

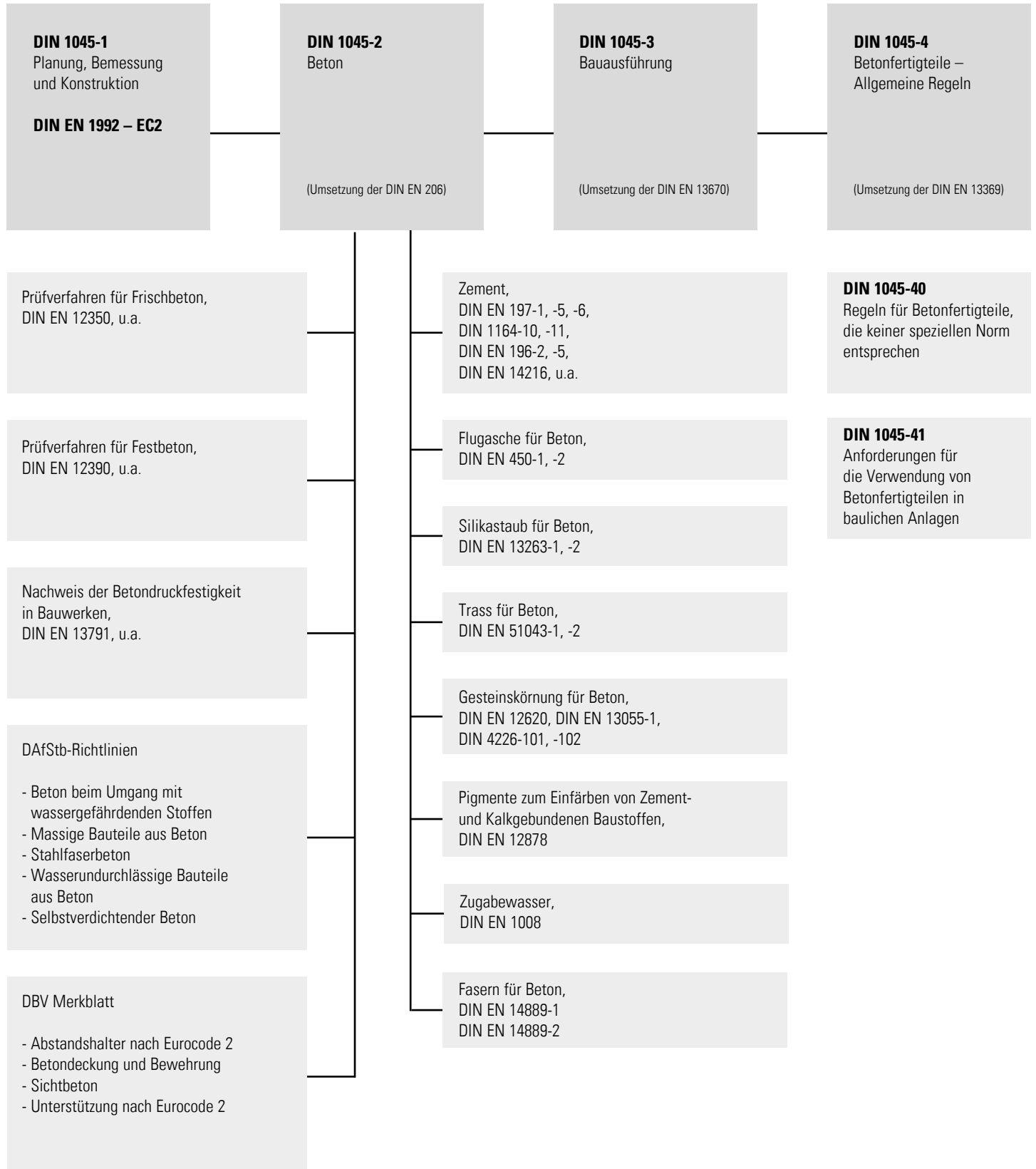
Beton – Herstellung nach den aktuellen Normen

DIN 1045-1000 Ausgabe 2023/08
DIN 1045-2 Ausgabe 2023/08
DIN 1045-3 Ausgabe 2023/08
ZTV-ING Stand 2023/12
DIN EN 4030-1 Ausgabe 2024/07

Zusammenhang der neuen Normen im Betonbau

Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton

DIN 1045 – Teil 1000 Grundlagen und Betonbauqualitätsklassen (BBQ)



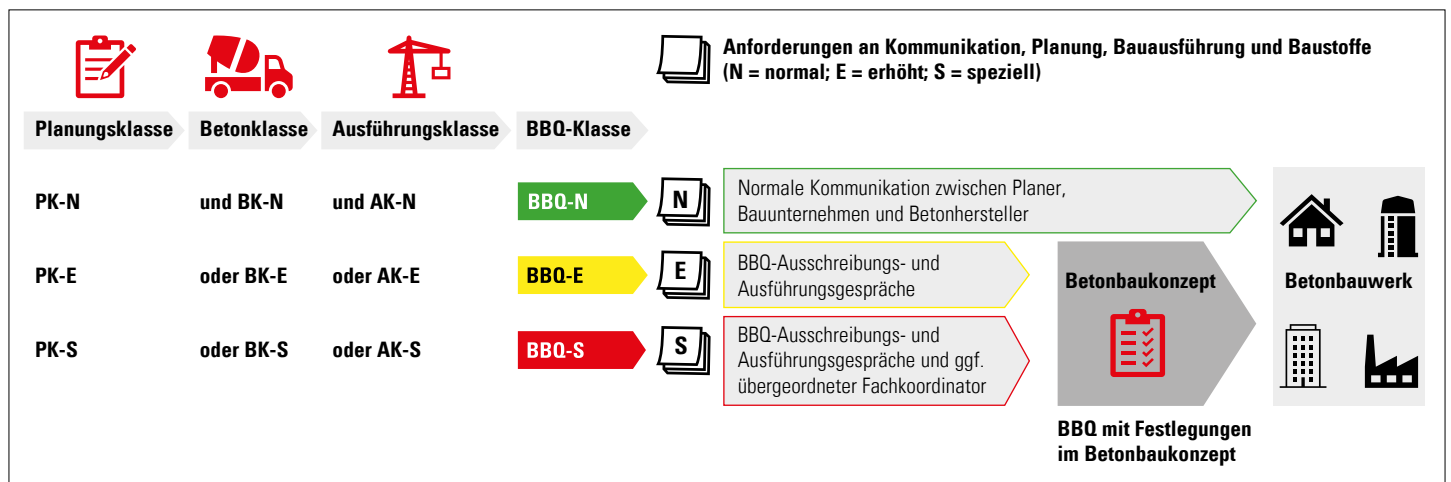
BBQ-Klassen in Planung, Betonherstellung, Bauausführung

Das BBQ-Konzept sieht eine Einteilung von Bauwerken oder Bauwerksteilen in Abhängigkeit von BBQ-Klassen vor:

Klassen in den Bereichen

- **Planungsklassen** N, E, und S ▶ **Objektplaner** (Schnittstelle zu DIN 1045-1/EN 1992)
- **Betonklassen** N, E, und S ▶ **Betonhersteller** (Schnittstelle zu DIN 1045-2/EN 206)
- **Ausführungsklassen** N, E, und S ▶ **Bauausführender** (Schnittstelle zu DIN 1045-3/EN 13670)

In Abhängigkeit von den Anforderungen und im Rahmen dieser Klassensystematik gilt grundsätzlich, dass die „schärfste“ Klassenfestlegung, die eine **BetonBauQualitätsklasse** (BBQ) bestimmt.



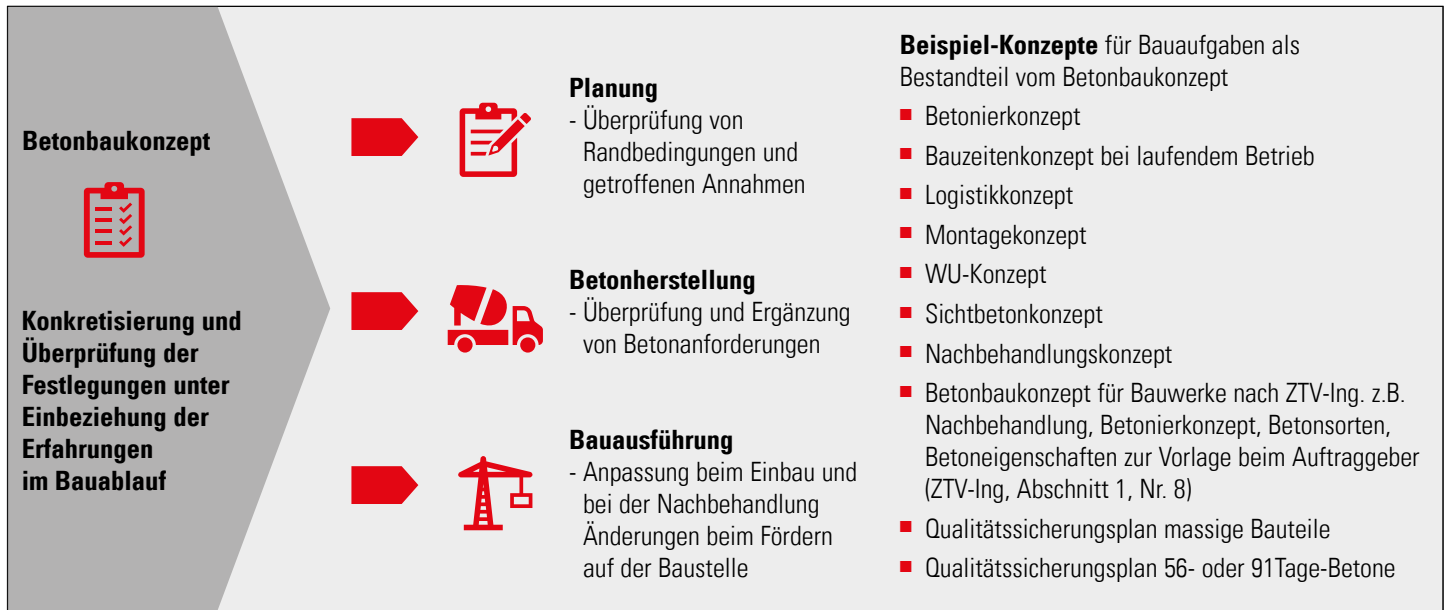
Die BBQ-Klassen sind abhängig von folgenden Kategorien:

- Anforderung an die Nutzung
- Expositions- und Feuchtigkeitsklassen
- Festigkeitsklassen und -entwicklung
- Betone für spezielle Anwendungen
- Bauteile mit besonderen Anforderungen
- Bauverfahren und Nachbehandlung

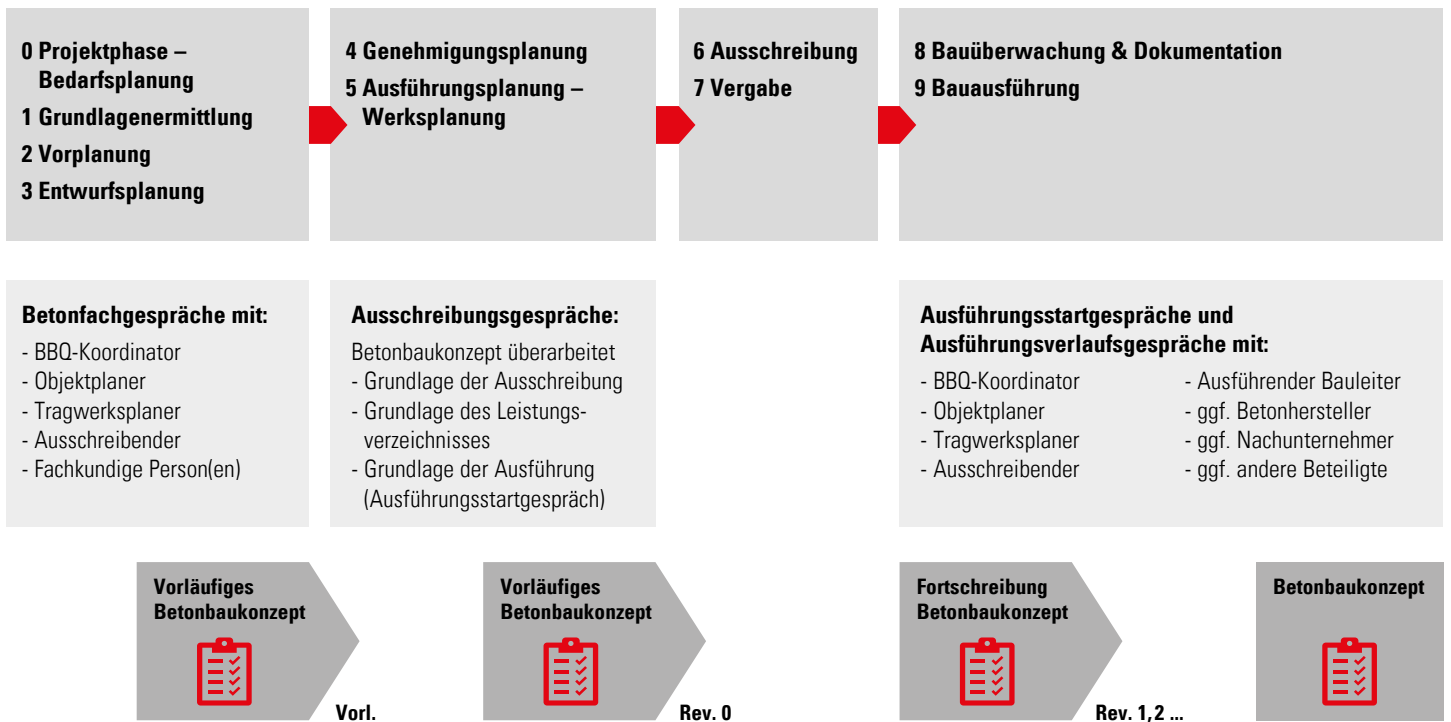
Im Teil 1000 der DIN 1045 sind 77 Beispiele für die Einordnung von Anwendungen aufgelistet. Von den 77 Anwendungsfällen sind 25 in BK-E (14) oder BK-S (11) eingeordnet. Weitere Fälle sind sinngemäß einzuordnen. Ist keine Betonklasse nach DIN 1045-1000 festgelegt, ergeben sich die Anforderungen für die Betonherstellung aus DIN 1045-2 für die Betonklasse BK-N. Für Betone der Betonklasse BK-E ist immer eine **Erstprüfung mit erweitertem Umfang** durchzuführen.

Betonbaukonzept und zeitlicher Ablauf der BBQ-Phasen

Betonbaukonzept



Zeitlicher Ablauf der BBQ-Phasen



Ist mein Bauvorhaben in BBQ-N, in BBQ-E oder in BBQ-S ?

Handelt es sich um eine dieser Anwendungen? (Beispielauswahl)

BBQ-S

- Betonbauteile mit geplanter Nutzungsdauer abweichend von der statischen Spezifikation
- Ingenieurbauwerk nach Regeln der öffentlichen Verkehrsträger
- Sichtbetonklassen SB2, SB3 und SB4 nach DBV/VDZ-Merkblatt Sichtbeton
- Sichtbeton außerhalb DBV/VDZ-Merkblatt Sichtbeton
- Chemischer Angriff XA3 oder stärker
- Schwerkonzentration
- Beton mit rezyklierte Gesteinskörnung abweichend von DIN 1045-2
- Verzögerter Beton mit einer Verzögerungszeit von mehr als 12 Stunden
- Gleitbauverfahren
- Frischbetontemperatur über 30 °C
- Nachbehandlung abweichend von DIN 1045-3

NEIN NEIN JA

BBQ-E

- Behälter außerhalb der Landwirtschaft (z.B. Trinkwasser- oder Abwasserbehälter)
- Windenergieanlagen
- Beton mit künstlichen Luftporen (LP-Beton), z.B. XF2 / XF3 / XF4
- Bauteile der Expositionsklasse XA2
- Von 28 Tagen abweichendes Nachweialter für die Druckfestigkeit des Betons
- Betone mit langsamer oder sehr langsamer Festigkeitsentwicklung
- Beton mit Kunststoffasern für den Brandschutz
- Stahlfaserbeton nach DAfStb-Richtlinie
- Stahlfaserbeton mit Leistungsklasse
- Leichtbeton
- Betone der Konsistenzklasse F5 und F6
- Selbstverdichtende Betone (SVB)

NEIN JA

BBQ-N

- Bauteile mit geplanter Nutzungsdauer von 50 Jahren
- Sichtbetonklasse SB1 nach DBV/VDZ Merkblatt Sichtbeton
- Bauteile der Expositionsklasse X0, XC1-4, XF1, XD1, XS1, XM1, XA1
- Beton mit Druckfestigkeitsklasse ≤ C25/30
- Faserbeton ohne Leistungsklasse
- Beton mit rezyklierte Gesteinskörnung ≤ 25 Vol.-% nach DIN 1045-2
- Beton der Konsistenzklassen F1 bis F4 oder C0 bis C4
- Bauteile mit üblichen Betonieröffnungen und Rüttelgassen
- Betonförderung mit Pumpen (üblicher Strecken)
- Nachbehandlung nach DIN 1045-3

JA

BBQ-N BBQ-E BBQ-S

Beispiele für Expositions- und Feuchteklasseneinstufungen an einem Wohnhaus

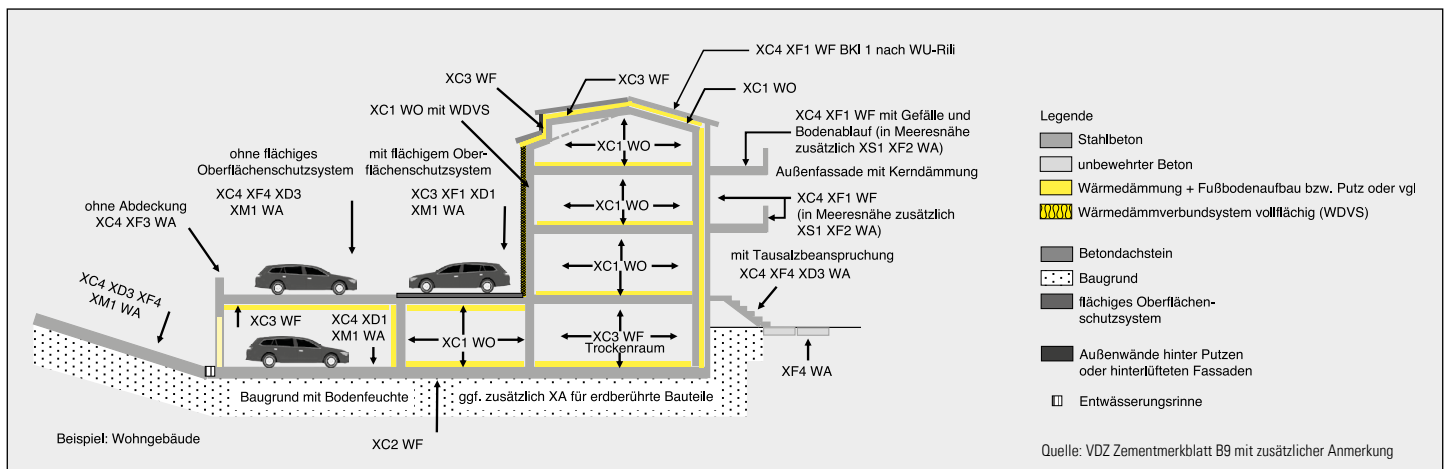


Bild 1: Beispiel für mehrere, gleichzeitig zutreffende Expositions- und Feuchteklassen an einem Wohnhaus

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

(Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton)

■ **Tabelle 1**

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					

■ **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; Beton in Gebäuden mit sehr geringer Luftfeuchte $\leq 30\%$	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; Dachflächen mit flächiger Abdichtung; Verkehrsflächen mit flächiger unterlaufsicherer Abdichtung ¹⁸⁾	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; Befahrene Verkehrsflächen mit vollflächigem Oberflächenschutz ¹⁸⁾	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	Brückenteile mit häufiger Spritzwasserbeanspruchung; Fahrbahndecken; befahrene Verkehrsflächen mit rissvermeidenden Bauweisen ohne Oberflächenschutz oder ohne Abdichtung ¹⁸⁾ ; Befahrene Verkehrsflächen mit dauerhaftem lokalem Schutz von Rissen ^{1) 18)}	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

Expositions-klasse	Angriffsart	Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen	Mindest-druck-festigkeits-klasse ²⁾	Mind.-Zement-gehalt ³⁾ [kg/m ³]	Mind.-Zement-gehalt 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) 17)}	300		0,55 ⁴⁾
XF3	hohe Wassersättigung, ohne Taumittel	Offene Wasserbehälter; Bauteile in der Wasserwechselzone von Süßwasser; Horizontale Bauteile, mit Beanspruchung aus stehendem Wasser	C35/45 ^{8) 15)}	320	270	0,50
			C25/30 (LP) ^{8) 17)}	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) 17)}	320	270 ⁴⁾	0,50 ⁴⁾

XA Betonkorrosion durch chemischen Angriff (natürliche Böden/Grundwasser, Meerwasser und Abwasser)

XA1	chemisch schwach angreifende Umgebung nach Tabelle 3	Behälter von Kläranlagen, Güllebehälter	C25/30	280	270	0,60
XA2	chemisch mäßig angreifende Umgebung nach Tabelle 3 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 3	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 Verschleißbeanspruchung^{5) 11) 16)}

XM1	mäßige Verschleißbeanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luftbereifte Fahrzeuge	C30/37 C25/30 (LP) ¹²⁾	300	270	0,55
XM2	starke Verschleißbeanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luft- oder vollgummibereifte Gabelstapler	C35/45 C30/37 (LP) ¹²⁾	320	270	0,45
			C30/37 ¹³⁾	300		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	270	0,45

¹⁾ Für die Planung und Ausführung des dauerhaft lokalen Schutzes von Rissen ist eine rissüberbrückende Beschichtung im Sinne der Technischen Regel (DIBt) „Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung)“ auszuführen.

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 380 kg/m³, jedoch nicht bei Betonen der Druckfestigkeitsklasse ab C70/85

⁶⁾ Anforderung an Gesteinskörnungen F₄

⁷⁾ Anforderung an Gesteinskörnungen MS₂₅

⁸⁾ Anforderung an Gesteinskörnungen F₂

⁹⁾ Anforderung an Gesteinskörnungen MS₁₈

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 Fußnote¹⁵⁾ darf in diesem Fall nicht angewendet werden.

¹³⁾ Flügglätten 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 4.3.1 ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. Die Fußnote¹²⁾ darf in diesem Fall nicht angewendet werden.

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

¹⁷⁾ Luftporenbeton ist der Betonklasse BK-E nach DIN 1045-1000 zugeordnet.

¹⁸⁾ Für die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit in ein Instandhaltungsplan im Sinne der Technischen Regel (DIBt) „Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung)“ aufzustellen.

Betonkorrosion infolge Alkali-Kieselsäurereaktion Feuchtigkeitsklassen nach DIN 1045-2

Es ist notwendig, dass der Planer zusätzlich zu den Expositionsklassen die Feuchteklasse 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.

DIN CEN/TR 16349 enthält eine Übersicht zur Festlegung von Anforderungen zur Minimierung des Risikos einer schädigenden Alkali-

Kieselsäure-Reaktion. Die Alkaliempfindlichkeitsklasse nach der Alkali-Richtlinie des DAfStb der Gesteinskörnung nach DIN EN 12620 kann der Leistungserklärung entnommen werden. Ist für die Gesteinskörnung keine Alkaliempfindlichkeitsklasse angegeben, ist EIII anzunehmen.

Für die Herstellung von Beton der Druckfestigkeitsklassen ab C70/85 oder Leichtbeton ab LC55/60 sind hinsichtlich Alkalireaktion Gesteinskörnungen zu verwenden, für die keine vorbeugenden Maßnahmen erforderlich sind. (BK-E)

Die Einteilung der Feuchtigkeitsklasse lautet wie folgt:

Betonkorrosion infolge Alkalikieselsäurereaktion

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

■ Tabelle 2

Klasse	Beschreibung der Umgebung nach DIN 1045-3	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. - Betonfahrbahnen der Belastungsklassen Bk0,3 und Bk1,0 nach RSt0; TL Beton-StB.

Die Feuchtigkeitsklasse WS ist in der DIN 1045-2 nicht enthalten und wird nur für hochbeanspruchten Betonfahrbahnen nach TL Beton-StB und den aktuellen ARS angewendet.

WS	Beton, der hoher dynamischer Beanspruchung und direktem Alkalieintrag ausgesetzt ist.	- Bauteile unter Tausalzeinwirkung mit zusätzlicher hoher dynamischer Beanspruchung (z.B. Betonfahrbahnen) der Belastungsklassen Bk1,8 bis Bk100 (Belastungsklasse nach RSt0; TL Beton-StB, AS.)
----	---	--

Bei der Betonbestellung muss die Feuchteklasse 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 Feuchteklasse 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.

■ **Tabelle 3**

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 EN 13577	≥ 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 nach Baumann-Gully ml/kg	DIN EN 16502	> 200	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 3.000 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⁻ ≤ 1.500 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, CEM II/A-M mit den Hauptbestandteilen S, V, T, LL, CEM II/B-M (S-LL, T-LL, V-LL)³⁾, CEM II/B-M (S-T), CEM II/C-M (S-LL)⁴⁾ oder
 - CEM III/A

- 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, CEM II/A-M mit den Hauptbestandteilen S, V, T, LL und CEM II/B-M (S-T) mindestens 30 % Masseanteil,
 - CEM II/A-T, CEM II/B-T und CEM III/A mindestens 10 % Massenanteil sein.

³⁾ Der zulässige Kalksteingehalt der Zemente (S-LL), (V-LL) und (T-LL) ist in diesem Dokument auf 20 % Masseanteil begrenzt.

⁴⁾ Der zulässige Kalksteingehalt des Zements ist in DIN EN 197-5 auf 20 % Masseanteil begrenzt.

Klassen für die Eigenschaften von Frischbeton

Konsistenzklassen

Ausbreitmaßklassen nach DIN EN 12350-5

■ Tabelle 4

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 ist die DIN 1045-2 Anhang G für selbstverdichtenden Beton (SVB) zu beachten!

²⁾ Erlaubte Abweichung im Bereich der Zielwerte ± 40 mm (DIN 1045-2)

Die Konsistenzklassen sind nicht direkt vergleichbar. Weitere normativ geregelte Konsistenzklassen sind das Setzmaß nach DIN EN 12350-2 und das Setzfließmaß nach DIN EN 12350-8. Die Konsistenzklassen F5, F6 und SVB entsprechen der BBQ-E.

Verdichtungsmaßklassen nach DIN EN 12350-4

■ Tabelle 5

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 ± 0,13 (DIN 1045-2)

²⁾ 1,25-1,11 erlaubte Abweichung ± 0,11 (DIN 1045-2)

³⁾ ≤ 1,10 erlaubte Abweichung ± 0,08 (DIN 1045-2)

⁴⁾ C4 gilt nur für Leichtbeton

Klassen für die Eigenschaften von Festbeton

Rohdichteklassen nach der Trockenrohddichte (ofentrocken)

Betonart

- **Leichtbeton** 800 kg/m³ bis 2.000 kg/m³
z.B. Blähschiefer, Blähton, Hüttenbims, Naturbims

■ Tabelle 6

Rohdichteklasse	D1.0	D1.2	D1.4	D1.6	D1.8	D2.0
Rohdichtebereich, bestimmt nach DIN EN 12390-7 (kg/m³)	≥ 800 und ≤ 1.000	> 1.000 und ≤ 1.200	> 1.200 und ≤ 1.400	> 1.400 und ≤ 1.600	> 1.600 und ≤ 1.800	> 1.800 und ≤ 2.000

Für Leichtbeton muss die Rohddichte des ofentrockenen Betons innerhalb der Grenzwerte für die festgelegte Rohdichteklasse liegen.

- **Normalbeton** > 2.000 kg/m³ bis 2.600 kg/m³
z.B. Sand, Kies, Splitt, Hochofenschlacke
- **Schwerbeton** > 2.600 kg/m³
z.B. Eisenerz, Eisengranulat, Schwerspat

Wenn die Rohddichte als Zielwert festgelegt ist, gilt eine zulässige Abweichung von ± 100 kg/m³, sofern nicht anders vorgegeben.

Druckfestigkeitsklassen

Die Klassifizierung dieser Eigenschaft ergibt sich aus

- der **Betonart** Normal-, Schwerkton „**C**“ (concrete) oder Leichtbeton „**LC**“ (light weight concrete), dem
- **Mindestwert der charakteristischen Zylinderdruckfestigkeit** und dem
- **Mindestwerten der charakteristischen Würfeldruckfestigkeit** nach 28 Tagen.

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 1045-2

Normal- und Schwerkton

■ Tabelle 7

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 ³⁾	70	85
C80/95 ³⁾	80	95
C90/105 ³⁾	90	105
C100/115 ³⁾	100	115

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.2 zu bestimmen.

Normalbeton bis einschließlich C50/60:

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

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.2 nach folgender Beziehung berechnet werden:

Normalbeton ab C55/67:

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

¹⁾ Lagerung 28 Tage unter Wasser.

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

Leichtbeton

■ Tabelle 8

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 ³⁾	55	60
LC60/66 ³⁾	60	66
LC70/77 ³⁾	70	77
LC80/88 ³⁾	80	88

Diese Beziehung gilt nur für die Umrechnung von Würfeldruckfestigkeiten und berücksichtigt die unterschiedlichen Lagerungsbedingungen. Die charakteristische Festigkeit des Betons muss mindestens der für die festgelegte Druckfestigkeitsklasse angegebenen minimalen charakteristischen Druckfestigkeit entsprechen, siehe Tabelle 7 und Tabelle 8.

Werden Würfel mit 100 mm Kantenlänge verwendet, dann gilt folgende Beziehung:

Normalbeton (bis max. Größtkorn 16 mm)

$$f_{c, dry (150 \text{ mm})}^{2)} = 0,97 \times f_{c, dry (100 \text{ mm})}^{2)}$$

³⁾ Für Betone der Druckfestigkeitsklassen ab C70/85 bis einschließlich C100/115 oder Leichtbetone ab LC55/60 bis einschließlich LC80/88 (**BK-E**) gelten zusätzliche Regelungen. Entsprechend DIN 1045-2 Anhang R ist gemeinsam mit dem Verarbeiter ein Qualitätssicherungsplan aufzustellen. Eine zusätzliche Kontrolle der Ausgangsstoffe, Ausstattung, der Herstellverfahren und der Betoneigenschaften entsprechend DIN 1045-2 Anhang R ist durchzuführen.

Grundanforderungen an die Betonzusammensetzung

Die Betonzusammensetzung und die Ausgangsstoffe für Beton nach Eigenschaften oder Beton nach Zusammensetzung müssen so ausgewählt werden, dass unter Berücksichtigung des Herstellungsverfahrens und des gewählten Ausführungsverfahrens für die Betonarbeiten die festgelegten Anforderungen an Frischbeton und Festbeton einschließlich Konsistenz, Rohdichte, Festigkeit und Dauerhaftigkeit erfüllt werden. Für die Einhaltung dieser Anforderungen sind für Betone ab der Konsistenzklasse F3 und ab der Festigkeitsklasse C25/30 entweder

die Mindestwerte an die Zusammensetzung (**Mindest-Leimvolumen** nach Tabelle 9) einzuhalten oder es ist alternativ eine erweiterte Erstprüfung nach DIN 1045-2 Abschnitt 9.5 durchzuführen.

Der höchstzulässige Mehlkorngesamt nach DIN Fachbericht 100 entsprechend Größtkorn, Expositions- und Festigkeitsklasse entfällt.

Mindest-Leimvolumen in Abhängigkeit des Größtkorns D_{max} für Kiessandbeton, ab der Konsistenzklasse F3 oder höher und ab der Festigkeitsklasse C25/30

■ Tabelle 9

Größtkorn D_{max}	Mindestwerte für das Mindest-Leimvolumen ^{1) 2) 3)} in l/m ³			
	F3	F4	F5	F6
32	270	280	290	300
22	275	285	295	305
16	280	290	300	310
8	295	305	315	325

¹⁾ Besondere Gesteinskörnungen (z.B. gebrochene Gesteinskörnungen) können ein höheres Mindest-Leimvolumen erfordern.

²⁾ Gilt nicht für Betone nach den DAfStb-Richtlinien „Massige Bauteile aus Beton“ und „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“.

³⁾ Das Leimvolumen ist aus den volumetrischen Anteilen von Zement, Zusatzstoffen und dem wirksamen Wassergehalt zu berechnen.

Mindestgehalte an Mehlkorn und Mindestzementgehalt bei Bohrpfählen, Ortbeton-Verdrängungs- und Mikropfählen und Schlitzwänden nach DIN 1045-2

Mindestwerte des Zementgehaltes und des Mehlkorngesamtes von Beton für Bohrpfähle und Ortbeton-Verdrängungspfähle

■ Tabelle 10

Zementgehalt:		in kg/m ³
Einbringung unter trockenen Bedingungen		≥ 325
Einbringung unter Wasser (oder unter Stützflüssigkeit)		≥ 375
Mehlkorngesamt ¹⁾		
Grobe Gesteinskörnung	$D_{lower} > 8 \text{ mm}$ $D_{upper} > 8 \text{ mm}$	≥ 400
Grobe Gesteinskörnung	$D_{lower} \geq 4 \text{ mm}$ $D_{upper} \leq 8 \text{ mm}$	≥ 450

¹⁾ Mehlkorn: Korngröße < 0,125 mm (einschließlich Zusatzstoffe und Zement).

Bei **Mikropfählen** ist der Mindestmehlkorngesamt auf 375 kg/m³ festzulegen, der festgelegte Wert für D_{upper} darf 16 mm nicht überschreiten.

Mindestzementgehalt von Beton für Schlitzwände.

Bei **Schlitzwänden** ist der Mindestzementgehalt vom Größtkorn D_{max} abhängig:

■ Tabelle 11

D_{max} (mm)	Mindestzementgehalt in (kg/m ³)
32	350 ¹⁾
22,4	380
16	400

¹⁾ Mehlkorngesamt zw. 400 und 550 kg/m³ und Sandgehalt ≤ 4 mm mind. 40 % Massenanteil

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

Anwendungsbereich für alle Expositionsklassen in Abhängigkeit der Zementart¹⁾

■ Tabelle 12

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-LL, CEM III/A²⁾, CEM III/B²⁾ CEM II/A-M (S-T, S-LL, T-LL), CEM II/B-M (S-T), S-LL ³⁾ , T-LL ³⁾ , CEM II/C-M(S-LL) ¹⁾	$f \leq 0,33 \cdot z$	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), CEM II/B-M(V-LL) ³⁾	$f \leq 0,25 \cdot z$	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	$\frac{w}{z + 0,4 \cdot f} \leq 0,60$
Unterwasserbeton	$f \leq 0,33 \cdot z$	0,7	$\frac{w}{z + 0,7 \cdot f} \leq 0,60$
Spezialtiefbau CEM I, CEM II/A-S, B-S, A-D, A-P, A-V, A-T, B-T, A-LL, CEM II/A-M (S-V, S-LL, V-LL, T-LL), CEM II/B-M (S-LL, V-LL, T-LL) ¹⁾ , CEM II/C-M(S-LL) ¹⁾ CEM III/A	$f \leq 0,33 \cdot z$	0,7 Bohrpfahlbeton	$\frac{w}{z + 0,7 \cdot f} \leq 0,60$
		0,4 Schlitzwand und Pfähle	$\frac{w}{z + 0,4 \cdot f}$

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

²⁾ Bezüglich Expositionsklassen XF4 siehe DIN 1045-2

³⁾ Kalksteingehalt im Zement auf 20 M-% begrenzt.

Höchstzulässiger Chloridgehalt von Beton

Der Chloridgehalt im Beton wird als Massenanteil von Chloridionen auf den Zement bezogen und darf den Tabellenwert der gewählten Klasse nicht überschreiten.

Betonverwendung

■ Tabelle 13

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.

Produktionskontrolle der Betone im Betonwerk

■ Tabelle 14

Mindesthäufigkeit der Probenahme		Kriterium 1	Kriterium 2
Herstellung	Erste 50 m ³ der Produktion ¹⁾	Mittelwert f_{cm} von n-Ergebnissen (N/mm ²)	Jedes einzelne Prüfergebnis f_{ci} (N/mm ²)
Erstherstellung (n = 3)	3 Proben	$f_{cm} \geq f_{ck} + 4$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
Stetige Herstellung (n = 15)	–	$f_{cm} \geq f_{ck} + 1,48 \cdot \sigma$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$

¹⁾ Die Probenahme muss über die Herstellung verteilt sein und für je 25 m³ sollte höchstens 1 Probe genommen werden.

Überwachung des Betonierens durch das Bauunternehmen nach DIN 1045-3

Einteilung des Betons in Überwachungsklassen

Anhand der Anwendungsfälle nach DIN 1045-1000 ist der Bezug zu Überwachungsklasse ÜK 2 in der DIN 1045-3 als Tabelle dargestellt. Alle anderen Anwendungsfälle sind in Überwachungsklasse ÜK 1 einzustufen, sofern es in den bautechnischen Unterlagen bzw. im Betonbaukonzept nicht anders festgelegt ist. Umfang und Häufigkeit der durchzuführenden Prüfungen sind in Anhang B der DIN 1045-3 festgelegt. Wird innerhalb der Überwachungsklasse 2 (ÜK 2) Beton eingebaut, muss das Bauunternehmen zur Eigenüberwachung eine ständige Betonprüfstelle einschalten (nach Anhang C der DIN 1045-3).

Ein Probekörper sollte eine Betonmenge von etwa 100 m³ bzw. einen Betontierg und Sorte repräsentieren. Die Beurteilung der Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung erfolgt nach den Kriterien der Tabelle 15. Der Beton ist anzunehmen, wenn für jeden Einzelwert die Anforderungen nach Tabelle 15 erreicht werden.

Annahmekriterien für die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung von Normal-, Leicht- und Schwerbeton

■ Tabelle 15

	1	2
	Überwachungsklasse ÜK 2	Überwachungsklasse ÜK 1 (optional)
Jeder Einzelwert f_{ci}	$\geq \min. \{f_{ck} - 4; 0,9 f_{ck}\}$	$\geq \min. \{f_{ck} - 4\}$

f_{ck} charakteristische Druckfestigkeit des verwendeten Betons in MPa (entspricht N/mm²); im Falle von Leichtbeton ist f_{ck} durch f_{lck} zu ersetzen.

Zur Qualitätssteuerung der Frisch- und Festbetoneigenschaften können im Betonbaukonzept bauteil- bzw. sortenbezogen zusätzliche Prüf- bzw. Auswerteverfahren zwischen Hersteller und Verwender vereinbart werden. Beispielsweise bieten sich hier folgende Verfahren an:

- Auswertungen von Prüfdaten auf Basis einer Mittelwertkontrolle von „n“ aufeinanderfolgenden Einzelwerten in einer Reihe
- Auswertung von Prüfdaten auf Grundlage von Qualitätsregelkarten (QRK);
- Auswertung von Prüfdaten auf Grundlage der kumulativen Summe (KUSUM-Verfahren).

Sollte der Nachweis nicht erbracht werden, muss das BU zur Beurteilung der Betondruckfestigkeit am Bauwerk/Bauteil nach DIN EN 13791 verfahren. Hier besteht die Möglichkeit zur Prüfung mit dem Rückprallhammer nach DIN EN 12504-2, um eine Druckfestigkeitsklasse zuzuordnen. Sollten die Prüfwerte nicht genügen, können in Abstimmung mit dem Statiker Bohrkernentnahmen erfolgen, die den Bauteilnachweis erbringen können.

Betontemperatur

Die Frischbetontemperatur darf zum Zeitpunkt der Lieferung nicht unter 5 °C liegen. Wenn eine Anforderung für eine andere Mindesttemperatur oder eine Höchsttemperatur für Frischbeton erforderlich ist, sind diese mit zulässigen Abweichungen festzulegen. Jede Anforderung hinsichtlich künstlichen Kühlens oder Erwärmens des Betons vor der Lieferung muss zwischen Hersteller und Verwender vereinbart werden.

Nach DIN 1045-3 gilt Folgendes:

- Frischbetontemperatur darf im Allgemeinen +30 °C nicht überschreiten, sofern nicht durch geeignete Maßnahmen sichergestellt ist, dass keine nachteiligen Folgen zu erwarten sind.

- Bei Lufttemperaturen zwischen +5 °C und -3 °C darf die Betontemperatur beim Einbringen +5 °C nicht unterschreiten. Sie darf +10 °C nicht unterschreiten, wenn der Zementgehalt im Beton kleiner 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.
- Die Betontemperatur an der Oberfläche darf 0 °C nicht unterschreiten, bevor die Betonrandzone eine Mindestdruckfestigkeit von $f_{cm} = 5 \text{ MPa}$ erreicht hat.

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;
- Schutz vor Wind, Regen, Frost, Hitze und Temperaturschwankungen;
- schädliche Erschütterungen, Stoß oder Beschädigung zu vermeiden.
- Verringerung des Risspotenzials infolge Temperatur-/Zwangsspannungen

Nachbehandlungsverfahren

- Folgende Verfahren haben sich auch in Kombination für die Nachbehandlung bewährt:
 - 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);
 - Das Verfahren muss sicherstellen, dass ein übermäßiges Verdunsten von Wasser über die Betonoberfläche verhindert wird oder die Betonoberfläche muss ständig feucht gehalten werden.
 - Anmerkungen finden sich im DBV-Merkblatt „Nachbehandlung von Beton“ und DBV Merkblatt „Sommer- und Winterbetonagen“

Nachbehandlungsdauer

- Die Nachbehandlungsdauer hängt von der Entwicklung der Beton-eigenschaften in der Randzone ab.
- 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. Die Nachbehandlungsdauer ist um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur der Betonoberfläche unter +5 °C lag.
- Bei Betonoberflächen, die einem Verschleiß entsprechend den Expositionsklassen XM nach DIN 1045-2 und XF3/4 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 zu verdoppeln.
- Betone mit höherer Festigkeit mind. 1 Tag Nachbehandlungsdauer

Nachbehandlung von DIN EN 13670 und Zuordnung zu Expositionsklassen nach DIN 1045-2 gemäß DIN 1045-3

■ Tabelle 16

	Nachbehandlungsklasse 1	Nachbehandlungsklasse 2	Nachbehandlungsklasse 3	Nachbehandlungsklasse 4
Expositionsklassen	X0, XC1	nicht zutreffend	alle außer X0, XC1 und XM	XM1, XM2, XM3, XF4¹⁾
Prozentualer Anteil der charakteristische Mindestdruckfestigkeit	nicht festgelegt	35 %	50 %	70 %

¹⁾ Gilt nur bei langsamen und sehr langsamen Betonen, siehe Tabelle 17 und Tabelle 18.

Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton bei den Expositionsklassen nach DIN 1045-2 außer X0, XC1, XM und XF4 ($r < 0,3$) der Nachbehandlungsklasse 3

■ Tabelle 17

Oberflächentemperatur ϑ in °C ⁴⁾	Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen ¹⁾			
	Festigkeitsentwicklung des Betons ³⁾			
	$r = f_{cm2} / f_{cm28}$			
	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⁾ Anstelle der Oberflächentemperatur des Betons darf die Lufttemperatur angesetzt werden.

Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton bei den Expositionsklassen XC2, XC3, XC4 und XF1 nach DIN 1045-2 der Nachbehandlungsklasse 3 – Vereinfachtes Verfahren

■ Tabelle 18

Frischbetontemperatur ϑ_b zum Zeitpunkt des Betoneinbaus	Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen ¹⁾		
	Festigkeitsentwicklung des Betons ²⁾		
	$r = f_{cm2} / f_{cm28}$		
	schnell $r \geq 0,50$	mittel $r \geq 0,30$	langsam $r \geq 0,15$
$\vartheta_b \geq 15$ °C	1	2	4
10 °C $\leq \vartheta_b < 15$ °C	2	4	7
5 °C $\leq \vartheta_b < 10$ °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.

ZTV-ING: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten

Auszug aus den Anforderungen nach ZTV-ING, Teil 3 Massivbau, Abschnitt 1 Beton

■ Tabelle 19

Ausgangsstoffe	Verwendung	
Zement	Portlandkompositzement CEM II-M	Ohne Zustimmung des Auftraggebers: - CEM II/A-M (S-D; S-T; S-LL; D-T; T-LL; S-V; V-T; V-LL) - CEM II/B-M (S-D; S-T; D-T; S-V; V-T) Wenn keine Anforderung an XF2, XF4 gestellt werden: - CEM II/A-M (S-P; D-P; D-V; P-V; P-T; P-LL) - CEM II/B-M (S-P; D-P; D-V; P-T; P-V) Alle anderen CEM II-M Zemente mit Zustimmung des Auftraggebers.
	Hochofenzement CEM III	Für Kappenbetone nicht zulässig
	Portlandpuzzolanzement CEM II-P	Nur mit Trass nach DIN 51043 als Puzzolan
Gesteinskörnung	<ul style="list-style-type: none"> - Anteil leichtgewichtiger organischer Verunreinigungen für grobe Gesteinskörnung $\leq 0,05$ M.-% für feine Gesteinskörnung $\leq 0,25$ M.-% - Kornform grobe Gesteinskörnungen für gebrochenes Korn mindestens Kategorie SI₂₀ - Frost-Tau-Widerstand mindestens Kategorie F2 - 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 - Rezyklierte Gesteinskörnungen nicht zulässig 	
Zusatzstoffe	<ul style="list-style-type: none"> - Spannstahl im direkten Kontakt mit Beton nur Betonzusatzstoffe nach DIN-Fachbericht 100 „Beton“ Abschnitt 5.2.5.1 - Bei Gründungsbauteilen Beton mit CEM III/B und Flugasche möglich, bei weiteren Anwendungsgebieten nur mit Zustimmung des Auftraggebers - Silikastaub nur als Suspension zugelassen (Ausnahme Trockenspritzbeton) - 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 den 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 Luftporenbeton der Forschungsgemeinschaft für Straßen- und Verkehrswesen. - Wasserabweisende Dichtungsmittel für WU-Betonkonstruktionen nicht zulässig 	
Fasern	<ul style="list-style-type: none"> - Für den baulichen Brandschutz in Tunnelgewölbe und ggf. vorzusehende Zwischendecken, bzw. Wände und Decken bei offener Bauweise - Monofilamente Polypropylenfaser gemäß DIN EN 14889-2 (Klasse I a) mit abZ oder mit nachgewiesener Eignung in Brandversuch, Teil 3, Abschnitt 1, Nr. 9.4 - PP-Faserbeton nach Teil 7 Tunnelbau mit Zugabe von 2,0 kg/m³ PP-Fasern (Länge 6 mm, Durchmesser 0,016 mm bis 0,032 mm) - Der Wassergehalt in PP-Fasern muss ggf. berücksichtigt werden 	

Zuordnung der Expositionsklassen und Feuchtigkeitsklasse

■ **Tabelle 20**

Bauteil	Expositions-, Feuchtigkeitsklasse
Alle Bauteile	WA
Bauwerke im Sprühnebel- und Spritzwasserbereich von Verkehrsflächen (Straßen, Rad- und Gehwege)	XF2/XF4
Brückenbauwerke, Stützkonstruktionen - Nicht vorwiegend horizontale Betonflächen im Spritzwasserbereich - Betonflächen im Sprühnebelbereich (z.B. Überbauten, Pfeiler, Widerlager unterhalb von hohen Talbrücken) - Vorwiegend horizontale und direkt mit tausalzhaltigem Wasser/Schnee beaufschlagte Betonflächen (z.B. Kappen) - Gründungen	XF2, XD3 XF2, XD1 XF4, XD3 XD2
Trogbauwerke - Trogsohlen (RStO) - Trogwände	XD2 XF2, XD2
Tunnelbauwerke - Tunnelsohlen (WUB-KO) - Tunnelinnenschale, die nicht mit Wasserdruck beaufschlagt sind oder mit außenliegender Abdichtung ausgeführt sind (zweischalige Tunnelwände in geschlossener Bauweise oder Tunnelwände und -decken in offener Bauweise) - Tunnelwände in offener Bauweise als WU-Konstruktion - Einfahrtbereiche von Tunneln	XD2 XF2, XD1 XF2, XD2 XF2, XD2
Becken - Wände, Sohle und Decke - Hohe Taumittelbeaufschlagung und Frosttauwechsel	XC4, XD2, XF3 XC4, XD2, XF4
Bei partiell freiliegenden Gründungsteilen	XF2

Grenzwerte der Betonzusammensetzung

■ **Tabelle 21**

Expositionsklasse	XF2 ¹⁾	XD2; XA2	XF3	XD3, XF4 ⁵⁾
Höchstzulässiger (w/z) _{eq}	0,50			0,45
Mindestdruckfestigkeitsklasse	C30/37			
Min. z (kg/m ³)	28 d	320		
	56 d ⁴⁾	300		
Min. z + FA (kg/m ³) ⁷⁾	28 d	270 + 50	270 + 50	nicht zulässig
	56 d ⁴⁾	270 + 67,5 (20 %) ²⁾		
LP	-			X
Andere Anforderungen	Gesteinskörnung NaCl-Verfahren ≤ 8 M.-%, oder Betonversuch	Gesteinskörnung F ₂ bei XA2 ³⁾ SR-Zement	Gesteinskörnung F ₂	Gesteinskörnung NaCl-Verfahren ≤ 8 M.-% oder Betonversuch
Zulässige Zemente bei Verwendung von Flugasche bei 28 d-Nachweis oder 56 d-Nachweis ⁴⁾	CEM I oder CEM II/A	alle Zemente		nicht zulässig
Zulässige Zemente ohne Verwendung von Flugasche bei 56 d-Nachweis ⁴⁾	CEM III/A oder CEM III/B	CEM III/A, CEM III/B, CEM II/B-V	CEM III/A oder CEM III/B	
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⁾ Anrechnung von Flugasche bei CEM I und CEM II/A, ansonsten Zustimmung des Auftraggebers erforderlich

²⁾ Mindestflugaschegehalt 20 M.-% bezogen auf (z + f)

³⁾ bei chemischem Angriff durch Sulfat (ausgenommen Meerwasser)

⁴⁾ nur für Betone mit langsamer oder sehr langsamer Festigkeitsentwicklung ($r < 0,30$) und Bauteilabmessung mindestens 0,60 m

⁵⁾ Anrechnung der Flugasche in der Expositionsklasse XF4 nur mit Zustimmung des Auftraggebers, jedoch nicht für Kappenbetone

⁶⁾ Flugaschegehalt ≤ 60 M.-% (bezogen auf den Zementgehalt), anrechenbare Flugaschemenge ≤ 80 kg/m³

FÜR ZUKÜNFTIGE GENERATIONEN

**SUSTAINABILITY
THAT WORKS.**

Nachhaltigkeit bei SCHWENK

Entsprechend unseres Leitgedankens „Baustoff leben“ gestalten wir eine Welt, in der sich auch noch zukünftige Generationen wohlfühlen. Dies zeigt sich insbesondere in der Nachhaltigkeit, auf deren Basis wir unsere Produkte herstellen. Wir verfolgen einen ganzheitlichen Ansatz, der für uns in einem ökonomischen, ökologischen und sozialen Sinne zum Tragen kommt. Dass wir diesen Ansatz leben, beweisen wir in den verschiedensten Bereichen unseres Unternehmens. Unter anderem sind unsere Zementwerke in Deutschland sowie einige Betongesellschaften mit einer CSC-Zertifizierung ausgezeichnet.

Besuchen Sie uns im Internet

Weitere Informationen zum Thema Nachhaltigkeit bei SCHWENK sowie unsere Ansprechpartner, Gesellschaften, Produkte und Innovationen finden Sie auf unserer Webseite unter www.schwenk.de.



Folgen Sie uns auf unseren Social-Media-Kanälen!

Auf Facebook, Instagram und LinkedIn bleiben Sie auf dem Laufenden und erfahren Aktuelles aus der SCHWENK-Welt.



Facebook: facebook.com/schwenk.deutschland

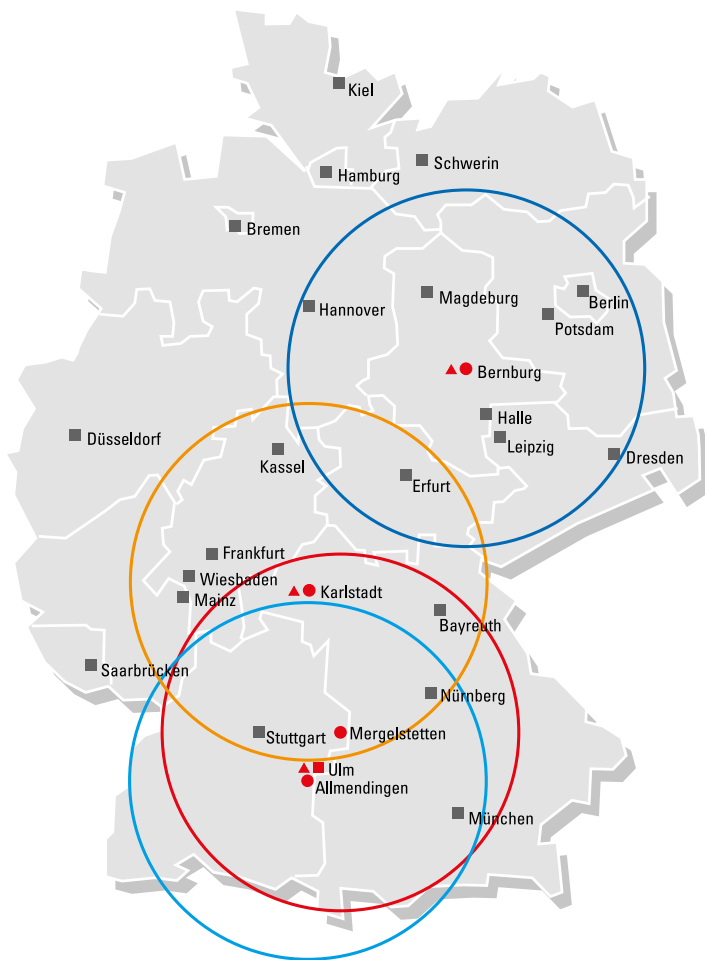


Instagram: instagram.com/schwenk_deutschland



LinkedIn: linkedin.com/company/schwenk-deutschland

Liefergebietskarte



- Hauptverwaltung und Sitz der SCHWENK Zement GmbH & Co. KG
- Werksstandort der SCHWENK Zement GmbH & Co. KG
- ▲ Verkaufsbüro der SCHWENK Zement GmbH & Co. KG
- Liefergebiet Allmendingen (Zemente)
- Liefergebiet Bernburg (Zemente und Spezialbaustoffe)
- Liefergebiet Karlstadt (Zemente und Spezialbaustoffe)
- Liefergebiet Mergelstetten (Zemente und Spezialbaustoffe)

Stand Januar 2025

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.

SCHWENK Zement GmbH & Co. KG

Hindenburgring 15 | 89077 Ulm | info@schwenk.de

Verkaufsbüros:

Ulm

Telefon: + 49 731 9341-181

Bernburg

Telefon: + 49 3471 358-500

Karlstadt

Telefon: + 49 9353 797-451

Beratung:

Unsere Bauberatung informiert Sie in allen anwendungstechnischen Fragen.

Ulm

Telefon: + 49 731 9341-123

Bernburg

Telefon: + 49 3471 358-500

Karlstadt

Telefon: + 49 9353 797-455

E-Mail

info.bauberatung@schwenk.de