

**Bachelorprüfung**  
**im Modul „Geologie, Werkstoffe und Bauchemie“**  
**am 01.07.2022**

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

Hilfsmittel: ausschließlich Taschenrechner!

NAME:

MATR.-NR.: \_\_\_\_\_

Mögliche Punktzahl aus Teil 1 und 2: 140

Mögliche Punktzahl: 100

Gesamtpunkte aus Teil 1 und 2:

Erreichte Punktzahl:

Prozentsatz aus Teil 1 und 2:

**Gesamtnote aus Teil 1 und 2: \_\_\_\_\_**

## **Gesteinskörnung (10)**

### **Aufgabe 1: (3 Punkte)**

a) Nennen Sie je eine natürliche und eine künstliche leichte Gesteinskörnung.

leicht, künstlich:

leicht, natürlich:

b) Bei welcher Anwendung kann schwere Gesteinskörnung zum Einsatz kommen?

### **Aufgabe 2: (4 Punkte)**

a) Benennen Sie die Gesteinskörnung in nachfolgender Tabelle:

Korngröße [mm]	Ungebrochene Gesteinskörnung	Gebrochene Gesteinskörnung
0 – 4		
4 – 32		
32 – 63		

b) Wann gilt ein Korn als ungünstig geformt?

**Aufgabe 3: (3 Punkte)**

Erläutern Sie folgende Begriffe

- Füller (Gesteinsmehl)

- Haufwerk

- Sperrkorn

**Mineralische Bindemittel (17)**

**Aufgabe 4: (5 Punkte)**

Geben Sie die 4 Zementklinkerphasen in chemischer Nomenklatur sowie in Zementschreibweise an. Welche Phase ist am wichtigsten für die Festigkeitsentwicklung?

**Aufgabe 5: (5 Punkte)**

a) Um welchen Zement handelt es sich bei einem CEM II/B-LL 32,5 N – LH nach DIN EN 197? Erläutern Sie hierzu die einzelnen Kurzbezeichnungen.

CEM II:

B:

LL:

32,5:

N:

LH:

b) Wo werden Zemente mit dem Zusatz „LH“ eingesetzt?

c) Weshalb und in welcher Größenordnung wird bei der Herstellung von Zement Gips zugemahlen?

**Aufgabe 6: (5,5 Punkte)**

a) Skizzieren Sie den Kreislauf von Luftkalk und benennen Sie alle relevanten Stoffe sowie chemischen Reaktionen.

**Aufgabe 7: (1,5 Punkte)**

Ordnen Sie folgenden Bindemitteln den betreffenden Reaktionsmechanismus zu.

Bindemittel	hydraulisch	latent- hydraulisch	puzzolan	inert
Flugasche				
Hüttensand				
Quarzmehl				



**Aufgabe 10: (4 Punkte)**

a) Worin liegt der maßgebliche Unterschied zwischen Betonzusatzmitteln und Betonzusatzstoffen? Welcher Grenzwert ist hierfür entscheidend?

b) Welche Zusatzmittel sollten Sie einsetzen, wenn folgende Wirkungen erwünscht sind?

- Verringern die Neigung des Betons zum Bluten und Entmischen:
  
- Verminderung des Wasseranspruchs und/oder Verbesserung der Verarbeitbarkeit zur Herstellung von Beton der Konsistenzklassen  $\geq$  F4:

## **Mauerwerk und Künstliche Steine (13)**

### **Aufgabe 11: (1 Punkte)**

- a) Welche 2 Gruppen von künstlichen Mauersteinen gibt es, hinsichtlich der Art der Bindung?

### **Aufgabe 12: (3 Punkte)**

Ein Bauherr möchte für die Innenwände eines fünfgeschossigen Bürogebäudes aufgrund hoher Anforderungen an den Schallschutz Kalksandstein verwenden. Für die Außenwände bevorzugt er hochwärmedämmende Mauerziegel.

- a) Würden Sie diese Kombination als beteiligter Bauingenieur befürworten?  
Begründen Sie Ihre Antwort!
- b) Schlagen Sie eine sinnvolle Alternative vor!



**Aufgabe 13: (5 Punkte)**

- a) Nennen Sie die drei Ausgangsstoffe handelsüblicher Kalksandsteine!
- b) Was ist der letzte Herstellungsschritt, in dem Kalksandsteine ihre baurelevante Festigkeit erreichen?
- c) Wie nennt man die festigkeitsgebenden Mineralphasen, die die Gesteinskörner miteinander verkitten?

**Aufgabe 14: (4 Punkte)**

- a) Beschreiben und vergleichen Sie die Verfahren zur Porosierung von Porenbeton und Mauerziegel!
- b) Nennen Sie zwei weitere Möglichkeiten um die Wärmeleitfähigkeit in Mauerziegeln zu reduzieren!

## **Festbeton (16)**

### **Aufgabe 15 (3 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?

### **Aufgabe 16 (1 Punkt)**

Wie entstehen Kapillarporen im Beton?

### **Aufgabe 17 (6 Punkte)**

Betone werden können in unterschiedliche Rohdichteklassen eingeteilt werden. Nennen Sie die drei Rohdichteklassen, welche im Praktikum besprochen wurden und geben Sie jeweils die Rohdichtebereiche (mit Einheiten) an.

**Aufgabe 18 (6 Punkte)**

Nach DIN EN 206-1 wird die Betondruckfestigkeit im Alter von 28 Tagen standardmäßig am Würfel und Zylinder bestimmt.

- a) An welchem dieser Normprüfkörper wird die niedrigere Druckfestigkeit ermittelt? Begründen Sie Ihre Antwort.
- b) Skizzieren Sie den Beanspruchungszustand in einem Betonwürfel mit und ohne Querdehnungsbehinderung während der Druckfestigkeitsprüfung.

**Betonentwurf (30)****Aufgabe 19 (**

In Katar wird für einen Anbau des Hilton Hotels in Doha eine Außenwand in unmittelbarer Meeresnähe benötigt. Da die WM 2022 bevorsteht, sollen die Arbeiten noch in den Sommermonaten fertiggestellt werden. Sie erhalten den Auftrag den Beton für die Wand (Dicke 20 cm) zu entwerfen. Die Statik des Bauteils erfordert einen Beton mit einer Festigkeitsklasse von C 20/25. Als Zement steht Ihnen ein CEM I 42,5 R oder ein CEM III A 42,5 N zur Verfügung. Für die Rohdichte des Zements ist ein üblicher Wert anzunehmen. Zusätzlich zum Zement sollen 8 M.-% einer kieselsäurereichen Flugasche (V) ( $\rho_V = 2,3 \text{ kg/dm}^3$ ) eingesetzt werden.

Als Gesteinskörnung steht Ihnen Kalkstein ( $\rho_K = 2,58 \text{ kg/dm}^3$ ) in drei Fraktionen zur Verfügung, die Sie der Tabelle entnehmen können.

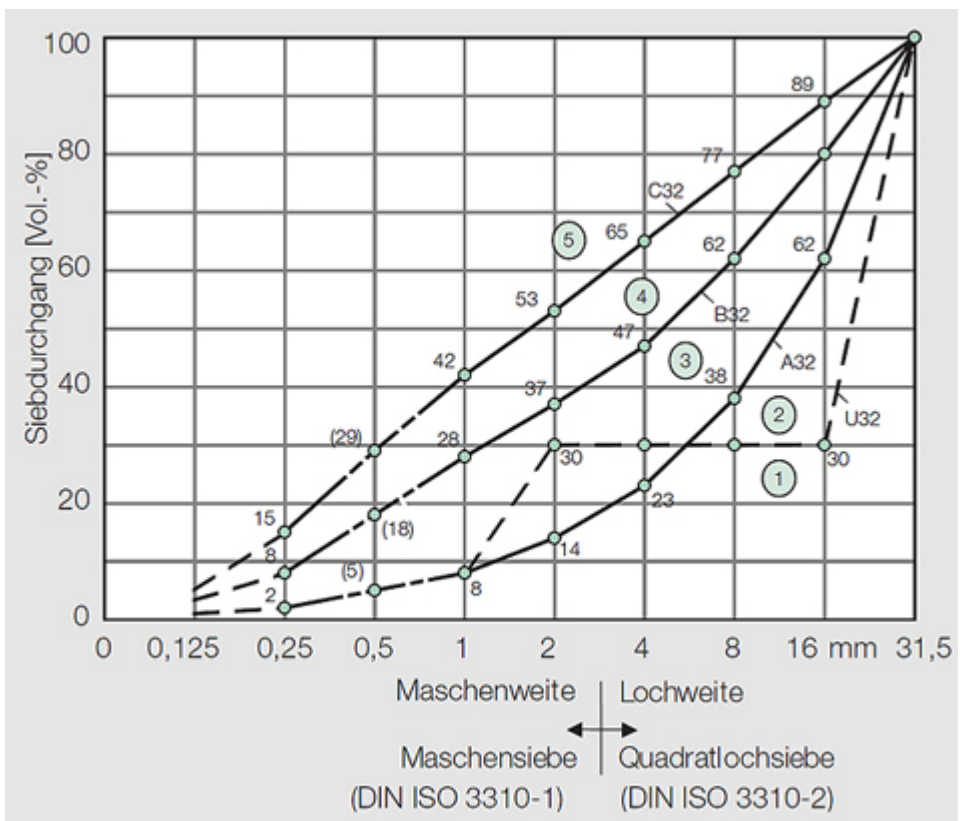
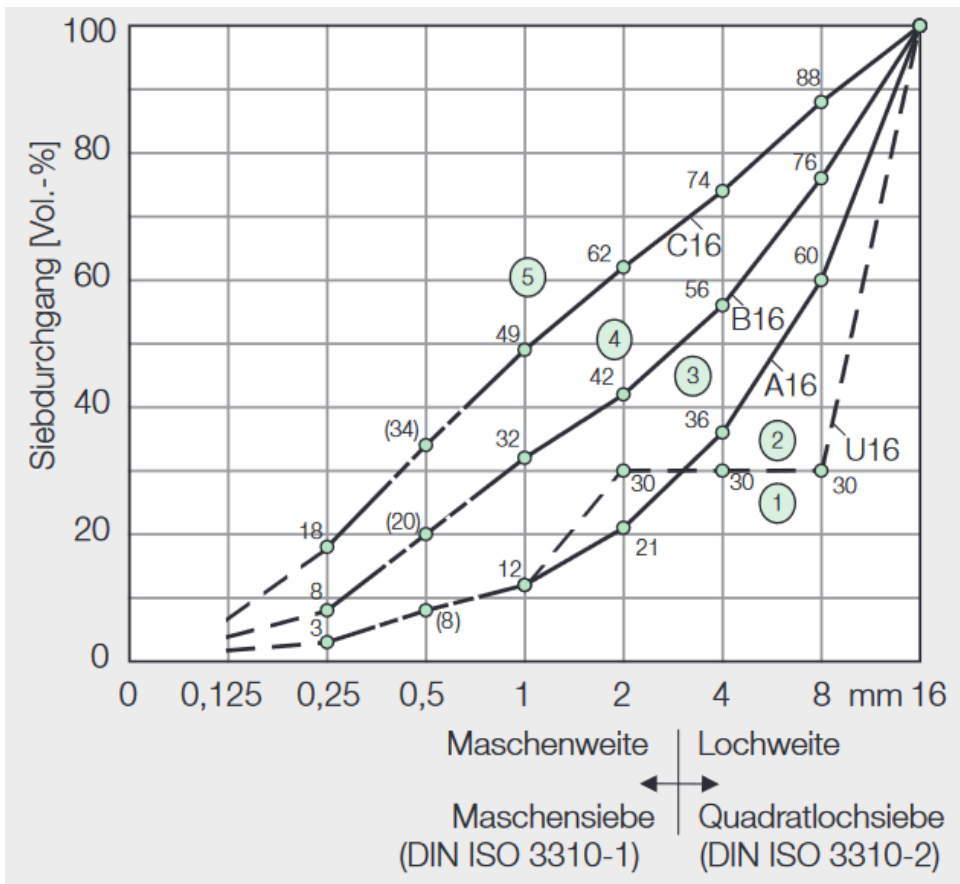
Die Sollsieblinie soll einer mittel- bis feinkörnigen Sieblinie mit einem Größtkorn von 16 mm entsprechen.

Zum reibungslosen Einbringen des Betons in die entsprechenden Schalungen soll der Beton der Konsistenzklasse F3 entsprechen. Die Eigenfeuchte des Sandes beträgt 2 M.-%. Der Luftporengehalt ist sinnvoll zu schätzen.

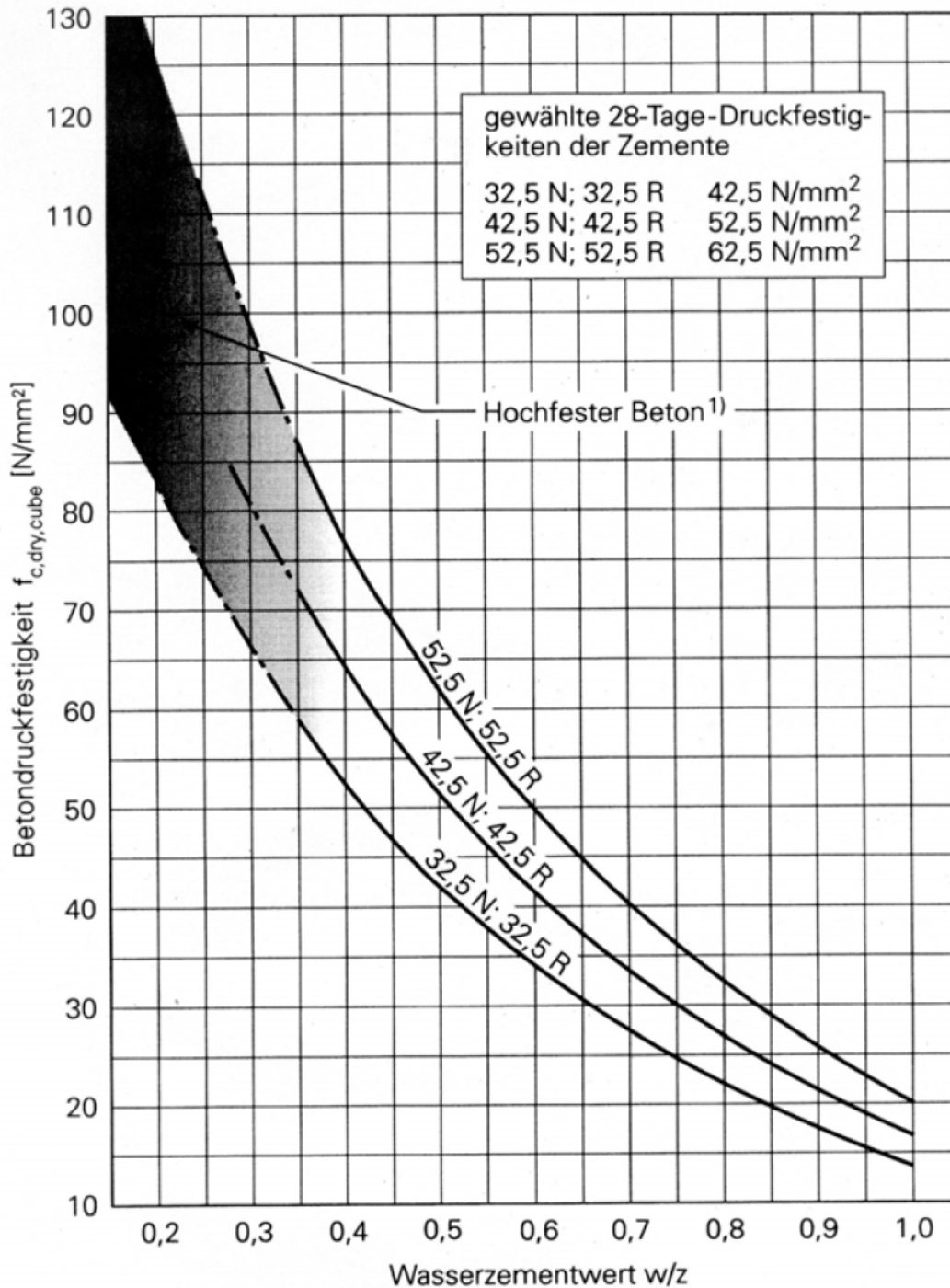
	<b>Siebrückstand in [g]</b>									
	<b>auf den Einzelsieben [Sieblochweiten in mm]</b>									
<b>Korngruppe</b>	<b>0</b>	<b>0,125</b>	<b>0,250</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>32</b>
<b>0/4</b>	21,5	25,5	112,5	87,5	96,0	105,5	51,5	0	0	0
<b>4/8</b>	0	0	0	0	0	217,5	2197,5	85,0	0	0
<b>8/16</b>	0	0	0	0	0	192,5	294,0	2824,5	189,0	0

- a) Bestimmen Sie 2 maßgebende Expositionsklassen und alle zugehörigen Mindest- bzw. Maximalwerte.
- b) Welchen der beiden Zemente wählen Sie für Ihren Betonentwurf aus? Begründen Sie.
- c) Wählen Sie die Sieblinie aus dem passenden Diagramm, bestimmen Sie die kumulativen Siebdurchgänge und mit Hilfe des Unterkornverfahrens die einzelnen Anteile der Kornfraktionen, die Ist-Sieblinie sowie die Körnungsziffer (**k-Wert**) zur Wasserbestimmung.
- d) Bestimmen Sie aus dem gegebenen Diagramm den Wasseranspruch für 1 m<sup>3</sup> Beton.
- e) Bestimmen Sie den Zement- und Flugaschegehalt für 1 m<sup>3</sup> Beton. Nehmen Sie für den Zement die passende Dichte an.
- f) Bestimmen Sie die Masse der Gesteinskörnung und das Zugabewasser für 1m<sup>3</sup> Beton und fassen Sie alle Bestandteile Ihres ermittelten Betons noch einmal zusammen.
- g) Bestimmen Sie die Frischbetonrohddichte.
- h) Nennen Sie zwei Herausforderungen bei dieser Betonage und beschreiben Sie zwei betontechnische Maßnahmen um die erfolgreiche Durchführung sicherzustellen.

Anlagen:



Jahresdurchschnittstemperaturen: Doha, Katar												
Ø Temperatur °C	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	17,8	19,1	19,1	22,3	33	35,4	36,5	35,9	33,6	30,4	25,4	20,5

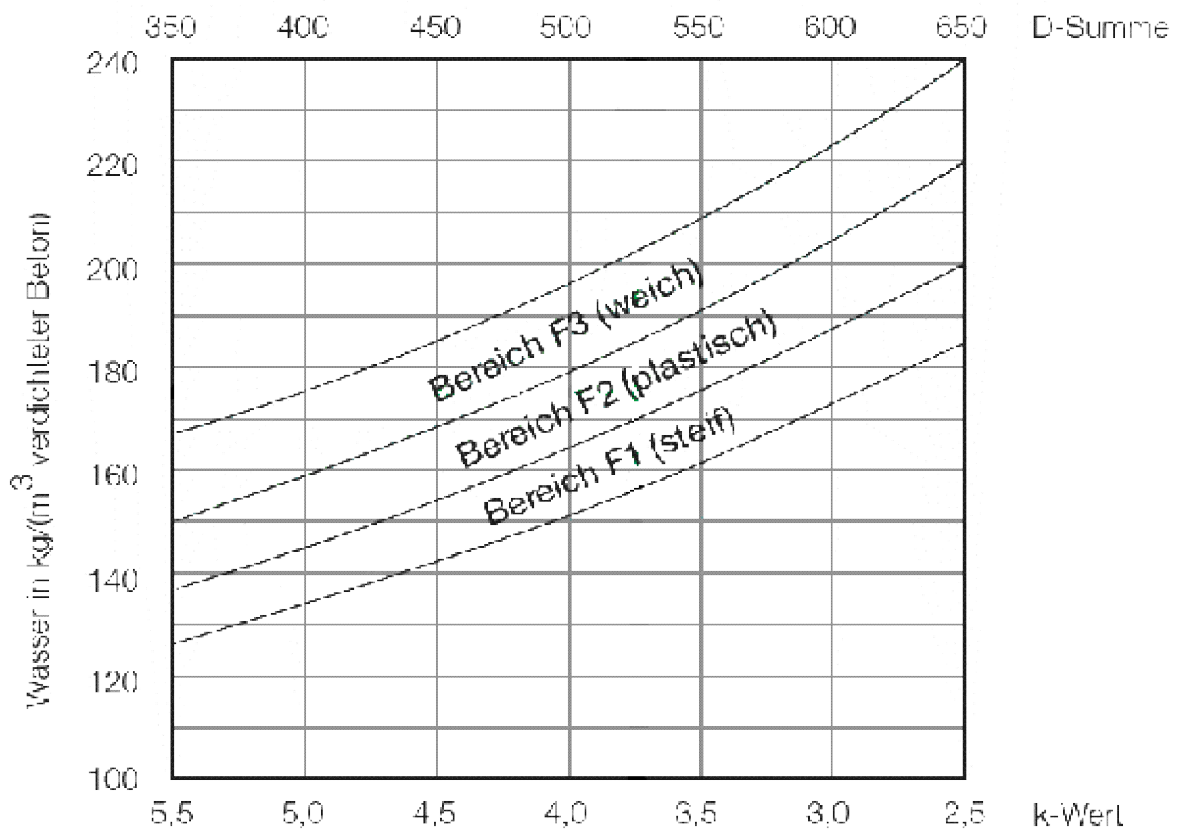


<sup>1)</sup> Bei hochfestem Beton verliert der Einfluss der Zementnormdruckfestigkeit an Bedeutung.



<b>Klassen- bezeichnung</b>	<b>Beschreibung der Umgebung</b>	<b>Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen</b>
<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 chlor- haltigem Sprühnebel ausgesetzt sind, Einzelgaragen
XD2	nass, selten trocken	Solebäder, Beton, der chlor-haltigen 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 Spritzwasser-bereich 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, Räumeraufbahnen 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 luftberefte Fahrzeuge
XM2	starke Verschleißbeanspruchung	Industrieböden mit Beanspruchung durch luft- oder gummiberefte Gabelstapler
XM3	sehr starke Verschleißbeanspruchung	Industrieböden mit Beanspruchung durch elastomer- oder stahlrollenberefte 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 <sup>1)</sup>	XC1	XC2	XC3	XC4
max. w/z	–	0,75		0,65	0,60
Mindestdruckfestigkeitsklasse <sup>2)</sup>	C8/10	C16/20		C20/25	C25/30
Mindestzementgehalt <sup>3)</sup> [kg/m³]	–	240		260	280
Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Zusatzstoffen <sup>3)</sup> [kg/m³]	–	240		240	270

<sup>1)</sup> Nur für Beton ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall.

<sup>2)</sup> Gilt nicht für Leichtbeton.

<sup>3)</sup> 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 <sup>2)</sup>	C30/37 <sup>4)</sup>	C35/45 <sup>4)5)</sup>	C35/45 <sup>4)</sup>
Mindestzementgehalt <sup>3)</sup> [kg/m <sup>3</sup> ]	300	320	320
Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Zusatzstoffen <sup>3)</sup> [kg/m <sup>3</sup> ]	270	270	270

<sup>2)</sup> Gilt nicht für Leichtbeton.

<sup>3)</sup> Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m<sup>3</sup> reduziert werden.

<sup>4)</sup> Bei Verwendung von Luftporenbeton eine Festigkeitsklasse niedriger.

<sup>5)</sup> 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 chemischen Angriff**

Expositionsklassen	Betonkorrosion durch chemischen Angriff		
	XA1	XA2 <sup>12)</sup>	XA3 <sup>13) 12)</sup>
max. w/z	0,60	0,50	0,45
Mindestdruckfestigkeitsklasse <sup>2)</sup>	C25/30	C35/45 <sup>4)5)</sup>	C35/45 <sup>4)</sup>
Mindestzementgehalt <sup>3)</sup> [kg/m <sup>3</sup> ]	280	320	320
Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Zusatzstoffen <sup>3)</sup> [kg/m <sup>3</sup> ]	270	270	270

<sup>2)</sup> Gilt nicht für Leichtbeton.

<sup>3)</sup> Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m<sup>3</sup> reduziert werden.

<sup>4)</sup> Bei Verwendung von Luftporenbeton eine Festigkeitsklasse niedriger.

<sup>5)</sup> 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.

<sup>12)</sup> 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

<sup>13)</sup> 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 Frost- und Frost-Tausalzangriff**

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

<sup>2)</sup> Gilt nicht für Leichtbeton.

<sup>3)</sup> Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m<sup>3</sup> reduziert werden.

<sup>4)</sup> 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.

<sup>5)</sup> 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.

<sup>7)</sup> 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.

<sup>2)</sup> Erdfeuchter Beton mit  $w/z \leq 0,40$  darf ohne Luftporen hergestellt werden.

**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 <sup>2)</sup>	C30/37 <sup>4)</sup>	C35/45 <sup>4)</sup>	C35/45 <sup>4)</sup>
Mindestzementgehalt <sup>3)</sup> [kg/m <sup>3</sup> ]	300	320	320
Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Zusatzstoffen <sup>3)</sup> [kg/m <sup>3</sup> ]	270	270	270

<sup>2)</sup> Gilt nicht für Leichtbeton.

<sup>3)</sup> Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m<sup>3</sup> reduziert werden.

<sup>4)</sup> Bei Verwendung von Luftporenbeton eine Festigkeitsklasse niedriger.

<sup>5)</sup> 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 Verschleißbeanspruchung

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

- 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/m<sup>3</sup> 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 BTB-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 Gesteinskornmisch soll möglichst grobkörnig sein.
- 10) Höchstzementgehalt 360 kg/m<sup>3</sup>, 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 BTB-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 unreinigt, sind die Auswirkungen des chemischen Angriffs zu klären und Schutzmaßnahmen individuell festzulegen.
- 14) Z. B. Hartstoffeinstreuung.

**Lösung Betonrezept:**









