel						Druck- spannung oder Druck- festigkeit	Biege- festigkeit	Wasser- aufnahme bei kurzzeitigem teilweisen Eintauchen WS
		Grenzabmaße für die Längen	Grenzabmaße für die Breite	Grenzabmaße für die Dicke ^a	Recht- winkligkeit	Ebenheit ^b	CS _i			
Dach, Decke	DAD	dk	W _i	T _i	S _i	P _i	CS _i	BS	WS	
		dh	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	—	
	DAA	dk	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)100	N 500	—	
		dh	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)100	—	—	
	DUK	dk	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	c	
		dh	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	—	
	Dach, Decke	DZ	dk	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	—
			dh	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	N 500	—
		DI	dk	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)50	—	—
			dh	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)50	—	—
DEO		dk	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	—	
		dh	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	—	
Wand	WAB	dk	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	N 500	b	
		dh	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)100	—	b	
	WAA	dk	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)100	—	—	
		dh	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	—	
	WAP	dk	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	N 500	—	
		dh	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)100	—	—	
	WZ	dk	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	—	
		dh	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	—	
	WH	dk	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	—	
		dh	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)50	N 500	—	
	WI	dk	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)100	—	—	
		dh	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	N 500	—	

Tabelle 9 (fortgesetzt)

Anwendungsgebiet	Kurzzzeichen	Bezeichnungsschlüssel						Wasser- aufnahme bei kurzzeitigem Eintauchen WS	
		Grenzabmaße für die Längen L _i	Grenzabmaße für die Breite W _i	Grenzabmaße für die Dicke ^a T _i	Recht- winkligkeit S _i	Ebenheit ^b P _i	Druck- spannung oder Druck- festigkeit CS _i		Biege- festigkeit BS
	WTH								
Wand	WTR	L1	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	—
		L2	W1	T2 bzw. T4	S3	P2	—	—	—
Perimeter	PW								
	PB								
Keine genormte Anwendung									
Keine genormte Anwendung									
Keine genormte Anwendung									

a T1 gilt für Dicken ≤ 100 mm und T3 für Dicken > 100 mm

b nur für beschichtete Platte

c ≤ 5 kg/m²

Tabelle 10 — Mindestanforderungen an Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C) nach DIN EN 13168

Anwendungsgebiet	Kurzzeichen	Bezeichnungsschlüssel								Wasser- aufnahme bei kurzzeitig- em teilweisen Eintauchen WS	
		Grenz- abmaße für die Längen <i>L_i</i>	Grenz- abmaße für die Breite <i>W_i</i>	Grenz- abmaße für die Dicke ^a <i>T_i</i>	Recht- winkligkeit <i>S_i</i>	Ebenheit ^b <i>P_i</i>	Druck- spannung oder Druckfestigkeit <i>CS_i</i>	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene <i>TR_i</i>	Biege- festigkeit <i>BS</i>		
Dach, Decke	DAD	dk	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	—	—	
		dm	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)50	7,5	N 500	—	
		dm	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)50	7,5	N 500	c	
		DUK	Keine genormte Anwendung								
	DEO	DZ	L1	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	—	—
			L1	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	7,5	—	—
		DI	L1	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)50	7,5	—	—
			L1	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS (10)100	15	—	—
		DG	L1	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)30	—	—	—
		DES	Keine genormte Anwendung								

Tabelle 10 (fortgesetzt)

Anwendungsgebiet	Kurzzeichen	Bezeichnungsschlüssel									
		Grenzabmaße für die Längen <i>L_i</i>	Grenzabmaße für die Breite <i>W_i</i>	Grenzabmaße für die Dicke ^a <i>T_i</i>	Rechtwinkligkeit <i>S_i</i>	Ebeneheit ^b <i>P_i</i>	Druckspannung oder Druckfestigkeit <i>CS_i</i>	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene <i>TR_i</i>	Biegefestigkeit <i>BS</i>	Kurzzeitige Wasseraufnahme <i>WS</i>	
Wand	WAB	dk	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	N 500	c	
		dm	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)50	15	—	c	
		dh	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)100	15	—	c	
	WAA	dm	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)100	15	—	—	
		dk	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	7,5	N 500	—	
		dk	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	7,5	N 500	—	
	WAP	dg	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)30	7,5	—	—	
		dh	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)100	15	—	—	
		WZ	L1	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	—	—
	dk		W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	—	—	
	WH	dg	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)30	7,5	N 500	—	
		dk	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	N 500	—	
	WI	dm	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)50	7,5	—	—	
		dh	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	CS(10)100	15	—	—	
		WTH	Keine genormte Anwendung								

Tabelle 10 (fortgesetzt)

Anwendungsgebiet	Kurzzeichen	Bezeichnungsschlüssel								Biegefestigkeit	Kurzzeitige Wasseraufnahme
		Grenzabmaße für die Längen	Grenzabmaße für die Breite	Grenzabmaße für die Dicke ^a	Rechtwinkligkeit	Ebene ^b	Druckspannung oder Druckfestigkeit	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene			
Wand	WTR	L _i	W _i	T _i	S _i	P _i	CS _i	TR _i	BS	WS	
		L1	W1	T1 bzw. T3	S1	P1	—	—	—	—	
		L2	W1	T2	S3	P2	—	—	—	—	
Perimeter	PW	Keine genormte Anwendung									
	PB	Keine genormte Anwendung									

a T1 gilt für Dicken ≤ 100 mm und T3 für Dicken > 100 mm
b nur für beschichtete Platte
c ≤ 5 kg/m²

Tabelle 11 (fortgesetzt)

Anwendungsgebiet	Kurzeichner		Bezeichnungsschlüssel												
			Biegefestigkeit	Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen	Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen	Druckspannung oder Druckfestigkeit	Verformung bei definierter Druck- und Temperaturbeanspruchung	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen	Punktlast	Langzeit-Kriechverhalten	Grenzabmaße für die Dicke	Zusammendrückbarkeit	Dynamische Steifigkeit	
Wand	WTH	Mehrschicht-	BS	DS(H)	DS(T+/50)	CS(10Y)i	DLT(i)/5	TR	WS	PL(2)i	CC(t_1, t_2, y) σ_c	Ti	CPi	SDi	
		dämmung ^{a, c}	—	DS(H)	DS(T+/50)	—	—	WS	—	—	—	—	—	CP3	≤ SD30
	sg	—	DS(H)	DS(T+/50)	—	—	WS	—	—	—	—	—	—	CP2	≤ SD50
Perimeter	WTR		BS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	PW		Keine genannte Anwendung												
PB			Keine genannte Anwendung												

a In Mehrschichtdämmungen müssen die einzelnen Schichten die Mindestanforderungen für die vorgesehene Anwendung erfüllen. Sie müssen zusätzliche Mindestanforderungen an die Punktlast (für DAA), an die Grenzabmaße für die Dicke (für DES), an die Zusammenrückbarkeit (für DES, WTH) und an die dynamische Steifigkeit (für DES, WTH) erfüllen. Im Bezeichnungsschlüssel für Mehrschichtdämmungen sind die Bezeichnungsschlüssel für die einzelnen Schichten und für die anwendungsbezogenen zusätzlichen Mindestanforderungen auszuweisen.

b Dämmplatten aus Schichten von Blähperlit und Produkten nach DIN EN 13162, DIN EN 13163, DIN EN 13165 oder DIN EN 13166

c Dämmplatten aus Schichten von Blähperlit und nach DIN EN 13162

Tabelle 12 — Mindestanforderungen an expandiertem Kork (ICB) nach DIN 13170

Anwendungsgebiet	Kurzzeichen	Bezeichnungsschlüssel							
		Grenzabmaße für die Länge <i>L_i</i>	Grenzabmaße für die Breite <i>W_i</i>	Grenzabmaße für die Dicken <i>T_i</i>	Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen DS(TH)	Druckspannung bei 10 % Stauchung CS(10) <i>j</i>	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene TR <i>j</i>	Kurzzeitige Wasseraufnahme WS <i>i</i>	
Dach, Decke	DAD	wk	W2	T2	—	CS(10)100	—	—	
		wf	W2	T2	—	CS(10)100	—	WS0,5	
	DAD	wk	W2	T2	DS(TH)	CS(10)100	TR40	WS0,5	
		wf	W2	T2	—	CS(10)100	—	—	
	DAA	wk	W2	T2	—	CS(10)100	—	WS0,5	
		wf	W2	T2	—	CS(10)100	—	WS0,5	
	DUK	wk	W2	T2	DS(TH)	CS(10)100	TR40	WS0,5	
		wf	W2	T2	—	CS(10)100	—	—	
	DZ	DZ	wk	W2	T2	—	—	—	—
			wf	W2	T2	—	—	—	—
		DI	wk	W2	T2	—	CS(10)100	TR40	—
			wf	W2	T2	—	CS(10)100	—	—
DEO		wk	W2	T2	—	CS(10)100	—	—	
		wf	W2	T2	—	CS(10)100	—	—	
DES	DES	—	—	—	—	—	—		

Tabelle 12 (fortgesetzt)

Anwendungsgebiet	Kurzzeichen	Bezeichnungsschlüssel						Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene TR _i	Druckspannung bei 10 % Stauchung CS(10) _j	Kurzeitige Wasseraufnahme WS _i
		Grenzabmaße für die Länge L _i	Grenzabmaße für die Breite W _i	Grenzabmaße für die Dicken T _i	Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen DS(TH)					
Wand	WAB	dk	L2	W2	T2	—	—	—	—	
		dh	L2	W2	T2	—	CS(10)100	—	WS0,5	
	WAP	L2	W2	T2	—	CS(10)100	TR40	WS0,5		
	WAA	Keine genormte Anwendung								
	WZ	L2	W2	T2	—	—	—	WS0,5		
	WH	L2	W2	T2	—	—	—	—		
	WI	dk	L2	W2	T2	—	—	—	—	
		dh	L2	W2	T2	—	CS(10)100	TR40	—	
	WTH	Keine genormte Anwendung								
	WTR	Keine genormte Anwendung								
PW	Keine genormte Anwendung									
PB	Keine genormte Anwendung									

Tabelle 13 —Mindestanforderungen an Holzfaserdämmstoffe (WF) nach DIN EN 13171

Anwendungsgebiet	Kurzzeichen	Bezeichnungsschlüssel										
		Grenzabmaße für die Dicke	Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen	Druckspannung oder Druckfestigkeit	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen	Dynamische Steifigkeit	Zusammen-drückbarkeit	Längenbezogener Strömungs-widerstand			
		T _i	DS(TH) _i	CS(10/Y) _i	TR _i	WS _i	SD _i	CP _i	AF _i			
Dach, Decke	DAD	dk	—	—	—	—	—	—	—	AF _i		
		dg	—	CS(10/Y)10	—	—	—	—	—	AF _i		
		dim	—	CS(10/Y)20	—	—	—	—	—	—		
		ds	—	CS(10/Y)100	—	—	WS2,0	—	—	—		
		dh	DS(70,-)2	CS(10/Y)70	TR7,5	WS1,0	—	—	—	—		
		ds	DS(70,-)2	CS(10/Y)100	TR7,5	WS1,0	—	—	—	—		
		DUK	Keine genormte Anwendung									
	DZ	DI	T2	—	—	—	—	—	—	—	AF _i	
			T2	—	—	—	—	—	—	—	AF _i	
			T3	—	CS(10/Y)20	TR2,5	—	—	—	—	AF _i	
			T2	—	CS(10/Y)10	—	—	—	—	—	—	
			T3	—	CS(10/Y)20	—	—	—	—	—	—	
T4			—	CS(10/Y)100	—	—	—	—	—	—		
DES		T5	—	—	—	—	≤ SD50	CP5	—	—		
		T6	—	—	—	—	—	≤ SD50	CP2	—		
WAB		T2	—	—	—	—	—	—	—	AF _i		
		T2	—	CS(10/Y)10	—	—	WS2,0	—	—	AF _i		
		dim	—	CS(10/Y)20	—	—	WS2,0	—	—	—		
		ds	—	CS(10/Y)100	—	—	WS2,0	—	—	—		
WAA		Keine genormte Anwendung										

Tabelle 13 (fortgesetzt)

Anwendungsgebiet	Kurzzeichen	Bezeichnungsschlüssel								
		Grenzabmaße für die Dicke	Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen	Druckspannung oder Druckfestigkeit	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen	Dynamische Steifigkeit	Zusammen-drückbarkeit	Längenbezogener Strömungs-widerstand	
	WAP	zh	Ti	DS(TH)i	CS(10/Y)i	TRi	WSi	SDi	CPi	AFri
		zg	T4	—	CS(10/Y)20	TR7,5	WS2,0	—	—	—
	WZ		T4	—	CS(10/Y)20	TR2,5	WS2,0	—	—	—
			T3	—	—	—	WS2,0	—	—	AFi5
Wand	WH		T2	—	—	—	—	—	—	AFi5
	WI	zk	T2	—	—	—	—	—	—	AFi5
		zg	T3	—	CS(10/Y)20	TR2,5	—	—	—	AFi5
	WTH									
Perimeter	WTR		T2	—	—	—	—	—	—	AFi5
	PW									
	PB									

5 Wärmeleitfähigkeit und Wärmedurchlasswiderstand

Es gelten die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit nach DIN V 4108-4.

6 Brandverhalten

Wärmedämmstoffe, die nach dieser Norm verwendet werden, müssen mindestens der Klasse E nach DIN EN 13501-1 entsprechen.

ANMERKUNG Das Brandverhalten ist entsprechend der in der Bauregelliste festgelegten Verfahren nachzuweisen.

Bei höheren Anforderungen nach Landesbauordnung (LBO) sind entsprechende bauaufsichtliche Nachweise nach DIN 4102, z. B. allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) oder allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP) zu führen.

DIN 4108-10:2008-06

Literaturhinweise

DIN EN 13499, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) aus expandiertem Polystyrol — Spezifikation*

DIN EN 13500, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) aus Mineralwolle — Spezifikation*

- [1] *ZVDH Flachdachrichtlinien, Fachregel für Dächer mit Abdichtungen — Flachdachrichtlinien von 2003-09. Autor: Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH) und Hauptverband der Deutschen Bauindustrie*¹⁾

1) Zu beziehen bei: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Stolberger Str. 84, 50933 Köln

DIN V 4133



ICS 91.060.40

Vornorm

Mit der 2007-05
zurückgezogenen Norm
DIN EN 13084-1:2001-04
Ersatz für
DIN 4133:1991-11

Freistehende Stahlschornsteine

Free-standing steel stacks

Autonomes cheminées en acier

Gesamtumfang 36 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Inhalt

Seite

Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	7
4 Bautechnische Unterlagen	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Erläuterung der chemischen und thermischen Betriebsverhältnisse	9
4.3 Baubeschreibung.....	9
4.4 Standsicherheitsnachweis.....	9
4.5 Zeichnungen.....	9
5 Baustoffe	10
5.1 Allgemeines	10
5.2 Stähle	10
5.3 Stählerne Abspannseile	12
5.4 Verbindungsmittel	12
5.5 Dämmstoffe	12
5.6 Auskleidungen	12
6 Einwirkungen	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Eigenlast.....	13
6.3 Vorspannkraft.....	13
6.4 Einwirkungen aus Wind	13
6.5 Verkehrslast und Schneelast.....	14
6.6 Eislast.....	14
6.7 Wärmeeinwirkung	14
6.8 Planmäßiger Über- und Unterdruck	14
6.9 Lasten aus Bauzuständen.....	14
6.10 Änderungen der Stützbedingungen.....	14
6.11 Erdbeben	14
6.12 Anprall.....	14
7 Ermittlung der Schnittgrößen	15
7.1 Allgemeines	15
7.2 Freistehende Schornsteine.....	16
7.3 Abgespannte Schornsteine	16
7.3.1 Zu untersuchende Windrichtungen	16
7.3.2 Näherung bei verschieden geneigten und verschieden langen Abspannseilen eines Abspannsterns.....	17
7.3.3 Näherung bei abgespannten Schornsteinen bis 40 m Höhe.....	17
8 Bemessung	17
8.1 Trag- und Innenrohr.....	17
8.1.1 Tragsicherheitsnachweis	17
8.1.2 Beulsicherheitsnachweis	17
8.1.3 Betriebsfestigkeitsnachweis	17
8.2 Gründung.....	18
8.2.1 Allgemeines	18
8.2.2 Fundament.....	18
8.2.3 Standsicherheit	18
9 Konstruktion	18
9.1 Allgemeines	18
9.2 Mindestwanddicke	18

	Seite
9.3	Tragrohr.....19
9.3.1	Verbindungen19
9.3.2	Öffnungen.....19
9.4	Innenrohr.....19
9.5	Auskleidungen.....19
9.6	Abspannseile19
9.6.1	Allgemeines.....19
9.6.2	Drahtseilklemmen.....19
9.6.3	Seilverbindungen20
9.7	Wärmedämmung20
9.8	Gründung und Verankerung.....20
9.9	Ausrüstung.....20
9.9.1	Begehungseinrichtungen20
9.9.2	Flugsicherung21
9.9.3	Blitzschutz- und Erdungsanlagen.....21
10	Korrosionsschutz21
10.1	Allgemeines.....21
10.2	Chemische Einwirkungen.....22
10.2.1	Allgemeines.....22
10.2.2	Einwirkungen aufgrund von Schwefeloxiden.....22
10.2.3	Einwirkungen aufgrund von Chloriden und Fluoriden.....22
10.3	Maßnahmen gegen Korrosion.....23
10.3.1	Beschichtungen und Überzüge.....23
10.3.2	Auskleidungen.....23
10.3.3	Korrosionszuschlag zur Blechdicke23
10.3.4	Wahl geeigneter nichtrostender Stähle.....23
11	Ausführung24
11.1	Allgemeines.....24
11.2	Geschweißte Schornsteine aus Stahl24
11.3	Einbringen der Vorspannkräfte von Abspannseilen25
11.4	Korrosionsschutz.....25
12	Zustandsüberwachung25
Anhang A (normativ) Windlastannahmen Ergänzung zu DIN 1055-4:2005-0326	
A.1	Allgemeines.....26
A.2	Böenerregte Schwingungen.....26
A.3	Abminderung des Geschwindigkeitsdruckes bei vorübergehenden Zuständen26
A.4	Geländekategorien und Profile der Windgeschwindigkeit.....26
A.5	Äquivalente Rauigkeiten von Zylinderoberflächen.....26
A.6	Schraubenwendeln.....27
A.7	Umfangsdruckverteilung bei kreisförmigen Querschnitten27
A.8	Windlast mit Eisansatz.....27
A.9	Wirbelerregte Schwingungen in Querrichtung.....27
A.10	Anzahl N der Spannungsschwingspiele28
A.11	Logarithmische Dämpfungsdekremente für Schornsteine aus Stahl.....28
A.12	Maßnahmen gegen wirbelerregte Schwingungen in Querrichtung28
A.12.1	Allgemeines.....28
A.12.2	Aerodynamische Maßnahmen.....29
A.12.3	Dynamische Schwingungsdämpfer.....30
A.12.4	Störabspannungen.....30
Anhang B (normativ) Betriebsfestigkeitsnachweis.....31	
B.1	Anwendungsbereich31
B.2	Spannungsberechnung31
B.3	Nachweis31

Vorwort

Dieses Dokument wurde im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. im Normenausschuss Bauwesen (NABau) vom Arbeitsausschuss NA 005-11-37 AA „Industrieschornsteine“ erarbeitet.

Änderungen

Gegenüber DIN 4133:1991-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- b) es erfolgte eine Anpassung an die neuen europäischen Werkstoffbezeichnungen;
- c) der gesamte Abschnitt 9.9 (früher 8.9) wurde technisch überarbeitet;
- d) Anhang A wurde an DIN 1055-4:2005-03 angepasst und vollständig überarbeitet;
- e) der Anwendungsbereich von Anhang B wurde eingeschränkt;
- f) die Ermittlung der Wandtemperaturen erfolgt jetzt nach DIN EN 13084-1;
- g) es erfolgte eine Aktualisierung entsprechend der geltenden Gestaltungsregeln;
- h) die Norm wurde in eine Vornorm überführt.

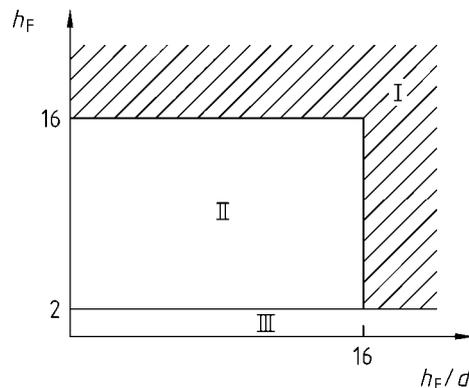
Frühere Ausgaben

DIN 4133: 1973-08, 1991-11

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für den Nachweis der Standsicherheit und die Ausführung von freistehenden Schornsteinen aus Stahl für die nachfolgend angegebenen Abmessungsbereiche (siehe Bild 1). Als freistehende Schornsteine gelten auch abgespannte oder abgestützte Schornsteine. Schornsteine des Abmessungsbereiches

- I müssen alle Anforderungen dieser Norm erfüllen;
- II müssen ebenfalls die Anforderungen dieser Norm erfüllen, brauchen jedoch nicht auf Querschwingungen untersucht zu werden (siehe 8.1.3);
- III werden durch diese Norm nicht erfasst.



Legende

- h_F Höhe des Tragrohres über der untersten Auflagerung in m
- d mittlerer Außendurchmesser des Tragrohres

Bild 1 — Abmessungsbereiche von Schornsteinen

Diese Norm gilt nicht für Schornsteine in Gebäuden, mit Ausnahme von Schornsteinen mit definierter Feuerstätte (siehe 4.2) in Industriegebäuden, wenn sie nur durch einen Brandabschnitt gehen. Diese Norm gilt auch nicht für neben Gebäuden stehende abgestützte Schornsteine, sofern der Abstand der Abstützungen $a \leq 4$ m und die Kraglänge $l_k \leq 2$ m ist.

Für neben Gebäuden stehende Schornsteine gelten weitere Anforderungen nach DIN V 18160-1, z. B. hinsichtlich einzuhaltender Abstände und des Berührungsschutzes.

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).

DIN 1045 (alle Teile), *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton*

DIN 1054:2003-01, *Baugrund — Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau*

DIN 1055-1, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1: Wichten und Flächenlasten von Baustoffen, Bauteilen und Lagerstoffen*

DIN 1055-2, *Lastannahmen für Bauten — Bodenkenngößen, Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel*

DIN 1055-3, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten*

DIN 1055-4:2005-03, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 4: Windlasten*

DIN 1055-5, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 5: Schnee- und Eislasten*

DIN 1056:1984-10, *Freistehende Schornsteine in Massivbauart; Berechnung und Ausführung*

DIN 4030-1, *Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase; Grundlagen und Grenzwerte*

DIN 4149, *Bauten in deutschen Erdbebengebieten — Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten*

DIN V 18160-1, *Abgasanlagen — Teil 1: Planung und Ausführung*

DIN 18799 (alle Teile), *Steigleitern an baulichen Anlagen*

DIN 18800-1, *Stahlbauten — Bemessung und Konstruktion*

DIN 18800-2, *Stahlbauten — Stabilitätsfälle — Knicken von Stäben und Stabwerken*

DIN 18800-4, *Stahlbauten — Stabilitätsfälle — Schalenbeulen*

DIN 18800-7, *Stahlbauten — Teil 7: Ausführung und Herstellerqualifikation*

DIN 51603-1, *Flüssige Brennstoffe — Heizöle — Teil 1: Heizöl EL; Mindestanforderungen*

DIN 51603-3, *Flüssige Brennstoffe — Heizöle — Teil 3: Heizöl S; Mindestanforderungen*

DIN EN 287-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle*

DIN EN 1536, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Bohrpfähle*

DIN EN 10025 (alle Teile), *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen*

DIN EN 10028-2, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

DIN EN 10028-7, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 7: Nichtrostende Stähle*

DIN EN 10088-2, *Nichtrostende Stähle — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung*

DIN EN 10088-3, *Nichtrostende Stähle — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung*

DIN EN 10095, *Hitzebeständige Stähle und Nickellegierungen*

DIN EN 10204, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

DIN EN 10210-1, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

DIN EN 10216-1, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur*

DIN EN 10216-2, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

DIN EN 10217-1, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur*

DIN EN 10217-2, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

DIN EN 10219-1, *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

DIN EN 10250-4, *Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung — Teil 4: Nichtrostende Stähle*

DIN EN 10296-2, *Geschweißte kreisförmige Stahlrohre für den Maschinenbau und allgemeine technische Anwendungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Nichtrostende Stähle*

DIN EN 10297-2, *Nahtlose kreisförmige Stahlrohre für den Maschinenbau und allgemeine technische Anwendungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Rohre aus nichtrostenden Stählen*

DIN EN 13084-1:2001-04, *Freistehende Schornsteine — Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 13084-1:2000*

DIN EN 13084-6, *Freistehende Schornsteine — Teil 6: Innenrohre aus Stahl — Bemessung und Ausführung*

DIN EN 13084-7:2006-06, *Freistehende Schornsteine — Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohren aus Stahl; Deutsche Fassung EN 13084-7:2005*

DIN EN 13411-5, *Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht — Sicherheit — Teil 5: Drahtseilklemmen mit U-förmigem Klemmbügel*

DIN EN 62305 (VDE 0185-305) (alle Teile), *Blitzschutz*

DIN EN ISO 12944 (alle Teile), *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme*

SEW 400, *Nichtrostende Walz- und Schmiedestähle* ¹⁾

BGR 159, *BG-Regel — Hochziehbare Personenaufnahmemittel*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Schornstein

Bauwerk oder Teil von Bauwerken, das Abgase von Feuerstätten, andere Abgase, Zu- oder Fortluft führt

1) Zu beziehen bei: Verlag Stahleisen mbH, Postfach 105164, 40042 Düsseldorf.

3.2**Tragrohr**

Bauteil, das die wesentlichen statischen Funktionen übernimmt

3.3**abgasführendes Rohr**

Bauteil, das die Abgase von Feuerstätten über die Schornsteinmündung ins Freie fördert

3.4**Innenrohr**

abgasführendes Rohr, das sich innerhalb eines Tragrohres befindet und das die übrigen Schornsteinteile von thermischer und chemischer Beanspruchung schützt

3.5**einwandiger Schornstein**

Schornstein, bei welchem das Tragrohr das abgasführende Rohr ist; es kann wärme gedämmt und/oder ausgekleidet sein

3.6**doppelwandiger Schornstein**

Schornstein, bei welchem in einem Tragrohr ein oder mehrere Innenrohre angeordnet sind

3.7**freistehender Schornstein**

Schornstein, bei welchem das Tragrohr nicht Bestandteil einer anderen Konstruktion ist

ANMERKUNG Als freistehende Schornsteine gelten auch abgespannte oder abgestützte Schornsteine.

3.8**abgespannter Schornstein**

Schornstein, bei welchem das Tragrohr in mindestens einer Höhenlage durch Zugglieder gehalten wird

3.9**abgestützter Schornstein**

Schornstein, bei welchem das Tragrohr an mindestens einer Stelle an einem Gebäude oder an einer anderen Tragkonstruktion abgestützt ist

3.10**Auskleidung**

Schutz des abgasführenden Rohres vor thermischer, chemischer und mechanischer Beanspruchung

ANMERKUNG Beschichtungen und Überzüge fallen nicht unter den Begriff Auskleidung.

3.11**Säuretaupunkt**

Temperatur, bei der durch Kondensation Säure entsteht

4 Bautechnische Unterlagen**4.1 Allgemeines**

Es gelten die Festlegungen in den allgemeinen Normen über Stahlbauten, insbesondere DIN 18800-1 und DIN 18800-7.

4.2 Erläuterung der chemischen und thermischen Betriebsverhältnisse

Zur Erläuterung der chemischen und thermischen Betriebsverhältnisse müssen in der Baubeschreibung, in der statischen Berechnung bzw. auf den Übersichtszeichnungen enthalten sein:

Angaben des Betreibers:

- a) Angaben zur Entwurfslebensdauer;
- b) die planmäßigen Betriebsweisen der angeschlossenen Einrichtungen, z. B. intermittierender Betrieb, Dauerbetrieb;
- c) berücksichtigte Betriebsstörungen;
- d) die Abgasmassen- oder Abgasvolumenströme;
- e) die maximalen und minimalen Temperaturen der Abgase beim Eintritt in den Schornstein;
- f) die Zusammensetzung der Abgase, gegebenenfalls Brennstoff;
- g) maßgebende Säuretaupunkte;

Ergebnisse der strömungstechnischen Berechnung:

- h) maximale und minimale Temperaturen der von den Abgasen berührten Flächen (Wandtemperaturen) während des planmäßigen Betriebes;
- i) maximale und minimale Strömungsgeschwindigkeit des Abgases;
- j) Druckverhältnisse im Schornstein.

4.3 Baubeschreibung

Angaben, die für die Bauausführung sowie für die Prüfung des Standsicherheitsnachweises und der Zeichnungen notwendig sind, die aber aus den Unterlagen nach 4.4 und 4.5 nicht ohne weiteres entnommen werden können, müssen in einer Baubeschreibung enthalten sein. Dazu gehören insbesondere:

- a) die Angaben nach 4.2 a) bis f);
- b) eine Beschreibung des Montagevorgangs.

4.4 Standsicherheitsnachweis

Im Standsicherheitsnachweis sind alle Lastannahmen und vorgesehenen Baustoffe anzugeben; er muss außerdem die Angaben von 4.2 g) bis j) enthalten. Falls erforderlich, ist ein Baugrundgutachten beizufügen. Die Nachweise sind für alle standsicherheitsrelevanten Bauteile in prüfbarer Form zu führen.

4.5 Zeichnungen

Hierzu gehören ergänzend zu den Anforderungen in DIN 18800-1 und DIN 18800-7:

- a) Übersichtszeichnungen mit Angaben über
 - die chemischen und thermischen Betriebsverhältnisse nach 4.2 d) und e), sowie g) bis i),
 - die Baustoffe und Bauarten sowie die Querschnittsformen aller wesentlichen Bauteile,

- die Anordnung der Steigleitern und Bühnen,
 - die zulässige Belastung des Baugrundes sowie Angaben über die Ausnutzung des Erdwiderstandes und der Erdauflast bei der Gründung,
 - bei abgespannten Schornsteinen die Vorspannkräfte in Abhängigkeit von der Aufstelltemperatur,
 - Maßnahmen gegen Korrosion,
 - Erdauflast und Erdwiderstand, sofern in der Berechnung berücksichtigt;
- b) Ausführungszeichnungen mit allen erforderlichen Angaben über die Baustoffe.

5 Baustoffe

5.1 Allgemeines

Baustoffe müssen den einschlägigen Normen entsprechen. Wo keine derartige Norm vorhanden ist, dürfen andere Baustoffe verwendet werden, wenn deren Eigenschaften einwandfrei definiert sind und deren Eignung nachgewiesen ist.

Bei der Materialauswahl sind die chemischen, thermischen und mechanischen Beanspruchungen zu berücksichtigen.

5.2 Stähle

Es dürfen Stähle nach Tabelle 1 verwendet werden. Werden geschweißte oder kalt verformte standsicherheitsrelevante Konstruktionsteile feuerverzinkt, so ist beruhigter oder besonders beruhigter Stahl mit einem Siliciumanteil $Si \leq 0,03 \%$ oder Si zwischen $0,15 \%$ und $0,25 \%$ zu verwenden.

Die Werkstoffkennwerte der Stähle sind durch Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Die Kerbschlagarbeit ist auszuweisen.

Allgemeine Baustähle dürfen bis zu Temperaturen von $300 \text{ }^\circ\text{C}$, warmfeste Stähle bis $450 \text{ }^\circ\text{C}$, nichtrostende Stähle bis $550 \text{ }^\circ\text{C}$ (siehe aber 10.3.4) verwendet werden. Die Veränderung der mechanischen Eigenschaften in Abhängigkeit von der Temperatur ist zu berücksichtigen. In den Tabellen 1, 2 und 3 sind charakteristische Werte für die mechanischen Eigenschaften einiger Stähle angegeben, die bei der Ermittlung von Schnittgrößen, Formänderungen und Grenzschnittgrößen zu verwenden sind. Zur Berechnung des Schubmoduls G darf temperaturunabhängig die Querdehnungszahl $\nu = 0,3$ angenommen werden.

Tabelle 1 — Als charakteristische Werte für Stähle mit Erzeugnisdicken $t \leq 40$ mm festgelegte Werte der Streckgrenze $f_{y,k}$

Werkstoff	technische Regeln	Stahlsorte	Werkstoffnummer	Streckgrenze $f_{y,k}$ in N/mm ² a bei Temperaturen in °C von													
				20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550		
Unlegierte Baustähle	DIN EN 10025-2, DIN EN 10210-1,	S235 P235 ^b		235	235	190	175	160	140	120							
	DIN EN 10216-1, DIN EN 10217-1, DIN EN 10219-1			275	275	215	200	185	165	145							
		S355			355	355	260	245	230	210	190						
Warmfeste Stähle	DIN EN 10028-2, DIN EN 10216-2, DIN EN 10217-2	P265GH 16Mo3	1.0425 1.5415	265 270	265 270	245 250	225 238	205 225	185 205	155 180	140 170	130 160	125 155				
		X5CrNi18-10 X6CrNiTi18-10	1.4301 1.4541	195 205	177 190	157 176	142 167	127 157	118 147	110 136	104 130	98 125	95 121	92 119	90 118		
Nichtros-tende Stähle	DIN EN 10028-7, DIN EN 10088-2, DIN EN 10088-3, DIN EN 10095, DIN EN 10250-4, DIN EN 10296-2, DIN EN 10297-2	X6CrNiMoTi17-12-2 X2CrNiMo18-14-3 X1NiCrMoCu25-20-5 X8CrNiTi18-10	1.4571 1.4435 1.4539 1.4878	215 190 220 205	202 182 190 190	185 166 175 176	177 152 165 167	167 137 155 157	157 127 145 147	145 118 135 136	140 113 130 130	135 108 125 125	131 103 120 121	129 100 110 119	127 98 105 118		
		X6CrNiMoTi18-13-2	1.4561	190	182	166	152	137	127	118	113	108	103	100	98		
		SEW 400															

a Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

b Gilt für Röhre unter der Voraussetzung, dass eine Kerbschlagarbeit von 27J in Längsrichtung bei Raumtemperatur, bezogen auf eine ISO-V-Normalprobe, nachgewiesen wird.

Tabelle 2 — Als charakteristische Werte für den E -Modul (Elastizitätsmodul) festgelegte Werte

Werkstoff	E -Modul in N/mm^2 ^a bei Temperaturen von							
	20 °C	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C
Allgemeine Baustähle	210 000	205 000	200 000	192 000	–	–	–	–
Warmfeste Stähle	210 000	205 000	200 000	192 000	184 000	180 000	–	–
Nichtrostende Stähle	a)	170 000	164 000	156 000	149 000	142 000	138 500	135 000
	b) ^b	200 000	194 000	186 000	179 000	172 000	168 500	165 000

^a Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

^b Zur Ermittlung von Zwängungsschnittgrößen.

Tabelle 3 — Als charakteristische Werte für die Wärmedehnzahl α_T festgelegte Werte

Werkstoff	Mittlere Wärmedehnzahl α_T in K^{-1} für Temperaturen von 20 °C bis				
	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C
Allgemeine Baustähle	$12,0 \times 10^{-6}$	$12,1 \times 10^{-6}$	$12,9 \times 10^{-6}$	–	–
Warmfeste Stähle	$11,1 \times 10^{-6}$	$12,1 \times 10^{-6}$	$12,9 \times 10^{-6}$	$13,5 \times 10^{-6}$	$13,9 \times 10^{-6}$
Nichtrostende Stähle	$16,5 \times 10^{-6}$	$17,0 \times 10^{-6}$	$17,5 \times 10^{-6}$	$18,0 \times 10^{-6}$	$18,5 \times 10^{-6}$

5.3 Stählerne Abspannseile

Es dürfen die in DIN 18800-1 genannten Werkstoffe verwendet werden.

5.4 Verbindungsmittel

Es dürfen die in DIN 18800-1 genannten Werkstoffe verwendet werden.

5.5 Dämmstoffe

Dämmstoffe müssen strukturfest und nichtbrennbar sein. Sie müssen unter dem Einfluss von Wärme, Kälte, Alterung und auch nach vorübergehender Durchfeuchtung genügend formbeständig und funktionsfähig bleiben. Die Dämmstoffe dürfen keine schädigenden Einflüsse auf andere Baustoffe ausüben.

5.6 Auskleidungen

Die Eignung der Baustoffe für Auskleidungen muss nachgewiesen werden. Werden gemauerte Auskleidungen nach DIN 1056 verwendet, ist kein weiterer Nachweis für die Eignung der Baustoffe erforderlich.

6 Einwirkungen

6.1 Allgemeines

Für die Berechnung von Schornsteinen aus Stahl sind ständige, veränderliche und außergewöhnliche Einwirkungen zu berücksichtigen.

Ständige Einwirkungen sind:

- Eigenlast und
- Vorspannkraft.

Veränderliche Einwirkungen sind:

- Windlast,
- Verkehrslast und Schneelast,
- Eislast,
- Wärmeeinwirkung,
- planmäßiger Unter- und Überdruck,
- Lasten aus Bauzuständen,
- Einwirkungen aus wahrscheinlichen Änderungen der Stützbedingungen.

Außergewöhnlichen Einwirkungen sind:

- Ersatzlasten für Erdbeben,
- nichtplanmäßige Lasten und Einwirkungen z. B. aus Anprall, aus möglichen Änderungen der Stützbedingungen (z. B. in Bergsenkungsgebieten) oder aus Betriebsstörungen,
- sonstige Lasten, die sich aus der örtlichen Lage und den betrieblichen Verhältnissen ergeben können.

6.2 Eigenlast

Eigenlasten sind nach DIN 1055-1 oder DIN 1055-2 anhand der Übersichtszeichnung zu ermitteln. Werden Baustoffe verwendet, die nicht in DIN 1055-1 enthalten sind, sind deren tatsächliche Wichten zu nehmen.

6.3 Vorspannkraft

Als Vorspannkraft gilt diejenige Seilkraft, die bei einer Aufstelltemperatur von +10 °C im wind- und eisfreien Zustand kontrolliert eingebracht wird. Sofern zum Zeitpunkt des Vorspannens eine von +10 °C abweichende Temperatur herrscht, ist dies beim Einstellen der Vorspannkraft zu berücksichtigen.

6.4 Einwirkungen aus Wind

Die Einwirkungen aus Wind sind nach DIN 1055-4 unter Beachtung von Anhang A zu berechnen.

6.5 Verkehrslast und Schneelast

Auf Podesten und Laufstegen ist eine gleichmäßig verteilte Verkehrslast von 2 kN/m^2 , die Schnee einschließt, anzunehmen. Mit einer Einzellast von 3 kN an ungünstigster Stelle ist zu rechnen, wenn dies ungünstiger ist als die vorgenannte Flächenlast. Für das Bemessen der Geländer ist eine horizontale, nach außen oder innen wirkende, am Geländerholm angreifende Last von $0,5 \text{ kN/m}$ anzunehmen.

6.6 Eislast

Die Eislast ist nach DIN 1055-5 anzusetzen.

6.7 Wärmeeinwirkung

Die Wandtemperaturen des wärmegeprägten abgasführenden Rohres und des Tragrohres sind zu ermitteln, z. B. nach DIN EN 13084-1:2001-04, Anhang A.

Bei keramischen Auskleidungen ist DIN 1056 zu beachten.

Ungleichmäßige Wärmeeinwirkungen aus betrieblichen und meteorologischen Bedingungen sind zu berücksichtigen, z. B. nach DIN EN 13084-6. Verformungen der Schornsteinachse aus Sonneneinstrahlung brauchen jedoch nicht nachgewiesen zu werden.

Bei abgespannten und abgestützten Schornsteinen aus Stahl ist zu beachten, dass das Tragrohr die Betriebstemperatur, die Abspannseile bzw. die Abstützung hingegen die Lufttemperatur annehmen. Dabei ist von einer Außentemperatur von -10 °C auszugehen.

6.8 Planmäßiger Über- und Unterdruck

Der Unter- und Überdruck unter planmäßigen Betriebsbedingungen (stationär, An- und Abfahren) sind zu ermitteln.

6.9 Lasten aus Bauzuständen

Lasten aus Bauzuständen (z. B. aus Montageabspannungen, Hebezeugen, Rüstungen) sind gegebenenfalls zu berücksichtigen.

6.10 Änderungen der Stützbedingungen

Wahrscheinliche Änderungen der Stützbedingungen, z. B. Schiefstellungen aus Baugrundsetzungen, sind zu berücksichtigen.

6.11 Erdbeben

Für die Lastannahmen zur Berücksichtigung der Erdbebenwirkung gilt DIN 4149; die Zuordnung der Schornsteine zu einer Bedeutungskategorie nach DIN 4149 ist mit der zuständigen Bauaufsicht abzustimmen.

6.12 Anprall

Anpralllasten sind DIN 1055-3 zu entnehmen.

7 Ermittlung der Schnittgrößen

7.1 Allgemeines

Die Schnittgrößen sind mit den nach Abschnitt 6 anzusetzenden Einwirkungen für die beiden folgenden Kombinationen zu ermitteln:

- a) Grundkombination (ständige und veränderliche Einwirkungen);
- b) außergewöhnliche Kombination (ständige, veränderliche und eine außergewöhnliche Einwirkung); Lasten aus Erdbeben und Wind brauchen dabei nicht überlagert zu werden;

Dabei sind die Einwirkungen mit folgenden γ_F -Werten zu vervielfachen:

- a) in der Grundkombination:
 - 1) die Eigenlast mit $\gamma_F = 1,35$, wenn sie ungünstig wirkt, oder mit $\gamma_F = 1,0$, wenn sie günstig wirkt;
 - 2) die Vorspannkraft mit $\gamma_F = 1,0$;
 - 3) alle anderen Einwirkungen mit $\gamma_F = 1,5$;
- b) in der außergewöhnlichen Kombination:
 - 1) alle Einwirkungen mit $\gamma_F = 1,0$.

Der Nachweis der Betriebsfestigkeit ist mit $\gamma_F = 1,0$ zu führen, siehe 8.1.3.

Die Schnittgrößen für das Tragrohr sind nach der Elastizitätstheorie II. Ordnung (Nachweis am verformten Tragwerk, gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Baugrundverformung) zu berechnen. Sie dürfen nach der Stabtheorie ermittelt werden, d. h. auf die Berücksichtigung der Schalenwirkung darf verzichtet werden, wenn Gleichung (1) erfüllt ist. Dabei dürfen Öffnungen im Tragrohr vernachlässigt werden, wenn die Anforderungen nach 9.3.2 eingehalten sind.

$$\frac{l}{r} \geq 0,14 \times \frac{r}{t} + 10 \quad (1)$$

Dabei ist

- l die maßgebende Länge des Tragrohrs (Kraglänge oder Abstand der Abspannpunkte);
- r der mittlere Radius des Tragrohres;
- t die mittlere Wanddicke des Tragrohres.

Bei Schnittgrößenermittlung nach einer Schalentheorie unter Voraussetzung elastischen Werkstoffverhaltens darf wegen der lokalen plastischen Umlagerungen die Belastung, die zu einem Fließen in der Randfaser führt, im Verhältnis der maximalen Zug- zur maximalen Druckspannung, jedoch höchstens um den Faktor 2,0 gesteigert werden. Die Schnittgrößen infolge Querschwingungen sind nach der Stabtheorie zu ermitteln. Vorverformungen des Gesamtsystems (Lotabweichungen, Vorkrümmungen) brauchen nicht eingerechnet zu werden. Die Schnittgrößen aus Erdbeben brauchen nicht nach Theorie II. Ordnung berechnet zu werden. Beim Ermitteln der Schnittgrößen im Innenrohr ist auch der Einfluss der Durchbiegung des Tragrohrs sowie das Schwingungsverhalten zu beachten.

7.2 Freistehende Schornsteine

Bei freistehenden Schornsteinen dürfen die Momente nach Theorie II. Ordnung vereinfachend nach Gleichung (2) berechnet werden, wenn:

- die Stabkennzahl $\varepsilon \leq 0,8$ ist und
- am Schornsteinkopf konzentriert wirkende Lasten kleiner als 10 % der Eigenlast des Tragrohrs sind.

$$M'' = M' \left(1 + \frac{\varepsilon^2}{8} \right) \quad (2)$$

Dabei ist

M'' das Moment nach Theorie II. Ordnung;

M' das Moment nach Theorie I. Ordnung.

$$\varepsilon = h_F \times \sqrt{\frac{N_0}{EI_0}} \quad (3)$$

Dabei ist

h_F die Höhe des Tragrohrs über der Auflagerung;

N_0 die Längskraft am Einspannquerschnitts;

EI_0 die Biegesteifigkeit des Einspannquerschnitts.

7.3 Abgespannte Schornsteine

7.3.1 Zu untersuchende Windrichtungen

Im Allgemeinen sind die Schnittgrößen für mehrere Windrichtungen zu berechnen, um die größten Beanspruchungen zu ermitteln. Bei zentralsymmetrischen Abspannungen nach Bild 2 brauchen die Schornsteine nur für die im Bild 2 eingetragenen Windrichtungen untersucht zu werden.

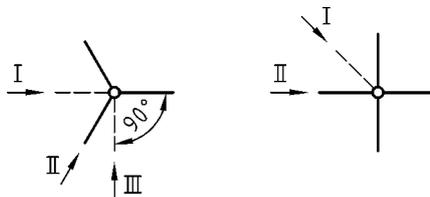


Bild 2 — Zu untersuchende Windrichtungen bei abgespannten Schornsteinen

Bei der Berechnung der Beanspruchungen des Tragrohrs sind jeweils die maximalen Schnittgrößen in ungünstigster Richtung anzunehmen (z. B. im Bereich von Öffnungen).

7.3.2 Näherung bei verschiedenen geneigten und verschiedenen langen Abspannseilen eines Abspannsterns

Sind Seile eines Abspannsternes verschieden lang oder verschieden geneigt, darf für den Nachweis vom arithmetischen Mittel der Seilneigungen und der Seillängen ausgegangen werden, wenn die Sehnenlängen der Seile des Abspannsternes sich um nicht mehr als 5 % bzw. die Neigungswinkel sich um nicht mehr als 3° voneinander unterscheiden.

7.3.3 Näherung bei abgespannten Schornsteinen bis 40 m Höhe

Bei abgespannten Schornsteinen bis zu einer Höhe von 40 m dürfen die Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung berechnet werden; dem Stabilitätsnachweis nach DIN 18800-2 darf ein Ersatzstab zugrunde gelegt werden, dessen Knicklänge gleich dem 1,2fachen Abstand der Abspannpunkte ist.

8 Bemessung

8.1 Trag- und Innenrohr

8.1.1 Tragsicherheitsnachweis

Der Tragsicherheitsnachweis ist, sofern im Folgenden nichts anderes bestimmt ist, nach DIN 18800-1 zu führen. Er muss sicherstellen, dass die nach Abschnitt 7 ermittelten Schnittgrößen nicht größer sind als die im Grenzzustand der Tragfähigkeit aufnehmbaren Schnittgrößen. Diese Grenzschnittgrößen sind nach der Elastizitätstheorie unter der Bedingung zu ermitteln, dass der Bemessungswert der Streckgrenze $f_{y,d} = f_{y,k}/\gamma_M$ nicht überschritten wird. Dabei ist $f_{y,k}$ nach Tabelle 1 und der Teilsicherheitsbeiwert des Widerstandes $\gamma_M = 1,1$ anzusetzen. (Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch nach DIN 18800-1). Zur Berücksichtigung der erhöhten Tragfähigkeit bei Ausnutzung von Plastizierung dürfen die so ermittelten Grenzschnittgrößen um 10 % erhöht werden. Eine Berechnung der Beanspruchbarkeiten unter planmäßiger Ausnutzung plastischer Tragfähigkeiten (Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch nach DIN 18800-1) ist jedoch nicht zulässig. Ein Nachweis der Biegebeanspruchung in Umfangsrichtung infolge der ungleichmäßigen Winddruckverteilung darf entfallen, wenn das Verhältnis Radius r zur Wanddicke t kleiner als 160 ist. Im Bereich von Querschnittsschwächungen sind besondere Maßnahmen nach 9.3.2 erforderlich.

8.1.2 Beulsicherheitsnachweis

Der Beulsicherheitsnachweis ist nach DIN 18800-4 zu führen.

8.1.3 Betriebsfestigkeitsnachweis

Der Betriebsfestigkeitsnachweis ist nur für die durch Querschwingungen des Bauwerks verursachten Schwingungsbeanspruchungen erforderlich; er ist im Allgemeinen auch dann zu führen, wenn die Beanspruchungen durch Gegenmaßnahmen reduziert werden. Für Schornsteine des Abmessungsbereiches II darf er entfallen. Der Betriebsfestigkeitsnachweis ist für die 1,0fachen Lasten durchzuführen. Bis zum Vorliegen einer entsprechenden Grundnorm ist eine Betriebsfestigkeitsuntersuchung nach Anhang B durchzuführen. Sind auf Betriebsfestigkeit zu untersuchende Bauteile ständig oder über längere Zeitspannen Temperaturen T von mehr als 100 °C ausgesetzt, dann sind die zulässigen Spannungsschwingbreiten $\Delta\sigma_T$ nach Gleichung (4) zu ermitteln.

$$\Delta\sigma_T = \frac{1300 - T}{1200} \times \Delta\sigma \quad (4)$$

$$100 \text{ °C} \leq T \leq 500 \text{ °C}$$

Dabei ist

$\Delta\sigma_T$ die bei der Temperatur T in °C zulässige Spannungsschwingbreite;

$\Delta\sigma$ die bei Normaltemperatur zulässige Spannungsschwingbreite nach Anhang B.

8.2 Gründung

8.2.1 Allgemeines

Für die Gründung gilt DIN 1054. Die Schnittgrößen aus der Querschwingungsuntersuchung (siehe A.2.2.1) sind als statische Belastung bis in die Bodenfuge zu verfolgen.

8.2.2 Fundament

Für die Bemessung des Stahlbetonfundamentes gilt DIN 1045.

8.2.3 Standsicherheit

Abweichend von DIN 1054:2003-01, 7.5.1 darf in der Sohlfläche infolge der aus den charakteristischen Werten der ständigen und veränderlichen Einwirkungen resultierenden Schnittgrößen keine klaffende Fuge auftreten.

Zur Vermeidung von Sattelbildung unter der Fundamentsohle infolge wiederholter Beanspruchung durch Windwirkung ist folgender Nachweis zu führen, sofern die Resultierende unter charakteristischer Einwirkung in der ungünstigsten Lastkombination außerhalb der 1. Kernweite liegt:

- Bei dem 1,5fachen des charakteristischen Momentes und 1,0facher charakteristischer Normalkraft darf das 1,5fache des zulässigen Sohldruckes nicht überschritten werden.

Bei der Verwendung von Bohrpfählen sind DIN 1054 und DIN EN 1536 zu beachten.

Beim Nachweis der Gleitsicherheit darf lediglich die Reibung zwischen Beton und Erdreich in der Gründungssohle in Ansatz gebracht werden. Eine Ausnahme ist zulässig bei Fundamenten für Abspannungen. Bei diesen darf der Erdwiderstand abzüglich des Erddrucks in Richtung der am Fundament angreifenden Horizontalkraft zusätzlich zu der Sohlreibung als Widerstand gegen Gleiten angesetzt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass dann unter Umständen große Verschiebungen auftreten, die zu einer Verringerung der Vorspannkraft führen. Für die Ermittlung des Erdwiderstandes und des Erddrucks ist mit einem Erdkörper konstanter Breite gleich der Breite des Fundamentes zu rechnen. Die Sicherheit gegen Abheben muss für flach gegründete Fundamente mindestens 1,5 betragen.

9 Konstruktion

9.1 Allgemeines

Für die konstruktive Ausbildung der Einzelteile und der Verbindungen gilt DIN 18800-1. Es sind die betrieblichen Gegebenheiten, insbesondere die thermischen, chemischen und mechanischen Beanspruchungen zu berücksichtigen. Aussteifungen und Verbände für die Erhaltung der Querschnittsform sind in ausreichender Anzahl vorzusehen, insbesondere auch an den Mündungen der Schornsteinrohre und an allen Angriffspunkten von Abstützungen und Abspannungen.

9.2 Mindestwanddicke

Die Wanddicke von Trag- und abgasführenden Rohren sowie anderen Konstruktionsteilen muss mindestens 1,5 mm betragen. Abweichend davon darf diese Mindestwanddicke unterschritten werden, wenn die Verbindungsmittel auf die Wanddicke abgestimmt sind und ein besonderer Nachweis der Verwendbarkeit,

z. B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall, erbracht wird. Für Bauwerksflächen, die mit den abzuführenden Stoffen in Berührung kommen, gilt Abschnitt 10.

9.3 Tragrohr

9.3.1 Verbindungen

Schraubenverbindungen standsicherheitsrelevanter Teile, für die ein Betriebsfestigkeitsnachweis nach 8.1.3 zu führen ist, dürfen nur als planmäßig vorgespannte Verbindungen ausgeführt werden. Die dauerhafte Vorspannung der Schrauben ist im Rahmen der Zustandsüberwachungen nach Abschnitt 12 sicherzustellen. Diese Einschränkung gilt nicht für Ankerschrauben. In Schraubenverbindungen ohne planmäßige Vorspannung nach DIN 18800-1 und bei Ankerschrauben müssen die Muttern gegen Losdrehen gesichert werden.

Bei bewitterten Schraubenverbindungen ist der Schraubenkopf bei senkrechtem Einbau immer auf der Oberseite anzuordnen.

9.3.2 Öffnungen

Querschnittsschwächungen durch Öffnungen (Mannlöcher, Fuchsöffnungen usw.) sind durch ausreichende Verstärkungen auszugleichen. Je nach Größe und Form der Öffnung können unterschiedliche Verstärkungen notwendig werden, wie z. B. Ringsteifen, Längssteifen, mittragende Stützen und Pflaster. Außerdem ist in der Umgebung von Löchern ausreichende Stabilität nachzuweisen. Auch hierfür sind unter Umständen Versteifungen im Bereich der Lochränder erforderlich. Bei der Anordnung von Längssteifen muss berücksichtigt werden, dass eine Lastverteilung der dort konzentrierten Längskräfte nur unter Heranziehung der Umfangsbiegung der Schalenwände in den Bereichen ober- und unterhalb der Öffnungen möglich ist. Die Steifenlänge ist so zu wählen, dass entsprechend große Bereiche zum Mittragen herangezogen werden; zur Aufnahme der Umfangsbiegung können zusätzlich Ringsteifen am Lochrand und am Ende der Längssteifen angeordnet werden. Die Aufnahme der Querkraft muss sichergestellt sein.

9.4 Innenrohr

Die Stöße von Innenrohren sind gasdicht auszubilden.

9.5 Auskleidungen

Auskleidungen aus Gieß-, Spritz- oder Stampfmassen müssen verankert werden. Bei gemauerten Auskleidungen können Abfangungen erforderlich werden. Durch konstruktive Maßnahmen muss sichergestellt sein, dass auftretende Zwängungen aufgenommen werden können.

9.6 Abspannseile

9.6.1 Allgemeines

Für Seile und ihre Endverankerungen gilt DIN 18800-1. Um Torsionszwängungen klein zu halten, sind drehungsarme Seile zu bevorzugen.

9.6.2 Drahtseilklemmen

Werden Drahtseilklemmen verwendet, so ist DIN EN 13411-5 zu beachten. Die Muttern sind nach Aufbringen der Vorspannkraft nochmals nachzuziehen. Hierbei sind die Anziehmomente gegenüber DIN EN 13411-5 um 10 % zu erhöhen.

9.6.3 Seilverbindungen

Alle in Abspannungen zwischen Verankerungskonstruktion und Tragrohr angeordneten Verbindungen sind gelenkig — unter Verwendung von Bolzen — auszubilden. Die Bolzen sind zu sichern; Drahtsplinte und Federringe als alleinige Bolzensicherung sind hierbei nicht zulässig. Spannvorrichtungen sind gegen Verstellen zu sichern.

9.7 Wärmedämmung

Enthalten die Abgase Stoffe, deren Kondensat zur Korrosion des Stahls führen kann, soll eine Wärmedämmung der abgasführenden Teile so vorgesehen werden, dass eine Unterschreitung des Säuretaupunktes verhindert wird. Eine Wärmedämmung kann jedoch auch aus Gründen des Immissionsschutzes erforderlich werden (z. B. Vermeidung von Rußflockenbildung, vorgeschriebene Austrittstemperatur). Die Dämmstoffe dürfen nicht zusammensacken, verrutschen oder abfallen. Wärme- und Kältebrücken sind weitgehend zu vermeiden.

9.8 Gründung und Verankerung

Für die Ausführung von Betonfundamenten gilt die Normenreihe DIN 1045. Der Gründungskörper ist vor thermischen und chemischen Einflüssen zu schützen. Bei betonschädlichen Wässern und Böden siehe DIN 4030-1. Die Austrittspunkte einbetonierter Stahlteile sollen mindestens 30 cm über Gelände liegen, andernfalls sind besondere Korrosionsschutzmaßnahmen zu treffen. Die Oberseiten der Betonfundamente sind zur Entwässerung mit einem Gefälle von mindestens 5 % zu versehen und glatt abzureiben. Ankerkräfte sind voll durch Barren oder Platten auf den Beton zu übertragen. Abweichend hiervon dürfen bei Ankern aus Betonstahl Ankerbarren entfallen; die Verankerungslänge ergibt sich dann nach DIN 1045-1. Die Übertragung der Ankerkräfte durch Haftung bei vorgefertigten Ankerlöchern und nachträglichem Verguss ist nicht zulässig. Bei Abspannfundamenten ist zusätzlich zum jeweiligen Hauptanker eine Vorrichtung vorzusehen, die das Auswechseln des Abspannseiles ermöglicht; sie muss mindestens das 0,8fache der am Fundament angreifenden maximalen Seilkräfte übernehmen können.

9.9 Ausrüstung

9.9.1 Begehungseinrichtungen

9.9.1.1 Allgemeines

Begehungseinrichtungen müssen den Regeln des Arbeitsschutzes entsprechen.

Bei Schornsteinen muss die Zugänglichkeit bis zur Mündung sichergestellt sein; bei einer Höhe h_F von mehr als 25 m muss dies durch eine fest angebaute Steigleiter erfolgen.

Flanschverbindungen des Tragrohrs müssen über den gesamten Schornsteinumfang von einer Begehungseinrichtung aus inspizierbar sein.

ANMERKUNG Eine solche Begehungseinrichtung kann z. B. ein äußerer Umgang aus Steigeisen nach DIN 1056:1984-10, 10.9.2 mit Absturzsicherung sein.

9.9.1.2 Steigleitern

Steigleitern sind nach den Normen der Reihe DIN 18799 auszuführen.

Im Inneren des Innenrohres darf kein Steiggang angebracht werden. Jedoch sind bei einer lichten Weite des Innenrohres von mehr als 0,6 m Vorkehrungen für das Anbringen einer Befahreinrichtung²⁾ des Innenrohrinnenraumes zu treffen.

9.9.1.3 Standflächen und Laufstege

Zur Ausführung von Schornsteinfeger- und Inspektionsarbeiten sind max. 1,50 m unter der Mündung Standflächen anzuordnen. Diese müssen mindestens den Anforderungen an Ruhebühnen nach DIN 18799 genügen.

Für Mess- und Wartungsarbeiten sind entsprechend dimensionierte Standflächen und Laufstege vorzusehen.

9.9.2 Flugsicherung

Es gelten die erforderlichen Anforderungen der Bundesanstalt für Flugsicherung.

9.9.3 Blitzschutz- und Erdungsanlagen

Schornsteine aus Stahl müssen eine wirksame Erdung und einen Blitzschutz nach den Normen der Reihe DIN EN 62305 (VDE 0185-305) erhalten.

10 Korrosionsschutz

10.1 Allgemeines

Schornsteine aus Stahl müssen im Allgemeinen gegen Korrosion geschützt werden. Es ist zu unterscheiden zwischen Korrosionsbeanspruchungen durch die Abgase und denen durch äußere Umwelteinwirkungen. Durch die Abgase werden beansprucht:

- die Innenflächen des abgasführenden Rohres;
- die Außenflächen des Schornsteins und die Begehungseinrichtungen (Steigleitern, Bühnen, Sicherheitseinrichtungen; siehe auch 9.9) im Bereich der Abgasfahne – etwa dem 5fachen Außendurchmesser entsprechend;
- alle Außenflächen, die sich im Bereich der Abgase benachbarter Schornsteine befinden.

Maßnahmen gegen Korrosion bei Beanspruchung durch Abgase können bestehen aus:

- a) Korrosionsschutz durch:
 - Beschichtungen und Überzüge;
 - Auskleidungen;
- b) Überdimensionierung (Korrosionszuschlag zur Blechdicke);
- c) Wahl geeigneter nichtrostender Stähle.

2) Sicherheitsregeln für hochziehbare Personenaufnahmemittel, BGR 159 (Berufsgenossenschaftliche Regel) des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften.

Die Auswahl der Maßnahmen richtet sich nach den mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen des Schornsteins, der Bauart, den Fertigungs- und Montagebedingungen sowie dem Standort.

10.2 Chemische Einwirkungen

10.2.1 Allgemeines

Die chemische Einwirkung entsteht durch Kondensation von verschiedenen Abgasen zu Säuren, z. B. Schwefelsäure, Salzsäure, verunreinigt durch Chloride und Fluoride. Je nach Art und Dauer der Einwirkung ist die zu erwartende chemische Beanspruchung einzustufen in:

- a) geringfügig;
- b) mittel;
- c) stark;
- d) sehr stark.

Allgemein ist das Vermeiden der Taupunktunterschreitung die sicherste Maßnahme gegen Korrosion.

10.2.2 Einwirkungen aufgrund von Schwefeloxiden

Der Grad der chemischen Beanspruchung ist in Abhängigkeit von der Dauer der Säuretaupunktunterschreitungen aus Tabelle 4 zu entnehmen; dabei sind An-, Abfahrts- und Stillstandzeiten nicht zu berücksichtigen.

Tabelle 4 — Grad der chemischen Beanspruchung bei Einwirkung von Schwefelsäure

Grad der chemischen Beanspruchung	Unterschreitung des Säuretaupunktes im Betriebszustand in h/a
geringfügig	unter 20
mittel	20 bis 100
stark	über 100 bis 2 000
sehr stark	über 2 000

Die in Tabelle 4 angegebenen Werte gelten für einen SO_3 -Gehalt des Abgases von 50 mg/m^3 (Massenanteil). Bei abweichenden Werten des SO_3 -Gehaltes verändern sich die angegebenen Betriebsstunden umgekehrt proportional zum SO_3 -Gehalt. Wenn letzterer nicht bekannt ist, sollte der SO_3 -Gehalt mit mindestens 2 % (Massenanteil) des SO_2 -Gehaltes im Abgas angenommen werden. Besonders zu beachten sind Stellen lokaler Abkühlung, z. B. Flansche, Umlenkungen oder Anbauten und Unterstützungspunkte.

10.2.3 Einwirkungen aufgrund von Chloriden und Fluoriden

Bei Abgasen, die Chloride und Fluoride enthalten, handelt es sich um sehr starke chemische Beanspruchung, wenn die Temperatur an der Wandoberfläche im Betriebszustand mehr als 20 h/a unter dem Säuretaupunkt liegt.

10.3 Maßnahmen gegen Korrosion

10.3.1 Beschichtungen und Überzüge

Es gelten die Normen der Reihe DIN EN ISO 12944. Die Wahl von Beschichtungen oder Überzügen ist nach den in 10.2 genannten Kriterien vorzunehmen. Dabei ist der Grad der chemischen Beanspruchung sehr sorgfältig zu bestimmen (z. B. für Außenmantel außen oder innen, Innenrohr innen). Mehrschichtige Systeme, bestehend aus Grund- und Deckbeschichtungen, sind für höhere Temperaturen und im Allgemeinen auch für starke chemische Beanspruchung besser geeignet als Einfachbeschichtungen. Die Verarbeitungsvorschriften der Lieferfirmen sind vom Verarbeiter sehr sorgfältig zu beachten. Dies gilt insbesondere auch für Ausbesserungen von Transport- und Montageschäden sowie für Baustellenverbindungen.

10.3.2 Auskleidungen

Bei gemauerten Auskleidungen ist bei starker und sehr starker chemischer Beanspruchung säurebeständiges Mauerwerk nach DIN 1056:1984-10, 2.11, vorzusehen. Wird der Säuretaupunkt auf der Innenseite des Stahlrohres unterschritten, ist zwischen Auskleidung und Stahlrohr ein zusätzlicher Korrosionsschutz durch Beschichtung mit säurebeständigem Material aufzubringen. Auf die thermische Beständigkeit dieser Beschichtung ist zu achten.

10.3.3 Korrosionszuschlag zur Blechdicke

Als Maßnahme gegen Korrosion für die mit den abzuführenden Stoffen in Berührung kommenden Innenflächen des Rohres darf ein Korrosionszuschlag zur Blechdicke (Überdimensionierung) nach DIN EN 13084-7:2006-06, Tabelle 4 vorgesehen werden. Dies kann dann erforderlich werden, wenn, z. B. bei hoher Abgastemperatur mit häufigen Betriebsunterbrechungen, ein einwandfreier Korrosionsschutz durch Beschichtungen und Überzüge nicht möglich oder unwirtschaftlich ist.

10.3.4 Wahl geeigneter nichtrostender Stähle

Von den in 5.2 aufgeführten nichtrostenden Stählen dürfen bei Schornsteinen von Verbrennungsanlagen solche nach Tabelle 5 verwendet werden. Bei anderen als den dort angegebenen Schadstoffkombinationen oder höheren Grenzwerten dürfen die genannten Stähle für standsicherheitsrelevante Bauteile nicht verwendet werden. Der für die Auswahl dieser Werkstoffe maßgebliche Schadstoff ist das Schwefeldioxid (SO₂) wobei die möglichen begleitenden Anteile an Chlor- und Fluorverbindungen die angegebenen Höchstwerte nicht überschreiten dürfen. Zur Berücksichtigung der flächenabtragenden Wirkung des Schwefels ist die statisch erforderliche Blechdicke³⁾ um den Zuschlag nach DIN EN 13084-7:2006-06, Tabelle 4, zu vergrößern.

Wegen der möglichen interkristallinen Korrosion von CrNi-Stählen bei Wandtemperaturen oberhalb von 400 °C sind besondere Überlegungen anzustellen. Gegebenenfalls ist der Rat eines Experten einzuholen.

Für nicht standsicherheitsrelevante Bauteile können nach entsprechenden Untersuchungen höherwertige nichtrostende Stähle oder Nickelbasislegierungen verwendet werden.

3) Mindestens jedoch 1,5 mm nach 9.2

Tabelle 5 — Nichtrostende Stähle für Schornsteine von Verbrennungsanlagen

Brennstoffe ^a	Erdgas	Heizöl EL ^b , Holz (natur)	Heizöl S ^c , Kohle (max. 1% S)
mit einem Gehalt im Abgas von	SO ₂ < 35 mg/m ³	SO ₂ < 500 mg/m ³	SO ₂ < 1 700 mg/m ³
	sowie HCL < 30 mg/m ³ und HF < 5 mg/m ³		
maßgebende Wandtemperaturen im planmäßigen Betriebszustand in °C	Verwendbare Stähle (Werkstoffnummern)		
0 bis 100	1.4571 1.4435 1.4539	1.4539	1.4539
über 100 bis 150	1.4541 1.4571 1.4435 1.4539	1.4571 1.4435 1.4539	1.4539
über 150 bis 300	1.4541 1.4571 1.4435 1.4539	1.4571 1.4435 1.4539	1.4571 1.4435 1.4539
über 300 bis 400	1.4541 1.4571 1.4435	1.4541 1.4571 1.4435	1.4571 1.4435
über 400 bis 550	1.4561 1.4878	1.4561 1.4878	1.4561 1.4878
^a Deponiegas und Stadtgas sind nach der Abgasanalyse entsprechend einzuordnen. ^b Nach DIN 51603-1. ^c Nach DIN 51603-3.			

11 Ausführung

11.1 Allgemeines

Für das Herstellen standsicherheitsrelevanter Bauteile aus Stahl gilt DIN 18800-7.

11.2 Geschweißte Schornsteine aus Stahl

Geschweißte Schornsteine aus Stahl dürfen nur von Betrieben hergestellt werden, die über eine Herstellerqualifikation nach DIN 18800-7 verfügen. Die notwendige Klasse der Herstellerqualifikation nach DIN 18800-7 ergibt sich aus den Werkstoffen, den Wanddicken und den Abmessungen.

Für die Herstellung von Schornsteinen des Abmessungsbereiches I nach Bild 1 ist die Herstellerqualifikation Klasse E mit dem Anwendungsbereich von DIN V 4133 erforderlich.

Die eingesetzten Schweißer müssen über eine gültige Prüfbescheinigung nach DIN EN 287-1 verfügen, die in ihren Grenzen die zu schweißenden Nähte und Werkstoffe abdeckt.

11.3 Einbringen der Vorspannkkräfte von Abspannseilen

Das Einbringen und die Endkontrolle der Vorspannkkräfte sind im wind- und eisfreien Zustand durchzuführen. Andernfalls sind weitere Überlegungen erforderlich. Die Aufstelltemperatur ist dabei zu berücksichtigen.

Das Einbringen der Vorspannkkräfte muss mit Messeinrichtungen überwacht und protokolliert werden. Hierbei ist die Benutzung von Spannvorrichtungen zulässig, die nach dem Einbau von Passstücken in die Seilachse entlastet und wieder ausgebaut werden dürfen.

11.4 Korrosionsschutz

Für die Ausführung der Korrosionsschutzarbeiten gelten DIN EN ISO 12944-4 und DIN EN ISO 12944-6. Kontrollflächen nach DIN EN ISO 12944-7 sollten vorgesehen werden.

12 Zustandsüberwachung

Schornsteine müssen regelmäßig durch einen Sachkundigen überprüft werden.

Die erste Zustandsüberwachung ist 24 Monate nach Inbetriebnahme durchzuführen. In diesem Zeitraum sind die Betriebsdaten zur Ermittlung des Grades der chemischen Beanspruchung zu kontrollieren.

Die zeitlichen Abstände der weiteren Zustandsüberwachung sind in Abhängigkeit vom festgestellten Grad der chemischen Beanspruchung nach Tabelle 6 festzulegen, siehe 10.2.

Tabelle 6 — Zeitliche Abstände der Zustandsüberwachung

Grad der chemischen Beanspruchung	geringfügig	mittel	stark	sehr stark
Abstand der Zustandsüberwachung in Jahren	4	3	2	1

Wird der Grad der chemischen Beanspruchung nicht ermittelt, ist dieser immer mit „sehr stark“ anzunehmen.

Für Schwingungsdämpfer und Steigschutzeinrichtungen sind gegebenenfalls hierfür vorgeschriebene kürzere Zeitabstände zur Inspektion und Wartung zu beachten.

Auch der begehbare Innenraum zwischen Trag- und Innenrohr muss in die Zustandsüberwachung einbezogen werden.

Über die Zustandsüberwachungen ist ein Protokoll anzufertigen.

Alle planmäßig vorgespannten Schrauben sind 3 bis 12 Monate nach der Montage mit dem Prüfmoment nach DIN 18800-7 zu überprüfen; darüber ist ein Protokoll anzufertigen. Diese Schrauben sind im Zuge der weiteren regelmäßigen Zustandsüberwachungen zu kontrollieren.

Anhang A (normativ)

Windlastannahmen Ergänzung zu DIN 1055-4:2005-03

A.1 Allgemeines

Für die Ermittlung der Einwirkungen aus Wind gilt DIN 1055-4 mit den folgenden Ergänzungen.

A.2 Böenerregte Schwingungen

Böenerregte Schwingungen sind nach DIN 1055-4:2005-03, Anhang C, zu untersuchen.

A.3 Abminderung des Geschwindigkeitsdruckes bei vorübergehenden Zuständen

Für einen vorübergehenden Zustand (Montagezustand) darf der Geschwindigkeitsdruck $q_m(z)$ auf das 0,7-fache reduziert werden, sofern dieser Zustand nicht länger als 2 Jahre andauert. Weitere Abminderungen sind nicht zulässig.

A.4 Geländekategorien und Profile der Windgeschwindigkeit

Das Profil der mittleren Windgeschwindigkeit und der Böengeschwindigkeit sowie die Turbulenzintensität dürfen nach DIN 1055-4:2005-03, Tabellen B.2 oder B.3 berechnet werden.

Der Böengeschwindigkeitsdruck zur Berechnung der statischen Ersatzlast ist mit dem Böenreaktionsfaktor G nach DIN 1055-4:2005-03, Gleichung (C.4), zu ermitteln. Der Faktor G enthält auch die dynamische Bauwerksreaktion.

Für die Berechnung der Reynoldszahl ist die Böengeschwindigkeit nach DIN 1055-4:2005-03, Tabellen B.2 oder B.3, einzusetzen.

Bei Berechnungen nach DIN 1055-4:2005-03, Tabelle B.2, dürfen jedoch nur die Geländekategorien I und II angenommen werden.

A.5 Äquivalente Rauigkeiten von Zylinderoberflächen

Ergänzend zu DIN 1055-4:2005-03, Tabelle 11, werden folgende Rauigkeitswerte angegeben:

— Stahl, poliert	$k = 0,05 \text{ mm};$
— Stahl, glatt, beschichtet oder verzinkt	$k = 0,20 \text{ mm};$
— Stahl, leicht angerostet	$k = 0,50 \text{ mm}.$

A.6 Schraubenwendeln

Für Baukörper mit kreisförmigen Querschnitt, bei denen Störelemente, z. B. in Form von Schraubenwendeln, angeordnet sind, ist der aerodynamische Kraftbeiwert $c_f = 1,2$, bezogen auf den umhüllenden Zylinder (projizierte Fläche $d_H \times l_W$ wobei d_H der äußere Durchmesser der Wendel und l_W die Gesamthöhe der Wendel sind), anzusetzen, sofern durch Windkanalversuche kein geringerer Wert nachgewiesen wird. Dieser Kraftbeiwert ist von der Windgeschwindigkeit bzw. vom Staudruck unabhängig.

Außenanbauten, z. B. Außenpodeste und Leitern, sind, sofern keine besonderen Untersuchungen durchgeführt werden, unabhängig von ihrem Abstand mit ihrem vollen rechnerischen Wert $c_f \times A \times G \times q_m(z)$, wobei A die vom Wind getroffene Fläche ist, zusätzlich in Rechnung zu stellen.

Bei einem geringen Abstand der Anbauten vom Schornstein können noch größere Windkräfte auf die Anbauten wirken. Als oberer Grenzwert kann mit einer Erhöhung auf das 1,7fache gerechnet werden.

A.7 Umfangsdruckverteilung bei kreisförmigen Querschnitten

Die ungleichförmige Winddruckverteilung über den Umfang kreisförmiger Querschnitte ist in DIN 1055-4:2005-03, 12.7.3, angegeben. Die daraus an einem Kreisring resultierenden maximalen Schnittgrößen je Längeneinheit dürfen angenommen werden zu:

$$M = 0,125 \times G \times q_m(z) \times d^2$$

$$N = 0,750 \times G \times q_m(z) \times d \quad (\text{Zugkraft})$$

$$Q = 0,500 \times G \times q_m(z) \times d$$

Dabei ist

d der Außendurchmesser des Querschnitts;

$q_m(z)$ der mittlere Staudruck in Höhe des zu bemessenden Querschnitts;

G der Böenreaktionsfaktor nach DIN 1055-4:2005-03, Gleichung (C.4).

A.8 Windlast mit Eisansatz

Bei großen zylindrischen Stahlschornsteinen ist ein Nachweis der Windlast auf die durch Eisansatz vergrößerte Bezugsfläche in der Regel nicht erforderlich. Er kann notwendig werden bei feingliedrigen Konstruktionen und Fachwerken.

In diesem Fall ist die Windlast auf die durch den allseitigen Eisansatz vergrößerte Bezugsfläche des Tragwerks und der Abspannseile mit 75 % des Staudruckes zu ermitteln. Für den Eisansatz gilt DIN 1055-5.

A.9 Wirbelerregte Schwingungen in Querrichtung

Die Sicherheit gegen Beanspruchungen aus wirbelerregten Schwingungen in Querrichtung ist für alle Eigenfrequenzen nachzuweisen, bei denen gilt $v_{crit,i} < 1,25 v_{m,Lj}$.

Die Vorgabe einer Grenzschlankheit, z. B. $h/d < 60$, gilt damit nicht mehr.

A.10 Anzahl N der Spannungsschwingspiele

Die Anzahl N der Spannungsschwingspiele ist je angeregter Eigenfrequenz mit der DIN 1055-4:2005-03, Gleichung (D.4), angegebenen Beziehung zu ermitteln. Dabei ist im Gegensatz dazu die Mindestzahl der Lastspiele mit 10 000 anzusetzen.

A.11 Logarithmische Dämpfungsdekremente für Schornsteine aus Stahl

Dämpfungswerte von Schornsteinen aus Stahl können je nach Konstruktionsart und -ausführung stark schwanken. Auch entwurfsgleiche Schornsteine können deutlich unterschiedliche Dämpfungen aufweisen. Rechenwerte für die Strukturdämpfung der Grundschiwingung werden in Tabelle A.1 angegeben. (Rechenwerte für die Strukturdämpfung von Obertonschwingungen können davon abweichen !)

Tabelle A.1 — Rechenwerte für die Strukturdämpfung der Grundschiwingung

Konstruktionsart Basis: kreiszylindrisches Tragrohr		Parameter nach DIN 1055-4		
		a_1^b	b_1^b	δ_{\min}
ungestoßen, geschweißt oder mit HV-Verbindung geschraubt, ohne Innenrohr, ohne Wärmedämmung		0	0	0,012
ohne Innenrohr, mit äußerer Wärmedämmung		0	0	0,020
mit Innenrohr und daran angebrachter äußerer Wärmedämmung	$h/b < 18^a$	0	0	0,020
	$20 \leq h/b < 24^a$	0	0	0,040
	$h/b \geq 26^a$	0	0	0,014
mit zwei oder mehr Innenrohren und daran angebrachter äußerer Wärmedämmung	$h/b < 18^a$	0	0	0,020
	$20 \leq h/b < 24^a$	0	0	0,040
	$h/b \geq 26^a$	0	0	0,025
ausgemauert		0	0	0,070
mit Spritzbeton ausgekleidet		0	0	0,030
abgespannt, ohne Innenrohr		0	0	0,040
Rohrgruppe, kraftschlüssig verbunden, ohne Innenrohre		0	0	0,015
^a Zwischenwerte sind linear zu interpolieren. ^b Parameter nach DIN 1055-4:2005-03, Tabelle F.2, für verschiedene Bauwerkstypen wurden hier mit 0 angegeben, da die Werte für Stahlschornsteine nicht erforderlich sind.				

A.12 Maßnahmen gegen wirbelerregte Schwingungen in Querrichtung

A.12.1 Allgemeines

Schwingungen lassen sich mit Hilfe aerodynamischer oder strukturdynamischer Maßnahmen verringern. Möglich sind z. B.

- aerodynamische Maßnahmen, z. B. in Form von Schraubenwendeln,
- dynamische Schwingungsdämpfer,
- Störabspannungen.

A.12.2 Aerodynamische Maßnahmen

Schraubenwendeln bewirken eine Störung der regelmäßig sich ablösenden Wirbel, wodurch die Erregerkräfte verringert werden. Am wirksamsten sind die Wendeln, wenn sie wie folgt ausgeführt werden:

- dreigängig;
- Ganghöhe $h_w = 4,50 d$ bis $5,00 d$;
- Wendeltiefe $t_w = 0,10 d$ bis $0,12 d$.

Die Abnahme des Grundwertes c_{lat}^* mit zunehmender Wendellänge l_w ist aus Bild A.1 zu ersehen und ist unabhängig von der Reynoldszahl. Als Wirklänge ist dabei die gesamte Schornsteinhöhe anzunehmen, d. h. der Wirklängenfaktor beträgt $K_w = 1$. Die Wendel beginnt an der Schornsteinspitze. Es ist zulässig, die Wendel auch um das Maß $1,0 d$ bis $1,5 d$ unterhalb der Schornsteinspitze beginnen zu lassen. Sie muss mindestens über einem Bereich $l_w = 0,15 h$ angeordnet werden. Die Wirkung der Wendel nimmt mit kleiner werdender Scrutonzahl ab. Bild A.1 ist gültig für $Sc \geq 8$.

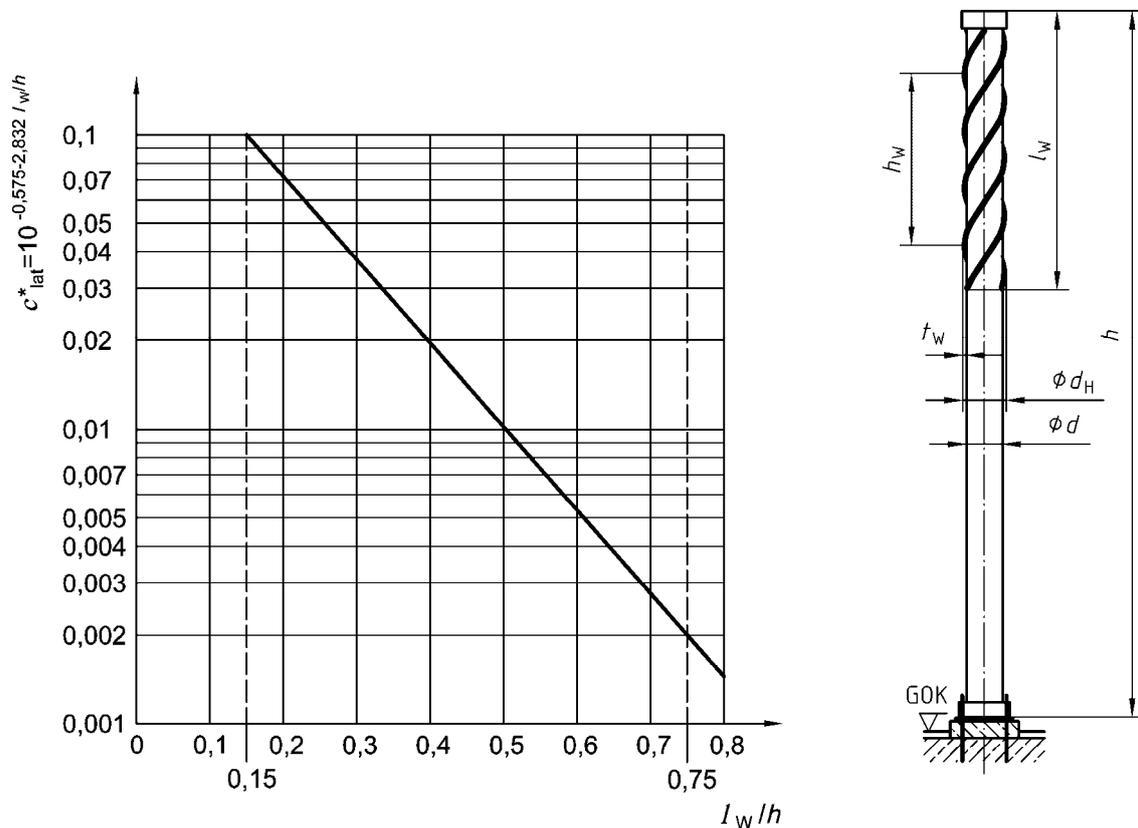


Bild A.1 — Grundwert c_{lat}^* des aerodynamischen Erregerkraftbeiwertes in Abhängigkeit von der Wendellänge l_w und Schornsteinhöhe h (gültig für $Sc \geq 8$)

Für andere aerodynamische Maßnahmen ist ein gesonderter Nachweis zu führen (z. B. Windkanalversuch).

A.12.3 Dynamische Schwingungsdämpfer

Ein dynamischer Schwingungsdämpfer besteht aus einer schwingungsfähig und gedämpft gelagerten Zusatzmasse, wobei Masse, Eigenfrequenz und Dämpfung auf das Bauwerk abgestimmt sein müssen, um die Dämpfung insgesamt zu erhöhen. Die zu fordernde Gesamtdämpfung ergibt sich aus der Querschwingungsberechnung und dem Ermüdungssicherheitsnachweis. Falls keine Betriebserfahrung für die Wirksamkeit des Dämpfers vorliegt, sind Funktionsfähigkeit, Frequenzabstimmung und Systemdämpfung durch Versuche nachzuweisen. Es ist ein Protokoll darüber anzufertigen, aus dem zu ersehen ist, dass die laut Berechnung erforderliche Dämpfung erreicht wird. Es ist anzugeben, in welchem Zeitzyklus eine Inspektion und/oder Wartung des Dämpfers vorzunehmen ist.

A.12.4 Störabspannungen

Eine Störabspannung ist eine zusätzliche Abspannung des Schornsteins. Sie wirkt dann schwingungsdämpfend, wenn aufgrund der Seilmachart oder eigens angebrachter Elemente Schwingungsenergie zerstreut werden kann oder wenn die Nichtlinearität der Seilcharakteristik ausgenutzt wird. Die Wirksamkeit der Maßnahmen ist am fertigen Schornstein durch Versuch nachzuweisen. Bei festem Anschluss der Seilenden ist auch der statische Nachweis für die maximalen Einwirkungen aus Wind und Temperatureffekten zu führen.

Anhang B (normativ)

Betriebsfestigkeitsnachweis

B.1 Anwendungsbereich

Die folgenden Festlegungen gelten für den Nachweis der Betriebsfestigkeit von Konstruktionen aus allgemeinen Baustählen, nichtrostenden Stählen und warmfesten Stählen mit einer Streckgrenze von höchstens 400 N/mm² und Schrauben bis zur Festigkeitsklasse 10.9 unter wechselnden Beanspruchungen konstanter Amplitude. Alle rechnerischen Spannungswechsel müssen im elastischen Bereich des Stahles liegen. Die angegebenen Festigkeiten gelten nur unter der Bedingung, dass die Stähle gegen Korrosion geschützt sind, da bei Korrosionseinfluss mit einer erheblichen Reduzierung dieser Werte gerechnet werden muss.

Die Festlegungen gelten nur für Schwingungen in der Grundeigenfrequenz. Bei höheren Eigenfrequenzen sind weitergehende Überlegungen anzustellen (Anwendung der doppelt geknickten Wöhlerlinie auf, sowie Durchführung der Schadenakkumulationsberechnung für jeden Detailpunkt).

B.2 Spannungsberechnung

Die Spannungen sind nach der Elastizitätstheorie unter Berücksichtigung realistischer Steifigkeiten und Zwänge unter Einwirkung der charakteristischen Belastungen zu berechnen. Sie sind in der maßgebenden Faser des Nachweisquerschnitts rechtwinklig zur dargestellten „Risslinie“ (siehe Tabellen B.1 und B.2) zu ermitteln, wobei der spannungserhöhende Einfluss der lokalen Formgestaltung und des Schweißdetails nicht berücksichtigt zu werden braucht, wenn diese im Kerbfallkatalog angegeben sind. Bei kombinierten Spannungen an einem Detailpunkt sollten die Längsspannungsschwingbreiten und die Schubspannungsschwingbreiten für sich getrennt nachgewiesen werden. Zusätzlich kann ein Nachweis der Hauptspannungsschwingbreiten geführt werden, wenn keine besseren Kombinationsregeln aus Versuchen zur Verfügung stehen. Die einwirkenden Spannungsschwingbreiten $\Delta\sigma$ sind als Differenz zwischen maximaler und minimaler Spannung zu ermitteln.

B.3 Nachweis

Auf einen Betriebsfestigkeitsnachweis darf verzichtet werden, wenn:

— die einwirkenden Spannungsschwingbreiten den Wert
 $\Delta\sigma = 26 \text{ N/mm}^2$ nicht überschreiten oder (B.1)

— die Anzahl der Spannungswechsel
 $N \leq 5 \times 10^6 \left(\frac{26}{\Delta\sigma} \right)^3$ mit $\Delta\sigma$ in N/mm² (B.2)

ist.

Andernfalls ist nachzuweisen, dass die einwirkende Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma$ nicht größer ist als die Betriebsfestigkeit $\Delta\sigma_R$ des betrachteten Konstruktionsdetails. Die Betriebsfestigkeit $\Delta\sigma_R$ wird durch die $\Delta\sigma$ -N-Linie nach Bild B.1 wie folgt beschrieben:

$$\Delta\sigma_R = \Delta\sigma_A \times \left(\frac{N_A}{N} \right)^{1/m} \quad (\text{B.3})$$

Gleichung (B.3) ist gültig für $N \leq 5 \times 10^6$.

Dabei ist

$\Delta\sigma_A$ die Bezugsgröße der Betriebsfestigkeit entsprechend der Kerbfallklasse nach Tabelle B.1;

$N_A = 2 \times 10^6$ die Anzahl von Spannungswechsels für die Bezugsgröße der Betriebsfestigkeit $\Delta\sigma_A$;

N die Anzahl der auftretenden Spannungswechsels;

$m = 3$ der Neigungsfaktor der $\Delta\sigma$ - N -Linie bei doppeltlogarithmischer Darstellung.

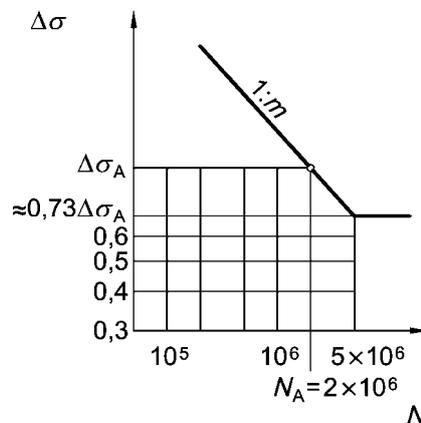


Bild B.1 — $\Delta\sigma$ - N -Linie

Ein Konstruktionsdetail ist nach Bild B.2 anhand des Kerbfallkatalogs nach Tabelle B.1 einzuordnen. Die angegebenen Festigkeiten gelten für Bauteile mit Blechdicken bis 25 mm. Bei größeren Blechdicken ist bei Stumpf- und Kehlnähten, die quer zur Spannungsrichtung verlaufen, und bei Verbindung von Teilen gleicher Blechdicke mit der folgenden abgeminderten Betriebsfestigkeit $\Delta\sigma_R^*$ zu rechnen:

$$\Delta\sigma_R^* = \Delta\sigma_R \times \left(\frac{25}{t} \right)^{1/4} \quad (\text{B.4})$$

Dabei ist

$\Delta\sigma_R$ die Betriebsfestigkeit nach Gleichung (B.3);

t die Blechdicke, in mm.

Für Schrauben unter zentrischer Zugbeanspruchung gilt die Kerbfallklasse 36 ($\Delta\sigma_A = 36 \text{ N/mm}^2$). Wird statt einer Korrosionsschutzmaßnahme ein Zuschlag zur Blechdicke nach 10.3.3 gewählt, gilt unabhängig von der Zuordnung zu einem Kerbfall nach Tabelle B.1 die Kerbfallklasse 36 ($\Delta\sigma_A = 36 \text{ N/mm}^2$). Sind die zu untersuchenden Bauteile ständig oder über längere Zeitspannen höheren Temperaturen ausgesetzt, sind die angegebenen Betriebsfestigkeiten abzumindern (siehe 8.1.3).

Tabelle B.1 — Aufbau einer Kerbfallbeschreibung in Tabelle B.2 — Kerbfallkatalog

Kerbfall Nr.	Bezugsgröße der Betriebsfestigkeit $\Delta\sigma_A$ (Kerbfallklasse)
Beschreibung des Kerbfalls (Schweißdetail, Stoßausbildung) und Angabe der ausgeführten Schweißnahtart (nach Tabelle B.2)	Darstellung des jeweiligen Detailpunktes mit Kennzeichnung der „Risslinie“ (---) an welcher die einwirkende Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma$ zu ermitteln ist.

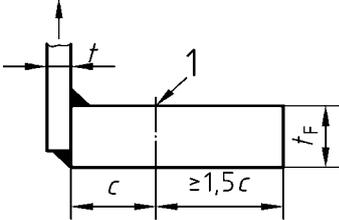
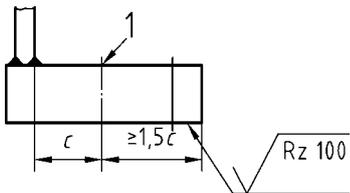
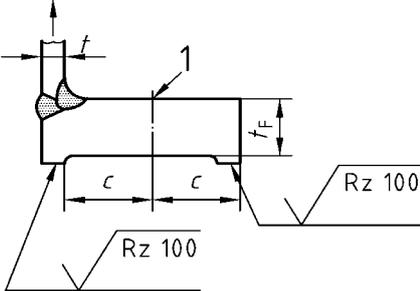
		
a) $\Delta\sigma_A = 45 \text{ N/mm}^2$	b) $\Delta\sigma_A = 71 \text{ N/mm}^2$	c) $\Delta\sigma_A = 90 \text{ N/mm}^2$
$c \leq 2d$ $\frac{e}{d} \leq 2 \frac{d}{t} \leq 10$ $t_F \geq 1,5d$ jedoch min $t_F = 4t$ für $r/t \leq 50$ min $t_F = 3t$ für $r/t \leq 100$ min $t_F = 2t$ für $r/t \leq 200$ Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.		$c \leq 2d$ $\frac{e}{d} \leq 2 \frac{d}{t} \leq 10$ $t_F \geq 1,25d$ für S235 $t_F \geq 1,0d$ für S355
Legende 1 Schraube 10.9, 100 % vorgespannt, Durchmesser d , Abstand e		

Bild B.2 — Flanschverbindung

ANMERKUNG Die in Bild B.2 angegebene Bezugsgröße $\Delta\sigma_A$ gilt für die Spannungsschwingbreite in der Schornsteinwand. Die aus dem exzentrischen Anschluss resultierenden Zusatzspannungen brauchen bei der Ermittlung von $\Delta\sigma$ nicht berücksichtigt zu werden.

Tabelle B.2 — Kerbfallkatalog

Kerbfall Nr.	Schweißdetail	Kerbfall Nr.	Schweißdetail
1	125/112/90	6	125/112
Querstoß in Rohrschüssen, geschweißt mit Nahtart 1 125 Nahtart 2 90 Nahtart 3 112		Längsstoß in Rohrschüssen, durchlaufend geschweißt mit Nahtart 1 und 2 125 Nahtart 3 112	
2	80	7	125/112
Querstoß in Rohrschüssen, geschweißt mit Nahtart 3		Längsstoß in Rohrschüssen, durchlaufend geschweißt mit Nahtart 5 bis 7 125 Nahtart 8 112	
3	71	8	80
Querstoß in Rohrschüssen, geschweißt mit Nahtart 4 auf verbleibender (oder wieder entfernter) Wurzellage		Längssteg an Rohrschuss, durchlaufend geschweißt mit Nahtart 5 bis 8, kontinuierlicher Schubfluss (Quersteg analog)	
4	50	9	siehe Beschreibung
Querstoß in Rohrschüssen unterschiedlicher Dicke, einseitig geschweißt mit Nahtart 4		Längssteg mit Beanspruchungen rechtwinklig zur Naht: analog Kerbfall 11,12,13	
5	siehe Beschreibung	10	siehe Beschreibung
Querstoß mit Beanspruchungen parallel zur Naht: analog Fall 6 Längsstoß mit Beanspruchungen rechtwinklig zur Naht: analog Kerbfall 1 bis 4		Querstoß mit Beanspruchungen parallel zur Naht: analog Kerbfall 7, 8, 17, 18	

Tabelle B.2 (fortgesetzt)

Kerbfall Nr.	Schweißdetail	Kerbfall Nr.	Schweißdetail
11	112/90	16	90
Querstoß in Rohrschüssen, geschweißt mit Nahtart 5 bis 7 $t \leq 12 \text{ mm}$ 112 $t > 12 \text{ mm}$ 90		angeschweißter Brundstahl oder Kopfbolzendübel	
12	80/71	17	90/71/56
Querstoß in Rohrschüssen, geschweißt mit Nahtart 8 $t \leq 12 \text{ mm}$ 80 $t > 12 \text{ mm}$ 71		Längsstoß, an Rohrschuss angeschweißt mit Nahtart 5 bis 8 $\alpha \leq 15^\circ$ 90 $15^\circ < \alpha \leq 60^\circ$ 71 $60^\circ < \alpha$ 56	
13	80/71	18	71/56
Quersteg, an Rohrschuss angeschweißt mit Nahtart 5 bis 8: kurzer Steg oder langer Steg mit unterbrochener Naht $t \leq 12 \text{ mm}$ 80 $t > 12 \text{ mm}$ 71		Längssteg, an Rohr- schuss angeschweißt mit Nahtart 5 bis 8: kurzer Steg der Länge l oder langer Steg mit unterbrochener Naht (Nahtlänge l) $50 \text{ mm} \leq l \leq 100 \text{ mm}$ 71 $100 \text{ mm} < l$ 56	
14	71/56/36	19	50/36
Kreuzstöße mit kraftübertragenden Schweißnähten Nahtart 5 71 Nahtart 6 und 7 56 Nahtart 8 36		Pflasterblech (mit oder ohne weitere Anschlussstücke) an Rohrschuss angeschweißt mit Nahtart 7 oder 8: $t \leq 25 \text{ mm}$ 50 $t > 25 \text{ mm}$ 36	
15	siehe Darstellung	20	siehe Bild B.2
Fußring a wie Kerbfall 14 b wie Kerbfall 11, 12		Flanschverbindung	

Tabelle B.3 — Nahtarten

Nahtart	Nahtausführung	Sinn- bild	Prüfung der Ausführung		
			Prüfverfahren	Kurzzeichen entsprechend der Ausnutzung der zulässigen Spannungen	
				> 80 %	≤ 80 %
1 Stumpfnaht Sondergüte	a) Wurzel ausgearbeitet, Kapplage gegengeschweißt b) in Spannungsrichtung eben bearbeitet c) keine Endkrater d) Schweißoberfläche frei von angeschliffenen Mikroporen		zerstörungsfreie Prüfung der Naht, z. B. Durchstrahlung in % der Nahtlänge	P 100 (100 % der Nahtlänge)	P 50 (50 % der Nahtlänge)
2 Stumpfnaht	a) Wurzel ausgearbeitet, Kapplage gegengeschweißt b) keine Endkrater c) Nahtüberhöhung max. 10 % der Nahtbreite		wie Zeile 1, jedoch nur bei Zugbeanspruchung	P 10	P 5
3 Stumpfnaht	Einseitig geschweißt, Durchschweißen der Nahtwurzel und ebene Oberfläche auf der Gegenseite sichergestellt durch Schweißhilfen (z. B. Badsicherung durch Keramik oder Kupferschiene)		zerstörungsfreie Prüfung wichtiger Nähte	P 10	P 5
4 Stumpfnaht	Einseitig geschweißt		—	—	—
5 D(oppel)-HV-Naht mit Kehlnähten	a) Wurzel ausgearbeitet und gegengeschweißt b) Nahtübergänge kerbfrei, gegebenenfalls bearbeitet				
6 D(oppel)-HY-Naht mit Kehlnähten	Breite der Restfuge an der Wurzel bis 3 mm oder $0,2 \times t$. Der kleinere Wert gilt.				
7 Doppelkehlnaht Sondergüte	Nahtübergänge kerbfrei, gegebenenfalls bearbeitet				
8 Doppelkehlnaht					

DIN 18168-1**DIN**

ICS 91.060.30

Mit der
2007-02 zurückgezogenen
Norm DIN EN 13964:2004-06
Ersatz für
die 2004-06 zurückgezogene
Norm
DIN 18168-1:1981-10

**Gipsplatten-Deckenbekleidungen und Unterdecken –
Teil 1: Anforderungen an die Ausführung**

Ceiling linings and suspended ceilings with gypsum plasterboards –
Part 1: Requirements for construction

Revêtements de plafond et plafond suspendus avec des plaques de plâtre –
Partie 1: Exigences pour la construction

Gesamtumfang 10 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN 18168-1:2007-04**Inhalt**

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweisungen	3
3 Begriffe	5
4 Bauvorlagen	6
5 Bauliche Durchbildung der tragenden Teile von Gipsplatten-Deckenbekleidungen und Unterdecken	6
5.1 Allgemeine Anforderungen	6
5.2 Unterkonstruktion	6
5.2.1 Allgemeine Anforderungen	6
5.2.2 Unterkonstruktion aus Metall	6
5.2.3 Unterkonstruktion aus Holz	6
5.3 Abhänger	6
5.3.1 Abhänger aus Metall	6
5.3.2 Abhänger aus Holz	7
6 Verankerung der Unterkonstruktion an den tragenden Bauteilen	7
6.1 Allgemeine Anforderungen	7
6.2 Verankerung an Massivdecken	7
6.2.1 Allgemeines	7
6.2.2 Einbetonierte Halterungen	8
6.2.3 Dübel	8
6.2.4 Setzbolzen	8
6.3 Verankerung an Stahlprofilen und Stahltrapez-Profilkonstruktionen	8
6.4 Verankerung an Holzkonstruktionen	8
7 Korrosions- und Holzschutz der tragenden Teile	8
7.1 Korrosionsschutz	8
7.2 Holzschutz	8
7.3 Kontaktkorrosion und Verträglichkeit von Korrosionsschutzsystemen mit Holzschutzmitteln	9
8 Brand-, Wärme- und Schallschutz	9

Vorwort

Die Überarbeitung der Ausgabe 1981-10 dieser Norm wurde vom NA 005-09-10 AA „Gips und Gipsprodukte“ vorgenommen, weil bei der Anwendung der Europäischen Norm DIN EN 13964 „Unterdecken — Anforderungen und Prüfverfahren“ festgestellt wurde, dass wesentliche Festlegungen, die für die Ausführung der Unterdecken mit Gipsplatten notwendig sind, dort nicht getroffen worden sind.

Diese Norm gilt nur für Deckenbekleidungen aus Gipsplatten.

Änderungen

Gegenüber DIN 18168-1:1981-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung des Titels und des Anwendungsbereichs der Norm;
- b) Text überarbeitet, ergänzt und den heute üblichen Begriffen angepasst;
- c) Umstellung auf Prüfverfahren nach DIN EN 13964.

Frühere Ausgaben

DIN 18168-1: 1981-10

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für leichte Deckenbekleidungen und Unterdecken mit Decklagen aus Gipsplatten nach DIN 18180, DIN EN 520, EN 14190, E DIN 15283-1 und E DIN 15283-2 einschließlich Einbauten mit einer Eigenlast bis $0,5 \text{ kN/m}^2$. Diese weisen keine wesentliche Tragfähigkeit auf und sind an tragenden Bauteilen befestigt.

Diese Norm gilt nicht für begehbare Unterdecken sowie für hängende Drahtputzdecken nach DIN 4121 und Rohrgewebedecken.

Die Norm enthält Angaben zur Standsicherheit sowie Anforderungen für die bauliche Durchbildung der tragenden Teile der Deckenbekleidungen und Unterdecken und deren Befestigung an tragenden Bauteilen.

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).

DIN 1052, *Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken — Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau*

DIN 4030, *Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase*

DIN 4102-1, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen — Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen*

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

DIN 18168-1:2007-04

DIN 4102-3, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen — Brandwände und nichttragende Außenwände, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen*

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

DIN 4102-6, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen — Lüftungsleitungen, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen*

DIN 4108-1, *Wärmeschutz im Hochbau*

DIN 4109, *Schallschutz im Hochbau*

DIN 4113-1, *Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung — Berechnung und bauliche Durchbildung*

DIN 4121, *Hängende Drahtputzdecken — Putzdecken mit Metallputzträgern, Rabitzdecken — Anforderungen für die Ausführung*

DIN 7260-1, *Bolzensetzwerkzeuge — Begriffe, Konstruktion, Kennzeichnung*

DIN 18168-2, *Gipsplatten-Deckenbekleidungen und Unterdecken — Nachweis der Tragfähigkeit von Unterkonstruktionen und Abhängern aus Metall¹⁾*

DIN 18180, *Gipsplatten — Arten und Anforderungen*

DIN 18181, *Gipsplatten im Hochbau — Verarbeitung*

DIN 18182-1, *Zubehör für die Verarbeitung von Gipsplatten — Profile aus Stahlblech*

DIN 18800-7, *Stahlbauten — Teil 7: Ausführung und Herstellerqualifikation*

DIN 50961, *Galvanische Überzüge — Zinküberzüge auf Eisenwerkstoffen — Begriffe, Korrosionsprüfung und Korrosionsbeständigkeit*

DIN 55928-8:1994-07, *Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge — Teil 8: Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen*

DIN 68800-1, *Holzschutz im Hochbau — Teil 1: Allgemeines*

DIN 68800-2, *Holzschutz — Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau*

DIN 68800-3, *Holzschutz — Teil 3: Vorbeugender chemischer Holzschutz*

DIN EN 485-4, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Bänder, Bleche und Platten — Teil 4: Grenzabmaße und Formtoleranzen für kaltgewalzte Erzeugnisse*

DIN EN 520, *Gipsplatten — Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren*

DIN EN 546-3, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Folien — Teil 3: Grenzabmaße*

DIN EN 546-4, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Folien — Teil 4: Besondere Eigenschaftsanforderungen*

DIN EN 1364-2, *Feuerwiderstandsprüfungen für nichttragende Bauteile — Teil 2: Unterdecken*

DIN EN 10016, *Walzdraht aus unlegiertem Stahl zum Ziehen und/oder Kaltwalzen*

1) In Vorbereitung, wird demnächst veröffentlicht.

DIN EN 10132, *Kaltband aus Stahl für eine Wärmebehandlung — Technische Lieferbedingungen*

DIN EN 10143, *Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Blech und Band aus Stahl — Grenzabmaße und Formtoleranzen*

DIN EN 10218-2, *Stahldraht und Drahterzeugnisse — Allgemeines — Teil 2: Drahtmaße und Toleranzen*

DIN EN 10244-2, *Stahldraht und Drahterzeugnisse — Überzüge aus Nichteisenmetall auf Stahldraht — Teil 2: Überzüge aus Zink und Zinklegierungen*

DIN EN 10327, *Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Band und Blech aus weichen Stählen zum Kaltumformen — Technische Lieferbedingungen*

DIN EN 13964:2004-06, *Unterdecken — Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 13964:2004*

DIN EN 14195, *Metallprofile für Unterkonstruktionen von Gipsplattensystemen — Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren*

DIN EN ISO 898-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 1: Schrauben*

DIN EN 14190, *Gipsplattenprodukte aus der Weiterverarbeitung — Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren*

E DIN EN 15283-1, *Faserverstärkte Gipsplatten — Definitionen, Anforderungen und Prüfverfahren — Teil 1: Gipsplatten mit Vliesarmierung*

E DIN EN 15283-2, *Faserverstärkte Gipsplatten — Definitionen, Anforderungen und Prüfverfahren — Teil 2: Gipsfaserplatten*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN 13964 und die folgenden Begriffe.

3.1

Deckenbekleidung

Unterdecke

ebene oder anders geformte Decken mit glatter, gelochter oder gegliederter Fläche, die aus einer Unterkonstruktion und einer flächenbildenden Decklage bestehen; die bei einer Deckenbekleidung unmittelbar an dem tragenden Bauteil verankert ist; bei Unterdecken abgehängt wird

3.2

Verankerungselement

Teil, das die Abhänger oder Deckenbekleidungen direkt mit dem tragenden Bauteil verbindet

3.3

Abhänger

Teil, das die Verankerungselemente mit der Unterkonstruktion verbindet

3.4

Decklage

Teil, das den raumseitigen Abschluss bildet, welches ein genormtes oder nicht genormtes Bauprodukt sein kann soweit es für den Verwendungszweck geeignet ist

3.5

Verbindungselement

Teil, das die Verankerungselemente, Abhänger, Unterkonstruktionen und Decklagen verbindet

DIN 18168-1:2007-04**4 Bauvorlagen**

Gipsplatten-Deckenbekleidungen und Unterdecken einschließlich ihrer Verankerungen sowie die Befestigung leichter Trennwände an diesen und gegebenenfalls erforderliche Maßnahmen zum Brand-, Wärme- und Schallschutz sind bei der Planung des Bauwerks zu berücksichtigen und in den Bauvorlagen anzugeben.

5 Bauliche Durchbildung der tragenden Teile von Gipsplatten-Deckenbekleidungen und Unterdecken**5.1 Allgemeine Anforderungen**

Allgemeine Anforderungen für die bauliche Durchbildung der tragenden Teile von Gipsplatten-Deckenbekleidungen und Unterdecken sind in DIN EN 13964 und DIN 18168-2¹⁾ angegeben.

Gipsplatten-Deckenbekleidungen und Unterdecken im Freien und in Bauwerken mit nicht verschließbaren Öffnungen (Tunnel, Überdachungen, Tankstellen, Arkaden, offene Sporteinrichtungen, Parkhäuser usw.) sind für die Aufnahme von Winddruck- und Windsogbeanspruchungen zu bemessen.

5.2 Unterkonstruktion**5.2.1 Allgemeine Anforderungen**

Die Unterkonstruktion von Gipsplatten-Deckenbekleidungen und Unterdecken kann aus Metall, Holz oder anderen geeigneten Baustoffen bestehen. Sie ist so zu bemessen, dass die Durchbiegung höchstens 1/500 der Stützweite (z. B. des Abhängerabstandes), jedoch nicht mehr als 4 mm beträgt.

5.2.2 Unterkonstruktion aus Metall

Die zulässige Tragkraft der Metallprofile nach DIN 18182-1 und DIN EN 14195 und ihrer Verbindungselemente ist rechnerisch nach den technischen Baubestimmungen oder durch ein Prüfzeugnis einer anerkannten Prüfstelle nachzuweisen. Beim Nachweis durch Prüfzeugnis sind statistische Verfahren anzuwenden, wobei die Sicherheit gegenüber der 5 %-Fraktilen der Höchstlast mit 90 %iger Aussagewahrscheinlichkeit mindestens $\nu = 3$ betragen muss. Die zugehörigen Verschiebungen sind im Prüfzeugnis anzugeben.

5.2.3 Unterkonstruktion aus Holz

Es gelten die Angaben nach DIN EN 13964.

5.3 Abhänger**5.3.1 Abhänger aus Metall**

Die zulässige Tragkraft der Metallprofile und ihrer Verbindungselemente ist rechnerisch nach den technischen Baubestimmungen oder durch ein Prüfzeugnis einer anerkannten Prüfstelle nachzuweisen. Beim Nachweis durch Prüfzeugnis sind statistische Verfahren anzuwenden, wobei die Sicherheit gegenüber der 5 %-Fraktilen der Höchstlast mit 90 %iger Aussagewahrscheinlichkeit mindestens $\nu = 3$ betragen muss. Die zugehörigen Verschiebungen sind im Prüfzeugnis anzugeben.

Angaben zu Abhängern aus Metall sind in Tabelle 1 enthalten.

1) Siehe Seite 4.

Tabelle 1 — Werkstoffkennwerte und Mindestmaße von Abhängern aus Metall

Werkstoff	1	2	3	4	5	6
	Werkstoffkennwerte			Maße		
	Kurzzeichen	Werkstoffnummer	nach Norm	Dicke bzw. Durchmesser mm	Querschnitt mm ²	Zulässige Abweichungen
Verzinkter Bindedraht	C 8D	1.0010	—	2,0	—	DIN EN 10218-2
Verzinkte Drähte für Schnellabhängiger	C 9D	1.0304	DIN EN 10016	4,0	—	⁰ ₋₀₀₈ mm
Federstahl	C 75 S	1.1248	DIN EN 10132	0,5	—	—
Gewindestäbe	Festigkeitsklasse 4.6		DIN EN ISO 898-1	6,0	—	—
Stahlblech	DX51D+Z	1.0226	DIN EN 10327	0,7	7,5	DIN EN 10143
Aluminiumblech	Werkstoffe nach DIN EN 13964:2004-06, 4.3.2.2.2			1,5	10,0	DIN EN 485-4 DIN EN 546-4

5.3.2 Abhänger aus Holz

Es gelten die Angaben nach DIN EN 13964.

6 Verankerung der Unterkonstruktion an den tragenden Bauteilen

6.1 Allgemeine Anforderungen

Die Anzahl der Verankerungsstellen ist so zu bemessen, dass die zulässige Tragkraft der Verankerungselemente sowie die zulässige Verformung der Unterkonstruktion (siehe 5.2.) nicht überschritten werden.

Für Unterkonstruktionen aus Metall, Abhänger und Verbindungselemente, deren Tragfähigkeit nicht rechnerisch ermittelt werden kann, ist das Prüfverfahren nach DIN EN 13964:2004-06, Abschnitt 5 und DIN 18168-2¹⁾ zu verwenden.

6.2 Verankerung an Massivdecken

6.2.1 Allgemeines

Bei Stahlbeton- und Spannbetondecken werden die tragenden Teile der Gipsplatten-Deckenbekleidungen und Unterdecken an bei der Herstellung der Decke einbetonierten Halterungen (z. B. Schienen, Halteschalen), an nachträglich eingesetzten Dübeln oder an nachträglich mit Bolzensetzwerkzeugen nach DIN 7260-1 eingetriebenen Setzbolzen befestigt.

Eine Verankerung an einbetonierten Holzlatten ist nicht zulässig.

1) Siehe Seite 4.

DIN 18168-1:2007-04

6.2.2 Einbetonierte Halterungen

Die zulässige Tragkraft von einbetonierten Halterungen ist nach technischen Baubestimmungen rechnerisch nachzuweisen. Ist eine Beurteilung nach den anerkannten Regeln der Technik nicht möglich, so ist der Nachweis der Brauchbarkeit für den Verwendungszweck zu führen, z. B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

6.2.3 Dübel

Es dürfen nur Dübel verwendet werden, deren Brauchbarkeit für den Verwendungszweck nachgewiesen worden ist, z. B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

6.2.4 Setzbolzen

Es dürfen nur Setzbolzen verwendet werden, deren Brauchbarkeit für den Verwendungszweck nachgewiesen worden ist, z. B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

6.3 Verankerung an Stahlprofilen und Stahltrapez-Profilkonstruktionen

An Stahlprofilen darf die Unterkonstruktion mit Bügeln oder Schellen aus Flach- bzw. Rundstahl, durch Schweißen, mit Blechschrauben, Bohrschrauben, gewindefurchenden Schrauben, Hohlknoten oder Setzbolzen verankert werden.

An Stahltrapez-Profilkonstruktionen darf die Unterkonstruktion mit z. B. Blechschrauben, Bohrschrauben, gewindefurchenden Schrauben oder Hohlknoten, an ausbetonierten Konstruktionen mit z. B. Setzbolzen verankert werden.

Die Tragfähigkeit der Stahlprofile und Stahltrapez-Profilkonstruktionen darf dadurch nicht unzulässig vermindert werden.

Die Eignung der Bügel oder Schellen aus Flach- oder Rundstahl ist durch Prüfzeugnis einer anerkannten Prüfstelle nachzuweisen. Die Sicherheit gegen Versagen muss mindestens $\nu = 3$ betragen.

Bei Schweißarbeiten ist die Qualifikation der Schweißer nach DIN 18800-7 nachzuweisen. Nach den Schweißarbeiten muss der Korrosionsschutz (siehe DIN EN 13964:2004-06, Tabelle 8) sichergestellt sein.

Die Brauchbarkeit der Verankerungselemente ist für den jeweiligen Verwendungszweck bauaufsichtlich nachzuweisen. Für Setzbolzen bei ausbetonierten Stahltrapez-Profilkonstruktionen gilt 6.2.4 sinngemäß.

6.4 Verankerung an Holzkonstruktionen

An Holzkonstruktionen wird die Unterkonstruktion – sofern sie nicht unmittelbar angeschraubt wird – durch Abhänger nach 5.3 nach DIN 1052 befestigt.

7 Korrosions- und Holzschutz der tragenden Teile

7.1 Korrosionsschutz

Unterkonstruktionen, Abhänger und Verbindungselemente aus Metall müssen mindestens einen Korrosionsschutz nach Tabelle 2 aufweisen.

7.2 Holzschutz

Für den vorbeugenden Holzschutz von Unterkonstruktionen gelten DIN 68800-1, DIN 68800-2 und DIN 68800-3.

8

7.3 Kontaktkorrosion und Verträglichkeit von Korrosionsschutzsystemen mit Holzschutzmitteln

Es gelten die Festlegungen nach DIN EN 13964:2004-06, 4.8.5.

8 Brand-, Wärme- und Schallschutz

Sofern an Gipsplatten-Deckenbekleidungen und Unterdecken Anforderungen aus Gründen des Brand-, Wärme- und Schallschutzes gestellt werden, richten sich diese nach den hierfür geltenden Normen DIN 4102-1 bis DIN 4102-4 und DIN 4102-6, DIN EN 1364-2, DIN 4108 und DIN 4109.

Dabei sind die Einflüsse angrenzender Bauteile (z. B. nicht tragende Trennwände, Fassaden) und der Anschluss der Deckenbekleidungen und Unterdecken an diesen zu berücksichtigen.

Tabelle 2 — Mindestanforderungen an den Korrosionsschutz von Profilen, Abhängern und Verbindungselementen aus Metall

Spalte	1	2	3	4	
Zeile	Profile, Abhänger, Verbindungselemente				
	Metallüberzug und Beschichtung				
	Bandverzinkung ^a nach DIN EN 10327	Beschichtung	Galvanische Verzinkung ^b nach DIN 50961 oder Feuerverzinkung ^b nach DIN EN 10244-2	Beschichtung ^c	
	Schichtdicken einseitig µm	Schichtdicken einseitig µm	Schichtdicken einseitig µm		
1	Umweltbedingungen			Korrosionsschutz für Aluminiumwerkstoffe (siehe auch DIN 4113-1)	
1	Bauteile in geschlossenen Räumen, z. B. in Wohnun- gen (einschl. Küche, Bad), Büroräumen, Schulen, Krankenhäusern und Verkaufsstätten	7	nicht erforderlich	5 ^b	nicht erforderlich
2	Bauteile im Freien und Bauteile, zu denen die Außenluft ständig Zugang hat, z. B. in offenen Hallen und auch verschießbaren Garagen. Bauteile in geschlossenen Räumen mit oft auftretender sehr hoher Luftfeuchtigkeit bei normaler Raumtemperatur, z. B. in gewerblichen Küchen, Bädern, Wäschereien, in Feuchträumen von Hallenbädern. Bauteile, die häufiger starker Konden- satbildung und chemischen Angriffen nach DIN 4030 ausgesetzt sind.	20 + 20 ^d		5 ^b + 80	Passivierung oder Beschichtung, bestehend aus Haftgrundmitteln und 20 µm Grundbeschichtung
3	Bauteile, die besonders korrosionsfördernden Einflüs- sen ausgesetzt sind, z. B. durch ständige Einwirkung angreifender Gase oder Tausalze oder starken chemi- schen Angriffen nach DIN 4030.				Anodische Oxidschicht 20 µm oder Beschichtung, bestehend aus Haft- grundmitteln, 20 µm Grundbe- schichtung und ≥ 20 µm Deckbe- schichtung
					Hochwertige Korrosionsschutzsysteme nach DIN 55928-8 auswählen

a 1 µm einseitig entspricht ungefähr 14 g/m² Zinküberzug, verteilt auf beide Seiten des Bandes
b 1 µm einseitig entspricht ungefähr einem einseitigen Zinküberzug von 7 g/m²
c mindestens Deckbeschichtung nach DIN 55928-8:1994-07, Tabelle 4, erforderlich; die freiliegenden, verzinkten Teile sind nachträglich mit zinkverträglicher Beschichtung zu versehen.
d 20 µm Bandverzinkung + 20 µm Beschichtung auf jeder Seite entspricht Korrosionsschutzklasse III nach DIN 55928-8:1994-07, Tabelle 3.