



Dyckerhoff

Beton – Herstellung nach Norm

Stand 01.2026



Dyckerhoff

**Dyckerhoff GmbH
Wiesbaden**

Hauptverwaltung
Mainz-Amöneburg (Stadtkreis Wiesbaden)

Postadresse:
Postfach 2247, 65012 Wiesbaden

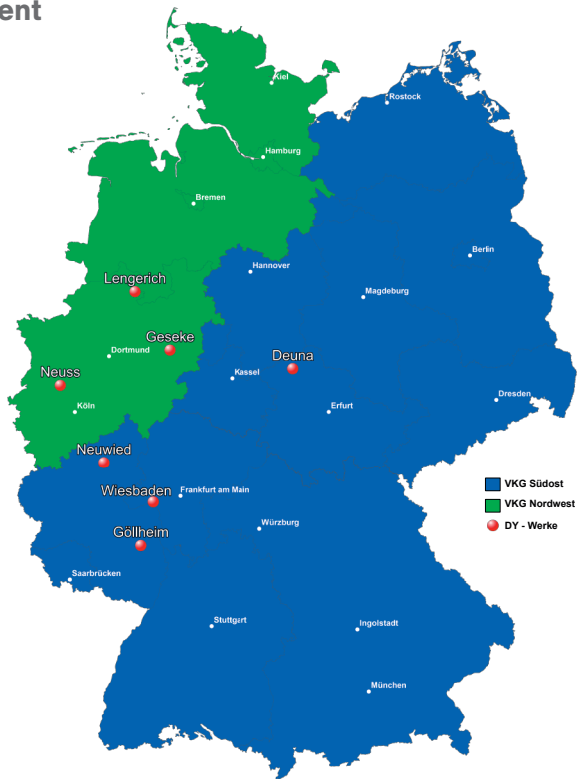
Telefon: +49 611 676-0
Telefax: +49 611 676-1040
marketing@dyckerhoff.com

www.dyckerhoff.com

Über diesen Link gelangen Sie sofort zur digitalen Version
des Buches



Verkaufsbereiche Zement



Silware Nordwest

Niederlande/Belgien/Dänemark

Dyckerhoff GmbH
Lienener Straße 89, 49525 Lengerich
Telefon: +49 5481 31-436
verkauf-nordwest@dyckerhoff.com

Export und Tiefbohrzement

Dyckerhoff GmbH
Biebricher Straße 68, 65203 Wiesbaden
Telefon: +49 611 676-1282 + -1313
export@dyckerhoff.com

Silware Südost/Schweiz

Dyckerhoff GmbH
Biebricher Straße 68, 65203 Wiesbaden
Telefon: +49 611 676-1237 + -1241
verkauf-suedost@dyckerhoff.com
Industriestraße 7, 37355 Niederorschel
Telefon: +49 36076 8-2166

Infrastruktur- und Spezialbaustoffe

Dyckerhoff GmbH
Biebricher Straße 68, 65203 Wiesbaden
Telefon: +49 611 676-1291
info@dyckerhoff.com

Sackware

Dyckerhoff GmbH
Lienener Straße 89, 49525 Lengerich
Telefon: +49 5481 31-303
verkauf-sackzement@dyckerhoff.com

Weisszement

Dyckerhoff GmbH
Biebricher Straße 68, 65203 Wiesbaden
Telefon: +49 611 676-1171 + -1172
weisszement@dyckerhoff.com

Verkaufsregionen Transportbeton



Zentrale

Dyckerhoff Beton GmbH & Co. KG
Biebricher Straße 68, 65203 Wiesbaden
Postfach 2247, 65012 Wiesbaden
Telefon: +49 611 676-3720
Telefax: +49 611 676-3725
info@transportbeton.de

Region Nord

Dyckerhoff Beton GmbH & Co. KG
Niederlassung Hamburg
Eversween 30, 21107 Hamburg
Telefon: +49 40 30 99 37-0
Telefax: +49 40 30 99 37-6
info.hamburg@dyckerhoff.com

Dyckerhoff Beton Weser-Ems GmbH & Co. KG
Lienener Str. 89, 49525 Lengerich
Telefon: +49 541 96 38 8-501
Telefax: +49 541 96 38 8-531
info.weser-ems@dyckerhoff.com

Region Ost

Dyckerhoff Beton GmbH & Co. KG
Niederlassung Elbe-Spree
Greifswalder Str. 80I, 10405 Berlin
Telefon: +49 30 42 84 71-20
Telefax: +49 30 42 84 71-79
info@dyckerhoff-elbe-spree.de

Dyckerhoff Transportbeton
Thüringen GmbH & Co. KG
An der Lache 27, 99086 Erfurt
Telefon: +49 361 7 42 27-0
Telefax: +49 361 7 42 27-29
info@dytb-thueringen.de

Dyckerhoff Transportbeton
Schmalkalden GmbH & Co. KG
An der Lache 27, 99086 Erfurt
Telefon: +49 361 7 42 27-0
Telefax: +49 361 7 42 27-29
info@dytb-schmalkalden.de

Lichtner – Dyckerhoff Beton
GmbH & Co. KG
Schulenburgstr. 23 (Südhafen),
13597 Berlin
Telefon: +49 30 33 00 02-0
Telefax: +49 30 33 00 02-18
info@lichtner-dyckerhoff.de
www.lichtner.dyckerhoff.de

Region West

Dyckerhoff Beton GmbH & Co. KG
Niederlassung Rhein-Ruhr
Am Blankenwasser 18, 41468 Neuss
Telefon: +49 2131 7 18 16-0
Telefax: +49 2131 7 18 16-26
vertrieb-rheinruhr@dyckerhoff.com

Dyckerhoff Beton Rheinland-Pfalz
GmbH & Co. KG
Rheinstraße 159, 56564 Neuwied
Telefon: +49 2631 808-600
Telefax: +49 2631 808-620
info@dyb-rheinland-pfalz.de

Region Süd

Dyckerhoff Beton GmbH & Co. KG
Niederlassung Rhein-Main-Taunus
Liebigstraße 16, 65439 Flörsheim
Telefon: +49 6145 95 69-0
Telefax: +49 6145 95 69-70
info.rhein-main-taunus@dyckerhoff.com

Dyckerhoff Beton GmbH & Co. KG
Niederlassung Saar-Mosel
Hartmanns Au 1, 69119 Saarbrücken
Telefon: +49 681 85 99-0
Telefax: +49 681 85 99-99
info.saar-mosel@dyckerhoff.com

Betontechnologie

Zentrallabor NORD/WEST
Fixheider Straße 8, 51381 Leverkusen
Telefon: +49 2171 34 27 75

Zentrallabor SÜD/OST
Lippoldsrüh 8, 08132 Mülsen
Telefon: +49 375 2 47 04

www.transportbeton.de
info@transportbeton.de

Beton – Herstellung nach Norm

Arbeitshilfe für Ausbildung, Planung und Baupraxis

Impressum

Inhalte wurden zur Verfügung gestellt von:

InformationsZentrum Beton GmbH
Toulouser Allee 71, 40476 Düsseldorf
www.beton.org

Autoren: Roland Pickhardt, André Weisner,
Diethelm Bosold, Thomas Bose

Überarbeitung durch:

Dyckerhoff GmbH
Biebricher Straße 68, 65203 Wiesbaden

Druck:

Druckerei Zeidler,
Fritz-Ullmann-Straße 7, 55252 Mainz-Kastel

Beton – Herstellung nach Norm

Arbeitshilfe für Ausbildung, Planung und Baupraxis

Vorwort	7
1 Begriffe	9
1.1 Ausgangsstoffe und Definitionen	9
1.2 Festlegungen und Eigenschaften	11
1.3 Sonderbetone	12
1.4 Qualitätssicherung	13
1.5 Betonbauqualitätsklassen und Kommunikation	14
2 BBQ und Kommunikation	15
2.1 Klasseneinteilungen	15
2.2 Kommunikation und Dokumentation für Ortbetonbauwerke in BBQ-E und BBQ-S	21
3 Zement	24
3.1 Zemente – Arten und Zusammensetzung (nach DIN EN 197-1 und 197-5 bzw. für Sonderzemente nach DIN EN 14216)	24
3.2 Zemente – Arten und Zusammensetzung der Zemente mit Betonrecyclingmehl (nach DIN EN 197-6)	26
3.3 Anwendungsbereiche	28
3.4 Dichte und Schüttdichte (Anhaltswerte)	32
3.5 Festigkeitsklassen von Zement nach DIN EN 197-1	32
3.6 Festigkeitsentwicklung von Beton (Anhaltswerte)	33
3.7 Besondere Eigenschaften von Zement: Sulfatwiderstand	33
3.8 Besondere Eigenschaften von Zement: Alkaligehalt	34
3.9 Besondere Eigenschaften von Zement: Hydratationswärme	35
3.10 Beispiele für Zementbezeichnungen	35
3.11 Überwachung und Konformität	36
4 Gesteinskörnungen	37
4.1 Definition und Bezeichnungen im Betonbau	37
4.2 Rezyklierte Gesteinskörnung	38
4.3 Wasseranspruch des Frischbetons – Anhaltswerte [kg/m ³]	39

4.4	Kornrohddichte	40
4.5	Sieblinien	40
4.6	Anforderungen Gesteinskörnungen	42
4.7	Mehlkorngehalt	43
4.8	Überwachung und Konformität	43
4.9	Schädigende Alkalireaktion im Beton	44
5	Betonzusätze	47
5.1	Zusatzmittel	47
5.2	Zusatzstoffe	49
6	Beton – Einteilung und Begriffe	53
6.1	Einteilung des Betons	53
6.2	Beton nach Eigenschaften – Beton nach Zusammensetzung	53
6.3	Druckfestigkeit	54
6.4	Konsistenz	55
6.5	Mindest-Leimvolumen	58
7	Betonentwurf und Umgebungsbedingungen	59
7.1	Betonentwurf – Abschätzung der Druckfestigkeit	59
7.2	Chloridgehalt im Beton	60
7.3	Expositionsklassen und Feuchtigkeitsklassen	61
7.4	Maßnahmen und Zuständigkeiten im Umgang mit der Alkali-Richtlinie	66
7.5	Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton	67
8	Sonderbetone und besondere Anwendungen	69
8.1	Wasserundurchlässige Bauteile und Bauwerke aus Beton	69
8.2	Betone beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen nach DAfStb-Richtlinie	71
8.3	Unterwasserbeton	72
8.4	Bohrpfahlbeton	72
8.5	Massige Bauteile.....	75
8.6	Stahlfaserbeton	76
8.7	Spritzmörtel und Spritzbeton	80
8.8	Nachhaltiger Beton	83
9	Leichtbeton	85
9.1	Leichtbeton nach Norm.....	85
9.2	Infraleichtbeton.....	87
10	Betondeckung	89
10.1	Grundlagen	89
10.2	Betondeckung der Bewehrung	90
10.3	Verlegemaß der Bewehrung.....	90
10.4	Abstandhalter und Unterstützungen	93
10.5	Begrenzung der Rissbreite bei Stahlbetonbauteilen (Dauerhaftigkeit).....	94

11 Anforderungen an die Bauausführung	97
11.1 Bestellung von Transportbeton	97
11.2 Zugabe von Zusatzmitteln auf der Baustelle	98
11.3 Fördern und Verarbeiten des Betons	99
11.4 Frischbetondruck auf lotrechte Schalungen	99
11.5 Toleranzen	102
11.6 Frischbetontemperatur, Bauteiltemperatur und Gefrierbeständigkeit	103
11.7 Nachbehandlung des jungen Betons.....	104
11.8 Ausrüsten und Ausschalen	107
11.9 Bewehrungsarbeiten	108
12 Qualitätssicherung auf der Baustelle	109
12.1 Prüfungsarten der Druckfestigkeit.....	109
12.2 Überwachung durch das Bauunternehmen	110
12.3 Eigenüberwachung und Fremdüberwachung	115
12.4 Qualitätssicherung von Transportbeton durch den Hersteller.....	116
13 Zusammenstellung wichtiger Regelwerke und Merkblätter	117
14 Stichwortverzeichnis	121

Vorwort

Die 1976 erstmals erschienene Broschüre „Beton – Herstellung nach Norm“ liegt in einer neuen Auflage vor, mit der jetzt eine Gesamtauflage von mehr als 525.000 Exemplaren erreicht wurde. Sie liefert wesentliche Grundlagen und Normeninhalte in Form einer übersichtlichen und kompakten Darstellung für die praxisnahe Anwendung in Planung, in der Bauausführung oder bei Studium und Lehre.

Der aktuellen Fassung liegt die neue Normengeneration der DIN 1045 (Ausgabe 2023) zugrunde. Mit der bauordnungsrechtlichen Einführung dieser Normenreihe im Jahr 2025 stehen wir im Betonbau vor herausfordernden Neuerungen.

Diese bewirken auch konzeptionell veränderte Inhalte, was sich deutlich sichtbar durch den neuen Abschnitt „Betonbauqualität (BBQ) und Kommunikation“ zeigt, der die grundlegenden Neuerungen der DIN 1045-1000 zusammenfasst. Viele weitere Abschnitte sind wesentlich überarbeitet worden.

Die Betontechnologie hat sich seit nunmehr 17 Jahren nach der letzten Ausgabe der Betonnorm weiterentwickelt. Einige Anwendungen sind jetzt neuer Bestandteil unserer Broschüre. Hier sind beispielhaft der Selbstverdichtende Beton, Bohrpfahlbeton und die nachhaltigen Betone zu nennen.

Die vorliegende Broschüre „Beton – Herstellung nach Norm“ gehört zu den Planungshilfen der InformationsZentrum Beton GmbH, die den Umgang mit den komplexen Regelungen im Betonbau erleichtern sollen. Weitere hilfreiche Informationen zu vielen Einsatzgebieten zementgebundener Baustoffe finden sich auf den Internetseiten www.beton.org und www.betonshop.de.

Wir hoffen, dass die Broschüre „Beton – Herstellung nach Norm“ Sie in Ihrer täglichen Arbeit bei der Erstellung anspruchsvoller, dauerhafter und nachhaltiger Bauwerke aus Beton unterstützt.

Düsseldorf, im Oktober 2025

Die Verfasser

1 Begriffe

1.1 Ausgangsstoffe und Definitionen

1.1

Zement

Hydraulisches Bindemittel nach DIN EN 197, DIN 1164, DIN EN 14216 oder mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung.

Gesteinskörnungen

Körnige, natürliche bzw. industriell hergestellte, gebrochene oder ungebrochene, oder vorher beim Bauen verwendete und rezyklierte, mineralische Stoffe.

Mehlkorn

Summe der festen Partikel im Frischbeton mit einer Korngröße $\leq 0,125$ mm. Hierzu zählen z. B. der Zement, Zusatzstoffe wie Flugasche oder Kalksteinmehl und die entsprechenden Anteile aus der Gesteinskörnung. Vorgaben zum Mehlkorngehalt gibt es in der neuen DIN 1045 nur im Spezialtiefbau.

D_{lower}

Bei der Festlegung von Beton kleinster zulässiger Wert von D für die größte Gesteinskörnungsfraction im Beton. D = obere Siebgröße einer mit d/D beschriebenen Gesteinskörnung.

D_{upper}

Bei der Festlegung von Beton größter zulässiger Wert von D für die größte Gesteinskörnungsfraction im Beton. D = obere Siebgröße einer mit d/D beschriebenen Gesteinskörnung.

Wasser, wirksamer Wassergehalt

Wirksamer Wassergehalt ¹⁾ = Oberflächenfeuchte + Zugabewasser ²⁾ – Kernfeuchte
Eigenfeuchte = Oberflächenfeuchte + Kernfeuchte

¹⁾ ggf. abzüglich Saugwasser

²⁾ inkl. dem in Zusatzmitteln und Zusatzstoffen anzurechnenden Wasser (siehe auch Abschnitt 5.1.2)

Restwasser

Wasser, das auf dem Gelände der Betonproduktion anfällt und nach Aufbereitung zur Betonproduktion wiederverwendet wird. Z. B. aus Restbeton, beim Auswaschen der Gesteinskörnungen oder beim Reinigen des Teller-/Trogmischers, der Fahrmischertrommel oder der Betonpumpe.

Verwendung von Restwasser u. a. unzulässig bei:

- ▶ Beton ab Festigkeitsklasse C55/67;
- ▶ Trockenbeton und Vergussbeton nach Richtlinien des DAFStb;
- ▶ nicht empfehlenswert für Luftporenbeton, Sichtbeton und Leichtbeton.

Wasserzementwert

Masseverhältnis von wirksamem Wassergehalt zu Zementgehalt (w/z).

Äquivalenter Wasserzementwert (w/z)_{eq}

Masseverhältnis von wirksamem Wassergehalt zu Zementgehalt und anrechenbaren Zusatzstoffgehalten.

Zusatzmittel

Flüssige, pulverförmige oder granulatartige Stoffe, die dem Beton während des Mischens in geringen Mengen, bezogen auf den Zementgehalt, zugegeben werden, um durch chemische und/oder physikalische Wirkung Eigenschaften des Frisch- oder Festbetons zu ändern.

Zusatzstoffe

Pulverförmige Stoffe, ggf. als Suspension aufbereitet, die dem Beton in größerer Menge zugegeben werden, um bestimmte Eigenschaften zu beeinflussen.

Typ I: nahezu inaktiv

Typ II: puzzolanisch oder latent hydraulisch

Fasern

Stahlfasern oder Polymerfasern, ggf. auch Glasfasern, die für eine gleichmäßige Verteilung im Beton geeignet sind und deren Verwendbarkeit durch Produktnorm und/oder allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung nachgewiesen ist.

Beton/Zementmörtel

Baustoff, erzeugt durch Mischen von Zement, grober und feiner Gesteinskörnung und Wasser, mit oder ohne Zugabe von Zusatzmitteln, Zusatzstoffen und ggf. Fasern.

Er erhält seine Eigenschaften durch Hydratation des Zements. Bei ausschließlicher Verwendung feiner Gesteinskörnung (Größtkorn ≤ 4 mm) wird üblicherweise der Begriff Zementmörtel verwendet.

Kubikmeter Beton

Bezugsgröße für die Bestellung von Beton. Beschreibt die Menge Frischbeton, die nach vollständiger Verdichtung ein Volumen von 1 m³ einnimmt.

1.2 Festlegungen und Eigenschaften

1.2

Festlegung

Endgültige Zusammenstellung dokumentierter technischer Anforderungen an den Beton, die dem Hersteller als Eigenschaften oder Zusammensetzung vorgegeben werden.

Verfasser der Festlegung

Personen oder Stellen, die die Festlegung für den Frisch- und Festbeton vorgeben (in der Regel Planer und Ausführer).

Konsistenz

Maß für die Verarbeitbarkeit des Frischbetons. Eine Unterteilung des Betons nach der Konsistenz in sehr steif, steif, plastisch, weich, sehr weich, fließfähig und sehr fließfähig erfolgt durch die Definition der Konsistenzklassen.

Leichtverdichtbarer Beton (LVB)

Beton der Konsistenzklassen F5 und F6. Für eine ausreichende Verdichtung genügt ein leichtes Rütteln oder Stochern.

Expositionsklasse

Klassifizierung von chemischen und physikalischen Umgebungsbedingungen, denen ein Bauteil ausgesetzt sein kann und die auf Beton, Bewehrung oder metallische Einbauteile einwirken können und nicht Lasten im Sinne der Tragwerksplanung sind.

Feuchtigkeitsklasse

Einstufung der Umgebungsbedingungen, die vom Planer hinsichtlich einer möglichen schädigenden Alkali-Kieselsäure-Reaktion bei Beton nach Eigenschaften immer festzulegen ist.

Beton nach Eigenschaften

Beton mit festgelegten Eigenschaften und ggf. zusätzlichen Anforderungen, für deren Bereitstellung und Erfüllung der Hersteller verantwortlich ist.

Beton nach Zusammensetzung

Beton mit festgelegter Zusammensetzung und ggf. vorgegebenen Ausgangsstoffen, für deren Einhaltung der Hersteller verantwortlich ist.

Charakteristische Druckfestigkeit f_{ck}

Erwarteter Druckfestigkeitswert (f_{ck}), den nur 5 % der Grundgesamtheit aller möglichen Festigkeitsmesswerte der Menge des betrachteten Betons unterschreiten.

Biegezugfestigkeit f_{tt}

Materialkennwert aus der Biegezugprüfung an gesondert hergestellten Balken (700 mm x 150 mm x 150 mm), die durch zwei gleich große Lasten normalerweise in den Drittelpunkten der Stützweite belastet werden. Seltener erfolgt die Prüfung durch einen

mittigen Lastangriff. Bei üblichem (unbewehrtem) Beton liegt die Biegezugfestigkeit im Bereich von ca. 3 N/mm² bis ca. 8 N/mm². Für die Festlegung der Leistungsklassen bei Stahlfaserbeton ist die Nachrissbiegezugfestigkeit ein notwendiger Materialkennwert.

Beanspruchungsklasse

Festlegung der Beaufschlagungsart des Bauwerks/Bauteils durch Feuchte oder Wasser (nach WU-Richtlinie).

Nutzungsklasse

Festlegung der Anforderungen an Raumklima und Feuchtezustand der Bauteiloberfläche in Abhängigkeit der Nutzung (nach WU-Richtlinie) in Nutzungsklassen A (hochwertig) und B. Eine weitere Unterteilung innerhalb der Nutzungsklasse A wird im DBV-Merkblatt „Hochwertige Nutzung von Untergeschossen – Bauphysik und Raumklima“ vorgenommen.

Wasserundurchlässigkeit

Qualitative bzw. quantitative Angabe zur Begrenzung des Wasserdurchtritts durch Beton, Fugen, Einbauteile und Risse (nach WU-Richtlinie).

1.3

1.3 Sonderbetone

Sichtbeton

Betonflächen mit Anforderungen an das Aussehen (gestaltete Ansichtsflächen); die Merkmale der Gestaltung und Herstellung sind erkennbar – z. B. Form, Textur, Farbe, Schalhaut, Fugen (weitere Hinweise: DBV/VDZ-Merkblatt Sichtbeton).

Selbstverdichtender Beton (SVB)

Beton, der ohne Verdichtungsenergie nur unter seinem eigenen Gewicht fließt und sich selbst verdichtet, das Bauteil komplett ausfüllt und dabei seine Homogenität beibehält. Diese Eigenschaften können durch den Einsatz erhöhter Mehlkorngelalte und durch stabilisierende Zusätze oder durch deren Kombination in Verbindung mit Fließmitteln erzielt werden.

Spritzbeton/-mörtel

Beton oder Mörtel, der in druckfesten Schlauch- oder Rohrleitungen zur Einbaustelle gefördert und dort im Nass- oder Trockenspritzverfahren aufgetragen wird, wobei er eine hohe Verdichtung erhält. Prüfung erfolgt an Bohrkernen aus separat gespritzten Probestplatten. Spritzmörtel hat max. 4 mm Größtkorndurchmesser bzw. max. 5 mm bei gebrochener Gesteinskörnung. Faserverstärkter Spritzbeton enthält Stahl- und/ oder Polymerfasern zur Verbesserung bestimmter Eigenschaften des Betons.

Stahlfaserbeton

Beton nach DIN 1045-2, in Verbindung mit der DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton, mit Zusatz von Stahlfasern mit formschlüssiger, mechanischer Verankerung zum Erreichen bestimmter Eigenschaften (siehe auch Abschnitt 8.6).

Trockenbeton und Trockenmörtel

Trockenbeton und Trockenmörtel besteht aus Zement, trockener Gesteinskörnung und gegebenenfalls Betonzusätzen, die in einer gleichbleibenden Zusammensetzung werkmäßig hergestellt und lagerungsfähig verpackt werden. Nach Zugabe von Wasser und gegebenenfalls flüssigen Betonzusatzmitteln und anschließendem Mischen erhält man Beton oder Zementmörtel (Siehe auch DAfStb Trockenbeton-Richtlinie).

Vergussbeton und Vergussmörtel

Betonergänzung für tragende Bauteile, die in dünnen Schichten verwendet wird, z. B. für das Ausfüllen von Fugen, das Einbetonieren von Stützen in Köcherfundamente und beim Lagerverguss. Auch für das Unter- bzw. Vergießen von Bauteilen bzw. das Vergießen kleinformatiger Fehlstellen, Spalten und Hohlräume nach der Instandsetzungsrichtlinie SIB des DAfStb. I. d. R. als Beton nach Eigenschaften (nicht für XM und XF4). Gießfähige Konsistenz, hohe Frühfestigkeit, Druckfestigkeitsklasse mind. C50/60, Schichtdicke maximal das 25-fache des Größtkorns. Bei Vergussbetonen mit geringer Frühfestigkeit (Klasse C) kann die Schichtdicke bis auf das 40-fache erhöht werden. Anlieferung als Trockengemisch, bauseits nach Herstellerangabe mit frischem Wasser zu mischen. Siehe auch DAfStb-Richtlinie „Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel“.

Massige Bauteile

Bauteile deren kleinste Abmessung 0,80 m überschreitet und bei denen Zwang und Eigenspannungen in besonderer Weise zu berücksichtigen sind. Die DAfStb-Richtlinie Massige Bauteile aus Beton ist in diesen Fällen anzuwenden. Für Bauteile nach ZTV-ING und ZTW-LB 215 gelten teils andere Regelungen.

1.4 Qualitätssicherung

1.4

Überwachungsklasse des Betons

Einteilung des Betons in Klassen nach Festigkeit, Umweltbedingungen und besonderen Eigenschaften mit unterschiedlichen Anforderungen an die Überwachung (siehe auch Abschnitt 12.2).

Ständige Betonprüfstelle

Prüfstelle, insbesondere zur Überwachung von Beton der Überwachungsklasse 2, die sowohl das Bauunternehmen als auch die Baustellen berät und für die Schulung des Baustellenpersonals sorgen muss (siehe auch Abschnitt 12.3).

Überwachung durch das Bauunternehmen (Eigenüberwachung)

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 (siehe auch Abschnitt 12.2).

Überwachung durch eine anerkannte Überwachungsstelle (Fremdüberwachung)

Regelmäßige Überprüfung des Einbaus von Beton der Überwachungsklasse 2 sowie des Einpressens von Zementmörtel in Spannkanäle und der damit verbundenen Überwachung des Bauunternehmens, um festzustellen, ob dessen Tätigkeiten in Übereinstimmung mit der DIN 1045-3 durchgeführt werden (siehe auch Abschnitt 12.3).

1.5 1.5 Betonbauqualitätsklassen und Kommunikation

Siehe auch Abschnitt 2.

Betonbauqualitätsklasse BBQ

Systematik zur Unterscheidung des Anforderungsniveaus in technischer Hinsicht und hinsichtlich erforderlicher Kommunikation bzw. der Komplexität in den Bereichen Planung, Beton und Bauausführung von Bauwerken und Bauteilen aus Beton.

BBQ-N

Bauwerke/Bauteile mit *normalen* Anforderungen an Kommunikation, Planung, Bauausführung und Baustoffe.

BBQ-E

Bauwerke/Bauteile mit *erhöhten* Anforderungen an Kommunikation, Planung, Bauausführung und Baustoffe.

BBQ-S

Bauwerke/Bauteile mit *speziell* festzulegenden Anforderungen an Kommunikation, Planung, Bauausführung und Baustoffe.

Betonbaukonzept

Projektbezogenes (zunächst vorläufiges) Konzept, das Festlegungen für die Planung, die Betonherstellung sowie den Einbau und die Nachbehandlung von Beton bzw. Betonbauteilen umfasst. Ein Betonbaukonzept ist bei BBQ-E und BBQ-S erforderlich.

2 BBQ und Kommunikation

2.1 Klasseneinteilungen

2.1

Zur Sicherstellung der Qualität im Betonbau soll eine schnittstellenübergreifende Kommunikation aller Beteiligten in der Planung, der Auswahl des Betons und den Besonderheiten in der Bauausführung eines Bauwerks gewährleistet sein.

Hierzu werden Klasseneinteilungen in Planung, Beton, Bauausführung von Bauwerken oder Bauteilen vorgenommen, die zur Zuordnung in eine BBQ-Klasse führen.

Planungsklasse PK (Schnittstelle zu DIN 1045-1 bzw. DIN EN 1992)

Systematik zur Unterscheidung des Anforderungsniveaus in technischer Hinsicht und hinsichtlich erforderlicher Kommunikation bzw. der Komplexität bei der Planung von Bauwerken und Bauteilen aus Beton.

Betonklasse BK (Schnittstelle zu DIN 1045-2)

Charakterisierung unterschiedlicher Anforderungsniveaus an die Herstellung, Lieferung und Förderung des Betons im Hinblick auf verschiedene Betonbauqualitätsklassen.

Ausführungsklasse AK (Schnittstelle zu DIN 1045-3)

Klassifizierte Anforderungen, die für die Bauausführung für das gesamte Bauwerk oder ein einzelnes Bauteil festgelegt werden.

Betonbauqualitätsklasse BBQ

Systematik zur Unterscheidung des Anforderungsniveaus in technischer Hinsicht und hinsichtlich erforderlicher Kommunikation bzw. der Komplexität in den Bereichen Planung, Beton und Bauausführung von Bauwerken und Bauteilen aus Beton.

Verknüpfung der Klassensystematik

Anforderungen	normal (N)	erhöht (E)	speziell festzulegen (S)
Planungs-, Beton- oder Ausführungsklasse	PK-N <u>und</u> BK-N <u>und</u> AK-N	PK-E <u>oder</u> BK-E <u>oder</u> AK-E	PK-S <u>oder</u> BK-S <u>oder</u> AK-S
Betonbauqualitätsklasse	BBQ-N	BBQ-E	BBQ-S

Beispiele: PK-N, BK-N und AK-E führt zu BBQ-E; PK-S, BK-N und AK-E führt zu BBQ-S.

Die Zuordnung in die Klassen BBQ-E oder BBQ-S erfordert eine erweiterte Kommunikation und Dokumentation im Rahmen der Betonfachgespräche. Ziel dieser Betonfachgespräche ist die gemeinsame Erarbeitung eines Betonbaukonzeptes. Während die Klasse BBQ-E eine gegenüber dem „normalen“ Betonbau (BBQ-N) erhöhte normative Anforderungen formuliert, ist die Klasse BBQ-S in der Regel mit Abweichungen von der Betonnorm verbunden. Dies sind in der Regel erhöhte Anforderungen, die bauvertraglich zu formulieren sind.

Die Zuordnung zu den Klassen ergibt sich aus nachfolgender Tabelle. Weitere Fälle sind sinngemäß einzuordnen. Die BBQ-Klassifizierung ist grundsätzlich unabhängig von den Überwachungsklassen (siehe auch Kapitel 12).

Anwendungsfällen und Zuordnung zu Planungs-, Beton-, Ausführungs- und BBQ-Klassen, erweitert um die Überwachungsklassen ¹⁾

Zeile	Anwendung	PK	BK	AK	BBQ	ÜK
Anforderungen an die Nutzung						
0	Betonbauwerke mit besonderen Anforderungen hinsichtlich Nachhaltigkeit (insbesondere Klimaschutz, Ressourceneffizienz) und Bauen im Bestand, jeweils außerhalb der Regelungen der Normenreihe DIN 1045 oder außerhalb von bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweisen ²⁾	S	S	S	S	1
1	Betonbauteile mit geplanter Nutzungsdauer nach technischer Spezifikation (für gewöhnliche Tragwerke von 50 Jahren, siehe DIN EN 1990)	N	N	N	N	1
2	Betonbauteile mit geplanter Nutzungsdauer abweichend von der technischen Spezifikation	S	S	S	S	1
3	Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen (LAU) oder Herstellen, Behandeln und Verwenden (HBV) von wassergefährdenden Stoffen (WHG-Anlagen nach dem Wasserhaushaltsgesetz) nach DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (BUmWS)“	E	E	E	E	2
4	Anlagen zum Lagern oder Abfüllen von Jauche, Gülle und Silagesickersaft (JGS-Anlagen) bzw. Behälter und Silos nach DIN 11622 (alle Teile)	E	N	E	E	2
5	Behälter außerhalb der Landwirtschaft (z. B. Trinkwasser- oder Abwasserbehälter)	E	N	E	E	1
6	Ingenieurbauwerke nach Regeln der öffentlichen Verkehrsträger ³⁾	S	S	S	S	1/2 ³⁾
7	Windenergieanlagen	E	N	N	E	1
8	Maschinenfundamente, Kranbahnen	E	N	N	E	1
9	Sichtbetonklasse SB 1 nach DBV/VDZ-Merkblatt Sichtbeton	N	N	N	N	1

Zeile	Anwendung	PK	BK	AK	BBQ	ÜK
10	Sichtbetonklassen SB 2, SB 3 und SB 4 nach DBV/ VDZ-Merkblatt Sichtbeton	E	S	S	S	1
11	Sichtbeton außerhalb DBV/VDZ-Merkblatt Sichtbeton ⁴⁾	S	S	S	S	1

Expositionsclassen und Feuchtigkeitsclassen

12	Bauteile in Expositionsklasse X0	N	N	N	N	1
13	Innenbauteile in Expositionsklasse XC1	N	N	N	N	1
14	Bauteile in Expositionsklasse XC3 oder Außenbauteile in Expositionsclassen XC4/XF1/XA1/XD1/XS1/XM1	N	N	N	N	1
15	Gründungsbauteile in den Expositionsclassen XC1/XC2	N	N	N	N	1
16	Beton mit künstlichen Luftporen (LP-Beton), z. B. XF2/ XF3/XF4	N	E	E	E	2
17	Bauteile in Expositionsclassen XF2/XF3 (ohne künstliche Luftporen), XD2/XD3, XS2/XS3, XM2/XM3	N	N	E	E	2
18	Bauteile in Expositionsklasse XA2	E	N	E	E	1
19	chemischer Angriff XA3 oder stärker	S	N	S	S	2
20	Bauteile in den Feuchtigkeitsclassen WO, WF oder WA	N	N	N	N	1
21	Bauteile, bei denen zusätzlich eine Beschichtung oder Abdichtung zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit erforderlich ist (z. B. Parkbauten)	E	N	E	E	1

Festigkeitsclassen und Festigkeitsentwicklung

22	Beton mit Druckfestigkeitsklasse \leq C25/30	N	N	N	N	1
23	Betone der Druckfestigkeitsclassen \geq C30/37 und \leq C60/75	N	N	E	E	2
24	Betone der Druckfestigkeitsclassen \geq C70/85 und \leq C100/115	N	E	E	E	2
25	Von 28 Tagen abweichendes Nachweialter für die Druckfestigkeit des Betons ⁵⁾	E	N	E	E	2
26	Betone mit langsamer oder sehr langsamer Festigkeitsentwicklung	E	N	E	E	1

Betone für verschiedene Anwendungen

27	Betone mit zusätzlichen Planungsanforderungen an Betoneigenschaften (z. B. zu Elastizitätsmodul, Betonzugfestigkeit, Schwind- und Kriechbeiwerte, Beschränkung Größtkorn)	E	S	E	S	1
28	Faserbeton ohne Leistungsklasse	N	N	N	N	1
29	Beton mit Kunststofffasern für den Brandschutz	E	E	E	E	2
30	Stahlfaserbeton nach DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“ mit Leistungsklasse \leq L1-1,2	E	E	E	E	1

Zeile	Anwendung	PK	BK	AK	BBQ	ÜK
31	Stahlfaserbeton nach DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“ mit Leistungsklasse > L1-1,2	E	E	E	E	2
32	Leichtbeton	N	E	E	E	2
33	Schwerbeton	S	E	E	S	2
34	Betone der Konsistenzklassen F1 bis F5 ⁶⁾ oder C0 bis C4	N	N	N	N	1
35	Betone der Konsistenzklasse F6	N	E	E	E	1
36	Selbstverdichtender Beton	E	E	E	E	2
37	Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen ≤ 25 Vol.-% nach DIN 1045-2:2023-08, 5.2.3.4, (1), 1. Spiegelstrich	N	N	N	N	1
38	Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen > 25 Vol.-% Austausch der groben Gesteinskörnung nach DIN 1045-2:2023-08, 5.2.3.4, (1), 2. Spiegelstrich	N	E	E	E	2
39	Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen abweichend von DIN 1045-2:2023-08, 5.2.3.4	S	S	E	S	2
40	Verzögerter Beton mit einer Verzögerungszeit von mindestens 3 Stunden bis maximal 12 Stunden nach DAfStb-Richtlinie „Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton)“	N	E	E	E	1
41	Verzögerter Beton mit VZ-Zeit > 12 h nach DAfStb-Richtlinie „Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton)“	N	S	S	S	2
42	Unterwasserbeton	E	E	E	E	1
43	Beton mit Pigmenten	N	E	N	E	1

Bauteile und Bauwerke mit verschiedenen Anforderungen an
Bemessung, Konstruktion und Ausführung

44	befahrene Verkehrsflächen mit Instandhaltungsplan nach DIBt TR Instandhaltung von Betonbauteilen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit (z. B. Parkdecks)	E	N	N	E	1
45	Bauteile, bei denen die Mindestbewehrung (für „frühen Zwang“) mit abgeminderter Zugfestigkeit oder durch Wahl der Betonierabschnitte ermittelt wird	E	N	E	E	1
46	Bauteile mit erhöhten Bewehrungsgraden nach DIN 1045-1	E	N	E	E	1
47	Bauteile mit besonders hohem Gehalt an Einbauteilen, Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung sowie großformatigen Hohlkörpern	E	N	E	E	1
48	Bauteile mit Ebenheitsanforderungen nach DIN 18202:2019-07, Tabelle 3, Zeilen 4 oder 7 ⁷⁾	E	N	E	E	1
49	zusätzliche Oberflächenbearbeitung (über Abscheiben und Abziehen hinaus) und Oberflächen mit besonderer Textur (z. B. Besenstrich)	N	N	E	E	1

Zeile	Anwendung	PK	BK	AK	BBQ	ÜK
50	Massige Bauteile nach DAfStb-Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“	E	N	E	E	2
51	Bauteile im Spezialtiefbau (Pfähle, Schlitzwände, usw.)	E	N	E	E	1
52	WU-Konstruktionen nach DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ nach Beanspruchungsklasse 1	E	N	E	E	1
53	WU-Konstruktionen nach DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ nach Beanspruchungsklasse 2	E	N	N	E	1
54	Vorspannung mit sofortigem Verbund	N	N	E	E	2
55	Vorspannung mit nachträglichem Verbund oder ohne Verbund	E	N	E	E	2
56	erhöhte Anforderungen an die Begrenzung der Verformung (z. B. Durchbiegung)	E	N	E	E	1
57	Bauteile, bei denen Verformungen und Zwang erheblichen Einfluss auf die Schnittgröße haben	E	N	N	E	1
58	Abminderung des Vorhaltemaßes der Betondeckung	E	N	E	E	1
59	Bauteile mit üblichen Betonieröffnungen und Rüttelgassen	N	N	N	N	1
60	Bauteile, bei denen die Anordnung von üblichen Betonieröffnungen oder Rüttelgassen nicht möglich ist und deswegen das Einbauverfahren besonders zu planen ist oder Probetonagen (Vorversuche) erforderlich sind	E	N	E	E	1
61	nicht geschalte, flächige Bauteile mit planmäßigem Gefälle	N	N	E	E	1

Bauteile und Bauwerke mit verschiedenen Anforderungen an Bemessung, Konstruktion und Ausführung

62	„sehr glatte“ und „glatte“ Arbeitsfugen nach DIN EN 1992-1-1:2011-01 mit NA, 6.2.5 (2)	N	N	N	N	1
63	„raue“ und „verzahnte“ Arbeitsfugen nach DIN EN 1992-1-1:2011-01 mit NA, 6.2.5 (2)	N	N	E	E	1
64	Arbeitsfugen mit Fugeneinlage (Sollbruchstelle) nach DIN 1045-1:2023-08, 5.2 (2)	E	N	E	E	1
65	nichtmetallische Bewehrung	E	N	E	E	1

Bauverfahren und Nachbehandlung

66	Gleitbauverfahren	E	S	S	S	1
67	Frischbetontemperaturen über 30 °C	N	S	S	S	1
68	besondere Förderverfahren (z. B. über lange Strecken über große Höhenunterschiede oder bei geringen Rohrdurchmessern)	N	S	E	S	1

Zeile	Anwendung	PK	BK	AK	BBQ	ÜK
69	Betonförderung durch Pumpen (übliche Strecken)	N	N	N	N	1
70	maschineller Einbau (z. B. Deckenfertiger, Walzbeton)	N	N	E	E	1
71	Traggerüste der Bemessungsklasse A	N	N	N	N	1
72	Traggerüste der Bemessungsklasse B1 und B2	E	N	E	E	1
73	Nachbehandlung mit dem Ziel der Verringerung des Risspotenziales aus plastischem Schwinden (gegebenenfalls Zwischennachbehandlung)	E	N	E	E	1
74	Nachbehandlung mit dem Ziel der Verringerung des Risspotenziales aus Temperatur-Zwangsspannungen	E	N	E	E	1
75	Nachbehandlung nach DIN 1045-3:2023-08, Tabelle 5	N	N	N	N	1
76	Nachbehandlung abweichend von DIN 1045-3:2023-08, Tabelle 5	S	N	S	S	1

- ¹⁾ Bei mehreren zutreffenden Zeilen (Anwendungen) sind die schärfsten Anforderungen maßgebend.
- ²⁾ Dieser Anwendungsfall beinhaltet nicht die bereits durch die Normenreihe DIN 1045 abgedeckten Maßnahmen zur Nachhaltigkeit im Betonbau, wie z. B. die Verwendung von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung (Zeilen 37 bis 39), die Verwendung von klinkereffizienten Zementen nach DIN 1045-2 oder eine ressourceneffiziente Planung [Wiens, U. (2021): Nachhaltig bauen mit Beton – Planungshilfe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb). Beton- und Stahlbetonbau 117, H. 1, S. 58-65]
- ³⁾ Regelwerke für Brücken- und Ingenieurbau der Bundesfernstraßen:
https://www.bast.de/DE/Publikationen/Regelwerke/Regelwerke_B_node.html;
 Technisches Regelwerk Wasserstraßen: [https://izw.baw.de/wsv/planen-bauen/tr-w](https://izw.baw.de/wsv/planen-bauen/tr-w;);
 Eisenbahnspezifische Technische Baubestimmungen (EiTB):
https://www.eba.bund.de/DE/RechtRegelwerk/Verwaltungsvorschriften/EiTB/eitb_inhalt.html
- ⁴⁾ Bei Fertigteilen ist nach DIN 1045-1000, Abschnitt A.3, zu verfahren.
- ⁵⁾ Die Randbedingungen von DIN 1045-2:2023-08, Anhang P, bzw. DIN 1045-3:2023-08, Anhang F sind zu beachten.
- ⁶⁾ Zuordnung F5 derzeit im Widerspruch zur DIN 1045-3, dort AK-E.
- ⁷⁾ Die Zuordnungen zu den AK sind in der DIN 1045-3, 6.2 (7) abweichend formuliert.

2.2 Kommunikation und Dokumentation für Ortbetonbauwerke in BBQ-E und BBQ-S

2.2

2.2.1 Betonfachgespräche und Betonbaukonzept

Die Zuordnung in die Klassen BBQ-E oder BBQ-S erfordert eine erweiterte Kommunikation durch Betonfachgespräche. In schnittstellenübergreifenden Betonfachgesprächen werden die Zusammenhänge aus Planung, Betonherstellung und Bauausführung miteinander verknüpft.

Die Gespräche müssen bauteilbezogen, nachverfolgbar und ergebnisorientiert dokumentiert werden, mindestens folgende Punkte sind aufzuzeichnen:

- Teilnehmer
- Ort, Datum und Zeit
- festgelegte Zuständigkeiten
- bauteilbezogene Festlegungen.

Ziel ist die Erstellung eines Betonbaukonzeptes (BBK). Es enthält Festlegungen für die Planung, die Betonherstellung sowie den Einbau und die Nachbehandlung von Beton unter Einbeziehung der projektspezifischen Randbedingungen.

BBQ-Ausschreibungsgespräch und vorläufiges Betonbaukonzept

Zielsetzung ist die Erarbeitung von Parametern für die Ausschreibung von Betoneigenschaften, den Einbau und die Nachbehandlung von Beton unter Einbeziehung projektspezifischer Randbedingungen aus der Planung für das vorläufige Betonbaukonzept, insbesondere:

- Vorgaben aus der Planung (Bauwerksart, Bauteilart, Bauwerksanforderungen, Einwirkungen)
- Nutzung von örtlich vorhandenen und verfügbaren Ressourcen
- Bauteilabmessungen, Bewehrungsgehalt, Betondeckung
- architektonische Gestaltung, Oberflächen (z. B. Sichtbeton)
- ggf. Betonierabschnitte, Blockeinteilung, Fugenausbildung, Schalung, Betoneinbringung, Einfüllöffnungen, Rüttelgassen
- ggf. jahreszeitlicher Einfluss auf den Herstellungsprozess
- ggf. besondere Randbedingungen beim Betoneinbau (z. B. Erschütterungen)

Im Ausschreibungsgespräch sind Federführende und Mitwirkende festzulegen.

BBQ-Ausführungsgespräch – Startgespräch und Fortschreibung Betonbaukonzept

Zielsetzung des Startgespräches ist – auf Grundlage des vorläufigen Betonbaukonzeptes – die Erarbeitung eines projektbezogenen Betonbaukonzeptes, das insbesondere folgende Punkte enthält bzw. bewertet:

- Festlegung von Verantwortlichkeiten und Ansprechpartner
- projektspezifischer Qualitätssicherungsplan
- bauteilbezogenes Betonverzeichnis
- vorgesehene Betonmischanlagen einschließlich Ersatzmischanlagen; Leistungsfähigkeit der Mischanlagen (im regulären Betrieb und bei Heiz- bzw. Kühlbetrieb)
- Lieferzeiträume, zeitabhängige Liefermengen
- vorzulegende Nachweise (z.B. Erstprüfung) oder besondere Nachweise für zusätzliche Prüfungen (z.B. Frostwiderstand, Spannbeton, Gleitbauweise, Freivorbau)
- Anforderungen an Frischbeton- oder Bauteiltemperatur
- Betontransport, Konsistenz, Transportzeit, Betonübergabe
- jahreszeitlich erforderliche Maßnahmen (Sommer-/Winterbetone, besondere Nachbehandlungsmaßnahmen, besondere Schutzmaßnahmen usw.)
- Regelungen zu Anschlussmischungen (z.B. bei WU-Bauteilen)
- betonrelevante Baustellenlogistik (Förderung auf der Baustelle, Einbauart, Betonverdichtung, Oberflächenbearbeitung)
- Arbeitsfugenvorbereitung, Fugenausführung
- Ausschalzeit, Nachbehandlung.

BBQ-Ausführungsgespräch – Bauverlaufsgespräche und Fortschreibung Betonbaukonzept nach Bedarf

Die Bauverlaufsgespräche dienen der Überprüfung und ggf. der weiteren Fortschreibung des Betonbaukonzeptes (BBK) während der laufenden baupraktischen Umsetzung. Sie sind im Bedarfsfall und in regelmäßigen Abständen durchzuführen und werden durch den BBQ-Koordinator veranlasst.

2.2.2 Teilnehmer der BBQ-Gespräche

Am **BBQ-Ausschreibungsgespräch** sollten, soweit thematisch betroffen, mindestens teilnehmen:

- Objektplaner und/oder ein vom Bauherrn beauftragter Vertreter
- Tragwerksplaner
- Ausschreibender
- Fachkundige Person(en) mit besonderen Kenntnissen
- weitere Mitwirkende, je nach projektspezifischen Anforderungen (z. B. Bauherr, Architekt, Fachplaner, Prüfenieur, BBQ-Koordinator)

An den **BBQ-Ausführungsgesprächen** (Startgespräch, Bauverlaufgespräche) sollten, soweit thematisch betroffen, mindestens teilnehmen:

- Objektplaner und/oder ein vom Bauherrn beauftragter Vertreter
- Tragwerksplaner
- fachkundige Person(en) mit besonderen Kenntnissen
- ausführender Bauleiter
- Betonhersteller
- weitere Mitwirkende, je nach projektspezifischen Anforderungen (z. B. Bauherr, Betonpumpendienst, Vertreter ständige Betonprüfstelle, BBQ-Koordinator)

Fachkundige Person(en)

Die im Sinne der Norm als „Mitwirkende“ Fachkundige(n) Person(en) muss (müssen) zur Erfassung von Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Bereichen schnittstellenübergreifende Kenntnisse in der Betonbautechnik besitzen. Hierzu gehören insbesondere:

- vertiefte Kenntnisse in Bemessung und Konstruktion und Bauverfahren
- vertiefte Kenntnisse zur Beurteilung der Standsicherheit (einschl. Brandschutz, Bauphysik und ggf. Verkehrssicherheit) und Gebrauchstauglichkeit
- Kenntnisse über die Technischen Baubestimmungen und die Grundanforderungen an Bauwerke und Bauteile und die daraus resultierenden Anforderungen an Baustoffe und Systeme
- nachweislich vertiefte Kenntnisse und Erfahrung in der Betontechnik und in der Herstellung von und dem Bau mit Betonfertigteilen sowie in der Bauausführung und der Qualitätssicherung
- vertiefte Kenntnisse zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Betonbauteilen
- bei Fertigteilen vertiefte Kenntnisse der Werkplanung und der Herstellung

Durch die unterschiedlichen, besonderen Kenntnisse muss sich die geforderte Fachkunde nicht nur auf eine Person beschränken, sondern kann durch mehrere Beteiligte erbracht werden.

3 Zement

3.1 Zemente – Arten und Zusammensetzung (nach DIN EN 197-1 und 197-5 bzw. für Sonderzemente nach DIN EN 14216)

Hauptzementarten	Bezeichnung (Zementarten)		Portlandzementklinker K	Hüttensand S	Silikastaub D ³⁾	
		Kurzzeichen				
CEM I	Portlandzement	CEM I	95 ... 100	–	–	
Portland-Kompositzemente	Portlandhüttenzement	CEM II/A-S	80 ... 94	6 ... 20	–	
		CEM II/B-S	65 ... 79	21 ... 35	–	
	Portlandsilikastaubzement	CEM II/A-D	90 ... 94	–	6 ... 10	
	Portlandpuzzolanzement	CEM II/A-P	80 ... 94	–	–	
		CEM II/B-P	65 ... 79	–	–	
		CEM II/A-Q	80 ... 94	–	–	
		CEM II/B-Q	65 ... 79	–	–	
	Portlandflugaschezement	CEM II/A-V	80 ... 94	–	–	
		CEM II/B-V	65 ... 79	–	–	
		CEM II/A-W	80 ... 94	–	–	
		CEM II/B-W	65 ... 79	–	–	
	Portlandschieferzement	CEM II/A-T	80 ... 94	–	–	
		CEM II/B-T	65 ... 79	–	–	
	Portlandkalksteinzement	CEM II/A-L	80 ... 94	–	–	
		CEM II/B-L	65 ... 79	–	–	
		CEM II/A-LL	80 ... 94	–	–	
CEM II/B-LL		65 ... 79	–	–		
Portlandkompositzement ⁶⁾	CEM II/A-M	80 ... 88				
	CEM II/B-M	65 ... 79				
	CEM II/C-M ^{7) 8)}	50 ... 64				
CEM III bzw. VLH III	Hochofenzement	CEM III/A	35 ... 64	36 ... 65	–	
		CEM III/B VLH III/B	20 ... 34	66 ... 80	–	
		CEM III/C VLH III/C	5 ... 19	81 ... 95	–	

¹⁾ Angegebene Werte beziehen sich auf die Summe der Haupt- und Nebenbestandteile (ohne Calciumsulfat und Zementzusätze).

²⁾ Zusätzlich Nebenbestandteile bis 5 M.-% möglich, z. B. ein (bzw. mehrere) Hauptbestandteil(e), soweit nicht Hauptbestandteile des Zements.

³⁾ Der Anteil von Silikastaub ist auf 10 M.-% begrenzt.

⁴⁾ Z. B. Phonolith

⁵⁾ Gesamtgehalt an organischem Kohlenstoff (TOC) $\leq 0,50$ M.-% (L) bzw. $\leq 0,20$ M.-% (LL).

Hauptbestandteile in M.-% ^{1) 2)}							
	Puzzolane		Flugasche		gebrannter Schiefer T	Kalkstein ⁵⁾	
	natürlich P	natürlich getempert Q ⁴⁾	kiesel-säurereich V	kalkreich W		L	LL
	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-
	6 ... 20	-	-	-	-	-	-
	21 ... 35	-	-	-	-	-	-
	-	6 ... 20	-	-	-	-	-
	-	21 ... 35	-	-	-	-	-
	-	-	6 ... 20	-	-	-	-
	-	-	21 ... 35	-	-	-	-
	-	-	-	6 ... 20	-	-	-
	-	-	-	21 ... 35	-	-	-
	-	-	-	-	6 ... 20	-	-
	-	-	-	-	21 ... 35	-	-
	-	-	-	-	-	6 ... 20	-
	-	-	-	-	-	21 ... 35	-
	-	-	-	-	-	-	6 ... 20
	-	-	-	-	-	-	21 ... 35
	12 ... 20						
	21 ... 35						
	36 ... 50						
	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-

⁶⁾ In den Zementen CEM II/A-M, CEM II/B-M, CEM IV und CEM V entsprechende Bestandteile neben Portlandzementklinker angeben, z. B. CEM II/A-M (S-V-L) 32,5 R. Analoge Angaben bei Sonderzementen VLH erforderlich.

⁷⁾ Anzahl der Hauptbestandteile (neben Klinker) ist auf zwei begrenzt. Sie müssen durch Bezeichnung des Zements angegeben werden (z. B: CEM II/C-M (S-V) 42,5 N – LH).

⁸⁾ Der Anteil an Kalkstein (Summe von L, LL) ist auf 6 bis 20 M.-% begrenzt.

3.1 Zemente – Arten und Zusammensetzung (nach DIN EN 197-1 und 197-5 bzw. für Sonderzemente nach DIN EN 14216) (Fortsetzung)

Hauptzementarten	Bezeichnung (Zementarten)		Portlandzementklinker	Hüttensand	Silikastaub	
		Kurzzeichen	K	S	D ³⁾	
CEM IV bzw. VLH IV	Puzzolanzement ⁶⁾	CEM IV/A VLH IV/A	65 ... 89	–		
		CEM IV/B VLH IV/B	45 ... 64	–		
CEM V bzw. VLH V	Kompositzement ⁶⁾	CEM V/A VLH V/A	40 ... 64	18 ... 30	–	
		CEM V/B VLH V/B	20 ... 38	31 ... 49	–	
CEM VI	Kompositzement	CEM VI (S-P)	35 ... 49	31 ... 59	–	
		CEM VI (S-V)	35 ... 49	31 ... 59	–	
		CEM VI (S-L)	35 ... 49	31 ... 59	–	
		CEM VI (S-LL)	35 ... 49	31 ... 59	–	

¹⁾ Angegebene Werte beziehen sich auf die Summe der Haupt- und Nebenbestandteile (ohne Calciumsulfat und Zementzusätze).

²⁾ Zusätzlich Nebenbestandteile bis 5 M.-% möglich, z. B. ein (bzw. mehrere) Hauptbestandteil(e), soweit nicht Hauptbestandteile des Zements.

³⁾ Der Anteil von Silikastaub ist auf 10 M.-% begrenzt.

⁴⁾ Z. B. Phonolith

⁵⁾ Gesamtgehalt an organischem Kohlenstoff (TOC) ≤ 0,50 M.-% (L) bzw. ≤ 0,20 M.-% (LL).

3.2 Zemente – Arten und Zusammensetzung der Zemente mit Betonrecyclingmehl (nach DIN EN 197-6)

Hauptzementarten	Bezeichnung (Zementarten)		Klinker	Betonrecyclingmehl	Hüttensand	Silika-staub	
		Kurzzeichen	K	F	S	D ²⁾	
CEM II	Portland-Recyclingmehlzement	CEM II/A-F	80 ... 94	6 ... 20	–	–	
		CEM II/B-F	65 ... 79	21 ... 35	–	–	
	Portlandkompositzement ⁴⁾	CEM II/A-M	80 ... 88	6 ... 14			
		CEM II/B-M	65 ... 79	6 ... 29			
		CEM II/C-M	50 ... 64	6 ... 20			
CEM VI	Kompositzement	CEM VI	35 ... 49	6 ... 20	31 ... 59	–	

¹⁾ Angegebene Werte beziehen sich auf die Summe der Haupt- und Nebenbestandteile (ohne Calciumsulfat und Zementzusätze). Nebenbestandteile bis 5 M.-% möglich, z. B. ein (bzw. mehrere) Hauptbestandteil(e), soweit nicht Hauptbestandteil des Zements.

²⁾ Der Anteil von Silikastaub auf 6 bis 10 M.-% begrenzt.

Hauptbestandteile in M.-% ^{1) 2)}							
	Puzzolane		Flugasche		gebrannter Schiefer	Kalkstein ⁵⁾	
	natürlich P	natürlich getempert Q ⁴⁾	kiesel-säurereich V	kalkreich W		L	LL
	11 ... 35				–	–	–
	36 ... 55				–	–	–
		18 ... 30		–	–	–	–
		31 ... 49		–	–	–	–
	6 ... 20	–	–	–	–	–	–
	–	–	6 ... 20	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	6 ... 20	–
	–	–	–	–	–	–	6 ... 20

⁶⁾ In den Zementen CEM II/A-M, CEM II/B-M, CEM IV und CEM V entsprechende Bestandteile neben Portlandzementklinker angeben, z. B. CEM II/A-M (S-V-L) 32,5 R. Analoge Angaben bei Sonderzementen VLH erforderlich.

⁷⁾ Anzahl der Hauptbestandteile (neben Klinker) ist auf zwei begrenzt. Sie müssen durch Bezeichnung des Zements angegeben werden (z. B.: CEM II/C-M (S-V) 42,5 N – LH).

⁸⁾ Der Anteil an Kalkstein (Summe von L, LL) ist auf 6 bis 20 M.-% begrenzt.

Hauptbestandteile in M.-% ¹⁾							
	Puzzolane		Flugasche		gebrannter Schiefer	Kalkstein	
	natürlich P	natürlich getempert Q	kiesel-säurereich V	kalkreich W		L ³⁾	LL ³⁾
	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–
	6 ... 14						
	6 ... 29						
	16 ... 44						
	–	–	–	–	–	–	–

³⁾ Der Anteil der Summe von Kalkstein und Betonrecyclingmehl (Summe von L, LL und F) auf 35 M.-% begrenzt.

⁴⁾ Anzahl der Hauptbestandteile (neben Klinker) auf zwei begrenzt. Sie müssen durch Bezeichnung des Zements angegeben werden (z. B.: CEM II/C-M (S-F) 32,5 L – LH). Falls neben F auch L (oder LL) verwendet wird, ist die Anzahl der Hauptbestandteile (neben Klinker) auf drei begrenzt. Sie müssen durch Bezeichnung des Zements angegeben werden.

3.3 Anwendungsbereiche

3.3.1 Anwendungsbereiche für Zemente nach DIN EN 197-1, DIN EN 197-5, DIN 1164-10 und FE-Zemente sowie CEM I-SE und CEM II-SE nach DIN 1164-11 und VLH-Zemente nach DIN EN 14216 (gemäß DIN 1045-2)

Expositionsklassen ¹⁾ ■ = gültiger Anwendungsbereich □ = Anwendung ausgeschlossen bzw. nur durch Anwendungszulassung (az) möglich		kein Korrosions- oder Angriffsrisiko	Bewehrungskorrosion						
			durch Karbonatisierung verursachte Korrosion			durch Chloride verursachte Korrosion			
			X0	XC1	XC2	XC3, XC4	andere Chloride als Meerwasser		
XD1	XD2	XD3							
CEM I									
CEM II	A/B S								
	A D								
	A/B P/Q								
	A/B V								
	A — W								
	B — W								
CEM III	A/B T								
	A — LL								
	B — LL								
	A — L								
	B — L								
	A — M ³⁾								
CEM IV ³⁾	A (auch VLH IV/A)								
	B (auch VLH IV/B)								
CEM V ³⁾	A (auch VLH V/A)								
	B (auch VLH V/B)								

¹⁾ Expositionsklassen siehe S. 59 ff.

²⁾ Bei chemischem Angriff durch Sulfat (ausgenommen bei Meerwasser) muss oberhalb der Expositionsklasse XA1 ein Zement mit hohem Sulfatwiderstand (CEM I-SR 3 oder niedriger, CEM III/B-SR, CEM III/C-SR) verwendet werden. Bei einem Sulfatgehalt des angreifenden Wassers von $SO_4^{2-} \leq 1500 \text{ mg/l}$ darf anstelle der genannten SR-Zemente eine Mischung von Zement und Flugasche verwendet werden (siehe S. 50). Sulfatgehalte oberhalb 600 mg/l sind im Rahmen der Festlegung des Betons anzugeben.

³⁾ Spezielle Kombinationen können günstiger sein. Für CEM II-M-, CEM IV- und CEM V-Zemente mit zwei bzw. drei Hauptbestandteilen siehe nachfolgende Tafel.

3.3.2 Erweiterte Anwendungsbereiche für CEM II-M-, CEM IV-, CEM V- und CEM VI-Zemente nach DIN EN 197-1, DIN EN 197-5 und DIN 1164-10 mit zwei bzw. drei Hauptbestandteilen sowie FE-Zemente und CEM II-SE nach DIN 1164-11 (gemäß DIN 1045-2)

Expositionsklassen ¹⁾				Bewehrungskorrosion				
				kein Korrosions- oder Angriffsrisiko	durch Karbonatisierung verursachte Korrosion		durch Chloride verursachte Korrosion	
							andere Chloride als Meerwasser	
■ = gültiger Anwendungsbereich □ = Anwendung ausgeschlossen bzw. nur durch Anwendungszulassung (az) möglich			X0	XC1, XC2	XC3, XC4	XD1, XD2, XD3		
CEM II	A	M	S-D; S-T; S-LL; D-T; D-LL; T-LL; S-V; V-T; V-LL					
			S-P; S-Q; D-P; D-V; D-Q; P-V; P-T; P-Q; P-LL; Q-V; Q-T; Q-LL					
	B	M	S-D; S-T; D-T; S-V; V-T					
			S-P; S-Q; D-P; D-V; D-Q; P-T; P-Q; P-V; Q-V; Q-T					
			S-LL ⁴⁾ ; V-LL ⁴⁾ ; T-LL ⁴⁾					
			S-LL; D-LL; P-LL; Q-LL; V-LL; T-LL					
	C		S-LL					
	CEM IV	B		P ⁵⁾				
CEM V	A		S-P ⁶⁾					
	B							
CEM VI	-		S-V ⁶⁾					
			S-P					
			S-V ⁶⁾					
			S-LL; S-L					

¹⁾ Expositionsklassen siehe S. 61 ff.

²⁾ Bei chemischem Angriff durch Sulfat (ausgenommen bei Meerwasser) muss oberhalb der Expositionsklasse XA1 ein Zement mit hohem Sulfatwiderstand (CEM I-SR 3 oder niedriger, CEM III/B-SR, CEM III/C-SR) verwendet werden. Bei einem Sulfatgehalt des angreifenden Wassers von $\text{SO}_4^{2-} \leq 1500 \text{ mg/l}$ darf anstelle der genannten SR-Zemente eine Mischung aus Zement und Flugasche verwendet werden (siehe S. 50). Sulfatgehalte oberhalb 600 mg/l sind im Rahmen der Festlegung des Betons anzugeben.

³⁾ Zemente, die P oder Q enthalten, sind ausgeschlossen.

⁴⁾ Der zulässige Kalksteingehalt der Zemente (S-LL), (V-LL) und (T-LL) ist auf 20 M.-% begrenzt. Zementhersteller muss Einhaltung des Kalkgehaltes erklären.

⁵⁾ Gilt nur für Trass nach DIN 51043 als Hauptbestandteil bis max. 40 M.-%.

⁶⁾ Gilt nur für Trass nach DIN 51043 als Hauptbestandteil.

⁷⁾ CEM V (S-V) und CEM VI (S-V) darf nur für die folgenden Anwendungsfälle verwendet werden (auf Luftporen kann in beiden Fällen verzichtet werden):

a) Meerwasserbauteile: $w/z \leq 0,45$; Mindestfestigkeitsklasse C35/45 und $z \geq 340 \text{ kg/m}^3$

b) Räumlerlaufbahnen: $w/z \leq 0,35$; Mindestfestigkeitsklasse C40/50 und $z \geq 360 \text{ kg/m}^3$;

Beachtung von DIN 19569-1 Kläranlagen.

3.4 Dichte und Schüttdichte (Anhaltswerte)

Zementart	Dichte	Schüttdichte [kg/dm ³]	
	[kg/dm ³]	lose eingefüllt	ingerüttelt
Portlandpuzzolanzement, Portlandflugaschezement	~ 2,9	0,9 ... 1,2	1,6 ... 1,9
Portlandhütten-, Hochofen-, Portland- schiefer-, Portlandkalksteinzement	~ 3,0		
Portlandzement	~ 3,1		

3.5 Festigkeitsklassen von Zement nach DIN EN 197-1

3.5.1 Festigkeitsklassen und Kennfarben von Normalzementen

Festigkeits- klasse	Druckfestigkeit [N/mm ²]			Kenn- farbe ^{1) 2)}	Farbe des Aufdrucks ²⁾	
	Anfangsfestigkeit		Normfestigkeit			
	2 Tage	7 Tage	28 Tage			
32,5 L ³⁾	–	≥ 12	≥ 32,5	≤ 52,5	hellbraun	–
32,5 N	–	≥ 16				schwarz
32,5 R	≥ 10	–				rot
42,5 L ³⁾	–	≥ 16	≥ 42,5	≤ 62,5	grün	–
42,5 N	≥ 10	–				schwarz
42,5 R	≥ 20	–				rot
52,5 L ³⁾	≥ 10	–	≥ 52,5	–	rot	–
52,5 N	≥ 20	–				schwarz
52,5 R	≥ 30	–				weiß

¹⁾ Farbe des Sacks

²⁾ Nur für Zemente nach DIN 1164-11 verbindlich

³⁾ Nur für CEM III-Zemente und solche nach DIN EN 197-5 und DIN EN 197-6

3.5.2 Sonderzement mit sehr niedriger Hydratationswärme (VLH) nach DIN EN 14216

Zement	Festigkeits- klasse	Druckfestigkeit [N/mm ²]			
		Anfangsfestigkeit		Normfestigkeit	
		2 Tage	7 Tage	28 Tage	
VLH III, VLH IV, VLH V ¹⁾	22,5	–	–	≥ 22,5	≤ 42,5

¹⁾ VLH nach DIN EN 14216 (Hydratationswärme ≤ 220 J/g nach 7 Tagen)

3.6 Festigkeitsentwicklung von Beton (Anhaltswerte)¹⁾

3.6

Zementfestigkeitsklasse	ständige Lagerung bei	Entwicklung der Druckfestigkeit in % nach				
		3 Tagen	7 Tagen	28 Tagen	90 Tagen	180 Tagen
VLH III 22,5	+ 20 °C + 5 °C	20 ... 30 ²⁾	40 ... 55 10 ... 20	100 45 ... 60	115 ... 140 ²⁾	130 ... 160 ²⁾
32,5 N	+ 20 °C + 5 °C	30 ... 40 10 ... 20	50 ... 65 20 ... 40	100 60 ... 75	110 ... 125 ²⁾	115 ... 130 ²⁾
32,5 R; 42,5 N	+ 20 °C + 5 °C	50 ... 60 20 ... 40	65 ... 80 40 ... 60	100 75 ... 90	105 ... 115 ²⁾	110 ... 120 ²⁾
42,5 R; 52,5 N; 52,5 R	+ 20 °C + 5 °C	70 ... 80 40 ... 60	80 ... 90 60 ... 80	100 90 ... 105	100 ... 105 ²⁾	105 ... 110 ²⁾

- ¹⁾ Die 28-Tage-Druckfestigkeit bei ständiger 20 °C-Lagerung entspricht 100 %.
In Anlehnung an frühere Werte für verschiedene Zement-Festigkeitsklassen, vgl. Dahms/Wischers: Zement-Taschenbuch 1984, S. 261 ff., ermittelt an Betonen ohne Zusatzstoffe für den Hoch- und Ingenieurbau.
- ²⁾ Für eine ständige Lagerung bei + 5 °C liegen keine Werte vor.

3.7 Besondere Eigenschaften von Zement: Sulfatwiderstand

3.7

3.7.1 Hoher Sulfatwiderstand SR nach DIN EN 197-1

Zementart und Bezeichnung	Anforderungen		
	C ₃ A-Gehalt im Klinker	SO ₃ -Gehalt im Zement	
		Festigkeitsklassen	
		32,5 N; 32,5 R; 42,5 N	42,5 R; 52,5 N; 52,5 R
Portlandzement CEM I-SR 0 CEM I-SR 3	0 M.-% ≤ 3,0 M.-%	≤ 3,0 M.-% ≤ 3,0 M.-%	≤ 3,5 M.-% ≤ 3,5 M.-%
Hochofenzement CEM III/B-SR CEM III/C-SR	keine weiteren Anforderungen keine weiteren Anforderungen		
Hauptanwendungsgebiete:	Bauteile, die sulfathaltigen Wässern > 600 mg SO ₄ ²⁻ je l oder Böden > 3000 mg SO ₄ ²⁻ je kg ausgesetzt sind (siehe auch Kapitel 7.3.8)		

In DIN EN 197-1 sind weitere SR-Zemente aufgeführt, die jedoch nach DIN 1045-2 nicht als Zemente mit hohem Sulfatwiderstand eingesetzt werden dürfen.

3.8 Besondere Eigenschaften von Zement: Alkaligehalt

3.8.1 Zusätzliche Anforderungen an Zement¹⁾ mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt, definiert als charakteristische Werte

Zementart	Anforderungen ²⁾	Prüfverfahren
CEM I bis CEM V	$\leq 0,60 \text{ \% Na}_2\text{O-Äquivalent}^{3)}$	DIN EN 196-2
CEM II/B-S ⁴⁾	$\leq 21 \text{ \% Hüttensand und}$ $\leq 0,70 \text{ \% Na}_2\text{O-Äquivalent}$	DIN-Fachbericht CEN/TR 196-4 und DIN EN 196-2
CEM III/A	$\leq 50 \text{ \% Hüttensand und}$ $\leq 0,95 \text{ \% Na}_2\text{O-Äquivalent}$	
	$\leq 51 \text{ \% Hüttensand und}$ $\leq 1,10 \text{ \% Na}_2\text{O-Äquivalent}$	
CEM III/B	Zusammensetzung nach DIN EN 197-1:2011-11, Tabelle 1 und $\leq 2,00 \text{ \% Na}_2\text{O-Äquivalent}$	
CEM III/C	Zusammensetzung nach DIN EN 197-1:2011-11, Tabelle 1 und $\leq 2,00 \text{ \% Na}_2\text{O-Äquivalent}$	
CEM II/A-S, CEM II/B-S ⁵⁾ , CEM II/A-LL, CEM II/B-LL, CEM II/A-M (S-LL), CEM II/B-M (S-LL), CEM II/C-M (S-LL), CEM VI (S-LL)	$\leq 200 \text{ mmol/l}$ Hydroxidionenkonzentration und $\leq 0,60 \text{ \% wirksames Na}_2\text{O-Äquivalent}$	Lösungsverfahren nach Anhang A und DIN EN 196-2 mit Berechnung ⁶⁾

¹⁾ Für Zemente zur Verwendung im Geltungsbereich der TL Beton-StB (Fahrbahndeckenzemente) gelten die Anforderungen gemäß Kapitel 3.8.2.

²⁾ Die Anforderungen sind für die Hydroxidionenkonzentration in mmol/l und für die anderen Anforderungen als Massenanteil in Prozent des gebrauchsfähigen Zements angegeben.

³⁾ Gilt allgemein; für die in den folgenden Zeilen genannten Zementarten kann der Nachweis der (na)-Eigenschaft alternativ auch auf Basis der dort genannten Anforderungen erfolgen.

⁴⁾ Alternativ kann der Nachweis der (na)-Eigenschaft auch auf Basis der Hydroxidionenkonzentration und des wirksamen Na₂O-Äquivalents erfolgen.

⁵⁾ Alternativ kann der Nachweis der (na)-Eigenschaft auch auf Basis des Hüttensandgehalts und des Na₂O-Äquivalents erfolgen.

⁶⁾ Wirksames Na₂O-Äquivalents $\overline{N}_{\text{eff}} = \overline{N}_Z - (\overline{N}_S \cdot a_S) - (\overline{N}_{LL} \cdot a_{LL})$ mit
 - \overline{N}_Z = Na₂O-Äquivalents des Zements in % Massenanteil;
 - \overline{N}_S = Na₂O-Äquivalents des Hüttensandes in % Massenanteil;
 - \overline{N}_{LL} = Na₂O-Äquivalents des Kalksteins in % Massenanteil;
 - a_S = Hüttensandanteil in % Massenanteil;
 - a_{LL} = Kalksteinanteil in % Massenanteil;

3.8.2 Fahrbahndeckenzement für den Straßenbau nach TL Beton-StB

Zement	Gehalt an weiteren Hauptbestandteilen	Na ₂ O-Äquivalent des Zements	Na ₂ O-Äquivalent des Zementanteils ohne Berücksichtigung der weiteren Hauptbestandteile
	In M.-%	In M.-%	In M.-%
CEM I	0	≤ 0,80	–
CEM III/A-S ¹⁾ , T, LL ¹⁾ , CEM III/A-M (S-LL ¹⁾ , V-LL, T-LL)	6 bis 20	≤ 0,80	–
CEM II/B-T, CEM II/B-M (T-LL)	21 bis 35	–	≤ 0,90
CEM II/B-S ¹⁾ , CEM II/B-M (S-LL ¹⁾ , V-LL)	21 bis 29	–	≤ 0,90
	30 bis 35	–	≤ 1,00
CEM III/A ¹⁾	36 bis 50	–	≤ 1,05

¹⁾ Alternativ kann für ausgewählte Zemente der Alkaligehalt über die Hydroxidionenkonzentration mit dem Lösungsverfahren nach DIN 1164-10 nachgewiesen werden. Hierbei entspricht ein Messwert ≤ 250 mmol/l einem wirksamen Na₂O-Äquivalent nach DIN 1164-10 von ≤ 0,80 M.-%.

3.9 Besondere Eigenschaften von Zement: Hydratationswärme

3.9

3.9.1 Niedrige Hydratationswärme LH (bzw. VLH)

Zementart	Anforderung
Zement – LH	Lösungswärme in den ersten 7 Tagen ≤ 270 J/g Zement
Sonderzement – VLH	Lösungswärme in den ersten 7 Tagen ≤ 220 J/g Zement
Hauptanwendungsgebiete: massige Bauteile, Betonieren bei hohen Außentemperaturen	

3.9.2 Anhaltswerte für die Hydratationswärme

Festigkeitsklasse des Zements	Hydratationswärme des Zements [J/g] bestimmt mit dem Lösungskalorimeter (DIN EN 196-8) nach Tagen			
	1	3	7	28
32,5 N	60 ... 175	125 ... 250	150 ... 300	200 ... 375
32,5 R; 42,5 N	125 ... 200	200 ... 335	275 ... 375	300 ... 425
42,5 R; 52,5 N; 52,5 R	200 ... 275	300 ... 350	325 ... 375	375 ... 425

3.10 Beispiele für Zementbezeichnungen

3.10

Portlandzement EN 197-1 – CEM I 52,5 R

Bezeichnung eines Portlandzements (CEM I) der Festigkeitsklasse 52,5 mit hoher Anfangsfestigkeit (R).

Portlandkalksteinzement EN 197-1 – CEM II/A-LL 42,5 N

Bezeichnung eines Portlandkalksteinzements (CEM II-LL) mit einem Massenanteil an Kalkstein (LL) zwischen 6 % und 20 % (A) in der Festigkeitsklasse 42,5 mit normaler Anfangsfestigkeit (N).

Portlandkompositzement EN 197-1 – CEM II/B-M (V-LL) 42,5 R

Bezeichnung eines Portlandkompositzements (CEM II-M) mit einem Gesamtgehalte (Masseanteil) an Flugasche (V) und Kalkstein (LL) zwischen 21 und 35 % (B) in der Festigkeitsklasse 42,5 mit hoher Anfangsfestigkeit (R).

Portlandkompositzement EN 197-5 – CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N (na)

Bezeichnung eines Portlandkompositzements (CEM II-M) mit einem Massenanteil an Hüttensand (S) zwischen 16 % und 44 % sowie einem Massenanteil an Kalkstein (LL) zwischen 6 % und 20 % (C) in der Festigkeitsklasse 42,5 mit normaler Anfangsfestigkeit (N) und niedrigem wirksamen Alkaligehalt (na).

3.11**Hochofenzement EN 197-1 – CEM III/B 42,5 N – LH/SR (na)**

Bezeichnung eines Hochofenzements (CEM III) mit einem Massenanteil an Hüttensand (S) zwischen 66 und 80 % (B) in der Festigkeitsklasse 42,5 mit üblicher Anfangsfestigkeit (N), niedriger Hydratationswärme (LH), hohem Sulfatwiderstand (SR) und niedrigem wirksamen Alkaligehalt (na).

Kompositzement EN 197-5 – CEM VI (S-LL) 32,5 N-LH

Bezeichnung eines Kompositzements (CEM VI) der Festigkeitsklasse 32,5 mit normaler Anfangsfestigkeit (N), einem Massenanteil an Hüttensand (S) zwischen 31 % und 59 % sowie an Kalkstein (LL) zwischen 6 % und 20 % und niedriger Hydratationswärme (LH).

3.11 Überwachung und Konformität

Zemente nach DIN EN 197, DIN EN 14216, DIN 1164 sowie ggf. Zemente mit Anwendungszulassung werden durch die werkseigene Produktionskontrolle des Herstellers (Eigenüberwachung) und durch eine anerkannte Überwachungs- und Prüfstelle (Fremdüberwachung) regelmäßig überwacht und geprüft. Die Konformität (Übereinstimmung) des Zements mit den technischen Regeln wird durch die EU-Leistungserklärung (nach BauPVO) bescheinigt. Voraussetzung ist ein Konformitäts- bzw. Übereinstimmungszertifikat einer anerkannten Zertifizierungsstelle. Normalzemente nach DIN EN 197-1 sowie DIN EN 14216 erhalten die EU-Konformitätskennzeichnung. Hierzu gehören neben dem CE-Zeichen die Nummer der Leistungserklärung (und ggf. Abrufcode und Webadresse), die Kennzeichnung der Zertifizierungsstelle und Herstellerangaben wie z. B. Adresse, Werkname, Norm- und Zementbezeichnung. Zemente nach DIN EN 197-5 und solche mit besonderen Eigenschaften nach DIN 1164-11 erhalten weiterhin das Ü-Zeichen mit der Nummer der Leistungserklärung und den weiteren Angaben wie zuvor beim CE-Zeichen aufgeführt.



EU-Konformitätszeichen (CE-Zeichen), Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) und Zeichen der Überwachungsgemeinschaft des Vereins Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ)

4 Gesteinskörnungen

4.1 Definition und Bezeichnungen im Betonbau

4.1

Bezeichnung nach DIN EN 12620	untere Siebgröße d	obere Siebgröße D	Beispiel für Korngruppen ²⁾
Füller (Gesteinsmehl)		0,125 mm ¹⁾	
feine Gesteinskörnung	0	≤ 4 mm	0/2, 0/4
grobe Gesteinskörnung	≥ 2 mm	≥ 4 mm	2/4, 4/8, 8/16, 16/32, 8/32

¹⁾ Siebdurchgang für 0,063-mm-Sieb mind. 70 M-%; 0,125 mm mind 85 M-%, 2 mm 100 M-%.

²⁾ Gesteinskörnung mit unterer (d) und oberer (D) Siebgröße, ausgedrückt als d/D.

Korngemische werden aus Korngruppen zusammengestellt und müssen grobe und feine Gesteinskörnungen enthalten, wobei $d = 0$ und $D \leq 45$ mm sein muss. Korngemische müssen ebenfalls Anforderungen an den Siebdurchgang einzelner Korngruppen erfüllen.

Gesteinskörnung mit		Traditionelle Bezeichnung der Korngruppen	
		Gesteinskörnung	
unterer Siebgröße d [mm]	oberer Siebgröße D [mm]	nicht gebrochen (natürlich)	gebrochen (natürlich)
0	≤ 4	Sand	Brechsand
≥ 4	≤ 32	Kies	Splitt Edelsplitt
32	45	Grobkies	Schotter

4.2 Rezyklierte Gesteinskörnung

Anforderungen an rezyklierte Gesteinskörnungen sind i. W. in der DIN 1045-2, der DIN EN 12620 sowie in der DIN 4226 Teil 101 und 102 ¹⁾ geregelt. Leichte rezyklierte Gesteinskörnungen sind dort nicht geregelt.

Je nach enthaltenden Volumenanteil der rezyklierten Gesteinskörnung erfolgt die Einteilung der daraus hergestellten Betone in eine Betonklasse (siehe Abschnitt 2).

Regelung zur Sicherstellung des Widerstandes gegen eine schädigende AKR siehe Abschnitt 4.9.

Für Bauteile, die Auswirkungen auf Grundwasser oder Boden haben (z. B. Gründungen, Dächer), dürfen nur rezyklierte Gesteinskörnungen verwendet werden, die den Nachweis zum Gehalt und zur Freisetzung von gefährlichen Stoffen gemäß Anhang 10 der MVV TB ¹⁾ erbracht haben.

Bestandteile (nach DIN EN 12620 / DIN 4226-101)	Kurz- zeichen	Kategorie der Bestandteile grober ¹⁾ rezyklierter Gesteinskörnung (nach Tabelle 1 DIN 4226-101)			
		Typ 1 ²⁾ Beton- splitt	Typ 2 ²⁾ Bauwerks- splitt	Typ 3 ³⁾ Mauer- werkssplitt	Typ 4 ³⁾ Misch- splitt
Beton, Betonprodukte, Mörtel, Mauersteine aus Beton (Rc); Ungebundene Gesteinskörnung, Naturstein, hydraulisch gebundene Gesteinskörnung (Ru)	Rc + Ru	≥ 90 M-%	≥ 70 M-%	≤ 20 M-%	≥ 80 M-%
Mauerziegel (d.h. Mauersteine und Ziegel), Kalksandsteine (bei Typ 3 maximal 5 M-%, Rb darf dann 85 M-% betragen), nicht schwimmender Porenbeton	Rb	≤ 10 M-%	≤ 30 M-%	≥ 80 M-%	
Bitumenhaltige Materialien	Ra	≤ 1 M-%	≤ 1 M-%	≤ 1 M-%	≤ 20 M-%
Sonstige Materialien: Bindige Materialien (d.h. Ton und Boden), verschiedene sonstige Materialien: Metalle (Eisen- und Nichteisen- metalle), nicht schwimmendes Holz, Kunststoff, Gummi, Gips (X); Glas (Rg)	X + Rg	≤ 1 M-%	≤ 2 M-%	≤ 2 M-%	≤ 2 M-%
Schwimmendes Material	FL	≤ 2 Vol-%	≤ 2 Vol-%	≤ 2 Vol-%	≤ 5 Vol-%

¹⁾ Feine rezyklierte Gesteinskörnungen darf nur von Typ 1 aus gleicher Produktion der groben Gesteinskörnungen unter bestimmten Bedingungen eingesetzt werden (siehe Kapitel 8.8.2).

²⁾ Betone innerhalb des Anwendungsbereiches der DIN 1045-2 (tragende und aussteifende Bauwerke)

³⁾ Betone außerhalb des Anwendungsbereiches der DIN 1045-2 (nichttragende Bauteile, z. B. entsprechende Betone im Garten und Landschaftsbau)

¹⁾ In der MVV TB 2025/1 wird noch auf DIN 4226 Teile 101 / 102 aus 2017 verwiesen. Die aktuelle Fassung (11-2025) wurde dort noch nicht berücksichtigt.

Rezyklierte Gesteinskörnungen, die als Typ 1 oder 2 verwendet werden, müssen umfangreicher und teils häufiger nach Teil E der DIN 1045-2 im Vorfeld der Ausführung geprüft werden. Hierzu zu zählen neben der Kornzusammensetzung und den Anforderungen an Korngemische z. B.:

- Höchstzulässige Wasseraufnahme nach 10 min: Typ 1: 10 M-%; Typ 2: 15-M-%
- Chloridgehalt: $\leq 0,15$ M-% für Beton ohne Betonstahlbewehrung oder anderes eingebettetes Metall
- Säurelösliches Sulfat: $AS_{0,8}$ und besser
- Gesamtschwefel: ≤ 1 M-%
- Kornform: FI_{50} und besser bzw. SI_{55} und besser
- Kornrohichte: ≥ 2000 kg/m³ (ofentrocken, Schwankung i. M.: ± 150 kg/m³ Herstellerdeklaration)

Für Betonbauwerke nach ZTV-ING ist die Verwendung rezyklierter Gesteinskörnung ausgeschlossen. Die ZTV-W LB 215 lässt unter bestimmten Randbedingungen eine begrenzte (Austausch grobe Gesteinskörnung ≤ 25 Vol.-% bezogen auf gesamte Gesteinskörnung) Anwendung von sortenreinem Typ 1 zu.

4.3 Wasseranspruch des Frischbetons – Anhaltswerte [kg/m³]

4.3

Sieblinie	Körnungsziffer $k^{1) 3)}$	D-Summe $^{2) 3)}$	Konsistenzbezeichnungen		
			steif (f1)	plastisch (f2)	weich (f3)
A32	5,48	352	130	150	170
B32	4,20	480	150	170	190
C32	3,30	570	170	190	210
A16	4,60	440	140	160	180
B16	3,66	534	160	180	200
C16	2,75	625	190	210	230
A8	3,63	537	160	180	200
B8	2,90	610	190	205	230
C8	2,27	673	210	230	250

¹⁾ Körnungsziffer: Summe der in Prozent angegebenen Rückstände auf den Sieben 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 31,5 und 63 mm, geteilt durch 100.

²⁾ D-Summe: Summe der in Prozent angegebenen Durchgänge durch die Siebe 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 31,5 und 63 mm.

³⁾ Zusammenhang zwischen D-Summe (D) und Körnungsziffer (k) für die aufgeführten neun Siebe:

$$k = (900 - D) / 100$$

$$D = 900 - 100 k$$

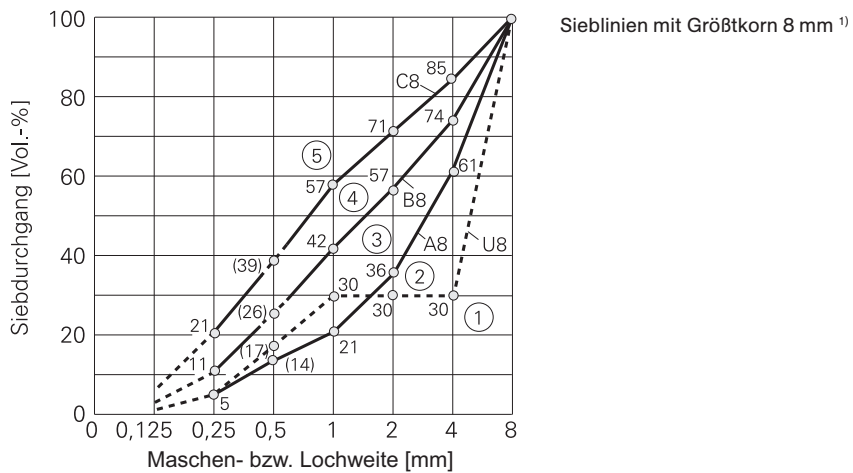
- Der Wasseranspruch ist auch abhängig vom Mehlkorngelalt, der Kornform sowie der Rauigkeit der Kornoberfläche. Er kann in ungünstigen Fällen bis zu 20 kg/m³ Frischbeton höher liegen.
- Bei Splittbetonen ist der Wassergehalt der Tabellenwerte erfahrungsgemäß um 10 % zu erhöhen
- Bei Verwendung von poriger und rezyklierter Gesteinskörnung ist das Saugverhalten beim Wasseranspruch zu berücksichtigen, um den wirksamen Wassergehalt annähernd genau zu ermitteln. Das Saugwasser ist hierauf nicht anzurechnen.
- Die Konsistenz kann durch die Zugabe von Zusatzmitteln wie FM und BV erhöht werden.

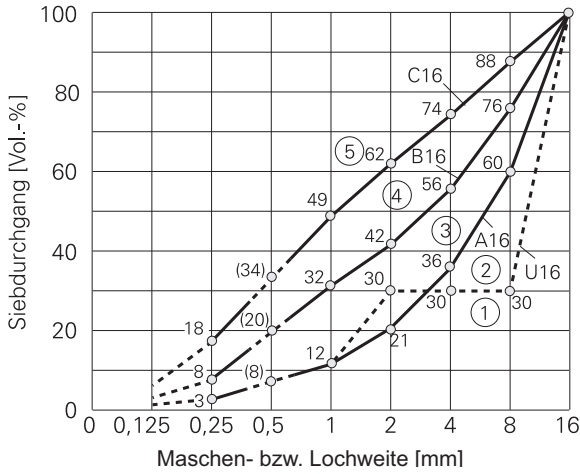
4.4 Kornrohdichte

Art der Gesteinskörnung	Beispiel	Kornrohdichte [kg/dm ³] ¹⁾	
Leichte Gesteinskörnungen	Naturbims Hüttenbims Blähton, Blähschiefer	0,4 ... 0,7 0,5 ... 1,5 0,4 ... 1,9	≤ 2,0
Normale Gesteinskörnungen	Kiessand (Quarz) Granit Dichter Kalkstein Basalt	2,6 ... 2,7 2,6 ... 2,8 2,7 ... 2,8 2,9 ... 3,1	> 2,0 und < 3,0
Schwere Gesteinskörnungen	Baryt (Schwerspat) Hämatit Magnetit	4,0 ... 4,3 4,7 ... 4,9 4,7 ... 5,1	≥ 3,0
Rezyklierte Gesteinskörnungen	Betonsplitt Bauwerksplitt	≥ 2,0	≥ 2,0

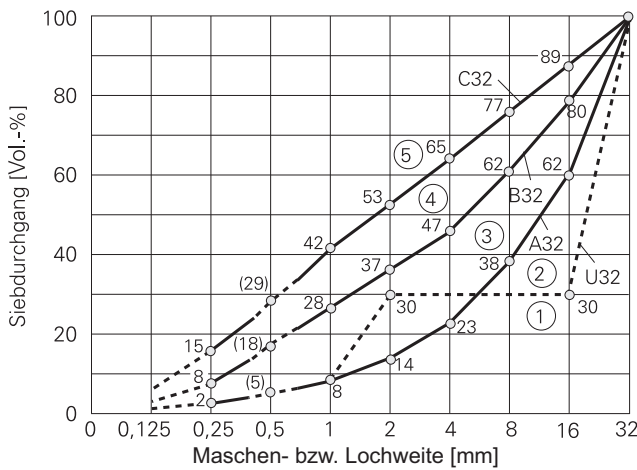
¹⁾ Für die Ermittlung der Kornrohdichte von Gesteinskörnungen gibt es verschiedene Verfahren. Die Kornrohdichten der Beispiele sind Anhaltswerte.

4.5 Sieblinien

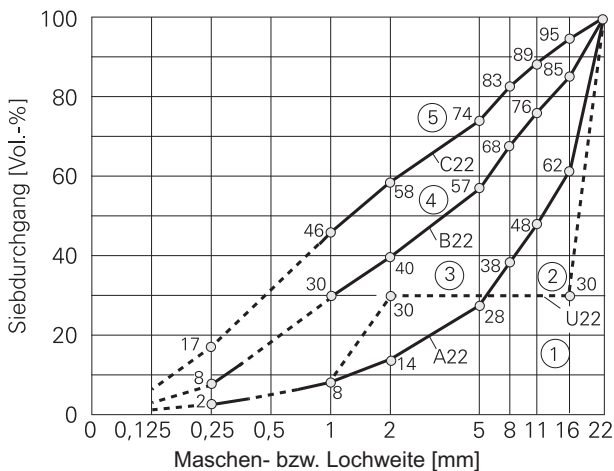




Sieblinien mit Größtkorn 16 mm ¹⁾



Sieblinien mit Größtkorn 32 mm ¹⁾



Sieblinien mit Größtkorn 22 mm
(gebrochene Gesteinskörnung) ²⁾

¹⁾ Nach DIN 1045-2 (informativer Anhang Q); Umsetzung der EN206:2021 für die Betonklasse BK-E.

²⁾ nach DAfStb Heft 400

4.6 Anforderungen an Gesteinskörnungen ¹⁾

Eigenschaft	Anforderung (Kategorie) – Forderungen aufgrund der Expositionsklasse XF siehe S. 58	Regelanforderung	
Kornform von groben Gesteinskörnungen (Referenzverfahren)	Plattigkeitskennzahl: Anteil ungünstig geformter Körner (Prüfung mittels Stabsieben) ≤ 15 M.-% (Fl_{15}), ≤ 20 M.-% (Fl_{20}), ≤ 35 M.-% (Fl_{35}), ≤ 50 M.-% (Fl_{50}), > 50 M.-% ($Fl_{\text{angegeben}}$), keine Anforderungen (Fl_{NR})	Fl_{50}	
Kornform von groben Gesteinskörnungen (Alternativverfahren)	Kornformkennzahl: Anteil ungünstig geformter Körner (Länge zu Dicke $> 3:1$) ≤ 15 M.-% (Sl_{15}), ≤ 20 M.-% (Sl_{20}), ≤ 40 M.-% (Sl_{40}), ≤ 55 M.-% (Sl_{55}), > 55 M.-% ($Sl_{\text{angegeben}}$), keine Anforderungen (Sl_{NR})	Sl_{55}	
Höchstwerte für den Gehalt an Feinanteilen ($\leq 0,063$ mm)	grobe Gesteinskörnung	1,5 M.-% ($f_{1,5}$), 4 M.-% (f_4), > 4 M.-% ($f_{\text{angegeben}}$), keine Anforderungen (f_{NR})	$f_{1,5}$
	Korngemisch	3 M.-% (f_3), 11 M.-% (f_{11}), > 11 M.-% ($f_{\text{angegeben}}$), keine Anforderungen (f_{NR})	f_3
	feine Gesteinskörnung	3 M.-% (f_3), 10 M.-% (f_{10}), 16 M.-% (f_{16}), 22 M.-% (f_{22}), > 22 M.-% ($f_{\text{angegeben}}$), keine Anforderungen (f_{NR})	f_3
Frost-Tau-Widerstand	Frost-Tau-Widerstand (Masseverlust nach 10 FTW in Wasser) ≤ 1 M.-% (F_1), ≤ 2 M.-% (F_2), ≤ 4 M.-% (F_4), > 4 M.-% ($F_{\text{angegeben}}$), keine Anforderungen (F_{NR})	F_4	
Magnesiumsulfat-Widerstandsfähigkeit (Frost-Tausalz-Widerstand)	Magnesium-Sulfat-Wert (Masseverlust nach fünfmaligem Eintauchen in gesättigte Magnesiumsulfatlösung) ²⁾ ≤ 18 M.-% (MS_{18}), ≤ 25 M.-% (MS_{25}), ≤ 35 M.-% (MS_{35}), > 35 M.-% ($MS_{\text{angegeben}}$), keine Anforderungen (MS_{NR})	MS_{NR}	
Anteil leichtgewichtiger organischer Verunreinigungen	feine Gesteinskörnungen	$\leq 0,5$ M.-%, $\leq 0,25$ M.-%	$\leq 0,5$ M.-%
	grobe Gesteinskörnungen und Korngemische	$\leq 0,1$ M.-%, $\leq 0,05$ M.-%	$\leq 0,1$ M.-%

¹⁾ Die Tabelle beinhaltet eine Auswahl an Anforderungen an normale und schwere Gesteinskörnungen. Weiterhin existieren Anforderungen an Kornzusammensetzung, Über-/Unterkorn, Muschelschalengehalt grober Gesteinskörnungen (SC), Chloridgehalt ($\leq 0,04$ M.-%), schwefelhaltige Bestandteile sowie an die Widerstände gegen Zertrümmerung (LA, SZ), Verschleiß von groben Gesteinskörnungen (M_{DE}), Polieren (PSV) und Oberflächenabrieb (AAV). Hier in Klammern Angabe der entsprechenden Regelanforderung ggf. mit Kurzform der Kategorie. Ausführliche Informationen findet man im Zement-Merkblatt B2 „Gesteinskörnungen aus Normalbeton“ (www.beton.org).

²⁾ Alternativ kann eine Prüfung in 1%iger NaCl-Lösung nach DIN EN 1367-6 vereinbart werden (Grenzwert 8 M.-% Absplitterung für $MS_{18} - MS_{35}$); wenn Absplitterung > 8 % sollte die Frost-Tausalz-Widerstandsfähigkeit im Betonversuch an einem standardisierten Luftporenbeton nach DIN V 18004, Abschnitt 4, nachgewiesen werden.

4.7 Mehlkorngesamt

4.7

Grenzwerte für den Mehlkorngesamt sind nach DIN 1045-2 Anhang D nur für Bohrpfähle, Ortbeton-Verdrängungspfähle, Mikropfähle und Schlitzwände vorgegeben. Der Mehlkorngesamt beeinflusst die Robustheit des Betons und weitere Eigenschaften. Ein möglichst hoher Mehlkorngesamt ist u. a. ratsam bei:

- › Sichtbeton
- › Pumpbeton
- › bei dünnwandigen, eng bewehrten Bauteilen

4.8 Überwachung und Konformität

4.8

Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 bzw. DIN EN 13055-1 werden im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers (WPK) regelmäßig überwacht und geprüft. Die WPK wird durch eine anerkannte Überwachungsstelle nach einer Erstüberwachung mindestens jährlich durch Regelüberwachungen und ggf. Sonderüberwachungen überprüft (Fremdüberwachung). Nach bestandener Erstüberwachung erhält der Hersteller von einer anerkannten Zertifizierungsstelle (notifizierte Stelle) ein Zertifikat über die werkseigene Produktionskontrolle. Die Bestätigung der Konformität (Übereinstimmung) mit den entsprechenden Normen erfolgt durch die EU-Leistungserklärung des Herstellers. Zur CE-Kennzeichnung gehören neben dem CE-Zeichen die Nummer der Leistungserklärung (und ggf. Abrufcode und Webadresse), die letzten beiden Ziffern der Jahreszahl der ersten CE-Kennzeichnung, die Kennnummer der notifizierten Stelle, alle Angaben zu den Eigenschaften der Gesteinskörnungen sowie weitere Herstellerangaben wie Produktbezeichnung, Adresse und Werksname. Das CE-Zeichen mit der Nummer der Leistungserklärung erscheint im Allgemeinen auf dem Lieferschein, die Begleitinformationen auf dem Lieferschein oder dem Sortenverzeichnis.

Nach DIN 1045-2 ist ein Hersteller der die Gesteinskörnung selbst herstellt, als Hersteller der Gesteinskörnung zu betrachten. Dieser muss die technischen Aspekte der maßgebenden europäischen Norm für Gesteinskörnungen einhalten.



EU-Konformitätszeichen (CE-Zeichen) und Verbandszeichen einer Zertifizierungsstelle für Gesteinskörnungen

4.9 Schädigende Alkali-reaktion im Beton

4.9.1 Alkali-Richtlinie – Anwendungsbereich und angrenzender Bereich



Einige Gesteinskörnungen können alkalireaktive Kieselsäure enthalten, die mit Alkalihydroxiden im Beton zu Alkalisilikat reagieren kann. Unter bestimmten Voraussetzungen kann diese Reaktion zu einer Volumenvergrößerung mit einer Schädigung des Betons führen. Ablauf und Ausmaß dieser Reaktion hängen insbesondere von der Art, Menge, Größe und Verteilung der alkaliempfindlichen Gesteinsbestandteile, dem Alkalihydroxidgehalt in der Porenlösung, den Feuchtigkeits- und Temperaturbedingungen des erhärteten Betons sowie einer evtl. Alkalizufuhr von außen (z. B. durch Tausalze) ab.

Enthält die Gesteinskörnung Arten von Kieselsäure, die hinsichtlich der Einwirkung von Alkalien (Na_2O und K_2O aus dem Zement, Taumitteln oder anderen Quellen) empfindlich reagieren und ist der Beton Feuchte ausgesetzt, sind Maßnahmen nach der DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkali-reaktion im Beton“ (Alkali-Richtlinie) zu ergreifen, um eine schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) zu verhindern. Für Bauteile z. B. nach ZTV-ING, ZTV-W-LB 215, ZTV-Beton und Bauwerke der Landesstraßenbauhörde Sachsen-Anhalt gelten teils gesonderte Regelungen.

Die Alkali-Richtlinie regelt Maßnahmen und Zuständigkeiten zur Vermeidung einer schädigenden Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR). Hierzu wird die Empfindlichkeit von Gesteinskörnungen beurteilt und in Alkaliempfindlichkeitsklassen eingeteilt. Die Alkaliempfindlichkeitsklasse ist durch den Hersteller der Gesteinskörnung nach DIN EN 12620 anzugeben (Verwendungsregel: DIN 1045-2) und kann der Leistungserklärung entnommen werden.

Werden Fahrbahndecken aus Beton in die Feuchtigkeitsklasse WA (Bk0,3 bis Bk3,2) eingestuft, dann gilt für die verwendete Gesteinskörnung die Alkali-Richtlinie. Für Fahrbahndecken der Belastungsklassen Bk10 bis Bk100 gelten die Regelungen des Allgemeinen Rundschreibens Straßenbau Nr. 04/2013 (Nachweis des Fahrbahndeckenbetons nach Verfahren V1 bis V3).

Für den Widerstand gegen eine AKR ist die Einteilung in eine Feuchtigkeitsklasse erforderlich (siehe Kapitel 7.3.9).

4.9.2 Alkaliempfindlichkeitsklassen

Klasse ¹⁾	Gesteinskörnung	Einstufung
E I-O		unbedenklich
E II-O	mit Opalsandstein einschließlich Kieselkreide ^{2) 3)}	bedingt brauchbar
E III-O		bedenklich
E I-OF		unbedenklich
E II-OF	mit Opalsandstein einschließlich Kieselkreide und Flint ^{2) 3)}	bedingt brauchbar
E III-OF		bedenklich
E I-S	Folgende Gesteinskörnungen d > 2 mm: – gebrochene Grauwacke, gebrochener Quarzporphyr (Rhyolith), gebrochener Oberrhein-Kies; – rezyklierte Gesteinskörnungen außerhalb des in der Alkali-Richtlinie festgelegten eiszeitlichen Ablagerungsgebiets in Norddeutschland ³⁾ – Kies mit mehr als 10 M.-% gebrochene Anteile der vorgenannten Körnungen;	unbedenklich
E III-S	– ungebrochene Gesteinskörnungen aus den Flussläufen und anderen Ablagerungsräumen in den Gebieten der Saale, Elbe, Mulde, Elster und im angrenzenden Bereich sowie aus diesen hergestellte gebrochene Gesteinskörnung (Kiessplitt)	bedenklich
E I	Gesteinskörnungen (d > 2 mm), die – nicht aus dem eiszeitlichen Ablagerungsgebiet in Norddeutschland stammen und – keinen Opalsandstein und keine Kieselkreide enthalten, – einen Gesamtflintanteil < 2 M.-% oder einen Flintanteil mit einer Rohdichte > 2450 kg/m ³ und einen reaktiven Flintanteil ≤ 2 M.-% aufweisen, – nicht zu den bei E I-S bzw. E III-S genannten Gesteinskörnungen gehören und – für die baupraktische Erfahrungen im Anwendungsbereich der Alkali-Richtlinie vorliegen und kein AKR-Schaden an Bauwerken nachgewiesen ist. Gesteinskörnungen (D ≤ 2mm) außerhalb des eiszeitlichen Ablagerungsgebietes in Norddeutschland.	unbedenklich

¹⁾ Ist keine Klasse angegeben, so ist E III anzunehmen.

²⁾ Rezyklierte Gesteinskörnungen aus Beton von Bauwerken aus dem in der Alkali-Richtlinie festgelegten eiszeitlichen Ablagerungsgebiets in Norddeutschland sind in E III-O – E III-OF einzustufen.

³⁾ Bei rezyklierten Gesteinskörnungen, die von Beton aus der Produktion des Betonherstellers stammen und ohne vorherigen Gebrauch wieder aufbereitet werden, siehe auch Richtlinie „Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen“ mit Berichtigung 2019.

4.9.3 Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende AKR im Beton

Alkaliempfindlichkeits- klasse ²⁾	Zementgehalt [kg/m ³]	Feuchtigkeitsklasse ¹⁾ und zugehörige Maßnahmen		
		WO	WF	WA
E I; E I-S; E I-O – E I-OF	ohne Festlegung	³⁾	³⁾	³⁾
E II-O – E I-OF; E II-O – E II-OF; E II-O – E III-OF	≤ 330	³⁾	³⁾	Zement (na)
E III-O – E I-OF; E III-O – E II-OF; E III-O – E III-OF		³⁾	Zement (na)	Austausch der Gesteinskörnung
E I-O – E II-OF; E II-O – E II-OF; E III-O – E II-OF	> 330	³⁾	Zement (na)	Zement (na)
E I-O – E III-OF; E II-O – E III-OF; E III-O – E III-OF		³⁾	Zement (na)	Austausch der Gesteinskörnung
E III-S	≤ 300	³⁾	³⁾	³⁾
	300 < z ≤ 350	³⁾	³⁾	Zement (na) ⁴⁾
	> 350	³⁾	Zement (na) ⁴⁾	Austausch der Gesteinskörnung ⁴⁾

¹⁾ Die Zuordnung von Umgebungsbedingungen zu den Feuchtigkeitsklassen siehe S. 59 f.

²⁾ Für jede zu liefernde Korngruppe sind immer zwei gesonderte Einstufungen hinsichtlich Opalsandstein (O) allein und Opalsandstein gemeinsam mit Flint (OF) erforderlich.

³⁾ Keine Maßnahmen erforderlich.

⁴⁾ Alternativ gutachterliche Stellungnahme durch besonders fachkundige Person.

5 Betonzusätze

5.1 Zusatzmittel

5.1

In Beton nach DIN 1045-2 dürfen nur Betonzusatzmittel nach DIN EN 934-2 verwendet werden. Betonzusatzmittel, die nicht in diesem Normenteil genannt sind, müssen die Anforderungen aus DIN EN 934-1 erfüllen.

Andere Zusatzmittel mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung sind möglich.

5.1.1 Betonzusatzmittel – Arten und Kurzzeichen

Art ¹⁾	Kurzzeichen
Betonverflüssiger/Fließmittel	BV/FM
Fließmittel	FM
Stabilisierer	ST
Luftporenbildner ³⁾	LP
Erstarrungsbeschleuniger	BE
Erhärtungsbeschleuniger	BE
Verzögerer ²⁾	VZ
Dichtungsmittel	DM
Verzögerer/Fließmittel	VZ/FM
Viskositätsmodifizierer	VMA
Erstarrungsbeschleuniger/Betonverflüssiger	BE/BV

¹⁾ Auswahl

²⁾ Bei einer um mindestens 3 Stunden verlängerten Verarbeitbarkeitszeit DAfStb-Richtlinie „Verzögerter Beton“ beachten.

³⁾ siehe auch Abschnitt LP-Beton und auch Merkblatt der Deutschen Bauchemie.

5.1.2 Dosierungen für Zusatzmittel

Ist die Gesamtmenge flüssiger Zusatzmittel $> 3 \text{ l/m}^3$ Beton, muss die darin enthaltene Wassermenge bei der Berechnung des Wasserzementwertes berücksichtigt werden.

Anwendungsbereich ¹⁾	Dosierungen in g je kg Zement		
	Mindestwert ²⁾	Höchstwert ³⁾	
		eines Mittels	mehrerer Mittel
Beton, Stahlbeton	2	50	60 ⁴⁾

¹⁾ Bei Beton mit alkaliempfindlicher Gesteinskörnung: Alkali-Richtlinie beachten. Na_2O -Äquivalent max. 0,2 M.-% vom Zementgewicht oder gemäß Richtlinie, Abschn. Betonzusatzmittel.

²⁾ < 2 möglich, wenn in Teil des Zugabewassers aufgelöst.

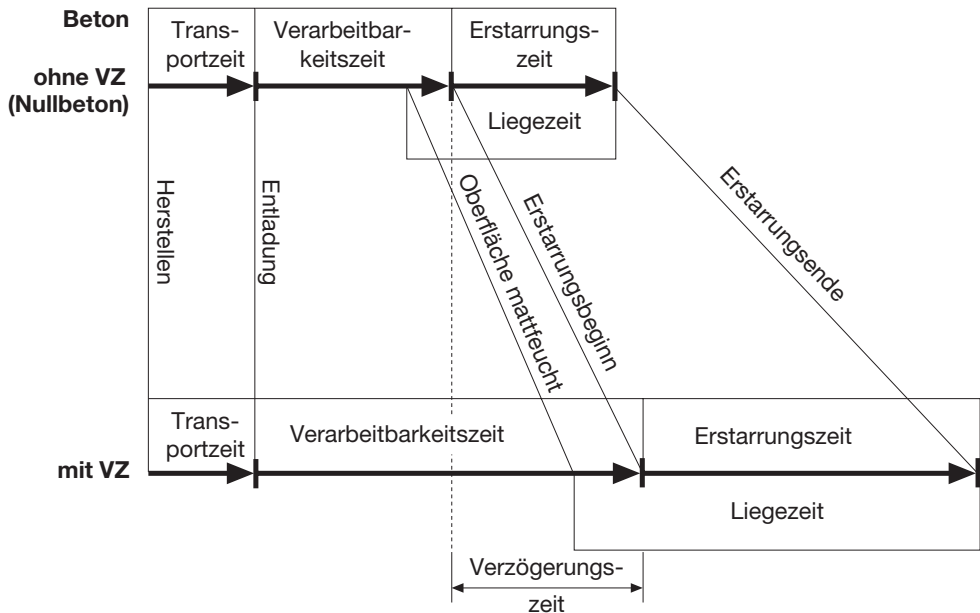
³⁾ Der vom Hersteller genannte Höchstwert der empfohlenen Dosierung ist zu beachten.

⁴⁾ Bei Verwendung von Zementen nach DIN 1164-11 und DIN 1164-12 angegebene Höchstwerte um 10 g/kg Zement reduzieren.

Bei Verwendung von mehr als einem Zusatzmittel, muss die gemeinsame Wirkung der Zusatzmittel in der Erstprüfung kontrolliert werden.

Zugabe von Zusatzmitteln auf der Baustelle siehe Kapitel 11.2.

5.1.3 Begriffe bei verzögertem Beton



Bei einer Verzögerungszeit von drei Stunden und mehr ist die DAfStb-Richtlinie für Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton) anzuwenden, mit Auswirkungen u. a. auf die Überwachungspflicht (ÜK 2 bei mehr als 12 Stunden Verarbeitbarkeitszeit).

Bei Verzögerungszeiten von 3-12 Stunden führt dies zu BBQ-E. Bei Verzögerungszeiten > 12 h ist dieser Beton dann in BBQ-S einzustufen.

Die Verwendung von VZ hat Einfluss auf die Nachbehandlungszeit (siehe Abschnitt 11.7).

5.2 Zusatzstoffe

5.2

Anforderungen entsprechend einer Norm oder einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung.

Kennwerte (Anhaltswerte)

Zusatzstoffart	Typ	Spez. Oberfläche [cm ² /g]	Dichte [kg/dm ³]	Schüttdichte [kg/dm ³]
Quarzmehl (DIN EN 12620)	I	≥ 1000	~ 2,65	1,3 ... 1,5
Kalksteinmehl (DIN EN 12620)		≥ 3500	2,6 ... 2,7	1,0 ... 1,3
Pigmente (DIN EN 12878)		50 000 ... 200 000	4 ... 5	–
Flugasche (DIN EN 450)	II	2000 ... 8000	2,2 ... 2,4	0,9 ... 1,1
Trass (DIN 51043)		≥ 5000	2,4 ... 2,6	0,7 ... 1,0
Silikastaub (DIN EN 13263)		180 000 ... 220 000	~ 2,2	0,3 ... 0,6
Silikasuspension (DIN EN 13263)		–	~ 1,4	–
Hüttensandmehl (DIN EN 15167)		≥ 2750	–	0,9 ... 1,1

Zusatzstoffe des Typ I sind nahezu inaktiv, nehmen an der Reaktion nicht teil und tragen nicht zur Festigkeitsentwicklung bei.

Zusatzstoffe des Typ II tragen zur Festigkeit und zur Gefügedichtigkeit des Betons bei.

5.2.1 Flugasche

Anrechenbarkeit von Flugasche nach DIN EN 450 auf den Mindestzementgehalt und Wasserzementwert bei CEM I, CEM II-S, CEM II-T, CEM II/A-LL, CEM II/A-D, CEM II/A-P, CEM II-A-V, CEM II/A-M (mit den Hauptbestandteilen S, D, P, V, T, LL), CEM II/B-M (S-D, S-T, D-T), CEM II/B-M (S-LL, T-LL, V-LL) ¹⁾, CEM II/C-M (S-LL) ²⁾, CEM III/A ³⁾, CEM III/B mit bis zu 70 M.-% Hüttensand, wenn die Zusammensetzung entsprechend DIN EN 197-1 nachgewiesen ist.

¹⁾ Der zulässige Kalksteingehalt der Zemente (S-LL), (T-LL) und (V-LL) ist nach DIN 1045-2 auf 20% Masseanteil begrenzt.

²⁾ Der zulässige Kalksteingehalt des Zements ist in DIN EN 197-5 auf 20% Masseanteil begrenzt.

³⁾ Zementfestigkeitsklasse 32,5 R mit einem Hüttensandanteil ≤ 50 M.-% oder Zementfestigkeitsklasse ≥ 42,5.

Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Flugasche (f)

Anwendungsbereich	Mindestzementgehalt [kg/m ³]	
	ohne Zugabe von f	bei Zugabe von f
alle Expositionsklassen	Tafel 7.5	Tafel 7.5
Beton mit hohem Wassereindringwiderstand, Bauteildicke bis 0,40 m	280	270
Unterwasserbeton, Größtkorn 32 mm	siehe Abschnitt 8.3	
Bohrpfahlbeton Größtkorn 16 mm Größtkorn 32 mm	siehe Abschnitt 8.4.	

Anrechenbarkeit von Flugasche (f) auf den Wasserzementwert $(w/z)_{eq} = w/(z + k_f \cdot f)$

Anwendungsbereich	$(w/z)_{eq}$	Max. anrechenbare Menge f bei verwendeter Zementart mit/ohne folgende Hauptbestandteile:		
		ohne P, V, D	mit P oder V; ohne D	mit D ¹⁾
Beton nach DIN 1045-2	$\frac{w}{z + 0,4 \cdot f}$	≤ 0,33 · z	≤ 0,25 · z	≤ 0,15 · z
FD-Beton siehe Abschnitt 8.2				
Unterwasserbeton	$\frac{w}{z + 0,7 \cdot f}$	≤ 0,33 · z	≤ 0,25 · z	keine Anrechenbarkeit
Bohrpfahlbeton				

¹⁾ Eine über $f/z = 0,15$ hinausgehende Menge an Flugasche darf nicht verwendet werden.

Flugasche (f) zur Herstellung von Beton mit hohem Sulfatwiderstand

Zur Herstellung von Beton mit hohem Sulfatwiderstand darf anstelle von entsprechenden SR-Zementen eine Mischung aus Zement und Flugasche gemäß nachstehender Tafel verwendet werden. Bedingung: Sulfatgehalt (SO₄²⁻) des angreifenden Wassers ≤ 1500 mg/l.

zulässige Zementart	Masseanteil
CEM I, CEM II-S, CEM III/A-LL, CEM II/A-V, CEM II/A-M (mit S, V, T, LL), CEM II/B-M (S-T)	$\frac{f}{z + f} \geq 0,30$
CEM II-T, CEM III/A	$\frac{f}{z + f} \geq 0,10$

Weitere Regelungen bei Verwendung von Flugasche (f)

Bei Flugasche mit Na₂O-Äquivalent ≤ 4,0 M.-% ist Gesteinskörnung E II und E III sowie Feuchtigkeitsklasse WF und WA zulässig (Alkali-Richtlinie, DAfStb).

5.2.2 Silikastaub

Anrechenbarkeit auf den Mindestzementgehalt und Wasserzementwert bei CEM I, CEM II-S, CEM II-P, CEM II/A-V, CEM II-T, CEM II/A-LL, CEM II/A-M (S, P, V, T, LL), CEM II/B-M (S-T, S-V), CEM III/A, CEM III/B, CEM II/B-M (S-LL, T-LL, V-LL) ¹⁾, CEM II/C-M (S-LL) ²⁾.

Bei Zementen mit Silikastaub als Hauptbestandteil darf Silikastaub nicht als Zusatzstoff verwendet werden.

Anrechenbarkeit von Silikastaub (s) auf den Mindestzementgehalt

Anwendungsbereich	Mindestzementgehalt [kg/m ³]	
	ohne Zugabe von s	bei Zugabe von s
Alle Expositionsclassen außer XF2 und XF4	Tafel 7.5	Tafel 7.5
Beton mit hohem Wassereindringwiderstand, Bauteildicke bis 0,40 m	280	270

Die Zugabe von Silikastaub darf höchstens 11 M.-%, bezogen auf den Zementgehalt, betragen.

Anrechenbarkeit von Silikastaub (s) auf den Wasserzementwert $(w/z)_{eq} = w/(z+k_s \cdot s)$

Anwendungsbereich	$(w/z)_{eq}$	Zugabemenge für s
Alle Expositionsclassen außer XF2 und XF4	$\frac{w}{z + 1,0 \cdot s}$	$s \leq 0,11 \cdot z$

5.2.3 Flugasche und Silikastaub

Gemeinsame Verwendung von Flugasche (f) und Silikastaub (s)

Bei gleichzeitiger Verwendung von Flugasche und Silikastaub sind, um eine ausreichende Alkalität der Porenlösung sicherzustellen, folgende Bedingungen zu erfüllen:

CEM I	$f/z \leq 3 \cdot (0,22 - s/z);$ $s \leq 0,11 \cdot z$
CEM II-S, CEM II-T, CEM II/A-LL, CEM II/A-M (S-T, S-LL, T-LL), CEM II/B-M (S-T, S-LL, T-LL, V-LL) ¹⁾ , CEM II/C-M (S-LL) ²⁾ , CEM III/A	$f/z \leq 3 \cdot (0,15 - s/z);$ $s \leq 0,11 \cdot z$

¹⁾ Der zulässige Kalksteingehalt der Zemente (S-LL), (T-LL) und (V-LL) ist nach DIN 1045-2 auf 20% Masseanteil begrenzt.

²⁾ Der zulässige Kalksteingehalt des Zements ist in DIN EN 197-5 auf 20% Masseanteil begrenzt.

Anrechenbarkeit von Flugasche (f) und Silikastaub (s) auf den Mindestzementgehalt

Anwendungsbereich	Mindestzementgehalt [kg/m ³]	
	ohne Zugabe von f + s	bei Zugabe von f + s
Alle Expositionsklassen außer XF2 und XF4	Tafel 7.5	Tafel 7.5
Beton mit hohem Wassereindringwiderstand, Bauteildicke bis 0,40 m	280	270

Die Zugabe von Flugasche und Silikastaub muss mindestens der Zementverringermenge entsprechen.

Die Zugabe von Silikastaub darf höchstens 11 M.-%, bezogen auf den Zementgehalt, betragen.

Anrechenbarkeit von Flugasche (f) und Silikastaub (s) auf den Wasserzementwert $(w/z)_{eq} = w/(z + k_f \cdot f + k_s \cdot s)$

Anwendungsbereich	$(w/z)_{eq}$	Anrechenbarkeit für f
		Zugabemenge für s
Alle Expositionsklassen außer XF2 und XF4	$\frac{w}{z + 0,4 \cdot f + 1,0 \cdot s}$	$f \leq 0,33 \cdot z$
		$s \leq 0,11 \cdot z$

5.2.4 Hüttensandmehl

Hüttensandmehl nach DIN EN 15167-1 gilt als Zusatzstoff Typ II.

Grundsätzlich darf bei den Expositionsklassen für den Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Zusatzstoffen auch Hüttensandmehl benutzt werden. Dies gilt aber nicht für die Expositionsklassen XF2 und XF4. Dabei beträgt der k-Wert für Hüttensandmehl $k_h = 0,4$. Beim Einsatz von CEM I und CEM II/A Zementen wird ein k-Wert von 0,6 empfohlen.

Bei der Anrechnung von Hüttensandmehl darf der höchstzulässige äquivalente Wasserzementwert w/z_{eq} verwendet werden. Dann muss aber die anrechenbare Höchstmenge an Hüttensandmehl der Bedingung $h \leq 0,33 \cdot z$ genügen. Bei Zementen mit dem Hauptbestandteil Silikastaub gilt $h \leq 0,15 \cdot z$.

Die gleichzeitige Verwendung von Hüttensandmehl mit Flugasche oder Silikastaub ist nicht zulässig.

6 Beton – Einteilung und Begriffe

6.1 Einteilung des Betons

6.1

Einteilung des Betons nach der Trockenrohichte

Betonart	Rohdichte (ofentrocken) [kg/m ³]	Gesteinskörnungen z. B.
Leichtbeton	800 ... 2 000	Blähton, Blähschiefer, Naturbims, Blähglas
(Normal)-Beton ¹⁾	> 2 000 ... 2 600	Sand, Kies, Splitt
Schwerbeton	> 2 600	Eisenerze, Schwerspat, Eisengranulat

¹⁾ Wenn keine Verwechslungen mit Schwer- oder Leichtbeton möglich sind, kann Normalbeton als „Beton“ bezeichnet werden.

Einteilung des Betons nach dem Ort des Einbringens

Ortbeton	Betonfertigteile, Betonwaren, Betonwerkstein
Einbringen des Frischbetons in endgültige Lage, Erhärten an dieser Stelle	Erhärten an Fertigungsstelle, dann Einbau in endgültige Lage

Einteilung des Betons nach dem Erhärtungszustand

Frischbeton	Junger Beton	Festbeton
fertiggemischt, verarbeitbar, kann verdichtet werden	erstarrter Beton, in der Anfangsphase seines Erhärtens	erhärtet, fester Zustand

6.2 Beton nach Eigenschaften – Beton nach Zusammensetzung

6.2

Es müssen alle relevanten Anforderungen an den Beton durch den Verfasser der Festlegungen aufgestellt und an den Hersteller übergeben werden.

6.2.1 Beton nach Eigenschaften

Anforderungen siehe Abschnitt 11.1

6.2.2 Beton nach Zusammensetzung

Der Verfasser der Festlegung (i. d. R. der Planende) muss folgende grundlegende Anforderungen festlegen:

- Bezug auf DIN 1045-2
- Zement: Art, Festigkeitsklasse, Gehalt (als Zielwert), Herkunft (nur bei Verwendung von Zusatzmitteln, Zusatzstoffen oder Fasern)
- Wasserzementwert oder Konsistenz (Klasse oder Zielwert)
- Gesteinskörnung: Art, Sieblinie, max. Chloridgehalt, D_{upper} und D_{lower} sowie Nennwert D_{max} der Gesteinskörnung; gegebenenfalls Beschränkungen der Sieblinie; D_{upper} sollte nicht größer als dg nach DIN EN 1992-1-1 sein.
- bei Leichtbeton oder Schwerbeton die Höchst- oder Mindestrohdichte der Gesteinskörnung
- Betonzusätze oder Fasern: Art, Menge, Herkunft

Folgende zusätzliche Anforderungen darf die Festlegung enthalten:

- Herkunft aller Ausgangsstoffe
- Zusätzliche Anforderungen an die Gesteinskörnung
- Frischbetontemperatur (falls abweichend – siehe Abschnitt 11.6)
- andere technische Anforderungen

6.3

6.3 Druckfestigkeit

6.3.1 Druckfestigkeitsklassen für Normal- und Schwerbeton

Druckfestigkeitsklasse	$f_{\text{ck,cyl}}^{1)}$ [N/mm ²]	$f_{\text{ck,cube}}^{2)}$ [N/mm ²]
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85 ³⁾	70	85
C80/95 ³⁾	80	95
C90/105 ^{3), 4)}	90	105
C100/115 ^{3), 4)}	100	115

¹⁾ $f_{\text{ck,cyl}}$: charakteristische Festigkeit von Zylindern, Durchmesser 150 mm, Länge 300 mm, Alter 28 Tage, Lagerung nach DIN EN 12390-2

²⁾ $f_{\text{ck,cube}}$: charakteristische Festigkeit von Würfeln, Kantenlänge 150 mm, Alter 28 Tage, Lagerung nach DIN EN 12390-2

³⁾ Der Anhang R (normativ) in DIN 1045-2 ist zu beachten.

⁴⁾ BK-E: Für Beton der Druckfestigkeitsklassen C90/105 und C100/115 sind die Festlegungen zum Übereinstimmungs-nachweis im Hinblick auf die zielsichere Herstellung als nicht abschließend anzusehen.

Für besondere Anwendungen kann es notwendig sein, die Druckfestigkeit zu einem früheren oder späteren Zeitpunkt zu bestimmen. Auch die Lagerungsbedingungen können verändert werden; z. B. Wärmebehandlung.

6.3.2 Würfeldruckfestigkeiten – Umrechnungen

unterschiedliche Lagerungsbedingungen	Normalbeton \leq C50/60 $f_{c,cube} = 0,92 \cdot f_{c,dry}$
	Normalbeton \geq C55/67 $f_{c,cube} = 0,95 \cdot f_{c,dry}$
andere Probekörperabmessungen	$f_{c,dry (150\text{ mm})} = 0,97 \cdot f_{c,dry (100\text{ mm})}$

$f_{c,cube}$: Lagerung nach DIN EN 12390-2; i. W. am Lagerort bei $20 \pm 5\text{ °C} \geq 16\text{ h}$ bis max. 3 d in der Form. Danach bis zum Prüfbeginn in Wasser ($20 \pm 2\text{ °C}$) oder in einer Feuchtekammer ($20 \pm 2\text{ °C}$) und einer relativen Luftfeuchte $\geq 95\%$ lagern.

$f_{c,dry}$: Lagerung nach DIN EN 12390-2 (NA); i. W. $24 \pm 2\text{ h}$ in Form, danach ≥ 6 Tage bis mind. 21 Tage im Wasserbad oder in Feuchtekammer ($\geq 95\%$ rel. Luftfeuchte, auf Lattenrost). Raumluft 15 °C bis 22 °C , $65 \pm 5\%$ rel. Luftfeuchte. Prüfung im Alter von 28 Tagen.

6.4 Konsistenz

6.4

6.4.1 Konsistenzklassen des Frischbetons

Konsistenzbeschreibung	Klasse	Ausbreitmaß [cm]	Verdichtungsmaß [-]
sehr steif	C0	–	$\geq 1,46$
steif	C1	–	1,45 ... 1,26
	F1 ¹⁾	≤ 34	–
plastisch	C2	–	1,25 ... 1,11
	F2	35 ... 41	–
weich	C3	–	1,10 ... 1,04
	F3	42 ... 48	–
sehr weich	C4 ^{1) 2)}	–	$< 1,04$
	F4	49 ... 55	–
fließfähig	F5	56 ... 62	–
sehr fließfähig	F6 ¹⁾	≥ 63	–

¹⁾ Außerhalb des empfohlenen Anwendungsbereichs des Prüfverfahrens

²⁾ Gilt nur für Leichtbeton

Weitere mögliche Konsistenzklassen sind: Setzmaßklassen S1 bis S5
Setzfließmaßklassen SF1 bis SF3

6.4.2 Zielwerte der Konsistenz

Die Konsistenz darf in besonderen Fällen mit einem Zielwert festgelegt werden. Wenn nichts anderes vereinbart, gelten folgende Abweichungen vom Zielwert:

Prüfverfahren	Ausbreitmaß	Verdichtungsmaß		
		Zielwertbereiche	alle Werte	$\geq 1,26$
Abweichung	$\pm 40 \text{ mm}^{1)}$	$\pm 0,13$	$\pm 0,11$	$\pm 0,08$

¹⁾ $\pm 20 \text{ mm}$ empfohlen bei Sichtbeton nach Merkblatt Sichtbeton.

6.4.3 Selbstverdichtender Beton – SVB

Allgemeines

SVB ist ein Beton nach DIN 1045-2 der Betonklasse BK-E.

Die Eigenschaften von selbstverdichtendem Beton und die Eignung für bestimmte Anwendungen, können mit folgenden Klassen beschrieben werden:

- Setzfließmaßklassen SF
- Viskositätsklassen VS oder VF
- Blockierneigungsklassen PL oder PJ
- Sedimentationsstabilitätsklassen SR

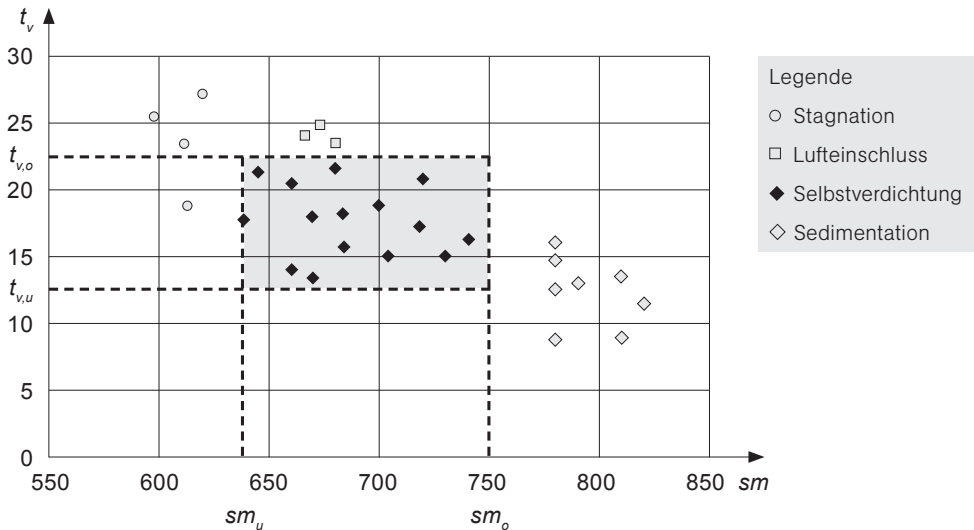
Erstprüfung / Herstellung

Im Falle von SVB müssen die Erstprüfungen auch Untersuchungen zur Robustheit der Betonzusammensetzung gegenüber Schwankungen im Wassergehalt miteinschließen. Ziel dieser Untersuchungen ist es den zulässigen Bereich des Wassergehaltes zu bestimmen, innerhalb dessen die Frischbetoneigenschaften (Konsistenz, Viskosität, Blockierneigung und Sedimentationsstabilität) erfüllt werden.

Für SVB ist durch Prüfung des Setzfließmaßes nach DIN EN 12350-8 und der Auslauftrichter-Fließdauer nach DIN EN 12350-9 sowie der Sedimentationsstabilität nach DIN EN 12350-11 ein Verarbeitbarkeitsbereich festzulegen.

In den Erstprüfungen von SVB ist nachzuweisen, dass der Verarbeitbarkeitsbereich der folgenden Grafik eingehalten wird.

Beispiel für einen Verarbeitbarkeitsbereich eines selbstverdichtenden Betons



Durch die festgelegten unteren und oberen Grenzwerte für Setzfließmaß und Trichterauslaufzeit werden der Zielwert und die zulässigen Abweichungen vom Zielwert wie folgt bestimmt

- Zielwert des Setzfließmaßes sm : $sm = (sm_u + sm_o)/2$
- zulässige Abweichung vom Zielwert: $\Delta sm = \pm (sm_o - sm_u)/2$
- Zielwert der Trichterauslaufzeit t_v : $t_v = (t_{v,u} + t_{v,o})/2$
- zulässige Abweichung vom Zielwert: $\Delta t_v = \pm (t_{v,o} - t_{v,u})/2$

Folgende Parameter sind ggf. gesondert zu bestimmen:

- blockierungsfreies Fließen
- unterschiedliches Verhalten in verschiedenen Frischbetontemperaturbereichen

Außerhalb des SVB-Verarbeitbarkeitsbereiches liegen Betonzusammensetzungen, die zu Sedimentation neigen bzw. nicht ausreichend entlüftet (Lufteinschluss) oder nicht ausreichend fließen (Stagnation).

Prüfung

Für SVB sind zusätzliche Prüfungen an Festbeton hinsichtlich des Widerstandes gegen Frost-Tau-Wechsel und gegen Frost-Taumittel-Beanspruchung durchzuführen. Für die Expositionsklassen XF2, XF3 (falls Luftporenbeton verwendet wird) und XF4 sind im Frischbeton der Gesamtluftgehalt sowie im Festbeton der Mikroluftgehalt A300 und der Abstandfaktor L zu bestimmen.

Bei der Berechnung des Abstandsfaktors nach DIN EN 480-11 ist das Zementsteinvolumen aus den Volumenanteilen des Zements, der Zusatzstoffe, der Zusatzmittel und des Zugabewassers zu ermitteln.

Wird SVB als Luftporenbeton konzipiert, sind bei der Erstprüfung der Gesamtluftgehalt im Frischbeton sowie der Mikroluftporengehalt A_{300} und der Abstandsfaktor L im Festbeton nach Abschnitt A.4 der DIN 1045-2 zu bestimmen. Der Gehalt an Mikroluftporen A_{300} , bestimmt nach DIN EN 480-11, darf in der Erstprüfung 1,8 % Volumenanteil nicht unterschreiten. Der Abstandsfaktor L darf 0,20 mm nicht überschreiten.

Annahme

In der Regel wird die Konsistenz über das Setzfließmaß festgelegt. Ist das Fließverhalten zu bestimmen, empfiehlt es sich, zusätzlich die Viskosität über die (Trichterauslaufzeit) Auslauftrichter-Fließdauer t_v zu ermitteln.

Liegt nur eine geringe oder keine Bewehrung vor, kann sich die Anforderung an die Blockierneigung erübrigen.

Verarbeitung

Der optimale Verarbeitbarkeitsbereich ist dadurch gekennzeichnet, dass der Beton bei der geplanten Verarbeitungs- oder Betontemperatur über den geplanten Verarbeitungszeitraum ausreichend fließt, entlüftet und sedimentationsstabil ist.

6.5 Mindest-Leimvolumen

Die Anforderungen an Frisch- und Festbeton einschließlich Konsistenz, Rohdichte, Festigkeit und Dauerhaftigkeit müssen durch die Betonzusammensetzung erfüllt werden. Um einen „robusten“ Frischbeton zu erhalten ist deshalb ein Mindest-Leimvolumen einzuhalten. Nach DIN 1045-2 ist dafür die Tabelle 16 mit Mindestwerten zu beachten. Diese Tabelle gilt für Druckfestigkeiten \geq C25/30, Konsistenzen \geq F3 und Kiessandbeton mit dem Größtkorn von 8 mm, 16 mm, 22 mm oder 32 mm.

Mindest-Leimvolumen

Größtkorn D_{max}	Mindestwerte für das Leimvolumen ^{1) 2) 3)} in l/m ³			
	F3	F4	F5	F6
32	270	280	290	300
22	275	285	295	305
16	280	290	300	310
8	295	305	315	325

¹⁾ Besondere Gesteinskörnungen (z. B. gebrochene Gesteinskörnungen) können ein höheres Leimvolumen erfordern.

²⁾ Gilt nicht für Betone nach den DAfStb-Richtlinien „Massige Bauteile aus Beton“ und „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“.

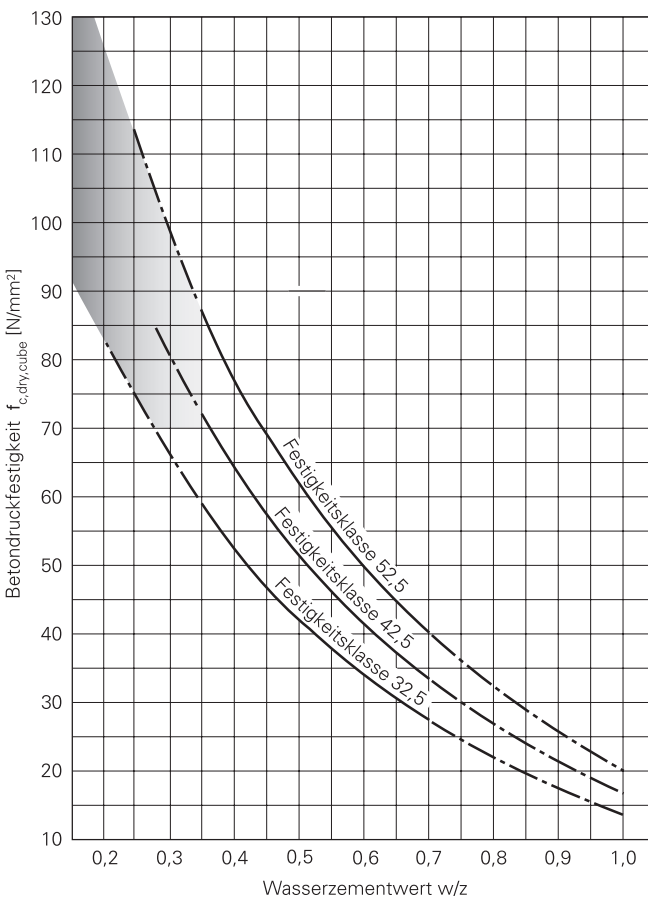
³⁾ Das Leimvolumen ist aus den volumetrischen Anteilen von Zement, Zusatzstoffen und dem wirksamen Wassergehalt zu berechnen.

7 Betonentwurf und Umgebungsbedingungen

7.1 Betonentwurf – Abschätzung der Druckfestigkeit

7.1

Das folgende Diagramm dient im Wesentlichen zum grundlegenden Verständnis der Zusammenhänge, um eine Abschätzung der zu erwartenden Betondruckfestigkeit für das Dreistoffsystem Zement, Wasser und Gesteinskörnung vorzunehmen.



Zusammenhang zwischen Betondruckfestigkeit, Festigkeitsklasse des Zements und Wasserzementwert (in Anlehnung an Zement-Taschenbuch, 51. Auflage 2008, S. 276)

Erläuterung zum Diagramm:
Die Normfestigkeit jeder Zementfestigkeitsklasse unterliegt einer Bandbreite (siehe auch Tafel 3.4.1). Den dargestellten Kurven der Zementfestigkeitsklassen liegen 28-Tage-Werte zugrunde, die 10 N/mm^2 über der Mindestdruckfestigkeit der Zementfestigkeitsklassen liegen. Bei Betonen höherer Druckfestigkeit (grauer Bereich) verliert der Einfluss der Zementdruckfestigkeit an Bedeutung.
 $f_{c,dry,cube}$: mittlere 28-Tage-Betondruckfestigkeit von 150-mm-Probewürfeln; Lagerung nach DIN EN 12390-2, Nationaler Anhang NA (1 Tag in Form, 6 Tage in Wasser, 21 Tage an der Luft)

7.2 Chloridgehalt im Beton ¹⁾

Betonverwendung	Klasse des Chloridgehalts	Höchstzulässiger Chloridgehalt bezogen auf den Zement ³⁾
ohne Betonstahlbewehrung oder eingebettetes Metall ²⁾	Cl 1,0	1,0 M.-%
mit Betonstahlbewehrung oder anderem eingebettetem Metall	Cl 0,40	0,40 M.-%
mit Spannstahlbewehrung	Cl 0,20	0,20 M.-%

¹⁾ Grenzwerte der Tabelle erfüllt, wenn der Chloridgehalt jedes Ausgangsstoffes die Anforderungen der geringsten

Einstufung des jeweils für ihn geltenden Regelwerks einhält. Ausnahmen:

Für Gesteinskörnungen gelten nachstehende Grenzwerte des Chloridgehaltes:

- 0,15 M.-% für Beton ohne Betonstahlbewehrung oder eingebettetes Metall
- 0,04 M.-% für Beton mit Betonstahlbewehrung oder anderem eingebettetem Metall
- 0,02 M.-% mit Spannstahlbewehrung

Für Zementart CEM III gilt als Grenzwert für die Gesteinskörnung:

- 0,10 M.-% für alle Betone

Für Zusatzmittel und Pigmente gilt als Grenzwert:

- 0,10 M.-% oder mit deklariertem Chloridgehalt und Einhaltung der Tabellenwerte

²⁾ Ausnahme: korrosionsbeständige Anschlagvorrichtungen

³⁾ Bei Verwendung von Zusatzstoffen Typ II mit Anrechnung auf den Zementgehalt wird der Chloridgehalt als Chloridionengehalt, bezogen auf den Zement und die anrechenbaren Zusatzstoffe ausgedrückt.

7.3 Expositionsklassen und Feuchtigkeitsklassen

7.3

Detailliertere und umfassendere Angaben und Erläuterungen zur Zuordnung von Expositionsklassen siehe „Bauteilkatalog“ des InformationsZentrum Beton.

Expositionsklasse	Umgebung	Beispiele (informativ)	min f_{ck}
-------------------	----------	------------------------	--------------

7.3.1 Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko ¹⁾

X0	ohne Bewehrung und alle Umgebungsbedingungen außer XF, XA, XM	Füllbeton, Sauberkeitsschichten und dergleichen	C8/10
		tragende Bauteile mit vorwiegend ruhender Belastung: Fundamente ohne Bewehrung und ohne Frost; Innenbauteile ohne Bewehrung	C12/15
	Beton mit Bewehrung oder eingebettetem Metall, sehr trocken	Beton in Gebäuden mit sehr geringer Luftfeuchte (relative Luftfeuchte $RH \leq 30 \%$)	

7.3.2 Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung ²⁾

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 ³⁾	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 Luftfeuchtigkeit, z.B. in gewerblichen Küchen, Bädern, Wäschereien, in Feuchträumen von Hallenbädern und in Viehställen; Dachflächen mit flächiger Abdichtung; Verkehrsflächen mit flächiger unterlaufsischerer Abdichtung ⁴⁾	C20/25
XC4	wechselnd nass und trocken	Außenbauteile mit direkter Beregnung	C25/30

¹⁾ Bauteile ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall in nicht betonangreifender Umgebung oder Beton in Gebäuden mit sehr geringer Luftfeuchte.

²⁾ Beton, der Bewehrung oder anderes eingebettetes Metall enthält und Luft sowie Feuchtigkeit ausgesetzt ist. Feuchtebedingungen beziehen sich auf Zustand innerhalb der Betondeckung; in vielen Fällen den Umgebungsbedingungen entsprechend.

³⁾ Wenn neben der Expositionsklasse XC2 für ein Bauteil auch die Expositionsklasse XC1 zutreffend ist, sind in der Festlegung des Betons beide Expositionsklassen anzugeben.

⁴⁾ Instandhaltungsplan im Sinne der Technischen Regel (DIBt) „Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung)“ erforderlich.

Expositions-klasse	Umgebung	Beispiele (informativ)	min f_{ck}
--------------------	----------	------------------------	--------------

7.3.3 Bewehrungskorrosion durch Chloride außer aus Meerwasser ¹⁾

XD1	mäßige Feuchte	Bauteile im Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen; Einzelgaragen; Befahrene Verkehrsflächen mit vollflächigem Oberflächenschutz ^{7) 9)}	C30/37 ²⁾
XD2 ³⁾	nass, selten trocken	Solebäder; Bauteile, die chloridhaltigen Industrieabwässern ausgesetzt sind	C35/45 ^{2) 4)}
XD3	wechselnd nass und trocken	Teile von Brücken mit häufiger Spritzwasserbeanspruchung; Fahrbahndecken; befahrene Verkehrsflächen mit rissvermeidenden Bauweisen ohne Oberflächenschutz oder ohne Abdichtung ^{7) 9)} ; befahrene Verkehrsflächen mit dauerhaftem lokalem Schutz von Rissen ^{7) 8) 9)}	C35/45 ²⁾

7.3.4 Bewehrungskorrosion durch Chloride aus Meerwasser ⁵⁾

XS1	salzhaltige Luft, aber kein unmittelbarer Kontakt mit Meerwasser	Außenbauteile in Küstennähe	C30/37 ²⁾
XS2 ⁶⁾	unter Wasser	Bauteile in Hafenanlagen, die ständig unter Wasser liegen	C35/45 ^{2) 4)}
XS3	Tidebereiche, Spritzwasser- und Sprühnebelbereiche	Kaimauern in Hafenanlagen	C35/45 ²⁾

- ¹⁾ Beton, der Bewehrung oder anderes eingebettetes Metall enthält und chloridhaltigem Wasser, einschließlich Taumittel, ausgenommen Meerwasser ausgesetzt ist.
- ²⁾ Bei LP-Beton aufgrund gleichzeitiger Anforderung aus Expositionsklasse XF eine Festigkeitsklasse niedriger. In diesem Fall darf Fußnote ⁴⁾ nicht angewendet werden.
- ³⁾ Wenn neben der Expositionsklasse XD2 für ein Bauteil auch die Klasse XD1 zutreffend ist, sind in der Festlegung des Betons beide Expositionsklassen anzugeben.
- ⁴⁾ Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen ($r < 0,30$) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die Festigkeitsklasse ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. In diesem Fall darf Fußnote ²⁾ nicht angewendet werden.
- ⁵⁾ Beton, der Bewehrung oder anderes eingebettetes Metall enthält und Chloriden aus Meerwasser oder salzhaltiger Seeluft ausgesetzt ist.
- ⁶⁾ Wenn neben der Expositionsklasse XS2 für ein Bauteil auch die Klasse XS1 zutreffend ist, sind in der Festlegung des Betons beide Expositionsklassen anzugeben.
- ⁷⁾ Instandhaltungsplan im Sinne der Technischen Regel (DIBt) „Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung)“ erforderlich.
- ⁸⁾ Für die Planung und Ausführung des dauerhaften lokalen Schutzes von Rissen gilt die Technische Regel (DIBt) „Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung)“.
- ⁹⁾ Parkhäuser und Tiefgaragen siehe auch gleichnamiges DBV-Merkblatt.

Expositions- klasse	Umgebung	Beispiele (informativ)	min f_{ck}
------------------------	----------	------------------------	--------------

7.3.5 Frostangriff mit oder ohne Taumittel ¹⁾

XF1	mäßige Wasser- sättigung, ohne Taumittel	Außenbauteile	C25/30
XF2	mäßige Wasser- sättigung, mit Taumittel	Bauteile im Sprühnebel- oder Spritzwas- serbereich von taumittelbehandelten Verkehrsflächen, soweit nicht XF4; Betonbauteile im Sprühnebelbereich von Meerwasser	C35/45 ^{3) 6)}
XF3	hohe Wasser- sättigung, ohne Taumittel	offene Wasserbehälter; Bauteile in der Wasserwechselzone von Süßwasser; horizontale Bauteile mit Beanspruchung aus stehendem Wasser	C35/45 ^{3) 6)}
XF4	hohe Wasser- sättigung, mit Taumittel	Verkehrsflächen, die mit Taumittel behan- delt werden; überwiegend horizontale Bauteile im Spritzwasserbereich von taumittelbehand- elten Verkehrsflächen; Räumerlaufbahnen von Kläranlagen; Meerwasserbauteile in der Wasser- wechselzone	C30/37 nur als LP-Beton zulässig

7.3.6 Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung ²⁾

XM1	mäßige Verschleißbean- spruchung	tragende oder aussteifende Industrie- böden mit Beanspruchung durch luftbereifte Fahrzeuge	C30/37 ⁴⁾
XM2	starke Verschleißbean- spruchung	tragende oder aussteifende Industrie- böden mit Beanspruchung durch luft- oder vollgummibereifte Gabelstapler	C35/45 ^{4) 5)}
XM3	sehr starke Verschleißbean- spruchung	tragende oder aussteifende Industrie- böden mit Beanspruchung durch elastomer- oder stahlrollenbereifte Gabelstapler	C35/45 ⁴⁾

¹⁾ Durchfeuchteter Beton, der in erheblichem Umfang Frost-Tau-Wechseln ausgesetzt ist.

²⁾ Beton, der einer erheblichen mechanischen Beanspruchung ausgesetzt ist.

³⁾ Bei LP-Beton zwei Festigkeitsklassen niedriger (siehe S. 68). In diesem Fall darf Fußnote ⁶⁾ nicht angewendet werden.

⁴⁾ Bei LP-Beton aufgrund gleichzeitiger Anforderung aus Expositionsklasse XF eine Festigkeitsklasse niedriger.

⁵⁾ Bei Oberflächenbehandlung des Betons (Flügelglätten) eine Festigkeitsklasse niedriger.

⁶⁾ Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen ($r < 0,30$) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die Festigkeitsklasse ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. In diesem Fall darf Fußnote ³⁾ nicht angewendet werden.

Expositions-klasse	Umgebung	Beispiele (informativ)	min f_{ck}
--------------------	----------	------------------------	--------------

7.3.7 Betonkorrosion durch aggressive chemische Umgebung ¹⁾

XA1	chemisch schwach angreifende Umgebung	Behälter von Kläranlagen ²⁾ ; Güllebehälter	C25/30
XA2	chemisch mäßig angreifende Umgebung und Meeresbauwerke	Betonbauteile, die mit Meerwasser in Berührung kommen; Bauteile in betonangreifenden Böden	C35/45 ^{3) 4)}
XA3	chemisch stark angreifende Umgebung	Industrieabwasseranlagen mit chemisch angreifenden Abwässern; Futtertische der Landwirtschaft; Kühltürme mit Rauchgasableitung	C35/45 ³⁾

¹⁾ Beton, der chemischen Angriffen durch natürliche Böden, Grundwasser gemäß Tafel 7.3.8, Meerwasser oder Abwasser ausgesetzt ist.

²⁾ Je nach Zusammensetzung des Abwassers kann eine schärfere Einstufung erforderlich sein.

³⁾ Bei LP-Beton aufgrund gleichzeitiger Anforderung aus Expositions-klasse XF eine Festigkeitsklasse niedriger. In diesem Fall darf Fußnote ⁴⁾ nicht angewendet werden.

⁴⁾ Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen ($r < 0,30$) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die Festigkeitsklasse ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. In diesem Fall darf Fußnote ³⁾ nicht angewendet werden.

7.3.8 Grenzwerte für die Expositions-klassen bei chemischem Angriff durch Grundwasser ^{1) 2)}

chemisches Merkmal	XA1	XA2	XA3
pH-Wert ³⁾	6,5 ... 5,5	< 5,5 ... 4,5	< 4,5 ... 4,0
Kalk lösende Kohlensäure ³⁾ (CO ₂) [mg/l]	15 ... 40	> 40 ... 100	> 100
Ammonium ⁴⁾ (NH ₄ ⁺) [mg/l]	15 ... 30	> 30 ... 60	> 60 ... 100
Magnesium (Mg ²⁺) [mg/l]	300 ... 1 000	> 1 000 ... 3 000	> 3 000
Sulfat ⁵⁾ (SO ₄ ²⁻) [mg/l]	200 ... 600	> 600 ... 3 000	> 3 000 ... 6 000

¹⁾ Werte gültig für Wassertemperatur zwischen 5 °C und 25 °C sowie eine sehr geringe Fließgeschwindigkeit (näherungsweise wie für hydrostatische Bedingungen). Grenzwert für chemischen Angriff durch natürliche Böden siehe DIN 1045-2, Tabelle 2.

²⁾ Der schärfste Wert für jedes einzelne Merkmal ist maßgebend. Liegen zwei oder mehrere angreifende Merkmale in derselben Klasse, ist die nächsthöhere Klasse festzulegen. Ausnahme: Nachweis über eine spezielle Studie, dass dies nicht erforderlich ist.

³⁾ Für angreifende Wässer mit pH-Wert < 5,5 oder mit > 40 mg/l CO₂ darf die Selbstheilung der Risse bei der Planung von WU-Bauwerken nicht angesetzt werden.

⁴⁾ Gülle kann unabhängig vom NH₄⁺-Gehalt in die Expositions-klasse XA1 eingeordnet werden.

⁵⁾ Sulfatgehalte oberhalb 600 mg/l sind im Rahmen der Festlegung des Betons anzugeben. Bei chemischem Angriff durch Sulfat (ausgenommen bei Meerwasser) ist für Expositions-klasse XA2 und XA3 Zement mit hohem Sulfatwiderstand (CEM I-SR 3 oder niedriger, CEM III/B-SR, CEM III/C-SR) erforderlich. Für SO₄²⁻ ≤ 1500 mg/l ist anstelle der genannten SR-Zemente eine Mischung aus Zement und Flugasche zulässig (siehe S. 50).

In folgenden Fällen können spezielle Betrachtungen (z. B. Schutzmaßnahmen oder Gutachten) notwendig sein, um die maßgebenden Einwirkungen festzustellen:

- ▶ Einwirkungen, die außerhalb der Grenzen von Tafel 7.3.8 liegen
- ▶ andere angreifende chemische Medien
- ▶ chemisch verunreinigter Boden oder chemisch verunreinigtes Wasser

In folgenden Fällen sind Schutzmaßnahmen für den Beton erforderlich – wie Schutzschichten oder dauerhafte Bekleidungen –, wenn nicht ein Gutachten eine andere Lösung vorschlägt:

- ▶ chemischer Angriff der Expositionsklasse XA3 oder stärker
- ▶ hohe Fließgeschwindigkeit von Wasser und Mitwirkung der Merkmale nach Tafel 7.3.8

7.3.9 Betonkorrosion infolge Alkali-Kieselsäure-Reaktion ¹⁾

Feuchtigkeitsklasse	Umgebung	Beispiele (informativ)
WO	Beton, der nach Nachbehandlung nach DIN 1045-3 nicht länger feucht und nach 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 Alkalisalzeinwirkungen; Betonfahrbahnen der Belastungsklassen Bk0,3 bis Bk3,2 ²⁾

¹⁾ Siehe auch Kapitel 4.9 Schädigende Alkalireaktion im Beton.

²⁾ Belastungsklassen nach RStO; entsprechend Einstufung nach TL Beton-StB.

Die Feuchtigkeitsklasse WS ist in DIN 1045-2 und DIN EN 1992-1-1 nicht enthalten. WS wird nur für hochbeanspruchte Betonfahrbahnen nach TL Beton-StB angewendet.

Feuchtigkeitsklasse	Umgebung	Beispiele (informativ)
WS	Beton, der hoher dynamischer Beanspruchung und direktem Alkalieintrag ausgesetzt ist	Bauteile unter Tausalzeinwirkung mit zusätzlicher hoher dynamischer Beanspruchung (Betonfahrbahnen der Belastungsklassen Bk10 bis Bk100 ²⁾)

¹⁾ Siehe auch Kapitel 4.9 Schädigende Alkalireaktion im Beton.

²⁾ Belastungsklassen nach RStO; entsprechend Einstufung nach TL Beton-StB.

Für bestimmte Bauwerke, z. B. nach ZTV-ING, ZTV-W LB 215, Landwirtschaftliche Bauten, aber auch bei Verkehrsflächen im kommunalen Bereich der Belastungsklassen Bk1,8 bis Bk10 können andere Einteilungen in die Feuchtigkeitsklasse vorgegeben werden oder sinnvoll sein.

7.4 Maßnahmen und Zuständigkeiten im Umgang mit der Alkali-Richtlinie

Maßnahme	Zuständigkeit	Notwendigkeit
Festlegung der Feuchtigkeitsklasse jedes Bauteils	Verfasser der Festlegung	immer
Einstufung der Gesteinskörnung in Alkaliempfindlichkeitsklasse ¹⁾	Produzent der Gesteinskörnung, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle	immer ²⁾
Angabe der Feuchtigkeitsklasse auf dem Lieferschein des Betons oder Bauteils	Betonhersteller	immer
Anpassung der Zusammensetzung	Betonhersteller	bei Bedarf
Begrenzung des Alkaligehalts im Zement ³⁾	Zementhersteller	bei Bedarf

¹⁾ Siehe auch S. 44 f., Kapitel 4.9 Schädigende Alkalireaktion im Beton.

²⁾ Ist keine Klasse angegeben, so ist E III anzunehmen.

³⁾ Siehe auch S. 34, Kapitel 3.8 Besondere Eigenschaften von Zement: Alkaligehalt.

7.5 Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton ⁸⁾ 7.5

Klasse	max w/z bzw. (w/z) _{eq}	min f_{ck} ¹⁾ [N/mm ²]	min z ²⁾ [kg/m ³]	min z ^{2) 3)} (bei Anrechnung von Zusatzstoffen) [kg/m ³]	min p (Mindestluft- gehalt) [Vol.-%]	andere Anforderungen
--------	--	--	---	---	---	-------------------------

kein Korrosions- oder Angriffsrisiko

X0	–	C8/10 C12/15 für tragende Bauteile	–	–	–	–
----	---	---	---	---	---	---

Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung

XC1	0,75	C16/20	240	240	–	–
XC2						
XC3	0,65	C20/25	260	240	–	–
XC4	0,60	C25/30	280	270	–	–

Bewehrungskorrosion durch Chloride außer aus Meerwasser

XD1	0,55	C30/37 ⁴⁾	300	270	–	–
XD2	0,50	C35/45 ^{4) 5) 6)}	320 ⁶⁾	270	–	–
XD3	0,45 ⁷⁾	C35/45 ^{4) 6)}	320 ⁶⁾	270	–	–

Bewehrungskorrosion durch Chloride aus Meerwasser

XS1	0,55	C30/37 ⁴⁾	300	270	–	–
XS2	0,50	C35/45 ^{4) 5) 6)}	320 ⁶⁾	270	–	–
XS3	0,45 ⁷⁾	C35/45 ^{4) 6)}	320 ⁶⁾	270	–	–

- ¹⁾ Mindestdruckfestigkeitsklasse (min f_{ck}) gilt nicht für Leichtbeton.
²⁾ Bei 63 mm Größtkorn darf der Zementgehalt (min z) um 30 kg/m³ verringert werden. In diesem Fall darf Fußnote ⁶⁾ nicht angewendet werden.
³⁾ Für die Anrechnung von Zusatzstoffen sind die Bedingungen nach S. 49 ff. einzuhalten.
⁴⁾ Bei LP-Beton aufgrund gleichzeitiger Anforderung aus Expositionsklasse XF eine Festigkeitsklasse niedriger. In diesem Fall darf Fußnote ⁵⁾ nicht angewendet werden.
⁵⁾ Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen ($r < 0,30$) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die Festigkeitsklasse ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. In diesem Fall darf Fußnote ⁴⁾ nicht angewendet werden.
⁶⁾ Nach DAFStb-Richtlinie Massige Bauteile sind kleinere Grenzwerte möglich. Siehe auch Kapitel 8.5.
⁷⁾ Nach DAFStb-Richtlinie Massige Bauteile ist bei Verwendung von CEM II/B-V, CEM III/A oder CEM III/B oder von Flugasche im Beton ein höherer w/z-Wert möglich. Siehe auch Kapitel 8.5.
⁸⁾ Angaben zum Mindest-Leimvolumen finden sich im Abschnitt 6.5.

7.5 Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton (Fortsetzung)

Klasse	max w/z bzw. (w/z) _{eq}	min f _{ck} ¹⁾	min z ²⁾	min z ²⁾³⁾ (bei Anrechnung von Zusatzstoffen)	min p (Mindestluft- gehalt)	andere Anforderungen
		[N/mm ²]	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[Vol.-%]	

Frostangriff mit und ohne Taumittel

XF1	0,60	C25/30	280	270	–	F ₄ ⁴⁾
XF2	0,55 ⁵⁾	C25/30	300	270 ⁵⁾	6)	MS ₂₅ ⁴⁾
	0,50 ⁵⁾	C35/45 ⁷⁾⁸⁾	320 ⁸⁾	270 ⁵⁾	–	
XF3	0,55	C25/30	300	270	6)	F ₂ ⁴⁾
	0,50	C35/45 ⁷⁾⁸⁾	320 ⁸⁾	270	–	
XF4	0,50 ⁵⁾	C30/37	320 ⁸⁾	270 ⁵⁾	6)9)	MS ₁₈ ⁴⁾

Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung

XM1	0,55	C30/37 ¹⁰⁾	300 ¹¹⁾	270	–	–
XM2	0,55	C30/37 ¹⁰⁾¹²⁾	300 ¹¹⁾	270	–	Beton- oberflächen- behandlung ¹³⁾
	0,45	C35/45 ¹⁰⁾	320 ¹¹⁾	270	–	–
XM3	0,45	C35/45 ¹⁰⁾¹²⁾	320 ¹¹⁾	270	–	Einstreuen von Hartstoffen nach DIN 1100

Betonkorrosion durch aggressive chemische Umgebung

XA1	0,60	C25/30	280	270 ⁸⁾	–	–
XA2	0,50	C35/45 ⁷⁾⁸⁾¹⁰⁾	320 ⁸⁾	270	–	–
XA3 ¹⁴⁾	0,45	C35/45 ¹⁰⁾	320	270	–	–

¹⁾ Mindestdruckfestigkeitsklasse (min f_{ck}) gilt nicht für Leichtbeton.

²⁾ Bei 63 mm Größtkorn darf der Zementgehalt (min z) um 30 kg/m³ verringert werden.

³⁾ Für die Anrechnung von Zusatzstoffen sind die Bedingungen nach S. 49 ff. einzuhalten.

⁴⁾ Anforderungen an die Gesteinskörnungen, Widerstand gegen Frost bzw. Frost und Taumittel (siehe DIN EN 12620 und S. 42).

⁵⁾ Nur Anrechnung von Flugasche zulässig. Weitere Zusatzstoffe des Typs II dürfen zugesetzt, aber nicht auf den Zementgehalt oder den w/z-Wert angerechnet werden. Bei Zugabe von Flugasche + Silikastaub ist jegliche Anrechnung ausgeschlossen.

⁶⁾ Mittlerer Luftgehalt im Frischbeton unmittelbar vor dem Einbau: Größtkorn 8 mm ≥ 5,5 Vol.-%; Größtkorn 16 mm ≥ 4,5 Vol.-%; Größtkorn 32 mm ≥ 4,0 Vol.-%; Größtkorn 63 mm ≥ 3,5 Vol.-%. Einzelwerte dürfen diese Werte um max. 0,5 Vol.-% unterschreiten. LP-Beton ist BK-E zugeordnet.

⁷⁾ Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen (r < 0,30) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die Festigkeitsklasse ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. In diesem Fall darf Fußnote¹⁰⁾ nicht angewendet werden.

⁸⁾ Nach DAfStb-Richtlinie Massige Bauteile sind kleinere Grenzwerte möglich. Siehe auch Kapitel 8.5.

⁹⁾ Herstellung ohne Luftporen zulässig für erdfeuchten Beton mit w/z ≤ 0,40 sowie bei Anwendung von Zement CEM III/B für Meerwasserbauteile und Räumleraufbahnen unter Beachtung der Fußnote⁵⁾ auf S. 29, d. h. mit erhöhtem Mindestzementgehalt.

¹⁰⁾ Bei LP-Beton aufgrund gleichzeitiger Anforderung aus Expositionsklasse XF eine Festigkeitsklasse niedriger. In diesem Fall darf Fußnote⁷⁾ nicht angewendet werden.

¹¹⁾ Höchstzementgehalt 380 kg/m³, jedoch nicht bei Betonen ab C70/85.

¹²⁾ Obwohl zulässig, Anwendung von LP-Beton wegen der Oberflächenbehandlung bzw. der Einarbeitung von Hartstoffen nicht empfehlenswert.

¹³⁾ Flügelglätten des Betons

¹⁴⁾ Zusätzlicher Schutz des Betons erforderlich, ggf. besonderes Gutachten für Sonderlösung.

8 Sonderbetone und besondere Anwendungen

8.1 Wasserundurchlässige Bauteile und Bauwerke aus Beton

8.1

8.1.1 Anforderungen an Beton mit hohem Wassereindringwiderstand ^{1) 2)}

für Bauteildicke $d \leq 40$ cm	w/z $\leq 0,60$ z ³⁾ ≥ 280 kg/m ³ f _{ck} \geq C25/30
für Bauteildicke $d > 40$ cm	w/z $\leq 0,65$

¹⁾ Bei Nachweis des Wassereindringwiderstandes an Probekörpern sind Prüfverfahren und Konformitätskriterien zu vereinbaren.

²⁾ Im Geltungsbereich der WU-Richtlinie ist für wasserundurchlässige Betonbauwerke/-bauteile Beton mit hohem Wassereindringwiderstand zu verwenden (siehe Kapitel 8.1.2).

³⁾ Anrechenbarkeit von Zusatzstoffen auf den w/z-Wert bzw. Zementgehalt siehe S. 47 ff.

8.1.2 Festlegungen und Anforderungen nach WU-Richtlinie

Zuordnung der Beanspruchungsklassen

Beanspruchungsklasse 1	Beanspruchungsklasse 2
ständig oder zeitweise drückendes Wasser – Grundwasser, Schichtenwasser, Hochwasser oder anderes Wasser, das einen hydrostatischen Druck ausübt (auch zeitlich begrenzt)	Bodenfeuchte – kapillar im Boden gebundenes Wasser
WU-Dächer	an der Wand ablaufendes Wasser – nicht stauendes Wasser bei stark durchlässigem Boden

Zuordnung der Nutzungsklassen

Nutzungsklasse A	Nutzungsklasse B
– Standard für Wohnungsbau – Lagerräume mit hochwertiger Nutzung	– Einzelgaragen, Tiefgaragen – Installations- und Versorgungsschächte und -kanäle – Lagerräume mit geringen Anforderungen

Als höherwertige Anforderung dürfen in der Nutzungsklasse A keine Feuchtstellen auf der Bauteiloberfläche innen (luftseitig) als Folge eines Wasserdurchtritts auftreten. Feuchtstellen im Sinne der Richtlinie sind feuchtebedingte Dunkelfärbungen oder die Bildung von Wasserperlen.

Bei zusätzlichen Anforderungen an tauwasserfreie Bauteiloberflächen und/oder trockenes Raumklima sind planerisch raumklimatische (z. B. Heizung, Lüftung zur Abfuhr von Oberflächentauwasser) und bauphysikalische Maßnahmen (z. B. Wärmedämmung zur Vermeidung von Oberflächentauwasser) vorzusehen.

Bei WU-Bauteilen und wasserundurchlässigen Bauwerken ist die Anwendung der WU-Richtlinie ratsam. Diese muss dann vertraglich vereinbart werden und ist auch bei der Betonbestellung anzugeben.

Einen differenzierten Bezug zwischen Anforderungen, Raumklima und technischen Maßnahmen stellt das DBV-Merkblatt „Hochwertige Nutzung von Untergeschossen“ dar.

Anforderungen an den Beton und das Bauteil

Bauteil	Wände (Ortbeton)			Elementwände (Fertigteil mit Ortbetoneergänzung)				Bodenplatten (Ortbeton)		Dächer ohne Wärmedämmung	
										Ortbeton	Elementdecken mit Ortbetoneergänzung
Mindestdruckfestigkeitsklasse	C25/30 ¹⁾										
besondere Betoneigenschaft	hoher Wassereindringwiderstand										
Beanspruchungsklasse	1			2	1		2		1	2	
Mindestbauteildicke d_{\min} [mm]	240		200	240		240 (200 ²⁾)		250	150	200 ³⁾	240 ³⁾
Wasserzementwert äquivalent w/z_{eq}	$\leq 0,55$		$\leq 0,60$	$\leq 0,55$		$\leq 0,60$		$\leq 0,55$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	
ab Überschreiten der Mindestbauteildicke um mind. 15 % ($d_{\min} \cdot 1,15$)	$\leq 0,60$			$\leq 0,60$				$\leq 0,60$		$\leq 0,60$	
b_{wi} ⁴⁾ [mm] bzw. Ortbetoneergänzung	≥ 120	≥ 140	≥ 180	keine Anforderung	≥ 120	≥ 140	≥ 180	≥ 120	keine Anforderung	keine Anforderung	≥ 180 ³⁾
Größtkorn [mm]	8	16	32	keine Anforderung	8	16 ⁵⁾	32 ⁵⁾	keine Anforderung	keine Anforderung	keine Anforderung	keine Anforderung
Zusätzliche Parameter beachten	<ul style="list-style-type: none"> – Frischbetontemperatur – Hydratationswärme- und Festigkeitsentwicklung des Betons – besondere Nachbehandlungsmaßnahmen (kontrollierter Wärmeabfluss) 										
Anschlussmischung	<ul style="list-style-type: none"> – Größtkorn der Gesteinskörnung ≤ 8 mm, Höhe ≥ 300 mm – erforderlich bei freien Fallhöhen > 1 m – weitere Anforderungen bei Ausführung horizontaler Arbeitsfugen ohne zusätzliche Einbauteile, siehe WU-Richtlinie 										
Konsistenzklasse	F3 oder weicher, abhängig vom Einbauverfahren; zulässige Betoniergeschwindigkeit beachten (insbesondere bei F5, F6 und SVB)										

¹⁾ Bei Ausnutzung der Mindestbauteildicken ist in der Regel die zentrische Zugfestigkeit eines C30/37 rechnerisch anzusetzen.

²⁾ Unter Beachtung besonderer betontechnischer und ausführungstechnischer Maßnahmen.

³⁾ Bei Dächern mit Wärmedämmung können Werte um 20 mm reduziert werden.

⁴⁾ Lichtes Innenmaß b_{wi} zur Sicherstellung der Betonierbarkeit und eines fachgerechten Einbaus von innenliegenden Fugenabdichtungen. Die Werte b_{wi} gelten grundsätzlich zwischen den Bewehrungslagen und bei Elementwänden ohne Bewehrung in der Ortbetoneergänzung zwischen den Innenflächen der Fertigteilplatten.

⁵⁾ Anschlussmischung erforderlich.

8.2 Betone beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen nach DAfStb-Richtlinie

8.2

Bezeichnung	Flüssigkeitsdichter Beton (FD-Beton)	Flüssigkeitsdichter Beton nach Eindringprüfung (FDE-Beton)
Allgemein	Beton nach DIN 1045-2 mit vorgegebenen Anforderungen	Beton nach DIN 1045-2 mit Begrenzung (\leq FD-Beton) und Nachweis des Eindringverhaltens
Wassermenge	$(w/z)_{eq} \leq 0,50$	
Mindestdruckfestigkeitsklasse	C30/37	keine Angabe
Zemente	CEM I, CEM II-S, CEM II/A-D, CEM II/A-P, CEM II-V, CEM II-T, CEM II/A-LL, CEM II-M ¹⁾ , CEM III/A, CEM III/B	²⁾
Gesteinskörnung	– Größtkorn: 16 mm bis 32 mm – Sieblinienbereich: A/B – unlösliche Gesteinskörnung bei Beaufschlagung mit starken Säuren verwenden	– Größtkorn \leq 32 mm ²⁾
Zusatzstoffe	Polymerdispersionen: Wenn für Beton nach DIN 1045-2 zulässig, Feststoff- und Flüssiganteil bei $(w/z)_{eq}$ berücksichtigen. Flugasche nach DIN EN 450 und Silikastaub nach DIN EN 13263	²⁾
Zusatzmittel	als LP-Beton mit Luftporenbildner erlaubt	²⁾
Zementleimgehalt	$\leq 290 \text{ l/m}^3$ (inkl. angerechneter Zusatzstoffe)	keine Angabe
Fasern		mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung oder Stahlfasern nach DIN EN 14889; bei Stahlfaserbeton die DAfStb-Richtlinie beachten; ggf. Prüfung der Medienbeständigkeit im Riss erforderlich
Herstellung und Verarbeitung	– Konsistenz bei Einbau möglichst F3 – keine Neigung zum Bluten/Entmischen	keine Angabe
Nachbehandlung	– Nachbehandlung mind. 70 % der 28-Tage-Druckfestigkeit, jedoch nicht weniger als 7 Tage; chemische Nachbehandlungsmittel sind nicht zulässig	
Überwachung	Überwachungsklasse 2 für den Beton nach DIN 1045-3; Einstufung in BBQ-E (PK-E, BK-E, AK-E)	

¹⁾ Zulässig sind die Kombinationen CEM II/A-M (S-D), (S-P), (S-V), (S-T), (S-LL), (D-P), (D-V), (D-T), (D-LL), (T-LL), (P-V), (P-T), (P-LL), (V-T), (V-LL) sowie CEM II/B-M (S-D), (S-T), (D-T), (S-V), (D-V), (V-T)

²⁾ Abweichungen zu FD-Beton möglich, jedoch muss die Eindringtiefe FDE-Beton \leq FD-Beton sein.

Weitere Anforderungen an den Beton, z. B. Eindringverhalten, Schädigungstiefe, sowie an die Bemessung, Konstruktion, Bauausführung und Prüfung sind nach Richtlinie nachzuweisen.

Bei FDE-Beton ist für die Eindringprüfung mit einem Zeitaufwand von mehr als 2 Monaten zu rechnen.

8.3 Unterwasserbeton

Unterwasserbeton wird der BBQ-E (siehe Kapitel 2) und Überwachungsklasse 1¹⁾ zugeordnet. Hinweise zur Betontechnologie und Ausführung finden sich z. B. im Zement-Merkblatt Unterwasserbeton B 12²⁾.

Wasserzementwert ¹⁾	$w/z \leq 0,60$ ²⁾
Mindestzementgehalt ³⁾	$\geq 350 \text{ kg/m}^3$ ^{3) 4)}
D_{upper} ⁵⁾	$\leq 1/6$ des Innendurchmessers des Kontraktor- oder Pumprohres
Konsistenz ^{6) 7)}	Zielwerte im Bereich $f = 550 \text{ mm} - 650 \text{ mm}$ haben sich bewährt

¹⁾ Bei der Anrechnung von Zusatzstoffen kann ein k-Wert von 0,7 angesetzt werden. Die Anrechnung ist nur bei bestimmten Zementen erlaubt (siehe auch Kapitel 5.2.1).

²⁾ Kleinere Werte können durch andere Beanspruchungen erforderlich werden, wie z. B. die Expositionsklasse XA2.

³⁾ Mindestgehalt bei Verwendung von Flugasche aus der Summe Zement + Flugasche ohne Ansatz eines Anrechnungsfaktors. Der Mindestgehalt an Zement muss dabei $\geq 270 \text{ kg/m}^3$ betragen.

⁴⁾ Normativer Mindestgehalt für Betone mit Größtkorn 32 mm; Es empfiehlt sich den angegebenen Mindestwert auch bei kleinerem Größtkorn nicht zu unterschreiten.

⁵⁾ In Anlehnung: Anhang D der DIN 1045-2

⁶⁾ Der Beton muss so beschaffen sein, dass er beim Einbringen als zusammenhängende Masse fließt, damit er auch ohne Verdichtung ein geschlossenes Gefüge erhält.

⁷⁾ Für tragende Bauteile normativ i. Allg. $\geq F4$. Aus einbautechnischen Gründen empfiehlt es sich jedoch den o. g. Bereich der Zielkonsistenz anzustreben.

8.4 Bohrpfehlbeton

Bohrpfähle^{3) 4)} sind nach DIN EN 1536:2010-12 und DIN SPEC 18140:2012-02 auszuführen. Für Beton und deren Ausgangsstoffe gilt Anhang D der DIN 1045-2.

¹⁾ Überwachungsklasse 2, wenn z. B. die Expositionsklasse, die Druckfestigkeitsklasse oder eine andere besondere Eigenschaft hierzu führt.

²⁾ www.beton.org/betonbau/planungshilfen/zementmerkblaetter

³⁾ Ohne Mikropfähle. Hier gilt laut MVV TB 2025/1 die DIN EN 14199:2012-01 und DIN SPEC 18539:2012-02. Nach DIN 1045-2 gilt zusätzlich: $D_{\text{upper}} \leq 16 \text{ mm}$ bzw. $1/4$ des lichten Abstandes zwischen den Längsstäben; Mindestmehlkorngehalt auf 375 kg/m^3 .

⁴⁾ Ohne Verdrängungspfähle. Hier gilt laut MVV TB 2025/1 DIN EN 12699:2001-05, DIN EN 12699 Ber. 1:2010-11 und DIN SPEC 18538:2012-02. Nach DIN 1045-2 gelten die gleichen Mindestwerte des Zementgehaltes und des Mehlkorngehalts wie für Bohrpfähle (siehe Tabelle Kapitel 8.4.1). $D_{\text{upper}} \leq 32 \text{ mm}$ bzw. $1/3$ des lichten Abstandes zwischen den Längsstäben.

8.4.1 Betonausgangsstoffe

Folgende Zemente ^{1) bis 5)} nach DIN EN 197-1 bzw. DIN EN 197-5:

- ▶ Portlandzement CEM I
- ▶ Portlandhüttenzement CEM II/A-S, II/B-S
- ▶ Portlandsilicastaubzement CEM II/A-D
- ▶ Portlandpuzzolanzement CEM II/A-P, II/B-P
- ▶ Portlandflugaschezement CEM II/A-V, II/B-V
- ▶ Portlandschieferzement CEM II/A-T, II/B-T
- ▶ Portlandkalksteinzement CEM II/A-LL
- ▶ Portlandkompositzement CEM II/A-M (S-V), CEM II/B-M (S-V);
CEM II/A-M (S-LL, V-LL, T-LL), CEM II/B-M (S-LL, V-LL, T-LL), CEM II/C-M (S-LL)
- ▶ Hochofenzement CEM III/A, III/B, III/C

Bohrpfahlherstellung / Einbringungsbedingung	Zementgehalt ¹⁾	Mehlkorngehalt		max. D_{upper} ^{2) 3)}
		Grobe Gesteinskör- nung $D_{lower} > 8 \text{ mm}$ ⁴⁾ $D_{upper} > 8 \text{ mm}$ ²⁾	Grobe Gesteinskör- nung $D_{lower} \geq 4 \text{ mm}$ ⁴⁾ $D_{upper} \leq 8 \text{ mm}$	
trocken	$\geq 325 \text{ kg/m}^3$			32 mm bzw. 1/4 von s_L ⁵⁾
unter Wasser	$\geq 375 \text{ kg/m}^3$	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$	$\geq 450 \text{ kg/m}^3$	
mit Stützflüssigkeit				

¹⁾ Bei Verwendung von Flugasche aus der Summe Zement + Flugasche ohne Ansatz eines Anrechnungsfaktors. Der Mindestzementgehalt beträgt dabei für Größtkorn 32 mm 270 kg/m^3 und für Größtkorn 16 mm 300 kg/m^3 .

²⁾ D_{upper} darf 32 mm nicht überschreiten, bzw. $1/4 s_L$ ⁵⁾

³⁾ Einbau unter Wasser: $\leq 1/6$ des Innendurchmessers des Contractor- oder Pumprohres

⁴⁾ D_{lower} ist anzugeben

⁵⁾ s_L = lichter Stababstand der Längsstäbe

¹⁾ Regelung nach DIN 1045-2.

²⁾ Diese müssen zusätzlich auch der festgelegte Expositionsklassen genügen (z. B. bei XA und hohen Sulfatgehalten im Boden / Grundwasser)

³⁾ Zusätzliche Zemente nach DIN 1164-10, DIN 1164-11, DIN EN 197-5 und DIN EN 14216 sind möglich, wenn Eignung nach Anhang D, DIN 1045-2 nachgewiesen.

⁴⁾ Sulfathüttenzement oder Calciumaluminatsulfatzement dürfen in Gründungen nur verwendet werden, wenn das Eluat nach MVV TB untersucht wird.

⁵⁾ Tonerdeschmelzzement darf nach DIN EN 1536 nicht verwendet werden.

8.4.2 Betontechnologie

Anforderungen und Notwendigkeiten ¹⁾ werden an Festlegung und Annahme gestellt;

- › hohen Widerstands gegen Entmischung;
- › einer ausreichenden Plastizität;
- › guten Zusammenhaltevermögens;
- › gute Fließfähigkeit;
- › angemessenen Verdichtung über die Schwerkraft;
- › eine ausreichende Verarbeitbarkeit für die Dauer des Betonierens und das Ziehen einer vorübergehenden Verrohrung.

Bohrpfahlherstellung / Einbringungsbedingung	Druckfestigkeitsklasse	w/z- Wert	Ausbreitmaß ⁵⁾	Setzmaß ⁸⁾
trocken	≥ C20/25 bis C45/55 ^{3) 4)}	≤ 0,60 ^{4) 6)}	500 mm	150 mm
unter Wasser ¹⁾			560 mm	180 mm
mit Stützflüssigkeit ²⁾			600 mm	200 mm

¹⁾ im Contractor-Verfahren als Pumpbeton oder mit Contractor-Rohr eingebracht (DIN 1045-2 Anhang D3)

²⁾ im Contractor-Verfahren eingebracht (DIN 1045-2 Anhang D3)

³⁾ Für Primärpfähle bei Bohrspfahlwänden ist < C20/25 erlaubt (DIN EN 1536:2010-12).

⁴⁾ Mindestanforderung aus der Expositionsklassen müssen erfüllt sein

als Zielwertwert angeben, z. B. unter Wasser eingebrachter Bohrspfahlbeton ohne Stützflüssigkeit: $f = 560 \text{ mm} \pm 30 \text{ mm}$

⁵⁾ Bei Verwendung von Flugasche ⁷⁾ ist $(w/z)_{eq}$ mit $k_f = 0,7$ anzusetzen. Der Mindestzementgehalt nach Kapitel 8.4.1 ist zu beachten.

⁷⁾ Anrechnung unzulässig bei CEM II/B-V, CEM II/B-P, CEM III/C und CEM III/B mit > 70 M-% Hüttensand

⁸⁾ Als Zielwertwert mit Toleranz anzugeben nach DIN 12350-2; z. B. bei Einbau unter Wasser: $s = 180 \text{ mm} \pm 30 \text{ mm}$.

Alternativ kann aber auch ein Setzfließmaß mit Toleranz vereinbart werden.

8.4.3 Überwachung und Dokumentation

- › Für die BBQ gilt nach DIN 1045-1000 (PK-E, BK-N, AK-E, BBQ-E).
- › Überwachungsklasse 1 nach DIN SPEC 18140:2012-02 mit Zusatzanforderungen ²⁾
- › Druckfestigkeitsprüfungen: in DIN SPEC 18140:2012-02 geregelt ³⁾
- › Frischbetonprüfungen: in DIN EN 1536:2010-12 geregelt ^{4) 5)}

¹⁾ Bestimmte Eigenschaften können durch Zement- und Zusatzstoffwahl verbessert werden.

²⁾ Die Überwachung durch eine anerkannte Überwachungsstelle ist nur für Betone der Überwachungsklassen 2 durchzuführen. Überwachungsklasse 2 nur dann, wenn z. B. zusätzlich mindestens die Expositionsklassen, die Druckfestigkeitsklasse oder eine andere besondere Eigenschaft hierzu führt, z. B. Bohrspfahlbeton ≥ C30/37.

³⁾ Druckfestigkeitsprüfung als werkseigene Produktionskontrolle ist durchzuführen: ≥ 3 Proben je ≤ 300 m³ oder je 3 Betoniertage.

⁴⁾ Prüfanzahl gemäß bautechnischen Unterlagen. Hinweis: Siehe Anhang B der DIN EN 1536:2010-12.

Hier finden sich ausführliche Hinweise und Beispiele für die Kontrolle der gesamten Bohrspfahlherstellung.

⁵⁾ Aufzeichnungen aller Betonprüfungen sind aufzubewahren. Ergebnisse sind im Betonierprotokoll zu vermerken.

8.5 Massige Bauteile

8.5

Bei Bauteilen mit ≥ 80 cm kleinster Bauteilabmessung (massige Bauteile) ist die DAfStb-Richtlinie ¹⁾ anzuwenden ²⁾. Hinweise zur Betontechnologie und Ausführung finden sich z. B. im Zement-Merkblatt Massige Bauteile aus Beton B 11 ³⁾.

Massige Bauteile werden in die BBQ-E (PK-E, BK-N, AK-E) und ÜK 2 eingeteilt.

Folgende betontechnologischen Punkte sind u. a. geregelt bzw. empfehlenswert:

- ▶ Zemente mit geringem Klinkeranteil, klinkereffiziente Zemente und Zemente mit niedriger Hydrationswärmeentwicklung ⁵⁾ (z. B. CEM III, LH- oder ggf. VLH-Zemente)
- ▶ Zemente mit geringer Festigkeitsklasse (z. B. 32,5)
- ▶ Zemente mit angemessener Festigkeitsentwicklung (z. B. 32,5 L, 32,5 N, 42,5 L, 42,5 N)
- ▶ Einsatz von Flugasche
- ▶ Die Begrenzung der Mindest-Leimvolumen nach DIN1045-2 gilt für massige Bauteile nicht.
- ▶ Betone mit langsamer oder sehr langsamer Festigkeitsentwicklung ⁴⁾
- ▶ Begrenzung der Frischbetontemperatur ^{5) 6)}
- ▶ Einteilung mindestens in die Feuchtigkeitsklasse WF
- ▶ abweichendes Prüfalter für die Druckfestigkeit ist statthaft ¹⁾ und empfehlenswert (i. d. R. 56 d, aber auch 91 d möglich)
- ▶ Nach DAfStb-Richtlinie ¹⁾ ist ab 200 m³/Betoniertag: 1 Probekörper je 200 m³ für die Druckfestigkeit mindestens erforderlich; Unabhängig hiervon ist immer eine Prüfserie von 3 Probekörpern je Beton und Betoniertag erforderlich.

¹⁾ DAfStb-Richtlinie Massige Bauteile aus Beton-2010-04

²⁾ siehe MVV TB

³⁾ www.beton.org/betonbau/planungshilfen/zementmerkblaetter

⁴⁾ Eine sehr langsame Festigkeitsentwicklung wird ggf. bei sehr dicken Bauteilen erforderlich.

⁵⁾ Diese dienen i. W. der Reduzierung von frühen Zwangs infolge Hydrationswärmeentwicklung und der Vermeidung sekundärer Ettringitbildung. Grundsätzlich sollten neben betontechnologischen Maßnahmen auch die Objekt- und Tragwerksplanung sowie die Bauausführung darauf abgestellt sein.

⁶⁾ Empfehlung: ≤ 25 °C; Ggf. erforderliche Kühlmaßnahmen fallen dann in den Bereich der „Besonderen Leistungen“ nach VOB/C, da die in der DIN 1045-3 genannte 30 °C unterschritten werden.

Grenzwerte der Zusammensetzung

Die Tabelle gilt für die Anwendung nach DAfStb-Richtlinie Massige Bauteile aus Beton. Sie zeigt mögliche Abweichungen gegenüber DIN 1045-2 (Beton nach Eigenschaften). Die Richtlinie ist nach MVV TB für massige Bauteile verpflichtend. Für Meerwasserbauwerke XS2 gelten Regelungen wie XD2. Für XS3 gelten die Regelungen wie XD3.

Expositions- klasse	w/z ohne LP	w/z mit LP	Mindestdruck- festigkeit ohne LP	Mindestdruck- festigkeit mit LP	Mindest- zementgehalt ohne Anrechnung von Zusatzstoffen [kg/m ³]	Mindest- zementgehalt mit Anrechnung von Zusatzstoffen [kg/m ³]
XD2	0,50	0,50	C30/37	C25/30	300	270
XD3	0,45	0,45	C35/45	C30/37	300	270
XD3	0,50 ¹⁾	0,50 ¹⁾	C30/37 ¹⁾	C25/30 ¹⁾	300	270
XF2	0,50 ²⁾	0,55 ²⁾	C30/37	C25/30	300	270 ²⁾
XF3	0,50 ²⁾	0,55 ²⁾	C30/37	C25/30	300	270
XF4	–	0,50 ²⁾	–	C30/37	300	270 ²⁾
XA1	0,60	0,60	C25/30	C25/30	280	240
XA2	0,50	0,50	C30/37	C25/30	300	270

¹⁾ Bei Verwendung von CEM II/B-V, CEM III/A oder CEM III/B ohne oder mit Flugasche als Betonzusatzstoff oder bei anderen Zementen der Tabellen im Kapitel 3.3.1 und 3.3.2 in Kombination mit Flugasche als Betonzusatzstoff, wobei der Mindestflugaschegehalt 20 % (Massenanteil) von (z+f) betragen muss. Bei der Wahl des Zementes ist dessen Eignung für die zutreffende Expositionsklasse zu beachten.

²⁾ 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 Wasserzementwert angerechnet werden. Bei gleichzeitiger Zugabe von Flugasche und Silikastaub ist eine Anrechnung auch für die Flugasche ausgeschlossen.

8.6 Stahlfaserbeton

In DIN 1045-2 ist die Verwendung von Stahlfasern nach DIN EN 14889-1 ¹⁾ geregelt. Bei Ausnutzung der Tragwirkung der Stahlfasern in tragenden und aussteifenden Betonbauteilen sind zusätzlich die Regelungen der DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“ zu beachten.

Stahlfaserbetone	Betonklasse
ohne Ausnutzung der Tragwirkung	BK-N
nach Leistungsklasse ¹⁾	BK-E

¹⁾ nach DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“

¹⁾ Stahlfasern nach DIN EN 14889-1 mit Zinkbeschichtung dürfen nicht in Beton verwendet werden, es sei denn, es wurde nachgewiesen, dass die Bildung von Wasserstoff im Beton verhindert wird.

Geregelt ist damit die Anwendung von Stahlfaserbeton für

- › Tragwerke des Hoch- und Ingenieurbaus aus Stahlfaserbeton und Betonstahlbewehrung
- › Faserzugabe im Herstellwerk (ggf. dortige Zugabe in Fahrmischer)
- › Herstellung und Überwachung als „Beton nach Eigenschaften“.

Die Richtlinie Stahlfaserbeton des DAfStb gilt bis auf Weiteres nicht für

- › Bauteile aus vorgespanntem Stahlfaserbeton
- › gefügedichten und haufwerksporigen Leichtbeton
- › Betone mit Druckfestigkeiten $\geq C55/67$
- › Stahlfaserbeton ohne Betonstahlbewehrung bei XD2, XD3, XS2, XS3, wenn Fasern rechnerisch in Ansatz gebracht werden
- › selbstverdichtenden Beton
- › Stahlfaserspritzbeton
- › nichttragende Bauteile.

Stahlfaserbeton mit Betonstahlbewehrung ist in allen Expositionsclassen verwendbar und in den rechnerischen Grenzzuständen zu berücksichtigen.

8.6.1 Leistungsklassen von Stahlfaserbeton

Bei Beton nach Eigenschaften ist bei Stahlfaserbeton zusätzlich die Leistungsklasse anzugeben:

- › Leistungsklasse des Stahlfaserbetons (L1 / L2), z.B. L1,2/0,9

Im Rahmen der Erstprüfung wird eine Biegeprüfung an Stahlfaserbetonbalken durchgeführt, um eine Zuordnung zur Leistungsklasse zu ermöglichen. Dabei ergibt die Ablesung der Spannungswerte bei 0,5 mm und bei 3,5 mm Durchbiegung die charakteristischen Nachrissbiegezugfestigkeiten L1 für die „kleine Verformung“ (hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit) und L2 für die „große Verformung“ (hinsichtlich Tragfähigkeitsbemessung).

Die möglichen Zahlenwerte der Leistungsklassen L1 und L2 sind folgende:

- › 0,4^{a)} | 0,6 | 0,9 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 2,1 | 2,4 | 2,7^{b)} | 3,0^{b)}

Die Werte L1 und L2 unterscheiden sich in der Praxis um ca. 0,3 (N/mm²) bis 0,6 (N/mm²), so dass sich Leistungsklassen ergeben können von z. B. L1,2/0,9 oder gar L2,7/2,1.

^{a)} nur für flächenhafte Bauteile ($b > 5h$)

^{b)} Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder Zustimmung im Einzelfall erforderlich

Bezeichnungsbeispiel nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2:

- ▶ Stahlfaserbeton C20/25, L1,8/1,5, XC2, WF

Bei Festlegung durch Leitungsklassen ist weder Menge noch Art der Fasern definiert.

8.6.2 Hinweise zur Herstellung und Qualitätssicherung von Stahlfaserbeton

Auf dem Lieferschein für „Beton nach Eigenschaften“ muss neben den grundlegenden Angaben und der Leistungsklasse auch die Art und Menge der Fasern angegeben sein. Unter Art wird der Typ sowie die Bezeichnung der Stahlfaser verstanden, die vom Hersteller angegeben wird. Der alleinige Bezug auf DIN EN 14889-1 ist nicht ausreichend.

Aus der Angabe L1 der Leistungsklasse folgt zwangsläufig die Zuordnung zur Überwachungsklasse:

- ▶ $L1 \leq 1,2$: Überwachungsklasse 1, falls nicht höher wegen anderer Eigenschaften.
- ▶ $L1 > 1,2$: Überwachungsklasse 2. Zusätzlich zu DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 regelt die Richtlinie Stahlfaserbeton im Teil 3 die Aufgaben der Baustelle bei der Überwachungsprüfung des Betons.

Anforderungen an die im Herstellwerk unterzumischenden Fasern:

- ▶ Gestalt mit formschlüssiger, mechanischer Verankerung.
- ▶ Lose (vereinzelte) Stahlfasern nach DIN EN 14889 Fasern für Beton, Teil 1.
- ▶ CE-Kennzeichnung der Faser-Gebinde.
- ▶ Verklebte Fasern oder Fasern in Dosierbeuteln benötigen weiterhin eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.
- ▶ Stahlfasern mit Zinkbeschichtung dürfen nicht in Beton verwendet werden. (Ausnahme: Nachweis, dass die Bildung von Wasserstoff im Beton verhindert wird)
- ▶ Als geeignet gelten Stahlfasern mit einer Leistungserklärung auf der Grundlage von DIN EN 14889-1, sofern die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Merkmale erklärt und die geforderte Leistung erfüllt sind und deren Leistungsbeständigkeit mit dem AVCP-System „1“ nachgewiesen worden ist.

Produktmerkmal	Erforderliche Leistung/Angabe ¹⁾
Zugfestigkeit der Fasern	Deklariertes Wert in Abhängigkeit von der Fasergruppe
Elastizitätsmodul	Deklariertes Wert
Einfluss auf die Konsistenz (Verarbeitbarkeit) von Beton	Deklariertes Wert
Einfluss auf die Festigkeit von Beton	Deklarierte Werte
Fasergruppe	Herstellerangabe
Faserform	Herstellerangabe
Bündelung der Fasern	Herstellerangabe bezüglich Art der Bündelung (Unschädlichkeit bei geklebten oder in einer Dosierverpackung zugegebenen Stahlfasern)
Beschichtete Fasern	Herstellerangabe bezüglich Art und Menge der Beschichtung
Maße und zulässige Abweichungen	Herstellerangaben; Einhaltung der zulässigen Abweichungen nach Tabelle 1
Verformbarkeit der Fasern	Herstellerangabe, sofern erforderlich

¹⁾ Produktmerkmale beschrieben in DIN EN 14889-1:2006-11, Bei Bündelung sind die erforderlichen Dokumentationsunterlagen zu beachten.

Bei der Stahlfaserbeton-Anwendung sind technologisch zu berücksichtigen:

- Zusätzlicher Dosiervorgang in den Mischer.
- Mischzeit ≥ 1 min, im Fahrmischer ≥ 1 min/m³.
- Faservereinzelung muss gesichert sein.
- Rücksteifen durch Faserzugabe zwischen 2 cm und 10 cm (Konsistenzausgleich durch BV, FM, erhöhten Zementleimgehalt).
- Evtl. erschwertes Pumpen.
- Verdichtungsaufwand nimmt etwas zu.
- Stahlfaserlänge darf maximal das 2-fache des engsten Abstands der Bewehrungsstäbe betragen.
- Teilweise Ersatz der Betonstahlbewehrung.

8.7 Spritzmörtel und Spritzbeton

8.7.1 Regelwerk

Die Anforderungen an Spritzbeton und deren Ausgangsstoffe sind geregelt in:

- DIN EN 14487-1 „Spritzbeton – Teil 1: Begriffe, Festlegungen und Konformität“
- DIN EN 14487-2 „Spritzbeton – Teil 2: Ausführung“
- DIN 18551 „Spritzbeton – Nationale Anwendungen zur Reihe DIN EN 14487 und Regeln für die Bemessung von Spritzbetonkonstruktionen“ ¹⁾
- DIN EN 14488 (Prüfverfahren)
- DIN 18314 Spritzbetonarbeiten (bei VOB-Verträgen) ²⁾
- ZTV-ING (bei Spritzbetonen im Tunnelbau) ³⁾

In der Instandhaltung und -setzung gelten zusätzlich:

- TR-Instandhaltung Teil 1 und 2 ⁴⁾
- DAfStb-Richtlinie-Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen ⁴⁾
- 1. und 3. Berichtigung der vorgenannten Instandsetzungsrichtlinie des DAfStb ⁴⁾
- ZTV-ING (bei Instandsetzungen) ³⁾
- ZTV-W LB 219 (bei Instandsetzungsmaßnahmen) ³⁾

8.7.2 Anwendungen und Verfahren

Anwendungen ⁵⁾:

- Verstärken von tragenden und nichttragenden Bauteilen
- Instandsetzung von tragenden und nichttragenden Bauteilen
- Böschungs-, Baugruben- und Hangsicherung
- Schacht- und Bergbau
- Hohlraumverfüllung
- Bodenverfestigung

¹⁾ Gilt für Bauteile in Spritzbetonbauweise aus bewehrtem Normal- oder Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge nach DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA, DIN 1045-2 und DIN 1045-3.

²⁾ unter Beachtung DIN 18349 Betonerhaltungsarbeiten (VOB/C)

³⁾ sofern bauvertraglich vereinbart

⁴⁾ Es wird empfohlen das DAfStb-Heft 638 zu nutzen. Hier werden die jeweils gültigen Teile der TR-Instandhaltung und der DAfStb-Richtlinie zusammengeführt.

⁵⁾ Eine Ausführung mit Stahlfasern ist normativ möglich.

	Trockenspritzverfahren	Nassspritzverfahren
Bereitstellungsgemisch (Grundmischung)	<ul style="list-style-type: none"> – Trockenbeton – erdflechter Beton mit max. 4% Feuchte 	– Nassgemisch
Förderung	– Dünnstrom	– Dichtstrom ¹⁾
Zugabe im Düsenbereich	<ul style="list-style-type: none"> – Wasser – ggf. Beschleuniger – ggf. Rückprallminderer 	<ul style="list-style-type: none"> – Druckluft – Beschleuniger ²⁾

¹⁾ nur Sonderfällen auch Dünnstrom möglich

²⁾ Zugabe i. d. R. an der Düse.

8.7.3 Beton- und Mörtel Eigenschaften und Zusammensetzung

Grundmischung

Eigenschaft	Trockenspritzverfahren
Zement	– Nach DIN EN 197-1, nach den Normen der Reihe DIN 1164 oder Zement mit abZ
Mindestzementgehalt ¹⁾	– 300 kg/m ³
Zugabewasser	– nach DIN EN 1008
Zusatzmittel	<ul style="list-style-type: none"> – nach DIN EN 934-2 – granulatartige pulverförmige Zusatzmittel nur mit abZ / ETA – maximale Dosierung, außer Erstarrungsbeschleuniger (BE): 5 M.-% v. Z. – Beschleuniger ≤ 80 ml/kg Zement – Verwendung von Zusatzmitteln mit Gesamtchloridgehalt > 0,10 % nur mit besonderem Nachweis – Bei alkaliempfindlicher Gesteinskörnung darf die Erhöhung des Na₂O-Äquivalents durch Zusatzmittel, bezogen auf die vom Hersteller empfohlene Höchstdosierung, maximal 0,02 M.-% v. Z. betragen
Zusatzstoffe ²⁾	– nach 1045-2 oder mit abZ
Konsistenz der Grundmischung (nass)	<ul style="list-style-type: none"> – Konsistenzklasse nach DIN 1045-2 ist festzulegen ³⁾. – Bei faserverstärkten Spritzbeton ist diese durch Vebe-Prüfung oder Ausbreitmaß zu ermitteln.
Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> – Temperatur der Grundmischung vor der Anwendung: 5°C-30°C – unter -3°C Lufttemperatur: Betontemperatur beim Spritzen: ≥ 10°C

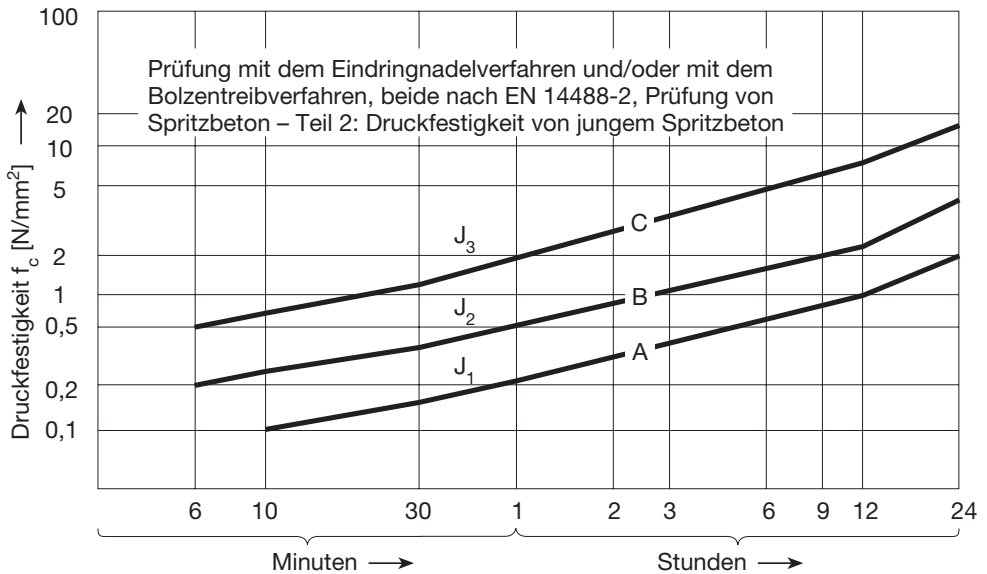
¹⁾ Bewährt hat sich ein Zementgehalt von 360 bis 400 kg/m³ (Rückprallbegrenzung).

²⁾ einschließlich mineralischer Füllstoffe und Pigmente

³⁾ in Abhängig von Förderart und Auftragsverfahren

Frühfestigkeitsentwicklung

Junger Spritzbeton wird einer von drei Klassen der Frühfestigkeitsentwicklung (J_1 , J_2 und J_3) durch drei Punkte zugeordnet (Druckfestigkeit gegenüber Zeit) in den Zeitintervallen 0 h bis 1 h; 4 h bis 6 h; 12 h bis 24 h im nachstehenden Diagramm. Dabei entspricht J_1 dem Bereich A/B, J_2 dem Bereich B/C und J_3 dem Bereich oberhalb C:



8.7.4 Ausführung und Überwachung

- ▶ Unabhängig von der Festigkeitsklasse gelten die Bedingungen der Überwachungskategorie 2 nach DIN 1045-3.
- ▶ Der Umfang der Überwachung hängt von der nach DIN EN 14487-1 festgelegten Überwachungskategorie ^{1) 2)} ab. Für die Kontrolle der Festbetoneigenschaften gelten die Anforderungen aus Tabelle 12 in DIN EN 14487-1

¹⁾ Der Planer muss die Kategorie festlegen.

²⁾ Beton nach Zusammensetzung: Überwachungskategorie 1, Beton nach Eigenschaften Überwachungskategorie 1 bis 3

8.8 Nachhaltiger Beton

8.8

Ausführliche Angaben hierzu finden sich unter www.nachhaltig-bauen-mit-beton.de.

Betontechnologisch führen vor allem der Einsatz klinkereffizienter Zemente und der Einsatz rezyklierter Gesteinskörnung zur Erhöhung der Nachhaltigkeit.

8.8.1 Klinkereffiziente Zemente

Hierzu zählen Zemente mit einem reduzierten Klinkeranteil. Die Betone erreichen dadurch eine deutliche CO₂-Minderung des GWP¹⁾. Dieser geht neben weiteren Kriterien in die Umweltproduktdeklarationen (EPD) von Zementen und Betonen ein. Die EPDs finden sich unter www.beton.org/betonbau/planungshilfen/umweltproduktdeklarationen.

Als praxisnahe Arbeitshilfe zur Vorplanung der CO₂-Emissionen und der Festlegung bestimmter Zemente steht der „Klimaschutzkonfigurator“ zur Verfügung: www.nachhaltig-bauen-mit-beton.de/klimaschutz-konfigurator.

8.8.2 Ressourcenschonender Beton

Ressourcenschonende Betone sind i. W. dadurch charakterisiert, dass bei ihnen die erforderlichen Ausgangsstoffe, die aus natürlichen Ressourcen (z. B. Wasser und Gesteinskörnungen) bestehen, durch wiedergewonnene, rezyklierte Baustoffe teilweise oder ganz substituiert werden. Frischbetonrecycling und Restwasseraufbereitung tragen auch zur Ressourcenschonung bei (siehe Begriffe).

- ▶ Die Einteilung in die BBQ ergibt sich gemäß Tabelle im Abschnitt 2.1 Zeilen 37 bis 39.
- ▶ Die Anforderungen an die Gesteinskörnungen finden sich im Abschnitt 4.2.
- ▶ Für Betone abweichend von BK-N und BK-E ist ein Verwendbarkeitsnachweis erforderlich. BK-S ist abweichend.
- ▶ Die Verwendung von Korngemischen rezyklierter Gesteinskörnung ist nicht erlaubt
- ▶ Da sich alle Angaben hier auf Volumenanteile beziehen (V-%), muss beim Mischungsentwurf bei der Ermittlung der Masse auf die unterschiedlichen Dichten von natürlicher (z. B. 2,6 kg/m³) und rezyklierter Gesteinskörnung (z. B. 2,3 kg/m³) geachtet werden.

Beton mit rezyklierten Gesteinskörnung der BK-N - Austausch grobe Gesteinskörnung ≤ 25 V-% bei sortenreiner Verendung Typ 1 oder Typ 2

- ▶ Austausch der groben Gesteinskörnung von 25 V-% bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung
- ▶ Bei vorgenanntem Austausch der groben Gesteinskörnung: Verwendung bis C50/60 (Betonfamilienprinzip darf angewandt werden) in Feuchtigkeitsklassen WO und WF

¹⁾ Global Warming Potential

- ▶ Feine rezyklierte Gesteinskörnungen des Typs 1 aus gleicher Produktion der groben rezyklierten Gesteinskörnung Typ 1 darf verwendet werden (Zusammensetzung nach DIN EN 933-11).
- ▶ Dabei darf das Gesamtvolumen rezyklierten Gesteinskörnung 25 V-% nicht übersteigen.
- ▶ Anteil der feinen rezyklierten Gesteinskörnung \leq Anteil der groben rezyklierten Gesteinskörnung. Das Verhältnis darf nicht größer sein als der Anteil der gesamten feinen Gesteinskörnung zum Anteil der gesamten groben Gesteinskörnung.
- ▶ Feine rezyklierte Gesteinskörnung des Typs 2 darf nicht verwendet werden.

Beton mit rezyklierten Gesteinskörnung der BK-E - Austausch grobe Gesteinskörnung > 25 V-% bis maximal 45 V-% bei sortenreiner Verwendung Typ 1 oder Typ 2

- ▶ Nachfolgende Tabelle zeigt den möglichen Einsatz von groben rezyklierten Gesteinskörnern bei tragenden und aussteifenden Bauteilen.
- ▶ Zusätzlich gilt, dass die feine rezyklierte Gesteinskörnungen des Typs 1 \leq 20 V-% von 45 V-% der austauschbaren rezyklierten Gesteinskörnung eingesetzt werden darf (Tabelle E5 DIN 1045-2).

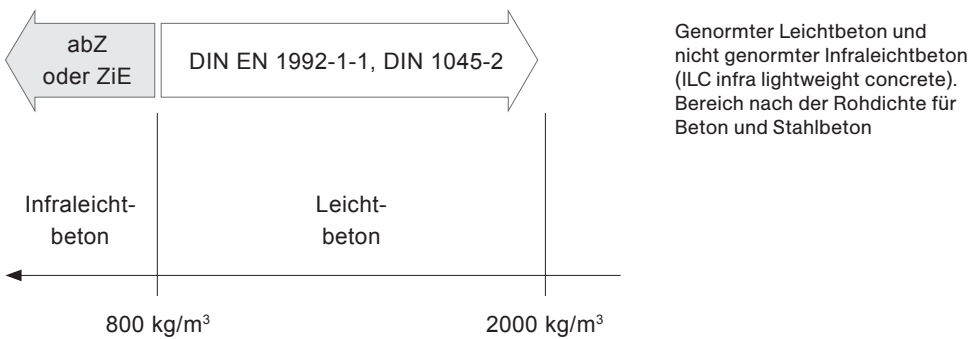
Für beide Regelungen gilt, dass der Anteil der feinen rezyklierten Gesteinskörnung bezogen auf den Anteil der groben rezyklierten Gesteinskörnung dabei nicht größer sein darf als der Anteil der gesamten feinen Gesteinskörnung bezogen auf den Anteil der gesamten groben Gesteinskörnung.

- ▶ Frischbetonrecycling und Restwasseraufbereitung tragen auch zur Ressourcenschonung bei (siehe Begriffe).

Anwendungsbereich		Kategorie der groben Gesteinskörnung	
Feuchtigkeitsklasse (DIN 1045-2 + DAFStb-Alkali-Richtlinie)	Expositionsklassen und andere Betonanforderungen	Typ 1 Betonsplitt	Typ 2 Bauwerkssplitt
WO	X0, XC1	\leq 45 Vol.-% ¹⁾	\leq 35 Vol.-%
	X0, XC1 bis XC4		
WF	XF1, XF3, Beton mit hohem Wassereindring- widerstand	\leq 45 Vol.-%	\leq 35 Vol.-%
	chemischer Angriff (XA1)	\leq 25 Vol.-%	\leq 25 Vol.-%
WA (nur mit E I-S Gesteinskörnung)	XD1, XD2, XS1, XS2 XF2, XF4	\leq 30 Vol.-%	\leq 20 Vol.-%
Druckfestigkeitsklasse	\leq C30/37 (> 25 Vol.-% bis 45 Vol.-%),		

¹⁾ Es dürfen feine rezyklierte Gesteinskörnungen des Typs 1 \leq 20 V-% der austauschbaren rezyklierten Gesteinskörnung eingesetzt werden, sofern sie aus einer Produktion grober rezyklierten Gesteinskörnung Typ 1 stammen (Zusammensetzung nach DIN EN 933-11). Dabei darf das Gesamtvolumen rezyklierten Gesteinskörnung 45 % Volumenanteil nicht übersteigen. Der Anteil der feinen rezyklierten Gesteinskörnung bezogen auf den Anteil der groben rezyklierten Gesteinskörnung darf dabei nicht größer sein als der Anteil der gesamten feinen Gesteinskörnung bezogen auf den Anteil der gesamten groben Gesteinskörnung.

9 Leichtbeton



9.1 Leichtbeton nach Norm

9.1

9.1.1 Druckfestigkeitsklassen für Leichtbeton

Druckfestigkeitsklasse	$f_{ck,cyl}^{1)}$ [N/mm ²]	$f_{ck,cube}^{2)}$ [N/mm ²]
LC8/9	8	9
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC35/38	35	38
LC40/44	40	44
LC45/50	45	50
LC50/55	50	55
LC55/60 ³⁾	55	60
LC60/66 ³⁾	60	66
LC70/77 ^{3) 4)}	70	77
LC80/88 ^{3) 4)}	80	88

¹⁾ $f_{ck,cyl}$: charakteristische Festigkeit von Zylindern, Durchmesser 150 mm, Länge 300 mm, Alter 28 Tage

²⁾ $f_{ck,cube}$: charakteristische Festigkeit von Würfeln, Kantenlänge 150 mm, Alter 28 Tage
Es dürfen andere Werte für $f_{ck,cube}$ verwendet werden, wenn das Verhältnis zwischen diesen Werten und der Referenzfestigkeit von Zylindern mit genügender Genauigkeit festgestellt und dokumentiert worden ist.

³⁾ Der normative Anhang R ist zu beachten.

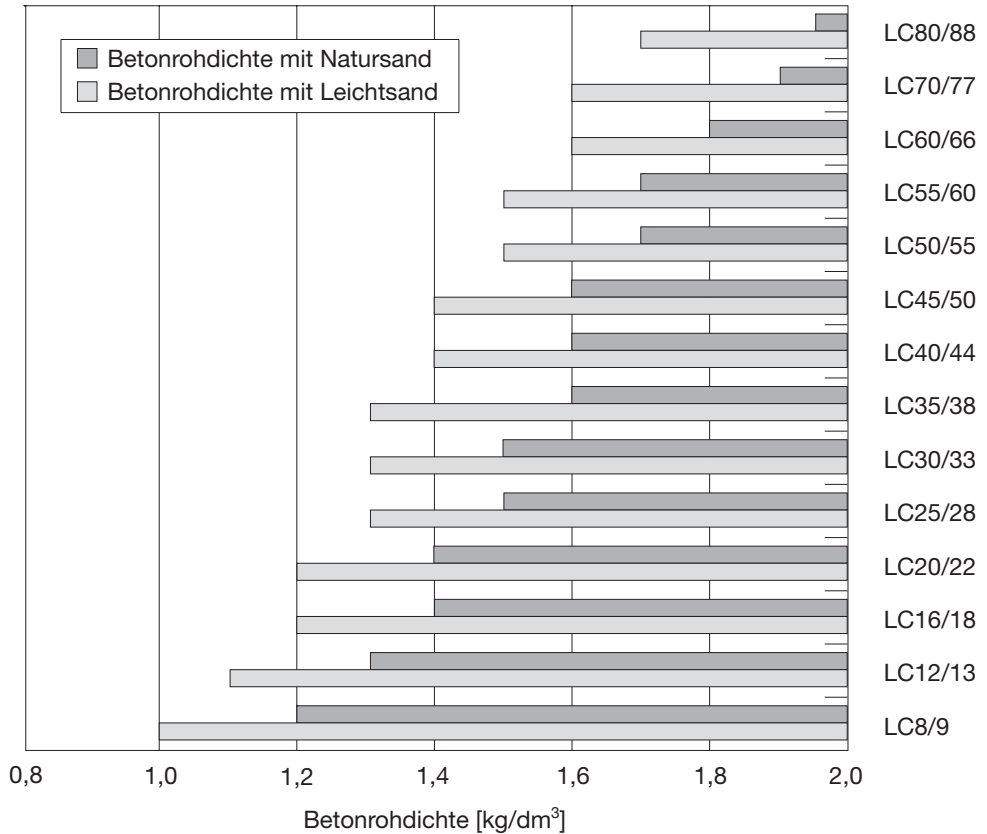
⁴⁾ Die Festlegungen zum Übereinstimmungsnachweis im Hinblick auf die zielsichere Herstellung sind als nicht abschließend anzusehen.

9.1.2 Rohdichteklassen für Leichtbeton

Rohdichteklasse	Rohdichtebereich ¹⁾ [kg/m ³]
D1,0	≥ 800 und ≤ 1000
D1,2	> 1000 und ≤ 1200
D1,4	> 1200 und ≤ 1400
D1,6	> 1400 und ≤ 1600
D1,8	> 1600 und ≤ 1800
D2,0	> 1800 und ≤ 2000

¹⁾ bestimmt nach DIN EN 12390 7
Der Rohdichtebereich darf auch durch einen Zielwert festgelegt werden.

9.1.3 Festigkeitsklassen und Betonrohichte ¹⁾



¹⁾ Anhaltswerte für die Zuordnung nach DAfStb-Heft 526

9.1.4 Wärmeleitfähigkeit ¹⁾

Rohdichte [kg/m ³]	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ ²⁾ [W/(m · K)]
800	0,39
900	0,44
1000	0,49
1100	0,55
1200	0,62
1300	0,70
1400	0,79
1500	0,89
1600	1,00
1800	1,15
2000	1,35

¹⁾ Bemessungswerte nach DIN 4108-4. Im Rahmen bauaufsichtlicher Zulassungen sind deutlich geringere Werte der Wärmeleitfähigkeit möglich.

²⁾ Werte gelten nur für Gesteinskörnungen mit porigem Gefüge ohne Quarzsandzusatz.

9.2 Infrleichtbeton

Rohdichteklassen und Wärmeleitfähigkeit ^{1) 2)}

Rohdichte ρ_{r} [kg/m ³]	ILC600 551 ... 600	ILC650 601 ... 650	ILC700 651 ... 700	ILC750 701 ... 750	ILC800 751 ... 800
Wärmeleitfähigkeit λ_{Bem} [W/(m · K)]	0,160	0,174	0,189	0,202	0,219

¹⁾ Die Eigenschaften von Infrleichtbeton sind im Rahmen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung bzw. Zustimmung im Einzelfall zu ermitteln. Die aufgezeigten Werte dienen einer ersten Orientierung. Je nach Ausgangsstoffen sind abweichende Werte möglich.

²⁾ Lösch, C.; Rieseberg, P.: Infrleichtbeton. Entwurf | Konstruktion | Bau. Hrsg.: Schlaich, M., Leibinger, R., Stuttgart: Fraunhofer IRB, 2018.

10 Betondeckung

10.1 Grundlagen

10.1

Begriff	Definition
Betondeckung	Abstand zwischen Betonoberfläche und Außenkante Stahl Aufgabe – Sicherung des Verbundes zwischen Bewehrung und Beton – Schutz der Bewehrung vor Korrosion – Schutz der Bewehrung gegen Brandeinwirkung Anforderungen – ausreichende Dicke und Dichte der Betondeckung – Einhaltung der Maße der Betondeckung für Normalbeton (s. Kap.10.3-10.4) – Einhaltung des Verlegemaßes c_v laut Bewehrungszeichnung
c_{nom}	Nennmaß der Betondeckung $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$ ist für jeden Bewehrungsstab sicherzustellen und führt zur Festlegung des Verlegemaßes c_v .
c_{min}	Mindestbetondeckung (Kontrollmaß am erhärteten Bauteil) $c_{min} \geq c_{min,b}$ $c_{min} \geq c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}$ $c_{min} \geq 10 \text{ mm}$ Der größte Wert ist maßgebend.
Δc_{dev}	Vorhaltemaß der Betondeckung, sollte auf der Bewehrungszeichnung angegeben werden.
c_v	Verlegemaß der Bewehrung $c_v \geq c_{nom}$
$c_{min,b}$	Mindestbetondeckung für Verbundsicherung („bond“) = Φ_s bei Stabstahl
$c_{min,dur}$	Mindestbetondeckung für die Dauerhaftigkeit („durability“)
$\Delta c_{dur,\gamma}$	additives Sicherheitselement, in Deutschland: XC1-XC4, XD3, XS3: 0mm; XD1, XS1: 10 mm; XD2, XS2: 5 mm
$\Delta c_{dur,st}$	mögliche Betondeckungsreduzierung bei nichtrostenden Stählen („stainless rebars“) laut abZ
$\Delta c_{dur,add}$	Abminderungswert bei zusätzlichem Schutz des Betons, $\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$ ¹⁾
Φ_s	Stabdurchmesser der Betonstahlbewehrung
Φ_n	Vergleichsdurchmesser der Bewehrung eines Stabbündels

Angaben hier und im Folgenden ohne Berücksichtigung von Vorspannbewehrung.

¹⁾ nach DIN EN 1992-1-1/NA /A1 gilt dies grundsätzlich

10.2 10.2 Betondeckung der Bewehrung ¹⁾

Expositionsklasse ²⁾	Stabdurchmesser \varnothing [mm]	Mindestmaß c_{\min} [mm]	Nennmaß c_{nom} [mm]
XC1	≤ 10	10	20
	12, 14	12, 14	25
	16, 20	16, 20	30
	25	25	35
	28	28	40
XC2, XC3	≤ 20	20	35
	25	25	35
	28	28	40
XC4	≤ 25	25	40
	28	28	40
XD1, XD2, XD3 ³⁾	≤ 28	40	55
XS1, XS2, XS3	≤ 28	40	55

¹⁾ Der Tafel liegt die Anforderungsklasse S3 für Deutschland zugrunde (entspricht Nutzungsdauer von 50 Jahren).

Alle Angaben für Normalbeton bis Größtkorn 32 mm und ohne Berücksichtigung von Vorspannbewehrung.

Der kleinste Stabdurchmesser beträgt 6 mm. Es sind auch Stabdurchmesser 32 mm und 40 mm normativ geregelt.

Für Stabbündel gelten gesonderte Regelungen. Mögliche Vergrößerungen und Verminderungen der Betondeckung werden in 10.3 erläutert.

²⁾ Bei mehreren zutreffenden Expositionsklassen für eine Bauteilseite ist jeweils die Expositionsklasse mit der höchsten Anforderung maßgebend (indikative Mindestfestigkeitsklasse).

³⁾ Für XD3 sind ggf. zusätzlich besondere Maßnahmen zum Korrosionsschutz der Bewehrung notwendig.

10.3 10.3 Verlegemaß der Bewehrung

- Das Verlegemaß c_v ist so festzulegen, dass das Nennmaß c_{nom} für alle Bewehrungselemente eingehalten ist.
- Verschiedene Nennmaße (c_{nom}) können sich an einer Fläche z. B. durch unterschiedliche Expositionsklassen ergeben. Das daraus resultierende größte $c_{\text{nom}} = c_v$.
- Auf den Bewehrungsplänen sollte das Verlegemaß c_v und das Vorhaltemaß Δc_{dev} der Betondeckung angegeben werden.
- Das Verlegemaß bestimmt die Höhe der Abstandhalter.
- Es ergibt sich aus dem größten Nennmaß der Betondeckung und den erforderlichen Betondeckungen für den Brandschutz ¹⁾.

¹⁾ Die erforderliche Betondeckung der Bewehrung für den Brandschutz ist in der DIN EN 1992-1-2 geregelt und wird im DBV-Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung“ erläutert. Normalerweise reicht die nach EN 1992-1-1 erforderliche Betondeckung aus.

- ▶ Abminderung des Vorhaltemaßes Δc_{dev}
 - Nach DIN EN1992-1-1/NA ist in einigen Fällen möglich (z. B. bei nichtrostender Bewehrung, wenn dies durch eine entsprechende Qualitätskontrolle bei Planung, Entwurf, Herstellung und Bauausführung gerechtfertigt werden kann). Dies führt zu AK-E.
 - Eine Minderung der Betondeckung um maximal 5 mm ist möglich (außer bei XC1), wenn dichtere Betone verwendet werden (siehe nachfolgende Tabelle). Bei Verwendung von Luftporenbeton (bei XD und XS) eine Festigkeitsklasse geringer. Grundlage ist DIN EN 1992-1-1/NA, Tabelle NA.4.3 – Modifikation für $c_{min,dur}$. Dies führt zu AK-E.

XC2	XC3	XC4	XD1, XS1	XD2, XD3, XS2, XD3
$\geq C25/30$	$\geq C30/37$	$\geq C35/45$	$\geq C40/50$	$\geq C45/55$

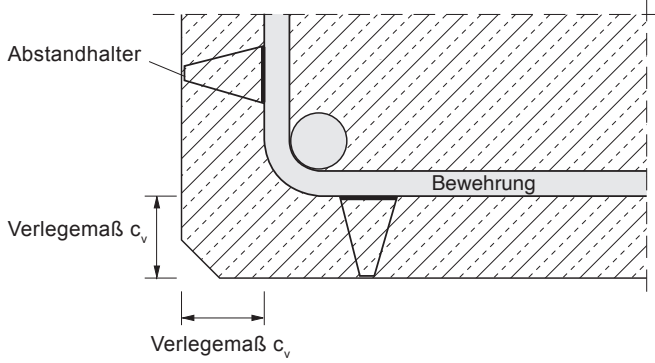
- ▶ Erhöhung der Betondeckung
 - Bei Betonagen gegen unebene Flächen bei vorbereitetem Baugrund:
Vorhaltemaß: $\geq \Delta c_{dev} + 20 \text{ mm}$; $\geq \Delta c_{dev} + \text{Unebenheitsmaß}$
 - Bei Betonagen gegen unebene Flächen bei unvorbereiteten Baugrund ¹⁾:
Vorhaltemaß: $\geq \Delta c_{dev} + 50 \text{ mm}$
 - Eine mechanische Verschleißbeanspruchung darf nach DIN EN 1992-1-1 durch eine Opferbetonschicht wie folgt abgedeckt werden ²⁾:
XM1: $c_{min} + 5 \text{ mm}$, XM2: $c_{min} + 10 \text{ mm}$, XM3: $c_{min} + 15 \text{ mm}$.
 - Bei chemischen Angriff – insbesondere bei XA3 – ist eine Opferbetonschicht möglich. Der Opferbeton ist nicht über die gesamte planmäßige Lebensdauer statisch wirksam, was in der Bemessung des Bauteils zu berücksichtigen ist. Die zu erwartende Schädigung wird durch ein Vorhaltemaß Δc_{Opfer} zusätzlich zu c_{nom} kompensiert. ³⁾
 - Bei Leichtbetonbauteilen (außer bei XC1) gilt zusätzlich zu den Regelungen des Normalbetons:
 $c_{min} \geq \text{Durchmesser des Größtkorns} + 5 \text{ mm}$

¹⁾ Unebene Schüttflächen sind z.B. strukturierte Oberflächen, Baugrubenverbau oder weiche Dämmstoffe. Betonagen auf solche Flächen sind nur bei untergeordneten Bauteilen erlaubt. Bei bewehrten Bauteilen führt dies in der Praxis zu unterschiedlichen Abstandshalterhöhen.

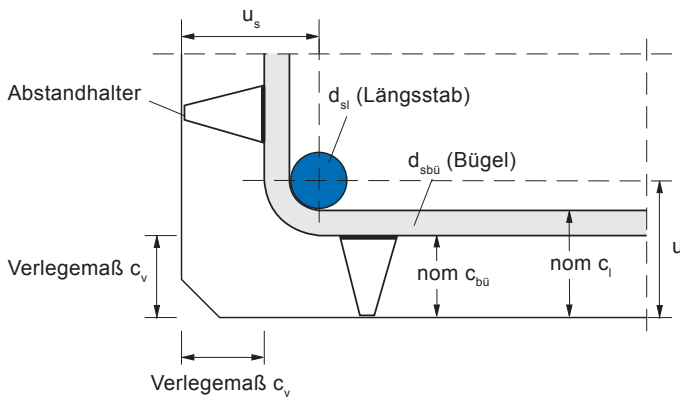
²⁾ Alternativ sind zusätzliche Anforderungen an die Gesteinskörnung nach 1045-2 zu berücksichtigen.

³⁾ In Anlehnung an DBV-Merkblatt Chemischer Angriff an Betonbauwerke – Bewertung des Angriffsgrads und geeignete Schutzprinzipien

Verlegemaß im Überblick



Verlegemaß im Detail



Verlegemaß	$c_v \geq \text{nom } c_{b\ddot{u}}$	} DIN EN 1992-1-1	Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
	$c_v \geq \text{nom } c_l - d_{sb\ddot{u}}$		
Verlegemaß	$c_v \geq u - (d_{sl}/2) - d_{sb\ddot{u}}$	} DIN EN 1992-1-2	Tragwerksbemessung für den Brandfall
	$c_v \geq u_s - (d_{sl}/2) - d_{sb\ddot{u}}$		

10.4 Abstandhalter und Unterstützungen

10.4

Abstandhalter

punktförmig



z. B. Klötzchen, Rädchen

linienförmig und flächig



z. B. Dreikantprofile, U-Profile, Ringe

Unterstützungen



z. B. Unterstützungskörbe, Unterstützungsböcke, Stehbügel

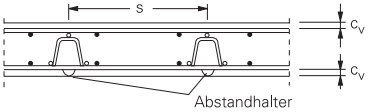
Lagesicherungen



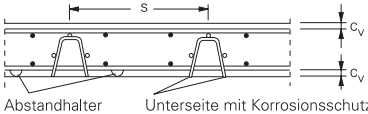
z. B. S-Haken, U-Haken

Platten, Decken

Unterstützungen für die obere Bewehrung, z. B. Unterstützungskörbe auf der unteren Bewehrung stehend (siehe Detail 1)



auf der Schalung stehend

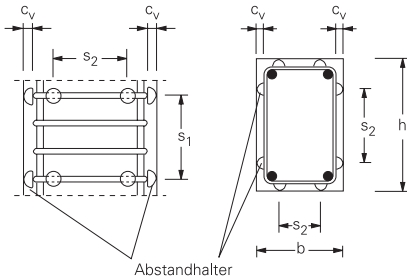


Abstände s der Abstandhalter/Unterstützungen ¹⁾				
Ø unter- stützte Tragstäbe	Abstandhalter		Unter- stützungen	max s
	punktförmig	linien- förmig, flächig		
bis 6,5 mm	50 cm	4	50 cm	50 cm
über 6,5 mm	70 cm	2	70 cm	70 cm ²⁾

¹⁾ Richtwerte

²⁾ größere Verlegeabstände nach Berechnung gemäß DBV-Merkblatt „Unterstützungen“ möglich

Stützen, Balken

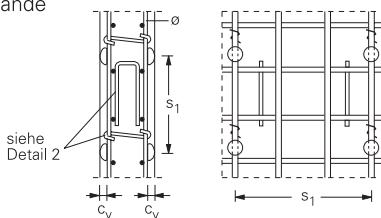


Abstände s der Abstandhalter max s ₁ in Längsrichtung ¹⁾		
Ø Längsstäbe	Stützen	Balken
bis 10 mm	50 cm	25 cm
12 bis 20 mm	100 cm	50 cm
über 20 mm	125 cm	75 cm

Abstände s der Abstandhalter max s ₂ in Querrichtung ¹⁾		
b bzw. h	Anzahl, Abstände	
	Stützen	Balken
bis 100 cm	2	2
über 100 cm	≥ 3	≥ 3
max s	75 cm	50 cm

¹⁾ Richtwerte

Wände



Abstände und Anzahl ¹⁾				
Ø Tragstäbe	Abstandhalter	S-Haken	Lagesicherung U-Bügel	
	max s ₁	St./m ² Wand ²⁾	St./m ² Wand	St./m ² Wand
bis 8 mm	70 cm	4	1	1
10 bis 16 mm	100 cm	2	1	
über 16 mm		4	4	

¹⁾ Richtwerte

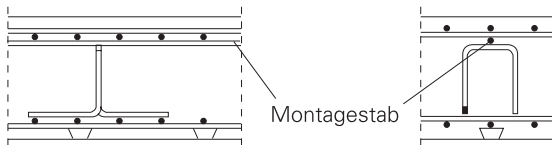
²⁾ und je Wandseite

Detail 1

Stehbügel auf der unteren Bewehrung stehend

Längsschnitt

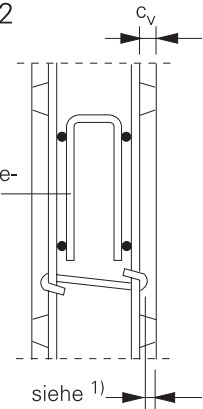
Querschnitt



Detail 2

Schnitt

Montagebügel



- 1) Punktförmige geringfügige Unterschreitungen der Betondeckung, z. B. durch S-Haken, brauchen i.d.R. bei der Ermittlung von c_v nicht berücksichtigt zu werden.

Nach DBV-Merkblatt Betondeckung und Bewehrung nach Eurocode 2, Fassung Dezember 2015

10.5

10.5 Begrenzung der Rissbreite bei Stahlbetonbauteilen (Dauerhaftigkeit) ¹⁾

Expositionsklassen, Bauteile und Bauwerke	Grenzwert $w_{k,max}$ [mm] für die rechnerische Rissbreite w_k ¹⁾
XC1 ²⁾	0,4
XC2, XC3, XC4	0,3
XD1, XD2, XD3 ³⁾ , XS1, XS2, XS3	0,3
Brückenbauteile ⁴⁾	0,2
Wasserbauwerke ⁵⁾	0,25
Flüssigkeitsdichte Betone ⁶⁾	0,1
WU-Betone	siehe Tabelle

¹⁾ Wird auch charakteristische Rissbreite genannt und darf wie folgt ermittelt werden: $w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$. Dabei ist $s_{r,max}$ der maximale Rissabstand bei abgeschlossenem Rissbild; die mittlere Dehnung der Bewehrung unter der maßgebenden Einwirkungskombination, einschließlich der Auswirkungen aufgebrachtter Verformungen und unter Berücksichtigung der Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen. Es wird nur die zusätzliche, über die Nulldehnung hinausgehende, in gleicher Höhe auftretende Betonzugdehnung berücksichtigt; ϵ_{cm} die mittlere Dehnung des Betons zwischen den Rissen.

²⁾ Bei X0 und XC1 hat die Rissbreite keinen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit. Der Grenzwert wurde gewählt zur Wahrung eines akzeptablen Erscheinungsbildes. Fehlen entsprechende Anforderungen darf der Grenzwert erhöht werden.

³⁾ Im Einzelfall (z. B. Parkdecks) können zusätzlich besondere Maßnahmen für den Korrosionsschutz der Bewehrung notwendig sein.

⁴⁾ Rechenwert der zulässigen Rissbreite $w_{k,max}$ nach DIN EN 1992-2 NA für Straßen- und Eisenbahnbrücken

⁵⁾ nach DIN 19702 Massivbauwerke im Wasserbau

⁶⁾ nach MVV TB für unbeschichtete Bauteile in LAU-Anlagen

¹⁾ Für besondere Bauwerke, z. B. mit Druckwasserbeanspruchung, können sich zur Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit höhere Anforderungen hinsichtlich der Rissbreite ergeben (siehe z. B. Tabelle WU-Beton).

WU-Betone der Beanspruchungsklasse 1 ¹⁾

Zulässige Trennrissbreiten, wenn der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung begrenzt werden soll; gilt nur bei Nutzungsklasse B und Entwurfsgrundsatz \square		
Druckgefälle h_w/h_b ¹⁾	Maximale Druckhöhe h_w ¹⁾	Zulässige Rissbreite w_k ²⁾
≤ 10	3,0 m	0,20 mm
$> 10 \dots \leq 15$	6,0 m	0,15 mm
$> 15 \dots \leq 25$	10,0 m	0,10 mm

¹⁾ h_w : Druckhöhe des Wassers in m;

h_b : Bauteildicke in m

²⁾ Für angreifende Wasser mit $> 40 \text{ mg/l CO}_2$ (kalklösende Kohlensäure) oder mit pH-Wert $< 5,5$ darf die Selbstheilung der Risse nicht in Ansatz gebracht werden.

¹⁾ nach DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauteile aus Beton

11 Anforderungen an die Bauausführung

11.1 Bestellung von Transportbeton

11.1

Beton nach Eigenschaften muss durch grundlegende Anforderungen und, falls erforderlich, durch zusätzliche Anforderungen festgelegt werden.

Festlegung für Beton nach Eigenschaften

Grundlegende Anforderungen:

- Bezug auf und DIN 1045-2 und ggf. andere Regelwerke (z. B. WU-Richtlinie, ZTV-ING)
- Druckfestigkeitsklasse (ggf. von 28 d abweichender Prüfzeitpunkt, z. B. bei massigen Bauteilen, nachhaltigen Betonen)
- Expositionsklasse(n)
- Feuchtigkeitsklasse
- Größtkorn der Gesteinskörnung D_{upper} und D_{lower} (i. d. R. $D_{upper} = D_{max} = D_{lower}$)
- Klasse des Chlorgehalts oder die Art der Verwendung (unbewehrter Beton, Stahlbeton, Spannbeton)
- Betonklasse
- Konsistenzklasse oder (in besonderen Fällen) Zielwert der Konsistenz
- bei SVB: Viskositätsklasse (VS oder VF) oder Zielwert für t_{500} oder Auslauftrichter-Fließdauer t_v
- Rohdichteklasse oder Zielwert der Rohdichte (für Leichtbeton)
- Zielwert der Rohdichte (für Schwerbeton)
- Leistungsklasse (für Stahlfaserbeton)

Zusätzliche Anforderungen:

- besondere Arten oder Klassen von Zement
- besondere Arten oder Kategorien von Gesteinskörnungen
- Faserart, Funktion (tragend/nicht tragend) und Mindestfasergehalt oder ggf. Leistungsklasse mit Festlegung von Prüfverfahren und Konformitätskriterien (für faserbewehrten Beton)
- erforderliche Eigenschaften für den Widerstand gegen Frosteinwirkung, z. B. Luftgehalt
- besondere Anforderungen an die Frischbetontemperatur

- ▶ Festigkeitsentwicklung des Betons (Druckfestigkeit) ¹⁾
- ▶ Wärmeentwicklung während der Hydratation
- ▶ verzögertes Ansteifen
- ▶ Wassereindringwiderstand
- ▶ Abriebwiderstand
- ▶ Spaltzugfestigkeit
- ▶ Trocknungsschwinden, Kriechen und Elastizitätsmodul (z. B. für Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen)
- ▶ zusätzliche Anforderungen an Beton für geotechnische Arbeiten (z. B. Bohrpfahlbeton)
- ▶ zusätzliche Anforderungen für selbstverdichtenden Beton
- ▶ andere technische Anforderungen wie z. B. zur Erzielung besonderer Oberflächenbeschaffenheiten, besondere Einbauverfahren oder Ansteifverhalten der Konsistenz

Ggf. zusätzlich vom Verwender zu benennende Bedingungen:

- ▶ Lieferzeit und Abnahmegeschwindigkeit
- ▶ besondere Förderung auf der Baustelle
- ▶ besondere Einbauverfahren, z. B. Pumpbarkeit
- ▶ Beschränkung für das Lieferfahrzeug (Typ, Größe, Höhe, Gesamtgewicht)

11.2 11.2 Zugabe von Zusatzmitteln auf der Baustelle

Wenn nach dem Hauptmischgang in besonderen Fällen Ausgangsstoffe auf der Baustelle zugegeben werden, wie Zusatzmittel, Pigmente, Fasern oder – in Ausnahmefällen planmäßig vorgesehen – Wasser, muss der Beton nochmals gemischt werden, bis sich die Ausgangsstoffe vollständig in der Mischung verteilt haben und voll wirksam sind. Folgende Mischzeiten sind einzuhalten:

- ▶ Mischzeit nach Zugabe bzw. Nachdosierung auf der Baustelle mindestens 1 Minute je m³ Beton und nicht kürzer als 5 Minuten
- ▶ Mischzeit bei VZ-Zugabe auf der Baustelle für Verarbeitbarkeitszeit ≥ 12 Std.: mindestens 5 Minuten, bei Trommelinhalt > 6 m³ aber mindestens 10 Minuten

¹⁾ Ggf. ist die erforderliche effektive bzw. zentrische Zugfestigkeit in Bezug auf die Druckfestigkeitsentwicklung anzugeben. Siehe auch DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2025-12.

11.3 Fördern und Verarbeiten des Betons

11.3

Transportbeton ist möglichst sofort nach der Anlieferung zu verarbeiten. Unmittelbar vor dem Entladen sollte der Beton nochmals durchgemischt werden. Bei der Übergabe des Betons muss für Beton nach Eigenschaften die vereinbarte Konsistenz vorhanden sein. Fahrmascher oder Fahrzeuge mit Rührwerk sollten in der Regel 90 Minuten nach der ersten Wasserzugabe entladen sein. Reduzierte oder verlängerte Verarbeitbarkeitszeiten des Betons infolge von Witterungseinflüssen bzw. der Zusammensetzung des Betons sind bei der Entladezeit zu berücksichtigen. Bei Überschreitung der Entladezeit sind die durchgeführten Maßnahmen zu dokumentieren.

Nachteilige Veränderungen des Frischbetons, wie Entmischen, Bluten oder Verlust von Zementleim, sind während des Transports sowie des Einbringens und Verdichtens gering zu halten. Der Frischbeton ist vor schädlichen Witterungseinflüssen zu schützen.

Um Entmischungen zu verhindern, sollte der Beton beim Einbringen in die Schalung (insbesondere Stützen- und Wandschalung) durch Fallrohre zusammengehalten werden. Die freie Fallhöhe ist auf etwa 1,5 m zu begrenzen.

Der Beton muss vollständig verdichtet werden. Trotzdem kann er noch einzelne Luftporen enthalten. Die Bewehrungsstäbe sind dicht mit Beton zu umhüllen. Bei Verwendung von Innenrüttlern muss die Rüttelflasche noch in die untere, bereits verdichtete Schicht eindringen (Vernadeln). Besondere Sorgfalt ist erforderlich beim Einbringen und Verdichten an Querschnittsänderungen, Engstellen, Aussparungen, bei enger Bewehrungsführung und in Fugenbereichen. Wird die geforderte Verdichtung nicht mit dem ersten Verdichtungsvorgang erreicht, ist ein Nachverdichten des Betons erforderlich.

Bei Betonen höherer Druckfestigkeit ist ein erhöhter Verdichtungsaufwand erforderlich, insbesondere bei Verwendung von Silikasuspension.

11.4 Frischbetondruck auf lotrechte Schalungen

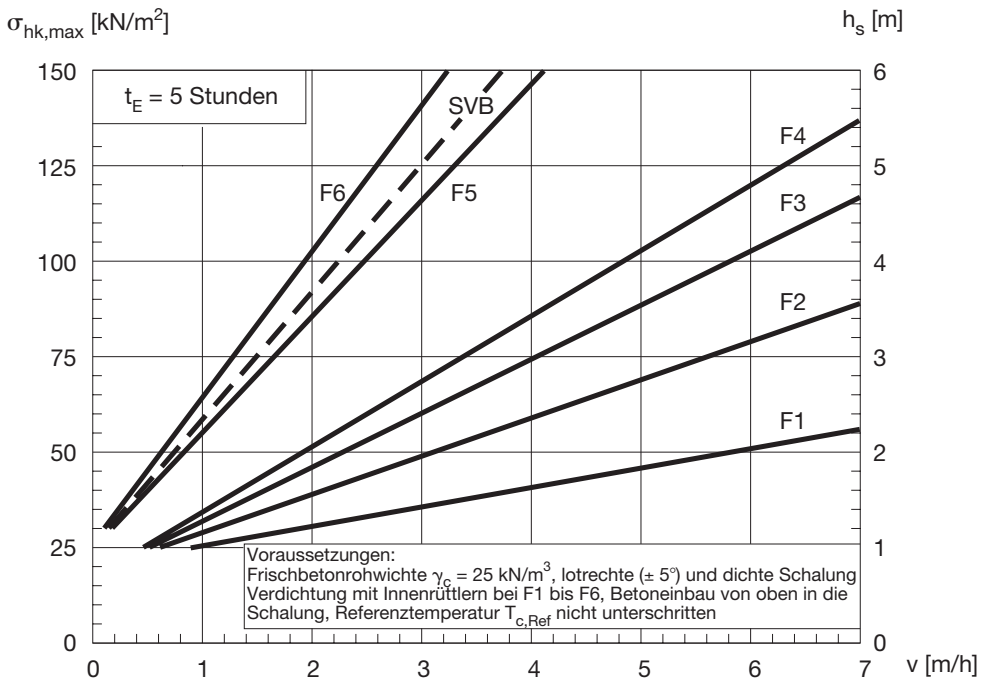
11.4

11.4.1 Bestimmung des Höchstwertes des horizontalen Frischbetondrucks

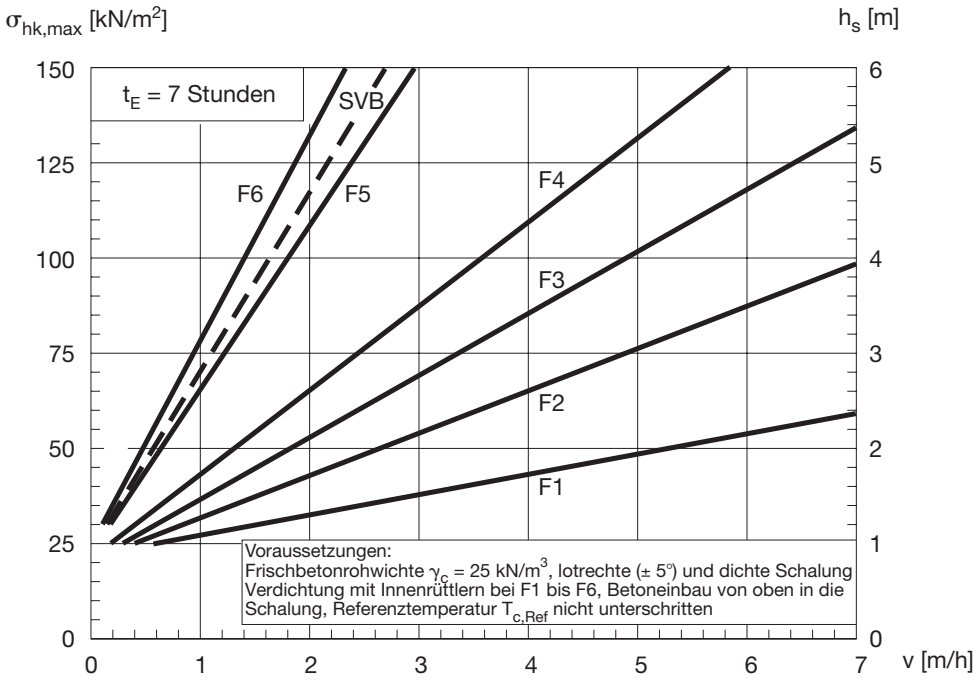
Mit den Diagrammen nach DIN 18218 kann der Höchstwert des horizontalen Frischbetondrucks $\sigma_{hk,max}$ in Abhängigkeit von der Steiggeschwindigkeit v (Betoniergeschwindigkeit) und der Konsistenz bestimmt werden. Den verschiedenen Diagrammen liegen unterschiedliche Zeiten für das Erstarrungsende t_E von 5 bis 20 Stunden zugrunde. Exemplarisch sind in Kapitel 11.4.2 die Diagramme für $t_E = 5$ h und $t_E = 7$ h aufgeführt.

Beispiel: Steiggeschwindigkeit $v = 3$ m/h, Konsistenz F4, $t_E = 5$ Stunden. Daraus lässt sich ein maximaler Frischbetondruck auf die Schalung von ca. 70 kN/m² und eine hydrostatische Druckhöhe von ca. 2,70 m bei einer Frischbetonwichte von 25 kN/m³ ablesen (siehe auch Grafik, Seite 98).

Der Schalungsdruck wird aber auch durch die Höhe der Schalung bzw. Bauteilhöhe begrenzt. Er kann höchstens die Werte des hydrostatischen Drucks h_s für die entsprechende Höhe des Betonierabschnittes annehmen. Bei einer z. B. nur 3 m hohen Schalung kann so – unabhängig von Konsistenz, Steiggeschwindigkeit und Erstarrungsende – maximal ein Frischbetondruck von 75 kN/m² erreicht werden. Gängige Schalungssysteme können i. d. R. bis ca. 80 kN/m² sicher ableiten. Bei hohen Schalungsdrücken sind im Besonderen die Anforderungen an die Ebenheitstoleranzen nach DIN 18202 zu beachten (siehe auch Kapitel 11.5).



Frischbetondruck $\sigma_{hk,max}$ in Abhängigkeit von der Steiggeschwindigkeit v [m/h] und der Konsistenzklasse – Erstarrungsende $t_E = 5$ Stunden



Frischbetondruck $\sigma_{hk,max}$ in Abhängigkeit von der Steiggeschwindigkeit v [m/h] und der Konsistenzklasse – Erstarrungsende $t_E = 7$ Stunden

11.4.2 Bestimmung des Erstarrungsendes t_E

Das Erstarrungsende t_E ist die Zeit von der ersten Wasserzugabe bei der Herstellung des Betons bis zu dem Zeitpunkt, an dem der Frischbeton vollständig erstarrt ist. Der Betonhersteller sollte das Erstarrungsende in Abhängigkeit von der voraussichtlichen Einbautemperatur ermitteln. Das Erstarrungsende des Frischbetons t_E kann mit dem Vicat-Penetrationsverfahren nach DIN EN 480-2 ermittelt werden. Es darf auch mit dem Knetbeutelverfahren abgeschätzt werden (DIN 18218, Anhang A). Hierbei wird das Erstarrungsende mit $t_E = 1,25 t_{E,Knet}$ berechnet, wobei $t_{E,Knet}$ das Erstarrungsende nach Knetbeutelverfahren ist.

Erwartungswerte zum Erstarrungsende t_E nach DIN 18218

Betontemperatur	Festigkeitsentwicklung r nach DIN1045-2 und DIN 1045-3		
	schnell	mittel	langsam
$\geq 20 \text{ }^\circ\text{C}$	–	$t_E = 5 \text{ h}$	$t_E = 7 \text{ h}$
$\geq 15 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_E = 5 \text{ h}$	$t_E = 7 \text{ h}$	–
$\geq 10 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_E = 7 \text{ h}$	–	–

- gilt nur für Beton ohne VZ
 - mindestens C20/25

11.5 11.5 Toleranzen

11.5.1 Ebenheitsabweichungen ¹⁾

Zeile	Bauteile/Funktion bei Abstand der Messpunkte bis	Stichmaße als Grenzwert ²⁾ [mm]				
		0,1 m	1 m	4 m	10 m	15 m
1	nichtflächenfertige Oberseiten von Decken, Unterbeton, Unterböden	10	15	20	25	30
2a	nichtflächenfertige Oberseiten von Decken oder Bodenplatten zur Aufnahme von Estrichen, Industrieböden oder Belägen	5	8	12	15	20
2b	flächenfertige Oberseiten von Decken oder Bodenplatten für untergeordnete Zwecke	5	8	12	15	20
3	flächenfertige Böden, z. B. Nutzestrich	2	4	10	12	15
4	wie Zeile 3, jedoch mit erhöhten Anforderungen ³⁾	1	3	9	12	15
5	nichtflächenfertige Wände und Unterseiten von Rohdecken	5	10	15	25	30
6	flächenfertige Wände und Unterseiten von Decken	3	5	10	20	25
7	wie Zeile 6, jedoch mit erhöhten Anforderungen ³⁾	2	3	8	15	20

¹⁾ Nach DIN 18202, Tabelle 3

²⁾ Zeit- und lastabhängige Verformungen sowie Höhenversätze benachbarter Bauteile sind in der Tabelle nicht erfasst.

³⁾ Weitere Erhöhungen dieser Anforderungen sind nicht zielsicher erfüllbar.

Bei der Herstellung weit gespannter Bauteile kann eine planmäßige Überhöhung der Deckenschalung Ebenheitsabweichungen aus Durchbiegung kompensieren. Bei aufgehenden Bauteilen kann ein hoher Schalungsdruck zu Verformungen führen.

11.5.2 Maßtoleranzen für die Tragsicherheit (nach DIN 1045-3)

In Abhängigkeit vom Nennmaß l_i der Querschnittsabmessung eines Bauteils (Gesamtdicke Balken oder Platte, Breite Steg, seitliche Abmessung Stütze) ist die zulässige Abweichung Δ einzuhalten, damit die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit gültig sind.

Nennmaß der Querschnittsabmessung (Dicke oder Breite) ¹⁾	Zulässige Abweichung Δ ²⁾ (Toleranzklasse 1)
$l_i \leq 150 \text{ mm}$	$\pm 10 \text{ mm}$
$l_i = 400 \text{ mm}$	$\pm 15 \text{ mm}$
$l_i \geq 2500 \text{ mm}$	$\pm 30 \text{ mm}$

¹⁾ Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden. Querschnittsmaße l_i können auch sinngemäß für z. B. runde oder elliptische Bauteile verwendet werden.

²⁾ Andere Maßabweichungen dürfen nach besonderem Nachweis festgelegt werden.

Weitere Maßtoleranzen für zulässige Abweichungen von der Lotrechten bei Stützen und Wänden, für Anschluss-Details (Lage einer Balken-Stütze-Verbindung, Lage der Auflagerachse bei Verwendung von Lagern), für zulässige Abweichungen bei der Übergreifungslänge bei Übergreifungsstößen und zur Lage der Bewehrung und der Spannglieder finden sich in der DIN1045-3.

11.6 Frischbetontemperatur, Bauteiltemperatur und Gefrierbeständigkeit 11.6

Temperatur des Frischbetons beim Einbringen und Gefrierbeständigkeit [°C] ¹⁾			
Lufttemperatur	Mindesttemperatur Frischbeton	Höchsttemperatur Frischbeton	Bemerkung
+ 5 bis – 3	+ 5 ²⁾	+ 30 ^{2) 3)}	im Allgemeinen
	+10	–	wenn Zementgehalt < 240 kg/m ³ oder bei LH- und VLH-Zementen
unter – 3°C	+10	–	Betontemperatur ist wenigstens 3 Tage zu halten; Die Betontemperatur an der Oberfläche darf 0 °C nicht unterschreiten, bevor die Betonrandzone eine Mindestdruckfestigkeit von 5 N/mm ² erreicht hat.

Temperatur des Frischbetons bei Lieferung ^{3) 4)} [°C]

	+ 5		Wenn der Beton nicht unmittelbar eingebracht wird, empfiehlt es sich einen Vorhaltewert mit dem Hersteller zu vereinbaren und zulässige Abweichungen festzulegen.
--	-----	--	---

Temperatur des Frischbetons bei der Erstprüfungen im Allgemeinen ⁵⁾ [°C]

	+ 15	+ 22	
--	------	------	--

Bauteiltemperatur [°C]

		+ 70 ⁶⁾	Nur bei Bauteilen in nasser bzw. wechselnd nass/trockener Umgebung.
--	--	--------------------	---

- ¹⁾ Bei AK-E und AK-S sind die Frischbetontemperatur bei Ankunft auf der Baustelle und diesbezügliche Angaben zum Betoneinbau in den Ausführungsgespräche zu regeln.
- ²⁾ Frischbetontemperaturen > 30 °C führen zur Einteilung in BBQ-S (PK-N, BK-S, AK-S). Eine Begrenzung der Frischbetontemperatur kann z. B. bei Weißen Wannen im Sommer oder massigen Bauteilen (siehe 8.5) sinnvoll sein.
- ³⁾ Kühlen oder Erwärmen des Betons vor der Lieferung muss vereinbart werden. Bauvertragliche Regelung in Bezug auf die Vorsorge- und Schutzmaßnahmen für das Betonieren finden sich in der VOB/C DIN 18331.
- ⁴⁾ Wenn eine Anforderung für eine andere Mindesttemperatur oder eine Höchsttemperatur für Frischbeton erforderlich ist, sind diese mit zulässigen Abweichungen festzulegen ³⁾.
- ⁵⁾ Werden Betonierarbeiten auf der Baustelle bei stark abweichenden Temperaturbedingungen ausgeführt werden (oder bei Wärmebehandlung), sollte der Betonhersteller rechtzeitig informiert werden, damit Auswirkungen auf die Betoneigenschaften berücksichtigen und ggf. zusätzliche Prüfungen in Betracht gezogen werden können. Dieser normative Vorschlag sollte allerdings rechtzeitig mit dem Hersteller besprochen werden.
- ⁶⁾ Sofern nicht anders festgelegt oder nachgewiesen ist, dass bei höheren Temperaturen keine nachteiligen Folgen zu erwarten sind. Die Grenztemperatur dient insbesondere der Vermeidung einer schädigenden sekundären Ettringitbildung. Durch Zemente mit geringem C₃A-Gehalt kann die schädigende Reaktion ggf. reduziert oder vermieden werden.

11.7 11.7 Nachbehandlung des jungen Betons

11.7.1 Maßnahmen und Grundsätze

Junger Beton muss geschützt werden vor:

- ▶ schädlichen Witterungseinflüssen (z.B. Regen, Wind, Frost, Hitze, großen Temperaturschwankungen);
- ▶ schädlichen Erschütterungen, Stößen oder Beschädigungen;
- ▶ schädigendem Kontakt mit betonangreifenden Stoffen (z.B. Chloriden in Verbindung mit Frost oder Säuren) ¹⁾.

11.7.2 Ziele

- ▶ Sicherstellung einer ausreichenden mechanischen Festigkeit und Dauerhaftigkeit (Dichtheit) in der Betonrandzone (mind. AK-N);
- ▶ Verringerung des Risspotenzials infolge von Frühschwinden (plastischem Schwinden), (AK-E oder AK-S);
- ▶ Verringerung des Risspotenzials infolge von Temperatur-Zwangsspannungen durch Hydratationswärmeentwicklung oder vorherrschende Witterungs-/Umgebungsbedingungen (AK-E oder AK-S);
- ▶ Erreichen von Anforderungen an das Aussehen von Sichtbetonflächen (AK-S);
- ▶ Das Erreichen der vorgenannten Ziele ist im Einzelfall durch entsprechende Maßnahmen zu berücksichtigen.

11.7.3 Zeitpunkt und Verfahren

- ▶ Nach dem Verdichten und der Oberflächenbearbeitung ist die Betonoberfläche sofort nachzubehandeln.
- ▶ Ggf. ist eine Zwischennachbehandlung vor der abschließenden Oberflächenbearbeitung erforderlich.
- ▶ Soll die Rissbildung an der freien Oberfläche infolge Frühschwinden minimiert werden, ist sicherzustellen, dass kein übermäßiges Verdunsten von Wasser an der Betonoberfläche erfolgt (ggf. Zwischennachbehandlung).
- ▶ Mit geeigneten Nachbehandlungsverfahren ²⁾ muss sichergestellt werden, dass ein übermäßiges Verdunsten von Wasser über die Betonoberfläche verhindert wird, oder die Betonoberfläche muss ständig feucht gehalten werden.

¹⁾ Falls zutreffend sind Anforderungen in den bautechnischen Unterlagen anzugeben.

²⁾ Gebräuchliche Verfahren sind z. B. Belassen in der Schalung, Abdecken mit Folien und Matten (sicher fixiert), wasserspeichernde Abdeckungen (z. B. Jute) die ständig feuchtgehalten werden, Aufbringen von Nachbehandlungsmitteln.

11.7.4 Mindestnachbehandlungsdauer

Die Nachbehandlungsdauer ist in Abhängigkeit von der Entwicklung der Betoneigenschaften in der Randzone festzulegen. Sie ist abhängig vom erforderlichen Anteil an der charakteristischen Druckfestigkeit (f_{ck} entspricht der Druckfestigkeitsklasse).

Mit folgenden Angaben und den Tabellen zur Mindestdauer der Nachbehandlung kann die erforderliche Nachbehandlungszeit ermittelt werden.

- › Expositionsklasse → Lieferschein
- › Festigkeitsentwicklung (r) der Erstprüfung → Lieferschein
- › Nachbehandlungsklasse
- › Temperaturen
 - Oberflächentemperatur
 - oder geringste Lufttemperatur als minimaler Wert im Zeitintervall
 - der Frischbetontemperatur (alternativ, nur bei XC2-XC4, XF1)
- › Einsatz von Verzögerer (VZ)

Einflussgrößen / Anforderungen	Nachbehandlungsklasse (NBK)		
	NBK 1	NBK 3	NBK 4
Expositionsklassen:	X0, XC1	XC2 – XC4, XA, XD, XS, XF1 – XF3, XF4 bei $r \geq 0,3$ (mittel und schnell)	XM XF4 bei $r < 0,3$ (langsam und sehr langsam)
Anteil an f_{ck} ¹⁾	nicht festgelegt	50 % (Nachweis)	70 % (Nachweis)
Anforderungen als Alternative zum Anteil an f_{ck}	<ul style="list-style-type: none"> – $\geq 1/2$ d (geringer nur bei Reifenachweis) – bei VZ > 5 h: angemessen verlängern – bei $T_{\text{Oberfläche}} < 5 \text{ °C}$: verlängern um diese Zeit 	<ul style="list-style-type: none"> – ohne genaueren Nachweis: Werte der nachfolgenden Tabelle – alternativ ohne genaueren Nachweis für XC2 – XC4, XF1 Werte der unteren Tabelle ²⁾ – „hochfester“ Beton ≥ 1 d 	<ul style="list-style-type: none"> – ohne genaueren Nachweis: doppelte Werte der nachfolgenden Tabelle – „hochfester“ Beton ≥ 1 d

¹⁾ Die zu erreichende charakteristische Druckfestigkeit bezieht sich dabei in der Regel auf die zur maßgebenden Expositionsklasse zugehörige Mindestdruckfestigkeitsklasse des Betons.

²⁾ Bei ungeschalteten Bauteilen u. Stahlschalung sind weitere Schutzmaßnahmen erforderlich.

Minstdauer der Nachbehandlung von Beton in allen Expositionsklassen, außer X0, XC1 und Betone der Nachbehandlungsklasse 4 ¹⁾

maßgebliche Temperatur T	schnell	mittel	langsam	sehr langsam
	Festigkeitsentwicklung des Betons r $r = f_{cm2} / f_{cm28}$			
	$r \geq 0,5$	$0,3 \leq r < 0,5$	$0,15 \leq r < 0,3$	$r < 0,15$
$\geq 25 \text{ °C}$	1	2	2	3
$< 25 \text{ °C bis } 15 \text{ °C}$	1	2	4	5
$< 15 \text{ °C bis } 10 \text{ °C}$	2	4	7	10
$< 10 \text{ °C bis } 5 \text{ °C}$	3	6	10	15

¹⁾ Bei Betonen der Nachbehandlungsklasse 4 sind die Werte zu verdoppeln.

- Bei mehr als 5h Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.
- Bei Temperaturen unter 5°C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur unter 5°C lag.
- Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit ($r = f_{cm2} / f_{cm28}$) beschrieben, das bei der Erstprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton mit vergleichbarer Zusammensetzung ermittelt wurde. Wird bei besonderen Anwendungen in den Ausführungsklassen AK-E oder AK-S die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28 d bestimmt, ist für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer der Schätzwert des Festigkeitsverhältnisses entsprechend DIN 1045-2:2023-08, Tab. 19 aus dem Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 d (f_{cm2}) zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit unter Berücksichtigung von DIN EN 12390-2 zu ermitteln oder eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen zwei Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.
- Die Verwendung eines Betons mit langsamer / sehr langsamer Festigkeitsentwicklung setzt die PK-E und AK-E voraus.

Minstdauer der Nachbehandlung von Beton der Expositionsklasse XC2, XC3, XC4 und XF1 ¹⁾

Frischbetontemperatur T _{fb} zum Zeitpunkt des Betoneinbaus	schnell	mittel	langsam
	Festigkeitsentwicklung des Betons r $r = f_{cm2} / f_{cm28}$		
	$r \geq 0,5$	$0,3 \leq r < 0,5$	$0,15 \leq r < 0,3$
$\geq 15 \text{ °C}$	1	2	4
$< 15 \text{ °C bis } \leq 10 \text{ °C}$	2	4	7
$< 10 \text{ °C bis } 5 \text{ °C}$	4	8	14

¹⁾ Die Tabelle darf alternativ zur darüberstehenden Tabelle angewandt werden aber nur dann, wenn bei Verwendung einer Stahlschalung oder bei Betonbauteilen mit ungeschalteten Oberflächen ein übermäßiges Auskühlen des Betons im Anfangsstadium der Erhärtung durch entsprechende Schutzmaßnahmen verhindert wird

- › Bei mehr als 5h Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.
- › Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit
- › ($r = f_{cm2}/f_{cm28}$) beschrieben, das bei der Erstprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton mit vergleichbarer Zusammensetzung ermittelt wurde. Wird bei besonderen Anwendungen in den Ausführungsklassen AK-E oder AK-S die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28 d bestimmt, ist für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer der Schätzwert des Festigkeitsverhältnisses entsprechend DIN 1045-2, Tab. 19 aus dem Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 d (f_{cm2}) zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit unter Berücksichtigung von DIN EN 12390-2 zu ermitteln oder eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen zwei Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.
- › Die Verwendung eines Betons mit langsamer Festigkeitsentwicklung setzt die PK-E und AK-E voraus.

11.8 Ausrüsten und Ausschalen

11.8

Gerüste, Hilfsstützen und Schalungen dürfen erst entfernt werden, wenn der Beton eine ausreichende Festigkeit ¹⁾ hat, um:

- › eine Beschädigung der Oberflächen durch das Ausschalen zu verhindern;
- › die derzeit auf das Betonbauteil aufgebrachten Lasten aufnehmen zu können;
- › Durchbiegungen zu vermeiden die über die normativen und bauvertraglichen festgelegten hinausgehen;
- › witterungsbedingte Oberflächenschäden zu vermeiden.

Folgendes ist bei der Beurteilung Schal- und Rüstzeiten zu beachten:

- › Abhängig vom r-Wert, der Bauteiltemperatur und Festigkeit des Betons.
- › Muss ohne Stoß- und Überbelastung sowie ohne Beschädigung des endgültigen Tragwerks erfolgen.
- › Die Reihenfolge des Ausrüstens muss so gewählt werden, dass die übrigen Teile des Traggerüsts sowie das endgültige Tragwerk nicht übermäßig hohen Lasten ausgesetzt werden und die Stabilität von Traggerüst und Schalung beim Aufbringen von Lasten und beim Ausrüsten erhalten bleiben.
- › Die Abbaureihenfolge bei Verwendung von Hilfsstützen bzw. Hilfskonstruktionen ist in einer Verfahrensbeschreibung oder in den bautechnischen Unterlagen im Einzelnen festzulegen.
- › Wenn das Belassen in der Schalung Bestandteil der Nachbehandlung ist, müssen für die Ausschalfrist die Anforderungen der normative Mindestnachbehandlungszeit eingehalten werden, oder die Betonoberfläche muss anschließend weiter nachbehandelt werden.

¹⁾ Hierzu kann eine Erhärtungs- oder Reifegradprüfung sinnvoll sein. Für die Erhärtungsprüfungen können z. B. am Baukörper gelagerte Prüfkörper genutzt werden oder Rückprallhammerprüfungen, die am Bauteil durchgeführt werden. Anhaltswerte befinden sich in der nachfolgenden Tabelle.

Anhaltswerte für Ausschalfrieten in Tagen für Balken und Platten bis 6 m Spannweite und bei max. 70 % Lastausnutzung – nach DBV-Merkblatt Betonschalungen und Ausschalfrieten

Bauteiltemperatur ²⁾ T [°C]	Festigkeitsentwicklung des Betons $r = f_{cm2} / f_{cm28}^{1)}$		
	schnell $r \geq 0,5$	mittel $r \geq 0,3$	langsam $r \geq 0,15$
T ≥ 15	4	8	14
15 > T ≥ 5 ³⁾	6	12	20

¹⁾ Der Schätzwert der Festigkeitsentwicklung (r-Wert) bei 20 °C ist vom Betonhersteller anzugeben und kann dem Betonlieferschein entnommen werden. Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28 Tage bestimmt, ist statt f_{cm28} die mittlere Druckfestigkeit zum entsprechenden späteren Zeitpunkt anzusetzen. Dadurch ergeben sich längere Ausschalfrieten.

²⁾ Die tatsächliche Temperatur des Bauteils T während des Abfließens der Hydratationswärme und in der Schalung ist i. d. R. höher als die Lufttemperatur. Anstelle der Temperatur des Bauteils T darf vereinfachend die mittlere Lufttemperatur (Tagesmittel aus der höchsten und der niedrigsten Lufttemperatur in Bauwerksnähe) verwendet werden.

³⁾ Bei Lufttemperaturen unter 5 °C ist die Ausschalffrist um die Tage zu verlängern, an denen die Bauteiltemperatur < 5 °C betrug.

11.9 Bewehrungsarbeiten

Die Bewehrung ist so einzubauen, dass der Beton ordnungsgemäß eingebracht und verdichtet werden kann. Einbauöffnungen für den Betonierschlauch oder das Betonierrohr sowie Rüttelöffnungen bzw. Rüttelgassen sind auf den Bewehrungszeichnungen anzugeben.

Ist auf Grund unvermeidbarer hoher Bewehrungsgrade keine Anordnung von Betonieröffnungen oder Rüttelgassen möglich, führt dies zur AK-E (siehe Tabelle Kapitel 2.1 Zeile 46). Es muss dann ein Betonbaukonzept mit der Beschreibung des Einbauverfahrens vorliegen.

Die Bewehrung ist durch Bindedraht zu verbinden und so zu befestigen, dass sie sich bei den Betonierarbeiten nicht verschiebt.

Um die festgelegte Betondeckung und die Lagesicherung zu gewährleisten, sind geeignete Abstandhalter und Unterstützungen zu verwenden. Diese dürfen nicht korrodieren. (siehe Abschnitt 10.3)

12 Qualitätssicherung auf der Baustelle

12.1 Prüfungsarten der Druckfestigkeit

12.1

Die Anforderungen zur werksseitigen Qualitätssicherung von Transportbeton (Konformitätskontrolle) enthält DIN 1045-2.

12.1.1 Erstprüfung des Betonherstellers

Zeitpunkt	Vor Verwendung des Betons
Aufgabe	Prüfungen vor Herstellungsbeginn, um zu ermitteln, wie ein neuer Beton oder eine neue Betonfamilie zusammengesetzt sein müssen, um die geforderten Frisch- und Festbetoneigenschaften sicherzustellen.
Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> – $f_c \geq f_{ck} + \text{Vorhaltemaß}$; Vorhaltemaß mind. 6 N/mm^2 bis 12 N/mm^2 (oder aber das Doppelte der zu erwartenden Standardabweichung) – Die Konformitätskriterien für Erstherstellung und stetige Herstellung müssen zielsicher erreicht werden.

12.1.2 Konformitätskontrolle des Betonherstellers

Zeitpunkt	Während der Produktion des Betons
Aufgabe ¹⁾	statistische Produktionskontrolle
Anforderungen ²⁾	<ul style="list-style-type: none"> – Erstherstellung (bis mind. 35 Ergebnisse vorhanden) ($n = 3$) <ul style="list-style-type: none"> Mittelwert $f_{cm} \geq f_{ck} + 4 \text{ N/mm}^2$ Einzelwert $f_{ci} \geq f_{ck} - 4 \text{ N/mm}^2$ – stetige Herstellung (wenn mind. 35 Ergebnisse vorhanden) ($n \geq 15$) <ul style="list-style-type: none"> Mittelwert $f_{cm} \geq f_{ck} + 1,48 \cdot \sigma$ Einzelwert $f_{ci} \geq f_{ck} - 4 \text{ N/mm}^2$

¹⁾ Für Beton nach Eigenschaften.

²⁾ Für die Bewertung von Betonfamilien gelten zusätzliche Anforderungen.

12.1.3 Überwachungsprüfung der Baustelle

Zeitpunkt	Während der Bauausführung
Aufgabe	Beurteilung der Identität des gelieferten Betons mit der Grundgesamtheit, für die eine Übereinstimmungsbescheinigung erteilt wurde
Anforderungen	– Erhärteter Beton muss die Annahmekriterien für die Druckfestigkeitsprüfung erfüllen (siehe Kapitel 12.2.6)

12.1.4 Erhärtungsprüfung auf der Baustelle (optional)

Zeitpunkt	Während der Erhärtungszeit
Aufgabe	Abschätzen der Festigkeit des Betons im Bauwerk zu einem bestimmten Zeitpunkt
Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> – Lagerung und Nachbehandlung der Probekörper unter den Temperatur- und Feuchtebedingungen des betreffenden Bauteils (bei Erhärtungsprüfung) – Temperaturmessung im Bauteil oder an der Oberfläche (alternativ bei Reifegradprüfung)

12.2 12.2 Überwachung durch das Bauunternehmen

Zur Überprüfung der maßgebenden Frisch- und Festbetoneigenschaften wird der Beton in die Überwachungsklassen 1 und 2 eingeteilt.

Anwendungsfälle, die der Überwachungsklasse 2 (ÜK 2) zugeordnet sind, finden sich in nachfolgender Tabelle. Alle anderen Anwendungsfälle sind in Überwachungsklasse 1 (ÜK 1) einzustufen, sofern in den bautechnischen Unterlagen bzw. im Betonbaukonzept nicht anders festgelegt.

12.2.1 Anwendungsfälle mit Zuordnung zur ÜK 2 ¹⁾

Zeile ²⁾	Anwendungen	ÜK
Anforderungen an die Nutzung		
3	Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen (LAU) oder Herstellen, Behandeln und Verwenden (HBV) von wassergefährdenden Stoffen (WHG-Anlagen nach dem Wasserhaushaltsgesetz) nach DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (BUMWS)“	2
Expositionsclassen und Feuchtigkeitsclassen		
16	Beton mit künstlichen Luftporen (LP-Beton), z. B. XF2/XF3/XF4	2
17	Bauteile in Expositionsclassen XF2/XF3 (ohne künstliche Luftporen), XD2/XD3, XS2/XS3, XM2/XM3	2
19	chemischer Angriff XA3 oder stärker	2
Festigkeitsclassen und Festigkeitsentwicklung		
23	Betone der Druckfestigkeitsclassen $\geq C30/37$ und $\leq C60/75$	2
24	Betone der Druckfestigkeitsclassen $\geq C70/85$ und $\leq C100/115$	2
25	Von 28 Tagen abweichendes Nachweisalter für die Druckfestigkeit des Betons ³⁾	2
Betone für verschiedene Anwendungen		
29	Beton mit Kunststofffasern für den Brandschutz	2
31	Stahlfaserbeton nach DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“ mit Leistungsklasse > L1-1,2	2
32	Leichtbeton	2
33	Schwerbeton	2
36	Selbstverdichtender Beton	2
38	Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen > 25 Vol.-% Austausch der groben Gesteinskörnung nach DIN 1045-2:2023-08, 5.2.3.4, (1), 2. Spiegelstrich	2
39	Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen abweichend von DIN 1045-2:2023-08, 5.2.3.4	2
41	Verzögerter Beton mit VZ-Zeit > 12 h nach DAfStb-Richtlinie „Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton)“	2
Bauteile und Bauwerke mit versch. Anforderungen an Bemessung, Konstruktion und Ausführung		
50	Massige Bauteile nach DAfStb-Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“	2
54	Vorspannung mit sofortigem Verbund	2
55	Vorspannung mit nachträglichem Verbund oder ohne Verbund	2

¹⁾ Die entsprechenden Planungs- (PK), Beton- (BK), Ausführungs- (AK) und BBQ-Klassen nach DIN 1045-1000 finden sich im Abschnitt 2 „BBQ und Kommunikation“.

²⁾ Zeilenbezeichnung gemäß DIN 1045-1000, Tabelle 2.

³⁾ Die Randbedingungen von DIN 1045-2:2023-08, Anhang P, bzw. DIN 1045-3:2023-08, Anhang F sind zu beachten.

12.2.2 Umfang der Prüfungen an Beton nach Eigenschaften

Prüfgegenstand	Mindestprüfhäufigkeit für Überwachungsklasse	
	1	2
Lieferschein	jedes Lieferfahrzeug	
Konsistenzmessung ¹⁾	in Zweifelsfällen	beim ersten Einbringen jeder Betonzusammensetzung; bei Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung; bei Prüfung des Luftgehalts; bei verzögertem Beton in angemessenen Abständen; in Zweifelsfällen
Frischbetontemperatur	in Zweifelsfällen	bei Lufttemperaturen unter +5 °C und über +30 °C beim Einbau des Betons; bei der Herstellung von Probekörpern; beim Einbau von verzögertem Beton; in Zweifelsfällen
Frischbetonrohddichte von Leicht- und Schwerbeton		bei Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung; in Zweifelsfällen
Luftgehalt von Luftporenbeton	nicht zutreffend	zu Beginn jedes Betonierabschnitts; in Zweifelsfällen ²⁾
Gleichmäßigkeit des Betons (Augenscheinprüfung)	Stichprobe	jedes Lieferfahrzeug
Druckfestigkeit an in Formen hergestellten Probekörpern ³⁾	in Zweifelsfällen	Mind. 1 Probe je 100 m ³ oder je Betoniertag ⁴⁾

¹⁾ Zusätzlich Augenscheinprüfung der Konsistenz als Stichprobe für die Überwachungsklasse 1 bzw. an jedem Lieferfahrzeug für Überwachungsklassen 2.

²⁾ Messung empfohlen bei jeder Lieferung (nicht normativ).

³⁾ Prüfung muss für jeden verwendeten Beton erfolgen. Betone mit gleichen Ausgangsstoffen und gleichem Wasserzementwert aber anderem Größtkorn oder anderer Konsistenz gelten als ein Beton.

⁴⁾ Maßgebend, welche Forderung die größte Anzahl Proben ergibt. Abweichungen mit Zustimmung der anerkannten Überwachungsstelle möglich.

12.2.3 Anforderungen an die Prüfungen der Frisch- und Festbetoneigenschaften für Beton nach Eigenschaften

Prüfung	Anforderungen
Lieferscheinkontrolle	Übereinstimmung mit den Festlegungen
Konsistenzmessung	Wie festgelegt ¹⁾ (Prüfverfahren nach DIN EN 12350-2 bis 5, bei SVB nach DIN EN 12350-8 oder DIN 1045-2, Anhang N).
	Darüber hinaus Augenscheinprüfung: normales Aussehen, wie festgelegt
Frischbetontemperatur	Temperaturmessung. Siehe Abschnitt 11.6.
Frischbetonrohddichte von Leicht- oder Schwerbeton	Wie festgelegt ²⁾ (Prüfverfahren nach DIN EN 12350-6).
Luftgehalt von Luftporenbeton	Wie festgelegt ³⁾ , ggf. unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors G nach DIN EN 12350-7.
Gleichmäßigkeit des Betons	Augenscheinprüfung: homogenes Erscheinungsbild
	Darüber hinaus in Zweifelsfällen: Vergleich der Eigenschaften an Stichproben
Druckfestigkeit	Siehe Abschnitt 12.2.6 Annahmekriterien.
Andere Eigenschaften, z. B. Festbetonrohddichten von Leicht- oder Schwerbeton	Ggf. wie festgelegt (ÜK 2).
	Wie festgelegt ⁴⁾ (Prüfverfahren nach DIN EN 12390-7).

¹⁾ „Wie festgelegt“ ist entweder der Konsistenzbereich oder ein Zielwert mit zulässigen Abweichungen (siehe DIN 1045-2, Abschnitt 4.2.1). Die ausgebreitete Betonprobe ist auf Entmischen zu überprüfen (siehe DIN EN 12350-5, Abschnitt 7).

²⁾ Es muss eine Festbetonrohddichte vereinbart sein (siehe Fußnote 4)). Darauf sollte die Festlegung der Frischbetonrohddichte abgestimmt sein. Diese Vorgehensweise ist jedoch normativ nicht geregelt.

³⁾ Der Luftgehalt richtet sich nach dem Größtkorn der Gesteinskörnung und ggf. der Zugabe von FM/BV (siehe Abschnitt 7.5).

⁴⁾ „Wie festgelegt“ ist entweder die Rohdichteklasse (Leichtbeton) oder ein vereinbarter Zielwert bei Leicht- oder Schwerbeton bzw. ein Mindestwert bei Schwerbeton.

12.2.4 Andere Betoneigenschaften

Sind bei Beton nach Eigenschaften oder Beton nach Zusammensetzung andere oder besondere Eigenschaften nachzuweisen, erfolgt der Umfang der Überwachungsprüfung in Übereinstimmung mit entsprechenden Normen oder Richtlinien bzw. ist er im Einzelfall festzulegen.

12.2.5 Probenahme

Die Betonproben für die Druckfestigkeitsprüfung von Beton nach Eigenschaften müssen etwa gleichmäßig über die Liefermenge und Lieferwerke verteilt und aus verschiedenen Lieferfahrzeugen entnommen werden, wobei aus jeder Probe ein Probekörper herzustellen ist.

12.2.6 Beurteilung der Druckfestigkeit – Beton nach Eigenschaften

Annahmekriterien für die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung der Baustelle

Festigkeitsnachweis (Annahmeprüfung) ¹⁾	Überwachungsklasse ÜK 2	Überwachungsklasse ÜK 1 (nur optional)
Jeder Einzelwert f_{ci}	$\geq f_{ck} - 4$ oder $\geq 0,9 \cdot f_{ck}$ ²⁾	$\geq f_{ck} - 4$ ²⁾

¹⁾ Prüfung im Alter von 28 Tagen (Ausnahme z. B. bei massigen Bauteilen ohne weitere Abstimmungen oder bei nachhaltigen Betonen in Abstimmung mit der Fremdüberwachung unter bestimmten Voraussetzungen möglich).

²⁾ f_{ck} = charakteristische Druckfestigkeit des verwendeten Betons in N/mm²;
bei Leichtbeton ist f_{ck} durch f_{lck} zu ersetzen.

Das Annahmekriterium ist erfüllt, wenn jeder Einzelwert die Anforderung erfüllt. Auf Basis der o. g. Formeln ist der geringere Wert zur Bewertung bei der ÜK 2 maßgebend.

Wenn die vorgenannten Druckfestigkeitsnachweise an Probekörpern im Einzelfall nicht erfüllt werden, sind Prüfungen mit dem Rückprallhammer am Bauwerk/Bauteil möglich. Wenn diese nicht zu einem ausreichenden Ergebnis führen, können Bohrkernproben am Bauwerk zur Beurteilung herangezogen werden.

Mittelwertkriterium zur Beurteilung der Druckfestigkeit

Optional kann die Bewertung der Druckfestigkeit auf Basis von Mittelwerten vorgenommen werden, sofern im Betonbaukonzept vereinbart.

Anzahl „n“ der Einzelwerte in einer Reihe	Mittelwertkriterium (optional) – ÜK 2 Mittelwert von „n“ Einzelwerten f_{cm} [N/mm ²]
3 bis 4	$\geq f_{ck} + 1$ ¹⁾
5 bis 6	$\geq f_{ck} + 2$ ¹⁾
ab 7	Aufteilung in Gruppen von „3 bis 4“ oder „5 bis 6“ Einzelwerten und entsprechende Bewertung nach vorgenannten Zeilen.

¹⁾ f_{ck} = charakteristische Druckfestigkeit des verwendeten Betons in N/mm²;
bei Leichtbeton ist f_{ck} durch f_{lck} zu ersetzen.

12.2.7 Konformitätskriterien für die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung (Beton nach Zusammensetzung)

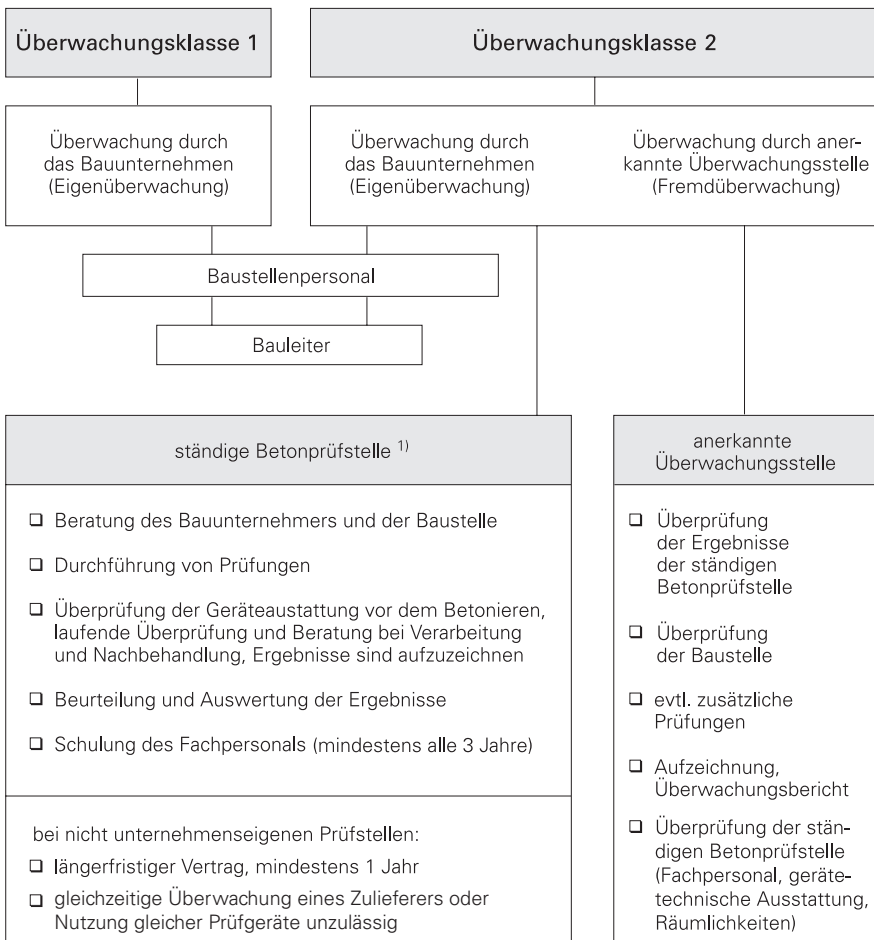
Die Anforderungen an die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung enthält DIN 1045-2, 8.2.1.3 (Konformitätskriterien für die Druckfestigkeit).

12.3 Eigenüberwachung und Fremdüberwachung

12.3

12.3.1 Systematik

Zur Qualitätssicherung bei der Verarbeitung von Beton der Überwachungsklassen 1 und 2 auf Baustellen gehört die Überwachung des Betonierens durch das Bauunternehmen mit der Überprüfung der maßgebenden Frisch- und Festbetoneigenschaften (Eigenüberwachung) und bei Beton der Überwachungsklasse 2 zusätzlich die Überwachung durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle (Fremdüberwachung). Baustellen, auf denen Beton der Überwachungsklasse 2 eingebaut wird, sind unter Angabe von „DIN 1045-3“ und der Überwachungsstelle zu kennzeichnen.



¹⁾ Leitung durch eine in der Betontechnik erfahrene Person mit nachgewiesenen erweiterten betontechnologischen Kenntnissen

Überwachung durch das Bauunternehmen und eine anerkannte Überwachungsstelle (Beton nach Eigenschaften)

12.3.2 Personal

Die Leitung der ständigen Prüfstelle muss eine in der Betontechnik erfahrene Person übernehmen, die die dafür notwendigen erweiterten betontechnologischen Kenntnisse durch eine Bescheinigung einer hierfür anerkannten Stelle nachweisen kann (E-Schein). Zu den Aufgaben der Prüfstelle gehören neben der Überwachungstätigkeit auch die Beratung des Bauunternehmens auf der Baustelle und die regelmäßige Schulung des Baustellenfachpersonals. Die Schulung ist in Aufzeichnungen festzuhalten und hat regelmäßig in Abständen von höchstens 3 Jahren stattzufinden.

12.4 12.4 Qualitätssicherung von Transportbeton durch den Hersteller

Zur werkseitigen Qualitätssicherung von Transportbeton gehören die Produktionskontrolle des Transportbetonherstellers (Eigenüberwachung), deren integraler Bestandteil die Konformitätskontrolle zur Überprüfung der Übereinstimmung des Betons mit den Festlegungen ist. Die Erstbewertung und laufende Überwachung von Produktionsanlagen und Produktionskontrolle obliegt einer anerkannten Überwachungsstelle (Fremdüberwachung). Die Zertifizierung der werkseigenen Produktionskontrolle erfolgt auf der Grundlage des Berichts der Überwachungsstelle durch eine anerkannte Zertifizierungsstelle. Die Übereinstimmung mit den technischen Regeln (DIN 1045-2) wird durch das Übereinstimmungszeichen dokumentiert, für das Kennzeichnungspflicht besteht und für das der Hersteller verantwortlich ist.



Materialprüfungs-
anstalten



Bund Güteschutz
Beton- und Stahlbeton-
fertigteile e.V.



Bundesüberwachungs-
verband
Transportbeton e.V.

Übereinstimmungszeichen

13 Zusammenstellung wichtiger Regelwerke und Merkblätter

Vorbemerkungen

Im Folgenden wird eine Auswahl an Normen, Regelwerken sowie Richtlinien und Merkblättern aufgeführt, die für die Anwendung der Betonbauweise relevant sind. Nicht alle im Folgenden aufgeführten Regelwerke und Merkblätter sind mit der neuen Normengeneration DIN 1045 abgestimmt.

Zusätzlich bestehende Regelwerke, z. B. ZTV oder Länderregelungen, können abweichende oder weitere Festlegungen enthalten.

Zemente

DIN EN 197-1	Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement
DIN EN 197-5	Zement – Teil 5: Portlandkompositzement CEM II/C-M und Kompositzement CEM VI
DIN EN 197-6	Zement – Teil 6: Zement mit rezyklierten Baustoffen
DIN EN 14216	Zement – Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Sonderzement mit sehr niedriger Hydratationswärme
DIN 1164-10	Zement mit besonderen Eigenschaften – Teil 10: Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt – Zusammensetzung und Anforderungen
DIN 1164-11	Zement mit besonderen Eigenschaften – Teil 11: Zement mit verkürztem Erstarren – Zusammensetzung und Anforderungen
DIN EN 196	Prüfverfahren für Zement

Gesteinskörnungen

DIN EN 12620	Gesteinskörnungen für Beton
DIN EN 13055	Leichte Gesteinskörnungen
DIN EN 932	Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen
DIN EN 933	Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen
DIN EN 1097	Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen
DIN EN 1367	Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen

Betonzusätze und Fasern

DIN EN 934	Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel
DIN EN 450	Flugasche für Beton
DIN EN 13263	Silikastaub für Beton
DIN EN 12878	Pigmente zum Einfärben von zement- und/oder kalkgebundenen Baustoffen – Anforderungen und Prüfverfahren
DIN 51043	Trass
DIN EN 15167	Hüttensandmehl zur Verwendung in Beton, Mörtel und Einpressmörtel
DIN EN 14889	Fasern für Beton

Zugabewasser

DIN EN 1008	Zugabewasser für Beton – Festlegung für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich bei der Betonherstellung anfallendem Wasser, als Zugabewasser für Beton
-------------	--

Beton

DIN EN 1992	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
DIN 1045-1000	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1000: Grundlagen und Betonbauqualitätsklassen (BBQ)
DIN 1045-1	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Planung, Bemessung und Konstruktion
DIN 1045-2	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton
DIN 1045-3	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung
DIN 1045-4	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 4: Betonfertigteile – Allgemeine Regeln
DIN 1045-40	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 40: Regeln für Betonfertigteile, die keiner spezifischen Norm entsprechen
DIN 1045-41	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 41: Anforderungen für die Verwendung von Betonfertigteilen in baulichen Anlagen
DIN EN 14487	Spritzbeton
DIN 18551	Spritzbeton – Nationale Anwendungsregeln zur Reihe DIN EN 14487 und Regeln für die Bemessung von Spritzbetonkonstruktionen
DIN EN 12350	Prüfung von Frischbeton
DIN EN 12390	Prüfung von Festbeton
DIN EN 12390-2	Prüfung von Festbeton – Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen
DIN EN 12390-3	Prüfung von Festbeton – Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern
DIN EN 12504-1	Prüfung von Beton in Bauwerken – Teil 1: Bohrkernproben – Herstellung, Untersuchung und Prüfung der Druckfestigkeit

Beton (Fortsetzung)

DIN EN 12504-2	Prüfung von Beton in Bauwerken – Teil 2: Zerstörungsfreie Prüfung – Bestimmung der Rückprallzahl
DIN EN 13791	Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken und in Bauwerksteilen
DIN 4030	Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase
DIN 4108-4	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
DIN 18202	Toleranzen im Hochbau – Bauwerke
DIN 18218	Frischbetondruck auf lotrechte Schalungen
DIN EN 1536	Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Bohrpfähle (2010-12)
DIN SPEC 18140	Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 1536:2010-12, Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Bohrpfähle (2012-02)
DIN EN 14199	Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Mikropfähle (2012-01)
DIN SPEC 18539	Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 14199:2012-01, Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle) (2012-02)
DIN EN 12699	Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Verdrängungspfähle (2001-05)
DIN SPEC 18538	Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 12699:2001-05, Ausführung spezieller geotechnischer Arbeiten (Spezialtiefbau) – Verdrängungspfähle (2012-02)

Richtlinien und Merkblätter

DafStb-Richtlinie ¹⁾	Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)
DafStb-Richtlinie ¹⁾	Stahlfaserbeton
DafStb-Richtlinie ¹⁾	Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)
DafStb-Richtlinie ¹⁾	Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (BUmWS)
DafStb-Richtlinie ¹⁾	Massige Bauteile aus Beton
DafStb-Richtlinie ¹⁾	Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton)
DafStb-Richtlinie ¹⁾	Bestimmung des Kegelsetzfließmaßes und der Kegelauslaufzeit von selbstverdichtendem Beton mittels Auslaufkegel (Auslaufkegelprüfung)
DafStb-Richtlinie ¹⁾	Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel
DafStb-Richtlinie ¹⁾	Herstellung und Verwendung von Trockenbeton und Trockenmörtel (Trockenbeton-Richtlinie)
DBV/VDZ-Merkblatt ²⁾	Sichtbeton
DBV-Merkblatt ³⁾	Betondeckung und Bewehrung
DBV-Merkblatt ³⁾	Abstandhalter nach Eurocode 2
DBV-Merkblatt ³⁾	Unterstützungen nach Eurocode 2

Richtlinien und Merkblätter (Fortsetzung)

DBV-Merkblatt ³⁾	Betonschalungen und Ausschallfristen
DBV-Merkblatt ³⁾	Parkhäuser und Tiefgaragen
DBV-Merkblatt ³⁾	Unterwasserbeton
DBV-Merkblatt ³⁾	Hochwertige Nutzung von Untergeschossen – Bauphysik und Raumklima
DAfStb-Heft 337	Schneider, U.: Verhalten von Beton bei hohen Temperaturen. DAfStb-Heft Nr. 337, Berlin, 1982
DAfStb-Heft 400	Hahn, U.; Sievers, H.: Verwendung gebrochenen Zuschlags. In: Erläuterungen zu DIN 1045 Beton- und Stahlbeton, Ausgabe 07.88, S. 27-30, DAfStb-Heft Nr. 400, Berlin, 1989
RStO ⁴⁾	Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen
TL Beton-StB ⁴⁾	Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton

Zement-Merkblatt B 1 ⁵⁾	Zemente und ihre Herstellung
Zement-Merkblatt B 2 ⁵⁾	Gesteinskörnung für Normalbeton
Zement-Merkblatt B 5 ⁵⁾	Überwachen von Beton auf Baustellen
Zement-Merkblatt B 6 ⁵⁾	Transportbeton – Festlegung, Bestellung, Lieferung, Abnahme
Zement-Merkblatt B 8 ⁵⁾	Nachbehandlung und Schutz des jungen Betons
Zement-Merkblatt B 9 ⁵⁾	Expositionsklassen für Betonbauteile im Geltungsbereich des EC2
Zement-Merkblatt B 11 ⁵⁾	Massige Bauteile aus Beton
Zement-Merkblatt B 12 ⁵⁾	Unterwasserbeton
Zement-Merkblatt B 13 ⁵⁾	Leichtbeton
Zement-Merkblatt B 14 ⁵⁾	Infraleichtbeton
Zement-Merkblatt B 30 ⁵⁾	Ressourcenschonender Beton – Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen
Zement-Merkblatt H 10 ⁵⁾	Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton und ihre Herstellung
Zement-Merkblatt H 11 ⁵⁾	Fugen und ihre Abdichtung in WU-Bauwerken aus Beton

¹⁾ Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb)

²⁾ Merkblatt des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins (DBV) und des Vereins Deutscher Zementwerke (VDZ)

³⁾ Merkblatt des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins (DBV)

⁴⁾ Regelwerk der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV)

⁵⁾ Zement-Merkblatt der InformationsZentrum Beton GmbH

Vertiefende und weiterführende Erläuterungen zu einzelnen Normen und ihren Anwendungen finden sich auch in weiteren Zement-Merkblättern des InformationsZentrum Beton. Sie stehen kostenfrei unter www.beton.org zum Download bereit.

14 Stichwortverzeichnis

A

Abstandhalter	90, 92, 93, 108, 119
Alkaligehalt	34, 35, 66
Alkali-Kieselsäure-Reaktion	11, 44, 65
Alkali-Richtlinie	44, 45, 48, 50, 66, 84, 119
Annahmekriterien	110, 113, 114
Äquivalenter Wasserzementwert $(w/z)_{eq}$	10, 50, 51, 52, 67, 68, 71, 74
Ausbreitmaß	55, 56, 74, 81
Ausführungsgespräch	22, 23, 103
Ausführungsklasse AK	15, 16, 17, 18, 19, 20, 38, 74, 75, 91, 103, 104, 106, 107, 108, 111
Ausgangsstoffe, -Zugabe auf der Baustelle	98
Ausschalfrist	107, 108, 120
Ausschreibungsgespräch	21, 22, 23

B

Bauverlaufsgespräch	22, 23
BBQ-Ausführungsgespräch	22, 23
BBQ-Ausschreibungsgespräch	21, 22
BBQ-E	14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 48, 71, 72, 74, 75
BBQ-N	16, 17, 18, 19, 20
BBQ-S	14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 48, 103
Beanspruchungsklassen	69
Bereitstellungsgemisch	81
Beton mit hohem Wassereindringwiderstand	43, 50, 51, 52, 69, 84
Beton nach Eigenschaften	11, 13, 53, 76, 77, 78, 82, 97, 99, 109, 112, 113, 114, 115
Beton nach Eigenschaften, -Anforderungen an die Prüfungen	113
Beton nach Eigenschaften, -Umfang der Prüfungen	112
Beton nach Zusammensetzung	11, 53, 54, 82, 113, 114
Beton, -Druckfestigkeit	17, 33, 54, 55, 59, 67, 68, 71, 77, 98, 106, 107, 110, 112, 113, 114
Beton, -Festigkeitsentwicklung	17, 33, 70, 75, 98, 106, 107, 108
Beton, -Fördern	99
Beton, -Grenzwerte für die Zusammensetzung	67, 68, 76
Beton, -Verarbeiten	99
Beton, -Zusammensetzung	11, 53, 54, 56, 57, 67, 68, 82, 99, 106, 107, 112, 113, 114
Betonbaukonzept	14, 16, 21, 22, 108, 110, 114
Betonbauqualitätsklasse BBQ	14, 15, 118

Betondeckung	19, 21, 61, 89, 90, 91, 93, 94, 108, 119
Betone beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	71, 119
Betonentwurf	59
Betonfachgespräche	16, 21
Betonklasse BK	15, 16, 38, 41, 54, 56, 68, 74, 75, 76, 97, 103, 111
Betonkorrosion	63, 64, 65, 68
Betonsplitt	38, 40, 84
Betonverflüssiger	47
Betonzusatzmittel	13, 47, 48
Betonzusatzstoffe	10, 49, 52, 67, 68, 71, 72, 73, 76, 81
Bewehrung	11, 58, 61, 62, 70, 89, 90, 91, 93, 94, 102, 108, 119
Bewehrungsgrad	18, 108
Bewehrungskorrosion	28, 30, 61, 62, 67
Biegezugfestigkeit f_{\parallel}	11, 12
Blockierneigungsklassen	56
Bohrpfähle	43, 72, 119
Brandschutz	17, 23, 90, 111

C

Charakteristische Druckfestigkeit f_{ck}	11, 54, 55, 61, 62, 63, 64, 67, 68, 69, 85, 105, 109, 114
Chemische Umgebung	29, 31, 64, 68
Chemischer Angriff	17, 65, 84, 91, 111
Chloride	28, 29, 30, 31, 62, 66, 104
Chloridgehalt	37, 42, 54, 60, 81, 97

D

Dauerhaftigkeit	17, 18, 23, 89, 94, 104
Dichtstrom	81
Dichtungsmittel	47
D _{lower}	9, 54, 73, 97
Druckfestigkeit, -Beurteilung	114
Druckfestigkeitsklassen	13, 17, 54, 72, 73, 74, 85, 97, 105, 111
Dünnstrom	81
D _{upper}	9, 54, 72, 73, 97

E

Ebenheitsabweichungen	102
Eigenüberwachung	13, 36, 115, 116
Erhärtungsbeschleuniger	47
Erhärtungsprüfung	110
Erstarrungsbeschleuniger	47, 81
Erstarrungsende	48, 99, 100, 101
Erstprüfung	22, 48, 56, 58, 77, 103, 105, 106, 107, 109
Expositionsklassen	11, 17, 28, 30, 42, 50, 51, 52, 57, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 73, 75, 76, 77, 84, 90, 94, 97, 105, 106, 111, 120

F

Fachkundige Person(en)	22, 23, 46
Fahrbahndeckenzement	34
Fasern	10, 12, 17, 54, 71, 76, 77, 78, 79, 80, 98, 111, 118
FD-Beton	50, 71
FDE-Beton	71
Festbeton	10, 11, 53, 57, 58, 82, 109, 110, 113, 115, 118
Festbetoneigenschaften, -Prüfungen	82, 109, 110, 113, 115
Festlegung	9, 11, 12, 14, 21, 22, 28, 30, 46, 53, 54, 61, 62, 64, 66, 69, 74, 78, 80, 83, 85, 89, 97, 113, 116, 117, 118, 119, 120
Feuchtigkeitsklassen	17, 46, 61
Fließmittel	12, 47
Flugasche	9, 24, 25, 27, 28, 30, 32, 36, 49, 50, 51, 52, 64, 67, 68, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 118
Flüssigkeitsdichter Beton	71
Flüssigkeitsdichter Beton nach Eindringprüfung	71
Fördern des Betons	99
Fremdüberwachung	14, 43, 114, 115, 116
Frischbeton	9, 10, 11, 22, 38, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 70, 74, 75, 83, 97, 99, 100, 101, 103, 105, 106, 111, 112, 113, 118, 119
Frischbetondruck	99, 100, 101, 119
Frischbetoneigenschaften, -Prüfungen	56, 74
Frostangriff	29, 31, 63, 68

G

Gebrauchstauglichkeit	23, 77, 94
Gesteinskörnungen	9, 10, 18, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 53, 60, 68, 83, 87, 97, 98, 111, 117
Grundmischung	81

H

Hüttensandmehl	49, 52, 118
Hydratationswärme	32, 34, 35, 36, 70, 104, 108, 117

J

Junger Beton	53, 82, 104
--------------	-------------

K

Kalksteinmehl	9, 49
Karbonatisierung	28, 30, 61, 67
Konformitätskontrolle	109, 116
Konsistenz	11, 13, 18, 22, 39, 54, 55, 56, 57, 70, 71, 72, 73, 79, 81, 97, 98, 99, 100, 101, 112, 113
Konsistenzklassen	11, 18, 55, 70, 81, 97, 100, 101
Kubikmeter Beton	10

L

Leichtbeton	10, 18, 53, 54, 55, 66, 67, 77, 80, 85, 86, 87, 91, 96, 111, 113, 114, 120
Leichtverdichtbarer Beton (LVB)	11
Leimvolumen (Mindestleimvolumen)	75
Luftporenbildner	47, 71

M

Massige Bauteile	13, 19, 34, 65, 67, 68, 75, 76, 111, 119, 120
Maßtoleranzen	102
Mehlkorn	9, 12, 39, 43, 72, 73
Merkblätter, -Zusammenstellung	117, 118, 119, 120
Mindestbetondeckung	89
Mindestdauer der Nachbehandlung	105, 106
Mindest-Leimvolumen	58, 75
Mittelwertkriterium	114

N

Nachbehandlungsdauer	105, 106, 107
Nachbehandlungsklasse	105, 106
Nassspritzverfahren	81
Niedriger wirksamer Alkaligehalt	34
Normalbeton	53, 55, 89, 90, 91, 120
Nutzungsklassen	12, 69

O

Opferbeton	91
Ortbeton	21, 43, 53, 70, 72

P

Pfähle	19, 43, 72, 74, 119
Pigmente	18, 49, 60, 81, 98, 118
Planungsklasse PK	15, 16, 17, 18, 19, 20, 74, 75, 103, 111
Probenahme	113, 118
Prüfungsarten	109

Q

Qualitätssicherung auf der Baustelle	109
Quarzmehl	49

R

Regelwerke, -Zusammenstellung	117, 118, 119, 120
Restwasser	10, 83
Rezyklierte Gesteinskörnung	9, 18, 20, 38, 39, 40, 45, 83, 98, 111
Richtlinien, -Zusammenstellung	117, 118, 119, 120
Rissbreite	94, 95
Rüttelgasse	19, 21, 108

S

Saugwasser	9, 39
Schalung	21, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 119, 120
Schlitzwände	19, 42
Schwerbeton	18, 53, 54, 97, 111, 112, 113
Sedimentationsstabilitätsklassen	56
Selbstverdichtender Beton	12, 18, 56, 111
Setzfließmaßklassen	55, 56
Sichtbeton	10, 12, 16, 17, 21, 43, 56, 104, 119
Silikastaub	24, 26, 49, 51, 52, 68, 71, 76, 118
Silikasuspension	49, 99
Sonderzement	24, 25, 26, 27, 32, 34, 117
Splittbeton	39
Spritzbeton/-mörtel	12, 80, 81, 82, 118
Stabilisierer	47
Stahlfaserbeton	12, 17, 18, 71, 76, 77, 78, 79, 97, 111, 119
Ständige Betonprüfstelle	13, 23
Startgespräch	22, 23
Sulfatwiderstand	28, 30, 33, 35, 50, 64
SVB	12, 56, 57, 58, 70, 97, 100, 101, 112

T

Toleranzen	100, 102, 119
Transportbeton, -Bestellung	97, 120
Transportbeton, -Qualitätssicherung	109, 116
Trass	30, 49, 118
Trockenbeton und Trockenmörtel	13, 119
Trockenspritzverfahren	12, 81

U

Überwachung durch das Bauunternehmen	13, 14, 110, 115, 116
Überwachung durch eine anerkannte Überwachungsstelle	14, 43, 74, 115, 116
Überwachungsklasse des Betons	13, 110, 111
Überwachungsklassen, -Zuordnung	16, 72, 78, 110
Überwachungsprüfung der Baustelle	78, 110
Umgebungsbedingungen	11, 46, 59, 61, 104

V

Verarbeiten des Betons	99
Verdichtungsmaß	55, 56
Verfasser der Festlegung	11, 53, 54, 66
Vergussbeton und Vergussmörtel	13, 119
Verknüpfung der Klassensystematik	15
Verlegemaß	89, 90, 92
Verschleißbeanspruchung	63, 68, 91
Verzögerer	47, 105
Viskositätsklassen	56, 97
Viskositätsmodifizierer	47

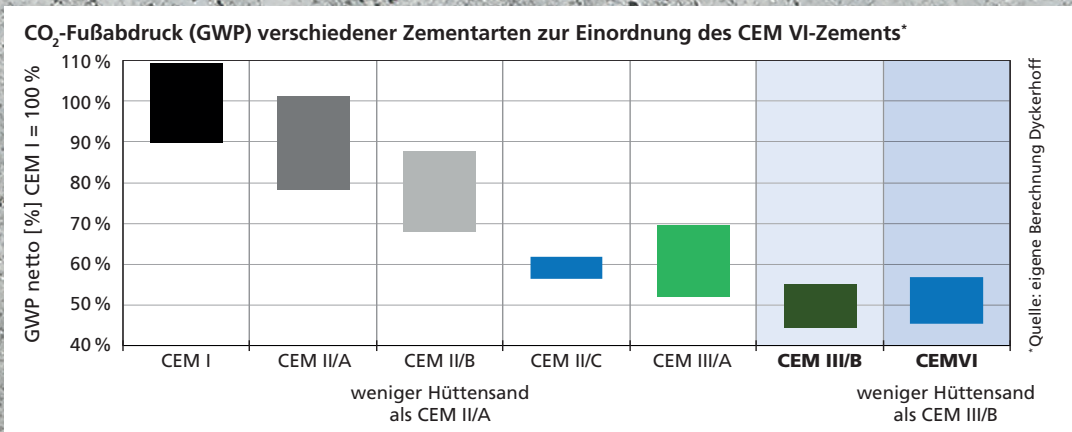
W

Wasser	9, 10, 12, 13, 16, 19, 20, 28, 29, 30, 31, 38, 39, 42, 43, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 81, 83, 84, 94, 95, 98, 99, 101, 104, 111, 118, 119, 120
Wasserbau	29, 30, 62, 68, 76, 94
Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton	19, 69, 70, 119, 120
Wasserundurchlässigkeit	12
Wasserzementwert	10, 47, 48, 50, 51, 52, 52, 59, 69, 71, 72, 76, 112
wirksamer Wassergehalt	9, 10, 39
Würfeldruckfestigkeiten	55

Z

Zement	9, 10, 13, 14, 20, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 58, 59, 60, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 79, 81, 83, 96, 99, 103, 112, 117, 118, 119, 120
Zement, -Anwendungsbereiche	28, 30
Zement, -Besondere Eigenschaften	33, 34, 66
Zement, -Bezeichnungen	34
Zement, -Dichte	32
Zement, -Festigkeitsklassen	32, 33, 59
Zement, -Hydratationswärme	32, 34, 35, 36, 117
Zement, -Überwachung	36
Zement, -Zusammensetzung	24, 36
Zementarten	24, 36
Zementmörtel	10, 13, 14
Zielkonsistenz	72, 73
Zuordnung zu Klassen	15, 16, 21, 46, 61, 69, 77, 78, 111
Zusammenstellung wichtiger Regelwerke und Merkblätter	117, 118, 119, 120
Zusatzmittel	9, 10, 13, 39, 47, 48, 54, 58, 60, 71, 81, 98, 118
Zusatzstoffe	9, 10, 32, 49, 52, 54, 58, 60, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 76, 81

CEM VI (S-LL)



Erster Zementhersteller in Deutschland ... mit DIBt-Zulassung

- konzipiert für Massenbetone mit einem geringen CO₂-Fußabdruck
- effiziente Nutzung lokal verfügbarer Rohstoffe
- für alle Expositionsclassen geeignet (Ausnahme XF2 bis XF4)
- zugelassen für die Herstellung von FD-Beton und Bohrpfehlbeton
- niedriger wirksamer Alkaligehalt (na)



Dyckerhoff GmbH
Biebricher Straße 68
65203 Wiesbaden
marketing@dyckerhoff.com
www.dyckerhoff.com