

BETONTECHNISCHE DATEN

Ein Tabellenwerk für Praktiker



Betontechnische Daten

Haftungsausschluss und Hinweis zur aktuellen Normung

Die vorliegenden **Betontechnischen Daten** dienen vorrangig der Arbeitserleichterung für den persönlichen Gebrauch. Sofern hier Inhalte aus gesetzlichen Vorschriften oder Normen sowie anderen Veröffentlichungen zitiert werden, werden diese gegebenenfalls in verkürzter und vereinfachter Form wiedergegeben. Eine gewerbliche Weitergabe dieser Publikation ist ausgeschlossen und wird ausdrücklich untersagt. Für die Nutzung der Inhalte dieser **Betontechnischen Daten** wird darauf hingewiesen, dass eine verbindliche Aussage ausschließlich dem Originaltext der Norm bzw. der zitierten Veröffentlichung entnommen werden kann.

Alle in dieser Veröffentlichung enthaltenen Informationen, technischen Daten, Definitionen, Auskünfte und Hinweise sind nach bestem Wissen geprüft und zusammengetragen. Eine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der hier enthaltenen Informationen wird aber nicht übernommen. Jegliche Haftung für Schäden, die direkt oder indirekt aus der Benutzung dieser betontechnischen Datenblätter entstehen, ist ausgeschlossen.

Alle Angaben in dieser Publikation basieren auf der in Deutschland gültigen Norm (Ausgabedatum). Abweichend davon ist bereits existent die DIN EN 206 Ausgabe 2014, zu der die nationale Anwendungsnorm DIN 1045 noch nicht erschienen ist. In Verbindung mit DIN EN 206 werden verschiedene andere Normen benannt, die aber zwischenzeitlich zurückgezogen sind.

Zement	6
Normen und Festigkeitsklassen	19
Normalzemente und ihre Zusammensetzung	21
Zemente mit besonderen Eigenschaften	23
Anwendungsbereiche für Normzemente	25
Zement für Fahrbahndecken aus Beton	27
Gesteinskörnung	29
Normen, Begriffe	29
Kategorien, Anforderungen	30
Kornzusammensetzung, Sieblinien	34
Wasseranspruch	39
Betonzusatzstoffe	40
Betonzusatzmittel	43
Zugabewasser	45
Verwendbarkeit	45
Restwasser-Feststofftabelle	46
Grenzwerte für Zugabewasser	47
Beton	48
Begriffe, Symbole, Erläuterungen	48
Normal- und Schwerbeton: Druckfestigkeitsklassen	49
Festigkeitsentwicklung	50
Leichtbeton: Rohdichte-, Druckfestigkeitsklassen	51
Elastizitätsmodul von Normal- und Leichtbeton	52

Expositionsklassen XO, XC	53
Expositionsklassen XD, XS	55
Expositionsklassen XF	57
Expositionsklassen XA, XM	59
Feuchteklassen	61
Mehlkorngehalt	62
Konsistenzklassen	63
Chemischer Angriff	64
Mindestzementgehalt Standardbeton	65
Stahlfaserbeton	64
Selbstverdichtender Beton	70
Beton für wasserundurchlässige Bauwerke	73
Alkali-Kieselsäure-Reaktion, Alkali-Richtlinie des DAfStB	76
Anwendungsbereich, Karte	77
Kriterien zur Einstufung von Gesteinskörnung	78
Vorbeugende Maßnahmen	79
Konformitätskontrolle Hersteller	81
Bestellung von Transportbeton	92
Bauausführung	94
Betonrecycling	98
Regelwerke	100
Standorte / Ansprechpartner	103

ECO Planet B4 – Der nachhaltige Spezialzement für anspruchsvolle Betonanwendungen

CEM III/B 42,5 L-LH/SR (na) und CEM III/B 42,5 N-LH/SR (na)

Eigenschaften

- Niedrige Hydratationswärme
- Hoher Sulfatwiderstand
- Niedriger wirksamer Alkaligehalt
- Lange Verarbeitbarkeit
- Moderate Anfangsfestigkeit
- Sehr hohe Nacherhärtung
- Helle Farbgebung
- Sehr günstige CO₂-Bilanz

Anwendungsgebiete

- Wasserbauwerke nach ZTV-W
- Massige Bauteile
- Hoch- und Tiefbau
- Konstruktiver Ingenieurbau
- See- und Hafengebäuden
- Betone im Abwasserbereich
- Biogasanlagen
- Bei Verwendung alkaliempfindlicher Gesteinskörnung
- Betonbauteile mit heller Oberfläche
- Betone mit reduziertem CO₂-Footprint

ECO Planet A3 – Der klimafreundliche Spezialzement für besondere Anforderungen

CEM III/A 32,5 N / CEM III/A 32,5 N (na) / CEM III/A 32,5 N-LH / CEM III/A 32,5 N-LH (na)
CEM III/A 32,5 N-LHSR/LA

Eigenschaften

- Niedrige Hydratationswärme
- Hoher Sulfatwiderstand
- Niedriger wirksamer Alkaligehalt
- Lange Verarbeitbarkeit
- Moderate Festigkeitsentwicklung
- Hohe Nacherhärtung
- Helle Farbgebung
- Günstige CO₂-Bilanz

Anwendungsgebiete

- Betone mit reduziertem CO₂-Footprint
- Spezialtiefbau
- Wasserbau
- Transportbeton für Hoch- und Tiefbau
- Massige Bauteile
- Betonieren bei warmer Witterung
- Konstruktiver Ingenieurbau
- Betone im Abwasserbereich
- Bei Verwendung alkaliempfindlicher Gesteinskörnung
- Betonbauteile mit heller Oberfläche

ECO Planet A5 – Der nachhaltige Premium-Zement für Fertigteile

CEM III/A 52,5 R

Eigenschaften

- Gutes Wasserrückhaltevermögen
- Hohe Frühfestigkeit
- Hohes Nacherhärtungspotential
- Hell Farbgebung
- Günstige CO₂-Bilanz

Anwendungsgebiete

- Fertigteile
- Selbstverdichtender Beton
- Betonwaren
- Betonbauteile mit heller Oberfläche
- Eingefärbte Betone
- Dauerhafte Betone
- Betone mit reduziertem CO₂-Footprint

ECO Planet C4 – Der klimafreundliche Alleskönner

CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N

Eigenschaften

- Gute Verarbeitbarkeit
- Gutes Wasserrückhaltevermögen
- Normale Festigkeitsentwicklung
- Sehr gute CO₂-Bilanz

Anwendungsgebiete

- Transportbeton für Hoch- und Tiefbau
- Konstruktiver Ingenieurbau

Holcim Duo 4 N / Holcim Duo 4 N-NA – Der leistungsstarke und umweltfreundliche Ganzjahreszement

CEM III/A 42,5 N und CEM III/A 42,5 N (na)

Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Längere Verarbeitbarkeit
- Gute Anfangsfestigkeit
- Gute Nacherhärtung
- Helle Farbgebung
- Niedriger wirksamer Alkaligehalt (nur Holcim Duo 4 N-NA)
- Günstige CO₂-Bilanz

Anwendungsgebiete

- Transportbeton für Hoch- und Tiefbau
- Konstruktiver Ingenieurbau
- Leicht- und selbstverdichtender Beton
- Straßenbau, Fahrbahndecken
- Betonwaren
- Betonbauteile mit heller Oberfläche
- Betone mit reduziertem CO₂-Footprint
- Bei alkaliempfindlicher Gesteinskörnung (nur Holcim Duo 4 N-NA)

Holcim Duo 4 N LH / Holcim Duo 4 N-LH/NA – Der nachhaltige Spezialzement für Wasserbau und massive Bauteile

CEM III/A 42,5 N-LH und CEM III/A 42,5 N-LH (na)

Eigenschaften

- Niedrige Hydratationswärme
- Niedriger wirksamer Alkaligehalt (nur Holcim Duo 4 N-LH/NA)
- Länge Verarbeitbarkeit
- Moderate Festigkeitsentwicklung
- Gute Nacherhärtung
- Helle Farbgebung
- Günstige CO₂-Bilanz

Anwendungsgebiete

- Wasserbau
- Spezialtiefbau
- Transportbeton für Hoch- und Tiefbau
- Massive Bauteile
- Betonieren bei warmer Witterung
- Tunnelbau
- Konstruktiver Ingenieurbau
- Bei alkaliempfindlicher Gesteinskörnung (nur Holcim Duo 4 N-LH/NA)
- Betonbauteile mit heller Oberfläche

Holcim Duo 5 N / Holcim Duo 5 N-SR/NA – Der umweltfreundliche Zement für widerstandsfähige Fertigteile

CEM III/A 52,5 N und CEM III/A 52,5 N-SR/LA

Eigenschaften

- Hoher Sulfatwiderstand
- Niedriger wirksamer Alkaligehalt (nur Holcim Duo 5 N-SR/NA)
- Hohe Anfangsfestigkeit
- Hohe Endfestigkeit
- Gute Nacherhärtung
- Helle Farbgebung
- Günstige CO₂-Bilanz

Anwendungsgebiete

- Betonfertigteile
- Rohre, Schachtelemente
- Betonbauteile, die chemischen Angriffen ausgesetzt sind
- Selbstverdichtender Beton
- Hochfester Beton
- Betonbauteile mit heller Oberfläche
- Betonfertigteile mit niedrigem CO₂-Footprint
- Bei Verwendung alkaliempfindlicher Gesteinskörnung

Holcim Ferro 3 R / Holcim Ferro 3 R-NA – Der wirtschaftliche Allround-Zement

CEM II/B-S 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R (na)

Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Gutes Wasserrückhaltevermögen
- Normale Festigkeitsentwicklung
- Gute CO₂-Bilanz
- Niedriger wirksamer Alkaligehalt (nur Holcim-Ferro 3 R-NA)

Anwendungsgebiete

- Estrich
- Mörtel
- Transportbeton für Hoch- und Tiefbau
- Straßenbau, Fahrbahndecken
- Bei Verwendung alkaliempfindlicher Gesteinskörnung (nur Holcim-Ferro 3 R-NA)

Holcim Ferro 4 N / Holcim Ferro 4 N-NA – Der verarbeitungsfreundliche Allround-Zement

CEM II/B-S 42,5 N und CEM II/B-S 42,5 N (na)

Eigenschaften

- Gute Verarbeitbarkeit
- Gutes Wasserrückhaltevermögen
- Normale Festigkeitsentwicklung
- Gute CO₂-Bilanz
- Niedriger wirksamer Alkaligehalt (nur Holcim-Ferro 4 N-NA)

Anwendungsgebiete

- Estrich
- Mörtel
- Transportbeton für Hoch- und Tiefbau
- Straßenbau, Fahrbahndecken
- Bei Verwendung alkaliempfindlicher Gesteinskörnung (nur Holcim-Ferro 4 N-NA)

Holcim Ferro 4 R – Der frühfeste Alleskönner

CEM II/A-S 42,5 R

Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Gutes Wasserrückhaltevermögen
- Hohe Anfangsfestigkeit
- Hohe Endfestigkeit

Anwendungsgebiete

- Betonwaren
- Betonfertigteile
- Transportbeton bei erhöhten Anforderungen bezgl. Früh- und Endfestigkeit
- Konstruktiver Ingenieurbau
- Betonfahrbahndecken

Holcim Ferro 5 R – Der umweltfreundliche Hochleistungszement für Fertigteile

CEM II/A-S 52,5 R

Eigenschaften

- Gute Verarbeitbarkeit
- Hohe Anfangsfestigkeit
- Hohe Endfestigkeit

Anwendungsgebiete

- Betonwaren
- Betonfertigteile

Holcim Fluvio 3 R - Der wirtschaftliche Allround-Zement

CEM II/A-LL 32,5 R

Eigenschaften

- Gute Verarbeitbarkeit
- Gutes Wasserrückhaltevermögen
- Normale Festigkeitsentwicklung

Anwendungsgebiete

- Transportbeton für Hoch- und Tiefbau
- Mörtel
- Estrich

Holcim Fluvio 4 N – Der verarbeitungsfreundliche Allround-Zement

CEM II/A LL 42,5 N

Eigenschaften

- Sehr gute Verarbeitungseigenschaften in allen Konsistenzbereichen
- Gutes Wasserrückhaltevermögen
- Einfache und problemlose Verarbeitbarkeit
- Helle Farbgebung

Anwendungsgebiete

- Zementestrich
- Transportbeton für Hoch- und Tiefbau
- Straßenbau
- Frischmörtel

Holcim Fluvio 5 N – Der Portlandkalksteinzement mit optimalen Verarbeitungseigenschaften

CEM II/A-LL 52,5 N)

Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Hohes Wasserrückhaltevermögen
- Sehr hohe Früh- und Endfestigkeiten
- Sehr helle Oberfläche

Anwendungsgebiete

- Betonfertigteile
- Selbstverdichtender Beton
- Betonwaren
- Betonbauteile mit heller Oberfläche
- Eingefärbte Beton
- Sichtbeton
- Spannbeton

Holcim Fluvio 5 R – Der umweltfreundliche Hochleistungszement für Fertigteile

CEM II/A-LL 52,5 R

Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Hohes Wasserrückhaltevermögen
- Hohe Früh- und Endfestigkeiten
- Helle Farbgebung

Anwendungsgebiete

- Betonfertigteile
- Selbstverdichtender Beton
- Betonwaren
- Betonbauteile mit heller Oberfläche
- Eingefärbte Beton

Holcim Optimo 4 N - Der leistungsstarke Alleskönner

CEM II/B-M (T-LL) 42,5 N

Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Ausreichende Frühfestigkeiten
- Gute Endfestigkeiten
- Moderate Wärmeentwicklung
- Hervorragendes Wasserrückhaltevermögen
- Sehr gute Grünstandfestigkeit

Anwendungsgebiete

- Transportbeton
- Ortbeton
- Betonfertigteile
- Selbstverdichtender Beton
- Spannbeton
- Sichtbeton
- Pumpbeton
- Spritzbeton
- Putz- und Mauer Mörtel
- Estriche
- Zementstabilisierungen und Füllinjektionen im Erdbau
- Betonwaren
- Massige Bauteile (mit Flugasche)

Holcim Optimo 5 N – Der umweltfreundliche Portlandkompositzement

CEM II/ B-M (T-LL) 52,5 N

Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Gute Festigkeitsentwicklung auch in der kühleren Jahreszeit
- Hohe Endfestigkeiten
- Moderate Wärmeentwicklung
- Sehr gute Grünstandfestigkeit
- Hervorragendes Wasserrückhaltevermögen

Anwendungsgebiete

- Betonfertigteile
- Betonwaren
- Transportbeton (Winter)
- Stahlbeton
- Selbstverdichtender Beton
- Spannbeton
- Sichtbeton
- Pumpbeton
- Spritzbeton
- Estriche
- Putz- mit Mauer Mörtel

Holcim Optimo 5 R – Der Fertigteil-Zement für höchste Ansprüche

CEM II/ B-M (T-LL) 52,5 R

Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Sehr gute Festigkeitsentwicklung auch in der kühleren Jahreszeit
- Hohe Endfestigkeiten
- Moderate Wärmeentwicklung
- Sehr gute Grünstandfestigkeit
- Hervorragendes Wasserrückhaltevermögen

Anwendungsgebiete

- Betonfertigteile / Betonwaren, die sehr frühe Festigkeiten zum Abheben oder Entschalen benötigen
- Transportbeton
- Ortbeton
- Unbewehrter Beton
- Stahlbeton
- Selbstverdichtender Beton
- Spannbeton
- Sichtbeton
- Pumpbeton,
- Spritzbeton
- Putz- und Mauer Mörtel
- Estriche

Holcim Rapido 4 R – Der leistungsstarke Spritzzement

Portland-Schiefer-Kalkstein-CSA-Zement 42,5 R

Eigenschaften

- Rapido 4 R steht mit ausgezeichneten Produkteigenschaften für konstant hohe Qualität – speziell für Anwendungen im Spritzbetonbereich
- Lässt sich problemlos auch unter Verwendung von Betonzusatzmitteln und -stoffen verarbeiten
- Erfüllt alle Anforderungen eines Normzementes für Betonbauten nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2

Anwendungsgebiete

- Für Spritzbeton mit besonderen Anforderungen an die Festigkeitsentwicklung
- Geeignet zur Anwendung im Tunnelbau und für Hang- sowie Böschungssicherungen
- Transportbeton
- Ortbeton
- Unbewehrter Beton
- Stahlbeton

Holcim Pur 4 N / Holcim Pur 4 N-NA – Der traditionelle Portlandzement

CEM I 42,5 N und CEM I 42,5 N (na)

Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Gute Festigkeitsentwicklung
- Niedriger wirksamer Alkaligehalt (nur Holcim Pur 4 N-NA)

Anwendungsgebiete

- Fahrbahndecken, Straßenbau
- Transportbeton für Hoch- und Tiefbau
- Frisch- und Trockenmörtel
- Estrich
- Porenbeton

Holcim Pur 4 R / Holcim Pur 4 R-NA – Der frühfeste Portlandzement

CEM I 42,5 R und CEM I 42,5 R (na)

Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Hohe Anfangsfestigkeit
- Hohe Endfestigkeit
- Niedriger wirksamer Alkaligehalt (nur Pur 4 R-NA)

Anwendungsgebiete

- Betonwaren / Betonfertigteile
- Porenbeton
- Transportbeton bei erhöhten Anforderungen bezüglich Früh- und Endfestigkeiten
- Konstruktiver Ingenieurbau
- Frühhochfester Straßenbeton
- Leichtbeton
- Frisch- und Trockenmörtel
- Einpressmörtel nach DIN EN 447
- Betonierten bei kalter Witterung
- Bei alkaliempfindlicher Gesteinskörnung (nur Holcim Pur 4 R-NA)

Holcim Pur 5 N – Der Portlandzement für besondere Ansprüche

CEM I 52,5 N

Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Hohe Anfangsfestigkeit
- Hohe Endfestigkeit

Anwendungsgebiete

- Betonfertigteile
- Betonwaren
- Porenbeton
- Transportbeton bei erhöhten Anforderungen bzgl. Früh- und Endfestigkeit

Holcim Pur 5 R / Holcim Pur 5 R-NA – Der Hochleistungs-Zement

CEM I 52,5 R und CEM I 52,5 R (na)

Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Sehr hohe Anfangsfestigkeit
- Sehr hohe Endfestigkeit
- Niedriger wirksamer Alkaligehalt (nur Pur 5 R-NA)

Anwendungsgebiete

- Betonfertigteile / Betonwaren
- Betonfertigteile, die besonders frühzeitig ausgeschalt, transportiert oder belastet werden müssen
- Selbstverdichtender Beton
- Porenbeton
- Bei alkaliempfindlicher Gesteinskörnung (nur Holcim Pur 5 R-NA)

Holcim Pur 5 R Premium – Der Fertigteil-Zement für höchste Ansprüche

CEM I 52,5 R

Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Sehr hohe Anfangsfestigkeit
- Sehr hohe Endfestigkeit

Anwendungsgebiete

- Betonfertigteile / Betonwaren
- Betonfertigteile, die besonders frühzeitig ausgeschalt, transportiert oder belastet werden müssen
- Betonfertigteile mit höchsten Ansprüchen an die Oberflächenqualität

Holcim Sulfo 5 R – Der frühfeste Spezialzement für aggressive Milieus

CEM I 52,5 R-SR3 (na)

Eigenschaften

- Hoher Sulfatwiderstand
- Niedriger wirksamer Alkaligehalt
- Hohe Anfangsfestigkeit
- Relativ dunkle Farbgebung

Anwendungsgebiete

- Betonfertigteile
- Rohre, Schachtelemente
- Betonbauteile, die chemischen Angriffen ausgesetzt sind
- Bei Verwendung alkaliempfindlicher Gesteinskörnung
- Fugenmörtel (dunkle Farbgebung erwünscht)
- UHPC (ultrahochfester Beton)

Holcim Trass – Der Spezial Zement für Mörtel und Natursteinarbeiten

CEM II/B-P 32,5 R

Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Normale Festigkeitsentwicklung
- Geringe Ausblühneigung

Anwendungsgebiete

- Herstellen von Mauer-, Fugen und Putzmörtel
- Verlegen und Versetzen von Naturstein, Betonwerkstein u. keramischen Werkstoffen
- Restaurierung historischer Bauwerke

Holcim Pur 4 Press

CEM I 42,5 R

Eigenschaften

- Gute Verarbeitbarkeit
- Gleichmäßige Produkteigenschaften

Anwendungsgebiete

- Einpressmörtel nach DIN 447

Lafarge Superblanc Weißzement

CEM / 52,5 N

Eigenschaften

- Hohe Frühfestigkeit
- Hohe Endfestigkeit
- Reiner Weißzement
- Gute Verarbeitungseigenschaften

Anwendungsgebiete

- Fertigteile
- Selbstverdichtender Beton
- Betonwaren
- Betonbauteile mit weißer Oberfläche

Holcim Durabilo 5 N-SR – Der Spezialzement für betonangreifende Untergründe

Schieferhochofenzement 52,5 N-SR

Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Hoher Sulfatwiderstand
- Höchste Dauerhaftigkeit
- Hohe Endfestigkeiten
- Moderate Wärmeentwicklung
- Sehr gutes Wasserrückhaltevermögen
- Sehr gute Grünstandfestigkeit

Anwendungsgebiete

- Transportbeton
- Ortbeton
- Betonfertigteile / Betonwaren
- Tief- und Wasserbau
- Kläranlagen
- Abwasserkanäle
- Wasserreservoir
- Bohrpfähle
- Bei betonangreifenden Böden und Wässern
- Langsame Festigkeitsentwicklung in Verbindung mit Flugasche

Holcim Binder – Der starke Putz- und Mauerbinder

MC 5 / DIN EN 413

Eigenschaften

- Hohe Ergiebigkeit
- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Ausgezeichnetes Wasserrückhaltevermögen
- Günstiger Festigkeitsverlauf

Anwendungsgebiete

- Mauermörtel:
- Mauermörtel nach DIN EN 998-2
 - Baustellenmörtel Mörtelgruppen I, II und IIa nach DIN 18580
 - Außen- und Innenwände
- Putzmörtel:
- Putzmörtel nach DIN EN 998-1
 - Baustellenputzmörtel der Gruppe P II nach DIN 18550
 - Außen- und Innenputze
 - Ober- und Unterputze
 - Stukkaturen

Steelpact – der Faserbeton

Eigenschaften

- Verbessertes Rissverhalten
- Bewehrung bis in die Randzone
- Erhöhte Dauerhaftigkeit
- Steigerung der Tragfähigkeit
- Statisch anrechenbar
- Einfacher Einbau
- Schneller Baufortschritt

Anwendungsgebiete

- Bodenplatten
- Fundamente
- Dichte Bauwerke
- Böden in der Sanierung
- Industrieböden
- Verkehrsflächen

Easypact – der leichtverdichtbare Beton

Eigenschaften

- Sehr fließfähiger Beton F6 nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2
- Nahezu selbstverdichtend
- Einfacher Einbau
- Minimierung von Verdichtungsfehlern
- Vibrationsfreier und geräuscharmer Einbau
- Dichtes Festbetongefüge

Anwendungsgebiete

- Bodenplatten
- Fundamente
- Dichte Bauwerke
- Sichtbeton

Agilia – der selbstverdichtende Beton

Eigenschaften

- Extrem fließfähiger Beton nach Richtlinie des DAfStB
- Selbstverdichtend
- Keine Rüttelgassen
- Schneller Baufortschritt
- Hohe Druckfestigkeiten

Anwendungsgebiete

- Komplexe Geometrien
- Hohe Bewehrungsgrade
- Schlanke Bauteile
- Hochwertiger Sichtbeton
- Unzugängliche Bauteile

Terrapact – der zeitweise selbstverdichtende Flüssigboden

Eigenschaften

- Fließfähig und selbstverdichtend
- Verdichtungsfreier Einbau
- Homogene Verfüllung
- Keine Setzungen aufgrund unzureichender Verdichtung
- Stabil bei dynamischer Belastung
- Optimale Bettung von Rohrleitungen
- Wieder lösbar
- Einsatz im grundwassergefüllten Bereich

Anwendungsgebiete

- Kanal und Rohrleitungsbau
- Herstellung von Dichtriegeln
- Verbesserung der Tragfähigkeit von Gründungen
- Baugrubenverfüllung

Fillpact – der fließfähige Verfüllbaustoff

Eigenschaften

- Extrem fließfähig und selbstverdichtend
- Definierte Druckfestigkeiten
- Geringes Absetzmaß
- Sulfatbeständig
- Pumpfähig
- Einbaufertig aus dem Fahrmischer

Anwendungsgebiete

- Verfüllung von Rohrleitungen
- Verfüllung von Ringräumen
- Verfüllung von Tanks
- Einsatz unter Wasser

Campo – der dekorative Beton für Außenflächen

Eigenschaften

- Witterungsbeständig
- Frost- und frosttausalzbeständig
- UV-beständig
- Reduziertes Moos-, Pilz und Algenwachstum
- Maschinell zu reinigen
- Griffig und dauerhaft

Anwendungsgebiete

- Für Fußgänger- und Radverkehr geeignet
- Einsetzbar im privaten und gewerblichen Bereich
- Fahrverkehr für 3,5 Tonnen

Zement ist ein anorganisches, fein gemahlenes, hydraulisches Bindemittel für Mörtel und Beton. Bei Zugabe von Wasser erhärtet der sich bildende Zementleim durch Hydratation zu wasser- und raumbeständigem Zementstein. Dies geschieht sowohl an der Luft als auch unter Wasser. Zusammensetzung, Anforderungen und Eigenschaften der Zemente sind genormt oder in bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt.

**Normen
Festigkeits-
klassen**

Norm	Inhalt
DIN EN 196-1 bis 11	Prüfverfahren für Zement
DIN EN 197-1	Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement
DIN EN 197-2	Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit
DIN-EN 197-5	Portlandkompositzement CEM II/C-M und Kompositzement CEM VI
DIN EN 197-6 (Entwurf)	Zement mit rezyklierten Baustoffen
DIN EN 1164-10	Zement mit besonderen Eigenschaften (NA)
DIN EN 14216 a)	Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Sonderzement mit sehr niedriger Hydratationswärme

a) Diese Zemente werden im Fortgang der „Betontechnischen Daten“ nur auszugsweise berücksichtigt.

Festigkeits- klasse	Druckfestigkeit (MPa)			Erstarrungsbeginn (Min.)
	Anfangsfestigkeit 2 Tage	7 Tage	Normfestigkeit 28 Tage	
22,5 a)			≥ 22,5 ≤ 42,5	≥ 75
32,5 L b)		≥ 12	≥ 32,5 ≤ 52,5	
32,5 N		≥ 16		≥ 75
32,5 R	≥ 10,0			
42,5 L b)		≥ 16	≥ 42,5 ≤ 62,5	
42,5 N	≥ 10,0			≥ 60
42,5 R	≥ 20,0			
52,5 L b)	≥ 10,0		≥ 52,5	
≥ 45				
52,5 N	≥ 20,0			
52,5 R	≥ 30,0			

a) nur bei Sonderzementen nach DIN 14216

b) nur bei Hochofenzementen mit niedriger Anfangsfestigkeit nach DIN EN 197-1

Chemische Anforderungen an Normalzement nach DIN EN 197-1

Eigenschaft	Prüfung nach	Zementart	Festigkeitsklasse	Anforderung in M.-% vom Zement
Glühverlust	DIN EN 196-2	CEM I CEM III	alle	≤ 5,0 %
Unlöslicher Rückstand	DEN EN 196-2 (in Salzsäure und Natriumcarbonat)	CEM I CEM III	alle	≤ 5,0 %
Sulfatgehalt (als SO ₃)	DEN EN 196-2	CEM I	32,5 N	≤ 3,5 %
		CEM II ¹⁾	32,5 R	
		CEM IV	42,5 N	≤ 4,0 %
		CEM V	42,5 R	
		CEM III ²⁾	alle	
Chloridgehalt	DIN EN 196-21	alle ³⁾	alle	≤ 0,10 % ⁴⁾
Puzzolanität	EN 196-5	CEM IV	alle	erfüllt die Prüfung

¹⁾ Zementart CEM II/B-T darf in allen Festigkeitsklassen bis 4,5 % SO₃ enthalten

²⁾ Zementart CEM III/C darf bis 4,5 SO₃ enthalten

³⁾ Zementart CEM III darf mehr als 0,10 % Chlorid enthalten, der tatsächliche Chloridgehalt muss dann aber auf der Verpackung oder dem Lieferschein festgehalten werden.

⁴⁾ Für Spannbetonanwendungen können Zemente nach einer niedrigeren Anforderung hergestellt werden. In diesem Fall ist der Wert von 0,10 % durch den niedrigeren Wert zu ersetzen, der auf dem Lieferschein anzugeben ist.

Normalzemente und ihre Zusammensetzung nach DIN EN 197-1

Hauptzementarten	Normalzementarten	CEM	Hauptbestandteile ^a			
			Portlandzementklinker K	Hütten-sand S	Silica-staub D ^b	Puzzolane natürlich P
CEM I	Portlandzement	CEM I	95 - 100			
	Portlandhüttenzement	CEM II/A-S	80 - 94	6 - 20		
		CEM II/B-S	65 - 79	21 - 35		
CEM II	Portlandsilicastaubzement	CEM II/A-D	90 - 94		6 - 10	
		CEM II/B-D	80 - 94			6 - 20
	Portlandpuzzolanzement	CEM II/A-P	80 - 94			6 - 20
		CEM II/B-P	65 - 79			21 - 35
		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	CEM II/A-M	80 - 94		6 - 20		
	CEM II/B-M	65 - 79		21 - 35		
CEM III	Hochofenzement	CEM III/A	35 - 64	36 - 65		
		CEM III/B	20 - 34	66 - 80		
		CEM III/C	5 - 19	81 - 95		
CEM IV	Puzzolanzement ^c	CEM IV/A	65 - 89		11 - 35	
		CEM IV/B	45 - 64		36 - 55	
CEM V	Kompositzement ^c	CEM V/A	40 - 64	18 - 30		18 - 30
		CEM V/B	20 - 38	31 - 50		31 - 50

^a Werte (in Massen - %) beziehen sich auf die Summe der Haupt- und Nebenbestandteile

^b Anteil von Silicastaub ist auf 10% begrenzt

^c In den Portlandkomposit- Puzzolan- und Kompositzementen müssen die Hauptbestandteile außer Portlandzementklinker in der Zementbezeichnung angegeben werden.

Zemente mit besonderen Eigenschaften nach DIN EN 197-1 und DIN 1164-10

Anforderung an LH -Zemente

Zementart	Anforderung
Zement - LH	Lösungswärme in den ersten 7 Tagen ≤ 270 J/g Zement

Anforderung an SR -Zemente

Zementart	Anforderung	
CEM I-SR 0	$C_3A = 0$ M.-%	$SO_3 \leq 3,0$ M.-% (FK 32,5 N bis 42,5 N) $SO_3 \leq 3,5$ M.-% (FK 42.5 R bis 52.5 R)
CEM I-SR 3	$C_3A \leq 3,0$ M.-%	
CEM I-SR 5	$C_3A \leq 5,0$ M.-%	
CEM IV/A-SR	$C_3A \leq 9,0$ M.-%	
CEM IV/B-SR		
CEM III/B-SR	Hüttensandgehalt ≥ 66 M.-%	
CEM III/C-SR	Hüttensandgehalt ≥ 81 M.-%	

Anforderung an NA -Zemente

Zementart		Hüttensandgehalt (M.-%)	Na ₂ O-Äquivalent (M.-%)
Portlandhüttenzement	CEM II/B-S (na)	21 - 35	$\leq 0,70$
Hochofenzement	CEM III/A (na)	36 - 49	$\leq 0,95$
	CEM III/A (na)	50 - 65	$\leq 1,10$
	CEM III/B (na)	66 - 80	$\leq 2,00$
	CEM III/C (na)	81 - 95	
übrige Zemente		-	$\leq 0,60$

Anwendungsbereiche für Normzemente gemäß DIN EN 206-1 und DIN 1045-2

			Bewehrungskorrosion verursacht durch							
			kein Korrosions-/Angriffsrisiko	Karbonatisierung				andere Chloride als aus Meerwasser		
Expositionsklasse			X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3
CEM I			●	●	●	●	●	●	●	●
CEM II	S	A/B	●	●	●	●	●	●	●	●
		D	A	●	●	●	●	●	●	●
	P/Q	A/B	●	●	●	●	●	●	●	●
		V	A	●	●	●	●	●	●	●
	W	B	●	●	●	●	●	●	●	●
		A	●	●	●	○	○	○	○	○
	T	B	●	○	●	○	○	○	○	○
		A/B	●	●	●	●	●	●	●	●
	LL	A	●	●	●	●	●	●	●	●
		B	●	●	○	○	○	○	○	○
	L	A	●	●	●	●	●	●	●	●
		B	●	●	●	○	○	○	○	○
	M ^c	A	●	●	●	○	○	○	○	○
B		●	○	●	○	○	○	○	○	
CEM III			A	●	●	●	●	●	●	●
			B	●	●	●	●	●	●	●
			C	●	○	●	○	○	○	○
CEM IV			A	●	○	●	○	○	○	○
			B	●	○	●	○	○	○	○
CEM V			A	●	○	●	○	○	○	○
			B	●	○	●	○	○	○	○

● anwendbar ○ nicht anwendbar

- a Bei chemischem Angriff durch Sulfat (ausgenommen bei Meerwasser) muss bei den Expositionsklassen XA2 und XA3 Zement mit hohem Sulfatwiderstand (SR-Zement) verwendet werden. Bei einem Sulfatgehalt des angreifenden Wasser von $SO_4^{2-} < 1.500$ mg/l darf anstelle von SR-Zement eine Mischung von Zement und Flugasche verwendet werden. Der Mindestflugaschegehalt ist zementabhängig und in DIN EN 206-1/ DIN 1045-2 geregelt.

**Zement für
Fahrbahndecken
aus Beton**

Betonangriff durch													
Chloride aus Meerwasser			Frost				agressive chemische Umgebung			Verschleiß			Spannstahl- verträglichkeit
XS1	XS2	XS3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 ^a	XA3 ^a	XM1	XM2	XM3	
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	b
●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	●	●	○
●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
●	●	●	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
●	●	●	●	●	●	d	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	e	●	●	●	●	●	●	●
○	●	○	○	○	○	○	●	●	●	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

b Silicastaub nach Zulassungsrichtlinien DIBt bzgl. Gehalt an elementarem Silicium (Si)
 c spezielle Kombinationen können günstiger sein
 d Festigkeitsklasse ≥ 42,5 N oder Festigkeitsklasse ≥ 32,5 R mit einem Hüttensand-Massenanteil von ≤ 50%
 e CEMIII/B darf nur für die folgenden Anwendungsfälle verwendet werden (auf Luftporen kann in beiden Fällen verzichtet werden):
 a) Meereswasserbauteile: w/z ≤ 0,45; Mindestfestigkeitsklasse C35/45 und z ≥ 340 kg/m³, b) Räumlerlaufbahnen: w/z ≤ 0,35 Mindestfestigkeitsklasse C40/50 und z ≥ 360 kg/m³; Beachtung von DIN 19569-1.

Für Zemente für Fahrbahndecken aus Beton gelten über DIN EN 197 und DIN 1164 hinaus die Regeln der TL Beton-StB 07.

Folgende Zemente können verwendet werden:

- Portlandzement CEM I
- Portlandhüttenzement CEM II/ A-S oder CEM II/ B-S
- Portlandölschieferzement CEM II/ A-T oder CEM II/ B-T
- Portlandkalksteinzement CEM II/ A-L
- Hochofenzement CEM III/ A (mind. Festigkeitsklasse 42,5 N)

Für alle Zemente gilt: Erstarrungsbeginn > 120 min.

Für CEM I 32,5 R gelten über DIN EN 197-1 hinausgehende Anforderungen:

- Wasseranspruch ≤ 28,0 M.-%
- Druckfestigkeit nach 2 Tagen ≤ 29,0 MPa
- Mahlfeinheit ≤ 3.500 cm²/g

Gefordeter charakteristischer Wert des Alkaligehalts

Zement	Hüttensandgehalt M.-%	Alkaligehalt des Zements Na ₂ O-Äquivalent M.-%	Alkaligehalt des Zements ohne Hüttensand bzw. Ölschiefer Na ₂ O-Äquivalent M.-%
CEM I + CEM II/A		≤ 0,80	-
CEM II/B-T		-	≤ 0,90
CEM II/B-S	21 bis 29	-	≤ 0,90
CEM II/B-S	30 bis 35	-	≤ 1,00
CEM III/A	36 bis 50	-	≤ 1,05

Folgende Holcim-Zemente sind für Fahrbahndecken aus Beton geeignet:

Produktname	Normbezeichnung
Holcim Duo 4 N	CEM III/A 42,5N
Holcim Ferro 4 N	CEM II/B-S 42,5N
Holcim Ferro 3 R	CEM II/B-S 32,5R
Holcim Ferro 4 R	CEM II/A-S 42,5R
Holcim Pur 4 N	CEM I 42,5N
Holcim Pur 4 R	CEM I 42,5 R

Zement für die Bodenverfestigung Für die Bodenverfestigung (z.B. hydraulisch gebundene Tragschichten) können hydrophobierte (wasserabweisende) Zemente verwendet werden (z.B. Holcim-Hydroport). Dieser Zement reagiert mit Wasser erst nach dem Einfräsen in den Untergrund.

Übersicht der geltenden Normen

Norm / Regelwerk	Inhalt	Ausgabe
DIN EN 12620	Gesteinskörnungen für Beton	2008 - 07
DIN EN 13055-1	Leichte Gesteinskörnungen für Beton, Mörtel und Einpressmörtel	2002 - 08 mit Berichtigung 1, Ausgabe: 2004 - 12 (Norm Entwurf 2012 - 05)
DIN EN 13139	Gesteinskörnungen für Mörtel	2002 - 08 mit Berichtigung 1, Ausgabe: 2004 - 12
DIN 4226-101	Rezyklierte Gesteinskörnung für Beton nach DIN EN 12620 Teil 101: Typen und geregelte gefährliche Substanzen	2017 - 08
DIN 4226-102	Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620-Teil 102: Typprüfung und Werkseigene Produktionskontrolle	2017 - 08
DAfStb-Richtlinie	Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton	2013 - 10
DAfStb-Richtlinie	Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620	2010 - 09

Begriffe nach DIN EN 12620

Kornrohddichte	
Gesteinskörnung	Kornrohddichte [kg/m ³]
leicht	< 2.000
normal	≥ 2.000... < 3.000
schwer	≥ 3.000

Untere Siebgröße d, obere Siebgröße D		
Gesteinskörnung ^a	d [mm]	D [mm]
feine	0	≤ 4
grobe	≥ 2	≥ 4

^a Korngruppe: d/D (Beispiel: 2/4)

Gesteinskörnung nach DIN EN 12620

Kategorien und Anforderungen (Regelanforderungen nach DIN EN 1045-2 **fett** gedruckt)

	Kategorie	Anforderung [M.-%]	Bemerkung	
Kornzusammensetzung	G _C		Grobe Gesteinskörnung	
	G _F		Feine Gesteinskörnung	
	G _{NG}		natürlich zusammengesetzte Gesteinskörnung	
	G _A		Korngemische	
Höchstwerte von Feinanteilen	f_{1,5}	≤ 1,5	Durchgang durch 0,063 mm-Sieb bei groben Gesteinskörnungen (nach DIN EN 933-7)	
	f ₄	≤ 4		
	f _{angegeben}	> 4		
	f _{NR}	keine Anforderungen		
	f₃	≤ 3	Durchgang durch 0,063 mm-Sieb bei bei feinen Gesteinskörnungen (nach DIN EN 933-7)	
	f ₁₀	≤ 10		
	f ₁₆	≤ 16		
	f ₂₂	≤ 22		
	f _{angegeben}	> 22		
	f _{NR}	keine Anforderungen		
	leichtgewichtige organische Verunreinigungen	f₃	≤ 3	Durchgang durch 0,063 mm Sieb bei natürlich zusammengesetzten Gesteinskörnungen (nach DIN EN 933-7)
		f ₁₀	≤ 10	
f ₁₆		≤ 16		
f _{angegeben}		> 16		
f _{NR}		keine Anforderungen		
Widerstand gegen Zertrümmerung	f₃	≤ 3	Durchgang durch 0,063 mm-Sieb bei Korngemischen (nach DIN EN 933-7)	
	f ₁₁	≤ 11		
	f _{angegeben}	> 11		
	f _{NR}	keine Anforderungen		
Plattigkeitskennzahl	Fl ₁₅	≤ 15	Anteil ungünstig geformter Körner: Bestimmung der Kornform für grobe Gesteinskörnungen (nach DIN EN 933-3) (FI = Flakiness Index)	
	Fl ₂₀	≤ 20		
	Fl ₃₅	≤ 35		
	Fl₅₀	≤ 50		
	f _{angegeben}	> 50		
	Fl _{NR}	keine Anforderungen		

Kategorien und Anforderungen, Fortsetzung

 (Regelanforderungen nach DIN EN 1045-2 **fett** gedruckt)

	Kategorien	Anforderung M.-%	Bemerkungen
Kornformkennzahl	SI ₁₅	≤ 15	Bestimmung der Kornformkennzahl (nach DIN EN 933-4) (SI = Shape Index)
	SI ₂₀	≤ 20	
	SI ₄₀	≤ 40	
	SI₅₅	≤ 55	
	SI _{angegeben}	> 55	
	SI _{NR}	keine Anforderungen	
Frost-Tau-Widerstand	F ₁	≤ 1	Masseverlust nach 10 Frost-Tauwechseln in Wasser (nach DIN EN 1367-1)
	F ₂	≤ 2	
	F₄	≤ 4	
	F _{angegeben}	> 4	
	F _{NR}	keine Anforderungen	
Frost- und Taumittelwiderstand	MS ₁₈	≤ 18	Masseverlust nach fünfmaligem Eintauchen in gesättigte Magnesiumsulfatlösung (nach DIN EN 1367-2) (MS = Magnesium-Sulfat-Wert)
	MS ₂₅	≤ 25	
	MS ₃₅	≤ 35	
	MS _{angegeben}	> 35	
	MS_{NR}	keine Anforderungen	
leichtgewichtige organische Verunreinigungen	Q_{0,50}	≤ 0,50	Anteil leichtgewichtiger organischer Verunreinigungen bei feinen Gesteinskörnungen (Sand)
	Q _{0,25}	≤ 0,25	
	Q_{0,10}	≤ 0,10	Anteil leichtgewichtiger organischer Verunreinigungen bei groben Gesteinskörnungen (nach DIN EN 1744-1)
	Q _{0,05}	≤ 0,05	
Widerstand gegen Zertrümmerung	LA ₁₅	≤ 15	LA = Los Angeles-Koeffizient (nach DIN 1097-2) NR = No requirements (keine Anforderungen)
	LA ₂₀	≤ 20	
	LA ₂₅	≤ 25	
	LA ₃₀	≤ 30	
	LA ₃₅	≤ 35	
	LA ₄₀	≤ 40	
	LA ₅₀	≤ 50	
	LA _{angegeben}	> 50	
	LA_{NR}	keine Anforderung	

	SZ ₁₈ SZ ₂₂ SZ ₂₆ SZ ₃₂ SZ _{angegeben} SZ_{NR}	≤ 18 ≤ 22 ≤ 26 ≤ 32 > 32 keine Anforderung	SZ = Schlag-Zertrümmerung DIN EN 1097-2
Verschleiß	M _{DE} 10 M _{DE} 15 M _{DE} 20 M _{DE} 25 M _{DE} 35 M _{DE, angegeben} M_{DE}NR	≤ 10 ≤ 15 ≤ 20 ≤ 25 ≤ 35 > 35 keine Anforderung	M _{DE} = Micro-Deval nach DIN EN 1097-1
Polierwiderstand	PSV ₆₈ PSV ₆₂ PSV ₅₆ PSV ₅₀ PSV ₄₄ PSV _{angegeben} PSV_{NR}	≥ 68) ≥ 62) ≥ 56) ≥ 50) ≥ 44) Zwischenwerte und solche < 44 keine Anforderung	PSV = Polishing Stone Value DIN EN 1097-8
Abriebwiderstand	AAV ₁₀ AAV ₁₅ AAV ₂₀ AAV _{angegeben} AAV_{NR}	≤ 10 ≤ 15 ≤ 20 Zwischenwerte und solche > 20 keine Anforderung	AAV = Aggregate Abrasion Value DIN EN 1097-8
Nordischer Abriebwert	AN _N 7 AN _N 10 AN _N 14 AN _N 19 AN _N 30 AN _{N, angegeben} AN_{NR}	≤ 7 ≤ 10 ≤ 14 ≤ 19 ≤ 30 Zwischenwerte und solche > 30 keine Anforderung	A _N = Widerstand gegen Abrieb durch Spike Reifen nach DIN EN 1097-9

Kategorien und Anforderungen, Fortsetzung (Regelanforderungen **fett** gedruckt)

	Kategorien	Anforderung M.-%	Bemerkungen
Säurelösliches Sulfat	AS _{0,2} AS_{0,8} AS _{angegeben} AS _{NR}	≤ 0,2 M.-% ≤ 0,8 M.-% > 0,8 M.-% keine Anforderung	Alle Gesteinskörnungen außer Hochofenstückschlacken
	AS_{1,0} AS _{angegeben} AS _{NR}	≤ 1,0 M.-% > 1,0 keine Anforderung	Hochofenstückschlacken
Muschelschalen- gehalt	SC₁₀ SC _{angegeben} SC _{NR}	≤ 10 > 10 keine Anforderung	Muschelschalengehalt nach DIN EN 933-7

Der Anteil wasserlöslicher Chloridionen (nach DIN EN 1744-1) muss auf Anfrage angegeben werden.

Allgemeine Anforderungen an die Kornzusammensetzung

Gesteinskörnung	Korngröße mm	Durchgang Massenanteil in Prozent					Kategorie
		2D	1,4D ^{a b}	D ^c	d ^b	d/2 ^{a b}	
Grob	D/d ≤ 2 oder D ≤ 11,2 mm	100	98 bis 100	85 bis 99	0 bis 20	0 bis 5	G _c 85/20
	D/d > 2 und D > 11,2 mm	100	98 bis 100	80 bis 99	0 bis 20	0 bis 5	G _c 80/20
Fein	D ≤ 4 mm und d = 0	100	95 bis 100	85 bis 99	-	-	G _F 85
	Natürlich zusammengesetzte Gesteinskörnung 0/8	100	98 bis 100	90 bis 99	-	-	G _{NG} 90
Korngemischt	D ≤ 45 mm und d = 0	100	98 bis 100	90 bis 99	-	-	G _A 90
		100	98 bis 100	85 bis 99	-	-	G _A 85

- a Wenn die aus 1,4 D und d/2 errechneten Siebgrößen nicht mit der Reihe R20 nach DIN ISO 565 übereinstimmen, ist statt dessen das nächstliegende Sieb der Reihe heranzuziehen.
- b Für Beton mit Ausfallkörnung oder andere spezielle Verwendungszwecke können zusätzliche Anforderungen vereinbart werden.
- c Der Siebdurchgang durch D darf unter Umständen auch mehr als 99 % Massenanteil betragen. In diesen Fällen muss der Lieferant die typische Kornzusammensetzung aufzeichnen und angeben, wobei die Siebgrößen D, d, d/2, und die zwischen d und D liegenden Siebe des Grundsiebsets plus Ergänzungssiebsetz 1 oder des Grundsiebsets plus Ergänzungssiebsetz 2 enthalten sein müssen. Siebe, die nicht mindestens 1,4-mal größer sind als das nächst kleinere Sieb, können davon ausgenommen werden.
- d Weitere Produktnormen für Gesteinskörnungen umfassen andere Anforderungen an die Kategorien.

Anforderungen an die Kornzusammensetzung: Feine Gesteinskörnungen

Korngruppe	Kategorie		Grenzwerte (absolut) und Grenzwertabweichungen ^a in M.-% für den Siebdurchgang durch die Prüfsiebe (mm)										
	GF	f	0,063	0,250	1	1,4	2	2,8	4	5,6	8		
0/1	G _F 85	f ₃	3 ± 5	±25	85 - 99 ±5	95 - 100	100						
0/2	G _F 85	f ₃	3 ± 5	±25	±20		85 - 99 ±5	95 - 100	100				
0/4	G _F 85	f ₃	3 ± 3	±20	±20					85 - 99 ±5	95 - 100	100	

^a Grenzwertabweichungen gelten für die vom Hersteller angegebene typische Kornzusammensetzung

Anforderungen an die Kornzusammensetzung: Grobe Gesteinskörnungen D/d ≤ 2 oder D ≤ 11,2 mm

Korngruppe	Kategorie	Grenzwerte (absolut) in M.-% für den Siebdurchgang durch die Prüfsiebe (mm)														
		d/D	G _c	f	0,063	1	2	2,8	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45
Grundsiebsetz																
2/4	G _c 85/20	f _{1,5}	1,5	0-5	0-20		85-99	98-100	100	100						
2/8	G _c 85/20	f _{1,5}	1,5	0-5	0-20				85-99	98-100	100					
4/8	G _c 85/20	f _{1,5}	1,5		0-5		0-20		85-99	98-100	100					
8/16	G _c 85/20	f _{1,5}	1,5				0-5		0-20		85-99	98-100	100			
16/32	G _c 85/20	f _{1,5}	1,5						0-5		0-20		85-99	98-100	100	
Grundsiebsetz plus Ergänzungssiebsetz 1																
2/5	G _c 85/20	f _{1,5}	1,5	0-5	0-20			85-99	98-100	100						
5/8	G _c 85/20	f _{1,5}	1,5			0-5		0-20	85-99	98-100	100					
5/11	G _c 85/20	f _{1,5}	1,5			0-5		0-20		85-99	98-100	100				
8/11	G _c 85/20	f _{1,5}	1,5				0-5		0-20	85-99	98-100	100				
11/16	G _c 85/20	f _{1,5}	1,5					0-5		0-20	85-99	98-100	100			
11/22	G _c 85/20	f _{1,5}	1,5					0-5		0-20		85-99	98-100	100		
16/22	G _c 85/20	f _{1,5}	1,5						0-5		0-20	85-99	98-100	100		
22/32	G _c 85/20	f _{1,5}	1,5							0-5		0-20	85-99	98-100	100	

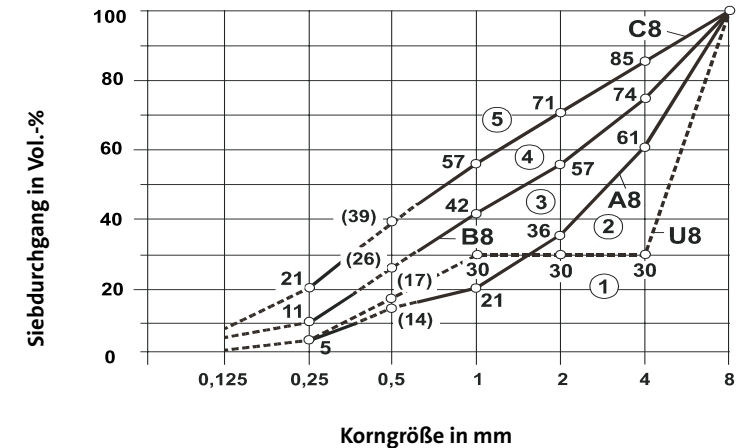
Anforderungen an die Kornzusammensetzung: Grobe Gesteinskörnungen $D/d > 2$ und $D > 11,2$ mm

Korngruppe	Kategorie		Grenzwerte (absolut) und Grenzwertabweichungen in M.-% für den Siebdurchgang durch die Prüfsiebe (mm)													
	G_c	f	0,063	1	2	2,8	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	63	
Grundsiebsatz																
2/16	$G_c 90/15$	$f_{1,5}$	1,5	0-5	0-15				25-70 $\pm 17,5$		90-99	98-100	100			
4/16	$G_c 90/15$	$f_{1,5}$	1,5		0-5		0-15		25-70 $\pm 17,5$		90-99	98-100	100			
4/32	$G_c 90/15$	$f_{1,5}$	1,5		0-5		0-15			25-70 $\pm 17,5$		90-99	98-100	100		
8/32	$G_c 90/15$	$f_{1,5}$	1,5				0-5		0-15		25-70 $\pm 17,5$		90-99	98-100	100	
Grundsiebsatz plus Ergänzungssiebsatz 1																
5/16	$G_c 90/15$	$f_{1,5}$	1,5			0-5		0-15		25-70 ± 15		90-99	98-100	100		
5/22	$G_c 90/15$	$f_{1,5}$	1,5			0-5		0-15		25-70 $\pm 17,5$		90-99	98-100	100		
5/32	$G_c 90/15$	$f_{1,5}$	1,5			0-5		0-15		25-70 $\pm 17,5$		90-99	98-100	100		
8/22	$G_c 90/15$	$f_{1,5}$	1,5				0-5		0-15		25-70 ± 15		90-99	98-100	100	
11/32	$G_c 90/15$	$f_{1,5}$	1,5					0-5		0-15		25-70 ± 15		90-99	98-100	100

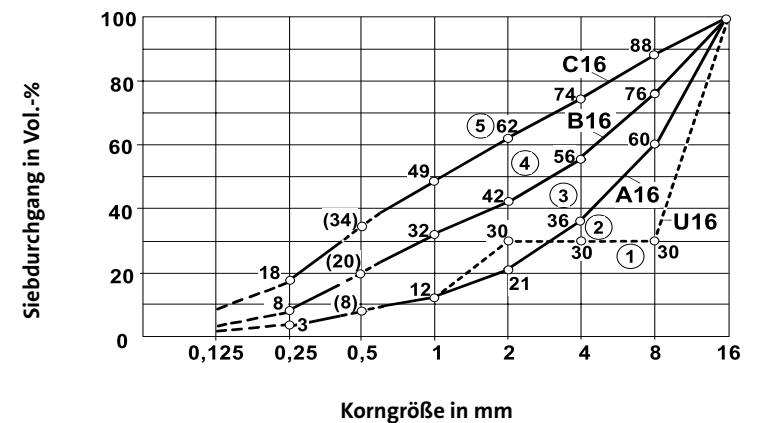
Anforderungen an die Kornzusammensetzung von Korngemischen $D \leq 45$ und $d = 0$ (Grundsiebsatz)

Korngruppe	Kategorie		Grenzwerte und Grenzwertabweichungen in M.-% für den Siebdurchgang durch die Prüfsiebe												
	G_A	f	0,063	1	2	2,8	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	63
0/8	$G_A 90$	f_3	3,0	40 ± 20			70 ± 20			90-99	98-100	100			
0/16	$G_A 90$	f_3	3,0		40 ± 20				70 ± 20		90-99	98-100	100		
0/32	$G_A 90$	f_3	3,0				40 ± 20				70 ± 20		90-99	98-100	100

Kornzusammensetzung von Gesteinskörnung nach DIN 1045-2, Anhang L (informativ)

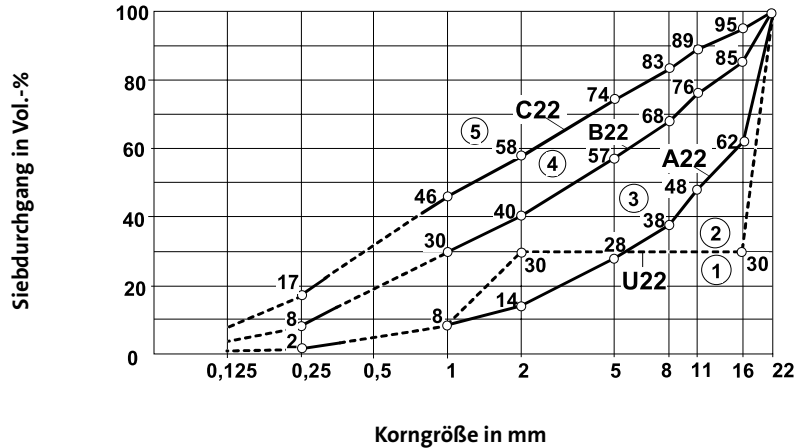


Korngröße in mm Sieblinie mit einem Größtkorn von 8 mm

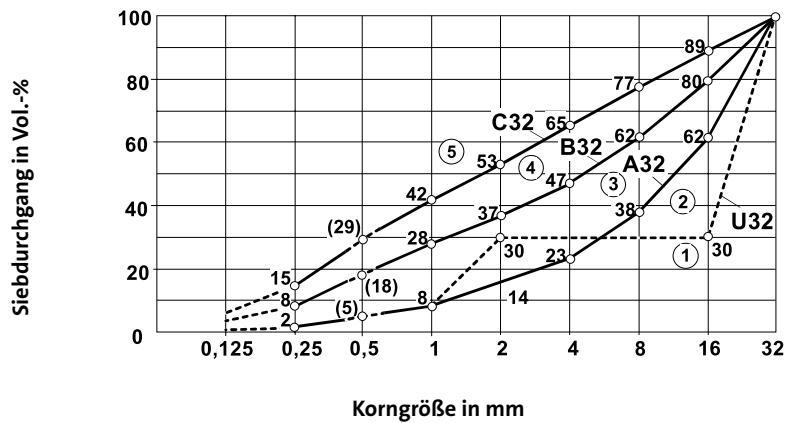


Korngröße in mm Sieblinie mit einem Größtkorn von 16 mm

Kornzusammensetzung von Gesteinskörnungen nach DIN 1045-2, Anhang L (informativ)



Korngröße in mm Sieblinie mit einem Größtkorn von 22 mm



Korngröße in mm Sieblinie mit einem Größtkorn von 32 mm

Wasseranspruch in kg/m³ Frischbeton für verschiedene Konsistenzbereiche (Richtwerte)

Sieblinie	Körnungsziffer ¹⁾	D-Summe ²⁾	Konsistenzbezeichnungen		
			steif	plastisch	weich ³⁾
A 32	5,48	352	130	150	170
B 32	4,20	480	150	170	180
C 32	3,30	570	170	190	210
A 16	4,60	440	140	160	180
B 16	3,66	534	160	180	200
C 16	2,75	625	190	210	230
A 8	3,64	536	155	180	200
B 8	2,89	611	190	205	230
C 8	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⁾ Beton weicherer Konsistenz nur durch den Einsatz von Fließmittel

$$w = \frac{1.100}{k + 3} + a$$

a = 0 bei Konsistenz steif
 a = 20 bei Konsistenz plastisch
 a = 40 bei Konsistenz weich

Der Wasseranspruch ist zusätzlich abhängig vom Mehlkorngehalt, der Kornform sowie der Rauigkeit der Kornoberfläche. Er kann in ungünstigen Fällen bis zu 20 kg/m³ Frischbeton höher liegen.

Betonzusatzstoff Typ I Geeignete Betonzusatzstoffe Typ I nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 sind:

- Gesteinsmehle, Füller nach EN 12620
- Pigmente nach DIN EN 12878
- Zusatzstoffe mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung oder mit europäischer technischer Zulassung (z.B. Stahlfasern)

Bei Zugabe von Betonzusatzstoffen Typ I ist keine Anrechnung auf den w/z-Wert bzw. Zementgehalt erlaubt.

Betonzusatzstoff Typ II Geeignete Betonzusatzstoffe Typ II nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 sind:

- Flugasche nach DIN EN 450
- Trass nach DIN 51043
- Silikastaub nach DIN EN 13263 oder mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (Anwendungsregeln der DIN 1045-2 müssen beachtet werden)
- andere Betonzusatzstoffe mit dafür geltender allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung

Eine Anrechnung auf Zementgehalt bzw. Wasserzementwert ist bei Betonzusatzstoffen Typ II möglich, wenn ihre Eignung nachgewiesen ist (bei XF2 und XF4 nur für Flugasche, siehe Tabelle Seite 50/51).

Eine Zugabe von Typ II ohne Anrechnung ist auch bei XF2 und XF4 zulässig (siehe Tabelle Seite 50/51).

Bei Verwendung von Zementen mit Silikastaub als Hauptbestandteil (CEM II/A-D, CEM IV) darf Silikastaub nicht als Betonzusatzstoff verwendet werden.

Kennwerte (Anhaltswerte)				
Zusatzstoffarten	Typ	Spez. Oberfläche [cm ² /g]	Dichte [kg/dm ³]	Schüttdichte [kg/dm ³]
Quarzmehl (EN 12620)	I	≥ 1.000	~ 2,65	1,3...1,5
Kalksteinmehl (EN 12620)		≥ 3.500	2,6...2,7	1,0...1,3
Pigmente (DIN EN 12 878)		50.000...200.000	4...5	-
Flugasche (DIN EN 450)	II	2.000...8.000	2,2...2,4	0,9...1,1
Trass (DIN 51 043)		≥ 5.000	2,4...2,6	0,7...1,0
Silikastaub ¹⁾ (DIN EN 13263)		180.000...220.000	~ 2,2	0,3...0,6
Silikasuspension ¹⁾		-	~ 1,4	-

1) Bei Verwendung von Zementen, die Silikastaub als Hauptbestandteil enthalten, darf Silikastaub (Silikasuspension) nicht als Zusatzstoff eingesetzt werden.

Reduzierung des Mindestzementgehalts durch Betonzusatzstoffe bzw. Anrechnung von Betonzusatzstoffen auf den w/z-Wert in Abhängigkeit von der Zementart

Zementart		Betonzusatzstoff		
		Flugasche	Silikastaub	Flugasche + Silikastaub
Portlandzement	CEM I	●	●	●
Portlandhüttenzement	CEM II-S	●	●	●
Portlandsilikastaubzement	CEM II/A-D	●	○	○
Portlandpuzzolanzement	CEM II-P	ⓐ	●	○
Portlandflugaschezement	CEM II/A-V	ⓑ	●	○
Portlandschieferzement	CEM II-T	●	●	●
Portlandkalksteinzement	CEM II/A-LL	●	●	●
Portlandkompositzement	CEM II-M	ⓒ	ⓒ	ⓒ
Hochofenzement	CEM III/A	●	●	●
	CEM III/B	ⓓ	●	○

● anrechenbar ○ nicht anrechenbar

- a nur CEM II/A-P
- b nicht anrechenbar bei Beton für XF3
- c es gelten die Einschränkungen nach DIN 1045-2
- d Hüttensandanteil < 70 M.-%

Mit dem k-Wert-Ansatz werden Zusatzstoffe des Typs II beim Nachweis des maximal zulässigen Wasserzementwerts berücksichtigt. In diesen Fällen wird der Begriff „Wasserzementwert (w/z)“ durch „äquivalenter Wasserzementwert (w/z)_{eq}“ ausgetauscht.

Maximale Zusatzstoffmengen des Typ II zur Gewährung der Alkalität und der Anrechenbarkeit auf den Wasserzementwert und den Mindestzementgehalt

	Flugasche (f)	Silicastaub (s)	Flugasche und Silicastaub
Maximaler Zusatzstoffgehalt zur Gewährung der Alkalität	$s_{max} = 0,11 \cdot z^1$	$s_{max} = 0,11 \cdot z$	$s_{max} = 0,11 \cdot z$ $f_{max}^2 = 0,66 \cdot z - 3 \cdot s$ $f_{max}^3 = 0,45 \cdot z - 3 \cdot s$
Anrechenbare Zusatzstoffmenge auf den Wasserzementwert	$f_{max} = 0,33 \cdot z^4$ $f_{max} = 0,25 \cdot z^5$ $f + z \geq z_{min}$ $f_{max} = 0,15 \cdot z^6$	$s_{max} = 0,11 \cdot z$ $s + z \geq z_{min}$	$f_{max} = 0,33 \cdot z$ und $s_{max} = 0,11 \cdot z$ $f + s + z \geq z_{min}$
k-Wert	$k_f = 0,4$	$k_s = 1,0$	$k_f = 0,4$ $K_s = 1,0$
Äquivalenter Wasserzementwert w/z_{eq}^8	$w/(z + k_f \cdot f)$	$w/(z + k_s \cdot s)^7$	$w/(z + k_f \cdot s + k_s \cdot s)^7$
Reduzierter Mindestzementgehalt	240 kg/m ³ bei XC1, XC2 und XC3, sonst 270 kg/m ³ , wenn die Zusatzstoffmenge mindestens der Zement-Verringerungsmenge entspricht.		
Zulässige Holcim-Zementarten	CEM I CEM II-S CEM III/A CEM III/B (mit $S_{max}^9 \leq 70\%$)	CEM I CEM II-S CEM III/A CEM III/B	CEM I CEM II-S CEM III/A
Zementgehalt z, Flugaschegehalt f und Silicastaubgehalt s, alle in kg/m ³ Für die Verwendung von Flugasche in Unterwasserbeton gilt: $(z + f) \geq 350 \text{ kg/m}^3$; $w/z_{eq} = w/(z + 0,7 \cdot f) \leq 0,60$			

- 1 für Zemente mit D
- 2 für CEM I
- 3 für CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM III/A und andere (s. DIN 1045-2)
- 4 für Zemente ohne P, V und D
- 5 für Zemente mit P oder V ohne D
- 6 für Zemente mit D
- 7 für alle Expositionsklassen außer XF2 und XF4
- 8 Die Anrechnung auf den Mindestzementgehalt und den w/z-Wert ist bei XF2 und XF4 nur bei Verwendung von f zulässig. Bei gleichzeitiger Zugabe von f + s ist eine Anrechnung auch für f ausgeschlossen.
- 9 S = Hüttensandgehalt

Wirkungsgruppen/-arten nach DIN EN 934-2

Bezeichnung	Abk.	Wirkung
Betonverflüssiger	BV	Verminderung des Wasseranspruchs und/oder Verbesserung der Verarbeitbarkeit
Fließmittel	FM	Starke Verminderung des Wasseranspruchs und/oder Verbesserung der Verarbeitbarkeit
Luftporenbildner	LP	Einführung kleiner, gleichmässig verteilter Mikroluftporen zur Erhöhung des Frost- und Frosttaumittelwiderstandes
Verzögerer	VZ	Abbindeverzögerung des Betons (Betonieren bei hohen Temperaturen)
Erstarrungsbeschleuniger	BE	Beschleunigung des Abbindens von Beton nach dem Mischen
Erhärtungsbeschleuniger	BE	Beschleunigung der Erhärtung des Betons (Frühfestigkeit) mit und ohne Veränderung der Abbindezeit
Dichtungsmittel	DM	Verminderung der kapillaren Wasseraufnahme
Stabilisierer	ST	Erhöhung des Zusammenhaltes, Verbesserung der Kohäsion
Zusatzmittel für Einpressmörtel	EH	Verbesserung der Fließfähigkeit, Verminderung des Wasseranspruchs und der Absetzneigung (Bluten), leichte Quellwirkung

Regeln zur Dosierung von Betonzusatzmitteln

Anwendungsbereich	Zugabemengen je kg Zement [ml bzw. g]	
	Mindestzugabe	Höchstzugabe
Beton, Stahlbeton, Spannbeton	2 ¹⁾	50 ³⁾
Beton mit alkalieempfindlicher Gesteinskörnung		20 ⁴⁾ oder 50 ⁴⁾
Hochfester Beton		70 ⁵⁾⁶⁾

- 1) < 2 ml bzw. g möglich, wenn in einem Teil des Zugabewasser aufgelöst.
 2) Maßgebend sind auch die Angaben des Herstellers / Zulassungsbescheides.
 3) Bei Verwendung mehrerer Zusatzmittel unterschiedlicher Wirkungsgruppen: Gesamtmenge ohne besonderen Nachweis \leq 60 ml bzw. g bezogen auf den Zementgehalt zulässig. Bei Zementen nach DIN 1164-11 oder DIN 1164-12 begrenzt auf \leq 50 ml bzw. g.
 4) Abhängig vom Alkaliegehalt des Zusatzmittels, dem Zementgehalt und der Anzahl der verwendeten Zusatzmittel [18].
 5) Bei einer Zugabemenge > 5 M.-% bezogen auf den Zementgehalt: Zulassung erforderlich.
 6) Bei Verwendung mehrerer Zusatzmittel unterschiedlicher Wirkungsgruppen: Gesamtmenge \leq 80 ml bzw. g zulässig. Bei Zementen nach DIN 1164-11 oder DIN 1164-12 begrenzt auf \leq 70 ml bzw. g.

Zugabe von FM oder VZ auf der Baustelle

Mischzeit bei FM - Zugabe	Mischzeit bei VZ - Zugabe
mind. 1 Minute je m ³ Beton mind. 5 Minuten	nur für Verarbeitbarkeitszeit \geq 12 Std. mind. 5 Minuten, bei Trommelinhalt > 6 m ³ mind. 10 Minuten

Festlegungen über Zugabewasser enthalten DIN EN 206-1, DIN 1045-2 und DIN EN 1008

Verwendbarkeit verschiedener Wässer als Zugabewasser für Beton

Zugabewasser	Beton	Verwendbarkeit
Trinkwasser	unbewehrt	geeignet (Prüfung nicht erforderlich)
	Stahlbeton	
	Spannbeton	
in der Natur vorkommendes Wasser (Oberflächenwasser Grundwasser)	unbewehrt	geeignet (im Zweifelsfall Prüfung erforderlich)
	Stahlbeton	
	Spannbeton	
Restwasser	unbewehrt	geeignet (Prüfung erforderlich): für Betone \leq C50/60 und \leq LC 50/55 (für LP-Betone und hochfeste Betone nicht verwendbar)
	Stahlbeton	
	Spannbeton	
Meerwasser	unbewehrt	geeignet
	Stahlbeton	nicht geeignet
	Spannbeton	
industrielle Abwasser, Brackwasser, Abwasser	unbewehrt	nicht geeignet
	Stahlbeton	
	Spannbeton	

Feststoffe im Restwasser (Tabelle A.1 DIN EN 1008)

Dichte des Restwassers kg/l	Masse der Feststoffe kg/l	Volumen des Restwassers l/l
1,02	0,038	0,982
1,03	0,057	0,973
1,04	0,076	0,964
1,05	0,095	0,955
1,06	0,115	0,945
1,07	0,134	0,936
1,08	0,153	0,927
1,09	0,172	0,918
1,10	0,191	0,909
1,11	0,210	0,900
1,12	0,229	0,891
1,13	0,248	0,882
1,14	0,267	0,873
1,15	0,286	0,864

Anmerkung: Bei der Berechnung wurde eine Korndichte von 2,1 kg/l für die Schätzung der Feststoffe im Restwasser zugrunde gelegt. Falls andere Dichten gemessen werden, darf die Tabelle nach folgender Gleichung erneut berechnet werden:

$$W_{fi} = \left(\frac{1 - \rho_{ww}}{1 - \rho_f} \right) \times \rho_f$$

Dabei ist:

W_{fi} die Masse der Feststoffe im Restwasser, in Kilogramm durch Liter

ρ_{ww} die Dichte des Restwassers, in Kilogramm durch Liter

ρ_f die Korndichte der Feststoffe, in Kilogramm durch Liter

Prüfung	Brauchbarkeitskriterien
Farbe	farblos bis schwach gelblich
Öle und Fette	höchstens Spuren
Detergentien	geringe Schaumbildung: Schaum ≤ 2 min stabil
Absetzbare Stoffe	≤ 4 cm ³ (für Restwasser siehe Tabelle S.39)
Geruch	ohne bis schwach
pH-Wert	≥ 4
Chlorid: Spannbeton Stahlbeton unbewehrter Beton	≤ 500 mg/l ≤ 1.000 mg/l ≤ 4.500 mg/l
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	≤ 2.000 mg/l
Zucker, Glucose	≤ 100 mg/l
Phosphat (P ₂ O ₅)	≤ 100 mg/l
Nitrat (NO ₃ ⁻)	≤ 500 mg/l
Blei (Pb ²⁺)	≤ 100 mg/l
Zink (Zn ²⁺)	≤ 100 mg/l
Huminstoffe	heller als schwach gelblich braun nach Zugabe von NaOH

Grenzwerte für die Beurteilung von Zugabewasser

Begriffe, Symbole, Erläuterungen

X0	Expositionsklasse: kein Korrosions- oder Angriffsrisiko
XC...	Expositionsklassen: Bewehrungskorrosion ausgelöst durch Karbonatisierung
XD...	Expositionsklassen: Bewehrungskorrosion durch Chloride, außer Meerwasser
XS...	Expositionsklassen: Bewehrungskorrosion durch Chloride aus Meerwasser
XF...	Expositionsklassen: Betonkorrosion durch Frost mit und ohne Taumittel
XA...	Expositionsklassen: Betonkorrosion durch chemischen Angriff
XM...	Expositionsklassen: Betonkorrosion durch Verschleiß
W...	Feuchtigkeitsklassen: Betonkorrosion aufgrund Alkali-Kieselsäure-Reaktion
C0 bis C3	Konsistenzklassen, ausgedrückt als Verdichtungsmaß
F1 bis F6	Konsistenzklassen, ausgedrückt als Ausbreitmaß
C.../...	Druckfestigkeitsklassen für Normal- und Schwerbeton
LC.../...	Druckfestigkeitsklassen für Leichtbeton
f_{ck}	charakteristische Betondruckfestigkeit
$f_{ck,cyl}$	charakteristische Betondruckfestigkeit, geprüft am Zylinder
$f_{c,cyl}$	ermittelte Betondruckfestigkeit, geprüft am Zylinder
$f_{ck,cube}$	charakteristische Betondruckfestigkeit, geprüft am Würfel
$f_{c,cube}$	ermittelte Betondruckfestigkeit, geprüft am Würfel
$f_{c,dry}$	Betondruckfestigkeit von Probekörpern, gelagert nach DIN EN 12390-2 Anhang NA
$f_{cm,j}$	mittlere Druckfestigkeit des Betons im Alter von j Tagen
E_{cm}	mittlerer Elastizitätsmodul (als Sekante)
w/z	Wasserzementwert
$(w/z)_{eq}$	äquivalenter Wasserzementwert
z	Zementgehalt im Beton
f	Flugaschegehalt im Beton
s	Silikastaubgehalt im Beton
k_f	k-Wert zur Anrechnung von Flugasche im Beton
k_s	k-Wert zur Anrechnung von Silikastaub im Beton
min z	Mindestzementgehalt
min z_f	Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Flugasche
min f_b	Mindestflugaschegehalt

Druckfestigkeitsklassen für Normal- und Schwerbeton gemäß DIN EN 206-1 / DIN 1045-2

	Druckfestigkeitsklasse	$f_{ck,cyl}$ [N/mm ²]	$f_{ck,cube}$ [N/mm ²]
Hochfester Beton	C 8/10	8	10
	C 12/15	12	15
	C 16/20	16	20
	C 20/25	20	25
	C 25/30	25	30
	C 30/37	30	37
	C 35/45	35	45
	C 40/50	40	50
	C 45/55	45	55
	C 50/60	50	60
	C 55/67	55	67
	C 60/75	60	75
	C 70/85	70	85
	C 80/95	80	95
C 90/105 ^a	90	105	
C 100/115 ^a	100	115	

a Für Beton der Festigkeitsklassen C 90/105 und C 100/115 bedarf es einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder einer Zustimmung im Einzelfall.

Lagerung nach DIN EN 12390-2: 1 Tag in Form, bis zur Prüfung unter Wasser

$f_{c,cyl}$	Prüfung am Zylinder H= 300 mm/Ø 150 mm	$f_{c,cube}$	Prüfung am Würfel Kantenlänge a= 150 mm
-------------	---	--------------	--

Wenn keine weiteren Vereinbarungen getroffen sind, so erfolgt die Lagerung in Deutschland nach DIN EN 12390-2 nationaler Anhang: 1 Tag in Form, 6 Tage unter Wasser, bis zur Prüfung im Normal-klima 20°C/65 % rel. Luftfeuchte

$f_{c,dry}$

Normalbeton \leq C50/60: $f_{c,cube} = 0,92 \cdot f_{c,dry}$ Hochfester Beton \geq C55/67: $f_{c,cube} = 0,95 \cdot f_{c,dry}$

Werden anstelle von Würfeln mit 150 mm Kantenlänge solche mit 100 mm Kantenlänge verwendet, so gilt die Beziehung $f_{c,dry(150mm)} = 0,97 \times f_{c,dry(100mm)}$

Entwicklung der Druckfestigkeit von Beton

Die Betondruckfestigkeit im Alter t hängt vom Zementtyp, der Temperatur und den Lagerungsbedingungen ab. Bei einer mittleren Temperatur von 20°C und bei Lagerung nach EN 12390 darf die Betondruckfestigkeit zu unterschiedlichen Zeitpunkten $f_{cm}(t)$ nach Eurocode 2 mit den nachfolgenden Gleichungen ermittelt werden.

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot f_{cm} \quad \text{mit} \quad \beta_{cc}(t) = e^s [1 - \sqrt{28/t}]$$

Dabei ist

- $f_{cm}(t)$ die mittlere Betondruckfestigkeit für ein Alter von t Tagen
- f_{cm} die mittlere Druckfestigkeit nach 28 Tagen gemäß Tabelle 3.1
- $\beta_{cc}(t)$ ein vom Alter des Betons t abhängiger Zeitwert
- t das Alter des Betons in Tagen
- s ein vom verwendeten Zementtyp abhängiger Beiwert:
 - = 0,20 für Zement der Festigkeitsklassen CEM 42,5 R, CEM 52,5 N und CEM 52,5 R (Klasse R)
 - = 0,25 für Zement der Festigkeitsklassen CEM 32,5 R, CEM 42,5 N (Klasse N)
 - = 0,38 für Zement der Festigkeitsklassen CEM 32,5 N (Klasse S)

In Fällen, in denen der Beton nicht der geforderten Druckfestigkeit nach 28 Tagen entspricht, sind die Gleichungen nicht geeignet.

Zementfestigkeitsklasse	Betondruckfestigkeit in % der 28-Tage-Druckfestigkeit nach				
	3 Tagen	7 Tagen	28 Tagen	90 Tagen	180 Tagen
32,5 N (S=0,38)	46%	68%	100%	118%	126%
32,5 R / 42,5 N (S=0,25)	60%	78%	100%	112%	116%
42,5 R / 52,5 N / 52,5 R (S=0,20)	66%	82%	100%	109%	113%

Festigkeitsentwicklung von Beton bei 20°C

Festigkeitsentwicklung	Schätzung des Festigkeitsverhältnisses $f_{cm,2} / f_{cm,28}^a$
schnell	$\geq 0,50$
mittel	$\geq 0,30$ bis $< 0,50$
langsam	$\geq 0,15$ bis $< 0,30$
sehr langsam	$< 0,15$

a Verhältnis mittlere Druckfestigkeit nach zwei Tagen zu mittlerer Druckfestigkeit nach 28 Tagen

Die Festigkeitsentwicklung wird auf dem Lieferschein ausgedruckt und dient u.a. zur Festlegung der Nachbehandlungsdauer.

Leichtbeton:

Klasseneinteilung nach der Rohdichte

Rohdichteklasse	D1,0	D1,2	D1,4	D1,6	D1,8	D2,0
Rohdichtebereich [kg/m ³]	> 800 und ≤ 1.000	> 1.000 und ≤ 1.200	> 1.200 und ≤ 1.400	> 1.400 und ≤ 1.600	> 1.600 und ≤ 1.800	> 1.800 und ≤ 2.000

Druckfestigkeitsklassen für Leichtbeton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2

	Druckfestigkeitsklasse	$f_{ck,cyl}$ [N/mm ²]	$f_{ck,cube}$ [N/mm ²]
	Hochfester Leichtbeton	LC 8/9	8
LC 12/13		12	13
LC 16/18		16	18
LC 20/22		20	22
LC 25/28		25	28
LC 30/33		30	33
LC 35/38		35	38
LC 40/44		40	44
LC 45/50		45	50
LC 50/55		50	55
LC 55/60		55	60
LC 60/66		60	66
LC 70/77 ^a		70	77
LC 80/88 ^a	80	88	

a Für Leichtbeton der Festigkeitsklassen LC 70/77 und LC 80/88 bedarf es einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder einer Zustimmung im Einzelfall.

Elastizitätsmodul von Normalbeton in Anhängigkeit von der Festigkeitsklasse, bei Leichtbeton in Anhängigkeit von der Druckfestigkeitsklasse und der Rohdichte

Normalbeton			Leichtbeton			
Druckfestigkeitsklasse	$f_{ck,cyl}$ N/mm ²	E_{cm}^a N/mm ²	Druckfestigkeitsklasse	$f_{ck,cyl}$ N/mm	Angenommene Rohdichte ρ kg/m ³	E_{lcm}^a N/mm ²
C 12/15	12	27.000	LC12/13	12	1.200	8.000
C 16/20	16	29.000	LC16/18	16		8.600
C 20/25	20	30.000	LC20/22	20	1.300	10.500
C 25/30	25	31.000	LC25/28	25		10.800
C 30/37	30	33.000	LC30/33	30	1.400	13.400
C 35/45	35	34.000	LC35/38	35	1.500	15.800
C 40/50	40	35.000	LC40/44	40		16.300
C 45/55	45	36.000	LC45/50	45	1.600	19.000
C 50/60	50	37.000	LC50/55	50		19.600
C 55/67	55	38.000	LC55/60	55	1.700	22.700
C 60/75	60	39.000	LC60/66	60	1.800	26.100
C 70/85	70	41.000	Normalbeton $E_{cm} = 22(f_{cm}/10)^{0,3}$ Leichtbeton $E_{lcm} = \eta_E \cdot E_{cm}$ mit $\eta_E = (\rho/2.200)^2$			
C 80/95	80	42.000				
C 90/105	90	44.000				
C 100/115	100	kein Wert dokumentiert				

^a E_{cm} stellt den mittleren Elastizitätsmodul als Sekante ach DIN EN 1992-1-1, Tabelle 3.1 (Eurocode 2) dar mit $f_{cm} = f_{ck,cyl} + 8$

Umgebung und Grenzwerte der Expositionsklassen XO und XC

	kein Angriffsrisiko durch Korrosion
Beschreibung der Umgebung	XO Beton ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall in nicht betonangreifender Umgebung
Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen	Fundamente ohne Bewehrung ohne Frost Innenbauteile ohne Bewehrung
Höchstzulässiger Wasserzementwert w/z , ggf. $(w/z)_{eq}$	-
Minstdruckfestigkeitsklasse	C8/10
Mindestluftgehalt [%]	-
andere Anforderungen	-
Mindestzementgehalt [kg/m ³] ^a	-
Bei Anrechnung von Flugasche	
Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Flugasche [kg/m ³] ^a	-

^a Bei $D_{max} = 63$ mm darf z um 30 kg/m³ verringert werden.

durch Karbonatisierung verursachte Bewehrungskorrosion

XC1 trocken oder ständig nass	XC2 nass selten trocken	XC3 mäßige Feuchte	XC4 wechselnd nass und trocken
Beton, ständig unter Wasser, Innenbauteile (mit üblicher Luftfeuchte)	Teile von Wasserbehältern, Gründungsbauteile	Bauteile an der Außenluft, Innenbauteile mit hoher Luftfeuchte	Außenbauteile mit direkter Beregnung
0,75		0,65	0,60
C16/20		C20/25	C25/30
-		-	-
-		-	-
240		260	280
240		240	270

Umgebung und Grenzwerte der Expositionsklassen XD und XS

Beschreibung der Umgebung	durch Chloride verursachte Bewehrungskorrosion (außer Meerwasser)		
	XD1 mäßige Feuchte	XD2 nass, selten trocken	XD3 wechselnd nass und trocken
Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen	Bauteile im Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen; Einzelgaragen	Solebäder; Bauteile, die chloridhaltigen Industrieabwässern ausgesetzt sind	Teile von Brücken mit häufiger Spritzwasserbeanspruchung; Fahrbahndecken; Parkdecks
Höchstzulässiger Wasserzementwert w/z, ggf. (w/z) _{eq}	0,55	0,50	0,45
Mindestdruckfestigkeitsklasse	C30/37 ^b	C35/45 ^{b,d}	C35/45 ^b
Mindestluftgehalt [%]	-	-	-
andere Anforderungen	-	-	-
Mindestzementgehalt [kg/m ³] ^c	300	320 ^a	320 ^a
Bei Anrechnung von Flugasche			
Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Flugasche [kg/m ³]	270	270	270

- a Für massive Bauteile (kleinste Bauteilabmessung 80 cm) gilt Mindestzementgehalt 300 kg/m³.
- b Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger.
- c Bei D_{max} = 63 mm darf z um 30 kg/m³ verringert werden
- d Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Beton (r < 0,30) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. In diesem Fall darf die Fußnote b nicht angewendet werden.

durch Chloride aus Meerwasser verursachte Bewehrungskorrosion		
XS1 salzhaltige Luft, aber kein unmittelbarer Kontakt mit Meerwasser	XS2 ständig unter Wasser	XS3 Tidebereiche, Spritzwasser- und Sprühnebelbereiche
Außenbauteile in Küstenähe	Bauteile in Hafenanlagen, die ständig unter Wasser liegen	Kaimauern in Hafenanlagen
0,55	0,50	0,45
C30/37 ^b	C35/45 ^{b,d}	C35/45 ^b
-	-	-
-	-	-
300	320 ^a	320 ^a
270	270	270

Umgebung und Grenzwerte der Expositionsklassen XF

Beschreibung der Umgebung	Betonangriff, verursacht durch Frost mit und ohne Taumittel		
	XF1 mäßige Wassersättigung, ohne Taumittel	XF2 mäßige Wassersättigung, mit Taumittel	
Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen	Außenbauteile	Bauteile im Sprühnebel- oder Spritzwasserbereich taumittelbehandelter Verkehrsflächen, soweit nicht XF4; Bauteile im Sprühnebelbereich von Meerwasser	
Höchstzulässiger Wasserzementwert w/z, ggf. (w/z) _{eq}	0,60	0,55 ^a	0,50 ^a
Mindestdruckfestigkeitsklasse	C25/30	C25/30	C35/45 ^d
Mindestluftgehalt [%]	-	vorgeschrieben ^b	-
Gesteinskörnung	Regelanforderungen und zusätzlich Widerstand gegen Frost und		
	F4	MS25	
Mindestzementgehalt [kg/m ³]	280	300	320
Bei Anrechnung von Flugasche			
Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Flugasche [kg/m ³]	270	270 ^a	270 ^a

- a Die Anrechnung auf den Mindestzementgehalt und den Wasserzementwert ist nur bei Verwendung von Flugasche zulässig. Weitere Zusatzstoffe des Typs II dürfen zugesetzt, aber nicht auf den Zementgehalt oder den w/z-Wert angerechnet werden. Bei gleichzeitiger Zugabe von Flugasche und Silikastaub ist eine Anrechnung auch für die Flugasche ausgeschlossen.
- b Der mittlere Luftgehalt im Frischbeton unmittelbar vor Einbau muss bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 8 mm > 5,5 Vol.-%, 16 mm > 4,5 Vol.-%, 32 mm > 4,0 Vol.-% und 63 mm > 3,5 Vol.-% betragen. Einzelwerte dürfen diese Anforderung um höchstens 0,5 Vol.-% unterschreiten.
- c Erdfeuchter Beton (z.B. für Pflastersteine) mit w/z < 0,40 darf ohne Luftporen hergestellt werden.
- d Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Beton (r < 0,30) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen.

Betonangriff, verursacht durch Frost mit und ohne Taumittel		
XF3 Hohe Wassersättigung, ohne Taumittel		XF4 Hohe Wassersättigung, mit Taumittel
offene Wasserbehälter; Bauteile in der Wasserwechselzone von Süßwasser		Verkehrsflächen; Meerwasserbauteile in der Wasserwechselzone; Räumlerlaufbahnen
0,55	0,50	0,50 ^a
C25/30	C35/45 ^d	C30/37
vorgeschrieben ^b	- ^g	vorgeschrieben ^{b,c}
Taumittel (s. DIN EN 12620)		
F2		MS18
300	320	320
270	270	270 ^a

g Bauwerke nach ZTV-W LB 215 müssen einen Mindestluftgehalt gemäß DIN EN 206-1, Tabelle F.2.2, Fußnote f aufweisen

Umgebung und Grenzwerte der Expositionsklassen XA und XM

Beschreibung der Umgebung	Betonangriff, verursacht durch aggressive chemische Umgebung		
	XA1 chemisch schwach angreifende Umgebung	XA2 chemisch mäßig angreifende Umgebung und Meeresbauwerke	XA3 chemisch stark angreifende Umgebung
Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen	Behälter von Kläranlagen; Güllebehälter	Betonbauteile, die mit Meerwasser in Berührung kommen; Bauteile in betonangreifenden Böden	Industrieabwasseranlagen mit chemisch angreifenden Abwässern; Gärfuttersilos; Futtertische; Kühltürme mit Rauchgasableitung
Höchstzulässiger Wasserzementwert w/z, ggf. (w/z) ^{eq}	0,60	0,50	0,45
Mindestdruckfestigkeitsklasse ^e	C25/30	C35/45 ^{b,f}	C35/45 ^b
Mindestluftgehalt [%]	-	-	-
andere Anforderungen	-	-	Schutzmaßnahmen erforderlich ^c
Mindestzementgehalt [kg/m ³] ^h	280	320	320
Bei Anrechnung von Flugasche			
Mindestzementgehalt bei Anrechnung ^h von Flugasche [kg/m ³]	270	270	270

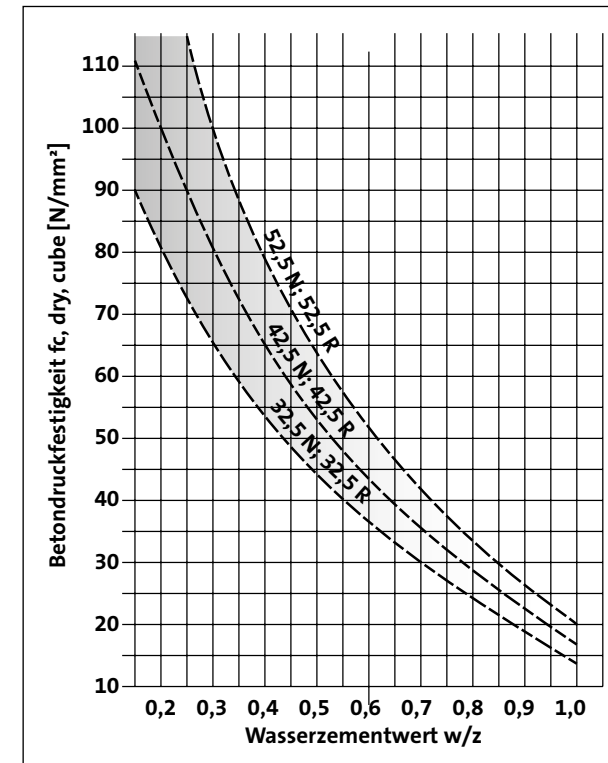
- a Die Gesteinskörnungen bis 4 mm Größtkorn müssen überwiegend aus Quarz oder Stoffen ähnlicher Härte bestehen, das gröbere Korn aus Gestein oder künstlichen Stoffen mit hohem Verschleißwiderstand. Grobkörniges Gemisch. Körner sollen mäßig raue Oberfläche haben.
- b Bei Verwendung von Luftporenbeton, z.B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger.
- c Schutzmaßnahmen s. DIN 1045-2 Abschnitt 5.3.2
- d Oberflächenbehandlung des Betons durch z.B. Vakuumieren und Flügelglätten
- e Höchstzementgehalt 360 kg/m³ für Normalbeton.
- f Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Beton (r < 0,30) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. In diesem Fall darf die Fußnote b nicht angewendet werden.
- h Bei D_{max} = 63 mm darf z um 30 kg/m³ verringert werden.

Betonangriff, verursacht durch Verschleiß a			
XM1 mäßige Verschleiß- beanspruchung	XM2 starke Verschleiß- beanspruchung		XM3 sehr starke Verschleiß- beanspruchung
Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luftbereifte Fahrzeuge	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luft- oder vollgummibereifte Fahrzeuge		Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch elastomer- oder stahlrollenbereifte Stapler, Kettenfahrzeuge; Wasserbauwerke
0,55	0,55	0,45	0,45
C30/37 ^b	C30/37 ^b	C35/45 ^b	C35/45 ^b
-	-	-	-
-	vorgeschrieben ^d	-	Hartstoffe nach DIN 1100
300 ^e	300 ^e	320 ^e	320 ^e
270	270	270	270

Im Hinblick auf Alkali-Kieselsäure-Reaktionen ist der Beton anhand der Umgebungsbedingungen einer Feuchtigkeitsklasse zuzuordnen.

Klassenbezeichnung	Beschreibung der Umgebung
WO	Beton, der nach dem Austrocknen während der Nutzung weitgehend trocken bleibt (trocken)
WF	Beton, der während der Nutzung häufig oder längere Zeit feucht ist (feucht)
WA	Beton, der während der Nutzung häufig oder längere Zeit feucht ist und zusätzlich häufiger oder langzeitiger Alkalizufuhr von außen ausgesetzt ist (feucht + Alkalizufuhr von außen)
WS ^a	Beton, der Klasse WA mit zusätzlicher hoher dynamischer Beanspruchung (feucht + Alkalizufuhr von außen + starke dynamische Beanspruchung)

a Gilt nur für den Neubau bzw. die Erneuerung von Fahrbahndecken aus Beton für Bundesfernstraßen der Belastungsklassen BK 1,8 bis BK 100 gemäß RSTO 12 (vgl. Allgemeines Rundschreiben Straßenbau ARS 4/2013)



Abhängigkeit der Betondruckfestigkeit vom w/z - Wert für Zemente unterschiedlicher Festigkeitsklassen

Höchstzulässiger Mehlkorngelalt [kg/m³]

bis einschließlich der Betonfestigkeitsklassen C50/60 und LC50/55

Zementgehalt ^a [kg/m³]	Höchstzulässiger Mehlkorngelalt (bis 0,125 mm) [kg/m³]		
	Expositionsklassen		
	XF, XM		XO, XC, XD, XS, XA
	Größtkorn der Gesteinskörnung		
	8 mm	16 bis 63 mm	8 bis 63 mm
≤ 300	450 ^b	400 ^b	550
≥ 350	500 ^b	450 ^b	

- a Für Zwischenwerte ist der Mehlkorngelalt geradlinig zu interpolieren.
- b Die Werte dürfen insgesamt um max. 50 kg/m³ erhöht werden, wenn
 - der Zementgehalt 350 kg/m³ übersteigt, um den über 350 kg/m³ hinausgehenden Zementgehalt;
 - ein puzzolanischer Zusatzstoff Typ II (Flugasche, Silikastaub) verwendet wird, um dessen Gehalt.

Höchstzulässiger Mehlkorngelalt [kg/m³] ab Betonfestigkeitsklassen

C55/67 und LC55/60 bei allen Expositionsklassen

Zementgehalt ^a [kg/m³]	Höchstzulässiger Mehlkorngelalt ^b [kg/m³]	
	Größtkorn der Gesteinskörnung	
	8 mm	16 bis 63 mm
≤ 400	550	500
450	600	550
≥ 500	650	600

- a Für Zwischenwerte ist der Mehlkorngelalt geradlinig zu interpolieren.
- b Die Werte dürfen, wenn ein puzzolanischer Betonzusatzstoff des Typs II verwendet wird, um dessen Gehalt erhöht werden, jedoch insgesamt um max. 50 kg/m³.

Konsistenzklassen

Ausbreitmaßklassen		
Klasse	Ausbreitmaß [mm]	Konsistenzbeschreibung
F1	≤ 340	steif
F2	350 bis 410	plastisch
F3	420 bis 480	weich
F4	490 bis 550	sehr weich
F5	560 bis 620	fließfähig
F6 ^a	≥ bis 630 ^a	sehr fließfähig

Hochfester Beton muss eine Konsistenzklasse F3 oder weicher haben.

Verdichtungsmaßklassen		
Klasse	Verdichtungsmaß	Konsistenzbeschreibung
C0	≥ 1,46	sehr steif
C1	1,45 bis 1,26	steif
C2	1,26 bis 1,11	plastisch
C3	1,10 bis 1,04	weich
C4 ^b	≤ 1,04	-

Ausbreit- und Verdichtungsmaß sind die gemäß DIN 1045-2, Abschnitt 5.4.1 bevorzugten Prüfverfahren.

Nach DIN EN 206-1 gibt es außerdem folgende Klassen:

Setzmaß: Konsistenzklassen S1 bis S5

Setzzeit: Konsistenzklassen (Vébé) V0 bis V4

- a Bei Ausbreitmaßen ≥ 700 mm ist die DAfStb-Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“ anzuwenden.
- b nur für Leichtbeton

Grenzwerte für die Expositionsklassen bei chemischem Angriff durch Grundwasser und natürliche Böden ^{a, b}

	chemisches Merkmal	Referenzprüfverfahren	schwach angreifend XA1	mäßig angreifend XA2	stark angreifend XA3
Grundwasser	Sulfat ^{d, h} SO ₄ ²⁻ [mg/l]	DIN EN 196-2	≥ 200 und ≤ 600	> 600 und ≤ 3.000	> 3.000 und ≤ 6.000
	pH-Wert	ISO 4316	≤ 6,5 und ≥ 5,5	< 5,5 und ≥ 4,5	< 4,5 und ≥ 4,0
	Kalklösende Kohlensäure CO ₂ [mg/l]	DIN 4030-2	≥ 15 und ≤ 40	> 40 und ≤ 100	> 100 bis Sättigung
	Ammonium ^c NH ₄ ⁺ [mg/l]	ISO 7150-1 oder ISO 7150-2	≥ 15 und ≤ 30	> 30 und ≤ 60	> 60 und ≤ 100
	Magnesium Mg ²⁺ [mg/l]	ISO 7980	≥ 300 und ≤ 1.000	> 1.000 und ≤ 3.000	> 3.000 bis Sättigung
Böden	Sulfat ^e SO ₄ ²⁻ [mg/kg]	DIN EN 196-2	≥ 2.000 und ≤ 3.000 ^g	> 3.000 ^g und ≤ 12.000	> 12.000 und ≤ 24.000
	Säuregrad	DIN EN 16502	> 200 Baumann-Gully	in der Praxis nicht anzutreffen	

- a Werte gültig für Wassertemperatur zwischen 5°C und 25°C sowie eine geringe Fließgeschwindigkeit (näherungsweise wie für hydrostatische Bedingungen)
- b Der schärfste Wert für jedes einzelne Merkmal ist maßgebend. Liegen zwei oder mehrere angreifende Merkmale in derselben Klasse, davon mindestens eines im oberen Viertel (bei pH im unteren Viertel), ist die Umgebung der nächsthöheren Klasse zuzuordnen.
Ausnahme: Nachweis über eine spezielle Studie, dass dies nicht erforderlich ist.
- c Gülle kann, unabhängig vom NH₄⁺-Gehalt, in die Expositionsklasse XA1 eingeordnet werden.
- d Bei chemischem Angriff durch Sulfat (ausgenommen bei Meerwasser) in den Expositionsklassen XA2 und XA3 Zement mit hohem Sulfatwiderstand (HS-Zement) erforderlich. Für SO₄²⁻ ≤ 1.500 mg/l anstelle HS-Zement eine Mischung aus Zement und Flugasche zulässig.
- e Tonböden mit einer Durchlässigkeit < 10⁻⁹ m/s dürfen in eine niedrigere Klasse eingestuft werden.
- f Das Prüfverfahren beschreibt die Auslaugung von SO₄²⁻ durch Salzsäure; Wasserauslaugung darf stattdessen angewandt werden, wenn am Ort der Verwendung des Betons Erfahrung hierfür vorhanden ist.
- g Falls die Gefahr der Anhäufung von Sulfationen im Beton – zurückzuführen auf wechselndes Trocknen und Durchfeuchten oder kapillares Saugen – besteht, ist der Grenzwert von 3.000 mg/kg auf 2.000 mg/kg zu vermindern.
- h Falls der Sulfatgehalt des Grundwassers > 600 mg/l beträgt, ist dieser im Rahmen der Festlegung des Betons anzugeben.

Mindestzementgehalt für Standardbeton mit einem Größtkorn von 32 mm und Zement der Festigkeitsklasse 32,5 nach DIN EN 197-1

Druckfestigkeitsklasse des Betons	Mindestzementgehalt [kg/m ³] verdichteten Betons für Konsistenzbereich		
	steif	plastisch	weich
C 8/10	210	230	260
C 12/15	270	300	330
C 16/20	290	320	360

Der Zementgehalt muss vergrößert werden um:

- 10 % bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 16 mm
- 20 % bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 8 mm

Der Zementgehalt darf verringert werden um:

- höchstens 10 % bei Zement der Festigkeitsklasse 42,5 und
- höchstens 10 % bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm

Beschränkungen für Standardbeton:

- nur natürliche Gesteinskörnungen
- keine Verwendung von Zusatzmitteln / Zusatzstoffen
- Mindestzementgehalt nach obiger Tabelle
- Druckfestigkeitsklasse ≤ C16/20
- nur Expositionsklassen XO, XC1, XC2
- keine Erstprüfung erforderlich

Normative Einordnung

Stahlfaserbeton nach DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton in Ergänzung zu DIN EN 206-1 / DIN 1045. Geeignete Stahlfasern mit einer Anrechenbarkeit bei zug- bzw. biegebeanspruchten Bauteilen sind Stahlfasern nach DIN EN 14889-1, deren Konformitätsnachweis nach System „1“ erfolgt ist.

Anwendungsbereich

- Tragende Bauteile bis einschließlich zur Druckfestigkeitsklasse C50/60
- Tragende Bauteile aus Stahlfaserbeton sowie Stahlfaserbeton mit zusätzlicher Betonstahlbewehrung
- Zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit für Bauteile aus Stahlfaserbeton mit zusätzlicher Betonstahlbewehrung
- Sinngemäß für nichttragende Bauteile
- Gilt nicht für :
 - Vorgespannten Stahlfaserbeton
 - Gefügedichten und haufwerksporigen Leichtbeton
 - Hochfesten Beton ab C55/67
 - XS2, XD2, XS3, XD3 ohne Betonstahlbewehrung bei rechnerischem Ansatz der Stahlfasern
 - Selbstverdichtendem Beton
 - Stahlfaserspritzbeton

Leistungsklassen und Bezeichnung

Die Beschreibung der Leistungsfähigkeit erfolgt durch Leistungsklassen.

Leistungsklassen	Nachweise im Grenzzustand der	Verformungswerte im Versuch nach Teil 2, Anhang O, dieser Richtlinie
L1	Gebrauchstauglichkeit	$\delta_{L1} = 0,5 \text{ mm}$
L2	Tragfähigkeit / Gebrauchstauglichkeit bei Verwendung von Betonstahlbewehrung	$\delta_{L2} = 3,5 \text{ mm}$

Angabe der zusätzlichen Stahlfasebetoneigenschaft :
C25/30 L1,2/0,9 XC4 XF1

Leistungsklassen L1 und L2 für Stahlfaserbeton mit zugehörigen Grundwerten der zentrischen Nachrisszugfestigkeiten

Grundwerte der zentrischen Nachrisszugfestigkeit f_{ct0}^f in N/mm ²					
Verformung 1		Verformung 2			
L1	$f_{ct0,L1}^f$	L2	$f_{ct0,L2}^f$	$f_{ct0,u}^f$	$f_{ct0,s}^f$
0	< 0,16	0	-	-	-
0,4 ^a	0,16	0,4 ^a	0,10	0,15	0,15
0,6	0,24	0,6	0,15	0,22	0,22
0,9	0,36	0,9	0,23	0,33	0,33
1,2	0,48	1,2	0,30	0,44	0,44
1,5	0,60	1,5	0,38	0,56	0,56
1,8	0,72	1,8	0,45	0,67	0,67
2,1	0,84	2,1	0,53	0,78	0,78
2,4	0,96	2,4	0,60	0,89	0,89
2,7 ^b	1,08	2,7 ^b	0,68	1,00	1,00
3,0 ^b	1,20	3,0 ^b	0,75	1,11	1,11

a Nur für flächenhafte Bauteile ($b > 5h$)

b Für Stahlfaserbeton dieser Leistungsklassen ist eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich.

Grundwerte der zentrischen Nachrisszugfestigkeit für:

$f_{ct0,L1}^f$ L1 bei vollständiger Spannungs-Dehnungslinie.

$f_{ct0,L2}^f$ L2 bei vollständiger Spannungs-Dehnungslinie

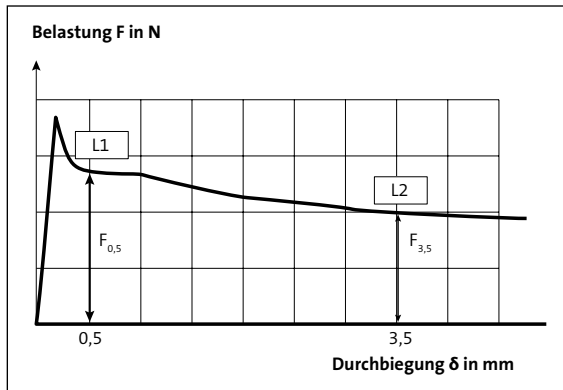
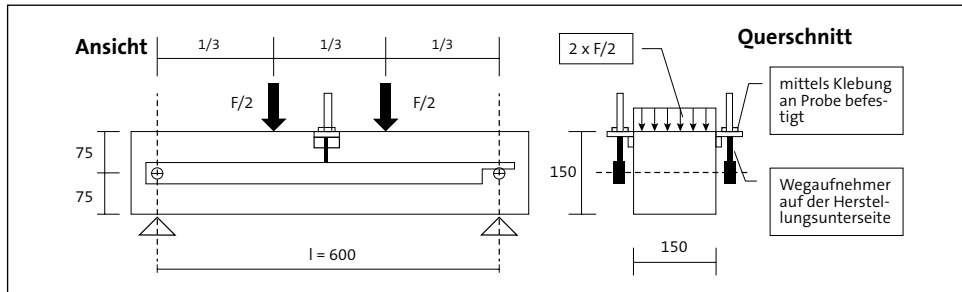
$f_{ct0,u}^f$ rechteckigen Spannungsblock sowie bei Betonstahlbewehrung für Tragfähigkeit

$f_{ct0,s}^f$ L2>L1 (keine Anwendung des Spannungsblockes möglich)

Prüfung der Leistungsfähigkeit

Geprüft wird die Nachrissbiegezugfestigkeit des Stahlfaserbetons. Ergebnis der Prüfung sind die Leistungsklassen L1 und L2.

- Stahlfaserbeton nach Richtlinie ist ein Beton nach Eigenschaften
- Eine Erstprüfung ist in jedem Fall erforderlich.
- Die Leistungsfähigkeit wird an mindestens 6 Probekörpern (Balken mit $l/b/h=700\text{mm}/150\text{mm}/150\text{mm}$) ermittelt.
- Die Prüfung muss an einer weggeregelter Prüfmaschine erfolgen, die mindestens der Güteklasse 1 nach DIN 51220 entspricht.



Ausführung

In der Regel steigt der Verarbeitungsaufwand mit zunehmender Leistungsfähigkeit des Stahlfaserbetons. Da unterschiedliche Stahlfasertypen zum Einsatz kommen ist der Fasergehalt, angegeben in kg/m^3 , kein verlässliches Maß zur Beurteilung des Verarbeitungsaufwandes. Entscheidend ist die Fasernzahl Stk/m^3 , die Faserlänge sowie der verwendete Ausgangsbeton.

Es ist zu beachten, dass ein Fließen des Betons die Faserorientierung beeinflusst.

Dies ist in der Regel

- günstig für horizontale Bauteile (z.B. Bodenplatten)
- ungünstig für vertikale Bauteile (z.B. Wände)

Übermäßiges Verdichten ist zu vermeiden, da dies zur Sedimentation der Stahlfasern führen kann.

Überwachung auf der Baustelle

Die Überwachungsklasse ist abhängig von der Leistungsfähigkeit des Stahlfaserbetons.

Gegenstand	Überwachungsklasse 1	Überwachungsklasse 2	Überwachungsklasse 3
Besondere Eigenschaften	Stahlfaserbeton der Leistungsklasse $\leq L1-1,2$	Stahlfaserbeton der Leistungsklasse $> L1-1,2$	-

Bei der Verwendung von Stahlfaserbeton der Überwachungsklasse 2 sind alle 300 m^3 bzw. 3 Betonierstage folgende Annahmeprüfungen alternativ durchzuführen.

Möglichkeit 1)

Bestimmung des Fasergehaltes durch Auswaschversuch oder induktives Verfahren

Anzahl n der Ergebnisse in der Reihe	Jedes einzelne Prüfergebnis m_{mf} kg/m^3
n = 1	$\geq 0,80 \cdot m_{f,Ziel}$
n = 3	$\geq 0,85 \cdot m_{f,Ziel}$

$m_{f,Ziel}$: Zielwert des Fasergehaltes

Möglichkeit 2)

Prüfung des Nachrissbiegezuges

Anzahl n der Ergebnisse in der Reihe	Jedes einzelne Prüfergebnis N/mm^2
n = 1	$\geq L1$ und $\geq L2$

Normative Einordnung

Selbstverdichtender Beton nach DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton in Ergänzung zu DIN EN 206-1 / DIN 1045.

Anwendungsbereich

- unbewehrter Beton
- bewehrter Beton
- Spannbeton
- C12/15 bis C70/85
- Gilt nicht für
 - Leichtbeton
 - Schwebbeton
 - Standardbeton
 - Beton nach Zusammensetzung
 - XM3
 - Hochfesten Beton ab C80/95
 - Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung

Abkürzungen und Symbole

s_m	Setzfließmaß ohne Blockierring
s_{m_B}	Setzfließmaß mit Blockierring
t_{500}	Fließzeit
t_{vB}	Verarbeitbarkeitszeit
t_{Tr}	Trichterauslaufzeit

Mehlkorngehalt

Der Mehlkorngehalt beträgt mindestens 450kg/m^3 und maximal 650kg/m^3 .

Umfang der Erstprüfungen

Zusätzliche Prüfungen zu DIN EN 206-1 / DIN 1045-2

Einsatzstoffe	
Zement	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wasseranspruch nach DIN EN 196-3 ■ oder β_p-Wert nach Okamura (empfohlen)
Flugasche	<ul style="list-style-type: none"> ■ Glühverlust nach DIN EN 450 ■ Kornanteile $>0,45\text{mm}$ nach DIN EN 451-2 ■ β_p-Wert nach Okamura
Gesteinsmehl	<ul style="list-style-type: none"> ■ β_p-Wert nach Okamura
Kalksteinmehl nach DIN EN 12620	<ul style="list-style-type: none"> ■ CaCO_3 Gehalt ■ Tongehalt nach Methylenblau-Verfahren ■ Gesamtgehalt organischer Kohlenstoff TOC
Gesteinskörnung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Siebanalyse ■ Oberflächentrockene Gesteinskörnung für die Erstprüfung empfohlen
Restwasser	<ul style="list-style-type: none"> ■ Dichte (Verwendung von Restwasser wird nicht empfohlen)
Von den Einsatzstoffen sind jeweils Rückstellproben aufzubewahren.	
Frischbeton	
Konsistenz	<ul style="list-style-type: none"> ■ Setzfließmaß mit und ohne Blockierring, 5 Zeitpunkte bis 120min nach Wasserzugabe ■ Setzfließzeit mit dem Versuch des Setzfließmaßes
Trichterauslaufzeit	<ul style="list-style-type: none"> ■ Trichterauslaufzeit, 5 Zeitpunkte bis 120min nach Wasserzugabe
Korrelation zwischen Trichterauslaufzeit und Setzfließzeit (empfohlen)	
Sedimentationsneigung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Auswaschversuch und ■ Beurteilung am Festbetonzylinder ■ Jeweils zum Zeitpunkt der größten Fließfähigkeit
Verarbeitbarkeitsbereich	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bestimmung des zulässigen Verarbeitbarkeitsbereiches ■ Berücksichtigung unterschiedlicher Temperaturbereiche (falls erforderlich)
Nachdosierungsplan	<ul style="list-style-type: none"> ■ Erstellung eines Nachdosierungsplanes (empfohlen)
LP-Beton (XF2, XF3, XF4)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gesamtluftgehalt am Frischbeton vor Probekörperherstellung
Verarbeitungsversuch	<ul style="list-style-type: none"> ■ Festlegen der Dosierreihenfolge sowie der Nassmischzeiten im jeweiligen Transportbetonwerk ■ Prüfung von Konsistenz, Trichterauslaufzeit sowie der Sedimentationsneigung (wie oben beschrieben) ■ Ggf. Nachweis der Eignung für spezifische Anwendungsbedingungen (Transport, Pumpen, etc.)

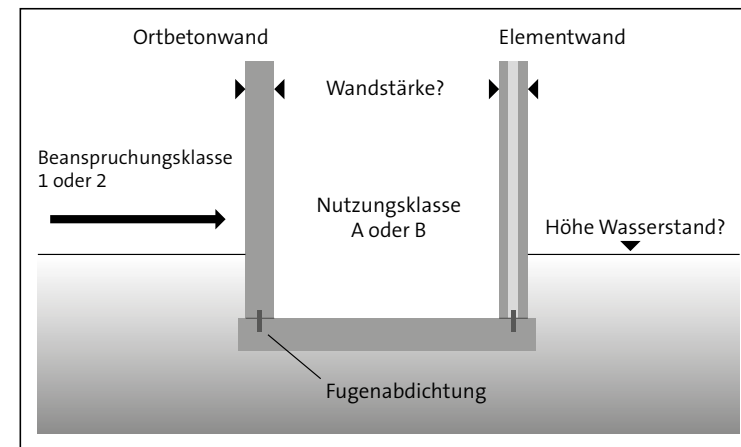
Selbstverdichtender Beton

Festbeton	
Druckfestigkeit	<ul style="list-style-type: none"> Jeweils eine Serie (3Stk) nach 2 und 28 Tagen
LP-Beton	<ul style="list-style-type: none"> Prüfung des Mikroluftgehaltes A300 Prüfung des Abstandsfaktors L
Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)	
Wassergehalt der feinen Gesteinskörnung	<ul style="list-style-type: none"> einmal je Betoniertag vor Beginn der Betonherstellung Darrversuch Kontinuierliche Feuchtemessung mit automatischer Einrichtung (Sonde)
Wassergehalt des Frischbetons	<ul style="list-style-type: none"> Bei jeder Herstellung von Probekörpern Kontrolle des Zugabewassers
Konsistenz	<ul style="list-style-type: none"> an jedem Lieferfahrzeug bei Verlassen des Transportbetonwerkes bzw. vor dem Einbau auf der Baustelle Bei Nachdosierung nach Dosierplan
Trichterauslaufzeit	<ul style="list-style-type: none"> Einmal je Betoniertag
Sedimentationsneigung	<ul style="list-style-type: none"> nach DIN 1045-2, Tabelle 13
Mischanweisung	<ul style="list-style-type: none"> Überprüfung der Mischanweisung wie festgelegt vor jedem Mischen
Maßnahmen auf der Baustelle nach DIN 1045-3	
Personal	<ul style="list-style-type: none"> Erfahrenes Personal Schulungen inkl. Dokumentation
Betonierkonzept	<ul style="list-style-type: none"> Erstellen eines Betonierkonzeptes je nach Anwendung und Baustellenbedingungen
Schalung	<ul style="list-style-type: none"> hydrostatischer Druck
Verarbeitbarkeitszeit	<ul style="list-style-type: none"> Bei Ankunft Baustelle mind. 45 min
Überwachungs-klasse	<ul style="list-style-type: none"> mindestens ÜK2
Lieferschein	<ul style="list-style-type: none"> Augenschein, jedes Lieferfahrzeug
Konsistenz, Trichter-auslaufzeit	<ul style="list-style-type: none"> Jedes Lieferfahrzeug Bei Korrelation zwischen Trichterauslaufzeit und Setzfließzeit kann die Trichterauslaufzeit entfallen (siehe Erstprüfung)
Gleichmäßigkeit des Betons	<ul style="list-style-type: none"> Augenschein, jedes Lieferfahrzeug
Sedimentationsnei-gung	<ul style="list-style-type: none"> mit Betonierbeginn und bei der Herstellung von Probekörpern für die Druckfestigkeit
Luftgehalt bei LP-Beton	<ul style="list-style-type: none"> Zu Beginn jedes Betonierabschnittes
Frischbetonroh-dichte	<ul style="list-style-type: none"> bei der Herstellung von Probekörpern für die Druckfestigkeit Im Zweifelsfall

Beton für wasserundurchlässige Bauwerke

Wasserundurchlässige Betone (WU-Betone) weisen einen hohen Wassereindringwiderstand nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 auf. Sie werden in aller Regel zur Herstellung von wasserundurchlässigen Bauwerken verwendet. Zur Planung und Ausführung ist die Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ des DAfStb (WU-Richtlinie) anzuwenden.

Die WU-Richtlinie behandelt teilweise oder vollständig ins Erdreich eingebettete Betonbauwerke und -bauteile, bei denen der Beton die lastabtragende Funktion und jene der Wasserundurchlässigkeit grundsätzlich auch ohne zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen übernimmt.



Beanspruchungsklasse 1	Beanspruchungsklasse 2
Kontakt des Bauteils mit anstehendem Wasser <ul style="list-style-type: none"> Grundwasser, Hochwasser, Schichtenwasser zeitweise aufstauendes Sickerwasser nichtdrückendes Wasser, ausschließlich auf horizontale und geneigte Flächen 	Kontakt des Bauteils mit Feuchte oder herabsickerndem Wasser <ul style="list-style-type: none"> feuchtes Erdreich nichtstauendes Sickerwasser nur bei stark durchlässigem Boden oder dauerhaft rückstaufreier Drainage nach DIN 4095
Überwachungsklassen nach DIN 1045-3	
Überwachungsklasse 2 (ÜK2) (für zeitweise aufstauendes Sickerwasser kann ggf. Überwachungsklasse 1 angewendet werden)	Überwachungsklasse 1 (ÜK1)

Beton für wasserundurchlässige Bauwerke

Nutzungsklassen

Für das Rauminnere werden zwei Nutzungsklassen unterschieden, Nutzungsklasse A für Räume ohne Feuchtettransport oder Feuchtestellen auf der raumseitigen Oberfläche und Nutzungsklasse B für Räume, in denen an Fugen, Rissen und am Beton selber Feuchtestellen auftreten dürfen. Raumklimatisch oder bauphysikalisch wirksame Maßnahmen müssen beachtet werden.

Nutzungsklasse A	Nutzungsklasse B
Kein Durchtritt von flüssigem Wasser <ul style="list-style-type: none"> keine Feuchtestellen durch Wasserdurchtritt keine - auch nicht temporär - wasserführenden Risse und Fugen 	Begrenzter Wasserdurchtritt zulässig <ul style="list-style-type: none"> feuchte Flecken zulässig temporär bis zur Selbstheilung wasserführende Risse Risse mit längerfristig feuchten Rissufer, jedoch keine Wasseransammlungen auf der wasserabgewandten Bauteiloberfläche
Anwendungsbeispiele <ul style="list-style-type: none"> Standard für Wohnungsbau Lagerräume mit hochwertiger Nutzung 	Anwendungsbeispiele <ul style="list-style-type: none"> Einzelgaragen, Tiefgaragen Installations- und Versorgungsschächte und -kanäle Lagerräume mit geringen Anforderungen

Empfohlene Minstdicken von Bauteilen (Angaben in mm)

Bauteil	Beanspruchungs-klasse	Ausführungsart		
		Ortbeton	Elementwände	Fertigteile
Wände	1 ^a	240	240	200
	2 ^b	200	240 ^c	100
Bodenplatte	1 ^a	250	-	200
	2 ^b	150	-	100

a Beanspruchungsklasse 1: Drückendes und nichtdrückendes Wasser sowie zeitweise aufstauendes Sickerwasser

b Beanspruchungsklasse 2: Bodenfeuchte und nichtstauendes Sickerwasser

c Unter Beachtung besonderer betontechnischer und ausführungstechnischer Maßnahmen ist eine Abminderung auf 200 mm möglich

Beton für wasserundurchlässige Bauwerke

Festlegung des Betons

Wenn der Beton einen hohen Wassereindringwiderstand haben muss, so muss er

- bei Bauteildicken über 0,40 m einen Wasserzementwert $w/z \leq 0,70$ aufweisen
- bei Bauteildicken bis 0,40 m einen Wasserzementwert $w/z \leq 0,60$ sowie mindestens einen Zementgehalt von 280 kg/m^3 (bei Anrechnung von Zusatzstoffen 270 kg/m^3) aufweisen. Die Mindestdruckfestigkeitsklasse C25/30 ist einzuhalten

Allgemeine Anforderungen

- Beachten von
 - Frischbetontemperatur
 - Hydratationswärme
 - Nachbehandlung

Bei Ausnutzung der Mindestbauteildicken gelten folgende Anforderungen

- $(w/z)_{eq} \leq 0,55$
- Größtkorn max. 16mm bei Wänden

Wahl des Größtkorns zum fachgerechten Betonieren (Beanspruchungsklasse 1)

Lichtes Maß $b_{w,i}$ zwischen der Bewehrung bzw. bei Elementwänden zwischen den Schalen	Größtkorn
$b_{w,i} \geq 120 \text{ m}$	8 mm
$b_{w,i} \geq 140 \text{ m}$	16 mm
$b_{w,i} \geq 180 \text{ m}$	32 mm

Fugen und Durchdringungen

Alle Bauwerksfugen und Durchdringungen müssen grundsätzlich wasserundurchlässig ausgebildet werden. Gemäß WU-Richtlinie dürfen Fugenbänder nach DIN 7865 und DIN 18197 sowie Fugenbleche nach DIN EN 10088-2 oder DIN EN 10051 verwendet werden. Für alle weiteren Produkte ist der Nachweis ihrer Verwendbarkeit zu erbringen.

Alkali-Kiesel-säure-Reaktion (AKR)

Gesteinskörnung kann mit im Porenwasser des Betons gelösten Alkalihydroxiden reagieren. Diese chemische Reaktion wird als „Alkali-Kieselsäure-Reaktion“ (AKR), kurz als Alkali-Reaktion bezeichnet. Ablauf und Ausmaß sind abhängig von:

- Art, Menge, Korngröße und -verteilung alkaliempfindlicher Gesteinsbestandteile,
- Alkalihydroxidgehalt der Porenlösung,
- Feuchtigkeitsbedingungen im erhärteten Beton,
- Temperatur im erhärteten Beton.

Eine AKR führt unter bestimmten Voraussetzungen zu sogenanntem Alkali-treiben (Volumenvergrößerung), das den Beton schädigen kann. Erscheinungsbilder sind Ausblühungen, Ausscheidungen, Abplatzungen von nahe an der Oberfläche liegenden, alkaliempfindlichen Gesteinskörnern (pop-outs) sowie netzartige, gerichtete oder strahlenförmig verlaufende Risse.

Alkali-Richtlinie des DAfStb

Seit 2013 existiert eine vollständig redaktionell überarbeitete Richtlinie.

Die drei - historisch bedingten - Teile der Richtlinie wurden afugelöst. Die Gliederung der Richtlinie wurde an die Normen DIN EN 12620, DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 angepasst. Dadurch wurde eine deutlich verbesserte Lesbarkeit der Richtlinie erreicht. Die Gliederung der Richtlinie folgt damit der Logik zunächst mittels Prüfung und entsprechenden Bewertungskriterien (Bsp.: höchstzulässige Dehnung) eine Einstufung der Gesteinskörnung in eine Alkaliempfindlichkeitsklasse vorzunehmen und anschließend die erforderlichen Anforderungen an die Überwachung der Gesteinskörnung im Rahmen des Übereinstimmungsnachweises festzulegen.

Gesteinskörnungen sind in eine der Alkaliempfindlichkeitsklassen einzustufen (siehe Tabelle S.70).

Alkaliempfindlichkeitsklassen nach DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkaliaktionen im Beton“

Klasse	Gesteinskörnungen	Einstufung hinsichtlich AKR
E I-O	Opalsandstein einschließlich Kieselkreide	unbedenklich
E II-O		bedingt brauchbar
E III-O		bedenklich
E I-OF	Opalsandstein einschließlich Kieselkreide und Flint	unbedenklich
E II-OF		bedingt brauchbar
E III-OF		bedenklich
E I-S	<ul style="list-style-type: none"> ■ gebrochene Grauwacke unbedenklich ■ gebrochener Quarzporphyr (Rhyolith) ■ gebrochener Oberrhein-Kies ■ rezyklierte Körnungen ■ Kies mit > 10 M.-% der vorgenannten Körnungen 	unbedenklich
E III-S	<ul style="list-style-type: none"> ■ andere gebrochene, nicht als unbedenkliche eingestufte Gesteinskörnungen ■ andere gebrochene Gesteinskörnungen ohne baupraktische Erfahrungen 	bedenklich

Kriterien zur Einstufung siehe S. 73ff

Gewinnungsgebiete alkaliempfindlicher Gesteine



Kriterien zur Einstufung von Gesteinskörnung mit Opalsandstein einschließlich Kieselkreide

Bestandteile	Grenzwerte in M.-% für die Alkaliempfindlichkeitsklassen		
	EI-O	EII-O	EIII-O
Opalsandstein einschließlich Kieselkreide (über 1 mm) ^a	≤ 0,5	≤ 2,0	> 2,0

^a in den Prüfkornklassen 1 bis 4 mm einschließlich reaktionsfähigem Flint

Kriterien zur Einstufung von Gesteinskörnung mit Opalsandstein einschließlich Kieselkreide und Flint

Bestandteile	Grenzwerte in M.-% für die Alkaliempfindlichkeitsklassen		
	EI-OF	EII-OF	EIII-OF
Opalsandstein einschließlich Kieselkreide (über 1 mm) ^a	≤ 0,5	≤ 2,0	> 2,0
reaktionsfähiger Flint (über 4 mm)	≤ 3,0	≤ 10,0	> 10,0
5 x Opalsandstein einschließlich Kieselkreide + reaktionsfähiger Flint	≤ 4,0	≤ 15,0	> 15,0

^a in den Prüfkornklassen 1 bis 4 mm einschließlich reaktionsfähigem Flint

Kriterium für die Einstufung in die Alkaliempfindlichkeitsklassen E I-S und E III-S

	Alkaliempfindlichkeitsklassen	
	EI-S	EIII-S
Grenzwerte für die Dehnung der Betonprismen in mm/m	≤ 0,6	> 0,6
Rissbildung der Würfel mit Rissbreiten w in mm	w < 0,20	w ≥ 0,20

Abhängig von den Umgebungsbedingungen für den Beton (Feuchtigkeitsklassen, siehe Seite 54) sind entsprechende Maßnahmen zu treffen

Vorbeugende Maßnahmen für Beton mit einem Zementgehalt ¹⁾ z ≤ 330 kg/m³

Alkaliempfindlichkeitsklasse (verkürzt)	Zementgehalt [kg/m ³]	Erforderliche Maßnahmen für die Feuchtigkeitsklasse		
		WO	WF	WA
E I, E I-O, E I-OF, E I-S	ohne Festlegung	keine		
E II-O	≤ 330	keine		NA-Zement
E III-O		keine	NA-Zement	Austausch der Gesteinskörnung
E II-OF	> 330	keine	NA-Zement	
E III-OF		keine	NA-Zement	Austausch der Gesteinskörnung
E III-S	≤ 300	keine	keine	keine
	≤ 350	keine		NA-Zement oder gutachtliche Stellungnahme ^a
	> 350	keine	NA-Zement oder gutachtliche Stellungnahme ^a	Austausch der Gesteinskörnung oder gutachtliche Stellungnahme ^a

^a Für die Erstellung einer gutachtlichen Stellungnahme sind besonders fachkundige Personen einzuschalten

Betonzusatzstoffe/-mittel
Zugabewasser

Der wirksame Alkaligehalt aller Betonzusatzstoffe außer Flugasche nach DIN EN 450-1 darf insgesamt 600 g/m³ Beton nicht überschreiten. Der Gesamtalkaligehalt aller Betonzusatzmittel muss weniger als 600 g/m³ Beton betragen. Für Betonbauteile der Feuchtigkeitsklassen WF, WA und bei der Verwendung von Gesteinskörnung der Klassen E II oder E III gilt: Die über Betonzusatzmittel eingetragene Alkalimenge (ausgedrückt als Na₂O-Äquivalent) darf den Wert von 0,02 M.-% bezogen auf Zement nicht überschreiten. Wird dem Beton nur ein Zusatzmittel zugegeben, so darf dies ohne die vorherigen Einschränkungen verwendet werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt werden:

- Alkaligehalt (Na₂O-Äquivalent) des Betonzusatzmittels: ≤ 8,5 M.-%
- Zugabemenge des Betonzusatzmittels bezogen auf den Zementgehalt: ≤ 2,0 M.-%
- Zementgehalt des Betons: $z \leq 350 \text{ kg/m}^3$

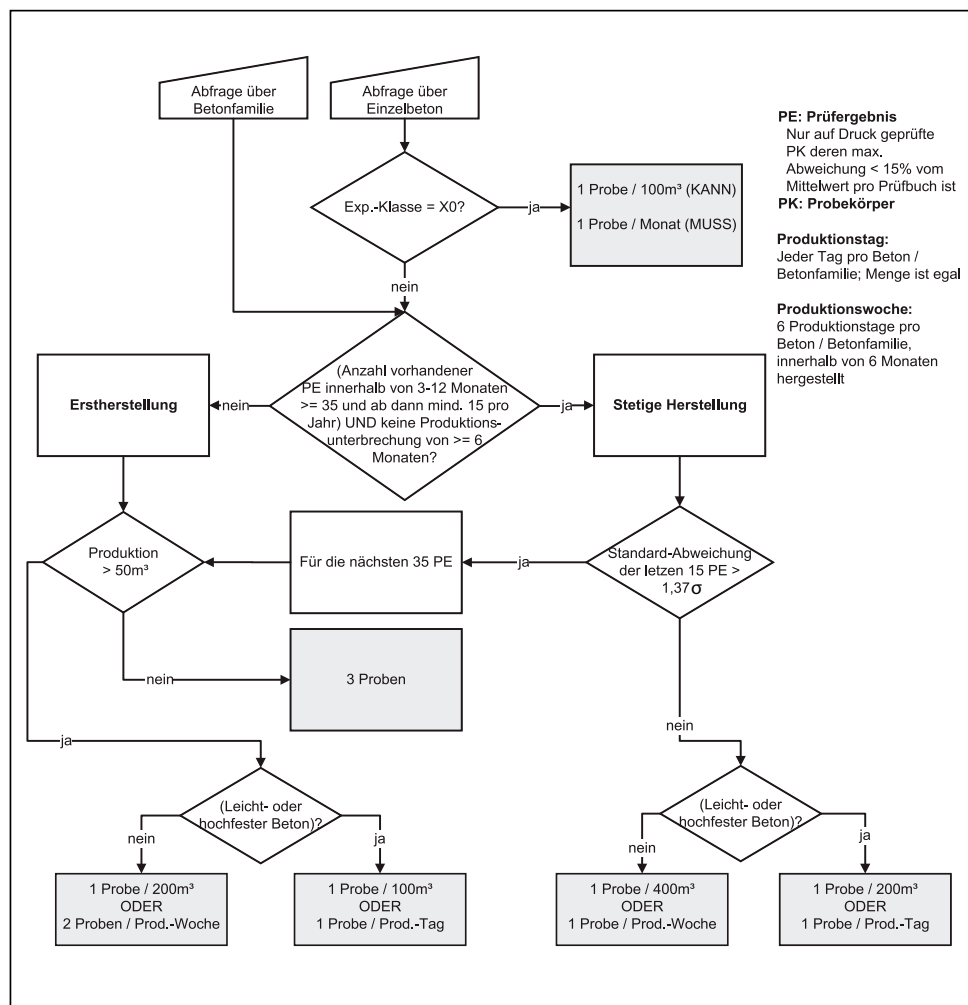
Meerwasser oder andere Wässer mit erhöhtem Alkaligehalt dürfen bei Betonbauteilen mit Gesteinskörnung der Alkaliempfindlichkeitsklassen E II oder E III und einer Feuchtigkeitsklasse WF oder WA nicht zugegeben werden. Restwasser darf als Zugabewasser verwendet werden, wenn der Zementgehalt des herzustellenden Betons unter 400 kg/m³ liegt.

Anforderungen zur werkseitigen Qualitätssicherung von Transportbeton (Konformitätskriterien für die Druckfestigkeit) nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2

Zeitpunkt	Vor Verwendung des Betons
Aufgabe (i.d.R. Aufgabe des Transportbetonwerks)	Prüfung vor Herstellungsbeginn, um zu ermitteln, wie ein neuer Beton oder eine neue Betonfamilie zusammengesetzt sein müssen, um die geforderte Frisch- und Festbetoneigenschaften sicherzustellen.
Anforderung	$f_c \geq f_{ck} + \text{Vorhaltema\ss}$; Vorhaltema\ss ca. 6 bis 12 N/mm ² Die Konformitätskriterien für Erstherstellung und stetige Herstellung müssen zielsicher erreicht werden. Das Vorhaltema\ss sollte ungefähr das Doppelte der erwarteten Standardabweichung sein.

Erstprüfung

Entscheidungsdiagramm - Kriterien zur Probenentnahme (Beton / Betonfamilie)



Konformitätskriterien für die Druckfestigkeit

Herstellung	Anzahl n der Ergebnisse in der Reihe	Kriterium 1	Kriterium 2
		Mittelwert von n Ergebnisse (f_{cm}) N/mm ²	Jedes einzelne Prüfergebnis (f_{ci}) N/mm ²
Erstherstellung (Prüfergebnisse $n < 35$)	3	$\geq f_{ck} + 4$ Hochfester Beton: $\geq f_{ck} + 5$	$\geq f_{ck} - 4$ Hochfester Beton: $\geq f_{ck} - 5$
Stetige Herstellung (Prüfergebnisse $n \geq 35$)	mindestens 15	$\geq f_{ck} + 1,48 \sigma$ $\sigma \geq 3$ N/mm ² Hochfester Beton: $\geq f_{ck} + 1,48 \sigma$ $\sigma \geq 5$ N/mm ²	$\geq f_{ck} - 4$ Hochfester Beton: $\geq 0,9 f_{ck}$

Der Nachweis der Konformität muss auf Grundlage von Prüfergebnissen erfolgen, die während eines Nachweiszeitraumes erhalten wurden, der die letzten 12 Monate nicht überschreiten darf.

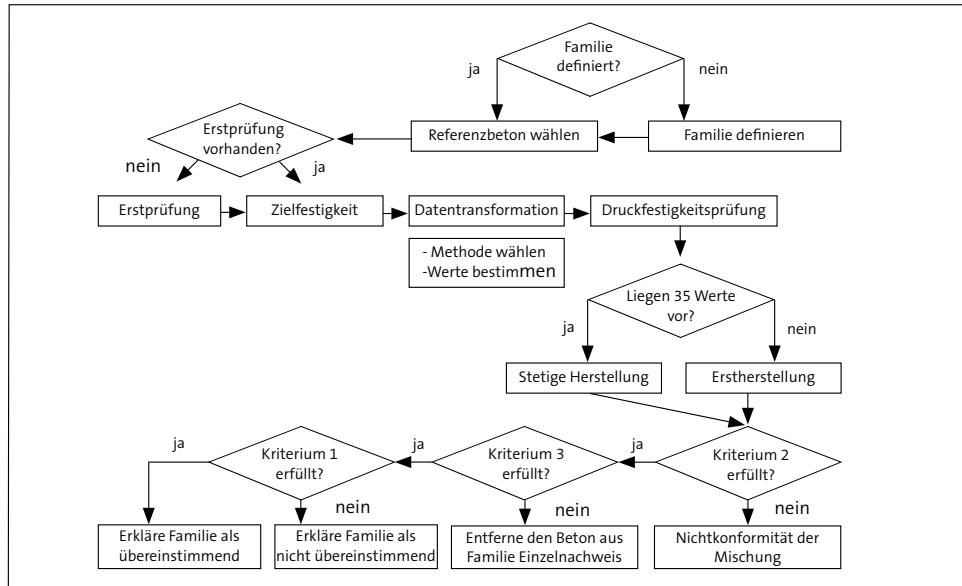
Mindesthäufigkeit der Probenahme zur Beurteilung der Konformität

Herstellung	Mindesthäufigkeit der Probenahme	
	Erste 50 m ³ der Produktion	Nach den ersten 50 m ³ der Produktion ^a
Erstherstellung (Prüfergebnisse $n < 35$)	3 Proben	1/200 m ³ oder 2/Produktionswoche Leichtbeton und hochfester Beton: 1/100 m ³ oder 1/Produktionstag
Stetige Herstellung (Prüfergebnisse $n \geq 35$) ^b		1/400m ³ oder 1/Produktionswoche Leichtbeton und hochfester Beton: 1/200 m ³ oder 1/Produktionstag

- a Die Probenahme muss über die Herstellung verteilt sein und für je 25 m³ sollte höchstens eine Probe genommen werden.
- b Wenn die Standardabweichung der letzten 15 Prüfergebnisse $1,37\sigma$ überschreitet, ist die Probenahmehäufigkeit für die nächsten 35 Prüfergebnisse auf diejenige zu erhöhen, die für die Erstherstellung gefordert wird.

Konformitätskontrolle Hersteller

Konformitätskontrolle: Betonfamilien



Wird eine Konformitätskontrolle auf eine Betonfamilie angewendet, ist als Referenzbeton entweder ein Beton aus dem Mittelfeld der Betonfamilie oder der am meisten produzierte Beton der Familie auszuwählen. Auf den Referenzbeton werden die Druckfestigkeitsergebnisse aller Betone der Familie umgerechnet. Das erfolgt mit einer vom Hersteller festzulegenden Transformationsmethode.

Konformitätskontrolle Hersteller

Bestätigungskriterium für einen Beton aus einer Betonfamilie nach DIN 1045 2008-08

Kriterium 1 und 2 wie bei einer einzelnen Betonsorte (siehe Konformität für die Druckfestigkeiten).

Anzahl n der Prüfergebnisse für die Druckfestigkeit eines einzelnen Betons	Kriterium 3
	Mittelwert von n Ergebnissen (f_{cm}) für einen einzelnen Beton der Betonfamilie [N/mm ²]
2	$\geq f_{ck} - 1,0$
3	$\geq f_{ck} + 1,0$
4	$\geq f_{ck} + 2,0$
5	$\geq f_{ck} + 2,5$
6 bis 14	$\geq f_{ck} + 3,0$
≥ 15	$\geq f_{ck} + 1,48 \sigma$

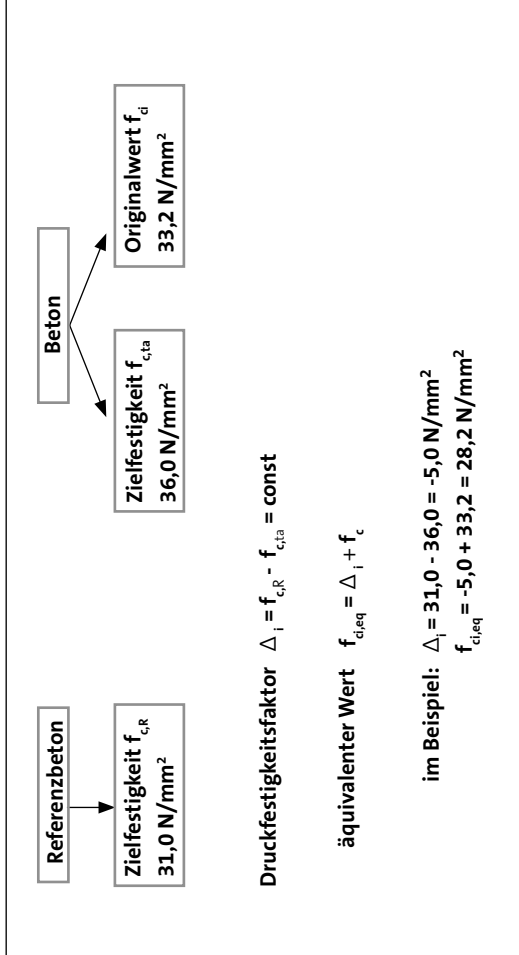
Konformitätsnachweis (Einzelserie)

Sorte: C25/30 XC4 XF1 XA1 F3 32 M **Konformitätsparameter:** Druckfestigkeit
 Nummer: 1533300111 Auswertung für: normal
 Fest.klasse: C25/30 Betonfestigkeit: Ersterstellung
 Kons.bereich: F3 Kriterien für: $f_{ck} = 30,0 \text{ N/mm}^2$
 charakterist. Druckfestigkeit $f_{ck} = 30,0 \text{ N/mm}^2$ (Schätzwert)
 Standardabweichung: 4,00 N/mm² (Schätzwert)

Kriterium 1: $f_{cm} \geq f_{ck} + 4 \geq 34 \text{ N/mm}^2$ Kriterium 2: $f_{ci} \geq f_{ck} - 4 \geq 26 \text{ N/mm}^2$

Herst.-datum	Probe-nummer	Alter [Tage]	f_d [N/mm ²]	Krit. 2 erfüllt	f_{cm} [N/mm ²]	Krit. 1 erfüllt
04.08.	83583	28	35,2	ja		
17.08.	83667	28	31,4	ja		
07.09.	83793	28	29,4	ja	32,0	nein
22.09.	83881	28	31,6	ja		
10.11.	91413	28	45,2	ja		
25.11.	91536	28	39,9	ja	39,0	ja
21.01.	91834	28	35,2	ja		
27.01.	91856	28	39,0	ja		
02.02.	91906	28	39,0	ja	37,5	ja
04.02.	91936	28	43,8	ja		
03.03.	100021	28	45,3	ja		
10.03.	100535	28	34,9	ja	41,5	ja
15.03.	100546	28	35,2	ja		
17.03.	100552	28	35,7	ja		
21.04.	114676	28	31,7	ja	34,0	ja

Transformation über eine Druckfestigkeitsdifferenz (Beispielrechnung)



Δ_i = Druckfestigkeit eines einzelnen Prüfergebnisses zur Zielfestigkeit des geprüften Betons
 f_{ci} = einzelnes Prüfergebnis der Druckfestigkeit in N/mm²
 $f_{c,ta}$ = Zielfestigkeit des geprüften Betons
 $f_{c,R}$ = Zielfestigkeit des Referenzbetons in N/mm²
 $f_{d,eq}$ = äquivalente Druckfestigkeit des Referenzbetons in N/mm²
 f_{cm} = mittlere Druckfestigkeit des Betons

Konformitätsnachweis (Betonfamilie) Differenzverfahren

Betonfamilie:

C20-30 Kies mFA11

Konformitätsparameter:

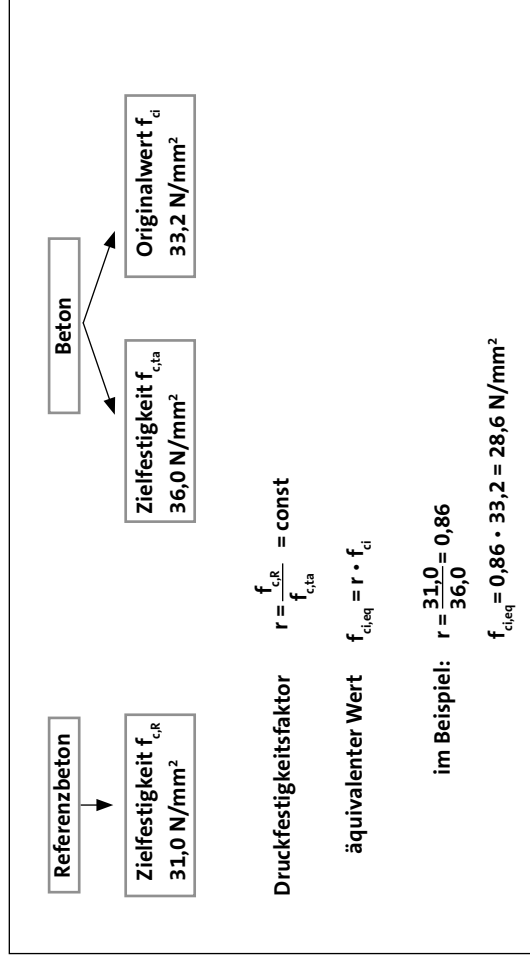
Auswertung für: Druckfestigkeit
 Betonfestigkeit: normal
 Kriterien für: stetige Herstellung
 charakterist. Druckfestigkeit $f_{ck} = 25,0 \text{ N/mm}^2$
 Standardabweichung: $3,00 \text{ N/mm}^2$

Referenzbeton: 1413300111 / 1510

Kriterium 1: $f_{cm,eq} \geq f_{ck} + 1,48\sigma \geq 29,44$ Kriterium 2: $f_d \geq f_{ck} - 4$
 Prüfung Standardabweichung: $0,63\sigma \leq s_{s,15} \leq 1,37\sigma$ $1,89 \leq s_{s,15} \leq 4,11$ Kriterium 3: $f_{cm} \geq f_{ck} + N$
 N ...Faktor (siehe Seite 78)

Herst.-datum	Stückliste	Spei-Nr	Probe-nummer	Alter [Tage]	Kriterium 2		Kriterium 3		Diff.	$f_{ci,eq}$	$f_{cm,eq}$	Krit.1 erfüllt	Prüfung Standardabweichung
					f_{ci}	erfüllt	f_{cm}	erfüllt					
25.01.	1413200111	1506	84684	28	37,7	25 ja			31,0	6,7	37,7		
25.01.	1413200111	1506	84685	28	36,8	25 ja			31,0	5,8	36,8		
25.01.	1413200111	1506	84686	28	35,9	25 ja			31,0	4,9	35,9		
02.02.	1413200111	1506	84809	28	29,1	25 ja			31,0	-1,9	29,1		
02.02.	1413200111	1506	84810	28	31,3	25 ja			31,0	0,3	31,3		
02.02.	1413200111	1506	84811	28	30,1	25 ja			31,0	-0,9	30,1		
10.02.	1413300111	1510	84770	28	30,9	25 ja			31,0				
14.02.	1533100211	2012	84778	28	33,2	30 ja	33,0	-1,0 ja	36,0	-2,8	28,2		
14.02.	1533100211	2024	84781	28	34,9	30 ja			36,0	-1,1	29,9		
24.02.	1533100211	2036	94922	28	36,7	30 ja	36,5	-1,0 ja	36,0	0,7	31,7		
25.02.	1533100211	2024	98427	28	42,2	30 ja	38,5	-1,0 ja	36,0	6,2	37,2		
02.03.	1413300111	1510	98470	28	37,4	25 ja	34,0	-1,0 ja	31,0				
02.03.	1533200111	1650	98471	28	39,5	30 ja	39,5	-1,0 ja	36,0	3,5	34,5		
02.03.	1533300111	2035	98472	28	40,4	30 ja	40,5	-1,0 ja	36,0	4,4	35,4		
04.03.	1413200111	1506	98473	28	31,9	25 ja	33,5	+3,0 ja	31,0	0,9	31,9	ja	3,34 ≥ OK

Transformation über einen Druckfestigkeitsquotienten (Beispielrechnung)



f_{ci} = einzelnes Prüfergebnis der Druckfestigkeit in N/mm²

$f_{c,ta}$ = Zielfestigkeit des geprüften Betons

$f_{c,R}$ = Zielfestigkeit des Referenzbetons in N/mm²

$f_{c,eq}$ = äquivalente Druckfestigkeit des Referenzbetons in N/mm²

f_{cm} = Mittlere Druckfestigkeit des Betons

Konformitätsnachweis (Betonfamilie) Quotientenverfahren

Betonfamilie:

C20-30 Kies mFA11

Konformitätsparameter:

Auswertung für: Druckfestigkeit
 Betonfestigkeit: normal
 Kriterien für: stetige Herstellung
 charakterist. Druckfestigkeit $f_{ck} = 25,0 \text{ N/mm}^2$
 Standardabweichung: $3,00 \text{ N/mm}^2$ aus Betonfamilie

Referenzbeton: 1413300111 / 1510

Kriterium 1: $f_{cm,eq} > f_{ck} + 1,48 \sigma \geq 29,44$ Kriterium 2: $f_d \geq f_{ck} - 4$
 Prüfung Standardabweichung: $0,63 \sigma \leq s_{15} \leq 1,37 \sigma$

Kriterium 3: $f_{cm} \geq f_{ck} + N$
 N ...Faktor (siehe Seite 78)

Herst.-datum	Stückliste	Spei-Nr	Probenummer	Alter [Tage]	Kriterium 2		Kriterium 3		Quot.	$f_{ci,eq}$	$f_{cm,eq}$	Krit.1 erfüllt	Prüfung Standardabweichung
					f_{ci}	f_{ck}	erfüllt	f_{cm}					
25.01.	1413200111	1506	84684	28	37,7	25	ja		31,0	1,00	37,7		
25.01.	1413200111	1506	84685	28	36,8	25	ja		31,0	1,00	36,8		
25.01.	1413200111	1506	84686	28	35,9	25	ja		31,0	1,00	35,9		
02.02.	1413200111	1506	84809	28	29,1	25	ja		31,0	1,00	29,1		
02.02.	1413200111	1506	84810	28	31,3	25	ja		31,0	1,00	31,3		
02.02.	1413200111	1506	84811	28	30,1	25	ja		31,0	1,00	30,1		
10.02.	1413300111	1510	84770	28	30,9	25	ja		31,0	1,00	30,9		
14.02.	1533100211	2012	84778	28	33,2	30	ja	33,0 -1,0	36,0	0,86	28,6		
14.02.	1533100211	2024	84781	28	34,9	30	ja		36,0	0,86	30,1		
24.02.	1533100211	2036	94922	28	36,7	30	ja	36,5 -1,0	36,0	0,86	31,6		
25.02.	1533100211	2024	98427	28	42,2	30	ja	38,5 -1,0	36,0	0,86	36,3		
02.03.	1413300111	1510	98470	28	37,4	25	ja	34,0 -1,0	31,0		37,4		
02.03.	1533200111	1650	98471	28	39,5	30	ja	39,5 -1,0	36,0	0,86	34,0		
02.03.	1533300111	2035	98472	28	40,4	30	ja	40,5 -1,0	36,0	0,86	34,8		
04.03.	1413200111	1506	98473	28	31,9	25	ja	33,5 +3,0	31,0	1,00	31,9	ja	3,18 ≥ OK

Maßnahme bei Nichtkonformität des Produktes

Die folgenden Maßnahmen muss der Hersteller im Fall der Nichtkonformität ergreifen:

- Nachprüfen der Prüfergebnisse; falls diese fehlerhaft sind, berichtigen der Fehler.
- Falls sich die Nichtkonformität bestätigt, z.B. durch Wiederholungsprüfung, sind korrigierende Maßnahmen zu ergreifen, einschließlich einer Nachprüfung der maßgebenden Verfahren der Produktionskontrolle.
- Falls sich die Nichtkonformität mit der Festlegung bestätigt und diese bei Lieferung nicht offensichtlich war, sind der Verfasser der Festlegung und Verwender zu verständigen, um jeglichen Folgeschaden zu vermeiden.
- Aufzeichnen der zuvor genannten Maßnahmen.

Bei Zweifeln wegen negativer Ergebnisse der Konformitäts- oder Annahmeprüfungen darf die Bewertung des Bauwerksbetons hinsichtlich ausreichender Festigkeit nach den in nachstehender Tabelle genannten Verfahren erfolgen.

Beurteilung in Fällen, in denen Zweifel über die auf der Grundlage von Standardprüfungen ermittelte Konformität von Beton besteht (Abschnitt 9 der DIN EN 13791 Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen)

Größe des Prüfbereichs	Basis der Bewertung	Anzahl der Proben/Prüfstellen	Bewertungskriterien ²⁾	Beurteilung
Große Betonmenge - viele Betonchargen	Bohrkernprüfungen	$n \geq 15$	$f_{m(n),is} \geq 0,85 (f_{ck} + 1,48 \cdot s)$	Im Prüfbereich: ■ ein Beton mit ausreichender Festigkeit ■ ein Beton nach DIN EN 206-1 / DIN 1045-2
	ind. Prüfungen ¹⁾ und zusätzlich Bohrkerprüfungen	$n \geq 15$ (indirekte Prüfung) $n = 2$ (Bohrkern)	$f_{is, niedrigst} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$	
Begrenzte Betonmenge - wenige Betonchargen	Bohrkernprüfungen	$n = 2$	$f_{is, niedrigst} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$	Im Prüfbereich: ■ Beton mit angemessener Festigkeit ■ Beton entstammt einer übereinstimmenden Gesamtheit

¹⁾ Bohrkerprüfung + indirekte Prüfung als Alternativerfahren nach Vereinbarung zwischen den Vertragsparteien

²⁾ f_{ck} - charakteristische Druckfestigkeit von genormten Probekörpern
 $f_{is, niedrigst}$ - niedrigstes Prüfergebnis der Druckfestigkeit des Bauwerksbetons
 $f_{m(n), is}$ - Mittelwert von n Prüfergebnissen der Druckfestigkeit des Bauwerksbetons

Festlegung für Beton nach Eigenschaften

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

Grundlegende Anforderungen:

- Bezug auf DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 oder anderen Vorschriften
- Druckfestigkeitsklassen
- Expositionsklassen
- Nennwert des Größtkorns der Gesteinskörnung
- Klasse des Chloridgehalts oder die Art der Verwendung (unbewehrter Beton, Stahlbeton, Spannbeton)
- Konsistenzklasse oder (in besonderen Fällen) Zielwert der Konsistenz
- Rohdichteklasse oder Zielwert der Rohdichte (für Leichtbeton)
- Zielwert der Rohdichte (Schwerbeton)

Zusätzliche Anforderungen:

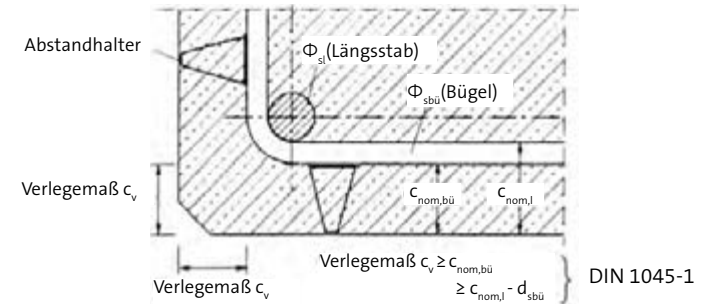
- besondere Arten oder Klassen von Zement (z.B. Zement LH)
- besondere Arten oder Klassen von Gesteinskörnungen
- erforderliche Eigenschaften für den Widerstand gegen Frosteinwirkungen, z.B. Luftgehalt
- Besondere Anforderungen an die Frischbetontemperatur
- Festigkeitsentwicklung des Beton
- Wärmeentwicklung während der Hydratation
- verzögertes Ansteifen
- Wassereindringwiderstand
- Abriebwiderstand
- Spaltzugfestigkeit
- andere technische Anforderungen wie z.B. zur Erzielung besonderer Oberflächenbeschaffenheiten notwendig
- Ggf. Ausnahmekriterien, die zu vereinbaren sind

Ggf. zusätzlich vom Verwender zu benennende Bedingungen:

- Lieferzeit und Abnahmegeschwindigkeit
- besonderer Transport auf der Baustelle
- besondere Einbringverfahren, z.B. Pumpbarkeit von Leichtbeton
- Beschränkung für das Lieferfahrzeug (Typ, Größe, Höhe, Gesamtgewicht)
- Weitere Angaben: Bestellende Firma, Ansprechpartner, Tel./Fax/E-Mail
- genaue Bezeichnung und Adresse der Baustelle, ggf. mit Anfahrsbeschreibung
- zu liefernde Menge
- Bauteil(e)
- Entladungsbedingungen (Pumpe, Rohrentladung, Betonkübel, Karrentladung)
- ggf. Bestellung einer Betonpumpe und Rahmenbedingungen hierfür
- Reinigungsmöglichkeiten auf der Baustelle gegeben?

Begriffe

- c_{min} Mindestmaß der Betondeckung (Kontrollmaß für das erhärtete Bauteile)
- ΔC Vorhaltemaß der Betondeckung
- c_{nom} Nennmaß der Betondeckung (maßgebend für statische Bemessung)
- Anforderung $C_{nom} = C_{min} + \Delta C$
- c_v Verlegemaß der Betondeckung



Mindestbetondeckung $c_{min,dur}$ aus Dauerhaftigkeitsanforderung und additives Sicherheitselement $\Delta c_{dur,y}$

Expositionsklasse	Dauerhaftigkeitsanforderung $c_{min,dur}$ in mm für			
	Betonstahl DIN 488		Spannstahl	
	$c_{min,dur}^{1)2)}$	$\Delta c_{dur,y}$	$c_{min,dur}^{1)2)}$	$\Delta c_{dur,y}$
(X0)	(10)	0	(10)	0
XC1	10		20	
XC2/XC3	20		30	
XC4	25		35	
XD1/XS1	30	+ 10	40	+ 10
XD2/XS2	35	+ 5	45	+ 5
XD3/XS3	40	0	50	0

1) Anforderungsklasse S3 (50 Jahre Nutzungsdauer für den allgemeinen Hochbau).

2) Verminderung von $c_{min,dur}$ um 5 mm zulässig, sofern:

- Beton ohne Luftporenbildner mindestens zwei Klassen über indikativer Mindestfestigkeitsklasse nach DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA, Anhang E, liegt.
- Beton mit Mindestluftgehalt für Expositionsclassen XF mindestens eine Klasse über indikativer Mindestfestigkeitsklasse liegt (indikativ: Expositionsklasse mit der höchsten Anforderung wenn mehrere Expositionsclassen für ein Bauteil zutreffen).

Temperatur des Betons beim Einbau

Lufttemperatur [°C]	Mindesttemperatur des Frischbetons beim Einbau [°C]
+ 5 bis -3	+ 5 allgemein + 10 bei Zementgehalt < 240 kg/m ³ oder bei LH-Zementen
< -3	+ 10 mindestens 3 Tage

Die Frischbetontemperatur darf im Allgemeinen +30°C nicht überschreiten, sofern nicht durch geeignete Maßnahmen sichergestellt ist, dass keine nachteiligen Folgen zu erwarten sind.

Gefrierbeständigkeit des Betons

Während der ersten Tage der Hydratation darf der Beton in der Regel erst dann durchfrieren, wenn:

- seine Temperatur vorher wenigstens 3 Tage +10°C nicht unterschritten hat oder
- er eine Druckfestigkeit von mindestens 5 N/mm² erreicht hat.

Nachbehandlung und Schutz

- Belassen in der Schalung
- Abdecken der Betonoberfläche mit dampfdichten Folien, die an den Kanten und Stößen gegen Durchzug gesichert sind
- wasserspeichernde Abdeckungen unter ständigem Feuchthalten bei gleichzeitigem Verdunstungsschutz
- Aufrechterhalten eines sichtbaren Wasserfilms auf der Betonoberfläche (Besprühen, Fluten)
- Aufsprühen von Nachbehandlungsmitteln mit nachgewiesener Eignung
- ggf. wärmedämmende Abdeckung
- Schutz vor Gefrieren
- Schutz vor Erschütterungen des jungen Betons

Mindestdauer der Nachbehandlung

Expositionsklasse	erforderliche Festigkeit im oberflächennahen Bereich	Ohne Nachweis der Festigkeit
XO, XC1	-	0,5 Tage ^a
Alle außer XO, XC1, XM	0,50 f _{ck}	Mindestdauer gemäß nachstehender Tabelle
XM	0,70 f _{ck}	Mindestdauer gemäß nachstehender Tabelle verdoppeln

a Verarbeitbarkeitszeit < 5 Std., Temperatur der Betonoberfläche ≥ 5°C

Mindestdauer der Nachbehandlung ohne Nachweis der Festigkeit im oberflächennahen Bereich

Oberflächen-temperatur ^a [°C]	Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen ^b (alle Expositionsklassen ^c außer XO und XC1)			
	Festigkeitsentwicklung des Betons ^d $r = f_{cm,2} / f_{cm,28}$ ^e			
	r ≥ 0,50 schnell	r ≥ 0,30 mittel	r ≥ 0,15 langsam	r < 0,15 sehr langsam
≥ 25	1	2	2	3
25 > ϑ ≥ 15	1	2	4	5
15 > ϑ ≥ 10	2	4	7	10
10 > ϑ ≥ 5 ^f	3	6	10	15

a Anstelle der Oberflächentemperatur des Betons darf Lufttemperatur angesetzt werden.

b Nachbehandlungsdauer bei Verarbeitbarkeitszeit > 5 h angemessen verlängern

c Für Expositionsklasse XM sind die Werte zu verdoppeln.

d Die Mittelwerte der Druckfestigkeit werden nach 2 und 28 Tagen entweder bei der Erstprüfung ermittelt oder von bekannten Betonen vergleichbarer Zusammensetzung übernommen.

e Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.

f Nachbehandlungsdauer bei Temperaturen < 5°C um die Dauer der Temperatur < 5°C verlängern.

Überwachung durch das Bauunternehmen

Überwachungsklassen für Beton

Gegenstand	Überwachungs- klasse 1	Überwachungs- klasse 2 ^a	Überwachungs- klasse 3 ^a
Druckfestigkeitsklasse für Normal- und Schwerbeton	≤ C25/30 ^b	≥ C30/37 ≤ C50/60	≥ C55/67
Druckfestigkeitsklasse für Leichtbeton der Rohdichteklassen D1,0 bis D1,4	nicht verwendbar	≤ LC25/28	≥ LC30/33
D1,6 bis D1,4	≤ LC25/28	LC30/33 und ≤ LC35/38	≥ LC40/44
Expositionsklassen	XO, XC, XF1	XS, XD, XA, XM ^c ; XF2, XF3, XF4	-
Besondere Eigenschaften	-	<ul style="list-style-type: none"> ■ Beton für wasserundurchlässige Baukörper (z.B. Weiße Wannen)^d ■ Unterwasserbeton ■ Beton für hohe Gebrauchstemperaturen (T ≤ 250°C) ■ Strahlenschutzbeton (außer des Kernkraftwerkbaus) ■ Für besondere Anwendungsfälle (z.B. verzögerter Beton, Beton beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen), sind die jeweiligen DAFStb-Richtlinien anzuwenden. 	-

- a Das Bauunternehmen muss über eine ständige Betonprüfstelle verfügen. Eigenüberwachung sowie Fremdüberwachung durch anerkannte Überwachungsstelle erforderlich.
- b Spannbeton der Festigkeitsklasse C25/30 ist stets in Überwachungsklasse 2 einzuordnen.
- c Gilt nicht für übliche Industriefußböden.
- d Beton mit hohem Wassereindringwiderstand darf in die Überwachungsklasse 1 eingeordnet werden, wenn der Baukörper nur zeitweilig aufstauendem Sickerwasser ausgesetzt ist und wenn in der Projektbeschreibung nichts anderes festgelegt ist.

Im Auftrag des Bauunternehmens führt eine ständige Betonprüfstelle folgende Aufgaben durch:

- Durchführung von Frisch- und Festbetonprüfungen
- Überprüfung der Geräteausstattung (vor Beginn der Betonarbeiten)
- Beurteilung und Auswertung der Prüfergebnisse
- Beratung und Schulung des Bauunternehmens

Umfang und Häufigkeit der Prüfungen bei Beton nach Eigenschaften

Gegenstand	Häufigkeit für Überwachungsklasse		
	1	2	3
Lieferschein	Jedes Lieferfahrzeug		
Konsistenz Augenscheinprüfung	Stichprobe	jedes Lieferfahrzeug	
Konsistenz Messung	in Zweifelsfällen	beim ersten Einbringen jeder Betonzusammensetzung; bei Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung; in Zweifelsfällen	
Frischbetonrohichte von Leicht-, Schwerbeton	bei Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung und in Zweifelsfällen		
Gleichmäßigkeit des Betons (Augenscheinprüfung)	Stichprobe	jedes Lieferfahrzeug	
Druckfestigkeit	nur in Zweifelsfällen	3 Proben je 300 m ³ oder je 3 Betoniertage	3 Proben je 50 m ³ oder je Betoniertag
Luftgehalt von Luftporenbeton	zu Beginn jedes Betonierabschnitts; in Zweifelsfällen		

Annahmekriterien für die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung

Anzahl n der Einzelwerte	Mittelwert f_{cm} in N/mm ² ^a	Einzelwert f_{ci} in N/mm ² ^c
3 bis 4	≥ $f_{ck} + 1$	≥ $f_{ck} - 4$
5 bis 6	≥ $f_{ck} + 2$	≥ $f_{ck} - 4$
> 6	$f_{ck} + (1,65-2,58/\sqrt{n}) \delta$ ^b	≥ $f_{ck} - 4$

- a Mittelwerte von n nicht überlappenden Einzelwerten
- b Standardabweichung der Stichprobe für n ≥ 35, wobei δ ≥ 3 N/mm² für Überwachungsklasse 2 und δ ≥ 5 N/mm² für Überwachungsklasse 3, für 6 < n < 35 gilt: δ = 4 N/mm² für Überwachungsklasse 2 und 3.
- c Für Beton der Überwachungsklasse 3 muss jeder Einzelwert f_{ci} die Anforderung $f_{ci} \geq 0,9 f_{ck}$ erfüllen.

Kategorien der Bestandteile von groben rezyklierten Gesteinskörnungen

Die Anteile der Bestandteile in groben rezyklierten Gesteinskörnungen sind nach EN 933-11 zu bestimmen und müssen jeweils der maßgebenden Kategorie nach folgender Tabelle entsprechen.

Bestandteil	Gehalt (Massenanteil in Prozent)	Kategorie	
Rc (Beton, Betonprodukte, Mörtel, Mauersteine aus Beton)	≥ 90	Rc ₉₀	
	≥ 80	Rc ₈₀	
	≥ 70	Rc ₇₀	
	≥ 50	Rc ₅₀	
	< 50	Rc _{angegeben}	
	keine Anforderung	Rc _{NR}	
Rc + Ru (Ungebundene Gesteinskörner, Naturstein, hydraulisch gebundene Gesteinskörner)	≥ 95	Rcu ₉₅	
	≥ 90	Rcu ₉₀	
	≥ 70	Rcu ₇₀	
	≥ 50	Rcu ₅₀	
	< 50	Rcu _{angegeben}	
	keine Anforderung	Rcu _{NR}	
Rb (Mauer- und Dachziegel aus gebranntem Ton, Kalksandsteine, Gasbetonsteine (nicht schwimmend))	≤ 10	Rb ₁₀₋	
	≤ 30	Rb ₃₀₋	
	≤ 50	Rb ₅₀₋	
	> 50	Rb _{angegeben}	
		keine Anforderung	Rb _{NR}
Ra (Bitumenhaltige Materialien)	≤ 1	Ra ₁₋	
	≤ 5	Ra ₅₋	
	≤ 10	Ra ₁₀₋	
X + Rg			
(Sonstige Materialien: Bindige Materialien (d. h. Ton, Erde) Verschiedene sonstige Materialien: (Eisenhaltige u. nicht eisenhaltige) Metalle, nicht schwimmendes Holz, Kunststoff, Gummi, Gips)	(Glas)	≤ 0,5	XRg _{0,5-}
		≤ 1	XRg ₁₋
		≤ 2	Rg ₂
	Gehalt cm ³ /kg		
FL (Schwimmendes Material im Volumen)	≤ 0,2 ¹⁾	FL _{0,2-}	
	≤ 2	FL ₂₋	
	≤ 5	FL ₅₋	

1) Die Kategorie ≤ 0,2 gilt nur für besondere Anwendungen, die eine hochwertige Oberflächenbeschaffenheit erfordern.

Zement	DIN EN 197-1	Zement, Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement
	DIN EN 197-2	Zement, Teil 2: Konformitätsbewertung
	DIN 1164-10 DIN EN 196 DIN EN 14216	Zement mit besonderen Eigenschaften Prüfverfahren für Zement Zusammensetzung, Anforderung und Konformitätskriterien von Sonderzement mit sehr niedriger Hydratationswärme
Gesteinskörnungen	DIN EN 12620	Gesteinskörnung für Beton
	DIN EN 13139	Gesteinskörnung für Mörtel
	DIN EN 13055	Leichte Gesteinskörnung
	DIN 4226-100 DIN EN 932	Rezyklierte Gesteinskörnung Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen
	DIN EN 933	Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen
Betonzusatzstoffe	DIN EN 1097	Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen
	DIN EN 1367	Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen
	DIN EN 450 DIN EN 12878	Flugasche für Beton Pigmente zum Einfärben von zement- / oder kalkgebundenen Baustoffen-Anforderungen und Prüfung
	DIN EN 15167	Hüttensandmehl zur Verwendung in Beton, Mörtel und Einpressmörtel
	DIN 51043 DIN EN 13263 DIN EN 14889-1	Trass-Anforderungen, Prüfung Silikastaub für Beton Fasern für Beton - Teil 1 : Stahlfasern
Betonzusatzmittel	DIN EN 934	Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel
	DIN EN 206-1 ¹⁾	Beton, Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
	DIN 1045-2 ¹⁾	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 2: Beton-Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
Beton	DIN EN 1992-1-1	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

Holcim (Deutschland) GmbH

Tropowitzstraße 5

22529 Hamburg

Tel. +49 (0)40 36 00 2-0

Fax +49 (0)40 36 00 2-949

www.holcim.de

