

# Betontechnische Daten

Ein Tabellenwerk für Praktiker

Eine Publikation der Holcim (Deutschland) AG



# Betontechnische Daten

Die Anwendung der Normenauszüge entbindet nicht von der Pflicht, die Normenvorgaben und ihre Gültigkeit für den speziellen Anwendungsfall zu prüfen.

# Inhalt

<b>Zement</b>	<b>13</b>
Normen und Festigkeitsklassen	13
Normalzemente und ihre Zusammensetzung	14
Zemente mit besonderen Eigenschaften	16
Anwendungsbereiche für Normzemente	18
Zement für Fahrbahndecken aus Beton	20
<b>Gesteinskörnung</b>	<b>22</b>
Normen, Begriffe	22
Kategorien, Anforderungen	23
Kornzusammensetzung, Sieblinien	27
Wasseranspruch	32
Alkaliempfindlichkeitsklassen	33
<b>Betonzusatzstoffe</b>	<b>34</b>
<b>Betonzusatzmittel</b>	<b>37</b>
<b>Zugabewasser</b>	<b>38</b>
Verwendbarkeit	38
Restwasser-Feststofftabelle	39
Grenzwerte für Zugabewasser	40
<b>Beton</b>	<b>41</b>
Begriffe, Symbole, Erläuterungen	41
Normal- und Schwerbeton: Druckfestigkeitsklassen	42
Festigkeitsentwicklung	43
Leichtbeton: Rohdichte-, Druckfestigkeitsklassen	44
Elastizitätsmodul von Normal- und Leichtbeton	45

# Inhalt

Expositionsklassen XO, XC	46
Expositionsklassen XD, XS	48
Expositionsklassen XF	50
Expositionsklassen XA, XM	52
Feuchteklassen	54
Mehlkorngehalt	55
Konsistenzklassen	56
Chemischer Angriff	57
Mindestzementgehalt Standardbeton	58
<b>Stahlfaserbeton</b>	<b>59</b>
<b>Selbstverdichtender Beton</b>	<b>63</b>
<b>Beton für wasserundurchlässige Bauwerke</b>	<b>66</b>
<b>Alkali-Kieselsäure-Reaktion, Alkali-Richtlinie des DAfStB</b>	<b>69</b>
Anwendungsbereich, Karte	70
Kriterien zur Einstufung von Gesteinskörnung	71
Vorbeugende Maßnahmen	72
<b>Konformitätskontrolle Hersteller</b>	<b>74</b>
<b>Bestellung von Transportbeton</b>	<b>85</b>
<b>Bauausführung</b>	<b>86</b>
<b>Betonrecycling</b>	<b>91</b>
<b>Regelwerke</b>	<b>94</b>
<b>Standorte / Ansprechpartner</b>	<b>97</b>

## Hochofenzemente Holcim-Duo.../Aqua...

### Holcim-Duo 3 N (-LH/NA) – Der umweltfreundliche Zement für warme Witterung und massige Bauteile

CEM III/A 32,5 N (-LH/NA)

#### Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Lange Verarbeitbarkeit
- Moderate Festigkeitsentwicklung
- Hohe Nacherhärtung
- Helle Farbgebung
- Niedrige Hydratationswärme und niedriger wirksamer Alkaligehalt (nur Holcim Duo 3 N-LH/NA)

#### Anwendungsgebiete

- Transportbeton für Hoch- und Tiefbau
- Konstruktiver Ingenieurbau
- Massige Bauteile
- Betonieren bei warmer Witterung
- Bei alkaliempfindlicher Gesteinskörnung (nur Holcim Duo 3 N-LH/NA)

### Holcim-Duo 4 N (-NA) – Der leistungsstarke und ökologische Ganzjahreszement

CEM III/A 42,5 N (-NA)

#### Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Gute Anfangsfestigkeit bei guter Nacherhärtung
- Moderate Festigkeitsentwicklung
- Helle Farbgebung
- Niedriger wirksamer Alkaligehalt (nur Holcim Duo 4 N-NA)

#### Anwendungsgebiete

- Transportbeton für Hoch- und Tiefbau
- Konstruktiver Ingenieurbau
- Leicht- und selbstverdichtender Beton
- Straßenbau, Fahrbahndecken
- Betonwaren
- Bei alkaliempfindlicher Gesteinskörnung (nur Holcim Duo 4 N-NA)

### Holcim-Aqua 3 – Der Spezialzement für massige Bauteile

CEM III/B 32,5 N-LH/HS/NA

#### Eigenschaften

- Niedrige Hydratationswärme
- Hoher Sulfatwiderstand
- Niedriger wirksamer Alkaligehalt
- Lange Verarbeitbarkeit
- Niedrige Anfangsfestigkeit mit sehr hoher Nacherhärtung
- Helle Farbgebung

#### Anwendungsgebiete

- Massige Bauteile
- Hoch- und Tiefbau
- Konstruktiver Ingenieurbau
- See- und Hafengebäude
- Betone im Abwasserbereich
- Pfahlgründungen, Fundamente
- Bei Verwendung alkaliempfindlicher Gesteinskörnung

### Holcim-Aqua 4 – Der leistungsstarke Spezialzement für Wasserbauwerke und massige Bauteile

CEM III/B 42,5 L-LH/HS/NA

#### Eigenschaften

- Niedrige Hydratationswärme
- Hoher Sulfatwiderstand
- Niedriger wirksamer Alkaligehalt
- Lange Verarbeitbarkeit
- Moderate Anfangsfestigkeit mit sehr hoher Nacherhärtung
- Helle Farbgebung

#### Anwendungsgebiete

- Wasserbauwerke nach ZTV-W
- Massige Bauteile
- Hoch- und Tiefbau
- Konstruktiver Ingenieurbau
- See- und Hafengebäude
- Betone im Abwasserbereich
- Pfahlgründungen, Fundamente
- Biogasanlagen
- Bei alkaliempfindlicher Gesteinskörnung

## Portlandhüttenzemente Holcim-Ferro...

### Holcim-Ferro 3 R (-NA) – Der wirtschaftliche Allround-Zement

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

#### Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Gutes Wasserrückhaltevermögen
- Normale Festigkeitsentwicklung
- 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 (-NA) – Der verarbeitungsfreundliche Allroundzement

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

#### Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Gutes Wasserrückhaltevermögen
- Normale Festigkeitsentwicklung
- 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 und hohe Endfestigkeit

#### Anwendungsgebiete

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

### Holcim-Pur 4 N – Der traditionelle Portlandzement

CEM I 42,5 N

#### Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Gute Festigkeitsentwicklung
- Gute Anfangsfestigkeit

#### Anwendungsgebiete

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

### Holcim-Pur 4 R (-NA) – Der frühfeste Portlandzement

CEM I 42,5 R (-NA)

#### Eigenschaften

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

#### Anwendungsgebiete

- Betonwaren
- Betonfertigteile
- Porenbeton
- Transportbeton bei erhöhten Anforderungen bezüglich Früh- und Endfestigkeit
- Konstruktiver Ingenieurbau
- Leicht- und selbstverdichtender Beton
- 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 Anfangs- und Endfestigkeit

#### Anwendungsgebiete

- Betonwaren
- Betonfertigteile
- Porenbeton

### Holcim-Pur 5 R (-NA) – Der Hochleistungs-Zement

CEM I 52,5 R (-NA)

#### Eigenschaften

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

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

#### Anwendungsgebiete

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

CEM I 52,5 R

#### Eigenschaften

- Gute Verarbeitbarkeit durch optimierte Korngrößenabstufung
- Sehr hohe Festigkeiten schon nach wenigen Stunden
- Helle Farbgebung

#### Anwendungsgebiete

- Spezialzement für Fertigteile und Betonwaren
- Bei besonders hohen Anforderungen an die Oberflächenqualität
- Für Fertigteilproduktion mit optimierten Taktzeiten

## Holcim-Sulfo 5 R – Der frühfeste Spezialzement für aggressive Milieus

CEM I 52,5 R-HS/NA

### Eigenschaften

- Hoher Sulfatwiderstand
- Niedriger wirksamer Alkaligehalt
- Hohe Anfangs- und Endfestigkeiten
- Relativ dunkle Farbgebung

### Anwendungsgebiete

- Betonfertigteile
- Rohre, Schachtelemente
- Betonbauteile, die chemischem Angriff ausgesetzt sind
- Bei alkaliempfindlicher Gesteinskörnung
- Fugenmörtel (dunkle Farbgebung erwünscht)
- UHPC (Ultra hochfester Beton)

## Holcim-Hydroport – Der hydrophobierte Zement zur Bodenverfestigung

CEM I 32,5 R-hy

### Eigenschaften

- Hydrophobierter Portlandzement

### Anwendungsgebiete

- Hydraulisch gebundene Tragschichten
- TL Beton - StB 07 und ZTV Beton - StB 07
- Systemaufbauten im Strassen-, Wege- und Gleisbau
- Bau- und Zentralmischverfahren

## Holcim-Trass – Der Spezial-Zement für Mörtel und Natursteinarbeiten

CEM II/B-P 32,5 R

### Eigenschaften

- Gute Verarbeitungseigenschaften
- Normale Festigkeitsentwicklung
- Geringe Ausblühneigung

### Anwendungsgebiete

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

## Holcim-Binder – Der starke Putz- und Mauerbinder

MC 5/ DIN EN 413

### Eigenschaften

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

### Anwendungsgebiete

- Mauermörtel für Außen und Innen
- Werkmauermörtel nach DIN EN 998-2
- Mörtelgruppen I, II und IIa nach DIN V 18580
- Putzmörtel für Außen und Innen
- Werkputzmörtel nach DIN EN 998-1
- Putzmörtel der Gruppe P II nach DIN V 18550
- Baustellenputzmörtel
- Ober- und Unterputze
- Stukkaturen

## Holcim-Steelpact – der Stahlfaserbeton

### 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

## Holcim-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
- Schneller Baufortschritt
- Dichtes Festbetongefüge

### Anwendungsgebiete

- Bodenplatten
- Fundamente
- Dichte Bauwerke
- Sichtbeton

## Holcim-Selfpact – der selbstverdichtende Beton

### Eigenschaften

- Extrem fließfähiger Beton nach Richtlinie des DAFStb
- Selbstverdichtend
- Lunker- und fehlstellenfrei
- Keine Rüttelgassen
- Schneller Baufortschritt
- Hohe Druckfestigkeiten

### Anwendungsgebiete

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

## Holcim-Terrapact – der selbstverdichtende Boden

### Eigenschaften

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

### Anwendungsgebiete

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

## Holcim-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

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

**Normen  
Festigkeits-  
klassen  
Erstarren**

Norm	Ausgabe	Inhalt
DIN EN 196-1 bis 10	1990 - 2006	Prüfverfahren für Zement
DIN EN 197-1	2004 - 08	Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement
DIN EN 197-1/A1	2004 - 08	Normalzement mit niedriger Hydratationswärme (LH)
DIN EN 197-2	2000 - 11	Konformitätsbewertung
DIN EN 197-4 <sup>a</sup>	2004 - 08	Hochofenzement mit niedriger Anfangsfestigkeit
DIN EN 1164-10	2004 - 08	Zement mit besonderen Eigenschaften (NA, HS)
DIN EN 14216 <sup>a</sup>	2004 - 08	Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Sonderzement mit sehr niedriger Hydratationswärme

<sup>a</sup> Diese Zemente werden im Fortgang der „Betontechnischen Daten“ nicht weiter berücksichtigt.

Festigkeits- klasse	Druckfestigkeit <sup>1)</sup> (MPa) <sup>2)</sup>			Erstarrungsbeginn <sup>3)</sup> (Min.)	
	Anfangsfestigkeit 2 Tage	7 Tage	Normfestigkeit 28 Tage		
22,5 <sup>4)</sup>			≥ 22,5	≤ 42,5	≥ 75
32,5 L <sup>5)</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>5)</sup>		≥ 16			
42,5 N	≥ 10,0				
42,5 R	≥ 20,0		≥ 52,5		≥ 45
52,5 L <sup>5)</sup>	≥ 10,0				
52,5 N	≥ 20,0				
52,5 R	≥ 30,0				

1) Prüfung nach DIN EN 196-1 3) Prüfung nach DIN EN 196-3

2) 1 MPa entspricht 1 N/mm<sup>2</sup> 4) nur bei Sonderzementen nach DIN 14216

5) nur bei Hochofenzementen mit niedriger Anfangsfestigkeit nach DIN EN 197-4



## 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	Holcim-Duo 3 N - LH/NA Holcim-Aqua 3 Holcim-Aqua 4
HS  hoher Sulfatwiderstand	hohe Sulfatgehalte im:  Wasser > 6.00 mg SO <sub>4</sub> je Liter  Boden > 3.000 mg SO <sub>4</sub> je kg	Holcim-Sulfo 5 R Holcim-Aqua 3 Holcim-Aqua 4
NA  niedriger wirksamer Alkaligehalt	bei alkaliempfindlicher Gesteinskörnung	Holcim-Pur 4 R-NA Holcim-Pur 5 R-NA Holcim-Sulfo 5 R Holcim-Ferro 3 R-NA Holcim-Duo 3 N-LH/NA Holcim-Duo 4 N-NA Holcim-Aqua 3 Holcim-Aqua 4

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

### Anforderung an LH -Zemente

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

### Anforderung an HS -Zemente

Zementart	Anforderung
CEM I - HS	C <sub>3</sub> A-Gehalt ≤ 3 M.-% und Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Gehalt ≤ 5 M.-%
CEM III/B - HS	Hüttensandgehalt ≥ 66,0 M.-%
CEM III/C - HS	Hüttensandgehalt ≥ 81,0 M.-%

### Anforderung an NA -Zemente

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

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

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

● anwendbar      ○ nicht anwendbar

a Bei chemischem Angriff durch Sulfat (ausgenommen bei Meerwasser) muss bei den Expositionsklassen XA2 und XA3 Zement mit hohem Sulfatwiderstand (HS-Zement) verwendet werden. Bei einem Sulfatgehalt des angreifenden Wasser von SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> < 1.500 mg/l darf anstelle von HS-Zement eine Mischung von Zement und Flugasche verwendet werden. Der Mindestflugaschegehalt ist zementabhängig und in DIN EN 206-1/ DIN 1045-2 geregelt.

Betonangriff durch													Spannstahlverträglichkeit
Chloride aus Meerwasser			Frost				aggressive chemische Umgebung			Verschleiß			
XS1	XS2	XS3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 <sup>a</sup>	XA3 <sup>a</sup>	XM1	XM2	XM3	
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	●	●	○
●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

b Silicastaub nach Zulassungsrichtlinien DIBt bzgl. Gehalt an elementarem Silicium (Si)  
 c spezielle Kombinationen können günstiger sein  
 d Festigkeitsklasse ≥ 42,5 N oder Festigkeitsklasse ≥ 32,5 R mit einem Hüttensand-Massenanteil von ≤ 50%  
 e CEMIII/B darf nur für die folgenden Anwendungsfälle verwendet werden (auf Luftporen kann in beiden Fällen verzichtet werden):  
 a) Meereswasserbauteile: w/z ≤ 0,45; Mindestfestigkeitsklasse C35/45 und z ≥ 340 kg/m<sup>3</sup>, b) Räumlerlaufbahnen: w/z ≤ 0,35 Mindestfestigkeitsklasse C40/50 und z ≥ 360 kg/m<sup>3</sup>; Beachtung von DIN 19569-1.

## Zement für Fahrbahndecken aus Beton

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

### Gefordeter charakteristischer Wert des Alkaligehalts <sup>a</sup>

Zement	Hüttensandgehalt  M.-%	Alkaligehalt des Zements  Na <sub>2</sub> O-Äqui- valent M.-%	Alkaligehalt des Zements ohne Hüttensand bzw. Ölschiefer Na <sub>2</sub> O-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	-	$\leq 1,05$

<sup>a</sup> gemäß „Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr.: 15/005“ des BMV BW

Folgende Holcim-Zemente sind für Fahrbahndecken aus Beton geeignet:

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

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

## Zement für die Bodenverfestigung

## 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
DIN EN 13139	Gesteinskörnungen für Mörtel	2002 - 08 mit Berichtigung 1, Ausgabe: 2004 - 12 (Norm Entwurf 2011-03)
DIN 4226-100	Rezyklierte Gesteinskörnung	2002 - 02
DAFStb-Richtlinie	Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton	2007 - 02 (zzgl. Berichtigungen 2010-04 und 2011-04)
DAFStb-Richtlinie	Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620	2010 - 09

## Begriffe nach DIN EN 12620

Kornrohddichte	
Gesteinskörnung	Kornrohddichte [kg/m <sup>3</sup> ]
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

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

## Gesteinskörnung nach DIN EN 12620

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

	Kategorie	Anforderung [M.-%]	Bemerkung	
Kornzusammensetzung	G <sub>C</sub>	je nach	Grobe Gesteinskörnung	
	G <sub>F</sub>	Gesteinskörnung	Feine Gesteinskörnung	
	G <sub>NG</sub>	unterschiedlich	natürlich zusammengesetzte Gesteinskörnung	
	G <sub>A</sub>	siehe Tabelle auf Seite 7	Korngemische	
Höchstwerte von Feinanteilen	<b>f<sub>1,5</sub></b>	<b>≤ 1,5</b>	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		
	<b>f<sub>3</sub></b>	<b>≤ 3</b>	Durchgang durch 0,063 mm-Sieb bei <b>bei 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>	> 16	Durchgang durch 0,063 mm Sieb bei <b>natürlich zusammengesetzten Gesteinskörnungen</b> (nach DIN EN 933-7)	
	f <sub>NR</sub>	keine Anforderungen		
	<b>f<sub>3</sub></b>	<b>≤ 3</b>		Durchgang durch 0,063 mm Sieb bei <b>Korngemischen</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 Anforderungen			
Plattigkeitskennzahl	Fl <sub>15</sub>	≤ 15	Anteil ungünstig geformter Körner: Bestimmung der <b>Kornform für grobe Gesteinskörnungen</b> (nach DIN EN 933-3) (FI = Flakiness Index)	
	Fl <sub>20</sub>	≤ 20		
	Fl <sub>35</sub>	≤ 35		
	<b>FI<sub>50</sub></b>	<b>≤ 50</b>		
	f <sub>angegeben</sub>	> 50		
	f <sub>NR</sub>	keine Anforderungen		
	f <sub>NR</sub>	keine Anforderungen		

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

	Kategorien	Anforderung M.-%	Bemerkungen
Kornformkennzahl	SI <sub>15</sub>	≤ 15	Bestimmung der Kornformkennzahl (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	
Frostwiderstand	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	
Frost- und Taumittelwiderstand	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>	
leichtgewichtige organische Verunreinigungen	<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	
Widerstand gegen Zertrümmerung	LA <sub>15</sub>	≤ 15	LA = Los Angeles-Koeffizient (nach DIN 1097-2) NR = No requirements (keine Anforderungen)
	LA <sub>20</sub>	≤ 20	
	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>	

	SZ <sub>18</sub> SZ <sub>22</sub> SZ <sub>26</sub> SZ <sub>32</sub> SZ <sub>angegeben</sub> <b>SZ<sub>NR</sub></b>	≤ 18 ≤ 22 ≤ 26 ≤ 32 > 32 <b>keine Anforderung</b>	SZ = Schlag-Zertrümmerung (nach DIN 1097-2)
Verschleiß	M <sub>DE</sub> 10 M <sub>DE</sub> 15 M <sub>DE</sub> 20 M <sub>DE</sub> 25 M <sub>DE</sub> 35 M <sub>DE, angegeben</sub> <b>M<sub>DE</sub>NR</b>	≤ 10 ≤ 15 ≤ 20 ≤ 25 ≤ 35 > 35 <b>keine Anforderung</b>	M <sub>DE</sub> = Micro-Deval nach DIN EN 1097-1
Polierwiderstand	PSV <sub>68</sub> PSV <sub>62</sub> PSV <sub>56</sub> PSV <sub>50</sub> PSV <sub>44</sub> PSV <sub>angegeben</sub> <b>PSV<sub>NR</sub></b>	≥ 68) ≥ 62) ≥ 56) ≥ 50) ≥ 44) Zwischenwerte und solche < 44 <b>keine Anforderung</b>	PSV = Polishing Stone Value DIN EN 1097-8
Abriebwiderstand	AAV <sub>10</sub> AAV <sub>15</sub> AAV <sub>20</sub> AAV <sub>angegeben</sub> <b>AAV<sub>NR</sub></b>	≤ 10 ≤ 15 ≤ 20 Zwischenwerte und solche > 20 <b>keine Anforderung</b>	AAV = Aggregate Abrasion Value DIN EN 1097-8
Nordischer Abriebwert	AN <sub>N</sub> 7 AN <sub>N</sub> 10 AN <sub>N</sub> 14 AN <sub>N</sub> 19 AN <sub>N</sub> 30 AN <sub>N, angegeben</sub> <b>AN<sub>NR</sub></b>	≤ 7 ≤ 10 ≤ 14 ≤ 19 ≤ 30 Zwischenwerte und solche > 30 <b>keine Anforderung</b>	A <sub>N</sub> = Widerstand gegen Abrieb durch Spike Reifen nach DIN EN 1097-9 + A1

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

	Kategorien	Anforderung M.-%	Bemerkungen
Säurelösliches Sulfat	<b>AS<sub>0,2</sub></b>	≤ 0,2 M.-%	Alle Gesteinskörnungen außer Hochofenstüchschlacken
	<b>AS<sub>0,8</sub></b> AS <sub>angegeben</sub> AS <sub>NR</sub>	≤ <b>0,8 M.-%</b> > 0,8 M.-% keine Anforderung	
Muschelschalengehalt	<b>SC<sub>10</sub></b>	≤ <b>10</b>	Muschelschalengehalt nach EN 933-7
	SC <sub>angegeben</sub> SC <sub>NR</sub>	> 10 keine Anforderung	

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

## Allgemeine Anforderungen an die Kornzusammensetzung

Gesteinskörnung	Korngröße mm	Durchgang Massenanteil in Prozent					Kategorie
		2D	1,4D <sup>a,b</sup>	D <sup>c</sup>	d <sup>b</sup>	d/2 <sup>a,b</sup>	
Grob	D/d ≤ 2 oder D ≤ 11,2 mm	100	98 bis 100	85 bis 99	0 bis 20	0 bis 5	G <sub>c</sub> 85/20
	D/d > 2 und D > 11,2 mm	100	98 bis 100	80 bis 99	0 bis 20	0 bis 5	G <sub>c</sub> 80/20
Fein	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
	D ≤ 4 mm und d = 0	100	98 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
Kornemisch	D ≤ 45 mm und d = 0	100	98 bis 100	90 bis 99	-	-	G <sub>A</sub> 90
		100	98 bis 100	85 bis 99	-	-	G <sub>A</sub> 85

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

## Anforderungen an die Kornzusammensetzung: Feine Gesteinskörnungen

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

<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

Korngruppe	Kategorie		Grenzwerte (absolut) in M.-% für den Siebdurchgang durch die Prüfsiebe (mm)													
	d/D	G <sub>c</sub>	f	0,063	1	2	2,8	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	63
<b>Grundsiebsatz</b>																
2/4	G <sub>c</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	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>	1,5	0-5	0-20				85-99	98-100	100					
4/8	G <sub>c</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	1,5		0-5		0-20		85-99	98-100	100					
8/16	G <sub>c</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	1,5				0-5		0-20		85-99	98-100	100			
16/32	G <sub>c</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	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>	1,5	0-5	0-20			85-99	98-100	100						
5/8	G <sub>c</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	1,5			0-5		0-20	85-99	98-100	100					
5/11	G <sub>c</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	1,5			0-5		0-20		85-99	98-100	100				
8/11	G <sub>c</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	1,5				0-5		0-20	85-99	98-100	100				
11/16	G <sub>c</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	1,5					0-5		0-20	85-99	98-100	100			
11/22	G <sub>c</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	1,5					0-5		0-20		85-99	98-100	100		
16/22	G <sub>c</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	1,5						0-5		0-20	85-99	98-100	100		
22/32	G <sub>c</sub> 85/20	f <sub>1,5</sub>	1,5							0-5		0-20	85-99	98-100	100	

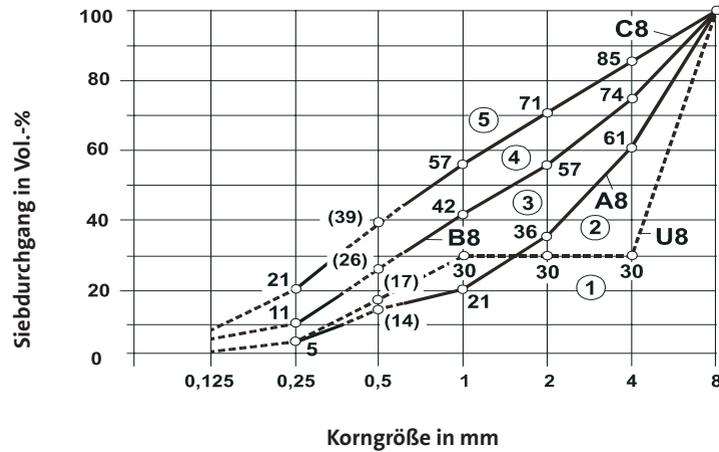
## Anforderungen an die Kornzusammensetzung: Grobe Gesteinskörnungen D/d > 2 und D > 11,2 mm

Korngruppe	Kategorie		Grenzwerte (absolut) und Grenzwertabweichungen in M.-% für den Siebdurchgang durch die Prüfsiebe (mm)													
	G <sub>c</sub>	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>	1,5	0-5	0-15					25-70 ±17,5		90-99	98-100	100		
4/16	G <sub>c</sub> 90/15	f <sub>1,5</sub>	1,5		0-5		0-15			25-70 ±17,5		90-99	98-100	100		
4/32	G <sub>c</sub> 90/15	f <sub>1,5</sub>	1,5		0-5		0-15				25-70 ±17,5		90-99	98-100	100	
8/32	G <sub>c</sub> 90/15	f <sub>1,5</sub>	1,5				0-5		0-15		25-70 ±17,5		90-99	98-100	100	
<b>Grundsiebsatz plus Ergänzungssiebsatz 1</b>																
5/16	G <sub>c</sub> 90/15	f <sub>1,5</sub>	1,5			0-5		0-15		25-70 ±15		90-99	98-100	100		
5/22	G <sub>c</sub> 90/15	f <sub>1,5</sub>	1,5			0-5		0-15		25-70 ±17,5		90-99	98-100	100		
5/32	G <sub>c</sub> 90/15	f <sub>1,5</sub>	1,5			0-5		0-15			25-70 ±17,5		90-99	98-100	100	
8/22	G <sub>c</sub> 90/15	f <sub>1,5</sub>	1,5				0-5		0-15		25-70 ±15		90-99	98-100	100	
11/32	G <sub>c</sub> 90/15	f <sub>1,5</sub>	1,5					0-5		0-15		25-70 ±15		90-99	98-100	100

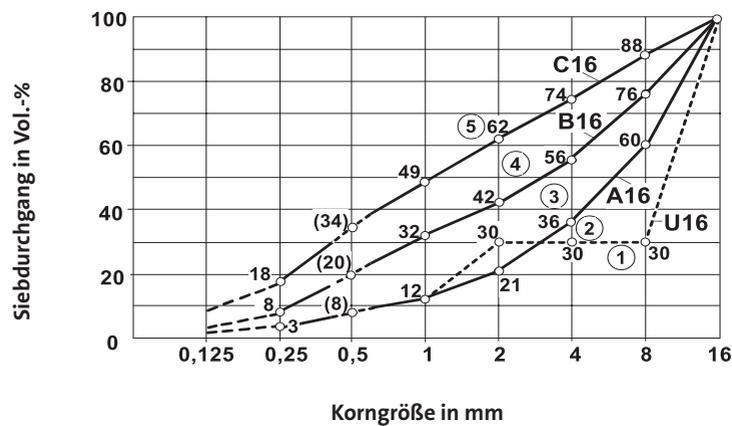
## Anforderungen an die Kornzusammensetzung von Korngemischen D ≤ 45 und d = 0 (Grundsiebsatz)

Korngruppe	Kategorie		Grenzwerte und Grenzwertabweichungen in M.-% für den Siebdurchgang durch die Prüfsiebe												
	G <sub>A</sub>	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>	3,0	40 ±20			70 ±20		90-99	98-100	100				
0/16	G <sub>A</sub> 90	f <sub>3</sub>	3,0		40 ±20			70 ±20		90-99	98-100	100			
0/32	G <sub>A</sub> 90	f <sub>3</sub>	3,0				40 ±20			70 ±20		90-99	98-100	100	

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

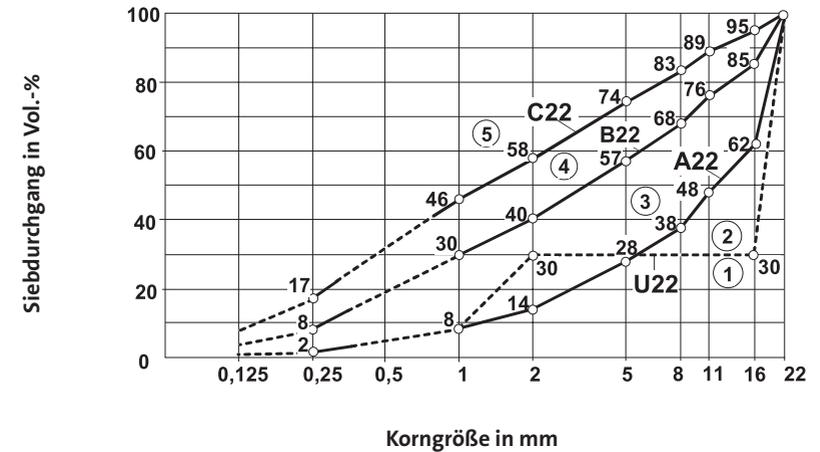


Korngröße in mm Sieblinie mit einem Größtkorn von 8 mm

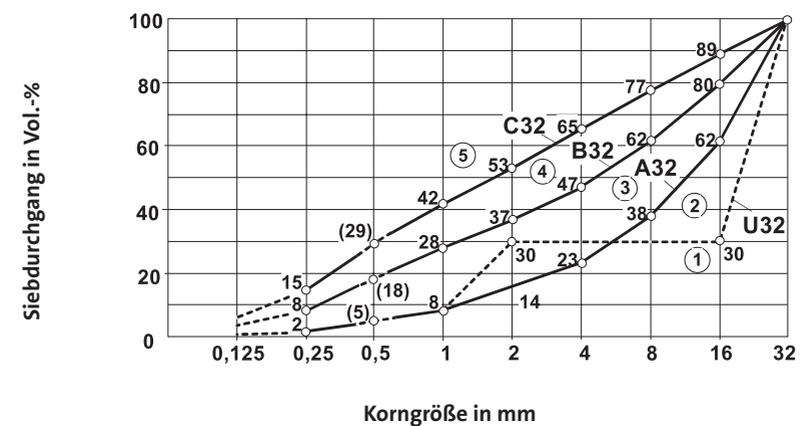


Korngröße in mm Sieblinie mit einem Größtkorn von 16 mm

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



Korngröße in mm Sieblinie mit einem Größtkorn von 22 mm



Korngröße in mm Sieblinie mit einem Größtkorn von 32 mm

## Wasseranspruch in kg/m<sup>3</sup> Frischbeton für verschiedene Konsistenzbereiche (Richtwerte)

Sieblinie	Körnungsziffer <sup>1)</sup>	D-Summe <sup>2)</sup>	Konsistenzbezeichnungen		
			steif	plastisch	weich <sup>3)</sup>
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
B8	2,89	611	190	205	230
C 8	2,27	673	210	230	250

<sup>1)</sup> 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

<sup>2)</sup> 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

<sup>3)</sup> Beton weicherer Konsistenz nur durch den Einsatz von Fließmittel

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

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

Der Wasseranspruch ist zusätzlich abhängig vom Mehlkorngehalt, der Kornform sowie der Rauigkeit der Kornoberfläche. Er kann in ungünstigen Fällen bis zu 20 kg/m<sup>3</sup> Frischbeton höher liegen.

## 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</li> <li>■ gebrochener Quarzporphyr (Rhyolith)</li> <li>■ gebrochener Oberrhein-Kies</li> <li>■ rezyklierte Körnungen</li> <li>■ Kies mit &gt; 10 M.-% der vorgenannten 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

Kriterien zur Einstufung siehe Seite 71ff

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

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

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

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

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

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

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

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

Kennwerte (Anhaltswerte)				
Zusatzstoffarten	Typ	Spez. Oberfläche [cm <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 12 878)		50.000...200.000	4...5	-
Flugasche (DIN EN 450)	II	2.000...8.000	2,2...2,4	0,9...1,1
Trass (DIN 51 043)		≥ 5.000	2,4...2,6	0,7...1,0
Silikastaub <sup>1)</sup> (DIN EN 13263)		180.000...220.000	~ 2,2	0,3...0,6
Silikasuspension <sup>1)</sup>		-	~ 1,4	-

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

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

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

● anrechenbar      ○ nicht anrechenbar

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

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

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

	Flugasche (f)	Silicastaub (s)	Flugasche und Silicastaub
Maximaler Zusatzstoffgehalt zur Gewährung der Alkalität	$s_{max} = 0,11 \cdot z^1$	$s_{max} = 0,11 \cdot z$	$s_{max} = 0,11 \cdot z$ $f_{max}^2 = 0,66 \cdot z - 3 \cdot s$ $f_{max}^3 = 0,45 \cdot z - 3 \cdot s$
Anrechenbare Zusatzstoffmenge auf den Wasserzementwert	$f_{max} = 0,33 \cdot z^4$ $f_{max} = 0,25 \cdot z^5$ $f + z \geq z_{min}$ $f_{max} = 0,15 \cdot z^6$	$s_{max} = 0,11 \cdot z$ $s + z \geq z_{min}$	$f_{max} = 0,33 \cdot z$ und $s_{max} = 0,11 \cdot z$ $f + s + z \geq z_{min}$
k-Wert	$k_f = 0,4$	$k_s = 1,0$	$k_f = 0,4$ $K_s = 1,0$
Äquivalenter Wasserzementwert $w/z_{eq}^8$	$w/(z + k_f \cdot f)$	$w/(z + k_s \cdot s)^7$	$w/(z + k_f \cdot s + k_s \cdot s)^7$
Reduzierter Mindestzementgehalt	240 kg/m <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 und Silicastaubgehalt s, alle in kg/m <sup>3</sup> Für die Verwendung von Flugasche in Unterwasserbeton gilt: $(z + f) \geq 350 \text{ kg/m}^3$ ; $w/z_{eq} = w/(z + 0,7 \cdot f) \leq 0,60$			

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

Wirkungsgruppe	Kurzzeichen	Farbkennzeichen
Betonverflüssiger	BV	gelb
Fließmittel	FM	grau
Luftporenbildner	LP	blau
Verzögerer <sup>a</sup>	VZ	rot
Beschleuniger	BE	grün
Einpresshilfe	EH	weiß
Stabilisierer	ST	violett
Dichtungsmittel	DM	braun
Recyclinghilfen <sup>b</sup>	RH	schwarz
Chromatreduzierer <sup>b</sup>	CR	rosa
Schaumbildner <sup>b</sup>	SB	orange

**Wirkungsgruppen und Kennzeichnung (DIN EN 934-2)**

- a Bei einer um mindestens 3 Stunden verlängerten Verarbeitbarkeitszeit, DAfStb-Richtlinie "Verzögerter Beton" beachten
- b keine genormten Zusatzmittel gemäß DIN EN 934-2

Anwendungsbereich <sup>1)</sup>	Zugabemengen in g je kg Zement		
	Mindestzugabe <sup>2)</sup>	Höchstzugabe <sup>3)</sup>	
		eines Mittels	mehrerer Mittel
Beton, Stahlbeton	2	50	60
Hochfester Beton		70 <sup>4)</sup>	80

**Zugabemengen für Zusatzmittel**

- 1) Bei Beton mit alkaliempfindlicher Gesteinskörnung: Alkali-Richtlinie beachten.
- 2) < 2 möglich, wenn in Teil des Zugabewassers aufgelöst.
- 3) Maßgebend sind die Angaben des Zulassungsbescheids.
- 4) eines verflüssigenden Betonzusatzes.

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

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

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, hochfeste Betone und Beton nach ZTV-ING nicht verwendbar)
	Stahlbeton	
	Spannbeton	
Meerwasser	unbewehrt	geeignet
	Stahlbeton	nicht geeignet
	Spannbeton	
industrielle Abwasser, Brackwasser, Abwasser	unbewehrt	nicht geeignet
	Stahlbeton	
	Spannbeton	

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

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

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

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

Dabei ist:

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

$\rho_{ww}$  die Dichte des Restwassers, in Kilogramm durch Liter

$\rho_f$  die Korndichte der Feststoffe, in Kilogramm durch Liter

## Grenzwerte für die Beurteilung von Zugabewasser

Prüfung	Brauchbarkeitskriterien
Farbe	farblos bis schwach gelblich
ÖL und Fett	höchstens Spuren
Detergentien	geringe Schaumbildung: Schaum $\leq 2$ min stabil
Absetzbare Stoffe	$\leq 4 \text{ cm}^3$ (für Restwasser siehe Tabelle S.38)
Geruch	ohne bis schwach
pH-Wert	$\geq 4$
Chlorid:	
Spann beton	$\leq 500 \text{ mg/l}$
Stahl beton	$\leq 1.000 \text{ mg/l}$
unbewehrter Beton	$\leq 4.500 \text{ mg/l}$
Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	$\leq 2.000 \text{ mg/l}$
Zucker, Glucose	$\leq 100 \text{ mg/l}$
Phosphat ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )	$\leq 100 \text{ mg/l}$
Nitrat ( $\text{NO}_3$ )	$\leq 500 \text{ mg/l}$
Blei ( $\text{Pb}^{2+}$ )	$\leq 100 \text{ mg/l}$
Zink ( $\text{Zn}^{2+}$ )	$\leq 100 \text{ mg/l}$
Huminstoffe /ggf. Ammoniakgeruch	heller als gelbbraun, kein Ammoniakgeruch

## Begriffe, Symbole, Erläuterungen

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

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

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

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

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

$f_{c,cyl}$  Prüfung am Zylinder  
H= 300 mm/ø 150 mm

$f_{c,cube}$  Prüfung am Würfel  
Kantenlänge a= 150 mm

Lagerung in Deutschland DIN EN 12390-2 nationaler Anhang: 1 Tag in Form, 6 Tage unter Wasser, bis zur Prüfung im Normalklima 20°C/65 % rel. Luftfeuchte

$f_{c,dry}$

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

Hochfester Beton ≥ C50/60:  $f_{c,cube} = 0,95 \cdot f_{c,dry}$

**Entwicklung der Druckfestigkeit von Beton**

Richtwerte für die Festigkeitsentwicklung von Beton mit verschiedenen Zementfestigkeitsklassen bei ständiger Lagerung bei 20 °C

Zementfestigkeitsklasse	Betonfestigkeit in % der 28-Tage-Druckfestigkeit nach				
	3 Tagen	7 Tagen	28 Tagen	90 Tagen	180 Tagen
32,5 N	30...40	50...65	100	110...125	115...130
32,5 R; 42,5 N	50...60	65...80	100	105...115	110...120
42,5 R; 52,5 N; 52,5 R	70...80	80...90	100	100...105	105...110

**Festigkeitsentwicklung von Beton bei 20°C**

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

a Verhältnis mittlere Druckfestigkeit nach 2 Tagen zu mittlerer Druckfestigkeit nach 28 Tagen

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

**Leichtbeton:**

**Klasseneinteilung nach der Rohdichte**

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

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

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

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

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

Normalbeton			Leichtbeton			
Druckfestigkeitsklasse	f <sub>ck,cyl</sub> N/mm <sup>2</sup>	E <sub>cm</sub> <sup>a</sup> N/mm <sup>2</sup>	Druckfestigkeitsklasse	f <sub>ck,cyl</sub> N/mm <sup>2</sup>	Angenommene Rohdichte ρ kg/m <sup>3</sup>	E <sub>lcm</sub> <sup>a</sup> N/mm <sup>2</sup>
C 12/15	12	25.800	LC12/13	12	1.200	7.700
C 16/20	16	27.400	LC16/18	16		8.200
C 20/25	20	28.800	LC20/22	20	1.300	10.100
C 25/30	25	30.500	LC25/28	25		10.600
C 30/37	30	31.900	LC30/33	30	1.400	13.000
C 35/45	35	33.300	LC35/38	35	1.500	15.500
C 40/50	40	34.500	LC40/44	40		16.000
C 45/55	45	35.700	LC45/50	45	1.600	18.900
C 50/60	50	36.800	LC50/55	50		19.500
C 55/67	55	37.800	LC55/60	55	1.700	22.600
C 60/75	60	38.800	LC60/66	60	1.800	26.000
C 70/85	70	40.600	Normalbeton	E <sub>c0m</sub> = 9.500 (f <sub>ck,cyl</sub> + 8) <sup>1/3</sup>		
C 80/95	80	42.300		E <sub>cm</sub> = α <sub>i</sub> · E <sub>c0m</sub>		
C 90/105	90	43.800		α <sub>i</sub> = (0,8 + 0,2 · f <sub>ck,cyl</sub> /88) ≤ 1,0		
C 100/115	100	45.200		Leichtbeton	E <sub>lcm</sub> = η <sub>E</sub> · E <sub>cm</sub> mit η <sub>E</sub> = (ρ/2.200) <sup>2</sup>	

<sup>a</sup> E<sub>cm</sub> stellt den mittleren Elastizitätsmodul als Sekante bei einer Spannung von ca. 0,4 f<sub>cm</sub> dar mit f<sub>cm</sub> = f<sub>ck,cyl</sub> + 8 nach DIN 1045-1.

Umgebung und Grenzwerte der Expositionsklassen XO und XC

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

<sup>a</sup> Bei  $D_{max} = 63$  mm darf  $z$  um  $30$  kg/m<sup>3</sup> verringert werden.

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

Umgebung und Grenzwerte der Expositionsklassen XD und XS

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

- a Für massive Bauteile (kleinste Bauteilabmessung 80 cm) gilt Mindestzementgehalt 300 kg/m<sup>3</sup>.
- b Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger.
- c Bei  $D_{max} = 63$  mm darf  $z$  um 30 kg/m<sup>3</sup> verringert werden
- d Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Beton ( $r < 0,30$ ) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen.

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

Umgebung und Grenzwerte der Expositionsklassen XF

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

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

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

Umgebung und Grenzwerte der Expositionsklassen XA und XM

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

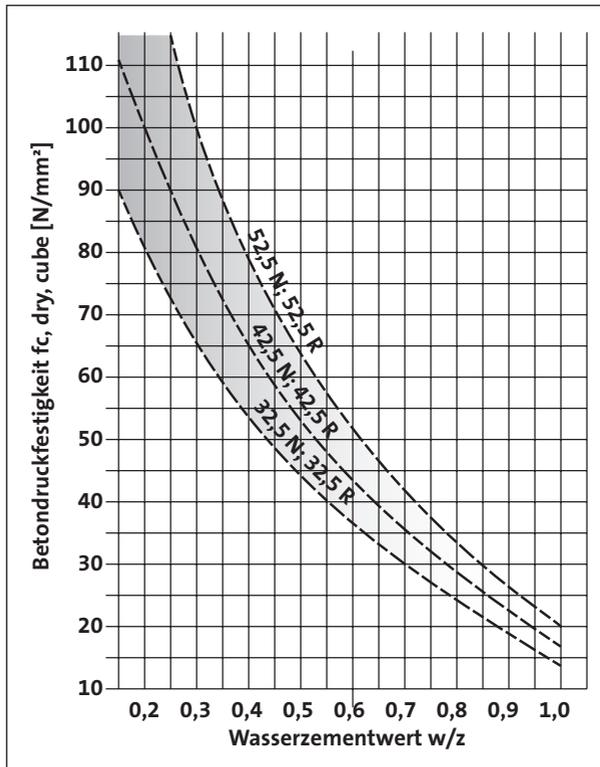
- a Die Gesteinskörnungen bis 4 mm Größtkorn müssen überwiegend aus Quarz oder Stoffen ähnlicher Härte bestehen, das größere Korn aus Gestein oder künstlichen Stoffen mit hohem Verschleißwiderstand. Grobkörniges Gemisch. Körner sollen mäßig raue Oberfläche haben.
- b Bei Verwendung von Luftporenbeton, z.B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger.
- c Schutzmaßnahmen s. DIN 1045-2 Abschnitt 5.3.2
- d Oberflächenbehandlung des Betons durch z.B. Vakuumieren und Flügelglätten
- e Höchstzementgehalt 360 kg/m<sup>3</sup> für Normalbeton.
- f Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Beton (r < 0,30) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen.
- h Bei D<sub>max</sub> = 63 mm darf z um 30 kg/m<sup>3</sup> verringert werden.

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

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

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

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



Höchstzulässiger Mehlkorngelalt [kg/m³] bis einschließlich der Betonfestigkeitsklassen C50/60 und LC50/55

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

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

Höchstzulässiger Mehlkorngelalt [kg/m³] ab Betonfestigkeitsklassen C55/67 und LC55/60 bei allen Expositionsclassen

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

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

Konsistenzklassen

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

Hochfester Beton muss eine Konsistenzklasse F3 oder weicher haben.

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

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

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

Setzmaß: Konsistenzklassen S1 bis S5

Setzzeit: Konsistenzklassen (Vébé) V0 bis V4

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

b nur für Leichtbeton

Grenzwerte für die Expositionsklassen bei chemischem Angriff durch Grundwasser und natürliche Böden<sup>a, b</sup>

	chemisches Merkmal	Referenzprüfverfahren	schwach angreifend	mäßig angreifend	stark angreifend
			XA1	XA2	XA3
Grundwasser	Sulfat <sup>d, h</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	DIN EN 196-2	≥ 200 und ≤ 600	> 600 und ≤ 3.000	> 3.000 und ≤ 6.000
	pH-Wert	ISO 4316	≤ 6,5 und ≥ 5,5	< 5,5 und ≥ 4,5	< 4,5 und ≥ 4,0
	Kalklösende Kohlensäure CO <sub>2</sub> [mg/l]	DIN 4030-2	≥ 15 und ≤ 40	> 40 und ≤ 100	> 100 bis Sättigung
	Ammonium <sup>c</sup> NO <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/l]	ISO 7150-1 oder ISO 7150-2	≥ 15 und ≤ 30	> 30 und ≤ 60	> 60 und ≤ 100
	Magnesium Mg <sup>2+</sup> [mg/l]	ISO 7980	≥ 300 und ≤ 1.000	> 1.000 und ≤ 3.000	> 3.000 bis Sättigung
	Böden	Sulfat <sup>e</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/kg]	DIN EN 196-2	≥ 2.000 und ≤ 3.000 <sup>g</sup>	> 3.000 und ≤ 12.000 <sup>g</sup>
Säuregrad		DIN 4030-2	> 200 Baumann-Gully	in der Praxis nicht anzutreffen	

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

b Der schärfste Wert für jedes einzelne Merkmal ist maßgebend. Liegen zwei oder mehrere angreifende Merkmale in derselben Klasse, davon mindestens eines im oberen Viertel (bei pH im unteren Viertel), ist die Umgebung der nächsthöheren Klasse zuzuordnen.

Ausnahme: Nachweis über eine spezielle Studie, dass dies nicht erforderlich ist.

c Gülle kann, unabhängig vom NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-Gehalt, in die Expositionsklasse XA1 eingeordnet werden.

d Bei chemischem Angriff durch Sulfat (ausgenommen bei Meerwasser) in den Expositionsklassen XA2 und XA3 Zement mit hohem Sulfatwiderstand (HS-Zement) erforderlich. Für SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ≤ 1.500 mg/l anstelle HS-Zement eine Mischung aus Zement und Flugasche zulässig.

e Tonböden mit einer Durchlässigkeit < 10<sup>-9</sup> m/s dürfen in eine niedrigere Klasse eingestuft werden.

f Das Prüfverfahren beschreibt die Auslaugung von SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> durch Salzsäure; Wasserauslaugung darf stattdessen angewandt werden, wenn am Ort der Verwendung des Betons Erfahrung hierfür vorhanden ist.

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

h Falls der Sulfatgehalt des Grundwassers > 600 mg/l beträgt, ist dieser im Rahmen der Festlegung des Betons anzugeben.

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

Druckfestigkeitsklasse des Betons	Mindestzementgehalt [kg/m³] 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 XO, XC1, XC2
- keine Erstprüfung erforderlich

**Normative Einordnung**

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

**Anwendungsbereich**

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

**Leistungsklassen und Bezeichnung**

Die Beschreibung der Leistungsfähigkeit erfolgt durch Leistungsklassen.

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

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

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

Grundwerte der zentrischen Nachrisszugfestigkeit $f_{ct0}^f$ in N/mm <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

- a Nur für flächenhafte Bauteile ( $b > 5h$ )  
 b Für Stahlfaserbeton dieser Leistungsklassen ist eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich.

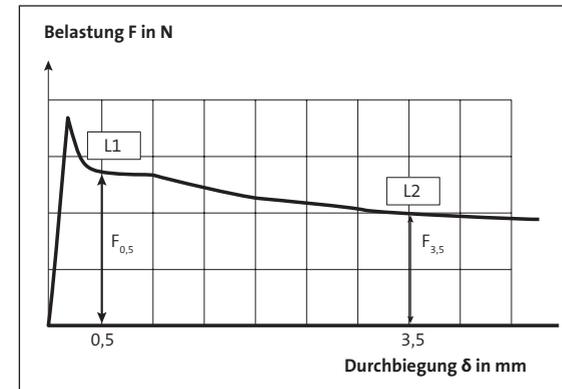
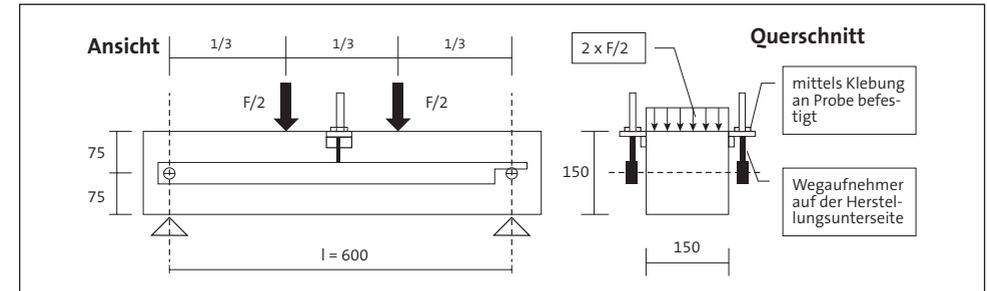
Grundwerte der zentrischen Nachrisszugfestigkeit für:

- $f_{ct0,L1}^f$  L1 bei vollständiger Spannungs-Dehnungslinie.  
 $f_{ct0,L2}^f$  L2 bei vollständiger Spannungs-Dehnungslinie  
 $f_{ct0,u}^f$  rechteckigen Spannungsblock sowie bei Betonstahlbewehrung für Tragfähigkeit  
 $f_{ct0,s}^f$  L2>L1 (keine Anwendung des Spannungsblockes möglich)

### Prüfung der Leistungsfähigkeit

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

- Stahlfaserbeton nach Richtlinie ist ein Beton nach Eigenschaften
- Eine Erstprüfung ist in jedem Fall erforderlich.
- Die Leistungsfähigkeit wird an mindestens 6 Probekörpern (Balken mit  $l/b/h=700\text{mm}/150\text{mm}/150\text{mm}$ ) ermittelt.
- Die Prüfung muss an einer wegeregelter 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  $\text{kg}/\text{m}^3$ , kein verlässliches Maß zur Beurteilung des Verarbeitungsaufwandes. Entscheidend ist die Fasernanzahl  $\text{Stk}/\text{m}^3$ , die Faserlänge sowie der verwendete Ausgangsbeton.

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

Dies ist in der Regel

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

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

## Überwachung auf der Baustelle

Die Überwachungsklasse ist abhängig von der Leistungsfähigkeit des Stahlfaserbetons.

Gegenstand	Überwachungsklasse 1	Überwachungsklasse 2	Überwachungsklasse 3
Besondere Eigenschaften	Stahlfaserbeton der Leistungsklasse $\leq$ L1-1,2	Stahlfaserbeton der Leistungsklasse $>$ L1-1.2	-

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

### Möglichkeit 1)

Bestimmung des Fasergehaltes durch Auswaschversuch oder induktives Verfahren

Anzahl n der Ergebnisse in der Reihe	Jedes einzelne Prüfergebnis $m_{mf}$ kg/m <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 des Nachrissbieguzuges

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
  - Schwerbeton
  - Standardbeton
  - Beton nach Zusammensetzung
  - XM3
  - Hochfesten Beton ab C80/95
  - Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung

## Abkürzungen und Symbole

$s_m$	Setzfließmaß ohne Blockiererring
$s_{m_B}$	Setzfließmaß mit Blockiererring
$t_{500}$	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

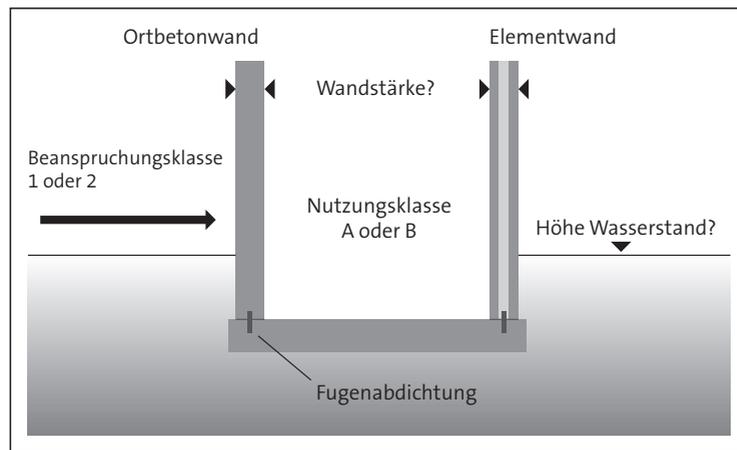
Einsatzstoffe	
Zement	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wasseranspruch nach DIN EN 196-3</li> <li>oder <math>\beta</math>p-Wert nach Okamura (empfohlen)</li> </ul>
Flugasche	<ul style="list-style-type: none"> <li>Glühverlust nach DIN EN 450</li> <li>Kornanteile &gt;0,45mm nach DIN EN 451-2</li> <li><math>\beta</math>p-Wert nach Okamura</li> </ul>
Gesteinsmehl	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\beta</math>p-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 Einsatzstoffen sind jeweils Rückstellproben aufzubewahren.	
Frischbeton	
Konsistenz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Setzfließmaß mit und ohne Blockierring, 5 Zeitpunkte bis 120min nach Wasserzugabe</li> <li>Setzfließzeit mit dem Versuch des Setzfließmaßes</li> </ul>
Trichterauslaufzeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trichterauslaufzeit, 5 Zeitpunkte bis 120min 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 (3Stk) nach 2 und 28 Tagen</li> </ul>
LP-Beton	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prüfung des Mikroluftgehaltes A300</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</li> <li>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 1045-2, Tabelle 13</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>
Überwachungs-kategorie	<ul style="list-style-type: none"> <li>mindestens 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 LP-Beton	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zu Beginn jedes Betonierabschnittes</li> </ul>
Frischbetonroh-dichte	<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 Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ des DAfStb (WU-Richtlinie) anzuwenden.

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



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

# Beton für wasserundurchlässige Bauwerke

## Nutzungsklassen

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

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

## Empfohlene Mindestdicken von Bauteilen (Angaben in mm)

Bauteil	Beanspruchungsklasse	Ausführungsart		
		Ortbeton	Elementwände	Fertigteile
Wände	1 <sup>a</sup>	240	240	200
	2 <sup>b</sup>	200	240 <sup>c</sup>	100
Bodenplatte	1 <sup>a</sup>	250	-	200
	2 <sup>b</sup>	150	-	100

- a Beanspruchungsklasse 1: Drückendes und nichtdrückendes Wasser sowie zeitweise aufstauendes Sickerwasser  
 b Beanspruchungsklasse 2: Bodenfeuchte und nichtstauendes Sickerwasser  
 c Unter Beachtung besonderer betontechnischer und ausführungstechnischer Maßnahmen ist eine Abminderung auf 200 mm möglich

## Festlegung des Betons

Allgemeine Anforderungen

- $(w/z)_{eq} \leq 0,60$
- Entspricht der Druckfestigkeitsklasse C25/30
- Beachten von
  - Frischbetontemperatur
  - Hydratationswärme
  - Nachbehandlung

Bei Ausnutzung der Mindestbauteildicken gelten zusätzlich folgende Anforderungen

- $(w/z)_{eq} \leq 0,55$
- Entspricht Druckfestigkeitsklasse C30/37
- Größtkorn max. 16mm bei Wänden

## Wahl des Größtkorns zum fachgerechten Betonieren (Beanspruchungsklasse 1)

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

## Fugen und Durchdringungen

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

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

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

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

Gesteinskörnung für die Herstellung von Beton nach EN 206-1 und DIN 1045-2 muss unabhängig vom Gewinnungsgebiet bezüglich ihrer Alkalireaktivität beurteilt und gekennzeichnet werden. Die Prüfung, Einstufung und Überwachung wird in der DAfStB-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton“ geregelt. Teil 2 der Richtlinie betrifft Gesteinskörnung aus bestimmten Gewinnungsgebieten in Norddeutschland (siehe Karte Seite 70). Teil 3 der Richtlinie behandelt andere alkaliempfindliche Gesteinskörnung aus gebrochenem oder rezykliertem Gestein sowie ungebroschene Gesteinskörnung aus den Ablagerungsräumen in den Gebieten der Saale, Elbe, Mulde und Elster.

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

**Alkali-Kiesel-säure-Reaktion (AKR)**

**Alkali-Richtlinie des DAfStb**

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 vorgenannten Körnungen</li> </ul>	unbedenklich
E III-S	<ul style="list-style-type: none"> <li>andere gebrochene, nicht als unbedenkliche eingestufte Gesteinskörnungen</li> <li>andere gebrochene Gesteinskörnungen ohne baupraktische Erfahrungen</li> </ul>	bedenklich

## Gewinnungsgebiete alkaliempfindlicher Gesteine



## Kriterien zur Einstufung von Gesteinskörnung mit Opalsandstein einschließlich Kieselkreide

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

<sup>a</sup> in den Prüfkornklassen 1 bis 4 mm einschließlich reaktionsfähigem Flint

## Kriterien zur Einstufung von Gesteinskörnung mit Opalsandstein einschließlich Kieselkreide und Flint

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

<sup>a</sup> in den Prüfkornklassen 1 bis 4 mm einschließlich reaktionsfähigem Flint

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

	1	2	3	
			Alkaliempfindlichkeitsklassen <sup>a</sup>	
			EI-G	EIII-G
1	Grenzwerte für die Dehnung der Betonbalken in mm/m <sup>b</sup>	$\epsilon \leq 0,6$	$\epsilon > 0,6$	
2	Rissbildung der Würfel	keine	stark <sup>c</sup>	

1) Maßgebend ist die jeweils ungünstigere Bewertung.

2) Nach 9 Monaten Nebelkammerlagerung einschließlich Wärme- und Feuchtedehnung.

3) Mit Rissbreiten  $w \geq 0,2$  mm.

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

Vorbeugende Maßnahmen für Beton mit einem Zementgehalt <sup>1)</sup>  $z \leq 330 \text{ kg/m}^3$

Alkaliempfindlichkeitsklasse	Feuchtigkeitsklasse			
	WO	WF	WA	WS
EI-O	keine	keine	keine	Zemente mit begrenztem Alkaligehalt <sup>3)</sup>
EII-O	keine	keine	NA-Zement <sup>2)</sup>	Austausch der Gesteinskörnung
EIII-O	keine	NA-Zement <sup>2)</sup>	Austausch der Gesteinskörnung	Austausch der Gesteinskörnung

1) Bei  $z \leq 330 \text{ kg/m}^3$  ist E I-O bis E III-O maßgebend.

2) Zemente mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt (siehe Seite 16/17).

3) Siehe Tabelle Seite 20, Zemente für Fahrbahndecken

Vorbeugende Maßnahmen für Beton mit einem Zementgehalt <sup>1)</sup>  $z > 330 \text{ kg/m}^3$

Alkaliempfindlichkeitsklasse	Feuchtigkeitsklasse			
	WO	WF	WA	WS
EI-OF	keine	keine	keine	Zemente mit begrenztem Alkaligehalt <sup>3)</sup>
EII-OF	keine	NA-Zement <sup>2)</sup>	NA-Zement <sup>2)</sup>	Austausch der Gesteinskörnung
EIII-OF	keine	NA-Zement <sup>2)</sup>	Austausch der Gesteinskörnung	Austausch der Gesteinskörnung

1) Bei  $z > 330 \text{ kg/m}^3$  ist E I-OF bis E III-OF maßgebend.

2) Zemente mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt (siehe Seite 16/17).

3) Siehe Tabelle Seite 20, Zemente für Fahrbahndecken.

Vorbeugende Maßnahmen für Beton bei Alkaliempfindlichkeitsklassen E I-S bis E III-S

Alkaliempfindlichkeitsklasse	Zementgehalt [kg/m <sup>3</sup> ]	Feuchtigkeitsklasse			
		WO	WF	WA	WS
EI-S	ohne Festlegung	keine	keine	keine	Zemente mit begrenztem Alkaligehalt <sup>3)</sup>
EIII-S <sup>1)</sup>	$z \leq 330$	keine	keine	keine	Zemente mit begrenztem Alkaligehalt <sup>3)</sup>
	$300 < z \leq 350$	keine	keine	Gutachten oder NA-Zement <sup>2)</sup>	Zemente mit begrenztem Alkaligehalt <sup>3)</sup> und Austausch der Gesteinskörnung oder Gutachten
	$z > 350$	keine	Gutachten oder NA-Zement <sup>2)</sup>	Gutachten oder Austausch der Gesteinskörnung	Zemente mit begrenztem Alkaligehalt <sup>3)</sup> und Austausch der Gesteinskörnung oder Gutachten

1) Gilt auch für nicht beurteilte Gesteinskörnungen.

2) Zemente mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt.

3) Siehe Tabelle Seite 20, Zemente für Fahrbahndecken.

Der wirksame Alkaligehalt aller Betonzusatzstoffe außer Flugasche nach DIN EN 450-1 darf insgesamt  $600 \text{ g/m}^3$  Beton nicht überschreiten. Der Gesamtalkaligehalt aller Betonzusatzmittel muss weniger als  $600 \text{ g/m}^3$  Beton betragen. Für Betonbauteile der Feuchtigkeitsklassen WF, WA und WS und bei der Verwendung von Gesteinskörnung der Klassen E II oder E III gilt: Die über Betonzusatzmittel eingetragene Alkalimenge (ausgedrückt als  $\text{Na}_2\text{O}$ -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 ( $\text{Na}_2\text{O}$ -Äquivalent) des Betonzusatzmittels:  $\leq 8,5 \text{ M.-%}$
- Zugabemenge des Betonzusatzmittels bezogen auf den Zementgehalt:  $\leq 2,0 \text{ M.-%}$
- Zementgehalt des Betons:  $z \leq 350 \text{ kg/m}^3$

Meerwasser oder andere Wässer mit erhöhtem Alkaligehalt dürfen bei Betonbauteilen mit Gesteinskörnung der Alkaliempfindlichkeitsklassen E II oder E III und einer Feuchtigkeitsklasse WF, WA oder WS nicht zugegeben werden. Restwasser darf als Zugabewasser verwendet werden, wenn der Zementgehalt des herzustellenden Betons unter  $400 \text{ kg/m}^3$  liegt.

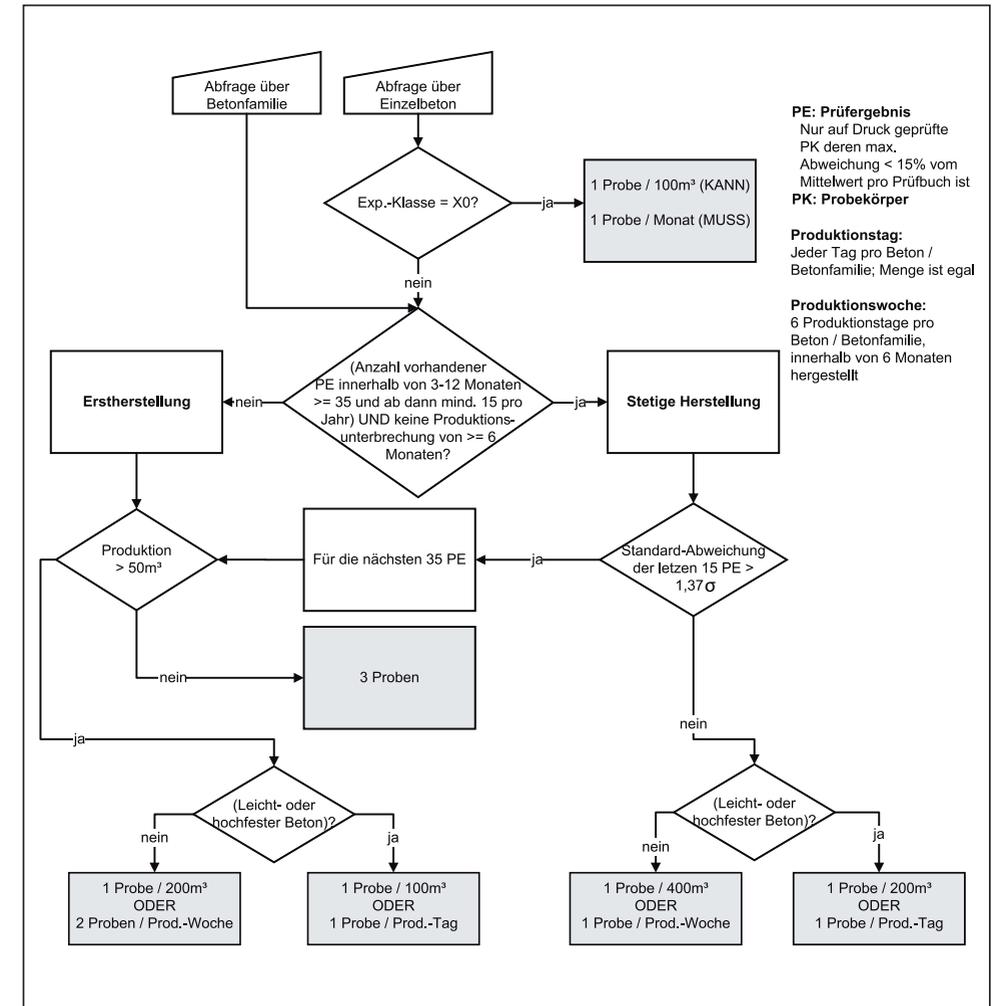
**Betonzusatzstoffe/  
-mittel  
Zugabewasser**

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

**Erstprüfung**

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

**Entscheidungsdiagramm - Kriterien zur Probenentnahme (Beton / Betonfamilie)**



## Konformitätskriterien für die Druckfestigkeit

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

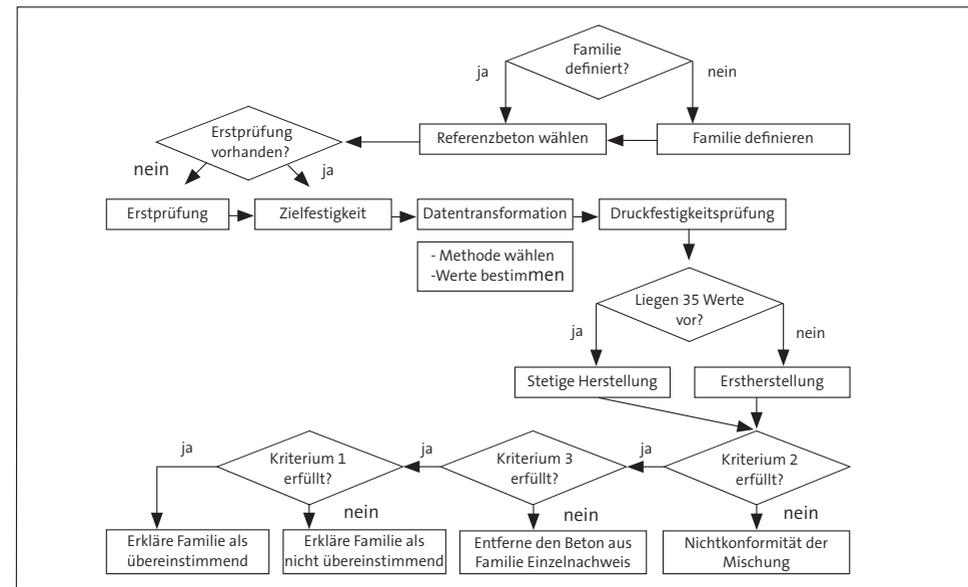
Der Nachweis der Konformität muss auf Grundlage von Prüfergebnissen erfolgen, die während eines Nachweiszeitraumes erhalten wurden, der die letzten 12 Monate nicht überschreiten darf.

## Mindesthäufigkeit der Probenahme zur Beurteilung der Konformität

Herstellung	Mindesthäufigkeit der Probenahme	
	Erste 50 m <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 2/Produktionswoche  Leichtbeton und hochfester Beton: 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/Produktionswoche  Leichtbeton und hochfester Beton: 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  $1,37\sigma$  überschreitet, ist die Probenahmehäufigkeit für die nächsten 35 Prüfergebnisse auf diejenige zu erhöhen, die für die Erstherstellung gefordert wird.

## Konformitätskontrolle: Betonfamilien



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

# Konformitätskontrolle Hersteller

## Bestätigungskriterium für einen Beton aus einer Betonfamilie

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

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

## Konformitätsnachweis (Einzelorte)

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

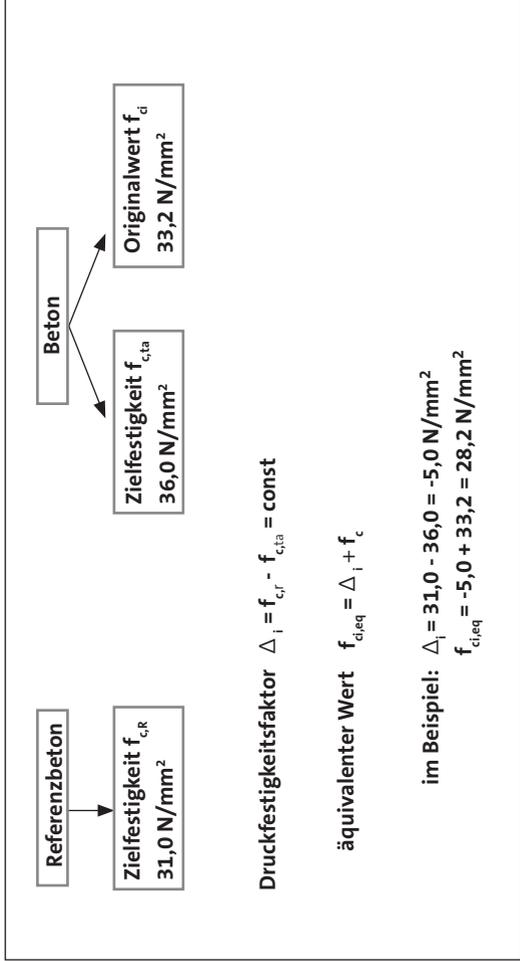
### Konformitätsparameter:

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

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

Herst.-datum	Probe-nummer	Alter [Tage]	$f_d$ [N/mm <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  
 $f_{c,i}$  = 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>  
 $f_{c,eq}$  = äquivalente Druckfestigkeit des Referenzbetons in N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{cm}$  = Mittlere Druckfestigkeit des Betons

## Konformitätsnachweis (Betonfamilie) Differenzverfahren

### Betonfamilie:

C20-30 Kies mFA11

### Referenzbeton: 1413300111 / 1510

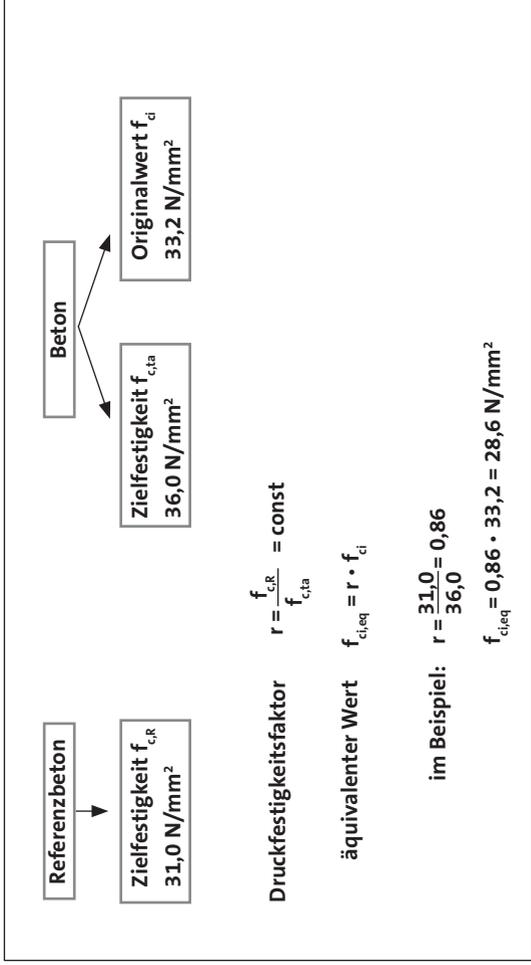
### Konformitätsparameter:

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

Kriterium 1:  $f_{cm,eq} \geq f_{ck} + 1,48 \sigma \geq 29,44$  Kriterium 2:  $f_{c,i} \geq f_{ck} - 4$  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 (siehe Seite 78)

Herst-datum	Stückliste	Spei-Nr	Probe-nummer	Alter [Tage]	Kriterium 2			Kriterium 3			Diff.	$f_{c,eq}$	Krit.1 erfüllt	Prüfung Standardabweichung
					$f_{c,i}$	$f_{ck}$	erfüllt	$f_{cm}$	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>	<b>84770</b>	<b>28</b>	<b>30,9</b>	<b>25</b>	<b>ja</b>			<b>31,0</b>		<b>30,9</b>		
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>	<b>98470</b>	<b>28</b>	<b>37,4</b>	<b>25</b>	<b>ja</b>	<b>34,0</b>	-1,0	<b>ja</b>	<b>31,0</b>		<b>37,4</b>	
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	3,34 ≥ OK

## Transformation über einen Druckfestigkeitsquotienten (Beispielrechnung)



$f_d$  = 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 mFA11

**Referenzbeton:** 1413300111 / 1510

**Konformitätsparameter:**

Auswertung für: Druckfestigkeit

Betonfestigkeit: normal

Kriterien für: stetige Herstellung

charakterist. Druckfestigkeit  $f_{ck} = 25,0 \text{ N/mm}^2$

Standardabweichung:  $3,00 \text{ N/mm}^2$  aus Betonfamilie

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

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

Kriterium 3:  $f_{cm} \geq f_{ck} + N$

N ...Faktor (siehe Seite 78)

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

## Maßnahme bei Nichtkonformität des Produktes

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

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

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

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

Größe des Prüfbereichs	Basis der Bewertung	Anzahl der Proben/Prüfstellen	Bewertungskriterien <sup>2)</sup>	Beurteilung
Große Betonmenge - viele Betonchargen	Bohrkernprüfungen	$n \geq 15$	$f_{m(n),is} \geq 0,85 (f_{ck} + 1,48 \cdot s)$	Im Prüfbereich: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ein Beton mit ausreichender Festigkeit</li> <li>■ ein Beton nach DIN EN 206-1 / DIN 1045-2</li> </ul>
	ind. Prüfungen <sup>1)</sup> und zusätzlich Bohrkerndruckprüfungen	$n \geq 15$ (indirekte Prüfung)		
		$n = 2$ (Bohrkern)	$f_{is, niedrigst} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$	
Begrenzte Betonmenge - wenige Betonchargen	Bohrkernprüfungen	$n = 2$	$f_{is, niedrigst} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$	Im Prüfbereich: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Beton mit angemessener Festigkeit</li> <li>■ Beton entstammt einer übereinstimmenden Gesamtheit</li> </ul>

<sup>1)</sup> Bohrkerndruckprüfung + indirekte Prüfung als Alternativverfahren nach Vereinbarung zwischen den Vertragsparteien

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

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

## Festlegung für Beton nach Eigenschaften

Grundlegende Anforderungen:

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

Zusätzliche Anforderungen:

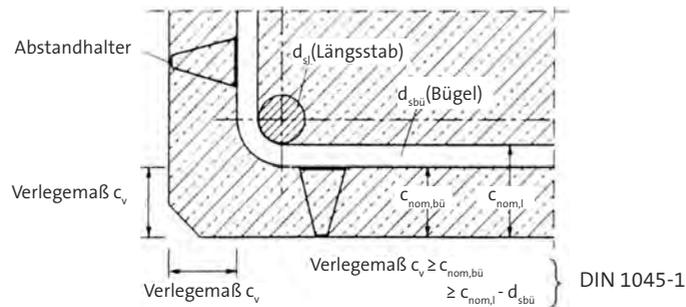
- besondere Arten oder Klassen von Zement (z.B. Zement LH)
- besondere Arten oder Klassen von Gesteinskörnungen
- erforderliche Eigenschaften für den Widerstand gegen Frosteinwirkungen, z.B. Luftgehalt
- Besondere Anforderungen an die Frischbetontemperatur
- Festigkeitsentwicklung des Beton
- Wärmeentwicklung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

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

## Begriffe

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



## Betondeckung der Bewehrung in Abhängigkeit von der Expositionsklasse<sup>a</sup> und dem Stabdurchmesser nach DIN 1045-1

Expositionsklasse	Stabdurchmesser $d_s$ [mm]	Mindestmaß $c_{min}$ [mm]	Nennmaß $c_{nom}$ [mm]
XC1	bis 10	10	20
	12, 14	15	25
	16, 20	20	30
	25	25	35
	28	30	40
	32	35	45
XC2, XC3	bis 20	20	35
	25	25	40
	28	30	45
	32	35	50
XC4	bis 25	25	40
	28	30	45
	32	35	50
XD1, XD2, XD3 <sup>b</sup>	bis 32	40	55
XS1, XS2, XS3	bis 32	40	55

<sup>a</sup> Bei mehreren für ein Bauteil zutreffenden Expositionsklassen ist die jeweils höchste Anforderung maßgebend Vergrößerung bzw. Verminderung der Betondeckung s. DIN 1045-1

<sup>b</sup> Für XD3 können im Einzelfall besondere Maßnahmen zum Korrosionsschutz der Bewehrung nötig sein.

## 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 gleichzeitige 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

## Minstdauer der Nachbehandlung

Expositionsklasse	erforderliche Festigkeit im oberflächennahen Bereich	Ohne Nachweis der Festigkeit
XO, XC1	-	0,5 Tage <sup>a</sup>
Alle außer XO, XC1, XM	0,50 $f_{ck}$	Minstdauer gemäß nachstehender Tabelle
XM	0,70 $f_{ck}$	Minstdauer gemäß nachstehender Tabelle verdoppeln

<sup>a</sup> Verarbeitbarkeitszeit < 5 Std., Temperatur der Betonoberfläche  $\geq 5^\circ\text{C}$

## Minstdauer der Nachbehandlung ohne Nachweis der Festigkeit im oberflächennahen Bereich

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

- a Anstelle der Oberflächentemperatur des Betons darf Lufttemperatur angesetzt werden.
- b Nachbehandlungsdauer bei Verarbeitbarkeitszeit > 5 h angemessen verlängern
- c Für Expositionsklasse XM sind die Werte zu verdoppeln.
- d Die Mittelwerte der Druckfestigkeit werden nach 2 und 28 Tagen entweder bei der Erstprüfung ermittelt oder von bekannten Betonen vergleichbarer Zusammensetzung übernommen.
- e Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.
- f Nachbehandlungsdauer bei Temperaturen < 5°C um die Dauer der Temperatur < 5°C verlängern.

## Überwachung durch das Bauunternehmen

### Überwachungsklassen für Beton

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

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

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

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

## Umfang und Häufigkeit der Prüfungen bei Beton nach Eigenschaften

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

## Annahmekriterien für die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung

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

a Mittelwerte von n nicht überlappenden Einzelwerten

b Standardabweichung der Stichprobe für  $n \geq 35$ , wobei  $\delta \geq 3$  N/mm<sup>2</sup> für Überwachungsklasse 2 und  $\delta \geq 5$  N/mm<sup>2</sup> für Überwachungsklasse 3, für  $6 < n < 35$  gilt:  $\delta = 4$  N/mm<sup>2</sup> für Überwachungsklasse 2 und 3.

c Für Beton der Überwachungsklasse 3 muss jeder Einzelwert  $f_{ci}$  die Anforderung  $f_{ci} \geq 0,9 f_{ck}$  erfüllen.

## Kategorien der Bestandteile von groben rezyklierten Gesteinskörnungen

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

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

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

## Stoffliche Zusammensetzung

Entsprechend der stofflichen Zusammensetzung rezyklierter Gesteinskörnungen > 2 mm werden nach Tabelle 1 zwei Kategorien unterschieden:

- Typ 1: Betonsplitt
- Typ 2: Bauwerksplitt

**Tabelle 1 - Tezyklierte Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620:2008-07, Abschnitt 5.8**

Bestandteile	Kategorie der Gesteinskörnung	
	Typ 1	Typ 2
Rc + Ru	Rcu <sub>90</sub>	Rcu <sub>70</sub>
Rb	Rb <sub>10-</sub>	Rb <sub>30-</sub>
Ra	Ra <sub>1-</sub>	Ra <sub>1-</sub>
X + Rg	XRg <sub>1-</sub>	XRg <sub>2-</sub>
FL	FL <sub>2-</sub>	FL <sub>2-</sub>

- Rc = Beton, Betonprodukte, Mörtel, Mauerstein aus Beton  
 Ru = Ungebundene Gesteinskörnung, Naturstein, hydraulisch gebundene Gesteinskörnung  
 Rb = Mauerziegel (d. h. Mauersteine und Ziegel), Kalksandsteine, nicht schwimmender Porenbeton  
 Ra = Bitumenhaltige Materialien  
 Rg = Glas  
 X = Sonstige Materialien (d. h. Ton und Boden), verschiedene sonstige Materialien: Metalle (Eisen- und Nichteisenmetalle), nicht schwimmendes Holz, Kunststoff, Gummi, Gips  
 FL = Schwimmendes Material im Volumen

**Tabelle 2 - Regelanforderungen für rezyklierte Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620**

Eigenschaft	DIN EN 12620	Kategorie der Gesteinskörnung	
		Typ 1	Typ 2
Kornzusammensetzung	4.3		
Grobe Gesteinskörnungen mit $D/d \leq 2$ oder $D \leq 11,2$	4.3.2	G <sub>c</sub> 85/20	G <sub>c</sub> 80/20
Korngemische	4.3.5	G <sub>A</sub> 90	G <sub>A</sub> 85
Kornform	4.4		
Muschelschalengehalt für aus dem Meer gewonnene grobe Gesteinskörnung	4.5	SC <sub>NR</sub>	
Feinanteile			
Grobe Gesteinskörnung	4.6	f <sub>4</sub>	
Kornrohichte	5.5	≥ 2.000 kg/m <sup>3</sup>	
Schwankungsbreite bezogen auf den vom Hersteller deklarierten Mittelwert der Kornrohichte	5.5	± 150 kg/m <sup>3</sup>	
Widerstand gegen Zertrümmerung	5.2	LA <sub>NR</sub> oder SZ <sub>NR</sub>	
Widerstand gegen Verschleiß von groben Gesteinskörnungen	5.3	M <sub>DE</sub> NR	
Widerstand gegen Polieren	5.4.1	PSV <sub>NR</sub>	
Widerstand gegen Oberflächenabrieb	5.4.2	AAV <sub>NR</sub>	
Widerstand gegen Abrieb durch Spike-Reifen	5.4.3	A <sub>N</sub> NR	
Frost-Tau-Widerstand	5.7.1	F <sub>4</sub>	
Magnesiumsulfat-Widerstandsfähigkeit	5.7.1	MS <sub>NR</sub>	
Säurelösliches Chlorid	6.2	≤ 0,04 % Massenanteil	
Säurelösliches Sulfat für alle Gesteinskörnungen außer Hochofenstüchschlacken	6.3.1	AS <sub>0,8</sub>	
Gesamtschwefel für alle Gesteinskörnungen außer Hochofenstüchschlacken	6.3.2	≤ 1 % Massenanteil	
Leichtgewichtige organische Verunreinigungen von grober Gesteinskörnung, natürlich zusammengesetzter Gersteinskörnung 0/8 und von Korngemischen	6.4.1 und G.4	≤ 1 % Massenanteil	

<b>Zement</b>	DIN EN 197-1	Zement, Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement	DIN 1045-1	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton Teil 1: Bemessung und Konstruktion
	DIN EN 197-2	Zement, Teil 2: Konformitätsbewertung	DIN 1045-3	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 3: Bauausführung
	DIN EN 197-4	Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Hochofenzement mit niedriger Anfangsfestigkeit	DIN 1045-4	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen
	DIN 1164-10	Zement mit besonderen Eigenschaften	DIN EN 12350	Prüfung von Frischbeton
	DIN EN 196	Prüfverfahren für Zement	DIN EN 12390	Prüfung von Festbeton
	DIN EN 14216	Zusammensetzung, Anforderung und Konformitätskriterien von Sonderzement mit sehr niedriger Hydratationswärme	DIN 4030	Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden, Gase
<b>Gesteinskörnungen</b>	DIN EN 12620	Gesteinskörnung für Beton	DIN 4235	Verdichten von Beton durch Rütteln
	DIN EN 13055	Leichte Gesteinskörnung	DIN 18218	Frischbetondruck auf lotrechte Schalung
	DIN 4226-100	Rezyklierte Gesteinskörnung	Richtlinien des DAFStb	Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen <ul style="list-style-type: none"> <li>■ für Herstellung von Beton unter Verwendung von Restwasser, Restbeton und Restmörtel</li> <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>
	DIN EN 932	Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen		
	DIN EN 933	Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen		
	DIN EN 1097	Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen		
	DIN EN 1367	Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen		
<b>Betonzusatzstoffe</b>	DIN EN 450	Flugasche für Beton		
	DIN EN 12878	Pigmente zum Einfärben von zement- / oder kalkgebundenen Baustoffen-Anforderungen und Prüfung	DBV/BDZ <sup>3)</sup>	Merkblatt Sichtbeton
	DIN 51043	Trass-Anforderungen, Prüfung	DBV <sup>4)</sup>	Industrieböden aus Beton für Frei- und Hallenböden
	DIN EN 13263	Silikastaub für Beton		
	EIN EN 14889-1	Fasern für Beton - Teil 1 : Stahlfasern		
<b>Betonzusatzmittel</b>	DIN EN 934	Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel		
	DIN EN 206-1 <sup>1)</sup>	Beton, Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität		
<b>Beton</b>	DIN 1045-2 <sup>1)</sup>	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 2: Beton-Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1		

1) Zusammengefasst im DIN-Fachbericht 100, Beton

2) Richtlinie des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb)

3) Merkblatt des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins (DBV) und des Bundesverbandes der deutschen Zementindustrie (BDZ)

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



