

# 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 DIN 1045:2023-08. Abweichend davon können Richtlinien und Merkblätter sowie zusätzliche Technische Vorschriften auf eine ältere Ausgabe der Norm verweisen. In den vorliegenden **Betontechnischen Daten** wurden solche Verweise teilweise übernommen, um Irritationen zu den Originaltexten zu vermeiden.

ECO-Planet Zemente...	6
Hochofenzemente Holcim Duo...	8
Portlandhüttenzemente Holcim Ferro...	9
Portlandkalksteinzemente Holcim Fluvio...	10
Portlandkompositzemente Holcim Optimo...	11
Portland-Schiefer-Kalkstein-CSA-Zement Holcim Rapido...	12
Portlandzemente Holcim Pur...	13
Spezialzemente...	15
Spezialzement / Holcim Binder	16
Spezialbaustoffe Beton	17
Zement – Normen und Festigkeitsklassen	19
Normalzemente Zusammensetzung	22
Anwendungsbereich Normzement	24
Zement für Fahrbahndecken	27
<b>Gesteinskörnung</b>	<b>28</b>
Kategorien Anforderungen	29
Sieblinien	37
Gesteinskörnung	38
Wasseranspruch	39
Rezyklierte Gesteinskörnungen	40
Alkalireaktion	45
<b>Betonzusatzstoffe</b>	<b>50</b>
<b>Betonzusatzmittel</b>	<b>54</b>
<b>Zugabewasser</b>	<b>56</b>
Restwasser Feststofftabelle	57
<b>Beton</b>	<b>58</b>
Begriffe, Symbole, Erläuterungen	59
Normal- und Schwerbeton	60
BBQ-Klassen	65

Druckfestigkeitsentwicklung	71
Festigkeitsentwicklung von Beton bei 20 Grad Celcius	72
Expositionsklassen X0, XC	74
Expositionsklassen XD, XS	76
Expositionsklassen XF, XA	78
Expositionsklassen XM	80
Feuchtigkeitsklassen	81
Konsistenzklassen	84
Chemischer Angriff	85
<b>Stahlfaserbeton</b>	<b>87</b>
<b>Selbstverdichtender Beton</b>	<b>91</b>
<b>Beton für wasserundurchlässige Bauwerke</b>	<b>94</b>
Sichtbeton	98
R-Beton	105
Beton für massige Bauteile	106
FD-Beton	112
Bohrpfahlbeton	113
<b>Konformitätskontrolle Hersteller</b>	<b>117</b>
<b>Bestellung von Transportbeton</b>	<b>134</b>
<b>Bauausführung</b>	<b>135</b>
<b>Regelwerke</b>	<b>143</b>
<b>Standorte</b>	<b>145</b>

## ECO-Planet Zemente...

### 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Bilanz

#### Anwendungsgebiete

- Betone mit reduziertem CO<sub>2</sub>-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
- Helle Farbgebung
- Günstige CO<sub>2</sub>-Bilanz

#### Anwendungsgebiete

- Fertigteile
- Selbstverdichtender Beton
- Betonwaren
- Betonbauteile mit heller Oberfläche
- Eingefärbte Betone
- Betone mit erhöhter Dauerhaftigkeit
- Betone mit reduziertem CO<sub>2</sub>-Footprint

### ECO Planet BQ4 LH – Der klimafreundliche Spezialzement mit „LH“

CEM II/B-Q 42,5 N-LH

#### Eigenschaften

- Gute Verarbeitbarkeit
- Gutes Wasserrückhaltevermögen
- Normale Festigkeitsentwicklung
- Geringe CO<sub>2</sub>-Bilanz
- Niedrige Hydratationswärme LH

#### Anwendungsgebiete

- Transportbeton für Hoch- und Tiefbau
- Massige Bauteile
- Betone mit reduziertem CO<sub>2</sub>-Footprint
- Betonieren bei warmer Witterung

## 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 CO<sub>2</sub>-Bilanz

### Anwendungsgebiete

- Transportbeton für Hoch- und Tiefbau
- Konstruktiver Ingenieurbau
- leicht verdichtbarer und selbstverdichtender Beton
- Straßenbau, Fahrbahndecken
- Betonwaren
- Betonbauteile mit heller Oberfläche
- Betone mit reduziertem CO<sub>2</sub>-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)
- Längere Verarbeitbarkeit
- Moderate Festigkeitsentwicklung
- Gute Nacherhärtung
- Helle Farbgebung
- Günstige CO<sub>2</sub>- 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 CO<sub>2</sub>-Bilanz

### Anwendungsgebiete

- Betonfertigteile
- Rohre, Schachtelemente
- Betonbauteile, die chemischen Angriffen ausgesetzt sind
- Selbstverdichtender Beton
- Hochfester Beton
- Betonbauteile mit heller Oberfläche
- Betonfertigteile mit niedrigem CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 bzgl. 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 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 Betone
- 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 Betone

### 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 Mauermörtel
- Estriche
- Zementstabilisierungen und Füllinjektionen im Erdbau
- Betonwaren
- Massige Bauteile (in Verbindung 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 Mauermörtel

### 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 Mauermörtel
- 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

- Spritzbeton mit besonderen Anforderungen an die Festigkeitsentwicklung
- Tunnelbau
- 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 Holcim 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
- Betonieren 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 und 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 I / 52,5 N

### Eigenschaften

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

### Anwendungsgebiete

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

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

Schieferhochofenzement 52,5 N-SR

### Eigenschaften

- Gute Verarbeitungeigenschaften
- 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 Verarbeitungeigenschaften
- 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 Stahlfaserbeton nach Leistungsklasse

### 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

## SelfPact (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 grundwassergesättigten 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

## CampoDrain – das offenporige Betonsystem für Aussenflächen

### Eigenschaften

- Druckfestigkeitsklasse C16/20
- Expositionsklasse XO oder Expositionsklasse XF4 (nachgewiesen durch CDF-Test) auf Anfrage regional verfügbar
- Hohlraumgehalt  $20 \pm 3$  Vol.-%
- Stark durchlässig nach DIN 18130-1
- Variable Konsistenz, passend zum Einbaugerät
- Betongrau oder (individuell abstimmbare) farbig verfügbar

### Anwendungsgebiete

- Geh- und Radwege mit hohem gestalterischen Anspruch, z.B. in Park- oder Wohnanlagen
- Alternative zum Pflaster bei Hauseinfahrten, Stellplätzen oder Gartenwegen

## Thermaflow und Thermaflow Fill – der wärmeleitfähige Beton und Verfüllbaustoff

### Eigenschaften

- Reduktion der Baukosten durch die Reduzierung der Trassenbreite- und tiefe
- Reduktion des Leitungsquerschnitts bzw. größere Kabelbündel (mehr Kabel im gleichen Querschnitt möglich)
- Erhöhung der Leitungskapazität
- Geringes Überhitzungsrisiko
- Reduzierung von Stromausfällen
- Keine Verdichtung beim Einbau erforderlich, somit keine Beschädigung von Rohrleitungen
- Wiederaushubfähig (bei Holcim Thermaflow Fill)
- Hohe Fließfähigkeit und damit einfache Verarbeitung

### Anwendungsgebiete

- Einbettung unterirdischer Hochspannungsleitungen
- Einbettung unterirdischer Verteiler und Leitungen zur Anbindung von Windparks und Rechenzentren

Zement ist ein anorganisches, fein gemahlene, hydraulische 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 niedrigem wirksamen Alkaligehalt
DIN EN 14216 <sup>a)</sup>	Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Sonderzement mit sehr niedriger Hydratationswärme

<sup>a)</sup> Diese Zemente werden im Fortgang der „Betontechnischen Daten“ nur auszugweise berücksichtigt.

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

<sup>a)</sup> nur bei Sonderzementen nach DIN 14216

<sup>b)</sup> nur bei Hochofenzementen mit niedriger Anfangsfestigkeit nach DIN EN 197-1

**Chemische Anforderungen  
an Normalzement  
nach DIN EN 197-1  
definiert als  
charakteristische Werte**

Eigenschaft	Prüfung nach	Zementart	Festigkeits- klasse	Anforderungen in M.-% vom Zement
Glühverlust	DIN EN 196-2	CEM I CEM III	alle	≤ 5,0
Unlöslicher Rückstand	DIN EN 196-2 (in Salzsäure und Natriumcarbonat)	CEM I CEM III	alle	≤ 5,0
		CEM I CEM II <sup>a)</sup> CEM IV CEM V	32,5 N 32,5 R 42,5 N	≤ 3,5
Sulfatgehalt als (SO <sub>3</sub> )	DIN EN 196-2	CEM I CEM II <sup>a)</sup> CEM IV CEM V	42,5 R 52,5 N 52,5 R	≤ 4,0
		CEM III <sup>b)</sup>	alle	≤ 4,0
		alle <sup>c)</sup>	alle	≤ 0,10 <sup>d)</sup>
Chloridgehalt	DIN EN 196-21	alle <sup>c)</sup>	alle	≤ 0,10 <sup>d)</sup>
Puzzolanität	EN 196-5	CEM IV	alle	erfüllt die Prüfung

<sup>a)</sup> Zementarten CEM II/B-T und CEM II/B-M mit einem T-Gehalt >20 % dürfen bis zu 4,5 % Sulfat (als SO<sub>3</sub>) für alle Festigkeitsklassen enthalten.

<sup>b)</sup> Zementart CEM III/C darf bis 4,5 % Sulfat (als SO<sub>3</sub>) enthalten.

<sup>c)</sup> Zementart CEM III darf mehr als 0,10 % Chlorid enthalten, der tatsächliche Chloridgehalt muss dann aber auf der Verpackung oder dem Lieferschein angegeben werden.

<sup>d)</sup> Für Spannbetonanwendungen können Zemente nach einer niedrigen Anforderung hergestellt werden. In diesem Fall ist der Wert von 0,10 % durch den geringeren Wert zu ersetzen, der auf dem Lieferschein anzugeben ist.

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

Besondere Eigenschaften	Anwendungsgebiete	Holcim-Produkt
LH niedrige Hydratationswärme	massige Bauteile rissgefährdete Bauteile hohe Außentemperaturen	ECOPlanet A3 LH ECOPlanet A3 LH/NA ECOPlanet A3 LH/SR/NA ECOPlanet B 4 Holcim Duo 4 N LH Holcim Duo 4 N LH/NA
SR ( 0 / 3 ) hoher Sulfatwiderstand	hohe Sulfatgehalte im: <b>Wasser</b> > 600 und ≤ 6.000 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l <b>Boden</b> > 3.000 und ≤ 24.000 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/kg	ECOPlanet B 4 Holcim Sulfo 5 R Holcim DUO 5 N – SR/NA
(na) niedriger wirksamer Alkaligehalt	bei Verwendung alkaliempfind- licher Gesteinskörnung	ECOPlanet B 4 ECOPlanet A3 LH/NA ECOPlanet A3 LH/SR/NA Holcim Pur 4 N-NA Holcim Sulfo 5 R Holcim Ferro 3 R-NA Holcim Duo 4 N-NA Holcim Duo 4 N LH/NA

## Normalzemente und ihre Zusammensetzung nach DIN EN 197-1

Hauptarten	Bezeichnung der 27 Produkte (Normalzementarten)		Zusammensetzung (Massenanteile in Prozent <sup>a)</sup> )					Zusammensetzung (Massenanteile in Prozent <sup>a)</sup> )					Nebenbestandteile <sup>a)</sup>			
			Hauptbestandteile <sup>a)</sup>					Hauptbestandteile <sup>a)</sup>								
			Klinker K	Hütten-Sand S	Silica-staub D <sup>b)</sup>	Puzzolan	Puzzolan	Flugasche		gebrannter Schiefer T	Kalkstein					
						natürlich P	natürlich getempert Q	kieselsäure-reich V	kalk-reich W		L	LL				
CEM I	Portlandzement	CEM I	95 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5			
CEM II	Portlandhüttenzement	CEM II/A-S	80 - 94	6 - 20	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5			
		CEM II/B-S	65 - 79	21 - 35	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5			
	Portlandsilicastaubzement	CEM II/A-D	90 - 94	-	6 - 10	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5			
	Portlandpuzzolan-zement	CEM II/A-P	80 - 94	-	-	6 - 20	-	-	-	-	-	-	0 - 5			
		CEM II/B-P	65 - 79	-	-	21 - 35	-	-	-	-	-	-	0 - 5			
		CEM II/A-Q	80 - 94	-	-	-	6 - 20	-	-	-	-	-	0 - 5			
	Portlandflugasche-zement	CEM II/B-Q	65 - 79	-	-	-	21 - 35	-	-	-	-	-	0 - 5			
		CEM II/A-V	80 - 94	-	-	-	-	6 - 20	-	-	-	-	0 - 5			
		CEM II/B-V	65 - 79	-	-	-	-	21 - 35	-	-	-	-	0 - 5			
		CEM II/A-W	80 - 94	-	-	-	-	-	6 - 20	-	-	-	0 - 5			
	Portlandschiefer-zement	CEM II/B-W	65 - 79	-	-	-	-	-	21 - 35	-	-	-	0 - 5			
		CEM II/A-T	80 - 94	-	-	-	-	-	-	6 - 20	-	-	0 - 5			
	Portlandkalkstein-zement	CEM II/B-T	65 - 79	-	-	-	-	-	-	21 - 35	-	-	0 - 5			
		CEM II/A-L	80 - 94	-	-	-	-	-	-	-	6 - 20	-	0 - 5			
		CEM II/B-L	65 - 79	-	-	-	-	-	-	-	21 - 35	-	0 - 5			
		CEM II/A-LL	80 - 94	-	-	-	-	-	-	-	-	6 - 20	0 - 5			
	Portlandkomposit-zement	CEM II/B-LL	65 - 79	-	-	-	-	-	-	-	-	21 - 35	0 - 5			
		CEM II/A-M	80 - 88	← ----- 12 - 20 ----- →										0 - 5		
CEM II/B-M		65 - 79	← ----- 21 - 35 ----- →										0 - 5			
CEM III	Hochofenzement	CEM II/C-M	50 - 64	← ----- 36 - 50 ----- →										0 - 5		
		CEM III/A	35 - 64	36 - 65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5		
		CEM III/B	20 - 34	66 - 80	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5			
CEM IV	Puzzolan-zement <sup>c)</sup>	CEM III/C	5 - 19	81 - 95	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5			
		CEM IV/A	65 - 89	-	← ----- 11 - 35 ----- →										0 - 5	
CEM V	Komposit-zement <sup>c)</sup>	CEM IV/B	45 - 64	-	← ----- 36 - 55 ----- →										0 - 5	
		CEM V/A	40 - 64	18 - 30	-	← ----- 18 - 30 ----- →										0 - 5
		CEM V/B	20 - 38	31 - 49	-	← ----- 31 - 49 ----- →										0 - 5

<sup>a)</sup> Werte (in Masse - %) beziehen sich auf die Summe der Haupt- und Nebenbestandteile

<sup>b)</sup> Anteil von Silicastaub ist auf 6 - 10 % begrenzt

<sup>c)</sup> 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 $\leq 270$ J/g Zement

**Anforderung an SR-Zemente**

Zementart	Anforderung
CEM I-SR 0	$C_3A = 0$ M.-%
CEM I-SR 3	$C_3A \leq 3,0$ M.-%
CEM I-SR 5	$C_3A \leq 5,0$ M.-% $SO_3 \leq 3,0$ M.-% (FK 32,5 N bis 42,5 N) $SO_3 \leq 3,0$ M.-% (FK 32,5 N bis 52,5 N)
CEM IV/A-SR	$C_3A \leq 9,0$ M.-%
CEM IV/B-SR	
CEM III/B-SR	Hüttensandgehalt $\geq 66$ M.-%
CEM III/C-SR	Hüttensandgehalt $\geq 81$ M.-%

**Anforderung an NA-Zemente**

Zementart	Hüttensandgehalt (M.-%)	$Na_2O$ -Äquivalent (M.-%)
Portlandhüttenzement	CEM II/B-S (na)	21 - 35
	CEM III/A (na)	36 - 49
Hochofenzement	CEM III/A (na)	50 - 65
	CEM III/B (na)	66 - 80
	CEM III/C (na)	81 - 95
übrige Zemente		$\leq 0,60$

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  $\leq 28,0$  M.-%
- Druckfestigkeit nach 2 Tagen  $\leq 29,0$  MPa
- Mahlfeinheit  $\leq 3.500$  cm<sup>2</sup>/g

**Geforderter charakteristischer Wert des Alkaligehaltes**

Zement	Hüttensandgehalt  M.-%	Alkaligehalt des Zements  $Na_2O$ -Äquivalent M.-%	Alkaligehalt des Zements ohne Hüttensand bzw. Ölschiefer  $Na_2O$ -Äquivalent M.-%
CEM I + CEM II/A		$\leq 0,80$	-
CEM II/B-T			$\leq 0,90$
CEM II/B-S	21 bis 29		$\leq 0,90$
CEM II/B-S	30 bis 35		$\leq 1,00$
CEM III/A	36 bis 50		$\leq 1,05$

Folgende Holcim-Zemente sind für Fahrbahndecken aus Beton und für Bodenverfestigungen (z.B. hydraulisch gebundene Tragschichten) geeignet:

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

**Zement für Fahrbahndecken aus Beton**

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
DIN 1045-2	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton	2023 08
TL Gestein-StB	Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau	Ausgabe 2004 / Fassung 2018

Begriffe nach DIN EN 12620

Gesteinskörnung	Kornrohddichte [kg/m³]
leicht	< 2.000
normal	≥ 2.000... < 3.000
schwer	≥ 3.000

Untere Siebgröße d, obere Siebgröße D		
Gesteinskörnung <sup>a</sup>		
	d [mm]	D [mm]
feine	0	≤ 4
grobe	≥ 2	≥ 4

<sup>a</sup> Korngruppe: d/D (Beispiel: 2/4)

Gesteinskörnung nach DIN EN 12620

Allgemeine Anforderungen an die Kornzusammensetzung

Gesteinskörnung	Korngröße mm	Durchgang Massenanteil in Prozent					Kategorie
		2D	1,4D <sup>a) b)</sup>	D <sup>c)</sup>	d <sup>b)</sup>	d/2 <sup>a) b)</sup>	
grob (vgl. Tabelle unten links)	D/d ≤ 2 oder	100	98 bis 100	85 bis 99	0 bis 20	0 bis 5	G <sub>C</sub> 85/20
	D ≤ 11,2 mm	100	98 bis 100	85 bis 99	0 bis 20	0 bis 5	G <sub>C</sub> 80/20
	D/d > 2 und D > 11,2 mm	100	98 bis 100	90 bis 99	0 bis 15	0 bis 5	G <sub>C</sub> 90/15
fein	D ≤ 4 mm und d = 0	100	95 bis 100	85 bis 99	-	-	G <sub>F</sub> 85
Natürlich zusammengesetzte Gesteinskörnung 0/8	D = 8 mm und d = 0	100	98 bis 100	90 bis 99	-	-	G <sub>NG</sub> 90
Korngemisch	D ≤ 45 mm und	100	98 bis 100	90 bis 99	-	-	G <sub>A</sub> 90
	d = 0	100	98 bis 100	90 bis 99	-	-	G <sub>A</sub> 85

<sup>a)</sup> Wenn die aus 1,4 D und d/2 errechneten Siebgrößen nicht mit der Reihe R20 nach DIN ISO 565 übereinstimmen, ist stattdessen das nächstliegende Sieb der Reihe heranzuziehen

<sup>b)</sup> Für Beton mit Ausfallkörnung oder andere spezielle Verwendungszwecke können zusätzliche Anforderungen vereinbart werden.

<sup>c)</sup> Der Siebdurchgang durch D darf unter Umständen auch mehr als 99 M.-% 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 Grundsiebsatzes plus Ergänzungssiebsatz 1 oder des Grundsiebsatzes plus Ergänzungssiebsatz 2 enthalten sein müssen. Siebe, die nicht mindestens 1,4-mal größer sind als das nächste kleinere Sieb, können davon ausgenommen werden

<sup>d)</sup> Weitere Produktnormen für Gesteinskörnungen umfassen andere Anforderungen an die Kategorien.

**Anforderungen an die Kornzusammensetzung:  
Feine Gesteinskörnungen (Regelkörnungen nach DIN 1045-2)**

Korn- gruppe	Kategorie	Grenzwerte (absolut) und Grenzwertabweichungen <sup>a)</sup> in M.-% für den Siebdurchgang durch die Prüfsiebe (mm)												
		G <sub>F</sub>	f	0,063	0,25	1	1,4	2	2,8	4	5,6	8		
0/1	G <sub>F</sub> 85	f <sub>3</sub>	0-3		85 - 99	95 - 100	100							
Schwankungsbereich					±25	±5								
0/2	G <sub>F</sub> 85	f <sub>3</sub>	0-3				85 - 99	95 - 100	100					
Schwankungsbereich					±25	±20	±5							
0/4	G <sub>F</sub> 85	f <sub>3</sub>	0-3						85 - 99	95 - 100	100			
Schwankungsbereich					±20	±20				±5				

<sup>a)</sup> Grenzwertabweichungen gelten für die vom Hersteller angegebene typische Kornzusammensetzung

**Anforderungen an die Kornzusammensetzung:  
Grobe Gesteinskörnungen D/d ≤ 2 oder D ≤ 11,2 mm (Regelkörnungen nach DIN 1045-2)**

Korn- gruppe	Kategorie	Grenzwerte (absolut) in M.-% für den Siebdurchgang durch die Prüfsiebe (mm)														
		d/D	G	f	0,063	1	2	2,8	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45
<b>Grundsiebsatz</b>																
2/4	G <sub>C</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5	0-5	0-20			85-99	98-100	100	100					
2/8	G <sub>C</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5	0-5	0-20					85-99	98-100	100				
4/8	G <sub>C</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5		0-5		0-20			85-99	98-100	100				
8/16	G <sub>C</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5				0-5		0-20			85-99	98-100	100		
16/32	G <sub>C</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5						0-5		0-20		85-99	98-100	100	
<b>Grundsiebsatz plus Ergänzungssiebsatz 1</b>																
2/5	G <sub>C</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5	0-5	0-20			85-99	98-100	100						
5/8	G <sub>C</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5			0-5		0-20	85-99	98-100	100					
5/11	G <sub>C</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5			0-5		0-20		85-99	98-100	100				
8/11	G <sub>C</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5				0-5		0-20	85-99	98-100	100				
11/16	G <sub>C</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5					0-5		0-20	85-99	98-100	100			
11/22	G <sub>C</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5					0-5		0-20		85-99	98-100	100		
16/22	G <sub>C</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5						0-5		0-20	85-99	98-100	100		
22/32	G <sub>C</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5							0-5		0-20	85-99	98-100	100	

**Anforderungen an die Kornzusammensetzung: Weitgestufte grobe Gesteinskörnungen  
D/d > 2 und D > 11,2 mm (verwendbare Kategorien nach DIN 1045-2)**

Korn- gruppe	Kategorie	Grenzwerte (absolut) und Grenzwertabweichungen in M.-% für den Siebdurchgang durch die Prüfsiebe (mm)																
		G	f	0,063	1	2	2,8	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	63		
<b>Grundsiebsatz</b>																		
2/16	G <sub>C</sub> 90/15	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5	0-5	0-15							25-70		90-99	98-100	100		
	G <sub>T</sub> 17,5											±17,5						
4/16	G <sub>C</sub> 90/15	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5		0-5		0-15					25-70		90-99	98-100	100		
	G <sub>T</sub> 17,5											±17,5						
4/32	G <sub>C</sub> 90/15	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5		0-5		0-15						25-70		90-99	98-100	100	
	G <sub>T</sub> 17,5												±17,5					
8/32	G <sub>C</sub> 90/15	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5				0-5					0-15		25-70		90-99	98-100	100
	G <sub>T</sub> 17,5												±17,5					

**Grundsiebsatz plus Ergänzungssiebsatz 1**

5/16	G <sub>C</sub> 90/15	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5			0-5		0-15				25-70	90-99	98-100	100	
	G <sub>T</sub> 15											±15				
5/22	G <sub>C</sub> 90/15	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5			0-5		0-15				25-70		90-99	98-100	100
	G <sub>T</sub> 17,5											±17,5				
5/32	G <sub>C</sub> 90/15	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5			0-5		0-15				25-70		90-99	98-100	100
	G <sub>T</sub> 17,5											±17,5				
8/22	G <sub>C</sub> 90/15	f <sub>1,5</sub>	0 - 1,5				0-5				0-15		25-70	90-99	98-100	100
	G <sub>T</sub> 15												±15			

**Anforderungen an die Kornzusammensetzung:  
Korngemischen D ≤ 45 und d = 0 (Regelkörnungen nach DIN 1045-2)**

Korn- gruppe	Kategorie	Grenzwerte (absolut) und Grenzwertabweichungen in M.-% für den Siebdurchgang durch die Prüfsiebe (mm)														
		G	f	0,063	1	2	2,8	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	63
0/8	G <sub>A</sub> 90	f <sub>3</sub>	0 - 3,0	20-60				50-90		90-99	98-100	100				
0/16	G <sub>A</sub> 90	f <sub>3</sub>	0 - 3,0		20-60					50-90		90-99	98-100	100		
0/32	G <sub>A</sub> 90	f <sub>3</sub>	0 - 3,0					20-60				50-90		90-99	98-100	100

## Verminderte Grenzabweichungen für die vom Hersteller angegebene typische Kornzusammensetzung von feinen Gesteinskörnungen

Siebgröße mm	Grenzabweichungen für den Siebdurchgang in Massenanteil in Prozent		
	0/4	0/2	0/1
4	± 5	-	-
2	-	± 5	-
1	± 10	± 10	± 5
0,250	± 10	± 15	± 15
0,063	± 3	± 5	± 5

## Grenzabweichungen für die vom Hersteller angegebene typische Kornzusammensetzung für natürlich zusammengesetzte Gesteinskörnungen 0/8 mm

Siebgröße mm	Grenzabweichungen für den Siebdurchgang in Massenanteil in Prozent	
	Grenzabweichungen für den Siebdurchgang in Massenanteil in Prozent	
8	± 5	
2	± 10	
1	± 10	
0,250	± 10	
0,125	± 3	
0,063	± 2	

## Anforderungen an die Kornzusammensetzung von Korngemischen

Korngruppe mm		Absolut Grenzwerte in Massenanteil in Prozent für den Siebdurchgang durch die unten angegebenen Siebe	
Grundsiebsatz plus Ergänzungssiebsatz 1	Grundsiebsatz plus Ergänzungssiebsatz 2	40 ± 20	70 ± 20
		für das Sieb mm	für das Sieb mm
-	0/6,3	1	4
0/8	0/8	1	4
-	0/10	1	4
0/11,2 (11)	-	2	5,6 (5)
-	0/12,5 (12)	2	6,3 (6)
-	0/14	2	8
0/16	0/16	2	8
-	0/20	2	10
0/22,4 (22)	-	2	11,2 (11)
0/31,5 (32)	0/31,5 (32)	4	16
-	0/40	4	20
0/45	-	4	22,4 (20)

## Anforderungen an die Kornzusammensetzung von Füllern (Gesteinsmehlen)

Siebgröße mm	Siebdurchgang in Massenanteil in Prozent	
	Absolut-Bereich für Einzelwerte	Maximaler Wert für die Größe des vom Hersteller anzugebenden Bereichs <sup>a)</sup>
2	100	-
0,125	85 bis 100	10
0,063	70 bis 100	10

<sup>a)</sup> Größe des anzugebenden Bereichs der Kornzusammensetzung auf Grundlage der letzten 20 Werte. 90% der Ergebnisse müssen innerhalb dieses Bereichs liegen; aber alle Ergebnisse müssen innerhalb des Absolut-Bereichs der Kornzusammensetzung liegen

## Gesteinskörnung nach DIN EN 12620

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

	Kategorie	Anforderung [M.-%]	Bemerkung
<b>Kornzusammensetzung</b>	G <sub>C</sub>		Grobe Gesteinskörnung
	G <sub>F</sub>		Feine Gesteinskörnung
	G <sub>NG</sub>		natürlich zusammengesetzte Gesteinskörnung
	G <sub>A</sub>		Korngemische
<b>Höchstwerte von Feinanteilen</b>	f <sub>1,5</sub>	≤ 1,5	Durchgang durch 0,063 mm-Sieb bei <b>groben Gesteinskörnungen</b> (nach DIN EN 933-7)
	f <sub>4</sub>	≤ 4	
	f <sub>angegeben</sub>	> 4	
	f <sub>NR</sub>	keine Anforderungen	
	f <sub>3</sub>	≤ 3	Durchgang durch 0,063 mm-Sieb bei <b>feinen Gesteinskörnungen</b> (nach DIN EN 933-7)
	f <sub>10</sub>	≤ 10	
	f <sub>16</sub>	≤ 16	
	f <sub>22</sub>	≤ 22	
	f <sub>angegeben</sub>	> 22	
	f <sub>NR</sub>	keine Anforderung	
	f <sub>3</sub>	≤ 3	Durchgang durch 0,063 mm-Sieb bei <b>natürlich zusammengesetzten Gesteinskörnungen</b> (nach DIN EN 933-7)
	f <sub>10</sub>	≤ 10	
	f <sub>16</sub>	≤ 16	
	f <sub>angegeben</sub>	> 16	
	f <sub>NR</sub>	keine Anforderung	Durchgang durch 0,063 mm-Sieb bei <b>Korngemischen</b> (nach DIN EN 933-7)
	f <sub>3</sub>	≤ 3	
	f <sub>11</sub>	≤ 11	
	f <sub>angegeben</sub>	> 11	
	f <sub>NR</sub>	keine Anforderung	
	<b>Plattigkeitskennzahl</b>	FI <sub>15</sub>	≤ 15
FI <sub>20</sub>		≤ 20	
FI <sub>35</sub>		≤ 35	
<b>FI<sub>50</sub></b>		<b>≤ 50</b>	
FI <sub>angegeben</sub>		> 50	
FI <sub>NR</sub>		keine Anforderung	
<b>Kornformkennzahl</b>	SI <sub>15</sub>	≤ 15	<b>Bestimmung der Kornformkennzahl</b> (nach DIN EN 933-4) (SI = Shape Index)
	SI <sub>20</sub>	≤ 20	
	SI <sub>40</sub>	≤ 40	
	<b>SI<sub>55</sub></b>	<b>≤ 55</b>	
	SI <sub>angegeben</sub>	> 55	
	SI <sub>NR</sub>	keine Anforderungen	

## Gesteinskörnung nach DIN EN 12620

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

	Kategorie	Anforderung [M.-%]	Bemerkung
<b>Frost-Tau-Widerstand</b>	F <sub>1</sub>	≤ 1	Masseverlust nach 10 Frost-Tauwechseln in Wasser (nach DIN EN 1367-1)
	F <sub>2</sub>	≤ 2	
	<b>F<sub>4</sub></b>	<b>≤ 4</b>	
	F <sub>angegeben</sub>	> 4	
	F <sub>NR</sub>	keine Anforderungen	
<b>Frost- und Tausalz-Widerstand</b>	MS <sub>18</sub>	≤ 18	Masseverlust nach fünfmaligem Eintauchen in gesättigte Magnesiumsulfatlösung (nach DIN EN 1367-2) (MS = Magnesium-Sulfat-Wert)
	MS <sub>25</sub>	≤ 25	
	MS <sub>35</sub>	≤ 35	
	MS <sub>angegeben</sub>	> 35	
	<b>MS<sub>NR</sub></b>	<b>keine Anforderungen</b>	
<b>leichtgewichtige organische Verunreinigungen</b>	<b>Q<sub>0,50</sub></b>	<b>≤ 0,50</b>	Anteil leichtgewichtiger organischer Verunreinigungen bei feinen Gesteinskörnungen (Sand)
	Q <sub>0,25</sub>	≤ 0,25	
	<b>Q<sub>0,10</sub></b>	<b>≤ 0,10</b>	Anteil leichtgewichtiger organischer Verunreinigungen bei groben Gesteinskörnungen (nach DIN EN 1744-1)
	Q <sub>0,05</sub>	≤ 0,05	
<b>Widerstand gegen Zertrümmerung</b>	LA <sub>20</sub>	≤ 20	LA = Los Angeles-Koeffizient (nach DIN 1097-2) NR = No requirements (keine Anforderungen)
	LA <sub>25</sub>	≤ 25	
	LA <sub>30</sub>	≤ 30	
	LA <sub>35</sub>	≤ 35	
	LA <sub>40</sub>	≤ 40	
	LA <sub>50</sub>	≤ 50	
	LA <sub>angegeben</sub>	> 50	
	<b>LA<sub>NR</sub></b>	<b>keine Anforderung</b>	
<b>Schlagzertrümmerungswert</b>	SZ <sub>18</sub>	≤ 18	SZ = Schlagzertrümmerungswert (nach DIN 1097-2) NR = No requirements (keine Anforderungen)
	SZ <sub>22</sub>	≤ 22	
	SZ <sub>26</sub>	≤ 26	
	SZ <sub>32</sub>	≤ 32	
	SZ <sub>angegeben</sub>	> 32	
	<b>SZ<sub>NR</sub></b>	<b>keine Anforderung</b>	
	<b>Widerstand gegen Verschleiß</b>	M <sub>DE</sub> 10	
M <sub>DE</sub> 15		≤ 15	
M <sub>DE</sub> 20		≤ 20	
M <sub>DE</sub> 25		≤ 25	
M <sub>DE</sub> 35		≤ 35	
M <sub>DE</sub> angegeben		> 35	
<b>M<sub>DE</sub>NR</b>		<b>keine Anforderungen</b>	

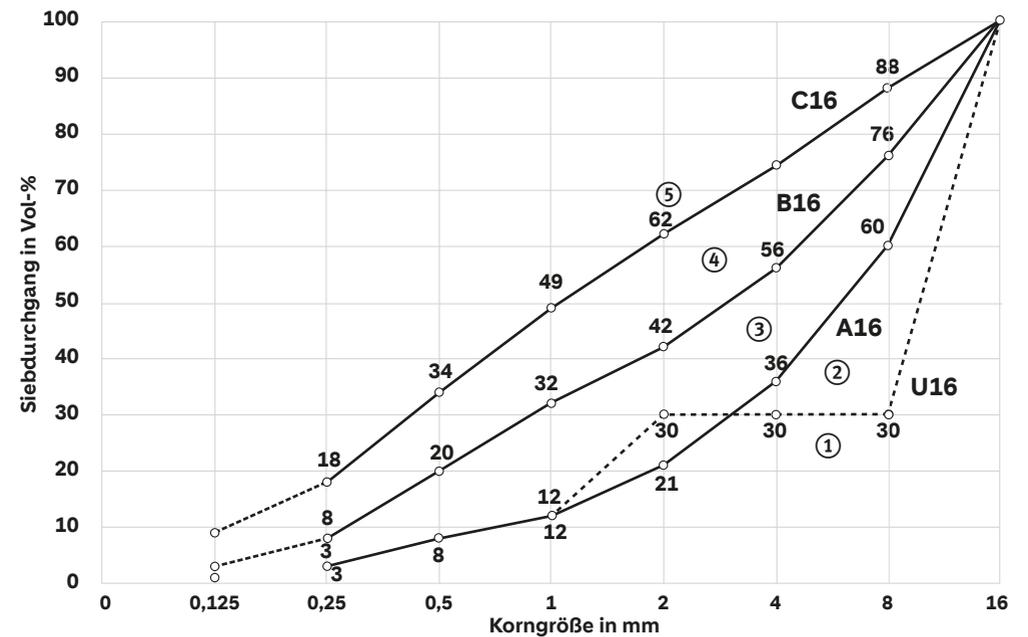
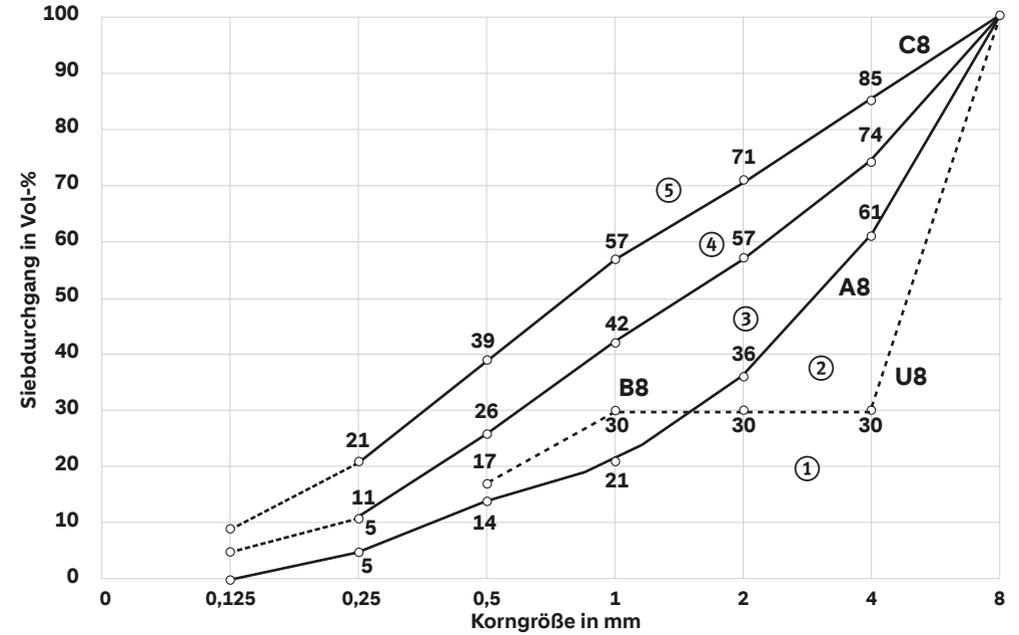
## Gesteinskörnung nach DIN EN 12620

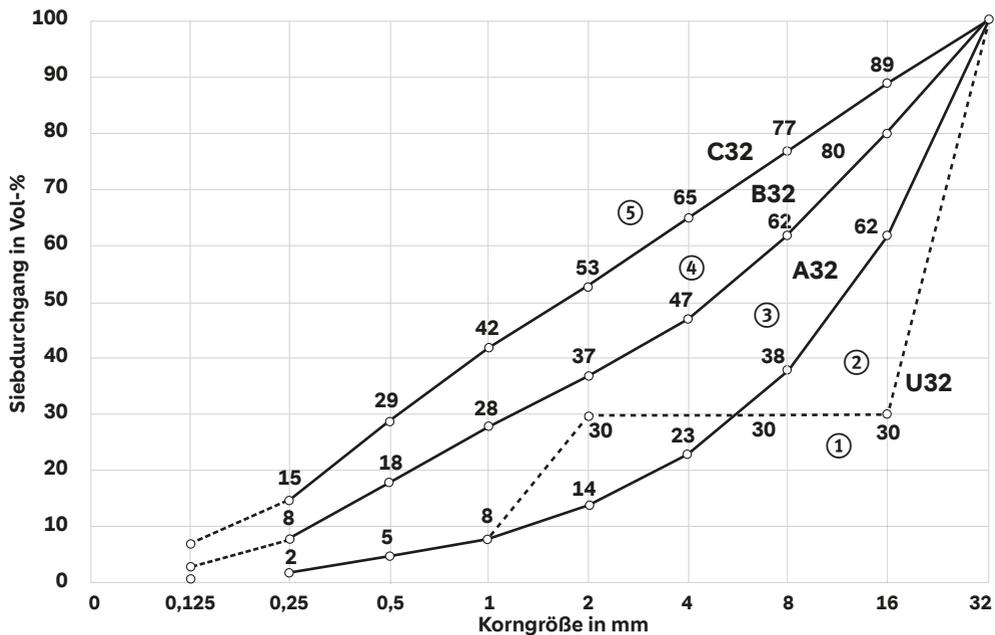
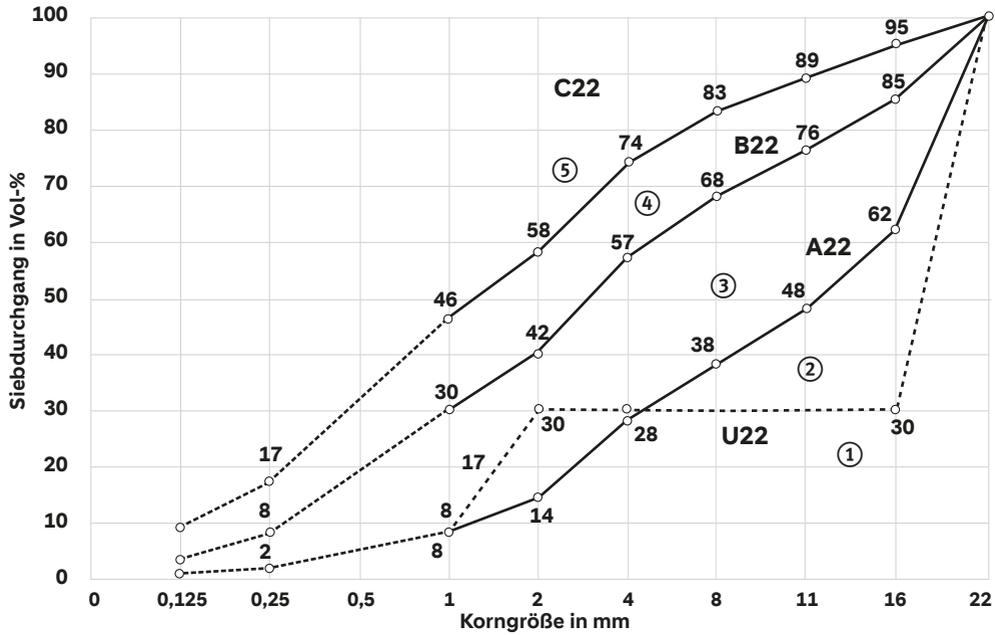
Kategorien und Anforderungen (Regelanforderungen nach DIN EN 1045-2 fett gedruckt)

	Kategorie	Anforderung [M.-%]	Bemerkung
Polierwiderstand	PSV <sub>68</sub>	≥ 68	PSV = Polishing Stone Value nach DIN EN 1097-8
	PSV <sub>62</sub>	≥ 62	
	PSV <sub>56</sub>	≥ 56	
	PSV <sub>50</sub>	≥ 50	
	PSV <sub>44</sub>	≥ 44	
	PSV <sub>angegeben</sub>	Zwischenwerte und solche < 44	
	PSV <sub>NR</sub>	<b>keine Anforderung</b>	
Abriebwiderstand	AAV <sub>10</sub>	≤ 10	AAV = Aggregate Abrasion Value DIN EN 1097-8
	AAV <sub>15</sub>	≤ 15	
	AAV <sub>20</sub>	≤ 20	
	AAV <sub>angegeben</sub>	Zwischenwerte und solche > 20	
	AAV <sub>NR</sub>	<b>keine Anforderung</b>	
Nordischer Abriebwert	A <sub>NN7</sub>	≤ 7	A <sub>N</sub> = Widerstand gegen Abrieb durch Spike-Reifen nach DIN EN 1097-9
	A <sub>NN10</sub>	≤ 10	
	A <sub>NN14</sub>	≤ 14	
	A <sub>NN19</sub>	≤ 19	
	A <sub>NN30</sub>	≤ 30	
	A <sub>NN<sup>f</sup> angegeben</sub>	Zwischenwerte und solche > 30	
	A <sub>NNR</sub>	<b>keine Anforderung</b>	
Säurelösliches Sulfat	AS <sub>0,2</sub>	≤ 0,2 M.-%	Alle Gesteinskörnungen außer Hochofenstüchschlacken
	AS <sub>0,8</sub>	<b>≤ 0,8 M.-%</b>	
	AS <sub>angegeben</sub>	> 0,8 M.-%	
	AS <sub>NR</sub>	<b>keine Anforderung</b>	Hochofenstüchschlacken
	AS <sub>1,0</sub>	<b>≤ 1,0 M.-%</b>	
	AS <sub>angegeben</sub>	> 1,0	
Muschelschalengehalt	SC <sub>10</sub>	≤ 10	Muschelschalengehalt nach DIN EN 933-7
	SC <sub>angegeben</sub>	> 10	
	SC <sub>NR</sub>	<b>keine Anforderung</b>	

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

## Sieblinien





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

Sieblinie	Körnungsziffer a)	D-Summe b)	Konsistenzbezeichnungen		
			steif	plastisch	weich c)
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

a) 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

b) 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

c) Beton weicherer Konsistenz nur durch den Einsatz von Fließmittel

$W = 1.100 / (k + 3)$  für Beton der Konsistenzklasse F1 (steif)

$W = 1.200 / (k + 3)$  für Beton der Konsistenzklasse F2 (plastisch)

$W = 1.300 / (k + 3)$  für Beton der Konsistenzklasse F3 (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.

## Stoffliche Zusammensetzung

(1) Entsprechend der stofflichen Zusammensetzung rezyklierter Gesteinskörnungen mit  $d \geq 2$  mm werden nach Tabelle E.16 zwei Kategorien unterschieden:

Typ 1: Betonsplitt

Typ 2: Bauwerksplitt

## Stoffliche Zusammensetzung rezyklierter Gesteinskörnungen nach DIN 4226-101:2017-08

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	Bestandteile <sup>a</sup>	Kategorien der Bestandteile rezyklierter Gesteinskörnung			
		Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
		für Beton nach DIN 1045-2:2008-08		für Beton außerhalb DIN 1045-2:2008-08	
1	Rc + Ru	Rcu <sub>90</sub>	Rcu <sub>70</sub>	Rcu <sub>20</sub> <sup>c)</sup>	Rcu + Rb <sub>80</sub> <sup>c)</sup>
2	Rb	Rb <sub>10</sub>	Rb <sub>30</sub>	Rb <sub>80</sub> <sup>b)</sup>	
3	Ra	Ra <sub>1</sub>	Ra <sub>1</sub>	Ra <sub>1</sub>	Ra <sub>20</sub>
4	X + Rg	X Rg <sub>1</sub>	X Rg <sub>2</sub>	X Rg <sub>2</sub>	X Rg <sub>2</sub>
5	FL <sup>d)</sup>	FL <sub>2</sub>	FL <sub>2</sub>	FL <sub>2</sub>	FL <sub>5</sub>

<sup>a)</sup> Dabei bedeuten

Rc Beton, Betonprodukte, Mörtel, Mauersteine aus Beton

Ru Ungebundene Gesteinskörnung, Naturstein, hydraulisch gebundene Gesteinskörnung

Rb Ziegel-Mauersteine (nicht porosiert), Klinker, Steinzeug, Kalksandstein-Mauersteine, verschiedene Mauer- und Dachziegel, Bimsbeton (Leichtbeton), nicht schwimmender Porenbeton

Ra Bitumenhaltige Materialien, Asphalt

Rg Glas

X Sonstige Materialien: Bindige Materialien (d. h. Ton und Bodenmaterial), verschiedene sonstige Materialien: Metalle (Eisen und Nichteisenmetalle), nicht schwimmendes Holz, Kunststoff, Gummi, Gips

FL Schwimmendes Material im Volumen

<sup>b)</sup> Der Anteil von Kalksandstein ist auf maximal 5 % Massenanteil begrenzt, Rb darf dann 85 % Massenanteil betragen.

<sup>c)</sup> als Kategorie „angegeben“.

<sup>d)</sup> Wenn besondere Oberflächeneigenschaften des Betons erforderlich sind, kann die Vereinbarung niedrigerer Gehalte an aufschwimmenden Bestandteilen angezeigt sein (siehe DIN EN 12620:2008-07).

## Regelungen für die Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen

## Verwendbare Kategorien für rezyklierte Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620:2008-07

	1	2	3	4
			Kategorie der Gesteinskörnung	
Eigenschaft		Abschnitt in DIN EN 12620:2008-07	Typ 1	Typ 2
1	Kornzusammensetzung			
1a	Grobe Gesteinskörnungen mit $D/d \leq 2$ oder $D \leq 11,2$ mm	4.3.3	G <sub>C</sub> 85/20	
1b	Grobe Gesteinskörnungen mit $D/d > 2$ und $D > 11,2$ mm	4.3.3	G <sub>C</sub> 90/15	
1c	Feine Gesteinskörnungen	4.3.3, 4.3.2	G <sub>C</sub> 85	
1d	Korngemische	4.3.3, 4.3.5	G <sub>A</sub> 90	
2	Kornform	4.4	F <sub>150</sub> und besser bzw. S <sub>155</sub> und besser	
3	Muschelschalengehalt <sup>a</sup>	4.5	Keine Anforderung	
4	Feinanteile			
4a	– Feinanteile von groben Gesteinskörnungen	4.6	f <sub>4</sub>	
4b	– Feinanteile von feinen Gesteinskörnungen	4.6	f <sub>3</sub>	
4c	Korngemische	4.6	f <sub>3</sub> <sup>e</sup>	
7	Widerstand gegen Zertrümmerung	5.2	Keine Anforderung	
8	Widerstand gegen Verschleiß	5.3	Keine Anforderung	
9	Widerstand gegen Polieren	5.4.1	Keine Anforderung	
10	Widerstand gegen Oberflächenabrieb	5.4.2	Keine Anforderung	
11	Widerstand gegen Abrieb durch Spike-Reifen	5.4.3	Keine Anforderung	
12	Kornrohddichte <sup>b</sup> (ofentrocken) ρ <sub>rd</sub>	5.5	≥ 2.000 kg/m <sup>3</sup>	
13	Frost-Tau-Widerstand <sup>c</sup>	5.7.1	F <sub>2</sub> und besser für XF3 F <sub>2</sub> und besser für XF1; Keine Anforderungen für alle anderen Expositionsklassen	
14	Magnesiumsulfat-Widerstandsfähigkeit	5.7.1	Keine Anforderung	
15	Schwinden infolge Austrocknen	5.7.2	Keine Anforderung	
16	Chloride <sup>d</sup>	6.2	Chloridgehalt ≤ 0,15 % Massenanteil für Beton ohne Betonstahlbewehrung oder anderes eingebettetes Metall	
17	Säurelösliches Chlorid	6.3.1	≤ 0,04 % Massenanteil	
18	Säurelösliches Sulfat	6.3.2	AS <sub>0,8</sub> und besser	
19	Gesamtschwefel	6.3.3	≤ 1 % Massenanteil	
20	Wasserlösliches Sulfat	6.3.3	SS <sub>0,2</sub>	
21	Bestandteile die das Erstarrungs- und Erhärtungsverhalten des Betons verändern	6.4.1	bestanden	
22	Leichtgewichtige organische Verunreinigungen von groben Gesteinskörnungen und von Korngemischen	6.4.1 und G.4	≤ 0,1 % Massenanteil	
23	Leichtgewichtige organische Verunreinigungen von feinen Gesteinskörnungen	6.4.1 und G.4	≤ 0,5 % Massenanteil	
24	Beständigkeit gegen Alkali-Kieselsäure-Reaktivität	DAfStb-Alkali-Richtlinie	E.3.1.3 dieses Dokument	

<sup>a)</sup> Nur für aus dem Meer gewonnene Gesteinskörnungen relevant.

<sup>b)</sup> Schwankungsbreite bezogen auf den vom Hersteller deklarierten Mittelwert der Kornrohddichte: ±150 kg/m<sup>3</sup>

<sup>c)</sup> Alternativ kann der Frost-Tau-Widerstand rezyklierter Gesteinskörnungen auch mittels Betonprüfung nach E.3.3.1 nachgewiesen werden.

<sup>d)</sup> Andernfalls ist der Chloridgehalt des Betons nach 5.2.8 nachzuweisen.

Die Wasseraufnahme nach 10 Minuten ist nach E.3.3.2 zu bestimmen. Für rezyklierte Gesteinskörnungen > 2 mm darf diese Wasseraufnahme die in Tabelle E.4 genannten Werte nicht überschreiten.

### Wasseraufnahme nach 10 Minuten für rezyklierte Gesteinskörnungen

Spalte	1	2	3
Zeile	Wasseraufnahme	Kategorie der Gesteinskörnung	
		Typ 1	Typ 2
1	Höchstzulässige Wasseraufnahme nach 10 Minuten, Massenanteil in Prozent	10	15

### Auswirkungen auf Boden und Grundwasser

(1) Es dürfen nur rezyklierte Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 verwendet werden, die keine umweltschädlichen Auswirkungen, insbesondere auf Boden und Grundwasser, haben. Der Nachweis kann durch das Einhalten der Anforderungen von DIN 4226-101 in Verbindung mit DIN 4226-102 geführt werden.

### Beton

(1) Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen muss die Anforderungen von DIN EN 206 und DIN 1045-2 erfüllen, falls nachstehend keine andere Festlegungen getroffen werden.

### Herstellung des Betons

(1) Die Zusammensetzung des Betons ist anhand einer erweiterten Erstprüfung nach E.3.2.3. festzulegen.  
 (2) Rezyklierte Gesteinskörnungen dürfen höchstens mit den in Tabelle E.5 angegebenen Anteilen zugegeben werden.

### Zulässige Anteile rezyklierter Gesteinskörnungen > 2 mm, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung (Vol.-%)

	1	2	3	4
	Anwendungsbereich		Kategorie der Gesteinskörnung	
	Alkalirichtlinie <sup>a)</sup>	DIN EN 206 und DIN 1045-2	Typ 1	Typ 2
1	WO	Karbonatisierung XC1	≤ 45 <sup>b)</sup>	≤ 35
2	WF	Kein Korrosionsrisiko X0	≤ 45	≤ 35
3		Karbonatisierung XC1 bis XC4		
4		Frostangriff ohne Taumittel-einwirkung XF1 und XF3		
5		Beton mit hohem Wassereindringwiderstand nach 5.5.3		
6		Chemischer Angriff XA1 <sup>d)</sup>	≤ 25	≤ 25
7	WA <sup>c)</sup>	XD1 und XD2 XS1 und XS2 XF2 und XF4	≤ 30	≤ 20

<sup>a)</sup> Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktionen im Beton (Alkali-Richtlinie) sowie zusätzliche Anforderungen siehe E.3.1.3.

<sup>b)</sup> Es dürfen rezyklierte Gesteinskörnungen des Typs 1 ≤ 2mm ≤ 20 Vol.-% der austauschbaren rezyklierten Gesteinskörnung eingesetzt werden, sofern sie aus der gleichen Produktion der verwendeten rezyklierten Gesteinskörnung Typ 1 > 2 mm stammen, für die die Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung nach DIN EN 933-11 nachgewiesen wurde. Das Verhältnis von feiner und grober rezyklierter Gesteinskörnung muss sich dabei an dem entsprechenden Verhältnis von Sand zu grober Gesteinskörnung der Gesamtsieblinie orientieren.

<sup>c)</sup> Die Feuchtigkeitsklasse WA darf nur für rezyklierte Gesteinskörnung mit nachgewiesener Alkaliempfindlichkeitsklasse E I-S nach Alkali-Richtlinie verwendet werden.

<sup>d)</sup> Die Regelung zum chemischen Angriff ist für XA1 durch die Betonklasse BK-N abgedeckt.

**Höchstwerte der Eluat- und Feststoffparameter nach DIN 4226-101:2017-08**

Eigenschaft/Parameter	Höchstwerte	Analyseverfahren
<b>Eluat</b>		
pH-Wert	12,5 <sup>a)</sup>	DIN EN ISO 10523
Elektrische Leitfähigkeit	3000 <sup>a</sup> µS/cm	DIN EN 27888
Chlorid	150 mg/l	DIN EN ISO 10304-1
Sulfat	600 mg/l	DIN EN ISO 10304-1
Arsen	50 µg/l	DIN EN ISO 17294-2 DIN ISO 22036
Blei	100 µg/l	DIN EN ISO 17294-2 DIN ISO 22036
Cadmium	5 µg/l	DIN EN ISO 17294-2 DIN ISO 22036
Chrom gesamt	100 µg/l	DIN EN ISO 17294-2 DIN ISO 22036
Kupfer	200 µg/l	DIN EN ISO 17294-2 DIN ISO 22036
Nickel	100 µg/l	DIN EN ISO 17294-2 DIN ISO 22036
Quecksilber	2 µg/l	DIN EN1483:2007-07, Abschnitt 4 und Abschnitt 5
Zink	400 µg/l	DIN EN ISO 17294-2 DIN ISO 22036
Phenolindex	100 µg/l	DIN 38409-16 DIN EN ISO 14402
<b>Feststoff</b>		
Mineralölkohlenwasserstoffe (C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub> )	1000 <sup>b)</sup> mg/kg	DIN EN 14039 in Verbindung mit [2]
PAK nach EPA	25 mg/kg	DIN EN 15527 DIN ISO 18287, Verfahren A
EOX	10 mg/kg	DIN 38414-17
PCB	1 mg/kg	DIN 38414-20 DIN EN 15308

<sup>a)</sup> Kein Ausschlußkriterium

<sup>b)</sup> Überschreitungen, die auf Asphaltanteile zurückzuführen sind, stellen kein Ausschlußkriterium dar.

[2] Literaturverzeichnis in DIN 4226-101

**Alkali-Kieselsäure-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 Alkalitreiben (Volumenvergrößerung), das den Beton schädigen kann. Erscheinungsbilder sind Ausblühungen, Ausscheidungen, Abplatzungen von nahe an der Oberfläche liegenden, alkaliempfindlichen Gesteinskörnern (sog. pop-outs) sowie netzartige, gerichtete oder strahlenförmig verlaufende Risse.

**Alkali-Richtlinie des DAfStb**

Seit 2013 existiert eine vollständig redaktionell überarbeitete Richtlinie.

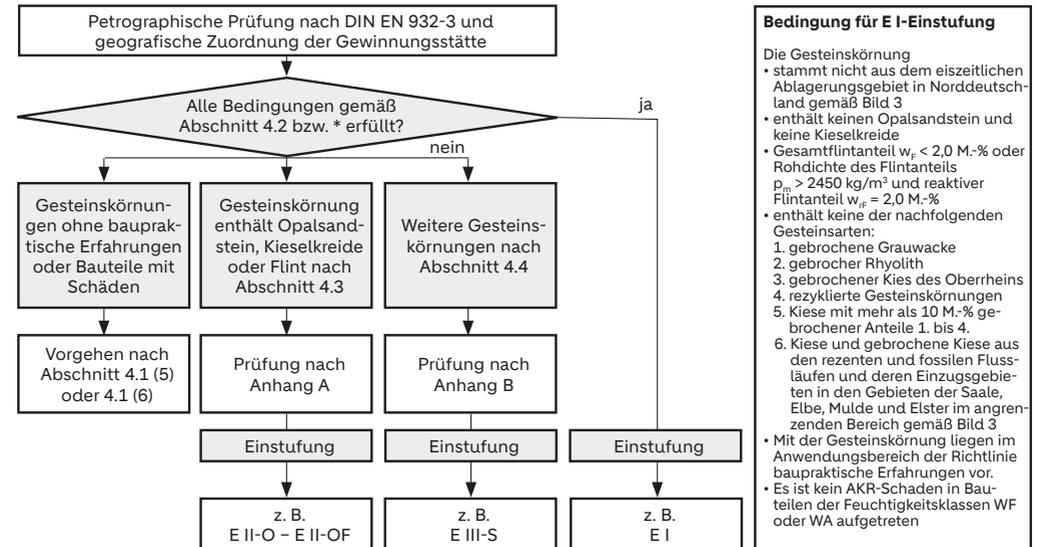
Die drei – historisch bedingten – Teile der Richtlinie wurden aufgelöst. Die Gliederung der Richtlinie wurde an die Normen DIN EN 12620, DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 angepasst. Dadurch wurde eine deutlich verbesserte Lesbarkeit der Richtlinie erreicht. Die Gliederung der Richtlinie folgt damit der Logik 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 **Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton**).

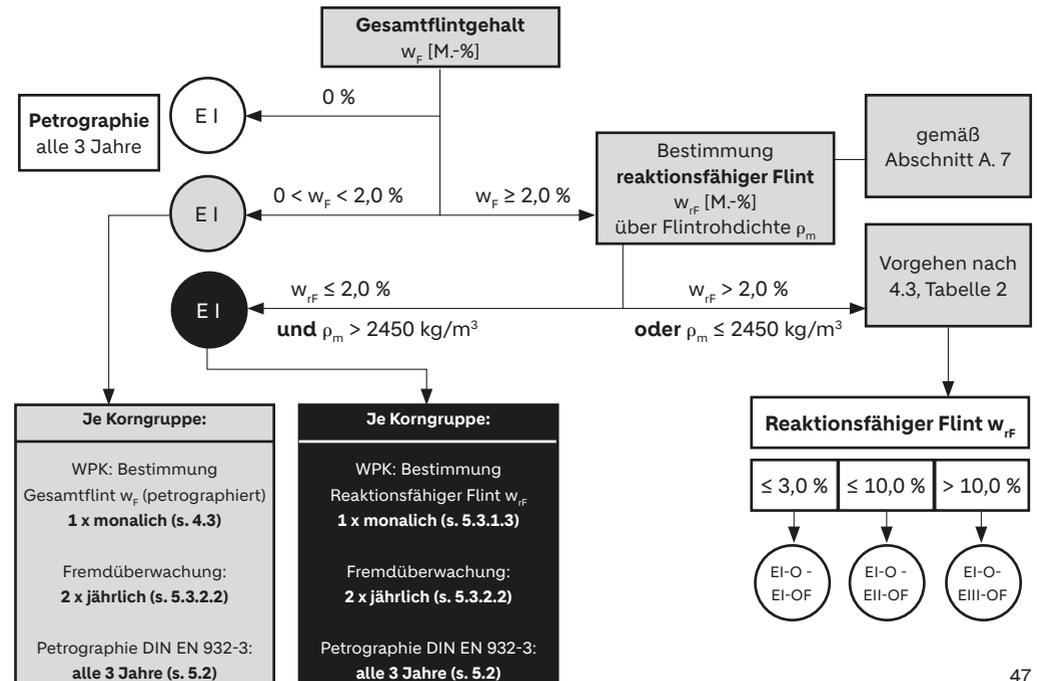
**Alkaliempfindlichkeitsklassen nach DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktionen im Beton“**

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"> <li>gebrochene Grauwacke unbedenklich</li> <li>gebrochener Quarzporphyr (Rhyolith)</li> <li>gebrochener Oberrhein-Kies</li> <li>rezyklierte Körnungen</li> <li>Kies mit &gt; 10 M.-% der vor genannten Körnungen</li> </ul>	unbedenklich
E III-S	<ul style="list-style-type: none"> <li>andere gebrochene, nicht als unbedenklich eingestufte Gesteinskörnungen</li> <li>andere gebrochene Gesteinskörnungen ohne baupraktische Erfahrungen</li> </ul>	bedenklich

**Systematik zur Prüfung und Einstufung der Gesteinskörnungen**



**Systematik zur Prüfung und Einstufung der Gesteinskörnungen mit Flint**



Eiszeitliches Ablagerungsgebiet in Norddeutschland und angrenzender Bereich



Abhängig von den Umgebungsbedingungen für den Beton sind entsprechende Maßnahmen zu treffen.

Vorbereitende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton.

Alkaliempfindlichkeitsklasse (verkürzt)	Zementgehalt [kg/m <sup>3</sup> ]	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	> 300	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 <sup>a)</sup>
	> 350	keine	NA-Zement oder gutachtliche Stellungnahme <sup>a)</sup>	Austausch der Gesteinskörnung oder gutachtliche Stellungnahme <sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> Für die Erstellung einer gutachtlichen Stellungnahme sind besonders fachkundige Personen einzuschalten

## Betonzusatzstoffe/-mittel und Zugabewasser

Der wirksame Alkaligehalt aller Betonzusatzstoffe außer Flugasche nach DIN EN 450-1 darf insgesamt 600 g/m<sup>3</sup> Beton nicht überschreiten. Der Gesamtalkaligehalt aller Betonzusatzmittel muss weniger als 600 g/m<sup>3</sup> 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 Alkali Menge (ausgedrückt als Na<sub>2</sub>O-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 (Na<sub>2</sub>O-Äquivalent) des Betonzusatzmittels: ≤ 8,5 M.-%
- Zugabemenge des Betonzusatzmittels bezogen auf den Zementgehalt: ≤ 2,0 M.-%
- Zementgehalt des Betons: z ≤ 350 kg/m<sup>3</sup>

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/m<sup>3</sup> 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 geforderten Frisch- und Festbetoneigenschaften sicherzustellen.
Anforderung	$f_c \geq f_{ck}$ + Vorhaltemaß; Vorhaltemaß ca. 6 bis 12 N/mm <sup>2</sup> . Die Konformitätskriterien für Ersterstellung und stetige Herstellung müssen zielsicher erreicht werden. Das Vorhaltemaß sollte ungefähr das Doppelte der erwarteten Standardabweichung sein.

## Kennwerte (Anhaltswerte)

Zusatzstoffarten	Typ	Spez. Oberfläche [cm <sup>2</sup> /g]	Dichte [kg/dm <sup>3</sup> ]	Schüttdichte [kg/dm <sup>3</sup> ]
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 12878)		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 51043)		≥ 5.000	2,4...2,6	0,7...1,0
Silikastaub <sup>a)</sup> (DIN EN 13263)		180.000...220.000	~ 2,2	0,3...0,6
Silikasuspension <sup>a)</sup>		-	~ 1,4	-
DOROBASE (gebrannter Schiefer)		~ 9.000	2,6-2,8	0,6-0,8

<sup>a)</sup> Bei Verwendung von Zementen, die Silikastaub als Hauptbestandteil enthalten, darf Silikastaub (Silikasuspension) nicht als Zusatzstoff eingesetzt werden.

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)<sub>eq</sub>“ ersetzt.

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

	Flugasche (f)	Silicastaub (s)	Flugasche (f) und Silicastaub (s)	DOROBASE® j) (gebrannter Schiefer) (t)
Maximaler Zusatzstoffgehalt zur Gewährung der Alkalität	$f_{\max} = 0,11 \cdot z^1$	$s_{\max} = 0,11 \cdot z$	$s_{\max} = 0,11 \cdot z$ $f_{\max}^2 = 0,66 \cdot z - 3 \cdot s$ $f_{\max}^3 = 0,45 \cdot z - 3 \cdot s$	$t_{\max} = 0,11 \cdot z$
Anrechenbare Zusatzstoffmenge auf den Wasserzementwert	$f_{\max} = 0,33 \cdot z^4$ $f_{\max} = 0,25 \cdot z^5$ $f_{\max} = 0,15 \cdot z^6$ $f + z \geq z_{\min}$	$s_{\max} = 0,11 \cdot z$ $s + z \geq z_{\min}$	$f_{\max} = 0,33 \cdot z$ und $s_{\max} = 0,11 \cdot z$ $f + s + z \geq z_{\min}$	$t_{\max} = 0,33 \cdot z$
k-Wert	$k_f = 0,4$	$k_s = 1,0$	$k_f = 0,4$ $k_s = 1,0$	$k_t = 0,9$ bei DOROBASE
Äquivalenter Wasserzementwert $w/z_{\text{eq}}^{h)}$	$w/(z + k_f \cdot f)$	$w/(z + k_s \cdot s)^{g)}$	$w/(z + k_f \cdot s + k_s \cdot s)^{g)}$	$w/(z + k_t \cdot t)$
Reduzierter Mindestzementgehalt	240 kg/m <sup>3</sup> bei XC1, XC2 und XC3, sonst 270 kg/m <sup>3</sup> , 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, Silicastaubgehalt s und Dorobase-Gehalt t, alle in kg/m<sup>3</sup>  
Für die Verwendung von Flugasche in Unterwasserbeton gilt:  
 $(z + f) \geq 350 \text{ kg/m}^3$ ;  $w/z_{\text{eq}} = w/(z + 0,7 \cdot f) \leq 0,60$

- a) für Zemente mit D
- b) für CEM I
- c) für CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM III/A und andere (s. DIN 1045-2)
- d) für Zemente ohne P, V und D
- e) für Zemente mit P oder V ohne D
- f) für Zemente mit D
- g) für alle Expositionsklassen außer XF2 und XF4
- h) 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.
- i) S = Hüttensandgehalt
- j) Einschränkungen:
  - Eine Verringerung des Mindestzementgehaltes und Anrechnung auf den w/z-Wert beim Einsatz von DOROBASE® als Betonzusatzstoff ist nur für Betone mit Portlandzement (CEM I) oder Portlandkalksteinzement (CEM II/A-LL) zulässig
  - DOROBASE® darf nicht für die Expositionsklassen XF2 und XF4 nicht auf den Mindestzementgehalt oder den w/z-Wert angerechnet werden.

Zementart		Betonzusatzstoff		
		Flugasche	Silikastaub	Flugasche + Silikastaub
Portlandzement	CEM I	●	●	●
Portlandhüttenzement	CEM II/A-S CEM II/B-S	●	●	●
Portlandsilikastaubzement	CEM II/A-D	●	○	○
Portlandpuzzolanzement	CEM II/A-P	● a)	● d)	○
Portlandflugaschezement	CEM II/A-V	●	●	○
Portlandschieferzement	CEM II/A-T CEM II/B-T	●	●	●
Portlandkalksteinzement	CEM II/A-LL	●	●	●
Portlandkompositzement	CEM II/A-M CEM II/B-M CEM II/C-M	Es gelten die Einschränkungen nach DIN 1045-2; Tabelle F.4.		
Hochofenzement	CEM III/A	● b)	●	●
	CEM III/B	● c)	●	●

- anrechenbar ○ nicht anrechenbar
- a) bei XF2 und XF4 darf Zement nicht angewendet werden
- b) gilt nur bei Festigkeitsklasse  $\geq 42,5$
- c) Hüttensandanteil < 70 M.-%
- d) auch anrechenbar für CEM II/B-P

**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 Frost-Tausalz-Widerstandes
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 (in g pro kg Zement [ml bzw. g])	
	Mindestzugabe	Höchstzugabe <sup>b)</sup>
Beton, Stahlbeton, Spannbeton	2 <sup>a)</sup>	50 <sup>c)</sup>
Beton mit alkaliempfindlicher Gesteinskörnung		20 <sup>d)</sup> oder 50 <sup>d)</sup>
Hochfester Beton		70 <sup>e)f)</sup>

<sup>a)</sup> < 2 ml bzw. g möglich, wenn in einem Teil des Zugabewasser aufgelöst.

<sup>b)</sup> Maßgebend sind auch die Angaben des Herstellers / Zulassungsbescheides.

<sup>c)</sup> Bei Verwendung mehrerer Zusatzmittel unterschiedlicher Wirkungsgruppen: Gesamtmenge ohne besonderen Nachweis von max. 60 g/kg Zement zulässig. Bei Zementen nach DIN 1164-11 oder DIN 1164-12 begrenzt auf max. 50 g/kg Zement.

<sup>d)</sup> Abhängig vom Alkaligehalt des Zusatzmittels, dem Zementgehalt und der Anzahl der verwendeten Zusatzmittel [siehe Alkalirichtlinie].

<sup>e)</sup> Bei einer Zugabemenge > 5 M.-% bezogen auf den Zementgehalt: Zulassung erforderlich.

<sup>f)</sup> Bei Verwendung mehrerer Zusatzmittel unterschiedlicher Wirkungsgruppen: Gesamtmenge max 80 g/kg Zement zulässig. Bei Zementen nach DIN 1164-11 oder DIN 1164-12 begrenzt auf 70 g/kg Zement

**Zugabe von FM oder VZ auf der Baustelle**

Mischzeit bei FM - Zugabe	Mischzeit bei VZ - Zugabe
mind. 1 Minute je m <sup>3</sup> Beton mind. 5 Minuten	nur für Verarbeitbarkeitszeit ≥ 12 Std. mind. 5 Minuten, bei Trommelinhalt > 6 m <sup>3</sup> 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 ≤ C50/60 und ≤ LC 50/55 (für LP-Betone und hochfeste Betone nicht verwendbar)
	Stahlbeton	
	Spannbeton	
Meerwasser	unbewehrt	geeignet
	Stahlbeton	
	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:

$$W_{fl} = \left( \frac{1 - q_{ww}}{1 - q_f} \right) \times q_f$$

Dabei ist:

$W_{fl}$  die Masse der Feststoffe im Restwasser, in Kilogramm durch Liter  
 $q_{ww}$  die Dichte des Restwassers, in Kilogramm durch Liter  
 $q_f$  die Korndichte der Feststoffe, in Kilogramm durch Liter

## Grenzwerte für die Beurteilung von Zugabewasser

Prüfung	Brauchbarkeitskriterien
Farbe	farblos bis schwach gelblich
Öle und Fette	höchstens Spuren
Detergentien	geringe Schaumbildung: Schaum ≤ 2 min stabil
Absetzbare Stoffe	≤ 4 cm <sup>3</sup> (für Restwasser siehe Tabelle S. 58)
Geruch	ohne bis schwach
pH-Wert	≥ 4
Chloride: Spannbeton Stahlbeton unbewehrter Beton	≤ 500 mg/l ≤ 1.000 mg/l ≤ 4.500 mg/l
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	≤ 2.000 mg/l
Zucker, Glucose	≤ 100 mg/l
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	≤ 100 mg/l
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	≤ 500 mg/l
Blei (Pb <sup>2+</sup> )	≤ 100 mg/l
Zink (Zn <sup>2+</sup> )	≤ 100 mg/l
Huminstoffe	heller als schwach gelblich braun nach Zugabe von NaOH

**Begriffe, Symbole, Erläuterungen**

X0	Expositionsklasse ohne Korrosions- oder Angriffsrisiko
XC1 bis XC4	Expositionsklassen für Korrosionsgefahr, ausgelöst durch Karbonatisierung
XD1 bis XD3	Expositionsklassen für Korrosionsgefahr, ausgelöst durch Chloride, ausgenommen Meerwasser
XS1 bis XS3	Expositionsklassen für Korrosionsgefahr, ausgelöst durch Chloride aus Meerwasser
XF1 bis XF4	Expositionsklassen für Angriff auf Beton durch Frostangriff mit oder ohne Taumittel
XA1 bis XA3	Expositionsklassen für Angriff auf Beton durch chemischen Angriff
XM1 bis XM3	Expositionsklassen für Angriff auf den Beton durch Verschleiß
S1 bis S5	Konsistenzklassen, ausgedrückt als Setzmaß
C0 bis C4	Konsistenzklassen, ausgedrückt als Verdichtungsmaß
F1 bis F6	Konsistenzklassen, ausgedrückt als Ausbreitmaß
SF1 bis SF3	Konsistenzklassen, ausgedrückt als Setzfließmaß
VS1, VS2	Viskositätsklassen für die Fließzeit $t_{500}$
VF1, VF2	Viskositätsklassen für die Trichterauslaufzeit $t_{tr}$
$t_{500}$	Fließzeit in Sekunden, bis zum Erreichen eines Setzfließmaßes von 500 mm im Setzfließversuch
$SF_{FC}$	Kegelsetzfließmaß
sm	Setzfließmaß ohne Blockierring
$t_{tr}$	Trichterauslaufzeit
$t_{fc}$	Kegelausfließzeit in Sekunden
PL1, PL2	Klassen der im L-Kasten-Versuch ermittelten Blockierneigung
PJ1, PJ2	Klassen der im Blockierring-Versuch ermittelten Blockierneigung
SR1, SR2	Klassen der Sedimentationsstabilität
C.../...	Druckfestigkeitsklassen für Normal- und Schwerbeton
LC.../...	Druckfestigkeitsklassen für Leichtbeton
ECPC	Konzept der gleichwertigen Betonleistungsfähigkeit (engl.: equivalent concrete performance concept)
EPC	Konzept der gleichwertigen Leistungsfähigkeit von Zement-Zusatzstoff-Kombinationen (engl.: equivalent performance of combinations concept)
$f_{ck}$	charakteristische Betondruckfestigkeit

ANMERKUNG Bei Anwendung in diesem Dokument gilt  $f_{ck}$  sowohl für  $f_{ck,cyl}$  als auch für  $f_{ck,cube}$

$f_{ck,cyl}$	charakteristische Betondruckfestigkeit, geprüft am Zylinder
$f_{c,cyl}$	Betondruckfestigkeit, geprüft am Zylinder
$f_{ck,cube}$	charakteristische Betondruckfestigkeit, geprüft am Würfel
$f_{c,cube}$	Betondruckfestigkeit, geprüft am Würfel
$f_{cm}$	mittlere Druckfestigkeit des Betons
$f_{cm,j}$	mittlere Druckfestigkeit des Betons im Alter von (j) Tagen
$f_{ci}$	einzelnes Prüfergebnis für die Druckfestigkeit von Beton
$f_{ctk,sp}$	charakteristische Spaltzugfestigkeit von Beton
$f_{ctm,sp}$	mittlere Spaltzugfestigkeit von Beton
$f_{cti,sp}$	einzelnes Prüfergebnis für die Spaltzugfestigkeit von Beton
ggbs	Hüttensandmehl (engl.: ground granulated blast furnace slag)
Cl ...	Klasse des Chloridgehalts

D1,0 bis D2,0	Rohdichteklassen für Leichtbeton
CEM...	Zementart nach EN 197-1
$\sigma$	Schätzwert für die Standardabweichung einer Grundgesamtheit
$s_n$	Standardabweichung von n aufeinander folgenden Prüfergebnissen
AOQ	Durchschlupf (engl.: average outgoing quality)
AOQL	maximaler Durchschlupf (engl.: average outgoing quality limit)
AQL	annehmbare Qualitätsgrenze (engl.: average quality level)
w/z	Wasserzementwert
k-Wert	zur Berücksichtigung der Mitwirkung eines Betonzusatzstoffes vom Typ II (Anrechenbarkeits-Beiwert)
n	Anzahl
WO, WF, WA, WS	Feuchtigkeitsklassen
$f_{c,dry}$	Betondruckfestigkeit von Probekörpern, gelagert nach EN 12390-2:2019-10, NA.2
z	Zementgehalt im Beton
f	Flugaschegehalt im Beton
s	Silikastaubgehalt im Beton
$k_f$	k-Wert zur Anrechnung von Flugasche
$k_s$	k-Wert zur Anrechnung von Silikastaub
$k_h$	k-Wert zur Anrechnung von Hüttensandmehl
(w/z) <sub>eq</sub>	äquivalenter Wasserzementwert
$\rho_G$	Kornrohichte einer leichten Gesteinskörnung
$\rho_R$	wirksame Kornrohichte einer leichten Gesteinskörnung
$w_a$	Wasseraufnahme einer leichten Gesteinskörnung
$m_{Mk}$	Mehlkornegehalt
r	Wiederholpräzision
R	Vergleichspräzision

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

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

<sup>a)</sup> Für Betone der Druckfestigkeitsklassen ab C70/85 bis einschließlich C100/115 oder Leichtbetone ab LC55/60 bis einschließlich LC80/88 ist gemeinsam mit dem Verarbeiter ein Qualitätssicherungsplan aufzustellen. Für das Vorgehen bei Abweichungen vom Soll müssen die notwendigen Maßnahmen festgelegt und die Verantwortlichen benannt werden. Die Ergebnisse der Überprüfung müssen von den Verantwortlichen dokumentiert werden. Aus dem Qualitätssicherungsplan müssen die verantwortlichen Personen klar hervorgehen. Die zusätzlichen Kontrollen der Ausgangsstoffe sind im Anhang M der 1045-2 festgelegt.



**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 DIN EN 12390-2 darf die Betondruckfestigkeit zu unterschiedlichen Zeitpunkten  $f_{cm}(t)$  nach DIN EN 1992-1-1 (Eurocode 2) mit den folgenden Gleichungen ermittelt werden.

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

Dabei ist

- $f_{cm}(t)$  die mittlere Betondruckfestigkeit für ein Alter von t Tagen;
- $f_{cm}$  die mittlere Druckfestigkeit nach 28 Tagen
- $\beta_{cc}(t)$  ein vom Alter des Betons t abhängiger Beiwert;
- 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 diese Gleichungen nicht geeignet.

Zementfestigkeitsklasse	Betondruckfestigkeit in [%] der 28 Tage Festigkeit nach				
	3 Tage	7 Tage	28 Tage	90 Tage	180 Tage
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	Festigkeitsverhältnis $r = f_{cm,2} / f_{cm,28}$
schnell	≥ 0,5
mittel	≥ 0,3 bis < 0,5
langsam	≥ 0,15 bis < 0,3
sehr langsam	< 0,15

Das Festigkeitsverhältnis zur Bezeichnung der Festigkeitsentwicklung ist das Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen ( $f_{cm,2}$ ) zur mittleren Druckfestigkeit nach 28 Tagen ( $f_{cm,28}$ ) aus der Erstprüfung oder auf der Grundlage des bekannten Verhaltens von Beton mit vergleichbarer Zusammensetzung.

**Klasseneinteilung von Leichtbeton nach der Rohdichte**

Rohdichteklasse	D 1,0	D 1,2	D 1,4	D 1,6	D 1,8	D 2,0
Rohdichtebereich [kg/m³]	> 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 / DIN 1045-2**

Druckfestigkeitsklasse	$f_{ck,cyl}$ [N/mm²]	$f_{ck,cube}^a$ [N/mm²]
LC8/9	8	9
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC35/38	35	38
LC40/44 <sup>b)</sup>	40	44
LC45/50 <sup>b)</sup>	45	50
LC50/55 <sup>b)</sup>	50	55
LC55/60 <sup>b)</sup>	55	60
LC60/66 <sup>b)</sup>	60	66
LC70/77 <sup>b) c)</sup>	70	77
LC80/88 <sup>b) c)</sup>	80	80

<sup>a)</sup> Es dürfen andere Werte verwendet werden, wenn das Verhältnis zwischen diesen Werten und der Referenzfestigkeit von Zylindern nachgewiesen und dokumentiert worden ist.

<sup>b)</sup> BK-E: Der Anhang R (normativ) ist ab LC55/60 bis einschließlich LC80/88 zu beachten.

<sup>c)</sup> BK-E: Für Leichtbeton der Druckfestigkeitsklassen LC70/77 und LC80/88 sind die Festlegungen zum Übereinstimmungsnachweis im Hinblick auf die zielsichere Herstellung als nicht abschließend anzusehen.

**Elastizitätsmodul von Normal- und Leichtbeton**

Elastizitätsmodul von Normalbeton in Abhängigkeit von der Festigkeitsklasse, bei Leichtbeton in Abhängigkeit von der Druckfestigkeitsklasse und der Rohdichte basierend auf DIN EN 1992-1-1:2011-01:

Normalbeton			Leichtbeton			
Druckfestigkeitsklasse	$f_{ck,cyl}$	$E_{cm}$	Druckfestigkeitsklasse	$f_{ck,cyl}$	Angenommene Rohdichte $\rho$	$E_{lcm}$
C 12/15	12	27.000	LC 12/13	12	1.200	8.000
C 16/20	16	29.000	LC 16/18	16		8.600
C 20/25	20	30.000	LC 20/22	20	1.300	10.500
C 25/30	25	31.000	LC 25/28	25		10.800
C 30/37	30	33.000	LC 30/33	30	1.400	13.400
C35/45	35	34.000	LC 35/38	35	1.500	15.800
C 40/50	40	35.000	LC40/44	40		16.300
C 45/55	45	36.000	LC 45/50	45	1.600	19.000
C 50/60	50	37.000	LC 50/55	50		19.600
C 55/67	55	38.000	LC 55/60	55	1.700	22.700
C 60/75	60	39.000	LC 60/66	60	1.800	26.100
C 70 /85	70	41.000				
C 80/90	80	42.000	Normalbeton		$E_{cm} = 22(f_{cm} / 10)^{0,3}$ $E_{cm} = \eta_E \cdot E_{cm}$	
C 90/105	90	44.000	Leichtbeton			
C100/115	100	kein Wert dokumentiert	$\eta_E = (\rho / 2200)$			

**Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen**

$f_{c,cyl}$  Prüfung am Zylinder  
H= 300 mm/∅ =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, Pkt. 6.5.3: 1-3 Tag(e) in der Form, bis zum 7. Tag unter Wasser, anschließend bis zur Prüfung im Normalklima 20°C/65 % rel. Luftfeuchte („Trockenlagerung“). Das Ergebnis der Druckfestigkeitsprüfung wird mit  $f_{c,dry}$  bezeichnet.

**Das Referenzverfahren ist nach DIN EN 12390-2 Pkt. 6.5.2, wie folgt festgelegt:**

Nach dem Ausschalen bis zum Prüfbeginn sind die Prüfkörper unter Wasser bei einer Temperatur von (20±2)°C oder in einer Feuchtekammer bei (20±2)°C und einer relativen Feuchtigkeit ≥ 95 % zu lagern. Das Ergebnis der Druckfestigkeitsprüfung am Würfel wird mit  $f_{c,cube}$  bezeichnet.

**Entsprechend DIN 1045-2, Pkt. 5.5.1.2, kann die Umrechnung von  $f_{c,dry}$  nach  $f_{c,cube}$  bei Würfeln mit einer Kantenlänge von 150 mm wie folgt vorgenommen werden:**

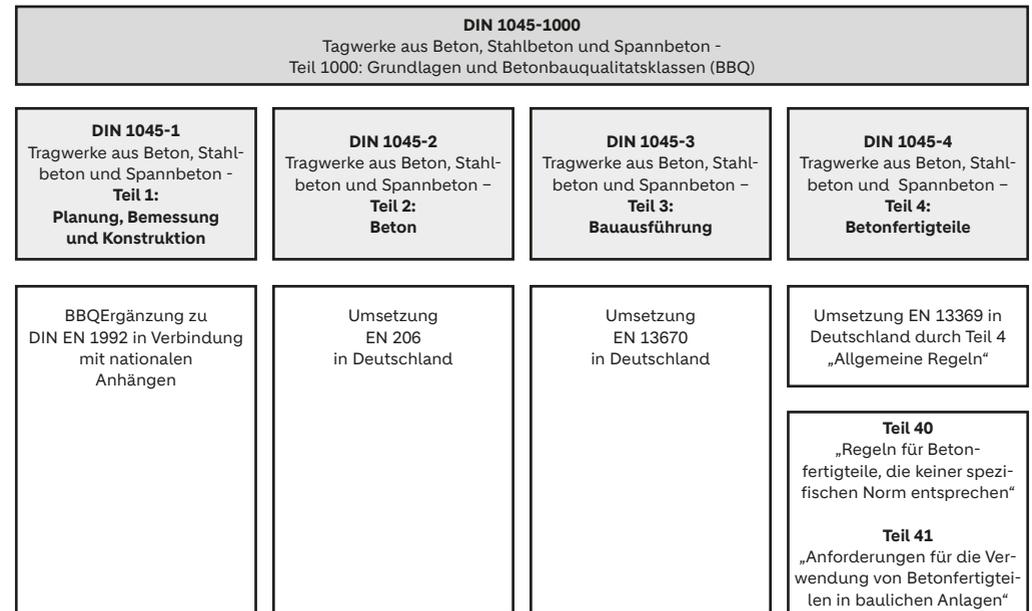
Normalbeton ≤ C50/60 :  $f_{c,cube} = 0,92 \cdot f_{c,dry}$       Normalbeton ≥ C55/67 :  $f_{c,cube} = 0,95 \cdot f_{c,dry}$

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

**BBQ-Klassen**

Bauen mit Beton ist komplex. Vom Entwurf bis zur Nutzung sind unterschiedliche Fachleute maßgeblich an der Entstehung des Bauwerks beteiligt. Bereits bei der Planung werden Baustoffe und Bauverfahren gewählt und festgelegt. Daraus ergeben sich notwendige Abstimmungen zwischen der Planung, Baustofftechnologie und der Ausführung. Nicht zuletzt muss auch der Bauherr seine Anforderungen allen Beteiligten deklarieren. Damit die Zusammenarbeit der Fraktionen reibungslos über die gesamte Bauzeit, die mit der Planung beginnt, entsprechend den Erfordernissen geregelt ist, sind die Anforderungen in den BetonBauQualitätsklassen beschrieben.

Der neue Teil 1000 der DIN 1045:2023-08 beinhaltet die Grundlagen der BetonBauQualitätsklassen und ist auf die sechs weiteren Teile der DIN 1045 anzuwenden, von der Bemessung und Konstruktion bis hin zur Bauausführung inklusive der Betonfertigteile.



**Begriffe und Klassen**

Die BetonBauQualitätsklasse (BBQ-Klasse) beinhaltet die Erfordernisse der Schnittstellenübergreifenden Zusammenarbeit der Baubeteiligten basierend auf der Komplexität des Bauvorhabens und den Qualitätsanforderungen insbesondere hinsichtlich:

- der vorgesehenen Nutzung und der geplanten Nutzungsdauer des Bauwerkes oder des Bauteils
- der Einwirkungen auf das Bauwerk/Bauteil
- der Bauwerks- bzw. Bauteilkonstruktion (z. B. Bewehrungsgehalte, Einbauteile, spezielle Bauteilgeometrien, Oberflächenbeschaffenheiten der Art des Betons (z. B. Leichtbeton, Schwerbeton, selbstverdichtender Beton, Faserbeton, Beton mit künstlich eingeführten Luftporen)
- des eingesetzten Bauverfahrens, ggf. weiteren Randbedingungen



**Grundlage FprEN 1992-1-1:2023 Anhang B**

Bei einer mittleren Temperatur von 20 °C und bei einer Nachbehandlung nach EN 13670 darf die Betondruckfestigkeit zu unterschiedlichen Zeitpunkten  $f_{cm}(t)$  mit folgenden Gleichungen abgeschätzt werden. Für andere Temperaturen darf das temperaturangepasste Betonalter nach Gleichung (nächste Seite) berücksichtigt werden.

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot f_{cm} \quad \text{mit} \quad \beta_{cc}(t) = \exp \left[ s_c \left( 1 - \sqrt{\frac{t_{ref}}{t}} \right) \sqrt{\frac{28}{t_{ref}}} \right]$$

Dabei ist

- $f_{cm}(t)$  Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons im Alter  $t$
- $\beta_{cc}(t)$  Koeffizient zur Bestimmung der Betondruckfestigkeit, die vom Betonalter  $t$  abhängig ist
- $s_c$  ein Koeffizient, der abhängig ist von der frühen Festigkeitsentwicklung des Betons und der Betonfestigkeit nach folgender Tabelle
- $t_{ref}$  Alter des Betons in Tagen, bei dem die Betonfestigkeit bestimmt wird  
Der Wert für  $t_{ref}$  sollte im Allgemeinen mit 28 Tagen angesetzt werden; oder darf zwischen 28 Tagen und 91 Tagen angesetzt werden, sofern für ein Projekt festgelegt
- $t$  Zeit, Betonalter

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

Betondruckfestigkeit	Werte des Koeffizienten $s_c$		
	Klasse CS	Klasse CN	Klasse CR
$f_{ck} \leq 35$ MPa	0,6	0,5	0,3
$35$ MPa < $f_{ck}$ < 60 MPa	0,5	0,4	0,2
$f_{ck} \geq 60$ MPa	0,4	0,3	0,1

**Klassen der Festigkeitsentwicklung von Beton**

Klasse	Zusammensetzung und Eigenschaften des Bindemittels		
	Zementart	Festigkeitsklasse des Zements, z. B.	Zusammensetzung des Bindemittels (Zement und SCM*)
<b>CS</b>	CEM III CEM II/B	32,5 N; 42,5 N	Portlandzement-Klinker und mehr als 65 % (Massenanteil) gemahlene granuliert Hochofenschlacke (GGBS) oder mehr als 35 % (Massenanteil) Flugasche (fa)
<b>CN</b>	CEM II CEM I	42,5 N; 32,5 R	Portlandzement-Klinker und mehr als 35 % (Massenanteil) aber weniger als 65 % (Massenanteil) gemahlene granuliert Hochofenschlacke (GGBS) oder mehr als 20 % (Massenanteil) aber weniger als 35 % (Massenanteil) Flugasche (fa)
<b>CR</b>	CEM I	42,5 R; 52,5 N; 52,5 R	-

\* Zementzusatzstoffe (SCM) werden als Zementersatz für den Wasserzementwert nach EN 206 betrachtet.

**Beispiel für einen Beton mit CEM III/A 42,5 N**

$\beta_{28} = 45 \text{ N/mm}^2 \rightarrow$  Klasse CS

**Festigkeitsentwicklung geschätzt auf Grundlage der 28 Tage Festigkeit in [%]**

3 Tage	7 Tage	28 Tage
36	60	100

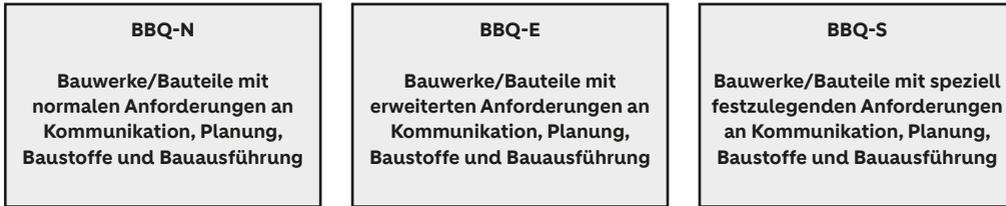
Die Auswirkung von erhöhten oder verminderten Betontemperaturen in einem Bereich von

$$t_T = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \cdot \exp \left( 13,65 - \frac{4000}{273 + T(\Delta t_i)} \right)$$

0 °C ≤ T ≤ +80 °C auf die Festigkeitsentwicklung des Betons darf durch die Anpassung des Betonalters nach dieser Gleichung wie folgt berücksichtigt werden:

Dabei ist  $t_r$  das temperaturangepasste Betonalter in Tagen, welches  $t$  in den entsprechenden Gleichungen ersetzt;  $\Delta t_i$  die Anzahl der Tage, an denen die Temperatur  $T$  vorherrscht;  $T(\Delta t_i)$  die mittlere Betontemperatur, in °C, im Zeitintervall  $\Delta t_i$ .

**Daraus ergeben sich 3 Klassen mit unterschiedlichen Ansprüchen:**



Die Festlegung, zu welcher BBQ-Klasse ein Bauvorhaben gehört, ergibt sich aus den Klassen für die Teilbereiche:

- PK → Planungsklasse
- BK → Betonklasse
- AK → Ausführungsklasse

Bei der BBQ-Klasse N sind alle drei Teilbereiche mit N (normalen Anforderungen) einzustufen, das liegt grundsätzlich immer vor. Bei der BBQ-Klasse E muss nur einer der drei Teilbereiche als E (erhöhte Anforderungen) eingestuft sein. Das gleiche gilt für die BBQ-Klasse S. Auch hier bedarf es nur der Einstufung eines Teilbereiches in S (spezielle Anforderungen). **Der Teilbereich mit der höchsten Anforderung bestimmt die BBQ-Klasse.**

Um die einzelnen Leistungsphasen interdisziplinär zu betreuen, bedarf es eines Betonfachmanns (z. B. Betoningenieur). Dabei handelt es sich um eine einzelne Person und/oder eine Gruppe, die Erfahrung in der Konstruktion und Bemessung sowie der Baustofftechnologie, der Bauausführung und der Qualitätssicherung hat. Diese Anforderungen an den Betonfachmann sind notwendig, damit sichergestellt ist, dass die Wechselwirkungen der Leistungsphasen erkannt und geregelt werden. Dabei wird die Konstruktionsplanung mit der Tragwerksplanung genauso unterstützt, wie die Baustofftechnologie und die Umsetzung auf der Baustelle.

Der Betonfachmann hat mitwirkende Verantwortung und ist Teilnehmer an den BBQ-Gesprächen, die die Kommunikation der Baubeteiligten in den aufbauenden Phasen sicherstellt. Durch die Zusammenarbeit von Planung, Technologie und Ausführung wird die Qualität des Bauwerkes erreicht. Der Planer ist verpflichtet, die BBQ-Klasse festzulegen und die Baubeteiligten zu koordinieren. In den einzelnen Phasen der Bauplanung und Ausführung kann festgestellt werden, dass doch eine höhere BBQ-Klasse erforderlich ist. Dann sind die beteiligten Fachleute darüber zu informieren und die sich daraus ergebenden Wechselwirkungen und erforderlichen Ergänzungen und Änderungen abzustimmen.



In den Phasen vor der Ausschreibung müssen die Inhalte eines BBQ-Vergabegespräches erarbeitet werden. Ziel dieses Gespräches ist es, das vorläufige Baukonzept mit allen Besonderheiten und Randbedingungen detailliert zu beschreiben und festzulegen. Dazu ist die Abstimmung von:

- der ausschreibenden Stelle
- des Projektplaners
- des Tragwerksplaners
- des Fachmanns für Betontechnik
- ggf. auch des Fachplaners, Bauherrn, Prüffingenieurs, der Tragwerksplanung, Architekt (wenn er nicht mit dem Projektleiter identisch ist), Vertreter der Genehmigungsbehörde, erforderlich.

**Beispielhaft können dazu folgende Themen genannt werden:**

- Bauteilabmessungen mit ihren Bewehrungsgehalten und ihren Anforderungen an die Dauerhaftigkeit
- Anschlußpunkte von Sohle und Wand (insbesondere bei wasserundurchlässigen Konstruktionen)
- Jahreszeitliche Witterungseinflüsse und erforderliche Maßnahmen
- Betonierabfolge inklusive Betoniergeschwindigkeit bei großen Bauteilen
- Fugenanordnung und Ausbildung, Einbauteile
- Einflüsse aus zu vermeidenden Lärmbelastigungen, Einschränkungen aus der Baugenehmigung
- Nachbehandlung der Betonbauteile
- Anforderungen an die frühe Belastung der Bauteile oder verzögerte Erhärtungsphase des Betons
- Anforderungen an die Betoneigenschaften
- Einbauverfahren und erforderliche Geräte
- Architektonische Ansprüche an die Farbe, Struktur oder Ebenheit der Betonoberfläche

**Das Ergebnis muss sich dann in der Ausschreibung wiederfinden und kann z. B. weitergehende Anforderungen und Bedingungen enthalten:**

- Erforderliche Vorlaufzeiten zur Erstellung von Erstprüfungen für Betone mit besonderen Eigenschaften, die nicht zum Standard-Lieferumfang des Betonlieferwerkes gehören
- Betoniergeschwindigkeit bei der geplanten Schalung
- Ergänzende Prüfungen bei besonderen Betoneigenschaften
- Qualitätssicherungsmaßnahmen, die über die Normenanforderungen hinausgehen
- Ausführungstechnische Maßnahmen zur Vermeidung von Rissen

**Nach der Vergabe der Bauaufgabe sind die Details in einem BBQ-Startgespräch zu besprechen und die Ergebnisse festzulegen. Teilnehmer bei diesem BBQ-Startgespräch sind grundsätzlich:**

- Vertreter der Bauleitung der ausführenden Firma
- Vertreter des Beton- bzw. Fertigteillieferanten
- die ausschreibende Stelle
- der Projektplaner
- der Tragwerksplaner
- der Fachmann für Betonbautechnik
- ggf. auch der Fachplaner, Bauherr, Prüffingenieur, der Tragwerksplanung, Architekt (wenn er nicht mit dem Projektleiter identisch ist), Vertreter der Genehmigungsbehörde

Da dieser Kreis für die Umsetzung der Bauaufgabe verantwortlich ist, ist es erforderlich, diese Personen namentlich zu benennen sowie Anschriften und Kontaktdaten diesen Gesprächsteilnehmern zugänglich zu machen. Gegebenenfalls sind weitere Personen in die Liste mit aufzunehmen und weitere Verantwortlichkeiten festzulegen.

**BBQ Aufgaben**

**Bzgl. der Planung sind beispielsweise folgende Punkte zu besprechen bzw. Festlegungen zu treffen:**

- Projektspezifischer Qualitätssicherungsplan
- Förder- und Einbaugeräte unter Berücksichtigung der Zugänglichkeit der Baustelle
- Musterbauteile (z. B. bei Sichtbeton)
- Fugenanordnungen, Fugenausbildung, Zeitpunkt der Anlage von Scheinfugen unter Berücksichtigung der zu erwartenden Witterungsverhältnisse
- Festlegung der Eigen- und Fremdüberwachung, wenn es sich um ÜK 2 Baustellen handelt
- Sonstige technische Festlegungen für eine planmäßige Umsetzung der Bauaufgabe

**Mit dem Betonlieferanten sind bspw. folgende Punkte zu besprechen bzw. Festlegungen zu treffen:**

- Baustellenbezogenes Sortenverzeichnis, das mit den Bauteilbezeichnungen ergänzt werden soll
- Lieferwerke und Ersatzlieferwerke bei Havarie mit den dazugehörigen Lieferwegen und Fahrzeiten
- Vorlaufzeiten des Betonabrufes mit den Ansprechpartnern (ggf. schriftlicher Abruf, um Missverständnisse zu vermeiden)
- Maximale Liefermengen pro Stunde oder Tag unter Berücksichtigung der Witterungsverhältnisse, die eventuell einen vorgewärmten oder gekühlten Beton erfordern
- Zuwegungen von Fahrmischern/Fertigteiltransportern/ Betonpumpen zur Baustelle
- Ausnahmegenehmigungen für den Betoneinbau außerhalb der gesetzlichen Arbeitszeiten
- Erforderliche Zeiten für die Durchführung von notwendigen Erstprüfungen
- Festlegung von Annahmekriterien (z. B. max. Luftporengehalt, Rohdichtebereich, Konsistenzbereich, Verzögerungszeit oder beschleunigter Beton)

**Zur geregelten Förderung und zum Einbau des Betons oder Betonfertigteils sind folgende Punkte im Detail ergebnisorientiert festzulegen:**

- Festlegung von besonderen Betonierpunkten (Anschlussmischung am Wandfußpunkt oder Größtkorn bei punktuell erhöhtem Bewehrungsgrad)
- Verdichtungsgerät der dazu erforderlichen Konsistenz sowie Geräte zur Nachbearbeitung der Betonoberfläche
- Maßnahmen zum Schutz des jungen Betons gegen Witterungseinflüsse sowie Nachbehandlungsmaßnahmen und Dauer
- Qualifizierung und Schulung der Mitarbeiter, die den Beton verarbeiten
- Dokumentation zum Beton und dessen Verarbeitung inklusive der erforderlichen Prüfungen

Jede Baustelle ist ein Unikat und unterliegt speziellen Anforderungen und Randbedingungen, die nicht immer statisch sind. Darum ist es erforderlich, dass sich die Verantwortlichen des Startgespräches auch während der Bauzeit kontinuierlich im Austausch befinden und je nach den Erfordernissen zu BBQ Bauverlaufgesprächen zusammenkommen. Bei diesen Gesprächen wird kontinuierlich die Umsetzung der Planung bewertet sowie Abweichungen, Auffälligkeiten und Hindernisse besprochen. Auf dieser Basis sind zielorientierte Maßnahmen festzulegen und durch qualifizierte Protokolle zu dokumentieren.

**In dem Protokoll sollten folgende Punkte erfasst werden:**

- Objekt
- Datum
- Teilnehmer
- Abweichung, Auffälligkeit, Hindernis, festgelegte Maßnahmen
- Verantwortlichkeiten für die Durchführung der Maßnahmen
- Termin zur Umsetzung der Maßnahmen

Aus den Qualitätsmanagement-Systemen bekannte Verantwortungsmatrixen helfen hier, die Verantwortlichkeiten der Teilnehmer der verschiedenen BBQ-Gespräche übersichtlich darzustellen.

*Die Verantwortlichkeiten wurden nicht eingetragen, da es nur ein Muster ist.*

Aufgabe	Baujahr	Objektplaner	Tragwerksplaner	Experte für Betonbautechnologie	Fachplaner	Bauleitung	Betonlieferant
Projektspezifischer Qualitätssicherungsplan							
Musterbauteile (z. B. für Sichtbeton)							
Festlegung von Ausnahmekriterien (z. B. max. Luftporengehalt, Rohdichtebereich, Konsistenzbereich, Verzögerungszeit oder beschleunigter Beton)							
Lieferwerke und Ersatzlieferwerke bei Havarie mit den dazugehörigen Lieferwegen und Fahrzeiten							
Verdichtungsgerät und Geräte zur Nachbearbeitung der Betonoberfläche und die dazu erforderliche Konsistenz							
	I	M	I	M	M	V	M
	I	I	V	M	I	I	M
	I	V	M	M	V	M	M
	I	I	I	V	M	M	M

**I = informell V= verantwortlich M = mitwirkend**

Der Planer muss bei der Bearbeitung des Projektes, gegebenenfalls mit dem Fachmann für Betonbautechnik die Betonbauklassen des Betons für die einzelnen Bauteile festlegen. Der Fachmann für Betonbautechnik kann durch eine einzelne Person vertreten werden oder durch eine Gruppe. Dieser Fachmann für Betonbautechnik muss Grundkenntnisse in der Bemessung und Konstruktion (konstruktiver Ingenieur) sowie Erfahrungen und besondere Kenntnisse der Betontechnik, Ausführung und Qualitätssicherung haben.

Dabei sind die einschlägigen Richtlinien, wie DAFStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)“, zu berücksichtigen.

## Beton

Bei erhöhten Anforderungen (BBQ-E) oder speziellen Anforderungen (BBQ-S) ist ein Betonbaukonzept erforderlich. In einem Startgespräch wird von den beteiligten Personen vor Baubeginn ein Betonbaukonzept erarbeitet, das beispielweise folgende Punkte beinhaltet:

### Allgemeine Vereinbarungen:

- Festlegung von Verantwortlichkeiten und Ansprechpartnern (z. B. in einer Matrix)
- gegebenenfalls weitere Punkte

### Planungsvorgaben:

- Anforderungen an die Betonoberflächen, ggf. Musterflächen für Sichtbeton, sowie Farbmuster sofern erforderlich
- besondere Betoneigenschaften oder Oberflächeneigenschaften, wie Beschichtungen oder Ableitfähigkeit
- projektspezifischer Qualitätssicherungsplan
- Anordnung und Ausbildung von Fugen
- gegebenenfalls weitere Vorgaben

### Angaben für die Betonherstellung und Lieferung:

- Bauteilbezogenes Beton-Eigenschaftsverzeichnis
- Vorgesehene Betonlieferwerke einschließlich Ersatzlieferwerke; Leistungsfähigkeit der Mischanlagen (im regulären Betrieb und bei Heiz- bzw. Kühlbetrieb)
- Anforderungen an Frischbeton- oder Bauteiltemperatur
- Betontransportwege, Konsistenz, Transportzeit, Betonübergabe
- Lieferzeiträume, zeitabhängige Liefermengen, Vorlaufzeiten für Abrufe
- Erforderliche Nachweise (z. B. Erstprüfung) oder Ergebnisse von zusätzlichen Prüfungen z.B. für Frostwiderstand, Spannbeton, Gleitbauweise, Freivorbau
- gegebenenfalls weitere Angaben

### Angaben für den Betoneinbau und Bauablauf:

- Jahreszeitlich erforderliche Maßnahmen (Sommer-/Winterbetone, besondere Nachbehandlungsmaßnahmen, besondere Schutzmaßnahmen etc.)
- Festlegungen zu Anschlussmischungen (z. B. bei WU-Bauteilen)
- Betonrelevante Baustellenlogistik: Fördergeräte, Einbauart, Betonverdichtung, Oberflächenbearbeitung
- Arbeitsfugenausbildung und Vorbehandlung, Fugenausführung
- Zeitpunkt des Anlegens von Scheinfugen
- Ausschalzeit bei der zu erwartenden Witterung
- Nachbehandlungsart
- Betonreife
- gegebenenfalls weitere Angaben.

Das Betonbaukonzept ist zu dokumentieren und über die Bauzeit fortzuschreiben.

Bei normalen Anforderungen (BBQ-N) ist kein Betonkonzept erforderlich, aber wünschenswert.

## Beton

**Umgebung und Grenzwerte der Expositionsklassen X0**

**Kein Angriffsrisiko durch Korrosion**

Beschreibung der Umgebung	X0 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) <sub>eq</sub>	-
Mindestdruckfestigkeitsklasse <sup>a)</sup>	C8/10 C12/15 für tragende Bauteile
Mindestluftgehalt [%]	-
andere Anforderungen	-
Mindestzementgehalt [kg/m <sup>3</sup> ]	-
Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Zusatzstoffen [kg/m <sup>3</sup> ]	-

<sup>a)</sup> Gilt nicht für Leichtbeton.

**Umgebung und Grenzwerte der Expositionsklassen XC**

**Durch Karbonatisierung verursachte Bewehrungskorrosion**

Beschreibung der Umgebung	XC1 trocken oder ständig nass	XC2 nass, selten trocken	XC3 mäßige Feuchte	XC4 wechselnd nass und trocken
Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen	Beton, ständig unter Wasser, Innenbauteile (mit üblicher Luftfeuchte)	Teile von Wasserbehältern, Gründungsbauteile	Bauteile an der Außenluft, Innenbauteile mit hoher Luftfeuchtigkeit	Außenbauteile mit direkter Beregnung
Höchstzulässiger Wasserzementwert w/z, ggf. (w/z) <sub>eq</sub>	0,75	0,75	0,65	0,60
Mindestdruckfestigkeitsklasse <sup>a)</sup>	C16/20	C16/20	C20/25	C25/30
Mindestluftgehalt [%]	-	-	-	-
andere Anforderungen	-	-	-	-
Mindestzementgehalt <sup>b)</sup> [kg/m <sup>3</sup> ]	240	240	260	280
Mindestzementgehalt <sup>b)</sup> bei Anrechnung von Zusatzstoffen [kg/m <sup>3</sup> ]	240	240	240	270

<sup>a)</sup> Gilt nicht für Leichtbeton.

<sup>b)</sup> Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m<sup>3</sup> reduziert werden.

**Umgebung und Grenzwerte der Expositionsklassen XD**

**Durch Chloride verursachte Bewehrungskorrosion (außer Meerwasser)**

Beschreibung der Umgebung	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 <sup>a)</sup>	C30/37 <sup>c)</sup>	C35/45 <sup>c) d)</sup>	C35/45 <sup>c)</sup>
Mindestluftgehalt [%]	-	-	-
andere Anforderungen	-	-	-
Mindestzementgehalt <sup>b)</sup> [kg/m <sup>3</sup> ]	300	320	320
Mindestzementgehalt <sup>b)</sup> bei Anrechnung von Zusatzstoffen [kg/m <sup>3</sup> ]	270	270	270

<sup>a)</sup> Gilt nicht für Leichtbeton.

<sup>b)</sup> Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m<sup>3</sup> reduziert werden.

<sup>c)</sup> Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger. In diesem Fall darf Fußnote <sup>d)</sup> nicht angewendet werden.

<sup>d)</sup> Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen ( $r < 0,30$ ) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse nach 4.3.1 ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. In diesem Fall darf Fußnote <sup>c)</sup> nicht angewendet werden.

**Umgebung und Grenzwerte der Expositionsklassen XS**

**Durch Chloride aus Meerwasser verursachte Bewehrungskorrosion**

Beschreibung der Umgebung	XS1 mäßige Feuchte	XS2 nass, selten trocken	XS3 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 <sup>a)</sup>	C30/37 <sup>c)</sup>	C35/45 <sup>c) d)</sup>	C35/45 <sup>c)</sup>
Mindestluftgehalt [%]	-	-	-
andere Anforderungen	-	-	-
Mindestzementgehalt <sup>b)</sup> [kg/m <sup>3</sup> ]	300	320	320
Mindestzementgehalt <sup>b)</sup> bei Anrechnung von Zusatzstoffen [kg/m <sup>3</sup> ]	270	270	270

<sup>a)</sup> Gilt nicht für Leichtbeton.

<sup>b)</sup> Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m<sup>3</sup> reduziert werden.

<sup>c)</sup> Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger. In diesem Fall darf Fußnote <sup>d)</sup> nicht angewendet werden.

<sup>d)</sup> Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen ( $r < 0,30$ ) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse nach 4.3.1 ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. In diesem Fall darf Fußnote <sup>c)</sup> nicht angewendet werden.

**Umgebung und Grenzwerte der Expositionsklassen XF**

**Durch Frost mit und ohne Taumittel verursachter Betonangriff.**

Beschreibung der Umgebung	XF1 trocken oder ständig nass	XF2 Mäßige Wassersättigung, mit Taumittel	XF3 Hohe Wassersättigung, ohne Taumittel	XF4 Hohe 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	Bauteile an der Außenluft, Innenbauteile mit hoher Luftfeuchtigkeit	Verkehrsflächen; Meerwasserbauteile in der Wasserwechselzone; Räumlerlaufbahnen		
Höchstzulässiger Wasserzementwert w/z, ggf. (w/z) <sub>eq</sub>	0,60	0,55	0,50	0,55	0,50	
Mindestdruckfestigkeitsklasse <sup>a)</sup>	C25/30	C25/30	C35/45 <sup>d)</sup>	C20/25	C35/45 <sup>d)</sup>	C30/37
Mindestluftgehalt [%]	-	vorgeschrieben		vorgeschrieben		vorgeschrieben <sup>h)</sup>
Mindestzementgehalt <sup>b)</sup> [kg/m <sup>3</sup> ]	280	300	320	300	320	320
Mindestzementgehalt <sup>b)</sup> bei Anrechnung von Zusatzstoffen [kg/m <sup>3</sup> ]	270	270 <sup>f)</sup>	270 <sup>f)</sup>	270	270 <sup>f)</sup>	270
andere Anforderungen	Regelanforderungen und zusätzlich Widerstand gegen Frost und/ oder Taumittel (s. DIN EN 12620)					
Gesteinskörnung	F <sub>4</sub>	MS 25	F <sub>2</sub>	MS18		
Betonklasse	BK-E <sup>e)</sup>		BK-E <sup>e)</sup>		BK-E <sup>e)</sup>	

<sup>a)</sup> Gilt nicht für Leichtbeton.

<sup>b)</sup> Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m<sup>3</sup> reduziert werden.

<sup>c)</sup> Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen (r < 0,30) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse nach 4.3.1 ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. In diesem Fall darf Fußnote c) nicht angewendet werden.

<sup>e)</sup> Luftporenbeton ist der Betonklasse BK-E nach DIN 1045-1000:2023-08 zugeordnet (siehe 1045-2:2023-08 Pkt. 5.4.3.).

<sup>f)</sup> Die Anrechnung auf den Mindestzementgehalt und den Wasserzementwert ist nur bei Verwendung von Flugasche zulässig. Weitere Zusatzstoffe des Typs II dürfen zugesetzt, aber nicht auf den Zementgehalt oder den w/z angerechnet werden. Bei gleichzeitiger Zugabe von Flugasche und Silikastaub ist eine Anrechnung auch für die Flugasche ausgeschlossen.

<sup>h)</sup> Erdfeuchter Beton mit w/z ≤ 0,40 darf ohne Luftporen hergestellt werden.

**Umgebung und Grenzwerte der Expositionsklassen XA**

**Durch aggressive chemische Umgebung verursachter Betonangriff.**

Beschreibung der Umgebung	XA1 chemisch schwach angreifende Umgebung	XA2 chemisch mäßig angreifende Umgebung und Meeresbauwerke	XA3 chemisch stark angreifende Umgebung
Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen	Bauteile von Kläranlagen; Güllebehälter	Betonbauteile die mit Meerwasser in Berührung kommen, Bauteile in betonangreifenden Böden	Teile von Brücken mit häufiger Spritzwasserbeanspruchung; Fahrbahndecken; Parkdecks
Höchstzulässiger Wasserzementwert w/z, ggf. (w/z) <sub>eq</sub>	0,60	0,50	0,45
Mindestdruckfestigkeitsklasse <sup>a)</sup>	C25/30	C35/45 <sup>c)</sup> <sup>d)</sup>	C35/45 <sup>c)</sup>
Mindestluftgehalt [%]	-	-	-
andere Anforderungen	-	-	-
Mindestzementgehalt <sup>b)</sup> [kg/m <sup>3</sup> ]	280	320	320
Mindestzementgehalt <sup>b)</sup> bei Anrechnung von Zusatzstoffen [kg/m <sup>3</sup> ]	270	270	270
Andere Anforderungen	<sup>j)</sup>		

<sup>a)</sup> Gilt nicht für Leichtbeton.

<sup>b)</sup> Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m<sup>3</sup> reduziert werden.

<sup>c)</sup> Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger. In diesem Fall darf Fußnote <sup>a)</sup> nicht angewendet werden.

<sup>d)</sup> Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen (r < 0,30) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse nach 4.3.1 ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. In diesem Fall darf Fußnote <sup>c)</sup> nicht angewendet werden.

<sup>j)</sup> Schutzmaßnahmen erforderlich, siehe 1045-2:2023-08, Pkt. 5.3.2.

**Umgebung und Grenzwerte der Expositionsklassen XM**

**Betonangriff durch Verschleiß**

Beschreibung der Umgebung	XM2 starke Verschleißbeanspruchung		XM3 sehr starke Verschleißbeanspruchung
	XM1 mäßige Verschleißbeanspruchung		
Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luft- oder vollgummibereifte 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
Höchstzulässiger Wasserzementwert w/z, ggf. (w/z) <sub>eq</sub>	0,55	0,55	0,45
Mindestdruckfestigkeitsklasse <sup>a)</sup>	C30/37 <sup>c)</sup>	C30/37 <sup>c)</sup>	C35/45 <sup>c)</sup>
Mindestluftgehalt [%]	-	-	-
andere Anforderungen	-	-	-
Mindestzementgehalt <sup>b)</sup> [kg/m <sup>3</sup> ]	300 <sup>g)</sup>	300 <sup>g)</sup>	320 <sup>g)</sup>
Mindestzementgehalt <sup>b)</sup> bei Anrechnung von Zusatzstoffen [kg/m <sup>3</sup> ]	270	270	270
Andere Anforderungen		Oberflächenbehandlung des Betons; z.B. <sup>i)</sup>	Einstreuung von Hartstoff nach DIN 1100

<sup>a)</sup> Gilt nicht für Leichtbeton.

<sup>b)</sup> Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m<sup>3</sup> reduziert werden.

<sup>c)</sup> Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger. In diesem Fall darf Fußnote <sup>g)</sup> nicht angewendet werden.

<sup>g)</sup> Höchstzementgehalt 380 kg/m<sup>3</sup>, jedoch nicht bei Betonen der Druckfestigkeitsklassen ab C70/85.

<sup>i)</sup> Flügelglätten des Betons.

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

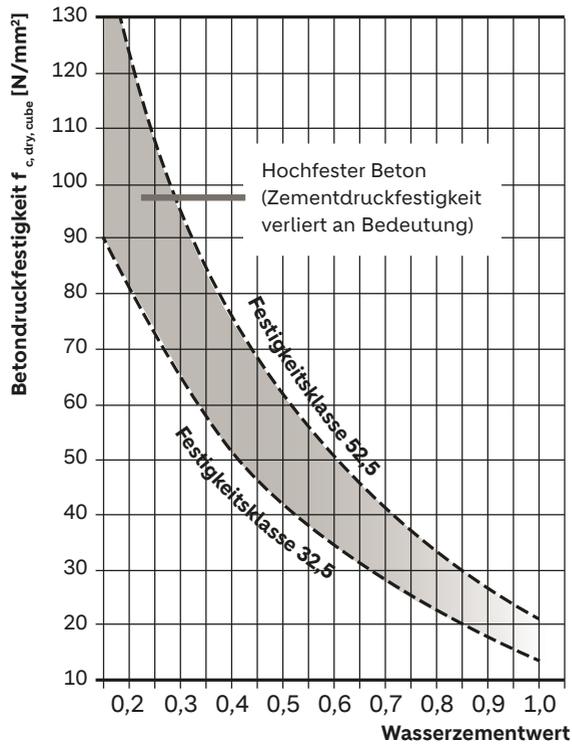
Klassenbezeichnung	Beschreibung der Umgebung	Bauteilbeispiele
WO	Beton, der nach dem Austrocknen während der Nutzung weitgehend trocken bleibt  (trocken)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Innenbauteile eines Hochbaus</li> <li>Bauteile, auf die Außenluft, aber kein Niederschlag, Oberflächenwasser, Bodenfeuchte einwirken und/oder die nicht ständig einer rel. Luftfeuchte &gt; 80 % ausgesetzt sind</li> </ul>
WF	Beton, der während der Nutzung häufig oder längere Zeit feucht ist  (feucht)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ungeschützte Außenbauteile</li> <li>Innenbauteile des Hochbaus für Feuchträume, in denen die rel. Luftfeuchte überwiegend &gt; 80 % ist, (z. B. Hallenbäder, Wäschereien, andere gewerbliche Feuchträume)</li> <li>Bauteile mit häufiger Taupunktunterschreitung (z. B. Schornsteine, Filterkammern und Viehställe)</li> <li>Massige Bauteile, deren kleinstes Maß &gt; 0,80 m ist (unabhängig vom Feuchtezutritt)</li> </ul>
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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bauteile mit Meerwassereinwirkung</li> <li>Bauteile mit Tausalzeinwirkung ohne zusätzliche hohe dynamische Beanspruchung (z. B. Spritzwasserbereiche, Fahr- und Stellflächen in Parkhäusern)</li> <li>Bauteile von Industriebauten und landwirtschaftlichen Bauwerken mit Alkalisalzeinwirkung (z. B. Güllebehälter)</li> </ul>
WS <sup>a)</sup>	Beton, der Klasse WA mit zusätzlicher hoher dynamischer Beanspruchung  (feucht + Alkalizufuhr von außen + starke dynamische Beanspruchung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bauteile unter Tausalzeinwirkung mit zusätzlicher hoher dynamischer Beanspruchung (Betonfahrbahnen der Belastungsklasse Bk100 bis Bk1,8 nach RStO)</li> </ul>

<sup>a)</sup> Die Feuchtigkeitsklasse WS ist nicht in der DIN 1045-2 geregelt, sondern gilt für den Neubau bzw. die Erneuerung von Fahrbahndecken aus Beton mit den Belastungsklassen BK 1,8 bis BK100.

**Walz-Kurven**

In den Walz-Kurven wird der Zusammenhang von Betondruckfestigkeit, Zementdruckfestigkeit und w/z-Wert dargestellt.

Zement bindet chemisch und physikalisch nur etwa 40% seiner Masse an Wasser. Das entspricht einem Wasserzementwert von 0,4. Das darüber hinausgehende Wasser hinterlässt im Zementstein Kapillarporen. Je größer der w/z-Wert ist, umso geringer sind die Dichtigkeit und Festigkeit des Betons. Mit abnehmenden Wasserzementwerten sinkt die Porosität und damit steigen die Festigkeit und Dichtigkeit.



Abhängigkeit der Betondruckfestigkeit vom w/z-Wert für Zemente unterschiedlicher Festigkeitsklasse (Richtwerte).

**Mindest-Leimvolumen**

Mit der Betonzusammensetzung müssen unter Berücksichtigung des Herstellverfahrens und der Verarbeitungsanforderungen die geplanten Eigenschaften des Betons zielsicher erreicht werden.

Dafür hat die DIN 1045-2 normative Anforderungen an den Leimgehalt für Betone ab der Konsistenzklasse F3 und einer Festigkeitsklasse C25/30 festgelegt.

**Mindestwerte für das Leimvolumen <sup>a) b) c)</sup> in l/m<sup>3</sup>**

Konsistenz- klasse	Größtkorn D <sub>max</sub> (Kiessandbeton)			
	32	22	16	8
F3	270	275	280	295
F4	280	285	290	305
F5	290	295	300	315
F6	300	305	315	325

<sup>a)</sup> Besondere Gesteinskörnungen (z. B. gebrochene Gesteinskörnungen) können ein höheres Leimvolumen erfordern.  
<sup>b)</sup> Gilt nicht für Betone nach den DAfStb-Richtlinien „Massige Bauteile aus Beton“ und „Betonbau beim Umgang mit wasser-gefährdenden Stoffen“.  
<sup>c)</sup> Das Leimvolumen ist aus den volumetrischen Anteilen von Zement, Zusatzstoffen und dem wirksamen Wassergehalt zu berechnen.

**Konsistenzklassen**

**Ausbreitmaßklassen nach DIN EN 12350-5**

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	≥ 630	sehr fließfähig

**Verdichtungsmaßklassen nach DIN EN 12350-4**

Klasse	Verdichtungsmaß [mm]	Konsistenzbeschreibung
C0	≥ 1,46	sehr steif
C1	1,45 bis 1,26	steif
C2	1,25 bis 1,11	plastisch
C3	1,10 bis 1,04	weich
C4 <sup>a)</sup>	< 1,04	--

<sup>a)</sup> gilt nur für Leichtbeton

**Setzfließmaßklassen nach DIN EN 12350-8**

Klasse	Setzfließmaß [mm]
SF1	550 bis 650
SF2	660 bis 750
SF3	760 bis 850

Die Klasseneinteilung gilt nicht für Beton mit  $D_{max} > 40\text{mm}$

**Setzmaßklasse nach DIN EN 12350-2**

Klasse	Setzmaß [mm]
S1	10 bis 40
S2	50 bis 90
S3	100 bis 150
S4	160 bis 210
S5	≥ 220

**Grenzwerte für die Expositionsklassen bei chemischen Angriff durch Grundwasser und natürliche Böden<sup>a)b)</sup>**

chemisches Merkmal	Referenzprüfverfahren	XA1	XA2	XA3
<b>Grundwasser</b>				
Sulfat <sup>d)h)</sup> $\text{SO}_4^{2-}$ [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 $\text{CO}_2$ [mg/l] angreifend	DIN EN 13577	≥ 15 und ≤ 40	> 40 und ≤ 100	> 100 bis zur Sättigung
Ammonium <sup>c)</sup> $\text{NH}_4^+$ [mg/l]	ISO 7150-1 oder ISO 7150-2	≥ 15 und ≤ 30	> 30 und ≤ 60	> 60 und ≤ 100
Magnesium $\text{Mg}^{2+}$ [mg/l]	DIN EN ISO 7980	≥ 300 und ≤ 1.000	> 1.000 und ≤ 3.000	> 3.000 bis zur Sättigung
<b>Boden</b>				
Sulfat <sup>e)</sup> $\text{SO}_4^{2-}$ [mg/kg] insgesamt	DIN EN 196-2 <sup>f)</sup>	≥ 2.000 und ≤ 3.000	> 3.000 <sup>g)</sup> und ≤ 12.000	> 12.000 und ≤ 24.000
Säuregrad nach Baumann-Gully [ml/kg]	DIN EN 16502	> 200	In der Praxis nicht anzutreffen	

<sup>a)</sup> Werte gültig für Wassertemperatur zwischen 5°C und 25°C sowie eine geringe Fließgeschwindigkeit (näherungsweise wie für hydrostatische Bedingungen)

<sup>b)</sup> 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.

<sup>c)</sup> Gülle kann, unabhängig vom  $\text{NH}_4^+$ -Gehalt, in die Expositionsklasse XA1 eingeordnet werden.

<sup>d)</sup> Bei chemischem Angriff durch Sulfat (ausgenommen bei Meerwasser) in den Expositionsklassen XA2 und XA3 Zement mit hohem Sulfatwiderstand (SR-Zement) erforderlich. Für  $\text{SO}_4^{2-} \leq 1.500 \text{ mg/l}$  ist anstelle SR-Zement eine Mischung aus Zement und Flugasche zulässig.

<sup>e)</sup> Tonböden mit einer Durchlässigkeit  $< 10^{-5} \text{ m/s}$  dürfen in eine niedrigere Klasse eingestuft werden.

<sup>f)</sup> Das Prüfverfahren beschreibt die Auslaugung von  $\text{SO}_4^{2-}$  durch Salzsäure; Wasserauslaugung darf stattdessen angewandt werden, wenn am Ort der Verwendung des Betons Erfahrung hierfür vorhanden ist.

<sup>g)</sup> Falls die Gefahr der Anhäufung von Sulfationen im Beton zurückzuführen ist auf wechselndes Trocknen und Durchfeuchten oder kapillares Saugen besteht, ist der Grenzwert von 3.000 mg/kg auf 2.000 mg/kg zu vermindern.

<sup>h)</sup> 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 <sup>3</sup> ] 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 Expositionsclassen X0, XC1, XC2
- keine Erstprüfung erforderlich

**ACHTUNG**

In Deutschland ist Standardbeton nicht normativ geregelt.

**ACHTUNG!**

**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
  - Selbstverdichtenden 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, der DAfStB-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 Stahlfaserbetoneigenschaft :

z.B. C25/30 L1,2/0,9 XC4 XF1

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

### Grundwerte der zentrischen Nachrisszugfestigkeit $f_{ct0}$ in N/mm<sup>2</sup>

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 <sup>a)</sup>	0,16	0,4 <sup>a)</sup>	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 <sup>b)</sup>	1,08	2,7 <sup>b)</sup>	0,68	1,00	1,00
3,0 <sup>b)</sup>	1,20	3,0 <sup>b)</sup>	0,75	1,11	1,11

<sup>a)</sup> Nur für flächenhafte Bauteile (b > 5h)

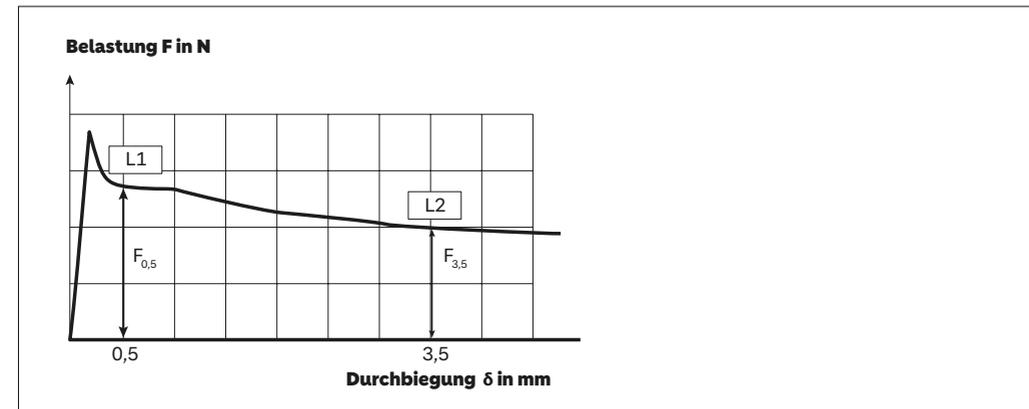
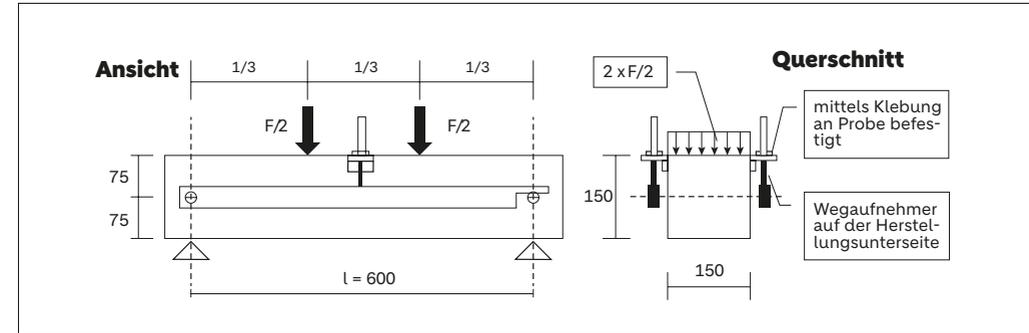
<sup>b)</sup> Für Stahlfaserbeton dieser Leistungsklassen ist eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich.

### 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)

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=700mm/150mm/150mm) ermittelt.
- Die Prüfung muss an einer weggesteuerten 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<sup>3</sup>, kein verlässliches Maß zur Beurteilung des Verarbeitungsaufwandes. Entscheidend ist die Fasernzahl in Stk/m<sup>3</sup>, 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
Besondere Eigenschaften	Stahlfaserbeton der Leistungsklasse ≤ L1-1,2	Stahlfaserbeton der Leistungsklasse > L1-1.2

Bei der Verwendung von Stahlfaserbeton der Überwachungsklasse 2 sind alle 300 m<sup>3</sup> bzw. alle 3 Betoniertage folgende Annahmeproofungen alternativ durchzuführen:

Möglichkeit 1)

Bestimmung des Fasergehaltes durch Auswaschversuch oder induktives Verfahren

Anzahl n der Ergebnisse in der Reihe	Jedes einzelne Prüfergebnis $m_f$ kg/m <sup>3</sup>
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 der Nachrissbiegezugfestigkeit

Anzahl n der Ergebnisse in der Reihe	Jedes einzelne Prüfergebnis N/mm <sup>2</sup>
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
- $s_{mB}$  Setzfließmaß mit Blockierring
- $t_{s00}$  Fließzeit
- $t_{vB}$  Verarbeitbarkeitszeit
- $t_{tr}$  Trichterauslaufzeit

Mehlkorngehalt

Der Mehlkorngehalt beträgt mindestens 450kg/m<sup>3</sup> und maximal 650kg/m<sup>3</sup>.

## Umfang der Erstprüfungen

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

### Ausgangsstoffe

Zement	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wasseranspruch nach DIN EN 196-3</li> <li>oder <math>\beta_p</math>-Wert nach Okamura (empfohlen)</li> </ul>
Flugasche	<ul style="list-style-type: none"> <li>Glühverlust nach DIN EN 450</li> <li>Kornanteile &gt;0,45mm nach DIN EN 451-2</li> <li><math>\beta_p</math>-Wert nach Okamura</li> </ul>
Gesteinsmehl	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\beta_p</math>-Wert nach Okamura</li> </ul>
Kalksteinmehl nach DIN EN 12620	<ul style="list-style-type: none"> <li>CaCO<sub>3</sub> Gehalt</li> <li>Tongehalt nach Methylenblau-Verfahren</li> <li>Gesamtgehalt organischer Kohlenstoff TOC</li> </ul>
Gesteinskörnung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Siebanalyse</li> <li>Oberflächentrockene Gesteinskörnung für die Erstprüfung empfohlen</li> </ul>
Restwasser	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dichte (Verwendung von Restwasser wird nicht empfohlen)</li> </ul>
Von den Ausgangsstoffen sind jeweils Rückstellproben aufzubewahren.	

### Frischbeton

Konsistenz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Setzfließmaß und -zeit mit und ohne Blockierring, 5 Zeitpunkte bis 120 min nach Wasserzugabe</li> </ul>
Trichterauslaufzeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trichterauslaufzeit, 5 Zeitpunkte bis 120 min nach Wasserzugabe</li> </ul>
Korrelation zwischen Trichterauslaufzeit und Setzfließzeit (empfohlen)	
Sedimentationsneigung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auswaschversuch und</li> <li>Beurteilung am Festbetonzylinder</li> <li>Jeweils zum Zeitpunkt der größten Fließfähigkeit</li> </ul>
Verarbeitbarkeitsbereich	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bestimmung des zulässigen Verarbeitbarkeitsbereiches</li> <li>Berücksichtigung unterschiedlicher Temperaturbereiche (falls erforderlich)</li> </ul>
Nachdosierungsplan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erstellung eines Nachdosierungsplanes (empfohlen)</li> </ul>
LP-Beton (XF2, XF3, XF4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gesamtluftgehalt am Frischbeton vor Probekörperherstellung</li> </ul>
Verarbeitungsversuch	<ul style="list-style-type: none"> <li>Festlegen der Dosierreihenfolge sowie der Nassmischzeiten im jeweiligen Transportbetonwerk</li> <li>Prüfung von Konsistenz, Trichterauslaufzeit sowie der Sedimentationsneigung (wie oben beschrieben)</li> <li>Ggf. Nachweis der Eignung für spezifische Anwendungsbedingungen (Transport, Pumpen, etc.)</li> </ul>

### Festbeton

Druckfestigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jeweils eine Serie (3 Stk) nach 2 und 28 Tagen</li> </ul>
LP-Beton	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prüfung des Mikroluftgehaltes A 300</li> <li>Prüfung des Abstandsfaktors L</li> </ul>

### Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)

Wassergehalt der feinen Gesteinskörnung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einmal je Betoniertag, vor Beginn der Betonherstellung Darrversuch</li> <li>Kontinuierliche Feuchtemessung mit automatischer Einrichtung (Sonde)</li> </ul>
Wassergehalt des Frischbetons	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei jeder Herstellung von Probekörpern Kontrolle des Zugabewassers</li> </ul>
Konsistenz	<ul style="list-style-type: none"> <li>An jedem Lieferfahrzeug bei Verlassen des Transportbetonwerkes bzw. vor dem Einbau auf der Baustelle</li> <li>Bei Nachdosierung nach Dosierplan</li> </ul>
Trichterauslaufzeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einmal je Betoniertag</li> </ul>
Sedimentationsneigung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nach DIN EN 12350-11</li> </ul>
Mischanweisung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Überprüfung der Mischanweisung wie festgelegt vor jedem Mischen</li> </ul>

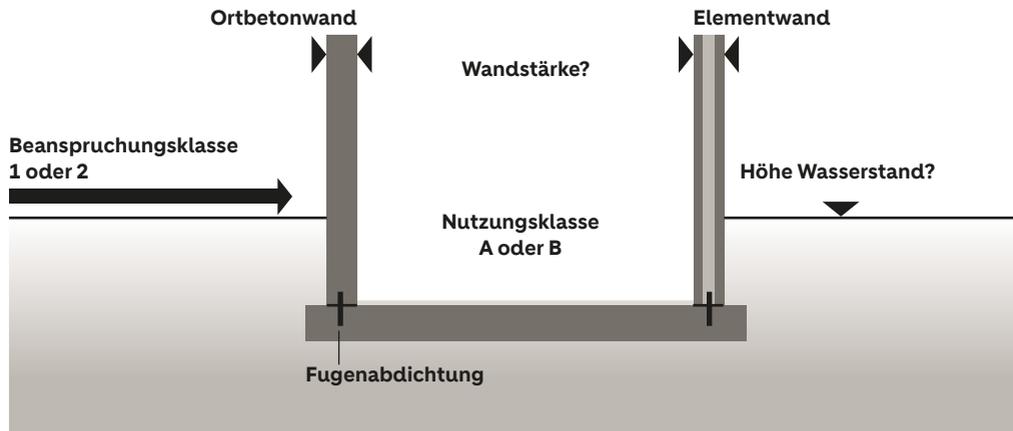
### Maßnahmen auf der Baustelle nach DIN 1045-3

Personal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erfahrenes Personal</li> <li>Schulungen inkl. Dokumentation</li> </ul>
Betonierkonzept	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erstellen eines Betonierkonzeptes je nach Anwendung und Baustellenbedingungen</li> </ul>
Schalung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hydrostatischer Druck</li> </ul>
Verarbeitbarkeitszeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei Ankunft Baustelle mind. 45 min</li> </ul>
Überwachungsklasse	<ul style="list-style-type: none"> <li>ÜK2</li> </ul>
Lieferschein	<ul style="list-style-type: none"> <li>Augenschein, jedes Lieferfahrzeug</li> </ul>
Konsistenz, Trichterauslaufzeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jedes Lieferfahrzeug</li> <li>Bei Korrelation zwischen Trichterauslaufzeit und Setzfließzeit kann die Trichterauslaufzeit entfallen (siehe Erstprüfung)</li> </ul>
Gleichmäßigkeit des Betons	<ul style="list-style-type: none"> <li>Augenschein, jedes Lieferfahrzeug</li> </ul>
Sedimentationsneigung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mit Betonierbeginn und bei der Herstellung von Probekörpern für die Druckfestigkeit</li> </ul>
Luftgehalt bei LPBeton	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zu Beginn jedes Betonierabschnittes</li> </ul>
Frischbetonrohddichte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei der Herstellung von Probekörpern für die Druckfestigkeit</li> <li>Im Zweifelsfall</li> </ul>

# 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 DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ des DAfStb (WU-Richtlinie, Ausgabe 12/2017) 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.



## Entwurfsgrundsatz festlegen

Je nach Nutzungsanforderung sind drei unterschiedliche Entwurfsgrundsätze (EWG) und Konstruktionsprinzipien anzuwenden:

Bauteilbezogen muss ein Entwurfsgrundsatz festgelegt werden:

- Entwurfsgrundsatz a
  - o Risse vermeiden
- Entwurfsgrundsatz b
  - o Risse für Selbstheilung begrenzen
- Entwurfsgrundsatz c
  - o Trennrisse zulassen und planmäßig abdichten

# Beton für wasserundurchlässige Bauwerke

## Beanspruchungsklassen

Die Beanspruchungsklasse – die Art der Beaufschlagung des Bauwerks oder Bauteils mit Feuchte oder Wasser – ist unter Berücksichtigung der Baugrundeigenschaften und des Bemessungswasserstandes festzulegen.

Beanspruchungsklasse 1 (Nass)	Beanspruchungsklasse 2 (Feucht)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ständig und zeitweise drückendes Wasser</li> <li>• Immer für WU-Dächer</li> <li>• Gilt für alle Wasserbeanspruchungen außer Bodenfeuchte und an der Wand ablaufendem Wasser.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gilt für Bodenfeuchte und an der Wand ablaufendem Wasser</li> </ul>

## Überwachungsklassen nach DIN 1045-3

Überwachungsklasse 2 (ÜK2)	Überwachungsklasse 1 (ÜK1)
Generell bei Beanspruchungsklasse 1 (ständig und zeitweise drückendes Wasser, sowie bei WU-Dächern)	Generell bei Beanspruchungsklasse 2 (Bodenfeuchte und frei an der Wand ablaufendem Wasser)

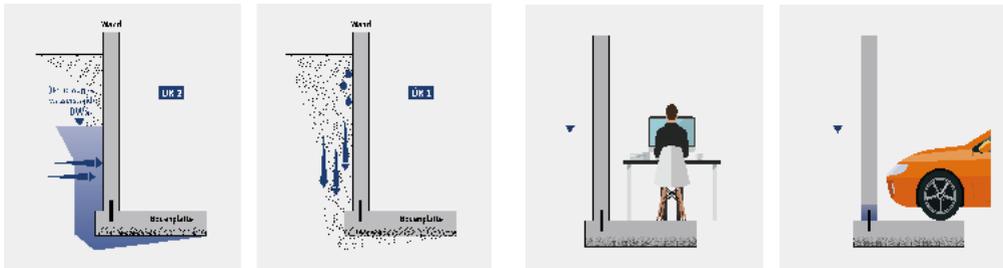
## Nutzungsklassen

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

Nutzungsklasse A (Trocken)	Nutzungsklasse B (Feucht)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feuchtstellen auf der luftseitigen Bauteiloberfläche als Folge von Wasserdurchtritt nicht zulässig</li> <li>• Anforderungen an Bauteiloberflächen ohne Tauwasserbildung und/oder trockenes Raumklima erfordern entsprechende raumklimatische und bauphysikalische Maßnahmen (siehe DBV-Merkblatt)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Begrenzter Wasserdurchtritt, Feuchtstellen auf der luftseitigen Bauteiloberfläche als Folge von Wasserdurchtritt zulässig</li> <li>• Feuchtstellen sind definiert als feuchtebedingte Dunkelfärbungen. Jedoch kein Abfließen oder Abtropfen von Wassertropfen oder Wasserdurchtritte, die zu Pfützen führen</li> </ul>
<b>Anwendungsbeispiele</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Standard für Wohnungsbau</li> <li>• Lagerräume mit hochwertiger Nutzung</li> </ul>	<b>Anwendungsbeispiele</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelgaragen, Tiefgaragen</li> <li>• Installations- und Versorgungsschächte und -kanäle</li> <li>• Lagerräume mit geringen Anforderungen</li> </ul>

## Schematische Darstellung der Beanspruchungs- und Nutzungsklassen

Beanspruchungs-klasse 1	Beanspruchungs-klasse 2	Nutzungsklasse A	Nutzungsklasse B
<b>NASS</b>	<b>FEUCHT</b>	<b>TROCKEN</b>	<b>FEUCHT</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ständig und zeitweise drückendes Wasser</li> <li>• Immer für WU-Dächer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodenfeuchte und an der Wand frei ablaufendes Wasser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standard für Wohnungsbau</li> <li>• Lagerräume mit hochwertiger Nutzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelgaragen, Tiefgaragen</li> <li>• Installations- und Versorgungschächte</li> <li>• Kanäle</li> <li>• Lagerräume mit geringen Anforderungen</li> </ul>



## Empfohlene Mindestwanddicken nach WU-Richtlinie (Angaben in mm)

Bauteil	Beanspruchungs-klasse	Ausführungsart		
		Ortbeton	Elementwände oder Elementdecken mit Ortbetonergänzung	Fertigteile
Wände	1 (Wasser)	240	240 (120 <sup>al</sup> )	200
	2 (Feucht)	200	240 (120 <sup>al</sup> )	100
Bodenplatte	1 (Wasser)	250	x	200
	2 (Feucht)	150	x	100
Dächer ohne Wärmedämmung	1 (Wasser)	200	240 (180 <sup>al</sup> )	180
Dächer mit Wärmedämmung	1 (Wasser)	180	220 (160 <sup>al</sup> )	160

<sup>al</sup> Mindestwerte für die Ortbetonergänzung. Für den WU-Beton gilt:

- Ausnutzung der Mindestbauteildicke Beanspruchungsklasse 1 – max.  $w/z_{eq} \leq 0,55$ , bei Wänden  $D_{max} \leq 16$  mm. Bei Zulagebewehrung und innenliegenden Fugenabdichtungen sind gegebenenfalls auch zusätzliche Anforderungen an die lichten Innenmaße gemäß: Lichtes Maß zwischen den Bewehrungslagen – zu beachten
- Bei Erhöhung der Mindestbauteildicken bei Beanspruchungsklasse 1 um 15% kann  $w/z_{eq} \leq 0,60$  (Beton mit hohem Wassereindringwiderstand) angewendet werden.

## 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<sup>3</sup> (bei Anrechnung von Zusatzstoffen 270 kg/m<sup>3</sup>) 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. 16 mm 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
$b_{w,i} \geq 120$ mm	8 mm
$b_{w,i} \geq 140$ mm	16 mm
$b_{w,i} \geq 180$ mm	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.

## Leitfaden für WU-Beton

Für weitere Informationen und Details steht unser „Leitfaden für WU-Beton“ als Broschüre oder als PDF-Datei auf unserer Homepage ([www.holcim.de](http://www.holcim.de)) zur Verfügung.

**Sichtbeton – Allgemein**

An Oberflächen aus Sichtbeton werden besondere Anforderungen hinsichtlich Farbe, Gestaltung, Aussehen sowie Maßgenauigkeit und Ebenheit gestellt. Grundsätzlich kann man zwischen Oberflächen unterscheiden, bei denen die Schalung als Gestaltungselement genutzt wird, und solchen, die durch eine nachträgliche Oberflächenbearbeitung gestaltet werden. In beiden Fällen können zudem Farbpigmente zum Einfärben des Betons als gestalterisches Merkmal eingesetzt werden.

Sichtbeton ist kein Beton, der fertig gemischt geliefert und eingebaut werden kann. Es handelt sich hierbei vielmehr um eine Gesamtleistung aus einem auf das Bauvorhaben abgestimmten Beton, einer fachgerechten Planung und einer fachmännischen Bauausführung. Bei ästhetisch anspruchsvollen Objekten ist die optimale Abstimmung aller Beteiligten untereinander unbedingt erforderlich.

Es bestehen keine verbindlichen Vorschriften bzgl. Planung, Betonzusammensetzung, Bauausführung oder Beurteilung von Sichtbetonflächen. Es empfiehlt sich stattdessen die Anwendung des „Merkblatt Sichtbeton“ des Deutschen Beton- und Bautechnikverein e. V.

Es besitzt zwar keinen Normen- oder Richtliniencharakter, stellt aber eine gute Grundlage für Planer, Ausführende und Bauherren dar. Mit dem Merkblatt wird die Möglichkeit eröffnet, Sichtbetonflächen präzise zu beschreiben, zu planen, auszuführen und letztendlich zu beurteilen. Es kann in den Bauvertrag eingebunden werden.

Mit Hilfe des Merkblattes kann Sichtbeton so genau beschrieben werden, dass der Ausführende dementsprechend genau versteht, welche Anforderungen zu erfüllen sind. Jedes Detail ist im Merkblatt umfassend je nach Sichtbetonklasse festgelegt und beschrieben.

**Sichtbetonklassen**

Zur Festlegung einer Sichtbetonfläche sind folgende Parameter genau zu beschreiben:

- Sichtbetonklasse
- Schalungs- und Schalungshautsystem
- Oberflächentextur (Schalungshaut/Oberflächenbearbeitung)
- Ausbildung von Schalungsstößen, Anker und Ankerlöcher (Lage, Ausbildung, Verschluss)
- Fugen (Lage, Verlauf, Breite, Ausbildung)
- Flächengliederung (Größe der Schalungselemente, Schalungstexturen, Fugenverlauf, Raster der Ankerlöcher, Rahmen- oder Trägerschalung, usw.)
- Ausbildung der Kanten und Ecken (scharfkantig, gebrochen)
- Farbtongebung (Zement, Gesteinskörnung, Pigmente, Anstriche)
- Oberflächenausbildung nicht geschalter Teilflächen (Oberseiten, Brüstungen)

**Sichtbetonklassen gemäß „Merkblatt für Sichtbeton“**

Sichtbeton- klasse		Beispiele	Anforderungen an geschalte Sichtbetonflächen nach Klasse bezüglich:					Weitere Anforderungen					
			Textur	Porigkeit <sup>a)</sup>		Farbtongleich- mäßigkeit <sup>a) b)</sup>		Ebenheit	Arbeitsfugen und Schalungsstöße	Erprobungen	Schalungshaut	Herstellkosten	
				s	ns	s	ns						
Sichtbeton	geringe Anforderungen	SB 1	Betonflächen mit geringen gestalterischen Anforderungen, z. B. Kellerwände oder Bereiche mit vorwiegend gewerblicher Nutzung	T1	P1	FT1		E1	AF1	freigestellt	SHK1	niedrig	
	normale Anforderungen	SB 2	Betonflächen mit normalen gestalterischen Anforderungen, z. B. Treppenhäuseräume, Stützwände	T2	P2	P1	FT2	FT2	E1	AF2	empfohlen	SHK2	mittel
	besondere Anforderungen	SB 3	Betonflächen mit hohen gestalterischen Anforderungen, z. B. Fassaden	T2	P3	P2	FT2	FT2	E2	AF3	dringend empfohlen	SHK2	hoch
		SB 4	Betonflächen mit besonders hohen gestalterischen Anforderungen, z. B. repräsentative Bauteile	T3	P4	P3	FT3	FT2	E3	AF4	erforderlich	SHK3	sehr hoch

<sup>a)</sup> s = saugende bzw. ns = nicht saugende Schalungshaut

<sup>b)</sup> Der Gesamteindruck einer Sichtbetonfläche ist i. d. R. erst nach längerer Standzeit (u. U. nach mehreren Wochen) beurteilbar. Die Farbtongleichmäßigkeit ist aus dem üblichen Betrachtungsabstand zu beurteilen.

**Anforderungen an Sichtbetonklassen**

Je nach Sichtbetonklasse ergeben sich Anforderungen, die mit zunehmender Sichtbetonklasse SB 1 bis SB 4 erhöhten Aufwand und steigende Kosten bedeuten. Eine genaue und detaillierte Beschreibung der Forderungen ist dem „Merkblatt für Sichtbeton“ zu entnehmen. Die jeweiligen Anforderungen werden dort im Detail erläutert. Dies sind z. B. Ebenheitsanforderungen, Farbtongestaltung, Poren, Fugen und Stöße sowie Anforderungen an die Schalungshaut.

**Die Ansichtsfläche wird beeinflusst von:**

- Art und Material der Schalung
- Einsatzhäufigkeit und Reinigungszustand der Schalung
- Dichtigkeit der Schalung
- Anordnung der Bindestellen
- Steifigkeit des Schalungssystems
- Menge und Art des Trennmittels
- Betonzusammensetzung und -herstellung
- Einbau und Verdichten des Betons
- Witterung bei Herstellung und Nachbehandlung

**Einflüssefaktoren auf Sichtbetonqualität**

Bestimmte Einflussfaktoren erschweren optimale Sichtbetonqualitäten, z. B. bestimmte klimatische Umweltbedingungen, die Betonzusammensetzung, die Betonverarbeitung, das Trennmittel und nicht zuletzt die Schalungshaut.

Vorbereitende Maßnahmen, um die Unwägbarkeiten auf ein minimales Restrisiko zu beschränken, sind:

- Wahl des richtigen Betonierzeitpunkts (abhängig von der Witterung)
- Richtige Auswahl der Betonausgangsstoffe
- Wahl des geeigneten w/z-Wertes
- Festlegung der geeigneten Konsistenz
- Einbauverfahren (Kübel, Pumpe)
- Optimale Betonverdichtung
- Richtige und angepasste Nachbehandlung
- Trennmittelauswahl, Auftragsart und Menge
- Schalungshaut (Holz, Kunststoff, Metall)

**Einflussfaktoren auf das Gelingen einer Sichtbetonfläche**

Umweltbedingungen			
Niederschlag	Temperatur	Luft/Wind	Sonneneinstrahlung
↓	↓	↓	↓
↓	↓	↓	↓
<b>Betonrezeptur</b>	<b>Betonverarbeitung</b>	<b>Trennmittel</b>	<b>Schalungshaut</b>
Ausgangsstoffe	Transport	Art des Trennmittels	Material
w/z-Wert	Einbau	Art des Auftrags	Oberflächenbeschaffenheit
Kornzusammensetzung	Verdichtung	aufgetragene Menge	
	Nachbehandlung		
Konsistenz	Verarbeitungszeit	Einwirkungsdauer	Einsatzdauer

**Umweltbedingungen**

Der Einfluss des Wetters bei der Herstellung des Sichtbetons ist allgemein größer, als üblicherweise angenommen wird. Die Hydratation des Zements ist ein chemischer Vorgang, der bei hohen Temperaturen schneller, bei niedrigen langsamer verläuft. Bei kühlen, feuchten Umgebungsbedingungen können Flecken und Marmorierungen kaum vermieden werden. Dagegen bindet der Beton bei warmer und trockener Umgebung schnell ab, somit erscheint die Oberfläche deutlich heller und gleichmäßiger. Wenn junger, frisch entschalter Beton mit Wasser oder hoher Luftfeuchtigkeit in Berührung kommt, neigt er zum Ausblühen.

**Betonausgangsstoffe und Betonzusammensetzung**

**Zement**

Für die Herstellung von Sichtbeton sind alle Zemente nach DIN EN 197-1 geeignet. Da die Farbe der Betonoberfläche insbesondere von der Farbe des Zements beeinflusst wird, dürfen während der Ausführung eines Sichtbetonobjekts weder die Zementsorte noch das Lieferwerk gewechselt werden.

**Zugabewasser und w/z-Wert**

Jedes Wasser aus öffentlichen Trinkwasserversorgungen ist zur Herstellung von Sichtbeton geeignet. Restwasser ist wegen des möglichen Einflusses auf die Farbe und andere Betoneigenschaften nicht zu verwenden. Um einen gleichmäßigen Farbton sicherzustellen, ist ein möglichst gleichmäßiger w/z-Wert erforderlich.

**Gesteinskörnung**

Sichtbeton im Freien muss frost- und witterungsbeständig sein. Dies bedeutet für die Gesteinskörnung, dass sie fest und frostbeständig sein muss. Zudem beeinflusst sie, insbesondere der Sand, die Betoneigenschaften wie beispielsweise Wasserrückhaltevermögen oder Verarbeitbarkeit sehr deutlich, so dass es während der Ausführung eines Objekts keinen Wechsel der Herkunft geben sollte.

### Betonzusatzstoffe

Als Zusatzstoffe von Sichtbeton werden hauptsächlich Kalksteinmehl, Steinkohlenflugasche sowie Farbpigmente zur Einfärbung des Betons verwendet. Da Pigmente eine hohe spezifische Oberfläche aufweisen, können sie den Wasseranspruch signifikant erhöhen.

### Betonzusatzmittel

Betonverflüssiger und Fließmittel bewirken bei unverändertem w/z-Wert eine weichere Konsistenz und damit eine bessere Verarbeitbarkeit des Betons. Bei gleichbleibender Konsistenz besteht die Möglichkeit zur Senkung des Wasserzementwerts und damit zur Verbesserung vieler Betoneigenschaften wie beispielsweise Erhöhung der Dichtigkeit.

### Betonverarbeitung

Der Transport auf die Baustelle und das Entladen sollte möglichst schnell, ohne Standzeiten erfolgen, damit der Beton zügig eingebaut werden kann. Um Qualitätseinbußen, u. a. durch Entmischungen, Farbtonunterschiede oder vorzeitiges Abbinden zu vermeiden, hat sich das Einhalten folgender Erfahrungswerte bewährt:

- Mindestmischzeit von 60 Sekunden
- präzise Abstimmung von Betonherstellung, Transportzeiten und Einbaugeschwindigkeit
- Durchmischen des Betons zum Homogenisieren vor dem Entladen (mindestens zwei Minuten pro Fahrnischer)
- keine nachträgliche Wasserzugabe auf der Baustelle
- möglichst gleiche Frischbetontemperatur bei allen Lieferchargen

Das fachmännische Einbringen des Betons in die Schalung ist eine wichtige Voraussetzung für das Erreichen einer hohen Sichtbetonqualität. Die Fallhöhe ist gegenüber üblichen Normalbetonen zu halbieren (< 70 cm). Beim Einbau des Betons in mehreren Schichten ist darauf zu achten, dass die Vibriernadel etwa 10 bis 15 cm tief in die bereits verdichtete Schicht eingetaucht (vernadelt) wird. So wird eine ausreichende Durchdringung der beiden Schichten gewährleistet und ein Abzeichnen der einzelnen Lagen auf der Betonoberfläche infolge farblicher Unterschiede vermieden.

Bei mehreren Etappen von Sichtbetonbauteilen ist darauf zu achten, dass die jeweilige Verweildauer des Betons in der Schalung konstant gehalten wird. Im Weiteren sollte das Ausschalen eines Bauteils ohne Unterbrechung erfolgen und die einmal ausgeschalteten Flächen freigehalten werden (kein Anlehnen von Schalungen), um eine Fleckenbildung zu vermeiden.

Da derartige Verfärbungen auf Sichtbeton unerwünscht sind, muss um die Sichtbetonflächen herum ein Feuchtraum geschaffen werden, in dem sich weder Luft bewegen, noch Wasser ansammeln kann.

Ein sogenannter Feuchtraum entsteht nach dem Ausschalen durch Vorhängen einer Folie in einem gewissen Abstand von der Betonfläche oder einem direkt auf die Betonfläche aufgetragenen Geotextil. Beim Vorhängen einer Folie muss darauf geachtet werden, dass die Folie den Beton nicht berührt und zwischen der Folie und dem Beton zudem keine Kaminwirkung entsteht.

### Achtung!

Sichtbetonwände sollten nicht vor oder bei stärkeren Niederschlägen entschalt und nicht unmittelbar nach dem Ausschalen mit Wasser besprüht werden (Ausblühungen).

### Trennmittel

Trennmittel werden verwendet, um die Schalungselemente einwandfrei von der Betonoberfläche lösen zu können und gleichzeitig das Schalungsmaterial zu schützen und zu konservieren. Sie sind dünn, mit hohem konstantem Druck (Vernebelung), gleichmäßig sowie grundsätzlich vor dem Einbau der Bewehrung aufzutragen. Überschüssiges Trennmittel ist mit einem Gummischaber oder Lappen abzuwischen.

### Betonoberflächen

Die Qualität der Betonoberflächen, insbesondere die Lunkerbildung, wird im Wesentlichen von zwei Parametern beeinflusst:

- Schalungshaut
- Trennmittelauftragsmenge

### Wahl der Schalungen

Die Schalungen spielen eine wichtige Rolle für das Gelingen eines Bauwerks. Sie verleihen der Betonoberfläche Form, Struktur und Farbe und geben dem Beton die maßgerechte Form. Die Wahl der Schalung erfolgt in der Regel durch das ausführende Bauunternehmen nach den folgenden Kriterien:

- Bauobjekt/Bauteil
- Angestrebte Qualität der Betonoberfläche
- Anzahl der möglichen Wiederverwendungen
- Aufwand für die Erstellung
- Einbring- und Verdichtungsart des Betons
- Wärmeisoliationsvermögen
- Preis

### Saugverhalten

Hinsichtlich des Saugverhaltens sind grundsätzliche Unterschiede zu beachten wie folgt:

- Saugende Schalhaut ermöglicht den Entzug von Luft und/oder Überschusswasser aus der Betonrandzone und fördert die Herstellung von Oberflächen mit wenigen Poren sowie einem relativ gleichmäßigen Farbton.
- Nicht saugende Schalhaut ermöglicht die Herstellung nahezu glatter Oberflächen. Sie begünstigt aber auch das Entstehen von Poren, Marmorierungen, Wolkenbildungen und Farbtonunterschieden.

### Die Schalung als Gestaltungselement

Die Struktur der Schalungshaut und die Anordnung der Ankerlöcher prägt die Sichtbetonfläche. Die Betonfläche ist letztlich das Spiegelbild der Schalung und übernimmt sämtliche Formen und Abdrücke sowie entsprechend auch Fehlstellen, Kratzer und Nagellöcher.

Die Schalungshaut kann je nach Material aus Holz, Kunststoff oder Metall bestehen. Die Oberfläche kann glatt oder strukturiert, saugend oder nichtsaugend sein. Durch das Einlegen von Matrizen (Kautschuk- oder Gummieinlagen) kann jede gewünschte Betonoberfläche hergestellt werden. Die Betonoberfläche wird durch die Matrizen relativ gleichmäßig im Farbton. Lunker, Poren und Marmorierungen treten hier deutlich weniger auf und sind kaum sichtbar.

### Weitere Anforderungen an die Schalung betreffen

- Maßgenauigkeit
- Dichtigkeit
- Steifigkeit, keine Deformationen
- Sauberkeit
- geringe Haftung am erhärteten Beton
- gefällige Oberflächenstruktur

**Oberflächenbearbeitung**

Wenn das Bauteil erhärtet ist und ausgeschalt werden kann, gibt es unterschiedliche Verfahren, die Betonoberfläche nachträglich zu gestalten. Hierbei muss jedoch die geforderte Betondeckung eingehalten werden.

Verfahren zur Oberflächengestaltung:

- Feinwaschen
- Grobwaschen
- Absäuern
- Hochdruckwasserstrahlen
- Sandstrahlen
- Flammstrahlen
- Schleifen
- Polieren
- Stocken
- Spitzen
- Bossieren
- Scharrieren

<b>Beton</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
	<b>Anwendungsbereich</b>		<b>Kategorie der Gesteinskörnung</b>	
	Alkalirichtlinie <sup>a)</sup>	DIN EN 206 und DIN 1045-2	Typ 1	Typ 2
1	WO	Karbonatisierung XC1	≤45 <sup>b)</sup>	≤35
2	WF	Kein Korrosionsrisiko X0	≤45 <sup>b)</sup>	≤35
3		Karbonatisierung XC1 bis XC4		
4		Frostangriff ohne Taumittleinwirkung XF und XF3		
5		Beton mit hohem Wassereindringwiderstand nach 5.5.3		
6		Chemischer Angriff XA1 <sup>d)</sup>	≤25	≤25
7	WA <sup>c)</sup>	XD1 und XD2 XS1 und XS2 XF2 und XF4	≤30	≤20

<sup>a)</sup> Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkaliaktionen im Beton (Alkali-Richtlinie) sowie zusätzliche Anforderungen siehe E.2.3.1, [2] und [3] E.3.1.3

<sup>b)</sup> Es dürfen rezyklierte Gesteinskörnungen des Typs 1 ≤ 2 mm ≤ 20Vol.-% der austauschbaren rezyklierten Gesteinskörnung eingesetzt werden, sofern sie aus der gleichen Produktion der verwendeten rezyklierten Gesteinskörnung Typ 1 > 2 mm stammen, für die die Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung nach DIN EN 933-11 nachgewiesen wurde. Das Verhältnis von feiner und grober rezyklierte Gesteinskörnung muss sich dabei an dem entsprechenden Verhältnis von Sand zu grober Gesteinskörnung der Gesamtsieblinie orientieren.

<sup>c)</sup> Die Feuchtigkeitsklasse WA darf nur für rezyklierte Gesteinskörnung mit nachgewiesener Alkaliempfindlichkeitsklasse E I-S nach Alkali-Richtlinie verwendet werden.

<sup>d)</sup> Die Regelung zum chemischen Angriff ist für XA1 durch die Betonklasse BK-N abgedeckt.

## Massige Bauteile aus Beton

Massige Bauteile werden nach DAfStb-Richtlinie: „Massige Bauteile aus Beton“ geregelt.

Der Anwendungsbereich der Richtlinie gilt für massive Bauteile aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton nach DIN 1045-1 und DIN EN 206-1, bei denen aufgrund großer Abmessungen eine erhöhte Bauteilerwärmung infolge Hydratation auftreten kann. Die Regelungen der Richtlinie gelten für Bauteile, deren kleinste Bauteilabmessung mindestens 0,80 m beträgt. Zwang und Eigenspannungen sind in besonderer Weise zu regeln.

### Die Richtlinie enthält drei Teile:

- Teil 1: Änderungen und Ergänzungen zu DIN 1045-1
- Teil 2: Änderungen und Ergänzungen zu DIN EN 206-1 und DIN 1045-2
- Teil 3: Änderungen und Ergänzungen zu DIN 1045-3
- Erläuterungen

### Gliederung der Richtlinie:

- Allgemeines
- Schnittstellen zwischen Planung, Betonherstellung und Ausführung
- Konstruktive Maßnahmen zur Begrenzung der Rissbreiten
- Betontechnologische Maßnahmen zur Reduzierung der Rissbildung und Sicherstellung der Dauerhaftigkeit
- Besonderheiten bei der Herstellung, Festlegung und Konformität von Beton
- Besonderheiten bei der Ausführung
- Literatur

### Teil 1: Ergänzungen zu DIN 1045-1

Mindestbewehrung und Höchstbewehrung

Bei massigen Gründungsbauteilen und erddruckbelasteten Wänden aus Stahlbeton darf auf die Mindestbewehrung verzichtet werden, wenn das duktile Bauteilverhalten durch Umlagerung der Bodenpressung bzw. des Erddrucks sichergestellt werden kann. Dies ist in der Regel bei Gründungsbauteilen zu erwarten.

### Teil 2: Ergänzungen zu DIN EN 206-1 und DIN 1045-2

Klasseneinteilung (Druckfestigkeitsklasse)

Die charakteristische Festigkeit darf nach 28, 56 oder 91 Tagen ermittelt werden.

Die Festlegung des Betons sollte zusätzliche Anforderungen an die Höchsttemperatur des Frischbetons und die zulässige Wärmeentwicklung während der Hydratation mit entsprechendem Nachweisverfahren enthalten.

### Lieferung von Frischbeton

Bei der Bestimmung der Druckfestigkeit nach 56 oder 91 Tagen ist für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer das Schätzwertverhältnis mittlere Druckfestigkeit nach 2 Tagen und mittlere Durchlässigkeit nach 56 Tagen bzw. 2 Tagen und mittlere Durchlässigkeit nach 91 Tagen zu ermitteln. Es ist eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen 2 Tagen und 56 bzw. 91 Tagen anzugeben. Bei mehr als 5 h Verarbeitbarkeitszeit ist das Nachweisalter für die Druckfestigkeit im Alter von 2 Tagen um die Verzögerungszeit zu verlängern.

### Lieferschein für Transportbeton

Kennzeichnung als Beton nach dieser Richtlinie auf dem Lieferschein.

### Probenahme und Prüfplan

Die Probenahme für die Konformität besteht aus einer Probe je 600 m<sup>3</sup> bei stetiger Herstellung im Betonwerk.

### Produktionskontrolle

Ein Qualitätssicherungsplan muss erstellt werden.

### Grenzwerte der Betonzusammensetzung

Von den Mindestdruckfestigkeitsklassen und den Mindestzementgehalten kann nach DIN 1045-2 in bestimmten Fällen abgewichen werden.

### Teil 3: Ergänzungen zu DIN EN 206-1 und DIN 1045-3

Ein Betonierkonzept bzw. ein Qualitätssicherungsplan muss erstellt werden. Der Beton darf erst dann durchfrieren, wenn er eine Druckfestigkeit von min. 5 N/mm<sup>2</sup> erreicht hat. Ein langsamer Temperaturanstieg des Betons ist anzustreben. Der Temperaturunterschied zwischen Kern- und Randzone ist gering zu halten (max. 15 K).

Die Temperaturentwicklung im Beton ist abhängig von:

- Hydratationswärme des verwendeten Zements
- Zementgehalt
- Frischbetontemperatur
- Wasserzementwert
- Bauteildicke
- Umgebungsbedingungen

Die Nachbehandlungsdauer wird durch das Verhältnis der Druckfestigkeiten nach 2 Tagen zu 28, 56 oder 91 Tagen gesteuert. Die Überwachung wird im Einvernehmen mit der Überwachungsstelle geregelt. Bei Betonierleistungen über 200 m<sup>3</sup>/Tag bei ÜK 2 eine Probe je 200 m<sup>3</sup>, jedoch mindestens 3 Proben je Betonsorte und Tag.

### Erläuterungen

Massige Bauteile unterliegen den gleichen Grundsätzen wie herkömmliche Tragwerke aus Beton:

- DIN EN 206-1 und DIN 1045-2
- besonderes Augenmerk auf Temperaturänderungen
- Hydratationswärmeentwicklung
- Frühschwindrisse vermeiden

### Maßnahmen zur Vermeidung von Rissen

Begrenzung der Temperaturänderung, Zwangs- und Eigenspannung und der Rissbildung durch unterschiedliche Maßnahmen.

### Konstruktive Maßnahmen:

- Rissbreitenbegrenzung durch Bewehrung
- Zwangsreduzierende Anordnung von Fugen (Minimierung Anzahl und Breite)
- Zugbeanspruchungen möglichst gering halten
- Anordnung von Mindestbewehrung (Bei massigen Gründungsbauteilen darf auf Mindestbewehrung verzichtet werden, wenn ein Baugrundgutachten vorliegt)
- Größtkorn und Stababstände aufeinander abstimmen
- Größtkorn möglichst groß wählen (Verringerung der Hydratationswärme durch geringeres Zementleimvolumen)
- Betonieröffnungen und Rüttelgassen anordnen
- Vorspannung

## Betontechnische Maßnahmen:

- Betonzusammensetzung
- Verwendung von Zementen mit niedriger Hydratationswärme (LH, VLH)
- Einsatz von latent-hydraulischen oder puzzolanischen Zusatzstoffen (Flugasche)
- geringstmöglicher Zementgehalt
- Sieblinie mit geringem Zementleimanspruch
- Einsatz von Gesteinskörnungen mit niedriger Temperaturdehnzahl (Kalkstein, Basalt)
- niedrige Frischbetontemperatur
- Kühlung der Gesteinskörnung durch Wasser
- Einsatz von Scherbeneis
- Kühlung des Betons mit Stickstoff

## Maßnahmen bei der Bauausführung

- Arbeitsvorbereitung, Betonierplanung
- Steuerung des Wärmeabflusses

Schnittstellenplanung, Betonherstellung und Ausführung

Durch den Einsatz von langsam erhärtenden Betonen kommt es zu Bauzeitverlängerungen und somit auch zu verlängerten Ausschulfristen. Dadurch erhöht sich das Risiko von Frostschäden. Um das zu vermeiden, sollte das Bauteil mit wärmedämmender Nachbehandlung geschützt werden. Wenn möglich Beheizen des Bauteils oder Einhausung. Die Nachbehandlungsdauer muss dementsprechend verlängert werden. Das Nachweisalter für die Druckfestigkeit muss festgelegt werden, entweder 28, 56 oder 91 Tage.

## Qualitätssicherungsplan

Qualitätssicherung bei der Betonherstellung und Anlieferung:

- Koordinierung der Liefer- und Ersatzwerke
- Disposition der Ausgangsstoffe
- Organisation und Prüfung der Silobelegung
- Überwachungskonzept der Mischanlage
- Betonabruf, Anlieferung des Betons
- Disposition und Einweisung der Lieferfahrzeuge
- FM-Dosierung auf der Baustelle
- Dokumentation

## Qualitätssicherung bei der Ausführung:

- Freigabe einzelner Teilgewerke (Schalung, Bewehrung, ...)
- Betonierkonzept (Betonsorten, Betonierfolge, Förderung, Einbau)
- Betonieranweisungen für die einzelnen Betonierabschnitte
- Überwachungskonzept der Baustelle (Prüfungen, ...)
- Nachbehandlungskonzept, Steuerung des Wärmeabflusses
- Dokumentation

Für die Herstellung von Beton für massige Bauteile gilt neben der EN 206-1/DIN 1045-2 die DAfStb-Richtlinie »Massige Bauteile aus Beton«. Diese Richtlinie ergänzt bzw. ändert Regelungen in den vorgenannten Normen.

In nachstehender Tabelle sind die abweichenden Regelungen zusammengefasst. Die Abweichungen gegenüber der DIN 1045-2 sind dunkel hervorgehoben.

## Zusammenfassung der Anforderungen nach DAfStb-Richtlinie

### »Massige Bauteile aus Beton«

- kleinste Bauteilabmessung  $\geq 0,80$  m
- gegenüber der DIN EN 206-1/DIN 1045-2 abweichende Grenzwerte der Betonzusammensetzung
- (siehe Abb. 8.5.5 und Abb. 8.5.7)
- Bestimmung der Druckfestigkeit nach 28, 56 oder 91 Tagen möglich
- Angabe der Richtlinie auf dem Lieferschein
- Erstellung eines Qualitätssicherungsplans
- Mindestprüfhäufigkeit bei stetiger Herstellung:  $1/600$  m<sup>3</sup> je Produktionstag

Herstellung	Mindesthäufigkeit der Probenahme	
	Erste 50 m <sup>3</sup> der Produktion	Nach den ersten 50 m <sup>3</sup> der Produktion <sup>a)</sup>
Erstherstellung (bis mindestens 35 Ergebnisse erhalten wurden) Stetige Herstellung <sup>b)</sup> (wenn mindestens 35 Ergebnisse verfügbar sind)	3 Proben	1/200 m <sup>3</sup> oder 2/Produktionswoche 1/600 m <sup>3</sup> oder 1/Produktionstag

<sup>a)</sup> Die Probenahme muss über die Herstellung verteilt sein und für 25 m<sup>3</sup> sollte höchstens eine Probe genommen werden.

<sup>b)</sup> 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 ist.

Expositi- onsklasse	Kein Korro- sions- oder An- griffs- risiko	Bewehrungskorrosion											
		durch Karbonatisierung verursachte Korrosion				durch Chloride verursachte Korrosion							
		XC1	XC2	XC3	XC4	Chloride außer aus Meerwasser			Chloride aus Meerwasser				
X01	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3		XS1	XS2	XS3		
Höchstzuläs- siger w/z	-	0,75		0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,50 <sup>a)</sup>				
Mindest- druck- festigkeits- klasse <sup>b)</sup>	C8/10	C16/20		C20/25	C25/30	C30/37 <sup>d)</sup>	C30/37 <sup>d)</sup>	C35/45 <sup>d)</sup>	C30/37 <sup>d),e)</sup>				
Mindestze- ment- gehalt <sup>c)</sup> [kg/ m <sup>3</sup> ]	-	240		260	280	300	300	300					
Mindestze- ment- gehalt <sup>c)</sup> bei Anrechnung von Zusatz- stoffen [kg/ m <sup>3</sup> ]	-	240		240	270	270	270	270		siehe XD1	siehe XD2	siehe XD3	
Mindestluft- gehalt [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Andere An- forderungen	-												

- <sup>a)</sup> Nur für Beton ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall
- <sup>b)</sup> Gilt nicht für Leichtbeton
- <sup>c)</sup> Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m<sup>3</sup> reduziert werden
- <sup>d)</sup> Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger
- <sup>e)</sup> Bei Verwendung von CEM II/B-V, CEM III/A oder CEM III/B ohne oder mit Flugasche als Betonzusatzstoff oder bei anderen Zementen der Tabelle F3.1 oder F3.2 nach DIN 1045-2 in Kombination mit Flugasche als Betonzusatzstoff, wobei der Mindestflugaschegehalt 20 % (Massenanteil) von (z+f) betragen muss
- <sup>f)</sup> Der mittlere Luftgehalt im Frischbeton unmittelbar vor dem Einbau muss bei einem Größtkorn von 8 mm  $\geq$  5,5 % (Volumenanteil), 16 mm  $\geq$  4,5 % (Volumenanteil), 32 mm  $\geq$  4 % (Volumenanteil) und 63 mm  $\geq$  3,5 % (Volumenanteil) betragen. Einzelwerte dürfen diese Anforderungen höchstens 0,5 % (Volumenanteil) unterschreiten

Betonkorrosion												
Frostangriff						Aggressive chemische Umgebung			Verschleißbeanspruchung <sup>h)</sup>			
XF1	XF2		XF3		XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2		XM3
0,60	0,55 <sup>g)</sup>	0,50 <sup>g)</sup>	0,55	0,50	0,50 <sup>g)</sup>	0,60	0,50	0,45	0,55	0,55	0,45	0,45
C25/30	C25/30	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C25/30	C30/37 <sup>d)</sup>	C35/45 <sup>d)</sup>	C30/37 <sup>d)</sup>	C30/37 <sup>d)</sup>	C35/45 <sup>d)</sup>	C35/45 <sup>d)</sup>
280	300	300	300	300	300	280	300	320	300 <sup>i)</sup>	300 <sup>i)</sup>	320 <sup>i)</sup>	320 <sup>i)</sup>
270	270 <sup>g)</sup>	270 <sup>g)</sup>	270	270	270 <sup>g)</sup>	240	270	270	270	270	270	270
-	∅	-	∅	-	∅, j)	-	-	-	-	-	-	-
Gesteinskörnungen für die Expositionsclassen XF1 bis XF4												
F <sub>4</sub>	MS <sub>25</sub>			F <sub>2</sub>	MS <sub>18</sub>			∅				Ein- streuen von Hartstof- fen nach DIN 1100

- <sup>g)</sup> Die Anrechnung auf den Mindestzementgehalt und den Wasserzementwert ist nur bei Verwendung von Flugasche zulässig. Weitere Zusatzstoffe des Typs II dürfen zugesetzt, aber nicht auf den Zementgehalt oder den w/z angerechnet werden. Bei gleichzeitiger Zugabe von Flugasche und Silikastaub ist eine Anrechnung auch für die Flugasche ausgeschlossen
- <sup>h)</sup> Es dürfen nur Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 verwendet werden
- <sup>i)</sup> Höchstzementgehalt 360 kg/m<sup>3</sup>, jedoch nicht bei hochfesten Betonen
- <sup>j)</sup> Erdfeuchter Beton mit w/z  $\leq$  0,40 darf ohne Luftporen hergestellt werden
- <sup>k)</sup> Z. B. Vakuumieren und Flügelglätten des Betons
- <sup>l)</sup> Schutzmaßnahmen siehe DIN 1045-2

**DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ März 2011**

Gemäß § 62 WHG (Wasserhaushaltsgesetz) müssen Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Herstellen, Behandeln und Verwenden von wassergefährdenden Stoffen so beschaffen sein und so errichtet, unterhalten und betrieben werden, dass eine nachteilige Veränderung der Eigenschaften von Gewässern nicht zu besorgen ist. Betonbauten nach dieser Richtlinie müssen bei den zu erwartenden Einwirkungen für eine jeweils festgelegte Dauer dicht sein, so dass dem Besorgnisgrundsatz des WHG unter Berücksichtigung der infrastrukturellen Gegebenheiten Genüge getan wird. Vorschriften aus anderen Rechtsbereichen sind zusätzlich zu berücksichtigen, z.B. Verordnung gefährliche Stoffe (GefStoffV), Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV).

Diese Richtlinie regelt, welche baulichen Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit Betonbauten ohne Oberflächenabdichtung für Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Umschlagen (LAU-Anlagen) und zum Herstellen, Behandeln und Verwenden (HBV-Anlagen) gemäß EC2, DIN EN 206 in Verbindung mit DIN 1045-2 sowie DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 dem Besorgnisgrundsatz § 62 WHG genügen. Nachfolgend sind die betontechnologischen Eckdaten der Richtlinie dargestellt.

**Normative Einordnung**

Bohrpfahlbeton nach DIN EN 1536 und DIN SPEC 18140 in Ergänzung zu DIN EN 206-1/DIN 1045-2.

**Anwendungsbereich**

Als Bohrpfahlbeton wird Beton bezeichnet, der zur Herstellung von Bohrpfählen oder Schlitzwandelementen eingesetzt wird.

**Ausgangsstoffe**

Zement

Nach DIN EN 206 dürfen die folgenden Zemente verwendet werden:

- CEM I
- CEM II/A-S und II/B-S
- CEM II/A-D
- CEM II/A-P und II/B-P
- CEM II/A-V und II/B-V
- CEM II/A-T und II/B-T
- CEM II/A-LL
- CEM II/A-M (S-V) und CEM II/B-M (S-V)
- CEM II/A-M (S-LL, V-LL) und CEM II/B-M (S-LL, V-LL)
- CEM III/A, III/B und III/C

**Gesteinskörnung**

- Die Gesteinskörnung muss DIN EN 12620 entsprechen. Weiterhin empfiehlt DIN EN 206 im Anhang D die Verwendung runder, stetig abgestufter Gesteinskörnungen ohne Ausfallkörnung.
- Das Größtkorn darf 32 mm oder  $\frac{1}{4}$  des lichten Abstands der Längsbewehrungsstäbe in Umfangsrichtung nicht überschreiten. Der kleinere Wert ist maßgebend.

**Zusatzstoffe**

Es gelten die gleichen Anforderungen wie an Beton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2.

**Zusatzmittel**

- Es gelten die gleichen Anforderungen wie an Beton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2.
- Üblicherweise kommen Zusatzmittel in Form von Betonverflüssiger, Fließmittel oder Erstarrungsverzögerer zur Anwendung.

## Anforderungen nach DAfStb-Richtlinie – „Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“

<b>Anforderung</b>	Flüssigkeitsdichter Beton (FD-Beton)	Flüssigkeitsdichter Beton nach Eindringprüfung (FDE-Beton)
<b>Allgemeines</b>	FD-Beton ist ein Beton mit optimiertem Widerstand gegen das Eindringen von wassergefährdenden Stoffen. Das Eindringverhalten darf der Richtlinie entnommen werden.	FDE-Beton ist ein Beton, der in seiner Zusammensetzung von FDBeton abweicht. Das Eindringverhalten wassergefährdender Stoffe wird stets in Eindringprüfungen im Rahmen der Erstprüfungen als zusätzliche Anforderung nachgewiesen.
<b>Zemente</b>	CEM I, CEM II-S, CEM II/A-D, CEM II/A-P, CEM II-V, CEM II-T, CEM II/A-LL, CEM III/A, CEM III/B CEM II-M Zemente mit Kombinationen aus den Hauptbestandteilen: S, D, P, V, T, LL: A/S-D, A/S-P, A/S-V, A/S-T, A/S-LL, A/D-P, A/D-V, A/D-T, A/D-LL, A/P-V, A/P-T, A/P-LL, A/V-T, A/V-LL, B/S-D, B/S-T, B/D-T, B/S-V, B/D-V, B/V-T Zemente mit allgemeiner bauaufsichtlich eher Zulassung.	Keine weiteren Anforderungen
<b>Gesteinskörnung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bei starker Säurebeaufschlagung der Bauteile: unlösliche Gesteinskörnung verwenden.</li> <li>• Größtkorn <math>16 \text{ mm} \leq D_{\text{max}} \leq 32 \text{ mm}</math>.</li> <li>• Empfehlung: Sieblinie im Bereich A/B</li> </ul>	• Größtkorn: $D_{\text{max}} \leq 32 \text{ mm}$
<b>Zusatzstoffe</b>	<p>Polymerdispersionen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mit Zulassung für Betonanwendungen nach DIN EN 206 und DIN 1045-2: Feststoff- und Flüssigkeitsanteil bei w/z-Wert Ermittlung vollständig berücksichtigen.</li> <li>• Erforderlichenfalls Nachweis der chemischen Beständigkeit (siehe Richtlinie, Anhang A, Abschnitt A.4).</li> </ul>	Keine weiteren Anforderungen
<b>Zusatzmittel</b>	Verwendung von Luftporenbildner möglich	Keine weiteren Anforderungen
<b>Zugabewasser</b>	Restwasser darf eingesetzt werden (gilt nicht für LP Beton).	Keine weiteren Anforderungen

## Anforderungen nach DAfStb-Richtlinie – „Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“

<b>Druckfestigkeitsklassen</b>	$\geq \text{C30/37}$	Keine weiteren Anforderungen
<b>Konsistenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einbaukonsistenz F3</li> <li>• Weichere Konsistenzen dürfen nur verwendet werden, wenn nachgewiesen wird, dass Entmischungen unter den gegebenen Einbaubedingungen sicher vermieden werden.</li> </ul>	Keine weiteren Anforderungen
<b>w/zeq</b>	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$
<b>Leimvolumen (Volumen von Zement, anrechenbaren Zusatzstoffen und Wasser)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>L \leq 290 \text{ l/m}^3</math>.</li> <li>• Nur die auf den w/z-Wert angerechnete Zusatzstoffmenge zählt zum Leimvolumen.</li> </ul> <p>Beispiel:  <math>Z = 280 \text{ kg/m}^3</math>; <math>\rho_z = 3,0 \text{ kg/dm}^3</math>  <math>f = 80 \text{ kg/m}^3</math>; <math>\rho_f = 2,40 \text{ kg/dm}^3</math>; <math>k_f = 0,4</math>  <math>w = 160 \text{ kg/m}^3</math>  Anrechenbare Flugasche nach DIN 1045-2:  <math>f_{\text{max}} = z \times 0,33</math>  <math>f_{\text{max}} = 280 \times 0,33 = 92,4 \text{ kg/m}^3</math>  Bedingung <math>f \leq f_{\text{max}}</math>  Leimvolumen (L)  <math>L = z / \rho_z + (k_f \times f) / \rho_f + w</math>  <math>L = 280 / 3,0 + (0,4 \times 80) / 2,4 + 160</math>  <math>L = 267 \text{ l/m}^3</math></p>	(keine weiteren Anforderungen)
<b>Fasern</b>	Einsatz von Fasern nicht möglich	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stahlfasern dürfen eingesetzt werden. Die DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“ ist zu beachten.</li> <li>• Bei Einsatz von Fasern siehe Richtlinie, Abschnitt 3.1.2, Absatz (8).</li> </ul>
<b>Lieferung</b>	Lieferscheine mit Ist-Mengen-Ausdruck der Verwiegung ist erforderlich.	

## Zusammensetzung Beton

Anforderungen an die Betonzusammensetzung

Zementgehalt	Einbringen im Trockenen	$\geq 325 \text{ kg/m}^3$
	Einbringen unter Wasser	$\geq 375 \text{ kg/m}^3$
Zement + Flugasche (z+f) <sup>a)</sup>	Größtkorn 32 mm	$\geq 350 \text{ kg/m}^3$
	Größtkorn 16 mm	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$
Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Flugasche	Größtkorn 32 mm	$\geq 270 \text{ kg/m}^3$
	Größtkorn 16 mm	$\geq 300 \text{ kg/m}^3$
w/z-Wert bzw. $(w/z)_{\text{eq}}$ , $k=0,7$ <sup>b)</sup>		$\leq 0,60$
Mehlkornanteil $d < 0,125 \text{ mm}$ (einschließlich Zement und Zusatzstoffe)	Größtkorn $d > 8 \text{ mm}$	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$
	Größtkorn $d \leq 8 \text{ mm}$	$\geq 450 \text{ kg/m}^3$

<sup>a)</sup> Eine Anrechnung von Flugasche ist nicht zulässig bei Verwendung von CEM II/B-V, CEM II/B-P, CEM III/B mit  $> 70\%$  Hütten- sand und CEM III/C.

<sup>b)</sup> Erforderlichenfalls geringer bei entsprechender Expositionsklasse.

## Anforderungen an die Konsistenz

Zielkonsistenz	Anwendung
$500 \pm 30 \text{ mm}$	- Betonieren im Trockenen
$560 \pm 30 \text{ mm}$	- Pumpbeton - mit Kontraktorrohren eingebrachter Unterwasserbeton
$600 \pm 30 \text{ mm}$	- im Kontraktorverfahren unter Stützflüssigkeit eingebrachter Beton

Häufig kommen Betone der Festigkeitsklassen C20/25 bis C45/55 zum Einsatz. Bei der überschnittenen Bohrspfahlwand muss jedoch beachtet werden, dass die Primärpfähle maximal aus einem C20/25 hergestellt werden dürfen, damit das nachträgliche Bohren und Schneiden möglich ist.

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

### Erstprüfung

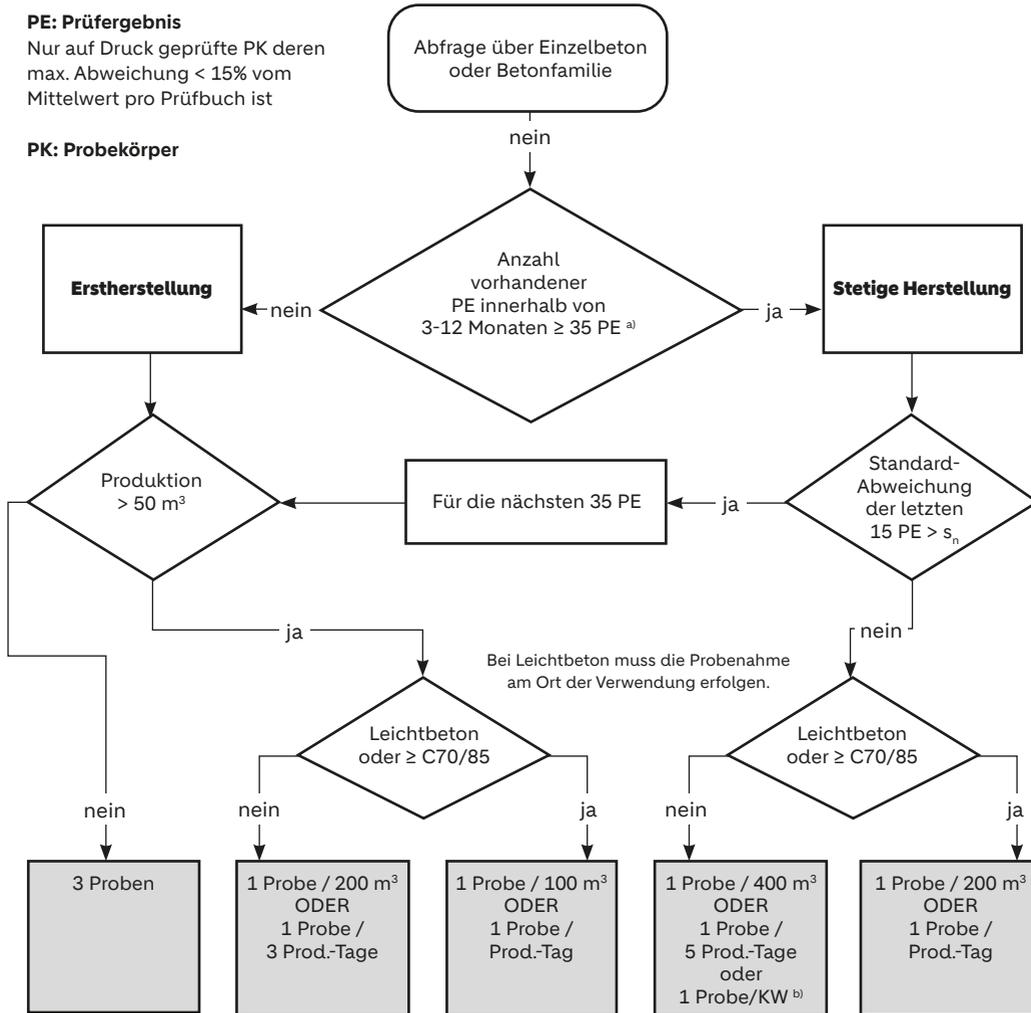
<b>Zeitpunkt</b>	Vor Verwendung des Betons
<b>Aufgabe (i.d.R. Aufgabe des Transportbetonwerks)</b>	Prüfung vor Herstellungsbeginn, um zu ermitteln, wie ein neuer Beton oder eine neue Betonfamilie zusammengesetzt sein müssen, um die geforderte Frisch- und Festbetoneigenschaften sicherzustellen.
<b>Anforderung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

## Entscheidungsdiagramm – Kriterien zur Probenentnahme (Beton / Betonfamilie)

**Konformitätsverfahren A: Erstherstellung**  
**Konformitätsverfahren B: Stetige Herstellung**

**PE: Prüfergebnis**  
 Nur auf Druck geprüfte PK deren max. Abweichung < 15% vom Mittelwert pro Prüfbuch ist

**PK: Probekörper**



a) Wenn die Herstellung einer einzelnen Betonzusammensetzung oder einer Betonfamilie für mehr als 12 Monate unterbrochen wurde, muss der Hersteller die Kriterien sowie die Probenahme- und Prüfplan für die Erstherstellung übernehmen. Bei BK-E gilt das gleiche, nur bereits nach 6 Monaten.  
 b) Einmal je Kalenderwoche, falls innerhalb von 7 aufeinanderfolgenden Kalendertagen mehr als 5 Produktionstage vorliegen.

## Konformitätskriterien für die Druckfestigkeit

Herstellung	Anzahl $n$ der Ergebnisse in der Reihe	Kriterium 1	Kriterium 2
		Mittelwert von $n$ Ergebnissen ( $f_{cm}$ ) N/mm <sup>2</sup>	Jedes einzelne Prüfergebnis ( $f_{ci}$ ) N/mm <sup>2</sup>
Erstherstellung (Prüfergebnisse $n < 35$ )	3	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$
Stetige Herstellung (Prüfergebnisse $n \geq 35$ )	mindestens 15 a)	$\geq f_{ck} + 1,48 \cdot \sigma$	$\geq f_{ck} - 4_k$

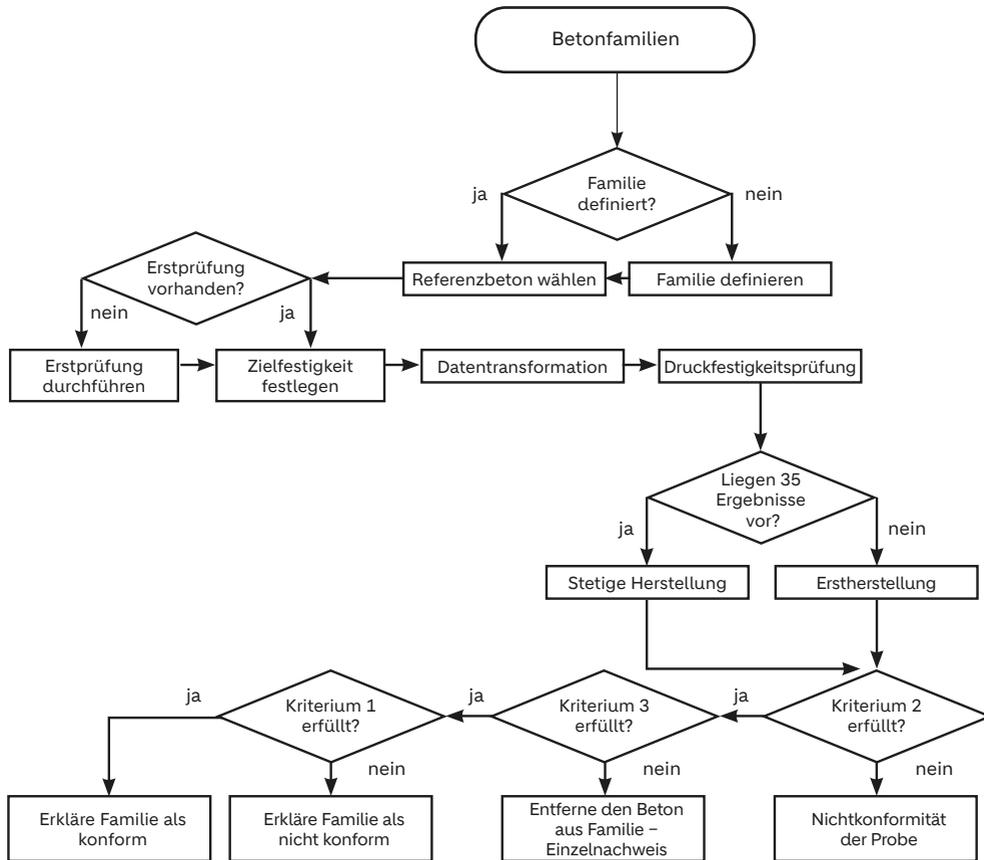
a) Der Nachweis der Konformität muss auf der Grundlage von Prüfergebnissen erfolgen, die während eines Nachweiszeitraums erhalten wurden, der die beiden folgenden, von der Prüfhäufigkeit abhängenden Zeiträume nicht überschreitet:  
 – für Herstellwerke mit niedrigerer Prüfhäufigkeit (Anzahl der Prüfergebnisse für Beton nach Eigenschaften weniger als 35 innerhalb von drei Monaten) muss der Nachweiszeitraum mindestens 15 Ergebnisse und höchstens 35 aufeinander folgende Ergebnisse umfassen, die über einen Zeitraum von höchstens 6 Monaten erhalten wurden;  
 – für Herstellwerke mit höherer Prüfhäufigkeit (Anzahl der Prüfergebnisse für Beton nach Eigenschaften mindestens 35 innerhalb von drei Monaten) muss der Nachweiszeitraum mindestens 15 aufeinander folgende Ergebnisse umfassen, die über einen Zeitraum von höchstens 3 Monaten erhalten wurden.

## Mindesthäufigkeit der Probenahme zur Beurteilung der Konformität

Herstellung	Mindesthäufigkeit der Probenahme	
	Erste 50 m <sup>3</sup> der Produktion	Nach den ersten 50 m <sup>3</sup> der Produktion <sup>a</sup>
Erstherstellung (Prüfergebnisse $n < 35$ )	3 Proben	1/200 m <sup>3</sup> oder 1/3 Prod.-Tage Leicht- und Normalbeton $\geq C70/85$ : 1/100 m <sup>3</sup> oder 1/ Produktionstag
Stetige Herstellung (Prüfergebnisse $n \geq 35$ ) <sup>b</sup>		1/400m <sup>3</sup> oder 1/5 Prod.-Tage oder 1/Kalenderwoche***)  Leicht- und Normalbeton $\geq C70/85$ : 1/200 m <sup>3</sup> oder 1/ Produktionstag

a) Die Probenahme muss über die Herstellung verteilt sein und für je 25 m<sup>3</sup> sollte höchstens eine Probe genommen werden.  
 b) Wenn die Standardabweichung der letzten 15 Prüfergebnisse  $1,37\sigma$  ( $s_n$  nach Tabelle „Werte für die Überprüfung der Standardabweichung“ überschreitet, ist die Probenahmehäufigkeit für die nächsten 35 Prüfergebnisse auf diejenige zu erhöhen, die für die Erstherstellung gefordert wird.  
 c) Einmal je Kalenderwoche, falls innerhalb von 7 aufeinanderfolgenden Kalendertagen mehr als 5 Produktionstage vorliegen.

## 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.

## Bestätigungskriterium für einen Beton aus einer Betonfamilie nach DIN 1045: 2023-08

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

Anzahl $n$ der Prüfergebnisse für die Druckfestigkeit eines einzelnen Betons der Betonfamilie	Mittelwert von $n$ Ergebnissen ( $f_{cm}$ ) für einen einzelnen Beton der Betonfamilie [N/mm <sup>2</sup> ]
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	$\geq f_{ck} + 3,0$
7-9	$\geq f_{ck} + 3,5$
10-12	$\geq f_{ck} + 4,0$
13-14	$\geq f_{ck} + 4,5$
$\geq 15$	$\geq f_{ck} + 1,48 \sigma$

Anzahl der Prüfergebnisse	Grenzwerte für $s_n$
15 bis 19	$0,63 \sigma \leq s_n \leq 1,37 \sigma$
20 bis 24	$0,68 \sigma \leq s_n \leq 1,31 \sigma$
25 bis 29	$0,72 \sigma \leq s_n \leq 1,28 \sigma$
30 bis 34	$0,74 \sigma \leq s_n \leq 1,26 \sigma$
35 <sup>a)</sup>	$0,76 \sigma \leq s_n \leq 1,24 \sigma$

<sup>a)</sup> bei mehr als 35 Prüfergebnissen gilt die Gleichung:

$$\sqrt{\frac{\chi_{0,975;n-1}^2}{n-1}} \sigma \leq s_n \leq \sqrt{\frac{\chi_{0,025;n-1}^2}{n-1}} \sigma$$

Dabei ist  $\chi_{\alpha;v}^2$ , das  $\alpha$ -Fraktile einer Chi-Quadrat-Verteilung mit  $v = n - 1$  Freiheitsgraden.

Diese Formel führt zu den gleichen Ergebnissen wie die Grenzwerte in der Tabelle, kann jedoch auch bei mehr als 35 Werten angewendet werden.

## Konformitätsnachweis (Einzelsorte)

Sorte: C25/30 XC4 XF1 XA1 F3 32 M  
 Nummer: 1533300111  
 Fest.klasse: C25/30  
 Kons.bereich: F3

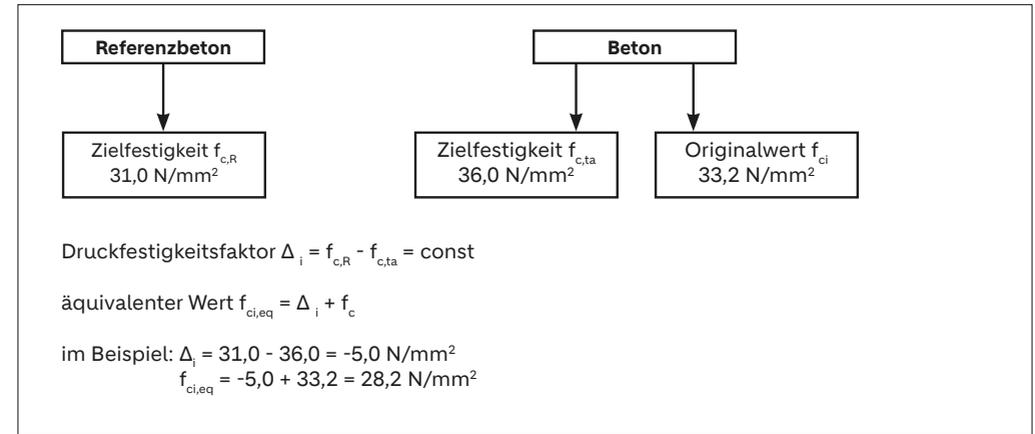
**Konformitätsparameter:**  
 Auswertung für: Druckfestigkeit  
 Betonfestigkeit: normal  
 Kriterien für: Erstherstellung  
 charakterist. Druckfestigkeit:  $f_{ck} = 30,0 \text{ N/mm}^2$   
 Standardabweichung:  $4,00 \text{ N/mm}^2$  (Schätzwert)

## Bestätigungskriterium für einen Beton aus einer Betonfamilie nach DIN 1045: 2023-08

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

Herst.-datum	Probe-nummer	Alter [Tage]	$f_{ci}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Krit. 2 erfüllt	$f_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	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)



- $\Delta_i$  = Druckfestigkeit eines einzelnen Prüfergebnisses zur Zielfestigkeit des geprüften Betons
- $f_{ci}$  = einzelnes Prüfergebnis der Druckfestigkeit in N/mm<sup>2</sup>
- $f_{c,ta}$  = Zielfestigkeit des geprüften Betons
- $f_{c,R}$  = Zielfestigkeit des Referenzbetons in N/mm<sup>2</sup>
- $f_{ci,eq}$  = äquivalente Druckfestigkeit des Referenzbetons in N/mm<sup>2</sup>
- $f_{cm}$  = mittlere Druckfestigkeit des Betons

## Konformitätsnachweis (Betonfamilie) Quotientenverfahren

**Betonfamilie:** C20-30 Kies mFA 11  
**Konformitätsparameter:** Auswertung für: Druckfestigkeit  
 Betonfestigkeit: normal  
**Referenzbeton: 1413300111 / 1510** Kriterien für: stetige Herstellung  
 charakterist. Druckfestigkeit:  $f_{ck} = 25,0 \text{ N/mm}^2$   
 Standardabweichung:  $3,00 \text{ N/mm}^2$  aus Betonfamilie)

Kriterium 1:  $f_{cm,eq} > f_{ck} + 1,48 \sigma \geq 29,44$       Kriterium 2:  $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$       Kriterium 3:  $f_{cm} \geq f_{ck} + N$

Prüfung  
 Standardabweichung:  $0,63 \sigma \leq s_{15} \leq 1,37 \sigma$        $1,89 \leq s_{15} \leq 4,11$       N ...Faktor

Herst.-datum	Stückliste	Spei-Nr	Probenummer	Alter [Tage]	Kriterium 2			Kriterium 3			f <sub>cta/cR</sub>	Diff..	f <sub>cl,eq</sub>	f <sub>cm,eq</sub>	Krit.1 erfüllt	Prüfung Standardabweichung
					f <sub>cl</sub>	f <sub>ck</sub>	erfüllt	f <sub>cm</sub>	N	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			
<b>10.02.</b>	<b>1413300111</b>	<b>1510</b>	84770	28	30,9	25	ja				<b>31,0</b>		30,9			
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			
<b>02.03.</b>	<b>1413300111</b>	<b>1510</b>	98470	28	37,4	25	ja	34,0	-1,0	ja	<b>31,0</b>		37,4			
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	33,0	ja	3,34 ≥ OK

In der Ausgabe DIN 1045-2: 08-2023 ist zusätzlich auch das Verfahren C: Anwendung von Qualitätsregelkarten normativ beschrieben.  
 Das angewendete Steuerungssystem muss einem anerkannten Modell mit Qualitätsregelkarten entsprechen. Folgende Eigenschaften muss das Verfahren beinhalten:  
 – Erreichen eines Durchschlupfes (AOQ)  $\leq 5,0 \%$ ;  
 – Nachweis der Konformität der relevanten Produktion mit der erforderlichen charakteristischen Festigkeit;  
 – regelmäßige Beobachtung der Festigkeit und der Standardabweichung oder Abweichungen von den Zielwerten;  
 – sofern zutreffend, Aufnahme eines oder mehrerer Verfahren zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Systems (z. B. Auswertung von Daten zur Frühfestigkeit, Anwendung von Betonfamilien);  
 – Festlegung und Anwendung von eindeutigen Entscheidungsregeln für Konformitäts- und Warngrenzen;  
 – wenn die Qualitätsregelkarte zeigt, dass die Standardabweichung den aktuell verwendeten Wert um  $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$  übersteigt, ist die Standardabweichung anzupassen.

Ein KUSUM Kontrollsystem nach ISO 7870-4 mit den folgenden Merkmalen erfüllt die Anforderungen für das Verfahren C.:

- Beruht die Konformität auf der 28-Tage-Festigkeit, wird ein System zur Vorhersage der 28-Tage-Festigkeit aus Festigkeitsprüfungen zu einem früheren Zeitpunkt empfohlen. Die vorausgesagten Festigkeitswerte werden durch die tatsächlichen 28-Tage-Werte ersetzt, wenn diese vorliegen.
- Sofern geeignet, dürfen Betonfamilien verwendet werden.
- Kontinuierliche Beobachtung und Aufzeichnung von drei Merkmalen: mittlere Festigkeit, Standardabweichung und, sofern zutreffend, die Korrelation zwischen den Daten für die Frühfestigkeit und denen für die 28-Tage-Festigkeit. Die Konformität beruht ausschließlich auf der mittleren Festigkeit.
- Der Zielwert der mittleren Festigkeit beträgt entweder  $\geq (f_{ck} + \lambda 15 \sigma)$  oder  $\geq (f_{ck} + \lambda 35 \sigma)$ ; – die geschätzte Standardabweichung beträgt mindestens  $3,0 \text{ N/mm}^2$ .
- Die V-Maske für die mittlere Festigkeit (für Konformität/Nichtkonformität) hat ausschließlich einen oberen Ast mit einem Entscheidungsintervall h, einer Steigung von  $k = 0,5 \sigma$  und einer Länge von 35 oder 15 Ergebnissen; geeignete Werte für h sind in Tabelle H.1 DIN 1045-2 enthalten.
- Die V-Maske für Warngrenzen hat einen oberen und einen unteren Ast. Geeignete Warngrenzen für die mittlere Festigkeit und die Korrelation werden durch ein Entscheidungsintervall von nicht mehr als 0,9 h und eine Steigung von nicht mehr als  $\sigma/6$  erzielt.
- Die Konformität/Nichtkonformität basiert auf den Daten für die tatsächliche 28-Tage-Festigkeit und wird auf der Grundlage der letzten 35 oder 15 Prüfergebnisse, die innerhalb von maximal 12 Monaten erhalten wurden, beurteilt.
- Wenn die KUSUM-Kurve für die mittlere Festigkeit die Nichtkonformitätslinie schneidet, wird die Nichtkonformität auf der Basis der 35 oder 15 beurteilten Prüfergebnisse erklärt, es sei denn, es wird nachgewiesen, dass die Nichtkonformität auf einige spezifische niedrige Festigkeitswerte zurückzuführen ist. In diesem Fall kann die Erklärung der Nichtkonformität auf den Zeitraum, in dem die niedrigen Festigkeitswerte vorkommen, begrenzt werden.

Beispiel: C20/25 =>  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$        $\sigma = 3,40 \text{ N/mm}^2$

Zielfestigkeit:  $f_{cta} \geq f_{ck} + \lambda 15 \cdot \sigma$  oder  $f_{cta} \geq f_{ck} + \lambda 35 \cdot \sigma$   
 (Siehe Tabelle: Beiwert, Steigung und Entscheidungsintervall für KUSUM-Regelkarten, Seite 126)

$\geq 25 \text{ N/mm}^2 + 1,95 \cdot \sigma = 31,6 \text{ N/mm}^2$  (gewählt altbekannt  $f_{ck} + 2 \cdot \sigma \Rightarrow 34 \text{ N/mm}^2$ )

Tabelle Beiwert, Steigung und Entscheidungsintervall für KUSUM-Regelkarten

Beiwert $\lambda_{15}$ Nachweiszeitraum 15 Ergebnisse	Beiwert $\lambda_{35}$ Nachweiszeitraum 35 Ergebnisse	Steigung $k$	Entscheidungsintervall $h$
1,85	1,64	$0,5 \sigma$	$3 \sigma$
1,95	1,71		$4 \sigma$
2,05	1,76		$5 \sigma$
2,14	1,82		$6 \sigma$
2,22	1,86		$7 \sigma$
2,31	1,91		$8 \sigma$
2,39	1,95		$9 \sigma$
2,47	1,99		$10 \sigma$

siehe dazu DIN CEN/TR16369

Berechnungsbeispiel KUSUM-Linie

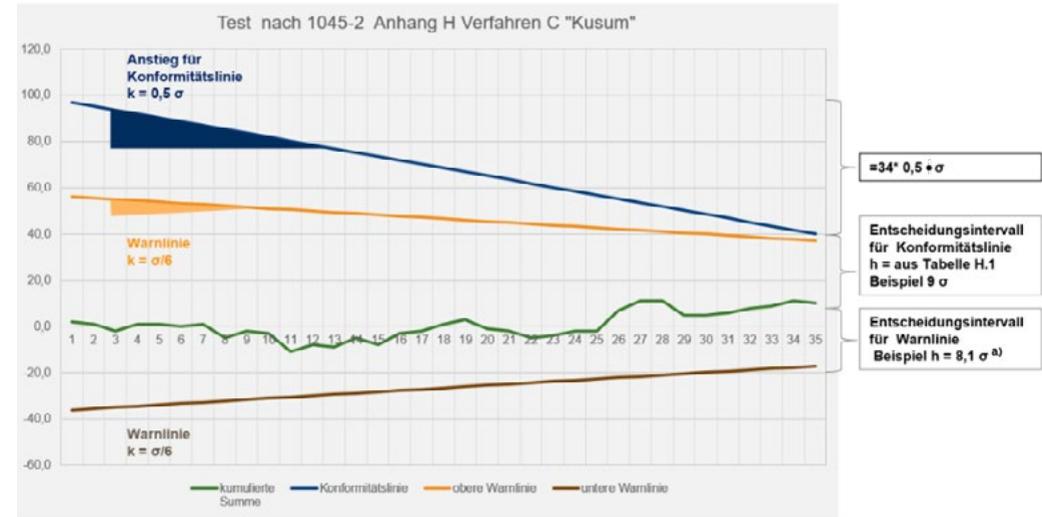
lfd.Nr.	$f_{ci}$ $\beta_{w,28}$ in N/mm <sup>2</sup>	Delta $f_{ci} - f_{cta}$	kumulierte Summe	Berechnung zur kumulierten Summe
1	35	2,0	2,0	2,0
2	32	-1,0	1,0	$2,0 - 1,0 = 1,0$
3	30	-3,0	-2,0	$1,0 - 3,0 = -2,0$
4	36	3,0	1,0	$-2,0 + 3,0 = 1,0$
5	33	0,0	1,0	$1,0 + 0,0 = 1,0$
6	32	-1,0	0,0	$1,0 - 1,0 = 0,0$
7	34	1,0	1,0	$0,0 + 1,0 = 1,0$

usw. bis zum 35 Wert



Grundlage für die V-Maske

- Die geschätzte Standardabweichung beträgt mindestens 3,0 N/mm<sup>2</sup>.
- Die V-Maske für die mittlere Festigkeit (für Konformität/Nichtkonformität) hat ausschließlich einen oberen Ast mit einem Entscheidungsintervall  $h$ , einer Steigung von  $k = 0,5 \sigma$  und einer Länge von 35 oder 15 Ergebnissen; geeignete Werte für  $h$  sind in Tabelle H.1 enthalten.
- Die V-Maske für Warngrenzen hat einen oberen und einen unteren Ast. Geeignete Warngrenzen für die mittlere Festigkeit und die Korrelation werden durch ein Entscheidungsintervall von nicht mehr als 0,9  $h$  und eine Steigung von nicht mehr als  $\sigma/6$  erzielt.



<sup>a)</sup> Die V-Maske für Warngrenzen hat einen oberen und einen unteren Ast. Geeignete Warngrenzen für die mittlere Festigkeit und die Korrelation werden durch ein Entscheidungsintervall von nicht mehr als 0,9  $h$  und eine Steigung von nicht mehr als  $\sigma/6$  erzielt [DIN 1045-2, Anhang H].

**Maßnahmen 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 der Verwender zu verständigen, um jeglichen Folgeschaden zu vermeiden.
- Dokumentation der zuvor genannten Maßnahmen.

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

Wenn eine Bewertung nach Abschnitt 9 ausschließlich an Bohrkernen vorgenommen werden soll, ist die Voraussetzung, dass aufgrund einer tragwerksplanerischen Berechnung eine Festigkeitsklasse des Betons bestätigt werden soll. Das kann während der Bauphase sein, aber auch später, wenn sich Zweifel an der Betonfestigkeit, zum Beispiel durch Rissbildung im Bauteil, ergeben.

Der Prüfbereich wird in Betonvolumen aus einer Betonierung von 30 m³ unterteilt. Die Betrachtung des Prüfbereiches ist auf 180 m³ begrenzt. Die erforderliche Anzahl an Bohrkernen je Messstelle im Prüfbereich ist in DIN EN 13791, Tabelle „Mindestanzahl an Bohrkernen im Prüfbereich“ dargestellt.

**Mindestanzahl an Bohrkernen im Prüfbereich:**

Betonvolumen im Prüfbereich [m³]	Mindestanzahl Messstellen (Bohrkerne)	Mittelwert der Ergebnisse der Bohrkernprüfung für den Prüfbereich	Niedrigster Einzelwert
30	3	---	≥ 0,85 (f <sub>ck,spec</sub> - M)
60	4	≥ 0,85 (f <sub>ck,spec</sub> + 1)	≥ 0,85 (f <sub>ck,spec</sub> - M)
90	6	≥ 0,85 (f <sub>ck,spec</sub> + 1)	≥ 0,85 (f <sub>ck,spec</sub> - M)
120	8	≥ 0,85 (f <sub>ck,spec</sub> + 1)	≥ 0,85 (f <sub>ck,spec</sub> - M)
150	10	≥ 0,85 (f <sub>ck,spec</sub> + 2)	≥ 0,85 (f <sub>ck,spec</sub> - M)
180	12	≥ 0,85 (f <sub>ck,spec</sub> + 2)	≥ 0,85 (f <sub>ck,spec</sub> - M)

f<sub>ck,spec</sub>: charakteristische Mindestdruckfestigkeit von zylindrischen Probekörpern mit einem Verhältnis der Länge zum Durchmesser von 2:1, die mit der festgelegten Druckfestigkeitsklasse verbunden ist.

ANMERKUNG: Zum Beispiel beträgt f<sub>ck,spec</sub> = 30 MPa für die Druckfestigkeitsklasse C30/37.

Siehe EN 206 für alle Festigkeitsklassen.

Dabei ist M = 4 MPa bei einer Druckfestigkeitsklasse von C20/25 oder höher. Bei C16/20, C12/15 und C8/10 muss die Spanne M auf 3, 2 bzw. 1 verringert werden.

Sind die Bedingungen aus der Tabelle erfüllt, wird das Ergebnis der Bohrkernprüfung der Betonfestigkeitsklasse zugeordnet.

Bei der Erstellung des nationalen Anhangs wurde eingehend die Bewertung nach Abschnitt 9 debattiert. So gab es auch den Standpunkt, dass nur der Nachweis der erforderlichen Druckfestigkeit bestätigt oder nicht bestätigt werden darf.

In der Praxis wird im Fall der „nicht bestätigten Druckfestigkeit“ sofort die Frage gestellt: Welche Festigkeitsklasse erfüllt der Beton? Die Antwort dieser Frage ist die Basis für weitere Maßnahmen.

Es ist auch die Überprüfung mit der Rückprallhammer-Methode als zerstörungsfreie Prüfung am Bauwerk möglich. Dann gilt DIN EN 12504 Prüfung von Beton in Bauwerken - Teil 2: Zerstörungsfreie Prüfung Bestimmung der Rückprallzahl.

**1. Auswertung und Bewertung der Rückprall-Ergebnisse**

An jede Messstelle sollen mindestens 9 Schläge mit dem Rückprallhammer ausgeführt werden. Wie bereits dargestellt, ist es praktikabel 11 Prüfwerte an einer Messstelle zu ermitteln. Zwei Werte können damit eliminiert werden. Wenn keine Ausreißer festgestellt werden, wird der niedrigste und der höchste Wert gestrichen, so dass dann nur die 9 Werte zur Berechnung herangezogen werden. Die verbleibenden 9 Werte werden dahingehend überprüft, ob mehr als 20 % der Ablesungen mehr als 25 % vom errechneten Medianwert abweichen. Sollte dies der Fall sein, so ist die gesamte Messreihe nach DIN EN 12504-2 Abschnitt 7, zu verwerfen. Wenn man 11 statt der geforderten 9 Messstellen geprüft hat, besteht die Chance durch das Entfernen der beiden am meisten abweichenden Ergebnisse unter die angegebenen Abweichungsgrenzen zu kommen.

Entsprechend der Schlagrichtung wird dem Median der gemessenen Skalenteile ein Korrekturwert hinzugefügt:

- +90 Grad nach oben
- +45 Grad schräg nach oben
- 45 Grad schräg nach unten
- 90 Grad nach unten
- 0 Grad waagrecht

Innerhalb der Messstelle darf die Schlagrichtung nicht geändert werden.

Wird ein Rückprallhammer benutzt, der die Energie- oder Geschwindigkeitsdifferenz als Q-Wert misst, besteht kein Einfluss der Schlagrichtung auf das Prüfergebnis und es muss nicht korrigiert werden.

Um die Ergebnisse der Rückprallprüfung einer Betonfestigkeitsklasse zuzuordnen, bedarf es einer Zuordnungstabelle, die im informativen Anhang B der DIN EN 13791 enthalten ist.

Diese weicht jedoch im Detail von der Tabelle im nationalen Anhang zur DIN EN 13791 ab.

Diese Korrekturen in der deutschen Regelung basieren auf Forschungsergebnissen.

In der folgenden Übersicht sind die Tabellen für die Rückprallstrecke (TYP R) und die der Energie- oder Geschwindigkeitsdifferenz (TYP Q) aus der europäischen Norm und dem deutschen Anhang gegenübergestellt.

## Rückprallzahl basierend auf der Rückprallstrecke (Typ R) und zugehörige Druckfestigkeitsklassen für Normalbeton nach EN 206

DIN EN 13791, Tabelle B1		Nationaler Anhang zur DIN EN 13791, Tabelle NA.6		Druckfestigkeitsklasse nach EN 206 und DIN 1045
Niedrigste Rückprallzahl aller Messstellen im Prüfbereich	Median der Rückprallzahlen für den Prüfbereich	Niedrigste Rückprallzahl aller Messstellen im Prüfbereich	Median der Rückprallzahlen für den Prüfbereich	
≥ 26	≥ 30	≥ 23	≥ 27	C8/10
≥ 30	≥ 33	≥ 27	≥ 32	C12/15
≥ 32	≥ 35	≥ 32	≥ 35	C16/20
≥ 35	≥ 38	≥ 35	≥ 38	C20/25
≥ 37	≥ 40	≥ 37	≥ 40	C25/30
≥ 40	≥ 43	≥ 40	≥ 43	C30/37
≥ 44	≥ 47	≥ 44	≥ 47	C35/45
≥ 46	≥ 49	≥ 46	≥ 49	C40/50
≥ 48	≥ 51	≥ 48	≥ 51	C45/55
≥ 50	≥ 53	≥ 50	≥ 53	C50/60
≥ 53	≥ 57	≥ 52	≥ 55	C55/67
≥ 57	≥ 60	≥ 53	≥ 58	C60/75
≥ 62	≥ 65	≥ 58	≥ 61	C70/85
≥ 66	≥ 69	≥ 61	≥ 65	C80/95

## Rückprallzahl basierend auf der Energie- oder Geschwindigkeitsdifferenz (Typ Q) und zugehörige Druckfestigkeitsklassen für Normalbeton nach EN 206

DIN EN 13791, Tabelle B2		Nationaler Anhang zur DIN EN 13791, Tabelle NA.7		Druckfestigkeitsklasse nach EN 206 und DIN 1045
Niedrigste Rückprallzahl aller Messstellen im Prüfbereich	Median der Rückprallzahlen für den Prüfbereich	Niedrigste Rückprallzahl aller Messstellen im Prüfbereich	Median der Rückprallzahlen für den Prüfbereich	
≥ 25	≥ 34	≥ 25	≥ 34	C8/10
≥ 29	≥ 40	≥ 29	≥ 40	C12/15
≥ 36	≥ 45	≥ 36	≥ 45	C16/20
≥ 42	≥ 49	≥ 42	≥ 49	C20/25
≥ 46	≥ 52	≥ 46	≥ 52	C25/30
≥ 51	≥ 56	≥ 51	≥ 56	C30/37
≥ 56	≥ 60	≥ 56	≥ 60	C35/45
≥ 58	≥ 62	≥ 58	≥ 62	C40/50
≥ 60	≥ 64	≥ 60	≥ 64	C45/55
≥ 62	≥ 66	≥ 62	≥ 66	C50/60
≥ 64	≥ 68	≥ 64	≥ 68	C55/67
≥ 66	≥ 71	≥ 66	≥ 71	C60/75
≥ 69	≥ 73	≥ 69	≥ 73	C70/85
≥ 71	≥ 75	≥ 71	≥ 75	C80/95

**Kombinierte Prüfungsauswertung von Rückprallhammer- und Bohrkern-Prüfungen**

In DIN EN 13791, Abschnitt 8.2, ist das Verfahren für die Kombination von unterschiedlichen Prüfverfahren geregelt.

Für die Abschätzung der Druckfestigkeit für die baustatische Bewertung eines bestehenden Bauwerkes kann es sinnvoll sein, eine Kombination aus einer zerstörungsfreien Prüfung und Bohrkernen durchzuführen. Insbesondere bei größeren Objekten kann man den Eingriff in die Substanz entsprechend reduzieren.

Dazu ist es notwendig, dass an den festgelegten Prüfstellen zunächst die zerstörungsfreie Prüfung erfolgt und anschließend ein Bohrkern entnommen wird. Diese Wertepaare werden zueinander mit einer Regressionsgeraden kalibriert.

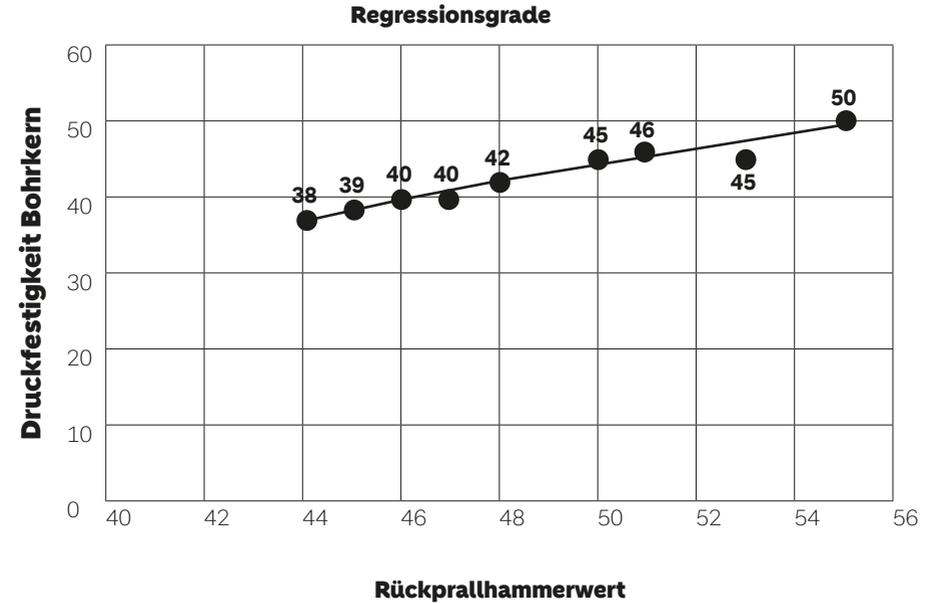
Es lässt sich bereits mit 8 Wertepaaren die Regressionsgerade ermitteln, jedoch kann das nur mit Wertepaaren geschehen, die gut korrelieren. Darum besteht die Empfehlung mindestens 10 Wertepaare zu betrachten, um gegebenenfalls Ausreißer bei der Bestimmung der linearen Regression unberücksichtigt zu lassen. Liegen weniger als 8 Wertepaare vor, verweist DIN EN 13791 auf Abschnitt 8.3. Entsprechend dem nationalen Anhang darf dieser Abschnitt nicht angewendet werden.

Wenn die Regressionsgleichung aufgestellt ist, werden alle Ergebnisse der indirekten Prüfung umgerechnet, auch die Ergebnisse, zu denen Bohrkernergebnisse vorliegen.

Die ermittelte Regressionsgerade darf an beiden Enden maximal um 4 N/mm<sup>2</sup> extrapoliert werden.

**Beispiel für eine kombinierte Auswertung von Rückprallhammer- und Bohrkern-Prüfungen mit Ermittlung der Regressionsgraden**

		Mindestens 10 Wertepaare stehen zur Verfügung									
lfd. Nr.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rückprallhammerwert Median der Messstelle	x-Achse	50	45	47	51	44	48	53	46	55	44
Druckfestigkeit des Bohrkerns 2:1	y-Achse	45	39	40	46	38	42	45	40	50	38



**In der folgenden Tabelle werden die Ausgangsdaten (Wertepaare) und das Endergebnis nach Umrechnung nach der Regressionsgleichung dargestellt.**

		Mindestens 10 Wertepaare stehen zur Verfügung									
lfd. Nr.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rückprallhammerwert Median der Messstelle	x-Achse	50	45	47	51	44	48	53	46	55	44
Druckfestigkeit des Bohrkerns 2:1	y-Achse	45	39	40	46	38	42	45	40	50	38
Druckfestigkeit nach Regressionsgleichung		44,0	38,9	41,0	45,0	37,0	42,0	47,1	40,0	49,2	37,2

## 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
- Druckfestigkeitsklasse
- 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 Betons
- 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

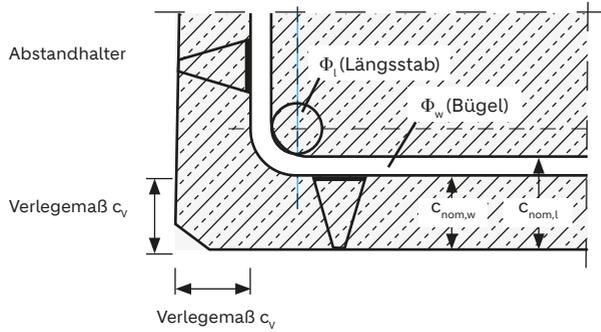
### Ggf. zusätzlich vom Verwender zu benennende Bedingungen:

- 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 Anfahrtsbeschreibung
- zu liefernde Menge
- Bauteil(e)
- Entladungsbedingungen (Pumpe, Rohrentladung, Betonkübel, Karrenentladung)
- ggf. Bestellung einer Betonpumpe und Rahmenbedingungen hierfür
- Reinigungsmöglichkeiten auf der Baustelle gegeben?

## Betondeckung der Bewehrung nach DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA

Begriff	Definition
<b>Betondeckung</b>	Abstand zwischen der Oberfläche eines Bewehrungsstabes und der nächstgelegenen Betonoberfläche
$c_{nom}$	Nennmaß der Betondeckung
$c_{min}$	Mindestbetondeckung Kontrollmaß am erhärteten Bauteil
$\Delta c_{dev}$	Verhaltemaß der Betondeckung zur Berücksichtigung unplanmäßiger Abweichungen Zur Einhaltung von $c_{min}$ im erhärteten Bauteil Angabe auf Bewehrungszeichnung erforderlich
$c_v$	Verlegemaß der Bewehrung $c_v \geq c_{n,om}$ (siehe folgende Abbildung) Angabe auf Bewehrungszeichnung erforderlich maßgebend für die statische Bauteilbemessung (Nutzhöhe $d$ )
$c_{min,b}$	Mindestbetondeckung aus Verbundanforderung
$c_{min,dur}$	Mindestbetondeckung aus Dauerhaftigkeitsanforderung
$\Delta c_{dur,g}$	additives Sicherheitselement
$\Delta c_{dur,st}$	Größe der möglichen Betondeckungsreduzierung bei Verwendung nicht rostender Stähle
$\Delta c_{dur,add}$	Größe der möglichen Betondeckungsreduzierung bei Anwendung zusätzlicher Schutzmaßnahmen
$\Phi_s$	Stabdurchmesser der Betonstahlbewehrung
$\Phi_n$	Vergleichsdurchmesser der Bewehrung eines Stabbündels
$\Phi_p$	Nenndurchmesser der Litze oder des Drahtes bei Spanngliedern
$\Phi_{duct}$	Hüllrohrdurchmesser
$a_t$	Achsabstand Tragbewehrung - Außenkante Beton (Nennmaß)
$a_{sd}$	seitlicher Abstand - Außenkante Beton (Nennmaß)
$c_{nom,w}$	Nennmaß der Betondeckung der außenliegenden Querbewehrung / der Bügel
$c_{nom,l}$	Nennmaß der Betondeckung der Längsstäbe

Betondeckung der Bewehrung



$$\left. \begin{aligned} c_v &\geq c_{nom,w} \\ &\geq c_{nom,l} - \Phi_w \text{ (Bügel)} \end{aligned} \right\} \text{DIN EN 1992-1-1}$$

$$\left. \begin{aligned} a_i &- \Phi_i \text{ (Längsstab)} / 2 - \Phi_w \text{ (Bügel)} \\ a_{sd} &- \Phi_i \text{ (Längsstab)} / 2 - \Phi_w \text{ (Bügel)} \end{aligned} \right\} \text{DIN 1992-1-2 für den Brandschutz}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Einhaltung der Mindestbetondeckung  $c_{min}$

- zur Sicherstellung der Übertragung von Verbundkräften zwischen Bewehrung und Beton (Verbund),
- zum Schutz des einbetonierten Stahls vor Korrosion (Dauerhaftigkeit),
- zum Schutz der Bewehrung gegen Brandeinwirkung unter Berücksichtigung von DIN EN 1992-1-2 (Feuerwiderstand).

Maßgebend ist der größere Wert, der sich aus den Verbund- bzw. Dauerhaftigkeitsanforderungen ergibt.

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm} \}$$

jedoch stets  $c_{min} \geq c_{min,b}$

Mindestbetondeckung  $c_{min,b}$  zur Sicherstellung eines ausreichenden Verbundes

Art der Stahleinlage		Mindestbetondeckung $c_{min,b}$ <sup>a) b)</sup>
Betonstahl		Stabdurchmesser $\Phi_s$
Stabbündel		Vergleichsdurchmesser $\Phi_n$
Spannglieder im nachträglichen Verbund <sup>c)</sup>	runde Hüllrohre	Hüllrohrdurchmesser $\Phi_{duct} \leq 80 \text{ mm}$
	rechteckige Hüllrohre mit $a \leq b$	$\max\{a; b/2\} \leq 80 \text{ mm}$
Spannglieder im sofortigen Verbund <sup>c)</sup>	Litzen, profilierte Drähte	$2,5 \Phi_p$
Spannglieder ohne Verbund		gem. Bestimmungen der Europäischen Technischen Bewertung

a) Bei Größtkorn > 32 mm und unebener Oberfläche ist i.d.R.  $c_{min,b}$  um 5 mm zu vergrößern.

b) Bei Leichtbeton ist  $c_{min,b}$  um 5 mm zu vergrößern.

c) Im Verankerungsbereich von Spanngliedern Mindestbetondeckung nach jeweiliger Europäischer Technischer Bewertung.

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	
	$C_{min,dur}$ <sup>a), b)</sup>	$\Delta C_{dur,y}$	$C_{min,dur}$ <sup>a), b)</sup>	$\Delta C_{dur,y}$
(X0)	(10)	0	(10)	0
XC1	10	0	20	0
XC2/XC3	20	0	30	0
XC4	25	0	35	0
XD1/XS1	30	+ 10	40	+ 10
XD2/XS2	35	+ 5	45	+ 5
XD3/XS3	40	0	50	0

a) Anforderungskategorie S3 (50 Jahre Nutzungsdauer für den allgemeinen Hochbau).

b) 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 EN1992-1-1/NA, Anhang E, liegt.
- Beton mit Mindestluftgehalt für Expositionsklassen XF mindestens eine Klasse über indikativer Mindestfestigkeitsklasse liegt (indikativ: Expositionsklasse mit der höchsten Anforderung, wenn mehrere Expositionsklassen für ein Bauteil zutreffen).

**Weitere Regelungen:**

**Nichtrostende Stähle:**

Für die Abminderung der Mindestbetondeckung  $\Delta c_{dur,st}$  gelten die Bestimmungen der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.

**Rissüberbrückende Beschichtung:**

Die Abminderung der Mindestbetondeckung  $\Delta c_{dur,add}$  darf in den Expositionsclassen XD mit 10 mm angesetzt werden. In allen anderen Fällen ist  $\Delta c_{dur,add} = 0$ .

**Fertigteile:**

Bei kraftschlüssigem Verbund mit Ortbeton verbunden gilt für die Betondeckung beidseitig der Fuge  $c_{min} = c_{min,b}$ , sofern Beton C25/30 verwendet wird, das Außenklima maximal 28 Tage auf die Betonoberfläche einwirken kann und die Fuge aufgeraut wird.

**Verschleißbeanspruchung:**

Wird bei Betonbauteilen der Expositionsklasse XM auf den Einsatz von Gesteinskörnungen mit zusätzlichen Anforderungen verzichtet, kann die Beanspruchung durch eine Vergrößerung der Betondeckung (Opferschicht) berücksichtigt werden. Die Mindestbetondeckung  $c_{min}$  ist dabei für XM1 um  $k_1 = 5$  mm, für XM2 um  $k_2 = 10$  mm und für XM3 um  $k_3 = 15$  mm zu erhöhen.

Um mögliche negative Abweichungen in der Bauausführung zu berücksichtigen, ist das Vorhaltemaß nach der folgenden Tabelle zu wählen.

**Vorhaltemaß Mindestbetondeckung  $\Delta c_{dev}$**

	Vorhaltemaß $\Delta c_{dev}$ in mm <sup>a) b)</sup>
für Dauerhaftigkeit mit min $c_{min,dur}$	15 <sup>c)</sup>
für Verbund mit $c_{min,b}$	10

<sup>a)</sup> Unter der Voraussetzung einer entsprechenden Qualitätskontrolle bei Planung, Entwurf, Herstellung und Bauausführung darf  $\Delta c_{dev}$  um 5 mm verringert werden.

<sup>b)</sup> Bei bewehrten Bauteilen auf Sauberkeitsschicht ist das Vorhaltemaß um  $k_1 = 20$  mm, bei bewehrten Bauteilen gegen Baugrund um  $k_2 = 50$  mm zu erhöhen.

<sup>c)</sup> Für XC1 gilt  $\Delta c_{dev} = 10$  mm.

**Temperatur des Betons beim Einbau**

Lufttemperatur [°C]	Mindesttemperatur des Frischbetons beim Einbau [°C]
+ 5 bis -3	+ 5 allgemein + 10 bei Zementgehalt < 240 kg/m <sup>3</sup> 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/mm<sup>2</sup> 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

**Nachbehandlungsnotwendigkeit in Verbindung mit den Ausführungsklassen**

Ziel	Nachbehandlung		
	AK-N	AK-E	AK-S
Sicherstellung einer ausreichenden mechanischen Festigkeit und Dauerhaftigkeit (Dichtigkeit) in der Betonrandzone	notwendig, Dauerentsprechend Nachbehandlungsklasse	wie AK-N, falls im Betonbaukonzept nicht anders festgelegt	wie AK-N, falls im Betonbaukonzept nicht anders festgelegt
Verringerung des Risspotenzials infolge von Frühschwinden (plastischem Schwinden)	–	wie im Betonbaukonzept festgelegt	wie im Betonbaukonzept festgelegt
Verringerung des Risspotenzials infolge von Temperatur-Zwangsspannungen durch Hydratationswärmeentwicklung oder vorherrschende Witterungs-/ Umgebungsbedingungen	–	wie im Betonbaukonzept festgelegt	wie im Betonbaukonzept festgelegt
Erreichen der Anforderungen an das Aussehen von Sichtbetonflächen	–	–	wie im Betonbaukonzept festgelegt

**Nachbehandlungsklassen von DIN EN13670 und Zuordnung zu Expositions-klassen nach**

	Nachbehandlungs-klasse 1	Nachbehandlungs-klasse 2	Nachbehandlungs-klasse 3	Nachbehandlungs-klasse 4
Expositions-klassen	X0, XC1	nicht zutreffend	alle außer X0, XC1 und XM	XM1, XM2, XM3, XF4 <sup>a)</sup>
Prozentualer Anteil der charakteristischen Mindestdruckfestigkeit	nicht festgelegt	35%	50%	70%

- a) gilt nur bei langsamen und sehr langsamen Betonen siehe auch folgende Tabellen:
- Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton in allen Expositions-klassen außer X0, XC1 und XM der Nachbehandlungsklasse 3 und
  - Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton in den Expositions-klassen XC2, XC3, XC4 und XF1 der Nachbehandlungsklasse

Von dieser Tabelle abweichende erhöhte oder speziell festzulegende Nachbehandlungsanforderungen müssen in den bautechnischen Unterlagen angegeben sein. Dies führt zur Ausführungsklasse AK-E oder AK-S.

**Nachbehandlungsklasse 1**

- Bei Nachbehandlungsklasse 1 bzw. in den Expositions-klassen X0 und XC1 muss der Beton mindestens einen halben Tag nachbehandelt werden. Bei mehr als 5 Stunden Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern. Die Nachbehandlungsdauer ist zudem um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur der Betonoberfläche unter +5°C lag.
- Bei Nachbehandlungsklasse 1 darf die Zeitdauer der Nachbehandlung von mindestens einem halben Tag unterschritten werden, wenn nachgewiesen wird, dass der Beton die gleiche Reife aufweist, wie sich unter Annahme einer konstanten Oberflächentemperatur von 20°C über eine Nachbehandlungsdauer von 12 h ergibt.

**Nachbehandlungsklasse 3**

- Bei Nachbehandlungsklasse 3 bzw. in allen Expositions-klassen außer X0, XC1 und XM darf die Mindestdauer der Nachbehandlung ohne genaueren Nachweis entsprechend der Tabelle „Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton in allen Expositions-klassen außer X0, XC1 und XM der Nachbehandlungsklasse 3“ festgelegt werden.
- In den Expositions-klassen XC2, XC3, XC4 und XF1 der Nachbehandlungsklasse 3 darf die Mindestdauer der Nachbehandlung ohne genaueren Nachweis entsprechend Tabelle „Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton in den Expositions-klassen XC2, XC3, XC4 und XF1 der Nachbehandlungsklasse 3“ festgelegt werden. Diese Tabelle darf nur angewendet werden, wenn bei Verwendung einer Stahl-schalung oder bei Betonbauteilen mit ungeschalteten Oberflächen ein übermäßiges Auskühlen des Betons im Anfangsstadium der Erhärtung durch entsprechende Schutzmaßnahmen verhindert wird.

**Nachbehandlungsklasse 4**

Bei Nachbehandlungsklasse 4 bzw. in den Expositions-klassen XM1, XM2, XM3, XF4 sind ohne genaueren Nachweis die Werte für die Mindestdauer der Nachbehandlung nach Tabelle „Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton in allen Expositions-klassen außer X0, XC1 und XM der Nachbehandlungsklasse 3“ zu verdoppeln.

**Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton in allen Expositions-klassen außer X0, XC1 und XM der Nachbehandlungsklasse 3**

maßgebliche Temperatur T <sup>dl</sup> [°C]	Mindestdauer der Nachbehandlung inTagen <sup>a)</sup>			
	Festigkeitsentwicklung des Betons <sup>c)</sup>			
	schnell (r ≥ 0,5)	mittel (0,3 ≤ r < 0,5)	langsam <sup>e)</sup> (0,15 ≤ r < 0,3)	sehr langsam <sup>e)</sup> (r < 0,15)
T ≥ +25	1	2	2	3
+25 > T ≥ +15	1	2	4	5
+15 > T ≥ +10	2	4	7	10
+10 > T ≥ +5 <sup>b)</sup>	3	6	10	15

- a) Bei mehr als 5 h Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.  
 b) Bei Temperaturen unter 5°C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur unter 5°C lag.  
 c) Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird – analog zu DIN1045-2:2023-08, 7.2(2) und (3a) – durch das Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2Tagen und nach 28Tagen ( $r = f_{cm2}/f_{cm28}$ ) beschrieben, das bei der Erstprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton mit vergleichbarer Zusammensetzung ermittelt wurde. Wird bei besonderen Anwendungen in den Ausführungsklassen AK-E oder AK-S die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28Tage bestimmt, ist für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer der Schätzwert des Festigkeitsverhältnisses entsprechend DIN1045-2:2023-08, Tabelle 19 aus dem Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen ( $f_{cm,2}$ ) zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit unter Berücksichtigung von DINEN12390-2 zu ermitteln oder eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20°C zwischen zwei Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.  
 d) Es darf die Oberflächentemperatur des Betons, ersatzweise die Lufttemperatur, jeweils als minimaler Wert im Zeitintervall, angesetzt werden.  
 e) Die Verwendung eines Betons mit langsamer oder sehr langsamer Festigkeitsentwicklung setzt die Planungsklasse PK-E und die Ausführungsklasse AK-E voraus.

**Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton in den Expositions-klassen XC2, XC3, XC4 und XF1 der Nachbehandlungsklasse 3**

Frischbetontemperatur T <sub>fb</sub> zum Zeitpunkt des Betoneinbaus	Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen <sup>a)</sup>		
	Festigkeitsentwicklung des Betons <sup>b)</sup>		
	schnell	mittel	langsam <sup>c)</sup>
T <sub>fb</sub> ≥ + 15°C	1	2	4
+10 ≤ T <sub>fb</sub> < + 15°C	2	4	7
+5 ≤ T <sub>fb</sub> < + 10°C	4	8	14

- a) Bei mehr als 5h Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.  
 b) Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird – analog zu DIN1045-2:2023-08, 7.2(2) und (3a) – durch das Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen und nach 28 Tagen ( $r = f_{cm2}/f_{cm28}$ ) beschrieben, das bei der Erstprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton mit vergleichbarer Zusammensetzung ermittelt wurde. Wird bei besonderen Anwendungen in den Ausführungsklassen AK-E oder AK-S die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28 Tage bestimmt, ist für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer der Schätzwert des Festigkeitsverhältnisses entsprechend DIN 1045-2:2023-08, Tabelle 19, aus dem Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2Tagen ( $f_{cm,2}$ ) zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit unter Berücksichtigung von DIN EN 12390-2 zu ermitteln oder eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20°C zwischen zwei Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.  
 c) Die Verwendung eines Betons mit langsamer Festigkeitsentwicklung setzt die Planungsklasse PK-E und die Ausführungsklasse AK-E voraus.

## Weitere einzuhaltende Parameter:

- Sofern nicht anders festgelegt oder nachgewiesen ist, dass bei höheren Temperaturen keine nachteiligen Folgen zu erwarten sind, darf die Höchsttemperatur des Betons in einem Bauteil, das einer nassen bzw. wechselnd nass/trockenen Umgebung ausgesetzt ist, 70°C nicht überschreiten.
- Nachbehandlungsmaßnahmen zum Schutz gegen vorzeitiges Austrocknen und niedrige Temperaturen müssen bei verzögertem Beton so früh wie möglich, spätestens nach dem Nachverdichten, eingeleitet und in der Regel länger als bei nicht verzögertem Beton durchgeführt werden. Die im Betonbaukonzept festgelegten Maßnahmen zur Nachbehandlung sind zu beachten.
- Die bautechnischen Unterlagen bzw. das Betonbaukonzept können weitergehende Anforderungen an beton- und ausführungstechnische Maßnahmen enthalten, z.B. die Verwendung von Zementen mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung, Kühlen des Betons, wärmedämmende Maßnahmen usw.

## Betonierkonzept:

Jedes Objekt und Bauteil hat seine spezifischen Anforderungen und ist individuell zu betrachten. Bei der Planung eines Betoniervorganges sind u. a. folgende Punkte zu berücksichtigen und zu planen.

- Überprüfung des Planums
- Prüfung der Bewehrung
- bei Sichtbeton: Fugeneinteilung, Schalungsstruktur, Musterfläche
- QS-Plan, Materialnachweise, Erstprüfungen, Prüfzeugnisse, bauteilspezifisches Eigenschaftsverzeichnis
- Wahl der geeigneten Betonsorte
- Qualifiziertes, geschultes Betonierpersonal
- Annahmekriterien für den gelieferten Beton
- Vorlaufmischung erforderlich?
- Betonierrichtung ggf. in Lagen
- Arbeitsfugen
- dichte Schalungsstöße
- Betoniermenge pro Stunde
- Größtkorn in Abhängigkeit von der Bewehrungsdichte
- Fördergeräte / Fallrohre
- Verdichtungsart und Kontrolle der Verdichtung (auch bei Dunkelheit), Nachverdichtung
- Einbauteile Eignung und Lage
- Einhaltung der erforderlichen Betondeckung, Wahl der Abstandhalter
- Planung und Abstimmung von Betonierunterbrechungen und Pausen
- Prüfung der zu erwartenden Witterungsverhältnisse
- Maßnahmen bei hohen und niedrigen Temperaturen
- Prüfung und Markierung der Sollhöhen
- Planung und Wahl der Nachbehandlungsmaßnahmen
- Annahmeprüfungen und Herstellung von Prüfkörpern
- Dokumentation des Betoniervorganges inkl. Nachbehandlung
- Schalung gegen Sonneneinstrahlung schützen. Kein Wasser darf in der Schalung stehen.

<b>Zement</b>	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
	<b>Gesteinskörnungen</b>	Gesteinskörnung für Beton Gesteinskörnung für Mörtel Leichte Gesteinskörnung Rezyklierte Gesteinskörnung Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen
<b>Betonzusatzstoffe</b>	DIN EN 450 DIN EN 12878	Flugasche für Beton Pigmente zum Einfärben von zement- / oder kalkgebundenen Baustoffen-Anforderungen und Prüfung
	DIN 51043 DIN EN 13263 DIN EN 14889-1	Trass-Anforderungen, Prüfung Silikastaub für Beton Fasern für Beton - Teil 1 : Stahlfasern
	<b>Betonzusatzmittel</b>	Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel
	DIN EN 934	

<b>Beton</b>	DIN EN 934	Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel
	DIN EN 206-1 <sup>a)</sup>	Beton, Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
	DIN 1045-2 <sup>a)</sup>	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
	DIN EN 1992-1-1	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
	DIN EN 1992-1-1/A1	Änderung 1 zum Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
	DIN EN 1992-1-1/NA	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
	DIN 1045-3	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 3: Bauausführung
	DIN 1045-4	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen
	DIN EN 12350	Prüfung von Frischbeton
	DIN EN 12390	Prüfung von Festbeton
	DIN EN 1008	Zugabewasser für Beton - Festlegung für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich bei der Betonherstellung anfallendem Wasser, als Zugabewasser für Beton
	Richtlinien des DAfStb	Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)</li> <li>• Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen</li> <li>• für Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton)</li> <li>• Selbstverdichtender Beton (SVB-Richtlinie)</li> <li>• Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)</li> <li>• Massige Bauteile aus Beton</li> <li>• Stahlfaserbeton</li> </ul>
	DBV/BDZ <sup>c)</sup>	Merkblatt Sichtbeton
	DIN 1045-1000	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1000: Grundlagen und Betonbauqualitätsklassen (BBQ)
	DIN 1045-1	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Planung, Bemessung und Konstruktion
DIN EN 1536 und DIN SPEC 18140	Bohrpfahlbeton	
DIN EN 13791	Tabelle „Mindestanzahl an Bohrkernen im Prüfbereich“	
DIN EN 12504	Prüfung von Beton in Bauwerken	

<sup>a)</sup> Zusammengefasst im DIN-Fachbericht 100, Beton

<sup>b)</sup> Richtlinie des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb)

<sup>c)</sup> Merkblatt des Deutschen Beton- und Bautechnik- Vereins (DBV) und des Bundesverbandes der deutschen Zementindustrie (BDZ)

<sup>d)</sup> Merkblatt des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins (DBV)

#### **Holcim (Deutschland) GmbH**

##### **Werk Lägerdorf**

Sandweg 10  
25566 Lägerdorf  
Tel. +49 (0)48 28 60-0  
Fax +49 (0)48 28 16 90

#### **Holcim (Deutschland) GmbH**

##### **Werk Höver**

Hannoversche Straße 28  
31319 Sehnde  
Tel. +49 (0)51 32 9 27-0  
Fax +49 (0)51 32 9 27-218

#### **Holcim (Deutschland) GmbH**

##### **Werk Bremen**

Auf den Delben 35  
28237 Bremen  
Tel. +49 (0)21 6 43 65-0  
Fax +49 (0)421 6 43 65-44

#### **Holcim (Deutschland) GmbH**

##### **Werk Rostock**

Ost-West-Straße 14  
18147 Rostock  
Tel. +49 (0)3 81 6 70 75-0  
Fax +49 (0)3 81 6 70 75-31

#### **Holcim WestZement GmbH**

##### **Werk Beckum-Kollenbach**

Am Kollenbach 27  
59269 Beckum  
Tel. +49 (0)25 21 15 70  
Fax +49 (0)25 21 15 72 47

#### **Holcim WestZement GmbH**

##### **Werk Duisburg-Schwegern**

Kaiser-Wilhelm-Straße 100  
47166 Duisburg  
Tel. +49 (0)203 52 24 747  
Fax. +49 (0)203 55 88 52

#### **Holcim HüttenZement GmbH**

##### **Werk Dortmund**

Im Karrenberg 36  
44329 Dortmund  
Tel. +49 (0)2 31 89 50 10  
Fax +49 (0)2 31 89 50 11 46

#### **Holcim (Süddeutschland) GmbH**

##### **Werk Dotternhausen**

Dormettinger Straße 23  
72359 Dotternhausen  
Tel. +49 (0)74 27 79-298  
Fax +49 (0)74 27 79-248

#### **Lafarge Cement, a.s.**

##### **Werk Čížkovice**

Čížkovice 27  
CZ-411 12 Čížkovice

**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](http://www.holcim.de)

