

Druckfestigkeitsklassen

Die Druckfestigkeitsklassen werden durch 2 Prüfgrößen bestimmt. Der erste Wert ist die **Zylinderdruckfestigkeit** = **f_{ck, cyl.}** (Zyl.: l = 300 mm; ø = 150 mm), der zweite Wert ist die **Würfeldruckfestigkeit** = **f_{ck, cube}** (Würfel: Kantenlänge = 150 mm). **Normal- und Schwerbeton** wird mit dem Buchstaben „**C**“ (concrete = Beton), **Leichtbeton** mit den Buchstaben „**LC**“ (light weighth concrete = Leichtbeton) vor den Druckfestigkeitsklassen kenntlich gemacht.

Druckfestigkeitsklassen nach DIN EN 206-1

Normal- und Schwerbeton	Hochfester Normal- und Schwerbeton				
Druckfestigkeitsklasse	f _{ck, cyl.} ¹⁾ [N/mm ²]	f _{ck, cube} ¹⁾ [N/mm ²]	Druckfestigkeitsklasse	f _{ck, cyl.} ¹⁾ [N/mm ²]	f _{ck, cube} ¹⁾ [N/mm ²]
C8/10	8	10	C55/67	55	67
C12/15	12	15	C60/75	60	75
C16/20	16	20	C70/85	70	85
C20/25	20	25	C80/95	80	95
C25/30	25	30	C90/105	90	105
C30/37	30	37	C100/115	100	115
C35/45	35	45			
C40/50	40	50			
C45/55	45	55			
C50/60	50	60			

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

Normalbeton mit einem Zementgehalt von 350 kg/m³ (rot) und einem w/z-Wert von 0,45 (blau)

Wenn nichts anderes vereinbart ist, ist die Druckfestigkeit an Probewürfeln mit 150 mm Kantenlänge und unter den Lagerungsbedingungen nach DIN EN 12390-2, Anhang NA zu bestimmen. Die Druckfestigkeit f_{c, cube} bei Lagerung nach dem Referenzverfahren von EN 12390-2 darf aus der Druckfestigkeit f_{c, dry} bei Lagerung nach DIN EN 12390-2, Anhang NA nach folgender Beziehung berechnet werden:

Normalbeton bis einschließlich C50/60:	hochfester Normalbeton ab C55/67:
f_{c, cube}¹⁾ = 0,92 x f_{c, dry}²⁾	f_{c, cube}¹⁾ = 0,95 x f_{c, dry}²⁾

Diese Beziehung gilt nur für die Umrechnung von Würfeldruckfestigkeiten und berücksichtigt nur die Lagerungsbedingungen.

- Lagerung 28 Tage unter Wasser
- Lagerung 7 Tage unter Wasser, 21 Tage an der Luft (20°C, 65% relative Luftfeuchtigkeit)

Konsistenzklassen

Klasse	Konsistenzbereich	Ausbreitmaß¹⁾ Ø in mm
F1	steif	≤ 340
F2	plastisch	350-410
F3	weich	420-480
F4	sehr weich	490-550
F5	fließfähig	560-620
F6¹⁾	sehr fließfähig	≥ 630

- Bei einem Ausbreitmaß >700 mm DaFStb-Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“ beachten!
- 1) ≥ 1,26 erlaubte Abweichung ± 0,10
- 2) 1,25-1,11 erlaubte Abweichung ± 0,08
- 3) ≤ 1,10 erlaubte Abweichung ± 0,05
- 4) C4 gilt nur für Leichtbeton

- Erlaubte Abweichung im Bereich der Zielwerte ± 30 mm

Mehlkorngehalte

Aus Gründen der Dauerhaftigkeit des Betons ist der Mehlkorngehalt begrenzt. Die Summe des Mehlkorngehaltes errechnet sich aus Zement + Kornanteil 0 - 0,125 mm aus den Gesteinskörnungen und gegebenenfalls Betonzusatzstoffen.

Maximal zulässiger Mehlkorngehalt bis zur Betonfestigkeitsklasse C50/60 und LC50/55			
Zementgehalt ¹⁾ [kg/m ³]	max. zul. Mehlkorngehalt [kg/m ³]		
	Expositionsclassen XF, XM	Expositionsclassen X0, XC, XD, XS, XA	
	Größtkorn der Sieblinie des Betons	Größtkorn der Sieblinie des Betons	
	8 mm	16 bis 63 mm	8 bis 63 mm
≤ 300	450	400	550
≥ 350	500 ²⁾	450 ²⁾	550

- Zwischen 300 kg und 350 kg ist der Mehlkorngehalt geradlinig zu interpolieren.
- Diese Werte dürfen erhöht werden:
 - wenn der Zementgehalt 350 kg/m³ übersteigt, um den über 350 kg/m³ hinausgehenden Zementgehalt
 - wenn ein puzzolanischer Zusatzstoff des Typs II (z.B. Flugasche, Silikastaub) verwendet wird, um den Gehalt des Betonzusatzstoffes jedoch insgesamt um höchstens 50 kg/m³.

Maximal zulässiger Mehlkorngehalt ab der Betonfestigkeitsklasse C55/67 und LC55/60		
Zementgehalt ¹⁾ [kg/m ³]	max. zul. Mehlkorngehalt [kg/m ³] ²⁾	
	Expositionsclassen X0, XC, XD, XS, XF, XA, XM	
	Größtkorn der Sieblinie des Betons	Größtkorn der Sieblinie des Betons
	8 mm	16 bis 32 mm
≤ 400	550	500
450	600	550
≥ 500	650	600

- Zwischen 400 kg, 450 kg und 500 kg ist der Mehlkorngehalt geradlinig zu interpolieren.
- Die Werte dürfen erhöht werden, wenn ein puzzolanischer Zusatzstoff Typ II verwendet wird, um den Gehalt des Betonzusatzstoffes, jedoch insgesamt um höchstens 50 kg/m³.

Verdichtungsmaßklassen

Klasse	Konsistenzbereich	Verdichtungsmaß
C0	sehr steif	≥ 1,46
C1	steif	1,45-1,26 ¹⁾
C2	plastisch	1,25-1,11 ²⁾
C3	weich	1,10-1,04 ³⁾
C4⁴⁾	–	< 1,04

- ≥ 1,26 erlaubte Abweichung ± 0,10
- 1,25-1,11 erlaubte Abweichung ± 0,08
- ≤ 1,10 erlaubte Abweichung ± 0,05
- C4 gilt nur für Leichtbeton

Anrechenbarkeit von Flugasche (f) unter Berücksichtigung des k-Wert-Ansatzes für Flugasche nach DIN EN 450

Anwendungsbereich für alle Expositionsclassen in Abhängigkeit der Zementart ¹⁾	anrechenbare Flugasche f	k-Wert	äquivalenter Wassorzementwert [w/z _(eq) -Wert]
CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S , CEM II/A-T, CEM II/B-T CEM II/A-LL, CEM III/A²⁾, CEM III/B²⁾, CEM II/A-M (S-T, S-LL, T-LL), CEM II/B-M (S-T)	f ≤ 0,33 · z	0,4	 w z + 0,4 ⋅<!-- ⋅ --> f {\displaystyle \frac {w}{z+0,4\cdot f}}
CEM II/A-M (S-V, V-T, V-LL, S-P, P-T, P-LL), CEM II/A-V, CEM II/A-P, CEM II/A-M (P-V)	f ≤ 0,25 · z	0,4	 w z + 0,4 ⋅<!-- ⋅ --> f {\displaystyle \frac {w}{z+0,4\cdot f}}
CEM II/A-M (S-D, D-T, D-P, D-V, D-LL), CEM II/B-M (S-D, D-T), CEM II/A-D	f ≤ 0,15 · z	0,4	 w z + 0,4 ⋅<!-- ⋅ --> f {\displaystyle \frac {w}{z+0,4\cdot f}}
Unterwasserbeton, Bohrfahlbeton	f ≤ 0,33 · z	0,7	 w z + 0,7 ⋅<!-- ⋅ --> f {\displaystyle \frac {w}{z+0,7\cdot f}}

- Die Anwendungsregeln für Flugasche mit Zement mit bauaufsichtlicher Zulassung sind in der Zulassung festgelegt.

- Bezüglich Expositionsclassen XF 4 siehe DIN 1045-2, Tabelle F 3.1.

Überwachung des Betonierens durch das Bauunternehmen nach DIN 1045-3

Einteilung des Betons in Überwachungsklassen			
Gegenstand	Überwachungs-klasse 1	Überwachungsklasse 2 ⁴⁾	Überwachungs-klasse 3 ⁴⁾
Druckfestigkeitsklasse für Normal- und Schwerbeton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2	≤ C25/30 ¹⁾	≥ C30/37 und ≤ C50/60	≥ C55/67
Druckfestigkeitsklasse für Leichtbeton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 der Rohdichteklassen D1,0 bis D1,4	nicht anwendbar	≤ LC25/28	≥ LC30/33
D1,6 bis D2,0	≤ LC25/28	LC30/33 und LC35/38	≥ LC40/44
Expositionsklasse nach DIN 1045-2	X0, XC, XF1	XS, XD, XA, XM ²⁾ , XF2, XF3, XF4	–
Besondere Betoneigenschaften		- Beton für wasserundurchlässige Baukörper (z.B. Weiße Wannen) ³⁾ <ul style="list-style-type: none">- Unterwasserbeton - Beton für hohe Gebrauchs-temperaturen T ≤ 250°C - Strahlenschutzbeton (außerhalb des Kernkraftwerkbaus) - Für besondere Anwendungsgebiete (z.B. Verzögerter Beton, Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) sind die jeweiligen DaFStb-Richtlinien anzuwenden.	

- Spannbeton der Festigkeitsklasse C25/30 ist stets in Überwachungsklasse 2 einzuordnen.

- Gilt nicht für übliche Industrieböden.

- 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.

- Wird Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 eingebaut, muss die Überwachung durch das Bauunternehmen zusätzlich die Anforderungen von Anhang B, DIN 1045-3 erfüllen und eine Überwachung durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle nach Anhang C, DIN 1045-3 durchgeführt werden.

Prüfung der Betondruckfestigkeit

Für jeden verwendeten Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 sind mindestens 3 Proben zu entnehmen und zwar:

- bei Überwachungsklasse 2 jeweils für höchstens 300 m³ oder je 3 Betoniertage;
- bei Überwachungsklasse 3 jeweils für höchstens 50 m³ oder je 1 Betoniertag;

wobei diejenige Anforderung, welche die größte Anzahl von Proben ergibt, maßgebend ist. Beim Einbau von Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 ist zusätzlich zur Überwachung durch das Bauunternehmen eine Überwachung durch eine dafür anerkannte Prüfstelle (Fremdüberwachung) vorzunehmen.

Nachbehandlung und Schutz von Beton

Nachbehandlungsdauer

- Die Nachbehandlungsdauer hängt von der Entwicklung der Betoneigenschaften in der Randzone ab.
- Bei Umweltbedingungen, die den Expositionsclassen nach DIN 1045-2 außer X0, XC1 und XM entsprechen, muss der Beton so lange nachbehandelt werden, bis die Festigkeit des oberflächennahen Betons 50 % der charakteristischen Festigkeit des verwendeten Betons erreicht hat. Diese Anforderung ist in nachfolgender Tabelle in eine entsprechende Mindestdauer der Nachbehandlung umgesetzt. Ein genauer Nachweis ist möglich.
- Bei Umweltbedingungen, die den Expositionsclassen X0, XC1 nach DIN 1045-2 entsprechen (z.B. Bauteile ohne Bewehrung, Innenbauteile), muss der Beton mindestens einen halben Tag nachbehandelt werden. Bei mehr als 5 Std. Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern. Bei Temperaturen der Betonoberfläche unter 5 °C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur unter 5 °C lag.
- Bei Betonoberflächen, die einem Verschleiß entsprechend den Expositionsclassen XM nach DIN 1045-2 ausgesetzt sind, muss der Beton so lange nachbehandelt werden, bis die Festigkeit des oberflächennahen Betons 70 % der charakteristischen Festigkeit des verwendeten Betons erreicht hat. Ohne genaueren Nachweis sind die Werte für die Mindestdauer der Nachbehandlung der nachfolgenden Tabelle zu verdoppeln.

Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton bei den Expositionsclassen nach DIN 1045-2 außer X0, XC1 und XM

Oberflächentemperatur θ in °C ⁴⁾	Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen ¹⁾			
	Festigkeitsentwicklung des Betons ²⁾			
	<i>r</i> = f _{cm2} /f _{cm28} ³⁾			
	schnell <i>r</i> ≥ 0,50	mittel <i>r</i> ≥ 0,30	langsam <i>r</i> ≥ 0,15	sehr langsam <i>r</i> < 0,15
θ ≥ 25	1	2	2	3
15 ≤ θ < 25	1	2	4	5
10 ≤ θ < 15	2	4	7	10
5 ¹⁾ ≤ θ < 10	3	6	10	15

- Bei mehr als 5 Std. Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.
- Bei Temperaturen unter 5 °C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur unter 5 °C lag.
- Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis der Mittelwerte der Druckfestigkeiten nach 2 Tagen und nach 28 Tagen (ermittelt nach DIN EN 12390-3) beschrieben, das bei der Eignungsprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung (d.h. gleicher Zement, gleicher w/z-Wert) ermittelt wurde. Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28 Tage bestimmt, ist für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer der Schätzwert des Festigkeitsverhältnisses entsprechend aus dem Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen (f_{cm2}) zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit zu ermitteln oder eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen 2 Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.
- Zwischenwerte dürfen eingeschaltet werden.
- Anstelle der Oberflächentemperatur des Betons darf die Lufttemperatur angesetzt werden.

Vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung der Nachbehandlungsdauer

Für die Expositionsclassen XC2, XC3, XC4 und XF1 können anstelle der Werte der obenstehenden Tabelle die erforderlichen Nachbehandlungsdauern nach folgender Tabelle festgelegt werden. Hierbei handelt es sich um ein vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung der Nachbehandlungsdauer. Eingangsparameter ist die Frischbetontemperatur zum Zeitpunkt des Betoneinbaus anstatt der Oberflächentemperatur des Betons bzw. Lufttemperatur. Zu beachten ist, dass bei Verwendung einer Stahl Schalung oder bei Betonbauteilen mit ungeschalten Oberflächen die Werte nur angewandt werden dürfen, wenn ein übermäßiges Auskühlen des Betons im Anfangsstadium durch entsprechende Maßnahmen verhindert wird.

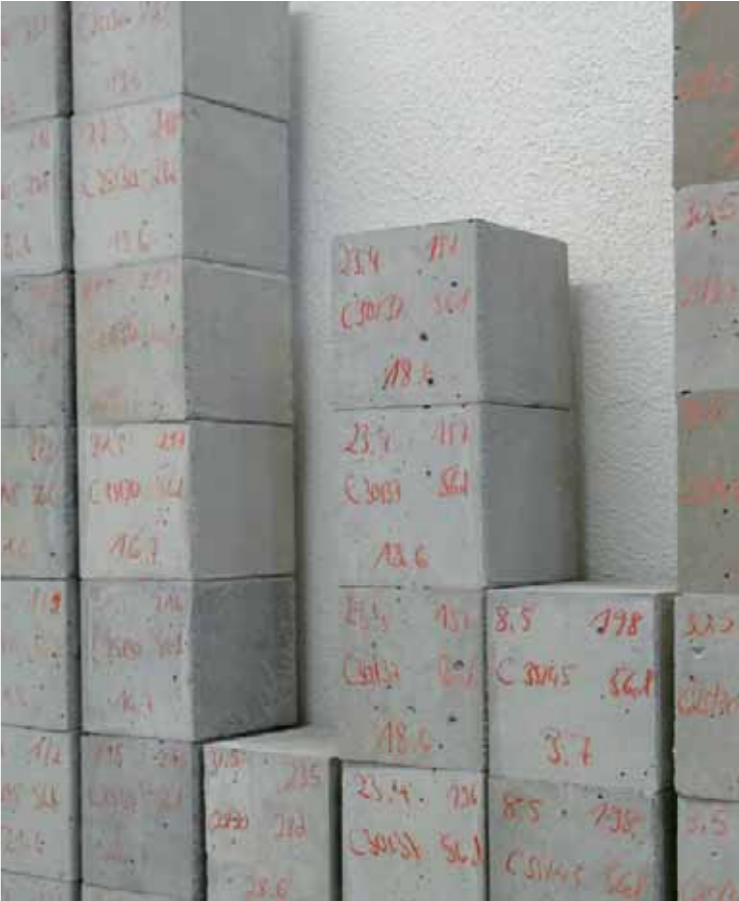
Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton bei den Expositionsclassen XC2, XC3, XC4 und XF1 nach DIN 1045-2 – Vereinfachtes Verfahren

Frischbetontemperatur θ _b zum Zeitpunkt des Betoneinbaus	Mindestdauer Nachbehandlung in Tagen ¹⁾		
	Festigkeitsentwicklung des Betons ²⁾		
	<i>r</i> = f _{cm2} /f _{cm28} ³⁾		
	schnell <i>r</i> ≥ 0,50	mittel <i>r</i> ≥ 0,30	langsam <i>r</i> ≥ 0,15
θ _b ≥ 15 °C	1	2	4
10 °C ≤ θ _b < 15 °C	2	4	7
5 °C ≤ θ _b < 10 °C	4	8	14

- Bei mehr als 5 Std. Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.
- Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis der Mittelwerte der Druckfestigkeiten nach 2 Tagen und nach 28 Tagen (ermittelt nach DIN EN 12390-3) beschrieben, das bei der Eignungsprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung (d.h. gleicher Zement, gleicher w/z-Wert) ermittelt wurde. Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28 Tage bestimmt, ist für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer der Schätzwert des Festigkeitsverhältnisses entsprechend aus dem Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen (f_{cm2}) zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit zu ermitteln oder eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen 2 Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.
- Zwischenwerte dürfen eingeschaltet werden.



Beton – Herstellung nach den neuen Normen (Ausgabe 2009)



DIN EN 206-1	Ausgaben
DIN EN 206-1/A1 + A2	07/2001 – 09/2005
DIN 1045-2	Ausgabe 08/2008
DIN 1045-3	Ausgabe 08/2008
ZTV-ING	Stand 07/2006

Einteilung des Betons in Klassen Die Festlegung der Eigenschaften des Betons erfolgt nach **Expositionsklassen** und **Druckfestigkeitsklassen**.

Expositionsklassen nach DIN 1045-2, Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1 (Zusammenstellung ausgewählter Angaben aus Tabellen 1; F.2.1 und F.2.2)

Exposi-tions-klasse	Angriffsart	Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen	Mindestdruck-festigkeits-klasse ²⁾	Mind.-Zement-gehalt ³⁾ [kg/m ³]	Mind.-Zement-gehalt ³⁾ bei Zusatzstoffen [kg/m ³]	Max. Wasser/Zement-Wert
	Umgebungsbedingungen					
X0	Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko Für Bauteile ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall in nicht betonangreifender Umgebung kann die Expositionsklasse X0 zugeordnet werden.					
X0	Für Beton ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall; alle Expositionsklassen, ausgenommen Frostangriff mit und ohne Taumittel, Verschleiß oder chemischer Angriff	Fundamente ohne Bewehrung und ohne Frost; Innenbauteile ohne Bewehrung	C8/10	–	–	–
XC	Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Karbonatisierung					
XC1	trocken oder ständig nass	Bauteile in Innenräumen mit üblicher Luftfeuchte (einschließlich Küche, Bad und Waschküche in Wohngebäuden); Beton, der ständig in Wasser getaucht ist	C16/20	240	240	0,75
XC2	nass, selten trocken	Teile von Wasserbehältern; Gründungsbauteile	C16/20	240	240	0,75
XC3	mäßige Feuchte	Bauteile, zu denen die Außenluft häufig oder ständig Zugang hat, z.B. offene Hallen, Innenräume mit hoher Luftfeuchtigkeit z.B. in gewerblichen Küchen, Bädern, Wäschereien, in Feuchträumen von Hallenbädern und in Viehställen	C20/25	260	240	0,65
XC4	wechselnd nass und trocken	Außenbauteile mit direkter Beregnung	C25/30	280	270	0,60
XD	Bewehrungskorrosion, verursacht durch Chloride, ausgenommen Meerwasser					
XD1	mäßige Feuchte	Bauteile im Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen; Einzelgaragen	C30/37 C25/30 (LP) ¹²⁾	300	270	0,55
XD2	nass, selten trocken	Solebäder, Bauteile die chloridhaltigen Industrieabwässern ausgesetzt sind	C35/45 ¹⁵⁾ C30/37 (LP) ¹²⁾	320	270	0,50
XD3	wechselnd nass und trocken	Teile von Brücken mit häufiger Spritzwasserbeanspruchung; Fahrbahndecken, direkt befahrene Parkdecks ¹⁾	C35/45 C30/37 (LP) ¹²⁾	320	270	0,45
XS	Bewehrungskorrosion, verursacht durch Chloride aus Meerwasser					
XS1	salzhaltige Luft, aber kein unmittelbarer Kontakt mit Meerwasser	Außenbauteile in Küstennähe	C30/37 C25/30 (LP) ¹²⁾	300	270	0,55
XS2	unter Wasser	Bauteile in Hafenanlagen, die ständig unter Wasser liegen	C35/45 ¹⁵⁾ C30/37 (LP) ¹²⁾	320	270	0,50
XS3	Tidebereiche, Spritzwasser- und Sprühnebelbereiche	Kaimauern in Hafenanlagen	C35/45 C30/37 (LP) ¹²⁾	320	270	0,45
XF	Frostangriff mit oder ohne Taumittel					
XF1	mäßige Wassersättigung, ohne Taumittel	Außenbauteile	C25/30 ⁸⁾	280	270	0,60
XF2	mäßige Wassersättigung, mit Taumittel	Bauteile im Sprühnebel- oder Spritzwasserbereich von taumittelbehandelten Verkehrsflächen, soweit nicht XF4; Bauteile im Sprühnebelbereich von Meerwasser	C35/45 ¹⁵⁾ C25/30 (LP) ⁷⁾	320 300	270 ⁴⁾ 270 ⁴⁾	0,50 ⁴⁾ 0,55 ⁴⁾
XF3	hohe Wassersättigung, ohne Taumittel	Offene Wasserbehälter; Bauteile in der Wasserwechselzone von Süßwasser	C35/45 ¹⁵⁾ C25/30 (LP) ⁸⁾	320 300	270 270	0,50 0,55
XF4	hohe Wassersättigung, mit Taumittel	Verkehrsflächen, die mit Taumitteln behandelt werden; überwiegend horizontale Bauteile im Spritzwasserbereich von taumittelbehandelten Verkehrsflächen; Räumlerlaufbahnen von Kläranlagen; Meerwasserbauteile in der Wasserwechselzone	C30/37 (LP) ⁸⁾ ¹⁶⁾	320	270 ⁴⁾	0,50 ⁴⁾
XA	Betonkorrosion durch chemischen Angriff					
XA1	chemisch schwach angreifende Umgebung nach Tabelle 2, DIN EN 206-1/DIN 1045-2	Behälter von Kläranlagen, Güllebehälter	C25/30	280	270	0,60
XA2	chemisch mäßig angreifende Umgebung nach Tab. 2, DIN EN 206-1/ DIN 1045-2 und Meeresbauwerke	Betonbauteile, die mit Meereswasser in Berührung kommen; Bauteile in betonangreifenden Böden	C35/45 ¹⁵⁾ C30/37 (LP) ¹²⁾	320	270	0,50
XA3	chemisch stark angreifende Umgebung nach Tabelle 2, DIN EN 206-1/DIN 1045-2	Industrieabwasseranlagen mit chemisch angreifenden Abwässern; Fütterertische der Landwirtschaft; Kühltürme mit Rauchgasableitung	C35/45 ¹⁵⁾ C30/37 (LP) ¹⁸⁾ ¹²⁾	320	270	0,45
XM	Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung ¹¹⁾					
XM1	mäßige Verschleißbeanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luftbereifte Fahrzeuge	C30/37 / C25/30 (LP) ¹²⁾	300 ⁵⁾	270	0,55
XM2	starke Verschleißbeanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luft- oder vollgummibereifte Gabelstapler	C35/45 / C30/37 (LP) ¹²⁾ C30/37 ¹²⁾ / C25/30 (LP) ¹²⁾ ¹³⁾	320 ⁵⁾ 300 ⁵⁾	270 270	0,45 0,55
XM3	sehr starke Verschleißbeanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch elastomer- oder stahlrollenbereifte Gabelstapler, Oberflächen, die häufig mit Kettenfahrzeugen befahren werden; Wasserbauwerke in geschiebelasteten Gewässern z.B. Tosbecken	C35/45 ¹⁴⁾ C30/37 (LP) ¹²⁾ ¹⁴⁾	320 ⁵⁾	270	0,45

Feuchteklassen nach Alkali-Richtlinie

Künftig ist es notwendig, dass der Planer zusätzlich zu den Expositionsklassen die Feuchtekasse für jedes Bauteil mit angibt. Dies resultiert aus der Übernahme der Regelungen der Alkali-Richtlinie. Dabei müssen alle Gesteinskörnungen den entsprechenden Alkaliempfindlichkeitsklassen der DAFStb-Richtlinie zugeordnet werden. Diese Regelung dient dazu schädigende Alkalikieselsäurerreaktionen zu vermeiden.

Die Einteilung in die Feuchteklassen lautet wie folgt:

Klasse	Beschreibung der Umgebung	Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen
Betonkorrosion infolge Alkalikieselsäurerreaktion Anhand der zu erwartenden Umgebungsbedingungen ist der Beton einer der vier nachfolgenden Feuchtigkeitsklassen zuzuordnen.		
WO	Beton, der nach normaler Nachbehandlung nicht längere Zeit feucht und nach dem Austrocknen während der Nutzung weitgehend trocken bleibt.	- Innenbauteile des Hochbaus; <p>- Bauteile, auf die Außenluft, nicht jedoch z.B. Niederschläge, Oberflächenwasser, Bodenfeuchte einwirken können und/oder die nicht ständig einer relativen Luftfeuchte von mehr als 80 % ausgesetzt werden.</p>
WF	Beton, der während der Nutzung häufig oder längere Zeit feucht ist.	- Ungeschützte Außenbauteile, die z.B. Niederschlägen, Oberflächenwasser oder Bodenfeuchte ausgesetzt sind; <p>- Innenbauteile des Hochbaus für Feuchträume, wie z.B. Hallenbäder, Wäschereien und andere gewerbliche Feuchträume, in denen die relative Luftfeuchte überwiegend höher als 80 % ist; <p>- Bauteile mit häufiger Taupunktunterschreitung, wie z.B. Schornsteine, Wärmeüberträgerstationen, Filterkammern und Viehställe; <p>- Massige Bauteile gemäß DAFStb-Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“, deren kleinste Abmessung 0,80 m überschreitet (unabhängig vom Feuchtezutritt).</p></p></p>
WA	Beton, der zusätzlich zu der Beanspruchung nach Klasse WF häufiger oder langzeitiger Alkalizufuhr von außen ausgesetzt wird.	- Bauteile mit Meerwassereinwirkung; <p>- Bauteile unter Tausalzeinwirkung ohne zusätzliche hohe dynamische Beanspruchung (z.B. Spritzwasserbereiche, Fahr- und Stellflächen in Parkhäusern); <p>- Bauteile von Industriebauten und landwirtschaftlichen Bauwerken (z.B. Güllebehälter) mit Alkalisalzeinwirkung.</p></p>
WS	Beton, der hoher dynamischer Beanspruchung und direktem Alkalieintrag ausgesetzt ist.	- Bauteile unter Tausalzeinwirkung mit zusätzlicher hoher dynamischer Beanspruchung (z.B. Betonfahrbahnen)

Bei der Betonbestellung muss die Feuchtekasse zusammen mit den anderen Expositionsklassen an den Betonhersteller weitergegeben werden. Der Betonhersteller stellt durch die Auswahl der Gesteinskörnung und des Zementes sicher, dass die Anforderungen der Richtlinie eingehalten werden. Auf dem Lieferschein werden die Expositionsklassen und die Feuchtekasse mit ausgewiesen.

Fußnoten zu Expositionsklassen

- Ausführung nur mit zusätzlichen Maßnahmen (z.B. rissüberbrückende Beschichtung, siehe auch DAFStb Heft 526).
- Normal- und Schwerbeton (gilt nicht für Leichtbeton).
- Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m³ reduziert werden.
- Die Anrechnung auf den Mindestzementgehalt und den Wasserzementwert ist nur bei Verwendung von Flugasche zulässig. Weitere Zusatzstoffe des Typs II dürfen zugesetzt, aber nicht auf den Zementgehalt oder den w/z angerechnet werden. Bei gleichzeitiger Zugabe von Flugasche und Silikastaub ist eine Anrechnung auch für die Flugasche ausgeschlossen.
- Höchstzementgehalt 360 kg/m³, jedoch nicht bei hochfesten Betonen.
- Anforderung an Gesteinskörnungen F4.
- Anforderung an Gesteinskörnungen MS 25.
- Anforderung an Gesteinskörnungen F2.
- Anforderung an Gesteinskörnungen MS 18.
- Schutzmaßnahmen für den Beton sind erforderlich.
- Es dürfen nur Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 verwendet werden.
- Wenn gleichzeitig XF, dann auch Anforderungen aus dieser Expositionsklasse berücksichtigen. 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.-% / 63 mm ≥ 3,5 Vol.-% betragen. Einzelwerte dürfen diese Anforderungen um höchstens 0,5 Vol.-% unterschreiten. Die Fußnote ¹⁵⁾ darf in diesem Fall nicht angewendet werden.
- Oberflächenbehandlung des Betons, z.B. Vakuumieren und Flügelglätten des Betons.
- Einstreuen von Hartstoffen nach DIN 1100.
- Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen (r < 0,30) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse nach DIN EN 206-1, Abschnitt 4.3.1 ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. Die Fußnote ¹²⁾ darf in diesem Fall nicht angewendet werden.
- Erdfechter Beton mit w/z ≤ 0,40 darf ohne Luftporen hergestellt werden.

Grenzwerte für die Expositionsklassen bei chemischem Angriff durch natürliche Böden und Grundwasser nach DIN 4030-1

Die folgende Klasseneinteilung chemisch angreifender Umgebungen gilt für natürliche Böden und Grundwasser mit einer Wasser- bzw. Bodentemperatur zwischen 5 °C und 25 °C und einer Fließgeschwindigkeit des Wassers, die klein genug ist, um näherungsweise hydrostatische Bedingungen anzunehmen.

ANMERKUNG: Hinsichtlich Vorkommen und Wirkungsweise von chemisch angreifenden Böden und Grundwasser siehe DIN 4030-1. Der schärfste Wert für jedes einzelne chemische Merkmal bestimmt die Klasse. Wenn zwei oder mehrere angreifende Merkmale zu derselben Klasse führen, muss die Umgebung der nächsthöheren Klasse zugeordnet werden, sofern nicht in einer speziellen Studie für diesen Fall nachgewiesen wird, dass dies nicht erforderlich ist. Auf eine spezielle Studie kann verzichtet werden, wenn keiner der Werte im oberen Viertel (bei pH im unteren Viertel) liegt.

Chemisches Merkmal	Referenzprüfverfahren	XA1 (schwach)	XA2 (mäßig)	XA3 (stark)
SO ₄ ²⁻ mg/l ¹⁾	DIN EN 196-2	≥ 200 und ≤ 600	> 600 und ≤ 3000	> 3000 und ≤ 6000
pH-Wert	ISO 4316	≤ 6,5 und ≥ 5,5	< 5,5 und ≥ 4,5	< 4,5 und ≥ 4,0
CO ₂ mg/l angreifend	DIN 4030-2	≥ 15 und ≤ 40	> 40 und ≤ 100	> 100 bis zur Sättigung
NH ₄ ⁺ mg/l ²⁾	ISO 7150-1 oder ISO 7150-2	≥ 15 und ≤ 30	> 30 und ≤ 60	> 60 und ≤ 100
Mg ²⁺ mg/l	ISO 7980	≥ 300 und ≤ 1000	> 1000 und ≤ 3000	> 3000 bis zur Sättigung

Chemisches Merkmal	Referenzprüfverfahren	XA1 (schwach)	XA2 (mäßig)	XA3 (stark)
SO ₄ ²⁻ mg/kg ³⁾ insgesamt	DIN EN 196-2 ⁴⁾	≥ 2000 und ≤ 3000 ³⁾	> 3000 ⁵⁾ und ≤ 12000	> 12000 und ≤ 24000
Säuregrad	DIN 4030-2	> 200 Baumann-Gully	in der Praxis nicht anzutreffen	

- Falls der Sulfatgehalt des Grundwassers > 600 mg/l beträgt, ist dies im Rahmen der Festlegung des Betons anzugeben.
- Gülle kann, unabhängig von NH₄⁺-Gehalt, in die Expositionsklasse XA1 eingestuft werden.
- Tonböden mit einer Durchlässigkeit von weniger als 10⁻⁵ m/s dürfen in eine niedrigere Klasse eingestuft werden.
- Das Prüfverfahren beschreibt die Auslaugung von SO₄²⁻ durch Salzsäure; Wasserauslaugung darf stattdessen angewandt werden, wenn am Ort der Verwendung des Betons Erfahrung hierfür vorhanden ist.
- Falls die Gefahr der Anhäufung von Sulfationen im Beton – zurückzuführen auf wechselndes Trocknen und Durchfeuchten oder kapillares Saugen – besteht, ist der Grenzwert von 3000 mg/kg auf 2000 mg/kg zu vermindern.

Sulfatwiderstand von Beton

Bei Sulfatgehalten über 600 mg SO₄²⁻ je Liter Wasser oder über 3000 mg SO₄²⁻ je kg lufttrockenen Bodens ist ein Zement mit hohem Sulfatwiderstand (HS-Zement) zu verwenden. Anstelle von Zement mit hohem Sulfatwiderstand (HS-Zement) darf eine Mischung aus Zement und Flugasche eingesetzt werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt werden:

- Sulfatgehalt des angreifenden Wassers SO₄²⁻ ≤ 1500 mg/l
- Zementart CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM II/A-LL oder CEM III/A sowie Portlandkompositemente nach DIN 1045-2, Tabelle F.3.2, CEM II/A-M mit den Hauptbestandteilen S, V, T, LL und Portlandkompositement CEM II/B-M (S-T)
- Der Flugascheanteil, bezogen auf den Gehalt an Zement und Flugasche (z+f) muss bei den Zementarten CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V und CEM II/A-LL sowie bei Portlandkompositementen nach DIN 1045-2, Tabelle F.3.2, CEM II/A-M mit den Hauptbestandteilen S, V, T, LL und Portlandkompositement CEM II/B-M (S-T) mindestens 20 % (Massenanteil), bei den Zementarten CEM II/A-T, CEM II/B-T und CEM III/A mindestens 10 % (Massenanteil) sein.

ANMERKUNG: Bis zum Vorliegen von DIN EN 197-1/A2 sind für HS-Zement die Festlegungen in DIN 1164-10 zu beachten. Sobald E DIN EN 197-1/A2 anwendbar ist, gelten die Anforderungen an HS-Zement als erfüllt, wenn nach E DIN EN 197-1/A2 Zement mit hohem Sulfatwiderstand verwendet wird (CEM I-SR 3 oder niedriger, CEM III/B-SR, CEM III/C-SR).



SCHWENK
<i>Baustoffe fürs Leben</i>

SCHWENK Zement KG
Hindenburgring 15
89077 Ulm
Telefon: (07 31) 93 41 - 0
Telefax: (07 31) 93 41 - 4 16
Internet: www.schwenk.de
E-Mail: info@schwenk-servicecenter.de

Verkaufsbüros:
Bernburg
Telefon: (0 34 71) 3 58 - 0
Telefax: (0 34 71) 3 58 - 15 6

Karlstadt
Telefon: (0 93 53) 7 97 - 0
Telefax: (0 93 53) 7 97 - 4 99

Beratung
Unsere Bauberatung informiert Sie in allen anwendungs-technischen Fragen.

Ulm:
Telefon: (07 31) 93 41 - 4 09
Telefax: (07 31) 93 41 - 3 98

Bernburg:
Telefon: (0 34 71) 3 58 - 5 00
Telefax: (0 34 71) 3 58 - 5 16

E-Mail:
schwenk-zement.bauberatung@schwenk.de

Stand: Juli 2009

Die Angaben in dieser Druckschrift beruhen auf derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Mit der Herausgabe dieser Druckschrift verlieren frühere Druckschriften ihre Gültigkeit. Änderungen im Rahmen produkt- und anwendungstechnischer Weiterentwicklungen bleiben vorbehalten. Es gelten für alle Geschäftsbeziehungen unsere Verkaufs- und Lieferbedingungen in der jeweils aktuellen Version.