

Bachelorprüfung

**im Modul „Geologie, Werkstoffe und Bauchemie“
am 01.07.2019**

Die Aufgaben sind nachvollziehbar (mit Rechengang) zu lösen. Die Antworten sind zu begründen.

Hilfsmittel: ausschließlich Taschenrechner!

NAME:

MATR.-NR.: _____

Mögliche Punktzahl: 140

Gesamtpunkte aus Teil 1 und 2:

Erreichte Punktzahl:

Prozentsatz aus Teil 1 und 2:

Gesamtnote aus Teil 1 und 2: _____

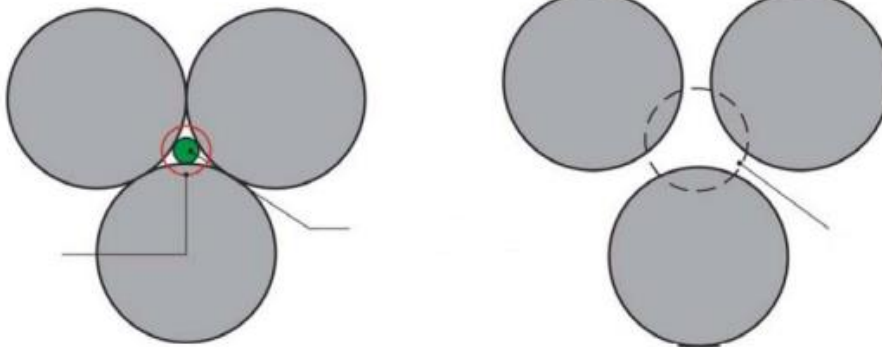
Gesteinskörnung (10)

Aufgabe 1: (2 Punkte)

- Nennen Sie je eine natürliche und eine künstliche leichte Gesteinskörnung.
- Wo findet leichte Gesteinskörnung im Bauwesen ihre Anwendung?

Aufgabe 2: (4 Punkte)

- Ergänzen Sie die Graphik mit relevanten Begriffen für Gesteinskörnung im Zusammenhang mit der Packung.
- Welchen Vorteil hat die Wahl einer gleichmäßigen Sieblinie im Beton?



Aufgabe 3: (4 Punkte)

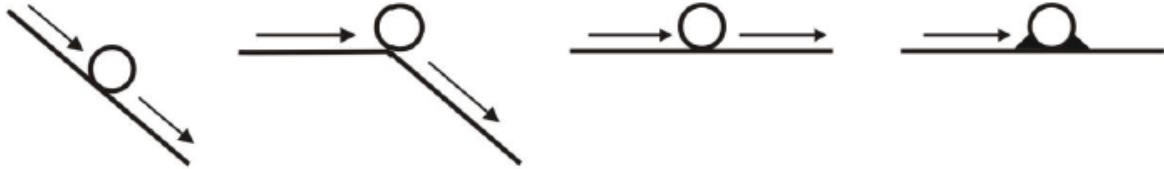
Erläutern Sie folgende Begriffe im Zusammenhang mit Gesteinskörnung und Siebanalyse stichpunktartig:

- U16
- Unterkornverfahren
- Füller (Gesteinsmehl)
- Kornformkennzahl

Mineralische Bindemittel (15)

Aufgabe 4: (4 Punkte)

Benennen Sie die folgenden schematisch dargestellten Reaktionsmechanismen und nennen Sie jeweils ein Beispiel für ein anorganisches Bindemittel mit solchem Reaktionsverhalten.



Aufgabe 5: (8 Punkte)

- Skizzieren Sie den Kreislauf von Luftkalk und benennen Sie alle relevanten Bezeichnungen sowie chemischen Prozesse.
- Worin liegen die wesentlichen Unterschiede von Luftkalk und hydraulischem Kalk? Nennen Sie drei Aspekte.

Aufgabe 6: (3 Punkte)

Um welchen Zement handelt sich bei CEM II/A-LL 32,5 R (SR/NA) nach DIN EN 197-1? Erläutern sie die einzelnen Kurzbezeichnungen. Wo könnte der Zement Anwendung finden?

CEM II:

A-LL:

32,5:

R:

SR

NA:

Frischbeton (14)**Aufgabe 7:** (2 Punkte)

Für welchen Zweck ist die CM-Methode geeignet? Welchen Reaktionspartner benötigt es neben Calciumcarbid, dass Acetylen entsteht?

Aufgabe 8: (3 Punkte)

Welche Zusatzmittel setzen Sie ein, wenn folgende Anforderungen erfüllt werden sollen?

- Erhöhter Frost-Tausalz-Widerstand:
- Höhere Frühfestigkeit:
- Verbesserung der Pumpbarkeit des Frischbetons:

Aufgabe 9: (5 Punkte)

- a) Nennen Sie zwei Prüfmethode zur Bestimmung der Konsistenz von Frischbeton.
- b) Erläutern Sie den Ablauf einer der beiden Methoden detailliert und stichpunktartig.

Aufgabe 10: (4 Punkte)

- a) Erläutern Sie den Unterschied zwischen Zusatzmittel und Zusatzstoff. Welcher Grenzwert muss hier beachtet werden?
- b) Welche Zusatzmittel und –stoffe sollten dem Beton zugegeben werden, damit er selbstverdichtende Eigenschaften erhält? Nennen Sie jeweils zwei Beispiele.

Mauerwerk und Künstliche Steine (15)**Aufgabe 11:** (6 Punkte)

- a) Welche drei Arten der Wärmeübertragung treten in Hochlochziegeln auf?
- b) Welche drei Möglichkeiten gibt es die Wärmeleitfähigkeit von Ziegeln produktionsseitig zu verringern?

Aufgabe 12: (3 Punkte)

- a) Welcher Schadensmechanismus ist bei der abgebildeten Probe aufgetreten?



- b) Geben Sie die zugehörige Reaktionsgleichung an!
- c) Welche schnelle Prüfung wird in Dachziegelwerken durchgeführt, um diesen Schaden frühzeitig zu ermitteln?

Aufgabe 13: (4 Punkte)

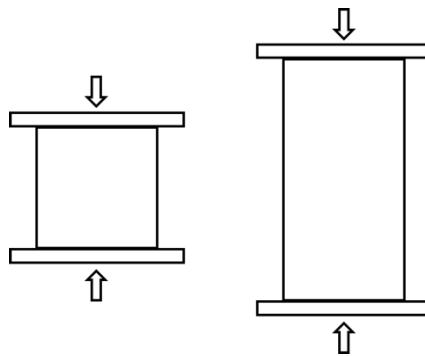
Bei welchem Prozess erhalten Kalksandstein und Porenbeton, bei welchem Mauerziegel ihre Endfestigkeit? Welche Prozesse und Reaktionen erzeugen jeweils das feste Gefüge?

Aufgabe 14: (2 Punkte)

Welche Regel gilt beim Aufbringen von mehrlagigem Putz? Was passiert, wenn diese Regel missachtet wird?

Festbeton (16)**Aufgabe 15:** (4 Punkte)

- Bei welchem der skizzierten Probekörper (aus dem identischen Beton) erwarten Sie die höhere Druckfestigkeit? Begründen Sie Ihre Aussage unter Benennung des entsprechenden Effektes!
- Zeichnen Sie in die Skizze jeweils den Wirkungsbereich des benannten Effektes ein

**Aufgabe 16:** (3 Punkte)

- Wie entstehen Gelporen im Beton?
- Ab welchem Wasser-Zement-Wert bilden sich zusätzlich Kapillarporen?

Aufgabe 17: (2 Punkte)

Nennen Sie zwei Verfahren zur zerstörungsfreien Festigkeitsprüfung von Beton und beschreiben Sie kurz die dahinterstehenden Funktionsprinzipien.

Aufgabe 18: (4 Punkte)

- a) Beschreiben Sie stichwortartig die Vorgänge bei der Karbonatisierung von Beton.
- b) Weshalb ist Betonstahl im Beton vor Korrosion geschützt und welche Auswirkungen hat die Karbonatisierung auf den Korrosionsschutz?
- c) Wie wird die Karbonatisierung des Betons bestimmt?

Aufgabe 19: (3 Punkte)

- a) Welche Probleme können beim Betonieren von massigen Bauteilen auftreten?
- b) Nennen Sie zwei Maßnahmen, die ergriffen werden können, um diese Probleme zu vermeiden

Betonentwurf (30)

Aufgabe 20:

Für den Neubau eines Röntgenraumes innerhalb eines Laborgebäudes der Universität der Bundeswehr München soll ein Strahlenschutzbeton entworfen werden, der zusätzlich für eine schwach angreifende chemische Umgebung ausgelegt werden soll. Für die Wände ($d = 60 \text{ cm}$) in Stahlbetonbauweise gibt der Statiker die Festigkeitsklasse C20/25 vor.

Als Zement soll zwischen einem CEM II/B-LL 42,5 N und einem CEM III/B 42,5 N-LH gewählt werden. Als weiteres Bindemittel soll der Beton einen Steinkohlenflugasche-Anteil ($\rho_V = 2,3 \text{ g/cm}^3$) von 15 M.-% des Zementes besitzen.

Als Gesteinskörnung soll zwischen einem Kalkstein ($\rho_{GK} = 2,7 \text{ kg/dm}^3$) und Baryt ($\rho_{GK} = 4,2 \text{ kg/dm}^3$) gewählt werden. Diese sind unterteilt in die Fraktionen 0/4, 4/8 und 8/16. Die Eigenfeuchte des Sandes des Kalksteins beträgt 1,5 M.-% und des Baryt 0,8 M.-%. Die Sollsieblinie soll einer mittel- bis feinkörnigen Sieblinie mit $D_{\max} = 16 \text{ mm}$ entsprechen. Es wird eine Konsistenzklasse „F2“ nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 angestrebt. Der LP-Gehalt ist sinnvoll anzunehmen.

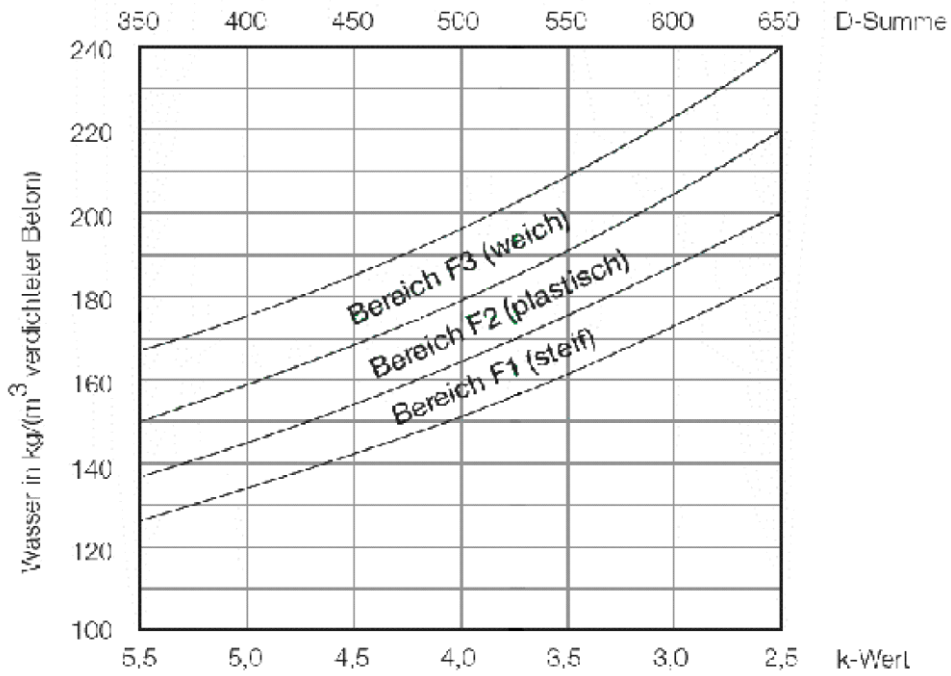
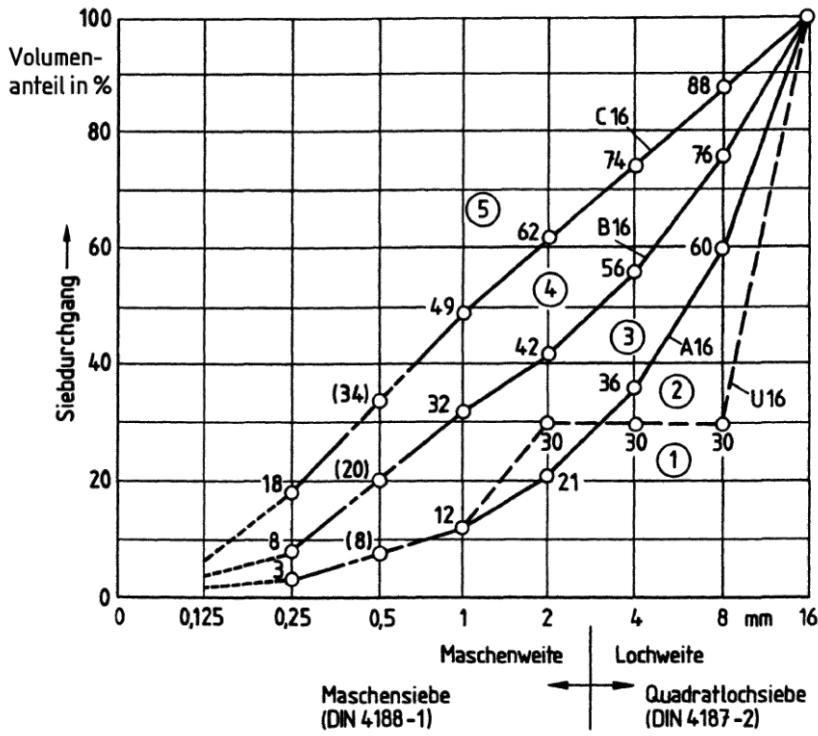
Korngruppe	Siebdurchgang in M.-% (KALKSTEIN)								
	[Sieblochweiten in mm]								
	0	0,125	0,250	0,5	1	2	4	8	16
0/4	0	1,8	3,4	6,1	11,9	66,0	92,5	96,5	100
4/8	0	0	0	0	0	1,4	7,2	95,7	100
8/16	0	0	0	0	0	0	0,7	4,6	99,1

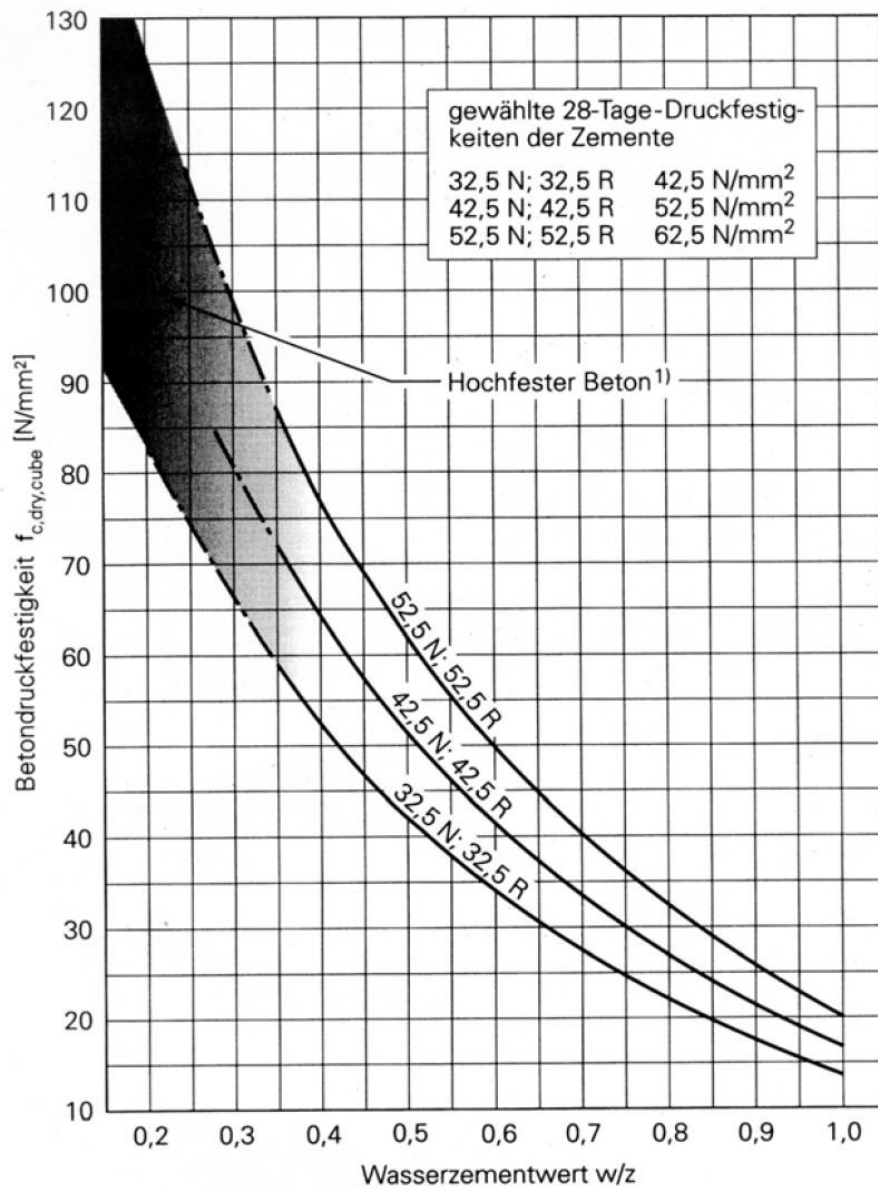
Korngruppe	Siebdurchgang in Masse-% (BARYT)								
	[Sieblochweiten in mm]								
	0	0,125	0,250	0,5	1	2	4	8	16
0/4	0	9,8	20,2	48,2	69,7	87,2	99,3	100	100
4/8	0	0	0	0	1,8	5,2	38,3	98,8	100
16/32	0	0	0	0	0	0,9	4,5	9,5	98,7

- a) Bestimmen Sie alle maßgeblichen Expositionsklassen für das oben vorgestellte Bauteil und geben Sie alle zugehörigen Mindest- bzw. Maximalwerte inkl. Einheiten an! (3 P.)
- b) Wählen Sie einen der beiden Zemente. (Begründung!) Aus welchen Hauptbestandteilen bestehen die beiden Zemente jeweils? Welche Besonderheit weist der CEM III auf? (3,5 P.)
- c) Wählen Sie eine geeignete Gesteinssorte aus! (Begründung!) (1 P.)
- d) Wählen Sie die erforderliche Sollsieblinie aus dem relevanten Diagramm im Anhang aus und bestimmen Sie mit Hilfe des Unterkornverfahrens die einzelnen Anteile der Kornfraktionen und die Ist-Sieblinie. Geben Sie die Körnungsziffer (k-Wert) zur Wasserbestimmung mit nachvollziehbarem Rechengang an. (8 P.)
- e) Bestimmen Sie aus dem gegebenen Diagramm den Wasseranspruch für 1 m³ Beton! Begründen Sie Ihre Wahl. (2 P.)
- f) Bestimmen Sie den Zement- und Steinkohleflugaschegehalt für 1 m³ Beton! (4 P.)
- g) Bestimmen Sie die Masse der gesamten Gesteinskörnung sowie der einzelnen Fraktionen. Berechnen Sie das Zugabewasser für 1 m³ Beton unter Berücksichtigung der Eigenfeuchte der Gesteinskörnung. (4 P.)
- h) Fassen Sie alle Bestandteile Ihres ermittelten Betons noch einmal zusammen und geben Sie die Frischbetonrohddichte in kg/m³ an! (3,5 P.)
- i) Klassifizieren Sie den Beton anhand der ermittelten Frischbetonrohddichte. (1 P.)

Beachten Sie dabei folgende Anlagen und geben Sie Erläuterungen für gewählte Werte an. Nutzen Sie die Möglichkeit in die Diagramme zu zeichnen, um Werte kenntlich zu machen.

Anlagen:





¹⁾ Bei hochfestem Beton verliert der Einfluss der Zementnormdruckfestigkeit an Bedeutung.

Klassenbezeichnung	Beschreibung der Umgebung	Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen
<i>1 Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko</i>		
X0	Alle Umgebungsbedingungen außer XF und XA	Unbewehrte Fundamente ohne Frost, unbewehrte Innenbauteile
<i>2 Korrosion, ausgelöst durch Carbonatisierung</i>		
XC1	trocken oder ständig feucht	Beton in Innenräumen
XC2	nass, selten trocken	Beton, der ständig in Wasser getaucht ist, Wasserbehälter, Gründungsbauteile
XC3	mäßige Feuchte	offene Hallen, gewerbliche Küchen, Bäder, Wäschereien, Viehstelle
XC4	wechselnd nass und trocken	Außenbauteile mit direkter Beregnung
<i>3 Korrosion, ausgelöst durch Chloride, ausgenommen Meerwasser</i>		
XD1	mäßige Feuchte	Betonoberflächen, die chlorhaltigem Sprühnebel ausgesetzt sind, Einzelgaragen
XD2	nass, selten trocken	Solebäder, Beton, der chlorhaltigen Industrieabwässern ausgesetzt ist
XD3	wechselnd nass und trocken	Teile von Brücken mit Spritzwasser, Fahrbahndecken, Parkdecks
<i>4 Korrosion, ausgelöst durch Chloride aus Meerwasser</i>		
XS1	salzhaltige Luft, aber kein direkter Kontakt zum Meerwasser	Außenbauteile in Küstennähe
XS2	ständig unter Wasser	Bauteile in Hafenanlagen (ständig unter Wasser)
XS3	Tidebereich, Spritzwasser- und Sprühnebelbereiche	Kaimauern in Hafenanlagen
<i>5 Frostangriff mit und ohne Taumittel</i>		
XF1	mäßige Wassersättigung ohne Taumittel	Außenbauteile
XF2	mäßige Wassersättigung mit Taumittel	Betonbauteile im Sprühnebelbereich von Meerwasser, Bauteile im Sprühnebel- und Spritzwasserbereich von taumittelbehandelten Verkehrsflächen, soweit nicht F4
XF3	hohe Wassersättigung ohne Taumittel	offene Wasserbehälter, Bauteile in der Wasserwechselzone
XF4	hohe Wassersättigung mit Taumittel	Verkehrsflächen mit Taumitteln, Meerwasserbauteile in der Wasserwechselzone, Räumlerlaufbahnen von Kläranlagen
<i>6 Chemischer Angriff</i>		
XA1	chemisch schwach angreifende Umgebung	Behälter von Kläranlagen, Güllebehälter
XA2	chemisch mäßig angreifende Umgebung	Bauteile in betonangreifenden Böden
XA3	chemisch stark angreifende Umgebung	Industrieabwasseranlagen mit chemisch angreifenden Abwässern
<i>7 Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung</i>		
XM1	mäßige Verschleißbeanspruchung	Industrieböden mit Beanspruchung durch luftbereifte Fahrzeuge
XM2	starke Verschleißbeanspruchung	Industrieböden mit Beanspruchung durch luft- oder gummibereifte Gabelstapler
XM3	sehr starke Verschleißbeanspruchung	Industrieböden mit Beanspruchung durch elastomer- oder stahlrollenbereifte Gabelstapler oder Kettenfahrzeuge

Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton zur Vermeidung von Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung

Expositions-klassen	kein Korrosions- oder Angriffsrisiko	Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung			
	X0 ¹⁾	XC1	XC2	XC3	XC4
max. w/z	–	0,75		0,65	0,60
Mindestdruckfestigkeitsklasse ²⁾	C8/10	C16/20		C20/25	C25/30
Mindestzementgehalt ³⁾ [kg/m ³]	–	240		260	280
Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Zusatzstoffen ³⁾ [kg/m ³]	–	240		240	270

¹⁾ Nur für Beton ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall.

²⁾ Gilt nicht für Leichtbeton.

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

Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton zur Vermeidung von Bewehrungskorrosion durch Chloride (kein Meerwasser)

Expositionsklassen	Bewehrungskorrosion durch Chloride (außer Meerwasser)		
	XD1	XD2	XD3
max. w/z	0,55	0,50	0,45
Mindestdruckfestigkeitsklasse ²⁾	C30/37 ⁴⁾	C35/45 ⁴⁾³⁾	C35/45 ⁴⁾
Mindestzementgehalt ³⁾ [kg/m ³]	300	320	320
Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Zusatzstoffen ³⁾ [kg/m ³]	270	270	270

²⁾ Gilt nicht für Leichtbeton.

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

⁴⁾ Bei Verwendung von Luftporenbeton eine Festigkeitsklasse niedriger.

⁵⁾ Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen ($r < 0,30$) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse ist an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen.

Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton zur Vermeidung von Bewehrungskorrosion durch Chloride aus Meerwasser

Expositionsklassen	Bewehrungskorrosion durch Chloride aus Meerwasser		
	XS1	XS2	XS3
max. w/z	0,55	0,50	0,45
Mindestdruckfestigkeitsklasse ²⁾	C30/37 ⁴⁾	C35/45 ⁴⁾³⁾	C35/45 ⁴⁾
Mindestzementgehalt ³⁾ [kg/m ³]	300	320	320
Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Zusatzstoffen ³⁾ [kg/m ³]	270	270	270

²⁾ Gilt nicht für Leichtbeton.

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

⁴⁾ Bei Verwendung von Luftporenbeton eine Festigkeitsklasse niedriger.

⁵⁾ Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen ($r < 0,30$) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse ist an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen.

Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton zur Vermeidung von Betonkorrosion durch Frost- und Frost-Tausalzangriff

Expositionsklassen	Betonkorrosion durch Frostangriff mit und ohne Taumittel					
	XF1	XF2		XF3	XF4	
max. w/z	0,60	0,55 ²⁾	0,50 ²⁾	0,55	0,50	0,50 ²⁾
Mindestdruckfestigkeitsklasse ²⁾	C25/30	C25/30	C35/45 ²⁾	C25/30	C35/45 ²⁾	C30/37
Mindestzementgehalt ³⁾ [kg/m ³]	280	300	320	300	320	320
Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Zusatzstoffen ³⁾ [kg/m ³]	270	270 ²⁾	270 ²⁾	270	270	270 ²⁾
Mindestluftgehalt [%]	-	7)	-	7)	-	7 ²⁾
andere Anforderungen	Gesteinskörnungen für die Expositionsklassen XF1 bis XF4 (siehe Tabellen 2.2.1.d und 2.2.1.e)					
	F ₄	MS ₂₅		F ₂	MS ₁₈	

²⁾ Gilt nicht für Leichtbeton.

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

⁴⁾ Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen ($r < 0,30$) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse ist an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen.

⁵⁾ Die Anrechnung auf den Mindestzementgehalt und den w/z-Wert ist nur bei Verwendung von Flugasche zulässig. Weitere Zusatzstoffe des Typs II dürfen zugesetzt, aber nicht angerechnet werden. Bei gleichzeitiger Zugabe von Flugasche und Silikastaub ist eine Anrechnung auch für die Flugasche ausgeschlossen.

⁷⁾ Der mittlere Luftgehalt im Frischbeton unmittelbar vor dem Einbau muss bei einem Größtkorn D_{max} der Gesteinskörnung von 8 mm $\geq 5,5$ Vol.-%, 16 mm $\geq 4,5$ Vol.-%, 32 mm $\geq 4,0$ Vol.-% und 63 mm $\geq 3,5$ Vol.-% betragen. Einzelwerte dürfen diese Werte um höchstens 0,5 Vol.-% unterschreiten. Für Fließbeton (Konsistenzklasse $\geq F_4$) ist der Mindestluftgehalt um 1 Vol.-% zu erhöhen. Als oberer Grenzwert gilt der festgelegte Mindestluftgehalt plus 4 Vol.-%. Das „Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton“ der FGSV ist zu beachten.

⁸⁾ Erdfeuchter Beton mit $w/z \leq 0,40$ darf ohne Luftporen hergestellt werden.

Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton zur Vermeidung von Betonkorrosion durch chemischen Angriff

Expositionsklassen	Betonkorrosion durch chemischen Angriff		
	XA1	XA2 ¹²⁾	XA3 ^{13) 12)}
max. w/z	0,60	0,50	0,45
Mindestdruckfestigkeitsklasse ²⁾	C25/30	C35/45 ⁴⁾	C35/45 ⁴⁾
Mindestzementgehalt ³⁾ [kg/m ³]	280	320	320
Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Zusatzstoffen ³⁾ [kg/m ³]	270	270	270

²⁾ Gilt nicht für Leichtbeton.

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

⁴⁾ Bei Verwendung von Luftporenbeton eine Festigkeitsklasse niedriger.

⁵⁾ Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen ($r < 0,30$) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse ist an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen.

¹²⁾ Bei chemischem Angriff durch Sulfat (ausgenommen bei Meerwasser) muss oberhalb der Expositionsklasse XA1 Zement mit hohem Sulfatwiderstand (SR-Zement) verwendet werden. Siehe auch Abschnitt 4.1.4

¹³⁾ Schutzmaßnahmen wie z. B. Schutzschichten oder dauerhafte Bekleidungen sind für den Beton erforderlich bei

■ chemischem Angriff der Expositionsklasse XA3 oder stärker,

■ hoher Fließgeschwindigkeit von Wasser und Mitwirkung von Chemikalien nach Tabelle 6.2.1.6.b.

Greifen andere Chemikalien als nach Tabelle 6.2.1.6.b an oder ist der Untergrund verunreinigt, sind die Auswirkungen des chemischen Angriffs zu klären und Schutzmaßnahmen individuell festzulegen.

Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton zur Vermeidung von Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung

Expositionsklassen	Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung ⁹⁾			
	XM1	XM2		XM3
maximaler w/z-Wert	0,55	0,55	0,45	0,45
Mindestdruckfestigkeitsklasse ²⁾	C30/37 ⁴⁾	C30/37 ⁴⁾	C35/45 ⁴⁾	C35/45 ⁴⁾
Mindestzementgehalt ⁹⁾ [kg/m ³]	300 ¹⁰⁾	300 ¹⁰⁾	320 ¹⁰⁾	320 ¹⁰⁾
Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Zusatzstoffen ⁹⁾ [kg/m ³]	270	270	270	270
andere Anforderungen	–	Oberflächenbehandlung ¹¹⁾	–	Hartstoffe nach DIN 1100 ¹⁴⁾

¹⁾ Nur für Beton ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall.

²⁾ Gilt nicht für Leichtbeton.

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

⁴⁾ Bei Verwendung von Luftporenbeton eine Festigkeitsklasse niedriger.

⁵⁾ Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen ($r < 0,30$) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse ist an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen.

⁶⁾ Die Anrechnung auf den Mindestzementgehalt und den w/z-Wert ist nur bei Verwendung von Flugasche zulässig. (Siehe BTD-Kapitel 4.1.1). Weitere Zusatzstoffe des Typs II dürfen zugesetzt, aber nicht angerechnet werden. Bei gleichzeitiger Zugabe von Flugasche und Silikastaub ist eine Anrechnung auch für die Flugasche ausgeschlossen.

⁷⁾ Der mittlere Luftgehalt im Frischbeton unmittelbar vor dem Einbau muss bei einem Größtkorn D_{max} der Gesteinskörnung von 8 mm $\geq 5,5$ Vol.-%, 16 mm $\geq 4,5$ Vol.-%, 32 mm $\geq 4,0$ Vol.-% und 63 mm $\geq 3,5$ Vol.-% betragen. Einzelwerte dürfen diese Werte um höchstens 0,5 Vol.-% unterschreiten. Für Fließbeton (Konsistenzklasse $\geq F4$) ist der Mindestluftgehalt um 1 Vol.-% zu erhöhen. Als oberer Grenzwert gilt der festgelegte Mindestluftgehalt plus 4 Vol.-%. Das „Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton“ der FGSV ist zu beachten.

⁸⁾ Erdfeuchter Beton mit $w/z \leq 0,40$ darf ohne Luftporen hergestellt werden.

⁹⁾ Es dürfen nur Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 eingesetzt werden. Anmerkung: Die Gesteinskörnungen sollten mäßig raue Oberfläche und gedrungene Gestalt haben. Das Gesteinskörnungsgemisch soll möglichst grobkörnig sein.

¹⁰⁾ Höchstzementgehalt 360 kg/m³, jedoch nicht bei hochfestem Beton.

¹¹⁾ Z. B. Vakuumieren und Flügelglätten des Betons.

¹²⁾ Bei chemischem Angriff durch Sulfat (ausgenommen bei Meerwasser) muss oberhalb der Expositionsklasse XA1 Zement mit hohem Sulfatwiderstand (SR-Zement) verwendet werden. Siehe auch BTD-Kapitel 4.1.4

¹³⁾ Schutzmaßnahmen wie z. B. Schutzschichten oder dauerhafte Bekleidungen sind für den Beton erforderlich bei
 = chemischem Angriff der Expositionsklasse XA3 oder stärker,
 = hoher Fließgeschwindigkeit von Wasser und Mitwirkung von Chemikalien nach Tabelle 6.2.1.6.b.

Greifen andere Chemikalien als nach Tabelle 6.2.1.6.b an oder ist der Untergrund verunreinigt, sind die Auswirkungen des chemischen Angriffs zu klären und Schutzmaßnahmen individuell festzulegen.

¹⁴⁾ Z. B. Hartstoffeinstreuung.

