

Bachelorprüfung

**Prüfungsfach: Werkstoffe des Bauwesens II**  
**am: 06.07.2010**

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

Hilfsmittel: Außer Rechengeräten (Taschenrechner) keine.

NAME:

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

Mögliche Punktzahl: 100

Erreichte Punktzahl:

Note:

**Allgemeine Aufgaben (10)****Aufgabe 1:** (2 Punkte)

Nennen Sie 3 verschiedene Porenarten im Beton und ordnen Sie diese aufsteigend nach ihrer Größe.

**Aufgabe 2:** (2 Punkte)

- a) Welches Zusatzmittel ist stets einem Beton für die Expositionsklasse XF4 (hoher Frost-Taumittelwiderstand bei hoher Wassersättigung) zuzugeben?
- b) Beschreiben Sie kurz die Wirkungsweise dieses Zusatzmittels.

**Aufgabe 3:** (2 Punkte)

- a) Nennen Sie 3 Verfahren zur fachgerechten Nachbehandlung von Beton.
- b) Was kann mit einer frischbetonierten Oberfläche unter starker Sonneneinstrahlung passieren, wenn diese unzureichend nachbehandelt wurde?

**Aufgabe 4:** (2 Punkte)

- a) Wozu dient die Prüfmethode mit dem Rückprallhammer?
- b) Wie wird der dynamische E-Modul des Beton ermittelt?

**Aufgabe 5:** (2 Punkte)

- a) Nennen Sie drei Möglichkeiten die Zugfestigkeit eines Werkstoffes zu bestimmen!
- b) Wie ändert sich die ermittelte Festigkeit bei steigender Prüfgeschwindigkeit?

**Mauerwerk und Künstliche Steine (11,5)****Aufgabe 6:** (3 Punkte)

Nennen Sie je eine stoffliche, konstruktive und ausführende Möglichkeit die Mauerwerkstragfähigkeit zu erhöhen!

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

Nenne Sie drei Arten mineralisch gebundener Steine!

**Aufgabe 8:** (7 Punkte)

- a) Nennen Sie 2 Arten von Ausblühungen bei Mauerziegeln!
- b) Welche Ausblühungsart führt praktisch nicht zu Schädigungen im Mauerwerk?
- c) Wie kann man Ausblühungen verhindern?
- d) Wie kann bei Mauerziegeln eine geringe Wasseraufnahme erreicht werden und wie heißen diese Ziegel?
- e) Nennen Sie 4 Maßnahmen, wie der Wärmeschutz von Außenmauerwerk gegenüber früher üblichen Vollziegeln verbessert werden kann!

**Glas (4,5)****Aufgabe 9:** (4,5 Punkte)

- a) Wodurch entsteht beim Floatglas die planparallele, glänzende Oberfläche?
- b) Geben Sie die theoretische und die praktische Zugfestigkeit von Glas an? Wodurch kommt es zu den Unterschieden der beiden Zugfestigkeitswerte?

**Mineralische Bindemittel (12)****Aufgabe 10:** (5 Punkte)

- a) Worin unterscheiden sich CEM III Zemente von CEM I Zementen hinsichtlich ihrer Festigkeitsentwicklung?
- b) Zeichnen Sie die Druckfestigkeitsentwicklung der vier Klinkerphasen in das unten stehende Diagramm!

**Aufgabe 11:** (3 Punkte)

- a) Wodurch unterscheiden sich chemisch Gipsstein, Anhydrit und Halbhydrat ?  
Geben Sie jeweils hierfür die chemischen Formeln an.
- b) Zu welcher Bindemittelart gehören Anhydritbinder entsprechend ihrer Erhärtungsbedingungen ?

**Aufgabe 12:** (4 Punkte)

Ein Zementleim enthält  $40 \text{ cm}^3$  Portlandzement und  $60 \text{ cm}^3$  Wasser.

Berechnen Sie die Volumenanteile des Gels und des Kapillarwassers im vollständig hydratisierten Zementstein (Rechenvorgang)!

**Gesteinskörnung (8)****Aufgabe 13:** (4 Punkte)

Beschreiben Sie in Stichworten wie Sie Stoffe organischen Ursprungs in der Gesteinskörnung nachweisen können.

**Aufgabe 14:** (4 Punkte)

Welche Körnungsziffer hat eine Korngruppe 8/16 mit einem Überkorn von 7% und einem Unterkorn von 4% (jeweils in den unmittelbar benachbarten Korngruppen)?

**Frischbeton und Festbeton (20)****Aufgabe 15:** (3 Punkte)

- a) Nennen Sie jeweils ein Beispiel für einen Zusatzstoff des Typs I bzw. des Typs II!
- b) Worin liegt der Unterschied der beiden Zusatzstoffarten?

**Aufgabe 16:** (2 Punkte)

Welche Methode zur Konsistenzbestimmung ist eher für einen sehr steifen Beton geeignet und welche eher für einen sehr fließfähigen?

**Aufgabe 17:** (3 Punkte)

- a) Erläutern Sie den Begriff Betonkorrosion.
- b) Welche Stoffe/Ereignisse können Betonkorrosion verursachen?
- c) Wie wird Betonkorrosion in der Bemessung eines Betonbauteils berücksichtigt?

**Aufgabe 18:** (2 Punkte)

Nehmen Sie zu der folgenden Aussage Stellung: „Das Verdichten des Frischbetons beginnt, indem man den eingeschalteten Innenrüttler langsam in den Frischbeton eintaucht und schnell wieder aus diesem entfernt.“

**Aufgabe 19:** (5 Punkte)

Wie wirkt sich der Ersatz von Steinkohlenflugasche für Zement auf folgende Eigenschaften/Maßnahmen aus? (positiv, negativ, kein Einfluss – mit Begründung)

- Wärmeentwicklung:

- Nachbehandlung:

- Sulfatwiderstand:

- Wasseranspruch:

**Aufgabe 20:** (3 Punkte)

- a) Beschreiben Sie stichwortartig die Vorgänge bei der Karbonatisierung von Beton.  
b) Weshalb ist Betonstahl im Beton vor Korrosion geschützt?

**Aufgabe 21:** (2 Punkte)

Wie wirken sich die aufgeführten Maßnahmen auf die Betondruckfestigkeit bei sonst gleichen Randbedingungen aus?

Durch	wird die Betondruckfestigkeit		
	erhöht	erniedrigt	kaum verändert
Erhöhung des w/z-Wertes			
Nachdosieren eines Fließmittels			
Zugabe von Silikastaub			
Zugabe eines Luftporenbildners			

**Betonentwurf (34)****Aufgabe 22: (34 Punkte)**

Im Zuge der Olympiazusage für München 2018 soll in Garmisch Patenkirchen ein neues Parkhaus errichtet werden. Sie sollen den Beton für das oberste Parkdeck (unter freiem Himmel) entwerfen. Die Statik dieses Bauteils erfordert einen Beton mit einer Festigkeitsklasse C35/45.

Als Zement stehen Ihnen zur Auswahl: CEM III/A 32,5 N oder CEM III/A 42,5 ( $\rho_F = 3,0 \text{ kg/dm}^3$ ). Zusätzlich zum Zementgehalt soll der Beton einen Flugascheanteil ( $\rho_F = 2,4 \text{ kg/dm}^3$ ) von 12 M.-% und einen Silikastaubanteil ( $\rho_S = 2,3 \text{ kg/dm}^3$ ) von 5 M.-% des Zementes besitzen.

Als Gesteinskörnung steht Ihnen Kalkstein ( $\rho_B = 2,65 \text{ kg/dm}^3$ ) in drei Fraktionen zur Verfügung – 0/4, 4/8, 8/16, siehe Tabelle. Der Sand besitzt eine Eigenfeuchte von 5 M.-%, Kies hat eine Eigenfeuchte von 2,5 M.-%. Die Sollsieblinie soll einer grobkörnigen Sieblinie mit einem Größtkorn von 16 mm entsprechen.

Das Ausbreitmaß des Betons soll 42 cm betragen. Der Luftgehalt ist sinnvoll abzuschätzen.

Korngruppe	Siebrückstand in [%] auf den Einzelsieben [Sieblochweiten in mm]								
	0	0,125	0,250	0,5	1	2	4	8	16
<b>0/4</b>	3,2	5,4	10,2	14,1	15,2	28,7	23,2	0	0
<b>4/8</b>	0	0	0	0	0	5,3	92,5	1,6	0,6
<b>8/16</b>	0	0	0	0	0	0	15,2	80,2	4,6

a) Bestimmen Sie drei Expositionsklassen und alle dazugehörigen, notwendigen Mindest- bzw. Maximalwerte!

b) Welchen Zement wählen Sie aus den oben Gegebenen aus? (Begründung!)

c) Wählen Sie die grobkörnige Sollsieblinie aus einer der 4 Sieblinien des gegebenen Diagramms und bestimmen Sie mit Hilfe des Unterkornverfahrens die einzelnen Anteile der Kornfraktionen und die Ist-Sieblinie. (Tabelle im Lösungsblatt enthalten!)

d) Bestimmen Sie aus dem gegebenen Diagramm den Wasseranspruch für  $1\text{m}^3$  Beton!

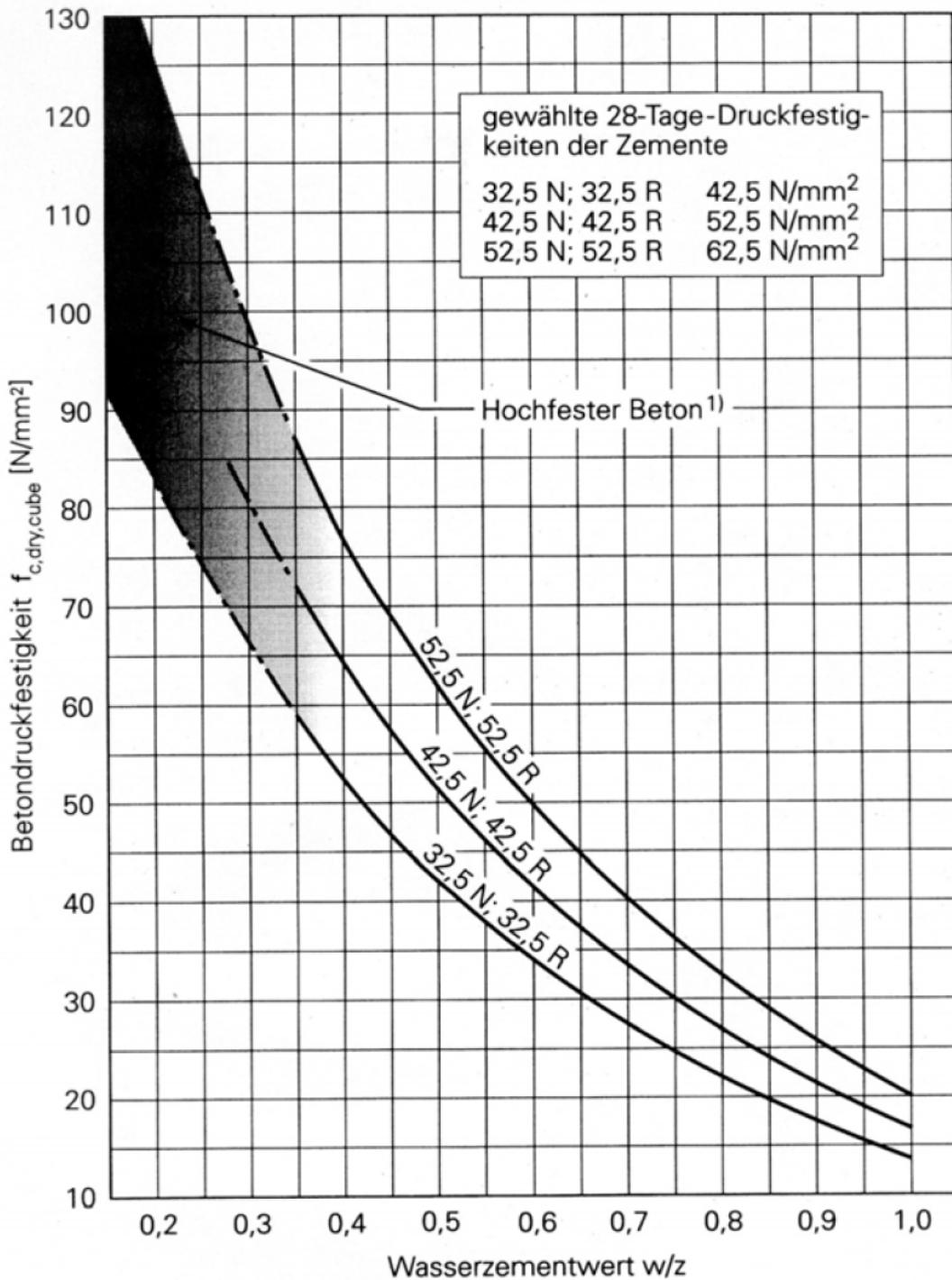
e) Bestimmen Sie den Zement-, Flugasche- und Silikastaubgehalt für  $1\text{m}^3$  Beton!

f) Bestimmen Sie die Masse der Gesteinskörnung und das Zugabewasser für  $1\text{m}^3$  Beton und geben Sie alle Bestandteile ihres ermittelten Betons noch einmal zusammenfassend wieder!

g) Bestimmen Sie den Mehlkorngelb. Warum ist der Mehlkorngelb nach oben begrenzt?

**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.

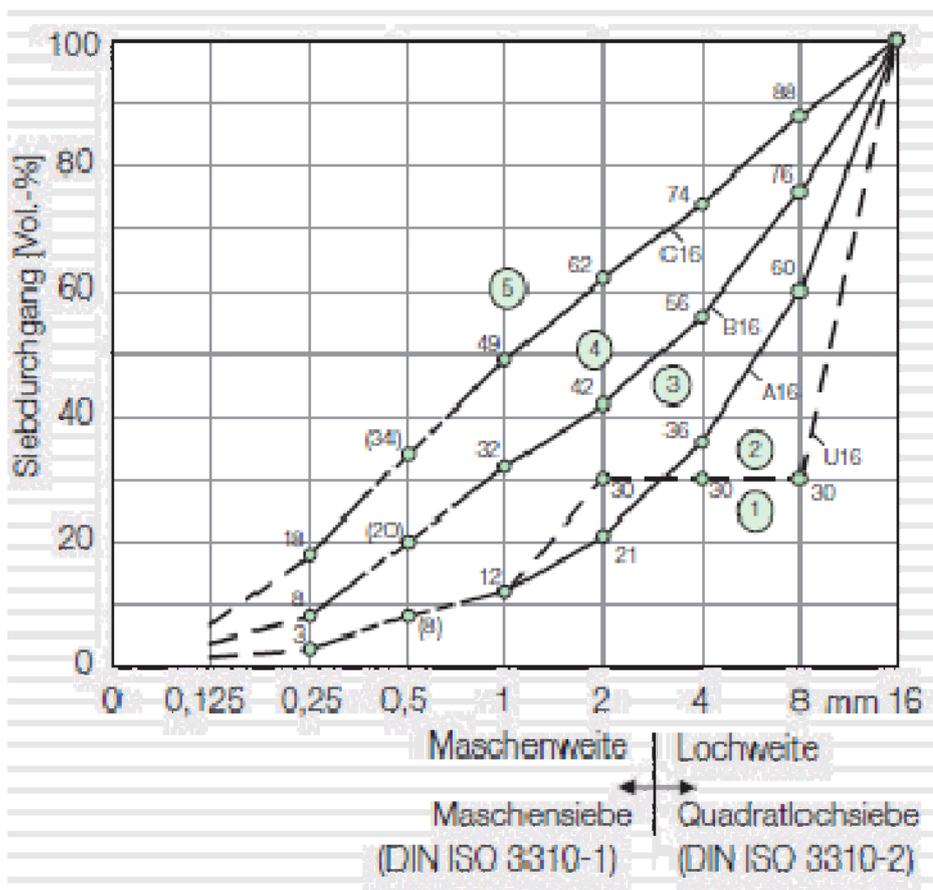
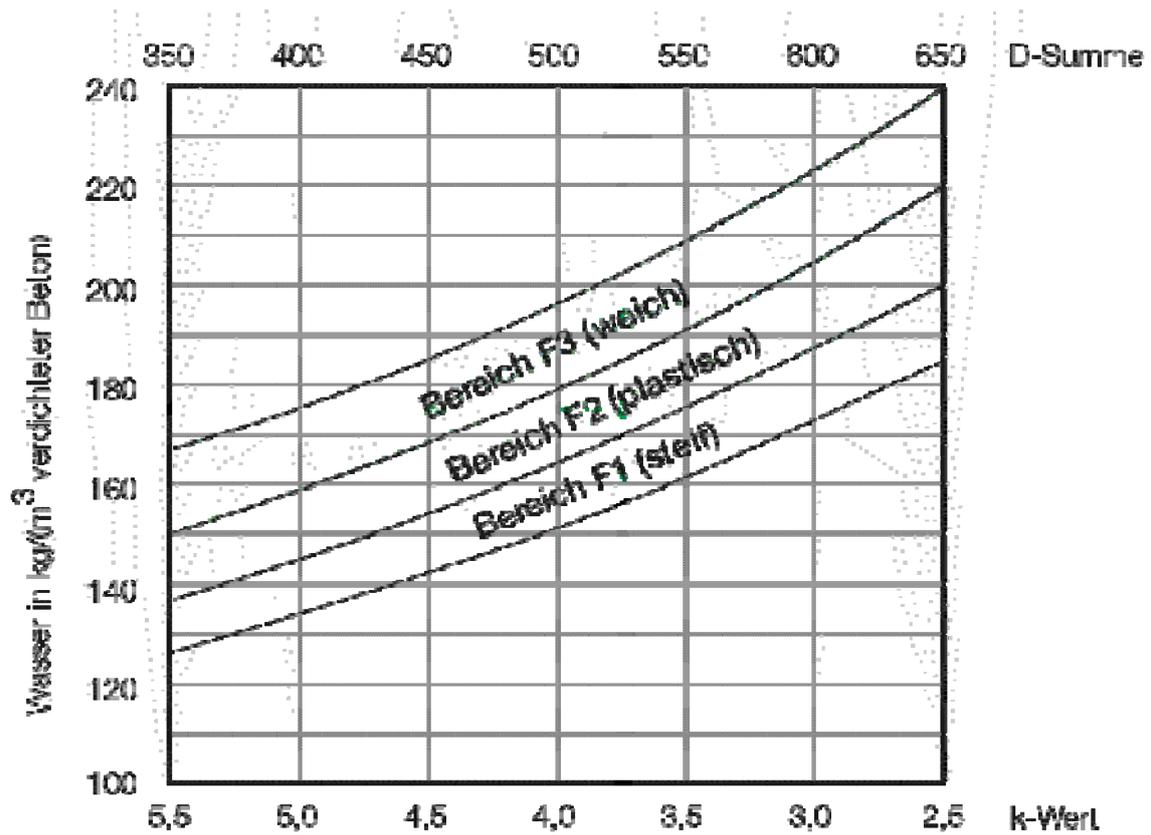
Konsistenz- klasse	C0	F1 C1	F2 C2	F3 C3
Ausbreitmaß [cm]	–	≤ 34	35...41	42...48
Ver- dichtungsmaß c [-]	≥ 1,46	1,45...1,26	1,25...1,11	1,10...1,04

Nr.	Expositionsklassen	Kein Angriffsrisiko durch Korrosion X0 <sup>a</sup>	Bewehrungskorrosion									XS1	XS2	XS3
			durch Karbonatisierung verursachte Korrosion				durch Chloride verursachte Korrosion							
			XC1	XC2	XC3	XC4	Chloride außer aus Meerwasser			Chloride aus Meerwasser				
				XD1	XD2	XD3								
1	Höchstzulässiger w/z	–	0,75	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	Siehe XD1	Siehe XD2	Siehe XD3			
2	Mindestdruckfestigkeitsklasse <sup>c</sup>	C8/10	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37 <sup>e</sup>	C35/45 <sup>e</sup>	C35/45 <sup>e</sup>						
3	Mindestzementgehalt <sup>d</sup> in kg/m <sup>3</sup>	–	240	260	280	300	320 <sup>b</sup>	320 <sup>b</sup>						
4	Mindestzementgehalt <sup>d</sup> bei Anrechnung von Zusatzstoffen in kg/m <sup>3</sup>	–	240	240	270	270	270	270						
5	Mindestluftgehalt in %	–	–	–	–	–	–	–						
6	Andere Anforderungen	–	–											

<sup>a</sup> Nur für Beton ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall.  
<sup>b</sup> Für massive Bauteile (kleinste Bauteilabmessung 80 cm) gilt der Mindestzementgehalt von 300 kg/m<sup>3</sup>.  
<sup>c</sup> Gilt nicht für Leichtbeton.  
<sup>d</sup> Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m<sup>3</sup> reduziert werden. In diesem Fall darf <sup>b</sup> nicht angewendet werden.  
<sup>e</sup> Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger.

Nr.	Expositionsklassen	Betonangriff												
		Frostangriff					Aggressive chemische Umgebung			Verschleißangriff <sup>h</sup>				
		XF1	XF2		XF3		XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2		XM3
1	Höchstzulässiger w/z	0,60	0,55 <sup>g</sup>	0,50 <sup>g</sup>	0,55	0,50	0,50 <sup>g</sup>	0,60	0,50	0,45	0,55	0,55	0,45	0,45
2	Mindestdruckfestigkeitsklasse <sup>c</sup>	C25/30	C25/30	C35/45	C25/30	C35/45	C30/37	C25/30	C35/45 <sup>e</sup>	C35/45 <sup>e</sup>	C30/37 <sup>e</sup>	C30/37 <sup>e</sup>	C35/45 <sup>e</sup>	C35/45 <sup>e</sup>
3	Mindestzementgehalt <sup>d</sup> in kg/m <sup>3</sup>	280	300	320	300	320	320	280	320	320	300 <sup>i</sup>	300 <sup>i</sup>	320 <sup>i</sup>	320 <sup>i</sup>
4	Mindestzementgehalt <sup>d</sup> bei Anrechnung von Zusatzstoffen in kg/m <sup>3</sup>	270	g	g	270	270	g	270	270	270	270	270	270	270
5	Mindestluftgehalt in %	–	f	–	f	–	f <sup>j</sup>	–	–	–	–	–	–	–
6	Andere Anforderungen	Gesteinskörnungen mit Regelanforderungen und zusätzlich Widerstand gegen Frost bzw. Frost und Taumittel (siehe DIN 4226-1)					–	–	l	–	–	Oberflächenbehandlung des Betons <sup>k</sup>	–	Hartstoffe nach DIN 1100
		F <sub>4</sub>	MS <sub>25</sub>		F <sub>2</sub>	MS <sub>18</sub>								

<sup>c</sup> Siehe Fußnoten in Tabelle F.2.1.  
<sup>d</sup> Siehe Fußnoten in Tabelle F.2.1.  
<sup>e</sup> Siehe Fußnoten in Tabelle F.2.1.  
<sup>f</sup> Der mittlere Luftgehalt im Frischbeton unmittelbar vor dem Einbau muss bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 8 mm ≥ 5,5% Volumenanteil, 16 mm ≥ 4,5% Volumenanteil, 32 mm ≥ 4,0% Volumenanteil und 63 mm ≥ 3,5% Volumenanteil betragen. Einzelwerte dürfen diese Anforderungen um höchstens 0,5% Volumenanteil unterschreiten.  
<sup>g</sup> Zusatzstoffe des Typs II dürfen zugesetzt, aber nicht auf den Zementgehalt oder den w/z angerechnet werden.  
<sup>h</sup> Die Gesteinskörnungen bis 4 mm Größtkorn müssen überwiegend aus Quarz oder aus Stoffen mindestens gleicher Härte bestehen, das gröbere Korn aus Gestein oder künstlichen Stoffen mit hohem Verschleißwiderstand. Die Körner aller Gesteinskörnungen sollen mäßig raue Oberfläche und gedrungene Gestalt haben. Das Gesteinskornmisch soll möglichst grobkörnig sein.  
<sup>i</sup> Höchstzementgehalt 360 kg/m<sup>3</sup>, jedoch nicht bei hochfesten Betonen.  
<sup>j</sup> Erdfeuchter Beton mit w/z ≤ 0,40 darf ohne Luftporen hergestellt werden.  
<sup>k</sup> Z. B. Vakuumieren und Flügelglätten des Betons  
<sup>l</sup> Schutzmaßnahmen siehe 5.3.2



Klassenbezeichnung	Beschreibung der Umgebung	Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen (informativ)
Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko <i>Bauteile ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall in nicht Beton angreifender Umgebung</i>		
X0	alle Umgebungsbedingungen, außer XF, XA, XM	Fundamente ohne Bewehrung ohne Frost
		Innenbauteile ohne Bewehrung
Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung <i>Beton, der Bewehrung oder anderes eingebettetes Metall enthält und Luft sowie Feuchtigkeit ausgesetzt ist</i>		
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
XC2	nass, selten trocken	Teile von Wasserbehältern
		Gründungsbauteile
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
XC4	wechselnd nass und trocken	Außenbauteile mit direkter Beregnung
Bewehrungskorrosion durch Chloride außer Meerwasser <i>Beton, der Bewehrung oder anderes eingebettetes Metall enthält und chloridhaltigem Wasser, einschließlich Ta Wasser, ausgesetzt ist</i>		
XD1	mäßige Feuchte	Bauteile im Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen
		Einzelgaragen
XD2	nass, selten trocken	Solebäder
		Bauteile, die chloridhaltigen Industrieabwässern ausgesetzt sind
XD3	wechselnd nass und trocken	Teile von Brücken mit häufiger Beanspruchung durch chloridhaltiges Spritzwasser
		Fahrbahndecken; direkt befahrene Parkdecks
Bewehrungskorrosion durch Chloride aus Meerwasser <i>Beton, der Bewehrung oder anderes eingebettetes Metall enthält und Chloriden aus Meerwasser oder salzhaltig</i>		
XS1	salzhaltige Luft, aber kein unmittelbarer Kontakt mit Meerwasser	Außenbauteile in Küstennähe
XS2	unter Wasser	ständig unter Wasser liegende Bauteile in Hafenanlagen
XS3	Tidebereiche, Spritzwasser- und Sprühnebelbereiche	Kaimauern in Hafenanlagen

Klassenbezeichnung	Beschreibung der Umgebung	Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen (informativ)
<b>Betonangriff durch Frost mit und ohne Taumittel</b> <i>Durchfeuchteter Beton, der einem erheblichen Angriff durch Frost-Tau-Wechsel ausgesetzt ist</i>		
XF1	mäßige Wassersättigung, ohne Taumittel	Außenbauteile
XF2	mäßige Wassersättigung, mit Taumittel	Bauteile im Sprühnebel- oder Spritzwasserbereich von taumittelbehandelten Verkehrsflächen, soweit nicht XF4 Betonbauteile im Sprühnebelbereich von Meerwasser
XF3	hohe Wassersättigung, ohne Taumittel	offene Wasserbehälter Bauteile in der Wasserwechselzone von Süßwasser
XF4	hohe Wassersättigung, mit Taumittel	mit Taumitteln behandelte Verkehrsflächen überwiegend horizontale Bauteile im Spritzwasserbereich von taumittelbehandelten Verkehrsflächen, Betonschutzwände Räumerlaufbahnen von Kläranlagen <sup>2)</sup> Meerwasserbauteile in der Wasserwechselzone
<b>Betonangriff durch aggressive chemische Umgebung</b> <i>Beton, der chemischen Angriffen durch natürliche Böden oder Grundwasser gemäß Tafel 6 oder Meerwasser ausgesetzt ist</i>		
XA1	chemisch schwach angreifende Umgebung	Behälter von Kläranlagen Güllebehälter
XA2	chemisch mäßig angreifende Umgebung und Meeresbauwerke	Betonbauteile, die mit Meerwasser in Berührung kommen Bauteile in Beton angreifenden Böden
XA3	chemisch stark angreifende Umgebung	Industrieabwasseranlagen mit chemisch angreifenden Abwässern Futtertische der Landwirtschaft Kühltürme mit Rauchgasableitung
<b>Betonangriff durch Verschleißbeanspruchung</b> <i>Beton, der einer erheblichen mechanischen Beanspruchung ausgesetzt ist</i>		
XM1	mäßige Verschleißbeanspruchung	tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luftbereifte Fahrzeuge
XM2	starke Verschleißbeanspruchung	tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luft- oder vollgummibereifte Gabelstapler
XM3	sehr starke Verschleißbeanspruchung	tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch elastomer- oder stahlrollenbereifte Gabelstapler mit Kettenfahrzeugen häufig befahrene Oberflächen Wasserbauwerke in geschlebebelasteten Gewässern, z. B. Tosbecken

**Lösung Aufgabe 22:**





