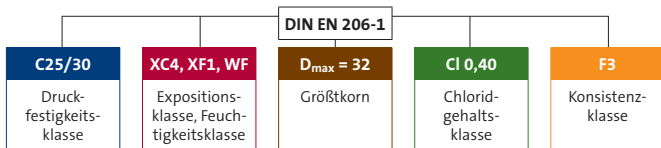


Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2

Holcim (Deutschland) AG



Festlegung für Beton nach Eigenschaften



Druckfestigkeitsklassen

für Normal- und Schwerbeton

Druckfestigkeitsklasse	Zylinder ^{1) 2)}	Würfel ^{1) 3)}
	$f_{ck,cyl}$ [N/mm ²]	$f_{ck,cube}$ [N/mm ²]
charakteristische Mindestdruckfestigkeit		
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60

für Leichtbeton

Druckfestigkeitsklasse	Zylinder ^{1) 2)}	Würfel ^{1) 3)}
	$f_{ck,cyl}$ [N/mm ²]	$f_{ck,cube}$ [N/mm ²]
charakteristische Mindestdruckfestigkeit		
LC8/9	8	9
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC35/38	35	38
LC40/44	40	44
LC45/50	45	50
LC50/55	50	55

ÜK II Hochfester Beton

C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105 ⁴⁾	90	105
C100/115 ⁴⁾	100	115

ÜK II Hochfester Beton

LC55/60	55	60
LC60/66	60	66
LC70/77 ⁴⁾	70	77
LC80/88 ⁴⁾	80	88

1) Lagerung der Probe unter Wasser, Prüfdauer 28 Tage

2) Zylinder: \varnothing 150 mm, h = 300 mm

3) Würfel: Kantenlänge 150 mm

4) Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder Zustimmung im Einzelfall erforderlich

Rohdichte

Entsprechend seiner Trockenrohddichte wird Beton als Normalbeton, Leichtbeton oder Schwerbeton definiert.

- Leichtbeton $\leq 2000 \text{ kg/m}^3$
- Normalbeton $> 2000 \leq 2600 \text{ kg/m}^3$
- Schwerbeton $> 2600 \text{ kg/m}^3$

Rohdichteklassen für Leichtbeton

Wird Leichtbeton nach seiner Rohdichte in Klassen eingeteilt, ist nachfolgende Tabelle anzuwenden.

Klasseneinteilung von Leichtbeton nach der Rohdichte

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

Expositions- und Feuchtigkeitsklassen

Die Feuchtigkeits- sowie die Expositionsclassen sind dem Betonhersteller anzugeben. Daraus ergeben sich eventuell zusätzliche Anforderungen an die Gesteinskörnung, den Zement oder die Betonzusammensetzung.

Klasse	Beschreibung der Umgebung
WO	Beton, der nach normaler Nachbehandlung nicht längere Zeit feucht und nach dem Austrocknen während der Nutzung weitgehend trocken bleibt
WF	Beton, der während der Nutzung häufig oder längere Zeit feucht ist
WA	Beton, der zusätzlich zu der Beanspruchung nach Klasse WF häufiger oder langzeitiger Alkalizufuhr von außen ausgesetzt ist
WS	Beton, der hoher dynamischer Beanspruchung und direktem Alkalieintrag ausgesetzt ist

Kl.	Umgebung	Anwendungsbeispiele	max. w/z bzw. (w/z) _{eq}	Mindestdruck- festigkeitsklasse ^c	Mindestzement- gehalt in kg/m ³ ^d	Mindestzement- gehalt bei Anrechnung von Zusatzstoffen in kg/m ³ ^d	zulässige Zementarten [*]				
							CEM I Holcim-Pur	CEM I Holcim Sulfo	CEM II Holcim-Ferro	CEM III/A Holcim-Duo	CEM III/B Holcim-Aqua
	Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko X0	^a Bauteile ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall in nicht Beton angreifender Umgebung									
	X0	unbewehrte Fundamente ohne Frost; unbewehrte Innenbauteile	–	C8/10	–	–	X	X	X	X	X
Angriff auf Bewehrung	Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung XC		Beton, der Bewehrung oder anderes Metall enthält und der Luft und Feuchtigkeit ausgesetzt ist								
	XC1	trocken oder ständig feucht	bewehrte Innenbauteile; Bauteile, die ständig in Wasser getaucht sind	0,75	C16/20	240	240	X	X	X	X
	XC2	nass, selten trocken	Teile von Wasserbehältern; Gründungsbauteile								
	XC3	mäßige Feuchte	vor Regen geschützter Beton im Freien; offene Hallen, Feuchträume	0,65	C20/25	260	240	X	X	X	X
	XC4	wechselnd nass und trocken	Außenbauteile mit direkter Bewitterung; Beleuchtungsmasten, Balkone	0,60	C25/30	280	270	X	X	X	X
	Bewehrungskorrosion durch Chloride, ausgenommen Meerwasser XD		Beton, der Bewehrung oder anderes Metall enthält und der chloridhaltigem Wasser einschließlich Taumittel, ausgenommen Meerwasser, ausgesetzt ist								
	XD1	mäßige Feuchte	Bauteile im Sprühnebel von Verkehrsflächen; Einzelgaragen	0,55	C30/37 ^e	300	270	X	X	X	X
	XD2	nass, selten trocken	Bauteile, die chloridhaltigen Industrieabwässern ausgesetzt sind; Solebäder	0,50	^p C35/45 ^e	320 ^b	270	X	X	X	X
	XD3	wechselnd nass und trocken	Teile von Brücken mit Spritzwasserbeanspruchung; Fahrbahndecken, Parkdecks	0,45	C35/45 ^e	320 ^b	270	X	X	X	X
	Bewehrungskorrosion durch Chloride aus Meerwasser XS		Beton, der Bewehrung oder anderes Metall enthält und der Chloriden aus Meerwasser oder salzhaltiger Seeluft ausgesetzt ist								
XS1	salzhaltige Luft*	Außenbauteile in Küstennähe	0,55	C30/37 ^e	300	270	X	X	X	X	
XS2	unter Wasser	Bauteile in Hafenanlagen, die ständig unter Wasser liegen	0,50	C35/45 ^e	320 ^b	270	X	X	X	X	
XS3	Tidebereiche, Spritzwasser- und Sprühnebelbereiche	Kaimauern in Hafenanlagen	0,45	C35/45 ^e	320 ^b	270	X	X	X	X	

^a Nur für Beton ohne Bewehrung oder eingebettetes Material

^b Für massive Bauteile (kleinste Bauteilabmessung 80 cm) gilt der Mindestzementgehalt von 300 kg/m³

^c Gilt nicht für Leichtbeton

^d Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m³ reduziert werden.

In diesem Fall darf „b“ nicht angewendet werden

^e Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger

^f Der mittlere Luftgehalt im Frischbeton, unmittelbar vor dem 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 Anforderungen um höchstens 0,5 Vol.-% unterschreiten

^g Gilt nur für Flugasche. Andere Zusatzstoffe des Typs II dürfen zugesetzt, aber nicht auf den Zementgehalt oder den (w/z)_{eq} angerechnet werden

^h Gesteinskörnungen bis D_{max} 4 mm müssen überwiegend aus Quarz oder Stoffen mindestens gleicher Härte bestehen, das größere Korn aus Gestein oder künstlichen Stoffen mit hohem Verschleißwiderstand. Die Körner aller Gesteinskörnungen sollen eine mäßig rau Oberfläche und gedrungene Gestalt haben. Das Gesteinskörnungsgemisch soll möglichst grobkörnig sein

ⁱ Höchstzementgehalt 360 kg/m³, jedoch nicht bei hochfesten Betonen

^j Erdfeuchter Beton mit w/z ≤ 0,40 darf ohne Luftporen hergestellt werden

^k Gesteinskörnungen mit Regelanforderungen und zusätzlich Widerstand gegen Frost bzw. Frost- und Taumittel (DIN EN 12620 und DIN V 20000-103)

^l Oberflächenbehandlung des Betons z.B. Vakuumieren und Flügelglätten des Betons

^m Hartstoffe nach DIN 1100

ⁿ CEM III/B darf nur für die folgenden Anwendungsfälle verwendet werden (auf Luftporen kann in beiden Fällen verzichtet werden): a) Meerwasserbauteile; w/z ≤ 0,45; Mindestfestigkeitsklasse C35/45 und z ≥ 340 kg/m³

b) Räumerlaubahnen w/z ≤ 0,35; Mindestfestigkeitsklasse C40/50 und z ≥ 360 kg/m³; Beachtung von DIN EN 12255-1/ DIN 19569-2 Kläranlagen Baugrundsätze für Bauwerke und technische Ausrüstungen. Allgemeine Grundsätze

^o Schutzmaßnahmen erforderlich

^p Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen (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

^{*} Über die Zulassung bzw. Verwendung anderer Holcim Zemente beraten wir Sie gerne

Kl.	Umgebung	Anwendungsbeispiele	max. w/z bzw. (w/z) _{eq}	Mindestdruck- festigkeitsklasse ^c	Mindestzement- gehalt in kg/m ³ ^d	Mindestzement- gehalt bei Anrechnung von Zusatzstoffen in kg/m ³ ^d	zulässige Zementarten ^e						
							CEM I Holcim-Pur	CEM I Holcim Sulfo	CEM II Holcim-Ferro	CEM III/A Holcim-Duo	CEM III/B Holcim-Aqua		
Angriff auf Beton	Frostangriff mit und ohne Taumittel XF ^k		Durchfeuchteter Beton, der erheblichem Angriff durch Frost-Tau-Wechsel ausgesetzt ist										
	XF1	mäßige Wassersättigung, ohne Taumittel	Außenbauteile	0,60	C25/30	280	270	X	X	X	X	X	
	XF2	mäßige Wassersättigung, mit Taumittel	Betonbauteile im Sprühnebel- oder Spritzwasserbereich taumittelbehandelter Verkehrsflächen, soweit nicht XF4; Betonbauteile im Sprühnebelbereich von Meerwasser	0,55	C25/30	f 300	270 g	X	X	X	X	X	
				0,50	C25/45	p 320	270 g	X	X	X	X	X	
	XF3	hohe Wassersättigung, ohne Taumittel	offene Wasserbehälter; Bauteile in der Wasserwechselzone von Süßwasser	0,55	C25/30	f 300	270	X	X	X	X	X	
				0,50	C35/45	p 320	270	X	X	X	X	X	
	XF4	hohe Wassersättigung, mit Taumittel	mit Taumitteln behandelte Verkehrsflächen; überwiegend horizontale Bauteile im Spritzwasserbereich taumittelbehandelter Verkehrsflächen; Räumleraufbahnen von Kläranlagen; Meerwasserbauteile in der Wechselzone	0,50	C30/37	f 320	j 270 g	X	X	X	X	n	
	Betonkorrosion durch chemischen Angriff XA		Beton, der chemischem Angriff durch natürliche Böden, Grundwasser, Meerwasser gemäß DIN EN 206-1, Tab. 2, und Abwasser ausgesetzt ist										
	XA1	chemisch schwach angreifend	entsprechend den Grenzwerten nach DIN EN 206-1, Tab. 2; Kläranlagen, Güllebehälter, Bauteile im Kontakt mit Meerwasser oder in Beton angreifenden Böden, Industrieabwasseranlagen mit chemisch angreifendem Abwasser, Gärfuttersilos und Futtertische der Landwirtschaft; Kühltürme mit Rauchgasableitung		0,60	C25/30	280	270	X	X	X	X	X
	XA2	chemisch mäßig angreifend			0,50	p C35/45	e 320	270	X	X	X	X	X
XA3	chemisch stark angreifend ^o	0,45			C35/45	e 320	270	X	X	X	X	X	
Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung XM		Beton, der erheblichen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt ist ^h											
XM1	mäßige Verschleißbeanspruchung	tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luftbereifte Fahrzeuge		0,55	C30/37	e 300	i 270	X	X	X	X	X	
XM2	starke Verschleißbeanspruchung	tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luft- oder vollgummibereifte Gabelstapler		0,55	l C30/37	e 300	i 270	X	X	X	X	X	
				0,45	C35/45	e 320	i 270	X	X	X	X	X	
XM3	sehr starke Verschleißbeanspruchung ^m	tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch elastomer- oder stahlrollenbereifte Gabelstapler; häufig mit Kettenfahrzeugen befahrene Oberflächen; Wasserbauwerke mit Geschiebbelastung, z. B. Tosbecken		0,45	C35/45	e 320	i 270	X	X	X	X	X	

Grenzwerte für Expositionsklasse XA

Chemisches Merkmal	XA1	XA2	XA3
Grundwasser	schwach angreifend	mäßig angreifend	stark angreifend
SO ₄ ²⁻ [mg/l]	≥ 200 und ≤ 600	> 600 und ≤ 3000	> 3000 und ≤ 6000
pH-Wert	≥ 6,5 und ≤ 5,5	< 5,5 und ≤ 4,5	< 4,5 und ≤ 4,0
CO ₂ [mg/l] angreifend	≥ 15 und ≤ 40	> 40 und ≤ 100	> 100 bis zur Sättigung
NH ₄ ⁺ [mg/l]	≥ 15 und ≤ 30	> 30 und ≤ 60	> 60 und ≤ 100
Mg ²⁺ [mg/l]	≥ 300 und ≤ 1000	> 1000 und ≤ 3000	> 3000 bis zur Sättigung
Boden			
SO ₄ ²⁻ [mg/kg] insgesamt *	≥ 2000 und ≤ 3000 *	> 3000 und ≤ 12000	> 12000 und ≤ 24000
Säuregrad	> 200 Baumann-Gully		in der Praxis nicht anzutreffen

* siehe DIN EN 206-1 : 2001, Tab. 2

Größtkorn

Der Nennwert des Größtkorns der Gesteinskörnung (D_{max}) ist unter Berücksichtigung der Bewehrungsüberdeckung, des Bewehrungsabstandes und der Bauteilgeometrie festzulegen.



Mehlkorngehalt

Höchstzulässiger Mehlkorngehalt für Beton mit einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 16 mm bis 63 mm in Abhängigkeit der Druckfestigkeits- und Expositionsklasse:

Druckfestigkeitsklasse	Zementgehalt [kg/m ³]	Höchst zulässiger Mehlkorngehalt [kg/m ³]
≤ C50/60 und LC50/55 bei den Expositionsklassen XC, XD, XS, XA		550
≤ C50/60 und LC50/55 bei den Expositionsklassen XF, XM	≤ 300	400
	≥ 350	450
≥ C55/67 und LC55/60 bei allen Expositionsklassen	≤ 400	500
	450	550
	≥ 500	600

Die Werte sind linear zu interpolieren.

Die Werte der mittleren Zeile dürfen erhöht werden:

- wenn der Zementgehalt 350 kg/m³ übersteigt, um den über 350 kg/m³ hinausgehenden Zementgehalt, oder
- wenn ein puzzolanischer Betonzusatzstoff des Typs II verwendet wird, um den Gehalt des Zusatzstoffs, jedoch höchstens um 50 kg/m³.

Die angegebenen Werte dürfen um 50 kg/m³ erhöht werden, wenn das Größtkorn der Gesteinskörnung 8 mm beträgt.



Chloridgehaltsklassen

Betonverwendung	Klasse des Chloridgehaltes	Höchstzulässiger Chloridgehalt, bezogen auf den Zement in Massenanteilen*
unbewehrter Beton	Cl 1,00	1,0 %
Stahlbeton	Cl 0,40	0,40 %
Spannbeton	Cl 0,20	0,20 %

* siehe DIN EN 206-1 : 2001, Tab. 10, Fußnote a)

Konsistenzklassen

Konsistenz	Ausbreitmaß		Verdichtungsmaß nach Walz	
	Klasse	Wert in mm	Klasse	Wert
sehr steif			C0	≥ 1,46
steif	F1	≤ 340	C1	1,45 bis 1,26
plastisch	F2	350 bis 410	C2	1,25 bis 1,11
weich	F3	420 bis 480	C3	1,10 bis 1,04
sehr weich	F4	490 bis 550		
fließfähig	F5	560 bis 620		
sehr fließfähig	F6*	≥ 630		

* Bei Ausbreitmaßen ohne Schlag (Fließmaße) ≥ 700 mm ist die Richtlinie SVB anzuwenden.



Verwendung von Zusatzstoffen

Zusatzstoffe werden in zwei Typen unterteilt.

Zusatzstoff des Typs I beinhaltet inerte Stoffe (z. B. Gesteinsmehl, Kalksteinmehl), die keine chemische Bindung eingehen.

Als Zusatzstoffe des Typs II werden puzzolanische Stoffe (z. B. Steinkohlenflugasche, Silikastaub) bezeichnet, die bei der Hydratation des Zementes selbst einen Festigkeitsbeitrag leisten. Bei der Berechnung des äquivalenten Wasserzementwertes $(w/z)_{eq}$ werden sie über den Anrechenbarkeitswert (k-Wert) berücksichtigt.

k-Wert-Ansatz für Flugasche und Silikastaub

	Flugasche (f)	Silikastaub (s)	Flugasche und Silikastaub
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⁾ $f_{max} = 0,15 \cdot z$ ⁶⁾ $f + z \geq z_{min}$	$s_{max} = 0,11 \cdot z$ $s + z \geq z_{min}$	$f_{max} = 0,33 \cdot z$ und $s_{max} = 0,11 \cdot z$ $f + s + z \geq z_{min}$
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⁾	$w/(z + k_f \cdot f + k_s \cdot s)$ ⁷⁾
Reduzierter Mindestzementgehalt ⁸⁾	240 kg/m ³ bei XC1, XC2 und XC3, sonst 270 kg/m ³ , wenn die Zusatzstoffmenge mindestens der Zement-Verringerungsmenge entspricht		
Zulässige Holcim-Zementarten	CEM I CEM II-S CEM III/A CEM III/B (mit s_{max} ⁹⁾ ≤ 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 Silikastaubgehalt s, alle in kg/m³

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 Expositionsclassen außer XF2 und XF4

8) Die Anrechnung auf den Mindestzementgehalt und den w/z -Wert ist nur bei Verwendung von f zulässig. Bei gleichzeitiger Zugabe von f + s ist eine Anrechnung auch für f ausgeschlossen.

9) S = Hüttensandgehalt

Für die Verwendung von Flugasche in Unterwasserbeton gilt: $(z + f) \geq 350 \text{ kg/m}^3$; $(w/z)_{eq} = w/(z + 0,7 \cdot f) \leq 0,60$

Verwendung von Zusatzmitteln

Für die Verwendung von Zusatzmitteln nach DIN EN 934-2 gelten folgende Regeln:

- Die Gesamtmenge an Zusatzmitteln einer Wirkungsgruppe darf weder die vom Zusatzmittelhersteller empfohlene Höchstdosierung noch 5 M.-% vom Zement im Beton überschreiten.
- Die Gesamtmenge an Zusatzmitteln unterschiedlicher Wirkungsgruppen darf 6 M.-% vom Zement im Beton nicht überschreiten. Bei dem Einsatz von Zementen nach DIN 1164-11 bzw. 1164-12 ist die höchstzulässige Gesamtmenge auf 5 M.-% beschränkt. Die empfohlenen Höchstdosierungen der Zusatzmittelhersteller sind in jedem Fall zu beachten.
- Die höchst zulässige Dosierung darf überschritten werden, wenn dafür der Nachweis der Leistungsfähigkeit und Dauerhaftigkeit des Betons erbracht wird.
- Bei Zugabe mehrerer Zusatzmittel muss die Verträglichkeit nachgewiesen werden.
- Wenn die Gesamtmenge flüssiger Betonzusatzmittel größer 3 l/m^3 Beton übersteigt, muss dies bei der Berechnung des w/z-Wertes berücksichtigt werden.
- Zusatzmittel unter 0,2 M.-% vom Zement müssen im Zugabewasser aufgelöst werden.
- Beton der Konsistenzklassen $\geq \text{F4}$ ist mit Fließmittel herzustellen.
- Nur Fließmittel und Verzögerer dürfen nachträglich auf der Baustelle zugegeben werden. Bei der Zugabe auf der Baustelle sind Mindestmischzeiten einzuhalten.
- Für hochfesten Normal- und Leichtbeton sind besondere Regelungen zu beachten (s. DIN 1045-2).



Beispiele für die Ausschreibung von Beton nach Eigenschaften

Beispiel A:

Beton für Innenbauteil Hochbau

- Beton nach DIN EN 206-1
- C 16/20
- XC1, WO
- D_{\max} 32
- CI 0,40
- F3

Beispiel B:

Beton für Außenbauteil Hochbau

- Beton nach DIN EN 206-1
- C 25/30
- XC4, XF1, WF
- D_{\max} 32
- CI 0,40
- F3





Holcim (Deutschland) AG

Technical Marketing

Hannoversche Straße 28

31319 Sehnde-Höver

Technical-Marketing-DEU@holcim.com

www.holcim.de

Telefon (0 51 32) 9 27-4 32

Telefax (0 51 32) 9 27-4 30

Verkaufspreis € 4,-

© 2013 Holcim (Deutschland) AG

DEU_TM_LepBeton_1310_1000