

Beton – Herstellung nach den aktuellen Normen

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 12/2014



Beton – Herstellung nach den aktuellen Normen

- DIN EN 206-1: Beton; Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
- DIN EN 206-1/A1: Beton; Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – A1-Änderung
- DIN EN 206-1/A2: Beton; Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – A2-Änderung
- DIN 1045-2: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Teil 2: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
- DIN 1045-3: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Teil 3: Bauausführung

Beispiele für Expositionsklasseneinstufungen

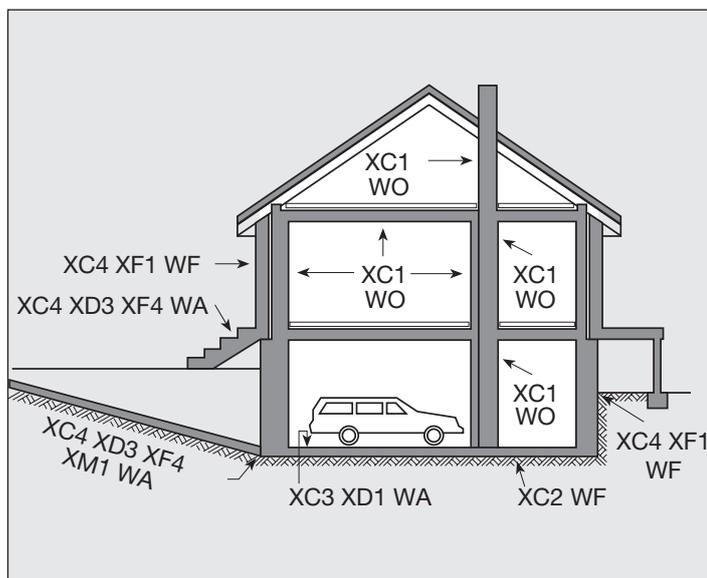


Bild 1: Beispiele für mehrere, gleichzeitig zutreffende Expositionsklassen an einem Wohnhaus

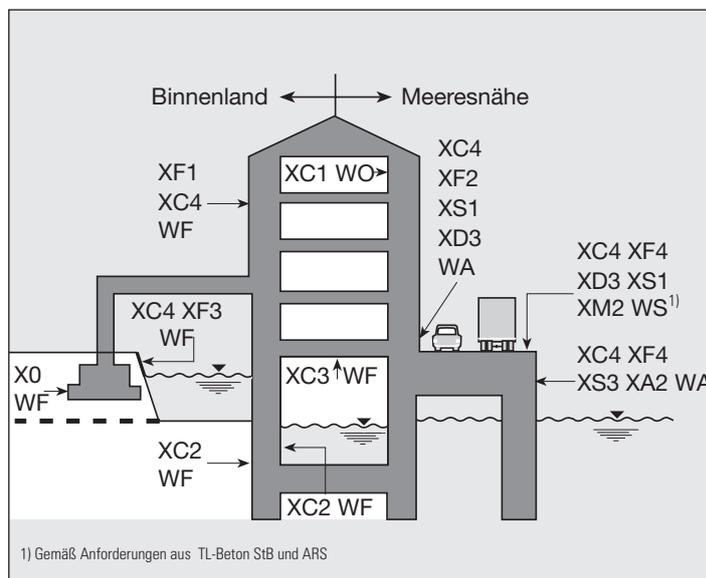
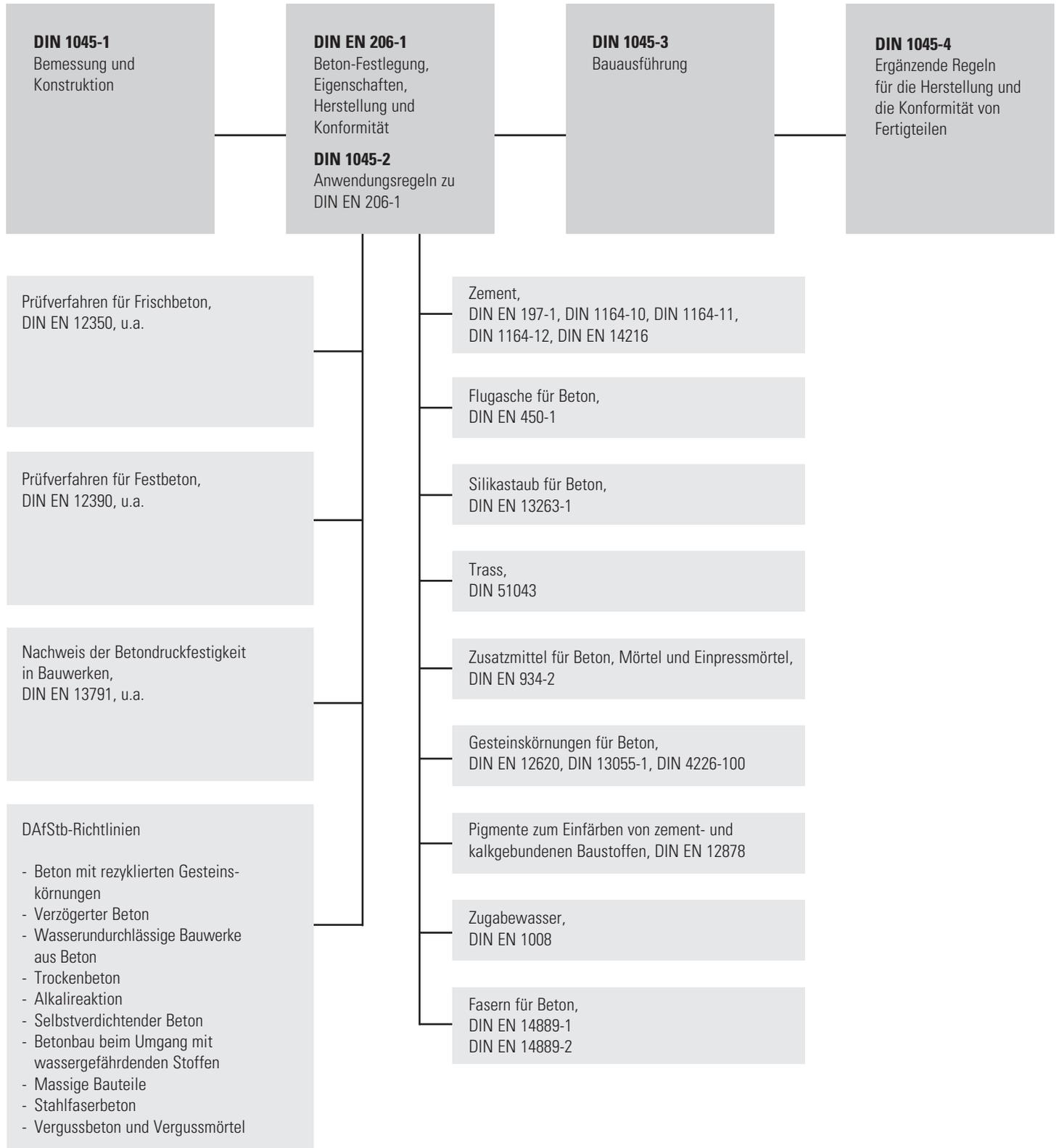


Bild 2: Beispiele für mehrere, gleichzeitig zutreffende Expositionsklassen im Hoch- und Ingenieurbau

1) Gemäß Anforderungen aus TL-Beton StB und ARS

Zusammenhang der neuen Normen im Betonbau

Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton



Einteilung des Betons in Klassen

Die Festlegung der Eigenschaften des Betons erfolgt nach **Expositionsklassen** und **Druckfestigkeitsklassen**

Die Festlegung der Eigenschaften, die der Beton zur Erfüllung seiner Aufgaben im Bauwerk benötigt, beginnt mit den Expositionsklassen. Diese enthalten sehr genaue Angaben zu den Umgebungsbedingungen. Diese Expositionsklassen sind in DIN 1045-2 beschrieben. Für die erforderliche Betonzusammensetzung und -eigenschaft sind Mindestzementgehalte, maximale Wasser/Zement-Werte und weitere Spezifikationen (z.B. Druckfestigkeiten) angegeben.

Expositionsklassen nach DIN 1045-2, Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1

(Zusammenstellung ausgewählter Angaben aus Tabellen 1; F.2.1 und F.2.2)

Expositionsklasse	Angriffsart	Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen	Mindestdruckfestigkeitsklasse ²⁾	Mind.-Zementgehalt ³⁾ [kg/m ³]	Mind.-Zementgehalt ³⁾ bei Anrechnung von Zusatzstoffen [kg/m ³]	Max. Wasser/Zement-Wert
	Umgebungsbedingungen					

► XO Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko

Für Bauteile ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall in nicht betonangreifender Umgebung kann die Expositionsklasse XO zugeordnet werden.

XO	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

Expositionsklasse	Angriffsart	Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen	Mindestdruckfestigkeitsklasse ²⁾	Mind.-Zementgehalt ³⁾ [kg/m ³]	Mind.-Zementgehalt ³⁾ bei Anrechnung von Zusatzstoffen [kg/m ³]	Max. Wasser/Zement-Wert
	Umgebungsbedingungen					

XF Frostangriff mit oder ohne Taumittel

XF1	mäßige Wassersättigung, ohne Taumittel	Außenbauteile	C25/30 ⁶⁾	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 ^{7) 15)}	320	270 ⁴⁾	0,50 ⁴⁾
			C25/30 (LP) ⁷⁾	300		0,55 ⁴⁾
XF3	hohe Wassersättigung, ohne Taumittel	Offene Wasserbehälter; Bauteile in der Wasserwechselzone von Süßwasser	C35/45 ^{8) 15)}	320	270	0,50
			C25/30 (LP) ⁸⁾	300		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) ^{9) 16)}	320	270 ⁴⁾	0,50 ⁴⁾

XA Betonkorrosion durch chemischen Angriff

XA1	chemisch schwach angreifende Umgebung nach Tabelle Seite 7	Behälter von Kläranlagen, Güllebehälter	C25/30	280	270	0,60
XA2	chemisch mäßig angreifende Umgebung nach Tabelle Seite 7 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 Seite 7	Industrieabwasseranlagen mit chemisch angreifenden Abwässern; Futtertische der Landwirtschaft; Kühltürme mit Rauchgasableitung	C35/45 ¹⁰⁾ C30/37 (LP) ^{10) 12)}	320	270	0,45

XM Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung¹¹⁾

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⁾	320 ⁵⁾	270	0,45
			C30/37 ¹³⁾ C25/30 (LP) ^{12) 13)}	300 ⁵⁾		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 geschlebebelasteten Gewässern z.B. Tosbecken	C35/45 ¹⁴⁾ C30/37 (LP) ^{12) 14)}	320 ⁵⁾	270	0,45

¹⁾ Ausführung nur mit zusätzlichen Maßnahmen (z.B. rissüberbrückende Beschichtung, siehe auch DAfStb Heft 526).

²⁾ Normal- und Schwerbeton (gilt nicht für Leichtbeton).

³⁾ Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m³ reduziert werden.

⁴⁾ Die Anrechnung auf den Mindestzementgehalt und den Wasser/Zement-Wert 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.

⁵⁾ Höchstzementgehalt 360 kg/m³, jedoch nicht bei hochfesten Betonen.

⁶⁾ Anforderung an Gesteinskörnungen F₄

⁷⁾ Anforderung an Gesteinskörnungen MS₂₅

⁸⁾ Anforderung an Gesteinskörnungen F₂

⁹⁾ Anforderung an Gesteinskörnungen MS₈

¹⁰⁾ Schutzmaßnahmen für den Beton sind erforderlich.

¹¹⁾ Es dürfen nur Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 verwendet werden.

¹²⁾ 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.

¹³⁾ Oberflächenbehandlung des Betons, z.B. Vakuumieren und Flügelglätten des Betons.

¹⁴⁾ Einstreuen von Hartstoffen nach DIN 1100.

¹⁵⁾ 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.

¹⁶⁾ Erdfeuchter Beton mit w/z ≤ 0,40 darf ohne Luftporen hergestellt werden.

Feuchteklassen nach Alkali-Richtlinie

Es ist notwendig, dass der Planer zusätzlich zu den Expositionsklassen die Feuchtekategorie 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 Alkalikieselsäurereaktionen zu vermeiden.

Die Einteilung in die Feuchteklassen lautet wie folgt:

Betonkorrosion infolge Alkalikieselsäurereaktion

Anhand der zu erwartenden Umgebungsbedingungen ist der Beton einer der vier nachfolgenden Feuchtigkeitsklassen zuzuordnen.

Klasse	Beschreibung der Umgebung	Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen
WO	Beton, der nach normaler Nachbehandlung nicht längere Zeit feucht und nach dem Austrocknen während der Nutzung weitgehend trocken bleibt.	<ul style="list-style-type: none">- Innenbauteile des Hochbaus;- 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.
WF	Beton, der während der Nutzung häufig oder längere Zeit feucht ist.	<ul style="list-style-type: none">- Ungeschützte Außenbauteile, die z.B. Niederschlägen, Oberflächenwasser oder Bodenfeuchte ausgesetzt sind;- Innenbauteile des Hochbaus für Feuchträume, wie z.B. Hallenbäder, Wäschereien und andere gewerbliche Feuchträume, in denen die relative Luftfeuchte überwiegend höher als 80 % ist;- Bauteile mit häufiger Taupunktunterschreitung, wie z.B. Schornsteine, Wärmeüberträgerstationen, Filterkammern und Viehställe;- Massige Bauteile gemäß DAfStb-Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“, deren kleinste Abmessung 0,80 m überschreitet (unabhängig vom Feuchtezutritt).
WA	Beton, der zusätzlich zu der Beanspruchung nach Klasse WF häufiger oder langzeitiger Alkalizufuhr von außen ausgesetzt wird.	<ul style="list-style-type: none">- Bauteile mit Meerwassereinwirkung;- Bauteile unter Tausalzeinwirkung ohne zusätzliche hohe dynamische Beanspruchung (z.B. Spritzwasserbereiche, Fahr- und Stellflächen in Parkhäusern);- Bauteile von Industriebauten und landwirtschaftlichen Bauwerken (z.B. Güllebehälter) mit Alkalisalzeinwirkung.
WS	Beton, der hoher dynamischer Beanspruchung und direktem Alkalieintrag ausgesetzt ist.	<ul style="list-style-type: none">- Bauteile unter Tausalzeinwirkung mit zusätzlicher hoher dynamischer Beanspruchung (z.B. Betonfahrbahnen)

Bei der Betonbestellung muss die Feuchtekategorie 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 Feuchtekategorie mit ausgewiesen.

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)
Grundwasser				
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
Boden				
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	

¹⁾ Falls der Sulfatgehalt des Grundwassers > 600 mg/l beträgt, ist dies im Rahmen der Festlegung des Betons anzugeben.

²⁾ Gülle kann, unabhängig vom NH₄⁺-Gehalt, in die Expositionsklasse XA1 eingestuft werden.

³⁾ Tonböden mit einer Durchlässigkeit von weniger als 10⁻⁵ m/s dürfen in eine niedrigere Klasse eingestuft werden.

⁴⁾ Das Prüfverfahren beschreibt die Auslaugung von SO₄²⁻ durch Salzsäure; Wasser- auslaugung darf stattdessen angewandt werden, wenn am Ort der Verwendung des Betons Erfahrung hierfür vorhanden ist.

⁵⁾ 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 (SR-Zement) zu verwenden.

Anstelle von Zement mit hohem Sulfatwiderstand (SR-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 Portlandkompositzemente nach DIN 1045-2, Tabelle F 3.2 CEM II/A-M mit den Hauptbestandteilen S, V, T, LL und Portlandkompositzement 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 Portlandkompositzementen nach DIN 1045-2, Tabelle F 3.2 CEM II/A-M mit den Hauptbestandteilen S, V, T, LL und Portlandkompositzement 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.

Druckfestigkeitsklassen

In DIN EN 206-1 ist der Bereich der Druckfestigkeitsklassen um den des **hochfesten Betons** erweitert. Zusätzlich ist Leichtbeton, erweitert um höhere Druckfestigkeitsklassen, aufgeführt. Die Druckfestigkeitsklassen werden durch zwei Prüfgrößen bestimmt.

Normal- und Schwerkton wird mit dem Buchstaben „**C**“ (concrete = Beton), **Leichtbeton** mit den Buchstaben „**LC**“ (light weigth concrete = Leichtbeton) vor den Druckfestigkeitsklassen kenntlich gemacht.

Der erste Wert ist die **Zylinderdruckfestigkeit**
= $f_{ck, cyl.}$ (Zyl.: $l = 300 \text{ mm}$; $\varnothing = 150 \text{ mm}$),

Der zweite Wert ist die **Würfeldruckfestigkeit**
= $f_{ck, cube}$ (Würfel: Kantenlänge = 150 mm).

Druckfestigkeitsklassen nach DIN EN 206-1

Normal- und Schwerkton

Druckfestigkeitsklasse	$f_{ck, cyl.}^{1)}$ [N/mm ²]	$f_{ck, cube}^{1)}$ [N/mm ²]
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105 ³⁾	90	105
C100/115 ³⁾	100	115

Leichtbeton

Druckfestigkeitsklasse	$f_{ck, cyl.}^{1)}$ [N/mm ²]	$f_{ck, cube}^{1)}$ [N/mm ²]
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
LC55/60	55	60
LC60/66	60	66
LC70/77 ³⁾	70	77
LC80/88 ³⁾	80	88

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:

$$f_{c, cube}^{1)} = 0,92 \times f_{c, dry}^{2)}$$

Hochfester Normalbeton ab C55/67:

$$f_{c, cube}^{1)} = 0,95 \times f_{c, dry}^{2)}$$

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

¹⁾ Lagerung 28 Tage unter Wasser.

²⁾ Lagerung 7 Tage unter Wasser, 21 Tage an der Luft (20 °C, 65% relative Luftfeuchtigkeit).

³⁾ Für die Verwendung ist eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich.

Weitere ausgewählte Werte für Anforderungen an Frisch- und Festbeton

Konsistenzklassen

Ausbreitmaßklassen

Klasse	Konsistenzbereich	Ausbreitmaß ²⁾ Ø in mm
F1	steif	≤ 340
F2	plastisch	350-410
F3	weich	420-480
F4	sehr weich	490-550
F5	fließfähig	560-620
F6 ¹⁾	sehr fließfähig	≥ 630

¹⁾ Bei einem Ausbreitmaß >700 mm DAfStb-Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“ beachten!

²⁾ Erlaubte Abweichung im Bereich der Zielwerte ± 30 mm

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⁾
C4 ⁴⁾	–	< 1,04

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

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]		
	Expositionsklasse XF, XM Größtkorn der Sieblinie des Betons		Expositionsklassen X0, XC, XD, XS, XA 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

¹⁾ Zwischen 300 kg und 350 kg ist der Mehlkorngehalt geradlinig zu interpolieren.

²⁾ Diese Werte dürfen erhöht werden:

- wenn der Zementgehalt 350 kg/m³ übersteigt, um den über 350 kg/m³ hinausgehenden Zementgehalt
- wenn ein puzzolischer 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⁾	
	Expositionsklasse X0, XC, XD, XS, XF, XA, XM	
	Größtkorn der Sieblinie des Betons 8 mm	Größtkorn der Sieblinie des Betons 16 bis 32 mm
≤ 400	550	500
450	600	550
≥ 500	650	600

¹⁾ Zwischen 400 kg, 450 kg und 500 kg ist der Mehlkorngehalt geradlinig zu interpolieren.

²⁾ Die Werte dürfen erhöht werden, wenn ein puzzolischer Zusatzstoff Typ II verwendet wird, um den Gehalt des Betonzusatzstoffes, jedoch insgesamt um höchstens 50 kg/m³.

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

Anwendungsbereich für alle Expositionsklassen in Abhängigkeit der Zementart¹⁾

Zementart	Anrechenbare Flugasche f	k-Wert	Äquivalenter Wasser/Zement-Wert [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-L, CEM III/A²⁾, CEM III/B²⁾ CEM II/A-M (S-T, S-LL, T-LL), CEM II/B-M (S-T)	$f \leq 0,33 \cdot z$	0,4	$\frac{w}{z + 0,4 \cdot f}$
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)	$f \leq 0,25 \cdot z$	0,4	$\frac{w}{z + 0,4 \cdot f}$
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	$f \leq 0,15 \cdot z$	0,4	$\frac{w}{z + 0,4 \cdot f}$
Unterwasserbeton	$f \leq 0,33 \cdot z$	0,7	$\frac{w}{z + 0,7 \cdot f}$

¹⁾ Die Anwendungsregeln für Flugasche mit Zement mit bauaufsichtlicher Zulassung sind in der Zulassung festgelegt.

²⁾ Bezüglich Expositionsklassen XF4 siehe DIN 1045-2, Tabelle F 3.1.

Höchstzulässiger Chloridgehalt von Beton

Betonverwendung

Bewehrung	Klasse des Chloridgehaltes	Höchstzulässiger Chloridgehalt bezogen auf Zement ¹⁾ im Massenanteil
Ohne Betonstahlbewehrung oder anderes eingebettetes Metall (mit Ausnahme von korrosionsbeständigen Anschlagvorrichtungen)	Cl 1,0	1,0 %
Mit Betonstahlbewehrung oder anderem eingebetteten Metall	Cl 0,40	0,40 %
Mit Spannstahlbewehrung	Cl 0,20	0,20 %

¹⁾ Werden Zusatzstoffe des Typs II verwendet und für den Zementgehalt berücksichtigt, wird der Chloridgehalt als der Chloridionengehalt, bezogen auf den Zement im Massenanteil und der Gesamtmasse der zu berücksichtigenden Zusatzstoffe, ausgedrückt.

DIN 1045-3: Bauausführung

Temperatur des Betons

- Die Frischbetontemperatur darf im Allgemeinen +30 °C nicht überschreiten, sofern nicht durch geeignete Maßnahmen sicher gestellt ist, dass keine nachteiligen Folgen zu erwarten sind.
- Bei Lufttemperaturen zwischen +5 °C und -3 °C darf die Temperatur des Betons beim Einbringen +5 °C nicht unterschreiten. Sie darf +10 °C nicht unterschreiten, wenn der Zementgehalt im Beton kleiner ist als 240 kg/m³ oder wenn Zemente mit niedriger Hydrationswärme verwendet werden.
- Bei Lufttemperaturen unter -3 °C muss die Betontemperatur beim Einbringen mindestens +10 °C betragen. Sie sollte anschließend wenigstens 3 Tage auf mindestens +10 °C gehalten werden. Anderenfalls ist der Beton so lange zu schützen, bis eine ausreichende Festigkeit erreicht wird.
- 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 wenn er bereits eine Druckfestigkeit von $f_{cm} = 5 \text{ N/mm}^2$ erreicht hat.

Überwachung des Betonierens durch das Bauunternehmen nach DIN 1045-3

Einteilung des Betons in Überwachungsklassen

Gegenstand	Überwachungsklasse 1	Überwachungsklasse 2 ⁴⁾	Überwachungsklasse 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 D1,6 bis D2,0	nicht anwendbar ≤ LC25/28	≤ LC25/28 LC30/33 und LC35/38	≥ LC30/33 ≥ 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⁾ - Unterwasserbeton - Beton für hohe Gebrauchstemperaturen $T \leq 250 \text{ °C}$ - Strahlenschutzbeton (außerhalb des Kernkraftwerksbaus) - Für besondere Anwendungsgebiete (z.B. Verzögerter Beton, Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) sind die jeweiligen DAfStb-Richtlinien anzuwenden.	

¹⁾ Spannbeton der Festigkeitsklasse C25/30 ist stets in Überwachungsklasse 2 einzuordnen.

²⁾ Gilt nicht für übliche Industrieböden.

³⁾ 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.

⁴⁾ 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 drei Proben zu entnehmen und zwar:

- bei Überwachungsklasse 2 jeweils für höchstens 300 m³ oder je drei Betoniertage;
- bei Überwachungsklasse 3 jeweils für höchstens 50 m³ oder je ein 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

Allgemeines

Während der ersten Tage der Hydratation ist der Beton, falls nachfolgend nichts anderes festgelegt ist, nachzubehandeln und gegebenenfalls zu schützen, um:

- das Frühschwinden gering zu halten;
- eine ausreichende Festigkeit und Dauerhaftigkeit der Betonrandzone sicherzustellen;
- das Gefrieren zu verhindern;
- schädliche Erschütterungen, Stoß oder Beschädigung zu vermeiden.

Nachbehandlungsverfahren

- Folgende Verfahren sind sowohl allein als auch in Kombination für die Nachbehandlung geeignet:
 - Belassen in der Schalung;
 - Abdecken der Betonoberfläche mit dampfdichten Folien, die an den Kanten und Stößen gegen Durchzug gesichert sind;
 - Auflegen von wasserspeichernden Abdeckungen unter ständigem Feuchthalten bei gleichzeitigem Verdunstungsschutz;
 - Aufrechterhalten eines sichtbaren Wasserfilms auf der Betonoberfläche (z. B. durch Besprühen, Fluten);
 - Anwendung von Nachbehandlungsmitteln mit nachgewiesener Eignung.

Nachbehandlungsdauer

- Die Nachbehandlungsdauer hängt von der Entwicklung der Betoneigenschaften in der Randzone ab.
- Bei Umweltbedingungen, die den Expositionsklassen 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 (S. 13, oben) in eine entsprechende Mindestdauer der Nachbehandlung umgesetzt. Ein genauer Nachweis ist möglich.
- Bei Umweltbedingungen, die den Expositionsklassen 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 Expositionsklassen 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 (Seite 13, oben) zu verdoppeln.

Vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung der Nachbehandlungsdauer

- Für die Expositionsklassen XC2, XC3, XC4 und XF1 können anstelle der Werte der nachfolgenden Tabelle (Seite 13, oben) die erforderlichen Nachbehandlungsdauern nach Tabelle (Seite 13, unten) festgelegt werden. Hierbei handelt es sich um ein vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung der Nachbehandlungsdauer. Eingangparameter ist die Frischbetontemperatur zum Zeitpunkt des Betoneinbaus anstatt der Oberflächentemperatur des Betons bzw. Lufttemperatur. Zu beachten ist, dass bei Verwendung einer Stahlschalung oder bei Betonbauteilen mit ungeschalteten Oberflächen die Werte nur angewandt werden dürfen, wenn ein übermäßiges Auskühlen des Betons im Anfangsstadium durch entsprechende Maßnahmen verhindert wird.

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

Oberflächentemperatur ϑ in °C ⁵⁾	Minstdauer der Nachbehandlung in Tagen ¹⁾			
	Festigkeitsentwicklung des Betons ³⁾			
	$r = f_{cm2} / f_{cm28}$ ⁴⁾			
	schnell $r \geq 0,50$	mittel $r \geq 0,30$	langsam $r \geq 0,15$	sehr langsam $r < 0,15$
$\vartheta \geq 25$	1	2	2	3
$15 \leq \vartheta < 25$	1	2	4	5
$10 \leq \vartheta < 15$	2	4	7	10
$5^{2)} \leq \vartheta < 10$	3	6	10	15

¹⁾ Bei mehr als 5 Std. Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.

²⁾ Bei Temperaturen unter 5 °C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur unter 5 °C lag.

³⁾ 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.

⁴⁾ Zwischenwerte dürfen eingeschaltet werden.

⁵⁾ Anstelle der Oberflächentemperatur des Betons darf die Lufttemperatur angesetzt werden.

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

Frischbetontemperatur ϑ_{fb} zum Zeitpunkt des Betoneinbaus	Minstdauer der Nachbehandlung in Tagen ¹⁾		
	Festigkeitsentwicklung des Betons ²⁾		
	$r = f_{cm2} / f_{cm28}$ ³⁾		
	schnell $r \geq 0,50$	mittel $r \geq 0,30$	langsam $r \geq 0,15$
$\vartheta_{fb} \geq 15$ °C	1	2	4
10 °C $\leq \vartheta_{fb} < 15$ °C	2	4	7
5 °C $\leq \vartheta_{fb} < 10$ °C	4	8	14

¹⁾ Bei mehr als 5 Std. Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.

²⁾ 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.

³⁾ Zwischenwerte dürfen eingeschaltet werden.

ZTV-ING: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten

Auszug aus den Anforderungen nach ZTV-ING Teil 3 Massivbau, Abschnitt 1 Beton (Stand Dezember 2014)

Ausgangsstoffe und deren Verwendung

Allgemeines	Hochfester Beton und selbstverdichtender Beton nur mit Zustimmung des Auftraggebers	
Zement	CEM II-M Portlandkompositement	Nur mit Zustimmung des Auftraggebers
	CEM III Hochofenzement	Für Betonschutzwände: Nur CEM III/A ≤ 50 M.-% Hüttensandanteil, für Kappen nicht erlaubt
	CEM II-P Portlandpuzzolanzement	Nur mit Trass nach DIN 51043 als Puzzolan
Gesteinskörnung	<ul style="list-style-type: none"> - Anteil leichtgewichtiger organischer Verunreinigungen für grobe Gesteinskörnung ≤ 0,05 M.-% für feine Gesteinskörnung ≤ 0,25 M.-% - Kornform grobe Gesteinskörnungen für gebrochenes Korn mindestens Kategorie S₁₂₀ - Kornzusammensetzung grobe Gesteinskörnung enggestuft - Korngemische und natürlich zusammengesetzte (nicht aufbereitete) Gesteinskörnungen 0/8 dürfen nicht verwendet werden - Gesteinskörnungen bis einschließlich 8 mm Größtkorn mindestens zwei getrennte Korngruppen - Gesteinskörnungen größer als 8 mm Größtkorn mindestens drei getrennte Korngruppen 	
Zusatzstoffe	<ul style="list-style-type: none"> - Spannstahl im direkten Kontakt mit Beton nur Betonzusatzstoffe nach DIN-Fachbericht 100 Abschnitt 5.2.5.1 (Ausgabe 2/2010) - Flugaschezugabe max. 60 M.-%, max. anrechenbar 80 kg/m³ - Bei Gründungsbauteilen Beton mit CEM III/B und Flugasche möglich; bei weiteren Anwendungsgebieten nur mit Zustimmung des Auftraggebers - Silikastaub nur als Suspension zugelassen - Gleichzeitige Verwendung von Silikastaub und Flugasche nur bei Zustimmung des Auftraggebers (gilt auch für Flugasche und Silikastaub als Bestandteil des Zements) 	
Zusatzmittel	<ul style="list-style-type: none"> - Pro Wirkungsgruppe nur ein Zusatzmittel - Betonzusatzmittel mit verzögernder Wirkung der Wirkstoffgruppen Saccharose und/oder Hydroxycarbonsäure nicht zulässig - Verzögerungszeiten über 12 Stunden sind mit dem Auftraggeber abzustimmen - Nachdosierung von Fließmittel auf der Baustelle nur, wenn „Ausgangskonsistenz vor Erstdosierung“ nicht unterschritten wurde. - Bei Verwendung von Luftporenbildner gilt das Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporen der Forschungsgemeinschaft für Straßen- und Verkehrswesen - Fließmittel der Wirkstoffgruppen Polycarboxylat und Polycarboxyläther dürfen nur mit den gleichen Betonausgangsstoffen, mit denen die Erstprüfung durchgeführt wurde und nur in den Betontemperaturbereichen, die in der Erstprüfung zugrunde lagen, verwendet werden 	

Zuordnung der Expositionsklassen und Feuchtigkeitsklasse

Bauteil-Art	Expositionsklasse
Alle Bauteile	WA
Vorwiegend horizontale und direkt mit tausalzhaltigem Wasser oder Schnee beaufschlagte Betonflächen sowie Betonschutzwände	XF4, XD3
Lotrechte und nicht vorwiegend horizontale mit tausalzhaltigem Spritzwasser beaufschlagte Betonflächen mit Maßnahmen zur Ableitung des Spritzwassers	XF2, XD2
Ausschließlich mit Sprühnebel beaufschlagte Betonflächen	XF2, XD1
Tragsohlen (RStO), Tunnelsohlen als weiße Wanne und Gründungen	XD2
Tragsohlen (RStO), Tunnelsohlen mit außenliegender Folienabdichtung	XD1
Tunnelinnenschalen (geschlossene Bauweise), Tunnelwände und -decken (offene Bauweise) ohne Wasserdruck oder mit außenliegender Folienabdichtung	XF2, XD1
Tunnelwände (offene Bauweise), wasserundurchlässige Betonkonstruktion	XF2, XD2
Einfahrtbereiche von Tunneln	XF2, XD2

Grenzwerte Betonzusammensetzung

Expositionsklasse	XF2 ¹⁾⁸⁾	XD2; XA2	XF3	XF4 mit XD3 ⁶⁾
Höchstzulässiger (w/z) _{eq}	0,50			0,50 ²⁾
Mindestdruckfestigkeitsklasse	C30/37			C25/30 ²⁾
Min. z (kg/m ³)	28 d	320		
	56 d ⁵⁾	300		
Min. z + FA (kg/m ³) ⁷⁾	28 d	270+50	270+50	keine Anrechnung ²⁾
	56 d ⁵⁾	270+67,5 (20%) ³⁾		
LP	-			X
Andere Anforderungen	Gesteinskörnung NaCl-Verfahren ≤ 8 M.-% ⁹⁾	Gesteinskörnung F ₂ bei XA2 ⁴⁾ SR-Zement	Gesteinskörnung F ₂	Gesteinskörnung NaCl-Verfahren ≤ 8 M.-% ⁹⁾
Zulässige Zemente bei Verwendung von Flugasche bei 28 d-Nachweis	CEM I oder CEM II/A	alle Zemente		keine Anrechnung ²⁾
Zulässige Zemente ohne Verwendung von Flugasche bei 56 d-Nachweis ⁵⁾	CEM III/A oder CEM III/B	CEM III/A, CEM III/B, CEM II/B-V	CEM III/A oder CEM III/B	56 d nicht zulässig ²⁾
Zulässige Zemente bei Verwendung von Flugasche bei 56 d-Nachweis ⁵⁾	CEM I oder CEM II/A	alle Zemente		
Bauteile	Widerlager, Stützen, Pfeiler, Gründungen, Bohrpfähle, Tunnelsohlen, Tunnelwände, Tunnelinnenschalen, Trogsohlen, Trogwände, Überbauten			Kappen, Betonschutzwände
Orange gekennzeichnete Felder: Abweichung von DIN EN 206-1/DIN 1045-2				

¹⁾ Bei Tunnelinnenschalenbeton erweiterte Erstprüfung bei Anrechnung von Flugasche notwendig, wenn andere Zemente als CEM I und CEM II/A verwendet werden.

²⁾ Gilt nur für Brückenkappen.

³⁾ Mindestflugaschegehalt 20 M.-% bezogen auf (z+f).

⁴⁾ Bei chemischem Angriff durch Sulfat (ausgenommen Meerwasser).

⁵⁾ Nur für Betone mit langsamer oder sehr langsamer Festigkeitsentwicklung ($r < 0,30$) und Bauteilabmessung mindestens 0,60 m.

⁶⁾ Anrechnung der Flugasche in der Expositionsklasse XF4 nur mit Zustimmung des Auftraggebers.

⁷⁾ Flugaschegehalt ≤ 60 M.-% (bezogen auf den Zementgehalt), anrechenbare Flugaschemenge ≤ 80 kg/m³.

⁸⁾ Anrechnung von Flugasche bei CEM I und CEM II/A, ansonsten Zustimmung des Auftraggebers erforderlich.

⁹⁾ Oder Betonversuch nach DIN V 18004.

Besuchen Sie uns im Internet:

... finden Sie Ihren persönlichen Ansprechpartner
 ... laden Sie umfassende Informationen über Produkte und
 das Unternehmen aus unserem Downloadbereich
 ... entdecken Sie unsere Steinbrüche und erfahren Sie mehr
 über Ressourcenschonung bei SCHWENK

www.schwenk.de

SCHWENK Baustoffgruppe

Hindenburgring 15 | 89077 Ulm | info@schwenk.de



SCHWENK